UNIVERSITETI AAB
Fakulteti i Shkencave Kompjuterike

LËNDA: **Bazat e elektroteknikës**

Prishtinë, **Ligjëruesi:**

2014 **Astrit Hulaj**

KAPITULLI I

1. Hyrje në Bazat e Elektroteknikës

1.1. Principet bazë të inxhinierisë elektrike

Sistemi i njësive të përdorura në inxhinieri dhe shkencë është sistemi ndërkombëtar i njësive (International system of units), zakonisht i shkurtuar në njësi SI, dhe është i bazuar në sistemin metrik. Kjo u prezantua në vitin 1960 dhe është miratuar tashmë nga shumica e vendeve si një sistemin zyrtar i matjeve.
Njësitë themelore në sistemin SI janë të shënuara me simbolet e tyre dhe janë paraqitur në Tabelën 1.1.

Tabela 1.1. Njësit bazë të sistemit SI

Nr	Madhësia	Njësia
	Gjatësia	Metra, m
	Masa	Kilogrami, kg
3	Koha	Sekonda, s
4	Rryma elektrike	Amperi, A
5	Temperatura termodinamike	Kelvini, K
6	Intensiteti i dritës	Kandela, cd
7	Sasia e materies	Moli, mol

Përpos njësive bazë ekzistojnë edhe njësi tjera që janë si derivat i njësive bazë, me fjalë tjera njësi që rrjedhin nga njësit bazë të sistemit SI. Në vijim do ti paraqesim dy raste të një këtyre njësive:

• Shpejtësia – metër për sekondë (m/s)

• Nxitimi - metra për sekondë në katror (m/s^2)

1.2. Shumëfishat dhe nënfishat e sistemit SI

Njësit e sistemit SI, sikur edhe të çdo sistemi tjetër, nuk janë praktik për gjitha lëmenjtë e fizikës apo një degë të saj. Për këtë arsye përdoren njësi të cilat janë shumëfisha ose nënfisha të njësive përkatëse të sistemit SI, por të cilat nuk janë koherente.

Një njësi e shumëfishtë ose e nëntëfishtë e njësisë së sistemit SI formohet asisoj që njësia shumëzohet me faktorin e caktuar, emri i saj duke i shtuar emrit të njësisë prefiksin, e simbolit, duke i shtuar simbolin përkatës, përpara simbolit të njësisë koherente. Kështu, për shembull, njësia e punës 1000 herë më e vogël se ajo koherente, xhauli (J) do te jetë:

mJ (milixhaul) = 10^{-3}J.

Në tabelën 1.2 është bërë paraqitja e shumëfishave dhe nënfishave të njësive

Tab. 1.2. Shumëfishat dhe nënfishat

Faktori	Prefiksi	Simboli
Shumëfishi-Nënfishi	Emri	
10^{18}	Eksa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tetra	T
10^{9}	Giga	G
10^{6}	Mega	M
10^{3}	Kilo	k
10^{2}	Hekta	h
10^{1}	Deka	d
10^{-1}	Deci	d
10^{-2}	Centi	C
10^{-3}	Mili	m
10^{-6}	Mikro	µ
10^{-9}	Nano	N
10^{-12}	Piko	p
10^{-15}	Femto	F
10^{-18}	Ato	A

1.3. Ngarkesa

Njësia e ngarkuar është Kuloni (C) ku një Kulon është një amper sekondë. (1 Kulon = 6.24×10^{18} elektrone). Kuloni është definuar si sasia e energjisë elektrike e cila rrjedh (kalon) nëpër një pikë të caktuar në një qark elektrik, kur rryma prej një amperi është mbajtur për një sekondë. Kështu, ngarkesa e shprehur në Kulon është:

$$Q = It$$

ku I është rryma në Amper dhe t është koha në sekonda.

Problemi 1:

Nëse një rrymë prej 5A rrjedh për 2 minuta, gjeni sasinë e energjisë elektrike te transferuar.

Zgjidhje

Sasia e energjisë elektrike është: $Q = It$ Kulon

I = 5A, t = 2 × 60 = 120s

Prandaj

Q = 5 × 120 = 600 C

1.4. Forca

Njësia e forcës është Njuton (N), ku një Njuton është një kilogram metër për sekondë në katrorë. Njuton është definuar si forcë e cila, kur zbatohet në një masë prej një kilogrami, i jep një nxitim prej një metër për sekondë në katror. Kështu, forca, e shprehur në Njuton është:

F = ma

ku m është masa në kilogram dhe a është nxitimi i shprehur në metra për sekondë në katrorë. Forca gravitacionale, ose pesha, është mg, ku g = 9.81m/s2.

Problemi 2.

Një masë prej 5000g është përshpejtuar (nxituar) për 2 m/s^2 nga një forcë. Përcaktoni forcën e nevojshme.

Zgjidhje

Forca = masa × nxitimi = ma=5 kg × 2 m/s^2 = 10 kg m/s^2 = 10N

Problemi 3.

Gjeni forcën që vepron në mënyrë vertikale teposhtë në një masë prej 200 g te bashkangjitur në një tel. Mass = 200g = 0.2 kg dhe nxitimi për shkak të gravitetit, g = 9.81m/s^2 .

Zgjidhje

Forca që vepron poshtë = pesha = masa × nxitimi = 0.2kg × 9.81m/s^2 = 1.962 N**.**

1.5. Puna

Njësia e punës apo energjisë është Xhaul (J), ku një xhaul është një metër Njuton (Njuton meter). Xhaul është definuar si puna e bërë ose energjia e transferuar kur një forcë prej një Njutoni është ushtruar përmes një distancë prej një metre në drejtim te forcës. Kështu, puna e bërë në një trup, në xhaul është definuar me shprehjen:

W = FS

ku F është forcë në Njuton dhe s është distanca në metra e lëvizjes nga trupi në drejtim të forcës. Energjia është kapaciteti për të bërë punë.

1.6. Fuqia

Njësia e fuqisë është Vati (W), ku një vat është një xhaul për sekondë. Fuqia është definuar si shpejtësia e të bërit punë apo transferimit të energjisë. Kështu,

Fuqia në vat, është definuar:

P = W/t

Ku ***W*** është puna e bërë ose energjia e transferuar në xhaul dhe ***t*** është koha në sekonda. Kështu energjia, në xhaul është definuar me shprehjen:

W = Pt

Problem 4. Një makinë portativ (transferuese) kërkon një forcë prej 200N për të lëvizur atë. Sa punë është bërë, nëse makina është lëvizur 20 m dhe çfarë fuqie mesatare është shfrytëzuar në qoftë se lëvizja merr 25s?

Puna e bërë = forca x distanca = 200N x 20 m = 4000 Nm ose 4 kJ

Fuqia = puna e bërë/koha e marr =4000J/25s = 160 J/s = 160 W

Problemi 5. Një masë prej 1000 kg është ngritur në një lartësi prej 10 m për 20s. Cila është

a) Puna e bërë
b) Fuqia e zhvilluar

Zgjidhje

a) Puna e bërë = forca x distanca dhe

Forca = masa x nxitimi

Kështu që, puna e bërë = (1000 kg x 9,81m/s^2) x (10m) = 98100 Nm = 98,1 kNm ose 98,1 kJ

b) Fuqia = punën e bërë /kohen e marr = 98100 J/20s = 4905 J/s = 4905 W ose 4,905 kW

1.7. Potenciali elektrik

Njësia e potencialit elektrik është volt (V), ku një volt është një xhaul për Kulon. Një volt definohet si dallimi në potencial mes dy pikave në një përçues i cili, kur bartë një rrymë prej një amperi, shpenzon një fuqi prej një vati, dmth.

$$Volt = \frac{Vat}{Amper} = \frac{Xhul/Sekondë}{Amper} = \frac{Xhul}{Amper\ Sekondë} = \frac{Xhul}{Colon}$$

Një ndryshim në potencialin elektrik midis dy pikave në një qark elektrik është quajtur një ndryshim i potencialit. Forca elektromotore (EMF- **electromotive force**) siguruar nga një burim i energjisë i tillë si një bateri ose një gjenerator është matur në volt.

1.8. Rezistenca dhe përçueshmëria

Njësia e rezistencës elektrike është Omi (Ω), ku një Ohm është një volt për amper. Kjo është definuar si rezistencë midis dy pikave në një përçues, kur në këto dy pika është aplikuar një potencial elektrik konstant prej një volti dhe është prodhuar një rrymë rrjedhëse prej një amperi në përçues. Kështu,

Rezistenca në Ohm është:

$$R = \frac{V}{I}$$

Ku ***V*** është diferenca e potencialit ndërmjet dy pikave në Volt, ndërsa ***I*** është rryma që rrjedhë ndërmjet dy pikave në Amper.

Vlera reciproke e rezistencës është quajtur përçueshmëri dhe është matur me Siemens (S). Kështu, përçueshmëria e shprehur në Siemens është:

$$G = \frac{1}{R}$$

ku, R është rezistenca e shprehur në Ohm.

Problem 6. Gjeni përçueshmërinë e një përçuesi me rezistencë a) 10Ω, b) 5kΩ, dhe 100 mΩ.

Zgjidhje

a)

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{10} Simens = 0.1S$$

b)

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{5x10^3} S = 0.2x10^{-3} S = 0.2mS$$

c)

$$G = \frac{1}{100x10^{-3}} s = 10S$$

1.9. Fuqia elektrike dhe energjia

Kur një rrymë e vazhdueshme prej ***I*** Amper, rrjedhë në një qark elektrik dhe tensioni përgjatë qarkut është ***V volt***, atëherë fuqia në Vat është:

P=VI

Energjia elektrike është:

Energjia elektrike = fuqia x koha = *VIt* Xhul

Edhe pse njësia e energjisë është xhaul, kur kanë të bëjnë me sasi të mëdha të energjisë, njësia e përdorur është kilovat orë (kWh) ku

1kWh = 1000 Vat Orë = 1000×3600 Vat second ose Xhul = 3600000J

Problem 7. Një burim i forcës elektromotore prej 5V siguron një rrymë prej 3A për 10 minuta. Sa energji është dhënë në këtë rast?

Zgjidhje

Energjia = fuqia x koha, ku Fuqia = tensioni x rryma
Kështu
Energjia = VIt = 5 x 3 x (10x60) = 9000 Ws ose J = 9kJ

Problem 8. Një nxehëse elektrike konsumon 1.8 MJ, kur është e lidhur në një furnizim 250 V për 30 minuta. Gjeni fuqinë nominale te ngrohëses dhe rrymën e marr nga furnizimi?.

Zgjidhje

Energjia = fuqia x koha, ku

$$Fuqia = \frac{energjia}{kohen} = \frac{1.8\ x\ 10^6 J}{30\ x\ 60s} = 1000\frac{J}{s} = 1000W$$

D.m.th fuqia nominale e ngrohëses është = 1 kW.

Fuqia ***P* = *VI***, kështu

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{250} = 4A$$

Kështu rryma e marr nga furnizimi është 4 A.

1.9 Summary of terms, units and their symbols

Quantity	Quantity Symbol	Unit	Unit Symbol
Length	l	metre	m
Mass	m	kilogram	kg
Time	t	second	s
Velocity	v	metres per second	m/s or $m\,s^{-1}$
Acceleration	a	metres per second squared	m/s^2 or $m\,s^{-2}$

Force	F	newton	N
Electrical charge or quantity	Q	coulomb	C
Electric current	I	ampere	A
Resistance	R	ohm	Ω
Conductance	G	siemen	S
Electromotive force	E	volt	V
Potential difference	V	volt	V
Work	W	joule	J
Energy	E (or W)	joule	J
Power	P	watt	W

KAPITULLI II

2. Simbolet standard për komponenete elektrike

Simbolet standarde që janë përdorur për komponente elektrike dhe të cilat janë më të zakonshme janë paraqitur në fig. 2.1.

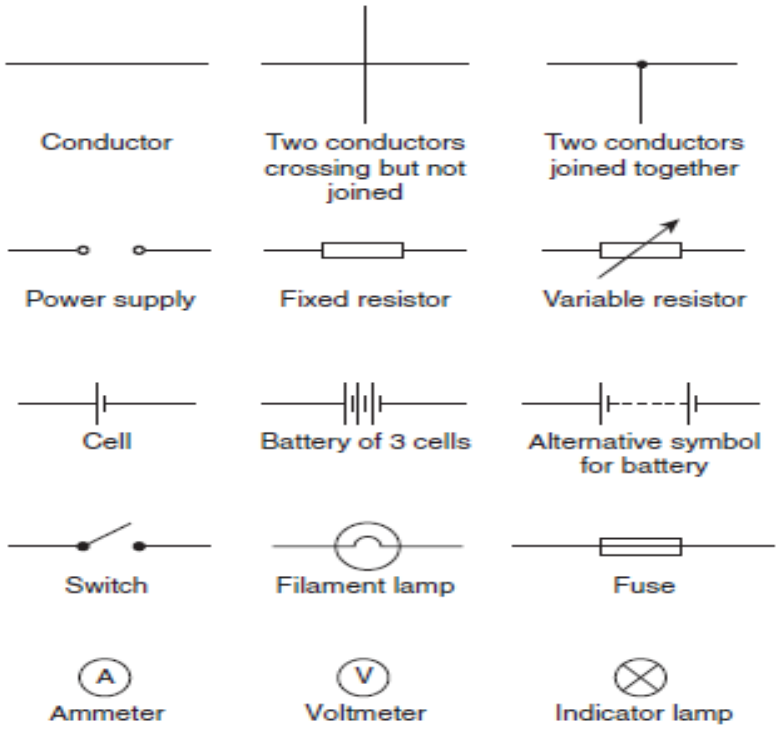


Figure 2.1

2.1. Rryma elektrike dhe madhësia e elektricitetit

Për herë të parë ky term është përdorur nga filozofi i Greqisë së lashtë Demokriti (460 p.e.s.-370 p.e.s.) i cili me këtë fjalë emërtonte atë element të materies që nuk ndahet më d.m.th atomi greqisht atomo (ατομο) = fjalë e përbërë nga parafjala a=pa + tomo, temno=presë, ndaj, ajo që nuk pritet më. Më pas Xhon Daltoni i vërtetoi botëkuptimet e filozofëve Demokriti dhe Leukipi. Ai përfundoi se materia eshë e ndërtuar prej grimcave te vogla te cilat nuk mund te ndahen prej ti me metoda kimike. Këto grimca janë atomet.

Atomi është i përbëre nga bërthama dhe elektronet me ngarkesë elektrike negative që rrotullohen rreth saj, në brendësin e bërthamës gjejmë neutronet që janë thërrmija pa ngarkesë elektrike dhe protonet me ngarkesë elektrike pozitive. Për çdo atom në gjendje normale numri i protoneve është i barabartë me numrin e elektroneve. Kur numri protoneve është i barabarte me numrin e elektroneve themi atëherë që atomi është neutral.

Ndërsa kur atomi humb një ose më shumë elektrone ngarkesa e tij nuk është me neutrale (zero), sepse duke humbur ngarkesat negative të elektroneve, atij i kanë mbetur vetëm ngarkesat pozitive te protoneve ne bërthame, atëherë themi se atomi është shndërruar në një jon pozitiv ose kation. Ndërsa, kur atomit i bashkohen një ose më shumë elektrone, ky nuk është me neutral, sepse i janë shtuar elektrone me ngarkesa negative, pra edhe një herë kemi të bëjmë me shndërrimin e një atomi në një jon por kësaj radhe jon negativ ose anion.

Që atomi është i pandashëm mund te thuhej kur ne nuk e njihnim akoma natyrën e një atomi, tani mund te konfirmojmë që atomet janë te ndashëm sepse edhe humbja e një elektroni do te thotë ndarje e tij. Për me tepër shkenca ka ecur shumë përpara saqë tani është e mundur edhe ndarja e bërthamës së një atomi, ky veprim quhet fision nuklear dhe është i mundur në centralet nukleare. Atomet e elementve te nryshem bashkveprojne ndërmjet tyre dhe gjate ketij bashkveprimi njeri nga elementet ka aftesi te jap elektrone ndërsa elementi tjetër është i prirur te marre elektrone ne shtresen e jashtme.

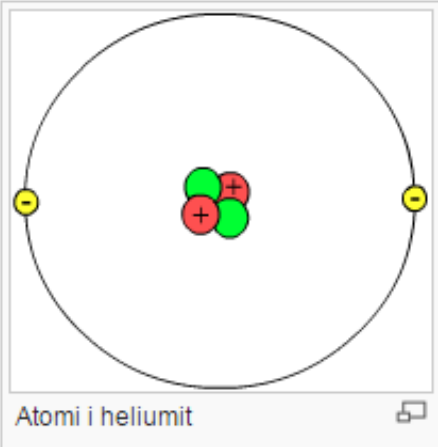


Fig. 2.1. Një paraqitje e atomit të Heliumit.

Kur ekziston një numër i barabartë i protoneve dhe elektroneve brenda një atomi është thënë se është elektrikisht i balancuar, ndërsa ngarkesat pozitive dhe negative anulojnë njëra-tjetren. Kur ka më shumë sesa dy elektrone në një atom elektronet janë vendosur në periferi (lëvozhgë) në distanca te ndryshme nga bërthama.

Te gjitha atomet janë të lidhur së bashku nga forcat e fuqishme te tërheqjes mes bërthamës dhe elektroneve te saj. Elektronet në lëvozhgen e jashtme te një atomi, megjithatë, janë të tërhequra në bërthamën e tyre nga forcat më pak të fuqishme sesa elektronet që janë në lëvozhgë dhe të cilat janë më afër bërthamës.

Është e mundur për një atom për të humbur një elektron; atomi, i cili është tani quhet një jon, nuk është tani elektrikisht i balancuar, por është e ngarkuar pozitivisht dhe është kështu në gjendje për të tërhequr një elektron në vetvete nga një atom. Elektronet që lëvizin nga një atom në tjetrin quhen elektrone te lira dhe lëvizje të tilla të rastit mund të vazhdojë pafundësisht. Megjithatë, në qoftë se një presion elektrik ose tension është aplikuar përgjatë ndonjë materiali ka një tendencë nga elektronet që të lëvizin në një drejtim të caktuar. Kjo lëvizje e elektroneve të lira, i njohur si domethënie, përbën një rrjedhje elektrike te rrymës. Kështu rryma është shpejtësia e lëvizjes së ngarkesës. Lëvizja e orientuar e elektricitetit quhet rrymë elektrike.

Përçuesit janë materiale që përmbajnë elektrone që janë të lidhura lirshëm në bërthamë dhe munden lirshëm të lëvizin përgjatë materialit nga një atom në një tjetrin. Izolatorët janë materiale, elektronet e të cilëve janë mbajtur në mënyrë të vendosur në bërthamën e tyre.

Njësia e përdorur për sasinë e ngarkesës së elektricitetit Q është quajtur Kolon C (ku 1 Kolon = $6{,}24x10^{18}$ elektrone).

Nëse lëvizja e elektroneve në një përçues bëhet në normë prej një Kulombi për sekondë rryma rezultuese është thënë të jetë një rrymë prej një amperi.

Kështu, 1 amper = 1 Kulombit për sekondë ose 1 A = 1 C / s

Për këtë arsye, 1 Kulombit = 1 amper sekondë ose 1 C = 1 Si

Në përgjithësi, në qoftë se I është rryma në Amper dhe t koha në sekonda gjatë të ciles rrjedh rryma, atëherë I × t paraqet sasinë e ngarkuar elektrike në Kolon, dmth

Sasia e ngarkesës elektrike është:

Q=I x t Kolona

Problemi 1.

Çfarë rryme duhet të rrjedh n.q.s 0,24 Kolon janë transferuar në 15 ms?

Kështu sasia e elektricitetit, Q = It, atëherë

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{0{,}24}{15x10^{-3}} = \frac{0.24x10^{3}}{15} = \frac{240}{15} = 16A$$

Problem 2 Nëqoftëse një rrymë prej 10A rrjedhë për 4 minuta, gjeni sasinë e elektricitetit të transferuar?
Sasia e elektricitetit = It Kolina
I = 10A, t = 4x60 = 240s
Kështu, Q = 10 x 240 = 2400 C.

2.2. Ndryshimi i potencialit dhe rezistenca

Për te pasur një rrymë të vazhdueshme që rrjedh ndërmjet dy pikave në një qark është kërkuar që te ketë një ndryshim potenciali ose tensioni, V, në mes tyre; një rrugë i plotë përçues është i nevojshëm për tek dhe nga burimi i energjisë elektrike. Njësia ndryshimit të potencialit është volt, V.

Figura 2.2 tregon një qelizë të lidhur përmes një llambe te hollë. Rrjedha e rrymës, nga convection, konsiderohet si rrjedhje nga terminali pozitiv i celulës, rreth qarkut deri te terminali negativ.

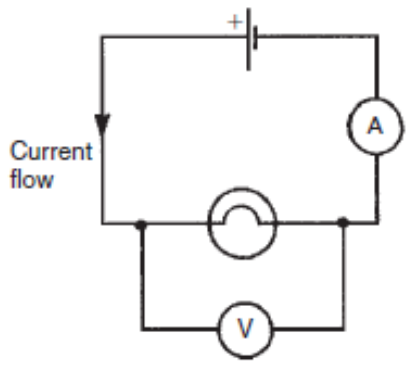


Figure 2.2

Rrjedha e rrymës elektrike është subjekt i fërkimit. Kjo fërkime, apo opozita, quhet rezistenca R dhe është pronë e një dirigjent që kufizon aktuale. Njësia e rezistenca është om; 1 ohmis përcaktuara si rezistence e cila do të ketë një aktuale e 1 amper rrjedh përmes.

2.3. Instrumentet bazike për matjen e elektricitetit

Një ampermetër është një instrument i përdorur për të matur rrymën dhe duhet të jetë i lidhur në seri me qarkun. Figura 2.2 tregon një ampermetër i cili është i lidhur në seri me llambën i cili shërben për matjen e rrymës e cila rrjedhë nëpërmjet saj. Meqenëse e gjithë rryma në qark kalon nëpër ampermetër ajo duhet të ketë një rezistencë shumë të ulët.

Një voltmetër është një instrument i përdorur për të matur p.d. dhe duhet të jetë i lidhur në paralel me pjesën e qarkut pd i cilit është e nevojshme. Në Figurën 2.2, një voltmetër është i lidhur në paralel me llambë ashtu që të mundësoj matjen e PD e cila kalon nëpërmjet tij. Për të mënjanuar një rrjedhje të rëndësishme të rrymës nëpërmjet tij një voltmetër duhet të ketë një rezistencë shumë të lartë. Një ohmmeter është një instrument për matjen e rezistencës.

Një multimeter, ose instrument universal, mund të përdoren për të matur tensionin, rrymën dhe rezistencën. Shembuj tipik janë është “Avometer” dhe “fluke” janë shembuj tipik.

Oshiloskopi mund të përdoret për të vrojtuar formën valore dhe për të matur tensionin dhe rrymën. Ekrani i një oshiloskopi përfshin një vend të dritës e cila lëvizë nëpër një ekran. Se ku do te kemi shtrembërime te dritës nga pozicioni fillestarë i saj, varet nga PD (tensioni) i aplikuar tek terminalet e oshiloskopit dhe range-i i përzgjedhur. Zhvendosja është kalibruar në 'volt për cm ". Për shembull, në qoftë se njolla (drita) është shtrembëruar 3cm dhe komutimi volt/cm është në 10V/cm, atëherë magnituta (madhësia) e PD është 3cm × 10V/cm, dmth 30V.

Një BM80 ose një megger 420 MIT ose një megger urë mund të përdoren për të matur çoftë rezistencën e vazhdueshme, apo izolimin. Testimi i vazhdueshëm është matja e rezistencës së një kabllo për të zbuluar nëse kablloja është e vazhdueshëme, dmth për të vërtetuar se ajo nuk

ka prishje apo nyje të larta te rezistencës. Testimi i rezistencës së izolimit është matja e rezistencës së izolimit në mes të kabllove, kabllot individuale në tokë ose prizat metalike, etj. Një rezistenca me izolim më të madhe se 1MΩ është normalisht e pranueshme.
Një **tachometer** është një instrument që tregon shpejtësinë, zakonisht rrotullimet për minutë, me të cilën një bosht motori është i rrotulluar.

2.4. Pajisjet lineare dhe jo lineare

Figura 2.3 paraqet një qark në të cilin rryma I mund të jetë ndryshuar nga ana e rezistencë së ndryshueshme R2. Për vlera te ndryshme të R2, rryma që rrjedhë në rezistencën R1, paraqitet në ampermetër dhe PD përgjatë R1-it, paraqitet në voltmetër, dhe janë paraqitur edhe në mënyrë grafike përmes diagrameve. Rezultati është treguar në figurën 2.4 (a) ku vija e drejt e paraqitur grafikisht që kalon përmes origjinës tregon se rryma është në proporcion të drejt me PD. Meqenëse gradienti (P.D / rryma) është konstante, rezistenca R1 është konstante. Një rezistencë është pra një shembull i një pajisje lineare.

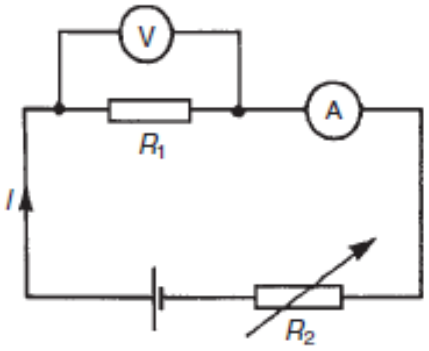


Figure 2.3

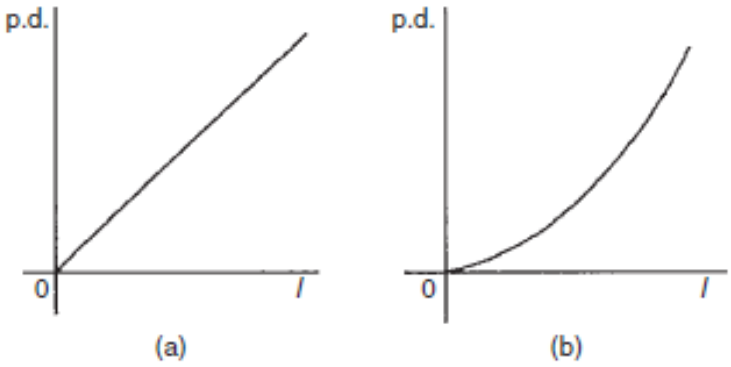


Figure 2.4

Nëse rezistencë R1 në figurën 2.3 zëvendësohet me një komponent të tillë si një llambë atëherë grafiku i paraqitur në figurën 2.4 (b) rezulton kur vlerat e P.D janë shënuar për vlera

te ndryshme të rrymës të lexuara. Meqenëse gradient po ndryshon, llamba është një shembull i një pajisje jo-lineare.

2.5. Ligji i Ohmit

Ligji i Ohm-it thotë se rryma ***I*** që rrjedhë në një qark është në proporcion te drejt me tensionin e aplikuar ***V*** dhe në proporcion te zhdrejtë me rezistencën ***R*** me kusht që temperatura te mbetet konstant. Kështu:

$$I = \frac{V}{R}$$

ose

$$V = RI$$

ose

$$R = \frac{V}{I}$$

Problemi 3. Rryma që rrjedh përmes një rezistori është 0.8 A, kur është aplikuar një tension prej 20 V. Gjeni vlerën e rezistencës?.

Sipas ligjit te Ohm-it.

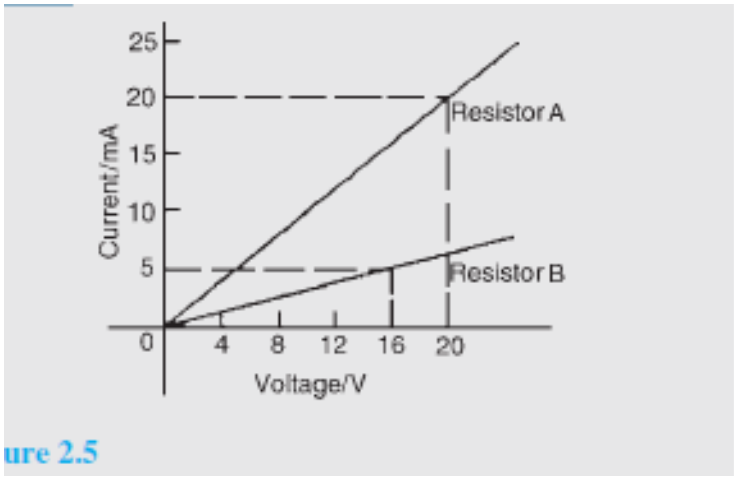
Rezistenca është:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{0{,}8} = 25\Omega$$

Problemi 5. Një bobinë ka një rrymë prej 50mA që rrjedhë përgjatë saj kur tensioni i aplikuar është 12V. Sa është rezistenca e bobinës?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{50x\ 10^{-3}} = \frac{12x10^{3}}{50} = \frac{12000}{50} = 240\Omega$$

Problemi 4. Relacioni ndërmjet rrymës/tensionit për dy rezistenca A dhe B është paraqitur në figurën 2.5. Definoni vlerën e rezistencës te çdo rezistencë.



Zgjidhje

Për rezistencën A kemi:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20V}{20mA} = \frac{20}{0.02} = \frac{2000}{2} = 1000\Omega \; ose \; 1k\Omega$$

Për rezistencën B kemi:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{16V}{5mA} = \frac{16}{0.005} = \frac{16000}{5} = 3200\Omega \; ose \; 3.2k\Omega$$

2.6. Përçuesit dhe izolatoret

Një përçuesit është një material që ka një rezistencë të ulët e cila lejon rrymën elektrike të rrjedh përgjatë tij. Të gjitha metalet janë përçues dhe disa materiale që janë si materiale përçuese hynë: bakri, alumini, bronzi, platini, argjendi, ari dhe karboni.
Një izolator është një material që ka një rezistencë të lartë e cila nuk lejon rrymën elektrike të rrjedh. Si materiale izoluese hynë: plastika, goma, qelqi, porcelani, ajri, letra, qeramika, vajra të caktuara, etj.

2.7. Fuqia dhe energjia elektrike

2.7.1. Fuqia elektrike

Fuqia ***P*** në një qark elektrik është dhënë si prodhim i tensionit ***V*** dhe rrymës ***I***. Njësia e fuqisë është vati, W. Prandaj kemi:

P = VxI Vat

Nga ligji i Omit kemi:

$$V=IR$$

Duke bërë zëvendësimin e kësaj shprehje në shprehjen e më sipërme kemi:

$$P = (IR)xI = I^2R \text{ W}$$

Gjithashtu nga ligji i Ohm-it kemi

$$I = \frac{V}{R}$$

Me zëvendësimin e kësaj shprehje në shprehjen e parë kemi:

$$P = Vx\frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}\ Watts$$

Nga kjo mund te vëreni se kemi tri formula përmes të cilave mund te llogarisim fuqinë.

Problemi 5.

Një llambë elektrike 100 W-she është e lidhur në një tension prej 250 V. Përcaktoni:

a) Rrymën që rrjedhë në llambë?
b) Rezistencën e llambës?

Zgjidhje

Fuqia është P = VxI
Prej nga rryma do te jetë:

$$I = \frac{P}{V}$$

a) Rryma është:

$$I = \frac{100W}{250V} = \frac{10}{25} = \frac{2}{5} = 0.4A$$

b) Rezistenca është:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{250}{0.4} = \frac{2500}{4} = 625\Omega$$

Problem 6. Llogaritni fuqinë e shpenzuar kur një rrymë prej 4mA kalon përgjatë një rezistence prej 5kΩ.

Zgjidhje

Fuqia është:

$$P = I^2R = (4x10^{-3})^2(5x10^3) = 16x10^{-6}x5x10^3 = 80x10^{-3}$$
$$= 0.08W\ ose\ 80\ mW$$

Përndryshe meqenëse:

$$I = 4 \times 10^{-3} \text{ and } R = 5 \times 10^3$$

Atëherë nga ligji i Ohmit tensioni është:

$$V = IR = 4 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3} = 20\,\text{V}$$

Kështu që fuqia është:

$$P = V \times I = 20 \times 4 \times 10^{-3} = \mathbf{80\,mW}$$

2.8. Energjia elektrike

Energjia elektrike = Fuqia x koha

Nëse fuqia është matur në Vat dhe koha në sekonda, atëherë njësia e energjisë është vat-sekonda ose Xhoul (joules). Nëse fuqia është matur në kilovat dhe koha në orë, atëherë njësia e energjisë është kilovat-orë, shpesh quhet "njësi e energjisë elektrike".'Njësori i energjisë elektrike' në shtëpi përdor për llogaritje të energjisë njësinë kilovat-orë.

Shembull: Një bateri 12V është e lidhur nëpërmjet një ngarkese që ka një rezistencë prej 40Ω?. Përcaktoni rrjedhjen e rrymës në ngarkesë, fuqinë e konsumuar dhe energjinë e humbur për 2 minuta.

Llogarisim rrymën:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{40} = \mathbf{0.3\,A}$$

Fuqia e konsumuar është:

$$P = VI = (12)(0.3) = \mathbf{3.6\,W}$$

Energjia e humbur është = fuqinë x koha = (3.6W)x(2x60s)=432J (meqenëse 1J = 1Ws)

Shembull: Një pajisje elektrike në një zyrë i nevojitet një rrymë prej 13A nga një burim 240V. Te llogaritet kostoja për javë e energjisë elektrike, nëse pajisja është përdorur për 30 orë çdo javë dhe 1 kWh e energjis kushton 13.56 p.

Zgjidhje

$$\text{Power} = VI \text{ watts} = 240 \times 13 = 3120\,\text{W} = 3.12\,\text{kW}$$

$$\begin{aligned}&\text{Energy used per week}\\&\quad = \text{power} \times \text{time}\\&\quad = (3.12\,\text{kW}) \times (30\,\text{h}) = 93.6\,\text{kWh}\end{aligned}$$

$$\text{Cost at } 13.56\,\text{p per kWh} = 93.6 \times 13.56 = 1269.216\,\text{p}$$

$$\text{Hence } \textbf{weekly cost of electricity} = \textbf{£12.69}$$

2.9. Efektet kryesore te rrymës elektrike

Si efekte kryesore te rrymë elektrike janë:

- efekti magnetik
- efekti kimik
- efekti i ngrohjes

Disa aplikime praktike të efekteve të një rryme elektrike përfshinë:

- **Efekti magnetik:** zilet, rele (ritransmetues), motorë, gjeneratorë, transformatorë, telefona, ndezje te makinës dhe tërheqje magnetike (shih Kapitullin 8)
- **Efekti kimike**: celula primare dhe sekondare dhe Pllaka elektrike (shih Kapitullin 4)
- **Efekti i ngrohjes**: furnelë, ngrohje me ujë, zjarret elektrike, furrat, saldim etj.

2.10. Siguresa

Nëse ka një gabim në një pjesë të pajisjes, atëherë mund te ketë rrjedhje të tepërt të rrymës. Kjo do të shkaktojë mbinxehje dhe ndoshta një zjarr; mbrojtja nga kjo mund te realizohet nga siguresa. Rryma nga furnizimi deri te pajisja rrjedh nëpër siguresë. Siguresa është një copë teli i cili mund të bart një rrymë te caktuar; nëse rryma e caktuar (e cila është paraparë te jetë prezent përgjatë asaj sigurese) ngrihet mbi këtë vlerë atëherë siguresa do të shkrihet. Nëse siguresa shkrihet, atëherë krijohet një qark i hapur dhe nuk mund te ketë rrjedhje te rrymës, duke ndikuar në mbrojtjen e pajisjes nga furnizimi me energji elektrike.

Siguresave duhet të jetë në gjendje që të përballoj pak më shumë sesa operimi i rrymës normale te pajisjet, ashtu që te lejoj një tolerancë në rastet kur ka ndonjë rritje te vogël të rrymës. Në disa pajisje ka një rritje shumë të madhe të rrymës për një kohë të shkurtër në rastin e komutimit në ***ON***. Nëse një siguresë është e pajisur ashtu që t'i bëjë ballë kësaj rryme të madhe nuk do të kishte nevojë për ndonjë mbrojtje nga gabimet që shkakton rryma që ngrihet pak mbi vlerën normale. Prandaj siguresat speciale anti-mbitensionit janë të pajisur për një gjendje të tillë. Këto mund i qëndrojnë rrymës 10 herë për 10 milisekonda. Nëse rritja zgjat më shumë se kjo siguresa do të bjerë.

Shembull. Nëse kemi në dispozicion siguresa 5A, 10A dhe 13A, konstatoni se cila është më e përshtatshme që të përdoret për rastet e më poshtme, ku për të dy rastet lidhja është bërë në një furnizim prej 240V

(a) Tosteri elektrik ka një shkallë të energjisë prej 1 kW

(b) Furra elektrike që ka një shkallë të energjisë prej 3kW.

Zgjidhje

Fuqia është:

$$P=VI$$

Nga kjo rrjedhë se:

$$I=\frac{P}{V}$$

a) Për Toster kemi:

Rryma është:

$$I=\frac{P}{V}=\frac{1000}{240}=\frac{100}{24}=4.17\,\mathrm{A}$$

Prandaj siguresa 5A është më e përshtatshme.

b) Për furrë
Rryma është:

$$I=\frac{P}{V}=\frac{3000}{240}=\frac{300}{24}=12.5\,\mathrm{A}$$

Prandaj siguresa 13A është më e përshtatshme.

2.11. Izolimi dhe rreziqet e rrjedhjes së zakonshme të rrymës

Derisa përdorimi i materialeve izoluese në pajisje elektrike, është i nevojshëm, gjithashtu ka edhe efektin e parandalimit të humbjeve të nxehtësisë, d.m.th ngrohja nuk është në gjendje të zhduket, duke krijuar rrezik të mundshëm të zjarrit. Përveç kësaj, materiali izolues ka një shkallë maksimal te temperaturës - kjo është ngrohja që mund te përballojë pa u dëmtuar. Shkalla e rrymës për të gjitha pajisjet dhe komponentet elektrike është e kufizuar që të mbaj temperaturen e gjeneruar brenda kufijve të sigurisë. Përveç kësaj, kur zgjidhni izolatorin duhet te merret parasysh edhe prezenca e tensionit maksimal.

KAPITULLI III

3. Bateritë dhe burimet alternative të energjisë

Hyrje

Një bateri është një pajisje që konverton energjinë kimike në energji elektrike. Nëse është realizuar lidhja e ndonjë pajisje në mes të terminaleve të saj, rryma e cila gjenerohet në këtë rast nga bateria do të realizoj furnizimin me energji te pajisjes. Bateritë janë pajisje të cilat sot janë të domosdoshme për shumë pajisje elektronike dhe janë thelbësore për pajisje që kërkojnë energji dhe të cilat nuk kanë mundësi që një energji të tillë ta sigurojnë nga rrjeti. Për shembull, pa bateri, nuk do të kishte telefona celularë apo kompjuterë laptopë.

Bateritë janë mbi 200 vjet te vjetra dhe bateritë mund te gjenden pothuajse kudo në produkte te konsumit dhe produktet industriale. Disa shembuj praktike ku bateritë përdoren përfshijnë: në laptopë, në kamera, në telefonat mobil, në makina, orë, pajisje të sigurisë, në metra elektronike, për alarme tymi, për metrat qe përdoren për të lexuar gazin, ujin dhe konsumin e energjisë elektrike në shtëpi, në aparate fotografike, sensor, etj.

Bateritë ndahen në dy kategori - primare, të cilat nuk janë të dizajnuara për tu ri mbushur me elektricitet, dhe bateri sekondare, të cilat janë të dizajnuara për tu ri mbushur, të tilla si ato të përdorura në telefonat mobil.

Në vitet e fundit ka qenë e nevojshme për të hartuar bateri me përmasa të reduktuara, por me rritjen e jetëgjatësi dhe kapacitetit.

Nëse për një aplikim të caktuar kërkohet madhësi e vogël e baterisë, por nga ana tjetër kërkohet fuqi e lartë, atëherë do te përdoren bateritë me 1.5V. Nëse është kërkuar jetë gjatësi e baterisë, atëherë do te përdoren bateritë me 3 deri 3.6V. Në vitet 1970 Bateritë nga Mangani 1.5 V gradualisht ishin zëvendësuar me bateri alkaline. Bateritë Silver oksid gradualisht kishin hyrë në përdorim në vitet 1960 dhe janë ende teknologji e preferuar për bateri te orëve të sotme.

Bateritë litium-jon u prezantuan në 1970 për shkak të nevojës për aplikime për periudha më të gjata kohore. Në të vërtetë, disa bateri të tilla janë njohur si te tilla që jetëgjatësia e tyre ka shkuar deri në 10 vite, para se te paraqitet nevoja që një bateri e tillë te zëvendësohet. Duke u bazuar në një karakteristikë të tillë mund te themi se këto bateri janë ende shumë të kërkuara sidomos për kamera digjitale dhe nganjëherë për orët e dorës dhe orët kompjuterike. Bateritë nga litiumi janë të afta që të japin rrymë të larta, por kanë tendencë të jenë të shtrenjta.

3.1. Disa efekte kimike te elektricitetit

Një material duhet të përmbajë grimcat me ngarkesë, ashtu që të jetë në gjendje që të krijoj rrymë elektrike. Në trupa te ngurtë, rryma është bartur nga elektronet. Bakri, plumbi, alumini,

hekuri dhe karboni janë disa shembuj të përçuesve të ngurtë. Në lëngje dhe gazra, rryma është bartur nga ana e molekulave te cilat kanë fituar një ngarkesë elektrike, te quajtur jone. Këto mund të kenë një ngarkesë pozitive apo negative, dhe si shembuj kemi rastet që përfshijnë jon hidrogjen H +, jon bakri Cu + dhe jon hidroksid OH-. Ujë i distiluar përmban jone dhe është një përçues i dobët i energjisë elektrike, ndërsa uji i kripur përmban jone dhe është një përçues i mirë i energjisë elektrike.

Elektroliza është dekompozimi i një komponimi të lëngjeve që mundëson kalimin e rrymës elektrike përmes saj. Aplikimet praktike të elektrolizës përfshijnë pllaka elektrike te metaleve (shih më poshtë), nga bakri i rafinuar dhe nxjerrjet prej aluminit.

Një elektrolit është një komponim i cili do ti nënshtrohet elektrolizës. Shembulli do të përfshinë ujë të kripur, sulfat bakri dhe acid sulfurik.

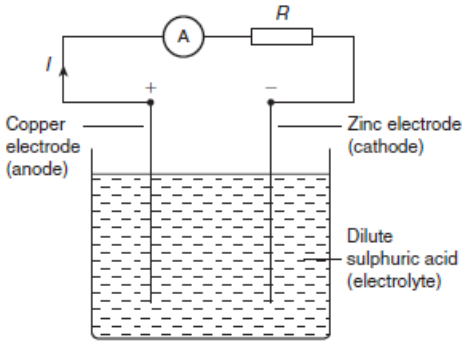


Fig. 3.1. Elektroliza.

Elektrodat janë dy përçues qe bartin rrymën deri në elektrolit. Elektroda pozitive e lidhur quhet anode dhe elektroda negative e lidhur quhet katodë.

Kur dy telat e bakrit të lidhur me një bateri janë vendosur në një gotë që përmban një tretësirë ujë te kripur, rryma do të rrjedhë përmes tretësirës. Flluska ajri shfaqen rreth telave meqenëse uji është ndryshuar në hidrogjen dhe oksigjen nga elektroliza.

Pllakza elektrike përdor parimin e elektrolizës në aplikimin e një shtrese te hollë te një metali në një tjetër metal. Disa aplikime praktike përfshijnë pllakëz kallaj, pllakëz çeliku, pllakëz argjendi e përzier me nikel dhe pllakëz kromi e çelikut. Nëse dy elektroda bakrit të lidhura me një bateri janë vendosur në një gotë që përmban sulfat bakri si elektrolizë, është gjetur se katoda (d.m.th elektroda e lidhur me terminalin negativ të baterisë) fiton bakër ndërsa anoda humbë bakër.

Qëllimi i një burimi te thjesht elektrik është te realizoj konvertimin e energjisë kimike në energji elektrike.

Një burim i thjeshtë përbëhet nga dy përçues jo të ngjashme (elektronet) në një elektrolit. Një burim i tillë është paraqitur në figurën 3.1, që përfshin elektrodat e bakrit dhe zinkut. Një

rrymë elektrike është gjetur që rrjedh në mes të elektrodave. Çifte tjera te elektrodave te mundshme, gjithashtu ekzistojnë, duke përfshirë zink-plumb dhe hekur-zink. Potenciali i elektrodës (d.m.th tensioni i matur midis elektrodave) ndryshon për çdo çift të metaleve. Duke e ditur se forca elektromotore e secilit metal në lidhje me disa elektroda standarde, emf nga çdo palë e metaleve mund të përcaktohet. Standardi i përdorur është elektroda nga hidrogjeni. Seria elektrokimike është një mënyrë për të renditur elementet sipas mënyrës së potencialit elektrik, dhe Tabela 3.1 tregon një numër të elementeve në një seri të tillë. Në një burim te thjeshtë ekzistojnë dy gabime - ato për shkak të polarizimit dhe veprimit lokal.

Tabela 3.1: Pjesa e serisë elektrokimike

Potassium
sodium
aluminium
zinc
iron
lead
hydrogen
copper
silver
carbon

3.1.1. Polarizimi

Nëse celula e thjeshtë e paraqitur në figurën 3.1 është lënë e lidhur për një kohë te caktuar, rryma do te zvogëlohet mjaft shpejt. Kjo është për shkak të formimit të një cipe të flluskave te hidrogjenit në anodën e bakrit. Ky efekt është i njohur si polarizimi i celulës. Hidrogjeni parandalon kontaktin e plotë ndërmjet elektrodës së bakri dhe elektrolitit dhe kjo rrit rezistencën e brendshme të celulës. Efekti mund të tejkalohen duke përdorur një agjent kimik depolarizues ose depolarizer, të tillë si dekromatik i cili heq flluskat e hidrogjenit që formohen. Kjo lejon celulën që te ofroj një rrymë te qëndrueshme.

3.1.2. Veprimi Lokal

Kur zinku komercial është vendosur në acid të tëholluar sulfurik, gaz i hidrogjenit lirohet prej tij dhe realizon tretjen e zinkut. Arsyeja për këtë është se papastërtitë, të tilla si grimcat e hekurit, janë të pranishme në zink te cilat themelojnë burime te vogla primare te zinkut. Këto burime te vogla janë thjesht qarqe te vogla nga elektroliti, me rezultat që rrymat lokale që

rrjedhin shkaktojnë korrozion. Ky veprim është i njohur si veprim lokal i burimit. Kjo mund te pengohet duke realizuar një fërkim me një sasi të vogël të merkurit në sipërfaqen e zinkut, dhe si rezultat do te formohet një shtresë mbrojtëse mbi sipërfaqen e elektrodës. Kur dy metale janë përdorur në një burim të thjeshtë, mund te përdoret seria elektrokimik për të parashikuar sjelljen e burimit:

1. Metali që është më i lartë në seri, vepron si elektrodë negativ, dhe anasjelltas. Për shembull, elektroda e zinkut në celulë që është paraqitur në figurën 4.1 është negativ dhe elektroda e bakrit është pozitiv.
2. Më e madhja e ndahet në seri midis dy metaleve më të mëdha është prodhuar forca elektromotore nga celula.

Seria elektrokimike është përfaqësuese e rendit të reaktivitetit te metaleve dhe komponimeve të tyre:

1. Të metalet e larta në seri reagojnë më mirë me oksigjen dhe anasjelltas.
2. Kur dy elektroda metalike janë përdorur në një celulë të thjeshtë ajo që është më e lartë në seri ka tendencë që të tretet në elektrolit.

3.1.3. Korrozioni

Korrozioni është shkatërruesi gradual i një metali në kushte atmosferike të lagshme me anë të veprimit, thjeshtë të burimit. Përveç pranisë së lagështisë dhe ajrit të kërkuar për ndryshkje, kërkohet një elektrolit, një anode dhe një katodë për korrozion. Kështu, nëse metale në një hapësirë të gjerë në serinë e elektrokimisë, përdoren në kontakt me njëra-tjetrën në prani të një elektroliti, korrozioni do te ndodh. Për shembull, në qoftë se një valvul bronzi është e pajisur me një sistem ngrohje te bërë nga çeliku, korrozioni do të ndodhë.
Efektet e korrozionit përfshijnë dobësimin e strukturave, reduktimin e jetës së komponentëve dhe materialeve, harxhimin e materialeve dhe shpenzimet për zëvendësim.
Korrozioni mund të parandalohet, duke realizuar veshjen me ngjyrë, yndyra, veshje plastike dhe llak, ose duke vendos një shtresë me kallaji ose krom. Gjithashtu, hekuri mund të elektrizohet, d.m.th, shtresë me zink, shtresa e zinkut duke ndihmuar për të parandaluar hekurin nga gërryerja.

3.2. E.M.F edhe rezistenca e brendshme e burimit

Force elektromotore (E.M.F), E e një burimi është ndryshimi i potencialit ndërmjet terminaleve të tij, kur ai nuk është i lidhur me një ngarkesë (d.m.th. burimi është në ***ON*** 'pa ngarkesës'). E.m.f. e një burimi matet duke përdorur një voltmetër me rezistencë të lartë të lidhur në paralel me burimin. Voltmetëri duhet të ketë një rezistencë të lartë përndryshe rryma do te kaloj dhe celula nuk do të jetë në ON 'pa-ngarkesë'. Për shembull, nëse rezistenca e një burimi është **1Ω** dhe ajo e një voltmetërt **1 MΩ**, atëherë rezistenca ekuivalente e qarkut është **1MΩ + 1Ω**, është rreth **1 MΩ,** pra nuk ka rrjedhje te rrymës dhe burimi (celul) nuk është i ngarkuar.

Tensionit në dispozicion në terminalet e burimit bie kur një ngarkesë lidhet. Kjo është shkaktuar nga rezistenca e brendshme e burimit e cila është në kontrast me materialin e burimit nëpër të cilin rrjedhë rryma. Rezistenca e brendshme vepron në seri me rezistencat tjera në qark. Figura 3.2 paraqet një burim të forcës elektromotore ***E*** Volt dhe rezistencën e brendshme, ***r,*** dhe ***XY*** paraqesin terminalet e burimit.

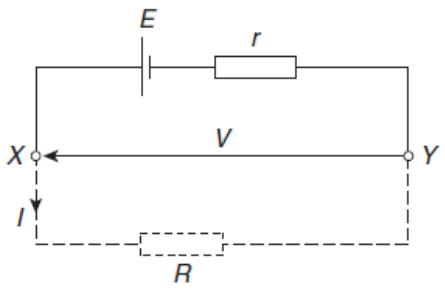


Fig. 3.2. Burimi i një force elektromotore.

Kur një ngarkesë (paraqitur si rezistencë R) nuk është e lidhur, nuk do te rrjedh rrymë dhe tensioni i terminaleve është, ***V = E***. Kur ***R*** është lidhur, atëherë një rrymë ***I*** do te rrjedh e cila shkakton një rënie te tensionit në burim, duke pasur parasysh shprehjen ***Ir.*** Tensioni në dispozicion në terminalet e burimit është më i vogël sesa forca elektromotore (e.m.f.) e burimit dhe ky tension jepet me anë të shprehjes:

$$V=E-Ir$$

Kështu në qoftë se një bateri me forcë elektromotore ***12 volt*** dhe rezistencë te brendshme ***0.01Ω*** sjell një rrymë prej ***100A,*** tensioni (potenciali) i terminaleve te burimit do te jetë:

$$V = 12 - (100)(0.01)$$
$$= 12 - 1 = 11\,\mathrm{V}$$

Kur përgjatë një burimi të energjisë janë matur vlera te ndryshme të ndryshimit të potencialit ***V*** për vlera të ndryshme të rrymës, atëherë kjo do te mund te paraqitet grafikisht, siç është paraqitur në figurën 3.3. Meqenëse forca elektromotore ***E*** e një burimi te energjisë është potenciali nëpër terminalet e tij në rastin, kur nuk ka ngarkesë (dmth kur ***I = 0***), atëherë ***E*** është paraqitur me vijën e ndërprerë.

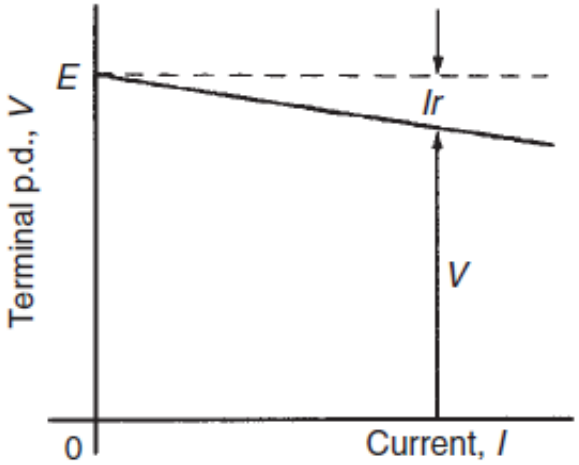


Fig. 3.3. Paraqitja grafike e ndryshimit të potencialit varësisht nga rryma.

Meqenëse ***V=E-Ir***, atëherë rezistenca e brendshme mund të llogaritet me shprehjen:

$$r = \frac{E - V}{I}$$

Kur rryma rrjedh në drejtimin e paraqitur në figurën 3.2, burimi është thënë se është pa ngarkuar (E>V).
Kur rryma rrjedh në drejtimin e kundërt të rastit të paraqitur në figurën 3.2 burimi është thënë se është i ngarkuar (V>E).

Një bateri është një kombinim i më shumë sesa një burimi. Burimet në një bateri mund te jenë te lidhura në seri ose në paralel.

a) për burimet e lidhura në seri:

- **Totali i forcës elektromotore** = me shumën e forcave elektromotore të burimeve te lidhura në seri;
- **Rezistenca e brendshme totale** = me shumën e rezistencave të brendshme;

b) Për burimet e lidhura në paralel

Në qoftë se burimi ka te njëjtë forcën elektromotore dhe rezistencën e brendshme

- **Forca elektromotore totale** = me forcën elektromotore të një burimi
- **Rezistenca e brendshme totale e *n* burimeve** = 1/n ***x*** rezistenca e brendshme e një burimi.

Shembull. Tetë burime, secili me një rezistencë të brendshme prej 0.2Ω dhe një forcë elektromotore 2.2V, janë të lidhur (a) në seri, (b) në paralel. Përcaktoni forcën elektromotore dhe rezistencën e brendshme të baterive te formuar kështu.

Zgjidhje

a) Kur lidhen në seri, total i forcës elektromotore = shuma e forcës elektromotore e burimeve = 2.2x8=17.6V

Rezistenca e brendshme totale = 0.2x8=1.6Ω

b) Kur lidhe në paralel, F. E. M totale është:

F.E.M = F.E.M e një burimi = 2.2V.

Rezistenca e brendshme totale = për 8 elemente = $\frac{1}{8} x$ rezistenca e brendshme totale $= \frac{1}{8} x 0.2 = 0.025\Omega$

Shembull: Një burim ka një rezistencë te brendshme prej 0.02Ω dhe një f.e.m prej 2.0V. Te llogaritet ndryshimi i potenciali i terminaleve në qoftë se dërgesa e tij është a) 5A b) 50A?

Zgjidhje

(a) Terminal p.d. $V = E - Ir$ where E = e.m.f. of cell, I = current flowing and r = internal resistance of cell

$E = 2.0\,\text{V}$, $I = 5\,\text{A}$ and $r = 0.02\,\Omega$

Hence **terminal p.d.**

$\mathbf{V} = 2.0 - (5)(0.02) = 2.0 - 0.1 = \mathbf{1.9\,V}$

(b) When the current is 50 A, terminal p.d.,

$$V = E - Ir = 2.0 - 50(0.02)$$

i.e. $\mathbf{V} = 2.0 - 1.0 = \mathbf{1.0\,V}$

Thus the terminal p.d. decreases as the current drawn increases.

KAPITULLI IV

4. Fusha elektrostatike në hapësirën e zbrazët

4.1. Ngarkesa elektrike statike

Edhe pse ngarkesat elektrike kanë natyre korpuskulare, ne do to konsiderojmë se ato janë kontinuale. Arsyeja qendrorë ne faktin se ne do to shqyrtojmë dukuritë në rrethinën e trupit te elektrizuar, ku nuk na intereson efekti i secilës ngarkesë elementare brenda trupit të elektrizuar, por efektet që i shkakton një grumbull i madh sish. Në këtë mënyrë thuhet se dukuritë shqyrtohen në mënyrë makroskopike. Në elektroteknikë praktikisht gjithmonë punohet me madhësi makroskopike. Mirëpo, ndonjëherë për shpjegimin e ndonjë dukurie, nevojitet të merren parasysh edhe efektet brenda vete trupave. Në atë rast dukuritë shqyrtohen në mënyrë mikroskopike.

Ngarkesa elektrike e një trupi të elektrizuar paraqet sasinë e elektricitetit të cilën e kanë bashkërisht teprica e një lloji të grimcave elementare, elektronet ose protonet. Ato, japin një lëvizje të përhershme. Kur trupat e elektrizuar nuk u ekspozohen forcave të jashtme, lëvizja e ngarkesave elementare brenda trupave, nuk përmban komponente progresive dhe thuhet se është lëvizje kaotike. Shikuar makrokopisht, sipas efektit që bëjnë në rrethinën e trupit është njëjtë sikur këto grimca të mos lëvizin. Për tërë ngarkesën e trupit themi se është në qetësi dhe e quajmë ngarkesë elektrike statike. Lemi i cili studion dukuritë te cilat i shkaktojnë ngarkesat elektrike statike, quhet **elektrostatikë**.

4.2. Ligji i Kulonit

Deri me tash vërejmë se dy trupa të elektrizuar veprojnë me forca mekanike reciproke. Mirëpo, ende nuk kemi thënë asgjë se si varet kjo forcë nga sasia a elektricitetit të trupave dhe distanca reciproke ndërmjet tyre. Varshmërinë e këtillë e caktoi në mënyrë eksperimentale fizikanti francez Sharl Kulon (Sharl Coulomb, 1736-1806), eksperimente këto që i bëri me 1785. Përfundimet në të cilat erdhi ky shkencëtarë sot përshkruhen me ligjin i cili për nder të tij quhet ligji i Kulonit. Kuloni eksperimentet e veta i bëri me anë të një peshoje shumë precize, e cila gjithashtu quhet peshojë e Kulonit (fig. 4.1)

Me anë të ligjit të Kulonit jepet varësia e veprimit reciprok të dy trupave të elektrizuar, dimensionet e të cilëve janë shumë të vogla në krahasim me distancën e tyre reciproke. Për këta trupa themi se sasitë e elektricitetit i kanë të përqendruara në një pikë, prandaj edhe quhen ngarkesa pikesore ose punktuale. Ne bazë të matjeve të shumta gjatë eksperimentimit, për forcën e veprimit reciprok ndërmjet ngarkesave punktuale Ku1oni erdhi në përfundim se ajo është:

1. në përpjesëtim të drejtë me sasinë e elektricitetit të secilit trup,

2. në përpjesëtim të zhdrejte me katrorin e distancës ndërmjet tyre,
3. vepron në drejtimin që i bashkon qendrat e trupave,
4. është tërheqëse kur ngarkesat kanë parashenja të kundërta, ndërsa debuese kur ngarkesat kanë parashenja të njëjta dhe
5. varet nga mediumi në të cilin gjenden ngarkesat.

Nëse ngarkesat elektrike të trupave i shënojmë me Q_1 dhe Q_2, e distancën ndërmjet tyre me r, ligji i Kulonit do të ketë formën:

$$F = k.\frac{Q_1.Q_2}{r^2}$$

Ne shprehjen (4.1) ***k*** paraqet koeficientin e përpjesëtimit, i cili varret nga njësitë e zgjedhura për madhësitë që paraqiteni në shprehje dhe nga mediumi ku gjenden trupat. Në sistemin SI, koeficienti ***k,*** kur trupat ndodhen në hapësirë të zbrazet shënohet me $\boldsymbol{k_0}$, dhe ka vlerën

$$k_0 = 9 * 10^9 \frac{N * m^2}{C^2}$$

Me matje është konstatuar se koeficienti ***k*** e ka përafërsisht vlerën e njëjtë edhe kur trupat ndodhen në ajër. Për të eliminuar disa papërshtatshmëri të shprehjeve të ligjeve, që rrjedhin nga vetë ligji i Kulonit koeficienti k_0, shënohet në formën:

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

Pas zëvendësimit në shprehjen (4.1) fitojmë:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1.Q_2}{r^2}$$

Konstantja e re $\boldsymbol{\varepsilon_0}$ quhet konstantja dielektrike e hapësirës së zbrazët (vakuumit) vlera e se cilës është përafërsisht e njëjtë edhe për ajrin:

$$\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} = 8.85 * 10^{-12}\frac{C^2}{N * m^2}$$

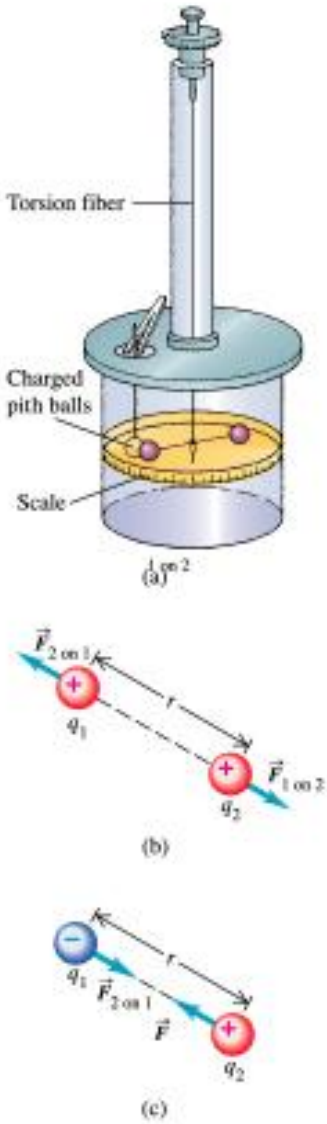


Fig. 4.1. a). Torisioni i balancimit i përdorur nga Kuloni për matjen e forcës elektrike ndërmjet dy ngarkesave. b) Ngarkesat me shenja të njëjta refuzohen njëra me tjetrën. c) Ngarkesat me shenja të kundërta tërhiqen.

Shembull: Të bëhet krahasimi i forcës elektrike dhe asaj të gravitetit në mes të *elektronit dhe protonit në* atomin e hidrogjenit, rrezja **e** orbitës të së cilit është:

$a = 5.29 * 10^{-11}$m.
Me këtë rast Q_1=e, Q_2=-e, ku e=1.6*10^{-19}C dhe ***r=a.***

$$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{a^2} = 9 * 10^9 * \frac{1.6^2 * 10^{-86}}{5.28^2 * 10^{-86}} = 9.239 * 10^{-8} N$$

Tash do te shohim se me të vërtet forcat elektrike janë shumë më të mëdha se forcat e gravitetit, ndërmjet trupave të elektrizuar. Forcën e gravitetit ndërmjet protonit dhe elektronit mund te gjejmë sipas ligjit të Njutonit:

$$F_g = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Ku $m_1 = m_e = 9.1 * 10^{-31} kg, m_2 = m_p = 1836 * m_e, r = a\ dhe\ \gamma = 6.67 * 10^{-11} Nm^2/kg^2$

Konstantja e gravitetit. Pas zëvendësimit fitojmë:

$$F_g = \gamma \frac{m_1 m_2}{a^2} = 6.67 * 10^{-11} * \frac{1839 * 9.11^2 * 10^{-62}}{5.29^2 * 10^{22}} = 4.068 * 10^{-47} N$$

Nga raporti:

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{9.239 * 10^{-8} N}{4.068 * 10^{-47} N} = 2.271 * 10^{39}$$

shihet se forca elektrike është jashtëzakonisht e madhe në krahasim me forcën e gravitetit.

4.3. Forma vektoriale e ligjit te Kulonit

Ligji i Kulonit në formën (4.1) paraqet formën algjebrike të tij. Nëse fusim në përdorim madhësitë vektoriale, atëherë ligji i Kulonit mund të shprehim me formën vektoriale.

Nëse me $\overrightarrow{F_{12}}$ shënojmë forcën me të ci1ën ngarkesa Q1, vepron në ngarkesën Q2, ndërsa me $\overrightarrow{r_{12}}$ vektorin e pozitës së ngarkesës Q2 ndaj ngarkesës Q1, (fig 4,2), atëherë ligji i Kulonit në formë vektoriale shprehet në këtë mënyrë:

$$\overrightarrow{F_{12}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 . Q_2}{r^2} \widehat{r_{12}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^3} \overrightarrow{r_{12}}$$

ku $\widehat{r_{12}} = \frac{\overrightarrow{r_{12}}}{r_{12}}$ njësori njësi i vektorit $\overrightarrow{r_{12}}$ *dhe* $r_{12}=r$.

Forca me të cilën ngarkesa Q_2 vepron në atë Q_1, ka të njëjtin intensitet, por ka kahun e kundërt prej forcës F_{12}, dhe pikëveprimin e ka në ngarkesën Q_1.

$$\overrightarrow{F_{21}} = -\overrightarrow{F_{12}}$$

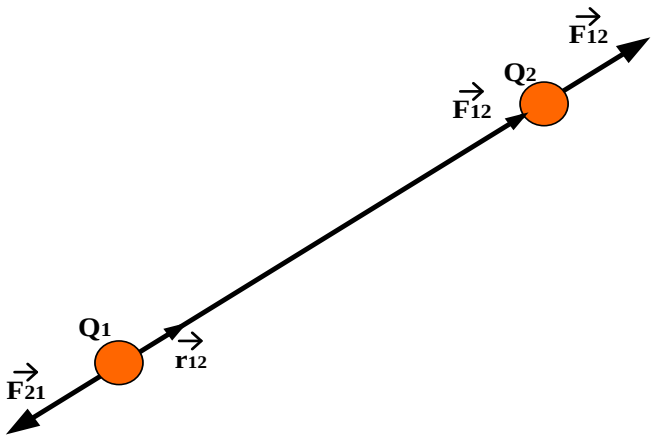


Fig. 4.2. Veprimi i forcave të Kulonit.

4.3.2. Parimi i sipërvendosjes

Me anë të peshojës së Klulonit mund të shqyrtohen edhe forcat me të cilat veprojnë disa ngarkesa punktuale në një ngarkesë punktuale. Forca me të cilën veprojnë disa ngarkesa punktuale në një ngarkesë tjetër punktuale, është e barabartë me shumën vektoriale të forcave me të cilat veprojnë secila ngarkesë veç e veç.

$$\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \cdots + \vec{F_n}$$

Kjo njihet si ligji apo parimi i sipërvendosjes, i cili është shumë i shpeshtë në elektroteknikë.

Në këtë mënyrë ngarkesa $Q_1>0$ dhe $Q_2<0$ veprojnë në ngarkesën Q>0, të paraqitur në fig. 4.3, me forcën $\vec{F}$ e cila është shumë e forcave $\vec{F_1}$ me të cilën ngarkesa Q_1 vepron në ngarkesën Q dhe forcës $\vec{F_2}$ me të cilën ngarkesa Q_2 vepron në ngarkesën Q.

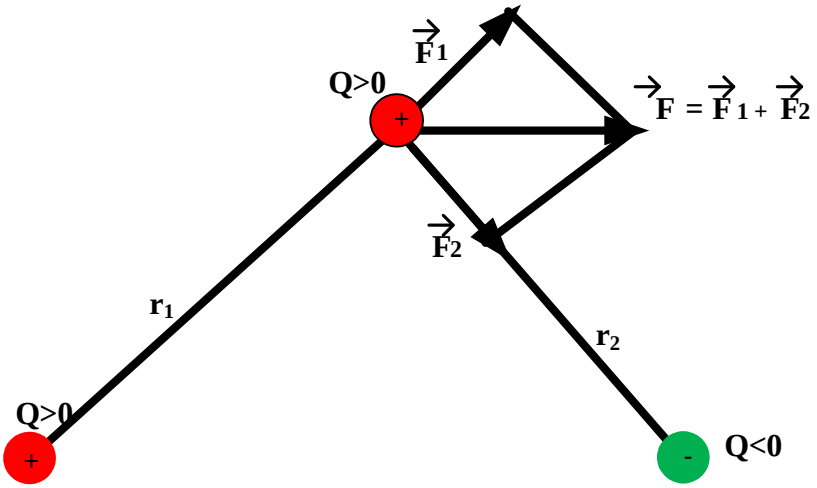


Fig. 4.3. Rasti kur dy ngarkesa veprojnë në një ngarkesë.

Shembull: Të gjejmë forcën elektrike me të cilën veprojnë ngarkesat Q_1 = 1 nC dhe Q_2 = -1 pC në ngarkesën Q_3 = 1 pC, nëse ngarkesat Q_1, Q_2 dhe Q_3 ndodhën në kulmet e një trekëndëshi barabrinjës me brinjë a = 3 cm, si në fig. 4.4.

$$\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} = F * \hat{r_F}$$

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1 . Q_2}{a^2} = 9 * 10^9 \frac{10^{-9}10^{-12}}{9 * 10^{-4}} = 10^{-8}N$$

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|Q_2|.Q_3}{a^2} = 9 * 10^9 \frac{10^{-9}10^{-12}}{9 * 10^{-4}} = 10^{-8}N$$

$$F = F_1 \cos\alpha + F_2 \cos\alpha = 2F_1 \cos\alpha = 2F_1 \cos 60^0 = 2 * 10^{-8}\frac{1}{2} = 10^{-8}N$$

$$\vec{F} = F * \hat{r_F} = 10^{-8} * \hat{r_F} N$$

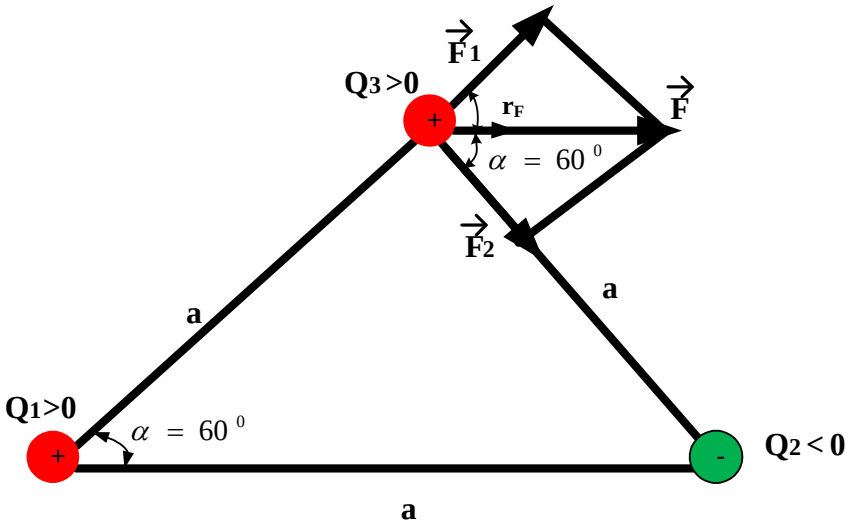


Fig. 4.4. Gjetja e forcës rezultuese.

4.4. Fusha elektrostatike në hapësirën e zbrazët

Është e qartë se dy ngarkesa elektrike veprojnë në njëra tjetrën me forca të cilat kuantitativisht mund të caktohen me anë të ligjit të Kulonit. Mirëpo, bëhet pyetja se çfarë është natyra e këtyre forcave dhe si bëhet bartja e tyre prej njërit në tjetrin trup pa kurrfarë lidhje materiale ndërmjet ngarkesave. Derisa nuk është ditur se elektriciteti ka strukturë atomike është menduar se ngarkesat veprojnë njëra në tjetrën në largësi, ngjashëm sikur forcat e gravitetit. Mirëpo më vonë është treguar se veprimi reciprok ndërmjet dy ngarkesave elektroke bëhet me bartjen e forcave nëpërmjet mediumit ku gjenden ngarkesat. Meqenëse forcat e këtilla ndërmjet ngarkesave elektrike paraqiten edhe kur ngarkesat ndodhen në vakuume i cili nuk ka kurrfarë forme materiale, bartja e tyre bëhet në mënyrë të pa njohur për ne. Mirëpo me futjen e nocionit të fushës elektrike kjo vështirësi eliminohet.

Me anë të Ligjit të Kulonit, është vërtetuar se ngarkesa Q_1, vepron në atë Q_2, e kjo forcë bartet nëpër mediumin ku ndodhën ngarkesat. Nëse në vend të ngarkesës

Q_2 vendosim një ngarkesë tjetër Q_3 edhe në atë do të veprojë forca elektrike. Ose nëse vendosim cilëndo ngarkesë në vend të ngarkesës Q_2, do të veprojë forca elektrike. Prandaj themi se ngarkesa Q_1 e ka ngacmuar hapësirën përreth saj dhe asaj i ka shkaktuar një gjendje të re fizike e cila tani është e aftë te veproj me forca mekanike në cilëndo ngarkesë që e vendosim në atë medium. Gjendjen e tillë të hapësirës përreth ngarkesave elektrike e quajmë **fushë elektrike**. Kështu themi se çdo ngarkesë elektrike në hapësirën rreth saj shkakton fushën elektrike e cila fushë vepron me forcë të cilën tani e quajmë elektrike në cilëndo ngarkesë e cila futet në atë hapësirë.
Nëse fusha elektrike është shkaktuar nga ngarkesat elektrike statike, atëherë ajo quhet fushë elektrostatike. Rasti më i thjeshtë është kur trupat e elektrizuar ndodhen në hapësirën e zbrazët.

4.4.1. Intensiteti i fushës elektrostatike

Për të përshkruar fushën elektrike, si gjendje të re fizike të mediumit rreth ngarkesave elektrike do te fusim në përdorim ngarkesën elektrike provuese Q_p. Ngarkesë elektrike provues konsiderohet ngarkesa e cila i ka dimensionet dhe sasinë e elektricitetit shumë te vogël. Zakonisht ajo merret që të jetë pozitivisht e elektrizuar. Ngarkesa e tillë ka ndikim shumë te vogël kur ajo futet në fushën e ndonjë trupi të elektrizuar.

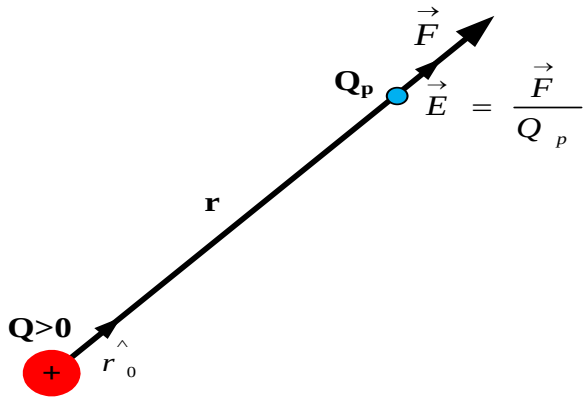


Fig. 4.5. Rasti kur një ngarkesë provuese është vendosë në fushën elektrike.

Nëse një ngarkesë provuese Q_p vihet në një fushë elektrike të një ngarkese punktuale Q (fig. 4.5), atëherë në të do të veprojnë forcat elektrike e cila në bazë të ligjit të Kulonit do të jetë:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q.Q_p}{r^2}\,\hat{r}_0$$

Nëse kërkohet raporti $\vec{F}/Q_p$ shihet se ai nuk varët nga ngarkesa Q_p dhe në rastin e përgjithshëm për cilëndo ngarkesë Q, raporti $\vec{F}/Q_p$ nuk varet nga ngarkesa Q_p. Për këtë arsye themi se raporti $\vec{F}/Q_p$ përshkruan fushën elektrike të ngarkesës Q dhe quhet vektori i intensitetit të fushës elektrike dhe shënohet me $\vec{E}$.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_p}$$

Fusha elektrike e definuar në këtë mënyrë ekziston në rrethinën e ngarkesës Q, pa marrë parasysh a gjenden ngarkesa provuese në të apo jo. Nëse në hapësirën ku ekziston fusha elektrike $\vec{E}$, futet ngarkesa elektrike provuese në të do të veprojë forca elektrike $\vec{F}$

$$\vec{F} = Q_p * \vec{E}$$

Në bazë te definicionit të vektorit të intensitetit të fushës elektrike mund të gjendet vektori i intensitetit të fushës elektrike të ngarkesës punktuale.

$$\vec{\mathrm{E}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathrm{Q}}{r^2}\,\widehat{r_0}$$

Kështu nëse marrim se r_0 paraqet vektorin njësi të drejtuar prej ngarkesës elektrike kah pika ku kërkohet fusha elektrike, atëherë ajo e ka kahun prej ngarkesës kur është pozitive (fig. 4.6 a) apo kah ngarkesa kur ajo është negative (fig. 2.6 b).
Nga barazia dimensionale për madhësinë e fushës elektrike nxjerrim edhe njësinë e saj në sistemin SI:

$$\mathrm{E_u} = \frac{\mathrm{F_u}}{Q_\mathrm{u}} = \frac{N}{C}$$

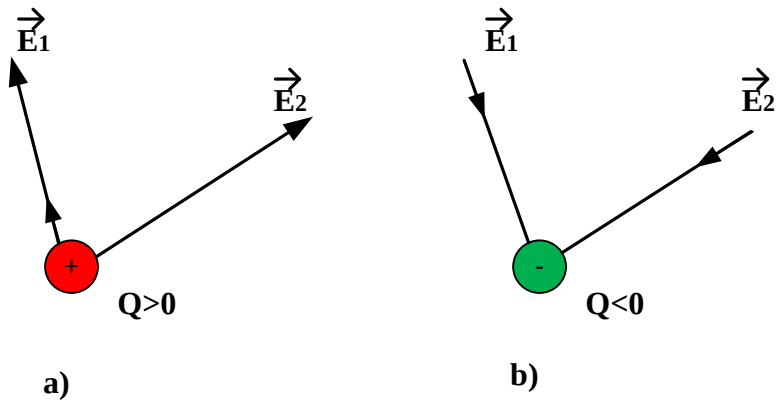


Fig. 4.6. Kahu i vijave te fushës elektrike. a) ngarkesa pozitive, b) ngarkesa negative

Mirëpo siç do te shohim më vonë kjo njësi është e barabartë me njësinë V/m (volt për metër), e meqenëse kjo është më praktike edhe përdoret si njësi e fushës elektrike.

Shembull:
Intensiteti i fushës elektrike në pikën e cila ndodhet në distancën r=10cm nga ngarkesa punktuale Q=0.5*10^{-9}C është:

$$\vec{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}=9*10^9\frac{0.5*10^{-9}}{100*10^{-4}}=4.5*10^2=450\ V/m$$

Në bazë te parimit të sipërvendosjes fusha elektrike e disa ngarkesave punktuale fitohet si shumë vektoriale e vektorëve të fushave elektrike të secilës ngarkesë veç e veç (fig. 4.7).

$$\vec{E}=\overrightarrow{E_1}+\overrightarrow{E_2}+\cdots+\overrightarrow{E_n}$$

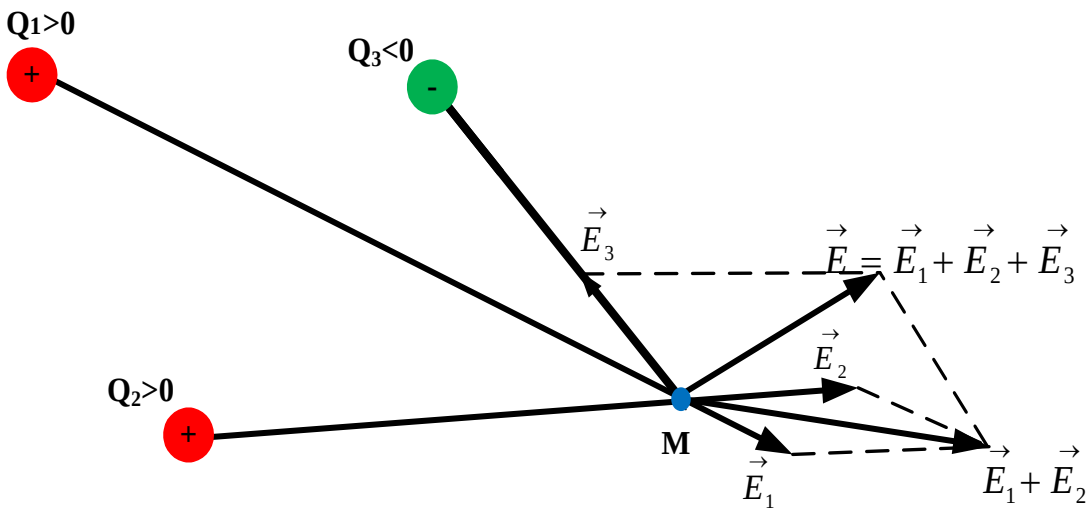


Fig. 4.7. Parimi i sipërvendosjes për rastin e fushës elektrike.

Shembull: Te caktohet fusha elektrike e cila shkaktohet nga dy ngarkesa punktuale Q_1=10 nC dhe Q_2=5 nC në pikën A e cila ndodhet në mesë të këtyre ngarkesave që kanë distancën reciproke d=10 cm.

Zgjidhje

$$\vec{E}=\overrightarrow{E_1}+\overrightarrow{E_2}$$

$$\overrightarrow{E_1}=E_1\widehat{r_0}=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{d}{2}\right)^2}\widehat{r_0}$$

$$\overrightarrow{E_2}=E_2\widehat{(-r_0)}=-\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{d}{2}\right)^2}\widehat{r_0}$$

$$E_1=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{d}{2}\right)^2}=9*10^9\frac{10*10^{-9}}{25*10^{-4}}=3.6*10^4=36\ kV/m$$

$$E_2 = \frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{d}{2}\right)^2} = 9 * 10^9 \frac{5 * 10^{-9}}{25 * 10^{-4}} = 1.8 * 10^4 = 18\ kV/m$$

$$\vec{\mathrm{E}} = \mathrm{E}_1\hat{r_0} - \mathrm{E}_2\hat{r_0} = (\mathrm{E}_1 - \mathrm{E}_2)\hat{r_0} = \mathrm{E}\hat{r_0}$$

$$E = E_1 - E_2 = 36 * 10^3 - 18 * 10^3 = 18\ kV/m$$

$$\vec{\mathrm{E}} = 18 * \hat{r_0}\ \mathrm{kV/m}$$

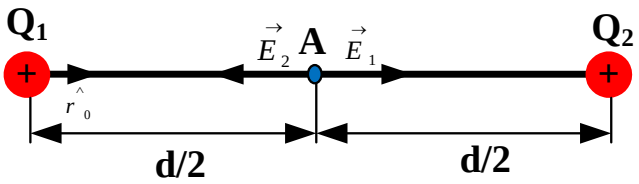


Fig. 4.8. Veprimi i dy ngarkesave në pikën A.

4.4.2. Vijat e fushës elektrike

Fusha elektrike në rrethinën e ngarkesave elektrike është plotësisht e caktuar nëse njihet vektori i intensitetit të fushës elektrike në çdo pikë të rrethinës së ngarkesës. Një mënyrë e këtillë e paraqitjes është relativisht e vështirë. Nëse e paraqesim kështu, atëherë vektorët e supozuar në pikat e hapësirës e kanë kahun dhe drejtimin e fushës $\vec{E}$, ndërsa gjatësia e vektorëve i përgjigjet intensitetit (fig. 4.9 a).

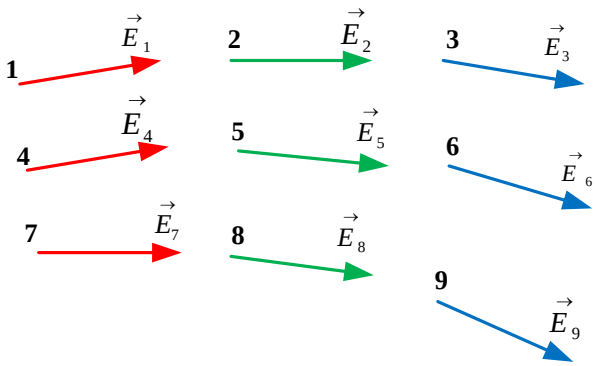


Fig. 4.9. a) Vektorët e vijave të fushës elektrike.

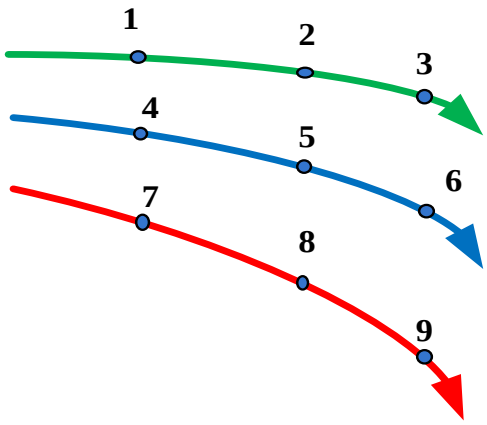


Fig. 4.9. b) Paraqitja e thjeshtuar e vijave të fushës elektrike.

Për të mos paraqitur një numër kaq të madh të vektorëve, mund të gjenden vijat në të cilat vektori i fushës elektrike $\vec{E}$ është tangjente.

Këto vija janë të orientuara në kahun e vektorit $\vec{E}$, dhe quhen vijat e fushës elektrike. Këso vijash ka pakufi shumë, mirëpo zakonisht paraqiten vetëm një numër i konsiderueshëm i tyre. Vijat e fushës elektrike vizatohen në atë mënyrë që përveç drejtimit dhe kahut të caktohet në një mënyrë edhe intensiteti i vektorit E. Në këtë mënyrë aty ku dendësia e vijave të fushës është më e madhe, intensiteti i vektorit $\vec{E}$ është më i madh (fig. 4.9b).

Duke u bazuar në definicionin e vijave të fushës elektrike mund të vizatohen vijat e fushës elektrike të ngarkesës punktuale. Meqenëse intensiteti i vektorit të fushës elektrike të ngarkesës punktuale bie sipas ligjit $1/r^2$, ndërsa drejtimi dhe kahu përputhen me vektorin njësi $\boldsymbol{r_0}$, si në, figurën 4.6, vijat e fushës do të ishin gjysmëdrejtëza të cilat e kanë fillimin në ngarkesën punktuale. Nëse ngarkesa punktuale është pozitive Q>O, vijat e fushës janë të orientuara prej ngarkesës, e nëse ajo është negative Q<0, atëherë vijat e fushës janë të orientuara kah ngarkesa (fig. 4.10).

Në figurën 4.11 janë paraqitur vijat e fushës se dy ngarkesave punktuale për dy raste. Në fund të cekim se në rastin kur vijat e fushës janë paralele, ndërsa intensiteti i saj është i njëjtë në çdo pikë, atëherë atë e quajmë fushë elektrike homogjene, si në figurën 4.12. Fusha elektrike, homogjene edhe pse praktikisht nuk mund të ekzistojë ajo është shumë e përshtatshme për llogaritje teorike. Teoritikisht fusha homogjene elektrike mund të realizohet nëse paramendojmë një rrafsh përçues të pakufishëm të elektrizuar. Praktikisht një fushë shumë e përafërt me fushën homogjene fitohet ndërmjet dy rrafsheve përçuese të ngarkuara, dimensionet e të cilave janë shumë më të mëdha se distanca ndër-mjet tyre.

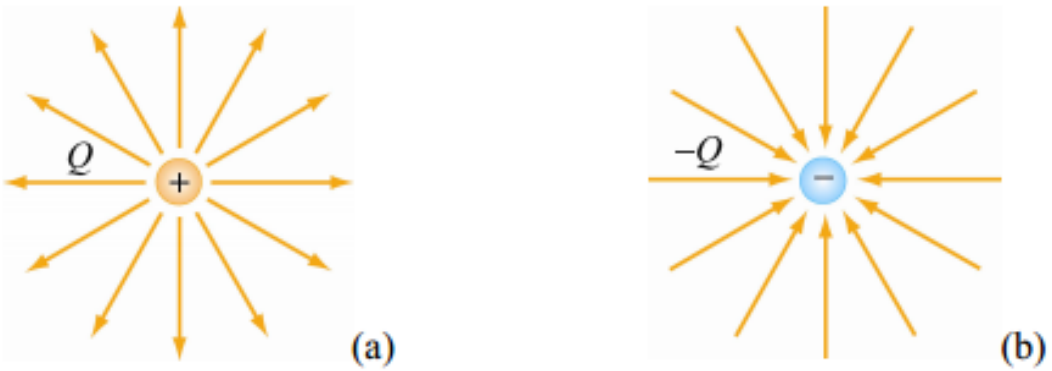


Fig. 4.10. Vijat e fushës për a) ngarkesën pozitive dhe b) ngarkesën negative.

Vini re se drejtimi i vijave të fushës dalin jashtë për një ngarkesë pozitive dhe hynë brenda për një ngarkesë negative. Për një çift të ngarkesave me magnitud te barabart por me ngarkesa te kundërta (një dipol elektrik) vijat e fushës janë paraqitur në fig. 4.11.

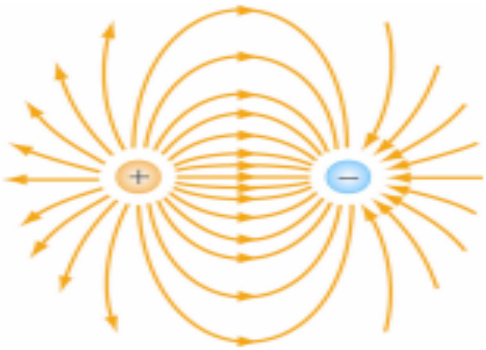


Fig. 4.11. a) fusha elektrike për dy ngarkesa te kundërta.

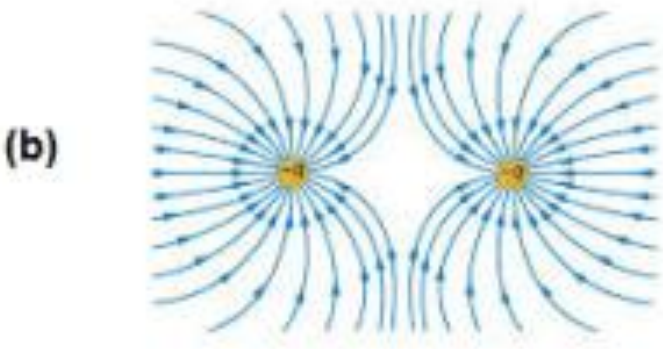


Fig. 4.11. b) fusha elektrike për dy ngarkesa negative.

Fig. 4.12. Vijat e fushës homogjene.

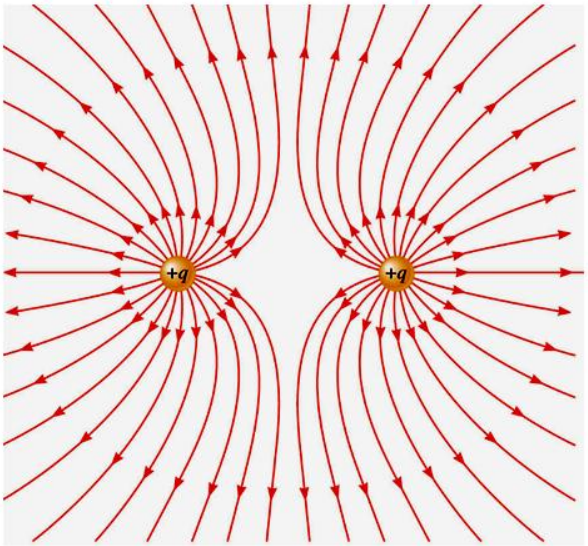


Fig. 4.13. Fusha elektrike për dy ngarkesa pozitive.

KAPITULLI V

5.1. Qarqet serike

Figura. 5.1 paraqet tri rezistenca, përkatësisht rezistencat R_1, R_2, dhe R_3 te cilat janë të lidhura në seri me një bateri, si burim prej **V** volt-ësh. Meqenëse, qarku është i mbyllur do te rrjedh një rrymë ***I*** dhe ndryshimi i potencialit nëpër çdo rezistencë mund te përcaktohet nga leximet e voltmetrit V1, V2, dhe V3.

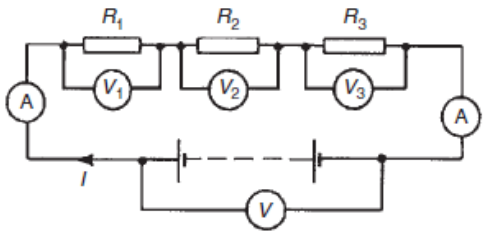


Figure 5.1

Duhet te kemi parasysh se në një qark serik:

- Rryma ***I*** është e njëjtë në të gjitha pjesët e qark dhe kështu leximi i njëjtë është gjetur në secilin nga dy Ampermetrat e paraqitur në qark, dhe
- shuma e tensioneve ***V1, V2 dhe V3*** është i barabartë me vlerën e tensionit total te aplikuar, ***V***, dmth

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Nga ligji i Omit kemi:

$$V_1 = IR_1,\ V_2 = IR_2,\ dhe\ V_3 = IR_3$$

ku ***R*** është rezistenca totale e qarkut.

Meqenëse $V = V_1 + V_2 + V_3$

Atëherë $IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$

Duke e larguar rrymën kemi:

$R = R_1 + R_2 + R_3$

Nga kjo shihet se rezistenca totale për një qark serik është marr duke mbledhur rezistencat e veçanta. Pra nga kjo mund te konkludojmë se te rasti kur rezistencat janë te lidhura në seri, rezistenca totale gjendet si shumë e këtyre rezistencave.

Shembulli 5.1.

Për qarkun e paraqitur në Figurën 5.2: Gjeni (a) tensionin e baterisë V, (b) rezistencën totale te qarkut, dhe (c) vlerat e rezistencës së rezistencave R1, R2 dhe R3, duke ditur se ndryshimi i potencialit te R1, R2 dhe R3 janë përkatësisht 5 V, 2V dhe 6V.

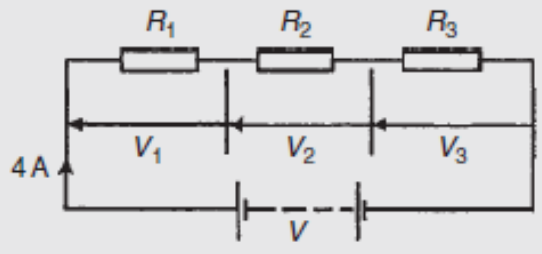


Figure 5.2

a) Tensioni i Baterisë është:

$V = V_1 + V_2 + V_3 = 5 + 2 + 6 = 13V$

b) Rezistenca totale e qarkut është:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{13}{4} = 3{,}25\Omega$$

c) Vlerat e rezistencave janë:

$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{5}{4} = 1.25\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I} = \frac{2}{4} = 0.25\Omega$$

$$R_3 = \frac{V_3}{I} = \frac{6}{4} = 1.5\Omega$$

Verifikojmë: $R = R_1 + R_2 + R_3 = 1.25 + 0.25 + 1.5 = 3.25\Omega$

5.2. Ndarja e potencialit

Për te gjetur ndarjen e potencialit si në fig. 5.3. duhet që te veprojmë si në vijim:
Rezistenca totale është:

$R = R_1 + R_2$

Tensioni total është:

$V = V_1 + V_2$

Nga ligji i Omit kemi:

$$I = \frac{V}{R}$$

Pas zëvendësimit të rezistencës totale kemi:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

Tensioni në skajet e rezistencës R_1 sipas ligjit te Omit është:

$$\boldsymbol{V_1 = IR_1}$$

Pas zëvendësimit të rrymës do te fitojmë vlerën e tensionit (ndryshimin e potencialit) në skaje te rezistencës R_1. Pra pas zëvendësimit kemi:

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) V$$

Njëjtë veprojmë edhe për rezistencën $\boldsymbol{R_2}$ dhe tensioni i fituar është:

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) V$$

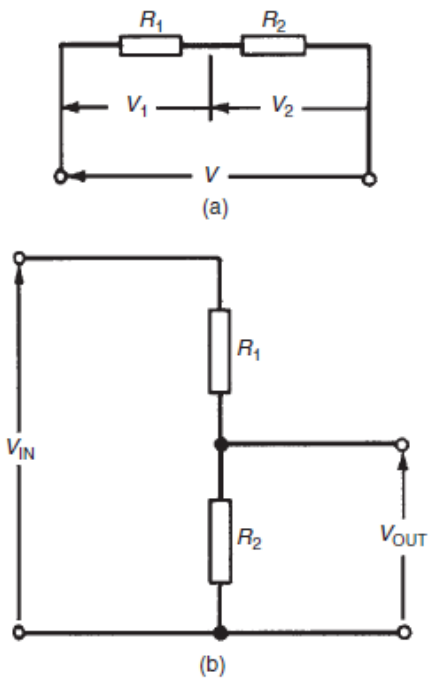


Fig. 5.3.

Qark i paraqitur në figurën 5.3 (b) është referuar shpesh si një qark i ndarjes së potencialit. Një qark i tillë mund të përbëhet nga një numër i nyeve te elementeve të lidhura në seri nëpërmjet një burimi të tensionit, tensionet janë marrë nga lidhjet ndërmjet elementeve. Shpesh ndarësi përbëhet nga dy rezistor, siç tregohet në Figurën 5.3 (b), ku

$$V_{OUT} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) V_{IN}$$

Një ndarës potencial është mënyra më e thjeshtë për të prodhuar një burim me të ulët të forcës elektromotore (EMF) nga një burim më i lartë i EMF, dhe është mekanizmi më themelor i operimit të voltmetërit, një pajisje matëse për matjen e dallimeve të mundshme te potencialit.

Shembull 5.2:
Definoni vlerën e tensionin V për rastin në fig 5.4.

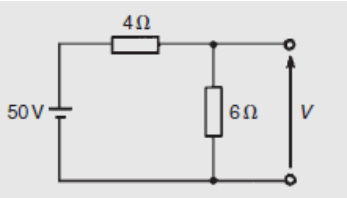


Fig. 5.4.

Figurën 5.4 mund të rirregullojmë si në fig. 5.5.

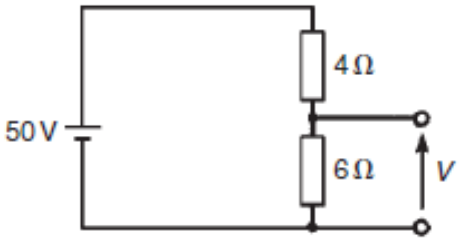


Fig. 5.5. Qarku i ri rregulluar.

Rezistenca totale është:

$$R = R_1 + R_2 = 4\Omega + 6\Omega = 10\Omega$$

Tensioni total është:

$$V_{in} = 50\ Volt$$

Nga ligji i Omit kemi:

$$I = \frac{V}{R}$$

Pas zëvendësimit të rezistencës totale kemi:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

Tensioni në skajet e rezistencës R_1 sipas ligjit te Omit është:

$$\boldsymbol{V = IR_2}$$

Pas zëvendësimit të rrymës do te fitojmë vlerën e tensionit (ndryshimin e potencialit) në skaje te rezistencës R_1. Pra pas zëvendësimit kemi:

$$V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} = \frac{6\Omega}{10\Omega} * 50 = 30V$$

5.3. Rrjetat paralele

Në figurën 5.6 janë paraqitur tri rezistenca ***R1, R2 dhe R3*** të lidhur në formë paralele dhe te cilat janë te lidhura në një burim prej ***V*** volt-esh.

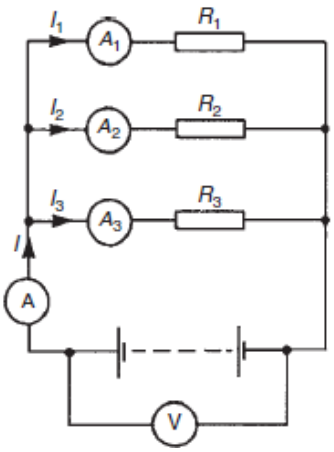


Fig. 5.6. Lidhja paralele e rezistorëve.

Në një qark paralel:

a) Shuma e rrymave ***I_1, I_2 dhe I_3*** është e barabartë me rrymën totale te qarkut. Kështu që do te kemi:

***$I = I_1 + I_2 + I_3$* dhe**

b) Ndryshimi i potencialit prej ***V volts*** është i njëjtë përgjatë çdo rezistence.

Nga ligji i Omit kemi:

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I_3 = \frac{V}{R_3}$$

dhe

$$I = \frac{V}{R}$$

ku ***R*** është rezistenca totale e qarkut.

Meqenëse $\boldsymbol{I = I_1 + I_2 + I_3}$

Atëherë

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

Duke realizuar ndarjen e rezistencës nga tensioni kemi:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ky ekuacion duhet të përdoret kur duhet te gjendet rezistenca totale ***R*** e një qarku paralel. Për një rast special kur janë te lidhur dy rezistor në mënyrë paralele kemi:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}$$

Prandaj nga ky ekuacion mund te rrjedh që rezistenca totale është:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Shembulli 5.3:

Për qarkun e paraqitur në fig 5.7. gjeni: a) Leximin në ampermetër dhe b) vlerën e rezistencës R_2.

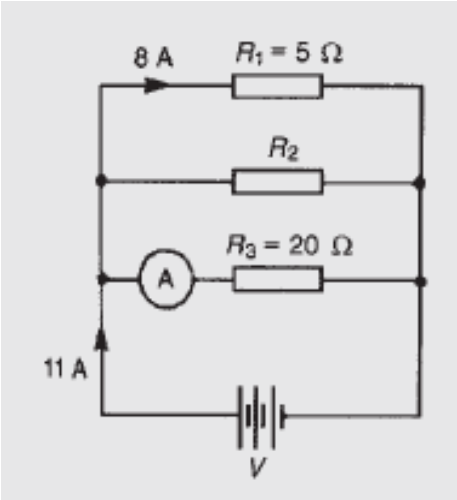


Fig. 5.7.

Zgjidhje

Ndryshimi i potencialit përgjatë R_1 është i njëjtë me tensionin e burimit ***V***.
Kështu që tensioni i burimit është:

V = R₁I₁ = 8 x 5 = 40 V

a) Rryma e lexuar në Ampermetër është:

$$I = \frac{V}{R_3} = \frac{40}{20} = 2A$$

b) Rryma që rrjedh përgjatë rezistencës R_2 është:

$$I_2 = 11 - 8 - 2 = 1A$$

Kështu që

$$R_2 = \frac{V}{I_2} = \frac{40}{1} = 40\Omega$$

Shembulli 5.4:

Dy rezistor me rezistencë 3Ω dhe 6Ω janë te lidhur në paralel përgjatë një baterie qe ka një tension 12V. Gjeni: a) rezistencën totale te qarkut dhe b) rrymën që rrjedhë në rezistonin 3Ω. Diagrami i qarkut është paraqitur në fig. 5.8.

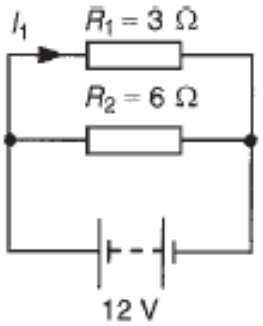


Fig. 5.8.

Zgjidhje

a) Rezistenca totale e qarkut është dhënë:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{2+1}{6} = \frac{3}{6}$$

Hence, $R = \frac{6}{3} = 2\,\Omega$

$$\left(\text{Alternatively, } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3+6} = \frac{18}{9} = 2\,\Omega\right)$$

b) Rryma në rezistencën 3Ω është:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{3} = 4A$$

Shembulli 5.5:

Janë dhënë katër rezistorë me rezistencë 1Ω, konstatoni se si duhet te jenë lidhur, ashtu që te fitohet një rezistencë e përgjithshme:

$$\mathbf{a)}\ \frac{1}{4}\Omega \quad b)\ 1\Omega \quad c)\ 1\frac{1}{3}\Omega \quad \mathbf{d)}\ 2\frac{1}{2}\Omega$$

Te katër rezistencat duhet te jenë te lidhura për secilin rast veç e veç.

Zgjidhje

a) Te katër rezistohet janë lidhur në paralel si në fig.

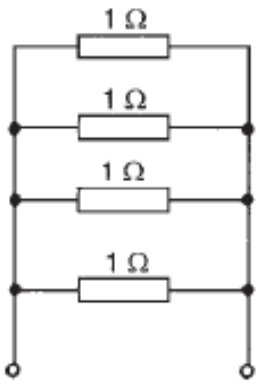


Fig. 5.9. Lidhja për rastin a)

Meqenëse

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = \frac{4}{1}$$

d. m. Th.

$$R = \frac{1}{4}\,\Omega$$

b) Në këtë rast dy rezistenca te lidhura në seri janë lidhur paralel me dy te tjera te lidhura në seri, si në fig. 5.10.

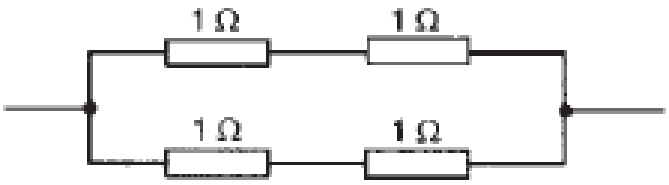


Fig. 5.10. Lidhja për rastin b)

Meqenëse rezistencat në seri mblidhen, atëherë do te kemi:

$$\frac{2 \times 2}{2+2} = \frac{4}{4} = 1\,\Omega$$

c) Tri rezistenca janë lidhur në paralel, ndërsa një në seri, si në fig. 5.11.

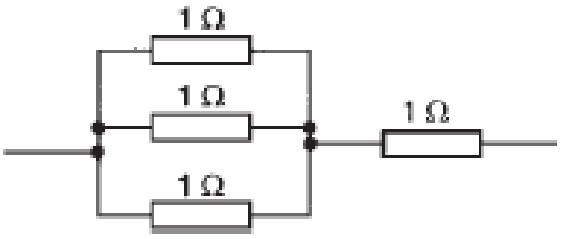


Fig. 5.11. Lidhja për rastin c)

Për rastin e tri rezistencave te lidhura në paralel do te kemi:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = \frac{3}{1},$$

d.m.th

$$R = \frac{1}{3}\,\Omega$$

Tani kjo rezistencë në seri me rezistencën 1Ω-she te lidhura në seri jep rezistencën e kërkuar:

$$1\frac{1}{3}\,\Omega$$

d) Dy rezistenca te lidhura në paralel janë lidhur me dy rezistenca tjera në seri, si në fig. 5.12.

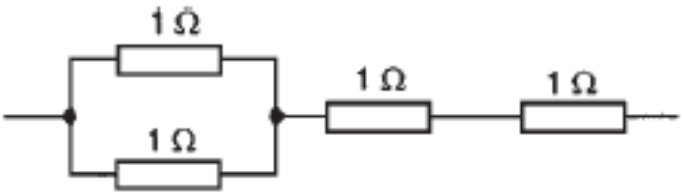


Fig. 5.12. Lidhja për rastin d)

Për dy rezistencat në paralel kemi:

$$R=\frac{1\times 1}{1+1}=\frac{1}{2}\Omega,$$

Kjo rezistencë e lidhur në seri me dy rezistencat tjera jep rezistencën

$$2\frac{1}{2}\Omega$$

5.3.1. Ndarja e rrymës

Për qarkun e paraqitur në fig. rezistenca totale e qarkut, $\boldsymbol{R_T}$ është dhënë:

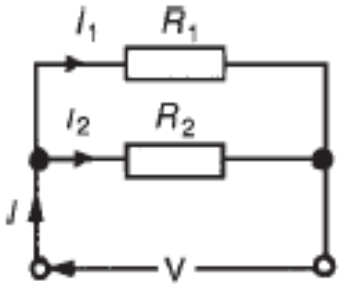


Fig. 5.13. Lidhja e dy rezistencave në paralel.

$$R_T=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$

$$\text{and } V=IR_T=I\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)$$

$$\text{Current } I_1=\frac{V}{R_1}=\frac{I}{R_1}\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)=\left(\frac{\boldsymbol{R_2}}{\boldsymbol{R_1+R_2}}\right)(\boldsymbol{I})$$

Njëjtë rryma

$$I_2=\frac{V}{R_2}=\frac{I}{R_2}\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)=\left(\frac{\boldsymbol{R_1}}{\boldsymbol{R_1+R_2}}\right)(\boldsymbol{I})$$

Si përmbledhje kemi:

$$I_1 = \left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)(I) \text{ and } I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)(I)$$

Shembulli 5.6.

Për një rast te lidhjes së rezistove në seri dhe paralel, si në rastin e fig. 5.14, te gjendet a) rryma e furnizimit, b) rryma që rrjedh në çdo rezistor, dhe c) ndryshimi i potencialit në çdo rezistor.

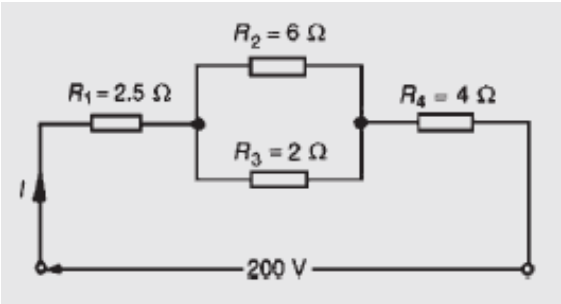


Fig. 5.14. Lidhja seri paralel e rezistove.

Zgjidhje

a) Rezistenca ekuivalente $\boldsymbol{R_x}$ e rezistencave $\boldsymbol{R_2}$ dhe $\boldsymbol{R_3}$ te lidhura në paralel është:

$$R_x = \frac{6 \times 2}{6+2} = \frac{12}{8} = 1.5\,\Omega$$

Rezistenca totale R_T e rezistencës $\boldsymbol{R_1}$, $\boldsymbol{R_x}$ dhe $\boldsymbol{R_4}$ te lidhura në seri është:

$$R_T = 2.5 + 1.5 + 4 = 8\,\Omega$$

Kështu rryma e burimit është:

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{200}{8} = 25\,\text{A}$$

b) Rryma që rrjedh përgjatë rezistencës R_1 dhe R_4 është 25 A.

Rryma që rrjedhë përgjatë R_2 është:

$$= \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) I = \left(\frac{2}{6+2}\right) 25$$

$$= \mathbf{6.25\,A}$$

Rryma që rrjedhë përgjatë R_3 është:

$$= \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3}\right) I = \left(\frac{6}{6+2}\right) 25$$

$$= \mathbf{18.75\,A}$$

c) Qarku ekuivalent për 5.21 është paraqitur në 5.22.

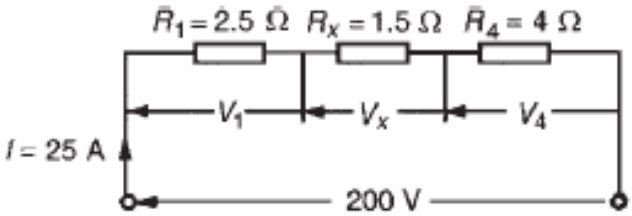


Fig. 5.15. Qarku ekuivalent i rastit në fig. 5.14.

Ndryshimi i potencialit përmes $\boldsymbol{R_1}$ është:

$$V_1 = IR_1 = (25)(2.5) = \mathbf{62.5\,V}$$

Ndryshimi i potencialit përmes R_x është:

$$V_X = IR_X = (25)(1.5) = \mathbf{37.5\,V}$$

Ndryshimi i potencialit përmes R_4 është:

$$V_4 = IR_4 = (25)(4) = \mathbf{100\,V}$$

Kështu që ndryshimi i potencialit $\boldsymbol{R_2}$ **= ndryshimin e potencialit** $\boldsymbol{R_3}$ **= 37.5V** .

Shembull:

Për rastin e paraqitur në fig. 5.16 te xhindet rezistenca ekuivalente.

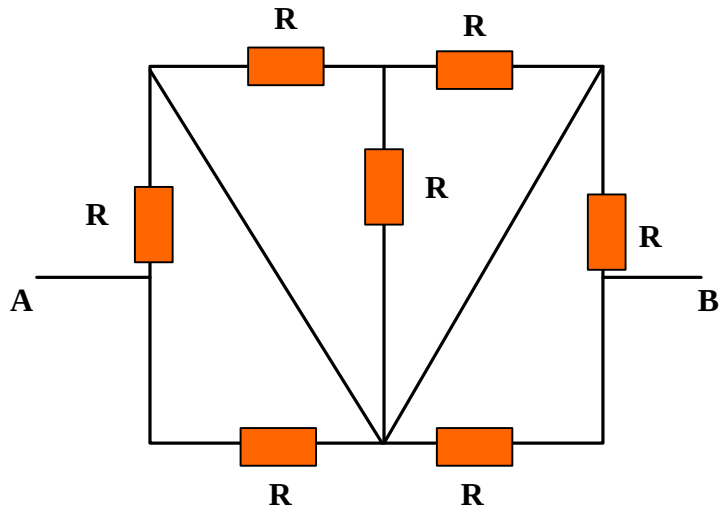


Fig. 5.16. Lidhja e kombinuar e rezistorëve.

Zgjidhje

Qarku i më sipërm mund te ekuivalentohet në qarkun e më poshtëm si në fig. 5.17 (kjo realizohet sepse në kuadër te qarkut kemi lidhje te shkurta).

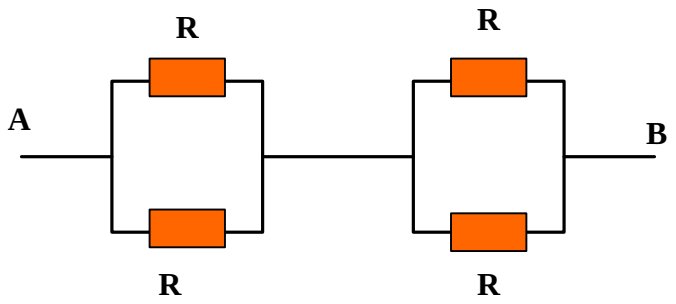


Fig. 5.17. Qarku 5.16 i ekuivalentuar.

$$\frac{1}{R_{e1}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{1+1}{R} = \frac{2}{R}$$

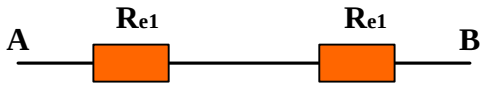
Nga kjo rrjedhë që:

$$R_{e1} = \frac{R}{2}$$

Njëjtë veprojmë edhe për dy rezistencat tjera dhe kemi:

$$R_{e2} = \frac{R}{2}$$

Pas këtij ekuivalentimi fitohet një qark me dy rezistenca te lidhura në paralel:



$$R_e = R_{e1} + R_{e2} = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = \frac{2R}{2} = R$$

KAPITULLI VI

6.1. Hyrje në Kondensatorë

Një kondensator është një pajisje elektrike që përdoret për të ruajtur energjinë elektrike. Për dallim nga rezistenca, kondensatori është komponente më e zakonshme në qarqet elektrike. Kondensatoret janë përdorur gjerësisht në qarqet elektrike dhe elektronike. Për shembull, kondensatorët janë përdorur për të bërë korrigjimin e rrafshimit të ac në dalje, ata janë përdorur në pajisje telekomunikuese te tilla si radio marrës-për akordim të frekuencës së nevojshme, ata përdoren në qarqe me vonesë kohore, në filtra elektrik, në qarqe oshiluese dhe në medicinë te skanimi i trupit për imazhe te rezonancës magnetike (MRI), etj.

6.2. Kondensatorët

Sistemi i cili përbëhet prej dy trupave përçues të elektrizuar me ngarkesë elektrike të barabartë, por me parashenja të kundërta, quhet kondensator. Trupat përçues të kondensatorit quhen elektrodat e **kondensatorit**. Një rast i tillë është paraqitur në fig. 6.1.
Në praktikë dy trupa përçues mund të ngarkohen me sasi të njëjtë të elektricitetit, por me parashenjë të kundërta, nëse lidhen për një gjenerator elektrik. Pasi që përçuesit të lidhen në polet e gjeneratorit fillon grumbullimi i ngarkesave në trupa. Kështu në trupin i cili është i lidhur në polin pozitiv grumbullohen ngarkesat pozitive, ndërsa në trupin i cili është i lidhur në polin negativ grumbullohen ngarkesat negative. Ky proces zgjat derisa ndryshimi i potencialit ndërmjet elektrodave të kondensatorit te barazohen me tensionin ndërmjet poleve të gjeneratorit.

$$V = \varphi_1 - \varphi_2$$

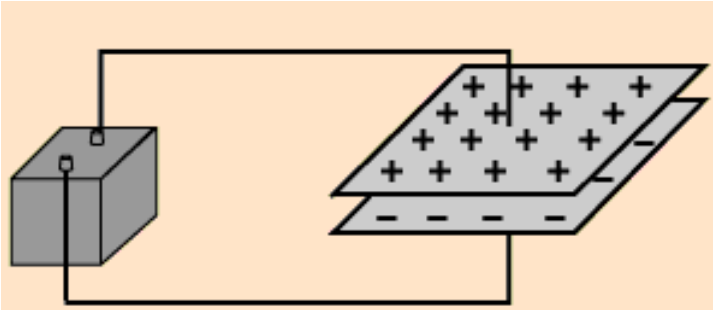


Fig. 6.1. Dy trupa përçues të lidhur në një bateri.

6.2.1. Kapaciteti i kondensatorit

Fushat e elektricitetit statik rrjedhin nga ngarkesat elektrike, si dhe vijat e fushës elektrike fillojnë dhe përfundojnë në ngarkesa elektrike. Kështu prezenca e fushës tregon prezencën e barabartë të ngarkesës elektrike pozitive dhe negative në dy pllakat në Figurën 6.1. Le te jetë

ngarkesa + Q Kulon në një pllakë dhe –Q Kulona në pllakën tjetër. Pasi që të dy elektrodat e kondensatorit kanë sasi të njëjtë të elektricitetit por me shenjë të kundërt atëherë, raporti ndërmjet kësaj ngarkese Q dhe ndryshimit të potencialit ndërmjet elektrodave ***V,*** është madhësi konstante dhe paraqet kapacitetin e kondensatorit. Ky kapacitet shënohet me C dhe definohet:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Njësia e kapacitetit është ***Farad F*** (ose për më shumë zakonisht μF = 10^{-6}F ose pF = 10^{-12} F), e cila është definuar si kapacitet, kur është paraqitur një ndryshim potenciali prej një volt-i përgjatë pllakave, kur ato janë ngarkuar me një Kulon.

Çdo sistem i përçuesve elektrik posedon kapacitet. Për shembull, kapacitet ka ndërmjet përçuesve të linjave transmetuese ajrore dhe ndërmjet telave të një kabllo telefonike. Në këta shembuj kapaciteti është i padëshirueshëm, por duhet të pranohet, minimizohet ose kompensohet. Por duhet te ceket se përpos rasteve kur kapaciteti është i pa dëshirueshëm, ka situata ku kapaciteti është një karakteristikë e dëshirueshme.
Pajisjet e ndërtuar posaçërisht për posedim te kapacitetit janë quajtur kondensator. Në formën e tij më të thjeshtë, një kondensator përbëhet nga dy pllaka të ndara nga një material izolues i njohur si një zonë dielektrike. Kondensatori ka një aftësi për të ruajtur një sasi të energjisë elektrike statike.
Simbolet e përdorura për kondensatorin fiks dhe atë variabil në diagramet e qarkut elektrik janë paraqitur në figurën 6.2.
Ngarkesa Q që ruhet në kondensator është dhënë me:

$$Q = Ixt\ Kolona$$

Ku ***I*** është rryma në Amper dhe t koha në sekonda.

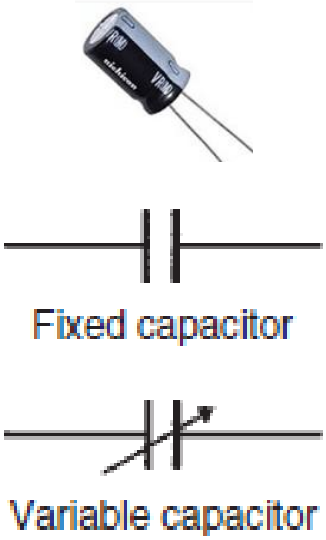


Fig. 6.2. Simbolet për kondensatorin fiks dhe variabël.

Shembull 6.1:

a) Gjeni tensionin (ndryshimin e potencialit) në një kondensator prej 4µF, kur është i ngarkuar me 5mC.
b) Gjeni ngarkesën në një kondensator 50pF, kur tensioni i aplikuar në këtë kondensator është 2 kV.

Zgjidhje

$$\text{(a)} \quad C = 4\,\mu\text{F} = 4 \times 10^{-6}\text{F};\ Q = 5\,\text{mC} = 5 \times 10^{-3}\ \text{C}$$

Meqenëse

$$C = \frac{Q}{V}$$

Atëherë

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{5 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-6}} = \frac{5 \times 10^{6}}{4 \times 10^{3}}$$

$$= \frac{5000}{4}$$

Domethënë
Tensioni është: V=1250V ose V=1.25kV

$$\text{(b)} \quad C = 50\,\text{pF} = 50 \times 10^{-12}\ \text{F};\ V = 2\,\text{kV} = 2000\,\text{V}$$

$$Q = CV = 50 \times 10^{-12} \times 2000 = \frac{5 \times 2}{10^{8}}$$

$$= 0.1 \times 10^{-6}$$

Domethënë

Ngarkesa është: Q=0.1µC.

Shembull 6.2:

Një rrymë prej 4A rrjedh në një kondensator 20µF te pa ngarkuar për 3 ms. Gjeni ndryshimin e potencialit ndërmjet pllakave?.

$$I = 4\,\text{A};\ C = 20\,\mu\text{F} = 20 \times 10^{-6}\text{F};$$

$$t = 3\,\text{ms} = 3 \times 10^{-3}\,\text{s}$$

$$Q = It = 4 \times 3 \times 10^{-3}\,\text{C}$$

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{4 \times 3 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}} = \frac{12 \times 10^{6}}{20 \times 10^{3}} = 0.6 \times 10^{3}$$

$$= 600\,\text{V}$$

6.3. Fusha elektrostatike

Figura 6.3 Përfaqëson dy pllaka metalike paralele, A dhe B, të ngarkuara me potenciale te ndryshme. Nëse një elektron që ka një ngarkesë negative është vendosur në mes të pllakave, një forcë do të veprojë në elektron duke u kujdesur për të shtyrë atë larg nga pllaka negativ B drejt pllakës pozitive, A. Në mënyrë të ngjashme, një ngarkesë pozitive do të veproj me një forcë, duke tentuar që të lëvizë atë drejt pllakës negative. Çdo hapësirë e tillë siç është paraqitur në figurën 6.3 në mes të pllakave, në të cilën një ngarkesë elektrike përjeton një forcë, është quajtur një **fushë elektrostatike**. Drejtimi i fushës është definuar si ajo e forcës që vepron në një pllakë të ngarkuar pozitivisht në fushë. Në figurën 6.3, drejtimi i forcës është nga pllaka pozitive në drejtim të pllakës negative.

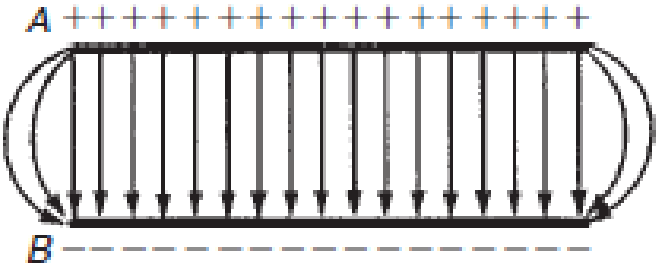


Fig. 6.3. Fusha elektrostatike

Një fushë e tillë mund të jetë pasqyruar në magnitudë dhe drejtimi i vijave të forcës elektrike të vizatuara ndërmjet sipërfaqeve të ngarkuara. Afërsia e vijave është një tregues i forcës së fushës. Kurdo që një ndryshim i potencialit ekziston ndërmjet dy pikave, gjithmonë do te ekzistojë një fushë elektrike. Figura 6.3 (a) paraqet modelin e një fushe tipike për një pikë te izoluar të ngarkesës, dhe Figura 6.3 (b) paraqet modelin e fushës për rastin e ngarkesave të afërme por me polaritet te kundërta. Vijat e forcës elektrike (shpesh të quajtura vija te fluksit elektrik) janë të vazhdueshme dhe fillojnë dhe përfundojë në pikën e ngarkesave. Gjithashtu, vijat nuk mund kryqëzohen me njëra tjetrën. Kur një trup i ngarkuar është vendosur afër një trupi te pangarkuar, do te filloj një kalim i elektricitetit nga trupi me ngarkesë ka trupi i pa ngarkuar. Kjo është për shkak se vijat e forcës nga trupi i ngarkuar përfundojë në sipërfaqen e trupit te pa ngarkuar.

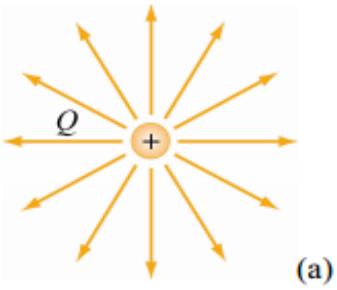


Fig. 6.3 a). Ngarkesa e një pike te izoluar.

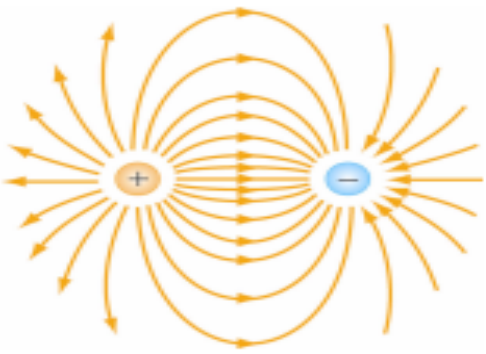


Fig. 6.3. b) Rasti për dy ngarkesa me polaritet të kundërt

Koncepti i vijave të fushës ose vijave të forcës është përdorur për të ilustruar vetitë e një fushe elektrike. Megjithatë, duhet të mbahet në mend se ato janë vetëm ndihmesë për imagjinatë.

Forca tërheqëse ose shtytëse ndërmjet dy trupave të ngarkuar elektrikisht është proporcionale me magnitudën e ngarkesës së tyre dhe në proporcion te zhdrejtë me katrorin e distancës që i ndanë ato, d.m.th.

Forca është

$$Forca \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$Forca = k\frac{q_1 q_2}{d^2}$$

Ku konstantja $k \approx 10x10^9$ në ajër.

Kjo është e njohur si ligji i Kulonit.

Prandaj forca ndërmjet dy sferave të ngarkuara në ajër me qendrat e tyre prej 16 mm largësi dhe secila bartë ngarkesë prej +1.6μC është dhënë me:

$$\text{force} = k\frac{q_1 q_2}{d^2} \approx (9 \times 10^9)\frac{(1.6 \times 10^{-6})^2}{(16 \times 10^{-3})^2}$$
$$= \mathbf{90\ newtons}$$

6.4. Forca e fushës elektrike

Kondensatori më i thjeshtë është kondensatori i rrafshët. Kondensatori i rrafshët përbëhet prej dy pllakave të rrafshëta metalike paralele me sipërfaqe S dhe trashësi shumë te vogël. Këto pllaka vendosen në një distancë d që është shumë më e vogël se përmasat e sipërfaqes S të

pllakave. Nëse është plotësuar ky kusht, atëherë fusha elektrike praktikisht është e lokalizuar në hapësirën ndërmjet elektrodave dhe ajo do te jetë homogjene. Në këtë rast fusha elektrike do te ketë intensitet të njëjtë në të gjitha pikat e hapësirës ndërmjet elektrodave. Fusha elektrike homogjene është shkaktuar si rrjedhojë e shpërndarjes së njëtrajtshme të ngarkesave në sipërfaqet e elektrodave. Një rasti i tillë është paraqitur në figurën 6.4. Në fig. 6.4 janë paraqet dy pllaka përçuese paralele te ndara nga njëri-tjetra nga ajri. Ato janë të lidhur në terminalet e kundërta në një bateri me një tension prej V volt.

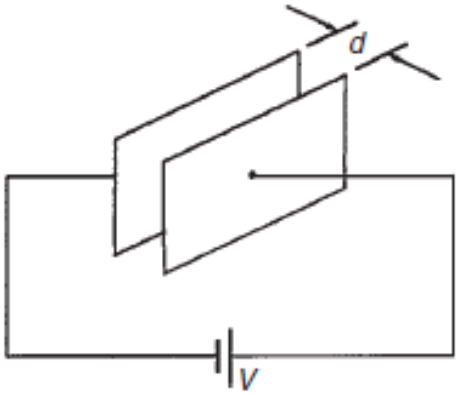


Fig. 6.4. Kondensatori i rrafshët.

Prandaj në këtë rast gjendet një fushë elektrike në hapësirën ndërmjet pllakave. Nëse pllakat janë afër njëra tjetrës, vijat elektrike të forcës do të jenë të drejta dhe paralele dhe me hapësirë të barabartë, përveç pranë skajeve (anëve) ku ndodhet periferia (shih Figurën 6.1). Mbi hapësirën në të cilën ndodhen ekstremet e pllakave vijat e fushës neglizhohen,

$$Forca\ e\ fushës\ elektrike, E = \frac{V}{d}\ Volt/meter$$

Ku d është distanca ndërmjet pllakave. Forca e (strength) e fushës elektrike është quajtur gjithashtu **gradient i potencialit**.

6.5. Densiteti i fluksit elektrik

Njësia e fluksit është definuar si burim nga një ngarkesë pozitive prej 1 Kuloni. Kështu fluksi elektrike ψ është matur në Kulona dhe për një ngarkesë prej Q Kulona fluksi është:

Ψ=Q Kolona

Densiteti i fluksit elektrik ***D*** është sasia e fluksit që kalon përmes një zone të definuar ***A*** që ndodhet pingul me drejtimin e fluksit:

Densiteti i fluksit elektrik,

$$D = \frac{Q}{A}\ Kolona/metra^2$$

Densiteti i fluksit elektrik është quajtur gjithashtu edhe si densitet i ngarkesës dhe shënohet me σ.

6.5.1. Përmitiviteti

Në çdo pikë në një fushë elektrike, fuqia e fushës elektrike E përmban fluksin elektrik dhe shkakton një vlerë të veçantë të dendësisë së fluksit elektrik D në atë pikë. Për një fushë të krijuar në vakumin (ose për qëllime praktike në ajër), raporti D/E është një konstante ε_0, dmth

$$\frac{D}{E} = \varepsilon_0$$

Ku ε_0 është quajtur përmivitet i hapësirës së lirë ose konstantja e hapësirës së lirë. Vlera e konstantës ε_0 është:

$$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ \text{F/m}.$$

Kur një mjet izolues, të tillë si, letër, plastike, qeramike etj, është futur në hapësirën e një fushe elektrike raporti D/E është modifikuar:

$$\frac{D}{E} = \varepsilon_0\varepsilon_r$$

Ku $\boldsymbol{\varepsilon_r}$ është përmitiviteti relativ i materialit izolues, që tregon fuqinë e tij izoluese në krahasim me atë te vakuumit:

$$Përmitiviteti\ relativ\ \varepsilon_r = \frac{densiteti\ i\ flueksit\ ënë\ material}{densiteti\ i\ fluksit\ ënë\ vakuum}$$

$\boldsymbol{\varepsilon_r}$ nuk ka njësi. Saktësish $\boldsymbol{\varepsilon_r}$ përfshin vlerat: **ajri =1**, **polivalencë = 2.3, qelqi = 5-10**, **ujit = 80,** qeramika = 6-1000.

Produkti $\boldsymbol{\varepsilon_0\varepsilon_r}$ është quajtur përmitiviteti absolut $\boldsymbol{\varepsilon}$, dmth.

$$\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$$

Materiali izolues i cili ndanë sipërfaqen e ngarkuar është quajtur **dielektrik**. Krahasuar me kondensatorët, materialet dielektrike kanë rezistencë shumë të lartë. Prandaj ato janë përdorur për të ndarë përçuesit me potenciale te ndryshme, te tillë si pllakat e kondensatorit ose linjat e energjisë elektrike.

Shembull 6.3:

Dy pllaka paralele drejtkëndëshe me madhësi 20cm me 40cm bartin një ngarkesë elektrike prej 0.2μC. Llogaritni densitetin e fluksit elektrik. Nëse pllakat janë larg njëra tjetrës në një

distancë prej 5mm dhe tensioni ndërmjet tyre është 0.25kV përcaktoni forcën e fushës elektrike.

Zgjidhje

Ngarkesa është:

$$Q = 0.2\,\mu\text{C} = 0.2 \times 10^{-6}\,C;$$

Hapësira është:

$$A = 20\,\text{cm} \times 40\,\text{cm} = 800\,\text{cm}^2 = 800 \times 10^{-4}\,\text{m}^2$$

Densiteti i fluksit elektrik është:

$$D = \frac{Q}{A} = \frac{0.2 \times 10^{-6}}{800 \times 10^{-4}} = \frac{0.2 \times 10^{4}}{800 \times 10^{6}}$$

$$= \frac{2000}{800} \times 10^{-6} = \mathbf{2.5\,\mu C/m^2}$$

Tensioni është: ***V = 0.25kV = 0.25 x 10^3V = 250V***.

Distanca është ***d=5mm = 5 x 10^{-3}m***

Forca e fushës elektrike është:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{250}{5 \times 10^{-3}} = \mathbf{50\,kV/m}$$

Shembull 6.4:

Densiteti i fluksit ndërmjet pllakave te ndara me një material me permitivitet relativ me vlerë 5 është 2μ C/m^2. Gjeni gradientin e tensionit ndërmjet pllakave?.

Zgjidhje

Densiteti i fluksit është:

$$D = 2\,\mu\text{C/m}^2 = 2 \times 10^{-6}\,\text{C/m}^2;$$

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\,\text{F/m};\ \varepsilon_r = 5.$$

$$\frac{D}{E} = \varepsilon_0 \varepsilon_r,$$

Kështu që gradienti i tensionit është:

$$\boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{D}}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$$

$$= \frac{2 \times 10^{-6}}{8.85 \times 10^{-12} \times 5} \text{ V/m}$$

$$= \mathbf{45.2\,kV/m}$$

6.6. Kondensatori me pllaka paralele

Për një kondensator me pllaka paralele te paraqitur në fig. 6.5 eksperimentet tregojnë se kapaciteti ***C*** është proporcional me sipërfaqen A te pllakës, dhe në proporcion te zhdrejtë me distancën e pllakave ***d*** (dmth trashësinë e dielektrikut) dhe varet nga natyra e dielektrikut:

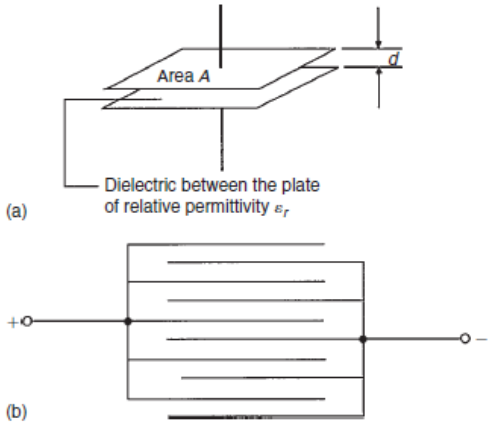


Figure 6.5

Kapaciteti është:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d} farad$$

Ku konstanta ε_0 ka vlerën $\varepsilon_0 = 8.85x10^{-12} F/m$

$\varepsilon_r - permiteviteti\ relativ$

$A - sipërfaqja\ e\ njërës\ nga\ pllakat,$ në m^2 dhe

$d - trashësia\ e\ dielektrikut$ në m

Një metodë tjetër përdorur për rritjen e kapacitetit është përdorimi i disa shtresave siç është paraqitur në figurën 6.5 (b). Në këtë rast janë përdorur 10 pllaka që formojnë 9 kondensator me një kapacitet 9 herë sa një çift i pllakave.

Nëse kemi n pllaka atëherë kapaciteti është:

$$C \propto (n-1)$$

Kështu kapaciteti është:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A(n-1)}{d} farad$$

Shembull 6.5:

(a) një kondensator qeramike ka një sipërfaqe efektiv të pllakës prej 4cm^2 te ndarë prej 0.1mm qeramikë me permitivitet relative 100. Llogaritni kapacitetin e kondensatorit në pikofarads. (b) Në qoftë se kondensatori në pjesën (a) është ngarkuar prej 1.2μC sa do te jetë ndryshimi i potencialit ndërmjet pllakave?

Zgjidhje

(a) Area $A = 4\,\text{cm}^2 = 4 \times 10^{-4}\,\text{m}^2$;
$d = 0.1\,\text{mm} = 0.1 \times 10^{-3}\,\text{m}$;
$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\,\text{F/m}; \varepsilon_r = 100$

$$\textbf{Capacitance } C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d} \text{ farads}$$

$$= \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 100 \times 4 \times 10^{-4}}{0.1 \times 10^{-3}} \text{F}$$

$$= \frac{8.85 \times 4}{10^{10}} \text{F} = \frac{8.85 \times 4 \times 10^{12}}{10^{10}} \text{pF}$$

$$= \mathbf{3540\,pF}$$

(b) $Q = CV$ thus $V = \frac{Q}{C} = \frac{1.2 \times 10^{-6}}{3540 \times 10^{-12}} V = \mathbf{339\,V}$

6.7. Lidhja serike dhe paralele e kondensatorëve

6.7.1. Lidhja paralele e kondensatorëve

Gjatë realizimit praktik shpeshherë kondensatorët lidhen në grupe. Lidhja e kondensatorëve mund te bëhet në disa mënyra por ne do ti shqyrtojmë ato më të thjeshta. Nëse një grup të kondensatorëve të lidhur për dy pika e zëvendësojmë me vetëm një kondensator ndërmjet atyre dy pikave, kapacitetin e atij kondensatori e quaj kapacitet ekuivalent. Për një grup të kondensatorëve themi se janë te lidhur në paralel nëse janë te lidhur në pika të njëjta A dhe B. Fig. 6.6 paraqet lidhjen paralele te tre kondensatorëve, përkatësisht kondensatorët C_1, C_2 dhe C_3 të cilët janë te lidhur në një furnizim me një tension prej V Voltësh. Në këtë rast te gjithë kondensatoret kanë tension te njëjtë V, ndërsa ngarkesa e tyre varët nga kapacitetet:

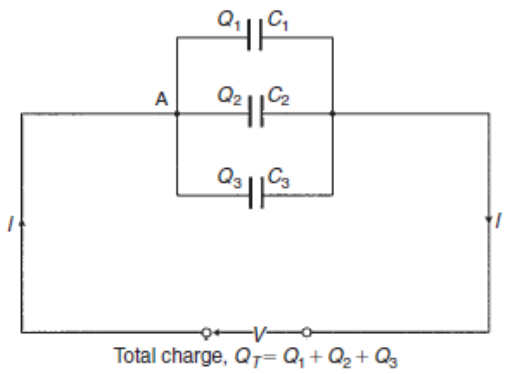


Figure 6.6

Kur rryma I arrin në pikën A, ajo do te ndahet, disa rrjedh në C1, disa rrjedh në C2 dhe disa rrjedh në C3. Prandaj ngarkesa totale Q_T (= I × t) është e ndarë mes tre kondensatorëve. Secili kondensator ruan një ngarkesë dhe të cilat për këtë rast janë paraqitur, si Q_1, Q_2 dhe Q_3. Prandaj

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Por $Q_T = CV$, $Q_1 = C_1V$, $Q_2 = C_2V$ *dhe* $Q_3 = C_3V$

Prandaj $CV = C_1V + C_2V + C_3V$, ku C është kapaciteti total i qarkut ekuivalent.

Dmth $C = C_1 + C_2 + C_3$

Nëse kemi n kondensator te lidhur në paralel atëherë kemi:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n$$

Dmth kapaciteti ekuivalent i një grupi të kondensatorëve të lidhur paralel është i barabartë me shumën e kapaciteteve të secilit kondensator veç e veç.

6.7.2. Lidhja serike e kondensatorëve

Në fig. 6.7 janë paraqitur tre kondensator te lidhur në seri dhe të cilët janë te lidhur në një burim me tension prej V Volt. Le te jetë ndryshimi i potencialit për secilin kondensator në mënyrë individuale V_1, V_2 dhe V_3, siç edhe janë paraqitur në fig.

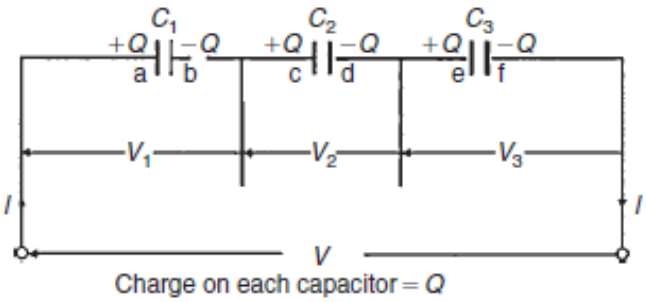


Figure 6.7

Le te jetë ngarkesa në pllakën “a” te kondensatorit C_1, +Q Kulona. Në pllakën “b” në anën e kundërt është ngarkesa e barabartë, por me shenjë te kundërt, pra prej –Q Kulonave. Përçuesi ndërmjet pllakave “b” dhe “c” është i izoluar elektrikisht nga pjesa tjetër e qarkut, kështu që në mënyrë te barabartë, por me ngarkesë te kundërt prej + Q kulona, duhet te paraqitet në pllakën “c”, e cila në anën tjetër paraqet një ngarkesë te njëjtë, por me shenjë te kundërt prej –Q kolona në plaken “d” dhe kështu me radhë.

Kështu, kurë kondensatorët janë te lidhur në seri, ngarkesa në secilin nga kondensatorët është e njëjtë.

Në një qark serik tensioni është:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Meqenëse

$$V = \frac{Q}{C}$$

Atëherë

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

ku ***C*** është kapaciteti total i qarkut ekuivalent.

Nga formula e më sipërme kemi:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Në qoftë se kemi te lidhur ***n*** kondensatorë në seri atëherë kemi:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

d. m. th. Për kondensatorët e lidhur në seri, vlera reciproke e kondensatorit ekuivalent është e barabartë me shumën e vlerave reciproket të secilit kondensatorë (shënojmë se forma e kësaj shprehje është e njëjtë me atë për rastin e rezistorëve te lidhur në paralelë).

Për një rast kur kemi te lidhur në seri dy kondensatorë kemi:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_2 + C_1}{C_1 C_2}$$

Kështu, nga shprehja e më sipërme, pasi që te shumëzojmë në mënyrë tërthore kemi:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Shembulli 6.6. Te llogaritet kapaciteti ekuivalent i dy kondensatorëve të lidhur me 6μF dhe 4μF. a) në lidhje paralele dhe b) në lidhje serike.

Zgjidhje

a) Në paralel, kapaciteti ekuivalent është:

$$C = C_1 + C_2 = 6\mu F + 4\mu F = 10\mu F$$

b) Në seri, kapaciteti ekuivalent është:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Tani realizojmë zëvendësimin:

$$C = \frac{6 * 4}{6 + 4} = \frac{24}{10} = 2.4\mu F$$

Shembulli 6.7. Çfarë kapaciteti duhet te lidhet në seri me një kondensator me 30μF që kapaciteti ekuivalent të jetë 12μF?

Zgjidhje

Kapaciteti ekuivalent është C=12μF, ndërsa C_1=30μF dhe kapaciteti i kondensatorit të dytë C_2 është i pa njohur.
Për dy kondensator të lidhur në seri kemi:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Nga kjo kemi:

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C} - \frac{1}{C_1} = \frac{C_1 - C}{CC_1}$$

Prej nga kemi:

$$C_2 = \frac{CC_1}{C_1 - C} = \frac{12 \times 30}{30 - 12}$$

$$= \frac{360}{18} = \mathbf{20\,\mu F}$$

Shembulli 6.8. Kondensatorët me kapacitet prej 1μF, 3μF, 5μF dhe 6μF janë te lidhur në paralel me një burim me tension prej 100V. Gjeni a) kapacitetin e qarkut ekuivalent, b) ngarkesën totale dhe c) ngarkesën në çdo kondensatorë.

Zgjidhje

a) Kapaciteti ekuivalent C për katër kondensatorët e lidhur në paralel është:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

$$C = 1 + 3 + 5 + 6 = \mathbf{15\mu F}$$

b) Ngarkesa totale jepet me:

$Q_T = CV$, ku C është kapaciteti ekuivalent i qarkut. Pas zëvendësimit të vlerave kemi:

$$Q_T = 15 \times 10^{-6} \times 100 = 1.5 \times 10^{-3} C = \mathbf{1.5\,mC}$$

c) Ngarkesa në kondensatorin 1μF është:

$$Q_1 = C_1 V = 1 \times 10^{-6} \times 100$$
$$= \mathbf{0.1\,mC}$$

Ngarkesa në kondensatorin 3μF është:

$$Q_2 = C_2 V = 3 \times 10^{-6} \times 100$$
$$= \mathbf{0.3\,mC}$$

Ngarkesa në kondensatorin 5μF është:

$$Q_3 = C_3 V = 5 \times 10^{-6} \times 100$$
$$= \mathbf{0.5\,mC}$$

Ngarkesa në kondensatorin 6μF është:

$$Q_4 = C_4 V = 6 \times 10^{-6} \times 100$$
$$= \mathbf{0.6\,mC}$$

Verifikim: Në një qark paralel kemi:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$
$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0.1 + 0.3 + 0.5 + 0.6$$
$$= 1.5\,\text{mC} = Q_T]$$

Shembulli 6.8. Për rastin e paraqitur në fig. 6.8, te gjendet a) kapaciteti ekuivalent i qarkut, b) tensioni tërthor QR dhe c) ngarkesa në çdo kondensator.

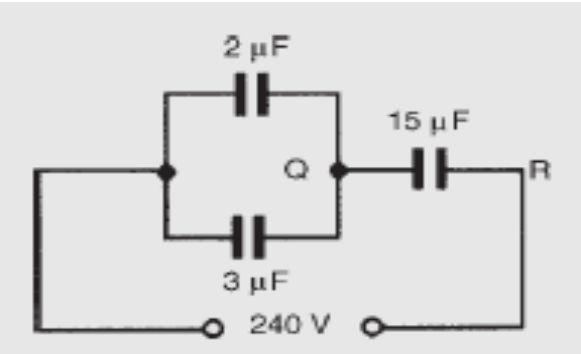


Fig. 6.8. Një lidhje serike dhe paralele e kondensatorëve.

Zgjidhje

a) Kondensatori 2μF i lidhur në paralel me kondensatorin 3μF jep një kapacitet ekuivalent që ne do te shënojmë me C_1. Kapaciteti ekuivalent është:
$C_1 = 2\mu F + 3\mu F = 5\mu F$.
Qarku i cili fitohet pas ekuivalentimit do te ketë formën e paraqitur në fig. 6.9.

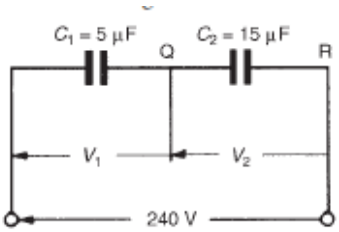


Fig. 6.9. Qarku ekuivalent.

Kapaciteti ekuivalent i qarkut 6.9 është:

$$\frac{5 \times 15}{5+15}\mu F = \frac{75}{20}\mu F = \mathbf{3.75\,\mu F}$$

b) Ngarkesa në secilin kondensator te paraqitur në fig. 6.9 do te jetë njëjtë sikur at te jenë te lidhur në seri. Le te jetë kjo ngarkesë prej Q Kulonave.

Atëherë

$$Q = C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$5V_1 = 15V_2$$

$$V_1 = 3V_2$$

$$V_1 + V_2 = 240\,\text{V}$$

Prandaj nga shprehja e më sipërme, pas zëvendësimit kemi:

$$3V_2 + V_2 = 240\,\text{V}$$

$$V_2 = 60\,\text{V and } V_1 = 180\,\text{V}$$

Prandaj tensioni tërthorazi QR është 60V.

c) Ngarkesa në kondensatorin 15μF është:

$$C_2 V_2 = 15 \times 10^{-6} \times 60 = \mathbf{0.9\,mC}$$

Ngarkesa në kondensatorin 2μF është:

$$2 \times 10^{-6} \times 180 = \mathbf{0.36\,mC}$$

Ngarkesa në kondensatorin 3μF është:

$$3 \times 10^{-6} \times 180 = \mathbf{0.54\,mC}$$

6.8. Forca e dielektrikut

Vlera maksimale e forcës së fushës që një dielektrik mund të përballojë quhet forca dielektrike e materialit.

Dielectric strength, $E_m = \dfrac{V_m}{d}$

Shembulli 6.9.

Një kondensator është ndërtuar në mënyrë që kapaciteti është 0.2μF dhe ndryshimi i potencialit në skaje te terminaleve është 1.25kV. Dielektriku është MICA i cili pasi që lejon një faktor sigurie prej 2, ka një forcë dielektrike prej 50MV/m. Gjej (a) trashësinë e nevojshme të MICA-s, dhe (b) hapësirën e një pllake, duke supozuar një ndërtim me dy-pllaka. (Supozojmë se permitiviteti dielektrik ε_r të jetë 6.)

Zgjidhje

(a) Dielectric strength, $E = \dfrac{V}{d}$, i.e. $d = \dfrac{V}{E}$

$$= \frac{1.25 \times 10^3}{50 \times 10^6}\,\text{m}$$

$$= \mathbf{0.025\,mm}$$

(b) Capacitance, $C = \dfrac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$

hence area $A = \dfrac{Cd}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$

$$= \frac{0.2 \times 10^{-6} \times 0.025 \times 10^{-3}}{8.85 \times 10^{-12} \times 6}\,\text{m}^2$$

$$= 0.09416\,\text{m}^2 = \mathbf{941.6\,cm^2}$$

6.9. Energjia e ruajtur

Energjia W e ruajtur nga një kondensatorë është dhënë:

$$W = \frac{1}{2}CV^2 \text{ joules}$$

Shembulli 6.10.

Përcaktoni energjinë e ruajtur nga një kondensator 3μF kur ngarkesa është prej 400V. b) gjeni gjithashtu fuqinë mesatare të zhvilluar në qoftë se kjo energji është shpenzuar në një kohë prej 10μs.

Zgjidhje

(a) **Energy stored** $W = \frac{1}{2}CV^2$ joules

$$= \frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-6} \times 400^2$$

$$= \frac{3}{2} \times 16 \times 10^{-2}$$

$$= \mathbf{0.24\ J}$$

(b) $\textbf{Power} = \dfrac{\text{Energy}}{\text{time}} = \dfrac{0.24}{10 \times 10^{-6}}\,\text{W} = \mathbf{24\ kW}$

KAPITULLI VII

7. Ligjet e Kirkofit

Hyrje

Ligjet të cilat përcaktojnë rrymat dhe pikat e tensionit në rrjetat DC janë: (a) ligji i Omit, (b) ligjet për lidhje te resistencave në seri dhe në paralel dhe (c) ligjet e Kirchhoff-it. Përveç kësaj, ka një numër të Teoremash te qarqeve të cilat janë zhvilluar për zgjidhjen e problemeve të ndryshme në rrjetet elektrike. Këto përfshijnë:

- Teorema e **superponimit**,
- Teorema e **reciprocitetit**
- Teorema **Tevenit**,
- Teorema e **Norton**-it dhe
- Teorema e **kompensimit**.

7.1. Ligji i parë i Kirkofit

Shpeshherë përçuesit elektrik lidhen njëri me tjetrin në varg ose ashtu që disa nga këta takohen në një pikë. Kur ata janë me rryma elektrike, vendi ku takohen (lidhen) përçuesit mundëson që ngarkesat elektrike, gjatë lëvizjes së tyre, kalojnë prej njërit në përçuesin tjetër.

Le te marrim një shembull si në fig. 7.1, ku janë paraqitur disa përçues dhe orientimi i rrymave përgjatë këtyre përçuesve.

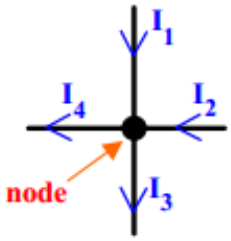


Fig. 7.1. Në figurë janë paraqitur 4 përçues të cilët takohen në një nyje të përbashkët.

Duhet te ceket se nuk është e thënë që përçuesit patjetër të jenë të orientuar prej nyjës kah skajet tjera të tyre. Orientimin e përçuesve e bëjmë arbitrarisht, pra, ndonjëri nga ta mund të jetë i orientuar edhe në kahun kah nyja. Prandaj në një rast të tillë të orientimit të rrymave ndryshon parashenja para rrymave, për rrymat që hynë në nyje merren me shenjë pozitive, ndërsa ato që dalin nga nyja do te marrin shenja negative.

$$+ I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

Shprehja e më sipërme paraqet ligjin e parë të Kirkofit i cili quhet edhe ligji i Kirkofit për rryma. Këtë ligj, në përgjithësi e formulojmë siç vijon: Shuma algjebrike e intensiteteve të rrymave në përçuesit, që takohen në një nyje është e barabartë me zero. Në këtë shumë, me parashenjë minus merren intensitetet e rrymave në përçuesit që janë orientuar në kahun prej nyjës, kurse me parashenjën plus nëse kahu referent i përçuesit është kah nyja. Parashenjat munde te merren edhe anasjelltas.

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$$

Në këtë shprehje ***n*** është nr. maksimal i përçuesve te grupuar në një grup.

Shembull:

Te gjendet rryma e pa njohur I=?, në fig. 7.2.

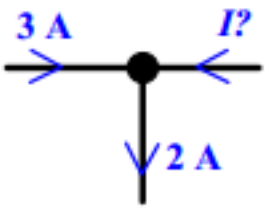


Fig. 7.2. Në figurë janë paraqitur 3 përçues të cilët takohen në një nyje të përbashkët.

Zgjidhje

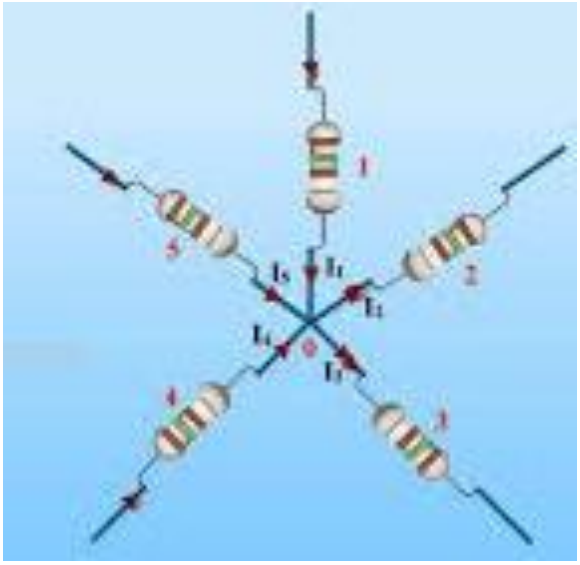
Sipas ligjit të parë të Kirkofit kemi:

$$3A - 2A + I = 0$$

Nga kjo mund të gjejmë rrymën I e cila ka vlerën:

$$I = -1A$$

Shembull: Për rasti e paraqitur në figurë nëse $I_1 = 2A$, $I_3 = 2A$, $I_4 = 1A$, dhe $I = 6A$, te gjendet rryma $I_2 = ?$.



Zgjidhje

Duke zbatuar ligjin e Hirkofit për rrymën kemi:

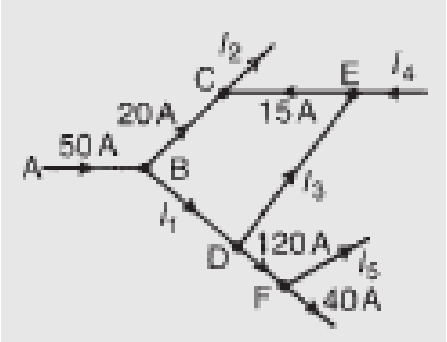
$I_1 – I_2 – I_3 + I_4 + I_5 = 0$

Pas zëvendësimit të vlerave kemi:

$$2A – I_2 – 2A + 1A + 6A = 0$$

$$I_2 = 7A$$

Shembull: Për rastin e paraqitur në fig. gjeni rrymat e pa njohura?.



Aplikojmë ligjin e Kirkofit për rrymën:

Për nyjën B kemi: $50 = 20 + I_1$, Kështu që $I_1 = 30A$

Për nyjë C kemi: $20 + 15 = I_2$, Kështu që $I_2 = 35A$

Për nyjë D kemi: $I_1 = I_3 + 120$

Rryma I_1 është e njohur, kështu që mund të zëvendësohet, kështu që kemi:

$30 = I_3 + 120$, prej nga rrjedhë se:

$$I_3 = 30 - 120 = -90A$$

Për nyjën E kemi: $I_4 + I_3 = 15$, Rryma I_3 është e njohur, kështu që kemi:

$$I_4 = 15 - (-90) = 105 \text{ A}.$$

Për nyjën F kemi: $120 = I_5 + 40$. Kështu që: $I_5 = 80A$.

7.2. Qarqet e përbëra elektrike

7.2.1. Konceptet e përgjithshme

Qarkun e thjeshtë elektrik e kemi përkufizuar si një lidhje serike e elementeve në një lak (lakore) të mbyllur. Te lidhja serike e elementeve, intensiteti i rrymës elektrike në të gjitha elementet është i njëjtë. Për këtë arsye, kur në qarkun e thjeshtë janë dhënë të gjithë parametrat e elementeve, qarkun e kemi zgjedhur duke e caktuar vetëm një madhësi të panjohur – zakonisht intensitetin e rrymës elektrike.

Elementet elektrike mund të lidhen edhe në mënyra tjera përveç asaj në qark të thjeshtë. Kemi konstatuar edhe më parë se, për shembull, rezistorët mund të lidhen, përveç në seri edhe në paralel, në lidhje të përziera të lidhjeve serike dhe atyre paralel, etj. Në çoftë se lidhjeve të këtilla të rezistorëve u shtohen edhe gjeneratorët elektrik fitojmë lidhje elementesh elektrike në qarqe **elektrike të përbëra**.

Pikat e qarkut të përbërë, ku takohen më shumë se dy elemente, quhen nyje të qarkut. Elementet që lidhen ndërmjet dy nyjeve, e këto mund të jenë edhe serike të disa elementeve, quhen degë të qarkut. Për shkak të parimit të kontinuitetit edhe në qarkun e përbërë, intensiteti i rrymës elektrike gjatë një dege është i njëjtë në të gjitha elementet e asaj dege.

Kur është dhënë një qark i përbërë elektrik, zakonisht duhet caktuar të gjitha madhësitë elektrike që kanë të bëjë me secilin element të qarkut. E dimë se, kur dihen parametrat e elementit, të gjitha madhësitë elektrike mund të gjendën në çoftë se dihet rryma në atë element. Prandaj me zgjidhjen e qarkut të dhënë të përbërë elektrik, kuptojmë caktimin e intensiteteve të rrymave në të gjitha degët e qarkut, çka do të thotë se lidhur me një qark të përbërë, duhet caktuar aq madhësi të panjohura sa degë ka qarku.

Qarku i përbërë me një nyjë nuk ekziston. Prandaj, ai ka së paku dy nyja. Qarku me dy nyja dhe dy degë është qark i thjeshtë. Qarku i përbërë ka së paku tri degë. Sa më i madh të jetë numri i nyjeve, aq më i madh është numri i degëve.

Në secilin qark të përbërë mund të vërejmë, se paku tri rrugë të mbyllura, të cilat kalojnë nëpër degë dhe nyja të qarkut dhe formojnë lak të mbyllur. Këto rrugë të mbyllura quhen ***kontura***.

Në fig. x është paraqitur një rast i një qarku të përbërë.

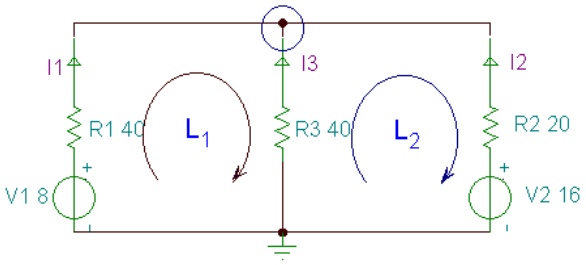


Fig. x. Forma e një qarku të përbërë.

Një qark i tillë përbëhet nga 2 nyje dhe 3 degë.

7.2.2. Ligji i dytë i Kirkofit

Te gjitha ligjet e përdorura deri me tani për llogaritje te tensionit, rrymës, rezistencës, etj, vlejnë edhe për rastin e çarqeve të përbëra elektrike. Mirëpo duke u mbështetur vetëm në ato ligje, çarqet e përbëra nuk mund të zgjidhen.

Ligji i Parë i Kirkofit është i përshtatshëm vetëm për te shkruar një numër barazish me te panjohura intensitetet e rrymave nëpër degët e qarkut. Këso barazish mund të shkruhen aq sa ka qarku nyje. Ato e kanë formën:

$$\sum I=0$$

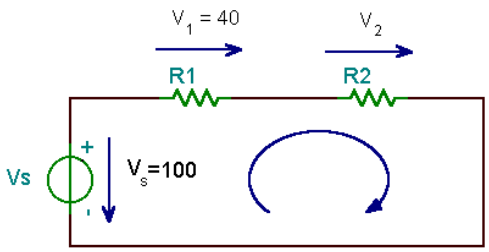
Ndërsa ligji i dytë i Kirkofit ka të bëjë me definimin e tensioneve përgjatë degëve të një qarku. Kështu që ligji i dytë i Kirkofit njihet edhe si ligji i Kirkofit për tensione dhe përmes tij mund te definohet një numër i ekuacioneve për tensione. Ligji i dytë i Kirkofit definohet si në vijim: Shuma algjebrike e tensioneve përgjatë një konture që përfaqëson një qark të mbyllur është e barabartë me zero.

$$\sum V=0$$

Karakteristikë e veçantë në këtë rast është se në rastin e një qarku të thjeshtë kjo rrugë e mbyllur kalon nëpër elemente që kanë rrymë të njëjtë. Ndërsa në rastin e një qarku të përbërë rruga e mbyllur kalon nëpër degë te ndryshme që gjithashtu edhe rrymat janë të ndryshme.

Për te pasur më te qartë ligjin e dytë të Kirkofit do te demonstrojmë zbatimin e ti në zgjidhjen e një qarku të thjeshtë.

Në këtë rast kërkohet të gjendet tensioni V_2 përgjatë rezistencës R_2, ku dihen vlerat për tensionin e burimit V_s=100V dhe tensioni përgjatë R_1 është V_1=40V.



Në këtë rast do te marrim një kotur të cilën do te orientojmë sipas parimit të lëvizjes së akrepave të orës (i njëjti rezultat do te fitohet edhe nëse konturen e orientojmë në drejtimin e kundërt). Për të gjetur tensionin përgjatë R_2 do te zbatojmë ligjin e dytë të Kirkofit, apo ligjin e Kirkofit për tensione, dhe kemi:

$$-V_s + V_1 + V_2 = 0 \text{ ose } V_S = V_1 + V_2$$

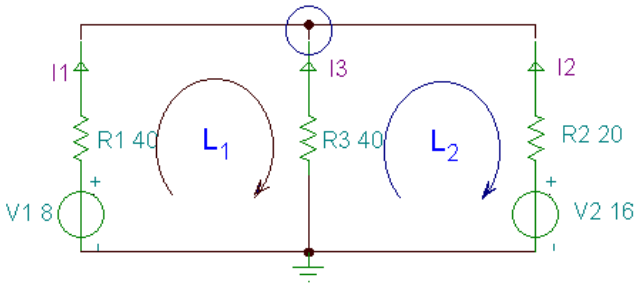
Kështu që: $V_2 = V_S - V_1 = 100\text{-}40 = 60V$

Duhet te kemi parasysh se rasti i më sipër është vetëm një rast i thjeshtë, kështu që shpeshherë në praktik kemi raste shumë më të komplikuara, prandaj për rastet kur kemi qarqe të përbëra, atëherë për zgjidhjen e tyre nevojitet që të përdoren te dy ligjet e Kirkofit dhe ligjin e Ohmit. Kështu që në këtë rast shpeshherë duhet të zgjedhim një sistem të ekuacioneve lineare.

Numri total i aplikimeve të pavarur të ligjeve Kirchhoff-it në një qark është sa numri i degëve të qarkut, ndërsa numri i përgjithshëm i të panjohurave (rrymat dhe tensionet e çdo dege) është më i madh sesa numri i ekuacioneve. Megjithatë, duke përdorur edhe ligjin Ohmit në çdo rezistencë dhe ekuacionet e thjeshta që përcaktojnë tensionet dhe rrymat, bënë që të kemi një sistem të ekuacioneve, ku numri i panjohurave është i njëjtë sa numri i ekuacioneve.

Shembull

Gjej rrymat I_1 I_2 dhe I_3 të degëve në qarkun e më poshtë. Ku dihen $R_1 = 40\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 40\Omega$, $V_1 = 8V$ dhe $V_2 = 16V$.



Zgjidhje

Ky qark ka 2 nyje dhe 3 degë. Aplikojmë ligjin e Kirkofit për rryma në njërën nga nyjet dhe do te kemi (në këtë rast është aplikuar në nyjen e rrumbullakuar).

$$- I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Për të larguar shenjën minus të dy anët e këtij ekuacioni i shumëzojmë me -1 dhe do te kemi:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Në këtë rast fillimisht orientojmë konturat sipas akrepave të orës (mund të orientohen edhe në anën e kundërt ose njëra në anën e akrepave të orës, ndërsa tjetra në anën tjetër). Siç shihet në figurë përgjatë konturës L1 përfshihen elementet V_1, R_1 dhe R_3.

$$V1 - Vr_1 + Vr_3 = 0$$

Pas implementimit të ligjit të Omit për rezistencën R1 dhe R3 kemi:

$$Vr_1 = R_1I_1 \text{ dhe } Vr_3 = R_3I_3$$

Pas zëvendësimit në ligjin e Kirkofit do te kemi:

$$V_1 - I_1*R_1 + I_3*R_3 = 0$$

Përgjatë konturës L_2 përfshihen elementet V_2, R_2 dhe R_3 dhe në mënyrë të njëjtë kemi:

$$-I_3*R_3 + I_2*R_2 - V_2 = 0$$

I zëvendësojmë vlerat dhe kemi:

$$I_1+ I_2+ I_3 = 0$$

$$8 - 40*I_1 + 40*I_3 = 0$$

$$40*I_3 –20*I_2 +16 = 0$$

Nga shprehja për rryma, rryma I_1 është: $I_1 = -I_2 – I_3$

Pas zëvendësimit në shprehjen për tensione kemi:

$V_{1 +} (I_2 + I_3)*R_1 + I_3*R_3 = 0$ or $8 + (I_2 + I_3)*40 + I_3*40 = 0$

$8 + 40*I_2 + 40*I_3 + 40*I_3 = 8 + 40*I_2 + 80*I_3$

$I_2 = - (V_1 + I_3*(R_1+R_3))/R_1$ ose

$I_2 = -(8 + I_3*80)/40$

Zëvendësojmë I_2 në shprehjen e 2 të ligjit të dytë të Kirkofit dhe kemi:

$-I_3*R_3 - R_2*(V_1 + I_3*(R_1+R_3))/R_1 -V_2 = 0$ ose

$-I_3*40 - 20*(8 + I_3*80)/40 - 16 = 0$

$-40*I_3 - 20*8/40 – (20*80*I_3)/40 = 16$

$-80*I_3 = 16 +4$

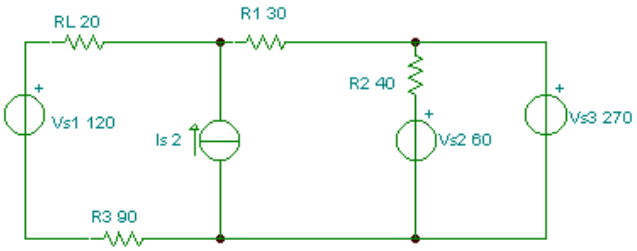
$I_3 = - 20/80 = -1/4 = -0.25A$

Prandaj $I_3 = - 0.25$ A; $I_2 = -(8-0.25*80)/40 = 0.3$ A dhe $I_1 = - (0.3-0.25) = - 0.05$ A

Ose: $I_1 = -50$ mA; $I_2 = 300$ mA; $I_3 = -250$ mA.

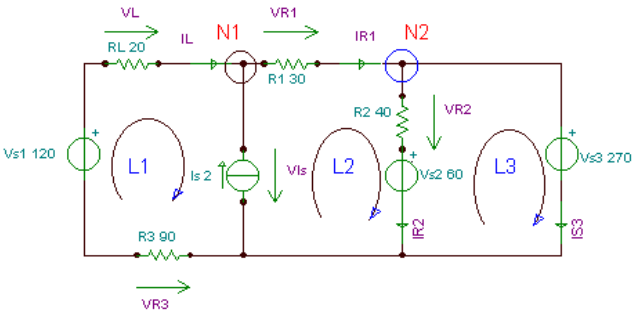
Shembull

Për një qark më kompleks, si në fig. te gjendet rrymat dhe tensionet në secilën degë.



Zgjidhje

Le ti shënojmë tensionet dhe rrymat e panjohura me shtimin e shigjetave për tensione dhe rrymat nëpër komponente dhe gjithashtu do te paraqiten konturat (L1, L2, dhe L3) dhe nyjet (N1, N2) ku ne do te përdorim ekuacionet e Kirkofit. Pasi që është realizuar emertimi dhe orientimet komplet si në figurë, atëherë mund te aplikohen ligjet e Kirkofit.



Këtu është bashkësia e ekuacioneve të Kirkofit për kontura dhe për nyje.

$-I_L + I_{R1} - I_s = 0$ (për N1)

$- I_{R1} + I_{R2} + I_{s3} = 0$ (për N2)

$-V_{s1} - V_{R3} + V_{Is} + V_L = 0$ (për L1)

$-V_{Is} + V_{s2} + V_{R2} + V_{R1} = 0$ (për L2)

$-V_{R2} - V_{s2} + V_{s3} = 0$ (për L3)

Aplikojmë ligjin e Ohmit dhe kemi:

$V_L = I_L * R_L$

$V_{R1} = I_{R1} * R_1$

$V_{R2} = I_{R2} * R_2$

$V_{R3} = - I_L * R_3$

Kjo është 9 te panjohura dhe 9 ekuacione.

Megjithatë, duhet të theksojmë se ky grup i ekuacioneve mund të reduktohet lehtë në një sistem me 5 të panjohura, duke zëvendësuar 4 ekuacionet e fundit në ekuacionet e konturave L1, L2, L3. Gjithashtu, duke mbledhur ekuacionet (L1) dhe (L2), ne mund të eliminojnë V_{IS}, duke reduktuar problemin në një sistem me 4 ekuacione me 4 të panjohura (I_L, I_{R1} I_{R2}, Is_3). Kur ne kemi gjetur këto rryma, ne lehtë mund të përcaktojë L_V, V_{R1}, V_{R2}, dhe V_{R3} duke përdorur katër ekuacionet e fundit (sipas ligjit të Ohmit).Zëvendësojmë V_L ,$V_{R1,}V_{R2}$,V_{R3}:

$$-I_L + I_{R1} - I_s = 0 \text{ (për N1)}$$

$$- I_{R1} + I_{R2} + I_{s3} = 0 \text{ (për N2)}$$

$$-V_{s1} + I_L * R_3 + V_{Is} + I_L * R_L = 0 \text{ (për L1)}$$

$$-V_{Is} + V_{s2} + I_{R2} * R_2 + I_{R1} * R_1 = 0 \text{ (for L2)}$$

$$- I_{R2} * R_2 - V_{s2} + V_{s3} = 0 \text{ (për L3)}$$

Mbledhim (L1) dhe (L2) dhe ne marrim

$$-I_L + I_{R1} - I_s = 0 \text{ (për N1)}$$

$$- I_{R1} + I_{R2} + I_{s3} = 0 \text{ (për N2)}$$

$$-V_{s1} + I_L * R_3 + I_L * R_L + V_{s2} + I_{R2} * R_2 + I_{R1} * R_1 = 0 \text{ (L1) + (L2)}$$

$$- I_{R2} * R_2 - V_{s2} + V_{s3} = 0 \text{ (përL3)}$$

Pas zëvendësimit të vlerave të komponenteve dhe zgjidhjes së këtyre ekuacioneve do te gjejmë vlerat e kërkuara.

$$-I_L + I_{R1} - 2 = 0 \text{ (për N1)}$$

$$-I_{R1} + I_{R2} + I_{S3} = 0 \text{ (për N2)}$$

$$-120 - + I_L*90 + I_L*20 + 60 + I_{R2}*40 + I_{R1}*30 = 0\ (L_1) + (L_2)$$

$$-I_{R2}*40 – 60 + 270 = 0\ (\text{për } L_3)$$

nga L_3 $I_{R2} = 210/40 = 5.25$ A (I)

nga N_2 $I_{S3} – I_{R1} = - 5.25$ (II)

nga L_1+L_2 110 I_L + 30 I_{R1} = -150 (III)

dhe për N_1 $I_{R1} – I_L = 2$ (IV)

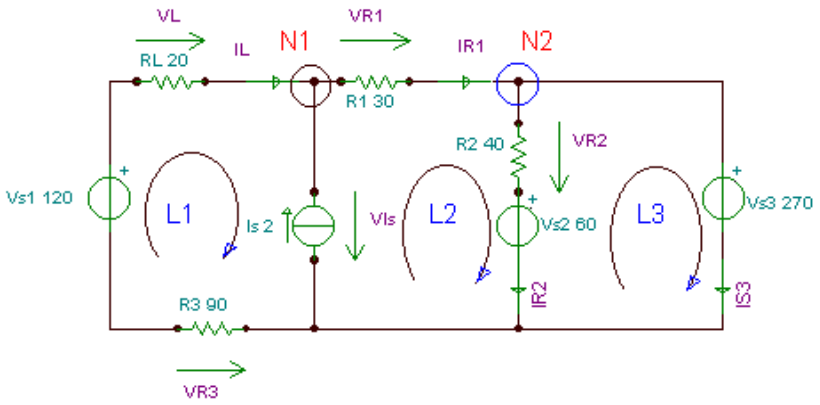
Shumëzojmë (IV) me –30 dhe mbledhim me (III) 140 I_L = -210 Prandaj I_L = - 1.5 A

Zëvendësojmë I_L në (IV) $I_{R1} = 2 + (-1.5) = 0.5$ A

Dhe I_{R1} në (II) $I_{S3} = -5.25 + I_{R1} = -4,75$ A

Dhe tensionet $V_{R1} = I_{R1}*R_1 = 15$ V; $V_{R2} = I_{R2}*R_2 = 210$ V;

$V_{R3} = - I_L*R_3= 135$ V; $V_L = I_L*R_L = - 30$ V; $V_{Is} = V_{S1}+V_{R3}-V_L = 285$ V



KAPITULLI VIII

8. Vetitë e fushës magnetike

Hyrje

Sikurse për dukuritë elektrike edhe për dukuritë magnetike njerëzit deri në vitin 1600 kanë pasur pak njohuri. Deri në atë kohë dinin vetëm për veprimin mekanik, ndërmjet magneteve dhe për një zbatim të kësaj dukurie në praktikë – për ndërtimin e busullave. Pra dinin pak edhe përkundër faktit se forcat magnetike, sikurse edhe ato elektrostatike, janë zbuluar qysh në Greqinë e vjetër. Në të vërtetë qysh atëherë e kanë ditur se copat e një xeherori të hekurit, që quhet magnetik (Fe_2O_3), tërheqin copat e vogla të hekurit. Me gjasë emrat, magnetike, magnetizëm, e të tjera, rrjedhin prej emrit të Magnezisë (Magniza e sotme), qytet në Azinë e Vogël, afër të cilit është nxjerr ky xeheror. Copat e formuara të këtij xeherori quhen **magnete natyrore.** Më vonë njerëzit zbuluan edhe mënyrën e ndërtimit të magneteve artificial. Në të vërtetë, qysh në V. 121. P.e.s. kinezet dinin se kur shufra e hekurit sillet afër magnetit natyror apo në kontakt me të fiton dhe mban edhe vetë veti magnetike, ose siç thuhet magnetizohet. Përveç kësaj, ata dinin se magneti në formë shufre të hollë i varur për pe me pozitë horizontale ndaj Tokës gjithnjë me boshtin e vet zë pozitë që përafërsisht i përgjigjet drejtimit veri – jugor. Ndërtimi i magneteve artificiale në Evropë ka qenë i njohur prej fillimit të shek. XII, kurse janë përdorur për ndërtimin e busullave.

Magnetet natyrorë dhe ata artificial me një emër quhen magnet **permanent**. Magnetet permanent janë objekte të përbërë nga një material që është i magnetizuar dhe që krijon vet fushën e tij magnetike te vazhdueshme. Te magnetet ekzistojnë dy zona në afërsi të të cilave forcat magnetike janë më të theksuara. Këto zona gjenden në skajet e magnetit dhe quhen polet e magnetit. Diku ndërmjet tyre ndodhet e ashtuquajtura zona neutrale, përkatësisht brezi në të cilin magneti nuk tregon kurrfarë vetish magnetike (fig. 8.1).

Pjesa kryesore e busullës (fig. 8.2) është magneti me formë të posaçme, i cili, kur busulla vihet horizontalisht me Tokën, zë pozitë që përafërsisht i përgjigjet drejtimit veri-jug. Për shkak të formës që ka, ky magnet quhet gjilpërë magnetike. Poli që tregon veriun gjeografik të Tokës, quhet **poli verior i magnetit** dhe shënohet me N (North), kurse poli që tregon polin jugor të Tokës, quhet **poli jugor i magnetit** dhe shënohet me S (South).

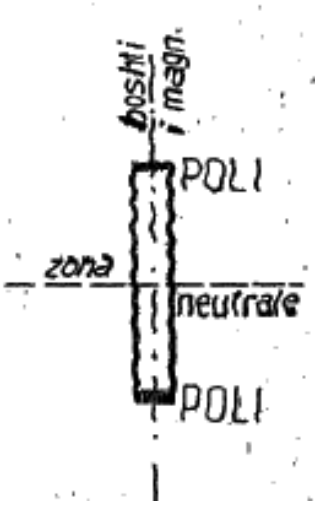


Fig. 8.1. Definimi i zonave në kuadër te magnetit.

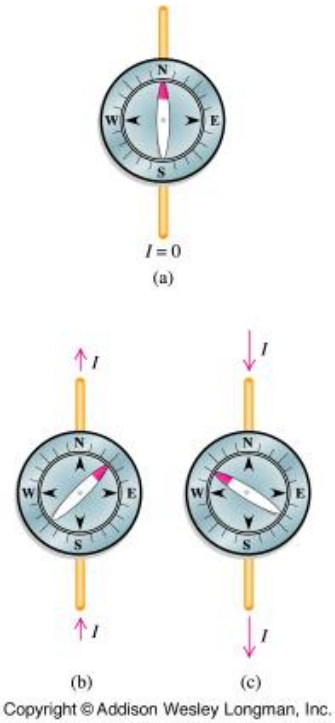


Fig. 8.2. Busullat

Duke eksperimentuar me dy magnete në formë shufre, lehtë konkludojmë se polet me emra të njëjtë dëbohen, kurs ato me emra të ndryshëm tërhiqen (fig. 8.3).

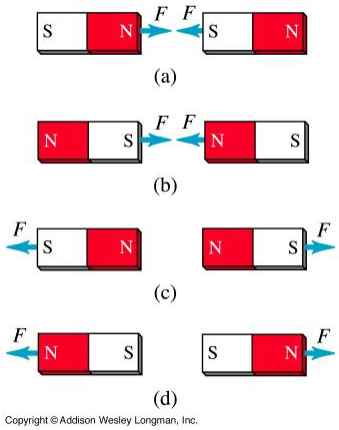


Fig. 8.3. Kahet e veprimi të forcave, varësisht nga polet.

Në bazë të kësaj përfundojmë se në polin verior gjeografik të Tokës ndodhet poli magnetik jugor, kurse në polin gjeografik jugor të Tokës poli magnetik verior i saj (fig. 8.4).

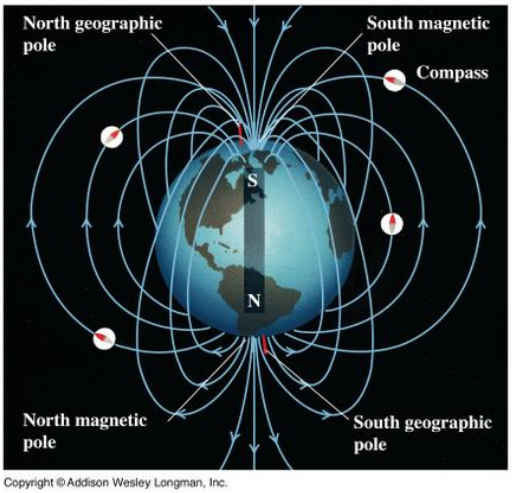


Fig. 8.4. Vendosja e poleve te busullës në sipërfaqen e Tokës.

Po ashtu me eksperimente mund te vërtetohet se nuk është e mundshme të fitohen pole të izoluara magnetike, përkatësisht, ngarkesa magnetike të ngjashme me ngarkesat elektrike pozitive dhe negative. Kështu, me ndarjen e një magneti në dysh gjithnjë fitohen magnete të reja me të dy polet (fig. 8.5).

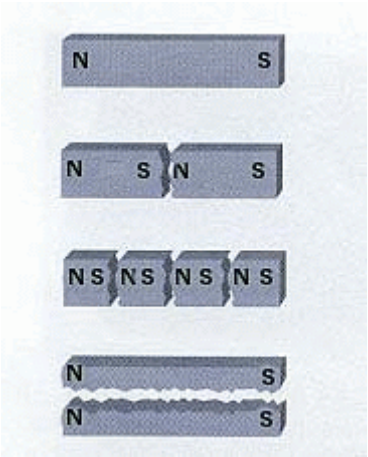


Fig. 8.5. Disa raste te magneteve të copëtuar.

8.1. Fusha magnetike

Fushe magnetike quhet gjendja e posaçme fizike e hapësirës ku manifestohen efektet e saj, prej të cilave dy janë posaçërisht të rëndësishme për elektrotekniken:

- forcat magnetike dhe
- induksioni elektromagnetik.

Në paragrafin paraprak pamë se si veprojnë magnetet ndërmjet veti. Ndërmjetësues i këtij veprimi është fusha magnetike, sikurse fusha elektrike që ishte ndërmjetësues i veprimit ndërmjet elektrizimeve. Pra, sikurse te forcat elektrike, edhe në këtë rast paramendohet se njeri prej magneteve e modifikon hapësirën përreth tij asisoj që nëse një magnet tjetër e vendosim në këtë hapësirë, do te veprojnë forca mekanike. Në këtë rast konsiderohet se magneti i parë nuk vepron prej se largu në magnetin e dytë, por në magnet vepron **fusha magnetike e** krijuar nga magneti i parë, veprim ky i cili është pasojë e proceseve që zhvillohen në këtë fushë. Njëherësh kjo, ndodh edhe në mënyrë të anasjelltë, fusha magnetike e magnetit të dytë vepron në magnetin e parë. Forcat e veprimit të tillë **quhen forca magnetike.**

Përveç përreth magneteve, fusha magnetike ekziston edhe përreth rrymave elektrike, përkatësisht thërrmijave të elektrizuara në lëvizje. Po ashtu, përveç në magnete, fusha magnetike vepron me forca mekanike edhe në përçuesit me rrymë, përkatësisht në thërrmijat e elektrizuara në lëvizje. Forcat e tilla quhen **forca elektromagnetike**. Shpesh edhe këto forca quhen forca magnetike.

Kuptimin e fushës magnetike, si dhe të asaj elektrike, se bashku me vijat e forcave që i karakterizojnë ato, i ka definuar Faradei. Ai e ka paraqitur teorinë e veprimit në largësi, e cila dominonte në atë kohë, meqë sipas tij veprimi reciprok ndërmjet ngarkesave elektrike, përkatësisht *ndërmjet* përçuesve me rrymë dhe magneteve, bartet nëpër hapësirën e pakëputshme, rreth tyre dhe është pasojë e proceseve që ngjajnë në atë hapsirë. Hapësirën ku ngjajnë këto procese ai e quajti **fushë elektrike,** përkatësisht fushë **magnetike.**

Sipas botëkuptimeve të *sotme,, edhe vetitë* magnetike të magneteve janë pasojë e ekzistimit të vazhdueshëm të shtjellave rrymore, përkatësisht rrymave rrethore, në atomet e

magnetit, të cilat quhen rrymat e Amperit. Prandaj, konsiderohet se edhe dukuritë magnetike edhe ato elektrike kanë shkaktarin e njëjtë, thërrmijat e elektrizuara elementare. Dallimi i vetëm është se efektet elektrike paraqiten edhe kur thërrmijat e tilla ndodhen në qetësi, kurse ato magnetike paraqiten vetëm kur thërrmijat e elektrizuara lëvizin. Meqë e kanë shkaktarin e njëjtë, dukuritë elektrike dhe ato magnetike janë ngushtë të lidhura ndërmjet veti, kështu që fusha elektrike dhe magnetike, në të vërtetë, janë komponente të fushës elektromagnetike, e cila ekziston rreth elektrizimeve në lëvizje. Fizika bashkëkohore materialiste fushën elektromagnetike e konsideron formë të ekzistimit të materies (drita, valët elektromagnetike, etj.).

Sikurse ne rastin e fushës elektrike, edhe shqyrtimin e fushës magnetike, si dhe nxjerrjen e madhësive që e përshkruajnë atë, mund ta bëjmë duke u bazuar në efektet e saj themelore. Në këtë dhe dy kapitujt e ardhshëm do to shqyrtojmë fushën magnetike, e cila nuk ndryshon (është konstante) gjatë kohës. Fusha e tillë magnetike quhet fushë magnetike stacionare. Fusha magnetike stacionare ekziston rreth rrymës elektrike stacionare dhe rreth magneteve.

Një parafytyrim për fushim magnetike, p.sh. rreth një magneti, mund të fitojmë nëse gjilpërën magnetike e vëmë prej pike në pikë rreth tij dhe përcjellim forcën magnetike e cila shkakton devijimin e gjilpërës. Pasqyrë më të mirë fitojmë nëse mbi magnet vëmë një copë kartoni apo xhami dhe mbi të shpërndajmë ashkla të imëta hekuri. Në fushën magnetike të magnetit këto ashkla sillen si gjilpëra të vogla magnetike, për ç'arsye orientohen në varg, përkatësisht në vija, të cilat saktësisht tregojnë se si vepron forca magnetike rreth magnetit (fig. 8.6). Me këtë rast duhet t'i bimë nga pak me dorë kartonit apo xhamit, në mënyrë që ashklat të renditën vetëm nën ndikimin e forcës se fushës magnetike, (fig. 8.6). Këto vija, sipas idesë së Faradeit, na japin të dhënat karakteristike të forcës: madhësinë, drejtimin dhe kahun.

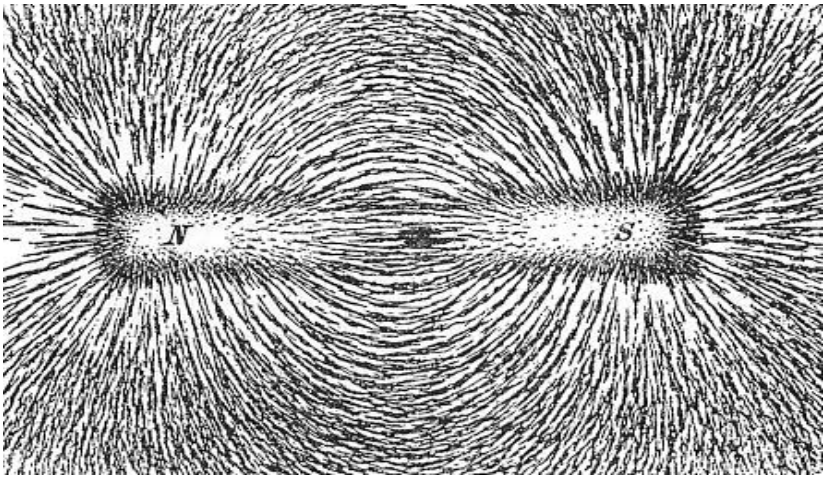


Fig. 8.6. Definimi i vijave të fushës.

Tangjenti në vijën e forcës në një pikë të caktuar na tregon drejtimin e veprimit të forcës, kurse, sipas marrëveshjes, poli **N** i gjilpërës tregon kahun e forcës (fig. 8.7). Ndërkaq, madhësinë e forcës në secilën pikë të fushës në njëfarë mase e tregon dendësia e

vijave të fushës në atë pikë. Duke vështruar vijat e forcës se fushës magnetike, na duket se ato pranë poleve janë më të dendura, pra pikërisht aty ku veprimi i fushës është me i „fortë". Mirëpo, nëse dëshirojmë ta caktojmë forcën edhe kuantitativisht, e me të edhe fortësinë e fushës, këtë nuk mund ta bëjmë në bazë të dendësisë së vijave, për arsye se numri i përgjithshëm i vijave mund të jetë sado me i madh apo më i vogël, varësisht prej imtësisë se ashklave. Kësisoj, ndërmjet vijave të fituara mund të vizatohen edhe vija të tjera, siç janë vizatuar vijat e ndërprera në fig. 8.7. Në fakt, nëpër secilën pikë të hapësirës kalon nga një vijë dhe ne nuk mund t'i vizatojmë të gjitha për shkak të numrit pakufi të madh të tyre. Sa vija do t'i vizatojmë varet nga marrëveshja. Sado që të jetë numri i përgjithshëm i vijave, në bazë të tyre fitohet pasqyrë e mirë për ndryshimin e fortësisë së fushës në pikat rreth magnetit, por, siç thamë, vetëm në krahasim me ndonjë vend referent, p.sh. në krahasim me polin e magnetit. Siç po shihet, në figurën 8.7, sado që të jetë numri i vijave, numri i tyre nëpër sipërfaqen S në vendin (1) është dy herë më e madh se në vendin (2).

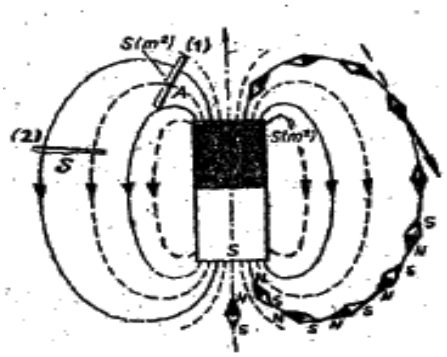


Fig. 8.7. Vijat e fushës magnetike

Në figurën 8.8 janë vizatuar vijat e forcës se fushës magnetike të një magneti në formë të shkronjës U, të fituara po ashtu me ndihmën e gjilpërës magnetike *dhe ash*klave të hekurit. Ndërkaq, në figurën 8.9 magneti ka formë të modifikuar të shkronjës U.

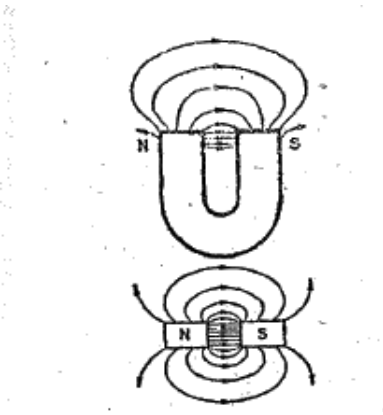


Fig. 8.8. Fusha magnetike e një magneti në formë te shkronjës U.

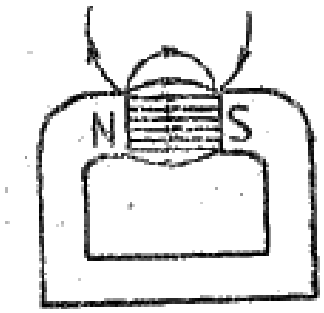


Fig. 8.9. Fusha magnetike e një magneti në formë te shkronjës U, te modifikuar.

8.2. Induksioni magnetik

Pamë se me ndihmën e një eksperimenti mjaftë të thjeshtë mund të fitojmë pasqyrë të mirë për fushën magnetike, p.sh. rreth një magneti. Mirëpo, përderisa fushën elektrike mund ta caktojmë edhe kuantitativisht me ndihmën e elektrizimit provues, për fushën magnetike këtë mund ta bëjmë me ndihmën e gjilpërës magnetike apo të ashklave të hekurit.

Meqenëse, fusha magnetike vepron edhe në përçuesit me rrymë, si sistem provues mund të përdorim një përçues të tillë. Siç po shihet, në fig. 8.10 në përçues vepron fusha magnetike e një magneti permanent, të cilën dëshirojmë ta përcaktojmë edhe kuantitativisht. Përçuesi është vendosur normal mbi vijat e fushës. Me eksperimentim konstatojmë se forca elektromagnetike në përçues ka kahun dhe drejtimin si në figurë, pra normal me boshtin e përçuesit dhe me vijat e fushës. Pa forca është, proporcional me intensitetin e rrymës nëpër përçues, **I**, dhe me gjatësinë e përçuesit, ***l***. Kështu kemi:

$$F = B * I * l$$

ku B është koeficienti i proporcionalitetit. Cilido prej madhësive I dhe l që ta ndryshojmë, herësi:

$$B = \frac{F}{Il}$$

mbetet konstant. Nëse me të njëjtin përçues eksperimentin e bëjmë në ndonjë magnet tjetër, atëherë do të konstatojmë se për rrymë të njëjtë ***I***, në rastin e magneteve të ndryshme fitohen forca të ndryshme përkatëse, pra edhe herës të ndryshëm, karakteristike për secilin magnet. Për ketë, arsye madhësia B mund to merret si karakteristikë e përshtatshme kuantitative e fushës magnetike të ndonjë magneti, pra edhe fusha magnetike në përgjithësi. Madhësia B, e caktuar me herësin, quhet **induksion magnetik**. Disa e quajnë edhe fortësia e fushës magnetike, siç, e quajtëm edhe ne deri tash.

Mirëpo, shprehja

$$F = B * I * l$$

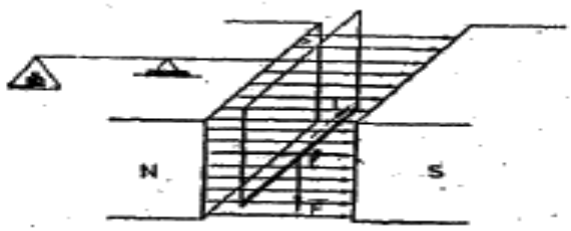
vlen vetëm në rastin kur përçuesi është normal me vijat e fushës. Nëse ai mbyll këndin α me vijat e fushës, atëherë forca elektromagnetike në përçues prapë do të ketë drejtimin normal mbi boshtin e përçuesit dhe me vijat e fushës. Kështu që kemi:

$$F = BIl\, sin\alpha$$

ku α është këndi nderimet boshtit të përçuesit dhe të vijave të fushës (fig. 10.10). Duke u nisur nga shprehja $F = BIl\, sin\alpha$ dhe fig. 8.11, konkludojmë se kahu i vektorit F mund te caktohet me rregullën e caktimit të kahut të prodhimit vektorial të dy vektorëve, prej të cilëve i pari do të ishte vektori i gjatësisë së përçuesit ***l***, kurse i dyti një vektor që do të kishte drejtimin dhe kahun e vijave të fushës, kurse intensitetin e barabartë me B. Pra induksioni magnetik është madhësi vektoriale dhe quhet vektor i induksionit magnetik. Prej nga mund te shkruhet:

$$\vec{F} = \vec{Il}\, x\, \vec{B}$$

Vektori i induksionit magnetik është vektori i parë dhe themelor me ndihmën e të cilit përshkruhet fusha magnetike.



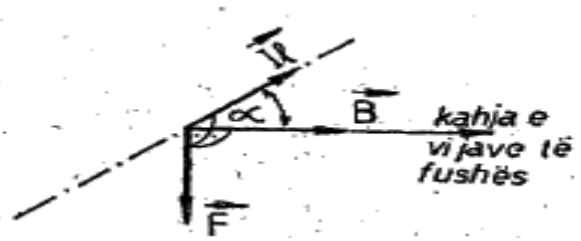


Fig. 8.10. Veprimi i fushës magnetike. Fig. 8.11. Orientimi i vektorëve të fushës magnetike.

8.3. Fluksi magnetik dhe densiteti i fluksit

Gjatë zgjidhjes se problemeve elektroteknike shpeshherë do të nevojitet të vërejmë sipërfaqe të ndryshme, të cilat vendosen në fushën magnetike. Numri i vijave të fushës magnetike që depërton nëpër ato sipërfaqe varet s**i** nga induksioni magnetik, ashtu edhe nga madhësia e sipërfaqes dhe nga pozita e saj ndaj vijave të fushës. Për të shprehur ketë kuantitativisht, përkufizohet madhësia qe quhet fluks magnetik dhe shënohet me Φ (Fi). Kur sipërfaqja është e rrafshet dhe normale mbi vijat e fushës magnetike homogjene, fluksi magnetik përkufizohet me shprehjen:

$$\phi = B * A$$

Ku A është sipërfaqja e dhënë normal me vijat e induksionit magnetik, B (Fig. 8.12).

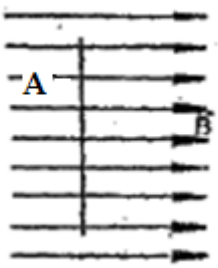


Fig. 8.12. Vendosja e një sipërfaqeje në fushën homogjene.

Njësia e fluksit magnetik është weber (**veberi**), Wb.

Veberi është fluksi magnetik prej1Wb që ekziston nëpër sipërfaqen e rrafshet prej 1 m^2, normal me vijat e fushës magnetike homogjene me induksionin magnetik 1 T.
Nëse sipërfaqja e rrafshet nuk është normal me vijat e vektorit të induksionit magnetik, B, (fig. 8.13), atëherë, siç po shihet, numri i vijave të vektorit B, që kalojnë nëpër A, është me i vogël se në rastin paraprak. Tash ky numër është i barabarte me numrin e vijave që kalojnë nëpër sipërfaqen e rrafshet A', e cila është projeksioni i sipërfaqes A në rrafshin normal mbi vijat e fushës magnetike. Në këtë rast shprehja e më sipërme do te ketë formën:

$$\phi = B * A' = B * A * \cos\alpha$$

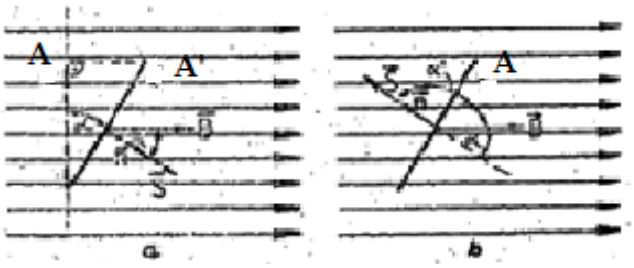


Fig. 8.13. Rasti kur sipërfaqja nuk është funksional.

Shembull: Nëse janë dhënë këta parametra B=1T, A= 10 cm^2, $\alpha=60^0$. Te gjendet fluksi magneti?

$$\phi = B * A * \cos\alpha = 1 * 10 * 10^{-4} \cos 60^0 = 10^{-3}\frac{1}{2} = 0.5\, mWb$$

Nëse $\alpha=90^{0,}$ atëherë

$$\phi = B * A * \cos\alpha = 1 * 10 * 10^{-4} \cos 90^0 = 10^{-3} * 0 = 0$$

Densiteti magnetik i fluksi është sasia e fluksit që kalon përmes një zone të përcaktuar që ndodhet pingul me drejtimin e fluksit:

$$Densiteti\ i\ fluksit\ magnet = \frac{fluksi\ magnetik}{sipërfaqja}$$

Simboli për densitetin e fluksit magnetik është B. Njësia e densitetit të fluksit magnetik është **Tesla**, T, ku 1T = 1 Wb/m^2. Kështu

$$B = \frac{\Phi}{A} \text{tesla}$$

Ku A (m^2) është sipëfaqja.

Shembull:

Një faqe e polit të magnetit ka një seksion drejtkëndor që ka dimensione 200 mm me 100mm. Nëse fluksi i përgjithshëm që del nga poli është 150μWb, të llogaritet dendësia e fluksit.

Zgjidhje

Fluksi është:

Φ= 150μWb = 150×10^{-6} Wb

Hapësira tërthore e sipërfaqes është: A=200×100 = 20000mm^2 = 20000×10^{-6}m^2

Densiteti i fluksit është:

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{150x10^{-6}}{20000x10^{-6}} = 0.0075\ T\ ose\ 7.5\ mT$$

8.4. Forca magnetomotive dhe fortësia e fushës magnetike

Forca magnetomotive (mmf) është shkaku i ekzistencës së një fluksi magnetikë në një qark magnetike,

mmf, ***Fm* = *NI*** Amper

ku **N** është numri i përçuesve (ose e kthesave), dhe **I** është rryma në Amper. Njësia e ***Fm*** është shprehur nganjëherë si 'amper-kthesa'. Megjithatë meqë 'kthesat' nuk kanë dimensione, njësia **SI** e ***Fm*** është Amperi. Forca e fushës magnetike është (ose forca magnetizimit),

H* = *NI* / *l amper për metër

ku ***l*** është gjatësia mesatare e rrugës së fluksit në metra.

Kështu ***Fm*** = NI = H*l* Amper.

Shembull. Një forcë magnetizuese prej 8000A / m është aplikuar në një qark te mbyllur magnetik me diametër mesatarë prej 30cm, duke kaluar një rrymë nëpër një bobinë dredhuese

në qark. Nëse bobina është me dredha uniforme rreth qarkut dhe ka 750 dredha, gjeni rrymën në bobinë.

$H = 8000$ A/m; $l = \pi d = \pi \times 30 \times 10^{-2}$ m; $N = 750$ turns

Since $H = \frac{NI}{l}$ then, $I = \frac{Hl}{N} = \frac{8000 \times \pi \times 30 \times 10^{-2}}{750}$

Thus, **current $I = 10.05$ A**