3. Zirkuituetako oinarrizko legeak eta horien aplikazioak

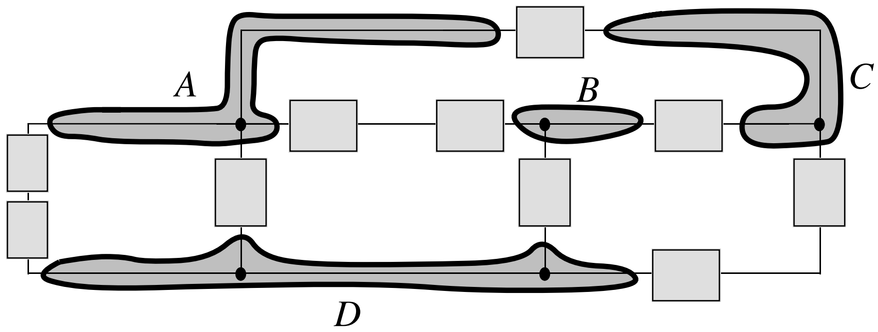
A) Jakin beharreko kontzeptuak

• Kirchhoff-en legeak

Kirchhoff-en bi legeak ulertu ahal izateko, aurretik zirkuituen ezaugarri batzuk definitu behar ditugu.

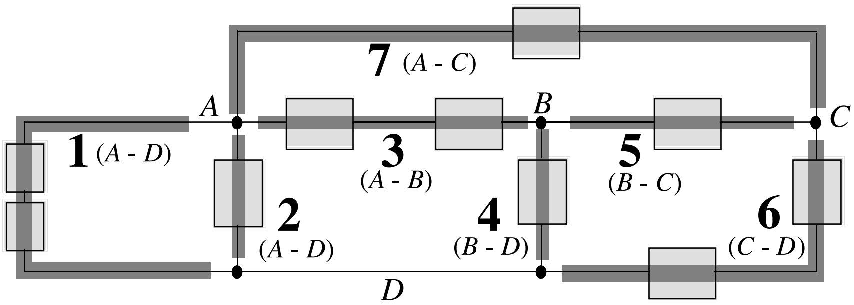
Korapiloa: Hiru elementu edo gehiago elkartzen direneko puntua.

Adibidez, irudiko zirkuituan lau korapilo daude: *A*, *B*, *C* eta *D*.



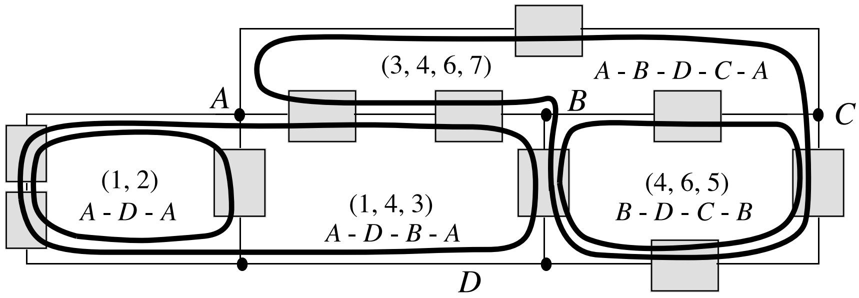
Adarra: Bi korapiloren arteko ibilbidea.

Adibidez, irudiko zirkuituan zazpi adar daude.



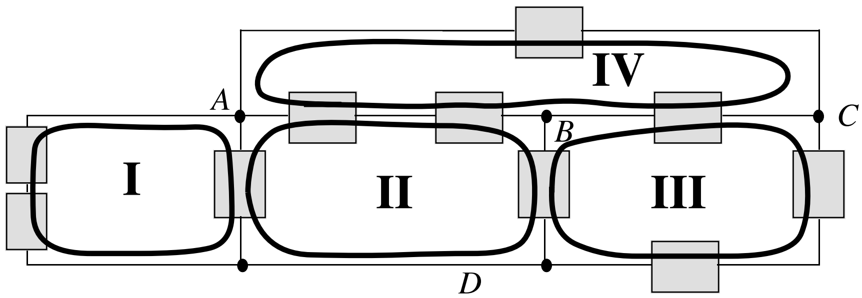
Begizta: Zirkuitu batean, adarrek osaturiko edozein ibilbide itxi.

Adibidez, irudiko zirkuituan lau begizta erakutsi dira (hamabi dauden arren).



Maila: Barruan adarrik barnehartzen ez duen begizta.

Adibidez, irudiko zirkuituan lau maila besterik ez dago.



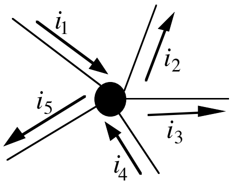
Kirchhoff-en Korronteen Legea (KKL) edo korapiloen legea:

Lege hau kargaren kontserbazioaren printzipioan oinarritzen da. Zirkuitu bateko korapilo guztietan eta une oro betetzen da. Honelaxe dio:

Korapilo batera iristen diren intentsitate guztien batura algebraikoa zero da.

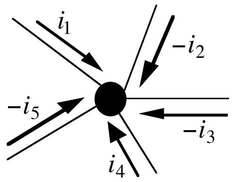
$$\boxed{\sum_{\text{guztiak}} i_{iritsi} = 0}$$

Adibidea:



$\rightarrow$ korapilora iristen diren korronteak:

$i_1, -i_2, -i_3, i_4, -i_5$



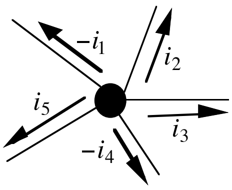
$$\sum_{\text{guztiak}} i_{iritsi} = i_1 + (-i_2) + (-i_3) + i_4 + (-i_5) = 0 \quad \rightarrow \quad i_1 - i_2 - i_3 + i_4 - i_5 = 0$$

Ekuazio hori beste era honetan ere idatz daiteke:

$$0 = -i_1 + i_2 + i_3 - i_4 + i_5$$

non korapilotik irteten diren korronteak azaltzen diren:

$$-i_1,\ i_2,\ i_3,\ -i_4,\ i_5.$$



Beste hitzetan:

Korapilo batetik irteten diren intentsitate guztien batura algebraikoa zero da.

$$\boxed{\sum_{\text{guztiak}} i_{irten} = 0}$$

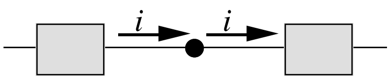
Edo baita honela ere idatz dezakegu ekuazioa: $i_1 + i_4 = i_2 + i_3 + i_5$. Beste hitzetan:

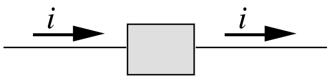
Korapilo batera iristen diren korronte-intentsitateen batura algebraikoa eta korapilotik irteten direnena berdinak dira.

$$\boxed{\sum i_{iritsi} = \sum i_{irten}}$$

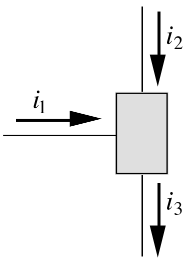
Laburbilduz, lege honetatik honako hau ondorioztatzen da: kargak ez dira "bideetan galtzen", hots, kargak ez dira korapiloetan metatzen; beraz, puntu batera iristen diren karga guztiek beste bide batetik irten behar dute.

Agerikoa da, lege honen ondorioz, puntu batean bi elementu besterik elkartzen ez direnean, bietatik korronte bera igaroko dela (horrexegatik, hain zuzen ere, puntu hori ez dugu korapilotzat hartuko). Era berean, lege hau elementuetan ere aplikagarria da. Hori dela eta, elementu biterminaletan mutur batetik iristen den korrontea beste muturretik irteten da, aurreko kapituluan ikusi dugun legez.





Bi baino mutur gehiagoko elementuak korapilotzat hartzen dira muturretako korronteen arteko ekuazioa idaztean. Adibidez, elementu triterminal batean:



$$i_1 + i_2 = i_3$$

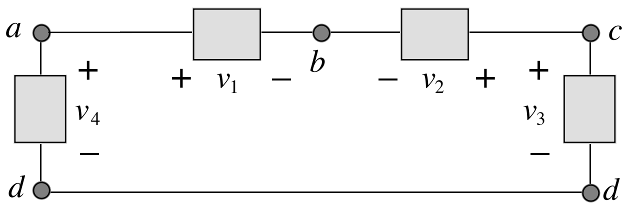
Kirchhoff-en Tentsioen Legea (KTL) edo mailen legea:

Lege hau energiaren kontserbazioaren printzipioan oinarritzen da. Zirkuitu bateko begizta guztietan eta une oro betetzen da. Honelaxe dio:

> Begizta batean, tentsio guztien batura algebraikoa zero da (tentsioen zeinuak kontuan hartuz!).

$$\sum_{\text{guztiak}} v = 0$$

Adibidea: Demagun irudiko maila (zirkuitu bateko edozein begizta izan daiteke); non a, b, c eta d, mailan dauden elementuen borneak edo muturrak diren (ez dute zertan izan korapiloak).



KTL aplikatzeko, lehendabizi mailan zehar ibiltzeko abiapuntua eta noranzkoa aukeratu behar ditugu; goiko irudiko zirkuituan, esaterako, a puntutik abiatuko gara eta erlojuaren orratzen arabera mugituko gara; hots, $a \to b \to c \to d \to a$ ibilbidea egingo dugu. Abiapuntua eta noranzkoaz gain, tentsioen zeinuei buruzko hitzarmena ere finkatu behar dugu aldez aurretik; aurreko adibidean, esate baterako, elementura mutur positibotik sartzen bagara, tentsioa positibotzat hartuko dugu, eta negatibotzat alderantzizko kasuan. Hori guztia aintzat harturik, idatz dezagun azkenik KTLri dagokion ekuazioa:

$$\sum_{\text{guztiak}} v = v_{a\to b} + v_{b\to c} + v_{c\to d} + v_{d\to a} = v_{a\to a} = 0 \quad \to$$

$$(+v_1) + (-v_2) + (+v_3) + (-v_4) = 0$$

$$\to \quad v_1 - v_2 + v_3 - v_4 = 0$$

(Egiazta daiteke ezen, maila berean beste edozein abiapuntu harturik, edota kontrako noranzkoa, edota kontrako hitzarmena harturik, ekuazio bera lortzen dela).

Ekuazio hori beste era honetan ere idatz daiteke: $v_1 - v_2 + v_3 = v_4$

Hots, $v_{a\to b} + v_{b\to c} + v_{c\to d} = v_{a\to d}$, edo, gauza bera dena: $v_{ab} + v_{bc} + v_{cd} = v_{ad}$

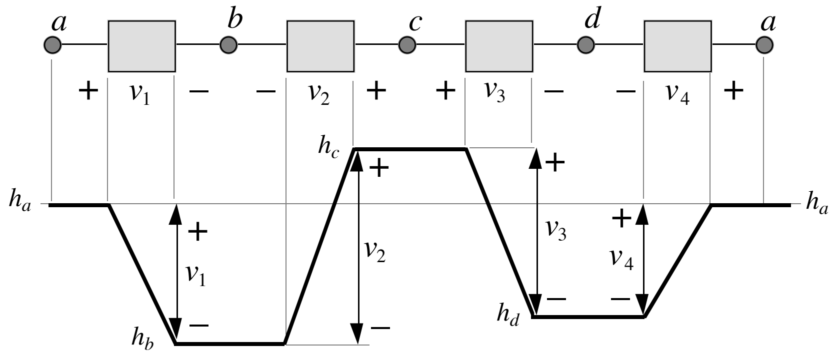
Beste hitzetan:

> Zirkuitu bateko bi punturen arteko tentsioa berbera da edozein izanda lehenengo puntutik bestera joateko aukeratutako ibilbidea.

Adibidez: $v_{b\to d} = v_{b\to a\to d} = v_{b\to c\to d} \quad \to \quad -v_1 + v_4 = -v_2 + v_3$

$v_{c\to d} = v_{c\to b\to a\to d} \quad \to \quad v_3 = v_2 - v_1 + v_4$

Esandako hori guztia grafikoki ere ikus daiteke, bi punturen arteko tentsioa edo potentzial-diferentzia altuera-diferentzia gisa hartuz. Horretarako, aurreko irudiko begizta (definizioz itxia dena) "ireki" eta "zabaltzen" badugu, lerro batean marraztu ahal izateko, ondoko irudia lortuko dugu, lerroaren bi muturrak *a* puntua bera izanik. Orain ezker aldeko *a* puntutik abiatzen bagara, eskuin aldeko *a* puntura iristeko, elementuak zeharkatzean "behera" edo "gora" egin beharko dugu, elementuaren bi muturren arteko "altuera-diferentziaren" arabera.



Orain KTLri dagokion ekuazioa idazteko, zeinuei buruzko hitzarmena zehaztea baino ez zaigu falta. Agerikoa da "jaitsierak" positibotzat hartzen baditugu, "igoerak" negatibotzat hartu beharko ditugula nahitaez (hauxe da gorago erabili dugun hitzarmena: elementu batera tentsioaren zeinu positibotik sartzean —"jaitsiera", alegia— positibotzat hartu dugu tentsio hori, eta negatibotik sartzean —"igoera"—, berriz, negatibotzat):

$$v_1 - v_2 + v_3 - v_4 = 0$$

Kontrako hitzarmenak ondorio berdina du ekuazioei dagokienez.

Hori guztia dela eta, Kirchhoff-en tentsioen legea modu honetan ere adierazi ohi da:

> Zirkuitu bateko edozein ibilbide itxitan (begizta zein maila) tentsio-igoeren batura algebraikoa tentsio-jaitsieren batura algebraikoaren berdina da.

Modu honetan adieraziz gero, agerikoa da lege honek potentzien balantzearekin duen erlazioa: elementu aktiboek emandako potentzia elementu pasiboek xurgatuko dute (erraz froga daiteke erlazio hori maila bakarreko zirkuitua aintzat hartuz, elementu guztietatik korronte bera igarotzen baita kasu horretan, eta potentzien balantzea "tentsioen balantzea"-ren berdina baita orduan). Horrexegatik, lege hau eman baino lehen, energiaren kontserbazioaren printzipioaren ondorioa dela esan dugu.

• Zirkuituen ebazpide arrunta

Kirchhoff-en bi legeak eta Ohm-en legea nahikoak dira sorgailuek (independente zein menpeko) eta erresistentziek osaturiko edozein zirkuituren soluzioa bilatzeko. Gogora dezagun zertan datzan zirkuitu baten soluzioa bilatzea: zirkuitua osatzen duten elementu guztietako korronteak eta tentsioak kalkulatzean, hain zuzen ere.

Batzuetan soluzioa berehalakoa da zirkuitua oso sinplea delako, ariketetan ikusiko dugun legez. Beste batzuetan, ordea, ez da hain erraza. Horrexegatik, hona hemen, laburbilduta, zirkuitu baten soluzioa sistematikoki bilatzeko jarraitu beharreko urratsak, metodologia gisa:

1. Bilatu zirkuituaren korapiloak (korapilo-kopurua = N).

2. Aukeratu arbitrarioki adarretako korronteen noranzkoak, korronte-sorgailuak dituzten adarretan izan ezik, adar horietatik igaroko diren korronteak (noranzkoa barne) korronte-sorgailuek adierazitakoak baitira.

Baldin adar-kopurua AK bada, eta adar desberdinetan dauden korronte-sorgailuen kopurua KS bada, orduan korronte ezezagunen kopurua $AK - KS$ da.

3. Aukeratu arbitrarioki korronte-sorgailuetako tentsioen zeinuak (KS korronte-sorgailu dagoenez gero, tentsio ezezagunen kopurua KS da). Orduan:

$$\text{Korronte eta tentsio ezezagunen kopurua} = AK - KS + KS = AK$$

4. Finkatu erresistentzietako tentsioen zeinuak Ohm-en legearen arabera, eta aplikatu Ohm-en legea, erresistentzietako tentsioak adarretako korronteen funtzioan izateko.

5. Aplikatu Kirchhoff-en korronteen legea (KKL) korapilo guztietan batean izan ezik (besteen konbinazio lineala izango baita azken horretan lorturiko ekuazioa): ekuazio-kopurua = $N - 1$

6. Aplikatu Kirchhoff-en tentsioen legea (KTL) behar adina begiztatan $AK - (N-1)$ ekuazio lortzeko, non adar guztiak gutxienez behin azaldu behar diren.

$$\text{Ekuazio-kopurua guztira (KKL + KTL)} = N - 1 + AK - (N - 1) = AK$$

KTL begiztetan aplikatu ordez, mailetan aplikatu nahi baldin bada, orduan maila guztietan aplikatu behar da (maila-kopurua MK baldin bada, MK ekuazio lortuko dira modu honetan).

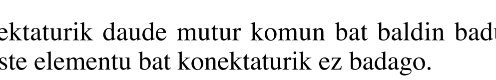
$$\text{Ekuazio-kopurua guztira (KKL + KTL)} = N - 1 + MK = AK$$

7. Ebatzi horrela lortutako ekuazio-sistema. Emaitza gisa, adarretako korronteak eta korronte-sorgailuen tentsioak lortuko dira. Erresistentzietako tentsioen balioak kalkulatu nahi badira, Ohm-en legea aplikatu behar da berriro.

• Elementuen elkarketak: serie- eta paralelo-elkarketak

Serie-elkarketa:

Bi elementu seriean konektaturik daude mutur komun bat baldin badute eta, gainera, mutur komun horretan beste elementu bat konektaturik ez badago.

serie-elkarketa: 

Serie-elkarketari KKL aplikatuz, bi elementuetatik korronte bera igarotzen dela ondorioztatzen da: $i_1 = i_2 = i$.