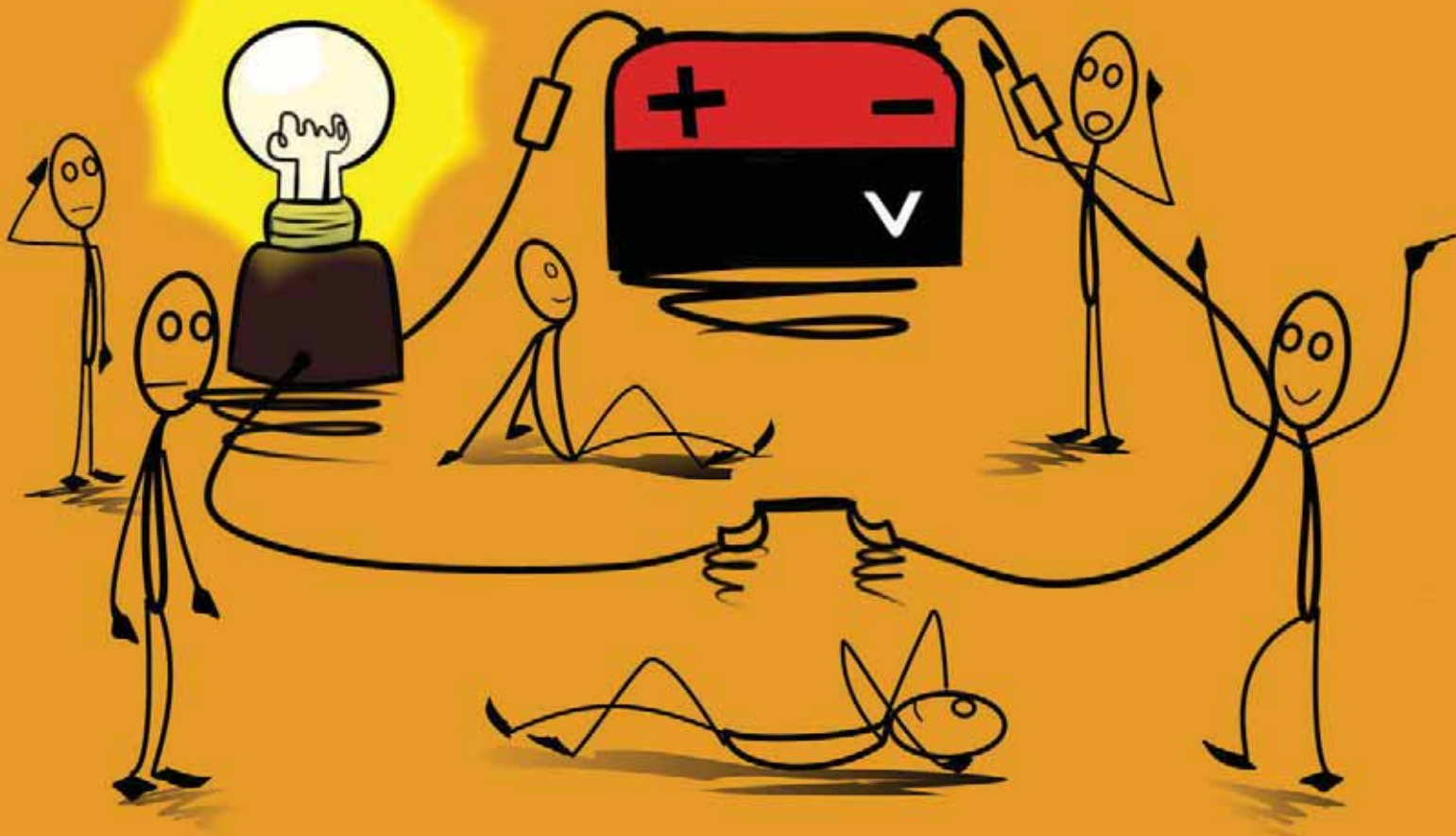


*Jasna Domazetovska  
Svetlana Nikolovska*

# *Elektroteknika*

*Drejtimi elektroteknik - viti I*



Jasna Domazetovska  
Svetlana Nikolovska

# **ELEKTROTEKNIKA**

VITI I

Shkup  
2022

**Autorë:**

Jasna Domazetovska, elektro-inxhinier i diplomuar  
Svetlana Nikolovska, elektro-inxhinier i diplomuar

**Recensentë:**

Prof. dr. Aleksandar Risteski, elektro-inxhinier i diplomuar, Fakulteti i Elektroteknikës dhe teknologjive informatike – Shkup  
Katerina Malova Mladenovska, elektro-inxhinier i diplomuar, ShMPK "Vlado Tasevski" - Shkup  
Gordana Muleva, elektro-inxhinier i diplomuar, ShMPK "Kale Nedelkovski" - Veles

**Titulli i botimit origjinal:**

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА  
Електротехничка струка I година

**Botues:**

Ministria për Arsim dhe Shkencë e Republikës së Maqedonisë së Veriut  
Rr. "Shën Kirili dhe Metodi", nr. 54, 1000 Shkup

**Përktheu nga gjuha maqedone:**

Kujtim Ramadani

**Lektor:**

Kujtim Ramadani

**Redaktor profesional i botimit në gjuhën shqipe:**

Sara Memedi

**Radhitja kompjuterike:**

Arbëria Design (Gavrilo Angeloski)

**Përpunimi kompjuterik dhe dizajni i kopertinës:**

Kaja Domazetovska

**Vendi dhe viti i botimit:**

Shkup, 2022

Me vendim të Komisionit nacional për tekste shkollore për arsimin fillor dhe të mesëm në Ministrinë e Arsimit dhe Shkencës të Republikës së Maqedonisë së Veriut, me nr. prot. 26-501/1 nga 02.07.2021, miratohet përdorimi i këtij teksti shkollor.

CIP - Katalogizacija vo publikacija

Nacionalna i univerzitetaska biblioteka "Св. Климент Охридски", Скопје

621.3(075.3)

DOMAZETOVSKA, Jasna

Elektrotehnika [Електронски извор] : viti I : drejtimi elektrotehnik / Jasna Domazetovska, Svetlana Nikolovska ; përktheu nga gjuha maqedone: Kujtim Ramadani. - Текст во ПДФ формат, содржи 187 стр., илустр. - Shkup : Ministria për Arsim dhe Shkencë e Republikës së Maqedonisë së Veriut, 2022

Начин на пристапување (URL):

[https://www.e-ucebnici.mon.gov.mk/pdf/Elektrotehnika\\_1\\_albanski.pdf](https://www.e-ucebnici.mon.gov.mk/pdf/Elektrotehnika_1_albanski.pdf). -

Наслов преземен од екран. - Опис на изворот на ден 18.08.2022. - Превод на делото: Електротехника 1

ISBN 978-608-273-083-7

1. Nikolovska, Svetlana [автор]

а) Електротехника -- Учебници, средношколски

COBISS.MK-ID 57998085

## PARATHËNIE

Ky tekst mësimor është përgatitur sipas planit mësimor të miratuar nga Ministria e arsimit dhe shkencës, i destinuar për nxënësit e vitit të parë të drejtimit të elektroteknikës, për nxënësit e arsimit të mesëm profesional me kohëzgjatje katërvjeçare. Vlera e kredive të kësaj kurrikule është 9 kredi.

Është menduar për 3 orë mësim teorik dhe 1 orë mësim praktik (ushtrime) në javë. Prandaj, libri është i ndarë në dy tërësi. Tërësia e parë është për 3 orët teorike në javë (108 orë në vit) dhe është konceptuar në 4 module (fusha të elektroteknikës). Pjesa e dytë parashikon që çdo ushtrim të realizohet në dy orë, me çka përfshihen të gjitha përmbajtjet e kurrikulës. Përpara çdo ushtrimi jepen udhëzime lidhur me realizimin e tij. Për çdo ushtrim ofrohet një elaborat (dokumentacion tekniko-teknologjik), në të cilin nxënësi i regjistron rezultatet e eksperimentimit, matjeve dhe shpreh vëzhgimet dhe përfundimet e veta. Në shtojcë janë dhënë fotografi dhe materiale të tjera shtesë për studentët që duan të mësojnë më shumë.

Terminologjia, shenjat e madhësive janë të harmonizuara me Fakultetin e Elektroteknikës dhe Teknologjive Informatike (FEIT Shkup). Të gjitha njësitë matëse janë dhënë sipas Sistemit Ndërkombëtar Si (MKS).

Autorët u përpoqën ta ofrojnë dhe shpjegojnë elektroteknikën në një mënyrë të thjeshtë, më të qasshme dhe praktike, me shpjegime nga fizika. Modeli matematikor i përdorur në këtë tekst shkollor përdoret për të mbështetur dukuritë e shprehura dhe për t'i përshkruar ato në mënyrë sasiore. Teksti shkollor përmban më shumë se 170 detyra, të cilat jepen në fund të leksioneve dhe vlera e peshës së tyre shkon gjithmonë nga e thjeshta në më komplekse (për këto detyra ndonjëherë jepen edhe shembuj të zgjidhur për të shërbyer si udhërrëfyes në zgjidhjen e detyrave tjera). Detyrat për të cilat nuk janë dhënë zgjidhjet, janë të destinuara për nxënës posaçërisht të talentuar, në mënyrë që t'i zgjerojnë horizontet e tyre dhe t'i inkurajojnë ata të mendojnë në mënyrë më komplekse dhe më ndryshe.

Autorët falënderojnë recensentët, vërejtjet dhe sugjerimet e të cilëve kanë përmirësuar cilësinë e këtij teksti shkollor. Falënderojmë edhe bashkëpunëtorët tanë: Slobodan Tanevski, Aneta Mihajlovska dhe Simona Petrusevska, për idetë, udhëzimet dhe sakrificën e tyre në mënyrë që të kemi një tekst sa më të qasshëm dhe më të mirë shkollor.

Janë të mundshme disa lëshime, të cilat jemi përpjekur t'i minimizojmë dhe me mirënjohje do t'i pranojmë të gjitha vërejtjet qëllimmira që çojnë në eliminimin e mangësive të mundshme.

Autorët

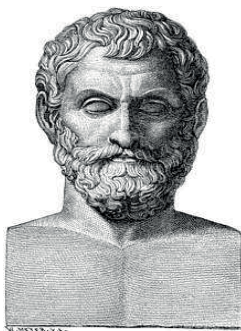
Qëllimet e kurrikulës së Elektroteknikës janë që studentët të fitojnë njohuri, aftësi dhe kompetenca për:

- Të dalluar madhësitë elektrike dhe jo-elektrike;
- Të zbatuar elementet themelore në qarqet elektrike;
- Të zbatuar ligjet themelore në elektroteknikë;
- Të zgjidhur dhe punuar me qarqet elektrike me rrymë direkte dhe alternative;
- Të prezantuar njohuritë për fushën magnetike dhe induksionin elektromagnetik;
- Të matur madhësitë themelore elektrike;
- Të përdorur masa mbrojtëse në punë;
- Të përdorur dokumentacionin tekniko-teknologjik;
- Të përdorur njohuritë teorike në zbatim praktik.

## ELEKTROTEKNIKA GJATË HISTORISË

Si rezultat i studimit të elektricitetit u shfaq dhe u zhvillua dega shkencore e **elektrostatikës**. Dukuritë që lidhen me elektricitetin dhe veprimet e tij studiohen dhe zhvillohen në baza ditore dhe përdoren në zbatim praktik.

Në kohën para erës sonë janë vërejtur disa dukuri elektrike nga filozofët-shkencëtarët e asaj kohe, natyrisht, pa ditur dhe mundur të shpjegojnë fenomenin. Talesi kishte vërejtur se duke fërkuar qelibarin me një leckë, ai fitonte veti për të tërhequr disa objekte të vogla.

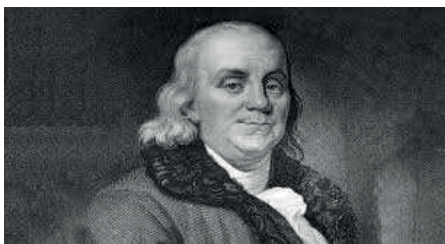


*Talesi, filozof-shkencëtar, ishte njëri nga "shtatë të urtët" e antikës.*

Emri grek për qelibarin është 'elektron' nga ku edhe e ka marrë emrin shkenca e **ELEKTROTEKNIKËS**.

Interpretimet e para për elektricitetin janë se ai është gaz, ose lëng pa peshë, i ashtuquajtur fluid. Gazi ndodhet në hapësirën rreth objektit të studiuar (të elektrizuar) dhe dukuritë me të cilat ai manifestohet veprojnë në hapësirën e mbushur me atë gaz, respektivisht fluid. Mendohej se rreth një trupi kishte dy lloje fluidësh me intensitet të barabartë. Kur trupi nuk

është i elektrizuar, fluidet janë të barabarta dhe nuk ndihet ndikimi i tyre, ndërsa nëse njëri prej fluideve zvogëlohet, respektivisht veprimi i lëngut tjetër është dominues, bëhet fjalë për trup të elektrizuar. Në këtë mënyrë, pa qenë të vetëdijshëm për strukturën e atomit dhe vetitë e tij, filozofët-shkencëtarë shpjeguan elektricitetin pozitiv dhe negativ.



*Benxhamin Frenklin ka qenë përfaqësues i teorisë së fluidit rreth trupave të elektrizuar; është shpikës i rrufepritisit.*

Grekët e lashtë dinin për magnetizmin natyror, dhe rrjedhimisht për disa veti magnetike të cilat, sipas njohurive moderne, janë pasojë e elektricitetit.

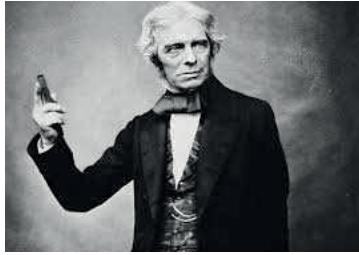
Zhvillimi i këtyre degëve ndodhi në shekullin XIX, si dhe klasifikimi i tyre si pjesë të fizikës. Zbulimet, si dhe ndërlidhja e tyre, janë bashkuar në një tërësi të quajtur ELEKTROTEKNIKA. Shkencëtarët që kanë pasur ndikim më të madh janë:



*Andre Mari Amper, themelues i elektrodinamikës, ka vendosur themelet e magnetizmit.*



*Xhemjs Klark Maksuell, i ka bashkuar fushat elektrike dhe magnetike në një, si valë që lëvizin me shpejtësinë e dritës; ai e ka shfaqur fotografinë e parë me ngjyra.*



*Majkëll Faradej, ka studiuar shfaqjen e fushës magnetike rreth përçuesit përmes të cilit rrjedh rryma elektrike. Llogaritet si njëri prej shkencëtarëve më të mirë eksperimental dhe e ka shpikur benzinën.*



*Hajnrih Rudolf Herc, ka provuar ekzistencën e valëve elektromagnetike dhe e ka përcaktuar shpejtësinë e tyre, e cila është e barabartë me shpejtësinë e dritës. Ka pasur sens për gjuhë, andaj edhe i ka studiuar gjuhën arabe dhe sanskrite.*



*Nikola Tesla ka studiuar rrymën alternative, si dhe radio-transmetimin. Ka qenë ekologjist, prandaj edhe i ka studiuar burimet ripërtëritëse të energjisë.*

## PËRMBAJTJA

1. ELEKTROSTATIKA .....	11
1.1 NDËRTIMI I MATERIES.....	11
ELEKTRICITETI, VETITË ELEKTRIKE TË TRUPAVE TË ELEKTRIZUAR .....	12
SASIA E ELEKTRICITETIT .....	13
1.2 LIGJI I KULONIT .....	14
MADHËSITË SKALARE DHE VEKTORIALE DHE PARASHTESAT .....	14
FORCA ELEKTROSTATIKE – LIGJI I KULONIT .....	15
1.3 FUSHA ELEKTROSTATIKE DHE KONSTANTA DIELEKTRIKE .....	21
FUSHA ELEKTROSTATIKE DHE VETITË E SAJ.....	21
FUSHA ELEKTROSTATIKE NGA PLLAKA E MADHE E RRAFSHËT .....	25
KONSTANTA RELATIVE DHE ABSOLUTE DIELEKTRIKE.....	27
1.4 POTENCIALI, TENSIONI DHE ENERGJIA ELEKTRIKE .....	29
POTENCIALI ELEKTRIK .....	29
TENSIONI ELEKTRIK .....	31
SIPËRFAQET EKUIPOTENCIALE .....	32
ENERGJIA E FUSHËS ELEKTROSTATIKE .....	33
1.5 KONDENSATORI .....	33
KONDENSATORI ELEKTRIK .....	33
KAPACITETI I KONDENSATORIT .....	34
LLOJET E KONDENSATORËVE .....	36
KONDENSATORËT E LIDHUR NË MËNYRË PARALELE .....	37
KONDENSATORËT E LIDHUR NË MËNYRË SERIKE .....	38
KONDENSATORËT E LIDHUR NË MËNYRË TË KOMBINUAR .....	39
2. RRYMAT E VAZHDUESHME .....	43
2.1 NOCIONET THEMELORE, KARAKTERISTIKAT DHE LIGJET E RRYMAVE TË VAZHDUESHME .....	43
FORCA E RRYMËS SË VAZHDUESHME.....	43
BURIMI I ENERGJISË ELEKTRIKE .....	43
QARKU I MBYLLUR ELEKTRIK DHE ELEMENTET E TIJ.....	44
LIGJI I OMIT.....	46
2.2 LIDHJA E REZISTORËVE .....	46
REZISTORËT E LIDHUR NË MËNYRË SERIKE.....	47
REZISTORËT E LIDHUR NË MËNYRË PARALELE .....	49
REZISTORËT E LIDHUR NË MËNYRË TË KOMBINUAR .....	51
2.3 QARKU I THJESHTË ELEKTRIK ME RRYMË TË VAZHDUESHME .....	53
LLOGARITJA E RRYMËS ELEKTRIKE NË QARK TË THJESHTË .....	53

LLOGARITJA E TENSIONIT ELEKTRIK NDËRMJET DY PIKAVE NË QARKUN E THJESHTË ELEKTRIK .....	54
LIGJI I XHULIT.....	56
2.4 ZGJIDHJA E QARKUT TË PËRBËRË ELEKTRIK ME RRYMË TË VAZHDUAR, ME ZBATIMIN E LIGJEVE TË KIRHOFIT .....	58
QARKU I PËRBËRË ELEKTRIK .....	58
LIGJI I PARË I KIRHOFIT .....	59
LIGJI I DYTË I KIRHOFIT .....	60
ZBATIMI I LIGJEVE TË KIRHOFIT NË ZGJIDHJEN E QARQEVE TË PËRBËRA ELEKTRIKE .....	61
2.5 ZGJIDHJA E QARQEVE TË PËRBËRA ELEKTRIKE ME RRYMË TË VAZHDUESHME .....	64
GJENERATORËT E LIDHUR NË MËNYRË SERIKE .....	64
GJENERATORËT E LIDHUR NË MËNYRË PARALELE .....	65
NDARËSI I RRYMËS.....	66
2.6 METODA E MBIVENDOSJES (SUPERPOZICIONIT).....	67
2.7 TEOREMA E TEVENENIT .....	69
3. NDIKIMET MAGNETIKE.....	73
3.1 INDUKSIONI MAGNETIK, PERMEABILITETI DHE ELEKTROMAGNETI.....	73
VEKTORI I INDUKSIONIT MAGNETIK NË AFËRSI TË NJË PËRÇUESI TË HOLLË E TË DREJTË NËPËR TË CILIN RRJEDH RRYMË .....	73
VEKTORI I INDUKSIONIT MAGNETIK NGA SPIRALJA NËPËR TË CILËN RRJEDH RRYMË.....	75
PERMEABILITETI MAGNETIK,PERMEABILITETI RELATIV MAGNETIK.....	76
3.2 LIDHSHMËRIA NDËRMJET MADHËSIVE ELEKTRIKE DHE MAGNETIKE .....	78
FLUKSI MAGNETIK.....	78
FORCA E FUSHËS MAGNETIKE.....	80
FORCA ELEKTROMAGNETIKE.....	81
3.3 FORCA E INDUKTUAR ELEKTROMOTORE DHE INDUKSIONI .....	83
FORCA E INDUKTUAR ELEKTROMOTORE .....	83
LIGJI I LENCIT .....	83
FORCA E INDUKTUAR STATIKE ELEKTROMOTORE.....	84
FORCA E INDUKTUAR DINAMIKE ELEKTROMOTORE.....	84
FORCA E INDUKTUAR ELEKTROMOTORE E VETË-INDUKSIONIT DHE INDUKSIONIT RECIPROK.....	85
3.4 INDUKSIONI DHE ENERGJIA .....	86
KOEFCIENTI I VETË-INDUKSIONIT .....	86
KOEFCIENTI I INDUKSIONIT RECIPROK.....	87
3.5 ENERGJIA ELEKTROMAGNETIKE.....	89
4. RRYMAT E NDRYSHUESHME .....	91
4.1 MADHËSITË E NDRYSHUESHME, KARAKTERISTIKAT E TYRE DHE FAZORËT .....	91
VLERA MOMENTALE E MADHËSISË SË NDRYSHUESHME .....	91

KARAKTERISTIKAT E MADHËSIVE TË NDRYSHUESHME.....	92
VLERA EFEKTIVE.....	95
FAZORËT DHE DALLIMET FAZORE.....	97
4.2. REZISTENCA (E OMIT) NË QARK ME RRYMË TË NDRYSHUESHME (ALTERNATIV).....	100
FUQIA AKTIVE.....	101
4.3. SPIRALJA IDEALE NË QARK ME RRYMË TË NDRYSHUESHME (ALTERNATIV).....	103
FUQIA REAKTIVE E SPIRALES.....	104
4.4. KONDENSATORI IDEAL NË QARK ME RRYMË TË NDRYSHUAR (ALTERNUAR).....	106
FUQIA REAKTIVE E KONDENSATORIT.....	107
4.5 LIDHJA SERIKE E REZISTORIT, SPIRALES DHE KONDENSATORIT.....	108
LIDHJA SERIKE E REZISTORIT DHE SPIRALES.....	108
LIDHJA SERIKE E REZISTORIT DHE KONDENSATORIT.....	111
LIDHJA SERIKE E REZISTORIT, SPIRALES DHE KONDENSATORIT.....	113
4.6 LIDHJA PARALELE E REZISTORIT, SPIRALES DHE KONDENSATORIT.....	115
LIDHJA PARALELE E REZISTORIT DHE SPIRALES.....	115
LIDHJA PARALELE E REZISTORIT DHE KONDENSATORIT.....	118
LIDHJA PARALELE E REZISTORIT, SPIRALES DHE KONDENSATORIT.....	120
KORRIGJIMI I FAKTORIT TË FUQISË.....	121
Literatura e shfrytëzuar.....	123
Tabela e madhësive elektrike, simbolet e tyre dhe njësitë themelore matëse.....	124



# 1. ELEKTROSTATIKA

## 1.1 NDËRTIMI I MATERIES

Siç u përmend më herët, njohuritë e para për elektricitetin lidheshin me shfaqjen e një lloji fluidi, respektivisht dy fluidëve të njëjtë rreth një trupi. Kjo njohuri më vonë mori shpjegimin e vet shkencor, i cili është rezultat i njohjes së strukturës së atomit, gjegjësisht ekzistencës së dy llojeve të elektricitetit, atij pozitiv dhe negativ.

Çdo element ose përbërje në natyrë përbëhet nga një atom ose atome të grupuara në molekula. Atomi konsiderohet të jetë elementi bazë nga i cili përbëhet materia. Filozofi-shkencëtari Demokriti besonte se çdo materie mund të ndahet në pjesë të vogla, ato pjesë në pjesë më të vogla dhe se procesi vazhdon derisa të arrihet pjesa më e vogël e pandashme e cila është e pashkatërrueshme dhe e pandryshueshme. Për shkak se ajo pjesë është e pandashme më tej, ka marrë emrin atom. Kuptimi i fjalës atom është nga fjala greke 'atomos', që do të thotë i pandashëm.

Atomi ka një strukturë, të cilën e shpjegoi Nilson Bori. Modeli atomik i Borit ua përkujtonte shumë njerëzve të ditur sistemin diellor dhe për këtë arsye ky model quhet **modeli planetar i atomit**.

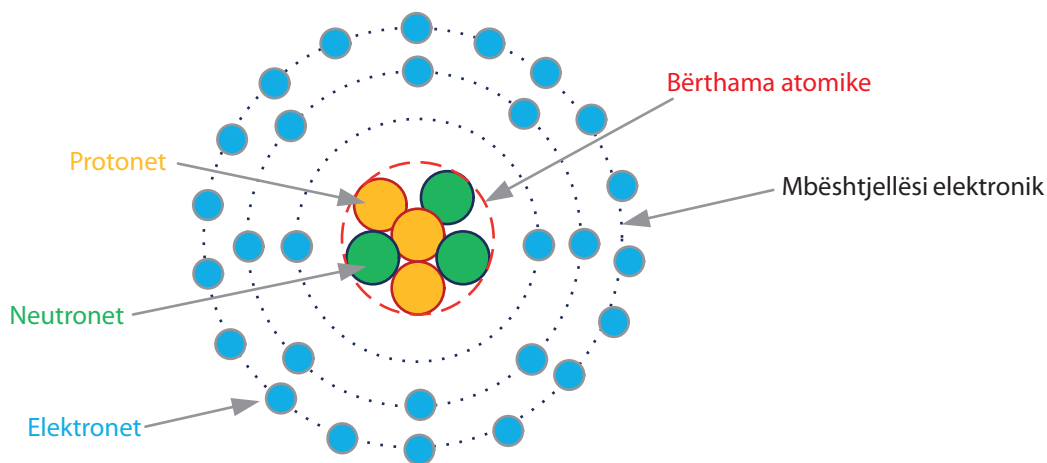


Figura 1.1. Modeli atomik i Borit (modeli planetar)

Atomi përbëhet prej dy pjesësh:

- Bërthama atomike
- Mbështjellësi elektronik

Bërthama atomike ndodhet në qendër të sistemit diellor, në vendin e yllit tonë, Diellit, ndërsa mbështjellësi elektronik janë shtigjet nëpër të cilat planetët e sistemit tonë rrotullohen rreth Diellit.

Në bërthamën atomike ndodhen dy grimcat elementare, protonet dhe neutronet, të quajtura së bashku nukleone. Forcat që i mbajnë nukleonet në bërthamë quhen forca bërthamore. Grimca e tretë elementare janë elektronet dhe ato shpërndahen në mbështjellësin elektronik. Shtigjet që i përshkojnë elektronet quhen orbita.

Karakteristikat themelore të grimcave elementare:

- ▶ Në raport me masën
  - Protonet dhe neutronet kanë pothuajse të njëjtën masë
  - Masa e protonit është  $1,672 \cdot 10^{-27}\text{kg}$
  - Masa e neutronit është  $1,674 \cdot 10^{-27}\text{kg}$
  - Masa e elektronit është pothuajse 2000 herë më e vogël se masa e nukleoneve; më saktë, masa është 1840 herë më e vogël dhe arrin në  $0,0009107 \cdot 10^{-27}\text{kg}$
  - Pothuajse e tërë masa e një atomi përcaktohet nga numri i protoneve dhe neutroneve në bërthamën atomike
- ▶ Në raport me elektrizimin e grimcave elementare
  - Neutroni nuk është i elektrizuar, ai është neutral
  - Protoni është i elektrizuar, pozitivisht
  - Elektroni është i elektrizuar, negativisht
  - Numri i elektroneve dhe protoneve në një atom është i njëjtë, prandaj atomi nuk është i elektrizuar, respektivisht është neutral.

Planetët në sistemin diellor lëvizin nëpër shtigjet e tyre, por në të njëjtën kohë rrotullohen rreth boshteve të tyre. Elektronet e kanë të njëjtën veti, pra çdo elektron lëviz në orbitën e tij rreth bërthamës atomike, dhe në të njëjtën kohë rrotullohet rreth boshtit të tij. Ky rrotullim quhet spin (rrotullim) i elektronit.

Mbështjellësi elektronik nuk është i mbushur në mënyrë të barabartë me orbitat elektronike, por ato ndahen në grupe. Grupi i parë (i vendosur më afër bërthamës atomike) përfshin 2 orbita. Grupi i dytë ka 8 orbita, i treti 18, etj. Grupet plotësohen gjithmonë sipas radhës, nga i pari tek i dyti, pa kapërcyer ndonjë grup. Grupi i fundit i mbushur, respektivisht elektronet në këtë grup quhen **elektrone valente**. Numri i elektroneve valente përcakton vetitë elektrike të materialeve dhe në këtë mënyrë, materialet në elektroteknikë ndahen në tre grupe të mëdha: përçuesit, gjysmëpërçuesit dhe izolatorët.

## ELEKTRICITETI, VETITË ELEKTRIKE TË TRUPAVE TË ELEKTRIZUAR

Elektronet janë bartës të elektricitetit negativ ndërsa protonet janë bartës të elektricitetit pozitiv. Sasia e elektricitetit që përmban një grimcë elementare quhet ngarkesë elektrike, e cila është e barabartë te elektroni dhe protoni. Kjo sasi elektriciteti është më e vogla në natyrë dhe quhet ngarkesë elementare. Secili atom ka një numër të barabartë elektronesh dhe protonesh, pra sasi të barabartë pozitive dhe negative të elektricitetit, kështu që atomi në gjendje normale është një grimcë elektro-neutrale.

Kur atomet vendosen nën kushte të caktuara (si fërkimi i qelibarit me leckë, një fenomen i vërejtur nga Talesi), numri i elektroneve dhe protoneve mund të ndryshojë dhe atëherë sasi të pozitive dhe negative të elektricitetit nuk janë të njëjta dhe atomet bëhen pozitivisht ose negativisht të elektrizuar. Atomet e tilla quhen jone, pra jone pozitive dhe negative. Ndërmjet joneve të tilla

ekzistojnë forca: midis joneve të ndryshme (joneve me ngarkesë të ndryshme) shfaqen forca tërheqëse, ndërsa midis joneve të njëjta (joneve me ngarkesë të njëjtë) shfaqen forcat shtytëse.

Forca që vepron në grimcat e elektrizuara quhet forcë elektrostatische. Atomi është një tërësi për shkak të veprimit të forcave elektrostatische, si dhe për shkak të disa forcave të tjera që mbizotërojnë në të.

Kur grimcat e elektrizuara janë në lëvizje, atëherë ndërmjet tyre shfaqen **forcat elektromagnetike**.

Elektroteknika jo vetëm që studion forcat midis joneve (midis dy atomeve të elektrizuar), por i studion edhe efektet e grupeve të joneve ndaj grupeve të tjera të tilla. Një grup i tillë jonesh quhet gjithashtu një **trup i elektrizuar**.

Elektrizimi i trupave mund të arrihet në mënyrat e mëposhtme:

- Me fërkim, gjatë fërkimit të dy trupave me material të ndryshëm, temperatura e sipërfaqes së trupave rritet. Për shkak të rritjes së temperaturës, ndryshojnë forcat që i mbajnë elektronet brenda atomit. Disa elektrone arrijnë të largohen nga atomet e tyre (këto tani kanë më shumë protone se elektrone dhe bëhen jone pozitive) dhe lidhen me atomet e materialit tjetër (këto atome tani kanë më shumë elektrone se protone dhe bëhen jone negative). Kur trupat të ndahen, secili prej tyre do të mbetet i elektrizuar. Një shembull i kësaj është kur qelibari fërkohet me një leckë të lehtë ose kur një tullumbace fërkohet me flokët.
- Me prekje.

## SASIA E ELEKTRICITETIT

**ELEKTROSTATIKA** është degë shkencore e elektroteknikës e cila i studion dukuritë që lidhen me ngarkesat e palëvizshme elektrike, shpërndarjen e elektricitetit në trupa, ndikimin e ndërsjellë të ngarkesave dhe proceset fizike që ndodhin në hapësirën përreth tyre.

Për të përshkruar shkallën e elektrizimit të një trupi, është më e thjeshtë të shprehet numri i grimcave të elektrizuara, por ky numër është i madh dhe është shumë jopraktik. Prandaj, për shkallën e elektrizimit, përdoret madhësia e sasisë së elektricitetit, e cila shënohet me  $Q$  (nganjëherë me  $q$ ), dhe njësia matëse është C (Kulomb).

*Një Kulomb përkufizohet si rrjedhje e rrymës prej 1 amper për një sekondë, e shprehur përmes 7 masave themelore të sistemit SI. Kulombi, në fakt, është amper-sekondë ( $1C = 1A \cdot 1s$ ).*

Ekzistojnë dy lloje të elektricitetit në natyrë: elektriciteti pozitiv, i cili i përmban protonet dhe elektriciteti negativ, i cili i përmban elektronet. Një trup që përmban më shumë protone se elektrone është i elektrizuar pozitivisht dhe një trup që përmban më shumë elektrone se protone është i elektrizuar negativisht.

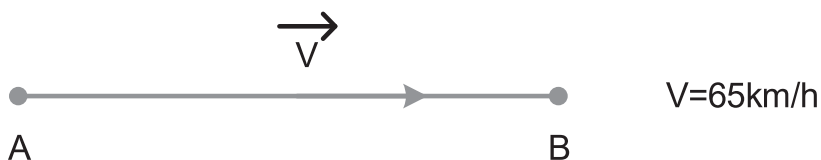
Sasia e elektricitetit të elektroni dhe protoni është e njëjtë dhe kap vlerën prej:

$$Q = 0,160206 \cdot 10^{-18} [C]$$

## 1.2 LIGJI I KULONIT

### MADHËSITË SKALARE DHE VEKTORIALE DHE PARASHTESAT

Dukuritë elektrike regjistrohen me madhësi fizike skalare dhe vektoriale. Madhësia skalare është dukuria fizike e cila përshkruhet vetëm me vlerën numerike të saj, për shembull masa e një trupi është 200g, koha e një dukurie është 4s, temperatura e ajrit është 23°C, e kështu me radhë. Madhësia vektoriale karakterizohet nga vlera e saj numerike, kështu që termi intensitet përdoret shpesh për të, por ka edhe drejtim dhe kah. Për shembull, shpejtësia me të cilën lëvizim është 65km/h, kjo është madhësia skalare (intensiteti), ndërsa, nëse vizatojmë se kjo shpejtësi i referohet drejtimin nga A në B, atëherë e kemi treguar edhe vektorin e shpejtësisë  $\vec{V}$ .



1.2. Paraqitja vektoriale dhe skalare e shpejtësisë

Madhësitë zakonisht shënohen si më poshtë:

- Me shkronjat e mëdha latine shënohen madhësi që ndryshojnë gjatë studimit;
- Me shkronjat e vogla latine shënohen madhësi që ndryshojnë në varësi të kohës;
- Disa veti të materialeve shënohen me germa greke;
- Madhësitë vektoriale shënohen me një shigjetë mbi simbolin e madhësisë.

Në jetën e përditshme, shumë madhësi janë më të vogla ose më të mëdha se njësia matëse. Për të lehtësuar punën me to, përdoren parashtesa që e shprehin vlerën më të madhe/më të vogël të madhësisë fizike në raport me madhësinë bazë. Në thelb, kjo e zvogëlon numrin e zerove që shfaqen në përshkrimin matematikor të madhësinë së shprehur. Për shembull, ju e dini se 2km në të vërtetë përfaqësojnë 2000m; ose është jopraktike të thuash se hard-disku juaj ka 2000000000000B, por e përdorni simbolin më praktik 2TB.

	Madhësia	Parashtesa	Simboli
Më të mëdha	1000000000000 = $10^{12}$	T	Tera
	1000000000 = $10^9$	G	Giga
	1000000 = $10^6$	M	Mega
	1000 = $10^3$	K	Kilo
Baza	1 = $10^0$		
Më të vogla	0,001 = $10^{-3}$	m	Mili
	0.000001 = $10^{-6}$	$\mu$	Mikro
	0,000000001 = $10^{-12}$	n	Nano
	0,0000000000001 = $10^{-15}$	p	Piko

## FORCA ELEKTROSTATIKE – LIGJI I KULONIT

Ndërmjet dy trupave që janë të elektrizuar dhe janë në gjendje pushimi, vepron forca elektrostatike.

Ky fenomen u studiu nga shkencëtari francez Kulon. Ai në mënyrë eksperimentale, me matje, konstatoi se me rritjen e distancës ndërmjet ngarkesave, zvogëlohet intensiteti i forcës ndërmjet tyre ndërsa me rritjen e elektrizimit të trupave, rritet edhe intensiteti i forcës ndërmjet tyre. Forca ka përmbajtur edhe një madhësi e cila është shfaqur vazhdimisht në përlllogaritje, e ashtuquajtur konstantë proporcionaliteti, vlerën e së cilës Kuloni e përcaktoi eksperimentalisht, me matje. Intensiteti i kësaj force elektrostatike, madhësia e saj skalare, e cila për nder të njeriut që e studioi u quajt ligji i Kulonit është:

$$F = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} [N] \quad (1.1)$$

F [N – Njuton] – forca elektrostatike ndërmjet dy trupave të elektrizuar

$Q_1, Q_2$  [C – kulon] – sasi elektriciteti me të cilën janë elektrizuar të dy trupat

r [m – metra] – distanca ndërmjet dy trupave të elektrizuar

$K \left[ \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$  – konstanta e proporcionalitetit, vlera e së cilës është:

$$K = 9 \cdot 10^9 \left[ \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$$

Konstanta K ka edhe shprehjen e saj matematikore, e cila është:

$$K = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \left[ \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$$

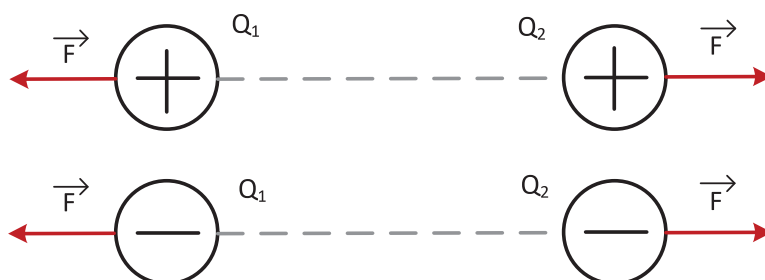
Ku  $\epsilon_0$  quhet **konstanta dielektrike e vakumit**, e cila është e njëjtë edhe për ajrin, dhe vlera e saj është:

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36 \cdot \pi} = 8,8419413 \cdot 10^{-12} \approx 8,84 \cdot 10^{-12} \left[ \frac{F}{m} \right]$$

Ligji i Kulonit mund të shprehet edhe në mënyrën e mëposhtme: forca elektrostatike midis dy ngarkesave puntuale është proporcionale me sasinë e elektricitetit të ngarkesave ndërsa është në përpjesëtim të zhdrejtë me katrorin e distancës ndërmjet tyre.

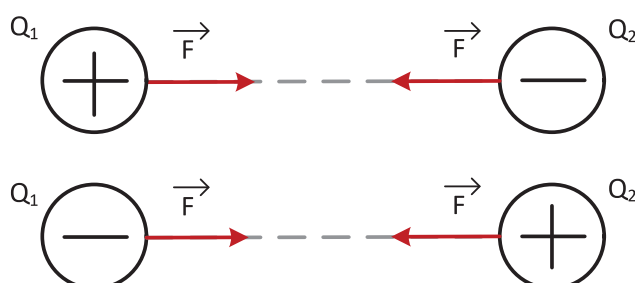
Kjo forcë elektrostatike, si çdo forcë, ka edhe madhësinë e saj vektoriale, që tregon nëse është një forcë tërheqëse apo shtytëse. Nëse trupat e elektrizuar kanë përmasa shumë të vogla dhe shumë më të vogla se distanca ndërmjet tyre, atëherë për këta trupa përdoret termi **ngarkesë pikalore** apo **puntuale**.

Forca elektrostатike ndërmjet dy ngarkesave të njëjta të elektrizuara pikalore është **SHTYTËSE**:



1.3 Forca shtytëse ndërmjet ngarkesave pikalore

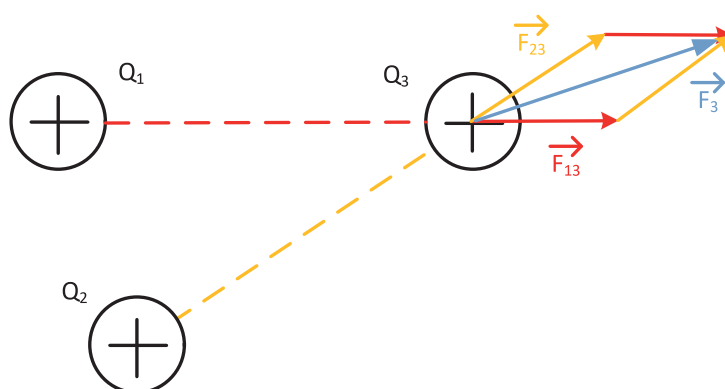
Ndërsa, ndërmjet dy ngarkesave të ndryshme të elektrizuara pikalore forca elektrostатike është **TËRHEQËSE**, siç është dhënë më poshtë:



1.4 Forca tërheqëse ndërmjet ngarkesave pikalore

Forca elektrostатike  $F$  ka drejtim që përkon me vijën që lidh ngarkesat  $Q_1$  dhe  $Q_2$ , ndërsa kahu është majtas ose djathtas, në varësi të natyrës së forcës, shtytëse ose tërheqëse.

Forca e Kulonit të cilën e shkaktojnë më tepër ngarkesa paraqet shumë vektoriale të vektorëve individualë të forcës elektrostатike,  $\vec{F} = \vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$ . Për shembull, për tre ngarkesat pikalore, forca me të cilën veprohet në ngarkesën e tretë  $Q_3$  është paraqitur në figurë.



1.5 Paraqitja vektoriale e forcës ndërmjet tre ngarkesave

DETYRA për ushtrime:

1. Përcaktoni intensitetin dhe vektorin e forcës elektrostатike ndërmjet dy ngarkesave me elektrizim të njëjtë (të dyja janë të elektrizuara pozitivisht) me sasi elektriciteti prej 10nC dhe 20nC, të vendosura në një distancë prej 10cm nga njëra-tjetra.

Zgjidhje:

Në fillim të çdo detyre, secila madhësi së pari duhet të shënohet në njësinë themelore matëse:

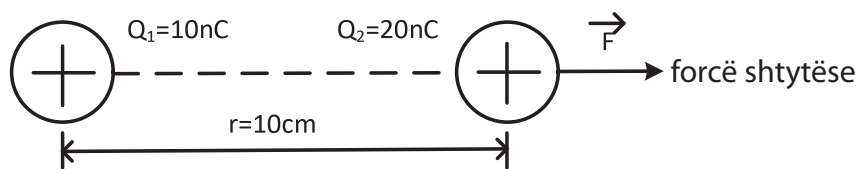
$$Q_1 = 10nC = 10 \cdot 10^{-9}C$$

$$Q_2 = 20nC = 20 \cdot 10^{-9}C$$

$$r = 10cm = 0,1m$$

$$F = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 20 \cdot 10^{-9}}{(0,1)^2} = 0,00018N = 180\mu N$$

Përgjigje:



/Intensiteti i forcës është 180[ $\mu\text{N}$ ] dhe ajo është shtytëse/

2. Dy ngarkesa të elektrizuara pikalore me 4 $\mu\text{C}$  dhe 5 $\mu\text{C}$  janë vendosur në distancë prej 2dm. Të njehsohet intensiteti dhe të tregohet se çfarë force vepron ndërmjet këtyre dy ngarkesave.

/F = 4,5[N]; forca është shtytëse/

3. Në distancë prej 5mm janë vendosur dy ngarkesa pikalore të elektrizuara me sasi të njëjtë elektriciteti prej 0,025 $\mu\text{C}$ , me shenjë të kundërt. Të caktohet intensiteti dhe lloji i forcës elektrostатike që vepron ndërmjet tyre.

/F = 225[mN]; forca është tërheqëse/

4. Dy ngarkesa pikalore janë të elektrizuara me 0,4nC dhe 0,6nC dhe ndërmjet tyre vepron forcë prej 0,6 $\mu\text{N}$ . Të caktohet distanca në të cilën janë vendosur ngarkesat.

/r<sup>2</sup>=0,036; r=0,06m = 6[cm]/

5. Forca elektrostатike që vepron ndërmjet dy ngarkesave pikalore, të elektrizuara me sasi të njëjtë elektriciteti prej 6 $\mu\text{C}$  është 400mN. Të llogaritet distanca në të cilën janë vendosur ngarkesat.

/r=0,9m=9[dm]/

6. Dy ngarkesa pikalore me sasi të njëjtë elektriciteti janë vendosur në distancë prej 8cm ndërmjet veti dhe ndërmjet tyre vepron forcë prej 0,36mN. Të caktohet sasia e elektricitetit me të cilën janë elektrizuar ngarkesat.

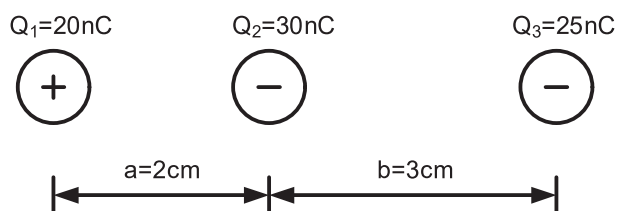
$$/Q_1 = Q_2 = 0,000000016C = 16[nC]/$$

7. Forca elektrostатike ndërmjet dy ngarkesave është 4N. Ato janë vendosur në distancë prej 3mm, ndërsa ngarkesa e parë është elektrizuar me sasi elektriciteti prej 100nC. Të caktohet sasia e elektricitetit me të cilën është elektrizuar ngarkesa e dytë.

$$/Q_2 = 0,00000004C = 40[nC]/$$

8. Tre ngarkesa pikalore janë vendosur si në figurën më poshtë. Njehsoni intensitetin dhe vektorin e forcës elektrostатike që vepron në:

- a. ngarkesën  $Q_2$   
b. ngarkesën  $Q_3$

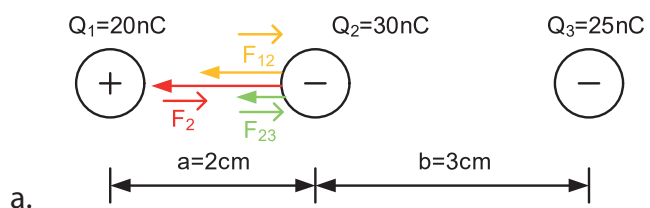


Për thjeshtësim të tekstit, shpeshherë do të haset që shenja e sasisë së elektricitetit është dhënë në vetë figurën. Ajo nuk do të merret parasysh gjatë llogaritjeve, por duhet të shënohet në figurë, respektivisht në kahun e vektorit.

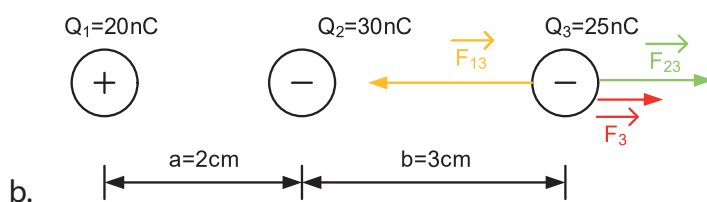
$$F_{12} = F_{21} = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-9} \cdot 30 \cdot 10^{-9}}{(0,02)^2} = 0,0135N = 13,5mN$$

$$F_{32} = F_{23} = \frac{K \cdot Q_3 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 25 \cdot 10^{-9} \cdot 30 \cdot 10^{-9}}{(0,03)^2} = 0,0075N = 7,5mN$$

$$F_{13} = F_{31} = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_3}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-9} \cdot 25 \cdot 10^{-9}}{(0,02 + 0,03)^2} = 0,0018N = 1,8mN$$

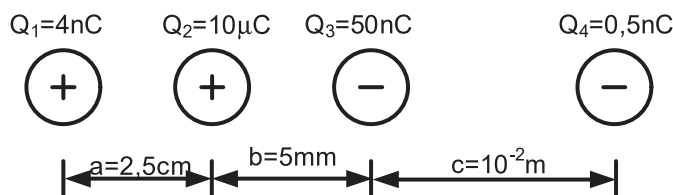


$$/ F_2 = F_{12} + F_{23} = 21[mN] /$$

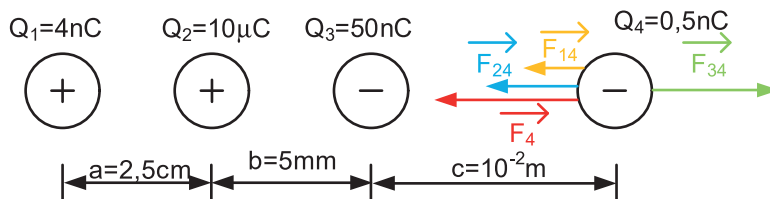


$$/ F_3 = F_{23} - F_{13} = 5,7[mN] /$$

9. Sa është forca elektrostatiske që vepron në ngarkesën  $Q_4$  dhe si është e kahëzuar ajo.



Zgjidhje:



$$F_{14} = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_4}{r^2} = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_4}{(a + b + c)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}}{(0,04)^2} = 0,00001125 N = 11,25 \mu N$$

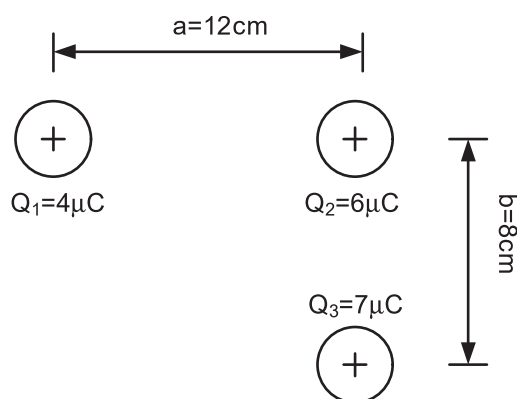
$$F_{24} = \frac{K \cdot Q_2 \cdot Q_4}{r^2} = \frac{K \cdot Q_2 \cdot Q_4}{(b + c)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}}{(0,015)^2} = 0,0002 N = 200 \mu N$$

$$F_{34} = \frac{K \cdot Q_3 \cdot Q_4}{r^2} = \frac{K \cdot Q_3 \cdot Q_4}{(c)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}}{(0,01)^2} = 0,000225 N = 225 \mu N$$

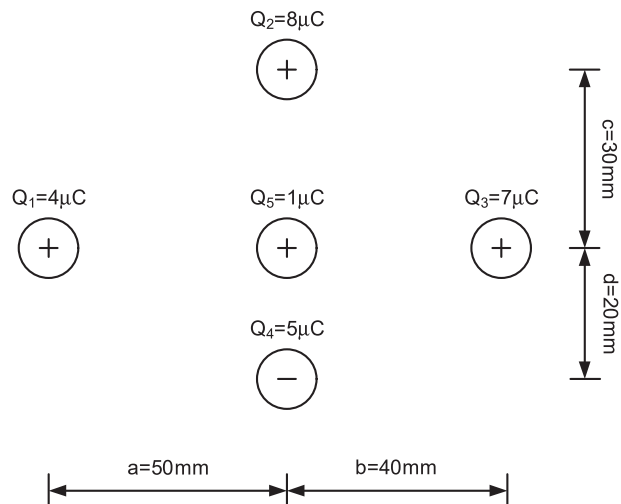
$$F_4 = F_{14} + F_{24} - F_{34} = 11,25 + 200 - 225 = -13,75 \mu N$$

Minusi është fituar si rezultat i supozimit tonë se forca  $F_4$  do të ketë kahun në të majtë. Nëse do të supozonim se do të kishte kahun në të djathtë, për  $F_4$  do të fitohej i njëjti rezultat, por me shenjë plus,  $F_4 = 13,75 [\mu N]$ .

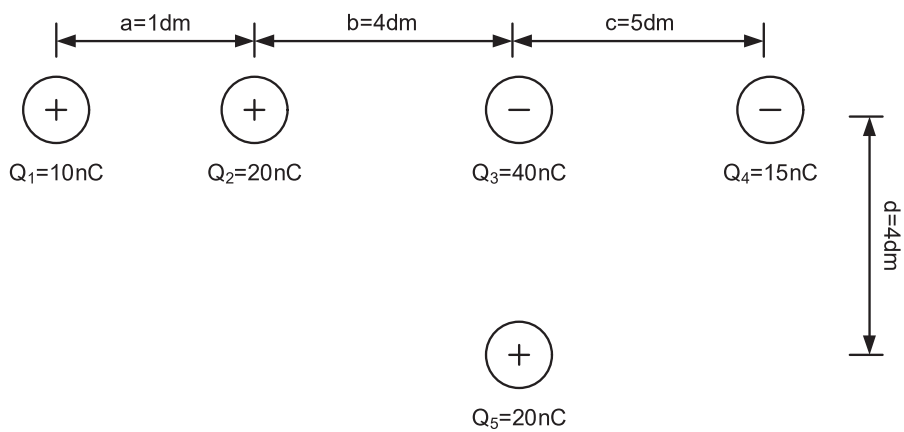
10. Të përcaktohet intensiteti dhe kahu i forcës që vepron mbi ngarkesën  $Q_2$ .



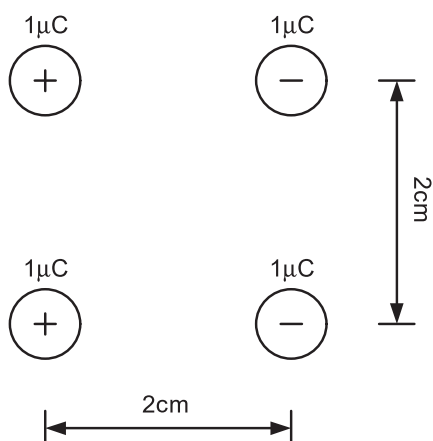
11. Sa është forca elektrostатike që vepron në ngarkesën  $Q_5$  dhe si është e kahëzuar ajo.



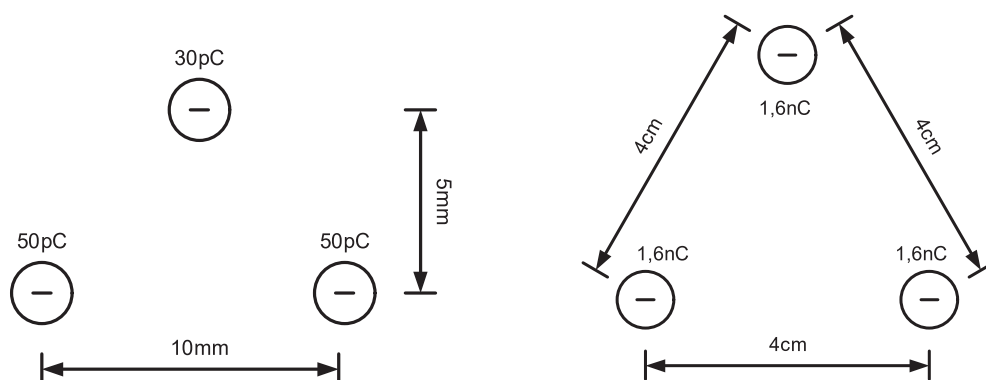
12. Të caktohet intensiteti dhe kahu i forcës që vepron mbi ngarkesën  $Q_3$ .



13. Përcaktoni vektorin e forcës elektrostатike e cila vepron mbi secilën prej ngarkesave.



14. Të përcaktohet vektori i forcës elektrostатike që vepron mbi ngarkesën, në majën e trekëndëshit.



15. Topi me rreze 1,5dm është elektrizuar me sasi elektriciteti prej  $27\mu\text{C}$ . Nga sipërfaqja e topit, në distancë prej 1,2dm ndodhet një ngarkesë pikalore e cila është e elektrizuar me sasi elektriciteti prej  $6\text{nC}$ . Të përcaktohet forca elektrostатike me të cilën topi vepron mbi ngarkesën.

$$F=0,02[\text{N}] = 20[\text{mN}]$$

### 1.3 FUSHA ELEKTROSTATIKE DHE KONSTANTA DIELEKTRIKE

#### FUSHA ELEKTROSTATIKE DHE VETITË E SAJ

Me interpretimet e para për elektricitetin se është gaz, respektivisht i ashtuquajtur fluid që gjendet në hapësirën rreth objektit të elektrizuar dhe që dukuritë me të cilat manifestohet veprojnë në hapësirën e mbushur me atë fluid, filozofët-shkencëtarë, në fakt, kanë shpjeguar fushën elektrike. Interpretimi modern është se karakteristikat e hapësirës rreth një trupi që është i elektrizuar ndryshojnë. Kjo gjendje vërehet me shfaqjen e forcës elektrostатike kur në këtë hapësirë sillen një trup tjetër i elektrizuar. Ekziston një **fushë elektrike** në hapësirën rreth çdo trupi të elektrizuar. Konstatimi i kundërt është gjithashtu i vërtetë, që në një hapësirë ku ka fushë elektrike, ajo shkaktohet nga një trup i elektrizuar. Kur trupi i elektrizuar është në qetësi, fusha quhet **FUSHA ELEKTROSTATIKE**.

Përkufizimi se një forcë elektrostатike  $F$  do të veprojë në një ngarkesë elektrike të ngarkuar me një sasi elektriciteti  $Q$ , e cila futet në fushën elektrostатike  $E$ , matematikisht shkruhet si vijon:

$$F = E \cdot Q [\text{N}] \quad (1.2)$$

Kjo do të thotë që shprehja është karakteristike për fushën elektrostatische në pikën ku ndodhet ngarkesa Q.

$$E = \frac{F}{Q} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

Sipas kësaj shprehjeje, llogaritet intensiteti i fushës elektrostatische, ndërsa drejtimi dhe kahu i saj përputhen me drejtimin dhe kahun e forcës elektrostatische, me të cilën ajo ngarkesë vepron në ndonjë ngarkesë të elektrizuar pozitivisht Q. Nga këtu përfundojmë se forca elektrostatische F dhe fusha elektrostatische E janë kolineare (kanë drejtim dhe kah të njëjtë).

Të llogaritet forca e fushës elektrostatische nga një ngarkesë pikalore e elektrizuar me një sasi elektriciteti Q. Kjo ngarkesë vepron me forcën elektrostatische F në një ngarkesë tjetër  $Q_1$ , të cilat janë në një distancë nga njëra-tjetra  $r$ . Intensiteti i forcës elektrostatische (forca e Kulonit) përcaktohet me shprehjen:

$$F = \frac{K \cdot Q \cdot Q_1}{r^2} [N],$$

Nga këtu, llogaritja e intensitetit të fushës elektrostatische do të jetë:

$$E = \frac{F}{Q_1} = \frac{K \cdot Q \cdot Q_1}{r^2 \cdot Q_1}$$

Dhe për fushën elektrostatische fitohet shprehja (1.3):

$$E = \frac{K \cdot Q}{r^2} \left[ \frac{V}{m} \right] \quad (1.3)$$

$E \left[ \frac{V}{m} \right]$  – fusha elektrostatische e ngarkesës pikalore

$Q [C]$  – sasia e elektricitetit me të cilin është elektrizuar ngarkesa pikalore (punktuale)

$r[m]$  – distanca për të cilën e përcaktojmë fushën elektrostatische.

Vektori i fushës elektrostatische në drejtim dhe kah përkon me vektorin e forcës së Kulonit që do të vepronte në pikën e kërkuar të një ngarkese pozitive imagjinare në atë pikë dhe është paraqitur në figurën më poshtë:

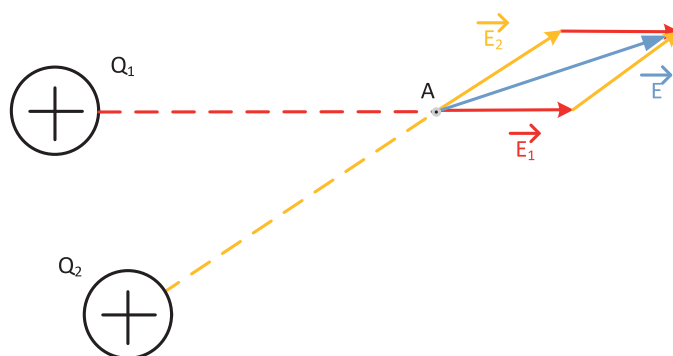


1.6.1 Fusha elektrostatische nga ngarkesa e elektrizuar pozitivisht



1.6.2 Fusha elektrostatische nga ngarkesa e elektrizuar negativisht

Ky parim njihet si mbivendosje (superpozicion). Shembulli më i thjeshtë i veprimit të dy ngarkesave është treguar në figurën e mëposhtme:



1.7 Kahu i fushës elektrostatiske të dy ngarkesave të elektrizuara,  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Kur bëhet fjalë për një top metalik (sferë), për të vlen se intensiteti i fushës elektrostatiske brenda topit është zero (0),  $(0 \left[ \frac{V}{m} \right])$ , ndërsa në hapësirën rreth tij, fusha ka të njëjtin intensitet si një fushë ngarkese pikalore që është e elektrizuar me të njëjtën sasi elektriciteti si topi, e cila ndodhet në qendër të topit dhe distanca matet nga qendra e topit.

DETYRA për ushtrime:

16. Të përcaktohet intensiteti i fushës elektrostatiske që vepron mbi ngarkesën elektrike e cila është e elektrizuar me sasi elektriciteti prej 40nC, ndërsa në të vepron forca elektrostatiske prej 8mN.

$$/ E = 200000 \frac{V}{m} = 200 \left[ \frac{KV}{m} \right] /$$

17. Të përcaktohet intensiteti i fushës elektrostatiske që vepron mbi ngarkesën elektrike e cila është e elektrizuar me sasi elektriciteti prej 50mC, e futur në fushë elektrostatiske prej  $100 \frac{V}{m}$ .

$$/ F = 5[N] /$$

18. Të përcaktohet intensiteti i fushës elektrostatiske të ngarkesës pikalore të elektrizuar me  $Q = 75nC$ , në distancë prej 2,5dm nga ngarkesa pikalore.

$$/ E = 10800 \frac{V}{m} = 10,8 \left[ \frac{KV}{m} \right] /$$

19. Të përcaktohet intensiteti i fushës elektrostatiske të ngarkesës pikalore të elektrizuar me  $Q = 5nC$ , në distancë prej 3cm.

$$/ E = 50000 \frac{V}{m} = 50 \left[ \frac{KV}{m} \right] /$$

20. Intensiteti i fushës elektrostatiske i krijuar nga ngarkesa elektrike është  $100 \frac{V}{m}$ , i cili vepron në distancë prej 3cm. Të llogaritet sasia e elektricitetit me të cilën është elektrizuar ngarkesa pikalore.

$$/ Q = 1 \cdot 10^{-11} = 10 \cdot 10^{-12} = 10[pC] /$$

21. Llogaritni distancën në të cilën ngarkesa pikalore me sasi elektriciteti prej  $300\mu\text{C}$  krijon fushë elektrostатike prej  $27 \frac{\text{KV}}{\text{m}}$ .

$$/ r^2 = 100; r = 10[\text{m}] /$$

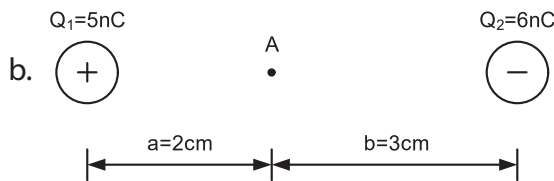
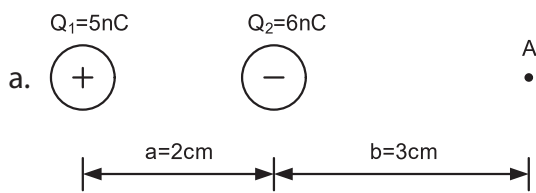
22. Topi me rreze 1dm është elektrizuar me sasi elektriciteti prej  $40\text{nC}$ . Të përcaktohet intensiteti i fushës elektrostатike në distancën:

- a. 4dm nga qendra e topit  
b. 4dm nga sipërfaqja e topit

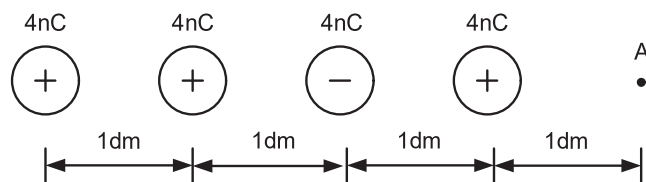
$$/ \text{a. } E = 2,25 \left[ \frac{\text{KV}}{\text{m}} \right]$$

$$\text{b. } E = 1,44 \left[ \frac{\text{KV}}{\text{m}} \right] /$$

23. Dy ngarkesa pikalore janë vendosur si në figurat më poshtë. Të përcaktohet intensiteti dhe të vizatohet vektori i fushës elektrike në pikën A më të dy rastet.

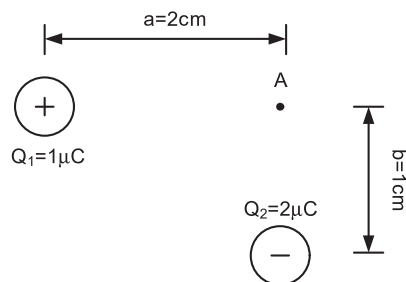


24. Katër ngarkesa pikalore janë vendosur si në figurën më poshtë:



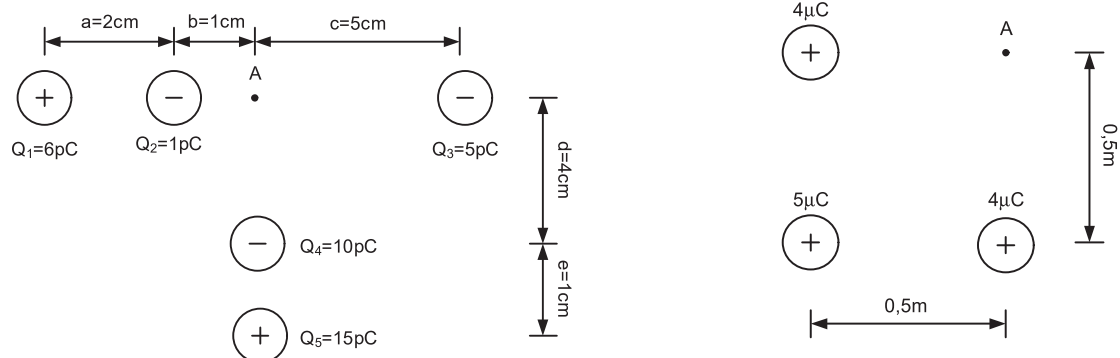
Të përcaktohet fusha elektrostатike e pikës A (intensiteti dhe vektori).

25. Në kulmet e një trekëndëshi drejtkëndor me katete 2cm dhe 1cm, janë vendosur ngarkesa pikalore të elektrizuara me  $1\mu\text{C}$  dhe  $2\mu\text{C}$ , si në figurën më poshtë:

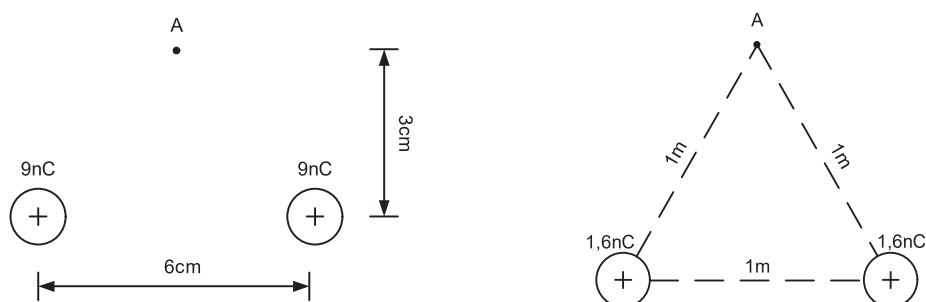


Të përcaktohet vektori dhe intensiteti i fushës elektrostатike të pikës A.

26. Të përcaktohet intensiteti dhe vektori i fushës elektrostatiske në pikën A të secilit prej sistemeve, të dhënë në figurat e mëposhtme (zgjidhen me zbatimin e teoremës së Pitagorës):



27. Të përcaktohet intensiteti dhe vektori i fushës elektrostatiske të secilit prej sistemeve, të dhënë në figurat e mëposhtme (zgjidhen me zbatimin e metodës së trekëndëshave të ngjashëm):



### FUSHA ELEKTROSTATIKE NGA PLLAKA E MADHE E RRAFSHËT

Kur paraqitet një fushë elektrostatiske nga një pllakë e madhe e rrafshët, kjo duhet menduar si një grup pikash që përbëjnë pllakën. Çdo pikë përfaqëson një ngarkesë pikalore. Intensiteti i fushës elektrostatiske të pllakës është një mbivendosje (superpozicion) e fushave të çdo ngarkese pikalore. Sigurisht, kjo llogaritje është shumë komplekse, por rezultati përfundimtar është:

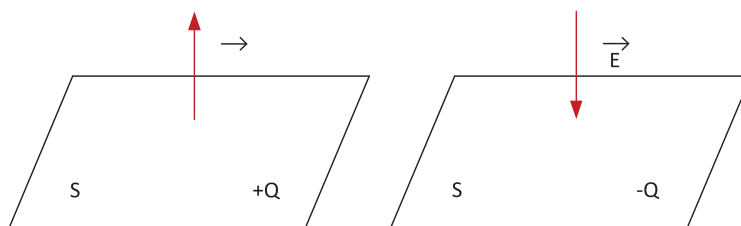
$$E = \frac{Q}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot s} \left[ \frac{V}{m} \right] \quad 1.4$$

$E \left[ \frac{V}{m} \right]$  – fusha elektrostatiske e pllakës së rrafshët

$Q [C]$  – sasia e elektricitetit me të cilin është elektrizuar pllaka

$s [m^2]$  – sipërfaqja e pllakës

Drejtimi i vektorit të fushës elektrostatiske është normal me pllakën, ndërsa kahu i tij është si kahu i ngarkesave pikalore, d.m.th. shkon nga pllaka për në pjesën e jashtme për një pllakë të ngarkuar pozitivisht dhe nga jashtë brenda pllakës për një pllakë të ngarkuar negativisht.

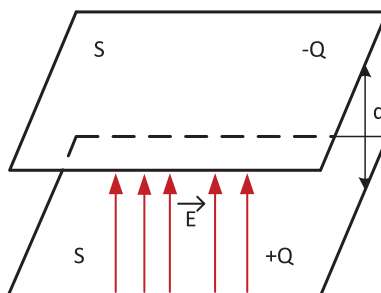


1.8 Fusha elektrostatiske e pllakës së rrafshët

Një rast tipik është fusha elektrostatiske e dy pllakave me sipërfaqe të barabartë  $s$ , të vendosura pranë njëra-tjetrës në një distancë të vogël  $d$ , të elektrizuara me sasi të barabartë të elektricitetit  $Q$ , por me shenjën e kundërt  $e$ , në këtë rast fusha është:

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot s} \left[ \frac{V}{m} \right] \quad (1.5)$$

Vektori i fushës elektrostatiske ka drejtim dhe kah si në figurë:



1.9 Fusha elektrostatiske ndërmjet dy pllakave paralele

Intensiteti i fushës elektrostatiske të një ose dy pllakave, në hapësirën rreth tyre, jo afër skajeve të tyre, është i njëjtë kudo. Themi se një fushë e tillë është fushë homogjene. **Fusha homogjene** është një fushë, forca vektoriale e së cilës ka të njëjtin intensitet, drejtim dhe kah në të gjitha pikat e hapësirës.

DETYRA për ushtrime:

28. Llogaritni sa është intensiteti i fushës elektrostatiske të pllakës së madhe të rrafshët, e cila është e elektrizuar me sasi elektriciteti prej  $250\text{nC}$ , dhe ka sipërfaqe prej  $2\text{dm}^2$ .

$$/ E = 707014 \frac{V}{m} = 707,014 \frac{kV}{m} \approx 707 \left[ \frac{kV}{m} \right] /$$

29. Llogaritni sipërfaqen e pllakës së rrafshët, të elektrizuar me sasi elektriciteti  $Q = 0,2\mu\text{C}$ , nëse intensiteti i vektorit të forcës së fushës që e krijojnë pllaka është  $E = 60 \frac{kV}{m}$ .

$$/ S = 0,189 [m^2] /$$

30. Dy pllaka të rrafshëta në distancë prej  $d = 0,1\text{mm}$  janë elektrizuar me sasi të njëjtë elektriciteti por me shenjë të ndryshme. Sipërfaqja e pllakave është  $S = 50\text{cm}^2$ . Intensiteti i vektorit të forcës së fushës ndërmjet dy pllakave është  $E = 10 \frac{kV}{m}$ .

$$/ Q = 4,42 \cdot 10^{-10} [C] /$$

## KONSTANTA RELATIVE DHE ABSOLUTE DIELEKTRIKE

Kur e përkufizuar konstantën  $K$  në ligjin e Kulonit, për  $\epsilon_0$  thamë se është një konstantë që në vete i përmban karakteristikat e vakumit. Nëse hapësirën rreth një ngarkese, pllake ose midis dy pllakave e mbushim me një material tjetër (jo me vakum, d.m.th. ajër), shohim se vlera e fushës elektrostatiske, e me këtë edhe vlera e forcës së Kulonit, zvogëlohet. Shkalla e zvogëlimit shënohet me një  $\epsilon_r$  të quajtur **konstanta relative dielektrike** dhe është një numër padimensional që tregon se sa herë forca e fushës elektrike të një materiali është më e vogël se ajo në vakum. Konstanta relative dielektrike e të gjitha materialeve në natyrë është më e madhe se 1, ndërsa për ajrin është  $\epsilon_r = 1,00056$ . Vlera e saj te disa materiale që përdoren më shpesh në praktikë është si vijon:

Tabela e vlerave të konstantës relative dielektrike të disa materialeve:

Materiali	$\epsilon_r$	Materiali	$\epsilon_r$
Bakelit	3,5 – 8,2	klorur polivinili	3 – 4
Ajër	1,00059	Porcelan	4,5 – 6
Ujë i destiluar	81,07	Preshpan	2,5 – 3,4
Kuarc	4,3 – 4,7	Goma	2 – 35
Momirok	4 – 8	Qelq	2 – 16
Mikanit	4 – 6	Stirofleks	2,5
Akull	2 – 3	Vaj transformatori	2,2 – 2,5
Parafin	1,7 – 2,3	Teflon	2,1
Pertinaks	4,8 – 5,4	Letër	1,8 – 2,6
Pleksiglas	2,6 – 3,4	Çelik	2,7 – 3,8

Në përputhje me konstantën dielektrike të vakumit, respektivisht ajrit, përkufizohet edhe **konstanta absolute dielektrike**:

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \left[ \frac{F}{m} \right] \quad (1.6)$$

Te ngarkesa pikalore e vendosur në dielektrik, ligji i Kulonit është:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2} [N]$$

Fusha elektrostatiske te ngarkesa pikalore është:

$$E = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

Fusha elektrostatiske te pllaka është:

$$E = \frac{Q}{2 \cdot \epsilon \cdot s} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

Fusha elektrostatische ndërmjet dy pllakave është:

$$E = \frac{Q}{\varepsilon \cdot s} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

Kjo fushë ekziston vetëm në hapësirën ndërmjet pllakave, ndërsa në hapësirën përreth tyre, fusha ka vlerën zero, ( $0 \left[ \frac{V}{m} \right]$ ).

DETYRA për ushtrime:

31. Llogaritni intensitetin e fushës elektrostatische nga një pllakë e madhe e rrafshët që është elektrizuar me sasi elektriciteti prej 250nC dhe ka sipërfaqe prej 2dm<sup>2</sup>, pllaka është e vendosur në ajër. Pastaj pllaka vendoset në vaj me konstantë relative dielektrike 2,3. Krahasoni këto rezultate.

$$/ E_{\varepsilon_0} = 706214 \left[ \frac{V}{m} \right] = 706 \frac{KV}{m}, \quad E_{\varepsilon_r} = 307049 \left[ \frac{V}{m} \right] = 307 \left[ \frac{KV}{m} \right] /$$

32. Ngarkesa pikallore e elektrizuar me 100pC ndodhet në parafin, me konstantë relative dielektrike  $\varepsilon_r = 2$ , në distancë prej 10cm nga ngarkesa. Sa është forca e fushës elektrostatische?

$$/ E=45 \left[ \frac{V}{m} \right] /$$

33. Në çfarë distance nga ngarkesa pikallore e cila është e elektrizuar me Q=50nC, e vendosur në material me konstantë relative dielektrike  $\varepsilon_r = 20$ , vepron fusha elektrostatische me forcë  $E = 3 \frac{KV}{m}$ ?

$$/ r = 0,086[m] = 8,6[cm] /$$

34. Forca e fushës elektrostatische ndërmjet dy pllakave paralele është  $E = 10,5 \frac{KV}{m}$ . Pllakat janë të elektrizuara me Q = 0,055μC dhe ndërmjet tyre është futur material me konstantë relative dielektrike  $\varepsilon_r = 15$ . Llogaritni sipërfaqen s.

$$/ s=0,035[m^2] /$$

35. Ndërmjet dy pllakave paralele me sipërfaqe s = 5dm<sup>2</sup>, është vendosur bakelit me  $\varepsilon_r = 7,5$ . Forca e fushës elektrostatische është  $E = 4 \frac{KV}{m}$ . Të përcaktohet sasia e elektricitetit me të cilën janë elektrizuar pllakat.

$$/ Q=0,000000013[C]=13[nC] /$$

## 1.4 POTENCIALI, TENSIONI DHE ENERGJIA ELEKTRIKE

### POTENCIALI ELEKTRIK

Një trup i elektrizuar krijon një fushë elektrostatische rreth tij. Nëse një ngarkesë pikalore ndodhet mjaft larg fushës elektrostatische në mënyrë që të mos ndikojë mbi të, për ta futur atë në fushë duhet të bëjmë punë, sepse duhet të mposhtet veprimi i forcës elektrostatische që do të ndikojë në të. Kjo do të thotë se ngarkesa ka pasur energji potenciale në pikën në të cilën është sjellë, në raport me pikën fillestare. Kjo energji potenciale është e barabartë me punën e nevojshme për të lëvizur ngarkesën. Puna e bërë nuk varet nga rruga nëpër të cilën ka lëvizur ngarkesa. Nga kjo mund të konkludohet se çdo pikë në hapësirën e fushës ka një energji të caktuar potenciale në raport me pikën fillestare. Puna e kryer varet nga elektrizimi i ngarkesës pikalore, forca e fushës, si dhe nga distanca e pikës ku është sjellë ngarkesa në raport me pikën fillestare, por jo edhe nga rruga ndërmjet pikave. Pika fillestare quhet pika referente dhe për sistemet sferike shpesh merret në pafundësi.

Në fizikë, punën e shënojmë me germën e madhe  $A$ . Forca elektrostatische e cila mposhtet për të sjellë ngarkesën është në proporcion (të drejtë) me sasinë e elektricitetit të ngarkesës, respektivisht puna e kryer është:

$$A = Q \cdot \varphi, \text{ respektivisht } \varphi = \frac{A}{Q} [V]$$

$\varphi$  [V] – potenciali elektrik i pikës së vrojtuar

$Q$  [C] – sasia e elektricitetit me të cilën është elektrizuar ngarkesa pikalore

$A$  [J] – puna e kryer për zhvendosjen e ngarkesës nga njëra pikë në tjetrën

Potenciali elektrik në ndonjë pikë është numerikisht i barabartë me punën e bërë për të lëvizur një ngarkesë pozitive prej 1C, nga pika referente në atë pikë.

Për pikën referente që gjendet në pafundësi, themi se ka zero potencial.

Nëse kemi një trup të elektrizuar pozitivisht, të gjitha pikat e tij në fushë kanë **potencial pozitiv** në raport me pikën referente, dhe të gjitha pikat në fushën elektrostatische të një trupi të elektrizuar negativisht kanë **potencial negativ** në raport me pikën referente.

Potenciali elektrik i ngarkesës pikalore në një pikë të caktuar është:

$$\varphi = \frac{A}{Q} [V] \quad (1.7)$$

E dimë që puna e kryer vare nga mposhtja e Forcës së Kulonit dhe nga rruga e kaluar:

$$A = F \cdot x = F \cdot [r - r(\infty)] = F \cdot r - F \cdot r(\infty) = F \cdot r [J]$$

Për pikën në pafundësi thamë që ka zero potencial.

Kur trupi i elektrizuar është ngarkesë pikalore, për të vlen:

$$A = F \cdot r = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \cdot r = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r} [J]$$

Ngarkesa të cilën e lëvizim nga pika referente deri te pika e dhënë, ka sasi elektriciteti  $Q_2$ , ndërsa për potencialin elektrik e fitojmë shprehjen:

$$\varphi = \frac{A}{Q} = \frac{1}{Q_2} \cdot A = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{Q_2 \cdot r}$$

$$\varphi = \frac{K \cdot Q_1}{r} [V] \quad (1.8)$$

$\varphi$  [V] – potenciali elektrik i pikës së vrojtuar

$r$  [m] – distanca nga trupi i elektrizuar deri te pika e vrojtuar

$Q_1$  [C] – sasia e elektricitetit me të cilën është elektrizuar ngarkesa pikalore

$A$  [J] – puna e kryer për zhvendosjen e ngarkesës  $Q_2$  nga pika referente në pikën e dhënë në fushën e trupit të elektrizuar  $Q_1$

**Potenciali elektrik ndërmjet dy pllakave paralele me elektricitet të kundërt në pikën që ndodhet në distancën  $x$  nga pllaka negative është:**

$$\varphi = \frac{A}{Q} = \frac{F \cdot x}{Q} = \frac{(E \cdot Q) \cdot x}{Q} = E \cdot x = \frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot S} \cdot x [V]$$

Nga këtu mund të përfundojmë se të gjitha pikat që ndodhen në distancë të njëjtë  $x$  nga pllaka negative kanë potencial të njëjtë.

DETYRA për ushtrime:

36. Llogaritni potencialin elektrik në pikë në distancë prej 3mm, të cilin e krijon ngarkesa pikalore e elektrizuar me sasi elektriciteti prej 10nC.

$$E = 30000 = 30 \cdot 10^3 = 30 \left[ \frac{kV}{m} \right]$$

37. Potenciali elektrik të cilin e krijon ngarkesa pikalore në distancë prej 4cm është 9V. Llogaritni sasinë e elektricitetit me të cilën është e elektrizuar ngarkesa pikalore.

$$Q = 4 \cdot 10^{-11} = 40 \cdot 10^{-12} = 40 [pC]$$

38. Në çfarë distance nga ngarkesa e elektrizuar pikalore me 8pC ka potencial elektrik prej 40mV?

$$r = 1,8 [m]$$

39. Me çfarë sasive elektriciteti është elektrizuar sfera metalike me rreze 0,6cm, nëse potenciali i sipërfaqes së saj është 30V?

$$/ Q = 2 \cdot 10^{-11} = 20 \cdot 10^{-12} = 20[pC] /$$

40. Sfera me rreze 5mm është e elektrizuar me 20pC. Llogaritni se në çfarë distance krijohet potenciali prej 20V.  
a. nga qendra e sferës  
b. nga sipërfaqja e sferës

$$/ a. r = 9[mm]$$

$$b. r = 9-5 = 4[mm] /$$

## TENSIONI ELEKTRIK

Dy pika të ndryshme në hapësirën e fushës elektrostatiske të një trupi të elektrizuar kanë potenciale elektrike  $\varphi_1$  dhe  $\varphi_2$ . Shprehja e përkufizuar me dallimin e tyre është:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 [V] \quad (1.9)$$

$U [V]$  – tensioni elektrik,  $\varphi [V]$  – potenciali elektrik

**Tensioni elektrik** ndërmjet dy pikave në fushën elektrostatiske është i barabartë me herësin e punës së kryer për të bartur një ngarkesë elektrike pozitive nga një pikë në tjetrën dhe sasinë e elektricitetit të ngarkesës së bartur.

Dallimi midis potencialeve elektrike të dy pikave, i quajtur tension elektrik, nuk varet nga pika referente. Supozohet se të gjitha pikat që shtrihen në Tokë kanë zero potencial; do të thotë se çdo pikë që nuk i përket këtij grupi pikash ka potencial elektrik të barabartë me tensionin ndërmjet asaj pike dhe Tokës.

Tensioni ndërmjet dy pllakave paralele, të elektrizuara kundërsht njëra-tjetrës është:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_+ - \varphi_- [V]$$

$\varphi_+$  dhe  $\varphi_-$  janë potencialet e pllakës pozitive dhe negative

$$\varphi_+ = \frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot S} \cdot x [V]$$

Ku distanca  $x$ , për  $\varphi_+$  është distanca nga pllaka pozitive deri te pllaka negative dhe është  $d$ , respektivisht  $x = d$ . Distanca  $x$  te pllaka negative është zero;  $x$  është distanca nga ndonjë pikë deri te pllaka negative, që do të thotë se  $\varphi_- = 0 [V]$ .

$$U = \varphi_+ - \varphi_- = \frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot S} \cdot d - 0 = \frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot S} \cdot d = E \cdot d [V]$$

DETYRA për ushtrime:

41. Llogaritni tensionin ndërmjet dy pikave, potencialet e të cilave janë 17V dhe 13V.

$$/ U = 17-13 = 4 [V] /$$

42. Llogaritni tensionin ndërmjet dy pikave, të cilat janë në distancë prej 3cm dhe 5cm nga ngarkesa pikalore, e elektrizuar me 40nC.

$$/ U = 12000-7200 = 4800 [V] = 4,8 [KV] /$$

43. Dy pllaka paralele me sipërfaqe 0,02m<sup>2</sup>, të elektrizuara me elektricitet të kundërt por me sasi të barabartë elektriciteti prej 50 pC, vendosen në një distancë prej 4mm. Përcaktoni tensionin midis pllakave.

$$/ U = 1,13[V] /$$

44. Tensioni ndërmjet dy pllakave paralele të vendosura në distancë prej 2 mm, është 100V. Llogaritni sasinë e elektricitetit me të cilën janë elektrizuar pllakat, nëse sipërfaqja është 6cm<sup>2</sup>.

$$/ Q = 2,655 \cdot 10^{-10} [C] = 265,5 [pC] /$$

45. Dy pllaka paralele me sipërfaqe 0.01m<sup>2</sup> elektrizohen me elektricitet prej 80nC. Ndërmjet tyre mbizotëron një tension prej 50KV. Përcaktoni distancën midis pllakave.

$$/ d = 0,0525[m] = 5,25[cm] /$$

## SIPËRFAQET E KUIPOTENCIALE

Rreth trupit të elektrizuar krijohet fushë elektrostatische. Pikat në fushë kanë potencialin e tyre elektrik. Nëse lidhen pikat me intensitet të barabartë, ato do të formojnë një grup pikash, forma e të cilave do të jetë një sipërfaqe. Kjo sipërfaqe quhet **sipërfaqe ekuipotenciale**. Me fjalë të tjera, sipërfaqja ekuipotenciale është ajo sipërfaqe e formuar nga pika që kanë të njëjtin potencial në ndonjë fushë.

Sipërfaqet ekuipotenciale kanë vetinë që:

- vektori i fushës elektrostatische është gjithmonë normal me sipërfaqen ekuipotenciale;
- vektori i fushës elektrostatische ka gjithmonë kahun nga potenciali elektrik më i lartë tek ai më i ulët;
- dhe aty ku forca e fushës është më e madhe, edhe dendësia e sipërfaqeve ekuipotenciale është më e lartë.

Sipërfaqet ekuipotenciale rreth një ngarkese pikalore, ose sferë, kanë formë sferike, ndërsa sipërfaqet mes dy pllakave paralele kanë formë pllake dhe janë paralele me to.

## ENERGJIA E FUSHËS ELEKTROSTATIKE

Sasia e elektricitetit me të cilën elektrizohen dy pllaka paralele, të elektrizuara me shenjën e kundërt, quhet ngarkesë. Për të elektrizuar pllakat duhet bërë punë, duke mposhtur forcën elektrostatische që mbizotëron ndërmjet pllakave. Kjo punë shndërrohet në energji potenciale të fushës dhe quhet **energji e fushës elektrostatische**, respektivisht **energji elektrostatische**.

Llogaritja e energjisë së nevojshme për të elektrizuar pllakat ndahet në shumë hapa, dhe më pas këto hapa përmbliohen në rezultatin përfundimtar, duke e komplikuar aparatën matematikor për këtë llogaritje. Rezultati i llogaritur për energjinë elektrostatische është:

$$W = \frac{Q \cdot U}{2} [J] \quad (1.10)$$

$W [J]$  – energjia e fushës elektrostatische ndërmjet dy pllakave

$Q [C]$  – sasia e elektricitetit të elektrizimit të pllakave

$U [V]$  – tensioni elektrik ndërmjet pllakave

## 1.5 KONDENSATORI

### KONDENSATORI ELEKTRIK

**Kondensatorët** janë dy përçues që janë të elektrizuar me të njëjtën sasi elektriciteti, me shenja të kundërta, të izoluar reciprokisht. Trupat përçues quhen edhe elektroda të kondensatorit. Njëra elektrodë është e elektrizuar me sasi elektriciteti  $+Q$ , kurse tjetra me  $-Q$ . Tensioni ndërmjet elektrodave është  $U$ . Eksperimentalisht mund të përcaktohet se ndryshimi i sasisë së elektricitetit të elektrodave ndikon në proporcion të drejtë edhe në ndryshimin e tensionit ndërmjet tyre. Matematikisht kjo shkruhet:

$$Q = C \cdot U, \text{ respektivisht vlen}$$

$$C = \frac{Q}{U} [F] \quad (1.11)$$

$C [F]$  – kapaciteti i kondensatorit

$Q [C]$  – sasia e elektricitetit të elektrodave

$U [V]$  – tensioni elektrik ndërmjet elektrodave

Kapaciteti prej 1[F] është vlerë shumë e madhe (Toka e ka kapacitetin prej  $71 \cdot 10^{-5}[F]$ ). Në praktikë, këto vlera janë pF, nF ose  $\mu F$ .

Simboli me të cilin kondensatori paraqitet në qarkun elektrik është:



1.10 Simboli i kondensatorit (C)

Përveç simbolit, shënohet edhe germa C, e cila shpeshherë ka një indeks për identifikimin më të lehtë se për cilin kondensator bëhet fjalë dhe me çfarë vlere është ai.

Rasti i dy pllakave të mëdha të elektrizuara, që kemi shqyrtuar deri më tani, është një kondensator. Sipas formës së elektrodave, kondensatorët ndahen në:

- me pllaka
- sferikë
- cilindrikë

## KAPACITETI I KONDENSATORIT

Fusha elektrostatike e cila vendoset në kondensatorin me pllaka, i cili është i ngarkuar me sasi elektriciteti Q, është:

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot s} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

Tensioni ndërmjet elektrodave është:

$$U = E \cdot d = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot s} \cdot d [V]$$

Për kapacitetin e kondensatorit fitohet shprehja:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{\frac{Q}{\epsilon_0 \cdot s} \cdot d} = \frac{Q}{\frac{Q \cdot d}{\epsilon_0 \cdot s}} = \frac{\epsilon_0 \cdot s}{d} [F]$$

Kapaciteti i një kondensatori me pllaka varet drejtpërdrejt nga materiali (nga konstanta dielektrike e atij materiali) me të cilin elektrodave janë të izoluar ndërmjet vete dhe nga sipërfaqja e elektrodave (s), dhe në përpjesëtim të kundërt nga distanca midis pllakave (d). Kapaciteti nuk varet nga sasia e elektricitetit me të cilën ngarkohen elektrodave, as nga tensioni elektrik në të cilin është i lidhur kondensatori, por varet vetëm nga vetitë gjeometrike, respektivisht dimensionet e elektrodave, distanca ndërmjet tyre dhe materiali izolues i përdorur. Nëse ndërmjet elektrodave me pllaka përdoret ndonjë material tjetër si izolim (jo ajri, gjegjësisht vakumi), atëherë kapaciteti i kondensatorit është:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d} [F] \quad (1.12)$$

$C [F]$  – kapaciteti i kondensatorit

$\epsilon_0 \left[\frac{F}{m}\right]$  – konstanta dielektrike

$\epsilon_r$  – konstanta relative dielektrike, për ajër dhe vakum është 1

$s [m^2]$  – sipërfaqja e elektrodave (pllakave të kondensatorit)

$d [m]$  – distanca ndërmjet elektrodave (pllakave të kondensatorit)

Kur nuk përmendet se si është materiali izolues ndërmjet pllakave, elektrodave të një kondensatori, supozohet se është ajri.

DETYRA për ushtrime:

46. Llogaritni kapacitetin e një kondensatori me pllaka me sipërfaqe të pllakave prej  $0,2m^2$ , në distancë prej  $4mm$ , i vendosur në ajër.

$$/ C = 4,42 \cdot 10^{-10} F = 442 \cdot 10^{-12} F = 442 [pF] /$$

Të llogaritet kapaciteti i të njëjtit kondensator, nëse izolator vendoset tefloni ( $\epsilon_r = 2,1$ ). Të diskutohet rezultati.

$$/ C = 9,28 pF, \text{ kapaciteti rritet gjatë përdorimit të ndonjë materiali tjetër izolues ndryshe nga ajri } /$$

47. Kapaciteti i një kondensatori me pllaka është  $30 pF$  dhe sipërfaqja e pllakës është  $4dm^2$ . Përcaktoni se në çfarë distance janë pllakat, nëse ato janë të elektrizuara me një sasi elektriciteti prej  $24 nC$ . Përcaktoni vlerën e tensionit të lidhur.

$$/ d = 0,01179m \approx 0,012m = 12 [mm]; U = 800 [V] /$$

48. Kapaciteti prej  $180 nC$  në një kondensator me pllaka, elektrodave të cilat janë në një distancë prej  $3mm$ , e mban elektrizimin e elektrodave në  $80nC$ . Përcaktoni sipërfaqen e pllakave, tensionin dhe fushën elektrostatische ndërmjet tyre.

$$/ s = 62 [m^2]; U = 0,44 [V]; E = 148 \left[\frac{V}{m}\right] /$$

49. Fusha elektrostatische në mes të elektrodave të kondensatorit me pllaka është  $50 V/m$ , sasia e elektricitetit është  $15nC$ , dhe tensioni i saj është  $90V$ . Përcaktoni kapacitetin e kondensatorit, vetitë e tij gjeometrike (sipërfaqen e pllakave dhe distancën midis tyre), si dhe energjinë që do të zhvillohet.

$$/ s = 0,034 [m^2]; C = 167 [pF]; d = 1,8 [mm]; W = 675 [J] /$$

50. Sa duhet të jetë sipërfaqja e elektrodave në një kondensator me pllaka që është i lidhur në tension elektrik prej  $40V$  ndërsa energjia elektrike e tij është  $100 \mu J$ , me distancë ndërmjet pllakave prej  $4mm$ ?

$$/ s = 57 [m^2] /$$

## LLOJET E KONDENSATORËVE

Kondensatorët ndahen në dy grupe të mëdha:

1. të përhershëm
2. të ndryshueshëm

### 1. Kondensatorët e përhershëm sipas formës ndahen në:

- **cilindrikë** – këta janë kondensatorë me pllaka që prodhohen nga fleta metalike ndërmjet të cilave ka fleta izoluese. Sipërfaqja e fletës e përcakton  $s$ ; distanca ndërmjet fletëve, gjegjësisht trashësia e fletës izoluese është disa dhjetëra nm dhe e përcakton  $d$ , ndërsa lloji i fletës izoluese përcaktohet nga  $\epsilon_r$  dhe me formulën:  $C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d} [F]$ , llogaritet kapaciteti i kondensatorit. Kondensatori me pllaka i fituar në këtë mënyrë më pas mbështillet në formën e një cilindri, prej ku edhe e ka marrë emrin,
- **me pllaka** – prodhohen në mënyrë të ngjashme me ata cilindrikë. Izolatori është shpesh baltë ose xham, kanë kapacitet më të vogël se ata cilindrikë dhe në fazën përfundimtare nuk mbështillen, dhe kështu mbeten në formë pllakash;
- **me disk** – kanë izolim nga qeramika, vlera  $\epsilon_r$  e të cilit është shumë e lartë, ndërsa format e prodhimit janë të ndryshme. Kapaciteti i tyre ka gamën më të madhe të vlerave;
- **me çip** – përdoren në pajisjet elektronike dhe janë më të vegjël me dimensione.

### 2. Kondensatorët e ndryshueshëm kanë dizajnin e kondensatorit me pllaka, materiali izolues i të cilëve është zakonisht ajri, prandaj quhen edhe kondensatorë ajrorë. Elektrodat bëhen nga disa shtresa për të rritur kapacitetin e kondensatorit. Ndryshimi i kapacitetit, sipas vetë formulës për kapacitetin e një kondensatori me pllaka, mund të bëhet duke ndryshuar një nga madhësitë:

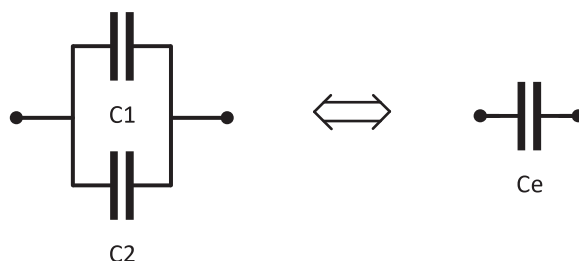
- *Sipërfaqen* ( $s$ ) dhe ky është aplikimi praktik më i zakonshëm. Ndryshimi i sipërfaqes ndikohet nga fakti që njëra elektrodë është e lëvizshme (rrotulluese) dhe sipërfaqja aktive interaktive ndryshohet;
- *Distanca* ( $d$ ) - përdoret në mikrofonat dhe altoparlantët me kondensatorë. Te ata, nën veprimin e një force të jashtme, ndryshon distanca ndërmjet pllakave dhe kështu ndryshon edhe kapaciteti i kondensatorit.

Ka edhe mënyra të tjera në të cilat grupohen kondensatorët. Ndarja bëhet sipas materialit izolues, sipas konstruksionit, aplikimit, sipas formës së pllakave, etj.

## KONDENSATORËT E LIDHUR NË MËNYRË PARALELE

Kondensatorët prodhohen me vlera të paracaktuara, të standardizuara. Në praktikë na duhen edhe vlera të tjera. Këto vlera të tjera fitohen duke lidhur dy ose më shumë kondensatorë, dhe mënyra e lidhjes është paralele, serike ose e kombinuar.

Lidhja paralele e dy kondensatorëve është:



1.11 Dy kondensatorë të lidhur në mënyrë paralele

Kondensatorët  $C_1$  dhe  $C_2$  kanë elektroda të sipërme që janë me të njëjtin potencial  $\varphi_1$  dhe ndërsa të poshtmet në  $\varphi_2$ . Dallimi i potencialeve është i barabartë te të dy kondensatorët, pra të dy kondensatorët kanë të njëjtin tension. Sasia e elektricitetit me të cilën ngarkohen kondensatorët është e ndryshme, domethënë, sasia totale e elektricitetit  $Q$  ndahet dhe kondensatori i parë ngarkohet me  $Q_1$  dhe i dyti me  $Q_2$ .

$$Q = Q_1 + Q_2 [C]$$

$$U = U_1 = U_2 [V]$$

$$C_e = \frac{Q}{U} = \frac{Q_1 + Q_2}{U} = \frac{Q_1}{U} + \frac{Q_2}{U} [F]$$

$$C_e = C_1 + C_2 \quad (1.13)$$

Kondensatorët e lidhur në mënyrë paralele kanë të njëjtin tension por ngarkesë të ndryshme. Kapaciteti ekuivalent i tyre është shuma e kapaciteteve individuale. Nëse lidhen më shumë kondensatorë ( $N$  kondensatorë), formula do të jetë që kapaciteti total është shuma (mbledhja) e të gjitha kapaciteteve individuale:

$$C_e = \sum_{i=1}^N C_i = C_1 + C_2 + \dots + C_N [F] \quad (1.14)$$

DETYRA për ushtrime:

51. Llogaritni kapacitetin total të dy kondensatorëve të lidhur paralelisht, kapacitetet individuale të të cilëve janë 5nF dhe 47nF.

$$/ C = 5 + 47 = 52[nF] /$$

52. Sa është kapaciteti i përgjithshëm i tre kondensatorëve paralelë, kapacitetet e të cilëve janë 100nF, 18nF dhe 2000pF?

$$/ C = 100 + 18 + 2 = 120[nF] /$$

53. Tensioni i dy kondensatorëve të lidhur paralelisht është 100V, sasia e elektricitetit me të cilën ngarkohet kondensatori i parë është 200pC, ndërsa kapaciteti i kondensatorit të dytë është 4pF. Përcaktoni kapacitetin e kondensatorit të parë, ngarkesën e kondensatorit të dytë, si dhe kapacitetin total dhe sasinë totale të elektricitetit.

$$/ C_1 = 2[pF]; Q_2 = 400[pC]; C = 6[pF]; Q = 600[pC] /$$

54. Janë lidhur dy kondensatorë paralelë. I pari ka një kapacitet prej 80pF dhe ngarkesë prej 160nC, ndërsa ngarkesa totale e lidhjes paralele është 200nC. Përcaktoni kapacitetin total të kësaj lidhjeje paralele.

$$/ C = 100[pF] /$$

### KONDENSATORËT E LIDHUR NË MËNYRË SERIKE

Lidhja serike, e njohur ndryshe edhe si lidhja rendore, e dy kondensatorëve, është:



1.12 Dy kondensatorë të lidhur në mënyrë serike

Sasia e elektricitetit në kondensatorin e parë është e barabartë me sasinë e elektricitetit në kondensatorin e dytë, sepse elektroda e poshtme e kondensatorit të parë është e lidhur drejtpërdrejt me elektrodën e sipërme të kondensatorit të dytë. Potenciali i elektrodës së parë nuk është i barabartë me potencialin e asnjërës prej elektrodave të kondensatorit të dytë, pra kanë tensione të ndryshme. Për këta dy kondensatorë vlen sa vijon:

$$Q = Q_1 = Q_2[C]$$

$$U = U_1 + U_2[V]$$

$$U = \frac{Q}{C_e}, \quad U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q}{C_2},$$

$$U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right), \quad \frac{Q}{C_e} = Q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \left[ \frac{1}{F} \right] \quad (1.15)$$

Kondensatorët e lidhur në mënyrë serike kanë kapacitet të ndryshëm dhe ngarkesë të barabartë. Në këtë mënyrë përkufizohet vlera reciproke e kapacitetit total, ndërsa për N kondensatorë të lidhur në mënyrë serike vlen:

$$\frac{1}{C_e} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N} \left[ \frac{1}{F} \right] \quad (1.16)$$

Joprakticiteti i kësaj formule shpesh zëvendësohet nga një zgjidhje shumë më praktike, gjithmonë të barazohen nga dy kondensatorë, dhe atëherë formula është:

$$C_e = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} [F] \quad (1.17)$$

DETYRA për ushtrime:

55. Llogaritni kapacitetin total të dy kondensatorëve të lidhur në seri, kapacitetet individuale të të cilëve janë 2nF dhe 8nF.

$$/ C = 1,6[nF] /$$

56. Sa është kapaciteti total i tre kondensatorëve paralelë, kapacitetet individuale të të cilëve janë 60nF, 40nF dhe 20pF?

$$/ C = \frac{120}{11} = 10,9 \approx 11[pF] /$$

57. Ngarkesa e dy kondensatorëve të lidhur në seri është 100mC. Tensioni i kondensatorit të parë është 2KV, dhe kapaciteti i kondensatorit të dytë është 40μF. Përcaktoni kapacitetin e kondensatorit të parë, tensionin e kondensatorit të dytë dhe tensionin total.

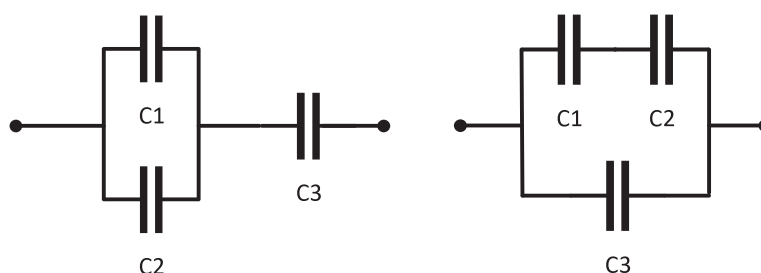
$$/ C_1 = 50\mu F; U_2 = 2,5[KV]; C = 2,2[\mu F]; U = 4,5[KV] /$$

58. Dy kondensatorë janë të lidhur në seri. I pari ka një kapacitet prej 30pF. Kapaciteti total i lidhjes serike është 12pF. Përcaktoni kapacitetin e kondensatorit të dytë.

$$/ C_2 = 20[pF] /$$

## KONDENSATORËT E LIDHUR NË MËNYRË TË KOMBINUAR

Lidhja e kombinuar, siç nënkupton edhe vetë emri, është një kombinim i kondensatorëve të lidhur serik dhe paralel. Kur kondensatorët lidhen paralelisht, kapaciteti total rritet, ndërsa në rastin e kondensatorëve të lidhur në seri, kapaciteti zvogëlohet. Numri më i vogël i kondensatorëve që përbëjnë një lidhje të kombinuar është tre. Një realizim i tillë është:



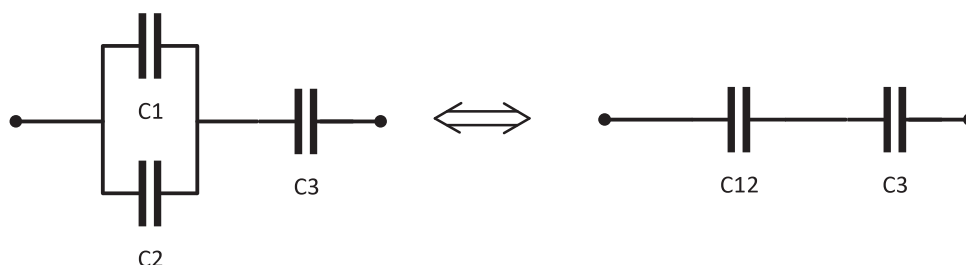
1.13 Lidhja më e thjeshtë e kombinuar prej tre kondensatorësh

Zgjidhja e kësaj lidhjeje të kombinuar është si vijon.

Për fotografinë e parë, vërejmë që kondensatorët  $C_1$  dhe  $C_2$  janë në lidhje paralele. Kapacitetin e tyre total do ta shënojmë me  $C_{12}$ , ndërsa llogaritja është:

$$C_{12} = C_1 + C_2$$

Skema ekuivalente, për fotografinë e parë, tani duket kështu:



Kapaciteti total ekuivalent i këtij qarku është:

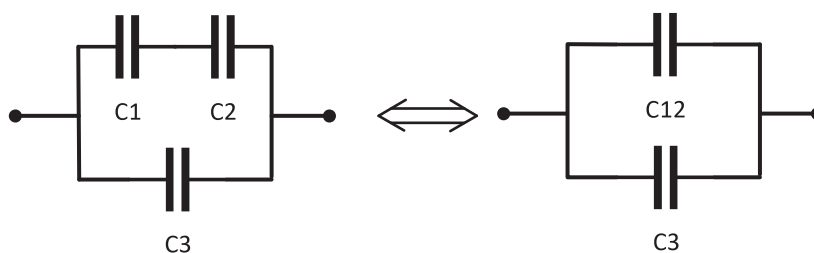
$$C_{\text{ekuivalente}} = C_e = C_{123} = \frac{C_{12} \cdot C_3}{C_{12} + C_3} [F]$$

Është më praktike që kapaciteti ekuivalent total i një qarku të shënohet me  $C_e$  ose  $C_{123}$ . Mënyra e dytë është më e qartë, sepse jep një pasqyrë të asaj se cilët kondensatorë marrin pjesë në ekuivalencë.

Në figurën e dytë, qarku i dytë, së pari barazohet lidhja serike e  $C_1$  dhe  $C_2$ :

$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Skema e ekuivalentuar, për figurën e dytë, ani duket kështu:



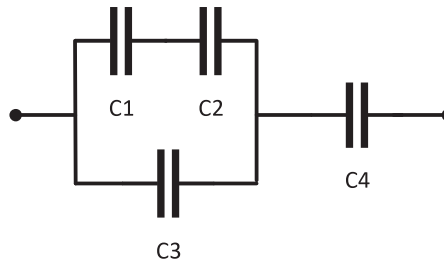
Kapaciteti total ekuivalent i këtij qarku është:

$$C_{\text{ekuivalente}} = C_e = C_{123} = C_{12} + C_3 [F]$$

DETYRA për ushtrime:

59.

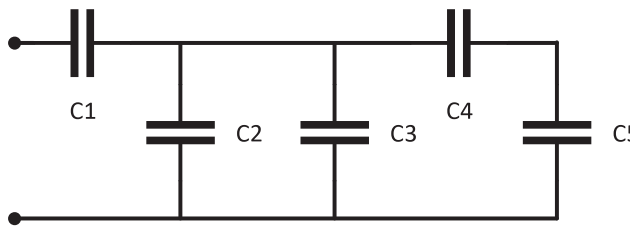
- $C_1 = 300 \text{ nF}$
- $C_2 = 200 \text{ nF}$
- $C_3 = 80 \text{ nF}$
- $C_4 = 50 \text{ nF}$



$/ C_e = 40[\text{nF}] /$

60.

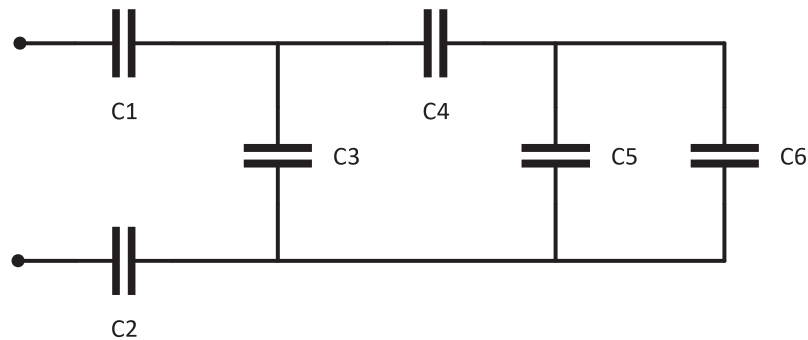
- $C_1 = 40 \text{ pF}$
- $C_2 = 2 \text{ pF}$
- $C_3 = 0,8 \text{ pF}$
- $C_4 = 18 \text{ pF}$
- $C_5 = 12 \text{ pF}$



$/ C_e = 8[\text{pF}] /$

61.

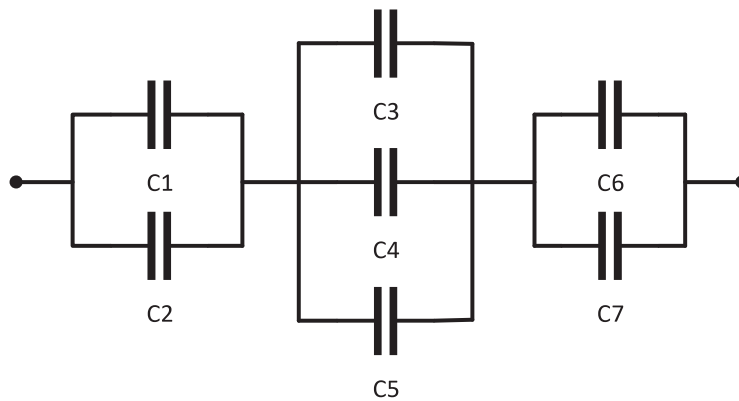
- $C_1 = 1,5 \text{ mF}$
- $C_2 = 3 \text{ mF}$
- $C_3 = 0,5 \text{ pF}$
- $C_4 = 5 \text{ mF}$
- $C_5 = 1 \text{ mF}$
- $C_6 = 4 \text{ mF}$



$/ C_e = 0,75[\text{mF}] /$

62.

- $C_1 = 1,5 \mu\text{F}$
- $C_2 = 0,5 \mu\text{F}$
- $C_3 = 0,4 \mu\text{F}$
- $C_4 = 0,8 \mu\text{F}$
- $C_5 = 0,3 \mu\text{F}$
- $C_6 = 1,9 \mu\text{F}$
- $C_7 = 2,1 \mu\text{F}$



$/ C_e = 0,8[\mu\text{F}] /$



## 2. RRYMAT E VAZHDUESHME

### 2.1. NOCIONET THEMELORE, KARAKTERISTIKAT DHE LIGJET E RRYMAVE TË VAZHDUESHME

#### FORCA E RRYMËS SË VAZHDUESHME

Lëvizja e joneve, respektivisht e grimcave të elektrizuara, studiohet nga elektrokinetika, e cila është pjesë e elektroteknikës. Bëhet fjalë vetëm për një lëvizje të shkaktuar nga veprimi i forcave elektrike. Nëse një trup përçues futet në një fushë elektrike, elektronet e valencës do të ngacmohen. Lëvizja e organizuar dhe e kahëzuar e grimcave të elektrizuara quhet **rrymë elektrike**. Në varësi të grimcave të elektrizuara në lëvizje, rrymat elektrike ndahen në:

- rryma elektronike - lëvizja e elektroneve, karakteristike për lëvizjet në trupat e ngurtë;
- rryma jonike - lëvizja e joneve pozitive ose negative që ndodh në mjedisë të lëngëta dhe të gazta.

**Rrymat elektrike të vazhdueshme** janë ato rryma që nuk ndryshojnë gjatë vëzhgimit të procesit.

#### BURIMI I ENERGJISË ELEKTRIKE

Në mënyrë që të rrjedhë rryma elektrike, duhet të ketë grimca të elektrizuara që mund të lëvizin dhe një fushë elektrike që do ta mundësojë dhe do ta kahëzojë lëvizjen. Shembulli më i thjeshtë është një kondensator, elektrodën e të cilit janë të lidhura. Sasia e elektricitetit nga elektroda negative, përmes lidhjes së jashtme kalon në elektrodën pozitive, nën veprimin e fushës elektrostatiske që vepron në kondensator. Për shkak të lëvizjes së ngarkesave, fusha elektrostatiske zvogëlohet, e cila me kalimin e kohës do të zhduket plotësisht, dhe kështu rrjedha e energjisë elektrike do të ndalet. Për të ruajtur rrymën elektrike, është e nevojshme të rimbushni ngarkesat elektrike me të cilat ngarkohen elektrodën e kondensatorit. Një pajisje që ka këtë veti quhet **burim elektrik**, ose në praktikë njihet si **gjenerator**. Për të rimbushur ngarkesën elektrike është e nevojshme të bëhet punë, gjegjësisht të përdoret energji. Prandaj, themi se burimi elektrik është një pajisje që nga një lloj energjie shndërrohet në energji elektrike. Sipas llojit të shndërrimit kemi:

- bateritë dhe akumulatorët, të cilët e konvertojnë energjinë kimike në energji elektrike;
- Lidhjet në shtëpi, vendet e punës, janë lidhje nga centralet elektrike, të cilat e konvertojnë energjinë mekanike në energji elektrike;
- panelet diellore që konvertojnë diellin në energji elektrike.

Madhësia që karakterizon aftësinë e gjeneratorit për të kthyer një lloj energjie në energji elektrike quhet **forca elektromotore e gjeneratorit (FEM)**, e cila shënohet gjithashtu me  $E$ . Përkufizohet si puna e bërë që një sasi e caktuar e energjisë elektrike të rrjedhë përmes gjeneratorit. E shprehur matematikisht, është:

$$EMC = E = \frac{A}{Q} [V]$$

Simboli për burimin elektrik është:



2.1 Simboli për burimin elektrik

Shenja pranë burimit mund të jetë  $G$ , si për gjeneratorin, ose të qëndrojë  $E$ , si shenja FEM për gjeneratorin.

Çdo burim elektrik ka dy lidhje, polet e burimit. Te burimet elektrike për rrymat e vazhdueshme elektrike, njëri pol është vazhdimisht pozitiv dhe tjetri është vazhdimisht negativ. Kjo është arsyeja pse simboli i burimit të energjisë shpesh shënohet vetëm për lidhjen pozitive, sepse dihet automatikisht se tjetri do të jetë negativ.

## QARKU I MBYLLUR ELEKTRIK DHE ELEMENTET E TIJ

Kur burimi elektrik lidhet me një përcues (tel përcues) dhe përmes tij kalon rrymë, themi se kemi krijuar një qark elektrik elementar. Kur përcuesi nëpër të cilin rrjedh rryma elektrike paraqitet si element, ai element quhet **rezistor**. Simboli i tij elektrik është:



2.2 Simboli i rezistorit R

Shenja për rezistorin është  $R$ , ndërsa njësia bazë për matjen e rezistencës është  $\Omega$  – om ( $R[\Omega]$ ).

Rezistori nënkupton çdo lloj **konsumatori**, i cili simbolikisht përfaqësohet nga rezistenca që ka. Si konsumatorë, në jetën e përditshme hasen: llambat, kompjuterët, monitorët dhe televizorët, celularët, amplifikatorët, altoparantët, frigoriferët, sobat. **Përçueshmëria elektrike** përdoret

gjithashtu si karakteristikë e rezistencës elektrike, e cila përcaktohet si vlera reciproke e rezistencës elektrike.

$$G = \frac{1}{R} [S] \quad (2.1)$$

Njësia bazë e matjes së përçueshmërisë është S-Simensi.

Elementet bazë të një qarku elektrik janë burimet dhe rezistorët, të cilët janë të lidhur në një tërësi. Kjo tërësi duhet të jetë e mbyllur për të siguruar rrjedhjen e energjisë elektrike dhe quhet **qark i mbyllur elektrik**. Ne e përkufizojmë rrymën elektrike si numrin e ngarkesave që rrjedhin nëpër një prerje tërthore të imagjinuar për njësinë e kohës:

$$I = \frac{Q}{t} [A] \quad (2.2)$$

$I [A]$  – forca e rrymës elektrike

$Q [C]$  – sasia e elektricitetit e cila rrjedh nëpër një prerje tërthore të imagjinuar të përçuesit

$t [s]$  – koha për të cilën rrjedh sasia e elektricitetit

Kjo formulë nuk e mbulon kahun e lëvizjes së ngarkesave elektrike. Kahu i rrymës elektrike përcaktohet gjithmonë në vetë skemën elektrike. Qarku më i thjeshtë i mbyllur elektrik përbëhet nga një burim dhe një konsumator:



2.3 Qarku i thjeshtë me një burim dhe një konsumator, me mënyrë të ndryshme të shënimit të rrymës elektrike

Kahu i rrymës tregohet me një shigjetë në linjat që i lidhin elementët ose pak më poshtë/sipër vetë linjës. Kahu i rrymës nëpër elementet në qark është pranuar të jetë nga potenciali më i lartë në atë më të ulët, që në fakt në përputhje me fushën elektrike. Kjo është lëvizja e ngarkesave pozitive dhe ky drejtim quhet kah teknik i rrymës. Kahu teknik është i kundërt me rrjedhën e rrymës elektrike në përçuesit metalikë, sepse në rastin e tyre rryma elektrike përbëhet vetëm nga ngarkesa të elektrizuara negativisht dhe kahu i tyre nuk përputhet me kahun teknik të rrymës. Të gjitha ligjet që janë vendosur në elektroteknikë janë formuluar mbi kahun teknik të energjisë elektrike dhe për këtë arsye të gjitha prezantimet janë bërë për kahun e tillë të rrymës elektrike.

Kur zgjidhni qarqe elektrike më komplekse, është e pamundur të dihet paraprakisht kahu i saktë i rrymës por edhe tensionit. Zgjidhja bëhet me kahe të supozuara paraprakisht, të cilat quhen kahe referente. Kur fitohen rezultate pozitive në llogaritje, ne e dimë se kemi zgjedhur saktë kahun e supozuar, por nëse merren zgjidhje negative, kjo do të thotë vetëm se kahu i saktë është i kundërt me atë të supozuar.

## LIGJI I OMIT

Mund të shihet se me rritjen e tensionit, fusha elektrike do të rritet. Vlera e rritur e fushës elektrike do të rrisë shpejtësinë e lëvizjes së grimcave të ngarkuara, dhe në këtë mënyrë do të rritet edhe sasia e elektricitetit që transmetohet gjatë një periudhe kohore, që është përkufizimi i rrymës elektrike.

Fizikani gjerman Georg Simeon Ohm studioi në mënyrë eksperimentale ndryshimin, varësinë e tensionit nga rryma në një qark elektrik. Ai e ka konstatuar varësinë lineare të tensionit nga rryma dhe e shprehu këtë varësi me formulën:

$$U = I \cdot R [V],$$

Më shumë njihet në formën:

$$I = \frac{U}{R} [A] \quad (2.3)$$

$I [A]$  – forca e rrymës elektrike

$U [V]$  – tensioni në skajet e konsumatorit

$R [\Omega]$  – rezistenca e konsumatorit

**Ligji i Omit** thotë: rryma nëpër një konsumator është në proporcion të drejtë me forcën e tensionit të skajeve të atij konsumatori:



2.4 Kahet e tensionit të një konsumatori, në varësi të kahut të rrymës

Kahu referent i tensionit në skajet e një rezistori ka gjithmonë një vlerë pozitive në anën nga ku hyn rryma. Kahu i tensionit jepet me një shigjetë, ku shigjeta është e drejtuar kah kahu pozitiv referent dhe gjithashtu mund të vendoset një shenjë + në atë anë.

## 2.2 LIDHJA E REZISTORËVE

Rezistorët prodhohen me vlera standarde për rezistencën e tyre. Në zbatimin praktik, llogaritjet më shpesh kërkojnë vlera krejtësisht të ndryshme. Vlerat jo standarde të rezistorëve fitohen nga lidhjet e ndryshme të rezistorëve standardë në lidhje serike, paralele ose të kombinuara.

## REZISTORËT E LIDHUR NË MËNYRË SERIKE

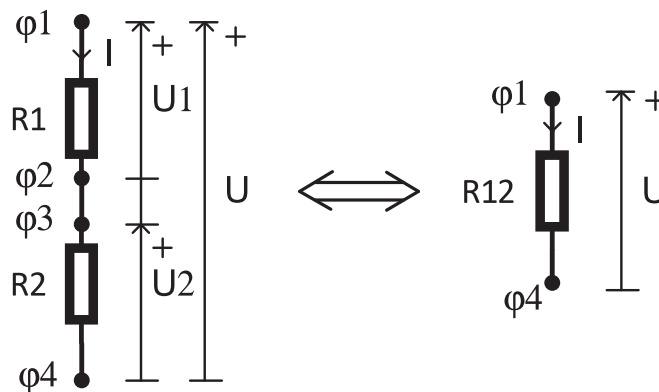
**Lidhja serike** e rezistorëve është një lidhje zgjatimi, që do të thotë se fillimi i rezistorit të dytë pasohet nga skaji i rezistorit të parë. Skajet e lira, fillimi i rezistorit të parë dhe skaji i të dytit janë të lidhur me pjesën tjetër të qarkut. Lidhja serike më e thjeshtë është lidhja e dy rezistorëve, të paraqitur në figurë:



2.5 Dy rezistorë të lidhur në mënyrë serike

**E njëjta rrymë rrjedh përmes lidhjes serike të rezistorëve.** Gjatë kohës  $t$ , një sasi e rrymës elektrike  $Q$  do të rrjedhë nëpër rezistorin e parë, dhe për të njëjtën kohë, e njëjta sasi e rrymës elektrike do të rrjedhë nëpër rezistorin e dytë, kështu që për shkak të rrjedhjes së sasisë së njëjtë të rrymës elektrike, si dhe përkufizimi i rrymës elektrike, konstatohet se rryma nëpër të dy rezistorët është e barabartë, pra rryma është e njëjtë.

Në skemën elektrik, dy rezistorët zëvendësohen nga një rezistor. Ky rezistor quhet rezistor ekuivalent. Kur rezistorët e lidhur në seri zëvendësohen nga një rezistor ekuivalent, kjo quhet ekuivalentim (barazim) i rezistorëve. Rezistori ekuivalent thuhet se ka të njëjtin tension dhe rrymë si tensioni dhe rryma në skajet e lidhjes serike.



2.6 Dy rezistorë të lidhur në seri dhe rezistori i tyre ekuivalent

Nga barazia e tensionit të përgjithshëm dhe rrjedha e rrymës së njëjtë, fitohet:

$$U_1 = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$U_2 = \varphi_3 - \varphi_4$$

$$U = \varphi_1 - \varphi_4$$

$$U_1 + U_2 = (\varphi_1 - \varphi_2) + (\varphi_3 - \varphi_4) = \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4$$

Sepse potencialet  $\varphi_2$  dhe  $\varphi_3$  janë të njëjta, vlen barazia  $\varphi_2 = \varphi_3$ , andaj fitohet:

$$U_1 + U_2 = \varphi_1 - \varphi_4 = U$$

Nëse e zbatojmë Ligjin e Omit për  $U_1$  dhe  $U_2$ , si dhe për  $U$ :

$$U_1 = R_1 \cdot I, \quad U_2 = R_2 \cdot I, \quad U = R_{12} \cdot I$$

Do të fitojmë:

$$U_1 + U_2 = U$$

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

$$I \cdot (R_1 + R_2) = R_{12} \cdot I \quad / : I$$

$$\mathbf{R_e = R_{12} = R_1 + R_2} \quad [\Omega] \quad (2.4)$$

Kjo ekuivalencë vlen edhe për  $N$  rezistorë të lidhur në mënyrë serike:

$$\mathbf{R_e = \sum_{i=1}^N R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_N} \quad [\Omega] \quad (2.5)$$

DETYRA për ushtrime:

1. Llogaritni rezistencën totale të dy rezistorëve të lidhur në seri, rezistencat individuale të të cilëve janë  $15\Omega$  dhe  $25\Omega$ .

$$/ R = 15 + 25 = 40[\Omega] /$$

2. Sa është rezistenca totale e tre rezistorëve serikë, rezistencat individuale të të cilëve janë  $100\Omega$ ,  $180\Omega$  dhe  $220\Omega$ ?

$$/ R = 100 + 180 + 220 = 500[\Omega] /$$

3. Rryma përmes dy rezistorëve të lidhur në seri është  $4A$ , tensioni i rezistorit të parë është  $320V$  ndërsa rezistenca e rezistorit të dytë është  $240\Omega$ . Përcaktoni rezistencën e rezistorit të parë, tensionin e rezistorit të dytë, si dhe rezistencën totale dhe tensionin total të lidhjes serike.

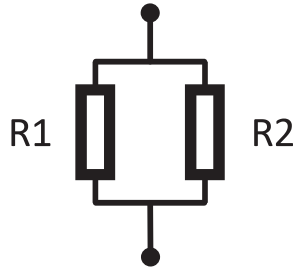
$$/ R_1 = 80[\Omega]; U_2 = 960[V]; R_{12} = 320[\Omega]; U = 1280[V] /$$

4. Dy rezistorë janë lidhur në seri. I pari ka rezistencë  $80\Omega$  dhe tension  $160V$ . Tensionin i përgjithshëm i lidhjes serike është  $200V$ . Të përcaktohet rezistenca totale e kësaj lidhjeje serike.

$$/ R = 100[\Omega] /$$

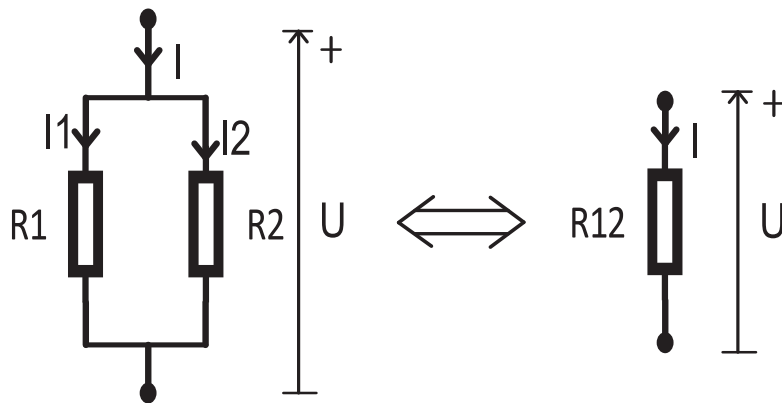
## REZISTORËT E LIDHUR NË MËNYRË PARALELE

Kur fillimi i rezistorit të parë lidhet me fillimin e rezistorit të dytë, dhe skaji i të parit lidhet me skajin e rezistorit të dytë, ndërtohet një **lidhje paralele** e rezistorëve, e treguar në figurë:



2.7 Dy rezistorë të lidhur paralelisht

Përmes lidhjes paralele të rezistorëve **nuk** kalon e njëjta rrymë, por prandaj **lidhja paralele e rezistorëve ka të njëjtin tension**. Në skemën elektrike, të dy rezistorët zëvendësohen nga një rezistor. Ky rezistor quhet rezistor ekuivalent. Kur rezistorët e lidhur paralelisht zëvendësohen nga një rezistor ekuivalent, ajo quhet ekuivalentim (barazim) i rezistorëve. Për rezistorin ekuivalent vlen se ka të njëjtin tension dhe rrymë me tensionin dhe rrymën e skajeve të lidhjes paralele.



Me zbatimin e Ligjit të Omit, te secili rezistor kemi:

$$U = R_1 \cdot I_1, \quad U = R_2 \cdot I_2, \quad U = R_{12} \cdot I$$

Nëse i mbledhim rrymat  $I_1$  dhe  $I_2$ , fitohet:

$$I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = U \cdot \frac{1}{R_{12}} = I$$

Për rezistencën ekuivalente fitohet:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \left[ \frac{1}{\Omega} \right] \quad (2.6)$$

Rezistorët paralelë kanë rrymë të ndryshme por tension të barabartë. Në këtë mënyrë përcaktohet vlera reciproke e rezistencës totale dhe për N rezistorë të lidhur paralelisht vlen si më poshtë:

$$\frac{1}{R_e} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \left[ \frac{1}{\Omega} \right] \quad (2.7)$$

Për shkak të joprakticitetit të kësaj formule, ajo shpesh zëvendësohet nga një zgjidhje shumë më praktike për të barazuar gjithmonë vetëm nga dy rezistorë, dhe më pas formula është:

$$R_e = R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} [\Omega] \quad (2.7)$$

Lidhja paralele e dy rezistorëve të njëjtë gjithmonë jep rezistor vlera e të cilit është sa gjysma e vlerave të rezistorëve origjinalë.

$$R_1 = R_2 = R, \quad R_e = R_{12} = \frac{R}{2} [\Omega]$$

DETYRA për ushtrime:

5. Llogaritni rezistencën totale të dy rezistorëve të lidhur paralelisht, vlerat individuale të të cilëve janë  $1\Omega$  dhe  $4\Omega$ .

$$/ R_e = 0,8[\Omega] /$$

6. Sa është rezistenca totale e tre rezistorëve paralelë, rezistencat e të cilëve janë  $6\Omega$ ,  $9\Omega$  dhe  $4\Omega$ .

$$/ R_e = \frac{36}{19} = 1,89 \approx 1,9[\Omega] /$$

7. Tensioni i dy rezistorëve paralelë është  $100V$ . Rryma përmes rezistorit të parë është  $2A$ , ndërsa rezistenca e rezistorit të dytë është  $40\Omega$ . Përcaktoni rezistencën e rezistorit të parë, rrymën përmes rezistorit të dytë dhe rrymën totale.

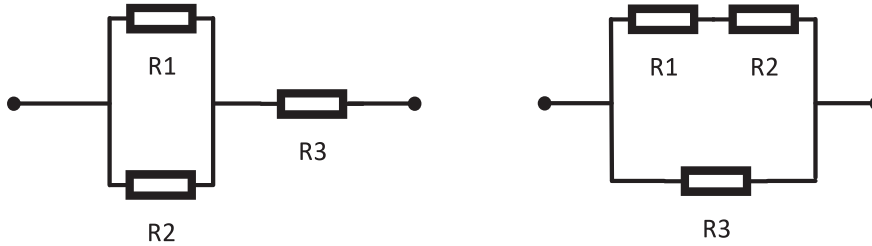
$$/ R_1 = 50\Omega; I_2 = 2,5[A]; R = 2,2[\Omega]; I = 4,5[A] /$$

8. Janë lidhur dy rezistorë paralelë. I pari ka rezistencën  $30\Omega$ . Rezistenca totale e lidhjes paralele është  $12\Omega$ . Përcaktoni rezistencën e rezistorit të dytë.

$$/ R_2 = 20[\Omega] /$$

## REZISTORËT E LIDHUR NË MËNYRË TË KOMBINUAR

Lidhja e kombinuar, siç nënkupton edhe vetë emri, është një kombinim i rezistorëve të lidhur në seri dhe paralelisht. Në rastin e lidhjes serike të rezistorëve, rezistenca totale rritet, ndërsa në rastin e rezistorëve të lidhur paralelisht, rezistenca zvogëlohet. Një lidhje e kombinuar përbëhet nga të paktën tre rezistorë. Një lidhje e tillë është si më poshtë:



2.8 Lidhja më e thjeshtë e kombinuar e tre rezistorëve

Rezistenca totale ekuivalente e qarkut të parë është:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} [\Omega]$$

$$R_{\text{ekuivalente}} = R_e = R_{123} = R_{12} + R_3 [\Omega]$$

Ndërsa rezistenca totale e qarkut të dytë të dhënë është:

$$R_{12} = R_1 + R_2 [\Omega]$$

$$R_{\text{ekuivalente}} = R_e = R_{123} = \frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3} [\Omega]$$

DETYRA për ushtrime:

Në detyrat e mëposhtme, llogaritni rezistencën ekuivalente:

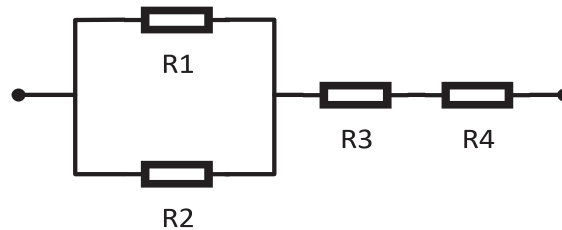
9.

$$R_1 = 12 \Omega$$

$$R_2 = 18 \Omega$$

$$R_3 = 10 \Omega$$

$$R_4 = 8,8 \Omega$$



$$/ R_e = 26[\Omega] /$$

10.

$$R_1 = 2 \Omega$$

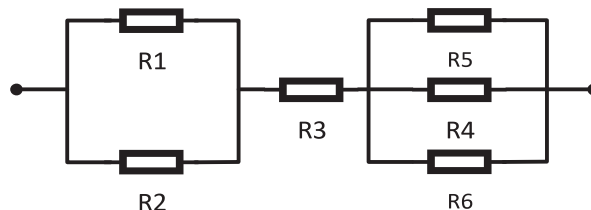
$$R_2 = 6 \Omega$$

$$R_3 = 5,1 \Omega$$

$$R_4 = 15 \Omega$$

$$R_5 = 10 \Omega$$

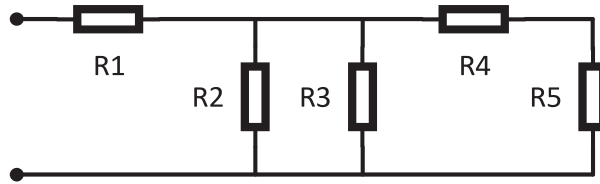
$$R_6 = 4 \Omega$$



$$/ R_e = 9[\Omega] /$$

11.

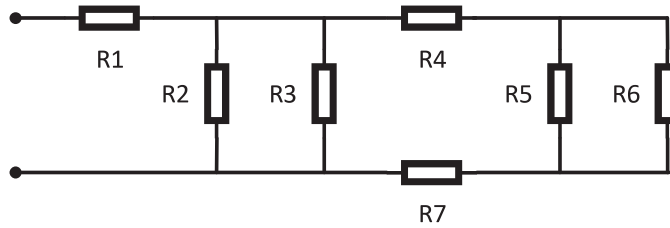
- $R_1 = 5 \text{ K}\Omega$
- $R_2 = 4 \text{ K}\Omega$
- $R_3 = 4 \text{ K}\Omega$
- $R_4 = 1 \text{ K}\Omega$
- $R_5 = 1 \text{ K}\Omega$



$/ R_e = 6[\text{K}\Omega] /$

12.

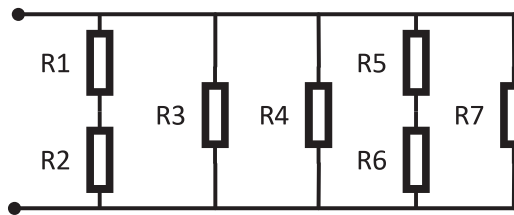
- $R_1 = 5 \Omega$
- $R_2 = 4 \Omega$
- $R_3 = 8 \Omega$
- $R_4 = 3 \Omega$
- $R_5 = 8 \Omega$
- $R_6 = 8 \Omega$
- $R_7 = 1 \Omega$



$/ R_e = 7[\Omega] /$

13.

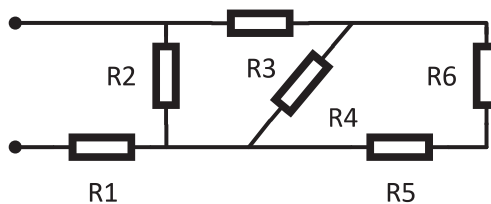
- $R_1 = 0,6\Omega$
- $R_2 = 0,4\Omega$
- $R_3 = 3 \Omega$
- $R_4 = 6 \Omega$
- $R_5 = 8 \Omega$
- $R_6 = 7 \Omega$
- $R_7 = 10 \Omega$



$/ R_e = 0,6[\Omega] /$

14.

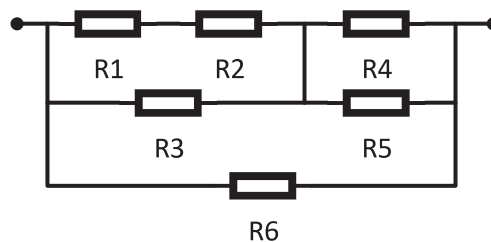
- $R_1 = 25\Omega$
- $R_2 = 60\Omega$
- $R_3 = 8\Omega$
- $R_4 = 20\Omega$
- $R_5 = 18\Omega$
- $R_6 = 12\Omega$



$/ R_e = 40[\Omega] /$

15.

- $R_1 = 5\text{M}\Omega$
- $R_2 = 15\text{M}\Omega$
- $R_3 = 20\text{M}\Omega$
- $R_4 = 30\text{M}\Omega$
- $R_5 = 30\text{M}\Omega$
- $R_6 = 15\text{M}\Omega$

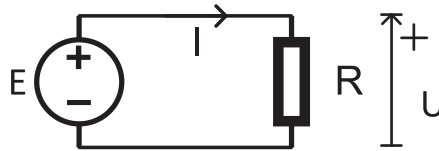


$/ R_e = 9,375[\text{M}\Omega] /$

## 2.3. QARKU I THJESHTË ELEKTRIK ME RRYMË TË VAZHDUESHME

### LLOGARITJA E RRYMËS ELEKTRIKE NË QARK TË THJESHTË

Qarku më i thjeshtë elektrik është ai qark i cili përbëhet nga një burim dhe një rezistor.



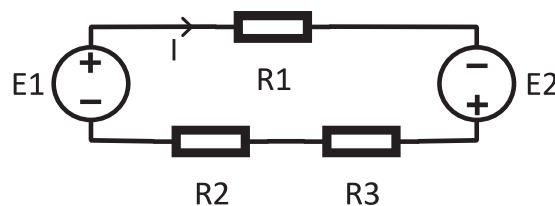
2.9 Qarku i thjeshtë elektrik nga një burim dhe një rezistor

Zgjidhja e një qarku nënkupton përcaktimin e forcës së rrymave dhe tensioneve të të gjithë elementët në qark. Llogaritja e madhësive elektrike të një qarku të caktuar fillon me faktin se tensioni i rezistorit R është i barabartë me forcën elektromotore të burimit ( $E = U$ ), kështu që për forcën e rrymës elektrike në qark kemi:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{E}{R} [A]$$

Në këtë qark elementet lidhen në seri, që do të thotë se rryma nëpër elemente është e njëjtë, respektivisht kjo është zgjidhje për forcën e rrymës në këtë qark.

Një qark i thjeshtë është çdo qark që ka elementë të lidhur vetëm në mënyrë serike, kështu që një formë më komplekse e një qarku të thjeshtë është ajo në të cilën do të ketë disa burime dhe disa rezistorë. Fotografia tregon një qark të thjeshtë me disa elementë, përkatësisht me dy burime dhe tre rezistorë:



2.10 Qarku i thjeshtë me 2 burime dhe 3 rezistorë

Për të llogaritur vlerat në një qark elektrik, supozohet se janë të njohura vlerat për forcat elektromotore të burimeve dhe vlera e rezistencave. Për të llogaritur forcën e rrymës, fillimisht supozohet kahu i saj. Nëse zgjidhja e fituar është pozitive, do të thotë se kahu i supozuar është i njëjtë me kahun e saktë. Një zgjidhje negative do të thotë që kahu i saktë është i kundërt me atë të supozuar, që **nuk** nënkupton se kahu i supozuar duhet të ndryshohet. Kahu i miratuar i rrymës nëpër elementet në qark duhet të jetë nga potenciali më i lartë në atë më të ulët, që për kahun e rrymës nëpër burim do të thotë që rryma të rrjedhë nga ana pozitive e tij. Kështu, për këtë qark fitohet se forca e rrymës nëpër të është:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R_3} [A]$$

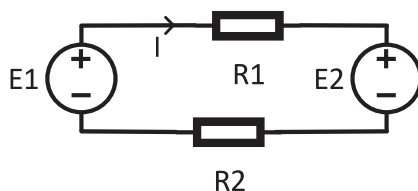
Tensionet e elementeve të veçanta, rezistencat janë:

$$U_1 = U_{R_1} = I \cdot R_1 [V]$$

$$U_2 = U_{R_2} = I \cdot R_2 [V]$$

$$U_3 = U_{R_3} = I \cdot R_3 [V]$$

Në rast se një burim lidhet në mënyrë të kundërt, pra rryma del nga elektroda e tij negative, atëherë në llogaritjen e forcës së rrymës, para atij burimi vendoset shenja minus. Të shohim një qark të tillë të thjeshtë:



2.11 Qark i thjeshtë me 2 burime dhe 2 rezistorë

Tani forca e rrymës për këtë qark është:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} [A]$$

Tensionet e rezistorëve janë:

$$U_1 = U_{R_1} = I \cdot R_1 [V]$$

$$U_2 = U_{R_2} = I \cdot R_2 [V]$$

E përgjithësuar, për qark të thjeshtë mund të shkruajmë se forca e rrymës në qark është:

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} [A] \quad (2.9)$$

Ky term quhet **Ligji i përgjithësuar i Omit** për një qark elektrik të thjeshtë. Forca e rrymës në qark është herësi i të gjitha forcave elektromotore në qark dhe i të gjitha rezistencave në të njëjtin qark. Forcat elektromotore shkruhen me shenjën përmes së cilës del rryma, ndërsa shenja para rezistorëve është gjithmonë plus. Për të zgjidhur plotësisht qarkun, është e nevojshme të përcaktohen tensionet e të gjithë elementëve.

## LLOGARITJA E TENSIONIT ELEKTRIK NDËRMJET DY PIKAVE NË QARKUN E THJESHTË ELEKTRIK

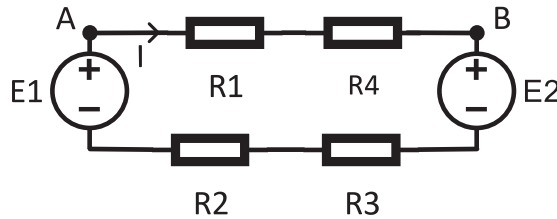
Tensioni ndërmjet dy pikave A dhe B shënohet si  $U_{AB}$ , që nënkupton se pika A është në një potencial më të lartë se pika B, dhe ky emërtim është në përputhje me zbatimin e ligjit të Omit. Sipas asaj që u tha, rrjedh se tensionet  $U_{AB}$  dhe  $U_{BA}$  ndryshojnë vetëm në zgjedhjen e kahut referent, gjegjësisht intensiteti i këtyre tensioneve është i njëjtë por dallojnë për nga shenja, dhe për to vlen si më poshtë:

$$U_{AB} = -U_{BA}.$$

Tensioni ndërmjet dy pikave në një qark elektrik është shuma e forcave elektromotore dhe tensioneve të rezistorëve  $R \cdot I$ , që mund të shkruhet:

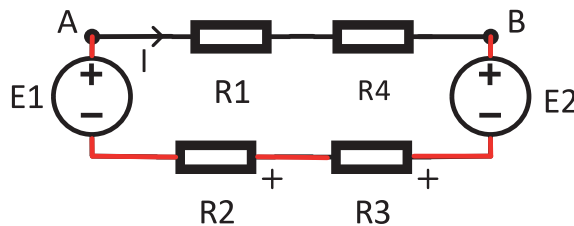
$$U_{AB} = \pm \sum E \pm \sum I \cdot R [V]$$

Gjatë formimit të këtyre mbledhjeve, duhet të merren parasysh shenjat e secilit element individualisht. Kahu i lëvizjes është nga pika A në pikën B, me shenja referente të marra në hyrje. Për forcat elektromotore merret shenja që haset ndërsa për rezistorët vendoset shenja + në anën nga vjen rryma.



2.12 Qarku i thjeshtë, me kahun e shënuar të rrymës

Në përcaktimin e tensionit  $U_{AB}$ , do të lëvizim nga A në B, përgjatë linjës së kuqe dhe do t'i vendosim shenjat e rezistorëve  $R_2$  dhe  $R_3$ , të përcaktuara nga kahu i rrjedhës së rrymës  $I$ , si në foto:



2.13 Qarku i thjeshtë, me kah të shënuar të rrymës dhe linjë për përcaktimin e  $U_{AB}$

Me linjën e kuqe fillimisht arrijmë te  $E_1$  dhe te elektroda e saj pozitive, pra shkruhet  $+E_1$ . Më pas haset  $R_2$ , në anën e potencialit të tij më të ulët, dhe shkruhet si  $-I \cdot R_2$ . E njëjta situatë është me rezistencën  $R_3$ , ajo është  $-I \cdot R_3$ . Në fund hasim elektrodën minus të  $E_2$  dhe ajo është  $-E_2$ . P.sh. Tensioni  $U_{AB}$  është:

$$U_{AB} = +E_1 - I \cdot R_2 - I \cdot R_3 - E_2 [V]$$

Tensioni  $U_{AB}$  mund të llogaritet edhe përmes një linje tjetër, përmes rezistorëve  $R_1$  dhe  $R_4$ , ku formular e tensionit do të jetë:

$$U_{AB} = +I \cdot R_1 + I \cdot R_4 [V]$$

Shenja + para  $E_1$  ose para  $I \cdot R_1$  nuk ka kuptim matematikor, por shkruhet vetëm si ndjekje e rregullit për të shkruar shenjat në hyrje.

Vlera e tensionit të llogaritur në të dyja rastet do të jetë e njëjtë, respektivisht **për llogaritjen e tensionit ndërmjet dy pikave nuk është e rëndësishme rruga nëpër të cilën lëvizim ndërmjet pikave.**

## LIGJI I XHULIT

Fizikani Xhul kreu eksperimentalisht matje për të përcaktuar sasinë e energjisë që shndërrohet në nxehtësi. Eksperimentalisht doli me shprehjen për llogaritjen e energjisë termike që krijohet në një rezistor. Energjia termike është e barabartë me punën që bëhet për të transferuar ngarkesën elektrike që formon rrymën elektrike. Kemi përmendur më parë se tensioni është i barabartë me sasinë e punës së bërë për të transferuar ngarkesën, d.m.th. për punën mund të shkruajmë:

$$A = U \cdot Q [J]$$

Kjo shprehje është për transferimin e një ngarkese pozitive nga një pikë me potencial më të lartë në një pikë me potencial më të ulët.

Nëse marrim parasysh një rezistor me rezistencë  $R$ , përmes së cilës rrjedh një rrymë elektrike me forcë  $I$ , për sasinë e rrjedhur të elektricitetit përmes rezistorit mund të shkruajmë:

$$Q = I \cdot t [C]$$

Tani, për punën e kryer, fitohet shprehja:

$$A = U \cdot I \cdot t [J] \quad (2.10)$$

$A [J]$  – energjia termike e rezistorit

$I [A]$  – forca e rrymës elektrike

$U [V]$  – tensioni në skajet e rezistorit

$t [s]$  – koha për të cilën vëzhgohet energjia termike e krijuar në rezistor

Kjo shprehje e definojnë të a.q. Ligji i Xhulit, me të cilin përcaktohet energjia termike e cila krijohet në një rezistor.

Me zbatimin e Ligjit të Omit, mund të fitohen edhe forma të realizuara të Ligjit të Xhulit:

$$A = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2 \cdot t}{R} [J]$$

Nga parametrat e dhënë në detyrë varet se cila nga format e ligjit të Xhulit do të zbatohet. Përndryshe, kjo shprehje u referohet kaheve referente për tensionin dhe rrymën, të përcaktuara në ligjin e Omit.

Fuqia përcaktohet si puna e bërë në një njësi të kohës:

$$A = P \cdot t [J], \text{ respektivisht } p = \frac{A}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I [W]$$

$A [J]$  – energjia termike e rezistorit

$P [W]$  – fuqia e konsumatorit

$t [s]$  – koha për të cilën vëzhgohet energjia termike e krijuar në rezistor

Respektivisht, për **fuqinë** e konsumatorit fitohet shprehja:

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} [W] \quad (2.11)$$

DETYRA për ushtrime:

16. Llogaritni energjinë termike dhe fuqinë e konsumatorit nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 2A, në skajet e të cilit ka tension prej 5V, për kohën prej 5s.

$$/ A = 40 [J], P = 10 [W] /$$

17. Llogaritni energjinë termike të konsumatorit nga detyra 16, nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 2A, në skajet e të cilit ka tension prej 5V, për kohën prej 40 minutash. Komentoni rezultatin e këtyre detyrave.

$$/ A = 24000 [J] = 24 [KJ] /$$

18. Sa është energjia termike që zhvillohet në një rezistor, në skajet e të cilit ka tension prej 220V dhe nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 2mA, për kohën prej 30 minutash?

$$/ t = \frac{1}{2} h = 0,5 \cdot 3600 = 1800 [s]$$

$$A = 220 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1800 = 792 [J] /$$

19. Llogaritni tensionin që zhvillohet në skajet e një rezistori, nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 50mA, për kohën prej 40s, ndërsa energjia termike në të është 200J.

$$/ U = 100[V] /$$

20. Për sa kohë do të zhvillohet energji termike prej 40kJ, në një rezistor me 100Ω, nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 8A?

$$/ t = 6,25[s] /$$

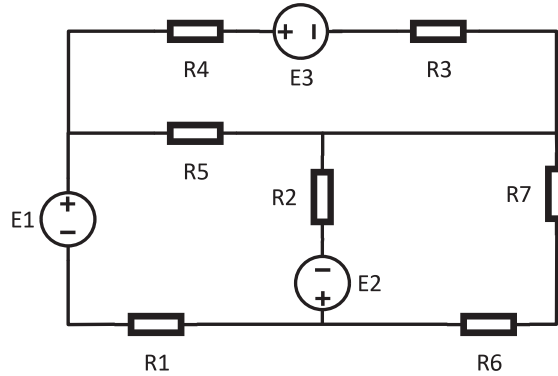
21. Llogaritni tensionin e rezistorit prej 20Ω, në të cilin për kohën prej 2s zhvillohet energji termike prej 360J. Pastaj përcaktoni edhe fuqinë e konsumatorit.

$$/ U = 60[V], P = 180[W] /$$

## 2.4 ZGJIDHJA E QARKUT TË PËRBËRË ELEKTRIK ME RRYMË TË VAZHDUAR, ME ZBATIMIN E LIGJEVE TË KIRHOFIT

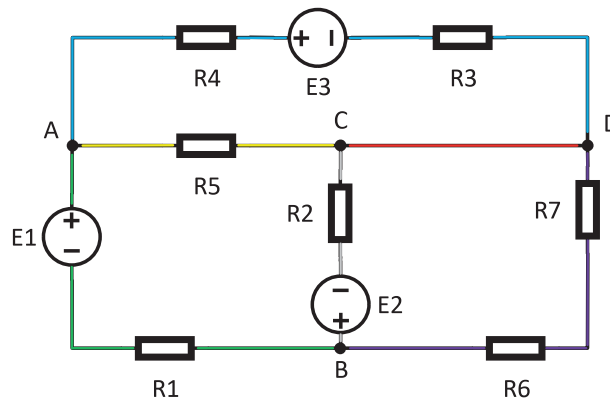
### QARKU I PËRBËRË ELEKTRIK

Në praktikë, qarqet elektrike zakonisht përbëhen nga një numër burimesh dhe rezistorësh, të ndërlidhur në lidhje serike dhe paralele, respektivisht në lidhje të kombinuara. Qarqet e tilla elektrike quhen qarqe të përbëra elektrike.



2.14 Qarku i përbërë elektrik

Vendi ku lidhen tre ose më shumë elementë - në vend të një elementi mund të ketë vetëm një lidhje të shkurtër - quhet **nyje**. Nyejt zakonisht shënohen me shkronja të mëdha (A, B, C dhe D). Pjesa e një qarku elektrik ndërmjet dy nyjave që përmban të paktën një element quhet **degë e qarkut elektrik**. Në çdo degë rrjedh VETËM NJË rrymë, pra secilës degë i përgjigjet një rrymë. Për perceptim më të lehtë, vetëm degët në këtë vizatim janë shënuar me ngjyrë (degë blu, jeshile, e verdhë, vjollcë dhe gri).



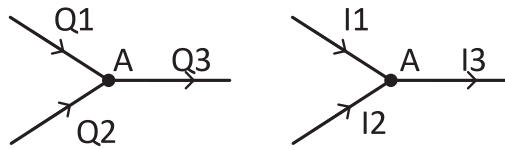
2.15 Qarku i përbërë elektrik me degë të shënuara

Linja që lidh nyjat C dhe D nuk përmban elemente (vija e kuqe), ajo **nuk** është degë dhe quhet **lidhje e shkurtër**. Energjia elektrike rrjedh përmes lidhjes së shkurtër. Kur duhet të jepet numri i degëve për këtë qark të përbërë, ai nuk është 6, por  $N_g = 5$ . Dy nyje me qark të shkurtër konsiderohen si një nyje (e njëjtë) ( $C = D$ ), kështu që numri i nyjave për këtë qark nuk është 4, por  $N_j = 3$ .

**Kontura** është një vijë e mbyllur që bashkon të paktën dy degë. Kahu që vetë i japim konturës quhet orientimi i saj.

## LIGJI I PARË I KIRHOFIT

Nëse kemi tre përçues të lidhur në një nyje të vetme A



2.16 Nyja me sasi elektriciteti ose rryma në të

dhe në secilin përçues rrjedh sasi elektriciteti  $Q_1$  dhe  $Q_2$ , ashtu që nëpër përçuesin e tretë të rrjedhë sasi elektriciteti  $Q_3$ , për të cilën vlen:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

$$\frac{Q_1}{t} + \frac{Q_2}{t} = \frac{Q_3}{t}$$

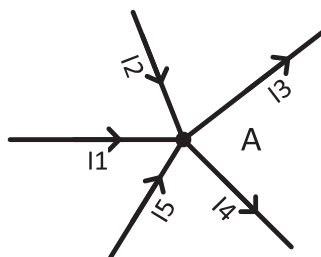
$$I_1 + I_2 = I_3$$

Përfundojmë se rrymat që rrjedhin (hyjnë) në nyje janë të barabarta me rrymat që rrjedhin (dalin) nga e njëjta nyje.

Ky vëzhgim u shpreh nga Kirhofi dhe u përkufizua si Ligji I i Kirhofit, i cili thotë: **shuma e forcave të rrymave në çfarëdo nyje të një qarku elektrik është e barabartë me zero**. Rrymat që hyjnë në nyje merren me shenjën + dhe ato që dalin me shenjën -. Shënimi matematik është:

$$\sum I = 0 \quad (2.12)$$

Ligji i Kirhofit i zbatuar për pjesën tjetër të qarkut:



2.17 Nyja dhe rrymat në të

Do të jetë:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

Ligji I i Kirhofit mund të shprehet gjithashtu si: **shuma e rrymave që hyjnë në një nyje është e barabartë me shumën e rrymave që dalin nga ajo nyje**. Kjo, në fakt, paraqet ligjin fizik

të pashkatërrueshmërisë së sasisë së elektricitetit (sa sasi elektriciteti hyn në një nyje, aq sasi elektriciteti del nga nyja).

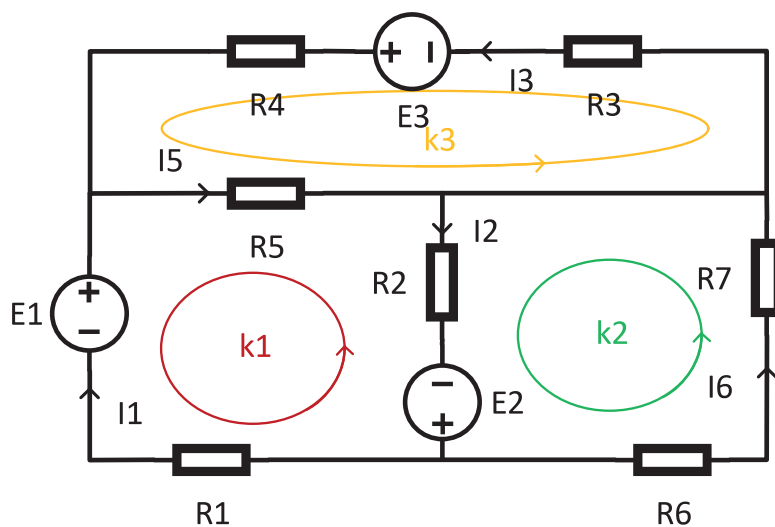
Për pjesën e treguar të qarkut, në nyjën A, mund të shënojmë:

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

Ligji I i Kirhofit u referohet rrymave në një nyje të vetme. Rrymat merren me kahun e tyre të supozuar. Nëse marrim një numër negativ në llogaritjen e vlerës së njërës prej rrymave, kjo do të thotë vetëm se kahu i rrymës është i kundërt me atë të supozuar.

### LIGJI I DYTË I KIRHOFIT

Të shohim një konturë (vijë e paramenduar e mbyllur) e cila është pjesë e një qarku elektrik:



2.18 Qark i përbërë elektrik

Ta marrim konturën k1, e cila ka edhe orientimin e vet. Ligji i cili i lidh forcat elektromotore dhe të gjithë tensionet në atë konturë është Ligji II i Kirhofit. Ai thotë: **shuma e të gjitha forcave elektromotore dhe tensioneve të rezistorëve në një konturë është e barabartë me zero.**

$$\pm \sum E \pm \sum R \cdot I = 0 \quad (2.13)$$

Vihet re se emrat e rrymave elektrike në një degë nuk është patjetër të jenë me numër sekuenial, por indeksat e tyre zakonisht lidhen me indeksin e njërit prej rezistorëve në degë.

Ligji II i Kirhofit i zbatuar për konturën k1 do të jetë:

$$+E_1 - R_1 \cdot I_1 + E_2 - R_2 \cdot I_2 - R_5 \cdot I_5 = 0$$

Duke ndjekur orientimin e konturës, shkruhen shenjat në hyrje. E përmendëm më herët se ana nga e cila vjen rryma në rezistor merret me shenjë +, respektivisht kur kontura k1 ndeshet me rezistorin  $R_5$  vjen në anën e tij, prandaj produkti  $R_5 \cdot I_5$  merret me shenjë -.

Ligji II i Kirhofit i zbatuar për konturën k2 do të jetë:

$$R_6 \cdot I_6 + R_7 \cdot I_6 + R_2 \cdot I_2 - E_2 = 0$$

dhe për konturën k3:

$$R_5 \cdot I_5 + R_3 \cdot I_3 - E_3 + R_4 \cdot I_3 = 0$$

## ZBATIMI I LIGJEVE TË KIRHOFIT NË ZGJIDHJEN E QARQEVETË PËRBËRA ELEKTRIKE

Të zgjidhet një qark i përbërë elektrik do të thotë të përcaktohen të gjitha rrymat në qark, me kusht që të dimë të gjitha vlerat e forcave elektromotore dhe rezistencave në qark. Kjo mund të bëhet duke zbatuar ligjin e Omit dhe Ligjit I dhe II të Kirhofit.

Numri i rrymave është i barabartë me numrin e degëve, sepse në secilën degë në qark rrjedh vetëm një rrymë.

Ne do të shikojmë shembullin e deritanishëm, të paraqitur në Figurën 2.18:

Procedura për përcaktimin e rrymave në një qark elektrik të përbërë shkon gjithmonë në rendin e mëposhtëm:

1. E përcaktojmë numrin e nyjave (në shembullin tonë, ato janë nyjat A, B, C, D), respektivisht  $N_j = 4$ .
2. Numri i barazimeve sipas Ligjit I të Kirhofit është:  $N_j - 1$ , respektivisht për shembullin tonë kjo do të ishte  $N_j - 1 = 4 - 1 = 3$ ; ne vetë përcaktojmë se cilat nyja do të shkruhen, dhe këtu do t'i shënojmë nyjat A, C dhe D.

$$A: I_3 + I_1 - I_5 = 0$$

$$C: I_5 - I_2 - I_8 = 0$$

$$D: I_8 + I_6 - I_3 = 0$$

3. E përcaktojmë numrin e degëve  $N_D$ , që në rastin tonë është  $N_D = 6$ .
4. Numri i barazimeve sipas Ligjit II të Kirhofit është  $N_D - (N_j - 1) = N_D - N_j + 1$ , për rastin tonë ai është  $N_D - (N_j - 1) = 6 - (4 - 1) = 3$ ; këto janë tre konturat k1, k2, dhe k3.

$$k1: -R_5 \cdot I_5 - R_2 \cdot I_2 + E_2 - R_1 \cdot I_1 + E_1 = 0$$

$$k2: R_6 \cdot I_6 + R_7 \cdot I_6 - R_8 \cdot I_8 + R_2 \cdot I_2 - E_2 = 0$$

$$k3: R_5 \cdot I_5 + R_8 \cdot I_8 + R_3 \cdot I_3 - E_3 + R_4 \cdot I_3 = 0$$

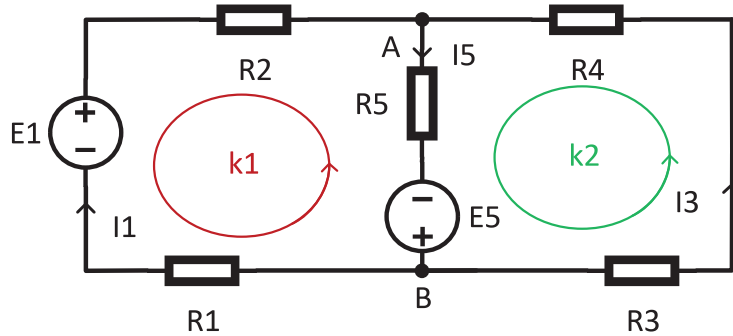
5. Ky sistem ekuacionesh, i shkruar me numrat rendorë 2 dhe 4, zgjidhet dhe fitohen rrymat në qarkun e përbërë elektrik.

DETYRA për ushtrime:

Në detyrat e mëposhtme, llogaritni forcën e rrymave elektrike.

22.

- $R_1 = 5 \Omega$
- $R_2 = 15 \Omega$
- $R_3 = 45 \Omega$
- $R_4 = 35 \Omega$
- $R_5 = 90 \Omega$
- $E_1 = 120V$
- $E_5 = 10V$



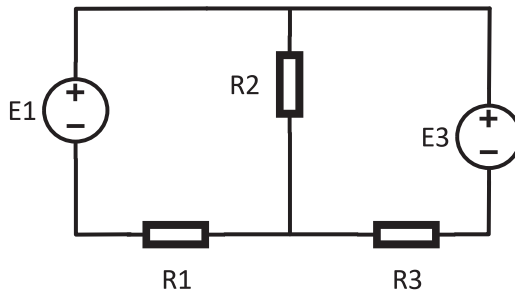
Zgjidhje:

1. Numri i nyjave është  $N_j=2$ .
2. Numri i barazimeve sipas Ligjit I të Kirhofit është  $(N_j - 1) = 2 - 1 = 1$   
 $A: I_1 + I_3 - I_5 = 0$
3. E përcaktojmë numrin e degëve  $N_D$ , që në rastin tonë është  $N_D = 3$ .
4. Numri i barazimeve sipas Ligjit II të Kirhofit është  $N_D - N_j + 1 = 3 - 2 + 1 = 2$ , ato janë dy konturat k1 dhe k2.  
 $k1: -R_5 \cdot I_5 - R_2 \cdot I_1 + E_1 - R_1 \cdot I_1 + E_5 = 0$   
 $k2: R_3 \cdot I_3 + R_4 \cdot I_3 + R_5 \cdot I_5 - E_5 = 0$
5. Ky sistem ekuacionesh, i shkruar me numrat rendorë 2 dhe 4, zgjidhet dhe fitohen rrymat në qarkun e përbërë elektrik.

$$/ I_1 = 2[A], I_3 = -1[A], I_5 = 1[A] /$$

23.

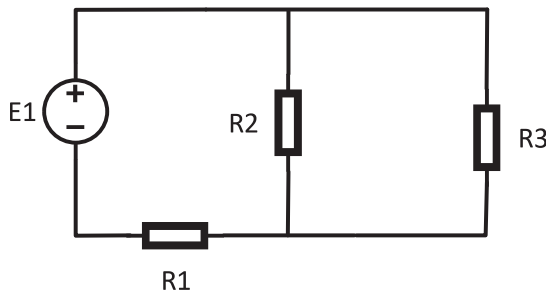
- $R_1 = 10 \Omega$
- $R_2 = 16 \Omega$
- $R_3 = 30 \Omega$
- $E_1 = 100V$
- $E_3 = 170V$



$$/ I_1 = 2[A], I_2 = 5[A], I_3 = 3[A] /$$

24.

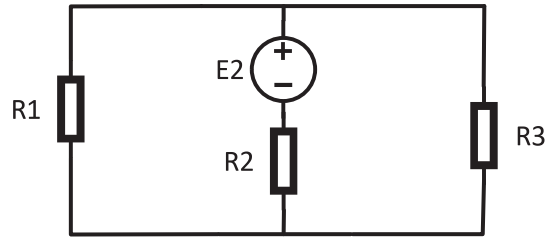
- $R_1 = 12,5 \Omega$
- $R_2 = 10 \Omega$
- $R_3 = 30 \Omega$
- $E_1 = 200V$



$$/ I_1 = 10[A], I_2 = 7,5[A], I_3 = 2,5[A] /$$

25.

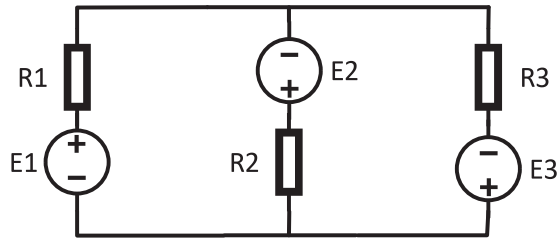
$R_1 = 24\text{k}\Omega$   
 $R_2 = 4\text{k}\Omega$   
 $R_3 = 8\text{k}\Omega$   
 $E_2 = 400\text{V}$



$I_1 = 10\text{[mA]}, I_2 = 40\text{[mA]}, I_3 = 30\text{ [mA]}$

26.

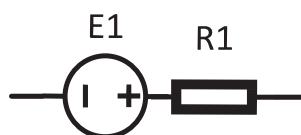
$R_1 = 1\Omega$   
 $R_2 = 5\Omega$   
 $R_3 = 10\Omega$   
 $E_1 = 30\text{V}$   
 $E_2 = 10\text{V}$   
 $E_3 = 20\text{V}$



$I_1 = 10\text{[A]}, I_2 = 6\text{[A]}, I_3 = 4\text{ [A]}$

## 2.5. ZGJIDHJA E QARQVEVE TË PËRBËRA ELEKTRIKE ME RRYMË TË VAZHDUESHME

Një gjenerator, respektivisht burimi i tensionit, karakterizohet nga forca e tij elektromotore dhe me rezistencën e vetë burimit. Themi se ky burim është një burim i vërtetë tensioni. Ky gjenerator shfaqet si një lidhje serike e burimit dhe tensionit:



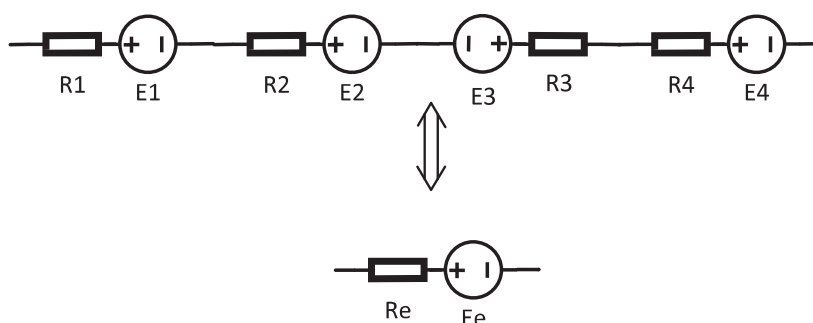
2.19 Burim i vërtetë tensioni

**Në një burim ideal të tensionit, rezistenca ka vlerën prej  $0\Omega$ .**

Në praktikë, shpesh kërkohen vlera burimore jo standarde me prodhimtarinë. Me atë rast bëhet lidhja serike dhe paralele e burimeve, për të arritur vlerën e kërkuar.

### GJENERATORËT E LIDHUR NË MËNYRË SERIKE

Lidhja serike e burimeve është e njëjtë me lidhjen serike të rezistorëve. Burimet e lidhura kështoj formojnë një degë në një qark kompleks:



2.20 Burime të lidhura në mënyrë serike

Kjo metodë e lidhjes përdoret kur duam të rrisim forcën totale elektromotore duke i lidhur të gjitha burimet individuale në mënyrë që forcat e tyre elektromotore të përputhen dhe më pas forca totale elektromotore është shuma e FEM-ve individuale. Nganjëherë lidhja nuk bëhet vetëm në të njëjtin kah siç tregohet në foto, dhe për burimet e lidhura kështoj, vlen:

$$E_e = E_1 + E_2 - E_3 + E_4 [V]$$

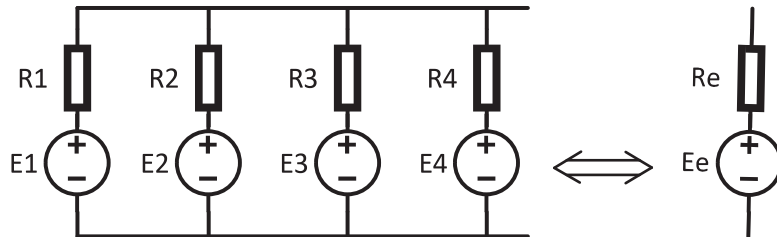
$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 [\Omega]$$

Për burimin me kah të kundërt  $E_3$  themi se është i lidhur në opozitë.

Në përgjithësi, kur do të lidhim burimet  $N$  në seri me kahet e përputhshme të forcave elektromotore, forca totale elektromotore do të jetë shuma e rezistencave individuale, por edhe rezistenca totale është shuma e rezistencave individuale.

## GJENERATORËT E LIDHUR NË MËNYRË PARALELE

Lidhja paralele zbatohet kur ka një kufizim të rrymës së burimit, pra kur burimi mund të përballojë më pak rrymë sesa kërkohet. Gjatë lidhjes paralele të burimeve duhet pasur parasysh polariteti i burimit, respektivisht burimet duhet të lidhen vetëm me të njëjtin pol. Kur lidhim burime me forcë të njëjtë elektromotore dhe rezistencë të njëjtë në lidhje paralele, fitojmë:



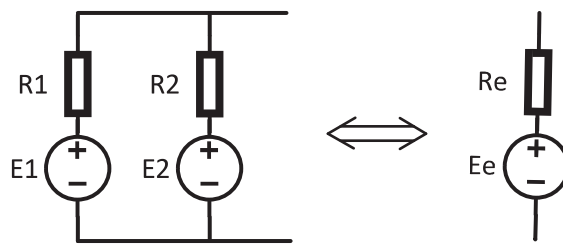
2.21 Burime të njëjta të lidhura në mënyrë paralele

Më këtë rast, burimi ekuivalent është:

$$\begin{aligned} E_e &= E_1 = E_2 = E_3 = E_4 \text{ [V]} \\ R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R, \quad R_e &= \frac{R}{4} \text{ [\Omega]} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Forca elektromotore mbetet e njëjtë me atë të burimeve individuale, ndërsa rezistenca totale ekuivalente zvogëlohet për aq herë sa ka degë të lidhura paralele (në shembullin tonë ky numër është 4).

Paralelisht mund të lidhen edhe burime, forcat elektromotore të cilave nuk janë të njëjta, siç tregohet në fotografi:



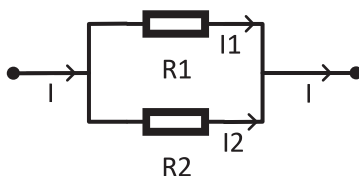
2.22 Dy burime të ndryshme, të lidhur në mënyrë paralele

Për burimet e lidhura kështu vlen:

$$E_e = \frac{E_1 \cdot R_2 + E_2 \cdot R_1}{R_1 + R_2} \text{ [V]}, \quad R_e = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ [\Omega]} \quad (2.14)$$

## NDARËSI I RRYMËS

Kur zgjidhet një qark i përbërë elektrik, shpesh haset një rast kur rryma që vjen në një nyje të caktuar ndahet në dy degë që përmbajnë vetëm rezistorë. Këto dy degë nuk përmbajnë burime.



2.23 Pjesë e një qarku të përbërë, me dy degë paralele

Kur rryma do të vijë te nyja, ajo ndahet në rrymat  $I_1$  dhe  $I_2$ . Ta shënojmë Ligjin I dhe II të Kirhofit për këtë pjesë të qarkut elektrik:

$$\begin{aligned} I - I_1 - I_2 &= 0 \\ +I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 &= 0 \end{aligned}$$

Nëse nga barazimi i dytë e shprehim, p.sh. rrymën  $I_2$ , do të fitojmë:

$$I_2 = \frac{I_1 \cdot R_1}{R_2} [A]$$

Pastaj, nëse këtë shprehje e zëvendësojmë me barazimin e parë, do të kemi:

$$I = I_1 + \frac{I_1 \cdot R_1}{R_2} = I_1 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) = I_1 \cdot \left(\frac{R_2 + R_1}{R_2}\right) [A]$$

Nga këtu, për rrymën  $I_1$  fitohet shprehja:

$$I_1 = \frac{I \cdot R_2}{R_2 + R_1} [A] \quad (2.16)$$

Për këtë ekuacion themi se është formulë e nxjerrë për një **ndarës të rrymës**. Ndarësi i rrymës e përcakton rrymën në njërin nga dy degët paralele dhe është i barabartë me herësin e rrymës kryesore (rryma që vjen në nyje dhe ndahet) shumëzuar me rezistencën e rezistorit të vendosur në degën e kundërt paralele, pjesëtuar me shumën e rezistencave në të dy degët paralele. Rryma tjetër mund të llogaritet në të njëjtën mënyrë:

$$I_2 = \frac{I \cdot R_1}{R_2 + R_1} [A]$$

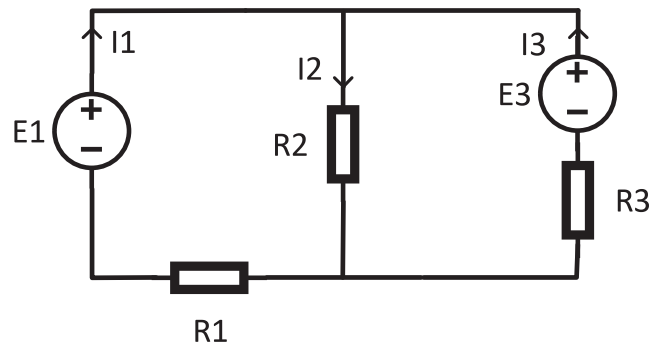
Ose shumë thjeshtë mund të zbatojmë Ligjin I të Kirhofit, që prej aty të llogaritet rryma  $I_2$  si:

$$I_2 = I - I_1 [A]$$

## 2.6 METODA E MBIVENDOSJES (SUPERPOZICIONIT)

Një metodë shumë e zakonshme e përdorur në zgjidhjen e problemeve komplekse, dhe me këtë edhe në zgjidhjen e qarqeve komplekse, është mbivendosja (superpozicioni). Gjatë zgjidhjes së qarqeve të përbëra elektrike me mbivendosje, qarku duhet të përmbajë të paktën dy burime. **Mbivendosja thotë se rryma në një degë të caktuar të një qarku të përbërë elektrik me burime të shumta është shumë algjebrike e rrymave të pjesshme në të njëjtën degë, kur secili prej burimeve vepron individualisht.**

Ta shohim një qark të përbërë elektrik me dy burime:



2.24 Qark i përbërë elektrik, për të cilin, me mbivendosje, përcaktohen të gjitha rrymat në të

Vlerat e elementeve të këtij qarku janë:

$$E_1 = 120 \text{ V}$$

$$E_3 = 160 \text{ V}$$

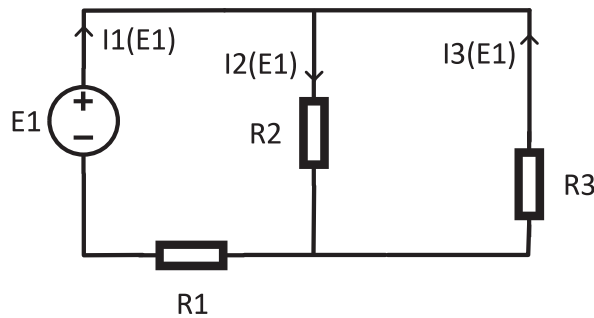
$$R_1 = 4 \ \Omega$$

$$R_2 = 5 \ \Omega$$

$$R_3 = 4 \ \Omega$$

Rrymat individuale në qark janë dhënë në figurë dhe vlera e tyre do të duhet të përcaktohet.

Fillimisht qarku vizatohet me një nga burimet, për shembull  $E_1$ , ndërsa burimet tjera shkëputen (fikja e burimit të tensionit nënkupton heqjen e burimit të tensionit nga qarku dhe zëvendësimin e tij me një lidhje të shkurtër). Kështu fitohet qarku elektrik i mëposhtëm:



2.25 Qark i përbërë elektrik me vetëm një burim,  $E_1$

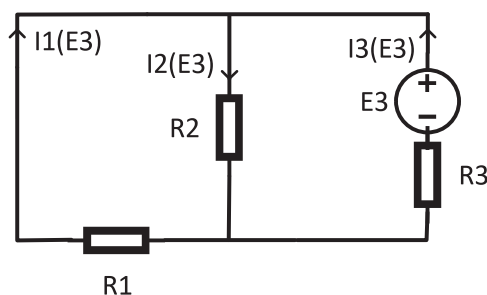
Rrymat në këtë qark i kanë të njëjtat kahe si në vizatimin fillestar, me ndryshimin e vetëm që ato mbartin edhe ( $E_1$ ) në indeks, për të ditur se kjo është rryma që kërkojmë kur në qark vepron vetëm burimi  $E_1$ . Llogaritja e rrymave në një qark të këtillë është zakonisht shumë më e thjeshtë. Këtu, duke zbatuar atë që kemi mësuar deri tani për rrymat, i fitojmë vlerat e mëposhtme:

$$I_1(E_1) = 19,3 [A]$$

$$I_2(E_1) = 8,6 [A]$$

$$I_3(E_1) = -10,7 [A]$$

Pastaj, vizatohet qarku me burimin  $E_3$ , me burimet tjera të përjashtuara:



2.26 Qark i përbërë elektrik me vetëm një burim,  $E_1$

Rrymat në këtë qark i kanë të njëjtat kahe si në vizatimin fillestar, me të vetmin ndryshim që ato tani mbajnë tani ( $E_3$ ) në indeks, për të ditur se kjo është rryma që ne kërkojmë kur në qark vepron vetëm burimi  $E_3$ . Llogaritja aktuale i jep vlerat e mëposhtme:

$$I_1(E_3) = -14,3 [A]$$

$$I_2(E_3) = 11,4 [A]$$

$$I_3(E_3) = 25,7 [A]$$

Rrymat totale në qark janë shumë algjebrike e rrymave individuale, të llogaritura kur në qark vepron vetëm njëri prej burimeve:

$$I_1 = I_1(E_1) + I_1(E_3) = 19,3 - 14,3 = 5 [A]$$

$$I_2 = I_2(E_1) + I_2(E_3) = 8,6 + 11,4 = 20 [A]$$

$$I_3 = I_3(E_1) + I_3(E_3) = -10,7 + 25,7 = 15 [A]$$

Në fund mund të verifikojmë nëse rezultati është i saktë, me zbatimin e Ligjit I të Kirhofit në nyje:

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

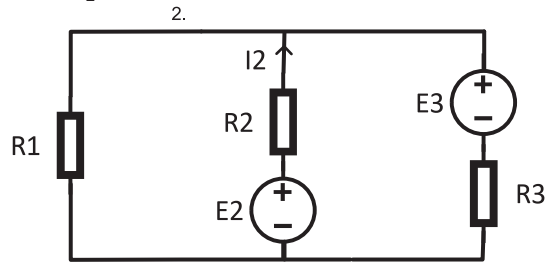
$$5 - 20 + 15 = 0$$

Me këtë kemi vërtetuar se llogaritja e bërë sipas metodës së mbivendosjes (superpozicionit) është e saktë.

DETYRA për ushtrime:

27. Të llogaritet rryma nëpër rezistorin  $R_2$ .

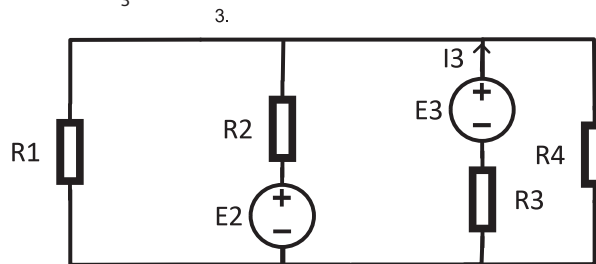
$$\begin{aligned} E_2 &= 100 \text{ V} \\ E_3 &= 80 \text{ V} \\ R_1 &= 12 \Omega \\ R_2 &= 10 \Omega \\ R_3 &= 20 \Omega \end{aligned}$$



$$/ I_2 = 4[A] /$$

28. Të llogaritet rryma nëpër rezistorin  $R_3$ .

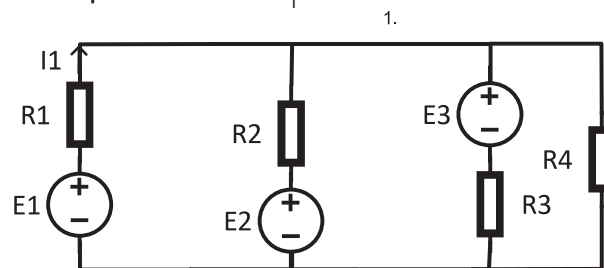
$$\begin{aligned} E_2 &= 10 \text{ V} \\ E_3 &= 12 \text{ V} \\ R_1 &= 1 \Omega \\ R_2 &= 5 \Omega \\ R_3 &= 7 \Omega \\ R_4 &= 5 \Omega \end{aligned}$$



$$/ I_3 = 1[A] /$$

29. Të llogaritet rryma nëpër rezistorin  $R_1$ .

$$\begin{aligned} E_1 &= 90 \text{ V} \\ E_2 &= 30 \text{ V} \\ E_3 &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 9 \Omega \\ R_2 &= 4 \Omega \\ R_3 &= 4 \Omega \\ R_4 &= 2 \Omega \end{aligned}$$



$$/ I_1 = 2[A] /$$

## 2.7. TEOREMA E TEVENENIT

Kur në një qark të përbërë elektrik na duhet të përcaktojmë vetëm një rrymë, është më e përshtatshme të përdorim **Teoremën e Tevenenit**. Kjo teoremë është praktikisht më e realizueshme. **Teorema e Tevenenit thotë se një qark me dy priza A dhe B mund të zëvendësohet nga një qark ekuivalent i përbërë nga një burim tensioni  $E_T$  dhe një rezistor të lidhur në seri  $R_T$ .**

Teorema zhvillohet në tre hapa:

1. Dega në të cilën kërkohet rryma hiqet nga qarku. Në skajet e asaj dege shënohen pikat A dhe B. Pjesa tjetër e qarkut tani ka rryma që kanë vlera të ndryshme nga ato origjinale dhe zakonisht janë më të lehta për t'u llogaritur. Më pas llogaritet tensioni ndërmjet pikave A dhe B. Ky tension është i barabartë me forcën elektromotore të gjeneratorit ekuivalent për pjesën tjetër të qarkut dhe quhet **gjeneratori i Tevenenit  $E_T$** , ku vlen:

$$E_T = U_{AB}$$

2. Në këtë hap, vizatohet pjesa tjetër e qarkut elektrik, pa degën AB, duke shkëputur të gjitha burimet nga qarku. Burimet e tensionit shkëputen duke i zëvendësuar ato me një lidhje të shkurtër. Tani qarku përmban vetëm rezistorë dhe përcaktohet rezistenca ekuivalente midis pikave A dhe B, d.m.th..  $R_{AB'}$ , i cili quhet rezistori i Tevenenit  $R_T$  dhe për të vlen:

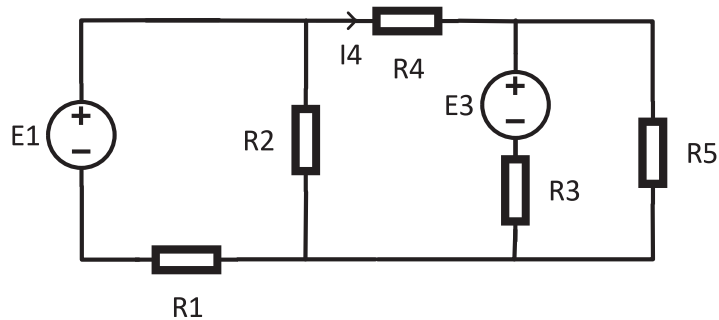
$$R_T = R_{AB}$$

3. Në hapin e fundit, vizatohet një qark i padegëzuar dhe i thjeshtë. Pikat A dhe B shënohen dhe ndërmjet tyre vizatohet  $E_T$ , me + drejt pikës A dhe rezistorit  $R_T$ . Më pas, midis A dhe B në anën tjetër, vizatohet dega që hoqëm, ku kërkojmë rrymën. Rryma në këtë qark kërkohet me Ligjin e përgjithshëm të Omit për një qark të thjeshtë:

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} [A]$$

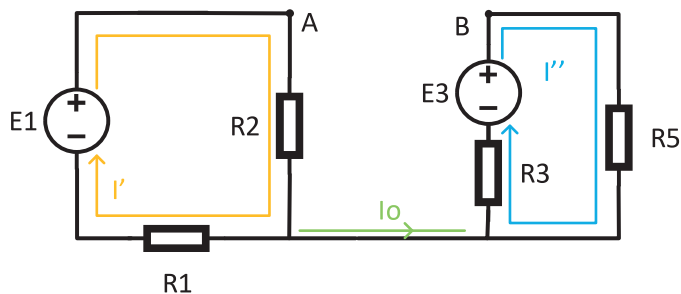
Ku forcat elektromotore shënohen me shenjë nëpër të cilën kalon rryma.

Ta vështrojmë zbatimin e Teoremës së Tevenenit për qarkun e mëposhtëm:



2.27 Qark i përbërë elektrik, ku duhet të caktohet rryma  $I_4$  me Teoremën e Tevenenit

1. Të caktohet rryma  $I_4$  e cila rrjedh nëpër rezistorin  $R_4$ .



2.28 Qark i përbërë elektrik pa degën AB, hapi i parë

Rryma  $I_0$  ka vlerë zero ( $I_0 = 0$ ). Dy rrymat tjera llogariten në këtë mënyrë:

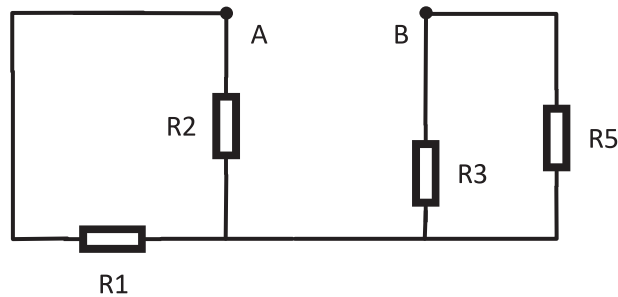
$$I' = \frac{E_1}{R_1 + R_2} [A]$$

$$I'' = \frac{E_3}{R_3 + R_5} [A]$$

Tensioni ndërmjet pikave A dhe B është:

$$U_{AB} = R_2 \cdot I' + R_3 \cdot I'' - E_3 = E_T$$

2. Tani, e vizatojmë qarkun pa degën AB, pa gjeneratorë, dhe qarku përmban vetëm rezistorë, si në figurë:



2.29 Qark i përbërë elektrik, pa degën AB dhe pa gjeneratorë, hapi i dytë

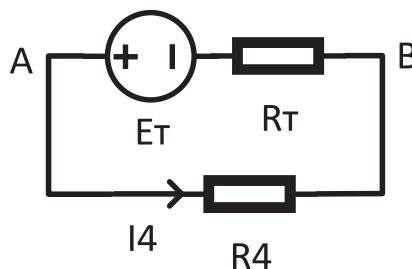
Midis pikave A dhe B, rezistorët janë të lidhur në mënyrën vijuese:  $R_1$  dhe  $R_2$  janë paralele,  $R_3$  dhe  $R_5$  janë paralele dhe rezistencat e tyre ekuivalente janë serike. Kjo shënohet:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} [\Omega]$$

$$R_{35} = \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5} [\Omega]$$

$$R_{AB} = R_T = R_{12} + R_{35} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5} [\Omega]$$

3. Qarku i padegëzuar ndërmjet pikave A dhe B është:



2.30 Qark ekuivalent me degën AB dhe gjeneratori ekuivalent i Tevenenit dhe rezistenca

Rryma në këtë qark të thjeshtë është:

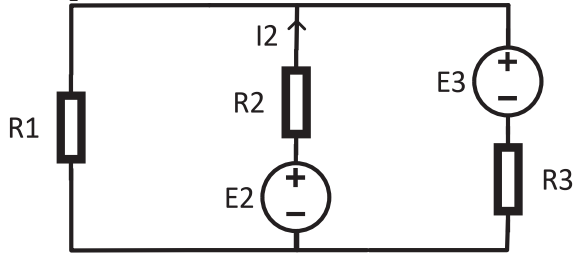
$$I_4 = \frac{E_T}{R_T + R_4} [A]$$

*Teorema e Tevenenit përdoret gjithashtu për të gjetur fuqinë maksimale që një qark mund t'i japë një konsumatori të vetëm. Fuqia maksimale i jepet një konsumatori kur rezistenca e konsumatorit është e barabartë me rezistencën e Tevenenit.*

DETYRA për ushtrime:

1. Të llogaritet rryma nëpër rezistorin  $R_2$ .

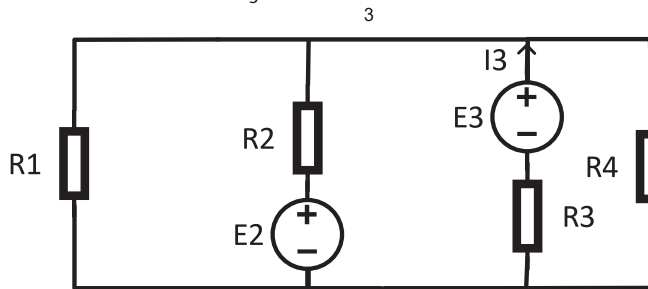
- $E_2 = 100 \text{ V}$
- $E_3 = 80 \text{ V}$
- $R_1 = 12 \Omega$
- $R_2 = 10 \Omega$
- $R_3 = 20 \Omega$



$I_2 = 4 \text{ [A]}$

2. Të llogaritet rryma nëpër rezistorin  $R_3$ .

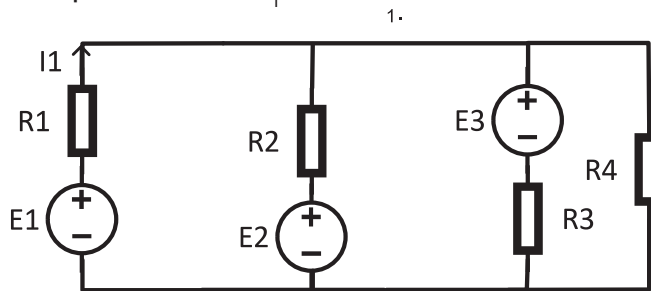
- $E_2 = 10 \text{ V}$
- $E_3 = 12 \text{ V}$
- $R_1 = 1 \Omega$
- $R_2 = 5 \Omega$
- $R_3 = 7 \Omega$
- $R_4 = 5 \Omega$



$I_3 = 1 \text{ [A]}$

3. Të llogaritet rryma nëpër rezistorin  $R_1$ .

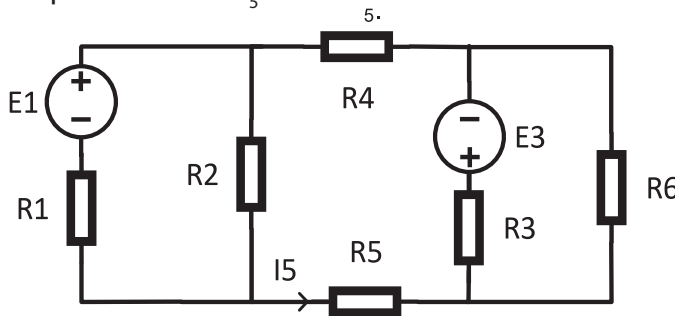
- $E_1 = 90 \text{ V}$
- $E_2 = 30 \text{ V}$
- $E_3 = 40 \text{ V}$
- $R_1 = 9 \Omega$
- $R_2 = 4 \Omega$
- $R_3 = 4 \Omega$
- $R_4 = 2 \Omega$



$I_1 = 2 \text{ [A]}$

4. Të llogaritet rryma nëpër rezistorin  $R_5$ .

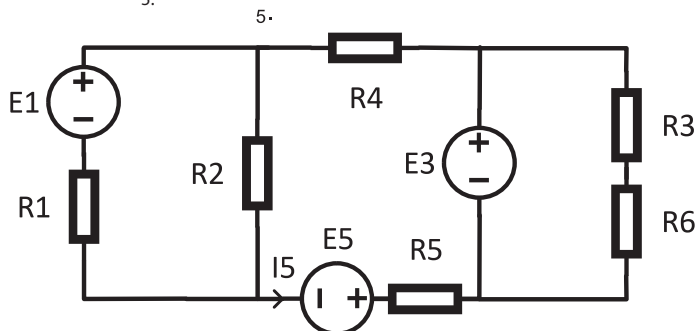
- $E_1 = 10 \text{ V}$
- $E_3 = 15 \text{ V}$
- $R_1 = 4 \Omega$
- $R_2 = 1 \Omega$
- $R_3 = 2 \Omega$
- $R_4 = 10 \Omega$
- $R_5 = 9 \Omega$
- $R_6 = 3 \Omega$



$I_5 = -0,5 \text{ [A]}$

5. Të llogaritet rryma nëpër rezistorin  $R_5$ .

- $E_1 = 10 \text{ V}$
- $E_3 = 26 \text{ V}$
- $E_5 = 12 \text{ V}$
- $R_1 = 10 \Omega$
- $R_2 = 15 \Omega$
- $R_4 = 4 \Omega$
- $R_5 = 25 \Omega$



$I_5 = 2 \text{ [A]}$

### 3. NDIKIMET MAGNETIKE

#### 3.1 INDUKSIONI MAGNETIK, PERMEABILITETI DHE ELEKTROMAGNETI

##### VEKTORI I INDUKSIONIT MAGNETIK NË AFËRSI TË NJË PËRÇUESI TË HOLLË E TË DREJTË NËPËR TË CILIN RRJEDH RRYMË

Fjala magnetizëm vjen nga emri i qytetit të Magnezisë në Azinë e Vogël, pranë të cilit kishte një minierë magnetiti.

Një përçues përmes të cilit rrjedh rryma, rreth tij krijon një fushë që ka vetinë të veprorë në një gjilpërë magnetike, respektivisht ta lëvizë atë. Gjetjet e Amperit tregojnë se ekziston një forcë midis dy përçuesve nëpër të cilët rrjedh rrymë, dhe kjo forcë është tërheqëse ose shtytëse, në varësi të drejtimit të rrymës nëpër përcjellës.

Karakteristikë e këtyre forcave është se ato janë pasojë e veprimit magnetik të rrymës elektrike, prandaj edhe quhen forca elektromagnetike. Dukuritë magnetike janë pasojë e vetive të fituara nga hapësira rreth përcjellësve nëpër të cilët rrjedh rryma. Kjo hapësirë është sjellë në një gjendje të veçantë fizike. Gjendja e veçantë e hapësirës rreth një përcjellësi nëpër të cilin rrjedh një rrymë elektrike quhet **fushë magnetike**. Pra, ky pohim është i dyanshëm: ekziston një fushë magnetike rreth një përçuesi nëpër të cilin rrjedh një rrymë elektrike, ose nëse ka një fushë magnetike, kjo është pasojë e ndikimit magnetik të rrymës elektrike.

Madhësia që përdorim për të përshkruar fushën quhet **induksion magnetik** dhe vektori i saj është  $B$ . Kahu i vektorit të induksionit magnetik përcaktohet nga kahu i treguar nga poli verior i gjilpërës magnetike, i vendosur afër përcjellësit përmes të cilit rrjedh rryma elektrike.

Shkencëtarët francezë Bio dhe Savar vëzhguan një përçues të gjatë (pafundësisht të gjatë), të hollë e të drejtë përmes të cilit rrjedh rrymë elektrike. Shkencëtarët e kanë përcaktuar në mënyrë eksperimentale intensitetin dhe kahun e një fushe magnetike, respektivisht vektorin e induksionit magnetik që shfaqet rreth një përcjellësi. Kështu përcaktohet intensiteti i induksionit magnetik:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} [T] \quad (3.1)$$

$B [T]$  – induksioni magnetik

$I [A]$  – forca e rrymës elektrike nëpër përçues

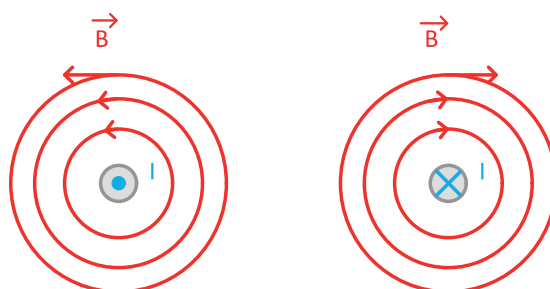
$r [m]$  – distanca nga përçuesi deri te vendi (pika) ku përcaktojmë intensitetin e vektorit të induksionit magnetik

$\mu_0 [H/m]$  – përshkueshmëria e vakumit:  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} = 12,5664 \cdot 10^{-7} [H/m]$

Kjo shprehje për llogaritjen e intensitetit të induksionit magnetik quhet **Ligji i Bio-Savarit**.

Vektori i induksionit magnetik  $\vec{B}$ , ka drejtimin dhe kahun e vet, të cilat përcaktohen nga i ashtuquajtimi rregulli i dorës së djathtë.

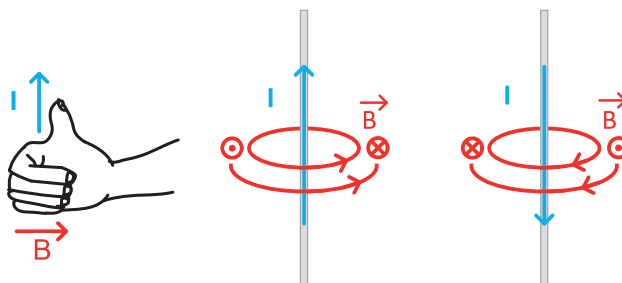
Kur përçuesi vendoset pingul me rrafshin që po vëzhgojmë dhe drejtimi i rrymës elektrike nëpër të është nga rrafshi drejt nesh, atëherë drejtimi i rrymës paraqitet me  $\cdot$  (pikë), ndërsa nëse drejtimi është nga sytë tanë drejt rrafshit, kahu i rrymës paraqitet me  $\times$  (iks). Kahu i rrymës përkon me drejtimin e gishtit të madh të zgjatur të dorës së djathtë, ndërsa drejtimi dhe kahu i vektorit të induksionit magnetik përkon me gishtat e dorës së djathtë (rregulli i dorës së djathtë), siç tregohet në këtë figurë:



3.1 Vektori i induksionit magnetik, i përcaktuar nga rregulli i dorës së djathtë, në rastet kur rryma rrjedh pingul me rrafshin e vëzhguar, me kahun nga rrafshi drejt nesh dhe nga ne drejt rrafshit

Vektori i induksionit magnetik shtrihet në drejtim të tangjentes së rrethit, qendra e të cilit mbulohet me përçuesin e hollë, të drejtë dhe pafundësisht të gjatë.

Nëse i vëzhgojmë të njëjtët përçues të shtrirë në rrafshin e vëzhguar, fotografia do të jetë si më poshtë:



3.2 Vektori i induksionit magnetik, i përcaktuar nga rregulli i dorës së djathtë, në dy raste - kur rryma rrjedh lart ose poshtë ndërsa induksioni magnetik është normal me rrafshin e vëzhguar

DETYRA për ushtrime:

1. Llogaritni sa është induksioni magnetik i cili krijohet nga një përçues i drejtë nëpër të cilin rrjedh rrymë elektrike prej 8A, në distancë prej 5cm nga përçuesi.

$$/ B = 0,000016[T] = 16[\mu T] /$$

2. Sa rrymë krijon induksioni magnetik prej 20mT, në distancë prej 1mm?

$$/ I = 100[A] /$$

3. Llogaritni distancën në të cilën vepron induksioni magnetik prej 16mT, krijuar nga rryma elektrike me forcë 8A, e cila rrjedh nëpër një përçues të drejtë.

$$/ r = 0,0001[m] = 0,1[mm] /$$

## VEKTORI I INDUKSIONIT MAGNETIK NGA SPIRALJA NËPËR TË CILËN RRJEDH RRYMË

Në praktikë shpesh përdoret një formë tjetër përçuesi, e cila quhet **spirale**, respektivisht **solenoid**. Spiraloja është formë që fitohet nga mbështjellja e një përçuesi rreth një trupi cilindrik. Spiraloja shënohet me  $L$ , dhe simboli i saj është:



3.3. Simboli i spirales

Numri i mbështjelljeve të plota, duke krijuar një rreth të tërë, quhet numër i mbështjelljeve dhe shënohet me  $N$ , ndërsa gjatësia që do të arrihet me një mbështjellje të tillë shënohet me  $l$ . Shprehja për përcaktimin e induksionit magnetik në qendrën e spirales me një prerje tërthore rrethor u përcaktua eksperimentalisht nga fizikani francez Puje, dhe ai është:

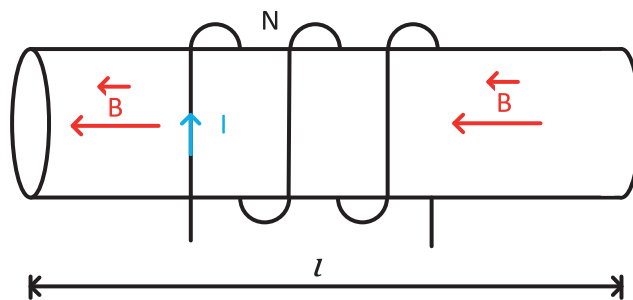
$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{l} [T] \quad (3.2)$$

$B [T]$  – induksioni magnetik i spirales, i njohur si **Ligji i Pujesë**

$N$  – numri i mbështjelljeve, numër padimensiononal

$I [A]$  – forca e rrymës elektrike nëpër spirale

$l [m]$  – gjatësia e spirales



3.4 Vektori i induksionit magnetik, drejtimi dhe kahu te spiraloja

Drejtimi i vektorit të induksionit magnetik përkon me boshtin e spirales, ndërsa kahu përcaktohet nga rregulli i dorës së djathtë. Gishtat e dorës së djathtë tani drejtohen në kahun e rrjedhjes së rrymës, ndërsa gishtin e madh i shtrirë tregon kahun e induksionit magnetik.

DETYRA për ushtrime:

4. Llogaritni sa është intensiteti i induksionit magnetik që krijohet nga spiralja me 100 mbështjellëse të ngjeshura, nëpër të cilat rrjedh rrymë elektrike me forcë 20A, ndërsa spiralja është e gjatë 25mm.

$$/ B = 0,10048[T] \approx 100[mT] /$$

5. Sa rrymë krijon induksioni magnetik prej  $2\mu T$ , e cila rrjedh nëpër 60 mbështjellëse në një spirale me gjatësi prej 1mm.

$$/ I = 0,0000265[A] = 26,5[\mu A] /$$

6. Llogariteni gjatësinë e spirales e cila ka 400 mbështjellëse të ngjeshura nëpër të cilat rrjedh rrymë prej 10mA, ndërsa krijonë induksion magnetik prej  $160\mu T$ .

$$/ l = 0,0314[m] = 3,14[cm] /$$

## PERMEABILITETI MAGNETIK, PERMEABILITETI RELATIV MAGNETIK

Vëzhgimet e deritanishme u referohen fushave magnetike në vakum. Konstanta  $\mu_0$  është një karakteristikë e vetive magnetike në vakum. Në praktikë, mjedisi nuk është gjithmonë një vakum. Ndryshimet e manifestuara në mjedise që nuk janë vakum janë studiuar për një kohë të gjatë dhe është arritur në përfundimin se drejtimi dhe kahu i induksionit magnetik janë të njëjtë, por intensiteti i tij ndryshon nëse ndryshon fusha magnetike. Madhësia që përmban ndikimin e mjedisit në fushë quhet **permeabiliteti magnetik** e materialit, shënohet me  $\mu$  dhe llogaritet me:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r \left[ \frac{H}{m} \right] \quad (3.3)$$

$\mu \left[ \frac{H}{m} \right]$  – **permeabiliteti** magnetik i materialit

$\mu_0 \left[ \frac{H}{m} \right]$  – **permeabiliteti** magnetik i vakumit

$\mu_r$  – **permeabiliteti** relativ magnetik i materialit

Induksioni magnetik i përçuesit të drejtë të vendosur në ndonjë material me  $\mu_r$  është:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} [T]$$

ndërsa induksioni magnetik i spirales së mbushur me ndonjë material me  $\mu_r$  është:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N \cdot I}{l} [T]$$

Sipas vlerës së  $\mu_r$ , respektivisht sipas vetive magnetike të materialeve, ato mund të ndahen në:

- **Diamagnetikë**, ku  $\mu_r < 1$ ; këto janë materiale që reduktojnë fushën magnetike;
- **Paramagnetikë**, ku  $\mu_r \geq 1$ ; këto janë materiale që kanë veti të ngjashme, pra nuk ndryshojnë nga vakuumi. Kjo përfshin edhe ajrin;
- **Ferromagnetikë**, ku  $\mu_r \gg 1$ . Në disa materiale,  $\mu_r$  mund të jetë më shumë se 100000. Ferromagnetet janë praktikisht materialet më të përdorura.

Kur në bërthamën e spirales do të vendoset bërthamë e materialit ferromagnetik, ajo krijon rreth vetes një induksion magnetik që është  $\mu_r$  herë më i madh se origjinali, kur bërthama ishte ajrore. Sistemi i fituar në këtë mënyrë është një **elektromagnet**. Fundi i spirales (bobinës) nga ku del vektori i induksionit magnetik, quhet **poli i veriut (N)**, kurse pjesa nga hyn induksioni magnetik quhet **poli jugor (S)** i magnetit. Një elektromagnet gjithashtu mund të bëhet në mënyrë që në një magnet të përhershëm, do të mbështillen në mënyrë të ngjeshur N mbështjellës përmes të cilëve do të lëshohet të rrjedhë rryma I. Fusha magnetike e krijuar në këtë mënyrë duhet të përkojë me fushën magnetike të magnetit të përhershëm dhe në këtë mënyrë të kryejë përforcimin e tij.

DETYRA për ushtrime:

7. Llogaritni intensitetin e induksionit magnetik që krijohet nga spiralja me 100 mbështjellës të palosur ngjeshur, nëpër të cilën rrjedh rrymë elektrike me forcë 6A, nëse gjatësia e spirales është 8mm, nëse:
- a) bërthama është ajrore
  - b) bërthama është nga materiali ferromagnetik, permeabiliteti relativ magnetik e të cilit është 12000.
- Diskutoni zgjidhjen.

$$\begin{aligned} \text{/a) } B &= 0,0942[\text{T}] = 94,2[\text{mT}] \\ \text{b) } B &= 1130[\text{T}] = 1,13[\text{kT}] \end{aligned}$$

8. Çfarë rryme krijon induksioni magnetik prej 40mT, e cila rrjedh nëpër 250 mbështjellës në spirale me bërthamë çeliku me gjatësi 1mm, me permeabiliteti relativ magnetik prej 2000?

$$I = 6,369 \cdot 10^{-5}[\text{A}] = 63,69 \cdot 10^{-6}[\text{A}] \approx 64[\mu\text{A}]$$

9. Llogariteni gjatësinë e spirales e cila ka 400 mbështjellës, nëpër të cilët rrjedh rrymë prej 3mA, dhe të cilët krijojnë induksion magnetik prej 16mT. Spiralja ka bërthamë ferromagnetike me permeabiliteti relativ magnetik prej 800.

$$l = 0,07536[\text{m}] = 75[\text{cm}]$$

## 3.2 LIDHSHMËRIA NDËRMJET MADHËSIVE ELEKTRIKE DHE MAGNETIKE

### FLUKSI MAGNETIK

Disa madhësi elektrike mund të përshkruhen shumë thjesht duke përdorur fluksin e induksionit magnetik, ose thjesht **fluksin magnetik**. Ne do të shqyrtojmë një fushë magnetike të përshkruar nga induksioni i saj magnetik  $B$ , e cila mbulohet nga një zonë e caktuar me sipërfaqe  $s$ . Numri i linjave të induksionit magnetik që kalojnë nëpër një sipërfaqe të caktuar quhet fluks magnetik. Ekuacioni për fluksin magnetik është:

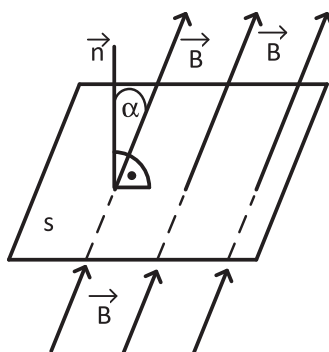
$$\Phi = B \cdot s \cdot \cos \alpha \quad [Wb] \quad (3.4)$$

$\Phi [Wb]$  – fluksi magnetik, njësia matëse  $Wb$  – Veber

$B [T]$  – induksioni magnetik

$s [m^2]$  – sipërfaqja e hapësirës nëpër të cilën kalon induksioni magnetik

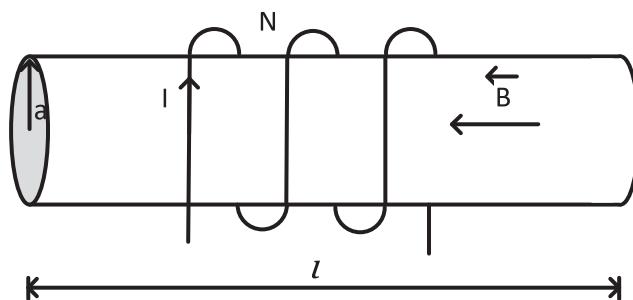
$\alpha$  – këndi ndërmjet vektorit të induksionit magnetik dhe normales mbi sipërfaqen  $s$  ()



3.5 Fluksi magnetik nëpër një sipërfaqe të dhënë

Me fluksin magnetik, ne në fakt shprehim densitetin (dendësinë) e induksionit magnetik në një sipërfaqe të caktuar.

Në një spirale, fluksi magnetik përcaktohet vetëm brenda spirales. Te ajo, këndi është gjithmonë  $\alpha = 0^\circ$ , ndërsa syrina  $s$  është sipërfaqja e prerjes së tërthortë rrethore.



3.6 Spiraleja dhe dimensionet e saj

Meqenëse ka fluks nëpër secilin prej mbështjellësve, atëherë sipërfaqja s duhet të shumëzohet me numrin e mbështjellësve N. Fluksi magnetik në një spirale me prerje tërthore rrethore, si në figurën 3.6, është:

$$\Phi = B \cdot s \cdot N \cdot \cos 0^\circ = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N \cdot I}{l} \cdot a^2 \cdot \pi \cdot N \text{ [Wb]}$$

Veti e rëndësishme e fluksit magnetik është ajo që fluksi nëpër një sipërfaqe të mbyllur është përherë zero.

DETYRA për ushtrime:

10. Njehsoni fluksin magnetik të mbuluar nga një konturë e mbyllur katrore me anë 1 cm, e cila është e vendosur në një fushë magnetike me induksion magnetik 5 T, nëse:
- këndi midis normales në sipërfaqe dhe vektorit të induksionit magnetik është  $0^\circ$
  - këndi midis normales në sipërfaqe dhe vektorit të induksionit magnetik është  $90^\circ$
  - këndi ndërmjet normales në sipërfaqe dhe vektorit të induksionit magnetik është  $60^\circ$

Le të diskutohet zgjidhja.

$$/ a) \Phi = 0,0005[\text{Wb}] = 0,5[\text{mWb}]$$

$$b) \Phi = 0[\text{Wb}]$$

$$c) \Phi = 0,00025[\text{Wb}] = 0,25[\text{mWb}] /$$

11. Sa është induksioni magnetik i përfshirë brenda një konture të mbyllur me sipërfaqe  $0,001\text{m}^2$ , normalja e së cilës është paralele me vektorin e induksionit magnetik, ndërsa fluksi është  $40\text{mWb}$ ?

$$/ B = 40[\text{T}] /$$

12. Llogaritni fluksin magnetik në spirale me 50 mbështjellës, me bërthamë të gjatë 2cm, me prerje tërthore rrethore me rreze 1mm, ndërsa nëpër mbështjellës rrjedh rrymë prej 3A.

$$/ \Phi = 0,00000147 \approx 1,5[\mu\text{Wb}] /$$

13. Të përcaktohet rrezja e prerjes tërthore rrethore të spirales me 120 mbështjellës, nëpër të cilët rrjedh rrymë prej 8A, gjatësia e së cilës është 1,2cm, ndërsa fluksi nëpër spirale është  $160\text{mWb}$ .

$$/ a = 0,065 [m] = 6,5 [cm] /$$

## FORCA E FUSHËS MAGNETIKE

Kur mjedisi në të cilin vepron induksioni magnetik nuk është vakum, studimi i fushës nuk është i mjaftueshëm. Prandaj, futet një madhësi tjetër vektoriale, **vektori i forcës së fushës magnetike**,  $\vec{H}$ . Intensiteti i tij llogaritet si:

$$H = \frac{B}{\mu} \left[ \frac{A}{m} \right] \quad (3.5)$$

$H \left[ \frac{A}{m} \right]$  – forca e fushës magnetike

$B [T]$  – induksioni magnetik

$\mu \left[ \frac{H}{m} \right]$  – permeabiliteti magnetik i materialit

Drejtimi dhe kahu i fushës magnetike përputhen me drejtimin dhe kahun e induksionit magnetik  $\vec{B}$ . Fusha magnetike e përçuesit të drejtë është:

$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \left[ \frac{A}{m} \right]$$

Ndërsa forma e intensitetit të fushës magnetike të spirales është:

$$H = \frac{N \cdot I}{l} \left[ \frac{A}{m} \right]$$

DETYRA për ushtrime:

14. Llogaritni fushën magnetike të përçuesit të drejtë nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 10A, në distancë prej përçuesit:
- 1cm
  - 1dm
  - 1m

Diskutoni zgjidhjet.

$$a) H = 159[A/m]$$

$$b) H = 15,9[A/m]$$

$$c) H = 1,59[A/m]$$

15. Çfarë rryme rrjedh nëpër një përçues të drejtë, i cili është në largësi 2mm dhe krijon fushë magnetike me forcë 4A/m?

$$I = 0,05[A] = 50[mA]$$

16. Llogaritni forcën e fushës magnetike të spirales ajrore me gjatësi 1cm, e cila ka 500 mbështjellës nëpër të cilët rrjedh rrymë prej 4A.

$$/ H = 200000[A/m] = 200[kA/m] /$$

17. Çfarë rryme elektrike krijon fusha magnetike prej 200A/m, e cila rrjedh nëpër një spirale ajrore me 800 mbështjellës, e që ka gjatësinë 2,5cm?

$$/ I = 0,00625[A] = 6,25[mA] /$$

18. Përcaktoni gjatësinë e spirales te e cila krijohet fushë magnetike prej 20A/m, e krijuar nga rryma me forcë 8A, e cila rrjedh nëpër 80 mbështjellës.

$$/ l = 32[m] /$$

### FORCA ELEKTROMAGNETIKE

Forca elektromagnetike që vepron në një përçues përmes të cilit rrjedh rryma  $I$ , i futur në një fushë magnetike me induksion magnetik  $B$ , mund të shprehet si:

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha [N] \quad (3.6)$$

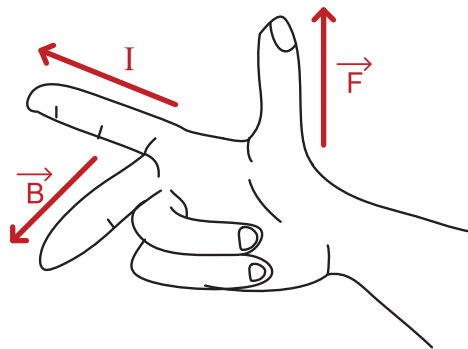
$F [N]$  – forca elektromagnetike

$I [A]$  – forca e rrymës elektrike në përçues

$l [m]$  – gjatësia e përçuesit i cili është futur në fushën magnetike, me induksion magnetik  $B$

$B [T]$  – induksioni magnetik

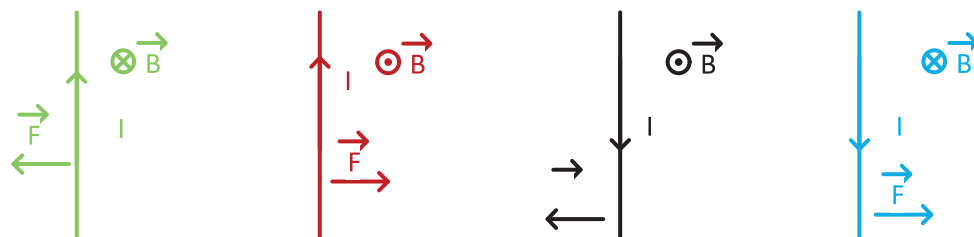
$\alpha$  – këndi ndërmjet përçuesit nëpër të cilin rrjedh rryma  $I$  dhe induksionit magnetik  $B$



3.7 rregulli i dorës së djathtë

Forca elektromagnetike  $F$  është një madhësi vektoriale ( $\vec{F}$ ). Drejtimi dhe kahu i saj përcaktohen nga **rregulli i dorës së djathtë**, në mënyrë që gishti i shtrirë/zgjatur i mesëm i dorës së djathtë të përputhet me vektorin  $\vec{B}$ , gishti tregues drejtohet në drejtim të rrjedhës së rrymës  $I$ , ndërsa gishti i madh i dorës së djathtë jep drejtimin e forcës  $\vec{F}$ .

Kur këndi  $\alpha$  (ndërmjet kahut të rrymës dhe vektorit të induksionit magnetik) është  $90^\circ$ , (janë të mundshme 4 raste të tilla, të dhëna në figurën 3.8), fitohet vlera maksimale e forcës elektromagnetike e cila vepron mbi përçuesin:



3.8 Katet e mundshme të veprimit të forcës elektromagnetike në varësi të kahut të rrymës dhe induksionit magnetik

Kur në detyrë nuk përmendet madhësia e këndit, merret që ai është  $90^\circ$ .

DETYRA për ushtrime:

19. Llogaritni forcën e cila vepron në përçues të drejtë me gjatësi 2dm, nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 5A, i vendosur në fushë magnetike me induksion magnetik prej 30T, nëse këndi ndërmjet rrymës dhe induksionit është:

a)  $\alpha = 0^\circ$

b)  $\alpha = 30^\circ$

c)  $\alpha = 90^\circ$

Diskutoni zgjidhjen.

/ a)  $F = 0[N]$

b)  $F = 15[N]$

c)  $F = 30[N]$  /

20. Çfarë rryme rrjedh nëpër përçuesin e drejtë me gjatësi 2m, i vendosur në ajër, në fushë magnetike prej 4kA/m, dhe në të vepron forcë prej 5N?

/  $I = 498[A]$  /

21. Llogaritni forcën e fushës magnetike e cila shkakton forcë prej 4N, në përçues të drejtë me gjatësi 3dm, nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 6A.

/  $H = 1769285,209[A/m] \approx 1,77[MA/m]$  /

### 3.3 FORCA E INDUKTUAR ELEKTROMOTORE DHE INDUKSIONI

#### FORCA E INDUKTUAR ELEKTROMOTORE

Në atë që kemi mësuar deri më tani, kemi parë se si krijohet një fushë magnetike nën veprimin e rrymës elektrike, por mundemi edhe t'ia ndryshojmë drejtimin këtij procesi, respektivisht të krijojmë rrymë elektrike nën veprimin e një fushe magnetike. Krijimi i një fushe elektrike duke përdorur një fushë magnetike quhet **induksion elektromagnetik**. Induksioni elektromagnetik u studiua eksperimentalisht nga fizikani anglez Faradei. Ai studioi forcën elektromotore të krijuar në skajet e një konture. Kjo forcë elektromotore (FEM) krijohet nga veprimi i induksionit elektromagnetik, prandaj quhet **forcë e induktuar elektromotore**.

Kur marrim parasysh një konturë të mbyllur të futur në një fushë magnetike me induksion magnetik  $B$ , kontura zë një sipërfaqe  $S$ , respektivisht përmes saj ka një fluks magnetik me vlerë  $\Phi$ , në momentin e vëzhgimit  $t_1$ . Nëse fluksi ndryshon, tani ai ka një vlerë  $\Phi_2$ , në një moment tjetër të vëzhgimit  $t_2$ , atëherë një forcë elektromotore do të induktohet në konturë me një vlerë:

$$e = E = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} [V] \quad (3.7)$$

Simboli  $\Delta$  tregon dallimin midis dy gjendjeve. Herësi  $\Delta\Phi/\Delta t$  quhet shpejtësia e ndryshimit të fluksit. Sipas kësaj, **Ligji i Faradeit** thotë: forca e induktuar elektromotore në një konturë është e barabartë me shpejtësinë negative të ndryshimit të fluksit magnetik. Ligji i Faradeit jep forcën totale të forcës së induktuar elektromotore në një konturë të vetme, por nuk jep informacion për pjesët e saj individuale; kjo është arsyeja pse ai (ligj) nuk mund të zbatohet në përçues që nuk formon konturë të mbyllur.

Forca e induktuar elektromotore në një spirale ka të njëjtën formë, por është e vlefshme vetëm për një mbështjellës. Për shkak se spiralja ka  $N$  mbështjellës, forca totale e induktuar elektromotore do të jetë  $N$  herë më e madhe:

$$e = E = -N \cdot \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} [V]$$

#### LIGJI I LENCIT

Ligji i Lencit ofron një përcaktim praktik të kahut të forcës së induktuar elektromotore. Zbatimi i këtij ligji lidhet me krijimin e rrymës elektrike nën veprimin e forcës së induktuar elektromotore.

Ligji i Lencit, në fakt, e shpjegon rrymën elektrike të krijuar nga një forcë e induktuar elektromotore e krijuar nga një fushë magnetike, e cila tenton të mbajë konstant fluksin e mbuluar nga një konturë e mbyllur, respektivisht, fusha e krijuar nga rryma tenton të anulohet shkakun e krijimit të saj.

Forca e induktuar elektromotore fitohet nga rregulli i dorës së djathtë. Gishti i madh i shtrirë i dorës së djathtë vendoset në drejtim të vektorit të induksionit magnetik, gishtat e dorës tregojnë drejtimin e forcës së induktuar elektromotore, respektivisht rrymës elektrike që do të rrjedhë si pasojë e saj. Të dyja kanë të njëjtin kah.

Kur fluksi magnetik rritet, për shkak të shenjës - (minus), kahu i forcës së induktuar elektromotore është i kundërt me gishtat, ndërsa kur zvogëlohet fluksi magnetik, kahu i gishtërinjve përkon me kahun e forcës së induktuar elektromotore.

Ligji i Faradeit tregon se një forcë elektromotore do të induktohet nëse ndodh një ndryshim në fluksin magnetik. Fluksi magnetik mund të ndryshohet në tre mënyra:

- Sistemi është në pushim (sistem statik); rrymë alternative rrjedh në një elektromagnet; ai krijon një fushë të ndryshueshme magnetike, dhe rrjedhimisht një fluks të ndryshueshëm, dhe kjo quhet **induksion statik**;
- Sistemi ka lëvizje (sistemi dinamik); kontura lëviz në vijë të drejtë ose rrotullohet, duke mbyllur vlerën e ndryshueshme të fluksit dhe ky është **induksion dinamik**;
- Kombinimi i këtyre dy induksioneve quhet **induksion i kombinuar**.

## FORCA E INDUKTUAR STATIKE ELEKTROMOTORE

Për induksion elektromagnetik statik, siç u përmend më herët, është e nevojshme të kemi një elektromagnet nëpër mbështjellësit e të cilit do të lëshojmë të rrjedhë rrymë alternative. Ky elektromagnet do të krijojë rreth vetes një fushë magnetike, induksioni magnetik i së cilës (B) do të ketë vlerë të ndryshueshme. Nëse në këtë fushë futet një konturë e mbyllur me sipërfaqe (s), ajo do të përfshijë fluksin ( $\Phi$ ), i cili për shkak të ndryshueshmërisë së (B), do të ketë në vetvete një vlerë që ndryshon me kohën. Sipas ligjit të Faradeit, si pasojë e shkallës negative të ndryshimit të fluksit magnetik, një forcë elektromotore do të induktohet në konturë. Më shpesh, vetë forca e induktuar elektromotore do të jetë një madhësi që ndryshon me kohën.

Për shkak se kontura në këtë shembull është e palëvizshme (pushon), themi se sistemi është statik dhe ka ndodhur **induksioni statik**, pra është shfaqur një forcë e induktuar statike elektromotore.

Disa mikrofonta përdorin induksion statik në punën e tyre.

## FORCA E INDUKTUAR DINAMIKE ELEKTROMOTORE

Kur fusim një konturë të mbyllur me sipërfaqe (s) në një fushë magnetike homogjene me induksion magnetik (B), ajo do të përfshijë ndonjë fluks magnetik ( $\Phi$ ). Kur e lëvizim këtë konturë, intensiteti i induksionit magnetik ndryshon, ose nëse e rrotullojmë konturën, këndi  $\alpha$  ndryshon. Nën veprimin e këtij ndryshimi një forcë e induktuar elektromotore shfaqet në konturë. Për shkak të lëvizjes në sistem, ky është **induksion dinamik**, d.m.th. u shfaq një forcë e induktuar dinamike elektromotore.

Parimi i prodhimit të energjisë elektrike me induksion dinamik përdoret në hidrocentrale, termocentrale, termocentrale bërthamore, mullinj me erë. Elektrocentralet e konvertojnë në energji elektrike lëvizjen mekanike të ujit që bie mbi pendët, avujt e ujit ose erën që lëvizin pendët. Pendët lidhen me një konturë të mbyllur të lëvizshme, kontura vendoset në një fushë magnetike dhe në të induktohet një forcë elektromotore, me çka fitohet energji elektrike. Lëvizja mekanike, gjegjësisht energjia mekanike, shndërrohet në energji elektrike kur në skajet e konturës lëvizëse shfaqet forcë e induktuar elektromotore.

## FORCA E INDUKTUAR ELEKTROMOTORE E VETË-INDUKSIONIT DHE INDUKSIONIT RECIPROK

Te induksioni statik kemi një qark që zakonisht përbëhet nga një elektromagnet, respektivisht nga një spirale nëpër të cilën kalon rrymë e ndryshueshme elektrike e cila krijon fushë të ndryshueshme magnetike. Fusha magnetike do të formojë një fluks të ndryshueshëm magnetik në konturën e mbyllur, në të cilën do të induktohet forcë elektromotore. Fusha e induktuar elektrike tani do të veprojë edhe në qarkun primar që krijon fushën e ndryshueshme magnetike.

Këto dukuri quhen induksione. Shfaqja e forcës së induktuar elektromotore në një qark, për shkak të ndryshimit të rrymës në një qark tjetër, quhet **induksion reciprok**, ndërsa krijimi i forcës së induktuar elektromotore në një qark, si pasojë e ndryshimit të rrymës në të njëjtin qark, quhet vetë-induksion.

Forca e induktuar elektromotore e cila është rezultat i vetë-induksionit quhet forcë elektromotore e vetë-induksionit ( $e_s$ ) dhe sipas Ligjit të Faradeit llogaritet si:

$$e_s = -\frac{\Delta\Phi_s}{\Delta t} [V]$$

$e_s [V]$  – forca elektromotore e vetë-induksionit

$\Delta\Phi_s [Wb]$  – ndryshimi i fluksit magnetik të përfshirë me të njëjtin qark

Forca e vetë-induktuar elektromotore ka kah që përcaktohet nga Ligji i Lencit. Sipas tij, rezulton se forca elektromotore në qarkun në të cilin rritet rryma elektrike ka kah të kundërt me rrymën dhe anasjelltas, në një qark në të cilin rryma elektrike zvogëlohet, forca e vetë-induktuar elektromotore ka drejtimin e rrymës.

Pasoja e vetë-induksionit mund të jetë shfaqja e një ndryshimi të papritur të rrymës. Vetë-induksioni mund të shkaktojë probleme të mëdha teknike, të cilat vërehen veçanërisht në shkyçjen e shpejtë e rrymave të forta elektrike. Për shkak të ndryshimeve të shpejta të forcës së rrymës, mund të ndodhin edhe forca të larta elektromotore të vetë-induksionit. Këto forca të larta elektromotore mund të dëmtojnë pajisjet, duke shkaktuar depërtim në kontaktet e ndërprerësit, që manifestohet si një shkëndijë elektrike intensive.

### 3.4 INDUKSIONI DHE ENERGJIA

#### KOEFICIENTI I VETË-INDUKSIONIT

Intensiteti i fushës magnetike, gjegjësisht induksionit magnetik, është në proporcion të drejtë me fuqinë e rrymës elektrike nga e cila krijohen. Kjo do të thotë, i njëjti proporcionalitet ekziston edhe me fluksin magnetik. Herësi i tyre është:

$$L = L_s = \frac{\Phi_s}{I} [H] \quad (3.8)$$

$L [H]$  – koeficienti i vetë-induksionit, ose induktiviteti

$\Phi_s [Wb]$  – fluksi vetanak magnetik

$I [A]$  – forca e rrymës elektrike

Induktiviteti i një spiraleje, me prerje tërthore rrethore, si në figurën 3.6 është:

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{l} [T]$$

$$\Phi_s = \Phi = B \cdot N \cdot s = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{l} \cdot N \cdot a^2 \cdot \pi [Wb]$$

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\frac{\mu \cdot N \cdot I}{l} \cdot N \cdot a^2 \cdot \pi}{I} = \frac{\mu \cdot N^2}{l} \cdot a^2 \cdot \pi [H]$$

Koeficienti i vetë-induksionit **nuk** varet nga madhësitë elektrike, por nga vetitë magnetike të materialit nga i cili është bërë bërthama e spirales, gjeometria e sistemit, gjatësia e saj, diametri dhe numri i mbështjellësve.

Duke përdorur koeficientin e vetë-induksionit, përkufizimin e tij dhe Ligjin e Faradeit, për forcën e induktuar elektromotore të vetë-induksionit mund të shkruajmë:

$$e = e_s = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{L \cdot \Delta I}{\Delta t} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} [V]$$

DETYRA për ushtrime:

22. Forca e rrymës elektrike që rrjedh nëpër spirale është 5A, ndërsa në spirale krijohet fluks magnetik prej 30Wb. Llogaritni induktivitetin e spirales.

$$/ L = 6[H] /$$

23. Llogaritni induktivitetin (koeficientin e unduksionit) te spiralja me prerje ajrore rrethore të tërthortë me rreze 1mm, me 400 mbështjellës dhe me gjatësi 2cm.

$$/ L = 0,00003155[H] = 31,55[\mu H] /$$

24. Llogaritni gjatësinë e spirales me induktivitet prej 2mH. Spiralja ka 300 mbështjellës të ngjeshur mirë dhe rrezja e prerjes së saj tërthore është 1cm.

$$/ l = 0,0177[m] = 1,77[cm] /$$

25. Llogaritni rrezën e prerjes rrethore tërthore të spirales me induktivitet prej 250μH, me gjatësi 2dm, dhe me numër mbështjellësish prej 180.

$$/ a = 0,01978[m] = 19,78[mm] \approx 20[mm] /$$

26. Përcaktoni numrin e mbështjellësve të spirales, induktiviteti i së cilës është 25mH, rrezja e prerjes rrethore tërthore është 4cm ndërsa gjatësia e saj është 0.8dm.

$$/ N^2 = 316949,9777; N = 563 /$$

27. Nëpër një spirale me induktivitet prej 9H, në periudhë prej 2s ndodh ndryshim i rrymës prej 4A. Llogaritni forcën e induktuar elektromotore.

$$/ e_s = -18[V] /$$

## KOEFICIENTI I INDUKSIONIT RECIPROK

Kur kemi dy qarqe elektrike nëpër të cilat rrjedhin dy rryma elektrike  $I_1$  dhe  $I_2$ , fluksi magnetik nëpër qarkun e parë do të krijohet nga rryma e qarkut të parë, por edhe nga rryma e qarkut të dytë. Fluksi i krijuar nga rryma e parë në qarkun e parë do të shënohet me  $\Phi_{11}$ , ndërsa fluksi i krijuar nga rryma e dytë që ndikon në qarkun e parë do të jetë  $\Phi_{12}$ . Fluksi total në qarkun e parë do të jetë:

$$\Phi_1 = \Phi_{11} + \Phi_{12} = L_1 \cdot I_1 + L_2 \cdot I_2 [Wb]$$

Proporcionaliteti ndërmjet fluksit magnetik  $\Phi_{12}$  dhe rryma  $I_2$  është:

$$L_{12} = \frac{\Phi_{12}}{I_2} [H]$$

$L_{12} [H]$  – koeficienti i induksionit reciprok

$\Phi_{12} [Wb]$  – fluksi reciprok, fluksi në qarkun e parë që e krijon rryma  $I_2$

$I_2 [A]$  – forca e rrymës elektrike në qarkun elektrik

Gjithashtu, si koeficienti i vetë-induksionit, ashtu edhe koeficienti i induksionit reciprok, **nuk** varet nga rryma, por nga mjedisi, forma dhe gjeometria e qarqeve, si dhe pozita e tyre reciproke.

$$L_{12} = \frac{\Phi_{12}}{I_2} = \frac{\frac{\mu \cdot N_2 \cdot I_2}{l} \cdot N_1 \cdot a^2 \cdot \pi}{I_2} = \frac{\mu \cdot N_2 \cdot N_1}{l} \cdot a^2 \cdot \pi [H]$$

$$L_{21} = \frac{\Phi_{21}}{I_1} = \frac{\frac{\mu \cdot N_1 \cdot I_1}{l} \cdot N_2 \cdot a^2 \cdot \pi}{I_1} = \frac{\mu \cdot N_1 \cdot N_2}{l} \cdot a^2 \cdot \pi [H]$$

$$L_{12} = L_{21} = M$$

Koeficienti i induksionit reciprok ndonjëherë shënohet me M. Në praktikë, koeficienti i induksionit reciprok llogaritet si:

$$L_{12} = L_{21} = M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} [H] \quad (3.9)$$

k – koeficienti i lidhëses induktive, numër pa-dimensional ( $k \leq 1$ ), ndërsa vlera e tij varet nga distanca reciproke dhe pozita e të dy qarqeve.

Qarqet që kanë fushë magnetike të përbashkët thuhet se janë **qarqe të lidhura në mënyrë induktive**. Në praktikë, ky fenomen përdoret te transformatorët. Transformatorët janë pajisje që kanë dy spirale të vendosura në një bërthamë të përbashkët. Në to, kur rryma alternative rrjedh nëpër spiralen e parë, ajo krijon një fushë magnetike në bërthamë, induksioni magnetik i së cilës ka karakter alternativ. Spiralja e dytë ndikohet nga induksioni magnetik i spirales së parë, sepse ndodhet në të njëjtën bërthamë. Kjo do të formojë një fluks magnetik përmes spirales së dytë, e cila shkakton induksion të një force elektromotore në skajet e saj.

28. Në bërthamë të përbashkët me rreze të prerjes rrethore tërthore prej 1,6mm dhe gjatësi 12cm, janë mbështjellë 2 spirale me nga 150 dhe 250 mbështjellës. Përcaktoni koeficientin e induksionit reciprok.

$$/ L_{12} = 0,000003155[H] = 3,155[\mu H] /$$

29. Llogaritni numrin e mbështjellësve të spirales së dytë, nëse e para ka 400, të mbështjellë në bërthamë ajrore me rreze të prerjes rrethore tërthore prej 3mm, dhe me gjatësi të bërthamës prej 4cm. Koeficienti i induksionit reciprok është 20mH.

$$/ N_2 = 56347 /$$

30. Llogaritni gjatësinë e bërthamës së spirales e cila ka koeficient të induksionit reciprok prej 5mH. Mbështjellësit janë 400 dhe 200, ndërsa rrezja e prerjes tërthore është 8mm.

$$/ l = 0,004[m] = 4[mm] /$$

31. Llogaritni rrezën e prerjes rrethore tërthore të spiralja me koeficient të induksionit reciprok prej 5μH, me gjatësi 6dm dhe me numër të mbështjellësve 140 dhe 160 respektivisht.

$$/ a = 0,0058[m] = 5,8[mm] /$$

### 3.5 ENERGJIA ELEKTROMAGNETIKE

Kur një spirale kyçet në një qark, forca elektromotore e burimit tenton të krijojë rrymë elektrike që varet nga rezistenca në qark. Spirala e kundërshton këtë duke induktuar një forcë elektromotore, d.m.th. burimi duhet të kryejë një punë të caktuar për të kapërcyer forcën e induktuar elektromotore.

Energjia që shndërrohet në energji të fushës magnetike është, në fakt, ndryshimi i rrymës në qark që do të iniciojë shfaqjen e një force elektromotore të vetë-induksionit. Këto ndryshime ndodhin në një sërë hapash dhe aparati matematikor për këtë llogaritje është i ndërlikuar. Formula për energjinë elektromagnetike në spirale është:

$$W_m = \frac{\Phi \cdot I}{2} [J] \quad (3.10)$$

$W_m [J]$  – energjia e fushës elektromagnetike

$\Phi [J]$  – fluksi i përfshirë me spiralen

$I [A]$  – rryma elektrike nëpër spirale

Formë tjetër për llogaritjen e energjisë magnetike është:

$$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} [J]$$

$L [H]$  – koeficienti i vetë-induksionit të spirales

DETYRA për ushtrime:

32. Të llogaritet energjia magnetike e spirales me induktivitet prej 7H, nëpër të cilën rrjedh rrymë prej 8A.

$$/ W_m = 224[J] /$$

33. Të llogaritet forca e rrymës elektrike e cila rrjedh nëpër spirale me induktivitet prej 10mH, në të cilën zhvillohet energji magnetike prej 31,25mJ.

$$/ I = 2,5[A] /$$

34. Spirala me gjatësi të bërthamës 12cm dhe rreze të prerjes tërthore prej 2mm, ka 200 mbështjellës. Të llogaritet energjia magnetike që zhvillohet në të, nëse nëpër mbështjellësit rrjedh rrymë prej 8A.

$$/ L = 5,26[\mu H]; W_m = 0,000168[J] = 168[\mu J] /$$



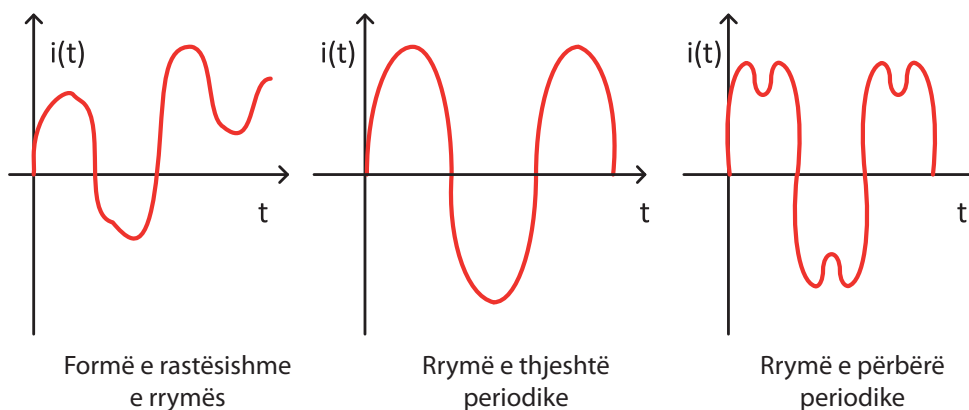
## 4. RRYMAT E NDRYSHUESHME

### 4.1. MADHËSITË E NDRYSHUESHME, KARAKTERISTIKAT E TYRE DHE FAZORËT

#### VLERA MOMENTALE E MADHËSISË SË NDRYSHUESHME

Shpikjet që lidhen me madhësitë e ndryshueshme dhe mundësia për t'i prodhuar, shpërndarë dhe zbatuar ato me ekonomikitet të madh, kanë bërë që rrymat e ndryshueshme të përdoren më gjerësisht sesa rrymat konstante.

Tensioni elektrik në skajet e një konsumatori shkakton një fushë elektrike që është në **proporcion të drejtpërdrejtë** me tensionin dhe karakteristikat e tij. Kjo do të thotë se me vendosjen e tensionit të ndryshueshëm do të shfaqet një fushë elektrike e ndryshueshme, e cila do të shkaktojë rrjedhje të rrymës së ndryshueshme. Kur një rrymë elektrike ndryshon fuqinë dhe kahun e saj, ajo është **rrymë e ndryshueshme**. Themi se rryma e ndryshueshme ka formë të ndryshueshme, në varësi të kohës  $t$ . Madhësitë e tilla i tregojmë në një diagram, ku abshisa (boshti  $x$ ) përfaqëson kohën  $t$ , ndërsa ordinata (boshti  $y$ ) përfaqëson madhësinë e ndryshueshme. Madhësia që mund të lexohet në boshtin e ordinatave në çdo kohë quhet **vlerë momentale**.



4.1 Format e rrymës së ndryshueshme elektrike

Rryma e ndryshueshme mund të ketë:

- Formë të rastësishme dhe vlera të ndryshme në çdo moment të kohës. Kjo është forma e të folurit, muzikës, tingujve në natyrë;
- Forma periodike, kur forma dhe vlera e rrymës së ndryshueshme përsëritet në një interval të caktuar kohor. Kjo është forma e furnizimit me energji elektrike në rrjetin e shpërndarjes së energjisë elektrike. Rrymat periodike ndahen në dy kategori:
  - ▷ **Rrymat e thjeshta periodike** – rrymë e ndryshueshme, ndryshimi i së cilës bëhet sipas ligjit të sinusit;

- ▷ **Rrymat e përbëra periodike** – të cilat kanë periodicitet, por nuk kanë formë sinusoidale. Këto rrymat të përbëra periodike gjithmonë mund të paraqiten si shuma të më shumë funksioneve të thjeshta periodike.

Rrymat e thjeshta periodike nga rrjeti ynë i ka pjesët e saj pozitive dhe negative kohore. Shënimi në një qark alternativ për rrymën elektrike, si dhe për tensionin elektrik, do të ketë kahet e veta, pra do të shënohen me + dhe ky kah quhet kahu **referent** dhe i përgjigjet pjesës pozitive të madhësive të ndryshueshme.

**Rrymat e ndryshueshme** është një lëvizje oscilatore e kahëzuar e grimcave elektrike në përçues. Te rrymat e ndryshueshme, elektronet **nuk** lëvizin nga njëri pol i gjeneratorit në tjetrin, si te rrymat e konstante, por luhaten midis dy pozicioneve kryesore, më saktë, rreth vlerës së tyre mesatare.

## KARAKTERISTIKAT E MADHËSIVE TË NDRYSHUESHME

Në elektroteknikë, rrymat e thjeshta periodike janë të një rëndësie të madhe. Kur një përçues lëviz në fushë magnetike me induksion magnetik  $B$ , në të induktohet forcë elektromotorë me formë:

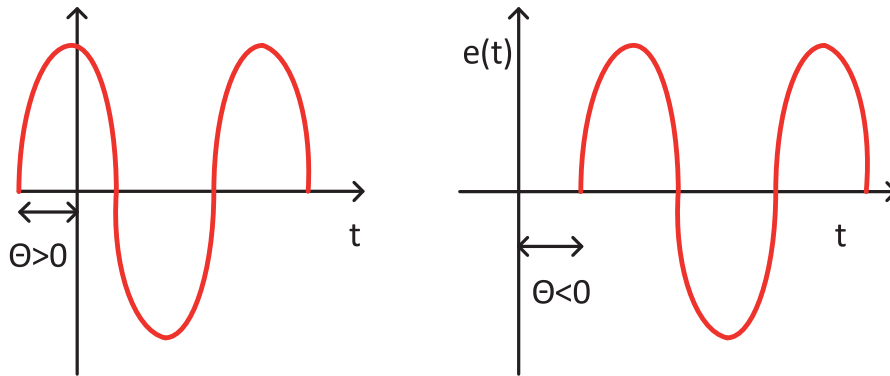
$$e = E_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta) [V] \quad (4.1)$$

Simboli me të cilin paraqitet një burim i madhësisë së ndryshueshme të thjeshtë periodike është:



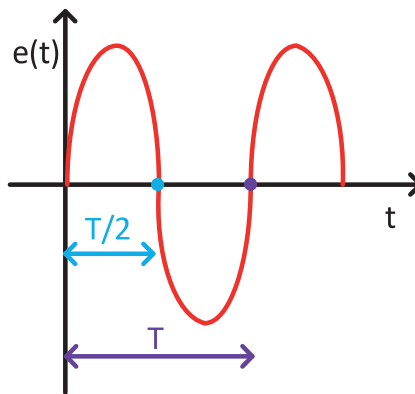
4.2 Simboli i burimit të forcës së ndryshueshme elektromotorë

Shprehja në kllapa  $(\omega \cdot t + \theta)$  quhet **faza e madhësisë së ndryshueshme** dhe këndi  $\theta$  (theta) quhet **fazë fillestare**. Faza është fjalë greke që do të thotë pamje, d.m.th. faza përshkruan pamjen e madhësisë së ndryshueshme. Faza fillestare e tensioneve shënohet me  $\theta$ , ndërsa faza fillestare e rrymave shënohet me  $\Psi$  (psi). Faza fillestare, siç nënkupton edhe emri i saj, përcakton pikën fillestare të sinusoidit. Nëse faza fillestare është pozitive, sinusoidi fillon në të majtë të origjinës së koordinatave për vlerën e fazës, d.m.th. nëse faza fillestare është numër negativ, fillimi i sinusoidit zhvendoset djathtas, për vlerën e fazës.



1.3 Faza fillestare te madhësia e thjeshtë periodike (tensioni)

Koha që i duhet një madhësie të ndryshueshme të bëjë një oscilim, quhet **periodë**. Perioda mund të përkufizohet gjithashtu si koha e nevojshme për të bërë një ndryshim të plotë të intensitetit dhe kahut. Perioda shënohet me shkronjën T dhe matet në sekonda T[s]. Gjysma e kësaj kohe quhet gjysmë-periodë.



4.4 Perioda dhe gjysmë-perioda te madhësia e thjeshtë periodike (tensioni)

Në rastin e sinjalit sinusoidal në gjysmë-periodën e parë, ndryshimi bëhet në një kah, ndërsa në gjysmë-periodën e dytë ndryshimi bëhet në kahun e kundërt. Madhësia e ndryshueshme ndryshon drejtimin e saj dy herë në një periodë. Period e një sinjali sinusoidal T, e shprehur në radianë është  $T = 2 \cdot \pi [rad]$ .

Numri i periohdave për njësi të kohës varet nga shpejtësia me të cilën ndryshon sinusoidi, pra nga kohëzgjatja e një periode. Numri i plotë i ndryshimeve, gjegjësisht numri i sinusoideve në sekondë quhet **frekuencë**, dhe shënohet me f dhe matet në Hz (herc).

$$f = \frac{1}{T} [Hz] \quad (4.2)$$

Frekuenca prej 1Hz do të thotë një sinusoid, një ndryshim me kohëzgjatje prej 1 sekonde.

Frekuenca e tensionit të rrjetit në Evropë është standarde dhe është 50 Hz, ndërsa në SHBA është 60 Hz. Si ilustrim, veshi i njeriut regjistron frekuenca nga 20 Hz deri në 20 kHz, radio-transmetimi ndodh në frekuencat nga 100 kHz deri në 1000 MHz, televizioni transmeton në frekuenca nga 47 MHz në 500 MHz, radarët funksionojnë në gamën nga 1 GHz e deri në 20 GHz.

Shpejtësia me të cilën përshkruhet një kënd, respektivisht koha e nevojshme për të realizuar atë kënd, quhet shpejtësi këndore dhe shënohet me  $\omega$  (omega) ndërsa matet me rad/s (radian në sekondë).

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

Këndet në elektroteknikë shprehen në radianë (rad). Një rreth i plotë, gjegjësisht 360 shkallë është i barabartë me  $2\pi$  (rad). Lidhja e këndit me shkallë (gradë) me atë me radianë është:

$$\alpha[\text{rad}] = \frac{\alpha[^\circ] \cdot \pi}{180}$$

Po të zëvendësojmë për  $\alpha$  një rrotullim të plotë, respektivisht  $2\pi$ , për kohën ( $t$ ), kjo është një periudë ( $T$ ) dhe fitohet:

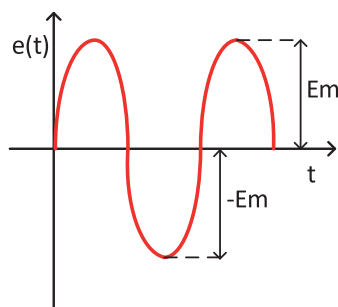
$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \quad (4.3)$$

Kjo shprehje e përcakton shpejtësinë fazore apo këndore, apo e njohur ndryshe si **frekuenca rrethore**. Nëse në shprehjen për forcën e induktuar elektromotorë e zëvendësojmë  $\omega$ , do të fitojmë shprehjen:

$$e = E = E_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta) = E_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \theta) = E_m \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{T} + \theta\right) [V]$$

Vlera e vëzhguar në një sasi të thjeshtë periodike është konstante me vlera të ndryshme. Vlera në një moment, kohë, quhet **vlerë momentale**. Vlerat momentale shënohen me shkronja të vogla latine. Për tension është  $u$ , për rrymën elektrike është  $i$ , dhe për forcën e induktuar elektromotore është  $e$ .

Kur merret parasysh një sasi e thjeshtë periodike në një gjysmë-periodë pozitive, vërehet se ajo ka një vlerë që është më e madhe se të gjitha vlerat tjera të çastit. Kjo vlerë më e madhe quhet **vlera maksimale**, ose në fizikë dhe matematikë e njohur si **amplitudë**. Vlera maksimale shënohet me shkronjë të madhe latine dhe indeksin  $m$ , amplituda e tensionit është  $U_m$ , rryma elektrike është  $I_m$  dhe forca elektromotore e induktuar  $E_t$ . E njëjta vlerë shfaqet në gjysmë-periodën negative dhe ka vlerën më të ulët, respektivisht, për shkak të vlerës së saj negative, amplituda në gjysmë-periodën negative paraqet vlerë më të ulët.



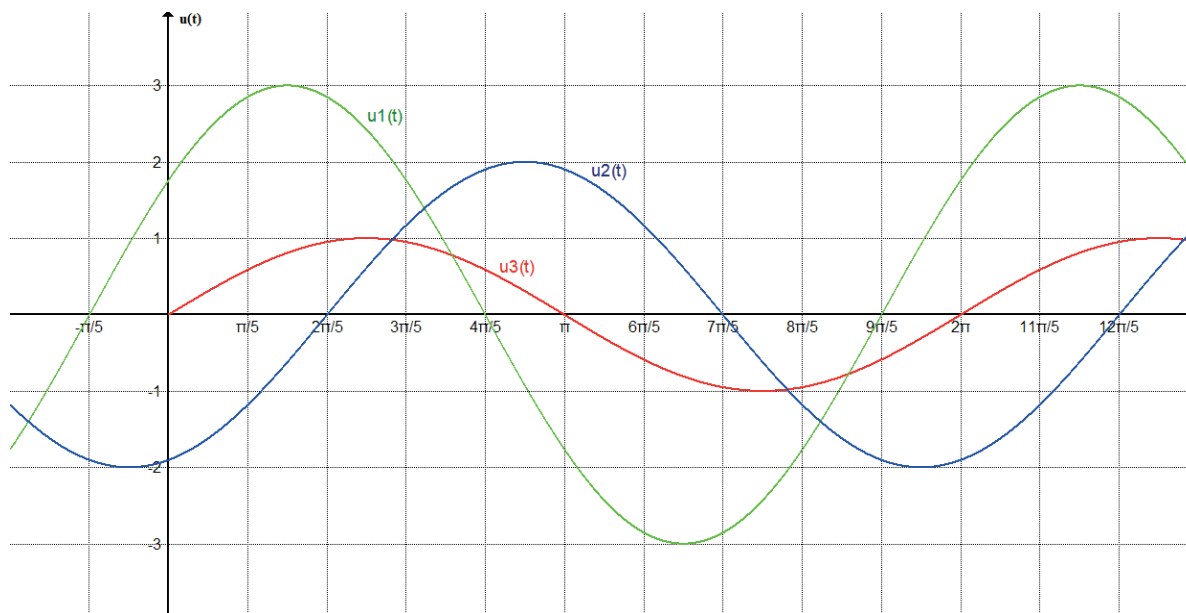
4.5 Amplituda në sinjalin e thjeshtë periodik

Për përcaktim të plotë të një madhësie të ndryshueshme, nevojitet të dihen madhësitë e saj karakteristike:

- Vlera maksimale
- Frekuenca, respektivisht perioda
- Faza fillestare

DETYRA për ushtrime:

- Të përcaktohet sinjali sinusoidal i sinjaleve të mëposhtme të thjeshta periodike:
  - $u_1 = 10\sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$
  - $u_1 = 8\sin(\omega \cdot t - 45^\circ)$
  - $u_1 = 5\sin(\omega \cdot t + 180^\circ)$
  - $u_1 = 15\sin(\omega \cdot t)$
- Nga vizatimi, të lexohen vlerat për vlerën maksimale, periodën, frekuencën dhe fazën fillestare të tensionit dhe të shënohen vlerat momentale të tensioneve:



$$/ u_1(t) = 3 \cdot \sin\left(1 \cdot t + \frac{\pi}{5}\right) [V], u_2(t) = 2 \cdot \sin\left(1 \cdot t - \frac{2 \cdot \pi}{5}\right) [V], u_3(t) = 1 \cdot \sin(1 \cdot t) [V], /$$

## VLERA EFEKTIVE

Për përdorim të përditshëm, është shumë jopraktike të punosh me vlerat momentale, sepse ato kanë vlerë të ndryshme në çdo moment të kohës. Amplituda është gjithashtu jopraktike, për shkak të shfaqjes së saj vetëm dy herë në një periodë. Është më praktike të punohet me veprimin termik të rrymave, sepse ai nuk lidhet as me frekuencën, as me drejtimin dhe kahun e rrymës dhe është energjia që harxhohet për të kapërcyer rezistencën e konsumatorit. Gjithmonë mund të zgjidhet rryma e vazhdueshme e cila përmes të njëjtit konsumator do të zhvillojë të njëjtën energji termike si rryma e ndryshueshme (alternative). Themi se këto rryma janë të barabarta për nga veprimi i tyre termik.

**Vlera efektive e rrymës së ndryshueshme (alternative)** është ajo rrymë ekuivalente me fuqi konstante, e cila do të prodhojë të njëjtën sasi nxehtësie si rryma e ndryshueshme (alternative) përmes të njëjtit konsumator.

Vlerat efektive të sasive të ndryshueshme (alternative) shënohen me shkronja të mëdha latine. Për tensionin është  $U$ , për rrymën elektrike është  $I$ , dhe për forcën elektromotore të induktuar është  $E$ . Instrumentet universale matëse tregojnë vlerat efektive të sasive të ndryshueshme.

Fuqia e një konsumatori, e cila shndërrohet në nxehtësi në regjim të thjeshtë periodik është:

$$P = R \cdot i^2 = R \cdot I_m^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t) [W]$$

Kjo fuqi është e barabartë me sipërfaqen e një drejtkëndëshi me bazë  $T$  dhe lartësi  $I_m^2/2$ , e cila zhvillohet te konsumatori  $R$ . Nga këtu fitojmë:

$$P = \frac{I_m^2}{2} \cdot T \cdot R [W]$$

Energjia termike e gjeneruar gjatë rrjedhjes së rrymës njëkahëshe nëpër rezistor, për një interval të dhënë kohor është dhënë në barazimin vijues:

$$P = I^2 \cdot R \cdot T [W]$$

Këto dy fuqi duhet të jenë të njëjta:

$$\frac{I_m^2}{2} \cdot T \cdot R = I^2 \cdot R \cdot T$$

Nga ku del se:

$$I^2 = \frac{I_m^2}{2}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \cdot I_m [A] \quad (4.4)$$

Definojmë që vlera efektive është  $\sqrt{2}$  herë më e vogël se vlera maksimale e madhësisë së ndryshueshme, respektivisht nga amplituda e saj.

Vlera efektive e tensionit është:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} [V]$$

Njësoj, vlera e forcës së induktuar elektromotore është:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} [V]$$

Shpeshherë, është më praktike që vlera momentale e madhësisë të ndryshueshme të tregohet përmes vlerave efektive:

$$e = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta) [V]$$

$$u = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta) [V]$$

$$i = I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi) [A]$$

DETYRA për ushtrime:

3. Të lexohet vlera maksimale e secilit prej tensioneve të dhënë dhe më pas, për secilin prej tyre, të llogaritet vlera efektive:

a)  $u_1 = 10 \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$

b)  $u_2 = 8 \sin(\omega \cdot t - 45^\circ)$

c)  $u_3 = 5 \sin(\omega \cdot t + 180^\circ)$

d)  $u_4 = 15 \sin(\omega \cdot t)$

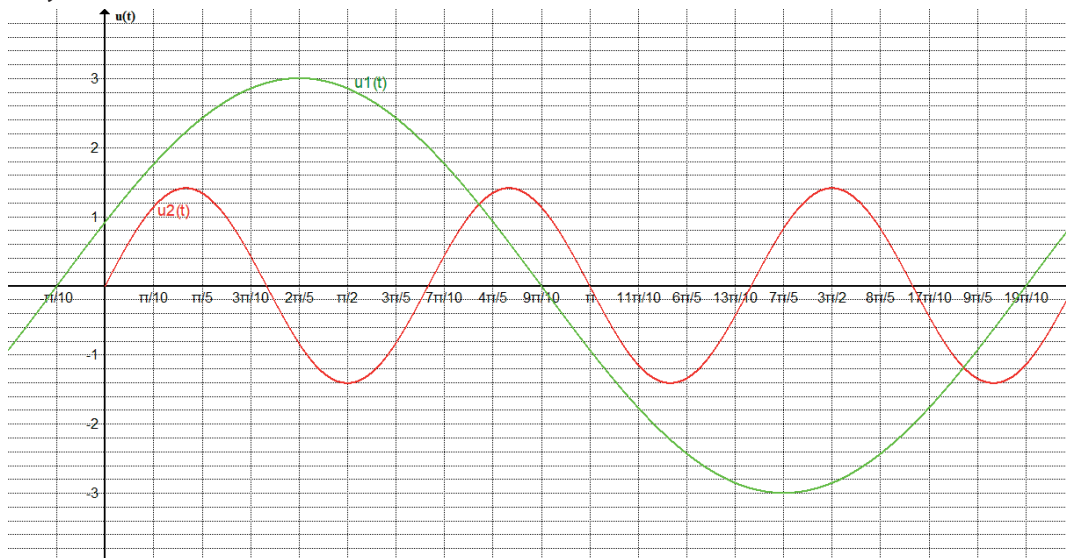
/ a)  $U_{1m} = 10V, U_1 = 7V$

б)  $U_{2m} = 8V, U_2 = 5,66V$

в)  $U_{3m} = 5V, U_3 = 3,5V$

г)  $U_{4m} = 15V, U_4 = 10,6V$  /

4. Nga vizatimi, të lexohen vlerat maksimale, perioda, frekuenca dhe faza fillestare, të shënohen shprehjet momentale dhe të llogaritet vlera efektive për secilën madhësi të ndryshueshme (alternative).



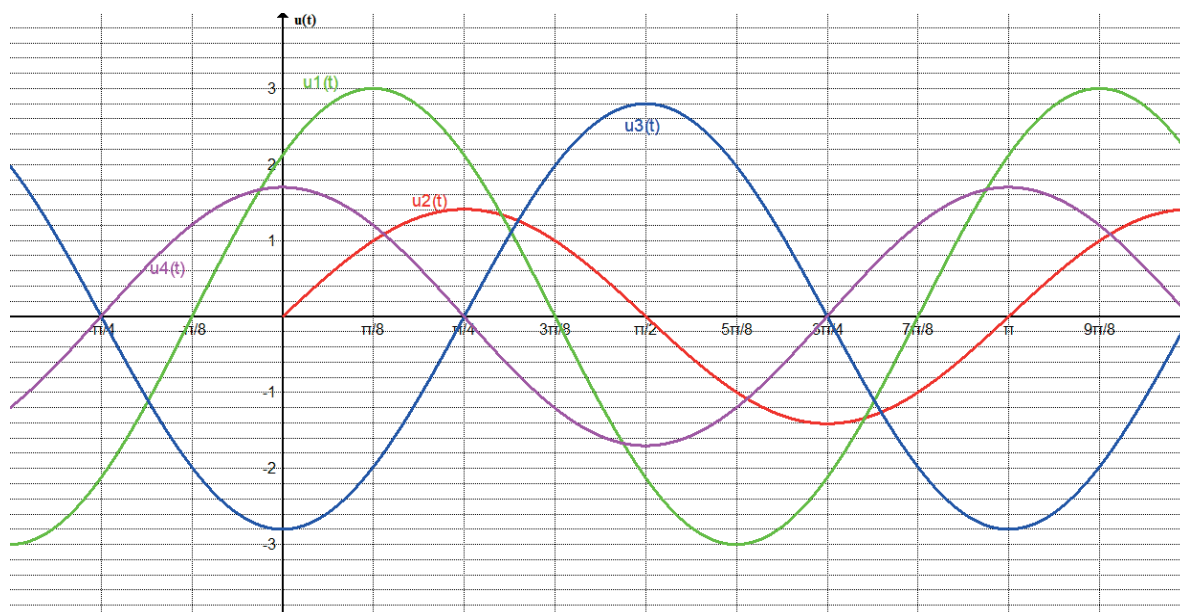
/  $U_{1m} = 3[V], T_1 = 2 \cdot \pi, f_1 = 0,16[H_Z], U_1 = 2,13[V], \theta_1 = \frac{\pi}{10}, u_1(t) = 3 \cdot \sin\left(1 \cdot t + \frac{\pi}{10}\right) [V]$

$U_{2m} = 1,4[V], T_2 = \frac{2 \cdot \pi}{3}, f_2 = 0,48[H_Z], U_2 = 1[V], \theta_2 = 0^\circ, u_2(t) = 1,4 \cdot \sin(3 \cdot t) [V]$  /

## FAZORËT DHE DALLIMET FAZORE

Madhësitë e thjeshta periodike deri më tani janë treguar vetëm në formë kohore, si sinusoida. Kjo metodë e shfaqjes është lehtësisht e qasshme dhe ju mund të lexoni drejtpërdrejt vlerën aktuale, amplitudën, periudhën, frekuencën dhe fazën fillestare prej saj. Kjo metodë është e përshtatshme kur bëhet fjalë për një madhësi, por nëse flasim për një numër të madh tensionesh ose rrymash, kjo është jopraktike. Prandaj, në praktikë është shumë më e thjeshtë të kalohet në paraqitjen e madhësive të ndryshueshme (alternuara) me vektorë, me të ashtuquajturën metoda e diagrameve vektoriale. Ndryshe nga madhësitë vektoriale (si shpejtësia  $\vec{v}$ , forca  $\vec{F}$ ), ku gjatësia korrespondon me intensitetin e vektorit, ndërsa kahu dhe drejtimi i tij me kahun dhe drejtimin

e veprimit të madhësisë fizike, në diagramin vektorial vektori është i rrotullueshëm, shpejtësia e vektorit korrespondon me shpejtësinë këndore, gjatësia e vektorit me vlerën efektive të madhësisë së ndryshueshme (alternuar) (ky është standard evropian, ndërsa në literaturën amerikane gjatësia e vektorit korrespondon me vlerën maksimale), ndërsa këndi i zënë nga vektori me horizontalen korrespondon me fazën fillestare të madhësisë së ndryshueshme (alternuar). Kur faza fillestare ka një vlerë pozitive, vektori vizatohet mbi boshtin e fazës, dhe nëse ka një vlerë negative, ai vizatohet nën boshtin e fazës.

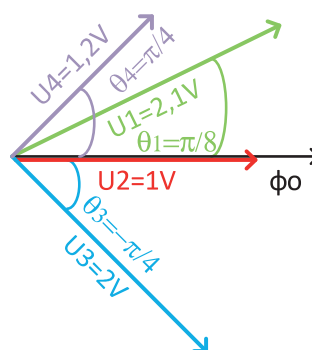


$$u_1 = 2,1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \pi/8) [V]$$

$$u_2 = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$u_3 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t - \pi/4) [V]$$

$$u_4 = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \pi/4) [V]$$



4.6 Madhësitë e ndryshueshme (alternuara): paraqitje grafike, vlera momentale dhe fazorët e tyre

Vektori rrotullues si mjet përfaqësimi në elektroteknikë quhet **fazor**. Horizontali që i përgjigjet pjesës pozitive të boshtit x quhet **bosht fazor** dhe shënohet si .

Në një vizatim, me një bosht fazor, mund të tregojmë një numër të madh madhësish të alternuara me fazorë. Këndi i formuar ndërmjet dy fazave quhet **diferencë fazore**. Për dy sasi të ndryshueshme (alternuara) themi se janë në fazë kur diferenca fazore ndërmjet tyre është zero, ose janë të zhvendosura në fazë kur diferenca fazore është e ndryshme nga zero.

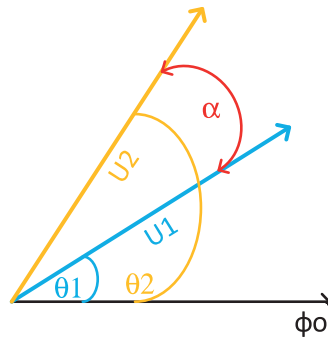
Të marrim parasysh rastin e dy tensioneve:

$$u_1 = U_{1m} \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta_1) [V]$$

$$u_2 = U_{2m} \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta_2) [V]$$

Diferenca fazore paraqet:

$$\alpha = (\omega \cdot t + \theta_1) - (\omega \cdot t + \theta_2) = \omega \cdot t + \theta_1 - \omega \cdot t - \theta_2 = \theta_1 - \theta_2$$

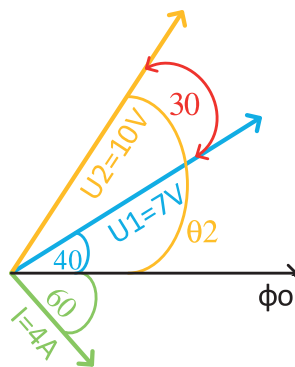


4.7 Diferenca fazore  $\alpha$ , ndërmjet dy tensioneve

Diferenca fazore është këndi midis dy madhësive të paraqitura në fazë, diferenca fazore midis dy madhësive identike, dy tensioneve, është dhënë në figurën 4.7, mund të jetë midis dy rrymave, ose midis dy madhësive heterogjene, për shembull midis tensionit dhe rrymës.

DETYRA për ushtrime:

5. Vizatoni fazorët e këtyre katër tensioneve, në të njëjtin vizatim, në boshtin e përbashkët fazor dhe më pas llogaritni diferencën fazore ndërmjet secilit prej fazorëve:
  - a)  $u_1 = 10 \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$
  - b)  $u_2 = 8 \sin(\omega \cdot t - 45^\circ)$
  - c)  $u_3 = 5 \sin(\omega \cdot t + 180^\circ)$
  - d)  $u_4 = 15 \sin(\omega \cdot t)$
  
6. Nga vizatimi fazor, lexoni vlerat e vlerës efektive dhe fazës fillestare, dhe pastaj shënoni shprehjet momentale të madhësive të ndryshueshme (alternuara).



$$/ u_1 = 7 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + 40^\circ) [V], u_2 = 10 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + 70^\circ) [V],$$

$$i = 4 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t - 60^\circ) [A] /$$

## 4.2. REZISTENCA (E OMIT) NË QARK ME RRYMË TË NDRYSHUESHME (ALTERNATIV)

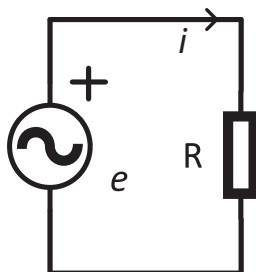
Qarqet me rrymë të ndryshueshme duhet të përmbajnë të paktën një burim të thjeshtë periodik të tensionit dhe një konsumator. Sipas natyrës së proceseve që ndodhin në elementet e qarkut, ato ndahen në: elemente aktive dhe pasive. Elementet aktive shndërrojnë një pjesë të energjisë në energji elektrike; këta janë gjeneratorët, burime të tensionit elektrik, bateritë. Elementet pasive kryejnë procesin në kah të kundërt, pra energjinë elektrike e shndërrojnë në ndonjë lloj tjetër energjie. Në një qark me rrymë të ndryshueshme, një pjesë e energjisë shndërrohet në nxehtësi ose në ndonjë energji tjetër të dobishme, ndërsa pjesa tjetër e energjisë nga fushat elektrike dhe magnetike luhet midis gjeneratorit dhe rezistorëve. Këto dukuri janë karakteristike për disa elemente: rezistori i omit, spiralja dhe kondensatori.

**Rezistori** i omit karakterizohet nga shndërrimi i energjisë elektrike në termike (proces i pakthyeshem) dhe rezistori është një **harxhues aktiv**.

**Spiralja** (Bobina) karakterizohet nga shndërrimi i energjisë elektrike në magnetike, por gjithashtu mund të shndërrohet nga energji magnetike në energji elektrike. Energjia lëkundet (proces i kthyeshëm) dhe spiralja është **element reaktiv**.

**Kondensatori** karakterizohet nga shndërrimi i energjisë elektrike në elektostatike dhe anasjelltas (procesi i kthyeshëm) dhe kondensatori është **element reaktiv**.

Figura më poshtë tregon një qark të padegëzuar me një rezistor omik:



4.8 Qark me një harxhues (R)

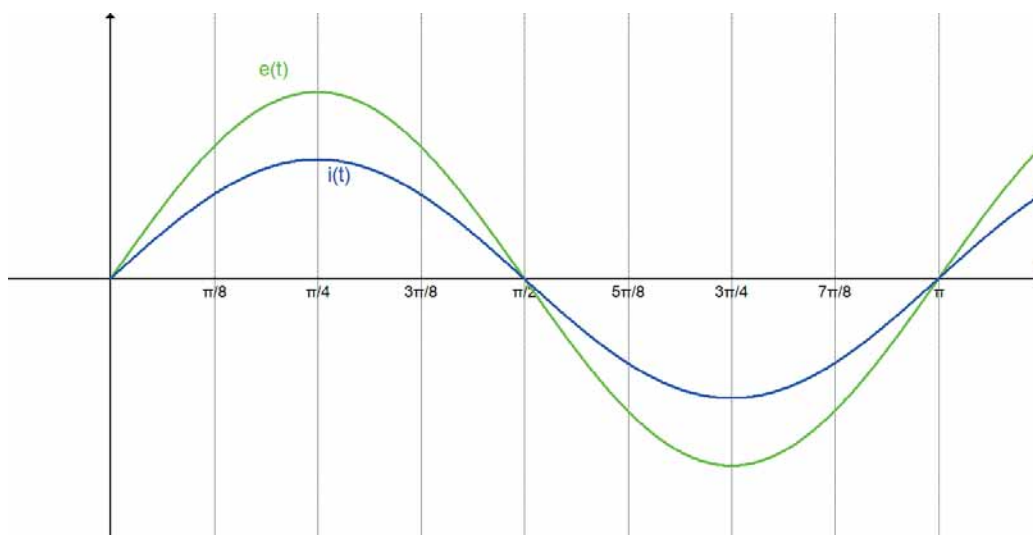
Tensioni i burimit ka formën:

$$e = E_m \sin(\omega \cdot t) [V]$$

Në rezistor vjen deri në shfaqjen vetëm të energjisë termike, si te rrymat e përhershme (konstante), ashtu që do të vlejë Ligji i Omit:

$$i = \frac{e}{R} = \frac{E_m}{R} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

Nga sa kemi shkruar, mund të konkludojmë se rryma përmes një rezistori të omit ndryshon njësoj si tensioni në skajet e tij, pra rryma dhe tensioni arrijnë maksimumin e tyre në të njëjtën kohë. Themi se ky qark ka një karakter thjesht rezistent.



4.9 Diagrami kohor i tensionit dhe rrymës në qark me karakter pastër rezistent

Mund të konkludojmë se rryma përmes një rezistence të omit dhe tensioni në skajet e tij janë në fazë dhe për to vlen ligji i omit. Në diagramin fazor, fazori i tensionit dhe rrymës përkojnë, në drejtim dhe kah.



4.10 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave në qark me rezistor

Vlerat momentale të tensionit dhe rrymës nëpër një rezistor të omit janë:

$$\begin{aligned}
 u_R &= U_m \sin(\omega \cdot t + \theta) [V] \\
 I_m &= \frac{U_m}{R} [A] \quad \theta = \psi \\
 i_R &= I_m \sin(\omega \cdot t + \psi) [A]
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

## FUQIA AKTIVE

Në një qark me rrymë të ndryshueshme, tensioni dhe rryma luhaten dhe i ndryshojnë vazhdimisht vlerat dhe kahet e tyre. Fuqia momentale është prodhim i vlerave aktuale të tensionit dhe rrymës, pra fuqia ka gjithashtu karakter të ndryshueshëm. Prandaj, është më praktike të punohet me një vlerë mesatare të fuqisë. Në një qark me rezistor omi, tensioni dhe rryma e tij si dhe fuqia do t'i kenë format e mëposhtme:

$$u_R = U_m \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$i_R = I_m \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$P = u_R \cdot i_R = U_m \cdot I_m \cdot \sin^2(\omega \cdot t) [W]$$

Për shkak të formës  $\sin^2$ , vlera e fuqisë do të jetë gjithmonë pozitive ( $\sin^2 > 0$ ). Shpejtësia me të cilën energjia elektrike në rezistorin e omit shndërrohet në nxehtësi nuk është gjithmonë e barabartë. Prandaj është e nevojshme të dihet fuqia mesatare, e cila është:

$$P = \frac{U_m \cdot I_m}{2} = U \cdot I [W]$$

Harxhuesit që konvertojnë energjinë elektrike në nxehtësi janë **harxhues aktivë**, fuqia që ata konsumojnë është **fuqi aktive** ndërsa ajo është prodhim i vlerave efektive të tensionit dhe rrymës së atij harxhuesii.

Kur zbatohet ligji i Omit për shprehjen për fuqinë aktive, fitohen formulat e prejardhura, të cilat zbatohen në varësi të sasive të njohura: tension, rrymë, rezistencë.

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2 [W] \quad (4.6)$$

DETYRA për ushtrime:

7. Llogaritni fuqinë aktive, nëse tensioni dhe rryma në skaje është:

$$u = 10\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$i = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$/ P = 60[W] /$$

8. Konsumatori aktiv ka rezistencë prej  $80\Omega$ , ndërsa nëpër të rrjedh rrymë prej  $i = 0,8\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [A]$ . Shënioni shprehjen për tensionin në skajet e tij, dhe llogaritni fuqinë aktive që zhvillohet në të.

$$/ u = 64\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [V], P = 51,2 [W] /$$

9. Konsumatori me rezistencë  $200\Omega$ , nëpër të cilin rrjedh rrymë me amplitudë prej  $3A$  dhe faza fillestare e tensionit të tij është  $100^\circ$ , zhvillon fuqi aktive e cila duhet të llogaritet. Shënioni edhe shprehjet momentale për tensionin dhe rrymën.

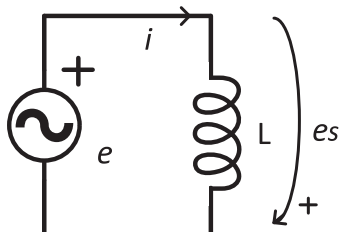
$$/ i = 3 \cdot \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [A], u = 600 \cdot \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [V], P = 900 [W] /$$

10. Fuqia aktive e një konsumatori është  $400W$ , rezistenca e tij është  $100\Omega$ , faza fillestare e tensionit është  $-45^\circ$ , frekuenca e madhësive të ndryshueshme është  $50Hz$ . Shënioni shprehjet momentale të tensionit dhe rrymës.

$$/ i = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t - 45^\circ) [A], u = 200 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t - 45^\circ) [V] /$$

### 4.3. SPIRALJA IDEALE NË QARK ME RRYMË TË NDRYSHUESHME (ALTERNATIV)

Në figurë është paraqitur qark i padegëzuar me një burim dhe spirale si harxhues:



4.11 Qark me një harxhues (L)

Për një spirale me rezistencë shumë të vogël, e cila mund edhe të neglizhohet, themi që është spirale ideale. Forma e forcës elektromotore të burimit jepet si:

$$e = E_m \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V]$$

Në një qark me rrymë të ndryshueshme, rryma do të rrjedhë përmes spirales e cila do të shkaktojë forcë të induktuar elektromotore në spirale. Forca e induktuar elektromotore ka kahun që kundërshton shkaku e shfaqjes së saj, që është pasojë e Ligjit të Lencit. Ky është fenomeni i vetë-induksionit, i cili, i dhënë nga ligji i Faradeit, jep formulën:

$$e_s = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} [V]$$

Me zbatimin e Ligjit II të Kirhofit, fitojmë:

$$e + e_s = 0$$

E treguar në diagram fazor, del se  $e_s$  e induktuar do të ketë fazë të kundërt me fazën e burimit, respektivisht do të jetë:

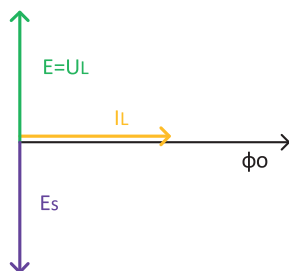
$$e_s = E_m \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V]$$

$$E_m = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \cdot \omega \cdot I_m [V]$$

Për formën e vlerës momentale të rrymës, del se ajo ka një formë sinusi, e cila zhvendoset në mënyrë që të arrijë vlerën e saj maksimale në momentin kur FEM e induktuar arrin vlerën e saj zero:

$$i = I_m \sin(\omega \cdot t + 0^\circ) [A]$$

Diagrami fazor i këtyre tre madhësive të ndryshueshme është si vijon:



4.12 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave në qark me spirale

Tensioni i bobinës do të ketë kah të kundërt nga drejtimi i  $e_s$ , gjegjësisht tensioni i spirales do të ndjekë kahun e rrymës ( $U_L = -e_s$ ). Për rrymën përmes spirales mund të konkludojmë se faza e saj fillestare është gjithmonë për  $90^\circ$  më e ulët se faza fillestare e tensionit të spirales. Ndërsa vlera maksimale e rrymës do të jetë për  $L \cdot$  herë më e vogël se vlera maksimale e tensionit të spirales, për formën e përgjithshme të tensionit të spirales do të vlejë me sa vijon:

$$\begin{aligned} u_L &= U_{Lm} \sin(\omega \cdot t + \theta) [V] \\ I_{Lm} &= \frac{U_{Lm}}{\omega \cdot L} [A], \quad \psi = \theta - 90^\circ \\ i_L &= I_{Lm} \sin(\omega \cdot t + \psi) [A] \end{aligned} \quad (4.7)$$

Ne e dimë nga ligji i Omit se rryma është herës i tensionit dhe rezistencës, kështu që rezulton se prodhimi  $L \cdot$  ka karakterin dhe dimensionet e rezistencës dhe shpreh reaksionin e spirales së ndryshimit të rrymës përmes tij dhe quhet **rezistencë induktive**, e cila shënohet si:

$$X_L = \omega \cdot L [\Omega] \quad (4.8)$$

Për shkak se rezistenca induktive shkaktohet nga një kundërveprim, reaksioni i FEM-së së induktuar ndaj vetë-induksionit quhet gjithashtu **rezistencë induktive reaktive**. Themi se ky qark ka karakter thjesht induktiv.

Rezistenca e spirales rritet në përpjesëtim të drejtë me rritjen e frekuencës, kurse për regjimin njëkahësh, ku nuk ka frekuencë, pra kur ajo është zero, spiralja ka rezistencë  $0\Omega$  dhe paraqet lidhje të shkurtër.

## FUQIA REAKTIVE E SPIRALES

Në një qark të padegëzuar me spirale ideale, në skajet e së cilës ka të lidhur tension të ndryshueshëm, do të rrjedhë rrymë vlerat momentale të së cilës janë:

$$\begin{aligned} u_L &= U_{Lm} \cdot \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V] \\ i_L &= I_{Lm} \cdot \sin(\omega \cdot t) [A] \end{aligned}$$

Shprehja për fuqinë momentale do të jetë:

$$p = u_L \cdot i_L = U_{Lm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) \cdot I_{Lm} \sin(\omega \cdot t) [W]$$

Fuqinë në një interval të caktuar e përcakton energjia e burimit, ndërsa energjia magnetike e spirales është:

$$W = \frac{L \cdot i^2}{2} [J]$$

Këto dy energji oscillojnë në mënyrë të pandërprerë ndërmjet burimit dhe spirales. Kjo e përcakton shpejtësinë e ndryshimit të energjisë nga forma elektrike në atë magnetike dhe anasjelltas.

Fuqia, për shkak se zhvillohet në një element reaktiv, quhet **fuqi reaktive** dhe simboli i saj është  $Q_L$ . Njësia e matjes korrespondon në mënyrë të përkryer me njësinë e matjes së fuqisë së elementit aktiv  $p(W)$ , por për t'u dalluar, njësia matëse për fuqinë reaktive është një voltamperi reaktiv, ose shkurtimisht (VAR). Shprehja për fuqinë reaktive në një spirale është:

$$Q_L = U_L \cdot I_L [VA_r] \quad (4.9)$$

$$Q_L = X_L \cdot I_L^2 = \frac{U_L^2}{X_L} [VA_r]$$

DETYRA për ushtrime:

11. Të lexohet frekuenca rrethore dhe këndi fillestar i tensionit, të llogaritet rezistenca reaktive e spirales dhe më pas të përcaktohen parametrat e rrymës nëpër spirale dhe të shkruhet vlera e saj momentale, për induktivitetin e bobinës prej 10mH. Llogaritni fuqinë reaktive, nëse tensioni i saj është:  $u_L = 40\sqrt{2} \sin(100 \cdot t) [V]$

$$/ \omega = 100 [rad/s], \theta = 0^\circ, X_L = 1[\Omega] i = 40\sqrt{2} \sin(100 \cdot t - 90^\circ) [A], Q_L = 1600 [VA_r] /$$

12. Është dhënë spiralja nëpër të cilën rrjedh rryma  $i = 0,6\sqrt{2} \sin(400 \cdot t + 20^\circ) [A]$  induktiviteti i së cilës është 50mH. Shënoni shprehjen për tensionin në skajet e saj. Vizatoni diagramin fazor të tensioneve dhe rrymave. Llogaritni fuqinë reaktive.

$$/ u = 12\sqrt{2} \sin(400 \cdot t + 110^\circ) [V], Q_L = 7,2 [VA_r] /$$

13. Është dhënë spiralja me rezistencë induktive  $20\Omega$ , nëpër të cilën kalon rrymë prej 7A. Faza fillestare e rrymës së saj është  $60^\circ$  dhe zhvillon fuqi reaktive që duhet llogaritur. Shkruani shprehjet momentale të tensionit dhe rrymës. Vizatoni një diagram fazor.

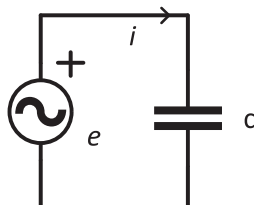
$$/ i = 7\sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + 60^\circ) [A], u = 140\sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t + 150^\circ) [A], Q_L = 980 [VA_r] /$$

14. Fuqia reaktive e një spiraleje është  $40 VA_r$ , rezistenca e saj është  $10\Omega$ , faza fillestare e tensionit është  $-45^\circ$ . Frekuenca e madhësive të ndryshueshme (alternuara) është 50Hz. Shkruani shprehjet momentale të tensionit dhe rrymës. Llogaritni induktivitetin e spirales dhe vizatoni një diagram fazor.

$$/ i = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t - 135^\circ) [A], u = 20 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t - 45^\circ) [A], L = 0,032 [H] /$$

#### 4.4. KONDENSATORI IDEAL NË QARK ME RRYMË TË NDRYSHUAR (ALTERNUAR)

Në figurën në vazhdim është dhënë qark i padegëzuar me një harxhues, i cili është kondensator, dhe një burim:



4.13 Qark me një harxhues (C)

Qëllimi kryesor i kondensatorëve në një qark është ruajtja e elektricitetit, me ç'rast procesi i akumulimit të elektricitetit quhet ngarkim (karikim), ndërsa procesi i kundërt quhet shkarkim i kondensatorit. Një ndryshim potencial ndodh kur ngarkoni kondensatorin. Tensioni i brendshëm (tensioni i kundërt i kondensatorit) midis pllakave të kondensatorit ka drejtim të kundërt nga burimi në qark. Kur tensioni i brendshëm është i barabartë me tensionin e jashtëm, kondensatori është plotësisht i ngarkuar. Te burimet e ndryshueshme të furnizimit, kahu ndryshon vazhdimisht (gjysmë-periodat pozitive dhe negative). Më pas procesi i ngarkimit dhe shkarkimit të kondensatorit do të kryhet vazhdimisht. Sasia e elektricitetit të kondensatorit në gjysmë-periodën pozitive do të jetë:

$$Q = C \cdot U_m [C], \text{ respektivisht ndryshimi do të jetë } \Delta Q = C \cdot \Delta u [C]$$

Rryma që do të rrjedhë si pasojë e ngarkimit dhe shkarkimit të kondensatorit është:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = C \cdot \frac{\Delta u}{\Delta t} [A]$$

Shpejtësia e ndryshimit të tensionit është në proporcion të drejtë me frekuencën rrethore:

$$\frac{\Delta u}{\Delta t} = \omega \cdot U_m$$

Meqë  $\frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{i}{C}$  fitohet relacioni:

$$\frac{I_m}{C} = \omega \cdot U_m, \quad I_m = C \cdot \omega \cdot U_m [A]$$

Sipas këtij relacioni, vlera efektive do të jetë:

$$I = C \cdot \omega \cdot U = \frac{U}{1/\omega \cdot C} [A]$$

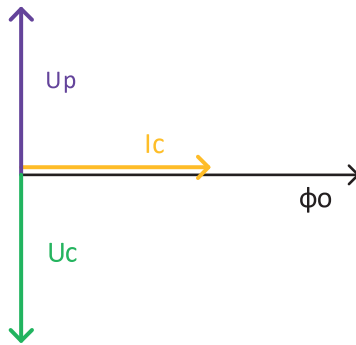
Nga Ligji i Omit konkludojmë se rezistenca e kondensatorit është:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} [\Omega]$$

Rezistenca kapacitive quhet **rezistencë reaktive capacitive**. Për këtë lloj qarku thjeshtë themi se ka karakter kapacitiv.

Rezistenca e kondensatorit rritet në përpjesëtim të zhdrejtë me rritjen e frekuencës, ndërsa për modalitetin e njëkahshëm, ku nuk ka frekuencë, respektivisht kur ajo është zero, kondensatori ka rezistencë të pafundme dhe është një degë e hapur.

Për shkak të paraqitjes së tensionit të kundërt ( $U_p$ ) në qarkun me kondensator, do të ketë rrjedhje të rrymës ( $I_c$ ), në raport me tensionin e dhënë ( $U_c$ ), dhe këto në formë fazore do të duken si vijon:



4.14 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave në qark me kondensator

Relacioni që i lidh tensionin dhe rrymën te kondensatori është:

$$\begin{aligned}
 X_C &= \frac{1}{\omega \cdot C} \text{ [}\Omega\text{]} & u_C &= U_{Cm} \sin(\omega \cdot t + \theta) \text{ [V]} & \psi &= \theta + 90^\circ & (4.10) \\
 & & I_{Cm} &= \frac{U_{Cm}}{X_C} \text{ [A]} & & & \\
 & & i_C &= I_{Cm} \sin(\omega \cdot t + \psi) \text{ [A]} & & & 
 \end{aligned}$$

## FUQIA REAKTIVE E KONDENSATORIT

Fuqia e një qarku të padegëzuar me kondensator ideal, në skajet e të cilit ka të lidhur tension nëpër të cilin rrjedh rryma, si te spiralja, do të jetë:

$$p = u_C \cdot i_C = U_{Cm} \sin(\omega \cdot t) \cdot I_{Cm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) \text{ [W]}$$

Fuqia në një interval të caktuar e përcakton energjinë e burimit, ndërsa energjia elektrostатike e kondensatorit është:

$$W = \frac{C \cdot u^2}{2} \text{ [J]}$$

Këto dy energji lëkunden vazhdimisht midis burimit dhe kondensatorit. Kjo e përcakton shpejtësinë e ndryshimit të energjisë nga forma elektrike në elektrostатike dhe anasjelltas.

Për shkak se fuqia zhvillohet në një element reaktiv, ajo quhet **fuqi reaktive**. Simboli i saj është  $Q_c$ ; njësia e matjes korrespondon plotësisht me njësinë e matjes së fuqisë së elementit aktiv

$P(W)$ , por për t'u dalluar, njësia e matjes së fuqisë reaktive është voltamperi reaktiv, shkurtimisht (VAr). Shprehja për fuqinë reaktive në kondensator është:

$$Q_C = U_C \cdot I_C \text{ [VA}_r\text{]} \quad (4.11)$$

Me zbatimin e Ligjit të Omit, fitohen shprehjet e nxjerra për fuqinë reaktive:

$$Q_C = X_C \cdot I_C^2 = \frac{U_C^2}{X_C} \text{ [VA}_r\text{]}$$

DETYRA për ushtrime:

15. Llogaritni rezistencën reaktive të kondensatorit me kapacitet prej  $100\mu\text{F}$ . Shënoni vlerën momentale të rrymës nëpërtë, nësetensionin në skajet e tij është  $u = 40\sqrt{2} \sin(500 \cdot t) \text{ [V]}$ .

$$/ X_C = 20[\Omega], i = 2\sqrt{2} \sin(500 \cdot t + 90^\circ) \text{ [V]} /$$

16. Rezistenca reaktive e kondensatorit është  $8\Omega$ , ndërsa nëpër të rrjedh rrymë  $i = 0,9\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) \text{ [A]}$  Shënoni shprehjen për tensionin në skajet e tij. Vizatoni diagramin fazor dhe llogaritni fuqinë reaktive.

$$/ u = 7,2\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) \text{ [V]}, Q_C = 6,48 \text{ [VA}_r\text{]} /$$

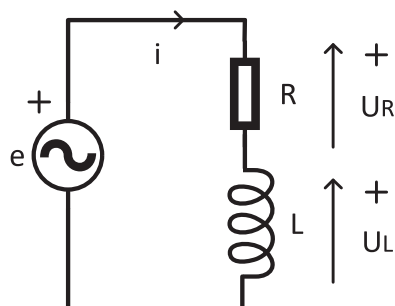
17. Nëpër një kondensator me rezistencë reaktive prej  $30\Omega$ , rrjedh rrymë me amplitudë prej  $6\text{A}$ . Faza fillestare e tensionit të tij është  $100^\circ$ . Kondensatori zhvillon fuqi reaktive e cila duhet të llogaritet. Shënoni shprehjet momentale të tensionit dhe rrymës.

$$/ i = 6 \cdot \sin(\omega \cdot t + 190^\circ) \text{ [A]}, u = 180 \cdot \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) \text{ [V]}, Q_C = 540 \text{ [VA}_r\text{]} /$$

## 4.5 LIDHJA SERIKE E REZISTORIT, SPIRALES DHE KONDENSATORIT

### LIDHJA SERIKE E REZISTORIT DHE SPIRALES

Qarku i padegëzuar, i thjeshtë i një rezistori dhe spiraleje është:



4.15 Lidhja serike në qarkun RL

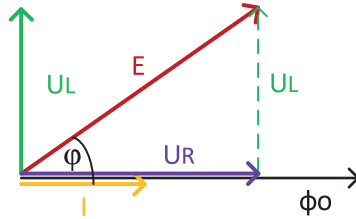
Ne kemi treguar më parë se tensioni i një rezistori është gjithmonë në fazë me rrymën që kalon nëpër të, ndërsa tensioni në spirale ka gjithmonë një kënd për 90° më të madh se këndi i rrymës. Vlerat e tyre momentale janë:

$$i = I_m \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$U_{Rm} = R \cdot I_m [V], \quad \theta_R = \psi = 0, \quad u_R = U_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$U_{Lm} = X_L \cdot I_m [V], \quad \theta_L = \psi + 90^\circ = 90^\circ, \quad u_L = U_{Lm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V]$$

Kur vizatohet diagrami fazor, fillohet me madhësinë e përbashkët për këta elementë. Te elementët e lidhur në seri, rryma përmes elementeve është e përbashkët (e njëjtë) ndërsa tensionet janë të ndryshme. Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymës është:



4.16 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave në qarkun serik RL

Trekëndëshi i përbërë nga tensionet  $U_R$ ,  $U_L$  dhe  $E$  quhet trekëndësh i tensioneve. Nga ai, me zbatimin e teoremës së Pitagorës, fitohet:

$$E^2 = U_L^2 + U_R^2,$$

$$E = \sqrt{U_L^2 + U_R^2} = \sqrt{(I \cdot X_L)^2 + (I \cdot R)^2} = \sqrt{I^2 \cdot X_L^2 + I^2 \cdot R^2} = \sqrt{I^2 \cdot (X_L^2 + R^2)}$$

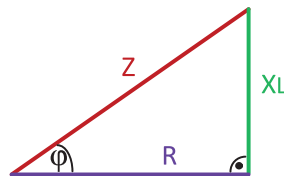
$$= \sqrt{I^2} \cdot \sqrt{(X_L^2 + R^2)} = I \cdot \sqrt{X_L^2 + R^2} [V]$$

$$E = I \cdot Z [V]$$

$$Z = \sqrt{X_L^2 + R^2} [\Omega] \tag{4.12}$$

$Z$  ka dimension të rezistencës dhe quhet rezistencë e dukshme, ose **impedancë** e qarkut. Për këtë qark thuhet se ka karakter kryesisht induktiv.

Ashtu siç ekziston trekëndëshi i tensioneve, ashtu ekziston edhe trekëndëshi i rezistencave, i cili është paraqitur më poshtë:



4.17 Trekëndëshi i rezistencave te qarku serik RL

Këndi është i njëjtë si te trekëndëshi i tensioneve ashtu edhe te trekëndëshi i rezistencave, dhe është kënd ndërmjet burimit  $E$  dhe rrymës  $I$ . Ai kënd quhet zhvendosje fazore. Llogaritja e tij është si vijon:

$$\tan \varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega \cdot L}{R} \quad (4.13)$$

Fuqia e burimit është prodhim i vlerave efektive të tensionit dhe rrymës përmes tij. Tensioni i burimit sipas ligjit të Omit është prodhim i rrymës dhe impedancës së qarkut. Të zëvendësuara në formulën për fuqinë e burimit fitojmë:

$$\begin{aligned} S &= E \cdot I = (Z \cdot I) \cdot I = Z \cdot I^2 = I^2 \cdot \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{I^4 \cdot (R^2 + X_L^2)} = \sqrt{I^4 \cdot R^2 + I^4 \cdot X_L^2} \\ &= \sqrt{(I^2 \cdot R)^2 + (I^2 \cdot X_L)^2} \text{ [VA]} \end{aligned}$$

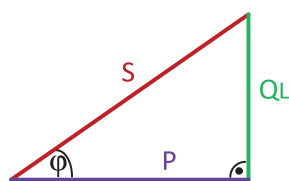
$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} \text{ [VA]} \quad (4.14)$$

$S$  [VA] – fuqia e dukshme e qarkut; njësia matëse është voltamper (VA)

$P$  [W] – fuqia aktive e qarkut; njësia matëse vat (W)

$Q_L$  [VA<sub>r</sub>] – fuqia reaktive e qarkut; njësia matëse (Var)

I njëjti trekëndësh, vlen edhe për fuqitë, siç duket në figurën më poshtë:



4.18 Trekëndëshi i fuqive në qarkun serik RL

Madhësia  $\cos \varphi = \frac{P}{S}$  quhet faktor i fuqisë. Për makinat elektrike nënkupton pjesën e fuqisë së dukshme që mund të përdoret.

DETYRA për ushtrime:

18. Llogaritni fuqinë aktive dhe reaktive të rezistorit dhe spirales së lidhur në seri. Rezistori ka rezistencë prej  $4\Omega$ , spiralja është me  $6\Omega$ , nëse rryma nëpër ta është  $i = 5\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t)$  [A]. Shënoni shprehjet për vlerat momentale të tensioneve të secili element veçmas. Vizatoni diagramin fazor të tensioneve dhe rrymave dhe llogaritni impedancën e qarkut.

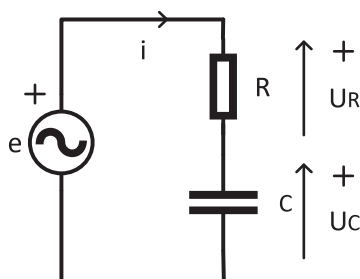
$$\begin{aligned} & / P = 100 \text{ [W]}, Q_C = 150 \text{ [VA}_r], S = 180 \text{ [VA]}, \\ & u_R = 20\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) \text{ [V]}, u_L = 30\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) \text{ [V]}, Z = 7,2 \text{ [\Omega]} / \end{aligned}$$

19. Kemi një rezistor dhe spirale të lidhur në mënyrë serike. Konsumatori aktiv ka rezistencë prej  $8\Omega$ , reaktivi ka  $6\Omega$  dhe nëpër ta rrjedh rrymë  $i = 0,8\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 40^\circ)$  [A]. Shënoni shprehjet për tensionin e rezistorit, spirales dhe tensionin total dhe vizatoni diagramin fazor. Llogaritni fuqinë aktive, reaktive dhe të dukshme.

$$\begin{aligned} & / u_R = 6,4\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 40^\circ) \text{ [V]}, u_L = 4,8\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 50^\circ) \text{ [V]}, \varphi = 37^\circ, \\ & e = 8\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 3^\circ) \text{ [V]}, p = 5,12 \text{ [W]}, Q_L = 6,4 \text{ [VA}_r], S = 8,2 \text{ [VA]} / \end{aligned}$$

## LIDHJA SERIKE E REZISTORIT DHE KONDENSATORIT

Qarku i padegëzuar, i thjeshtë i një rezistori dhe kondensatori është:



4.19 lidhja serike në qarkun RC

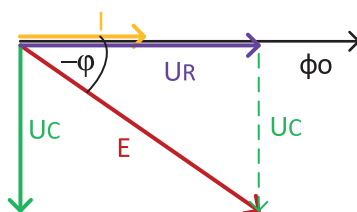
Ne kemi treguar më parë se tensioni i një rezistori është gjithmonë në fazë me rrymën që kalon nëpër të, ndërsa tensioni në kondensator ka gjithmonë një kënd për  $90^\circ$  më të vogël se këndi i rrymës. Vlerat e tyre momentale janë:

$$i = I_m \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$U_{Rm} = R \cdot I_m [V], \quad \theta_R = \psi = 0, \quad u_R = U_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [V]$$

$$U_{Cm} = X_C \cdot I_m [V], \quad \theta_C = \psi - 90^\circ = -90^\circ, \quad u_C = U_{Cm} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V]$$

Kur vizatohet diagrami fazor, fillohet me madhësinë e përbashkët për këto elemente. Te elementet e lidhura në mënyrë serike, rryma nëpër elemente është e përbashkët (e njëjtë), ndërsa tensionet dallojnë. Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymës është:



4.20 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave në qarkun serik RC

Trekëndëshi i përbërë nga tensionet  $U_R$ ,  $U_C$  dhe  $E$  quhet trekëndësh i tensioneve. Nga ai, me zbatimin e teoremës së Pitagorës, fitohet:

$$E^2 = U_C^2 + U_R^2,$$

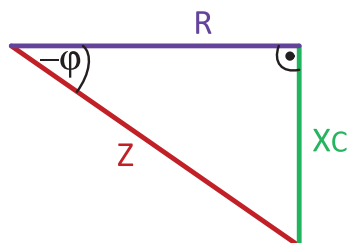
$$\begin{aligned} E &= \sqrt{U_C^2 + U_R^2} = \sqrt{(I \cdot X_C)^2 + (I \cdot R)^2} = \sqrt{I^2 \cdot X_C^2 + I^2 \cdot R^2} = \sqrt{I^2 \cdot (X_C^2 + R^2)} \\ &= \sqrt{I^2} \cdot \sqrt{(X_C^2 + R^2)} = I \cdot \sqrt{X_C^2 + R^2} [V] \end{aligned}$$

$$E = I \cdot Z [V]$$

$$Z = \sqrt{X_C^2 + R^2} [\Omega] \quad (4.15)$$

Z ka dimension të rezistencës dhe quhet rezistencë e dukshme, ose **impedancë** e qarkut. Për këtë qark thuhet se ka karakter kryesisht kapacitiv.

Në figurën e mëposhtme është treguar trekëndëshi i rezistencave:



4.21 Trekëndëshi i rezistencave te qarku serik RC

Këndi është i njëjtë si te trekëndëshi i tensioneve ashtu edhe te trekëndëshi i rezistencave, dhe është këndi ndërmjet burimit E dhe rrymës I. Ai kënd quhet zhvendosje fazore. Kahu i vizatimit të tij është nën boshtin fazor, që i jep karakteristikë të numrit negativ (vlera e tij negative tregon që rryma ka kënd më të madh fillestar se tensioni) dhe llogaritet si vijon:

$$\tan \varphi = -\frac{X_C}{R} = -\frac{1}{\omega \cdot C \cdot R} \quad (4.16)$$

Fuqia e burimit është:

$$\begin{aligned} S &= E \cdot I = (Z \cdot I) \cdot I = Z \cdot I^2 = I^2 \cdot \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{I^4 \cdot (R^2 + X_C^2)} = \sqrt{I^4 \cdot R^2 + I^4 \cdot X_C^2} \\ &= \sqrt{(I^2 \cdot R)^2 + (I^2 \cdot X_C)^2} \text{ [VA]} \end{aligned}$$

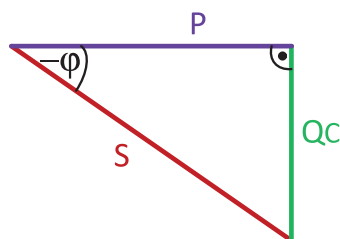
$$S = \sqrt{P^2 + Q_C^2} \text{ [VA]} \quad (4.17)$$

$S$  [VA] – fuqia e dukshme e qarkut; njësia matëse është voltamper (VA)

$P$  [W] – fuqia aktive e qarkut; njësia matëse vat (W)

$Q_C$  [VA<sub>r</sub>] – fuqia reaktive e qarkut; njësia matëse (Var)

Trekëndëshi i fuqive është dhënë në figurën më poshtë:



4.22 Trekëndëshi i fuqive në qarkun serik RC

DETYRA për ushtrime:

20. Llogaritni fuqinë aktive dhe reaktive të rezistorit dhe kondensatorit të lidhur në seri si dhe fuqinë e dukshme. Rezistori ka rezistencë prej  $12\Omega$ , rezistenca reaktive është  $5\Omega$ , ndërsa rryma nëpër ta është  $i = \sqrt{2} \sin(\omega \cdot t)$  [A]. Shënoni shprehjet për vlerat momentale të tensioneve të secili element veçmas. Vizatoni diagramin fazor të tensioneve dhe rrymave dhe llogaritni impedancën e qarkut.

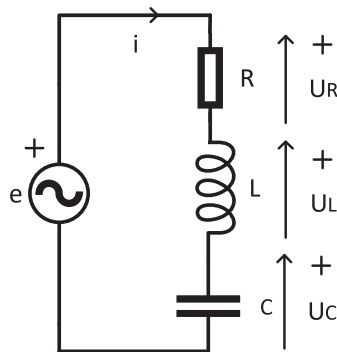
$$/ P = 12[W], Q_C = 5[VA_r], S = 13[VA], \\ u_R = 12\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [V], u_C = 5\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V], Z = 13[\Omega] /$$

21. Kemi një rezistor dhe kondensator të lidhur në mënyrë serike. Konsumatori aktiv ka rezistencë prej  $4\Omega$ , reaktivi ka  $3\Omega$  dhe nëpër ta rrjedh rrymë  $i = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 20^\circ)$  [A]. Shënoni shprehjen për tensionin e rezistorit, kondensatorit dhe tensionin total dhe vizatoni diagramin fazor. Llogaritni fuqinë aktive, reaktive dhe të dukshme.

$$/ u_R = 24\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 20^\circ) [V], u_C = 18\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 70^\circ) [V], \varphi = -37^\circ, \\ e = 30\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 57^\circ) [V], Z = 5[\Omega] p = 144 [W], Q_C = 108 [VA_r], S = 180 [VA] /$$

### LIDHJA SERIKE E REZISTORIT, SPIRALES DHE KONDENSATORIT

Qarku i padegëzuar, i thjeshtë i një rezistori, spiraleje dhe kondensatori është:

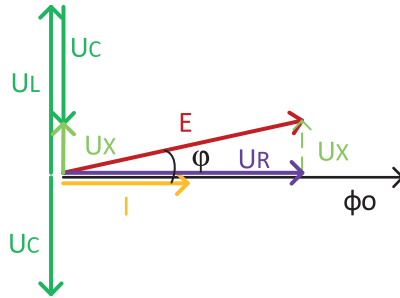


4.23 Lidhja serike e qarkut RLC

Kemi treguar më parë se tensioni i rezistorit është gjithmonë në fazë me rrymën që kalon nëpër të, tensioni i spirales ka një kënd për  $90^\circ$  më të madh se këndi i rrymës, ndërsa tensioni i kondensatorit ka gjithmonë një kënd për  $90^\circ$  më të vogël se këndi i rrymës. Vlerat e tyre momentale janë:

$$i = I_m \sin(\omega \cdot t) [A] \\ U_{Rm} = R \cdot I_m [V], \quad \theta_R = \psi = 0, \quad u_R = U_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [V] \\ U_{Lm} = X_L \cdot I_m [V], \quad \theta_L = \psi + 90^\circ = 90^\circ, \quad u_L = U_{Lm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V] \\ U_{Cm} = X_C \cdot I_m [V], \quad \theta_C = \psi - 90^\circ = -90^\circ, \quad u_C = U_{Cm} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [V]$$

Kur vizatoni një diagram fazor, fillohet me madhësinë e përbashkët për këta elementë. Te elementët e lidhur në seri, rryma përmes elementeve është e zakonshme (e njëjtë) ndërsa tensionet janë të ndryshme. Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymës është:



4.24 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymës në qarkun serik RLC

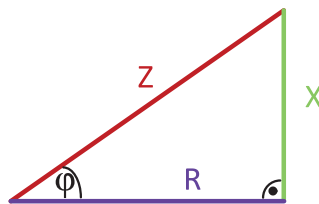
Tensioni  $U_x$  paraqet tensionin e elementeve reaktive; nën supozimin se  $X_L > X_C$  e njëjta vlen edhe për tensionet e tyre  $U_L > U_C$ , andaj del se  $U_x = U_L - U_C$

Trekëndëshi i përbërë nga tensionet  $U_R$ ,  $U_x$  dhe  $E$  është trekëndësh tensionesh. Nga ai, me zbatimin e teoremës së Pitagorës, fitojmë:

$$\begin{aligned}
 E^2 &= U_x^2 + U_R^2, \\
 E &= I \cdot Z \text{ [V]}, \\
 X &= X_L - X_C \text{ [\Omega]}, \\
 Z &= \sqrt{X^2 + R^2} \text{ [\Omega]}
 \end{aligned}
 \tag{4.18}$$

Meqë supozuam që  $X_L > X_C$ , për qarkun themi se ka karakter kryesisht induktiv, ndërsa po të vlenete e kundërta, qarku do të kishte karakter kryesisht kapacitiv.

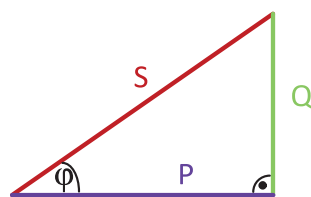
Në figurën e mëposhtme është shfaqur trekëndëshi i rezistencave:



4.25 Trekëndëshi i rezistencave te qarku serik RLC

$$\tan \varphi = \frac{X}{R}
 \tag{4.19}$$

Trekëndëshi i fuqive është treguar në figurën më poshtë, me ç'rast akoma vlen  $X_L > X_C$  dhe  $X = X_L - X_C$ , respektivisht  $Q_L > Q_C$  dhe  $U = Q_L - Q_C$ :



4.26 Trekëndëshi i fuqive në qarkun serik RLC

DETYRA për ushtrime:

22. Llogaritni fuqinë aktive dhe reaktive të rezistorit, spirales dhe kondensatorit të lidhur në seri, si dhe fuqinë e dukshme. Rezistori ka rezistencë prej  $12\Omega$ , kondensatori është me  $8\Omega$ , spiralja është me  $13\Omega$ , ndërsa rryma që rrjedh nëpër ta është  $i = 4\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 25^\circ) [A]$ . Shënoni shprehjet për vlerat momentale të secilit element individualisht, llogaritni impedancën e qarkut dhe vizatoni diagramin fazor për tensionet dhe rrymat.

$$P = 192[W], Q_C = 128[VA_r], Q_L = 208[VA_r], Q = 80[VA_r], S = 208[VA],$$

$$u_R = 48\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 25^\circ) [V], u_C = 32\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 65^\circ) [V],$$

$$u_L = 52\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 115^\circ) [V], Z = 13[\Omega]$$

23. Kemi rezistor, spirale dhe kondensator të lidhur në seri. Konsumatori aktiv ka rezistencë prej  $4\Omega$ , reaktivi ka  $8\Omega$  dhe  $5\Omega$  përkatësisht, ndërsa rryma nëpër të tre elementet është  $i = 10\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [A]$ . Shënoni shprehjen për tensionin e rezistorit, spirales, kondensatorit dhe tensionit të përgjithshëm. Vizatoni diagramin fazor dhe llogaritni impedancën e qarkut si dhe fuqinë aktive, reaktive dhe të dukshme.

$$u_R = 40\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [V], u_L = 80\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 180^\circ) [V],$$

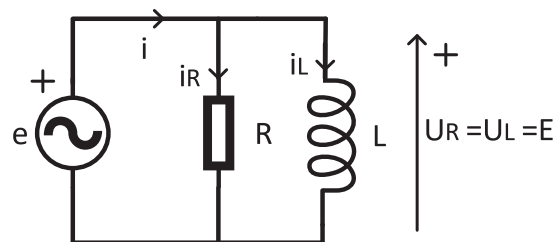
$$u_C = 50\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [V], \varphi = 37^\circ, e = 50\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 127^\circ) [V],$$

$$Z = 5[\Omega] p = 400 [W], Q_L = 800 [VA_r], Q_C = 500 [VA_r], S = 500 [VA]$$

## 4.6 LIDHJA PARALELE E REZISTORIT, SPIRALES DHE KONDENSATORIT

### LIDHJA PARALELE E REZISTORIT DHE SPIRALES

Qarku paralel i një rezistori dhe spiraleje është:



4.27 Lidhja paralele e qarkut RL

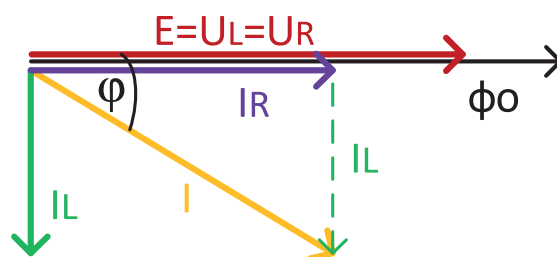
Në lidhjen paralele, është gjithmonë e vërtetë që tensionet janë të barabarta. Ne kemi treguar se tensioni i rezistorit është gjithmonë në fazë me rrymën përmes tij, ndërsa rryma në spirale ka gjithmonë një kënd prej  $90^\circ$  më të vogël se këndi i tensionit. Vlerat e tyre momentale janë:

$$e = E_m \sin(\omega \cdot t) [V], E = U_{Rm} = U_{Lm}, \quad \theta = \theta_R = \theta_L$$

$$I_{Rm} = \frac{U_{Rm}}{R} [A], \quad \psi_R = \theta = 0, \quad i_R = I_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$I_{Lm} = \frac{U_{Lm}}{X_L} [A], \quad \psi_L = \theta - 90^\circ = -90^\circ, \quad i_L = I_{Lm} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [A]$$

Kur vizatohet diagrami fazor, fillohet me madhësinë e përbashkët për këto elemente. Te elementet e lidhura paralelisht, tensioni i tyre është i përbashkët (i njëjtë), ndërsa rrymat dallojnë. Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave është:



4.28 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave në qarkun paralel RL

Trekëndëshi i përbërë nga rrymat  $I_R$ ,  $I_L$  dhe  $I$  quhet trekëndësh i rrymave. Nga ai, me zbatimin e teoremës së Pitagorës, fitojmë:

$$I^2 = I_L^2 + I_R^2,$$

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{I_L^2 + I_R^2} = \sqrt{\left(\frac{E}{X_L}\right)^2 + \left(\frac{E}{R}\right)^2} = \sqrt{E^2 \cdot \left(\frac{1}{X_L}\right)^2 + E^2 \cdot \left(\frac{1}{R}\right)^2} = \sqrt{E^2 \cdot \left(\left(\frac{1}{X_L}\right)^2 + \left(\frac{1}{R}\right)^2\right)} \\ &= \sqrt{E^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{X_L^2} + \frac{1}{R^2}} = E \cdot \sqrt{\frac{1}{X_L^2} + \frac{1}{R^2}} [A] \end{aligned}$$

$$I = E \cdot Y [A] \quad (4.20)$$

$$Y = \sqrt{\frac{1}{X_L^2} + \frac{1}{R^2}} [S] \quad (4.20)$$

$Y$  ka dimensionin e rezistencës reciproke dhe quhet përçueshmëri e dukshme, ose **admitancë** e qarkut.

Këndi është këndi ndërmjet burimit  $E$  dhe rrymës  $I$  dhe quhet zhvendosje fazore. Llogaritja e tij është si vijon:

$$\tan \varphi = \frac{I_L}{I_R} = \frac{\frac{E}{X_L}}{\frac{E}{R}} = \frac{R}{X_L} \quad (4.22)$$

Fuqia e burimit është prodhim i vlerave efektive të tensionit dhe rrymës përmes tij. Tensioni i burimit sipas ligjit të Omit është prodhim i rrymës dhe impedancës së qarkut. Të zëvendësuara në formulën e fuqisë së burimit, fitojmë:

$$S = E \cdot I = E \cdot \sqrt{(I_R^2 + I_L^2)} = E \cdot \sqrt{\left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{X_L}\right)^2} = \sqrt{E \left(\frac{E}{R}\right)^2 + E \left(\frac{E}{X_L}\right)^2} \text{ [VA]}$$

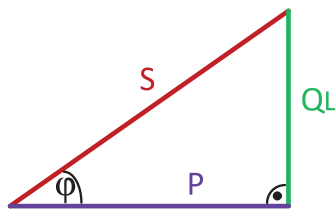
$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} \text{ [VA]} \quad (4.23)$$

$S$  [VA] – **fuqia e dukshme** e qarkut; njësia matëse është voltamper (VA)

$P$  [W] – **fuqia aktive** e qarkut; njësia matëse vat (W)

$Q_L$  [VA<sub>r</sub>] – **fuqia reaktive** e qarkut; njësia matëse (Var)

Trekëndëshi i fuqive është i njëjtë edhe te lidhja serike edhe te ajo paralele. Ai e shpreh ligjin fizik të përhershmërisë së energjisë, dhe është dhënë në figurën e mëposhtme:



4.29 Trekëndëshi i fuqive në qarkun paralel RL

Madhësia  $\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{I_R}{I}$  quhet **faktori i fuqisë**. Për makinat elektrike ai tregon se sa nga fuqia e dukshme mund të përdoret, dhe për këtë qëllim faktori i fuqisë tenton të ketë vlerë sa më të madhe të mundshme.

DETYRA për ushtrime:

24. Llogaritni fuqinë aktive dhe reaktive të rezistorit dhe spirales së lidhur paralelisht. Rezistori ka rezistencë prej  $2\Omega$ , spiralja është me  $12\Omega$ , burimi është  $e = 36\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 100^\circ)$  [V] Shënoni shprehjet për vlerat momentale të rrymave nëpër secilin element veçmas. Llogaritni admitancën e qarkut dhe vizatoni diagramin fazor të tensioneve dhe rrymave.

$$/ P = 684[W], Q_L = 108[VA_r], S = 692[VA],$$

$$i_R = 19\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [A], i_L = 3\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 10^\circ) [A], Y = 0,5[S] /$$

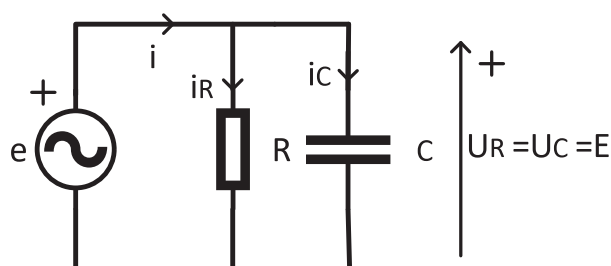
25. Kemi një rezistor dhe spirale të lidhur në mënyrë paralele. Konsumatori aktiv ka rezistencë prej  $10\Omega$ , reaktivi ka  $4\Omega$  dhe burimi është  $e = 20\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$  [V] Shënoni shprehjen për rrymën nëpër rezistor dhe spirale dhe rrymën totale që rrjedh nëpër burim. Vizatoni diagramin fazor. Llogaritni admitancën e qarkut dhe fuqinë aktive, reaktive dhe të dukshme.

$$/ i_R = 2\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [A], i_L = 5\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [A], \varphi = 68^\circ,$$

$$i = 5,4\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 68^\circ) [A], Y = 0,51[S] p = 40 [W], Q_L = 100 [VA_r], S = 108 [VA] /$$

## LIDHJA PARALELE E REZISTORIT DHE KONDENSATORIT

Qarku paralel i një rezistori dhe kondensatori është:



4.30 Lidhja paralele në qarkun RC

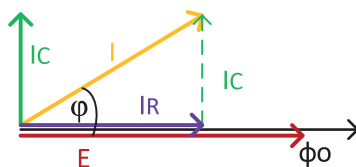
Treguam se tensioni i rezistorit është gjithmonë në fazë me rrymën nëpër të, ndërsa tensioni i kondensatorit ka gjithmonë kënd për  $90^\circ$  më të vogël se këndi i rrymës. Vlera e tyre momentale janë:

$$e = E_m \sin(\omega \cdot t) [V], \quad E_m = U_{Rm} = U_{Cm}, \quad \theta = \theta_R = \theta_C$$

$$I_{Rm} = \frac{U_{Rm}}{R} [A], \quad \psi_R = \theta = 0, \quad i_R = I_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$I_{Cm} = \frac{U_{Cm}}{X_C} [A], \quad \psi_C = \theta + 90^\circ = +90^\circ, \quad i_C = I_{Cm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [A]$$

Kur vizatohet diagrami fazor, fillohet me madhësinë e përbashkët për këto elemente. Te elementet e lidhura paralelisht, tensioni i elementeve është i përbashkët (i njëjtë), ndërsa rrymat dallohen. Diagrami fazor i tensionit të rrymave është:



4.31 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave në qarkun paralel RC

Nga vizatimi, me zbatimin e teoremës së Pitagorës, fitojmë:

$$I^2 = I_C^2 + I_R^2,$$

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{I_C^2 + I_R^2} = \sqrt{\left(\frac{E}{X_C}\right)^2 + \left(\frac{E}{R}\right)^2} = \sqrt{E^2 \cdot \frac{1}{X_C^2} + E^2 \cdot \frac{1}{R^2}} = \sqrt{E^2 \cdot \left(\left(\frac{1}{X_C}\right)^2 + \left(\frac{1}{R}\right)^2\right)} \\ &= \sqrt{E^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}} = E \cdot \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}} [A] \end{aligned}$$

$$I = E \cdot Y [A] \quad (4.24)$$

$$Y = \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}} [S] \quad (4.25)$$

Y është përqueshmëria e dukshme, ose **admitanca** e qarkut.

Këndi llogaritet në këtë mënyrë:

$$\tan \varphi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{\frac{E}{X_C}}{\frac{E}{R}} = \frac{R}{X_C} \quad (4.26)$$

Fuqia e burimit është:

$$S = E \cdot I = E \cdot \sqrt{(I_R^2 + I_C^2)} = E \cdot \sqrt{\left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{X_C}\right)^2} = \sqrt{E \left(\frac{E}{R}\right)^2 + E \left(\frac{E}{X_C}\right)^2} \text{ [VA]}$$

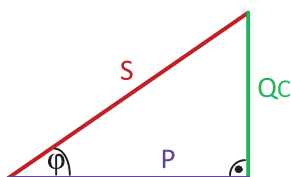
$$S = \sqrt{P^2 + Q_C^2} \text{ [VA]} \quad (4.27)$$

$S$  [VA] – fuqia e dukshme e qarkut; njësia matëse është voltamper (VA)

$P$  [W] – fuqia aktive e qarkut; njësia matëse vat (W)

$Q_C$  [VA<sub>r</sub>] – fuqia reaktive e qarkut; njësia matëse (Var)

Në figurën e mëposhtme është treguar trekëndëshi i fuqive:



4.32 Trekëndëshi i fuqive te qarku paralel RC

DETYRA për ushtrime:

26. Llogaritni fuqinë aktive dhe reaktive të rezistorit dhe kondensatorit të lidhur paralelisht, si dhe fuqinë e dukshme totale. Rezistori ka rezistencë prej  $8\Omega$ , kondensatori është me  $6\Omega$ , ndërsa tensioni i burimit ka vlerë momentale prej  $e = 36\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 30^\circ)$  [V]. Shënoni shprehjet për vlerat momentale të rrymave nëpër secilin element individualisht, llogaritni admitancën e qarkut dhe vizatoni diagramin fazor për tensionet dhe rrymat.

$$/ P = 144[\text{W}], Q_C = 216[\text{VA}_r], S = 260[\text{VA}],$$

$$i_R = 4\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 30^\circ) [\text{A}], i_C = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 60^\circ) [\text{A}], Y = 0,21[\text{S}] /$$

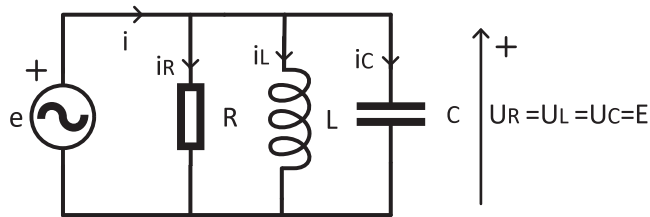
27. Kemi rezistor dhe kondensator të lidhur paralelisht. Konsumatori aktiv ka rezistencë prej  $1\Omega$ , reaktivi ka  $8\Omega$  dhe  $5\Omega$  përkatësisht, ndërsa shprehja momentale e burimit është  $e = 24\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$  [V]. Shënoni shprehjen për rrymën nëpër rezistor dhe kondensator dhe rrymën e përgjithshme që rrjedh nëpër burim. Vizatoni diagramin fazor dhe llogaritni admitancën e qarkut si dhe fuqinë aktive, reaktive dhe të dukshme.

$$/ i_R = 24\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [\text{A}], i_C = 3\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 180^\circ) [\text{A}], \varphi = -7^\circ,$$

$$i = 24,2\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 97^\circ) [\text{A}], Y = 1[\text{S}] p = 576 [\text{W}], Q_C = 72 [\text{VA}_r], S = 580 [\text{VA}] /$$

## LIDHJA PARALELE E REZISTORIT, SPIRALES DHE KONDENSATORIT

Qarku i thjeshtë i rezistorit, spirales dhe kondensatorit të lidhur paralelisht është:



4.33 Lidhja paralele e qarkut RLC

Treguam se tensioni i rezistorit është gjithmonë në fazë me rrymën nëpër të, tensioni i spirales ka kënd për  $90^\circ$  më të madh se rryma, ndërsa tensioni i kondensatorit gjithmonë ka kënd për  $90^\circ$  më të vogël se rryma. Vlerat e tyre momentale janë:

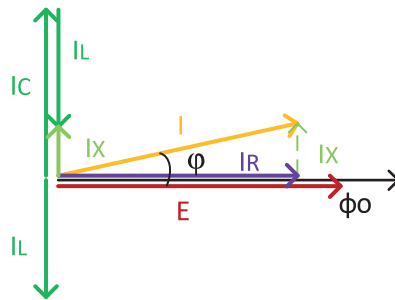
$$e = E_m \sin(\omega \cdot t) [V], E_m = U_{Rm} = U_{Cm}, \theta = \theta_R = \theta_L = \theta_C$$

$$I_{Rm} = \frac{U_{Rm}}{R} [A], \quad \theta_R = \psi = 0, \quad i_R = I_{Rm} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

$$I_{Lm} = \frac{U_{Lm}}{X_L} [A], \quad \psi_L = \theta - 90^\circ = -90^\circ, \quad i_L = I_{Lm} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [A]$$

$$I_{Cm} = \frac{U_{Cm}}{X_C} [A], \quad \psi_C = \theta + 90^\circ = +90^\circ, \quad i = I_{Cm} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ) [A]$$

Kur vizatohet diagrami fazor, fillohet me madhësinë e përbashkët për këto elemente. Te elementet e lidhura paralelisht, tensioni i tyre është i përbashkët (i njëjtë), ndërsa rrymat dallojnë. Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave është:



4.34 Diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave në qarkun paralel RLC

Rryma  $I_x$  paraqet shumën e rrymave nëpër elementet reaktive. Po qe se supozojmë se  $X_L > X_C$  për rrymat e tyre vlen  $I_L < I_C$  fitohet  $I_x = I_C - I_L$  ( $I$  paraqet shumë, por meqë  $I_L$  dhe  $I_C$  kanë kahe të kundërta, shumta e tyre vektoriale paraqet dallim aritmetik. Sipas vizatimit, fitohet:

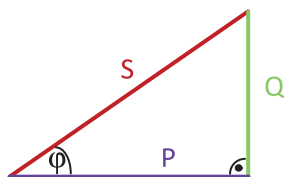
$$I^2 = I_x^2 + I_R^2,$$

$$E = I \cdot Z [V],$$

Meqë supozuam se  $I_C > I_L$  për qarkun themi se ka karakter kryesisht kapacitiv, por nëse do të vlen të kundërta, qarku do të kishte karakter induktiv.

$$\tan \varphi = \frac{R}{X}$$

Trekëndëshi i fuqive është treguar në figurën më poshtë, me ç'rast akoma vlen  $X_L > X_C$  respektivisht  $Q_L < Q_C$  dhe  $Q = Q_C - Q_L$ :



4.35 Trekëndëshi i fuqive në qarkun paralel RLC

DETYRA për ushtrime:

28. Llogaritni fuqinë aktive dhe reaktive të rezistorit, spirales dhe kondensatorit të lidhur paralelisht, si dhe fuqinë totale të dukshme, me ç'rast rezistori ka rezistencë prej  $3\Omega$ , spiralja ka rezistencë prej  $6\Omega$ , ndërsa kondensatori ka rezistencë prej  $2\Omega$ . Tensioni i burimit ka vlerë momentale prej  $e = 18\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ)$  [V]. Të shënohen shprehjet për vlerat momentale të rrymës nëpër secilin element veçmas dhe të vizatohet diagrami fazor i tensioneve dhe rrymave.

$$P = 108[W], Q_L = 54[VA_r], Q_C = 162[VA_r], S = 153[VA], \\ i_R = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 90^\circ) [A], i_L = 3\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 180^\circ) [A], i_C = 9\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) [A]$$

29. Një rezistor, spirale dhe kondensator janë lidhur paralelisht. Konsumatori aktiv ka rezistencë prej  $12\Omega$ , reaktivët kanë  $18\Omega$  dhe  $8\Omega$  respektivisht, ndërsa tensioni i burimit është  $e = 72\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 50^\circ)$  [V]. Shënoni shprehjen për rrymën nëpër rezistor, spirale dhe kondensator dhe rrymën totale që rrjedh nëpër burim. Të vizatohet diagrami fazor dhe të llogaritet admitanca e qarkut si dhe fuqia aktive, reaktive dhe ajo e dukshme.

$$i_R = 6\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 50^\circ) [A], i_L = 3\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t - 40^\circ) [A], \\ i_C = 9\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 140^\circ) [A], \varphi = 50^\circ, i = 24,2\sqrt{2} \sin(\omega \cdot t + 100^\circ) [A], Y = 0,2[S] \\ p = 432 [W], Q_L = 216 [VA_r], Q_C = 648 [VA_r], S = 611 [VA]$$

## KORRIGJIMI I FAKTORIT TË FUQISË

Faktori i fuqisë ( $\cos \varphi$ ) paraqet madhësi e cila tregon se çfarë pjese e fuqisë së dukshme që e zhvillon burimi në qark, mund të shfrytëzohet për punë të dobishme.

Nga trekëndëshi i fuqive përcaktojmë:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}, S = U \cdot I, \cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} \quad (4.28)$$

Nëse rrymën e shprehim nga ky barazim, fitojmë:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} [A]$$

Qëllimi është të fitohet faktor sa më i madh i fuqisë. Meqenëse tensioni i burimit nuk ndryshon, rrjedh se është rryma është ajo mbi të cilën do të ndikohet. Nga ekuacioni del se rryma duhet të jetë me vlerë sa më të ulët efektive, që faktori i fuqisë të jetë sa më i madh. Për makinat elektrike, të cilat janë konsumatorë të mëdhenj dhe faktori i fuqisë ka një ndikim të fortë te to, e dimë se ato kanë karakter induktiv. Për të zvogëluar rrymën, një kondensator lidhet paralelisht me konsumatorin induktiv, kahu i rrymës së diagramit fazor të të cilit do të jetë i kundërt me kahun e rrymës nëpër makinë, për shkak të së cilës rryma totale  $I$  do të reduktohet. Lidhja e kondensatorit quhet **korrigjim** ose **kompensim i faktorit të fuqisë**. Për vlerën e kondensatorit duhet të plotësohet kushti:

$$C = \frac{L}{R^2 + (\omega \cdot L)^2} [F] \quad (4.29)$$

Nëse vlera e kondensatorit e plotëson barazimin, fitojmë:

$$\cos \varphi = 1$$

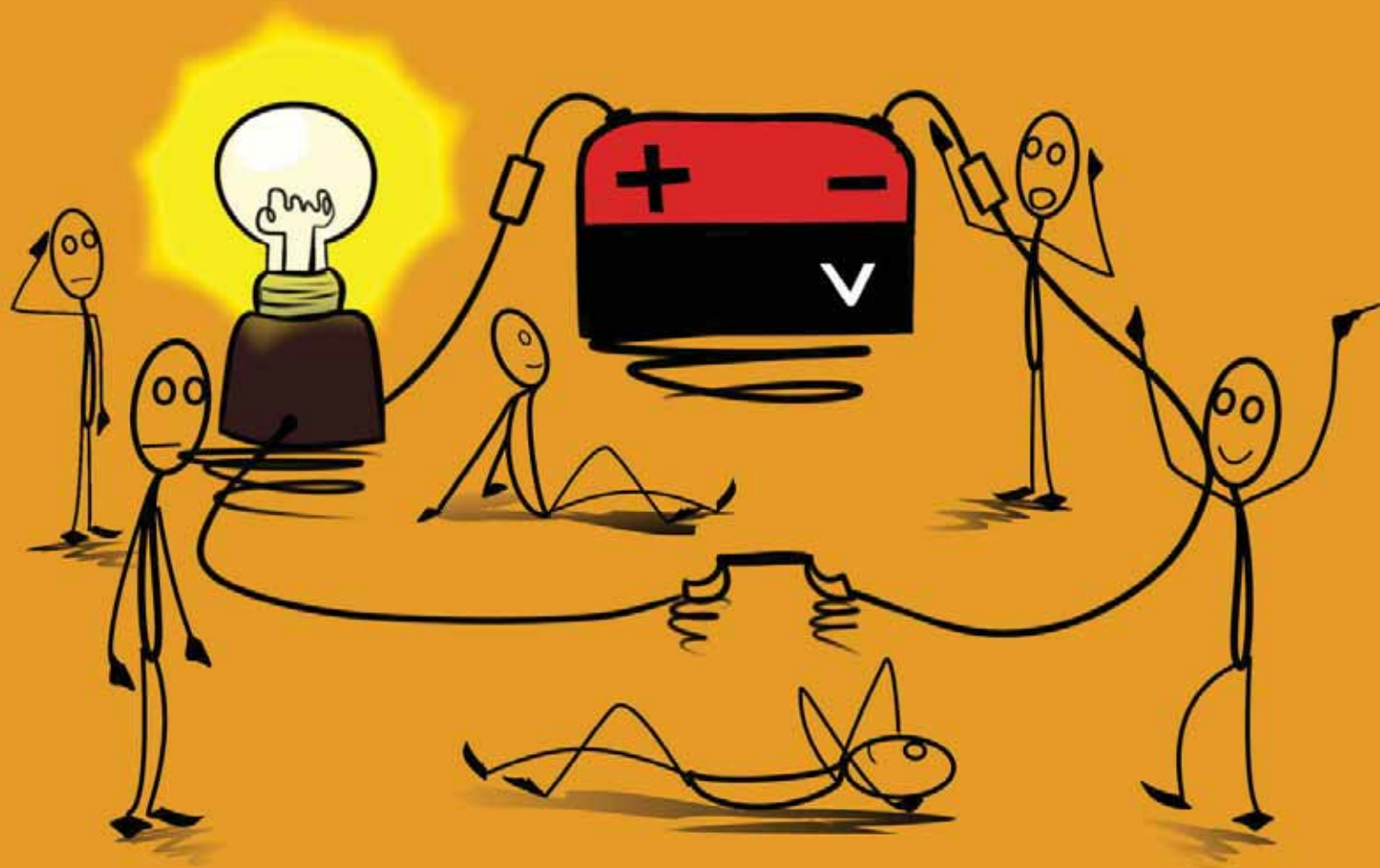
Edhe kjo atëherë quhet korrigjim total i faktorit të fuqisë. Në praktikë, kjo nuk mund të realizohet tërësisht, prandaj kemi kompensim të pjesshëm. Llogaritet që për vlera  $\cos \varphi > 0,8$  është arritur nivel i kënaqshëm i kompensimit.

**Literatura e shfrytëzuar:**

1. Чарлс К. Александер и Метју О. Садику, „Основи на електрични кола“, дел од проектот на Влада на РМ „Преведување на 1000 стручни и научни книги и учебници од кои се учи на врвните најреномирани Универзитети во САД и Англија», спроведено преку МОН, 2017;
2. Леонид Грчев, „Основи на елекротехника», Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Скопје, 2017;
3. Зоран Угуровски, „Основи на елекротехниката-2“, Просветно дело Скопје, 2000;
4. Ружица Пешевска - Тримоска, „Збирка задачи по основи на елекротехника М“, Скопје, 1996;
5. Ружица Пешевска - Тримоска, „Збирка задачи по основи на елекротехника Г“, Скопје, 1995;
6. д-р Марија Јоноска, „Елекромагнетизам», Универзитет Св. Кирил и Методија, Скопје, 1994;
7. д-р Љубен Јанев и м-р Лидија Ололоска-Гагоска, „Основи на елекротехниката-1“, Просветно дело Скопје, 1993;
8. д-р Гојко Л. Димиќ и м-р Михаило Д. Митриновиќ, „Збирка задатака из физике», Граѓевинска књига Београд, 1991
9. м-р Љубен Јанев, „Основи на елекротехниката-1“, Просветно дело Скопје, 1986;
10. Хилдегард А. Божиловиќ, Живојин А. Спасојевиќ и Градимир Н. Божиловиќ, „Збирка задатака из основа електротехнике», I, II, III и IV део, Универзитет у Београду, Научна књига, 1978;
11. Емитер - македонско списание за наука и техника

**Tabela e madhësive elektrike, simbolet e tyre dhe njësitë themelore matëse:**

Madhësitë elektrike	Simbolet	Njësia matëse
Sasia e elektricitetit	Q	C – Kulon
Forca elektrostatische	F	N – Njuton
Fusha elektrostatische	E	V/m – voltmetër
Potenciali elektrik	$\varphi$	V – Volt
Tensioni elektrik	U	V – Volt
Energjia	W	J – Xhul
Kapaciteti	C	F – Farad
Rezistenca	R	$\Omega$ – Om
Përçueshmëria	G	S – Simens
Rryma elektrike	I	A – Amper
Energjia termike e rezistorit	A	J – Xhul
Fuqia e konsumatorit	P	W - Vat
Induksioni magnetik	B	T – Tesla
Fluksi magnetik	$\Phi$	Wb – Veber
Fusha magnetike	H	A/m – Ampermetër
Induksioni	L	H – Henri
Frekuenca	F	Hz – Herc
Perioda	T	s – Sekondë
Shpejtësia këndore	$\omega$	rad/s – Radian në sekondë
Fuqia reaktive	Q	Var – Voltamper reaktiv
Fuqia e dukshme	S	VA – Voltamper





## PËRMBAJTJA

MASA PËR MBROJTJE PERSONALE GJATË PUNËS DHE MBROJTJEN E MJEDISIT .....	3
Goditja elektrike.....	3
Procedurat gjatë ndihmës në rast goditjeje elektrike.....	4
Masat për parandalim.....	5
Vendi i punës dhe mbrojtja e mjedisit.....	5
INSTRUMENTET UNIVERSALE MATËSE .....	6
Matjet me multimetër digjital.....	8
Matjet me multimetër analog.....	8
PLLAKA UNIVERSALE EKSPERIMENTALE .....	9
UDHËZIM PËR PËRDORIM TË PAKOS PROGRAMORE MULTISIM .....	10
Përzgjedhja dhe vendosja e komponentëve .....	11
Manipulimi me komponentët .....	11
Lidhja e komponentëve (me tel) .....	12
Shtimi i instrumenteve në qarkun elektrik .....	12
Simulimi.....	13
Ushtrimi numër 1 .....	14
NGARKIMI DHE SHKARKIMI I KONDENSATORILIDHJA E KONDENSATORIT SIPAS SKEMËS SË DHËNË ELEKTRIKE DHE MATJA E KAPACITETIT .....	14
Ushtrimi numër 2 .....	17
LIDHJA E KONDENSATORËVE NË LIDHJE SERIKE DHE TË KOMBINUAR .....	17
Ushtrimi numër 3 .....	20
LIDHJA E REZISTORËVE SIPAS SKEMËS SË DHËNË ELEKTRIKE.....	20
MATJA E REZISTENCËS EKVIVALENTE.....	20
Ushtrimi numër 4 .....	23
LIGJI I OMIT PËR QARKUN E THJESHTË ELEKTRIK.....	23
MATJA E TENSIONIT ELEKTRIK DHE FORCËS SË RRYMËS ELEKTRIKE .....	23
Ushtrimi numër 5 .....	26
KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I LIGJIT TË XHULIT .....	26
Ushtrimi numër 6 .....	29
KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I LIGJEVE TË KIRHOFIT .....	29
Ushtrimi numër 7 .....	32
KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I TEOREMËS SË TEVENENIT .....	32
KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I METODËS SË MBIVENDOSJES (SUPER-POZICIONIT) .....	32
Ushtrimi numër 8 .....	35
MATJA E INDUKTIVITETIT .....	35
PRODHIMI I ELEKTROMAGNETIT.....	35
Ushtrimi numër 9 .....	37

MATJA E RRYMAVE DHE TENSIONEVE TË NDRYSHUESHME (ALTERNATIVE) .....	37
NË QARK ME REZISTORË TË OMIT .....	37
Ushtrimi numër 10 .....	40
ANALIZA E LIDHJES SERIKE TË REZISTORIT DHE SPIRALES DHE .....	40
LIDHJES SERIKE TË REZISTORIT DHE KONDENSATORIT .....	40
Ushtrimi numër 11 .....	43
ANALIZA E LIDHJES PARALELE TË REZISTORIT DHE SPIRALES DHE .....	43
LIDHJES PARALELE TË REZISTORIT DHE KONDENSATORIT .....	43
Ushtrimi numër 12 .....	46
ANALIZA E QARKUT SERIK RLC .....	46
ANALIZA E QARKUT PARALEL RLC .....	46
SHTOJCAT .....	49
Kondensatorët .....	49
Llojet e kondensatorëve .....	49
Leximi i shenjave te kondensatorët .....	49
Matja e kapacitetit .....	50
Kondensatori elektrolitik .....	51
Led dioda .....	52
Audio-oscilatori .....	52
Rezistorët .....	53
Llojet e rezistorëve .....	53
Shënimi i rezistorëve .....	54
Matja e rezistencës .....	55
Matja e tensionit elektrik dhe forcës së rrymës elektrike .....	56
Spiralet .....	58
Shënimi i spiraleve .....	58
Matja e induktivitetit .....	59

## MASA PËR MBROJTJE PERSONALE GJATË PUNËS DHE MBROJTJEN E MJEDISIT

### Goditja elektrike

Goditja elektrike mund të ndodhë nëse trupi i njeriut bëhet disi pjesë e një qarku elektrik ose, me fjalë të tjera, nëse rryma elektrike rrjedh nëpër trupin e njeriut. Kahu i rrjedhës së rrymës është nga pika me potencial më të lartë te ajo me potencial më të ulët. Kjo do të thotë se goditja elektrike do të ndodhë, për shembull, nëse personi prek një përcjellës ose një objekt metalik me potencial të caktuar me njërën dorë ndërsa me pjesën tjetër të trupit (krahun tjetër, këmbët) prek një pikë me potencial më të ulët. Goditja elektrike mund të ndodhë gjithashtu nëse një person ndodhet në afërsi të një përcjellësi të tensionit të lartë.

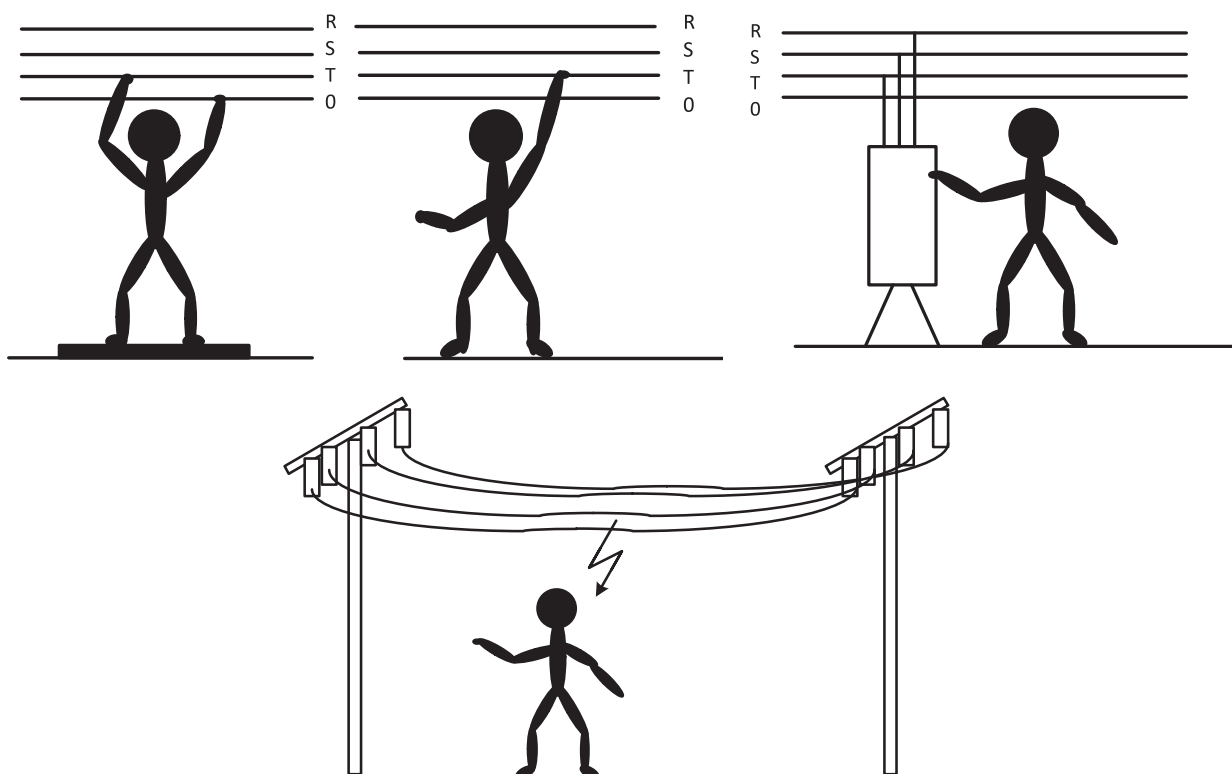


Figura 1: Goditja elektrike

#### Ndikimi i energjisë elektrike tek njerëzit

Rryma elektrike që rrjedh nëpër trupin e njeriut ka efektet e mëposhtme:

- **Ndikimi i nxehtësisë** – manifestohet me shfaqjen e djegieve në lëkurë, e në disa raste mund të ketë edhe djegie në organet e brendshme.
- **Ndikimi mekanik** – manifestohet me spazma të papritura dhe të pakontrolluara të muskujve, të cilat mund të sjellin rënie dhe lëndime mekanike.
- **Ndikimi kimik** - manifestohet me zbrëthim të indeve dhe elektrolizë të gjakut nën veprimin e një rryme të vazhdueshme.

Ndikimi i rrymës elektrike varet nga disa faktorë:

- **Forca e rrymës elektrike** (rryma prej 1 mA është vlera më e ulët e rrymës elektrike që një person mund të ndjejë në formën e shpimit; rryma prej 3 deri në 5 mA - dridhje e gishtave; rryma prej 5 deri në 10 mA shkakton dridhje të lehtë të bërrylit; prej 10 deri në 20 mA shkakton këputje, spazmë të muskujve, rritje të presionit të gjakut; rryma prej 20 deri në 30 mA shkakton djersitje, spazmë të muskujve të kraharorit, e ndjekur nga gulçimi; rryma prej 40 deri në 80 mA shkakton fibrilacion (paralizë) në zemër; rryma prej 100 mA konsiderohet vdekjeprurëse nëse rrjedh për 3 sekonda.
- **Rruga e rrymës nëpër trup.** Pasojat janë më të mëdha, si dhe rreziku i vdekjes nëse rryma kalon nëpër kokë dhe nëpër gjoks.
- **Koha e veprimit.** Veprimi i zgjatur shkakton pasoja më të mëdha.
- **Frekuenca.** Lartësia e frekuencës ndikon në shkallën e lëndimeve. Rreziku zvogëlohet me rritjen e frekuencës. Rrymat më të mëdha se 1000 Hz nuk janë të rrezikshme dhe përdoren për trajtim.
- **Rezistenca e izolimit të veshjeve (këpucëve), si dhe e trupit të njeriut.** Rezistenca më e vogël e izolimit të këpucëve ose dorezave, si dhe rezistenca më e vogël e trupit të njeriut çon në rrjedhje të rrymës me forcë më të madhe (ligji i Omit), dhe rrjedhimisht në pasoja më të mëdha. Rezistenca e trupit të njeriut varion nga 1000 deri në 3000  $\Omega$ . Te individë të ndryshëm, rezistenca e trupit është e ndryshme dhe varet nga struktura e brendshme e trupit: përbërja dhe lagështia e lëkurës, përbërja e kockave, elasticiteti i muskujve, struktura e gjakut dhe e lëngut limfatik, gjerësia e enëve të gjakut...). Për shembull, lëkura e thatë ka rezistencë të lartë (rreth 500 k $\Omega$ ), por lëkura e lagur ose e djersitur ka rezistencë të ulët (më pak se 1 k $\Omega$ ).
- **Gjinia dhe moshë.** Fëmijët janë më të ndjeshëm, pasuar nga femrat ndërsa meshkujt e rritur janë më rezistentët.

### Procedurat gjatë ndihmës në rast goditjeje elektrike

1. Fillimisht duhet shkëputur qarku elektrik: duhet të hiqet spina, duhet të shkëputet qarku elektrik përmes siguresës ose me anë të një objekti që është izolator, p.sh. me anë të drurit të thatë, viktimë duhet të hiqet nga burimi i goditjes elektrike. Shpëtimtari në këtë rast duhet të veshë doreza të trasha gome ose të mbështjellë duart me një leckë të thatë. Gjithashtu, shpëtimtari duhet të izolohet nga dysHEMEJA duke vendosur një shtresë izolimi (gome ose plastike). Nëse nuk ka një shtresë të tillë afër, mund të qëndrojë në çfarëdo lecke të thatë, veshje ose batanije të palosur.
2. Pas ndërprerjes së qarkut elektrik, kontrollon nëse viktimë merr frymë dhe nëse ka puls. Nëse nuk ka puls ose frymëmarrje dhe viktimë është pa ndjenja, duhet të thirret menjëherë ndihma e shpejtë. Nëse ka ndonjë person të trajnuar për reanimim, ai mund të fillojë menjëherë masazhin e zemrës dhe frymëmarrjen artificiale.
3. Nëse goditja elektrike ka ndodhur si pasojë e goditjes nga rrufeja, zbatohen të njëjtat rregulla për ndihmë, me atë që është e sigurt që viktimë mund të preket menjëherë, d.m.th. nuk ekziston rrezik për goditje elektrike për personin që jep ndihmën.

## Masat për parandalim

Kur punoni me energji elektrike, duhet të jeni jashtëzakonisht të kujdesshëm. Disa nga rregullat bazë që duhen ndjekur për të parandaluar një goditje elektrike janë:

- Përdorimi i veglave me doreza të izoluar. Para çdo përdorimi, çdo mjet duhet të inspektohet me kujdes për dëmtim të izolimit të ndonjë pjese.
- Kur diçka lidhet ose riparohet një defekt, është më mirë të shkëputni furnizimin me energji elektrike.
- Përçuesit e paizoluar nuk duhet të preken kurrë me duar të zhveshura.
- Të gjitha pajisjet elektrike duhet të trajtohen me kujdesin maksimal, veçanërisht me pajisjet që nuk kanë tokëzim mbrojtës.
- Kondensatorët elektrolitikë janë elementë që kanë aftësi të shpërndajnë energji. Kondensatorët e "ruajnë" tensionin e përçuesve edhe pasi të shkëputen nga qarku, prandaj duhet të shkarkohen. Shkarkimi bëhet me pajisje të fikur, me lidhje të shkurtër të përçuesve të kondensatorit.
- Gjatë matjes nën tension, gjithmonë duhet të kontrollohet izolimi i kablove matëse.
- Mos prekni pajisjet elektrike nëse jeni në dysheme të lagur ose dysheme metalike.
- Pajisjet elektrike nuk duhet të preken me duar të lagura.
- Nuk guxoni të prekni asnjë pjesë të qarkut elektrik që bie ndërsa është nën tension.
- Dy pjesë të pajisjeve elektrike nuk duhet të preken në të njëjtën kohë.
- Mos prekni përçuesin, rezistorin ose ftohësin në pllakë që ekzaminohet ose matet, ndërsa është nën tension, pasi mund të jenë të nxehtë dhe të shkaktojnë djegie.
- Zjarri i shkaktuar nga rryma elektrike nuk shuhet nga uji.
- Detyrimisht duhet të përdoren siguresa origjinale.

## Vendi i punës dhe mbrojtja e mjedisit

Gjatë kryerjes së një pune, siguria dhe shëndeti i njerëzve duhet të jenë gjithmonë në plan të parë. Vendi i punës duhet të jetë i rregullt dhe i pastër gjatë gjithë kohës. Ambienti i punës duhet të plotësojë disa standarde në lidhje me nivelet maksimale të lejuara të zhurmës, dridhjeve, temperaturës, ndriçimit, lagështisë së ajrit.

Krahas kujdesit për një vend pune të pastër dhe të sigurt, secili ka detyrim të kontribuojë në mbrojtjen e mjedisit.

Pajisjet elektrike dhe elektronike (kompjuterët, monitorët, telefonat, televizorët, bateritë, akumulatorët...) përmbajnë elementë të rrezikshëm për shëndetin e njeriut (plumb, merkur, kadmium, arsenik, berilium, acide të ndryshme...). Prandaj, pajisjet elektrike dhe elektronike të përdorura dhe tashmë të papërdorshme duhet të grumbullohen në një vend të veçantë të parashikuar për këtë qëllim. Ato nuk duhet të përzihen me mbetje të tjera. Duke vepruar kështu, të gjithë kontribuojnë në ruajtjen e mjedisit dhe shëndetin e njeriut. Këto mbetje mund të riciklohen dhe disa materiale që janë në pajisjet elektrike dhe elektronike mund të ripërdoren (metale të çmuara, plastikë, hekur, bakër, alumin...).

Për asgjësimin e mbetjeve elektrike dhe elektronike thirret ndonjë kompani që është e autorizuar për grumbullimin dhe transportimin e tyre.

## INSTRUMENTET UNIVERSALE MATËSE

Instrumentet universale matëse, ose siç quhen edhe multimetrat, përdoren për të matur madhësitë themelore elektrike: tensionin elektrik, rrymën elektrike dhe rezistencën elektrike. Sot, instrumentet moderne kanë aftësinë për të matur madhësi të tjera: kapacitetin, induksionin, frekuencën... Disa modele të multimetrave kanë aftësinë për të matur madhësi jo-elektrike, si për shembull temperaturën.

Me ndihmën e një multimetri mund të kontrolloni rregullshmërinë e disa komponentëve elektronikë: rezistorëve, kondensatorëve, diodave, transistorëve...

Në varësi të performancës, ekzistojnë multimetra analogë (Figura 2) dhe multimetra digjitalë (Figura 3). Dallimi kryesor (parë nga këndvështrimi i përdoruesit të instrumentit matës) është lloji i treguesit nga i cili lexohet vlera e madhësisë së matur, si dhe mënyra e leximit të vlerës së madhësisë së matur.



Figura 2: Instrumentet analogë matës



Figura 3: Instrumentet digjitalë matës

Secili multimetër i ka këto pjesë përbërëse themelore:

- 1. Çelës për zgjedhjen e zonës së matjes.** Me rrotullimin e çelësit, përdoruesi zgjedh një fushë të matjes, d.m.th. instrumenti rregullohet të funksionojë si voltmetër (intervali matës për matjen e tensionit), si ampermetër (intervali matës për matjen e rrymës) ose si om-metër (intervali matës e rezistencës). Brenda secilës fushë matëse ka më shumë gama.
- 2. Treguesi në të cilin lexohet vlera e madhësisë së matur.** Në instrumentet analoge, treguesi është mekanik dhe vlera e madhësisë së matur lexohet sipas pozicionit të shigjetës matëse në shkallën e kalibruar matëse. Në multimetrat digjitalë, një ekran me shumë shifra përdoret si tregues.
- 3. Prizat (spinat) për kabllot matëse**

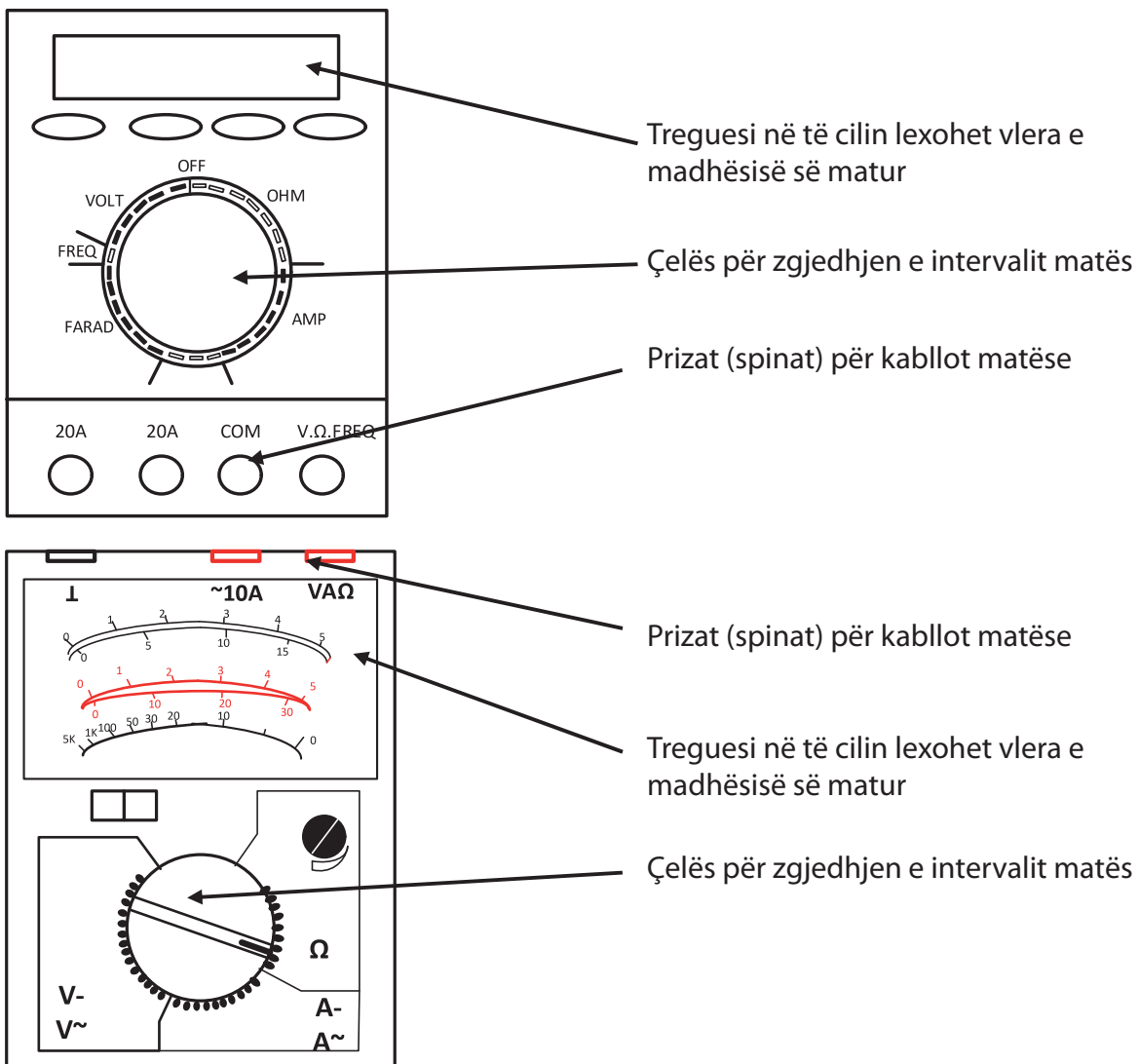


Figura 4. Pjesët themelore përbërëse të multimetrit digjital dhe analog

Shenjat për zonat matëse, përveç përçuesit, mund të ndryshojnë nga prodhues të ndryshëm të instrumenteve matëse. Shenjat më të përdorura janë:

- $\Omega$  ose OHM, për rezistencë omike
- ACV,  $V_{\approx}$ ,  $\tilde{V}$  për tensionin a ndryshueshëm
- DCV,  $V_{--}$ ,  $\bar{V}$  për tensionin njëkahësh (të vazhdueshëm)
- ACA,  $A_{\approx}$ ,  $\tilde{A}$  për rrymën e ndryshueshme
- DCA,  $A_{--}$ ,  $\bar{A}$  për rrymën njëkahëshe (të vazhdueshme)

Në thelb, metoda e matjes me multimetër analog dhe digjital përbëhet nga disa hapa të mëposhtëm:

1. Zgjedhja e intervalit matës;
2. Zgjedhja e gamës së matjes. Kur zgjidhni një gamë matjeje, dy raste janë të mundshme. Në rast se nuk dihet vlera e madhësisë që do të matet, atëherë zgjidhet gama më e lartë e matjes. Në rast se dihet madhësia që do të matet, atëherë zgjidhet gama e parë më e lartë e matjes nga ajo vlerë.
3. Leximi i vlerës së madhësisë së matur. Leximi i vlerës së madhësisë së matur ndryshon te multimetri analog dhe ai digjital.

### **Matja me multimetër digjital**

Matja me ndihmën e multimetrit digjital do të jetë më e saktë në rastin kur është zgjedhur gama matëse në të cilën rezultati shfaqet me shumë shifra.

Te multimetrat digjitalë, vlera e madhësisë së matur lexohet drejtpërdrejt në ekranin e instrumentit matës. Gjatë leximit të rezultatit, sipas pozicionit të çelësit, duhet të shënohet se çfarë parashtese ka gama e zgjedhur (m - mili, K - kilo, M - mega). Kjo parashtesë shtohet përpara njësisë matëse të madhësisë që matet. Nëse gama e përzgjedhur nuk ka parashtesë, do të thotë se rezultati i marrë shprehet në njësinë bazë të madhësisë fizike që matet.

Nëse madhësia e matur është më e madhe se gama e matjes, kjo nuk do të dëmtojë instrumentin matës, por vetëm që ekрани do të shfaqë numrin 1 ose OL.

Gjatë matjes së madhësive njëkahëshe me ndihmën e një multimetrit digjital, në rast se ndryshohet pozicioni i kabllit të zezë dhe të kuq testuese, multimetri nuk do të dëmtohet dhe gabimi do të sinjalizohet duke shkruar “-” para rezultatit të matjes.

Gjatë matjes së fuqisë së rrymës elektrike, duhet pasur kujdes, sepse nëse rryma e matur është më e lartë se gama e zgjedhur e matjes, siguresa që është vendosur në instrument do të digjet.

### **Matja me multimetër analog**

1. Zgjedhja e një game matëse. Në mënyrë që matja të jetë sa më e saktë, duhet të zgjidhet një gamë matëse në të cilën shigjeta matëse do të jetë në gjysmën e dytë të shkallës matëse.
2. Përcaktimi i konstantës matëse. Konstanta matëse përcaktohet duke pjesëtuar kufirin e sipërm të gamës matëse me numrin e përgjithshëm të ndarjeve në shkallë. Matja do të jetë shumë më e thjeshtë nëse zgjidhet një shkallë matëse në mënyrë që konstanta matëse të rezultojë në numër që është i lehtë për t'u shumëzuar (për shembull 0,1; 1; 10 ose 100).
3. Leximi i rezultatit. Gjatë matjes, përcaktohet numri i ndarjeve deri te pozicioni i shigjetës matëse dhe më pas ky numër shumëzohet me konstantën matëse, duke fituar kështu rezultatin e matjes.

## PLLAKA UNIVERSALE EKSPERIMENTALE

Për kryerjen e ushtrimeve praktike rekomandohet të përdorni modele ose një tabelë universale eksperimentale. Më poshtë është dhënë një përshkrim i një pllake universale që mund të përdoret si bazë mbi të cilën mund të planifikohen dhe zbatohen qarqet elektrike për të gjitha ushtrimet në këtë praktikum.

Kjo pllakë e vogël eksperimentale është bërë nga pllaka e printuar me vrima me përmasa 5 x 7,5 cm. 8 terminale dypolare (terminalët RSV) janë vendosur dhe ngjitur në pllakë. Terminalët janë të ngjitur dhe të lidhur me njëri-tjetrin si në foton në të djathtë. Kjo jep 6 nyje A, B, C, D, E dhe F përmes të cilave do të formohen qarqet. Siç shihet nga fotot, nyjat fundore A, B, E dhe F janë të përbëra nga një terminal me kontakte të ndërlidhura dhe kanë dy vrima për vendosjen e prizave të elementeve. Nyjat e mesme C dhe D përbëhen nga dy terminale me kontakte të ndërlidhura, kështu që ato nyje kanë 4 vrima për vendosjen e prizave të elementeve.

Për të formuar një qark në këtë pllakë eksperimentale, duhet së pari të shqyrtohet me kujdes skema elektrike e atij qarku, të shënohen nyjat e skemës elektrike dhe më pas të vizatohet një plan se si do të vendosen elementët e qarkut (skema e montimit), për të fituar të njëjtat lidhje elektrike si në skemën elektrike. Rregullimi fizik i elementeve të pllakave nuk është patjetër të jetë i njëjtë si në qarkun elektrik, por lidhjet elektrike **duhet** të jenë të njëjta.

Për instalimin e qarkut, përveç elementeve nevojiten edhe përçues me izolim PVC dhe një kaçavidë e vogël. Izolimi në gjatësi prej 5 deri në 10mm duhet të hiqet nga skajet e përcjellësve, dhe kaçavida përdoret për të zhblokuar vidhat nga terminalët. Qarku elektrik formohet duke vendosur elementet dhe përçuesit, sipas skemës së montimit, duke vendosur përçuesit e elementeve dhe skajet e përcjellësve në vrimat e terminaleve dhe duke rrotulluar me kujdes vidhat. Duhet pasur kujdes që të mos ngatërrohen elementët. Pasi të instalohet qarku, duhet të bëhet një tjetër kontroll i plotë për të parë nëse të gjitha lidhjet dhe elementët janë instaluar saktë. Qarku më pas mund të lidhet me një burim tensioni (zakonisht një bateri, burim tensioni DC ose transformator) dhe të bëhen matjet e synuara.

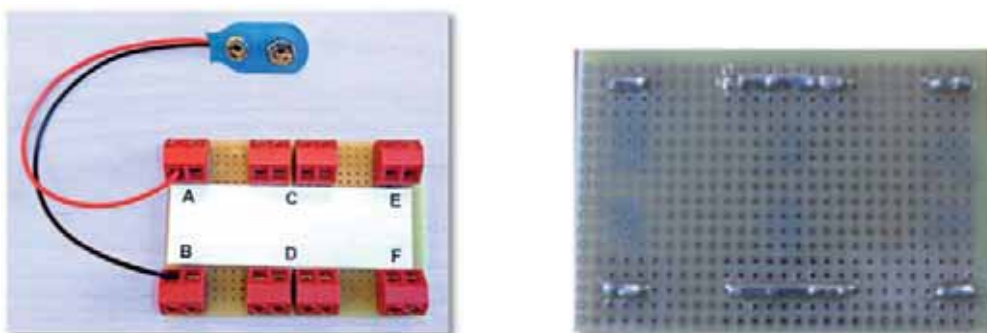


Figura 5. Pllaka universale eksperimentale

## UDHËZIM PËR PËRDORIM TË PAKOS PROGRAMORE MULTISIM

Qëllimi i këtij doracaku është të njoftojë studentët me hapat bazë në përdorimin e programeve për projektimin dhe analizimin e funksionimit të qarqeve përmes simulimit të programit. Duke përdorur njohuritë e marra, nxënësit fillimisht do të krijojnë qarqe të thjeshta, e më pas do të jenë në gjendje të operojnë qarqe më komplekse dhe të kryejnë matje dhe analiza.

Paketa softuerike Multisim është një platformë për simulimin e qarqeve, me ndihmën e së cilës mund të modelohen qarqe të ndryshme analoge dhe digjitale. Softueri lejon modelimin e çdo qarku imagjinar dhe testimin e funksionalitetit të tij për vlera të ndryshme të komponentëve. Mijëra pjesë dhe përbërës të ndryshëm janë në dispozicion të përdoruesit.

Versioni i licencuar i këtij softueri mund të merret në ueb faqen [www.ni.com/multisim](http://www.ni.com/multisim). Në të mund të shkarkoni edhe versionin provues për 30 ditë, për të parë mundësitë e tij.

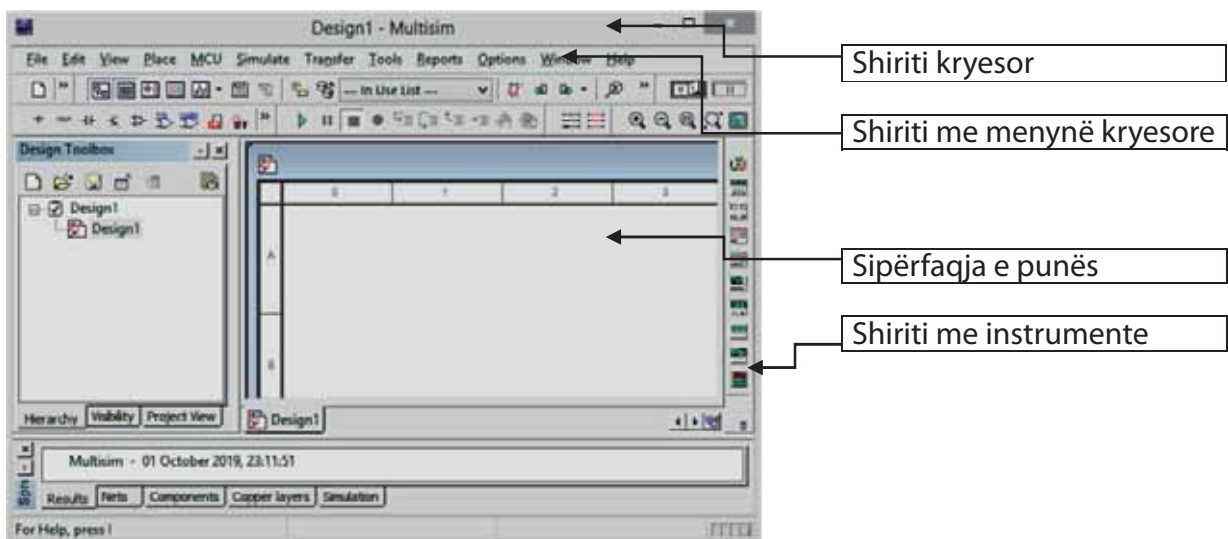


Figura 6. Sipërfaqja e punës (NI Multisim 14.)

Me hapjen e Multisim, hapet sipërfaqja e punës për modelimin e një qarku të ri elektrik. Shiriti i titullit ofron emrin Design 1. Për të ruajtur qarkun elektrik që do të kryhet me një emër tjetër, nga shiriti kryesor i menysë zgjidhni File - Save As dhe vendosni një emër sipas dëshirës tuaj. Për të hapur një dokument ekzistues, zgjidhni File - Open dhe zgjidhni dokumentin që do të hapet.

## Përzgjedhja dhe vendosja e komponentëve

Krijimi i qarkut elektrik fillon me përzgjedhjen dhe vendosjen e elementeve të sipërfaqes së punës. Nga shirit me meny të kryesore, zgjidhni Place – Component. Shfaqet një dritare si në figurën 7.

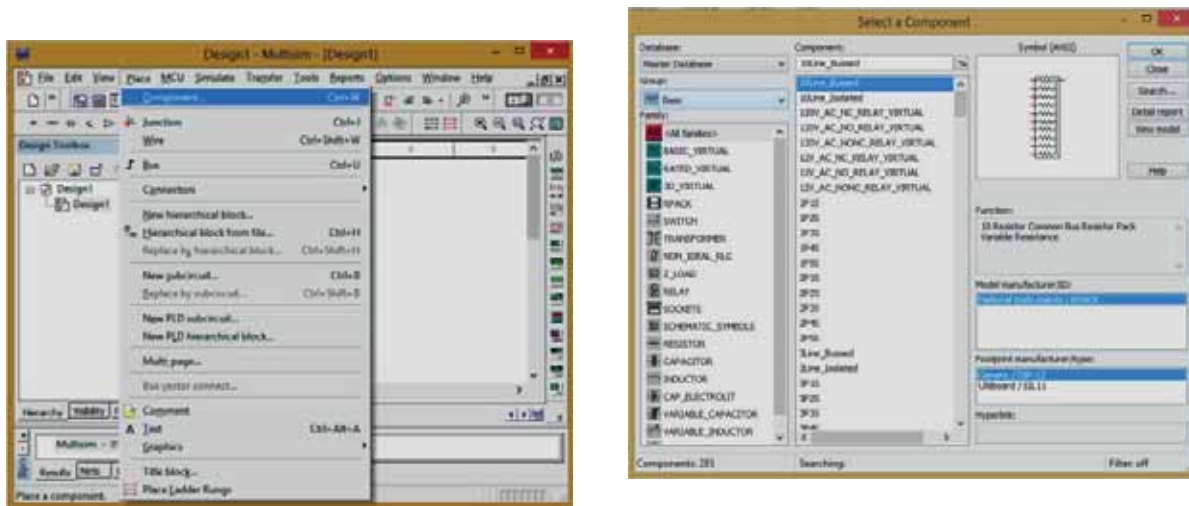


Figura 7. Vendosja e komponentëve

Këtu ndodhen të gjithë elementët e nevojshëm për të montuar qarkun. Për të kryer ushtrimet tona, na duhen rezistorë (resistors), induktorë (inductors), kondensatorë (capacitors), burim i tensionit DC (VDC), burim i tensionit AC dhe tokëzim (ground).

Në menynë rënëse Group, zgjidhni Basic dhe këtu janë elementët: rezistorët, kondensatorët dhe spiralet. Duke zgjedhur një nga këta komponentë, shfaqet një listë e vlerave dhe tolerancave të paracaktuara. Me tërheqje, komponenti nxirret në sipërfaqen e punës. Burimi DC ndodhet në menynë rënëse Sources. Elementi DC\_Power zgjidhet për nevojat e ushtrimeve tona. Nga kjo meny rënëse, zgjidhet edhe tokëzimi (ground).

## Manipulimi me komponentët

Me klikimin e djathtë të mausit (miut) mbi ndonjë nga komponentët, hapet dritare e cila mundëson operacione të ndryshme mbi elementin e përzgjedhur.

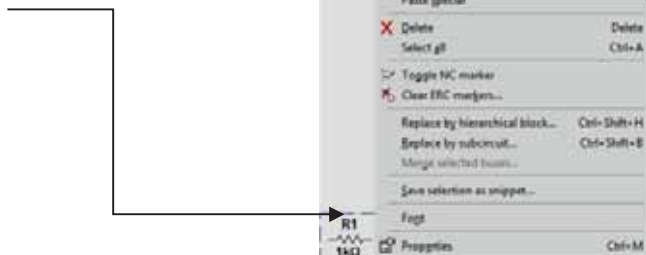


Figura 8. Manipulimi me komponentët

## Lidhja e komponentëve (me tel)

Zgjidhni Place -> Wire nga shiriti i veglave. Përçuesi vendoset në atë mënyrë që pozita fillestare e përçuesit të përcaktohet me vendosjen e kursorit në atë vend. Klikimi i butonit të majtë të mausit rregullon fillimin dhe më pas e tërheq në vendin ku duhet të përfundojë përçuesi dhe në atë pozicion fundi fiksohet duke klikuar dy herë me mausin. Nëse përçuesi duhet të thyhet, klikoni në vendin e thyerjes me një klikim të vetëm të mausit dhe pastaj vazhdoni më tej.

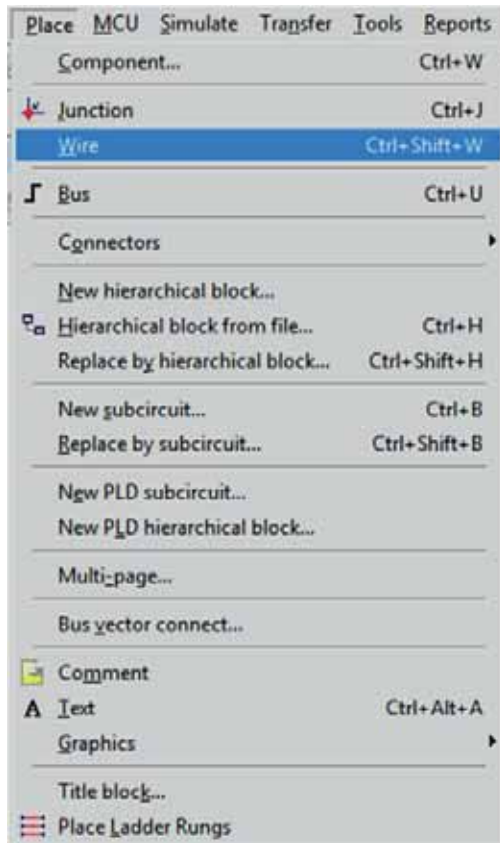


Figura 9. Lidhja me tel

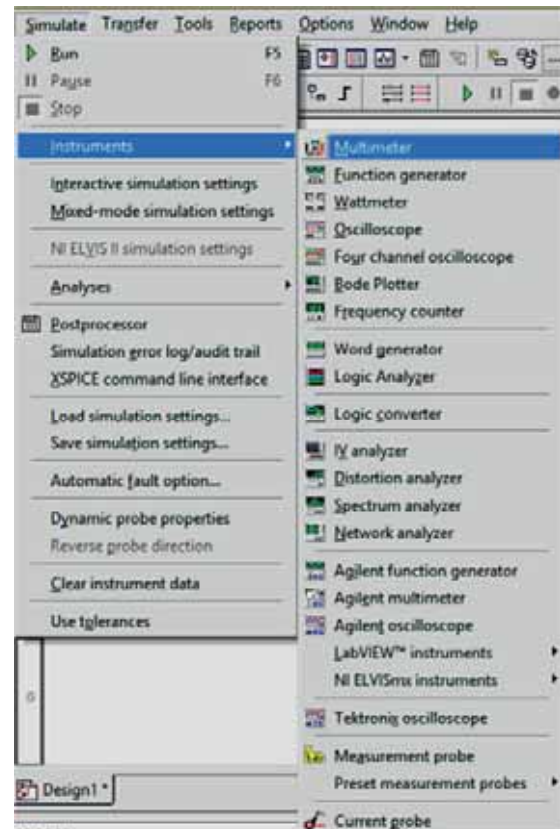


Figura 10. Shtimi i instrumenteve

## Shtimi i instrumenteve në qarkun elektrik

Rëndom, shiriti i veglave vendoset në anën e djathtë të desktopit. Nëse nuk është aty, atëherë duhet të nxirren përmes menysë rënësë View -> Toolbars -> Instruments. Zgjedhja e instrumentit mund të bëhet direkt nga shiriti i veglave ose nëpërmjet menysë rënësë Simulate -> Instruments, nga shiriti kryesor i menysë. Zakonisht do të përdorim një multimetër virtual për ushtrimet tona.

Përveç multimetrit virtual, do të përdoren instrumentet e voltmetrit dhe ampermetrit, të cilët nxirren nga shiriti i menysë kryesore Place -> Component -> Group -> Indicators -> Family -> Voltmeter (Ammeter).

Instrumentet virtuale do të përdoren gjithashtu për njësinë modulare rrymat alternative (AC): gjenerator virtual i funksionit dhe një osciloskop. Gjeneratori virtual i funksionit do të përdoret për të marrë një sinjal të alternuar me formë valore sinusoidale, mbi të cilin mund të rregullohet amplituda dhe frekuenca. Forma valore e tensioneve do të monitorohet me ndihmën e një osciloskopi. Këto instrumente nxirren nga e njëjta meny rënëse si multimetri.

Rregullimi i instrumenteve matëse bëhet duke klikuar dy herë mbi instrumentin. Shfaqet një dritare ku bëhen të gjitha cilësimet e nevojshme.

### **Simulimi**

Simulimi fillon duke zgjedhur Run nga menyja rënëse Simulate ose duke shtypur tastin F5 në tastierë. Simulimi mund të fillohet edhe duke klikuar në butonin Run/Stop nga shiriti i veglave. Gjatë simulimit mund të ndodhin gabime të cilat shënohen në një dritare të veçantë. Gjatë simulimit nuk është e mundur të bëhen ndryshime në elementë ose instrumente matëse. Simulimi mund të ndërpritet duke klikuar butonin Simulate -> Pause. Për të rifilluar, pas korrigjimeve eventuale, shtypni Run/Stop.

## Ushtrimi nr. 1

**NGARKIMI DHE SHKARKIMI I KONDENSATORIT  
LIDHJA E KONDENSATORIT SIPAS SKEMËS SË DHËNË ELEKTRIKE DHE  
MATJA E KAPACITETIT**

**Qëllimi i ushtrimit** është që nxënësit të kuptojnë kondensatorin si një element me karakteristikën bazë - kapacitetin dhe aftësinë për të grumbulluar energji. Në të njëjtën kohë, nxënësit do të njihen për herë të parë me multimetrin që do të përdorin për të matur tensionin dhe kapacitetin e kondensatorëve. Qëllimi i pjesës së dytë të ushtrimit është që nxënësit të lidhin paralelisht kondensatorët sipas një skeme të caktuar elektrike dhe të matin kapacitetin ekuivalent.

Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtojini vetes gjërat e mësuara më parë: kondensatorët, kapacitetin, llojet e kondensatorëve, njësinë bazë të kapacitetit, njësitë më të vogla dhe më të mëdha se themelorja, lidhjen paralele të kondensatorëve.

**Përshkrim i shkurtër i ushtrimit**

Ushtrimi përbëhet nga tri pjesë:

- I. ngarkimi dhe shkarkimi i kondensatorit
- II. matja e kapacitetit të kondensatorit
- III. lidhja e kondensatorëve në lidhje paralele dhe matja e kapacitetit ekuivalent

**Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:****Për pjesën e parë të ushtrimit**

1. Kondensator elektrolitik me kapacitet prej  $C = 470\mu F$  dhe tension maksimal të lejuar prej  $U_{max} = 25V$
2. Audio-oscilator i cili mund të durojë tension pune prej 15V
3. Led diodë
4. Bateri prej 9V
5. Maketë ose pllakë universale eksperimentale
6. Tela të izoluar për lidhje
7. 2 butona

**Për pjesën e dytë të ushtrimit**

1. Katër kondensatorë me kapacitete  $C_1, C_2, C_3, C_4$
2. Multimetër digjital për matje të kapacitetit (ose instrument tjetër i cili është i krijuar enkas për të matur kapacitet)
3. Pllakë universale eksperimentale

**Detyra shtëpie** (Rekomandohet që detyra e shtëpisë të jepet dhe të zgjidhet përpara orës së paraparë për ushtrime praktike):

Llogaritni kapacitetin ekuivalent të:

1. Dy kondensatorëve të lidhur paralelisht me kapacitete të ndryshme  
 $C_1 = \text{_____}; C_2 = \text{_____}$
2. Dy kondensatorëve të lidhur paralelisht me kapacitete të njëjta  
 $C_3 = C_4 = \text{_____}$
3. Tre kondensatorëve të lidhur paralelisht me kapacitete  
 $C_1 = \text{_____}; C_2 = \text{_____}, C_3 = \text{_____}$

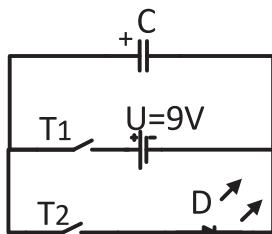
Ushtrimi nr. 1 <b>NGARKIMI DHE SHKARKIMI I KONDENSATORIT</b> <b>LIDHJA E KONDENSATORIT SIPAS SKEMËS SË DHËNË ELEKTRIKE DHE</b> <b>MATJA E KAPACITETIT</b>		
Njësia modulare: <i>Elektrostatika</i>	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloi:

Njihsoni tensionin e baterisë  $U = \underline{\hspace{2cm}}$  [ ]

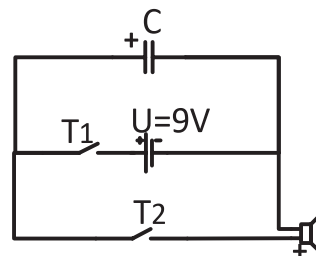
Në Shtojcën 4 është sqaruar matja e tensionit elektrik me multimetër.

Në cilin interval matës e vendosët multimetrin gjatë matjes? Në cilin interval matës e realizuat matjen? (Cili ishte pozicioni i çelësit?)

Sipas skemës elektrike të shfaqur në Figurën 1.1 a), krijoni qark elektrik (shihni sqarimet për elementët në Shtojcat 1 dhe 2).



a)



b)

Figura 1.1

Shtypni butonin  $T_1$ . Mbjajeni të shtypur butonin për disa sekonda dhe më pas lëshojeni. Çfarë ndodh kur shtypet butoni  $T_1$ ? Në momentin e shtypjes së butonit  $T_1$  mbyllet një qark i përbërë nga bateria dhe kondensatori. Kondensatori fillon të ngarkohet dhe tensioni në skajet e tij fillon të rritet. Pas lëshimit të butonit, kondensatori ngarkohet dhe voltazhi në skajet e tij është i barabartë me tensionin e baterisë.

1. Shtypni butonin  $T_2$ . Shtypja e butonit  $T_2$  tani mbyll qarkun e përbërë nga bateria dhe LED. Kondensatori tani vepron si një burim tensioni. Dioda lidhet drejtpërdrejt me një tension prej 9V, rryma do të rrjedhë përmes saj dhe do të fillojë të bëjë dritë. Kondensatori do të fillojë të shkarkohet, voltazhi në skajet e tij gradualisht do të ulet. Vëzhgoni se çfarë ndodh me diodën! Jepni interpretimin tuaj.

Montoni qarkun sipas skemës elektrike në figurën 1.1.b). Kjo skemë elektrike është e njëjtë me atë të mëparshme me atë që në vend të një diode si konsumator këtu përdoret një audio-oscilator. Përsëriteni ushtrimin me këtë qark. Shpjegoni se çfarë po ndodh tani në këtë qark.

1. Matni kapacitetin e kondensatorëve të dhënë (shihni sqarimin në Shtojcën 1). Vlerat e matura shënoni në tabelë. Shënoni se në cilin interval matës e realizuat matjen.

Kondensatori	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
Kapaciteti i matur				
Intervali matës				

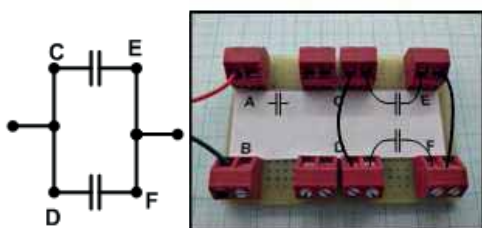


Figura 1.2

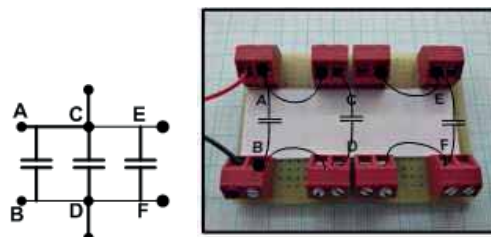


Figura 1.3

Lidhni paralelisht kondensatorët  $C_1$  dhe  $C_2$  (Figura 1.2). Matni kapacitetin ekuivalent. Shënoni vlerën e matur në tabelë në vendin e duhur. Lidhni paralelisht kondensatorët  $C_3$  dhe  $C_4$ . Matni kapacitetin ekuivalent. Shënoni vlerën e matur në tabelë në vendin e duhur.

Shënoni në tabelë në vendin e duhur vlerat teorike të kapacitetit ekuivalent të llogaritur në të dyja rastet.

Lidhja paralele e dy kondensatorëve me kapacitete të ndryshme		Lidhja paralele e dy kondensatorëve me kapacitete të njëjta	
Vlera e matur	Vlera teorike	Vlera e matur	Vlera teorike

Lidhni kondensatorët  $C_1$ ,  $C_2$  dhe  $C_3$  paralelisht (Figura 1.3). Matni kapacitetin ekuivalent. Shënojeni vlerën e matur në tabelë.

Lidhja paralele e tre kondensatorëve	
Vlera e matur	Vlera teorike

Analizoni rezultatet e fituara në të tri rastet. Krahasoni vlerat e matura dhe të llogaritura. Komentoni pikëpamjet tuaja.

---



---



---



---

## Ushtrimi nr. 2

**LIDHJA E KONDENSATORËVE NË LIDHJE SERIKE DHE TË KOMBINUAR SIPAS SKEMËS SË DHËNË ELEKTRIKE DHE MATJA E KAPACITETIT EKUVALENT**

**Qëllimi i ushtrimit** është që nxënësit të lidhin kondensatorët në mënyrë serike sipas një skeme të caktuar elektrike dhe të matin kapacitetin ekuivalent.

Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtojeni vetes gjërat e mësuara më parë: kondensatorët, kapacitetin, llojet e kondensatorëve, njësinë bazë të kapacitetit, njësitë më të vogla dhe më të mëdha se themelorja, lidhjen serike dhe paralele të kondensatorëve, etj.

**Përshkrim i shkurtër i ushtrimit**

Ushtrimi përbëhet nga tri pjesë:

- I. matja e kapacitetit të kondensatorëve
- II. lidhja e kondensatorëve në lidhje serike dhe matja e kapacitetit ekuivalent
- III. lidhja e kondensatorëve në lidhje të kombinuar dhe matja e kapacitetit ekuivalent

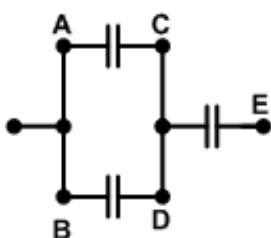
**Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:**

1. Katër kondensatorë me kapacitete  $C_1, C_2, C_3, C_4$
2. Multimetër digjital për matje të kapacitetit (ose instrument tjetër i cili është i krijuar enkas për të matur kapacitet)
3. Pllakë universale eksperimentale

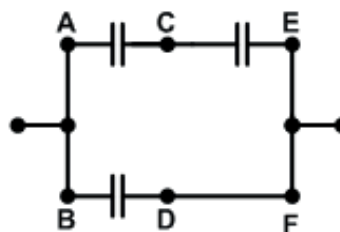
**Detyra shtëpie** (Rekomandohet që detyra e shtëpisë të jepet dhe të zgjidhet përpara orës së paraparë për ushtrime praktike):

Llogaritni kapacitetin ekuivalent të:

1. Dy kondensatorëve të lidhur në mënyrë serike me kapacitete të ndryshme  
 $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
2. Dy kondensatorëve të lidhur në mënyrë serike me kapacitete të njëjta  
 $C_3 = C_4 = \underline{\hspace{2cm}}$
3. Tre kondensatorëve të lidhur në mënyrë serike me kapacitete  
 $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $C_3 = \underline{\hspace{2cm}}$
4. Tre kondensatorëve me kapacitete  $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $C_3 = \underline{\hspace{2cm}}$  të lidhur në mënyrë të kombinuar sipas skemës 1 dhe skemës 2:



Skema 1



Skema 2

Figura 2.1

Ushtrimi nr. 2		
<b>LIDHJA E KONDENSATORËVE NË LIDHJE SERIKE DHE TË KOMBINUAR SIPAS SKEMËS SË DHËNË ELEKTRIKE DHE MATJA E KAPACITETIT EKUVALENT</b>		
Njësia modulare: Elektrostatika	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloi:

**I. Matja e kapacitetit të kondensatorëve**

1. Matni kapacitetin e kondensatorëve të dhënë (shihni sqarimin në Shtojcën 1). Vlerat e matura shënoni në tabelë. Shënoni se në cilin interval matës e realizuat matjen.

Kondensatori	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
Kapaciteti i matur				
Intervali matës				

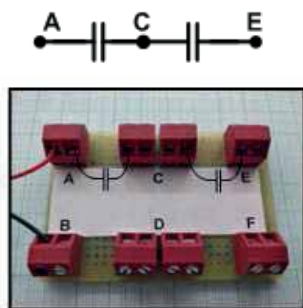


Figura 2.2

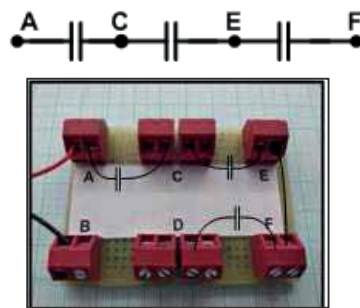


Figura 2.3

**II. Lidhja e kondensatorëve në lidhje serike dhe matja e kapacitetit ekuivalent**

- Lidhni në mënyrë serike kondensatorët  $C_1$  dhe  $C_2$  (Figura 2.2). Matni kapacitetin ekuivalent. Shënoni vlerën e matur në tabelë në vendin e duhur.
- Lidhni në mënyrë serike kondensatorët  $C_3$  dhe  $C_4$ . Matni kapacitetin ekuivalent. Shënoni vlerën e matur në tabelë në vendin e duhur.
- Shënoni në tabelë në vendin e duhur vlerat teorike të kapacitetit ekuivalent të llogaritur në të dyja rastet.

Lidhja serike e dy kondensatorëve me kapacitete të ndryshme		Lidhja serike e dy kondensatorëve me kapacitete të njëjta	
Vlera e matur	Vlera teorike	Vlera e matur	Vlera teorike

4. Lidhni kondensatorët  $C_1, C_2$  dhe  $C_3$  në mënyrë serike (Figura 2.3). Matni kapacitetin ekuivalent. Shënojeni vlerën e matur në tabelë.

Lidhja serike e tre kondensatorëve	
Vlera e matur	Vlera teorike

5. Analizoni rezultatet e fituara në të tri rastet. Krahasoni vlerat e matura dhe të llogaritura. Komentoni pikëpamjet tuaja.

---



---

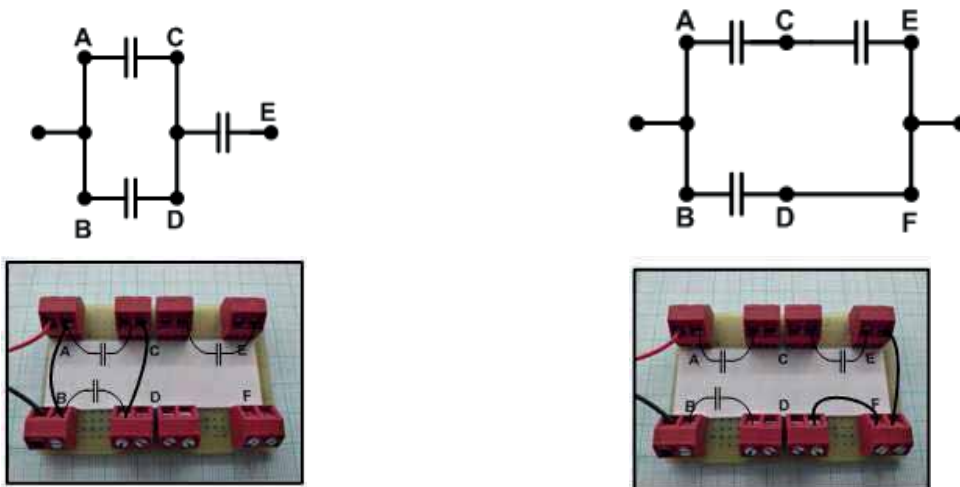


---

### III. Lidhja e kondensatorëve në lidhje të kombinuar dhe matja e kapacitetit ekuivalent

1. Lidhni në mënyrë të kombinuar kondensatorët  $C_1$ ,  $C_2$  dhe  $C_3$  sipas skemës 1 (Figura 2.4). Matni kapacitetin ekuivalent. Shënoni vlerën e matur në tabelë në vendin e duhur.

Lidhni në mënyrë të kombinuar kondensatorët  $C_1$ ,  $C_2$  dhe  $C_3$  sipas skemës 2 (Figura 2.4). Matni kapacitetin ekuivalent. Shënoni vlerën e matur në tabelë në vendin e duhur.



Skema 1

Figura 2.4

Skema 2

2. Shënoni në tabelë në vendin e duhur vlerat teorike të kapacitetit ekuivalent të fituara me llogaritjen e lidhjeve të kombinuara të kondensatorëve  $C_1$ ,  $C_2$  dhe  $C_3$ , sipas skemave të mësipërme.

Skema 1		Skema 2	
Vlera e matur	Vlera teorike	Vlera e matur	Vlera teorike

3. Analizoni rezultatet e fituara në të tri rastet. Krahasoni vlerat e matura dhe të llogaritura. Komentoni pikëpamjet tuaja.

---



---



---

## Ushtrimi nr. 3

## LIDHJA E REZISTORËVE SIPAS SKEMËS SË DHËNË ELEKTRIKE DHE MATJA E REZISTENCËS EKVIVALENTE

**Qëllimi i ushtrimit** është zbatimi praktik i përmbajtjeve të studiuara në orët e parashikuara për mësimin teorik: matja e rezistencës, lidhja e rezistorëve sipas një skeme të dhënë elektrike, kontrolli eksperimental i relacioneve për rezistencën ekuivalente në lidhjen paralele dhe serike të rezistorëve.

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtoni veten për ato që keni mësuar më parë: rezistorët, rezistencën, llojet e rezistorëve, njësinë bazë të rezistencës, njësitë më të vogla dhe më të mëdha se themelorja, lidhja serike dhe paralele e rezistorëve.

**Përshkrimi i ushtrimit:** Ushtrimi përbëhet nga katër pjesë.

- I. Matja e rezistencës së rezistorëve.
- II. Lidhja e dy rezistorëve dhe matja e rezistencës ekuivalente.
  - a) Lidhja serike dhe paralele e dy rezistorëve me rezistenca të ndryshme;
  - b) Lidhja serike dhe paralele e dy rezistorëve me rezistenca të njëjta.
- III. Lidhja serike dhe paralele e tre rezistorëve.
- IV. Lidhja e kombinuar e tre rezistorëve.

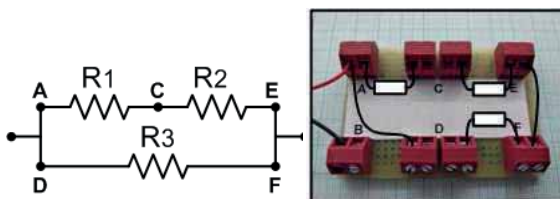
**Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:**

1. Katër rezistorë
2. Multimetër
3. Pllaka universale eksperimentale dhe kabllot lidhëse

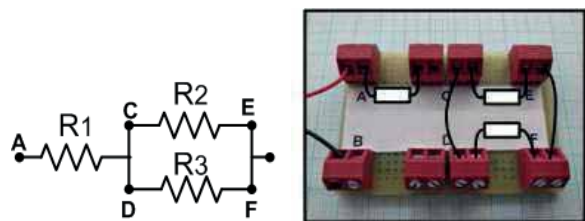
Rekomandohet që të gjitha llogaritjet të bëhen si **detyrë shtëpie** përpara orës së planifikuar për ushtrim praktik.

**Detyrë:** Llogaritni rezistencën ekuivalente të:

1. Dy rezistorëve me rezistenca  $R_1 = \text{_____} \Omega$ ;  $R_2 = \text{_____} \Omega$ , nëse janë të lidhur: a) Në mënyrë serike; b) Në mënyrë paralele
2. Dy rezistorëve me rezistenca të njëjta  $R_3 = \text{_____} \Omega$ ;  $R_4 = \text{_____} \Omega$ , nëse janë të lidhur: a) Në mënyrë serike; b) Në mënyrë paralele
3. Tre rezistorëve me rezistenca  $R_1 = \text{_____} \Omega$ ;  $R_2 = \text{_____} \Omega$ ;  $R_3 = \text{_____} \Omega$  nëse janë të lidhur: a) Në mënyrë serike; b) Në mënyrë paralele
4. Tre rezistorëve me rezistenca  $R_1 = \text{_____} \Omega$ ;  $R_2 = \text{_____} \Omega$ ;  $R_3 = \text{_____} \Omega$  nëse janë të lidhur në mënyrë të kombinuar sipas: a) Skemës 1; b) Skemës 2



Skema 1



Skema 2

Figura 3.1

## Ushtrimi nr. 3

**LIDHJA E REZISTORËVE SIPAS SKEMËS SË DHËNË ELEKTRIKE DHE MATJA E REZISTENCËS EKVIVALENTE**

Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloi:

**I.**

1. Matni rezistencën e rezistorëve të dhënë (shihni sqarimin në Shtojcën 3). Vlerat e matura shënoni në tabelë. Shënoni se në cilin interval matës e realizuat matjen.

Rezistori	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$
Rezistenca e matur				
Intervali matës				

**II.**

1. Lidhni rezistorët  $R_1$  dhe  $R_2$  në mënyrë serike (Figura 3.2). Matni rezistencën ekuivalente. Shënoni vlerën e matur në tabelën e dhënë.

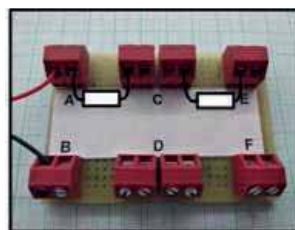
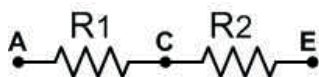


Figura 3.2

2. Lidhni rezistorët  $R_1$  dhe  $R_2$  në mënyrë paralele (Figura 3.3). Matni rezistencën ekuivalente. Shënoni vlerën e matur në tabelën e dhënë.

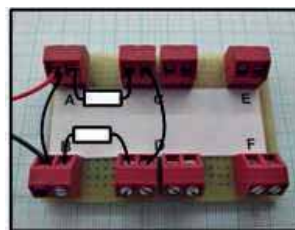
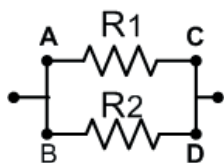


Figura 3.3

Lidhja serike e $R_1$ dhe $R_2$		Lidhja paralele e $R_1$ dhe $R_2$	
Vlera e matur	Vlera e llogaritur	Vlera e matur	Vlera e llogaritur

3. Analizoni rezultatet e fituara. Krahasoni vlerat e matura dhe të llogaritura (teorike). Komentoni pikëpamjet tuaja.

---



---



---

4. Përsëriteni procedurën për rezistorët  $R_3$  dhe  $R_4$ . Lidhni në mënyrë paralele dhe matni rezistencën ekuivalente të lidhjes paralele. Pastaj lidhni në mënyrë serike dhe matni rezistencën ekuivalente të lidhjes serike.

Lidhja serike e $R_3$ dhe $R_4$		Lidhja paralele e $R_3$ dhe $R_4$	
Vlera e matur	Vlera e llogaritur	Vlera e matur	Vlera e llogaritur

5. Analizoni rezultatet e fituara. Krahasoni vlerat e matura dhe të llogaritura (teorike). Komentoni pikëpamjet tuaja.

III.

1. Lidhni rezistorët  $R_1$ ,  $R_2$  dhe  $R_3$  në mënyrë serike (Figura 3.4a). Matni rezistencën ekuivalente. Pastaj lidhni rezistorët  $R_1$ ,  $R_2$  dhe  $R_3$  në mënyrë paralele (Figura 3.4b). Shënoni vlerën e matur në tabelën e dhënë.

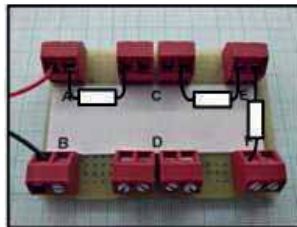
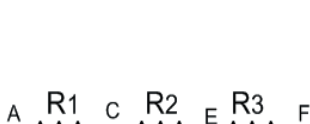


Figura 3.4a

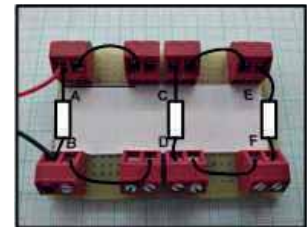
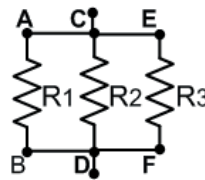


Figura 3.4b

Lidhja serike e $R_1$ , $R_2$ dhe $R_3$		Lidhja paralele e $R_1$ , $R_2$ dhe $R_3$	
Vlera e matur	Vlera e llogaritur	Vlera e matur	Vlera e llogaritur

2. Analizoni rezultatet e fituara. Krahasoni vlerat e matura dhe të llogaritura (teorike). Komentoni pikëpamjet tuaja.

IV.

1. Lidhni rezistorët  $R_1$ ,  $R_2$  dhe  $R_3$  në mënyrë të kombinuar (Figura 1a). Matni rezistencën ekuivalente. Pastaj lidhni rezistorët  $R_1$ ,  $R_2$  dhe  $R_3$  në mënyrë të kombinuar (Figura 1b). Matni rezistencën ekuivalente.

Skema 1		Skema 2	
Vlera e matur	Vlera e llogaritur	Vlera e matur	Vlera e llogaritur

2. Analizoni rezultatet e fituara. Krahasoni vlerat e matura dhe të llogaritura (teorike). Komentoni pikëpamjet tuaja.

## Ushtrimi nr. 4

## LIGJI I OMIT PËR QARKUN E THJESHTË ELEKTRIK MATJA E TENSIONIT ELEKTRIK DHE FORCËS SË RRYMËS ELEKTRIKE

**Qëllimi i ushtrimit** është zbatimi praktik i përmbajtjeve të studiuara në orët e parashikuara për mësimin teorik:

1. Kontroll praktik i vlefshmërisë së ligjit të Omit për qarkun e thjeshtë elektrik
2. Matja e tensionit të njëkahshëm elektrik dhe forcës së rrymës elektrike

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtoni veten për gjërat e mësuara më parë: madhësitë themelore elektrike dhe njësitë matëse të tyre: forca e rrymës elektrike, tensioni elektrik, rezistenca elektrike; varësia ndërmjet këtyre madhësive në një qark të thjeshtë elektrik (ligji i Omit).

### Ushtrimi praktik përfshin:

1. Realizimin e një qarku sipas një skeme të dhënë elektrike;
2. Matjen e rrymës elektrike dhe tensionit elektrik;
3. Analizën e rezultateve (krahasimin e vlerave të matura dhe të llogaritura) duke nxjerrë përfundime;
4. Plotësimin e raportit;
5. Vizatimin e karakteristikës rrymë-tension.

### Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:

1. Rezistor  $R = \text{_____}$  (mësuesi do t'ju tregojë vlerën e rezistencës së rezistorit përpara realizimit të ushtrimit. Llogaritjet në detyrat e shtëpisë i bëni me vlerën e dhënë);
2. Burimi tensioni të njëkahshëm me rregullim;
3. Dy multimetra (ushtrimi mund të realizohet duke përdorur një multimetër, me atë që gjatë çdo matjeje do të duhet të ndryshoni fushën e matjes);
4. Pllakë eksperimentale universale.

Rekomandohet që të gjitha llogaritjet të bëhen si detyrë shtëpie përpara orës së planifikuar për ushtrim praktik.

**Detyrë:** Duke përdorur ligjin e Omit për qarkun e thjeshtë, llogaritni forcën e rrymës elektrike në rastet e mëposhtme:  $U = 2V$ ;  $U = 4V$ ;  $U = 6V$ ;  $U = 8V$ ;  $U = 10V$ ;  $R = \text{_____}$ .

U [V]	2V	4V	6V	8V	10V
I [mA]					

Ushtrimi nr. 4		
<b>LIGJI I OMIT PËR QARKUN E THJESHTË ELEKTRIK MATJA E TENSIONIT ELEKTRIK DHE FORCËS SË RRYMËS ELEKTRIKE</b>		
Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrollloi:

### Rrjedha e ushtrimit

1. Mëndihmën e multimetrit të vendosur në fushën përkatëse matëse për matje të rezistencës elektrike, matni rezistorin e dhënë  $R = \underline{\hspace{2cm}}$ .
2. Realizojeni qarkun e treguar në Figurën 2, në maketë ose pllakë eksperimentale.

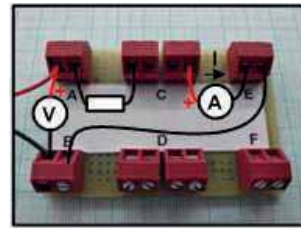
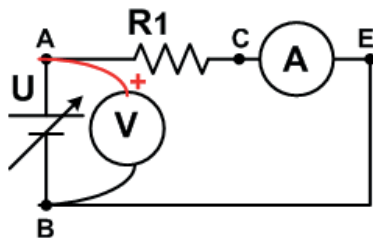


Figura 4.1

3. Lidhjeni voltmetrin paralelisht me burimin e tensionit. Duke ndjekur numrat në voltmetër, rriteni tensionin dhe rregulloni vlerat e dhëna në tabelë. Gjatë çdo rregullimi, shënoni në tabelë se në cilin interval matës është vendosur çelësi i instrumentit.
4. Lexoni numrat në ampermetër. Vlerën e lexuar shënojeni në tabelë në vendin e duhur. Shënoni intervalin matës në të cilën është bërë matja.

U [V]	2V	4V	6V	8V	10V
I [mA]					
Intervali matës					

5. Krahasoni vlerat e matura të forcës së rrymës elektrike me vlerat e llogaritura në mënyrë teorike gjatë kryerjes së detyrës së shtëpisë.

U [V]	2V	4V	6V	8V	10V
I [mA] vlera e llogaritur					
I [mA] vlera e matur					

6. A dallohen vlerat e llogaritura nga ato të matura? Pse?

---



---



---

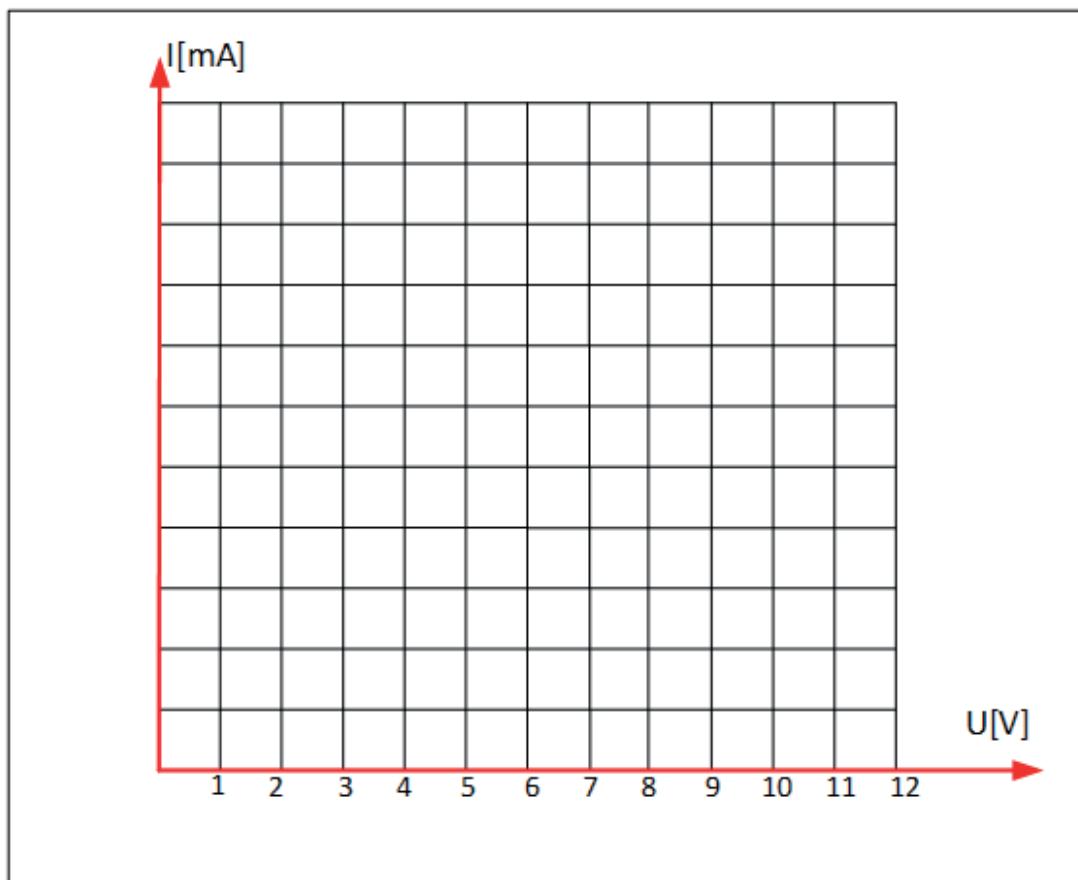


---



---

7. Nga vlerat në tabelë, paraqiteni varësinë grafike të forcës së rrymës elektrike nga tensioni elektrik.



8. Si varet forca e rrymës elektrike nga tensioni elektrik? A rritet forca e rrymës elektrike me rritjen e tensionit, apo zvogëlohet?

---

---

---

---

---

## Ushtrimi nr. 5

**KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I LIGJIT TË XHULIT**

**Qëllimi i ushtrimit** është kontrollimi praktik i vlefshmërisë së ligjit të Xhulit.

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtoni veten për gjërat e mësuara më parë: Ligjin e Xhulit, energjinë elektrike, punën dhe fuqinë, njësitë e energjisë, etj.

**Ushtrimi praktik përfshin:**

- I. Realizimin e një qarku sipas një skeme të dhënë elektrike
- II. Matjen e forcës së rrymës elektrike dhe të tensionit elektrik
- III. Analizën e rezultateve duke nxjerrë përfundime
- IV. Plotësimin e raportit

**Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:**

1. Burim i tensionit DC me rregullim (0+30)V
2. Tre rezistorë me rezistenca  $R_1$ ,  $R_2$  dhe  $R_3$
3. Maketë ose pllakë universale eksperimentale
4. Multimetër

Rekomandohet që të gjitha llogaritjet të bëhen si detyrë shtëpie, përpara orës së planifikuar për ushtrim praktik.

**Detyrë:** Për qarkun elektrik të paraqitur në figurën 5.1, i cili paraqet lidhje serike të tre rezistorëve të lidhur me një burim tensioni DC, llogaritni:

- Forcën e rrymës elektrike
- Tensionet në skajet e secilit prej rezistorëve  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$
- Fuqinë elektrike që shpërndahet në secilin prej rezistorëve ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ) si dhe fuqia totale në qarkun  $P$ .

( $R_1 = \text{---}\Omega$ ;  $R_2 = \text{---}\Omega$ ,  $R_3 = \text{---}\Omega$ ,  $U = \text{---} [ \text{V} ]$ )

Ushtrimi nr. 5 <b>KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I LIGJIT TË XHULIT</b>		
<i>Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme</i>	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloi:

**Rrjedha e ushtrimit**

- Matni rezistencat e rezistorëve të dhënë. Shënojeni vlerën e matur dhe intervalin matës brenda së cikës është bërë matja.

	$R_1$	$R_2$	$R_3$
Vlera e matur [K $\Omega$ ]			
Intervali matës			

- Sipas skemës së dhënë elektrike, krijoni qark elektrik rryme (figura 5.1).

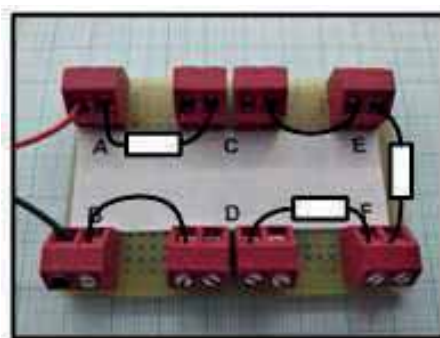
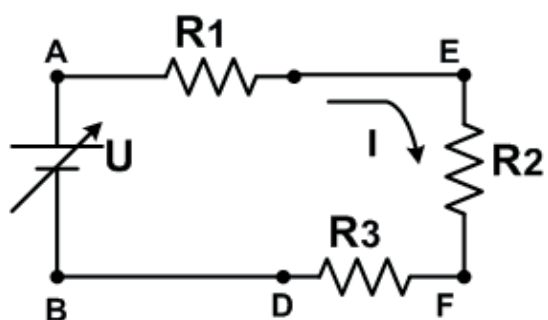


Figura 5.1

- Lidhni voltmetrin në skajet e burimit të tensionit dhe vendosni  $U = 10V$ .
- Matni tensionet në skajet e secilit prej rezistorëve. Shkruani vlerat e matura dhe intervalet matëse në të cilat keni kryer secilën prej matjeve në vendin e duhur në tabelë.
- Matni forcën e rrymës elektrike që rrjedh nëpër qark. Shënojeni vlerën e matur në vendin e duhur në tabelë.

$U = 10V, I = \text{_____} [mA]$			
	$U_1$	$U_2$	$U_3$
Vlera e matur [V]			
Intervali matës			

6. Përcaktojeni fuqinë elektrike e cila shpërndahet në secilin prej rezistorëve si dhe fuqinë totale të qarkut. Përsëriteni përlogaritjen me secilën prej formulave të dhëna.

$U = \text{_____} [ \ ]$ $I = \text{_____} [ \ ]$  $R_1 = \text{_____} [ \ ]$ $R_2 = \text{_____} [ \ ]$ $R_3 = \text{_____} [ \ ]$  $U_1 = \text{_____} [ \ ]$ $U_2 = \text{_____} [ \ ]$ $U_3 = \text{_____} [ \ ]$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P$
	$P_1 = U_1 \cdot I$	$P_2 = U_2 \cdot I$	$P_3 = U_3 \cdot I$	$P = U \cdot I$
	$P_1 = R_1 \cdot I^2$	$P_2 = R_2 \cdot I^2$	$P_3 = R_3 \cdot I^2$	$P = R \cdot I^2$
	$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1}$	$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2}$	$P_3 = \frac{U_3^2}{R_3}$	$P = \frac{U^2}{R}$
7. Analizoni vlerat e fituara me përlogaritjen. Komentoni mbi vërejtjet dhe përfundimet tuaja. <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				$P = P_1 + P_2 + P_3$

8. Llogaritni sa energji elektrike do të harxhojë ky qark nëse lidhet në tension prej 12V.  
 a.Për një interval prej 30 sekondash  
 b.Për një interval prej 10 minutash  
 c.Për një interval prej 2 orësh

$t = 30s$	$t = 10 \text{ min}$	$t = 2h$

## Ushtrimi nr. 6

**KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I LIGJEVE TË KIRHOFIT**

**Qëllimi i ushtrimit** është një kontrollimi praktik i vlefshmërisë së Ligjit të Parë dhe të Dytë të Kirhohfit.

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtojeni vetes të mësuarit e gjësendeve më parë: Ligjin e Xhulit, energjinë elektrike, punën elektrike, njësinë matëse të energjisë dhe punës.

**Ushtrimi praktik përfshin:**

- I. Matjen e rezistencës së rezistorëve dhe montimin e një qarku sipas një skeme të dhënë elektrike
- II. Kontrollimin eksperimental të Ligjit të Parë të Kirhohfit
- III. Kontrollimin eksperimental të Ligjit të Dytë të Kirhohfit
- IV. Plotësimin e raportit
- V. Analizën e rezultateve dhe nxjerrjen e përfundimeve

**Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:**

1. Burimi i tensionit DC me rregullim (0-30) [V]
2. Katër rezistorë me rezistenc  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  dhe  $R_4$
3. Pllaka universale eksperimentale
4. Multimetri

Rekomandohet që të gjitha llogaritjet të bëhen si detyrë shtëpie përpara orës së planifikuar për ushtrim praktik.

**Detyrë:** Duke zbatuar ligjin e Omit, ligjin e parë dhe të dytë të Kirhohfit, llogaritni të gjitha rrymat dhe tensionet në qarkun e dhënë në Figurën 6.1.

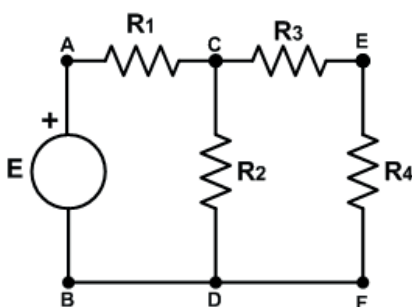


Figura 6.1

$$R_1 = \text{____}, R_2 = \text{____}, R_3 = \text{____} \text{ u } R_4 = \text{____}, E = \text{____} [\text{V}]$$

Ushtrimi nr. 6 <b>KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I LIGJEVE TË KIRHOFIT</b>		
Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloi:

**Rrjedha e ushtrimit****I. Matja e rezistencave të rezistorëve të dhënë. Krijimi i qarkut elektrik sipas skemës së dhënë elektrike.**

1. Matni rezistencën e rezistorëve të dhënë.

	$R_1$	$R_2$	$R_3$
Vlera e matur			
Intervali matës			

2. Krijoni qarkun elektrik sipas skemës së dhënë elektrike në Figurën 6.1.

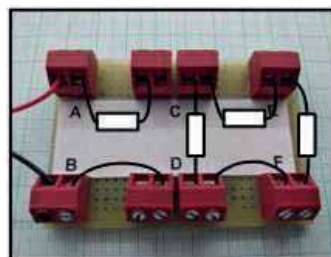
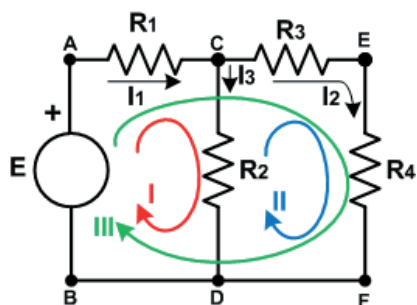
3. Rregullojeni burimin e tensionit në vlerën  $E = \text{_____ [V]}$ 

Figura 6.2

**II. Kontrollimi eksperimental i Ligjit të Parë të Kirhofit**

1. Rregullojeni multimetrimin të punojë si ampermetër (shihni sqarimin në Shtojcën 4) dhe matni rrymat në të gjitha degët e qarkut elektrik.

	$I_1$	$I_2$	$I_2$
Vlera e matur			
Intervali matës			

2. Kontrolloni nëse është plotësuar Ligji i Parë i Kirhofit për nyjën C, duke i zëvendësuar në formulë vlerat e matura të rrymave.

--

3. A janë rezultatet e fituara në mënyrë eksperimentale në përputhje me llogaritjet teorike? Si i sqaroni dallimet?

--

### III. Kontrollimi eksperimental i Ligjit të Dytë të Kirchoft

1. Rregullojeni multimetrimin të punojë si voltmetër (shihni sqarimet në Shtojcën 4). Matni të gjitha tensionet.

	$U_b$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$
Vlera e matur					
Intervali matës					

2. Krijoni ekuacione sipas ligjit të dytë të Kirchoff-it, për secilën nga tre konturat e shënuara në skemën elektrike. Eksperimentalisht, duke përdorur vlerat e matura për tensionet, kontrolloni nëse është përmbushur ligji i dytë i Kirchoft për secilën prej konturave.

Kontura 1	Kontura 2	Kontura 3

3. A janë rezultatet e fituara eksperimentalisht në përputhje me përlogaritjet teorike? Si i shpjegoni dallimet?

---



---



---



---

## Ushtrimi nr. 7

## KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I TEOREMËS SË TEVENENIT KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I METODËS SË MBIVENDOSJES (SUPER-POZICIONIT)

**Qëllimi i këtij ushtrimi** është kryerja e një testi eksperimental dhe konfirmimi i teoremës së Tevenenit dhe metodës së mbivendosjes.

**Para-njohuritë e nevojshme.** Para se të vazhdohet me realizimin e këtij ekuacioni, kujtoni gjësendet e mësuara më parë: lidhjet serike, paralele dhe të kombinuara të rezistorëve, gjeneratorët e tensionit të lidhur në mënyrë serike dhe paralele, tensionin ndërmjet dy pikave, teoremën e Tevenenit dhe Metodën e mbivendosjes.

**Përshkrimi i ushtrimit:** Ushtrimi përbëhet nga këto pjesë:

- I. Matja e rezistencës së rezistorëve dhe montimi i qarqeve sipas skemave të dhëna elektrike
- II. Kontrollimi eksperimental i teoremës së Tevenenit
- III. Kontrollimi eksperimental i metodës së mbivendosjes
- IV. Plotësimi i dokumentacionit teknik (raporti i ushtrimit)
- V. Analiza e rezultateve dhe nxjerrja e përfundimeve

**Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:**

1. Pllaka universale dhe kabllot lidhëse
2. Katër rezistorë me rezistencë  $R_1 = 1K\Omega$ ;  $R_2 = 3.9K\Omega$ ;  $R_3 = 2.4K\Omega$ ;  $R_4 = 3.3K\Omega$  (për pjesën e parë të ushtrimit - kontrollimi i teoremës së Tevenenit)
3. Tre rezistorë me rezistencë  $R_1 = 1K\Omega$ ;  $R_2 = 4.7K\Omega$ ;  $R_3 = 470K\Omega$ ; (për pjesën e dytë të ushtrimit - kontrollimi i metodës së mbivendosjes)
4. Dy burime të tensionit të drejtpërdrejtë me rregullim (0-30V)
5. Multimetër

**Detyrë shtëpie** (rekomandohet që detyrat e shtëpisë të jepen dhe të zgjidhen përpara orës së ushtrimit praktik).

**Detyra I:** Për qarkun e paraqitur në figurën 1a), duke përdorur teoremën e Tevenenit, përcaktoni rrymën  $I_4$  që kalon nëpër rezistorin  $R_4$ .  $R_1 = 1K\Omega$ ;  $R_2 = 3.9K\Omega$ ;  $R_3 = 2.4K\Omega$ ,  $E = 20V$ .

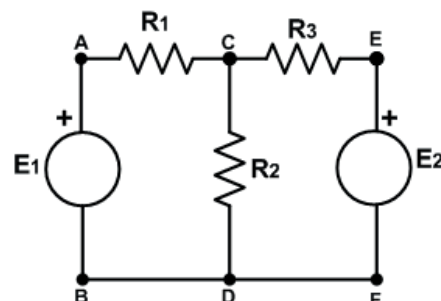
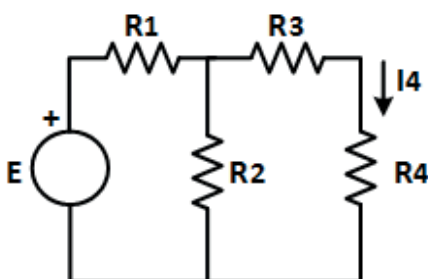


Figura 7.1

**Detyra II:** Për qarkun e paraqitur në figurën 1b), duke përdorur metodën e mbivendosjes, përcaktoni rrymën  $I_2$  që rrjedh nëpër rezistorin  $R_2$ .

$$R_1 = 1K\Omega, R_2 = 4,7K\Omega, R_3 = 470\Omega, E_1 = 10V, E_2 = 7V$$

Ushtrimi nr. 7		
<b>TEOREMA E TEVENENIT DHE METODA E MBIVENDOSJES</b>		
Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrollloi:

### KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I TEOREMËS SË TEVENENIT

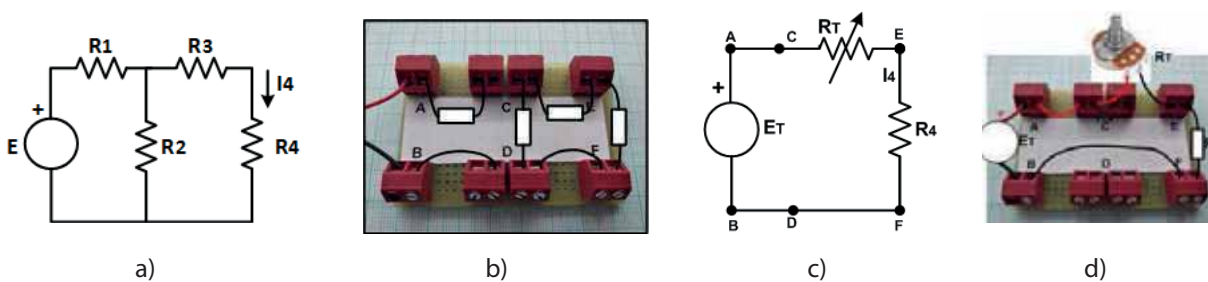


Figura 7.2

1. Sipas skemës elektrike (Figura 7.2a) formoni një qark elektrik (Figura 7.2b). Rregulloni tensionin e burimit në  $U = 20V$ .

2. Shkëputni rezistorin  $R_4$  nga qarku. **Kini kujdes!!!** Nuk duhet të hiqni rezistorin kur qarku është nën tension. (Tani, pjesa tjetër e qarkut midis pikave E dhe F vepron si gjenerator ekuivalent i Tevenenit - gjenerator tensioni me forcë elektromotore  $E_T$  dhe rezistencë të brendshme  $R_T$ ).

3. Matni tensionin e gjeneratorit ekuivalent të Tevenenit  $E_T = U_{EF} = \underline{\hspace{2cm}}$ .

4. Shkëputni burimin e tensionit nga qarku dhe lidhni pikat A dhe B në lidhje të shkurtër.

5. Matni rezistencën e Tevenenit midis pikave E dhe F.

$$R_T = \underline{\hspace{2cm}}.$$

6. Formoni një qark të ri sipas figurës 7.2c. Kthejeni rezistorin  $R_4$  në vendin e tij midis pikave E dhe F dhe zëvendësoni pjesën tjetër të qarkut me një potenciometër të vendosur në rezistencën  $R_T$  dhe një burim të tensionit DC të vendosur në  $E_T$  (Figura 7.2d).

7. Matni rrymën  $I_4$  me një ampermetër.

$$I_4 = \underline{\hspace{2cm}}.$$

8. Krahasoni vlerat e marra për rrymën  $I_4$  me llogaritjen analitike (detyrat e shtëpisë) dhe vlerën e përfutur nga matja. A janë vlerat të ndryshme? Komentoni rezultatet e marra.

---



---



---



---

## KONTROLLIMI EKSPERIMENTAL I METODËS SË MBIVENDOSJES

1. Sipas skemës elektrike (Figura 7.3a), krijoni qark elektrik (figura 7.3b).

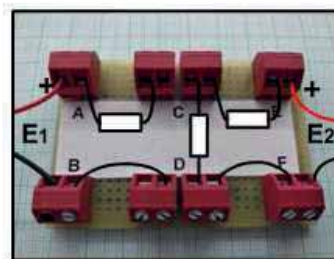
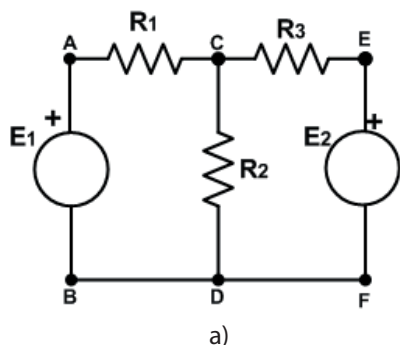


Figura 7.3

2. Rregulloni tensionet e të dy burimeve  $E_1 = 7V$  dhe  $E_2 = 0V$
3. Matni tensionin  $U_2$  në skajet e rezistorit  $R_2$
4. Matni rrymën  $I_2$
5. Tani rregulloni  $E_1 = 0V$  dhe  $E_2 = 10V$
6. Matni tensionin  $U_2$
7. Matni rrymën  $I_2$

$U_2'$	$U_2''$	$U = U_2' + U_2''$	$I_2'$	$I_2''$	$I = I_2' + I_2''$
$E_1 = 7V$ $E_2 = 0V$	$E_1 = 0V$ $E_2 = 10V$			$E_1 = 7V$ $E_2 = 0V$	

8. Krahasoni vlerat teorike, të përfutuara me llogaritjet në detyrën 2 nga detyra e shtëpisë, me vlerat e matura praktikisht.

	$U_2'$	$U_2''$	$U = U_2' + U_2''$	$I_2'$	$I_2''$	$I = I_2' + I_2''$
	$E_1 = 7V$ $E_2 = 0V$	$E_1 = 0V$ $E_2 = 10V$			$E_1 = 7V$ $E_2 = 0V$	
Vlerat e matura						
Vlerat teorike						

9. Bëni analiza dhe perceptime. A ka ndonjë ndryshim midis vlerave të matura dhe atyre teorike? A e keni konfirmuar eksperimentalisht metodën e mbivendosjes? Komentoni analizën tuaj.

---



---



---

## Ushtrimi nr. 8

**MATJA E INDUKTIVITETIT  
PRODHIMI I ELEKTROMAGNETIT**

**Qëllimi i këtij ushtrimi** është që nëpërmjet prodhimit të një spiraleje (bobine) dhe matjes së induktivitetit të saj, nxënësit të njihen me spiralen si element dhe të shohin se nga varet induktiviteti i spirales. Në pjesën e dytë të ushtrimit, nxënësit duhet të bëjnë një elektromagnet dhe të vëzhgojnë vetitë elektromagnetike të këtij elementi.

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtoni gjësendet e mësuara më parë: bobina (spiralja, solenoidi), numri i mbështjellësve, induktiviteti, njësia e induktivitetit (që gjendet në pjesën e parë të ushtrimit) dhe termat induksion elektromagnetik, forca e induktuar elektromotore (për pjesën e dytë të ushtrimit).

**Përshkrimi i ushtrimit:** Ushtrimi përbëhet nga disa pjesë:

- I. Matja e induktivitetit të bobinave
- II. Bërja e një elektromagneti
- III. Eksperimentimi me një elektromagnet
- IV. Përgatitja e dokumentacionit teknik (raporti)

**Materiali, instrumentet dhe aparatet e nevojshme:**

Për pjesën e parë të ushtrimit (matja e induktivitetit të spirales)

1. Pesë mbështjellës me induktivitet të ndryshëm
2. Një multimetër që ka një interval matës për matjen e induktivitetit ose një instrument tjetër për matjen e induktivitetit (L-metër)

Për pjesën e dytë të ushtrimit (krijimi dhe eksperimentimi me një elektromagnet)

1. Copë teli bakri të izoluar (60cm)
2. Vidhë me gjatësi 6 - 8cm
3. 2 bateri 4.5V; 9V
4. Disa kapëse ose objekte të tjera të vogla hekuri

**Detyrat e shtëpisë** (duhet të bëhen para orës për ushtrime praktike):

1. Hulumtoni online, mbi temën e krijimit të një elektromagneti

Ushtrimi nr. 8 <b>MATJA E INDUKTIVITETIT</b> <b>PRODHIMI I ELEKTROMAGNETIT</b>		
Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrollloi:

### I. Matja e induktivitetit

1. Matni induktivitetin e secilës prej spiraleve të dhëna veç e veç. Shkruani vlerat e matura në tabelë (do të gjeni një shpjegim se si të matni induktivitetin në Shtojcën 5).

Spiralja	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$
Induktiviteti i matur					
Intervali matës					

### II. Përpunimi (prodhimi) i elektromagnetit

1. Afroni majën e vidës më afër objekteve të vogla hekuri. Çfarë po ndodh? A tregon elektromagneti veti magnetike?

---



---



---

2. Shkëputeni baterinë. Çfarë ndodh? A i ruan elektromagneti vetitë pas shkëputjes së burimit të tensionit?

3. Tani rilidheni spiralen me baterinë, por tani me një bateri tjetër, me vlerë tjetër tensioni. A i tërheq elektromagneti objektet e hekurta në të njëjtën mënyrë si herën e parë? Jepni interpretimin tuaj të dukurive. Cilat janë përfundimet tuaja?

---



---



---



---



---



---



---

## Ushtrimi nr. 9

## MATJA E RRYMAVE DHE TENSIONEVE TË NDRYSHUESHME (ALTERNATIVE) NË QARK ME REZISTORË TË OMIT

**Qëllimi i ushtrimit** është që përmes matjeve praktike në qarqet me rrymë dhe tension të ndryshueshëm të shihen mospërputhjet që ekzistojnë ndërmjet qarqeve me rrymë njëkahëshe (konstante) dhe atyre me rrymë të ndryshueshme (burimi i tensionit, rregullimi i multimetrit dhe dallimet e tjera që do të hasen gjatë matjes dhe analizimit të rezultateve nga matjet).

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtoni vetes për gjërat që keni mësuar më parë: karakteristikat e madhësive alternative, rezistenca omike në qarkun e rrymës alternative, etj.

**Përshkrimi i ushtrimit:** Ushtrimi përbëhet nga këto pjesë:

- I. Matja e rezistencës së rezistorëve dhe lidhja e një qarqut elektrik sipas një skeme të dhënë elektrike
- II. Matja e tensionit dhe rrymës në qark dhe plotësimi i raportit
- III. Analiza e rezultateve, nxjerrja e përfundimeve

**Pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:**

1. Dy rezistorë me rezistenca  $R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ .
2. Transformatori rregullues rrjetor që shërben si burim i tensionit të thjeshtë periodik me frekuencë 50Hz
3. Pllaka universale eksperimentale
4. Multimetër

**Detyrë:** Llogaritni tensionet dhe rrymat, si dhe fuqitë e të gjithë elementëve të qarqut elektrik nga Figura 9.1.

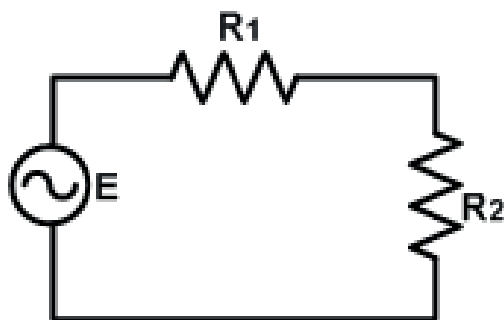


Figura 9.1

Ushtrimi nr. 9 <b>MATJA E RRYMAVE DHE TENSIONEVE TË NDRYSHUESHME (ALTERNATIVE) NË QARK ME REZISTORË TË OMIT</b>		
Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloi:

Kini kujdes kur rregulloni multimetrimin. Në këtë ushtrim, ju do të matni vlerat efektive të tensioneve alternative dhe vlerën efektive të rrymës alternative në qark.

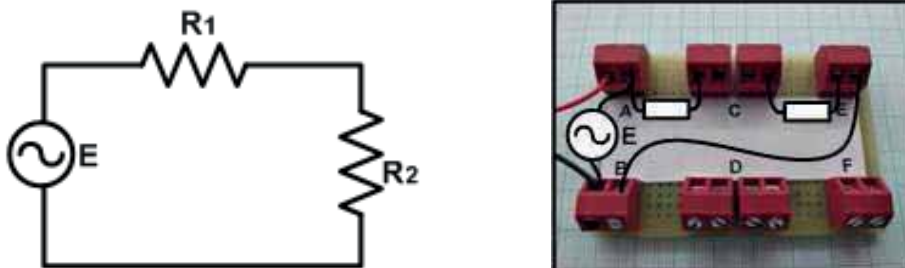


Figura 9.2

1. Mateni rezistencën e rezistorëve  $R_1$  dhe  $R_2$  individualisht, pastaj lidhni në seri dhe matni rezistencën ekuivalente të lidhjes serike.

Rezistorët	$R_1$	$R_2$	$R$
Vlera e matur			
Intervali matës			

- Lidhni voltmetrimin në dalje të transformatorit dhe rregullojeni tensionin në vlerën  $E = 2V$ .
- Realizojeni qarkun elektrik sipas skemës elektrike të dhënë në Figurën 9.2
- Matni tensionet  $U_1$  dhe  $U_2$ .
- Matni forcën e rrymës elektrike  $I$ .

	$E$	$U_1$	$U_2$	$I$
Vlera e matur				
Intervali matës				

5. Krahasoni vlerat e matura me ato teorike.

	$E$	$U_1$	$U_2$	$I$
Vlera e matur				
Vlera teorike				

6. Kontrolloni plotësinë e ligjit të Omit dhe ligjit të dytë të Kirhofit për qarkun e dhënë. Ju duhet të bëni llogaritjet me vlerat e matura të rrymave dhe tensioneve.

Ligji i Omit:

Ligji i Dytë i Kirhofit:

7. Llogaritni sa është fuqia e cila shpërndahet në secilin prej rezistorëve veçmas.

8. A ka ndonjë ndryshim kur qarku ushqehet nga një tension i thjeshtë periodik alternativ (AC), krahasuar me rastin kur fuqizohet nga një tension konstant (DC)? Shënoni vërejtjet tuaja.

## Ushtrimi nr. 10

## ANALIZA E LIDHJES SERIKE TË REZISTORIT DHE SPIRALES DHE LIDHJES SERIKE TË REZISTORIT DHE KONDENSATORIT

**Qëllimi i ushtrimit** është që përmes simulimit kompjuterik në programin NI Multisim, të bëhet analiza e qarkut serik RL dhe RC, të shihet se si ndikon ndryshimi i induktivitetit të bobinës në RL serik, gjegjësisht kapaciteti i kondensatorit në qarkun serik RC në madhësitë tjera: në rezistencat reaktive, tensionet dhe rrymat.

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtoni vetes për atë që keni mësuar më parë: rezistencën aktive, rezistencën induktive reaktive, rezistencën kapacitore reaktive, impedancën, lidhjen serike të rezistorit dhe bobinës, lidhjen serike të rezistorit dhe kondensatorit.

**Përshkrimi i ushtrimit:** Ushtrimi përbëhet nga dy pjesë.

- I. Simulimi kompjuterik i një qarku të përbërë nga një lidhje serike e një rezistori dhe një spiraleje të lidhur me një burim të tensionit alternativ (AC).
- II. Simulimi kompjuterik i një qarku të përbërë nga një lidhje serike e një rezistori dhe një kondensatori, të lidhur me një burim tensioni alternativ (AC).

Ushtrimi duhet të kryhet në një klasë me kompjuterë, në të cilët duhet të instalohet paraprakisht programi NI Multisim.

**Detyrat e shtëpisë** (detyrat duhet të kryhen para orëve të ushtrimit praktik):

1. Një qark serik RL është i lidhur me një burim tensioni alternativ me vlerë efektive  $U = 10V$  dhe frekuencë  $f = 100Hz$ . Rezistori ka rezistencë prej  $R = 220\Omega$ , dhe spiralja ka induktivitet  $L = 100mH$ . Llogaritni rrymën  $I$  në qark dhe tensionet  $U_R$  dhe  $U_L$ .
2. Qarku serik RC është i lidhur me një burim tensioni alternativ me vlerë efektive  $U = 10V$  dhe frekuencë  $f = 100Hz$ . Rezistori ka rezistencë  $R = 220\Omega$ , dhe kondensatori ka kapacitet  $C = 1\mu F$ . Llogaritni rrymën  $I$  në qark dhe tensionet  $U_R$  dhe  $U_C$ .

Ushtrimi nr. 10		
<b>ANALIZA E LIDHJES SERIKE TË REZISTORIT DHE SPIRALES DHE LIDHJES SERIKE TË REZISTORIT DHE KONDENSATORIT</b>		
Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloi:



Figura 10.1

1. Ndiqni udhëzimet në Manualin e Përdoruesit të NI Multisim për të formuar një qark serik RL (Figura 10.1). Qarku përbëhet nga një lidhje serike e një rezistori me rezistencë  $R = 220\Omega$  dhe një spiraleje me induktivitet të ndryshueshëm me vlerë maksimale  $L = 100\text{mH}$ , të lidhur me një burim tensioni alternativ me  $U = 10\text{V}$ , dhe  $f = 100\text{Hz}$ . Do të ndryshoni induktivitetin e spirales duke kërcyer, duke klikuar në rrëshqitësin virtual pranë simbolit të spirales, duke filluar nga 20%, pastaj 40%, 60%, 80% dhe 100% e induktivitetit maksimal.

2. Gjatë secilit ndryshim të induktivitetit, matni tensionet  $U_R$  dhe  $U_L$  dhe forcën e rrymës  $I$ . Rezultatet e matjeve fusni në tabelë.

	20%L	40%L	60%L	80%L	100%L
$U_R$					
$U_L$					
$I$					

3. Analizoni rezultatet nga matjet në tabelë. Si varet tensioni  $U_L$  nga induktiviteti i spirales? A rritet tensioni  $U_L$  me rritjen e induktivitetit apo zvogëlohet? Si e sqaroni këtë varësi?

4. A përmbushet rregulli i trekëndëshit të tensioneve në qarkun RL? Kontrolloni vlerat e tensioneve nga kolona e fundit e tabelës.

$U^2 = U_R^2 + U_L^2$	
-----------------------	--

5. Bëni krahasimin e vlerave të llogaritura teorike nga detyra e shtëpisë 1 dhe vlerave të përfutuara gjatë simulimit, për pozitën e rrëshqitësit të spirales së ndryshueshme 100% (vlerat nga kolona e fundit e tabelës).

	Vlerat teorike	Vlerat e përfutuara me simulim	Krahasimi / komentet
$U_R$			
$U_L$			
$I$			

6. Duke i ndjekur shpjegimet e dhëna në manualin e udhëzimeve të programit NI Multisim, formoni një qark serik RC (Figura 10.2). Qarku përbëhet nga një lidhje serike e një rezistori me rezistencë  $R = 220\Omega$  dhe një kondensatori me kapacitet të ndryshueshëm, me vlerë maksimale  $C = 1\mu\text{F}$ , të lidhur me një burim tensioni alternativ me  $U = 10\text{V}$ ,  $f = 100\text{Hz}$ . Ju do të ndryshoni kapacitetin e kondensatorit me kërcime, duke klikuar në rrëshqitësin virtual pranë simbolit të kondensatorit, duke filluar nga 20%, pastaj 40%, 60%, 80% dhe 100% e kapacitetit maksimal.



Figura 10.2

7. Gjatë secilit ndryshim të kapacitetit, matni tensionet  $U_R$  dhe  $U_C$  dhe forcën e rrymës  $I$ . Rezultatet e matjeve fusni në tabelë.

	20%C	40%C	60%C	80%C	100%C
$U_R$					
$U_L$					
$I$					

8. Analizoni rezultatet nga matjet në tabelë. Si varet tensioni  $U_C$  nga kapaciteti i kondensatorit? A rritet tensioni  $U_C$  me rritjen e kapacitetit apo zvogëlohet? Si e sqaroni këtë varësi?

---



---

9. A përmbushet rregulli i trekëndëshit të tensioneve në qarkun RC? Kontrolloni vlerat e tensioneve nga kolona e fundit e tabelës.

$U^2 = U_R^2 + U_C^2$	
-----------------------	--

10. Bëni krahasimin e vlerave të llogaritura teorike nga detyra e shtëpisë 2 dhe vlerave të përfutuara gjatë simulimit, për pozitën e rrëshqitësit të spirales së ndryshueshme 100%L (vlerat nga kolona e fundit e tabelës).

	Vlerat teorike	Vlerat e përfutuara me simulim	Krahasimi / komentet
$U_R$			
$U_L$			
$I$			

## Ushtrimi nr. 11

**ANALIZA E LIDHJES PARALELE TË REZISTORIT DHE SPIRALES DHE LIDHJES PARALELE TË REZISTORIT DHE KONDENSATORIT**

**Qëllimi i ushtrimit** është që përmes simulimit kompjuterik në programin NI Multisim, të bëhet analiza e qarkut paralel RL dhe qarkut paralel RC, të shihet se si bëhet ndryshimi i induktivitetit të bobinës në RL paralel, gjegjësisht kapaciteti i kondensatorit në qark paralel RC të madhësive të tjera: të rezistencave reaktive, tensioneve dhe rrymave.

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, përkujtoni gjërat e mësuara më parë: rezistencën aktive, rezistencën induktive reaktive, rezistencën kapacitore reaktive, admitancën, lidhjen paralele të rezistorit dhe spirales, lidhjen paralele të rezistorit dhe kondensatorit.

**Përshkrimi i ushtrimit:** Ushtrimi përbëhet nga dy pjesë.

- I. Simulimi kompjuterik i një qarku të përbërë nga një lidhje paralele e një rezistori dhe një spiraleje, të lidhur me një burim të tensionit alternativ (AC).
- II. Simulimi kompjuterik i një qarku të përbërë nga një lidhje paralele e një rezistori dhe një kondensatori, të lidhur me një burim tensioni alternativ.

Ushtrimi duhet të kryhet në një klasë me kompjuterë, në të cilët duhet të instalohet paraprakisht programi NI Multisim.

**Detyrat e shtëpisë** (detyrat duhet të kryhen para orëve të ushtrimit praktik):

1. Një qark paralel RL lidhet me një burim tensioni alternativ me vlerë efektive  $U = 10V$  dhe frekuencë  $f = 100Hz$ . Rezistori ka rezistencë  $R = 220\Omega$ , ndërsa spiralja ka induktivitet  $L = 100mH$ . Llogaritni rrymat  $I$ ,  $I_1$  dhe  $I_2$  në tre degët e qarkut.
2. Një qark paralel RC lidhet me një burim tensioni alternativ me vlerë efektive  $U = 10V$  dhe frekuencë  $f = 100Hz$ . Rezistori ka rezistencë  $R = 220\Omega$ , dhe kondensatori ka kapacitet  $C = 1\mu F$ . Llogaritni rrymat  $I$ ,  $I_1$  dhe  $I_2$  në tre degët e qarkut.

Ushtrimi nr. 11		
<b>ANALIZA E LIDHJES PARELELE TË REZISTORIT DHE SPIRALES DHE LIDHJES PARELELE TË REZISTORIT DHE KONDENSATORIT</b>		
Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloni:

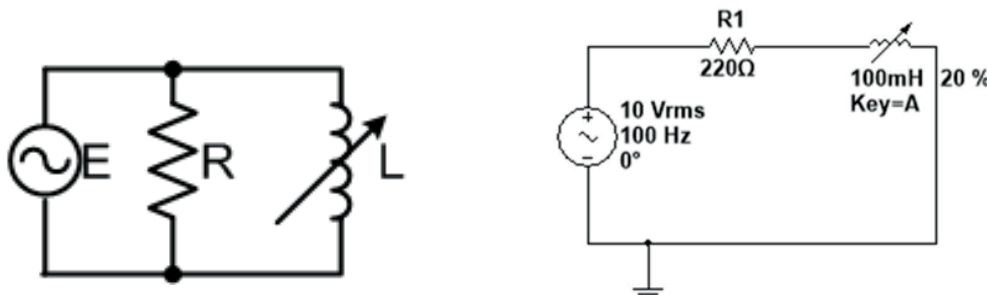


Figura 11.1

1. Duke ndjekur shpjegimet e dhëna në manualin e udhëzimeve të programit NI Multisim, formoni një qark paralel RL (Figura 11.1). Qarku përbëhet nga një lidhje paralele e një rezistori me  $R = 220\Omega$  dhe një spirale me induktivitet të ndryshueshëm me  $L_{\max} = 100\text{mH}$ , të lidhur me një burim tensioni alternativ me  $U = 10\text{V}$ ,  $f = 100\text{Hz}$ . Do të ndryshoni induktivitetin e spirales me kapërcime, duke klikuar në rrëshqitësin virtual pranë simbolit të spirales, duke filluar nga 20%, pastaj 40%, 60%, 80% dhe 100% e induktivitetit maksimal.

2. Gjatë çdo ndryshimi të induktivitetit, matni forcat e rrymave  $I$ ,  $I_R$  dhe  $I_L$ . Rezultatet e matjeve paraqisni në tabelën më poshtë.

	20%L	40%L	60%L	80%L	100%L
$I_R$					
$I_L$					
$I$					

3. Analizoni rezultatet e matjeve në tabelë. Si varen rrymat nga ndryshimi i induktivitetit të spirales? A rritet rryma  $I_L$  me rritjen e induktivitetit apo zvogëlohet? Si e sqaroni këtë varësi?

4. A është përbushur rregulli i trekëndëshit të rrymave në qarkun paralel RL? Kontrolloni vlerat e rrymave nga kolona e fundit e tabelës.

$I^2 = I_R^2 + I_L^2$	
-----------------------	--

5. Krahasoni vlerat e llogaritura në mënyrë teorike nga detyra e shtëpisë 2 me ato të përftuara gjatë simulimit për pozicionin e rrëshqitësit në spiralen e ndryshueshme 100% (vlerat e kolonës së fundit të tabelës).

	Vlerat teorike	Vlerat e përftuara me simulim	Krahasimi / komentet
$U_R$			
$U_L$			
$I$			

1. Duke ndjekur shpjegimet e dhëna në manualin e udhëzimeve të programit NI Multisim, formoni një qark paralel RL (Figura 11.2). Qarku përbëhet nga një lidhje paralele e një rezistori me  $R = 220\Omega$  dhe një kondensator me kapacitet të ndryshueshëm me  $C_{max} = 1\mu F$ , të lidhur me një burim tensioni alternativ me  $U = 10V$ ,  $f = 100Hz$ . Do të ndryshoni kapacitetin e kondensatorit me kapërcime, duke klikuar në rrëshqitësin virtual pranë simbolit të kondensatorit, duke filluar nga 20%, pastaj 40%, 60%, 80% dhe 100% e kapacitetit maksimal.

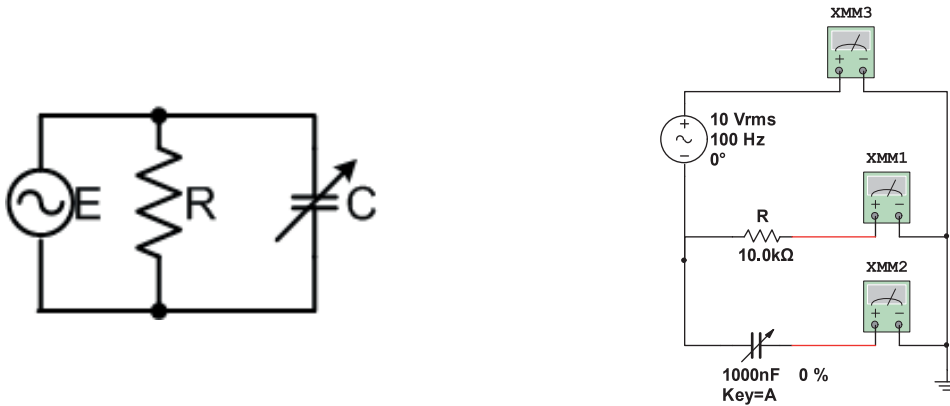


Figura 11.2

2. Gjatë çdo ndryshimi të induktivitetit, matni forcat e rrymave  $I$ ,  $I_R$  dhe  $I_L$ . Rezultatet e matjeve paraqisni në tabelën më poshtë.

	20%C	40%C	60%C	80%C	100%V
$U_R$					
$U_C$					
$I$					

3. Analizoni rezultatet e matjeve në tabelë. Si varet forca e rrymës  $I_C$  nga kapaciteti i kondensatorit? A rritet rryma  $I_C$  me rritjen e induktivitetit apo zvogëlohet? Si e sqaroni këtë varësi?

4. A është përmbushur rregulli i trekëndëshit të rrymave në qarkun paralel RC? Kontrolloni vlerat e rrymave nga kolona e fundit e tabelës.

$I^2 = I_R^2 + I_C^2$	
-----------------------	--

5. Krahasoni vlerat e llogaritura në mënyrë teorike nga detyra e shtëpisë 2 me ato të përfituara gjatë simulimit për pozicionin e rrëshqitësit në spiralen e ndryshueshme 100%L.

	Vlerat teorike	Vlerat e përfituara me simulim	Krahasimi / komentet
$I_R$			
$I_L$			
$I$			

## Ushtrimi nr. 12

## ANALIZA E QARKUT SERIK RLC ANALIZA E QARKUT PARALEL RLC

**Qëllimi i ushtrimit** është që përmes simulimit kompjuterik në programin NI Multisim, të kryhet analiza e qarkut serik dhe paralel RLC, të maten rrymat dhe tensionet dhe të vizatohet trekëndëshi i tensionit për qarkun serik RLC dhe trekëndëshi i rrymës për qarkun paralel RLC.

**Para-njohuritë e nevojshme.** Përpara se të vazhdoni me realizimin e këtij ushtrimi, kujtoni veten për gjërat e mësuara më parë: rezistencën aktive, rezistencën induktive reaktive, rezistencën kapacitore reaktive, impedancën, admitancën, qarkun serik RLC dhe qarkun paralel RLC.

**Përshkrimi i ushtrimit:** Ushtrimi përbëhet nga dy pjesë:

- I. Simulimi kompjuterik i një qarku të përbërë nga një lidhje serike e një rezistori, një spiraleje dhe një kondensatori, të lidhur me një burim tensioni alternativ (AC), matje virtuale e tensioneve dhe rrymave.
- II. Simulimi kompjuterik i një qarku të përbërë nga një lidhje paralele e një rezistori, një spiraleje dhe një kondensatori, të lidhur me një burim tensioni alternativ (AC), matje virtuale e tensioneve dhe rrymave.

Ushtrimi duhet të kryhet në një klasë me kompjuterë, në të cilët duhet të instalohet paraprakisht programi NI Multisim.

Detyrat e shtëpisë (detyrat duhet të kryhen para orëve të ushtrimit praktik):

1. Qarku serik RLC lidhet me një burim tensioni alternativ me vlerë efektive  $U = 10V$  dhe frekuencë  $f = 50Hz$ . Rezistori ka rezistencë  $R = 12\Omega$ , spiralja ka induktivitet  $L = 150mH$  dhe kondensatori ka kapacitet  $C = 100\mu F$ . Llogaritni rezistencat reaktive të bobinës dhe kondensatorit, rezistencën totale në qark, rrymën  $I$  dhe tensionet  $U_R$ ,  $U_L$  dhe  $U_C$ .
2. Një qark paralel RLC lidhet me një burim tensioni alternativ me vlerë efektive  $U = 10V$  dhe frekuencë  $f = 50Hz$ . Rezistori ka rezistencë  $R = 220\Omega$ , ndërsa kondensatori ka kapacitet  $C = 1\mu F$ . Llogaritni rrymat  $I$ ,  $I_R$ ,  $I_L$  dhe  $I_C$  në tre degët e qarkut.

Ushtrimi nr. 12 <b>ANALIZA E QARKUT SERIK RLC</b> <b>ANALIZA E QARKUT PARALEL RLC</b>		
Njësia modulare: Rrymat e vazhdueshme	Koha e paraparë për realizimin e ushtrimit: 2 orë	
Nxënësi:	Klasa:	Kontrolloi:

1. Duke i ndjekur shpjegimet e dhëna në udhëzimet e funksionimit të programit NI Multisim, formoni një qark serik RLC (Figura 12.1). Qarku përbëhet nga një lidhje paralele e një rezistori me rezistencë  $R = 12\Omega$ , një spiraleje me induktivitet  $L = 150\text{mH}$  dhe një kondensatori me kapacitet  $C = 100\mu\text{F}$ , të lidhur me një burim tensioni alternativ me  $U = 10\text{V}$ ,  $f = 50\text{Hz}$ .

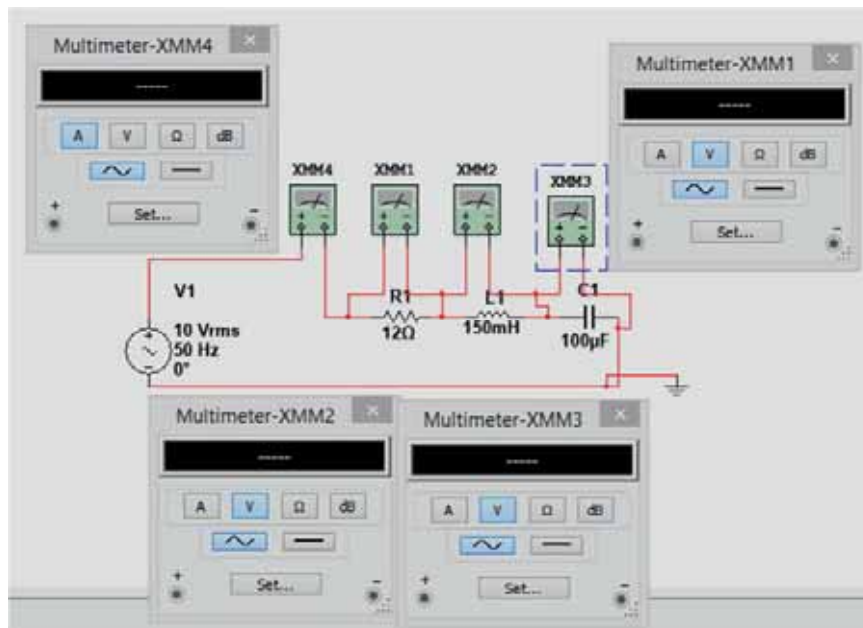


Figura 12.1

- Në qark lidhni multimetra virtuale për matjen e rrymës  $I$  dhe tensioneve  $U_R$ ,  $U_L$  dhe  $U_C$ .
- Aktivizoni simulimin dhe matni vlerat e rrymës  $I$  dhe tensioneve  $U_R$ ,  $U_L$  dhe  $U_C$ .
- Shënoni vlerat e matura në tabelë. Në vendin adekuat në tabelë, shënoni edhe vlerat teorike të përftuara nga përlllogaritja.

	$U$	$U_R$	$U_L$	$U_C$	$I$
Vlerat e matura					
Vlerat teorike					

- A ka dallim ndërmjet vlerave teorike dhe atyre të matura? Cili është mendimi juaj, a fitohen vlera më të sakta me matjet praktike me instrumente matëse apo me simulim kompjuterik?

- Duke i përdorur vlerat për tensionet e matura me instrumentet matëse virtuale, vizatoni trekëndëshin e tensioneve për këtë qark elektrik.

1. Duke i ndjekur shpjegimet e dhëna në udhëzimet e funksionimit të programit NI Multisim, formoni një qark serik RLC (Figura 12.2). Qarku përbëhet nga një lidhje paralele e një rezistori me rezistencë  $R = 50\Omega$ , një spiraleje me induktivitet  $L = 20\text{mH}$  dhe një kondensatori me kapacitet  $C = 5\mu\text{F}$ , të lidhur me një burim tensioni alternativ me  $U = 5\text{V}$ ,  $f = 100\text{Hz}$ .

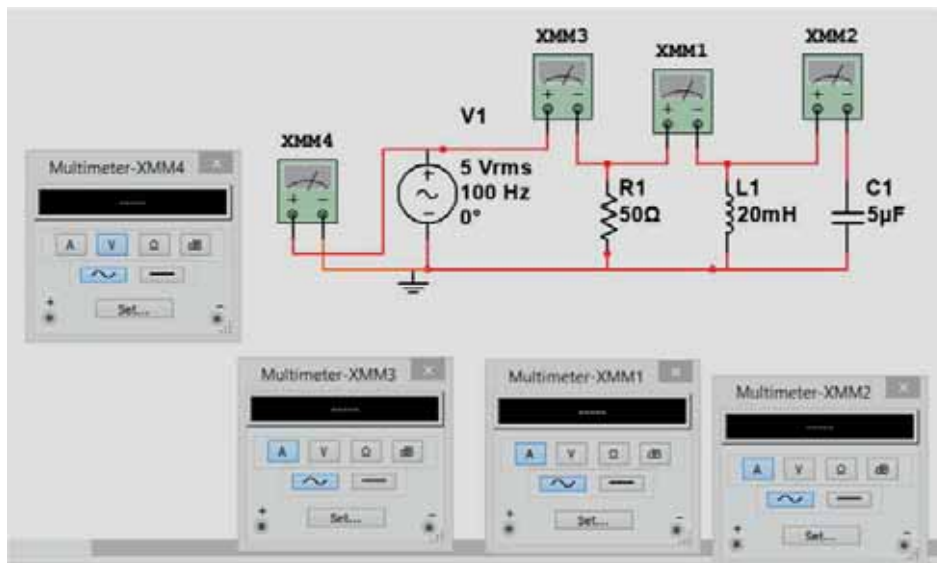


Figura 12.2

2. Në qark lidhni multimetra virtualë për matjen e rrymës  $I$  dhe tensioneve  $U_R$ ,  $U_L$  dhe  $U_C$ .
3. Aktivizoni simulimin dhe matni vlerat e rrymës  $I$  dhe tensioneve  $U_R$ ,  $U_L$  dhe  $U_C$ .
4. Shënoni vlerat e matura në tabelë. Në vendin adekuat në tabelë, shënoni edhe vlerat teorike të përfutuara nga përlogaritja.

	$U$	$U_R$	$U_L$	$U_C$	$I$
Vlerat e matura					
Vlerat teorike					

5. A ka dallim ndërmjet vlerave teorike dhe atyre të matura? Cili është mendimi juaj, a fitohen vlera më të sakta me matjet praktike me instrumente matëse apo me simulim kompjuterik?

---



---



---



---

6. Duke i përdorur vlerat për tensionet e matura me instrumentet matëse virtuale, vizatoni trekëndëshin e tensioneve për këtë qark elektrik.

## SHTOJCAT

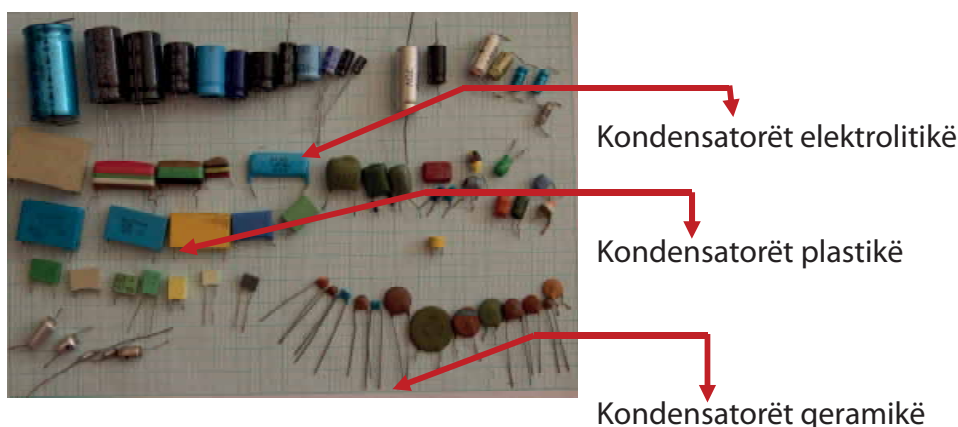
### SHTOJCA 1: Kondensatorët

Kondensatorët janë komponentë pasivë elektronikë që kanë aftësinë të grumbullojnë një sasi të energjisë elektrike. Parametrat bazë të kondensatorëve janë: kapaciteti, voltazhi nominal dhe toleranca. Në varësi të llojit të kondensatorit, vlera e kapacitetit lëviz nga disa pF në disa dhjetëra mijëra  $\mu\text{F}$ . Tensioni nominal është voltazhi maksimal që mund të mbahet vazhdimisht në pllakat e kondensatorit, pa shpërthyer dielektrikun. Ky tension mund të jetë nga disa volt në disa qindra volt.

### Llojet e kondensatorëve

Ka shumë lloje të ndryshme të kondensatorëve.

Kondensatorët elektrolitikë janë kondensatorë të polarizuar. Polariteti i elektrodave është gjithmonë i dukshëm në trupin e këtyre kondensatorëve dhe duhet pasur kujdes gjatë lidhjes së tyre me tension. Kondensatorët elektrolitikë kanë një kapacitet relativisht të madh (1  $\mu\text{F}$  deri në 10000  $\mu\text{F}$ ). Te llojet e tjera të kondensatorëve, elektrodën nuk janë të polarizuara. Ata kanë një kapacitet më të ulët (nga 1 pF në 10  $\mu\text{F}$ ).



### Leximi i shenjave te kondensatorët

Vlera e parametrave bazë të kondensatorëve shënohet alfanumerikisht, në trupin e kondensatorit.

Kondensatorët bllok elektrolitikë dhe plastikë në trup kanë një vlerë të shkruar që i referohet kapacitetit. Nëse përveç kësaj vlere nuk ka asnjë njësi matëse, atëherë kapaciteti do të shprehet në pikofarad, nëse vlera është një numër më i madh se 1. Nëse vlera është një numër dhjetor më i vogël se 1 (numri dhjetor midis zeros dhe një), atëherë kapaciteti shprehet në  $\mu\text{F}$ .

Në rastin e kondensatorëve qeramikë, shënimi zakonisht është i koduar. Shenja në trupin e kondensatorit është një numër treshifror, ku shifra e tretë na tregon sa zero duhet të shtojmë në dy shifrat e para. Vlera e lexuar në këtë mënyrë shprehet në pF. Nëse shenja në një kondensator qeramik është numër njëshifror ose dyshifror, atëherë e lexojmë drejtpërdrejt dhe ai shprehet përsëri në pF.

## Matja e kapacitetit

Kapaciteti matet duke përdorur një multimetër të vendosur në një interval të përshtatshëm matës për matjen e kapacitetit. Fotografia tregon një multimetër digjital që ka aftësinë për të matur kapacitetin. Në vazhdim të tekstit do të shpjegohet matja e kapacitetit me ndihmën e këtij multimetri. Parimi i matjes së kapacitetit me një multimetër të një lloji tjetër është i njëjtë. Mund të ketë dallime minimale në dizajnin e multimetrit (që natyrisht varet nga prodhuesi), por kjo nuk do të ndryshojë asgjë në procedurën e matjes së kapacitetit.

Intervali matës për kapacitetin e këtij multimetri shënohet me shenjën FARAD (sipas njësisë së matjes së kapacitetit). Ndërprerësi brenda këtij intervali matës ka 6 pozicione: 2 nF, 20 nF, 200 nF, 2  $\mu$ F, 20  $\mu$ F dhe 200  $\mu$ F. Çdo pozicion mbulon një interval të saktë matës: pozicioni i parë përdoret për kondensatorët, kapaciteti i të cilëve është më pak se 2 nF, i dyti për kondensatorët me kapacitet në intervalin (2-20) nF, i treti për (20-200) nF; i katërti për (200 nF-2  $\mu$ F); i pesti për (2-20)  $\mu$ F dhe pozicioni i gjashtë i kondensatorit për matjen e kapacitetit në intervalin (20-200)  $\mu$ F. Gjatë matjes së kapacitetit, çelësi vendoset gjithmonë në intervalin e matjes të shënuar me FARAD, dhe zgjedhja e intervalit matës varet nga kapaciteti i kondensatorit.

Për të lidhur kondensatorin, kapacitetin e të cilit duam ta matim, te ky multimetër ka një lidhës të shënuar me Cx (disa multimetra nuk kanë një lidhës të tillë, por kondensatori, kapacitetin e të cilit dëshirojmë të matim lidhet me kabllot matëse të vendosura në terminalet përkatëse).

### Procedura për matjen e kapacitetit

1. Kondensatorët janë elementë që kanë aftësi të grumbullojnë ngarkesa elektrike, respektivisht sasi elektriciteti. Kjo rrit tensionin elektrik midis pllakave përçuese të kondensatorit. Kjo sasi elektriciteti mbetet e akumuluar në pllakat e kondensatorit edhe pasi të hiqet nga tensioni. Prandaj, para se të vazhdohet me matjen e një kondensatori, është e nevojshme "të zbrazni kondensatorin". Zbrazja (shkarkimi) i kondensatorit bëhet thjesht, duke lidhur direkt terminalet e kondensatorit. Për kondensatorët që përdoren në energjetikë dhe të projektuar për të funksionuar në tensione shumë më të larta, shkarkimi bëhet duke lidhur terminalet e kondensatorit nëpërmjet një rezistori me fuqi më të madhe.

2. Nëse matni një kondensator me kapacitet të panjohur, atëherë vendosni çelësin në intervalin më të lartë matës, i cili për këtë instrument është (20-200)  $\mu$ F. Nëse në ekranin e multimetrit shfaqet një numër dhjetor brenda këtyre kufijve (20-200), atëherë kapaciteti i kondensatorit është me vlerën e shfaqur në ekran dhe njësia matëse është  $\mu$ F. Nëse në ekranin e multimetrit shfaqet një numër dhjetor më i vogël se 20, atëherë zgjidhni intervalin matës më të vogël të cilit i përket vlera e shfaqur në ekran. Matja është më e saktë dhe gabimi i matjes do të jetë më i vogël në rast se zgjidhet intervali i parë që është më i madh se vlera e matur. Shembull: Matni një kondensator me një kapacitet prej 17  $\mu$ F. Ky kondensator mund të matet si në intervalin matës (20-200)  $\mu$ F, ashtu edhe në intervalin matës (2-20)  $\mu$ F. Megjithatë, matja është më e saktë dhe gabimi i matjes do të jetë më i vogël në rast se ju zgjidhni intervalin matës (2-20) pF, pra çelësi do të jetë në pozicionin 20  $\mu$ F.

3. Nëse matni një kondensator vlerën e kapacitetit të të cilit e dini paraprakisht dhe thjesht po kontrolloni korrektësinë e tij, atëherë e zgjidhni drejtpërdrejt matjen intervalin e parë më të madh matës se vlera e pritur. Kur krahasoni kapacitetin e matur me kapacitetin e treguar në trupin e kondensatorit, gjithmonë merrni parasysh devijimin e lejuar, pra tolerancën.

4. Nëse I ose OL shfaqet në anën e majtë të ekranit gjatë matjes së kapacitetit, kjo do të thotë që kapaciteti i kondensatorit matës është më i madh se kufiri i sipërm i intervalit matës.

Kur matni një kondensator të ndryshueshëm, duhet të matet kapaciteti minimal dhe maksimal i tij.

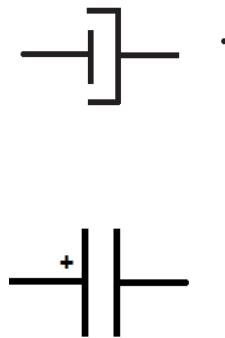
### Kondensatori elektrolitik

Kondensatori që do të përdorni në realizimin e detyrës së parë nga ushtrimi 1 është kondensator elektrolitik. Karakteristikë për kondensatorët elektrolitikë është se kanë elektroda alumini (shirita në formë fletësh të holla alumini), kurse si izolues përdoret oksidi i aluminit i cili aplikohet në fletën e aluminit me reaksion elektrokimik. Oksidi i aluminit përçon vetëm në një kah dhe nuk përçon në tjetrin. Prandaj themi se kondensatorët elektrolitikë janë të polarizuar.

**Kur lidhni një kondensator elektrolitik në një qark elektrik, duhet pasur kujdes se cila elektrodë është pozitive dhe cila është negative.** Elektroda negative zakonisht shënohet me një shenjë minus (–) në vetë trupin e kondensatorit. Një mënyrë tjetër për të përcaktuar se cila elektrodë është pozitive dhe cila është negative është sipas gjatësisë së telave (terminaleve) të tyre. Teli i njëjës elektrodë është më i gjatë dhe i tjetrës më i shkurtër. Teli më i shkurtër korrespondon me elektrodën negative dhe më i gjatë me elektrodën pozitive.



Kondensatori elektrolitik –  
pamja e elementit



simboli për kondensatorin  
elektrolitik



renditja e telave  
në kondensatorin  
elektrolitik

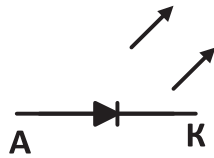
## SHTOJCA 2: Led dioda

Led dioda është element gjysmëpërçues elektronik i cili bën dritë kur nëpër të rrjedh rrymë elektrike. Led dioda ka dy dalje (tela, terminale): anodën dhe katodën.

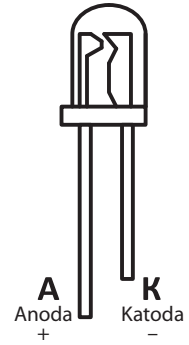
Gjatë lidhjes së led diodës në qark elektrik, duhet të keni parasysh polaritetin.



Led diodat – pamja

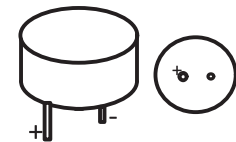


simboli i led diodës



renditja e daljeve (telave) te dioda

## Audio-oscilatori



Piezo audio-oscilatori simboli telat (daljet) te audio-oscilatori

### SHTOJCA 3: Rezistorët

Rezistorët janë komponentë pasivë që mund të thuhet se janë komponentët më të përdorur në qarqet elektrike dhe elektronike. Madhësia që karakterizon rezistorët është rezistenca e tyre, e shënuar me R dhe e matur në om ( $\Omega$ ).

Qëllimi kryesor i rezistorëve është të kufizojnë, të rregullojnë intensitetin e rrymës elektrike në pjesën e qarkut ku vendosen dhe në këtë mënyrë të rregullojnë tensionin elektrik.

Rezistorët karakterizohen nga disa parametra, por parametrat më të përdorur gjatë zgjedhjes së një rezistori janë: rezistenca nominale elektrike dhe devijimi i lejueshëm (toleranca) dhe fuqia maksimale e shpërndarjes së rezistorit.

Rezistorët prodhohen me vlera të përcaktuara saktësisht të rezistencës nominale, të renditura sipas rreshtave Standard të Renardit në rangun nga disa m $\Omega$  deri në 10 M $\Omega$ .

Devijimi i lejuar shprehet si përqindje e vlerës nominale të rezistencës së rezistorit dhe mund të jetë 20%; 10%; 5%; 2%; 1%; 0,5%; 0,25%; 0,1%.

Vlerat e fuqisë maksimale të shpërndarjes janë gjithashtu të standardizuara: 0,125 W; 0,25 W; 0,5 W; 1 W; 2 W; 3 W; 4 W; 5 W; 7 W; 10 W; 15 W; 20 W; 25 W; 50 W; 100 W.

Llojet e rezistorëve

Në esencë, të gjithë rezistorët mund të ndahen në tre grupe:

- Rezistorë me rezistencë konstante (fikse)
- Rezistorë me rezistencë të ndryshueshme – rezistorë të ndryshueshëm (potenciometra)
- Rezistorë jo-linearë (rezistorë rezistenca e të cilëve varet nga ndonjë parametër tjetër: ndriçimi – foto-rezistorë, tensioni – varistorë, temperatura – termistorë.



Rezistorë me rezistencë konstante (fikse), të shënuar me ngjyra, të renditur sipas fuqisë maksimale të shpërndarjes (nga më i madhi te më i vogli)



Rezistorë me rezistencë të ndryshueshme

## Shënimi i rezistorëve

Shënimi i rezistorëve mund të bëhet në dy mënyra:

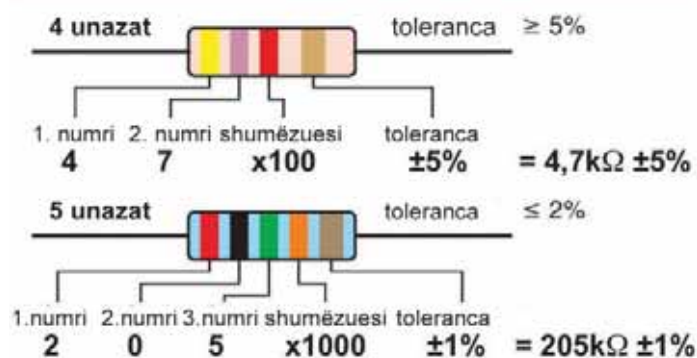
- Në mënyrë alfanumerike (me numra dhe shkronja)
- Me ngjyra

Rezistorët me fuqi më të madhe përhapëse janë edhe fizikisht më të mëdhenj, kështu që ata i kanë parametrat bazë të shënuar direkt në trupin e rezistorit: rezistencën nominale, tolerancën dhe fuqinë. Kur shënojmë rezistencën nominale, shkronja E dhe shkronja R tregojnë om ( $\Omega$ ), shkronja K tregon kilo-omë ( $K\Omega$ ) dhe shkronja M tregon mega-omë ( $M\Omega$ ). Nëse shkronja është midis disa numrave, atëherë në atë vend duhet të ketë një presje dhjetore dhe rezistenca nominale do të shprehet në njësinë përkatëse, në varësi të shkronjës.

Shembull:  $4K7 = 4,7K\Omega$ ;  $330E = 330\Omega$ ;  $5M6 = 5,6 M\Omega$

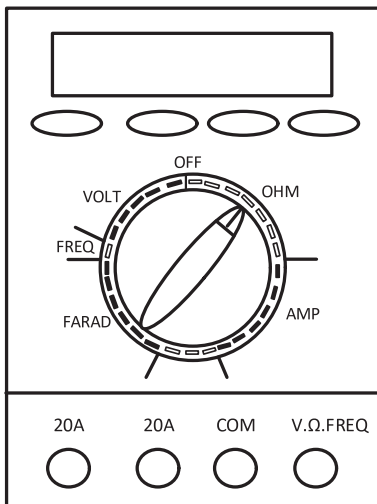
Shënimi me ngjyra kryhet në rezistorë me dimensione më të vogla. Në këtë mënyrë shënimi, në trupin e rezistorit vendosen disa unaza me ngjyra. Rendi i unazave, respektivisht radha e leximit të ngjyrave fillon nga unaza që është më afër fundit të trupit të rezistorit.

Ngjyra	Numri	Shumëzuesi	Toleranca
E zezë	0	$\times 1$	-
Kafe	1	$\times 10$	$\pm 1\%$
E kuqe	2	$\times 100$	$\pm 2\%$
Portokalli	3	$\times 1000$	-
E verdhë	4	$\times 10^4$	-
Jeshile	5	$\times 10^5$	$\pm 0,5\%$
Blu	6	$\times 10^6$	$\pm 0,25\%$
Vjollcë	7	$\times 10^7$	$\pm 0,1\%$
E përhirtë	8	$\times 10^8$	-
E bardhë	9	$\times 10^9$	-
E artë	-	$\times 0,1$	$\pm 5\%$
E argjendtë	-	$\times 0,01$	$\pm 10\%$
Pa ngjyrë	-	-	$\pm 20\%$



## Matja e rezistencës

### Matja e rezistencës me multimetër digjital

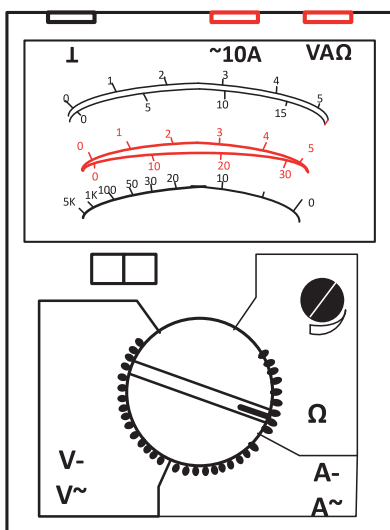


Kur matni rezistencën, çelësi duhet të jetë në një pozicion të intervalit të matjes së rezistencës të shënuar me  $\Omega$  ose OHM. **Elementi, rezistenca e të cilit matet nuk duhet të jetë nën tension dhe duhet të jetë i izoluar (nuk duhet të lidhet me elementë të tjerë ose në ndonjë qark). Gjithashtu, gjatë matjes, telat (terminalët) e elementit nuk duhet të preken me dorë.**

Matja do të jetë me saktësinë më të madhe nëse zgjidhni një interval matës në të cilin rezultati do të shfaqet me numrin më të madh të shifrave në ekran. Ky është intervali i parë më i lartë se vlera që matni.

Gjatë leximit të rezultatit, njësia matëse (om -  $\Omega$ ) do të jetë me parashtesën (K - kilo, M - mega) të cilën e specifikoni sipas pozicionit të çelësit.

### Matja e rezistencës me multimetër analog



Multimetrat analogë kërkojnë një bateri për të matur rezistencën. Shumica e instrumenteve përdorin një ose dy bateri 1.5V.

Vlera e rezistencës lexohet në një shkallë të veçantë të shënuar me  $\Omega$ . Shkalla matëse për matjen e rezistencës ndryshon nga shkallët matëse për tensionin dhe rrymën elektrike në sa vijon:

1.Kjo shkallë është jo-lineare sepse ndarjet nuk janë në distanca të barabarta;

2.Fillimi i shkallës (zeroja omike) është në të djathtë, dhe në skajin e majtë të shkallës, rezistenca është e pafundme.

Përpara përdorimit të instrumentit si om-metër, sondat matëse duhet të lidhen shkurtimisht. Shigjeta do të lëvizë në të majtë dhe duhet të përputhet me zeron omike. Nëse shigjeta nuk përputhet me zeron omike, pozicioni i saj duhet të korrigojë duke përdorur butonin përkatës në instrument për këtë qëllim. Kjo procedurë përsëritet para çdo matjeje dhe gjatë çdo ndryshimi të intervalit matës.

Vlera e rezistencës së matur fitohet duke shumëzuar numrin e lexuar të ndarjeve me numrin ( $\times 1$ ,  $\times 10$ ,  $\times 100$  ...) në pozicionin ku është vendosur çelësi. Matja do të jetë më e saktë nëse çelësi është në pozicionin ku shigjeta është në gjysmën e dytë të shkallës (ku ndarjet e shkallës janë më të rrallat).

## SHTOJCA 4: Matja e tensionit elektrik dhe forcës së rrymës elektrike

Matja e tensionit dhe forcës së rrymës elektrike do të shpjegohet në instrumentin matës të paraqitur në figurë. Në parim, metoda e matjes me një instrument tjetër është e njëjtë me atë të përshkruar.

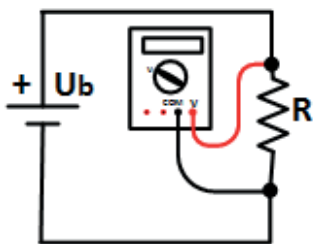
### Matja e tensionit elektrik



Gjatë matjes së tensionit njëkahësh (konstant) elektrik, çelësi duhet të jetë në ndonjë pozicion të intervalit matës të shënuar me VOLT.

Nëse matet tensioni alternativ, çelësi përsëri duhet të jetë në ndonjë pozicion të intervalit matës të shënuar me VOLT, por tani duhet në mënyrë plotësuese të shtypet butoni i shënuar me AC, në skajin e djathtë të sipërm të instrumentit. Kur butoni është i shtypur, në ekran shfaqet indikacion AC dhe atëherë instrumenti është i rregulluar për matje të tensionit alternativ.

Kabllo matëse duhet të vendosen në lidhjet përkatëse: kablloja e zezë në lidhjen e shënuar me COM; kablloja e kuqe në lidhjen e shënuar me V. Ω. FREQ.



Për të matur tensionin elektrik, instrumenti lidhet paralelisht midis pikave ndërmjet të cilave matet tensioni. Kablloja matëse e kuqe lidhet me pikën me potencial më të lartë dhe kablloja matëse e zezë me pikën me potencial më të ulët.

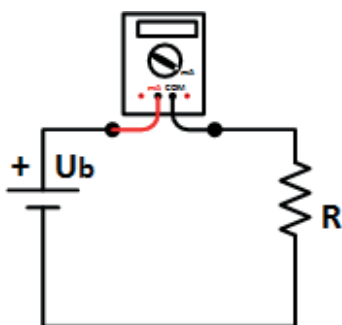
## Matja e forcës së rrymës elektrike



Kur matni forcën e rrymës konstante (DC), çelësi duhet të jetë në një pozicion të intervalit të matjes të shënuar me AMP.

Nëse matet forca e rrymës alternative, çelësi është përsëri në një pozicion të intervalit të matjes të shënuar me AMP, por tani duhet të shtypni në mënyrë plotësuese butonin e shënuar me AC, në këndin e sipërm të djathtë të instrumentit. Kur shtypet butoni, një tregues AC shfaqet në ekran dhe më pas instrumenti vendoset për të matur tensionin AC.

Kabllo matëse duhet të vendosen në lidhjet përkatëse: kablloja e zezë në lidhjen e shënuar me COM ndërsa kablloja e kuqe në lidhjen e shënuar me mA.



Për të matur fuqinë e rrymës elektrike, instrumenti lidhet në seri me degën në të cilën matet rryma.

## SHTOJCA 5: Spiralet

Spiralet (bobinat) janë komponentë pasivë që përdoren në qarqet me rrymë alternative (AC). Për tensionin e njëkahshëm (konstant) (DC), spiralet paraqesin lidhje të shkurtër. Karakteristikë e spiraleve (bobinave) është se ato e shndërrojnë energjinë elektrike në energji magnetike dhe anasjelltas.

Spiralja është një mbështjellës me një numër telash të lakuar bakri e izoluar me llak. Mund të mbështillet për një bërthamë të një materiali ferromagnetik ose të bëhet si një spirale ajrore vetë-mbështetëse (të vetë-qëndrueshme).



Madhësia që karakterizon spiralen është induktiviteti i saj. Njësia bazë matëse e induktivitetit është Henry [N]. Përdoren gjithashtu njësi më të vogla si mH dhe  $\mu\text{H}$ .

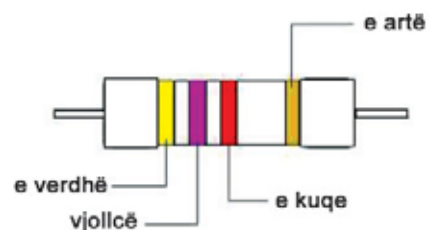
Përveç induktivitetit, parametra të tjerë të rëndësishëm që karakterizojnë një spirale janë: tensioni maksimal i lejuar që mund të aplikohet në skajet e spirales dhe rryma maksimale e lejueshme që mund të rrjedhë nëpër spirale pa shkaktuar dëmtimin e saj.

### Shënimi i spiraleve

Spiralet e prodhuara në fabrikë shënohen me ngjyra dhe mënyra e leximit të induktivitetit të spirales sipas ngjyrave është e njëjtë si te rezistorët.

Ngjyra	Numri	Shumëzuesi	Toleranca
E zezë	0	1	/
Kafe	1	10	1
E kuqe	2	100	2
Portokalli	3	1000	3
E verdhë	4	10000	4
Jeshile	5	100000	0,5
Blu	6	1000000	0,25
Vjollcë	7	10000000	0,1
E përhirtë	8	100000000	0,05
E bardhë	9	1000000000	/
E artë	/	0,1	5
E argjendtë	/	0,01	10

Shembull:



$$L = 47 \times 100 = 4700 \mu\text{H} = 4,7 \text{ mH} \pm 5\%$$

## Matja e induktivitetit

Induktiviteti i spirales matet me ndihmën e një multimetri që ka aftësinë për të matur induktivitetin ose me një instrument të veçantë të destinuar për matjen e induktivitetit. Figura tregon një multimetër digjital që ka aftësinë për të matur induktivitetin. Më poshtë është një shpjegim i matjes së induktivitetit duke përdorur këtë multimetër. Parimi i matjes me një instrument tjetër që ka aftësinë për të matur induktivitetin është i ngjashëm me atë të përshkruar.



Matja e induktivitetit kryhet duke vendosur çelësin në intervalin e matjes për matjen e induktivitetit në 'intervalin më të madh matës'.

Daljet (telat) e spirales vendosen në lidhjet përkatëse të spirales.

Më pas, zgjidhet një interval matës, në të cilin rezultati do të shfaqet me më shumë shifra.

Lexohet vlera e shfaqur në ekran.

Në varësi të pozicionit të ndërprerësit, përcaktohet nëse vlera e lexuar shprehet në H apo në mH.

Disa instrumente nuk kanë një lidhje të veçantë për spiralen, por matja bëhet me ndihmën e kabllave matëse. Në këtë rast, është shumë e përshtatshme nëse kabllot matëse përfundojnë me kapëse në të cilat lidhen telat e elementit në provë. Matja do të jetë më e saktë në rast se kabllot matëse janë më të shkurtra.



