



ELHUYAR
edizioak

Pablo Palacios Rodriguez

OINARRIZKO ZIRKUITU ELEKTROTEKNIKOAK

Lanbide Heziketa



OINARRIZKO ZIRKUITU ELEKTROTEKNIKOAK

Pablo Palacios Rodriguez



ELHUYAR
edizioak

Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerketa Sailak onetsia: 2002-05-12

Koordinazioa: Lurdes Ansa

Hizkuntz zuzenketak: Xabier Aranburu

Azalaren diseinua: Olatz Goenaga

Maketa: M. K. Urdangarin

© Edizio honena: ELHUYAR Fundazioa. Asteasuain 14. 20170 USURBIL (Gip.) (2003)
h.el.: elhuyar@elhuyar.com - <http://www.elhuyar.org>

© Pablo Palacios Rodriguez

Aurkibidea

1. ATOMOA

1.1. MATERIAREN EGITURA.....	8
1.2. ATOMOA	8
1.3. KONFIGURAZIO ELEKTRONIKOA	9
1.4. KARGA ELEKTRIKOA.....	10
1.5. ATOMO NEUTROA	10
1.6. ATOMO KARGATUA	11
1.7. COULOMBEN LEGEA	11
1.8. KARGA-UNITATEA.....	12
ARIKETAK	13

2. ELEKTRIZITATEA

2.1. ELEKTRIZITATEA.....	15
2.2. MATERIAL-MOTAK	16
2.2.1. Eroaleak	16
2.2.2. Isolatzaileak.....	17
2.2.3. Erdieroaleak	17
2.3. KORRONTE ELEKTRIKOA	17
2.4. KORRONTE ELEKTRIKOAREN NORANZKOA.....	17
2.5. KORRONTE ELEKTRIKOAREN INTENTSITATEA.....	17
ARIKETAK	19

3. ERRESISTENTZIAK

3.1. DEFINIZIOA.....	20
3.2. ERRESISTENTZIEN ELKARKETA	21
3.2.1. Serie-elkarketa	22
3.2.2. Paralelo-elkarketa	22

3.2.2.1. Bi erresistentzia daudenean.....	24
3.2.2.2. Erresistentzia guztiek balio berdina dutenean	24
3.2.3. Elkarketa mistoa	25
3.3. ERRESISTENTZIEN EZAUGARRI TEKNIKOAK.....	25
3.3.1. Erresistentzia izendatua.....	25
3.3.2. Potentzia izendatua	26
3.3.3. Perdoia.....	27
3.3.4. Tenperatura-koefizientea	27
ARIKETAK	28
PRAKTIKA: ERRESISTENTZIEN NEURKETA.....	30
PRAKTIKA: ERRESISTENTZIEN ELKARKETAK	31

4. ERRESISTENTZIA EZ-LINEALAK

4.1. DEFINIZIOA.....	32
4.1.1. Termorresistentziak.....	32
4.1.2. NTC erresistentziak	33
4.1.3. PTC erresistentziak	33
4.2. FOTORRESISTENTZIAK.....	34
4.3. VARISTOREAK	34

5. OHM-EN LEGEA

5.1. TENTSIOA EDO POTENZIAL-DIFERENTZIA	35
5.2. OHMEN LEGEA	36
5.3. SORGAILU ELEKTRIKOAK.....	37
5.4. OHMEN LEGE OROKORTUA	38
5.5. KIRCHOFF-EN LEGEAK	38
5.5.1. 1. legea edo korapiloen legea.....	38
5.5.2. 2. legea edo mailen legea.....	39
ARIKETAK.....	40
PRAKTIKA: OHMEN LEGEA.....	43

6. POLIMETROA

6.1. DEFINIZIOA.....	46
6.2. TENSIOAREN NEURKETA	48
6.3. INTENSITATEAREN NEURKETA	48
6.4. ERRESISTENTZIAREN NEURKETA	49
6.5. KAPAZITATEAREN NEURKETA	49
6.6. JARRAITASUNAREN NEURKETA.....	50
6.7. DIODOEN NEURKETA	50
6.8. TRANSISTOREEN NEURKETA	50

7. KORRONTE ELEKTRIKOAREN LANA

7.1. ENERGIA.....	51
7.2. LANA	51
7.3. POTENTZIA.....	52
7.4. ENERGIA ELEKTRIKOA	53
7.5. ERRENDIMENDUA	53
7.6. JOULE-REN LEGEA.....	54
ARIKETAK	55

8. KONDENTSADOREAK

8.1. DEFINIZIOA.....	57
8.2. KONDENTSADORE BATEN KAPAZITATEA.....	58
8.3. KAPAZITATE-UNITATEA.....	58
8.4. KONDENTSADOREA, KORRONTE ZUZENEAN	59
8.5. KONDENTSADOREA, KORRONTE ALTERNOAN.....	60
8.6. KONDENTSADOREEN ELKARKETA-MOTAK	61
8.6.1. Paralelo-elkarketa	61
8.6.2. Serie-elkarketa	62
8.7. KONDENTSADOREEN NEURKETA.....	63
8.8. KONDENTSADORE-MOTAK	64
8.8.1. Kondentsadore finkoak.....	65
8.8.1.1. Paperezko kondentsadoreak.....	65
8.8.1.2. Kondentsadore zeramikoak.....	65
8.8.1.3. Plastikozko kondentsadoreak.....	65
8.8.1.4. Kondentsadore elektrolitikoak	65
8.8.2. Kondentsadore aldakorak	65
ARIKETAK	67
PRAKTIKA: KONDENTSADOREAREN KARGA ETA DESKARGA.....	68

9. MAGNETISMOA ETA ELEKTROMAGNETISMOA

9.1. IMANAK.....	69
9.2. POLO MAGNETIKOAK.....	69
9.3. POLOEN ERAKARPENA ETA ALDARAPENA.....	70
9.4. EREMU MAGNETIKOA	71
9.5. INDAR-LERROAK.....	71
9.6. IRAGAZKORTASUN MAGNETIKOA	72
9.7. ELEKTROMAGNETISMOA	73
9.8. INDUKZIO MAGNETIKOA	73
9.9. SOLENOIDEAK EDO HARILAK SORTZEN DUEN EREMU MAGNETIKOA	74
9.10. ELEKTROIMANA	74
9.11. ERRELEAK	75

10. ERDIEROALEAK

10.1. DEFINIZIOA.....	76
10.2. ERDIEROALE INTRINTSEKOAK.....	76
10.3. ERDIEROALE ESTRINTSEKOAK	78
10.3.1. N motako erdieroaleak	78
10.3.2. P motako erdieroaleak	79
10.4. PN JUNTURA.....	79
10.4.1. PN juntura zuzenki polarizatua	80
10.4.2. PN juntura alderantziz polarizatua.....	80
10.5. DIODO ERDIEROALEAK	80
10.5.1. Diodoaren ezaugarri-kurba.....	81
10.6. ZENER DIODOAK.....	82
10.7. LED DIODOAK.....	82
10.7.1. Bi koloreko LED diodoak	84
10.7.2. Hiru koloreko LED diodoak	84
PRAKTIKA: DIODOAK FROGATZEA	85
PRAKTIKA: UHIN-ERDIKO ARTEZGAILUA	86
PRAKTIKA: UHIN OSOKO ARTEZGAILUA	87
PRAKTIKA: UHIN OSOKO ARTEZGAILUA, KONDENTSADORE-IRAGAZKIAREKIN	88
PRAKTIKA: UHIN OSOKO ARTEZGAILUA KONDENTSADORE-IRAGAZKIAREKIN ETA ZENER DIODOAREKIN	89

11. OSAGAI ELEKTRONIKOAK

11.1. TRANSISTORE BIPOLARRA.....	90
11.2. DARLINGTON ANPLIFIKADOREA.....	92
11.3. TIRISTOREA	93
PRAKTIKA: TRANSISTORE BIPOLARRAK FROGATZEA.....	95
PRAKTIKA: TENTSIO-ZATITZAILEA	96

ERANSKINAK

1. SI SISTEMAKO UNITATEETAN ERABILITAKO AURRIZKIAK	99
2. SI SISTEMAKO UNITATEAK	100
3. ZIRKUITUETAN ERABILTZEN DIREN IKURRAK DIN 40700 ... 40719 ARAUEN LABURPENA.....	102

BIBLIOGRAFIA

Atomoa

1

1.1. MATERIAREN EGITURA

Elektrizitatea eta elektronika ulertzeko gorputzen egitura ezagutu behar da; hau da, gorputz bakun guztiak hainbat partikula txiki osatzen dituztela kontuan hartu behar da. Aipatutako partikula txiki horiei 'atomo' deitzen zaie. Atomoak mugitu egiten dira gorputzean zehar: higidura txiki horiek sorrarazten dituzte fenomeno elektrikoak eta elektronikoak.

Gorputz batzuen eta besteen ezaugarriak desberdinak dira, haiek osatzen dituzten atomoak ere desberdinak direlako eta, era berean, atomo bakoitzak ezaugarri bereziak dituelako.

1.2. ATOMOA

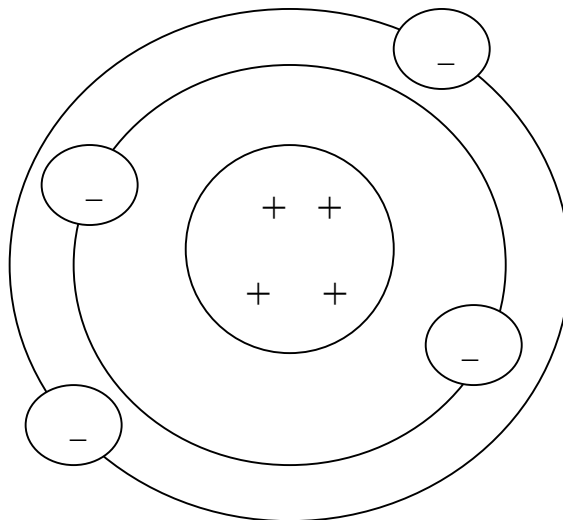
Elementu baten ezaugarriak mantentzen dituen partikularik txikiena da atomoa.

Atomoa, oro har, gure sistema planetarioaren antza duen sistema batek osatzen du, baina eskala txiki-txikian. Erdian, Eguzkia balitz bezala, partikula batzuk daude, 'protoi' izenekoak; inguruan, jira-biraka, beste partikula desberdin batzuk ibiltzen dira: 'elektroiak'. Orbita ia-ia eliptikoetan eta zentrotik distantzia aldakorretan mugitzen dira.

'Nukleoa' deitzen zaio erdiko guneari: hor elkartzen dira protoiak eta beste partikula batzuk, 'neutroi' izenekoak.

Honela bereizten dira partikula batzuk besteetatik: (+) ikurraz irudikatzen dira protoiak; elektroiak, berriz, (-) ikurraz.

Atomo guztiek protoi- eta elektroikopuru berdina dute.



1.3. KONFIGURAZIO ELEKTRONIKOA

Orbita bakoitzak elektroikopuru desberdina izaten du, zentroarekiko distantziaren arabera. Guztira 7 orbita daude.

Adibidez:

1. orbita (K izeneko, zentrotik hurbilen dagoena), gehienez 2 elektroikopuru.
2. orbita (L izeneko), gehienez 8 elektroikopuru.
3. orbita (M izeneko), gehienez 18 elektroikopuru.
4. orbita (N izeneko), gehienez 32 elektroikopuru.

Beraz, edozein orbitatan izan daitekeen elektroikopuru maximoa $2n^2$ formularen bidez lortzen da, 'n' izaki orbitaren zenbakia. Orbita bakoitzean orbital desberdinetan banaturik egoten dira elektroikopuruak. S, p, d eta f izeneko orbitalak daude. Bakoitzak 2 elektroikopuru izan ditzake, gehienez.

Irudian ageri den bezala betetzen dira orbitalak:

1. orbita: 1s
2. orbita: 2s 2p
3. orbita: 3s 3p 3d
4. orbita: 4s 4p 4d 4f
5. orbita: 5s 5p 5d 5f
6. orbita: 6s 6p 6d
7. orbita: 7s

Beste era batera esanda:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d.

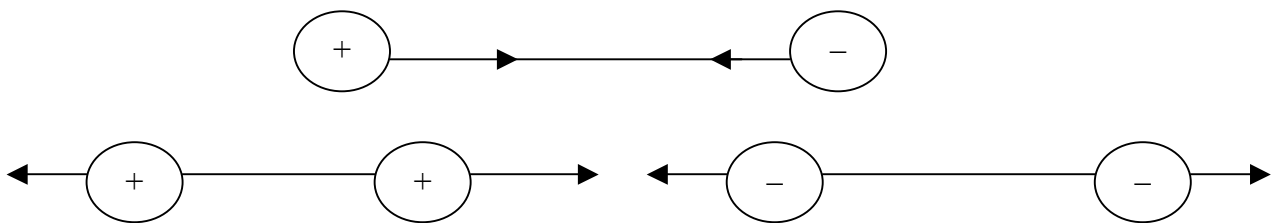
1.4. KARGA ELEKTRIKOA

Elektroi eta protoi bat aurrez aurre jartzerik bagenu, elkarri azkar hurbiltzen zaizkiola ikusiko genuke. Horrek esan nahi du bi partikula horien artean erakarpen-indar ikusezina dagoela.

Erakarpen-indar horrek azaltzen du zergatik elektroiak ez diren orbitatik ateratzen zentroaren inguruan abiadura handian jira-biraka dabiltzala. Arrazoa hau da: nukleoan dauden protoiek elektroiak erakartzeko indarra eragiten dute eta indar horrek ezeztatu egiten du elektroien mugimenduak orbitatik ateratzeko sortzen duena.

Aitzitik, bi protoi (edo bi elektroi) aurrez aurre jarritz gero aldaratu egiten dira.

Laburbilduz, elektroi eta protoi baten artean erakarpen-indarra dago; bi elektroi edo bi protoiren artean, ordea, aldarapen-indarra. Bi indarrok ikusezin eta adieraztezinak dira.



Protoi baten inguruan elektroi bat ipiniz gero erakarpen-indarra agertzen da; baina protoi bi elkarren ondoan ipiniz gero, aldarapen-indarra. Batak zein besteak ezaugarri berezi bat dutelako gertatzen da hori: 'karga elektrikoa' deitzen zaio. Aipatutako ezaugarri berezi hori desberdina dute protoiek eta elektroiek; beraz, deitura ezberdina du batarenak ala bestearenak: 'positiboa' protoiarena bada, 'negatiboa' elektroienarena bada.

Negatibo eta positibo izenak guztiz arbitrarioak dira.

Ikur berdineko kargak aldaratu egiten dira; ikur desberdineko kargak, ordea, erakarri.

1.5. ATOMO NEUTROA

Elektroi- eta protoi-kopuru berdina izaten dute, normalean, atomoek.

Atomoaren egoera neutroa dela esaten da horrelakoetan. Atomo neutroak ez du gaitasunik bere inguruko elektroirik zein protoirik ez erakartzeko, ez aldaratzeko. Demagun elektroia bat atomo neutro baten ondoan jartzen dugula. Elektroia atomoaren protoiak erakartzen saiatuko da, eta, era berean, haren elektroiak aldaratzen. Atomoaren elektroikopurua eta protoikopurua berdina direnez, erakarpen- eta aldarapen-indarrak orekan eta nulu geratzen dira.

Egoera neutroan dagoen atomoak (elektroi-kopuru eta protoi-kopuru berdina duenak) ez du ez erakartzen ez aldaratzen. Horrelakoetan esaten da atomoaren karga guztia (hau da, protoien karga positiboa eta elektroien karga negatiboen batura) 'zero' edo 'nulu' dela.



1.6. ATOMO KARGATUA

Hauek dira atomoa kargatzeko erak:

- Atomo neutro bati zenbait elektroik kentzen bazaizkio, gai da bere inguruan dabilen elektroiren bat erakartzeko, protoi gehiegi duelako. Hona horren zergatia: handiagoa da protoi horiek elektroietan egiten duten erakarpen-indarra inguruan jarritako elektroien arteko aldarapen-indarra baino.
- Atomoa kargatzeko beste modu bat hau da: azken orbitako elektroiek –‘balentzia-elektroi’ deitzen zaie– atomotik ihes egitea. Nukleotik oso urrun egoten direnez, oso erraz egin ahal dute ihes.

Aipatu egoeran dauden atomoek karga positiboa izaten dute. Zenbat eta handiagoa izan protoi- eta elektroikopuruen arteko diferentzia, orduan eta handiagoa izaten da karga.

Bestalde, gerta daiteke azken orbitara elektroik askeak joatea. Horrelakoetan, elektroikopuru handiagoa izaten du protoikopurua baino; beraz, karga negatiboa dute.

Azaldu ditugun egoera horietan atomoak kargatuta daude; beraz, ez dira atomo neutroak: ‘ioi’ deitzen zaie. Positiboki kargatuta badaude, ‘anioiak’ dira; negatiboki kargatuta badaude, ‘katioiak’.

Atomoari elektroikopuru bat kentzen bazaio positiboki kargatuta geratzen da, protoikopuru handiegia baitu.

Atomoari elektroikopuru bat gehitzen bazaio negatiboki kargatuta geratzen da, elektroikopuru handiegia baitu.

Gorputz baten karga elektrikoa neurtzeko, lehenbizi elektroik ala protoi gehiago duen begiratu behar da; ondoren, kopuruen arteko diferentzia neurtu.

1.7. COULOMB-EN LEGEA

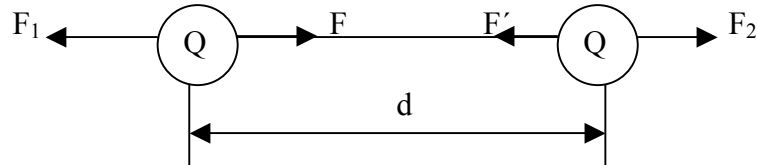
Coulomben legearen definizioa:

Kargatutako bi gorputzen arteko elkarrekintza elektrostatikoa kargen biderkadurarekiko zuzenki proportzionala da eta distantziaren koadroarekiko alderantziz proportzionala.

Coulomben legearen adierazpen matematikoa hau da:

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

F = erakarpen- edo aldarapen-indarra [N]
 K = konstantea [$9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$]
 Q_1, Q_2 = karga elektrikoak [C]
 d = kargen arteko distantzia [m]



Karga biak zeinu berekoak badira, aldarapen-indarra izaten da; karga biak aurkako zeinukoak badira, erakarpen-indarra.

1.8. KARGA-UNITATEA

Gorputz baten karga gehiegizko edo gutxienezko protoi- edo elektroi-kopurua da.

Kargarik txikiena elektroiarena izaki, hori karga-unitatetzat har daiteke. Gorputz baten karga horrela neurtuta oso kopuru handia izango litzateke, ordea, hots, zenbaki oso handia erabili beharko genuke, bilioiaren ingurukoa. Sortuko lituzkeen arazoak saihesteko, karga-unitatetzat coulomba (C) erabiltzen da.

$$1 \text{ coulomb (C)} = 6,23 \cdot 10^{18} \text{ elektroi}$$

Coulombaren definizioa: "Hutsean beste karga berdinekin batetik metro batera ipinita, elkarren artean $8,974 \cdot 10^9 \text{ N}$ -eko aldaratze-indarra sortzen duena".



Ariketak

1. Idatz ezazu ondoko atomoen konfigurazio elektronikoa: kobrea, Cu ($Z = 29$); silizioa, Si ($Z = 14$); germanioa, Ge ($Z = 32$); zilarra, Ag ($Z = 47$).
2. Zer indar eragingo diote elkarri bi karga elektrikok kontrako zeinukoak badira, bata $2\text{ }\mu\text{C}$ -ekoa eta bestea $1\text{ }\mu\text{C}$ -ekoa, eta bata bestetik 3 cm -ko distantziara badaude? Nolakoa izango da erakarpen- ala alderapen-indarra?
3. Hutsean 1 m -ra dauden bi karga berdinek 1 N -eko indarrez erakartzen dute elkar. Zenbat balio dute bi karga horiek?
4. Hidrogenoaren atomoan nukleoak $-$ hots, protoiek $-$ eta elektroiek kontrako zeinuak eta balio absolutu berdinak dituzte ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$) $5 \cdot 10^{-11}\text{ m}$ -ra badaude, zer indar eragingo diote elkarri?
5. Hutsean $2\text{ }\mu\text{C}$ -eko bi kargak 10^{-2} N -eko indarrez erakartzen dute elkar. Zein distantziatara daude?
6. Kontrako zeinuko bi kargak hutsean eta 3 dm -ko distantziara 10^{-2} N -eko indarrez erakartzen dute elkar. Zein izango da bi karga horien balioa?
7. Zein distantziatara egongo dira $2\text{ }\mu\text{C}$ -eko eta $3\text{ }\mu\text{C}$ -eko bi karga elektriko, 1 N -eko indarrez erakartzen badute elkar?
8. Bi karga elektrikok ' F ' indarrez erakartzen dute elkar. Bien arteko distantzia bikoizten badugu, zer indar jasango dute, lehen geneukanarekin alderatuta?
9. Hiru karga $-$ bakoitza $3\text{ }\mu\text{C}$ -ekoa $-$ triangelu zuzen baten hiru erpinetan ezartzen dira. Triangelu horren katetoak 6 eta 8 cm -koak dira. Zer indar jasango du angelu zuzenean ezarrita dagoen kargak?
10. Demagun aurreko ariketako kargak 10 cm -ko aldeak dituen triangelu aldekidearen hiru erpinetan ezartzen direla. Zer indar eragingo diote elkarri?
11. Hiru karga $-2\text{ }\mu\text{C}$ -ekoa bakoitza $-$ triangelu zuzen isoszele baten hiru erpinetan ezartzen dira. Angelu zuzenaren erpinean ezarritako kargak $5,66 \cdot 10^3\text{ N}$ -eko indarra jasotzen du. Zenbat luze dira triangeluaren katetoak?
12. Hiru karga berdin ' L ' cm -ko aldeak dituen triangelu aldekidearen hiru erpinetan ezarri dira. Kalkula ezazu karga bakoitzak jasango duen indarra.
13. Hiru karga $-+q_1, -q_2$ eta $+q_3-$ irudian ikusten den bezala ezartzen dira zuzen batean. Haien arteko distantzia berdina bada eta q_1 eta q_2 kargak berdinak badira, zein baliotakoa izan behar du q_3 kargak q_1 -ek jasaten duen indarra nulua izan dadin?

$$\begin{array}{ccc} +q_1 & -q_2 & +q_3 \\ \hline \end{array}$$

14. Kalkula ezazu ' L ' cm -ko aldeak dituen laukiaren erdian ezarritako kargak jasango duen indarra, lau erpinetan balio-erdiko kargak jartzen badira. Erpin batean ezarritako karga kentzen bada, zer indar jasango du?



15. 'a' cm-ko aldeak dituen laukiaren lau erpinetan q_1 , q_2 , q_3 eta q_4 karga elektrikoak ezartzen dira. Kalkula ezazu laukiaren erdian ezarritako q karga batek jasango duen indarra:

- a) Lau kargak berdinak badira.
- b) Hiru karga zeinu berekoak eta laugarrena kontrakoa badira.
- c) $q_1 = 2q_2 = 3q_3 = 4q_4$

Elektrizitatea

2

2.1. ELEKTRIZITATEA

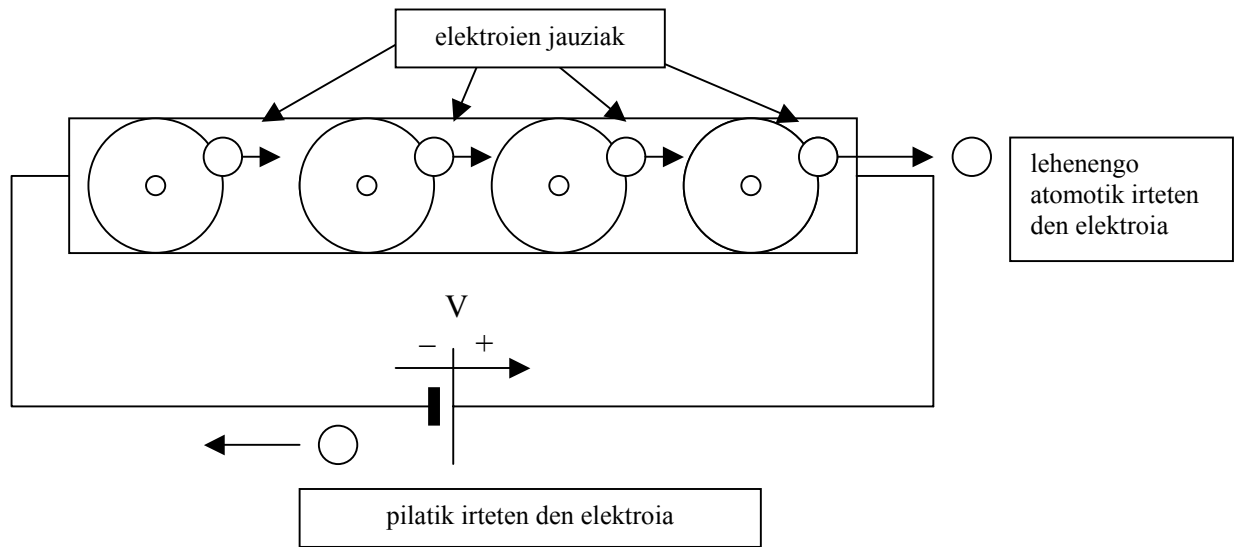
Kobreak eta antzeko materialek atomo-kopuru handia izaten dute. Atomo bakoitzak protoiak eta elektroiak ditu. Dakizuenez, nukleoan protoiak eta neutroiak egoten dira; orbita desberdinetan nukleoaren inguruan jira-biraka, berriz, elektroiak.

Elektroiren batzuk atomoz atomo tokiz aldatzen badira, 'korrante elektrikoa' sortzen da gorputz horretan.

Kobrezko hari batetik korrante elektrikoa igarotzen da mutur batetik beste muturreraino, barnetik, elektroien higidura dagoenean.

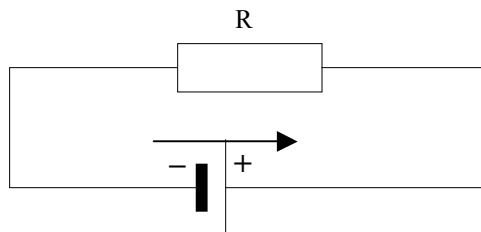
Elektroien higidura nola gauzatzen den ulertzeko, demagun metalezko hari bat daukagula, atomo-kopuru handi batez osatua eta azken orbitan –'balentzia-geruza' izenekoan– elektroi bakarra duena. Egoera horretan dagoen hariaren mutur bati karga positibo handia ezartzen zaio; besteari, berriz, karga negatibo handia, pila baten 'borneak' edo poloak ematen duena bezalakoa.

Honako hau gertatzen da horrelakoetan: pilaren polo positiboaren erakarpen-indar handiak lehenengo atomotik balentzia-elektroia eramaten du; horrela, lehenengo atomo hori positiboki kargatuta geratzen da. Beraz, bigarren atomotik balentzia-elektroia eramaten du. Bigarren hori ere positiboki kargatuta geratzen denez, hirugarren atomotik balentzia-elektroia eramaten du. Prozesu hori behin eta berriz errepikatzen da, harik eta azken atomoa balentzia-elektroirik gabe geratu arte. Orduan, egoera horretan dagoen atomoak pilaren polo negatibotik elektroi bat erakartzen du. Demagun polo negatibotik erakarritako azken elektroi hori dela hasieran polo positibotik sartu dena: pila elektroirik gabe geratu zaigu, egoera neutroan, prozesuaren hasieran bezalaxe.



Elektroiek atomoz atomo egiten dituzten jauzi horiei 'elektrizitate' deitzen zaie. Prozesuaren amaieran atomo guztiak hasieran bezala geratzen dira, hots, elektroikopuru berdina dutela. Izan ere, atomoen arteko elektroikopuru trukea besterik ez da gertatu.

Elementuok ikurren bidez irudikatuko ditugu, eskema elektrikoetan adierazita. Esate baterako, orain arte azaldu dugun erresistentzia eta pilaren arteko lotura honela irudikatuko dugu:



2.2. MATERIAL-MOTAK

Kobrean oso erraza da balentzia-geruzako elektroiak atomoz atomo higiaraztea. Beste gorputz batzuetan, ordea, oso zaila da.

Horrenbestez, hiru material-mota ditugu:

2.2.1. EROALEAK

Elektroiei erraz pasatzen uzten dietenak, elektroien higidurari erresistentzia txikia egiten dietelako; beraz, korrante elektrikoa eroateko gai direnak. Metal guztiak eroaleak dira; besteak beste, kobrea eta burdina.



Elektroiei pasatzen uzten ez dietenak, erresistentzia handia jartzen dietelako; beraz, korrante elektrikoa eroateko gai ez direnak. Adibidez: anbarra, beira, papera...

Aurreko bien arteko ezaugarriak dituztenak. Elektronikan erabiltzen dira, batez ere. Silizioa eta germanioa dira erabilienak.

Izatez, korrante elektrikoa elektroien higidura besterik ez da. Bi punturen arteko eroale baten bidezko karga-desplazamenduari esaten zaio korrante elektrikoa.

Konbenioz, korrante elektrikoa polo positibotik polo negatibora joaten dela hartzen bada ere, benetan alderantziz gertatzen da. Benetako noranzkoa eroalean zehar desplazatzean elektroiek dutena da. Dena dela, oraindik ere noranzko konbentzionala erabiltzen dugu.



Baina haritik pasatzen den elektroikopurua oso handia denez, erabiltzen den karga-unitatea coulomb-a da ($1 \text{ C} = 6,18 \cdot 10^{18}$ elektroik).

Korrente elektrikoaren intentsitatea neurtzeko, honela egin behar da: hariaren puntu bat aukeratu eta hortik zenbat elektroik iragaiten den neurtu.

Korrente elektrikoaren intentsitatea: denbora-unitate batean eroaletik iragaiten den karga elektrikoaren kopurua.

Matematikoki:

$$I = \frac{Q}{t}$$

I = korrente elektrikoaren intentsitatea [A]

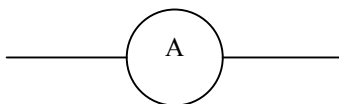
Q = karga elektrikoa [C]

t = denbora [s]

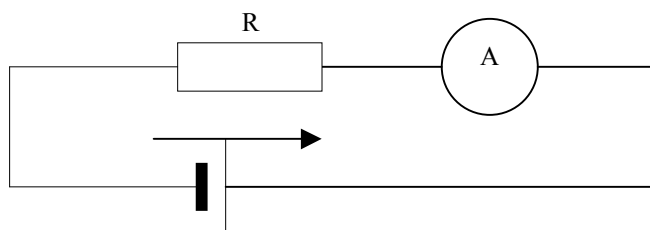
Korrente elektrikoaren intentsitate-unitatea amperea (A) da.

Korrente elektrikoak 1 ampereko intentsitatea du eroalearen sekzio batetik segundo bakoitzeko 1 coulomb igarotzen denean.

Korrente elektrikoaren intentsitatea neurtzeko 'amperemetroa' izeneko aparatua erabiltzen da, seriean konektatu beharrekoa. Amperemetroaren ikurra honako hau da:



Honela konektatu behar da zirkuitu batean:



Ariketak

1. Auto baten bateriak 0,32 MC dauka eta 1,2 ordutan deskargatzen da. Kalkula ezazu kanpoko zirkuitutik pasatzen den korrante elektrikoaren intentsitatea.
2. Lur-gainazalaren karga -1MC ingurukoa da. Bateria batek karga hori balu, zer intentsitate eman ahalko luke?
3. Moto baten bateriari 10 Ah-ko karga geratzen zaio. Abioa egun hotz batean 40 s-koa da eta abio-motoreak 20 A kontsumitzen ditu. Zenbat aldiz jarriko da martxan motorra karga horrekin?
4. Eroale batetik 0,5 mA-ko intentsitatea ari da zirkulatzen. Zenbat denbora behar da eroalearen sekzio batean zehar 1 C-eko karga pasa dadin?
5. Eroale batetik 6 mA-ko intentsitatea ari da zirkulatzen. Zenbat karga elektriko pasatzen dira minuturo eroalearen sekzio batetik?



Erresistentziak 3

3.1. DEFINIZIOA

Eroale batek elektroien higidurari, hau da, korrante elektrikoari egiten dion eragozpena da gorputz baten erresistentzia.

Adibide bat jartzearren, eroale elektrikoak ur-tutuerien antzekoak dira. Noski, ur-tutueria zabaletik errazago pasatzen da ura tutu estutik baino; halaber, errazago pasatzen tutu laburretik luzetik baino. Horretaz gain, tutueriaren barruko partea laua bada, pasatzeko eragozpen gutxiago izango du urak zimurtsua bada baino.

Era berean, zenbat eta lodiagoa eta laburragoa izan eroale elektrikoa orduan eta erresistentzia txikiagoa egingo dio korrante elektrikoari. Bestalde, eroalearen material-motak ere badu eragina erresistentzian, tutueriaren zimurtasunarekin gertatzen den bezalaxe.

Honela adierazten da matematikoki hori guztia:

$$R = \rho \frac{L}{s}$$

R = erresistentzia elektrikoa [Ω]

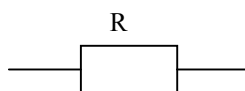
ρ = eroalearen erresistibitatea [$\Omega \cdot m$]

L = eroalearen luzera [m]

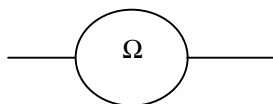
s = eroalearen sekzioa [m²]

Erresistibitatea 20 °C-tan	
Materiala	ρ ($\Omega \cdot m$)
Zilarra	$1,59 \cdot 10^{-8}$
Kobrea	$1,72 \cdot 10^{-8}$
Aluminioa	$2,82 \cdot 10^{-8}$
Wolframioa	$5,51 \cdot 10^{-8}$

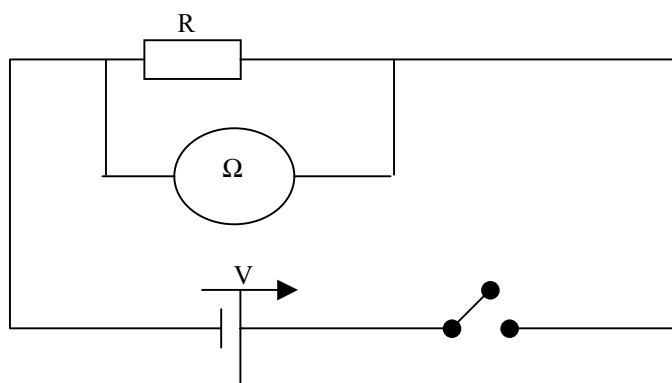
Erresistentziaren ikurra honako hau da:



Erresistentziak neurtzeko aparatuari 'ohmetroa' deitzen zaio. Hauxe du ikurra:



Ohmetroa erresistentziarekin paraleloan konektatzen da, betiere neurtu nahi den erresistentzia tentsiorik gabe dagoela.



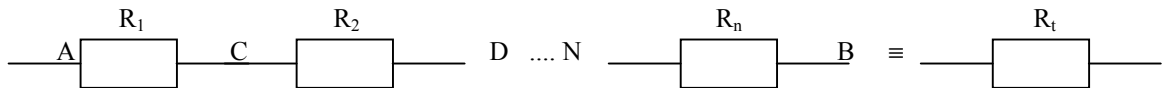
3.2. ERRESISTENTZIEN ELKARKETA

Bi erresistentzia edo gehiago erabiltzen dira askotan bakar batek izango lukeen efektua lortzeko, batzuetan hala behar delako eta beste batzuetan behar den erresistentzia eskura ez dagoelako. Erresistentzia bakar horren balioari 'erresistentzia baliokidea' deitzen zaio.

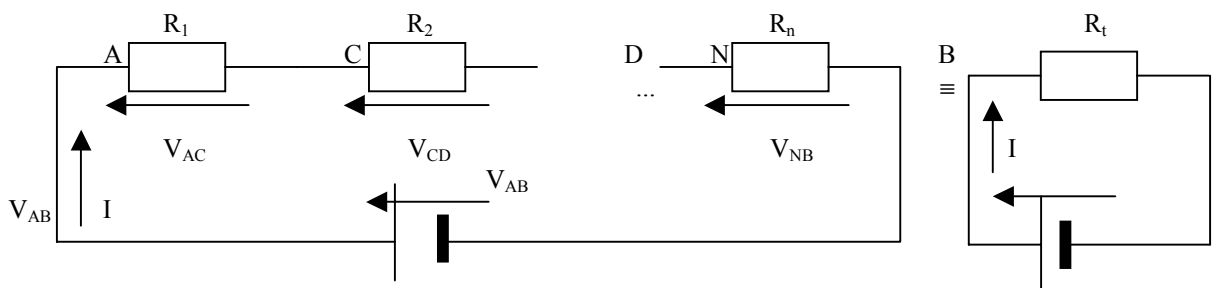
Erresistentziak hiru eratarik elkar daitezke zirkuitu batean. Hala ere, kasu guztietan kalkula daiteke erresistentzia baliokidea.

3.2.1. SERIE-ELKARKETA

Honela konektatzen dira erresistentziak serie-elkarketan: lehenik eta behin, erresistentziaren muturra hurrengo erresistentziaren muturrekin lotuz. Horrela jarraitu behar da erresistentzia guztiekin, irudiak adierazten duen bezala:



Serie-elkarketan korrontearen intentsitate bera igarotzen da erresistentzia guztietatik. Potentzial-diferentziaren balioa, ostera, erresistentzia bakoitzaren balioaren arabera izaten da. Izan ere, guztizko potentzial-diferentzia erresistentzia guztien potentzial-diferentzien batura da.



$$V_{AC} = R_1 \cdot I$$

$$V_{CD} = R_2 \cdot I$$

...

$$V_{NB} = R_n \cdot I$$

$$V_{AB} = V_{AC} + V_{CD} + \dots + V_{NB} = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + \dots + R_n \cdot I = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \cdot I$$

Zirkuitu baliokidean:

$$V_{AB} = R_T \cdot I$$

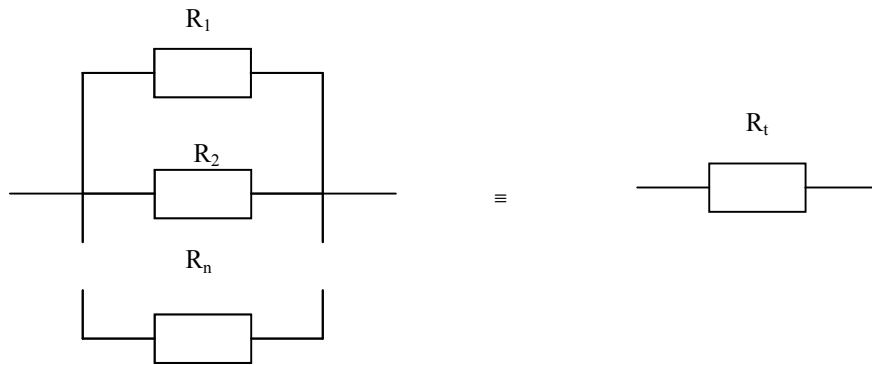
Beraz, erresistentzia baliokidea erresistentzia guztien batura da.

$$R_T = \sum_{i=1}^n R_i$$

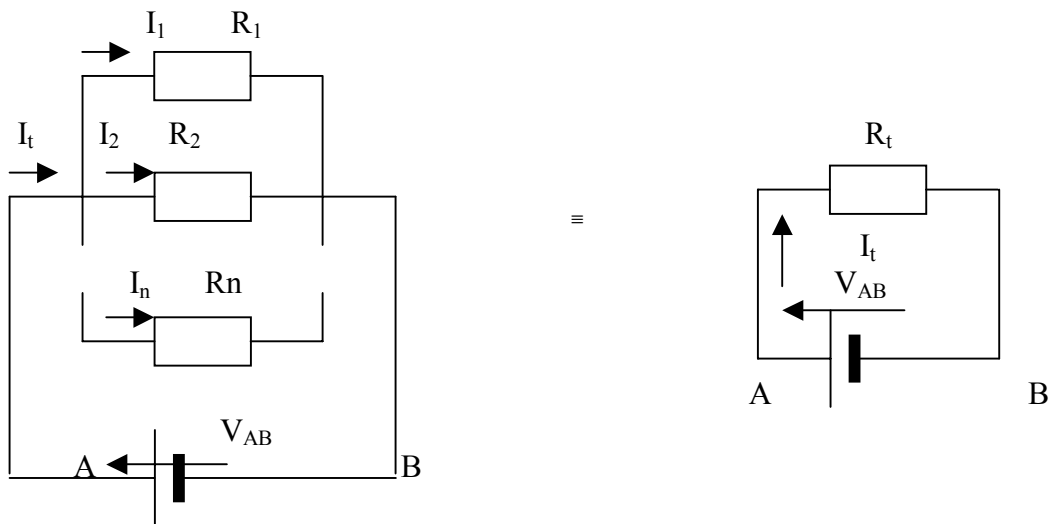
3.2.2. PARALELO-ELKARKETA

Paralelo-elkarketan, honela elkartu behar dira erresistentziak: lehenik eta behin, erresistentzia guztien alde bereko muturrak lotuz puntu batean; ondoren, beste aldeko mutur guztiak beste puntu batean.





Erresistentzia guztien muturren arteko potentzial-diferentzia berdina da; erresistentzia bakoitzetik igarotzen den intentsitatea, ordea, erresistentziaren balioaren araberakoa izaten da, guztizko intentsitatea erresistentzia guztietatik banatzen baita.



$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2}$$

$$I_n = \frac{V_{AB}}{R_n}$$

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots + I_n = \frac{V_{AB}}{R_1} + \frac{V_{AB}}{R_2} + \dots + \frac{V_{AB}}{R_n} = V_{AB} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)$$

Zirkuitu baliokidean:

$$I = \frac{V_{AB}}{R}$$

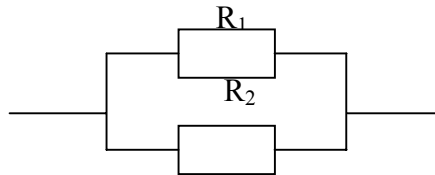


Beraz, erresistentzia baliokidearen alderantzizkoa erresistentzia guztien alderantzizkoen batura da.

$$\boxed{\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \Rightarrow \boxed{R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}}$$

Paralelo-elkarketan honako kasu bereziak daude:

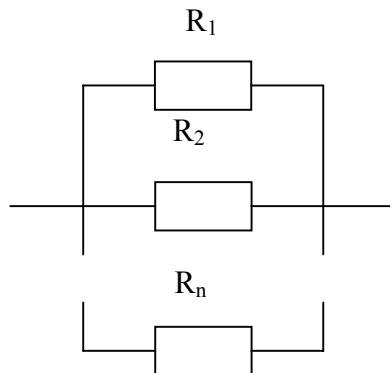
3.2.2.1. BI ERRESISTENTZIA DAUDENEAN



Erresistentzia baliokidea erresistentzien biderkadura zati erresistentzien batura da.

$$\boxed{R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

3.2.2.2. ERRESISTENTZIA GUZTIEK BALIO BERDINA DUTENEAN



$$R = R_1 = R_2 \dots = R_n$$

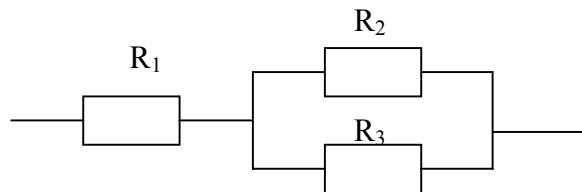
Erresistentzia baliokidea erresistentzia baten balioa zati erresistentzia-kopurua da.

$$\boxed{R_t = \frac{R}{n}}$$



3.2.3. ELKARKETA MISTOA

Serie- eta paralelo-elkarketa aldi berean konbinatzen dira elkarketa mistoan.



Erresistentzia baliokidea kalkulatzeko:

- Lehenbizi, serie- eta paralelo-elkarketaren erresistentzia baliokideak kalkulatu behar dira.
- Ondoren, geratzen den elkarketaren erresistentzia baliokidea kalkulatu behar da.

3.3. ERRESISTENTZIEN EZAUGARRI TEKNIKOAK

3.3.1. ERRESISTENTZIA IZENDATUA

Fabrikazio-prozesua bukatzen denean erresistentziak izan behar duen balio teorikoa da 'erresistentzia izendatua'.

Erresistentzia elektroniko baten balioa jakiteko kolore-kodea erabiltzen da (erresistentziaren gainazalean dauden kolorezko eraztunak, hain zuzen).

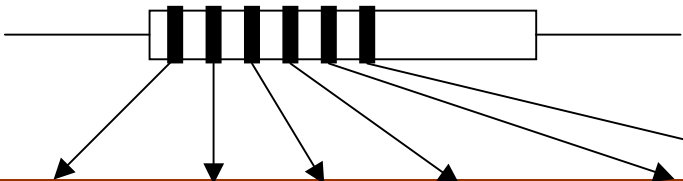
Balioa kalkulatzeko kontuan hartu behar da zenbat eraztun duen erresistentziak:

4 eraztunekoak: lehenengo biak dira zifra esanguratsuak; hirugarrena, gehitu beharreko zero-kopurua edo biderkatzailea; laugarrena, perdoia.

5 eraztunekoak: lehenengo hirurak dira zifra esanguratsuak; laugarrena, gehitu beharreko zero-kopurua edo biderkatzailea; bosgarrena, perdoia.

6 eraztunekoak: lehenengo hirurak dira zifra esanguratsuak; laugarrena, gehitu beharreko zero-kopurua edo biderkatzailea; bosgarrena, perdoia; seigarrena, tenperatura-koefizientea.

Lehenengo eraztuna zein den jakiteko, muturretik hurbilen zein dagoen begiratu behar da.



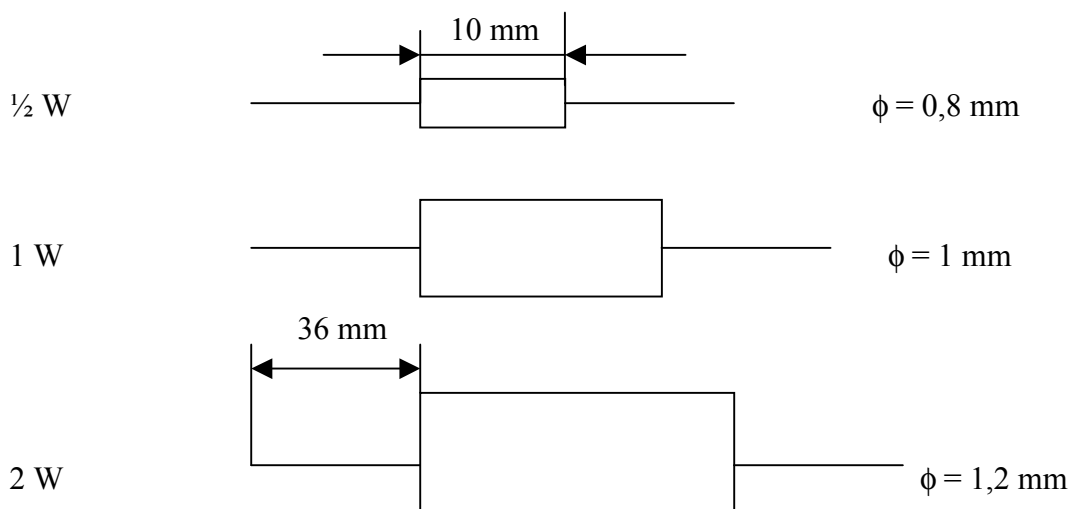
Kolorea	1. zifra	2. zifra	3. zifra	biderkatzailea	perdoia	Tenperatura-koefizientea
Beltza	0	0	0	$\times 1$	—	—
Marroia	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm \% 1$	100
Gorria	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm \% 2$	50
Laranja	3	3	3	$\times 10^3$	$\pm \% 3$	15
Horia	4	4	4	$\times 10^4$	$\pm \% 4$	25
Berdea	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm \% 0,5$	
Urdina	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm \% 0,25$	10
Morea	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm \% 0,1$	5
Grisa	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm \% 0,05$	
Zuria	9	9	9	$\times 10^9$		1
Urrea	—	—	—	$\times 10^{-1}$	$\pm \% 5$	
Zilarra	—	—	—	$\times 10^{-2}$	$\pm \% 10$	
Koloregabea	—	—	—	—	$\pm \% 20$	

3.3.2. POTENTZIA IZENDATUA

Erabiltzen ari garen tenperatura izendatuan erresistentziak jarraian xahutzen duen potentziari deitzen zaio 'potentzia izendatua'. Watt-etan neurtzen da.

Erresistentziaren zenbatekoa xahutzen duen potentziarekin estu lotuta dago. Izan ere, jasan ahal duten potentzia gaitzen badute erresistentziek, erre egiten dira. Erresistentziaren tamaina eta xahutzen duen bero-kopurua zuzenki proportzionalak dira.

Erresistentziaren tamainak hauek dira:



3.3.3. PERDOIA

Goiko eta beheko desbideratzeen arteko kendura da.

3.3.4. TENPERATURA-KOEFIZIENTEA

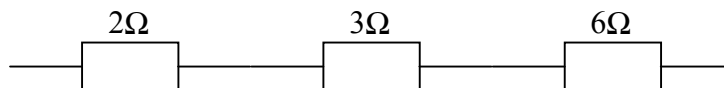
Erresistentziak jasaten duen temperatura aldatzen bada, haren balioa zenbat aldatuko den adierazten digu temperatura-koefizienteak.

Parametro hori (α) ppm/°C-tan (milioiko parteak graduko) neurtzen da.

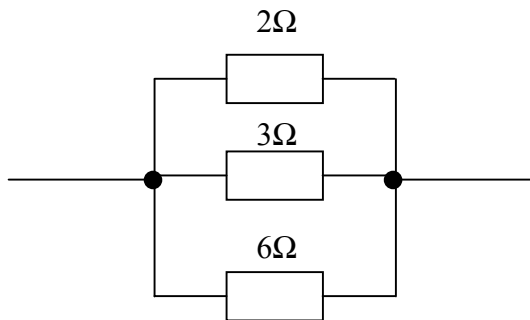


Ariketak

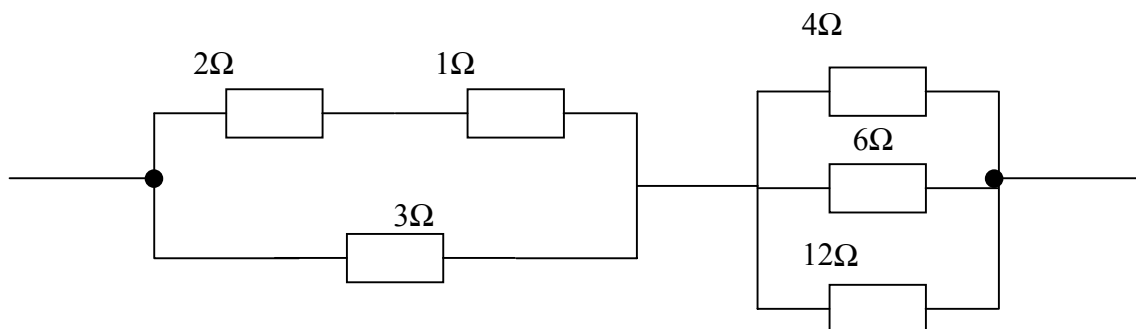
1. Aluminiozko hari eroale baten luzera 1 km-koa da eta diametroa 1 mm-koa. Kalkula ezazu eroalearen erresistentzia ($\rho = 2,82 \cdot 10^{-8}$)
2. Kobrezko hari batek 0,5 mm-ko diametroa dauka. Zein luzera izan behar du hariak 1 Ω -eko erresistentzia izateko? ($\rho = 1,72 \cdot 10^{-8}$)
3. Kobrezko hari baten erradioa bikoizten badugu, nola aldatzen da haren erresistentzia? Eta luzera 4z biderkatzen badugu, nola aldatuko da?
4. Zilarrezko hari baten erresistentzia 4 Ω -ekoa bada, eta hariaren luzera 1 km-koa, zein da haren diametroa, milimetrotan emanda?
5. Bi erresistentzia serie-elkarketan ipiniz gero erresistentzia baliokidea 90 Ω -ekoa da, eta paralelo-elkarketan ipiniz gero 20 Ω -ekoa. Kalkula itzazu bi erresistentzia horien balioak.
6. Kalkula ezazu erresistentzia-elkarketa honen erresistentzia baliokidea.



7. Kalkula ezazu erresistentzia hauen erresistentzia baliokidea.



8. Kalkula ezazu erresistentzia baliokidea.



9. Zenbat erataraz elkartu ahal dira hiru erresistentzia ezberdin? Irudikatu lortzen diren zirkuitu guztiak eta esan zeinetan lortzen den erresistentzia handiena eta txikiena.
10. $1000\ \Omega$ -eko hiru erresistentzia dauzkagu. Nola elkartu behar dira hurrengo hauek lortzeko?:

$$R = 3000\ \Omega$$

$$R = 333,3\ \Omega$$

$$R = 1500\ \Omega$$

Praктика: erresistentzien neurketa

Helburuak

1. Erresistentzien kolore-kodea ezagutzea.
2. Erresistentzien balioak kalkulatzeko.
3. Ohmetroa erabiltzea.
4. Balio izendatua eta balio errealearen artean dauden ezberdintasunak ezagutzea.
5. Perdoien kuota betetzen den ala ez jakitea.

Materialak

1. Erresistentzia batzuk.
2. Ohmetroa.

Jasotako datuak

	1. kolorea	2. kolorea	3. kolorea	4. kolorea	5. kolorea	6. kolorea
R_1						
R_2						
R_3						
R_4						

Erresistentzia	balio izendatua	perdoia	balio maximoa	balio minimoa	balio errealak	potentzia
R_1						
R_2						
R_3						
R_4						

Ondorioak



Praктика: erresistentzien elkarketak

Helburuak

1. Hiru erresistentziarekin posible diren zirkuitu guztiak muntatzea eta irudikatzea.
2. Erresistentzia baliokidea neurtzea eta teorikoki kalkulaturako balioekin alderatzea.
3. Dagozkien eskemak irudikatzea.

Materialak

1. Konexio-kableak.
2. Ohmetroa.
3. Balio ezberdineko 3 erresistentzia.

Zirkuituak

Jasotako datuak

Zirkuitu elektrikoa	Erresistentzia baliokide teorikoa	Erresistentzia baliokide erreala

Ondorioak

Erresistentzia ez-linealak

4

4.1. DEFINIZIOA

Magnitude fisiko baten arabera beren balio erresistiboa aldatzea da erresistentzia-ez linealen ezaugarri komuna. Korronea ez da aplikatutako tentsioarekiko funtzio lineala, kanpoko eragile fisiko baten menpe egoten baitira erresistentzia hauek.

Magnitude eragingarriaren arabera, izen desberdinak ematen zaizkie erresistentzia-ez linealei. Honako hauek:

- **Termorresistentziak:** tenperaturaren arabera aldatzen dute erresistentzia elektrikoa.
- **Fotorresistentziak:** jasaten duten argi-intentsitatearen arabera aldatzen dute erresistentzia elektrikoa.
- **Varistoreak:** aplikatzen zaien tentsioaren arabera aldatzen dute erresistentzia elektrikoa.

Lehenengo aipatu ditugunak oso erabiliak dira automobiletan; besteak, berriz, elektronikan erabiltzen dira batez ere.

4.1.1. TERMORRESISTENTZIAK

Bi motatakoak izaten dira:

NTC (Negative Temperature Coefficient)

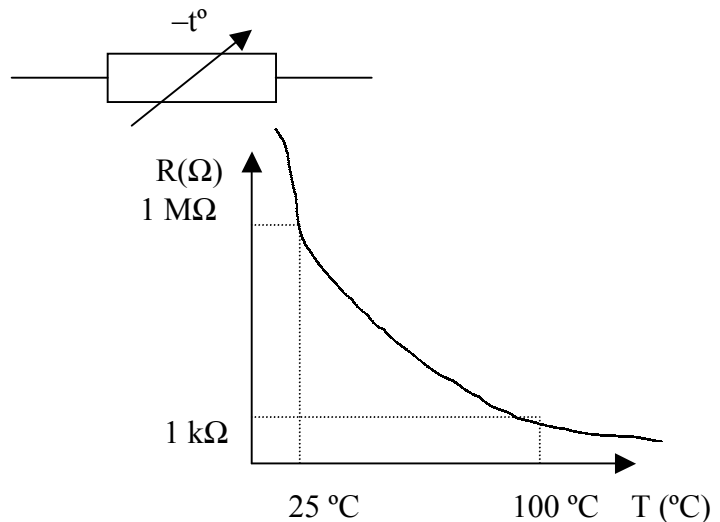
PTC (Positive Temperature Coefficient)

Tenperaturaren menpe dauden erresistentziak dira termorresistentziak.

4.1.2. NTC ERRESISTENTZIAK

NTC erresistentzien tenperatura-koefizientea negatiboa eta balio handikoa izaten da. Hori dela eta, erresistentzia horiek azkar eta nabarmen aldatzen dira tenperaturaren gorabeheraren bat jasoz gero, baita gorabehera txikia bada ere.

NTC erresistentzien ikurra eta ezaugarri-kurba honako hauek dira:

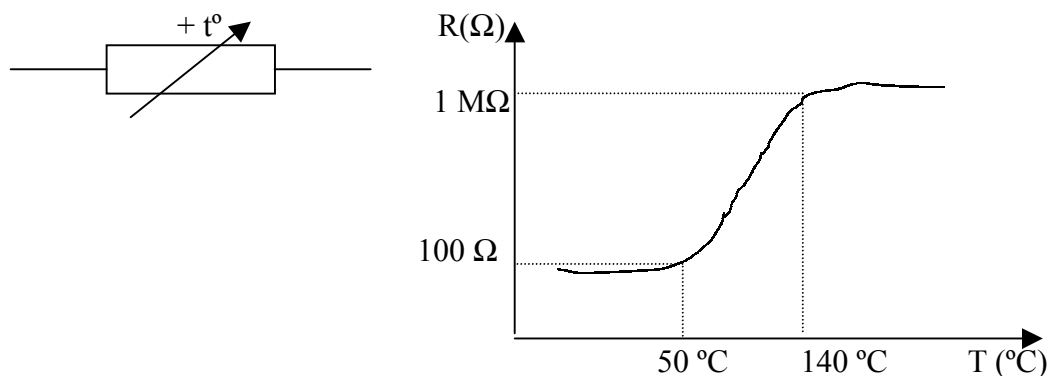


Erresistentzia hauek termostatoetan, termometroetan eta abarretan erabiltzen dira. ...

4.1.3. PTC ERRESISTENTZIAK

PTC erresistentziek tenperatura-koefiziente positiboa dute. Hori dela-eta, PTC erresistentzien kristal-egitura aldatu egiten da tenperatura jakin batean, eta, ondorioz erresistentziaren balioa ere aldatu egiten da. Aldaketa hori 50 eta 140°C -ren artean gertatzen da, oso azkar gainera. Ezaugarri hori dela eta, unean uneko tenperaturak neurtzeko erabiltzen dira, eta ez tenperatura jarraituak neurtzeko.

PTC erresistentzien ikurra eta ezaugarri-kurba honako hauek dira:



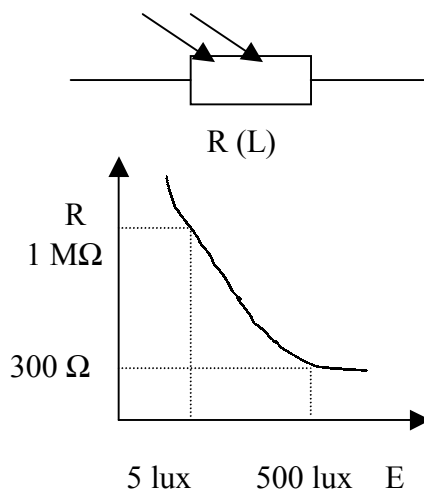
Erresistentzia hauek alarmetan, sentsoreetan eta abarretan erabiltzen dira.

4.2. FOTORRESISTENTZIAK

LDR (Light Dependent Resistor) siglekin izendatzen dira.

Argi-kantitatearen eraginez aldatzen dute erresistentzia LDR fotorresistentziek.

LDR erresistentzien ikurra eta ezaugarri-kurba honako hauek dira:



Erresistentzia hauek argi-sentsoreetan, etengailu automatikoetan eta abarretan erabiltzen dira.

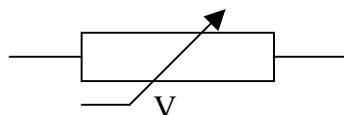
4.3. VARISTOREAK

VDR (Voltage Dependent Resistor) siglekin izendatzen dira.

Borneen arteko tentsioaren arabera da varistoreen erresistentzia, hau da, tentsioaren menpe egoten dira.

Zenbat eta handiagoa izan tentsioa, hainbat eta txikiagoa erresistentzia.

VDR erresistentzien ikurra honako hau da:



Erresistentzia hauek tentsio-egonkortasun gutxiagoko, gaintentsioaren kontrako babes-elementuetan eta abarretan erabiltzen dira.

Ohm-en legea

5

5.1. TENTSIOA edo POTENTZIAL-DIFERENTZIA

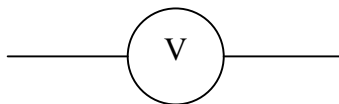
Halako potentzial jakin batzuk dituzten bi gorputzen arteko potentzial-diferentziari deitzen zaio 'tentsioa'. Zeinu ezberdinez kargatutako bi gorputzen artean ez ezik zeinu bera dutenen artean ere egon daiteke tentsioa edo potentzial-diferentzia.

Potentzial-diferentziari, normalean, tentsioa edo 'voltajea' deitzen zaio. Potentzial ezberdinetan dauden bi gorputz elkarrekin kontaktuan jarritz gero, elektroiak polo negatibotik erakartzen dituen polo positibora higitzea bi gorputzen arteko potentzial-diferentziaren araberakoa izaten da.

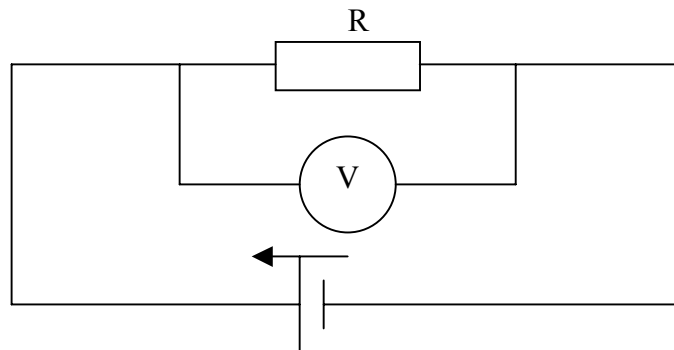
Potentzial-diferentziaren karga-unitatea 1 V-eko potentzial-diferentzian dauden bi puntuen artean higitzeko egin behar den lana da.

Tentsioa neurtzeko erabiltzen den aparatuari 'voltmetroa' deitzen zaio. Beti paraleloan konektatu behar da neurtu nahi den elementuarekin.

Voltmetroaren ikurra honako hau da:



Zirkuitu batean tentsioa neurtzeko honela konektatu behar da:



5.2. OHMen LEGEA

Potentzial desberdina duten bi gorputz eroale baten bidez konektatzen badira, positiboan erakarriko ditu bestearen elektroioak.

Hona zer dioen Ohmen legeak: “Gorputz batetik bestera igarotzen den elektroien kopurua – hau da, korrontearen intentsitatea– potentzial-diferentziarekiko zuzenki proportzionalak da; eroalearen erresistentziarekiko, berriz, alderantziz proportzionala”.

Matematikoki, Ohmen legea honela adierazten da:

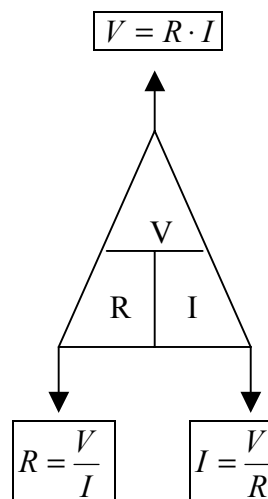
$$I = \frac{V}{R}$$

I = korrontearen intentsitatea [A]

V = tentsioa [V]

R = erresistentzia [Ω]

Irudian ikusten da Ohmen triangelua. Hiru magnitudeak triangeluan ondo jartzeak ahalbidetzen du kalkuluak egitea. Bat estaltzea aski da gainerakoak kalkulatzeko.

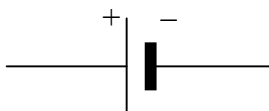


5.3. SORGAILU ELEKTRIKOAK

Sorgailu elektrikoek energia elektriko bihurtzen dute elektriko ez den edozein energia-mota.

Sorgailu elektrikoek bi puntu izaten dituzte –poloak edo borneak– zirkuituekin konektatzeko. Potentzial handienekoa polo positiboa izaten da; potentzial txikiarenekoa, polo negatiboa.

Sorgailu elektriko ideal baten ikurra honako hau da:



Sorgailu elektrikoak bi ezaugarri ditu: 'indar elektroeragilea' (ε) eta 'barne-erresistentzia' (r).

Indar elektroeragilea (ε) $-\varepsilon-$ zirkuituan sorturiko korrante elektrikoaren potentziaren eta korrante elektrikoaren arteko erlazioa da.

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

ε = indar elektroeragilea (iee) [V]

P = potentzia elektriko [W]

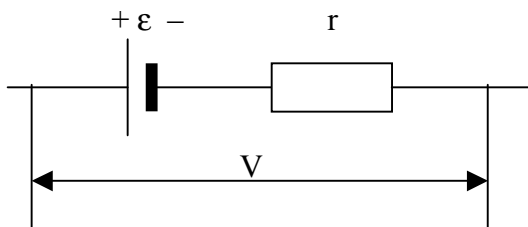
I = korrante elektrikoaren intentsitatea [I]

Barne-erresistentzia (r) sorgailuak korrante elektrikoari jartzen dion eragozpena da. Sorgailua berotu egiten da korrante elektrikoak zeharkatzen duenean, eragozpen horren ondorioz.

Beraz, sorgailuak sorturiko potentziaren zati bat galdu egiten da transformazioan.

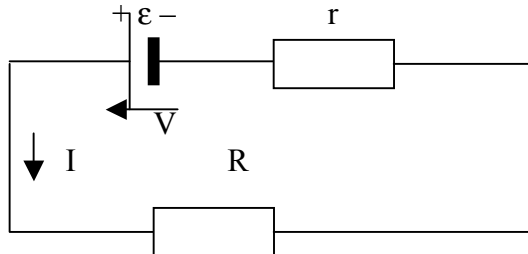
$$V = \varepsilon - r \cdot I$$

Sorgailu erreal elektriko baten ikurra honako hau da:



5.4. OHMEN LEGE OROKORTUA

Demagun irudian agertzen den bezalako zirkuitu elektriko bat daukagula:



Zirkuitu elektriko batetik igarotzen den intentsitatea indar elektroeragileen (iee) eta erresistentzia guztien baturaren arteko erlazioa da.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

I = intentsitatea [A]

ε = indar elektroeragilea (iee) [V]

R = kanpo-erresistentzia [Ω]

r = barne-erresistentzia [Ω]

5.5. KIRCHOFF-en LEGEAK

Ohmen legea zirkuitu konplexuetan erabiltzea oso zaila izan daiteke; soluzioa aurkitzea, berriz, ia ezinezkoa, aldagai asko agertzen direlako. Kirchoff fisikari alemaniarrek bi lege enuntziatu zituen horrelako zirkuituetan kalkuluak modu errazean egiteko.

Dena den, legeak enuntziatu aurretik beharrezkoak diren hiru elementuren definizioak azal ditzagun:

Korapiloa: bi eroale edo gehiago elkartzen dituen zirkuituko puntua.

Adarra: bi korapiloren artean dagoen zirkuitu-zatia.

Maila: zirkuitu elektrikoak bi aldiz puntu beretik igaro gabe egiten duen ibilbide itxia.

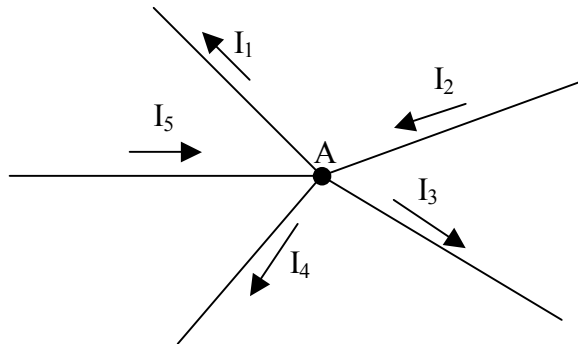
5.5.1. 1. LEGEA EDO KORAPILOEN LEGEA

Korapilo batean elkartzen diren intentsitateen batura algebrakoa zero da, hots:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

Dena den, lege hau erabili baino lehen korrontearen noranzkoa ezarri behar da. Adibidez: positiboak dira korapiloan sartzen diren intentsitate guztiak; negatiboak, aldiz, korapilotik irteten diren intentsitateak. Kasu horretan, Kirchhoffen lehenengo legea honela aplikatu behar da: korapilo batean sartzen diren intentsitateen batura eta korapilo horretatik irteten diren intentsitateen batura berdina da.

Adibide honetan ikusten da nola aplikatzen den Kirchhoffen 1. legea A korapiloan :



$$-I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0 \quad \text{edo} \quad I_1 + I_3 + I_4 = I_5 + I_2$$

5.5.2. 2. LEGEA EDO MAILEN LEGEA

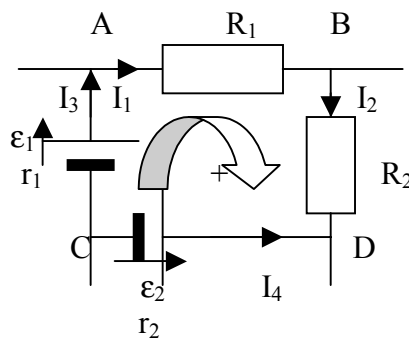
Maila batean, potentzial-diferentzien batura eta potentzial-erorketen batura berdinak dira, hots:

$$\sum_i \varepsilon_i = \sum_j R_j I_j$$

Kirchhoffen 1. legearekin egin bezala, 2. legea erabili aurretik ere konbenio hau hartu behar da aintzat:

Konbenioz, maila batean noranzko positibotzat hartzen da erlojuaren orratzen noranzkoa; kontrakoa, berriz, negatibotzat. Indar elektroeragileei eta potentzial-erorketei aplikatzen zaie konbenio hori.

Adibide honetan ikusten da nola aplikatzen den Kirchhoffen 2. legea maila batean:

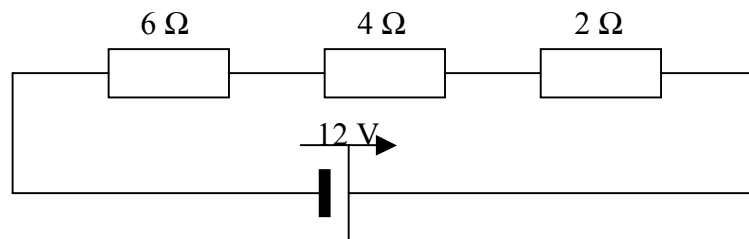


$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2 - r_2 \cdot I_4 + r_1 \cdot I_3$$



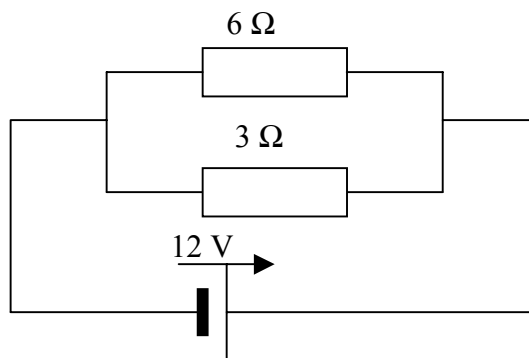
Ariketak

1. $220\ \Omega$ -eko lisaburdin bat 220 V -eko sarera konektatuta dago? Zer intentsitate du hortik zirkulatzen duen korronteak?
2. Telebista batek 220 V -eko sarean konektaturik 2 A kontsumitzen ditu. Zein da telebistaren erresistentzia?
3. Lehorgailu baten erresistentzia elektrikoa $600\ \Omega$ -ekoa da eta 10 mA kontsumitzen ditu. Zein da haren tentsio elektrikoa?
4. Kalkulatu zirkuitu honetan:
 - a) Erresistentzia bakoitzetik igarotzen den intentsitatea.
 - b) Erresistentzia bakoitzean dagoen potentzial-diferentzia.



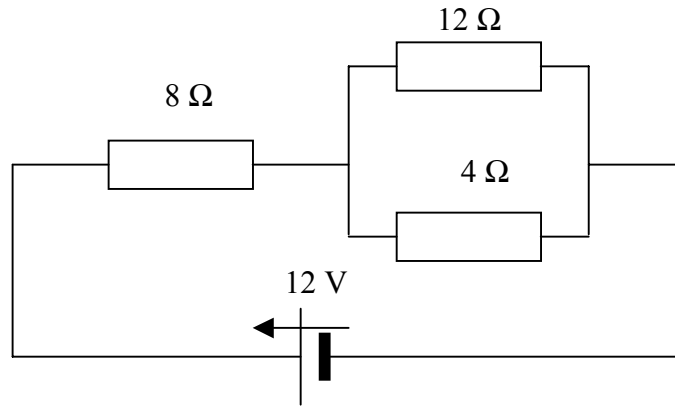
Oharra: sarea 220 V -ekoa da.

5. Kalkulatu:
 - a) Erresistentzia bakoitzetik igarotzen den intentsitatea.
 - b) Erresistentzia bakoitzean dagoen potentzial-diferentzia.



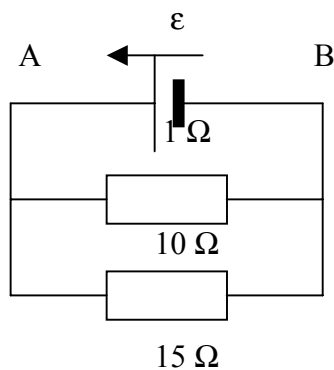
6. Kalkulatu zirkuitu honetan:

- Erresistentzia bakoitzetik igarotzen den intentsitatea.
- Erresistentzia bakoitzean dagoen potentzial-diferentzia.



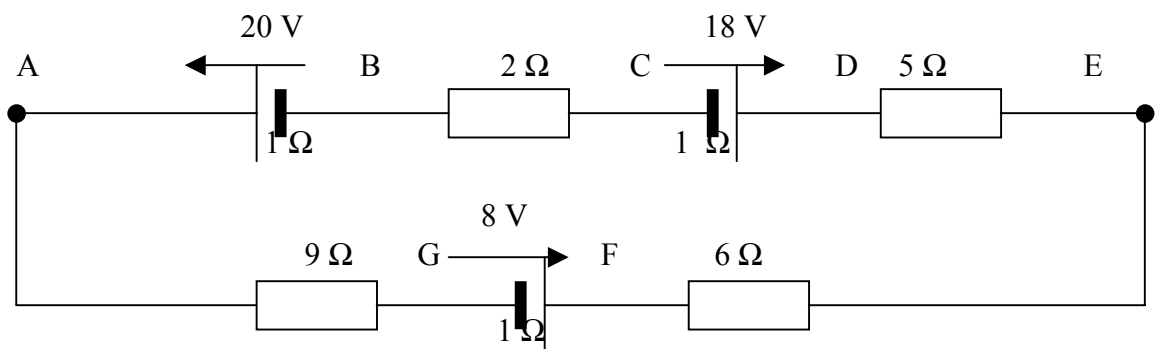
7. Zirkuitu honetan $15\ \Omega$ -eko erresistentziatik $4\ \text{A}$ -ko intentsitateak zirkulatzen duela jakinda, kalkulatu:

- Sorgailuaren indar elektroeragilea (iee).
- A eta B puntuen arteko potentzial-diferentzia.

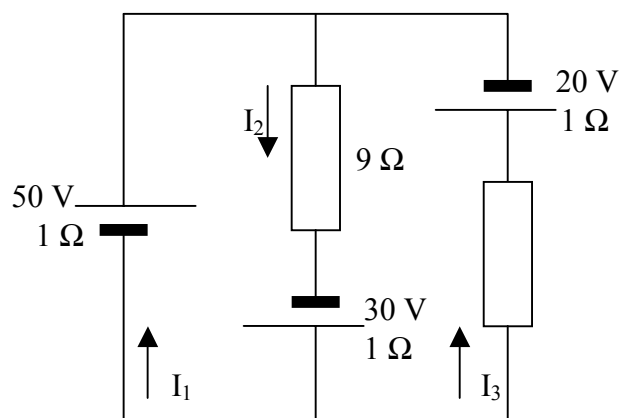


8. Kalkulatu zirkuitu honetan:

- Korronte elektrikoaren intentsitatea.
- V_{AF} , V_{DF} , eta V_{CG} potentzial-diferentziak.



9. Kalkulatu intentsitateak zirkuitu honetan:



Praктика: Ohmen legea

Helburuak

1. Zirkuitu errazak muntatzea.
2. Intentsitateak, tentsioak eta erresistentziak neurtzea.
3. Polimetroa modu egokian erabiltzea.
4. Balio teorikoak eta errealak alderatzea.

Materialak

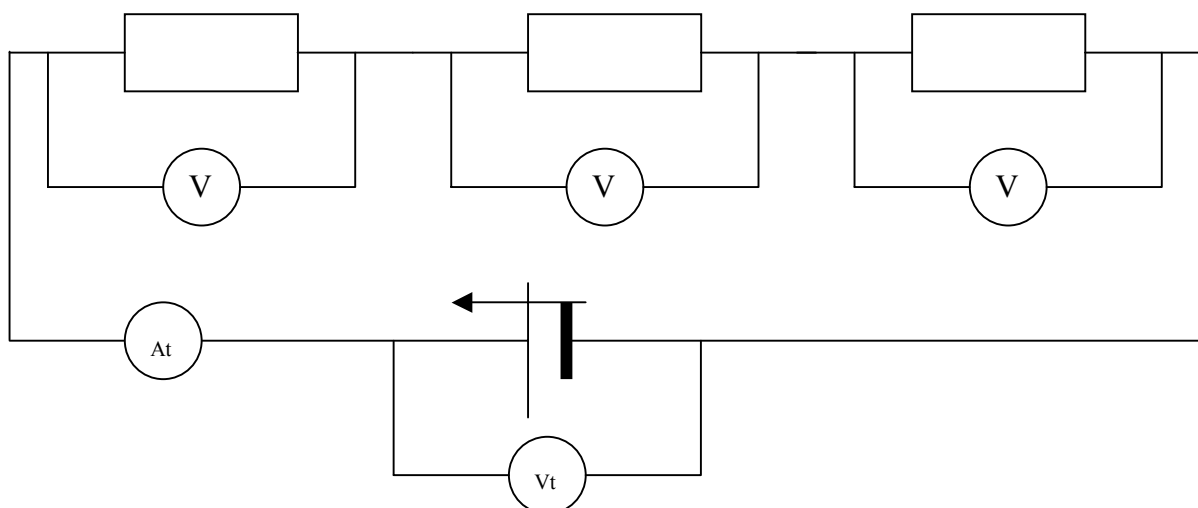
1. Elikatze-iturria.
2. Polimetroa.
3. Hiru erresistentzia ezberdin.
4. Kableak.

Prozedura

1. Hiru erresistentziekin serie-elkarketa muntatu, irudian bezala.
2. Aparatuak irudian bezala konektatu, neurriak hartzeko.
3. 1. taula bete.

1. taula

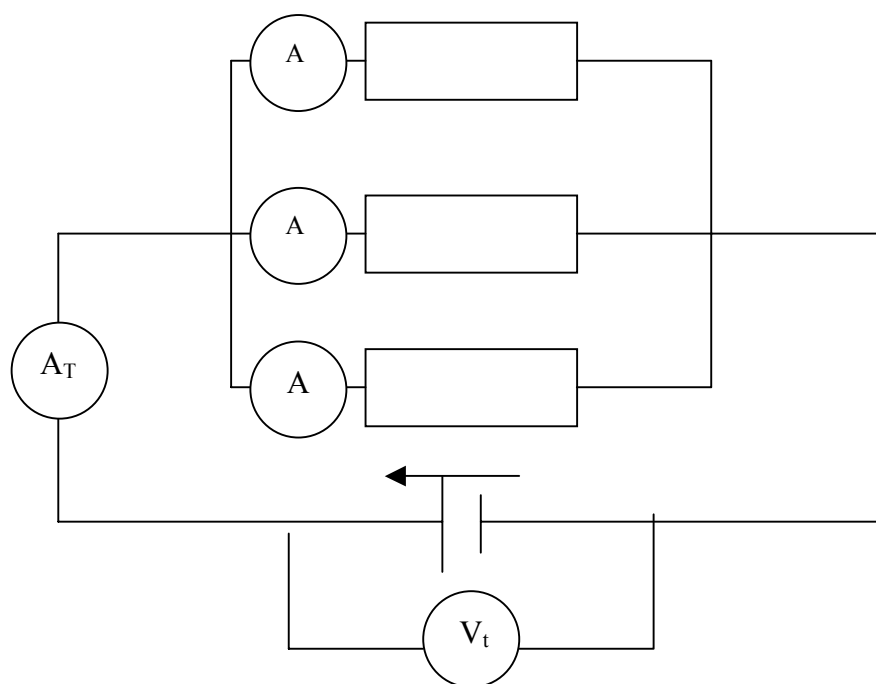
R_t	V_t	V_1	V_2	V_v	I_t	I_1	I_2	I_3



4. Hiru erresistentziekin paralelo-elkarketa muntatu, irudian bezala.
5. Aparatuak irudian adierazten den bezala konektatu, neurriak hartzeko.
6. 2. taula bete.

2. taula

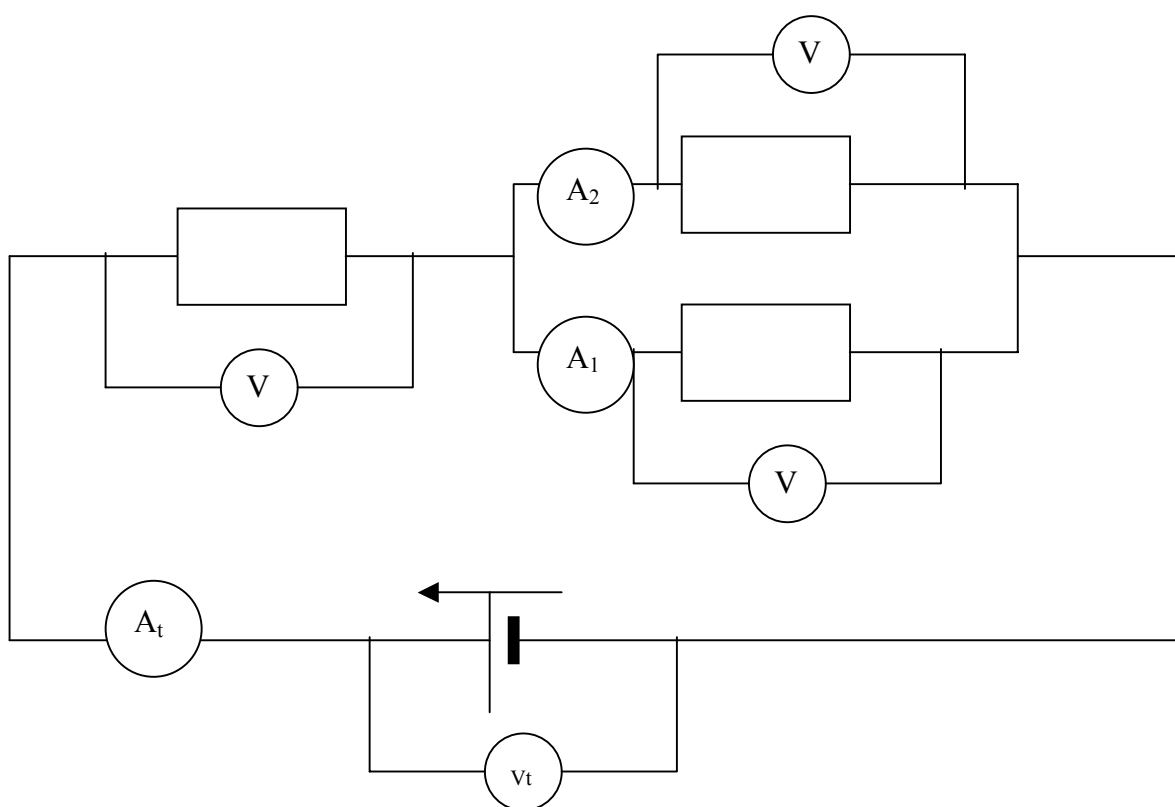
R_t	V_t	V_1	V_2	V_v	I_t	I_1	I_2	I_3



7. Hiru erresistentziekin elkarketa mistoa muntatu, irudian bezala.
8. Aparatuak irudian bezala konektatu, neurriak hartzeko.
9. 3. taula bete.

3 taula

R_t	V_t	V_1	V_2	V_v	I_t	I_1	I_2	I_3



Ondorioak

Polimetroa

6

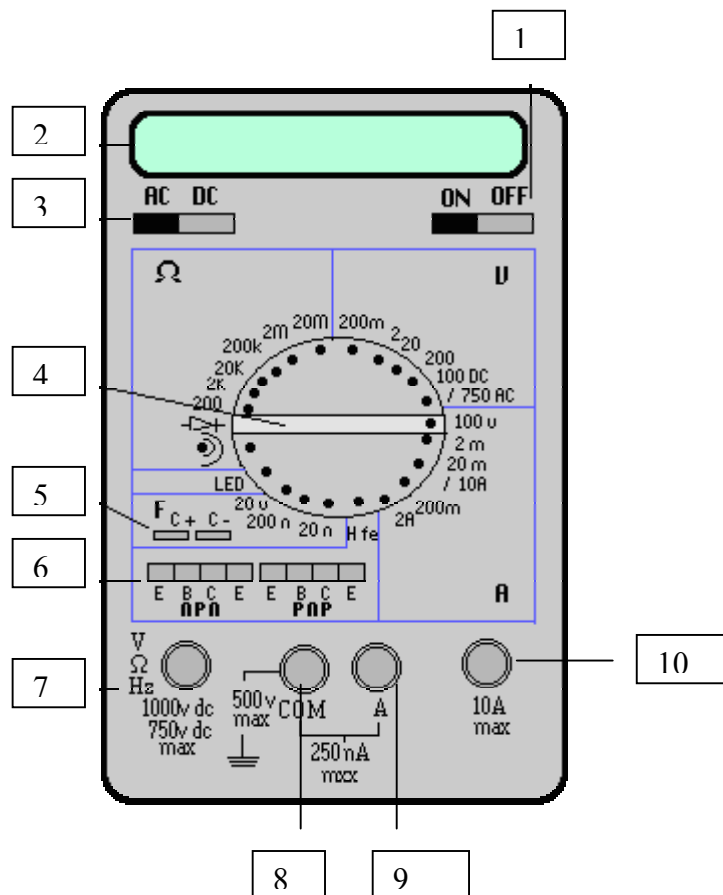
6.1. DEFINIZIOA

Aparatu hau hainbat magnitude neurtzeko erabiltzen da. Besteak beste, tentsioa, intentsitatea eta erresistentzia.

Neurketak korrante zuzenean (K.Z.) edo korrante alfernoan (K.A.) egin ahal dira.

Bi motatako polimetroak daude: analogikoak eta digitalak. Azken hauek erabiltzen dira gehienbat gaur egun.

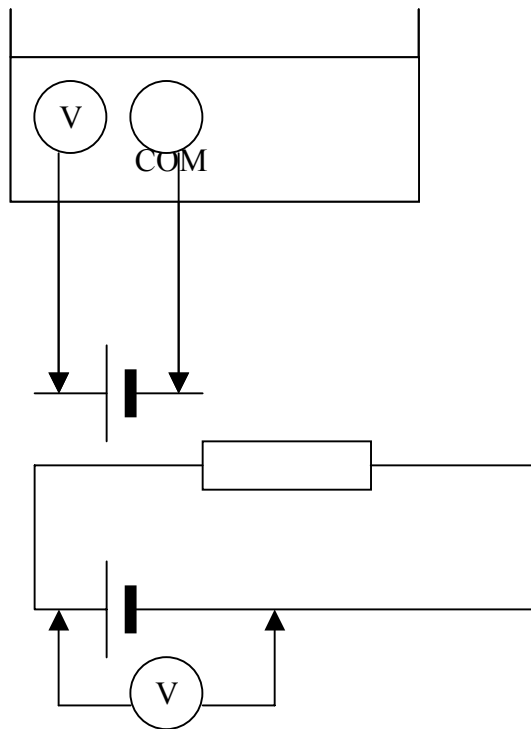
Irudian duzue polimetro digital baten adibidea:



1. Etengailua.
2. Pantaila.
3. K.Z./K.A.ko konmutagailua. Bata edo bestea –hots, tentsio zuzena edo alternoa– aukera daiteke, erabiltzen den tentsioaren arabera.
4. Etengailu birakaria: funtzio eta eskalen hautagailua. Kurtsorea biratuz aukeratzen da magnitudea (tentsioa, intentsitatea eta abar) eta eskalaren balioa (behar dena baino balio handiagoa beti).
5. Kondentsadoreak sartzeko zirrikituak. Zirrikitu horietan sartzen da neurtu nahi den kondentsadorea.
6. Transistoreen korrante-irabazia (h_{FE}) neurtzeko zirrikituak. Hor sartzen da irabazia neurtzeko dagoen transistorea.
7. Kable gorria konektatzeko bornea (+). Erresistentzia, tentsioa edo maiztasuna neurtu nahi badira, borne horretan sartu behar da kablea.
8. Kable beltza konektatzeko bornea (–).
9. Kable gorria konektatzeko bornea (+). Korrontea neurtu nahi bada, borne horretan sartu behar da kablea, intentsitatearen balioa txikia bada.
10. Kable gorria konektatzeko bornea (+). Korrontea neurtu nahi bada, borne horretan sartu behar da kablea, intentsitatearen balioa handia bada. Dena dela, 10 A-tik beherakoa izan behar du beti.

6.2. TENTSIOAREN NEURKETA

Tentsioa neurtu nahi bada, honela egin behar da: hasteko, polimetroa piztu ondoren, K.Z. ala K.A. aukeratu behar da; gero, punta beltza polo komunean sartu eta gorria V jartzen duen zirrikitan; azkenik, eskala aukeratu, betiere neurtu nahi dena baino balio handiagokoa. Hori guztia egin ondoren konektatu ahal dira puntak neurtu nahi den elementuarekin. Ez ahaztu tentsioa neurtzeko polimetroa paraleloan konektatu behar dela beti.

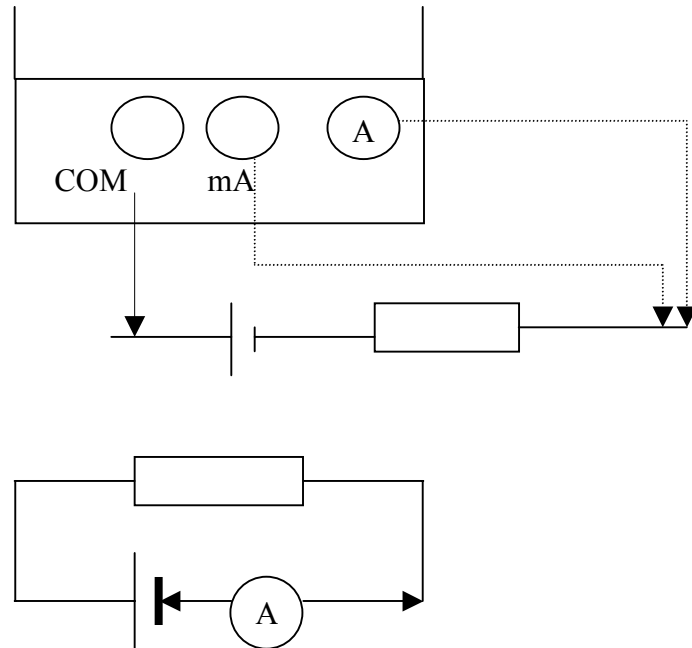


Korronte zuzenean (K.Z.) neurtzen bada, kontuan izan polaritatea: kable gorria positibora eta beltza negatibora.

Korronte alternoan, balio efikaza neurtzen du polimetroak.

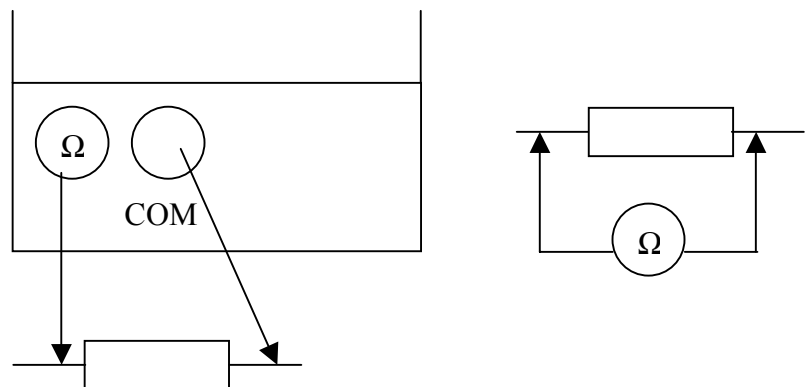
6.3. INTENSITATEAREN NEURKETA

Intentsitatea neurtu nahi bada, honako pauso hauek eman behar dira: hasteko, polimetroa piztu ondoren, korronte-mota eta eskala aukeratu; gero, kable beltza polo komunean sartu eta kable gorria A edo mA ipintzen duen zirrikitan, neurtu nahi den balioaren arabera; azkenik, aukeraketa guztiak egin ondoren, konektatu ahal dira puntak neurtu nahi den elementuarekin. Ez ahaztu intentsitateak neurtzeko polimetroa seriean konektatu behar dela beti.



6.4. ERRESISTENTZIAREN NEURKETA

Hasteko, aukeraketak egin behar dira, aurreko kasuetan bezalaxe; gero, kable beltza polo komunean sartu eta gorria Ω ipintzen duen zirrikitan. Momentu horretan prest dago neurtzeko, baina ez ahaztu neurtu nahi den elementuan ez dela tentsiorik egon behar.



6.5. KAPAZITATEAREN NEURKETA

Erresistentzia neurtzeko erabiltzen den modu berean eta korrante alternoan (K.A.) ipini behar da polimetroa.

Horretaz gain, kapazitatea neurtu aurretik kondentsadorea deskargatu egin behar da. Kondentsadorea elektrolitikoa bada, polaritatea kontuan izan behar da.

6.6. JARRAITASUNAREN NEURKETA

Horretarako bereziki prestatuta dagoen funtzioa erabili behar da.



Kableak erresistentzia neurtzeko ipintzen diren bezala konektatu behar dira. Burrunbagailuak jo egiten du zirkuitua etenda ez badago.

Zirkuituak tentsiorik gabe egon behar du neurketa egiteko.

6.7. DIODOEN NEURKETA

Berariazko funtzioa aukeratu behar da.



Polaritatea mantendu egin behar da. Izan ere, diodoa zuzenki polarizatuta badago, pantailan erresistentziaren balio txikia agertzen da; alderantziz polarizatua badago, berriz, erresistentziaren balio infinitua agertzen da.

6.8. TRANSISTOREEN NEURKETA

Transistorearen korrante-irabazia, h_{FE} , neurtu nahi bada honela lan egin behar da: hasteko, h_{FE} funtzioa aukeratu; ondoren, transistorea zirkuitutik atera eta zirrikitueta sartu, betiere transistore-mota (NPN eta PNP) eta transistorearen terminalak (emisorea, basea eta kolektorea) kontuan hartuz.

Txarto sartzen bada –transistore-mota aldatu edo terminalak txarto sartu direlako–, neurketa nulua edo zero ingurukoa izango da.

Korronte elektrikoaren lana 7

7.1. ENERGIA

Energia sistema batek *lana* egiteko duen ahalmena da. Energiaren kontserbazioaren printzipioak honela dio: “Energia ez da sortzen ez deuseztatzen; bihurtu besterik ez da egiten”.

Lan bihurtzen denean nabaritzen da energia.

Hainbat energia-mota daude; mekanikoa eta elektrikoa dira erabilienak. Energia kimikoa eta bero-energia ere garrantzitsuak dira.

Unitate bera, ‘joulea’, erabiltzen da energia eta *lana* neurtzeko.

7.2. LANA

Indar batek gorputz bat noranzko ezagun batean higitzen badu, *lan* egiten duela esan ohi da. Indar baten bidez gorputz bati higidura eragin ahal zaio, baita kontrakoa ere: higitzen ari den gorputza geldiarazi egin daiteke. Kasu batean zein bestean dago *lana*. *Lan* horren magnitudea aplikatutako indarrekiko eta lekualdatutako espazioarekiko zuzenki proportzionala da.

Matematikoki, honela adierazten da:

$$W = F \cdot d$$

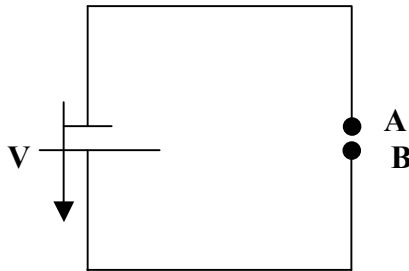
W = *lana* [J]

F = indarra [N]

d = espazioa [m]

Orain arte azaldutako guztia lan mekanikoari buruzkoa da. Lan elektrikoa ere badago, ordea.

1 V-eko sorgailuko borneen artean elektroï bat ipiniz gero, bulkada bat jasoko luke, polo positibora eramaten saiatuko litzatekeena. Sorgailuaren bi borneen artean eroale bat ipiniz gero, ordea, elektroia eroalean zehar polo negatibora higituko litzateke, energia zinetikoa eramanez, berriro kontrako noranzkoan polo positibora higitzeko egin beharko lukeen lan mekanikoaren balio bereko energia zinetikoa alegia.



Elektroia higitzeko lana potentzial-diferentziak elektroia bultzatzeko erabilitako indarrak egin du, elektroiak duen karga elektrikoari esker.

$$W = Q \cdot V$$

W = lan elektrikoa [J]

Q = karga elektrikoa [C]

V = potentzial-diferentzia [V]

Lana kontsumitutako energia dela ere esan ohi da.

7.3. POTENTZIA

Makina batek denbora-unitatean burutu ahal duen lan-kopurua da 'potentzia'. Beraz, lan egiteko abiadura da.

$$P = \frac{W}{t}$$

P = potentzia elektrikoa [W]

W = lan elektrikoa [J]

t = denbora [s]

Makina batek egindako lan elektrikoa honako hau da:

$$W = Q \cdot V$$

eta

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q \cdot V}{t} = \frac{Q}{t} \cdot V = I \cdot V$$

Beraz,

$$P = V \cdot I$$

P = potentzia elektrikoa [W]

V = tentsioa [V]

I = korrontearen intentsitatea [A]

SI sisteman erabiltzen den potentzia elektrikoaren unitatea –‘watt-a’– honela definituko genuke: “Bi punturen artean 1 V-eko potentzial-diferentzia dagoenean eta bi puntu horien artean 1 A-ko intentsitateak zirkulatzen duenean kontsumitutako potentzia da watta”.

7.4. ENERGIA ELEKTRIKOA

Potentzia lan egiteko abiadura denez, kontsumitutako energia guztia honela lortzen da:

$$E = P \cdot t$$

E = energia elektrikoa [J]

P = potentzia elektrikoa [W]

t = segundo [s]

Horrek esan nahi du kontsumitutako energia eta egindako lana berdinak direla.

Potentzia 1 W eta denbora 1 s badira, energia-unitatea watt-segundoa da. Energia neurtzeko erabiltzen den unitatea kilowatt-ordua da, ordea; hau da, ordu batean kontsumitutako energia, segundoko kilowatta kontsumitzen bada.

$$1kW \cdot h = 1000W \cdot 3600s = 3600000J = 36 \cdot 10^5 J$$

Beraz, laneko funtzionamenduan, 1 kW-eko potentzia duen makina batek ordu betean egindako lana ‘kilowatt-ordua’ da.

7.5. ERRENDIMENDUA

Energia elektrikoa bestelako energia bihurtzean, lan-zati bat galdu egiten da beti, hots, makinaren potentziaren zati bat galdu egiten da bihurtetan.

Makinak kontsumitutako potentziaren eta guri emandako potentziaren artean dagoen erlazioari ‘errendimendua’ deitzen zaio: η (eta) letra grekoz izendatzen da eta ehunekotan adierazten da.



$$\eta = \frac{\text{kontsumitutako potentzia}}{\text{emandako potentzia}}$$

Errendimendua unitatea baino txikiagoa da beti.

7.6. JOULE-ren LEGEA

Eroale batetik igarotzen den korrante elektrikoak beroa askatzen du. Elektroiak eroalean zehar higitzean talka egiten dute elkarrekin, eroaleak erresistentzia jartzen duelako. Talka horietako bakoitzean beroa askatzen da. Hainbestetan gertatzen direnez, bero-kopuru mugatua lortzen da.

Ohmen legea kontuan harturik eta lan elektrikoaren formula aplikatuz, hona emaitza:

$$W = Q \cdot V = I \cdot t \cdot V = I \cdot t \cdot R \cdot I = R \cdot I^2 \cdot t$$

W = lana [J]

Q = karga elektriko [C]

V = tentsio elektriko [V]

I = korrante elektriko [A]

t = denbora [s]

Formula horrek
$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

Jouleren legeak honela dio: "Eroale batean denbora-unitate batean askatzen den bero-kopurua erresistentzia elektrikoaren eta korrante elektrikoaren koadroarekiko zuzenki proportzionala da".

Erresistentzia batek xahutzen duen bero-energia honako hau da:

$$E_c = R \cdot I^2 \cdot t \text{ [J]}$$

E_c = bero-energia [J]

R = erresistentzia elektriko [Ω]

I = korrante elektriko [A]

t = denbora [s]

kontuan izanik, 1 J = 0,24 cal; beraz,

$$E_c = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t \text{ [cal]}$$

Hargailu batek beroa askatzerik nahi ez bada, Joule efektua kaltegarria izaten da. Joule efektuak galarazitako energia elektrikoak gutxitu egiten du hargailuaren errendimendua, beroketa sortuz. Gauza bera gertatzen da eroale guztietan: beroketa gehiegizkoa bada, erre ere egin litezke.

Joule efektuaren ondorioz askatzen den beroak hainbat aplikazio dauzka. Hona hemen batzuk:

- a) **Berogailu elektrikoak:** normalean ferronikelezko edo nicromezko erresistentziak izaten dituzte, haria helize modura biribildua dutela. Helizea, berriz, isolatzaile erregogor baten inguruan jartzen da. Hariaren erresistentzia handia denez, $R \cdot I^2 \cdot t$ biderkadura handia izatea lortzen da, baita bero-kopurua handia izatea ere.
- b) **Soldagailu elektrikoak:** aurreko printzipio berean oinarrituta daude, baina kasu honetan erresistentzia ondo isolatuta dagoela, kobrezko barra baten inguruan biribildurik. Erresistentziak barrari transmititzen dio beroa; barra horrekin –eztainua erabiliz– soldatu egiten da.
- c) **Pizgailuak:** printzipio berean oinarrituta daude. Korrante elektrikoaren higidurak erresistentzia gori ipintzen du, zigarroa pizteko moduan.
- d) **Goritasun-lanparak:** tungstenozko harizpitik korrante elektrikoa higitzen denean, tenperatura 2800 °C-ra heltzen da eta harizpiak argia askatzen du.
- e) **Fusibleak:** hari eroale batetik higitzen den intentsitatea handia bada, lortzen den tenperatura ere handia izaten da. Haria berunezkoa edo honen aleazioren batekoa bada, urte-tenperatura gainditu ahal da. Horrelakoetan haria urtu egin dela esaten da. Efektu hori erabiltzen da zirkuituetako korrontea modu automatikoan eteteko. Izan ere, zirkuituetan berunez egindako fusibleak horretarako ipintzen dira, hots, intentsitateak balio jakin bat gainditzen duenean zirkuitu elektrikoak eten daitezten.

Ariketak

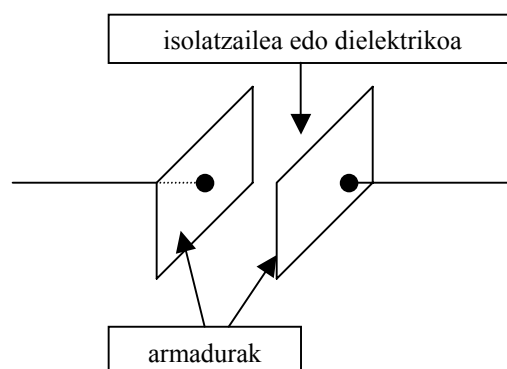
1. 24 V-eko bateriak 10 k Ω -eko erresistentzia berotzen du. Zenbat watt xahutzen ari dira erresistentzian?
2. 1,5 kW-eko berogailua 125 V-eko sarera konektatuta dago. Zein da hortik zirkulatzen duen intentsitatea?
3. Irabiagailu baten etiketan honako hau jartzen du: 'tentsioa 220 V, potentzia 170 W'. Kalkula itzazu:
 - a) Kontsumitzen duen intentsitatea.
 - b) Hiru orduko funtzionamendu jarraituan kontsumitzen duen energia-kopurua.
4. Demagun 5000 W-eko berogailua konektatu eta ohera joan zarela, bero lo egiteko, baina gelako entxufeari 4 A-ko fusiblea urtu egin zaio. Zer fusible ipini beharko zenuke?
5. Berogailu elektriko batek honako inskripzio hau dauka: '220 V; 1760 W'. Kalkula itzazu:
 - a) Haren barrutik igarotzen den intentsitatea.
 - b) Erresistentzia elektrikoa.
 - c) Bi orduko funtzionamenduan gastatzen duena, kW/h bakoitzaren prezioa 0,079 €-koa izaki.
 - d) Bi ordu horietan askatzen den kaloria-kopurua, energia elektriko guztia bero bihurtzen bada.
6. Termo elektriko bat hainbat denboraz martxan egon da. Kontadoreak 10 kW/h-ko kontsumoa izan dela dio. Kalkula itzazu:
 - a) Sortutako bero-kopurua.
 - b) Igaro den denbora bero-kopuru hori askatzeko, tentsioa 100 V-ekoa eta intentsitatea 10 A-koa bada.
7. Bi lanpara, bata 60 W-ekoa eta bestea 100 W-ekoa, seriean konektatuta daude 200 V-eko tentsiora. Kalkula itzazu:
 - a) Lanpara bakoitzaren erresistentzia.
 - b) Lanpara bakoitzetik igarotzen den intentsitatea.
 - c) Zeinek emango du argitasun handiena? Zergatik?
8. 120 V-eko eta 60 W-eko lanpara bat 80 Ω -eko erresistentzia batekin paraleloan daude jarrita eta 220 V-eko tentsiora konektaturik. Zer erresistentzia ipini behar da seriean multzoarekin bonbilla ur ez dezan?
9. 50 Ω -eko erresistentzia batetik 0,5 A-ko intentsitatea igaro da ordu-erdi batean. Kalkula itzazu:
 - a) Zer tentsiotara egon den konektaturik.
 - b) Denbora horretan sortutako bero-kopurua.



Kondentsadoreak 8

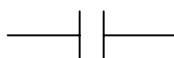
8.1. DEFINIZIOA

Honako elementu hauek osatzen dute 'kondentsadorea': bi metal-xafla –lauak eta paraleloak– eta isolatzaile bat ('dielektrikoa') edo airea xafla horien artean.



Xafla metalikoei 'armadura' deitzen zaie.

Zirkuitu elektrikoetan, ikur honekin irudikatzen dira kondentsadoreak:



8.2. KONDENTSADORE BATEN KAPAZITATEA

Kondentsadore baten bi muturren artean 1 V-eko potentzial-diferentzia badago, tentsio horrek elektroiak armadura batetik bestera higiarazten ditu, kondentsadorea kargatuta utziz.

Alde batetik, kondentsadoreen armadurek hartzen duten karga elektrikoaren eta tentsioaren arteko erlazioak 'kapazitate' izena du.

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

C = kapazitatea [F]

Q = karga elektrikoa [C]

V = tentsioa [V]

Bestetik, kondentsadore baten kapazitatea honako faktore hauen arabera izaten da: armaduren gainazala, horien arteko tartea eta armaduren artean dagoen dielektrikoa edo isolatzaile-mota.

$$C = K \frac{s}{e}$$

C = kapazitatea [F]

K = armaduren arteko dielektrikoaren konstantea

s = armaduren gainazala [mm²]

e = armaduren arteko distantzia [mm]

8.3. KAPAZITATE-UNITATEA

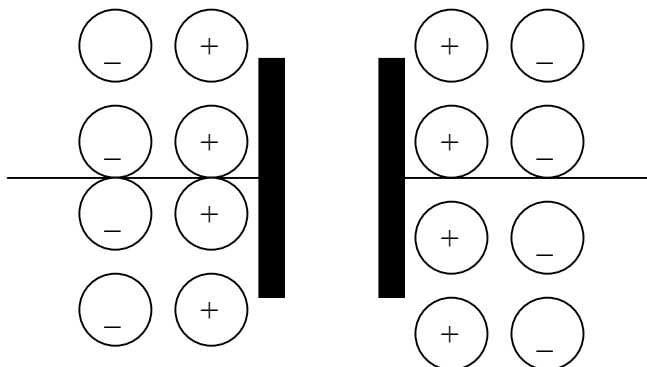
Kapazitate-unitateari 'faraday' deitzen zaio

Kondentsadore baten muturren artean 1 V-eko tentsioa badago eta armadurek 1 coulombeko karga hartzen badute, kondentsadorearen kapazitatea 1 faradaykoa izango da.

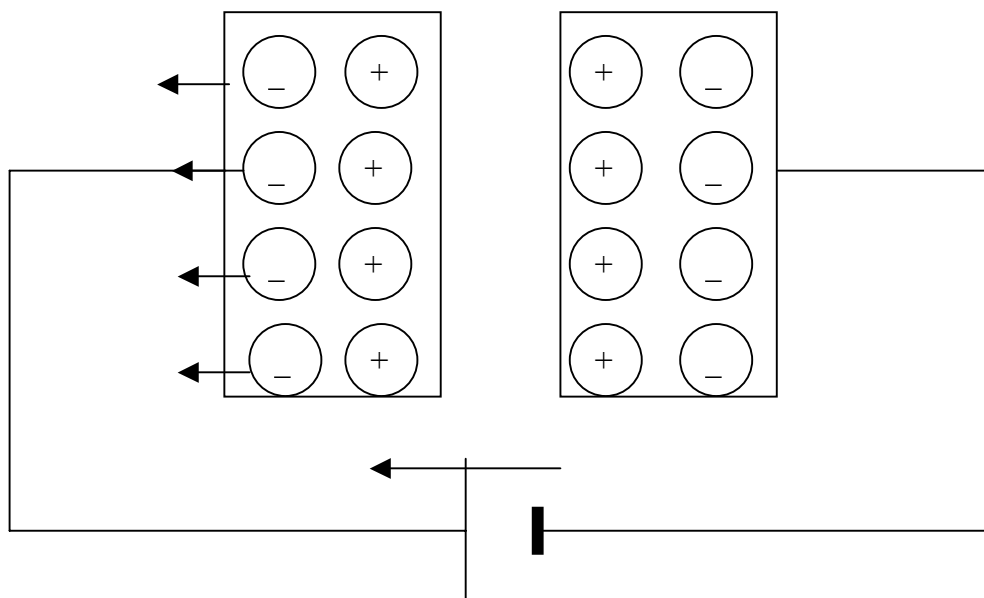
Unitate hori oso handia denez, praktikan azpimultiploak erabiltzen dira; besteak beste, mikrofardaya (10⁻⁶ F), pikofardaya (10⁻⁹ F) eta nanofardaya (10⁻¹² F).

8.4. KONDENTSADOREA, KORRONTE ZUZENEAN

Kondentsadore baten armadurak korronte zuzeneko sorgailu batekin konektatzen badira, kontuan hartu behar da kondentsadorearen plakak atomoz osatuta daudela eta horiek protoi-eta elektroikopuru berdina dutela, eta, beraz, armadura bakoitzaren protoi-kopurua eta elektroikopurua berdinak direla.



Kondentsadore bat pila batekin konektatzean, polo positiboekin lotuta dagoen armadurako elektroiak irteten egiten dira, pilaren polo positiboaren erakarpen-indarraren eraginez. Pilaren polo positiboak elektroiak erakarri egiten ditu, baina ez dituen ez gelditzen ez suntsitzen, polo negatibotik ateratzen dira eta beste armadurara joaten. Beraz, armadura batetik irteten diren elektroiak beste armadurara iragaiten dira.



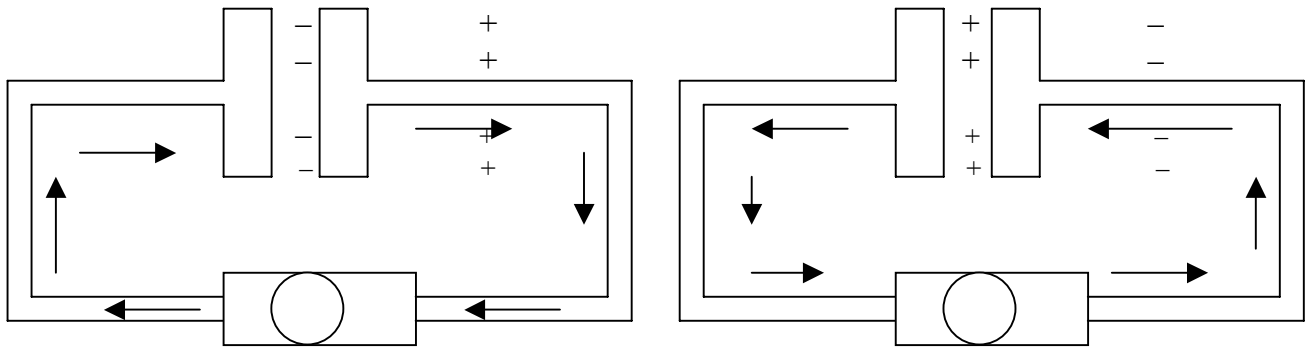
Beheko irudian ikusten da nola higitu dituen pilak elektroiak armadura batetik bestera, eta nola lehenengoa negatiboki kargatuta geratzen den (elektroi gehiegi) eta bigarrena positiboki (protoi gutxi). Armadura batetik bestera higitu diren elektroiak erakarpen-indarra jasango dute utzi duten armaduratik. Indar hori elektroiak erakartzen saiatzen da, baina pilak eragotzi egiten du.

Kondentsadorearen armaduren eta pilaren indarren artean oreka lortzen denean, korrante elektrikoa eten egiten da.

1. Kondentsadore bat kargatzea elektroiak armadura batetik bestetara higitzea da.
2. Kargatu eta gero, kondentsadoreak ez du uzten korrante gehiagorik higitzen. Hori dela eta, esaten da korrantea blokeatu egiten duela. Izan ere, horixe da kondentsadorearen erabilpenetarikoa bat.
3. Kargatuta dagoen kondentsadore batek armaduren artean duen tentsioa eta kargatzeko ezarritako tentsioa berdinak dira.

Korronte alternoko sorgailu batek polaritatea etengabe aldatzen duenez, sorgailu horrek in konektatuta dagoen kondentsadorea ere etengabe kargatu eta deskargatzen da, korronte alternokoak duen maiztasunarekin.





8.6. KONDENTSADOREEN ELKARKETA-MOTAK

Hiru modu hauek elkartu ahal dira kondentsadoreak nahi den kapazitate baliokidea lortzeko: serie-elkarketa, paralelo-elkarketa eta elkarketa mistoa.

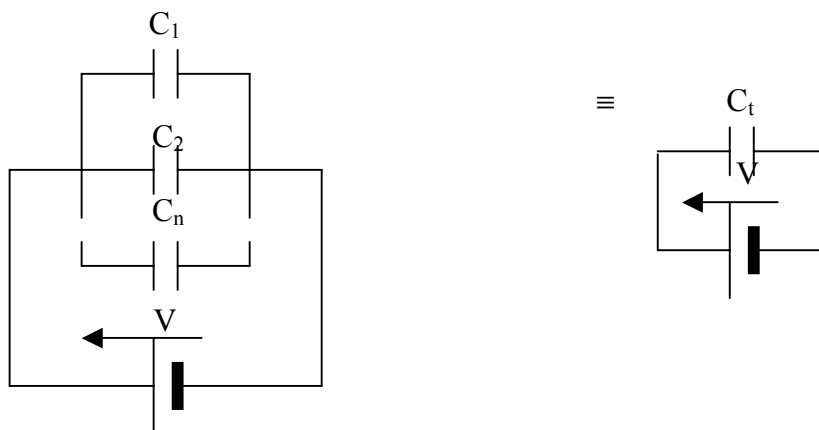
8.6.1. PARALELO-ELKARKETA

Kapazitate handiagoa lortzeko erabiltzen da. Alde batetik, puntu batean armadura positibo guztiak konektatzen dira; bestetik, beste puntu batean armadura negatibo guztiak.

Kondentsadore guztien tentsioa berdina da, kondentsadore bakoitzaren karga-kapazitatearen arabera.

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

$$Q_1 = C_1 \cdot V; Q_2 = C_2 \cdot V; \dots; Q_n = C_n \cdot V$$

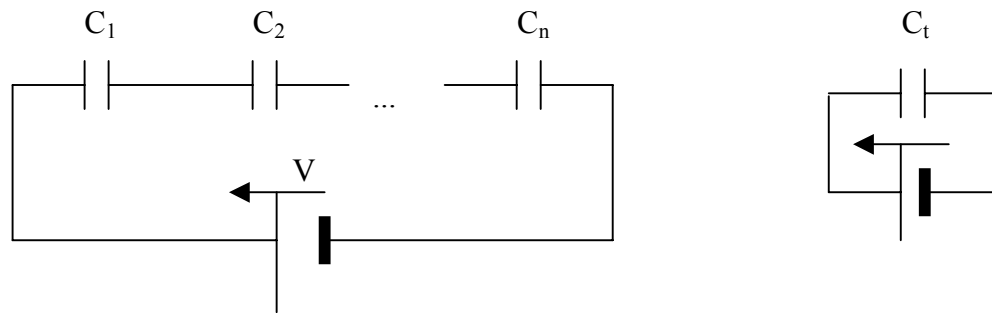


Kapazitate baliokidea kondentsadore guztien kapazitateen batura da.

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

8.6.2. SERIE-ELKARKETA

Kapazitate txikiagoa lortzeko erabiltzen da. Serie-elkarketan, honela konektatzen dira kondentsadoreak: lehenengo, kondentsadorearen armadura negatiboa bigarren kondentsadorearen armadura positiboarekin, eta horrela gainerako kondentsadore guztiak. Amaieran bi armadura aske geratuko dira: pilarekin konektatu behar dira.



Kondentsadore guztiek karga elektriko berdina dute. Guztizko tentsioa kondentsadoreen potentzial-diferentzien batura da.

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

$$V_t = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Kapazitate baliokidearen alderantzizkoa kondentsadore guztien alderantzizkoen batura da.

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

$$C_t = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$



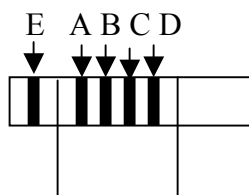
8.7. KONDETSADOREEN NEURKETA

Jarraian ageri den kolore-kodea erabiltzen da kondentsadore baten balio izendatua pikofaradayetan jakiteko:

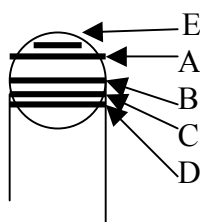
Koloroa	A	B	C	D				E		F			
	1. zifra	2. zifra	Biderkatzailea	Perdoia				Temperatura-koefizientea (ppm/α)	Hizkiak	tentsioa (V)			
				C < 10 pF ± pF	C ≥ 10 pF ± %	Hizkiak				Poliesterra	Styroflexa	Tantaloa	
						C < 10 pF ± pF	C ≥ 10 pF ± %						
Beltza	0	0	10 ⁰	2	20	B	0,1	NP0	A	P100	–	630	10
Marroia	1	1	10 ¹	0,1	1	C	0,25	N033	C	NP0	–	–	–
Gorria	2	2	10 ²	–	2	D	0,5	N075	H	N033	250	160	4
Laranja	3	3	10 ³	–	3	F	1	N150	L	N075	–	–	40
Horia	4	4	10 ⁴	–	–	G	2	N220	P	N150	400	63	6,3
Berdea	5	5	10 ⁵	0,5	5	H	–	N330	R	N220	–	–	16
Urdina	6	6		–	–	J	–	N470	S	N330	630	25	–
Morea	7	7	10 ^{–3}	–	–	K	–	N750	T	N470	–	–	–
Grisa	8	8	10 ^{–2}	0,25	–	M	–	P150 ... N1500	U	N750	–	–	25
Zuria	9	9	10 ^{–1}	1	10	P	–	P100 ... N750	W	N15000	–	–	2,5
Urrea	–	–	–	–	–	R	–	P100	–	–	–	–	–
Urdin iluna	–	–	–	–	–	S	–	N1500	–	–	–	–	–
						Z	–	–20, +80			–	–	

Lehenengo eta bigarren zifra, biderkatzailea, tenperatura-koefizientea eta tentsioa jakiteko kontuan hartu behar da zein kondentsadore-mota den:

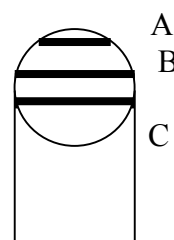
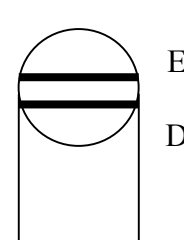
- **Kondentsadore zeramikoak, 1 taldekoak**



Hodi-kondentsadorea

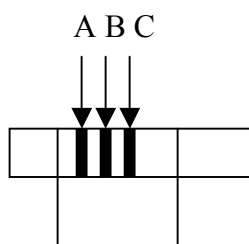


disko handikoak

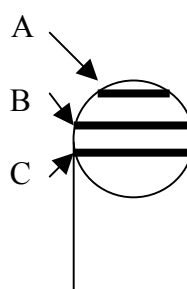
disko txikiagokoak
aurretik

atzetik

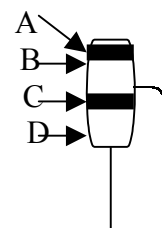
- **Kondentsadore zeramikoak, 2 taldekoak**



Hodi-kondentsadorea

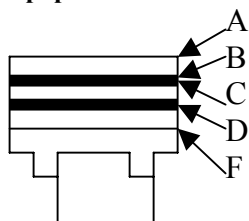


disko handikoak



pin-up kondentsadorea

Plastiko / paper metalizatua



8.8. KONDENTSADORE-MOTAK

Kondentsadoreak bi motatakoak izaten dira:

- Finkoak: kapazitatearen balioa mantentzen dutenak.
- Aldakorrak: kapazitatea bi balio jakinen artean aldatu ahal dutenak. Horretarako erabiltzen dira torloju edo ardatzen mugimenduak.

8.8.1. KONDENTSADORE FINKOAK

Armaduren artean jartzen den dielektrikoaren arabera sailkatzen dira:

8.8.1.1. PAPERETZKO KONDENTSADOREAK

Armadurak aluminio-paperezkoak dira; dielektrikoa, berriz, paperezkoa.

Paperezko kondentsadoreek ez dute inoiz iritsi behar 100 °C inguruko tenperaturara, dielektrikoa deskonposatu egiten baita.

8.8.1.2. KONDENTSADORE ZERAMIKOAK

Material zeramikoak erabiltzen dira dielektriko modura, isolatzaile termiko eta elektriko onak baitira.

Kondentsadore zeramikoen eta paperezkoen osaera antzekoak dira; dielektrikoaren materialean dago desberdintasuna, zeramikoak baita.

Bi eratako kondentsadore zeramikoak daude: tutu-formakoa eta disko-formakoa.

8.8.1.3. PLASTIKOZKO KONDENTSADOREAK

Kasu honetan, dielektrikoa plastikoa da. Hainbat plastiko-mota daudenez, horren arabera sailkatzen dira. Gehien erabiltzen direnak hauek dira: styroflexa, poliesterra eta polikarbonatoa.

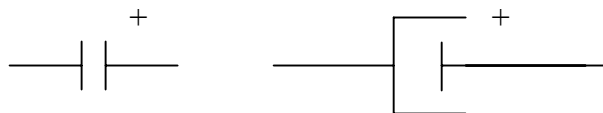
8.8.1.4. KONDENTSADORE ELEKTROLITIKOAK

Kondentsadore elektrolitikoek ezaugarriak hauek dira: alde batetik, kapazitate handia; bestetik, terminalen artean polaritatea izatea, hots, armadura bat beti positiboa izatea eta bestea negatiboa.

Kondentsadore elektrolitikoetako dielektrikoa elektrolisien bidez lortutako oxido-geruza bat da. Dielektriko horren lodiera ezarritako tentsioarekiko proportzionala da.

Normalean aluminiozko tutuetan bilduta kapsuletan sartzen dira. Kapsula armadura negatiboa da.

Kondentsadore elektrolitikoek ikurrak hauek dira:



8.8.2. KONDENTSADORE ALDAKORRAK

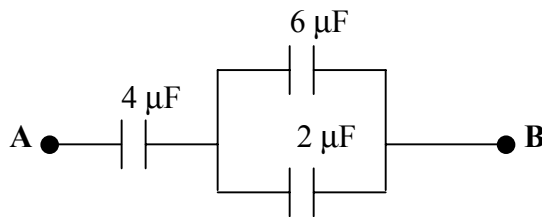
Kondentsadore aldakorrak mugitzen diren armadurak ditu. Armadura horiek ardatz finko bati lotuta mugitzen dira. Biratzearen poderioz handiagoa edo txikiagoa egiten da aurrez aurre dauden armadura metalikoen azalera eta –ondorioz– kapazitatea. Kondentsadore aldakorretan gehien erabiltzen den dielektrikoa airea da. Mika edo plastikoa ere erabili ahal dira.

Kondentsadore aldakorren ikurra honako hau da:

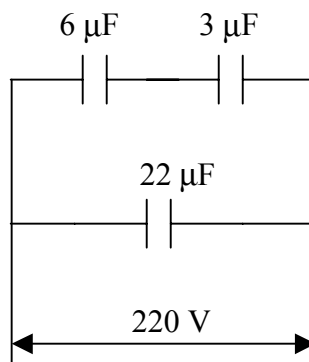


Ariketak

- 2, 4 eta $11\ \mu\text{F}$ -eko hiru kondentsadore paraleloan konektatu eta 220 V-eko sarean ipintzen dira. Kalkulatu:
 - Kondentsadore baliokidearen kapazitatea eta karga.
 - Kondentsadore bakoitzaren tentsioa eta karga.
- 2, 3 eta $6\ \mu\text{F}$ -eko hiru kondentsadore seriean konektatu eta 220 V-eko sarean ipintzen dira. Kalkulatu:
 - Kondentsadore baliokidearen kapazitatea eta karga.
 - Kondentsadore bakoitzaren tentsioa eta karga.
- Ondorengo zirkuituan kalkulatu:
 - A eta B puntuen arteko kapazitate baliokidea.
 - A eta B puntuen artean 12 V-eko potentzial-diferentzia ezartzen bada, zer karga hartuko duen kondentsadore bakoitzak.



- Hurrengo irudian ageri den kondentsadore-elkarketan, kalkulatu:
 - Kondentsadore bakoitzaren karga.
 - Kondentsadore bakoitzean dagoen potentzial-diferentzia.



- $4\ \mu\text{F}$ -eko hiru kondentsadore paraleloan daude. Elkarketa hori seriean dauden hiru kondentsadoreekin (8 , 12 eta $24\ \mu\text{F}$ -ekoak) konektatzen da. Kalkulatu:
 - Elkarketa osoaren kapazitate baliokidea.
 - Borneen arteko tentsioa 500 V-ekoa bada, zein izango den metatutako karga osoa.



Praктика: kondentsadorearen karga eta deskarga

Helburuak

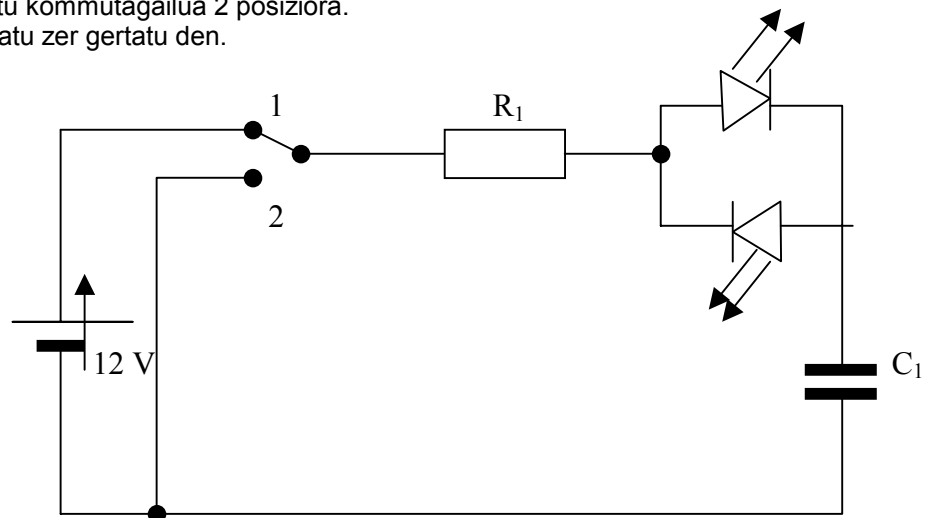
1. Kondentsadorearen karga eta deskarga nola egiten den aztertzea.
2. Elementuak modu egokian erabiltzea.
3. Polimetroa erabiltzea.

Materialak

1. Elikatze-iturria.
2. Polimetroa.
3. Kondentsadorea.
4. Kommutagailua.
5. Bi LED diodo, kolore desberdinekoak.
6. Erresistentzia.
7. Elementuak jartzeko panela.

Prozedura

1. Muntatu zirkuitua irudian agertzen den bezala.
2. Pasatu kommutagailua 2 posiziora.
3. Begiratu zer gertatu den.



Ondorioak

Magnetismoa eta **9** ***elektromagnetismoa***

9.1. IMANAK

Antzinatek da ezaguna magnetita izeneko harria, burdinazko partikulak erakartzeko propietate bitxia duena. Propietate 'magnetikoa' deitzen zaio horri; erakarpenaren eragileari, berriz, 'magnetismoa'.

Magnetitak ez ezik beste elementu batzuek ere badute aipatu gaitasuna, altzairuak bereziki. Aspaldi ohartu ziren zientzialariak magnetitarekin kontaktuan jarritz gero altzairuak bereganatu eta gorde egiten zuela magnetismoa. Elementu magnetikoei 'iman' deitzen zaie.

Naturalak zein artifizialak izaten dira imanak. Berezkoa dute magnetismoa iman naturalek; artifizialek, berriz, beste nonbaitetik eskuratua. Iman artifizialek forma bereziak izaten dituzte, erabilpenaren arabera: normalean barra-, ferra- edo erronbo-itxura.

9.2. POLO MAGNETIKOAK

Honako esperimentu hauek egingo ditugu iman batekin:

- a) Imana burdin karrakaduratan eta atera.

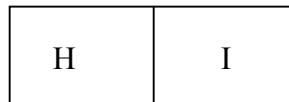
Ohartuko zinetenez, karrakadurak ez zaizkio aldi berean itsasten imanari, hots, era uniformean banatu barik, muturretan pilatzen dira. Imanaren zentroan, aldiz, ez da karrakadurarik ageri.

- b) Iman bat altzairuzko iltze edo orratz bati hurbilduz gero, haren muturretan gogor itsasten dira bata nahiz bestea; baina imanaren zentzora hurbildu ahala moteldu egiten da erakarpen-indarra.

Imanaren forma edozein delarik ere, beti gertatzen da hori. Beraz, propietate magnetikoa ez dago uniformeki banatuta imanean; aitzitik, haren muturretan –imanaren ‘poloetan’, alegia– indar handia hartzen du.

- c) Iman bat zentrotik hari batez lotuta zintzilik jarri eta libre biratzen uzten bazaio, ipar-hegoa orientazioa hartzen du beti. Polo bera jartzen da beti iparralderantz begira; bestea, jakina, beti hegoalderantz.

Ipar geografikorantz begiratzen duen poloari imanaren ‘ipar-poloa’ (I) deitzen zaio; hego geografikorantz begiratzen duenari, berriz, ‘hego poloa’ (H).



Imanek badute ezaugarri berezi bat: poloak bereiztezinak dira, hau da, beti elkarri lotuta daude.

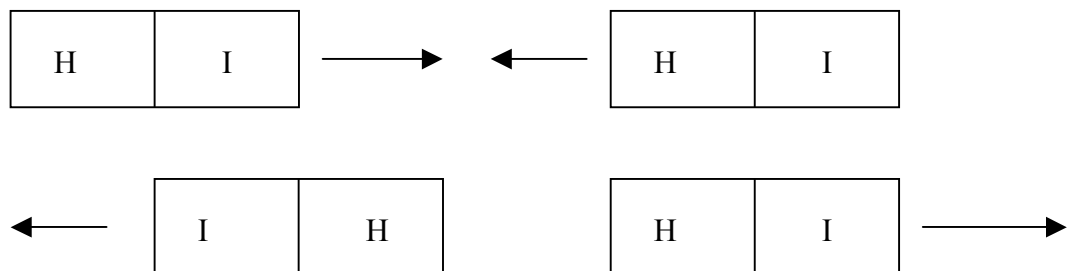
Ezaugarri hori frogatzeko esperimentu hau egitea gomendatzen dizuegu: ‘iman apurtuaren esperimentua’. Iman bat erditik, ‘lerro neutrotik’, zatitzen bada, ez da geratzen ipar-poloa erdi batean eta hego poloa bestean: bi iman sortzen dira, beren ipar eta hego poloekin. Era berean, iman biak berriro zatituz gero lau iman sortzen dira, eta horixe bera gertatzen da imana erdibitzen den bakoitzean, bi iman sortzen direla, alegia. Beraz, poloak ezin dira banandu.

9.3. POLOEN ERAKARPENA ETA ALDARAPENA

Egin honako proba: bi imanen ipar edo hego poloak elkarri hurbildu. Bata bestetik aldaratu egiten dira. Iman baten ipar-poloa eta bestearen hego poloa elkarri hurbilduz gero, ordea, elkar erakarri egiten dute, itsatsi arte.

Esperimentu horrek hauxe frogatzen du:

Zeinu bereko poloek elkar aldaratu egiten dute; kontrako zeinua dutenek, aldiz, elkar erakartzen dute.



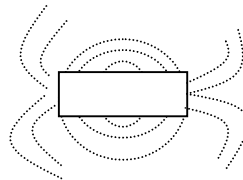
9.4. EREMU MAGNETIKOA

Bi masa magnetiko elkarrengandik aldaratu ahala txikitu egiten da haien arteko erakarpene-
edo aldarapen-indarra. Baieztapen hori frogatzeko, ipini iman baten poloen aurrean burdin
karrakadurak: imana urrundu ahala, erakarpen-indarra gero eta txikiagoa da, hautemanezina
bihurtu arte. Ingurune jakin batzuetatik haratago imanak ez du jada burdina erakartzen.

‘Eremu magnetikoa’: iman baten inguruan dagoen eta bere eragina nabaritzen den gunea.

Eremu magnetikoa ezin da ikusi, baina esperimentu honen bidez gauzatu eta nabarmendu
egiten da:

Kartoi mehe batean iman bat ipini eta inguruan burdin karrakadurak barreiatu. Lerroak
osatuz jartzen dira karrakadurak. ‘Espektrio magnetikoa’ deitzen zaio burdin karrakadurek egiten
duten irudi horri.



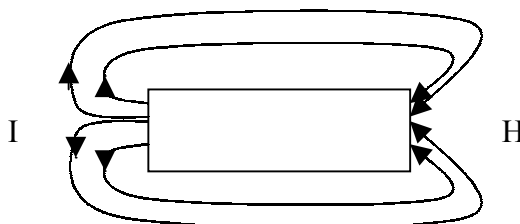
Lehenago aipatu dugu aske biratzen duen iman batek ipar-hego geografikorantz orientatzen
dela. Flotatzen dagoen kortxo baten gainean iman bat ipiniz gero ere gauza bera gertatzen da:
imana ipar-hego geografikorantz orientatzen da.

Aipatu esperimentu horiek Lurrean eremu magnetikoa dagoela adierazten dute. Beraz,
indar-lerroek ipar-hego geografikorantz orientarazten dituzte imanak, kontrako indarrak ez bada
behintzat.

9.5. INDAR-LERROAK

Burdin karrakadurak lerro jakin batzuen arabera orientatzen dira eremu magnetikoaren
barruan, lehentxeago ikusi dugunez. Puntu bakoitzean eremu magnetikoaren norabidea
adierazten duten lerro horiei ‘indar-lerroak’ deitzen zaie.

Dena den, ez da aski indar-lerroek eremu magnetikoaren norabidea adieraztea: noranzkoa
ere zehaztu behar dute. Hori dela eta, konbenioz hartu da indar-lerroak ipar-polutik irteten direla
–kanpoko espazioa zeharkatuz– eta imanaren hego-polutik sartzen direla. Hau da, indar-lerroak
imanaren barrutik hegoaldeetik iparraldera joaten dira; imanaren kanpotik, berriz, iparraldetik
hegoaldera, zirkuitu magnetikoa itxiz.



9.6. IRAGAZKORTASUN MAGNETIKOA

Gorputz guztiek ez dute erraztasun berdina eremu magnetikoren batean indar-lerroak biltzeko. Gaitasun hori zehazten duen koefizientea du gorputz bakoitzak.

'Iragazkortasun magnetikoaren koefizientea' indukzio magnetikoaren eta eremu magnetikoaren intentsitatearen arteko erlazioa adierazten duen konstantea da. Ez du dimentsiorik; unitate erlatiboa da.

$$\mu = \frac{\beta}{H}$$

μ = iragazkortasun magnetikoaren koefizientea

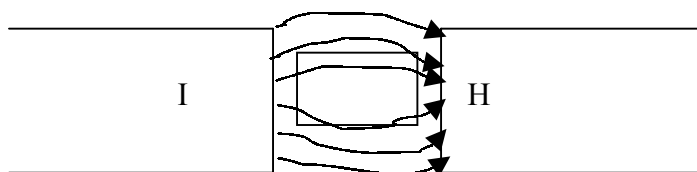
β = indukzio magnetikoa [T]

H = eremu magnetikoaren intentsitatea [A/m]

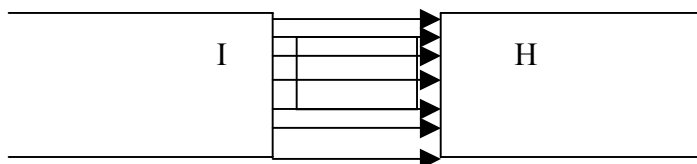
Koefiziente horren arabera, hiru gorputz-mota daude:

- Ferromagnetikoak ($\mu > 1$), indar-lerroak kontzentratzeko gai direnak (burdina, kobaltoa, nikela...).
- Paramagnetikoak edo ez-magnetikoak ($\mu = 1$), indar-lerroak kontzentratzeko eta sakabanatzeko gai ez direnak (aluminioa, titanioa, beruna...).
- Diamagnetikoak ($\mu < 1$), indar-lerroak sakabanatzeko gai direnak (kobrea, kadmioa, merkurioa...).

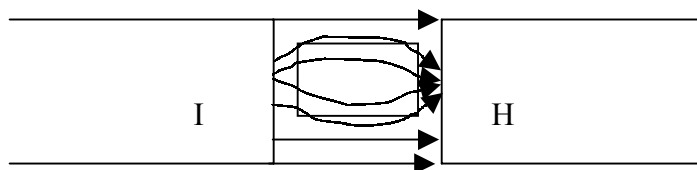
Ferromagnetikoak ($\mu > 1$),



Paramagnetikoak edo ez-magnetikoak ($\mu = 1$),



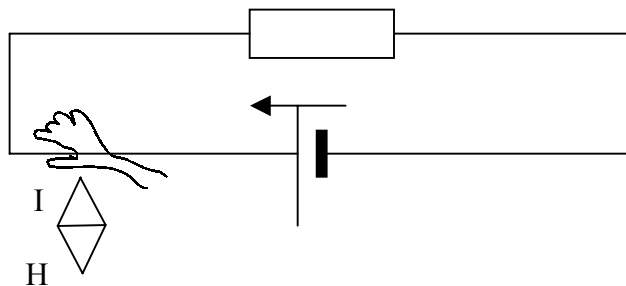
Diamagnetikoak ($\mu < 1$)



9.7. ELEKTROMAGNETISMOA

Oersted zientzialaria honako honetaz ohartu zen: korrante elektrikoaren inguruan imanetan eragina zuen egoera magnetikoa sortzen zela. Geroago, korrante elektrikoa daraman eroalearen ondoan jartzen den iparorratzaren desbideraketak aztertu zituen Amperek. Ondorioa, hauex: iparorratzaren ipar-poloaren desbideraketaren noranzkoa 'eskuineko eskuaren arauaz' zehazten dela.

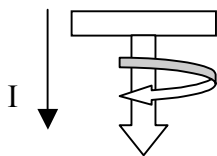
Eskuineko eskua –behera begira dagoela– eroalearen gainean ipintzen bada, erpuuak korrante elektrikoaren noranzkoa adierazten duela, gainerako atzaparrek ipar-poloaren noranzkoa adierazten dute.



Eroaletik korronterik igarotzen ez bada, iparorratzak iparralderantz begiratzen du; korrontea igarotzen bada, ordea, iparorratza eroalearekiko zut jartzen da.

Aipatu eremu magnetikoa korrante elektrikoa eroale batetik igarotzen denean ere nabaritu ahal da, baita eroaleak plano zut batean dagoen kartoi mehe bat –burdin karrakadurak dituen– gurutzatzen duenean ere. Kartoiak ikusten da burdin karrakadurak eroalearen inguruan zirkulu zentrokideak eginez orientatzen direla: eroaletik zenbat eta hurbilago, orduan eta pilatuagoak. Zirkulu horiek sortutako eremu magnetikoaren indar-lerroak dira.

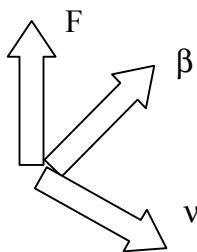
Aipatu esperimentua oinarri harturik honako legea finkatu zuen Maxwellek: "Korrante batek eroalearekiko zut dagoen plano batean eremu magnetikoa sortzen du; horren indar-lerroen –'indukzio-lerroen'– noranzkoa 'kortxo ateratzeko arauaren' arabera izaten da. Korrontek kortxo ateratzeko noranzkoaren arabera egiten du aurrera".



9.8. INDUKZIO MAGNETIKOA

Eroale batetik I balioko intentsitatearen korrante elektrikoa zirkulatzen badu eta aipatu eroalea eremu magnetikoan sartzen bada, F indarra sortzen da. Eroalea eremu magnetikotik ateratzen saiatzen da indar hori indukzio-lerroekiko zut dagoen plano batean. Indar horren noranzkoa Fleming-en teoriaren edo ezker-eskuinekoaren arabera finkatzen da.





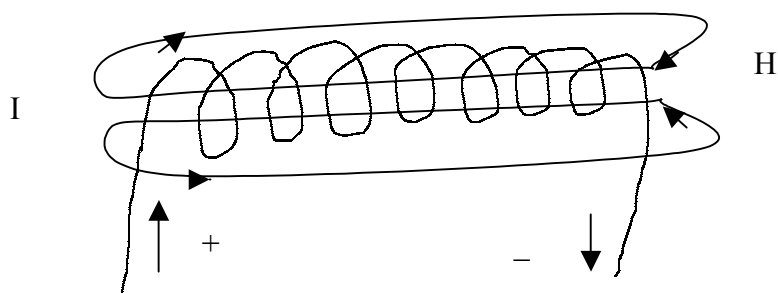
Ezker-eskuineko araua honela erabiltzen da: erpurua, erakuslea eta erdiko hatza triedro zuzena eratzeko moduan ipini behar dira. Erpuruak indarraren noranzkoa adierazten du; erakuslea, eremu magnetikoarena; erdikoak, higidurarena.

Indukzio magnetikoaren unitatea 'tesla' (T) da. Unitate hori oso handia denez, askotan 'gauss' (G) unitatea erabiltzen da.

$$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$$

9.9. SOLENOIDEAK EDO HARILAK SORTZEN DUEN EREMU MAGNETIKOA

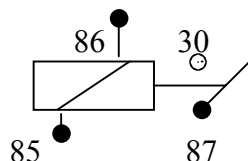
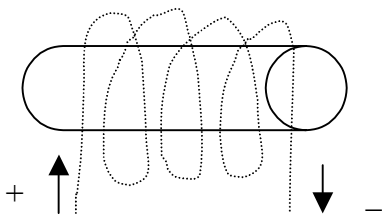
Eroale isolatu bat (kobrea, adibidez) hartu eta biribilka, zirkuluak eginez, haril bat egiten bada, solenoidea edo harila eraikitzen da. Harilaren bira bakoitzari 'espira' deitzen zaio.



Espira bakoitzetik intentsitate berak zirkulatzen duenez, guztietan eremu magnetikoa sortzen da. Normalean eremu magnetiko bortitz eta uniformeak eragiten du horrek.

9.10. ELEKTROIMANA

Solenoidearen eremu magnetikoa handitu egiten da harilaren barruan burdina gogorrezko barra bat sartzen bada. Horrela eraikitako elementuari 'elektroimana' deitzen zaio.



Erdieroaleak 10

10.1. DEFINIZIOA

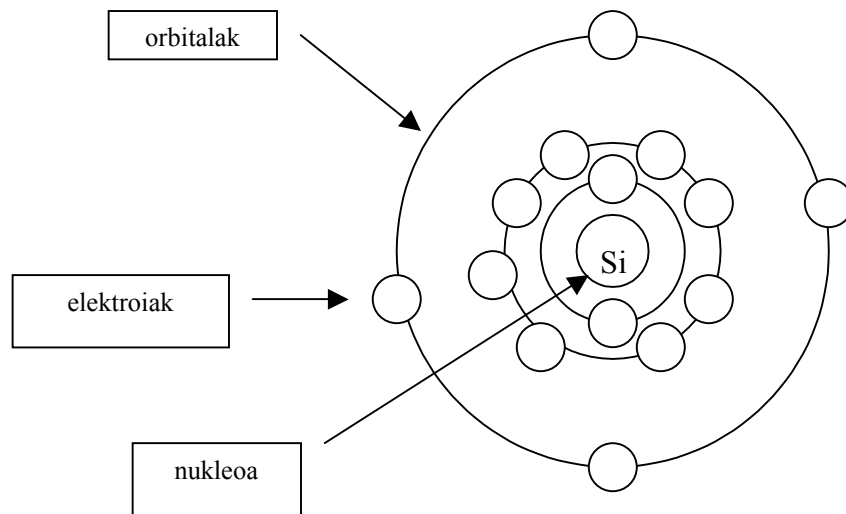
Erdieroaleak 20 °C-tan erresistibitatea isolatzaileen eta eroaleen artean duten materialak dira. Erdieroaleen erresistibitatea handitu egiten da tenperatura jaisten denean. Bestalde, isolatzaile-lana egiten dute erdieroaleek zero absolutuaren inguruan ($0\text{ K} = -273\text{ °C}$).

Erabilienak silizioa (Si) eta germanioa (Ge) dira.

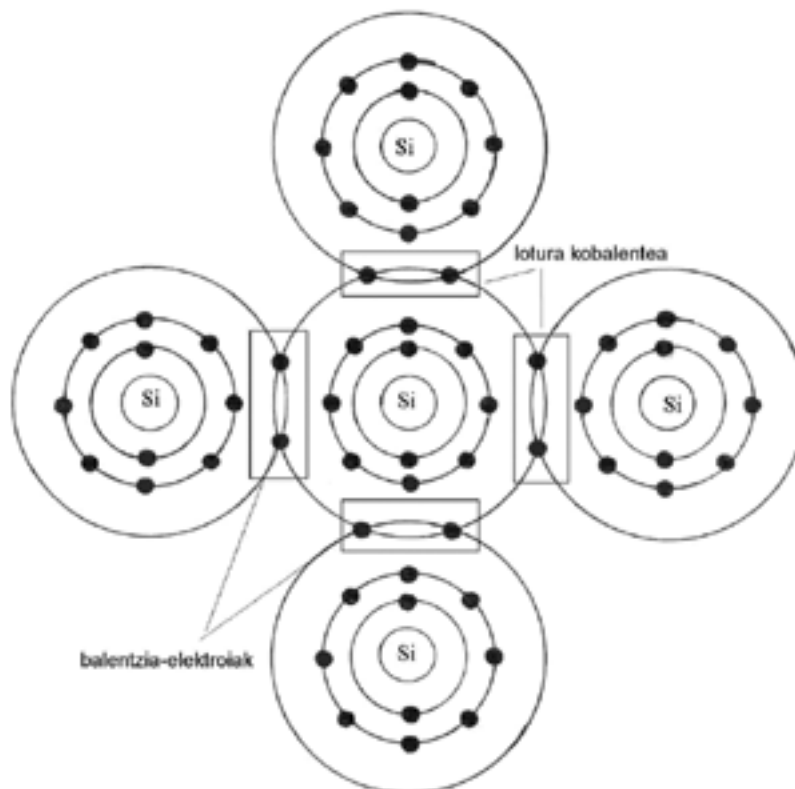
10.2. ERDIEROALE INTRINTSEKOAK

Erdieroale intrintsekoak elementu bereko atomoz bakarrik osatuta daude (silizioz, adibidez). Erdieroale intrintsekoei 'erdieroale puruak' ere deitzen zaie.

Irudian duzue silizioaren konfigurazio elektronikoa:



Irudian ikusten da silizioaren 14 elektroien banaketa elektronikoa. Azkeneko geruzan 4 elektroie geratzen dira, 'balentzia-elektroiak' izenekoak. Azken orbital hori betetzeko (orokorrean 8 elektroie behar izaten ditu) 4 elektroie gehiago hartu behar dira. Falta diren 4 elektroie horiek alboko atomoekin partekatzen dituzte elektroiek, lotura kobalenteen bidez. Lotura horren oinarrizko egitura irudian ikusten da.



Germanioaren eta silizioaren kristal-egituran atomo bakoitza beste lau atomoz inguratuta dago.

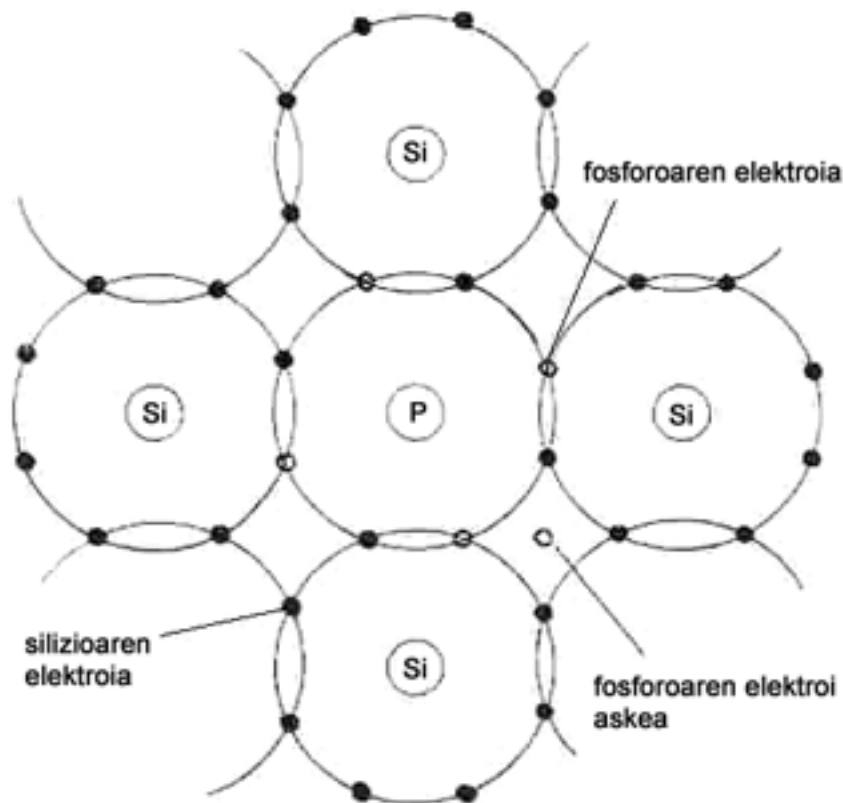


10.3. ERDIEROALE ESTRINTSEKOAK

Erdieroaleen ezaugarriak aldatu egiten dira beste atomo batzuk (ezpurutasunak) haien kristal-egituran sartuz gero. Elementu desberdinak sartze-prozesuari 'erdiroalearen dopaketa' deitzen zaio. Lortzen den erdiroalea, berriz, estrintsekoa da.

10.3.1. N MOTAKO ERDIEROALEAK

Silizioaren edo germanioaren kristal-egituran 5 balentzia-elektroi dituen elementu bat sartzen bada –fosforoa, adibidez–, irudian ageri den egoeraren antzekoa sortzen da.



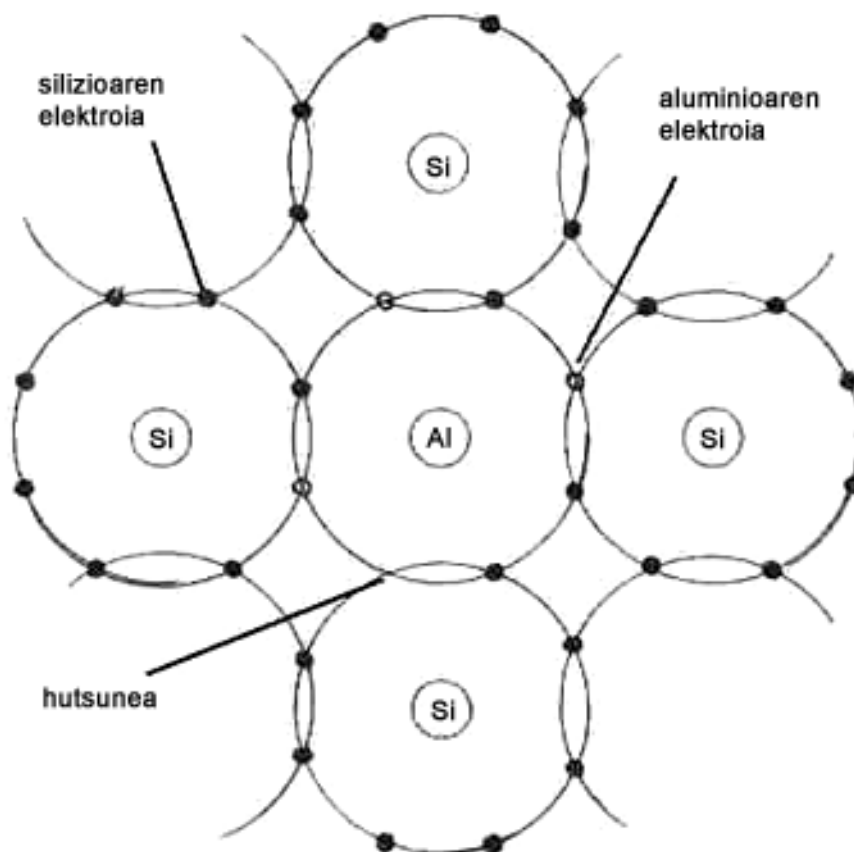
Fosforoaren elektroi askea duzue irudian. Inguruko silizioaren lau atomoek bete dute haren azken orbitala, lotura kobalenteen bidez. Fosforoaren bosgarren balentzia-elektroiak, berriz, ez dauka bere azken geruza betetzeko silizio-atomorik.

Erdieroaleak elektroi aske bat duenez (edo gehiegizko elektroi bat), karga elektriko positiboa du. Hori dela-eta, 'N motako erdiroalea' deitzen zaio.



10.3.2. P MOTAKO ERDIEROALEAK

Elementu pentabalente bat (5 balentzia-elektroi dituen) sartu ordez –aurreko kasuan bezala–, elementu erdieroale tribalente batekin dopatzen bada (aluminioarekin, adibidez: 3 balentzia-elektroi ditu), silizioaren atomo batek ez du betetzen lotura kobalente bat, hots, elektroi bat falta da aipatu lotura betetzeko, irudian ikusten den bezala.



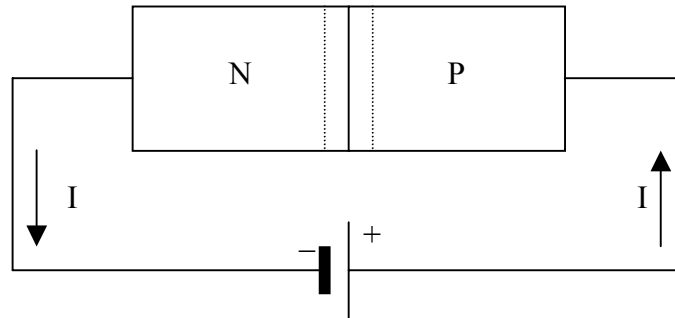
Elektroi baten ezari 'hutsunea' deitzen zaio. Elektroiak duen kargaren balio berbera du, baina zeinu positiboa.

10.4. PN JUNTURA

N motako erdieroale baten materiala eta P motako beste batena elkarrekin kontaktuan jarritz gero PN erdieroalearen lotura lortzen da. Bi kristal horiek lortzean, bi elektroi-hutsune sortzen dira junturaren ondoan (difusiogunean), biek baitute gehiegizko karga (N kristalak elektroi gehiegi, karga negatiboa; P kristalak hutsune gehiegi, karga positiboa).

10.4.1. PN JUNTURA ZUZENKI POLARIZATUA

PN juntura pila batekin konektatzen bada, P kristala borne positiboarekin eta N kristala borne negatiboarekin lotuz, PN juntura 'zuzenki polarizatzen' da.



Tentsioa aplikatzean, korronea higitzen da erdieroaletik. Pilaren potentziala dela eta, potentzial-langa desagertu egiten da $-P$ kristaleko hutsuneak N kristalera joaten dira, eta N kristaleko elektroioak P kristalera— eta korrone elektrikoa sortzen da.

PN juntura zuzenki polarizatuta badago, erresistentzia oso txikia izaten du eta etengailu itxia bezala funtzionatzen du.

10.4.2. PN JUNTURA, ALDERANTZIZ POLARIZATUA

PN juntura alderantziz polarizatzen bada —hots, P kristala potentzial negatiboarekin eta N kristala potentzial positiboarekin konektatzen bada— potentzial-langa handiagotu egiten da eta korrone elektrikoak ez du junturatik zirkulatu. Korrone txikia izaten da, berez, —'alderantzizko asetasun-korronea' deritzona—, elektroio gutxi batzuek lortzen baitute potentzial-langa gurutzatzea. Aipatu efektu hori aplikatutako alderantzizko tentsioaren balioa txikia bada gertatzen da. Aplikatutako alderantzizko tentsioaren balioa lortzen badu, berriz, 'Zener efektua' deritzona gertatzen da.

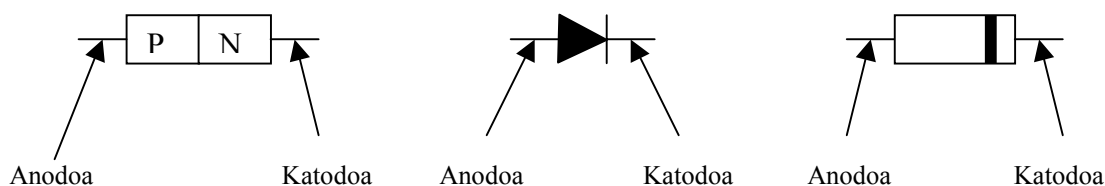
Alderantziz polarizatua dagoenean, PN junturak erresistentzia oso handia du eta etengailu ireki bezala funtzionatzen du.

Laburbilduz, aplikatutako polarizazioaren arabera onartzen du (edo ez) PN junturak korrontearen zirkulazioa.

10.5. DIODO ERDIEROALEAK

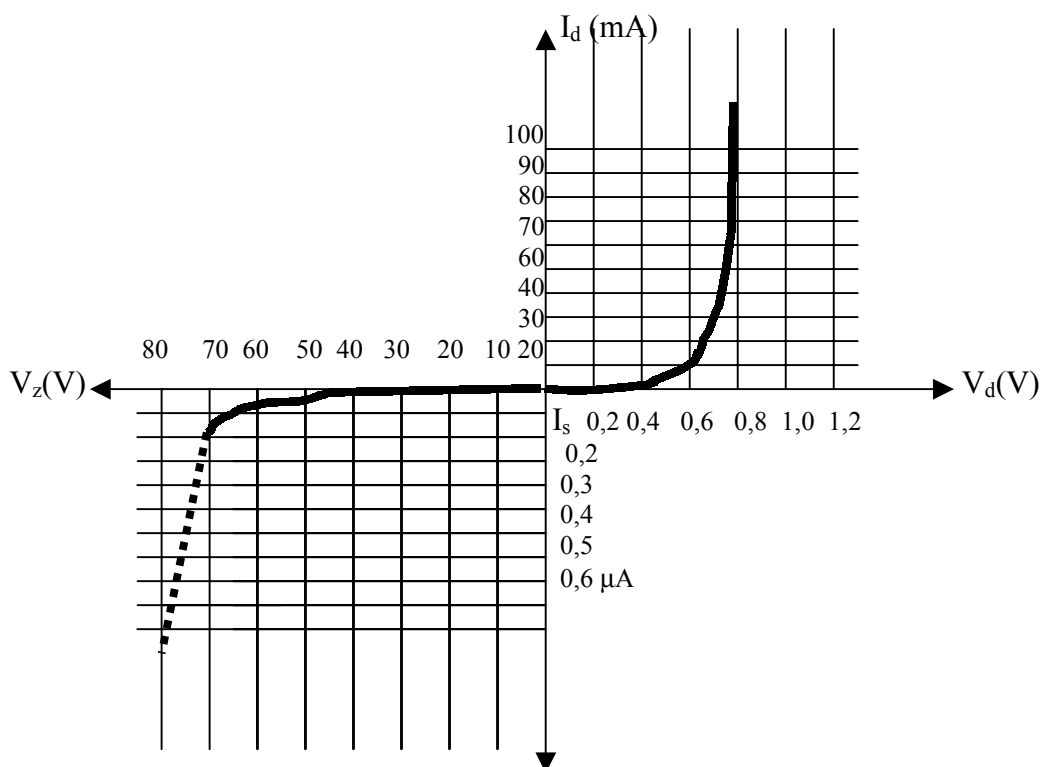
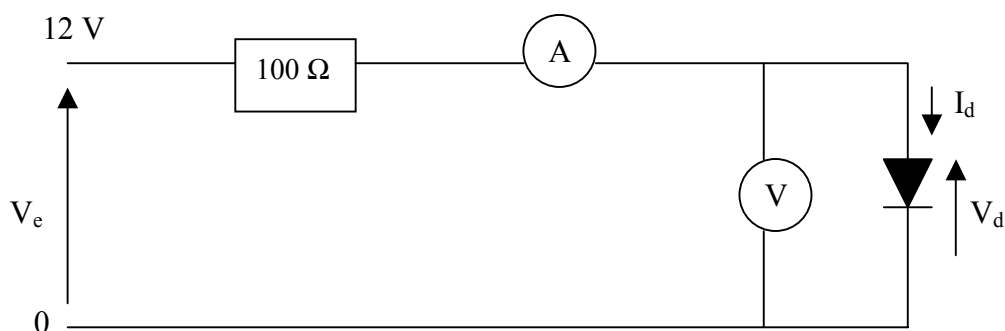
PN lotura oinarri duen elementua da diodoa. Zuzenki polarizatua dagoenean onartzen du korrontearen zirkulazioa; alderantziz polarizatua dagoenean, berriz, korronea blokeatu egiten du. Diodoaren terminalak 'anodoa' —elektrodo positiboa, P kristala— eta 'katodoa' —elektrodo negatiboa, N kristala— dira. Kontuan hartu behar da diodoen polaritatea zirkuituetan erabiltzen direnean.

Irudian dituzue diodoaren egitura, ikurra eta itxura. Markatuta dagoen bornea katodoa da.



10.5.1. DIODOAREN EZAUGARRI-KURBA

Diodoaren ezaugarri-kurba lortzeko irudian dagoen zirkuitua muntatu behar da. Ondoren, tentsioa 0 V-etik 12 V-era igoz lortzen da diodoaren ezaugarri-kurba, zuzenki polarizatua dagoenean; diodoaren ezaugarri-kurba alderantziz polarizatua dagoenean, berriz, tentsioaren polaritatea aldatuz eta handiagotuz.



Irudian ikusten denez, diodoa zuzenki polarizatua dagoenean korronteak balio jakin bat gainditzen du ('atari-tentsioa' deritzona), azkar handitzen baita. Aipatutako tentsioaren balioa materialaren arabera izaten da: silizioarentzat 0,6 V, germanioarentzat 0,2 V.

Alderantziz polarizatuta dagoenean, korronte txiki batek zirkulatzen du diodotik: alderantzizko asetasun-korronteak. Korronte horren balioa ez du aldatzen aplikatutako tentsioak, harik eta Zener tentsioa gainditzen ez duen arte.

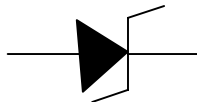
10.6. ZENER DIODOAK

Diodoa alderantziz polarizatzen eta polarizazio-tentsioa azkar handitzen bada, diodoak korronteari iragaiten utzi egiten dio halako momenturen batean. 'Haustura-puntua' edo Zener tentsioa deitzen zaio aipatu momentuari.

Haustura gertatzen den tentsio maila oso konstantea da. Korronteak onartzen duen balio maximoa gainditzen ez duen bitartean, fenomeno itzulgarria da. Zener diodoa alderantziz polarizatuta lan egiteko diseinatuta dago, haustura-tentsioa jasoz. Hori dela eta, tentsio-egonkorgailu gisa erabiltzen da.

Laburbilduz, Zener diodoak PN juntura gisa –hots, diodo arrunt baten gisa– lan egiten du zuzenki polarizatua dagoenean; aitzitik, hutsune tentsioa baino alderantzizko tentsio handiagoa aplikatzen bazaio, korronteak anodotik katodora zirkulatzen du, diodoaren ezaugarriak berreskuratuz aplikatutako balioa jaisten bada.

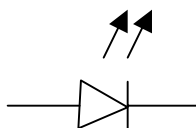
Zener diodoaren ikurra honako hau da:



10.7. LED DIODOAK

LED diodoak (Light Emitter Diode edo diodo 'argi-igorleak') PN juntura batez eginak daude. Zuzen polarizatuta daudenean, berariazko uhin-luzerako argi-erradiazioa igortzen dute, supereroaleek juntura gurutzatzen dutenean sortzen den energia argi forman askatzen baita.

LED diodoaren ikurra honako hau da:

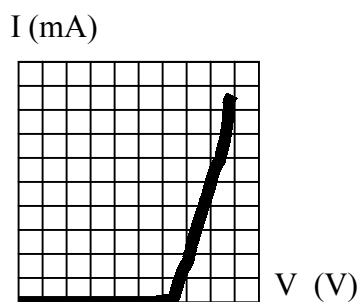


Diodoak direnez, polaritatea kontuan hartu behar da; beraz, bereizi egin behar dira anodoa eta katodoa.

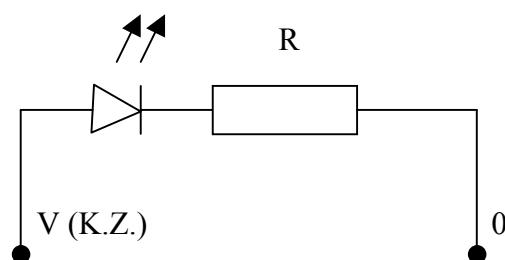
LED diodo-mota guztien inguruko datuak

Kolorea	Uhin-luzera	Zuzen polarizatutako tentsioa
Infragorria	900 nm	1,3 V
Gorria	650 nm	1,7 V
Laranja	610 nm	2,0 V
Horia	590 nm	2,5 V
Berdea	560 nm	2,5 V
Urdina	480 nm	4,0 V

LED diodoak erresistentzia batekin seriean konektatu behar dira, haietatik igarotzen den intentsitatea mugatzeko eta lan-puntua finkatzeko ezaugarri-kurbaren barruan zuzen polarizatuta daudenean.



$$V = 1,4 \text{ V}$$



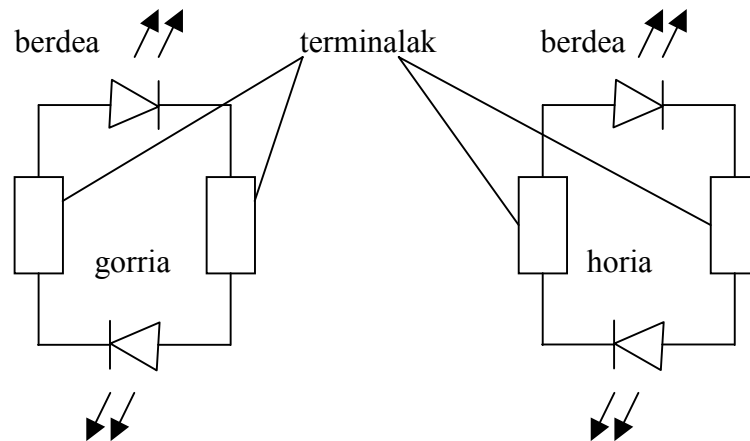
$$R = \frac{V_{kz} - V}{I}$$

Aplikazio askotarako, argi-intentsitatearen balio egokia lortzen da I_D 5÷25 mA bitartean LED gorrietan eta I_D 10÷40 mA bitartean LED berde eta horietan. Jarraian duzun taulan ageri dira tentsioetarako gehien erabiltzen diren erresistentzien balioak.

	TENTSIOA			
KOLOREA	5 V	12 V	15 V	24 V
Gorria	270 Ω	1 k Ω	1,2 k Ω	2,2 k Ω
Berdea	120 Ω	470 Ω	560 Ω	1 k Ω

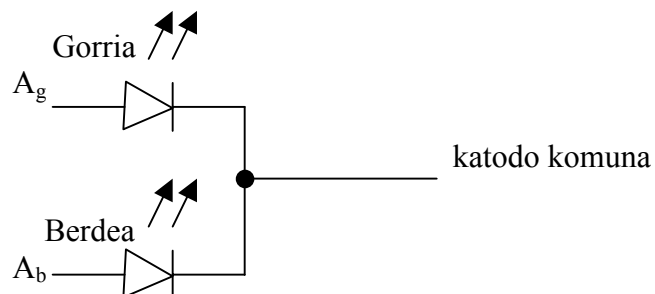
10.7.1. BI KOLOREKO LED DIODOAK

Gailu hauek paraleloan eta alderantziz –‘antiparaleloan’ ere deitzen zaio– konektatuta dauden bi diodo dituzte. Normalean polaritatea detektatzeko erabiltzen dira.



10.7.2. HIRU KOLOREKO LED DIODOAK

Bi LED diodo izaten dituzte –bata berdea, bestea gorria– katodo komuneko egituran. Gailu honek 4 egoera adieraz ditzake: amatatuta, gorria, berdea eta horia, diodo biak zuzen polarizatuta daudenean.



Praġtika: diodoak frogatzea

Helburuak

1. Diodo-mota guztien anodoa eta katodoa identifikatzea

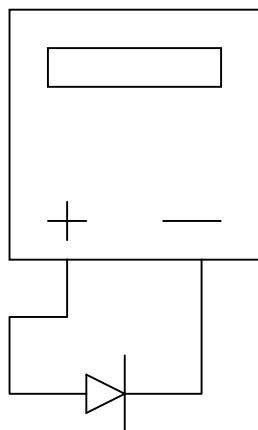
Materialak

1. Diodo-mota batzuk.
2. Polimetroa.
3. Kableak

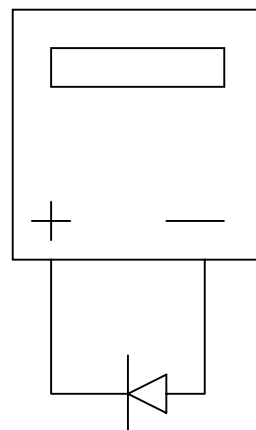
Prozedura

1. Irudian ageri diren zirkuituak muntatzea. Diodoa zuzen polarizatuta badago (1. irudia) erresistentzia oso txikia izango da; alderantziz polarizatuta badago (2. irudia), oso handia.

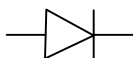
1. irudia



2. irudia



2. Polimetroetan badago aukera bat diodoak zuzen egiaztatzeko, honako ikur hau duena:



Funtzio honek emaitza berberak eragiten ditu.

Jasotako datuak

Diodo-mota	Erresistentzia	
	Zuzen polarizatuta	Alderantziz polarizatuta

Ondorioak

Praktika: uhin-erdiko artezgailua

Helburuak

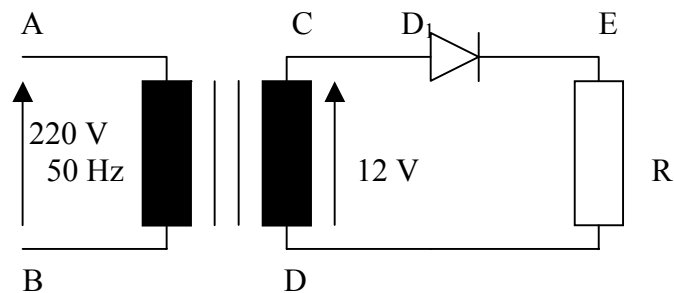
1. Uhin-erdiko artezgailuaren funtzionamendua aztertzea.
2. Elementuak haien ikur normalizatuekin elkartzea.
3. Balio teorikoak eta praktikoak egiaztatzea.
4. Neurgailuak modu egokian erabiltzea.

Materialak

1. Polimetroa.
2. Osziloskopioa.
3. 1N4007 diodoa.
4. $470\ \Omega$ -eko erresistentzia.
5. 220 V-12 V-eko transformadorea.
6. Kableak.

Prozedura

1. Irudian ageri den zirkuitua muntatzea.



2. Transformadorearen sarrera-tentsioa V_{AB} osziloskopioan ikustea eta neurtzea.
3. Transformadorearen irteera-tentsioa V_{CD} osziloskopioan ikustea eta neurtzea.
4. Diodoaren borneetan dagoen tentsioa V_{CE} osziloskopioan ikustea eta neurtzea.
5. Erresistentziaren borneetan dagoen tentsioa V_{ED} osziloskopioan ikustea eta neurtzea.
6. Begiratzea diodoaren borneetan dagoen tentsioa gehi erresistentziaren borneetan dagoen tentsioa transformadorearen irteera-tentsioa den.
7. Uhin guztiak irudikatzea.

Jasotako datuak

Ondorioak

Praktika: uhin osoko artezgailua

Helburuak

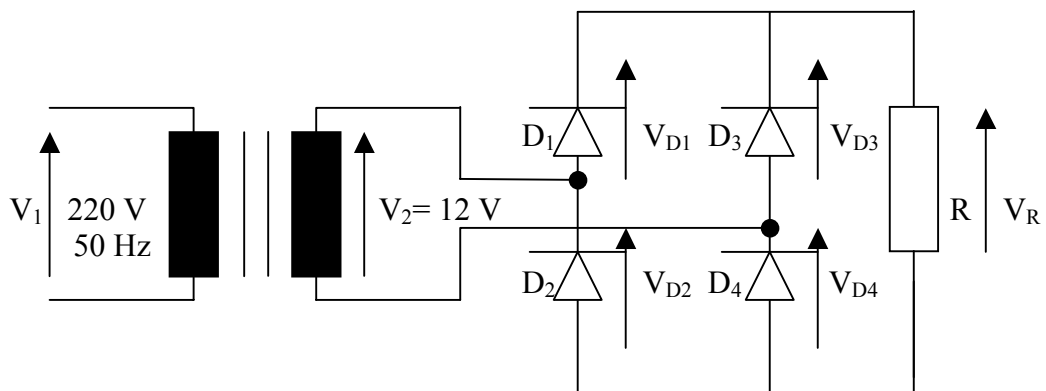
1. Uhin-erdiko artezgailuaren funtzionamendua aztertzea.
2. Elementuak haien ikur normalizatuekin elkartzea.
3. Balio teorikoak eta praktikoak egiaztatzea.
4. Neurgailuak modu egokian erabiltzea.

Materialak

1. Polimetroa.
2. Osziloskopioa.
3. 1N4007 lau diodo.
4. $470\ \Omega$ -eko erresistentzia.
5. 220 V-12 V-eko transformadorea.
6. Kableak.

Prozedura

1. Irudian ageri den zirkuitua muntatzea.



2. Transformadorearen sarrera-tentsioa V_1 osziloskopioan ikustea eta neurtzea.
3. Transformadorearen irteera-tentsioa V_2 osziloskopioan ikustea eta neurtzea.
4. Diodoaren borneetan dauden tentsioak V_{D1} , V_{D2} , V_{D3} eta V_{D4} osziloskopioan ikustea eta neurtzea.
5. Erresistentziaren borneetan dagoen tentsioa V_R osziloskopioan ikustea eta neurtzea.
6. Begiratzea diodoaren borneetan dauden tentsioak erresistentziaren borneetan dagoena den.
7. Uhin guztiak irudikatzea.

Jasotako datuak

Ondorioak

Praktika: uhin osoko artezgailua, kondentsadore-iragazkiarekin

Helburuak

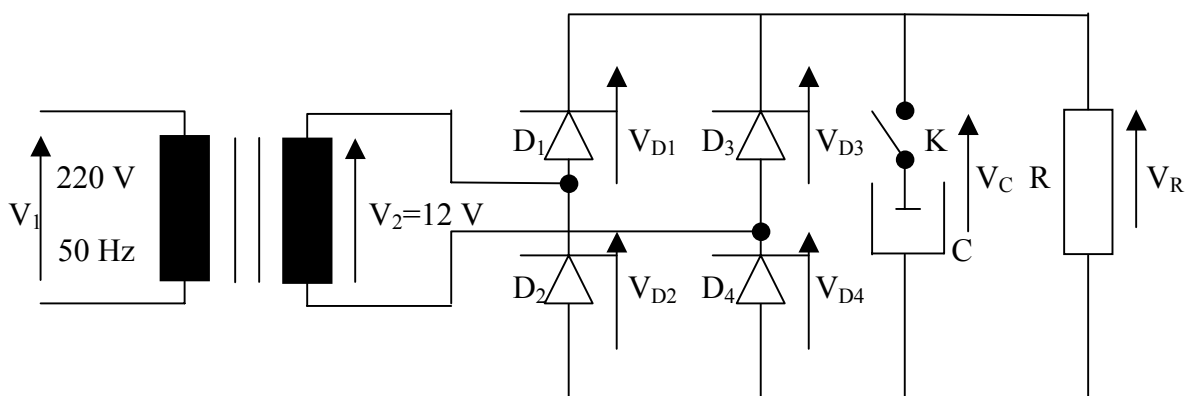
1. Kondentsadore-iragazkiaren funtzionamendua aztertzea.
2. Elementuak haien ikur normalizatuekin elkartzea.
3. Balio teorikoak eta praktikoak egiaztatzea.
4. Neurgailuk modu egokian erabiltzea.

Materialak

1. Polimetroa.
2. Osziloskopioa.
3. 1N4007 lau diodo.
4. $470\ \Omega$ -eko erresistentzia.
5. $470\ \mu\text{F}$ / 12 V-eko kondentsadorea.
6. 220 V-12 V-eko transformadorea.
7. Kableak.
8. K etengailua

Prozedura

1. Irudian ageri den zirkuitua muntatzea.



2. Etengailua itxi gabe V_1 , V_2 , V_{D1} , V_{D2} , V_{D3} , V_{D4} eta V_R ikustea eta neurtzea.
3. Etengailua itxi eta berriro balioak ikustea eta neurtzea.
4. Uhin guztiak irudikatzea.

Jasotako datuak

Ondorioak

Praġtika: uhin osoġo artezgailua ġondentsadore-iragazġiareġin eta Zener diodoareġin

Helburuak

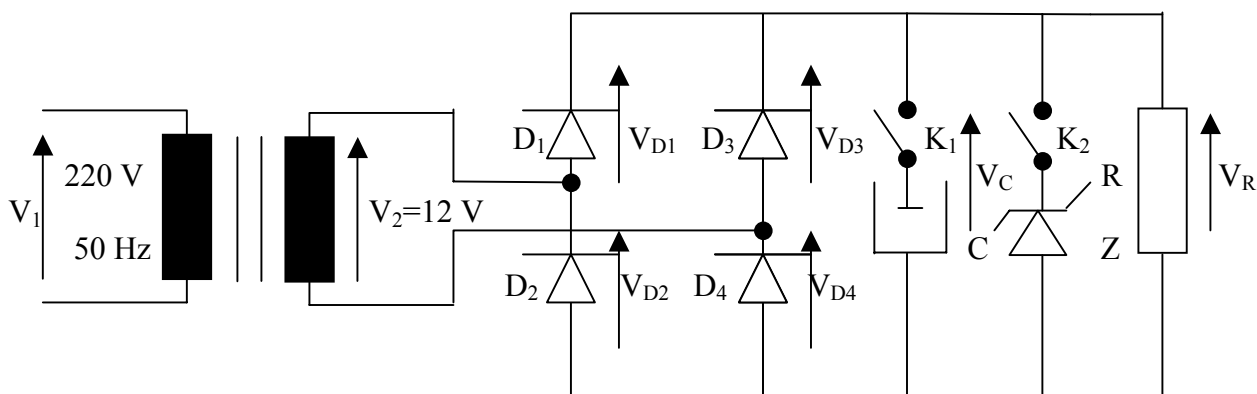
1. Zener diodoaren funtzionamendua aztertzea.
2. Elementuak haien ikur normalizatuġekin elkartzea.
3. Balio teorikoak eta praxtikoak egiaztatzea.
4. Neurgailuak modu egokian erabiltzea.

Materialak

1. Polimetroa.
2. Osziloskopioa.
3. 1N4007 lau diodo.
4. 470 Ω -eko erresistentzia.
5. 470 μF / 12 V-eko kondentsadorea.
6. 220 V-12 V-eko transformadorea.
7. Kableak.
8. K1 eta K2 etengailuak.

Prozedura

1. Irudian ageri den zirkuitua muntatzea.



2. K1 etengailua itxi gabe V_1 , V_2 , V_{D1} , V_{D2} , V_{D3} , V_{D4} eta V_R ikustea eta neurtzea.
3. K1 etengailua itxi eta berriro balioak ikustea eta neurtzea.
4. K2 etengailua itxi eta berriro balioak ikustea eta neurtzea.
5. Uhin guztiak irudikatzea.

Jasotako datuak

Ondorioak

Osagai elektronikoak

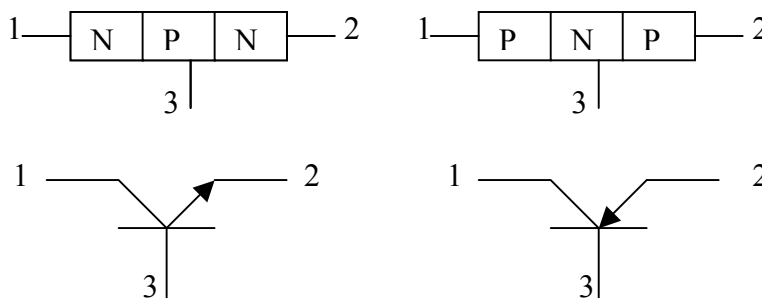
11

11.1. TRANSISTORE BIPOLARRA

Transistorea elementu erdieroalea da, hiru zatiz osatua: P motako bi erdieroaleez eta N motako batez, edo alderantziz, N motako biz eta P motako batez.

Zati horien ordenaren arabera, izen desberdinak hartzen dituzte: NPN edo PNP. Transistoreak hiru terminal ditu: kanpoko biei 'igorle' eta 'kolektore' deitzen zaie; erdikoari, berriz, 'basea'. Terminal hauek ez dira trukagarriak; hori dela-eta, zirkuitu batean muntatzen direnean kontuan hartu behar da non kokatzen den terminal bakoitza.

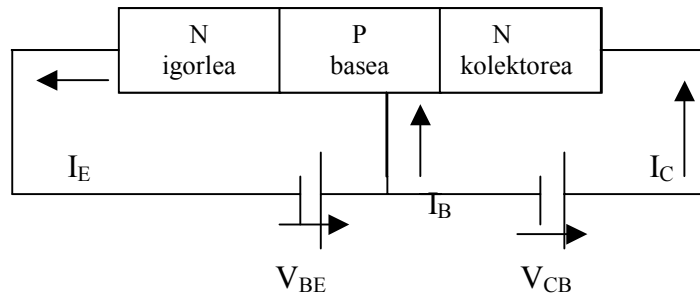
Hona hemen elementu horien egiturak eta ikurrak:



1 kolektorea
2 igorlea
3 basea

Base terminala igorlearen eta kolektorearen artean egoten da eta transistoretik igarotzen den korrontearen intentsitatea kontrolatzen du. Igorleak –gezi batez irudikatzen da– eroaleak ematen ditu; kolektoreak, berriz, aipatu eroaleak hartzen ditu.

Bi juntura daude transistorean: base-igorlea eta base-kolektorea. Transistoreak eroan dezan modu honetan polarizatu behar dira: basea-igorlea zuzenki polarizatua eta basea-kolektorea alderantziz polarizatua.



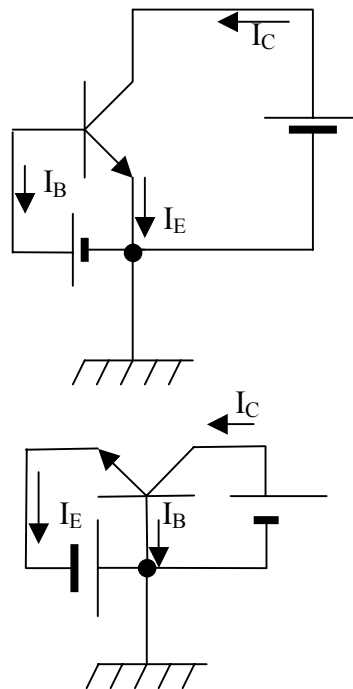
Honako bi arauak betetzen dira beti transistore guztietan:

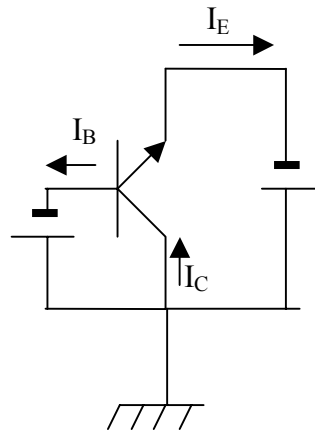
$$I_E = I_B + I_C$$

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

Hiru eratarik konekta daitezke transistoreak, anplifikadore gisa lan egiten dutenean:

- Igorle komun gisara (gehien erabiltzen dena).
- Kolektore komun gisara.
- Base komun gisara.



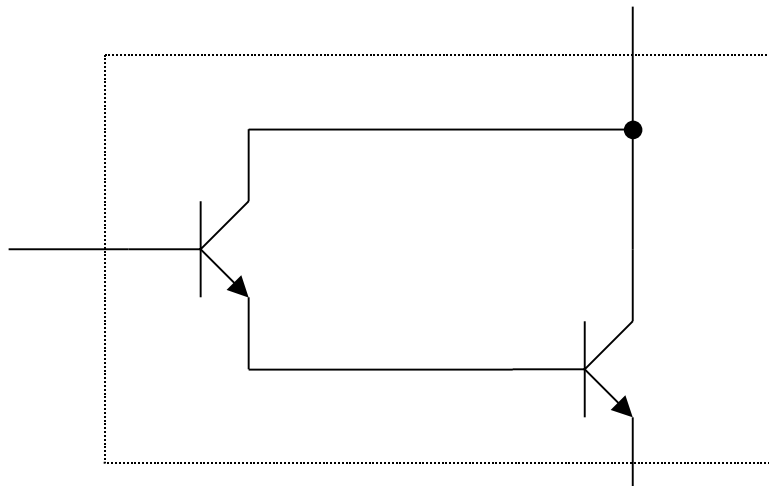


11.2. DARLINGTON ANPLIFIKADOREA

Darlington anplifikadorea bi transistorez osatutako anplifikadore-sistema da. Muntatzen denean, transistore baten eroapenak bestearena eragiten du. Akoplamendu hori oso erabilia da. Darlington anplifikadorea kapsula bakar batean integratzen da.

Anplifikadorearen ezaugarriak honako hauek dira:

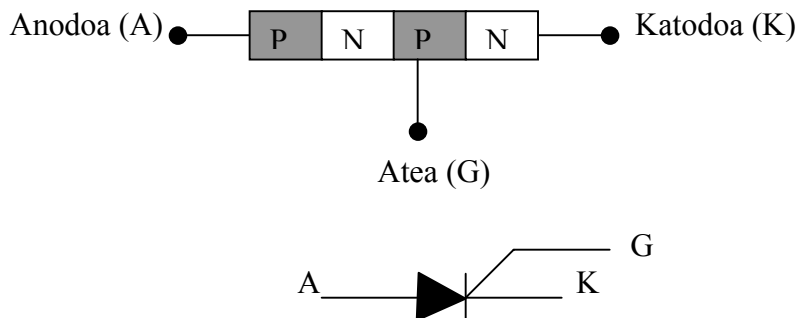
- Korrante-irabazia, oso handia.
- Sarrera-inpedantzia handia.
- Transistore biak kapsula batean sartzen dira.



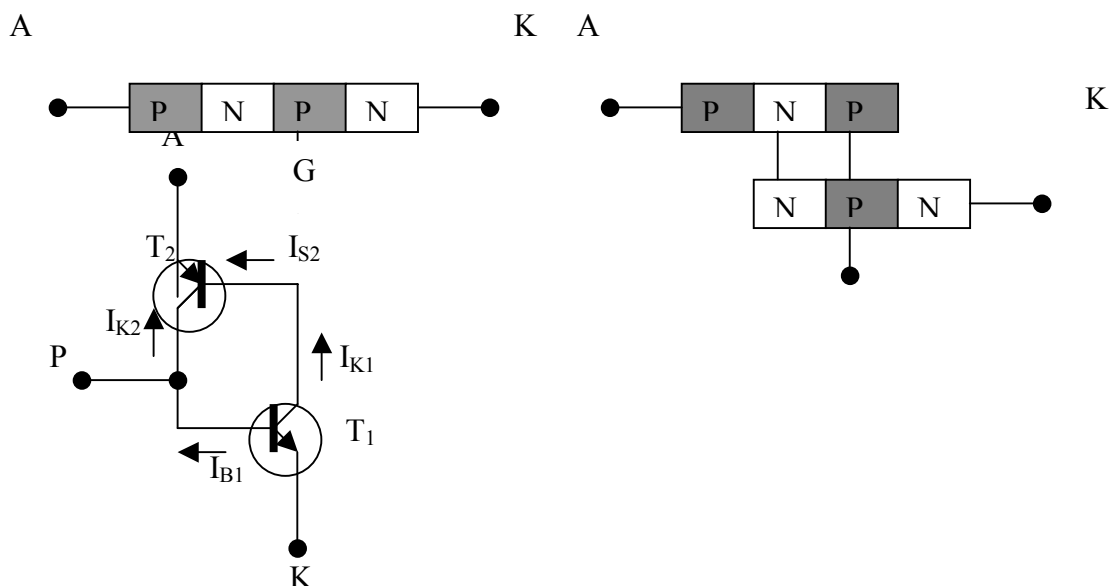
11.3. TIRISTOREA

Tiristorea P eta N erdieroaleen lau atalek osatzen dute. Lau atal horiek P eta N motetakoak –hurrenez hurren– izaten dira. Muturretako N eta P atalei anodo eta katodo deitzen zaie; barruko P atalari, berriz, ‘atea’, hori ere elektrodoak den arren. Grekoz, tiristor hitzak ‘atea’ esan nahi du.

Irudian dituzue tiristorearen barne-egitura eta ikurra:



Konexio honetan transistore baten kolektorea lotuta dago bestearen basearekin.



Tiristorea osatzen duten bi transistoreen akoplamenduak berrelikadura positiboa sortzen du, transistore bakoitzaren irteera-korrontea bestearen sarrera-korrontea baita. Transistore bien tentsio-irabazia unitatea baino handiagoa bada, transistore bakoitzak oso azkar eramaten du bestea asetasun-puntura, transistoreak kontrolatzen ez duen korronte maximoa eta elikatzen duen kanpoko karga sortuz. Tiristorearen asetasuna edo tiristorea osatzen dituzten bi transistoreen asetasuna lortzen da PN barne-loturaren alderantzizko polarizazioa gainditzen denean. Hori dela eta, bulkada egokia aplikatu behar da (kasu honetan, kanpotik positiboa P atalean eta atean zehar).



Tiristorearen ateari bulkada positiboa aplikatuz gero transistore bi asetzen dira. Ondorioz, erdieroaleak ia-ia etengailu itxi bezala jarduten du, anodoaren eta katodoaren artean tentsio txiki bat -1 V-eko ingurukoa, transistore biak asetasan-mailan edukitzeko adinakoa— xurgatuz.

Praġtika: transistore Bipolarraġ frogatzea

Helburuak

1. Transistore bipolarren mota guztiak identifikatzea.
2. NPN edo PNP polaritateak aztertzea.
3. Polimetroa ondo erabiltzea

Materialak

1. Transistore bipolarren mota batzuk.
2. Polimetroa.
3. Kableak.

Prozedura

1. Ipini polimetroaren punta bat –neurtzeko erabiltzen dena– kontaktuan transistorearen terminal batekin; ondoren, terminal horren eta gainerakoen artean dagoen erresistentzia neurtu. Errepikatu prozesua harik eta neurri biak antzekoak izatea lortu arte (infinetua edo balio txikiko erresistentzia). Neurketa hori egin ondoren, polimetroaren puntak aldatu behar dira, honakoa frogatzeko: hasieran erresistentzia txikia zena orain infinitua dela, eta, alderantziz, infinitua zena orain erresistentzia oso txikia dela. Betekizun hori lortuz gero, aurkitua duzue basearen terminala.
2. Basea identifikatu ondoren, konektatu polimetroaren punta gorria basearekin; punta beltza, berriz, geratzen diren terminal guztiekin. Batekin bestearekin baino erresistentzia handiagoa lortzen da. Erresistentzia handiena egiten duena igorlea da.
3. Transistorea NPN edo PNP den argitzeko, konektatu punta gorria transistorearen basearekin; punta beltza, berriz, igorlean eta, ondoren, kolektorean. Neurtutako balioa txikia bada, transistorea NPN da; erresistentzia handia bada, PNP.

Jasotako datuak

Transistore-mota	ERRESISTENTZIA			
	Igorlea-Basea	Basea-Kolektorea	Kolektorea- Igorlea	Mota

Ondorioak

Praġtika: tentsio-zatitzailea

Helburuak

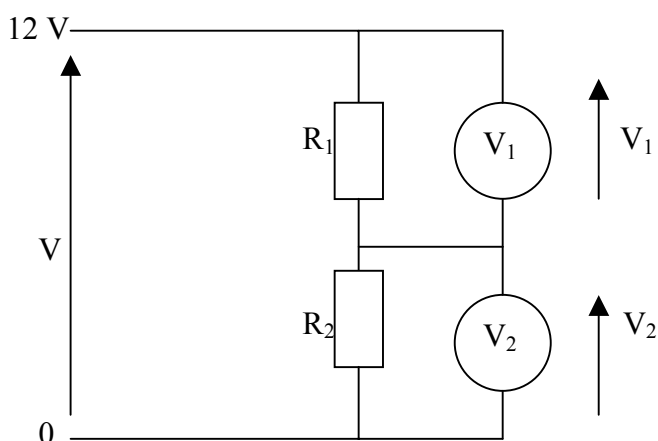
1. Teorikoki eta esperimentalki aztertzea tentsio-zatitzailearen kontzeptua eta karga-erresistentziaren efektua.
2. Teorikoki eta esperimentalki ikastea potentziometroa.
3. Tentsio-zatitzailearen portaera azaltzea.

Materialak

1. Elikatze-iturria.
2. Polimetroa.
3. 2,2 k Ω , 680 Ω eta 330 Ω -eko erresistentziak.
4. 1 k Ω -eko potentziometroa.
5. Kableak.

Prozedura

1. Irudian ageri den zirkuitua muntatzea.

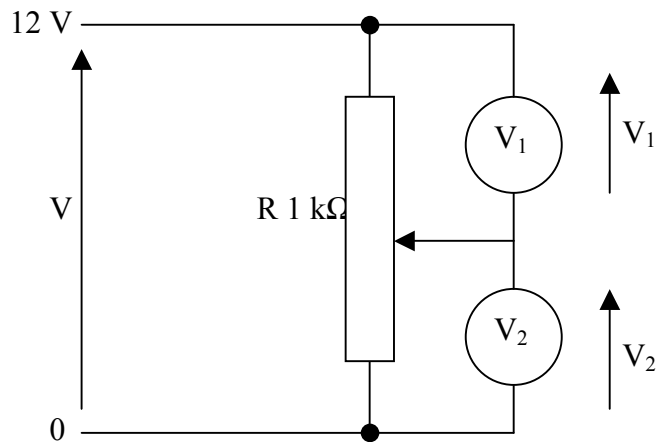


2. I. taula betetzea

R_1 (Ω)	1000	680	330	0
R_2 (Ω)	0	330	680	1000
V (V)	10	10	10	10
V_1 (V)				
V_2 (V)				

I. taula

2. Zirkuitu hau muntatzea:

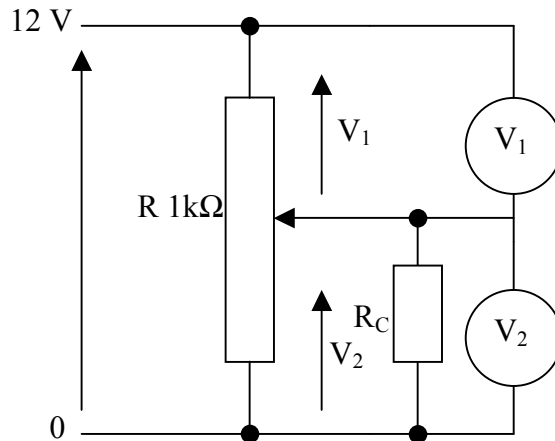


3. II. taula betetzea

Kurtsorearen posizioa						
V ₂ (V)						

II. taula

4. Zirkuitu hau muntatzea:



5. III. taula betetzea

R _C (Ω)	∞		2200		1000		330	
Kurtsorearen posizioa	V ₁	V ₂	V ₁	V ₂	V ₁	V ₂	V ₁	V ₂

Ondorioak



Eranskinak



SI sistemako unitateetan erabilitako aurrizkiak

Faktorea	Aurrizkiaren izena	sinboloa	Faktorea	Aurrizkiaren izena	sinboloa
10	deka-	da	10^{-1}	dezi-	d
10^2	hekto-	h	10^{-2}	zenti-	c
10^3	kilo-	k	10^{-3}	mili-	m
10^6	mega-	M	10^{-6}	mikro	μ
10^9	giga-	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera-	T	10^{-12}	piko	p
10^{15}	peta-	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto-	a

SI sistemako unitateak

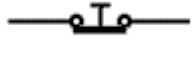
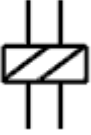
Magnitudea	Unitatea	Formula		Ikurra
abiadura	metro/ segundo	$v = \frac{e}{t}$		m/s
abiadura angeluarra	radian/se- gundo	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$		ω
azalera	metro koadro			m ²
bero-energia	kaloria	$E_c = 0,24 \cdot R \cdot I \cdot t$		cal
denbora	segundoa			s
dentsitatea	kilogramo/ metro kubiko			kg/m ³
energia elektrikoa	Joulea	$E = V \cdot I \cdot t$		J
eremu magnetikoaren intentsitatea	ampere/ metro	$H = \frac{1}{\phi} \cdot \beta$		A/m
erresistentzia elektrikoa	ohma	$R = \rho \frac{L}{s}$	$R = \frac{V}{I}$	Ω
fluxu magnetikoa	weberra	$\phi = \beta \cdot s$		Wb
indar elektroeragile autoinduzitua	volta	$E = -L \frac{I}{t}$		V
indar elektroeragilea, iee-a	volta	$e = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$		V
indarra	newtona	$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$		N
induktantzia	henrya	$L = \frac{\Phi}{t}$		H
indukzio magnetikoa	tesla	$\beta = \frac{F}{l \cdot I}$		T
iragazkortasun magnetikoaren koefizientea				μ
karga elektrikoa	coulomba			Q
korronte elektrikoaren intentsitatea	amperea	$I = \frac{V}{R}$	$I = \frac{Q}{t}$	A
luzera	metroa			m



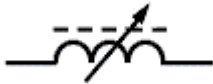
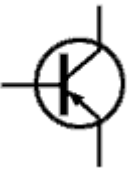
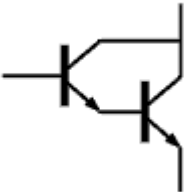
Magnitudea	Unitatea	Formula			Ikurra
maiztasuna	hertza	$f = \frac{1}{T}$			Hz
masa	kilogramoa				kg
periodoa	segundoa	$T = \frac{1}{f}$			s
potentzia	watta	$P = V \cdot I$	$P = R \cdot I^2$	$P = \frac{V^2}{R}$	W
potentzial elektrikoa	volta	$V = R \cdot I$			V



ZIRKUITUETAN ERABILTZEN DIREN IKURRAK
DIN 40700 ... 40719 ARAUEN LABURPENA

EROALEAK			
Eroale		Eroale blindatua	
Puntu positiboa		Puntu negatiboa	
Gurutze-konexioarekin		Gurutze-konexiorik gabe	
Masa		Lurra	
ETENGAILUAK			
Normalean irekita egoten den etengailua		Normalean itxita egoten den etengailua	
Normalean irekita egoten den pultsadore		Normalean itxita egoten den pultsadore	
Kommutadore			
ERRELEAK			
Errelea		Errele termikoa	
Bi harilko errelea			
ERRESISTENTZIAK			
Erresistentzia		Erresistentzia aldakor	
Potentiometro		NTC erresistentzia	

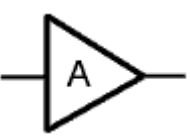
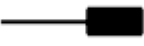


PTC erresistentzia		LDR erresistentzia	
VDR erresistentzia			
HARILKOAK			
Harilkoa		Harilko aldakorra	
KONDENTSADOREAK			
Kondentsadorea		Kondentsadore elektrolitikoa	
Kondentsadore aldakorra			
ERDIEROALEAK			
Diodoa		Zener diodoa	
LED diodoa		NPN transistorea	
PNP transistorea		Darlington amplifikadorea	
Tiristorea			



SORGAILUAK			
Pila		Bateria	
Sorgailua		Korrente zuzeneko sorgailua	
Korrente alternoko sorgailua			
LANPARAK			
Lanpara			
NEURGAILUAK			
Amperimetroa		Voltimetroa	
Ohmetroa		Osziloskopioa	
Takometroa		Wattmetroa	
BESTE ZENBAIT			
Fusiblea		Antena	
Bozgorailua		Bozina	
Txirrina		Mikrofonoa	



Entzungailua		Burrunbagailua	
Sirena		Motorra	
Anplifikadorea		Osagai piezoelektrikoa	
Erlojua		Transduktorea	
Larako arra		Larako emea	

Bibliografia

- ALBERTO GUERRERO, ORTO SANCHEZ, JOSE ALBERTO MORENO, ANTONIO ORETGA: “Electrotecnia”, McGraw-Hill, Madril (1999).
- EUSKALTZAINDIA: “Hiztegi Batua”, Euskaltzandia, Bilbo (2000).
- EVARISTO SERRANO: “Circuitos electrotécnicos básicos. Sistemas de carga y arranque del vehículo”, Editex, Madril (1999).
- J. ARMERO ROVIRA, D. J. CASTELLO CASTELLANO, T. GARCIA POZO, M. J. MARTINEZ DE MURGIA LARRECHI: “Fisika”, Giltza Edebé taldea, Bartzelona (1999).
- J. M. ALONSO: “Circuitos electrotécnicos básicos. Sistemas de carga y arranque”, Paraninfo, Madril (1997).
- UEUko Fisika Saila: “Fisika Orokorra”, UEU, Bilbo (1992).
- UZEI TALDEA: “Fisika Hiztegia”, Ediciones Vascas-Elkar-Hordago, Donostia (1979).



ELHUYAR Edizioak

Lanbide-heziketako gaiak

- Administrazioa
- Elektrizitatea
- Elektronika
- Elikagaigintza
- Fabrikazio mekanikoa
- Nekazaritza eta abere-hazkuntza
- Osasungintza
- Zehar-lerroak
- Zurgintza eta altzarigintza



ELHUYAR
edizioak