Rēzeknes tehnikums

Izglītības programma ,,Enerģētika un elektrotehnika''

Profesionālā kvalifikācija ,,Elektrotehniķis''

Modulis „Elektrotehnikas pamati un elektriskie mērījumi''

Mācību materiāli zināšanu padziļināšanai

Profesionālās izglītības pedagogs Vitālijs Dunkins

2020. /2021. mācību gads

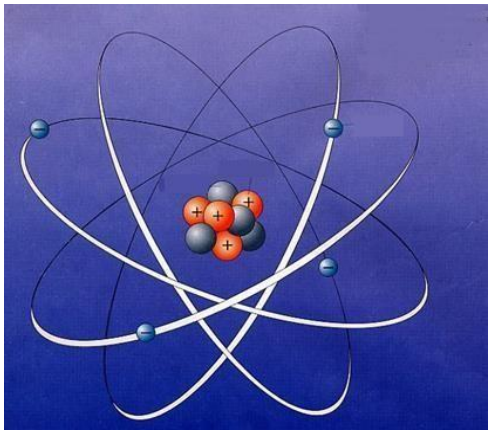
Saturs

1. Vielas uzbūve 3
2.Vielu iedalījums pēc vadītspējas 5
3. Līdzstrāvas pamatlielumi 6
4. Elektriskais lauks 7
5. Pretestība un vadītspēja 10
6. OMA likums 13
7. Rezistoru slēgumu veidi 18
8. Akumulatoru slēgumi 25
9. Kirhofa likumi 28
10. Elektriskā jauda un enerģija līdzstrāvas ķēdēs 33
11. Magnētisms 37
12. Maiņstrāva 45
Jauda vienfāžu ķēdēs 55
13. Trīsfāžu maiņstrāva. 59
Jauda maiņstrāvas trīšfāžu ķēdē 61

1. Vielas uzbūve

Saskaņā ar zinātnieka Bora izstrādāto teoriju, visas vielas dabāsastāv no **atomiem**, kuru kodolu veido protoni un **neitroni**.

Apkārt riņķo **elektroni**, kuru masa ir ļoti maza.



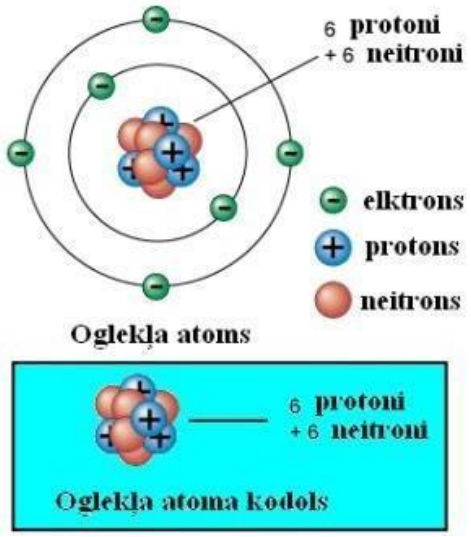
Protons - pozitīvi lādēta elementārdaļiņa.

Neitrons - lādiņa nav.

Elektrons - negatīvi lādēta elementārdaļiņa.

Elektronu un protonu daudzums parasti ir vienāds. To skaits atbilst atbilstošā elementa kārtas skaitlim Mendeļejeva tabulā.

Piemēram, ogleklim, elementa kārtas skaitlis ir 6, tāpēc oglekļa atomam ir 6 protoni un apkārt kodolam riņķo 6 elektroni. Elektroni rinķo pa divām orbītām. Divi elektroni ir pirmajā orbītā un 4 ārējā orbītā.

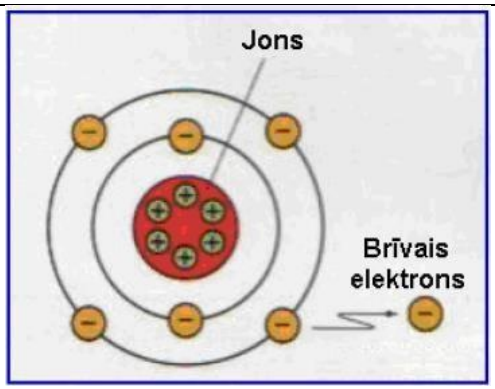


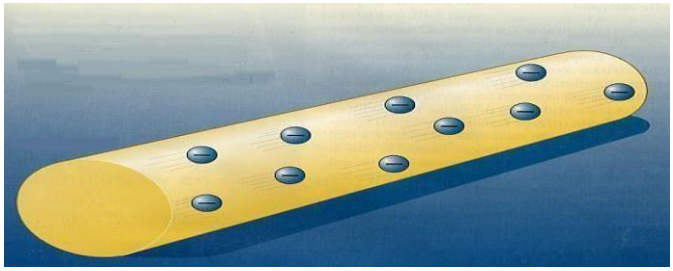
Dažos gadījumos atoms var pievienot vai zaudēt vienu vai vairākus ārējās čaulas elektronus, tādējādi kļūstot par pozitīvi vai negatīvi lādētu daļiņu, ko sauc par **jonu**.

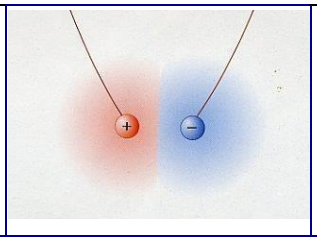
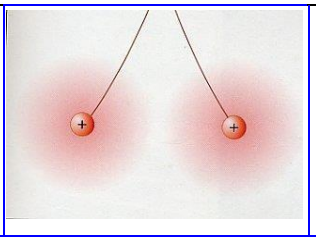
Pozitīvi lādēts jons – **atoms, kas zaudē vienu vai vairākus elektronus (katjons).**

Negatīvi lādēts jons - **atoms, kas pievieno vienu vai vairākus elektronus (anjons).**

Ārējās orbītas elektroni, iegūstot papildus enerģiju, spēj atrauties no kodola un kļūt par **brīvo elektronu.**



Brīvie elektroni kustas starp atomiem dažādos virzienos ar dažādu ātrumu. Ja vielu ievieto elektriskajā laukā, tad brīvo elektronu kustība iegūst noteiktu virzienu, t.i., sāk plūst elektriskā strāva. Jo vielā ir vairāk brīvo elektronu, jo lielāka ir tās elektrovadītspēja (spēja vadīt strāvu).	

Lādiņu mijiedarbība Pretēju zīmju lādiņi **atgrūžas**, bet vienādu zīmju – cenšas **pievilkties**.		

2.Vielu iedalījums pēc vadītspējas

Visas vielas pēc vadītspējas iedalās trīs grupās:

1. Dielektriķi;
2. Vadītāji;
3. Pusvadītāji.

Vielas ar lielu daudzumu brīvo elektronu ir **vadītāji**.

Vielas bez brīvajiem elektroniem – **dielektriķi**.

Vielas, kuru vadītspēja noteiktos apstākļos ir nedaudz mazāka nekā vadītājiem, bet noteiktos apstākļos nedaudz lielāka nekā dielektriķiem ir **pusvadītāji**.

Vadītāji

Vadītāji ir visi metāli, kā arī dažādu vielu šķīdumi ūdenī – skābes, sārmi, sāļi, ko sauc par elektrolītiem.

Metālos un grafītā lādiņu nesēji ir **elektroni**.

Elektrolītos lādiņu nesēji ir **pozitīvie un negatīvie joni.**

Jautājumi paškontrolei!

1. No kādām daļām sastāv atoma kodols?
2. Kāds ir elektronu lādiņš?
3. Kāds ir protona lādiņš?
4. Kāds ir neitrona lādiņš?
5. Kāpēc metāliem ir augsta vadītspēja?
6. Kāpēc dielektriķiem ir ļoti zema vadītspēja?
7. Kādus metālus visbiežāk izmanto vadu izgatavošanā?
8. Norādīt elementārdaļinu polaritāti. (+ vai -).

A -	B -	A -	B -	A -	B -	C –

3. Līdzstrāvas pamatlielumi

Strāva.

Par strāvu sauc **elektronu virzītu kustību**.

Strāvu mēra **ampēros [A]**.

Strāvu apzīmē ar burtu ***I***.

Ja elektroni visu laiku plūst vienā virzienā – tā ir **līdzstrāva**. Līdzstrāva var mainīt lielumu, bet nekad – virzienu.

Pieņemtais strāvas plūsmas virziens ir no **plusa** uz **mīnusu**.

Strāvas mērvienību sakarība: 1 A =1000 mA = 1000000 μA.

Spriegums.

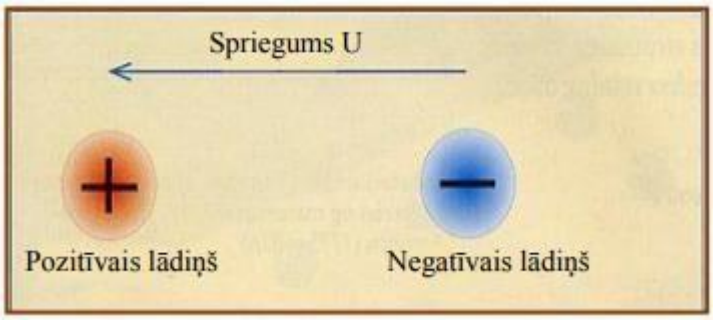
Spriegums ir **potenciālu starpība starp diviem elektriskās shēmas punktiem**.

Spriegumu mēra **voltos [V]**.

Spriegumu apzīmē ar burtu ***U***.

Ja elektroni visu laiku plūst vienā virzienā – tā ir līdzstrāva. Līdzstrāva var mainīt lielumu, bet nekad – virzienu. Šajā gadījumā atbilstošo spriegumu sauc par **līdzspriegumu**.

Par sprieguma iedarbes virzienu ir pieņemts ar bultu apzīmētais virziens no mīnusa uz plusu (Nejaukt ar strāvas virzienu).



Spriegumu mērvienību sakarība: 1kV =1000 V =1000000 mV.

Pretestība.

Pretestība ir **elektrības vadītāja spēja darboties pretī elektriskās strāvas plūsmai**.

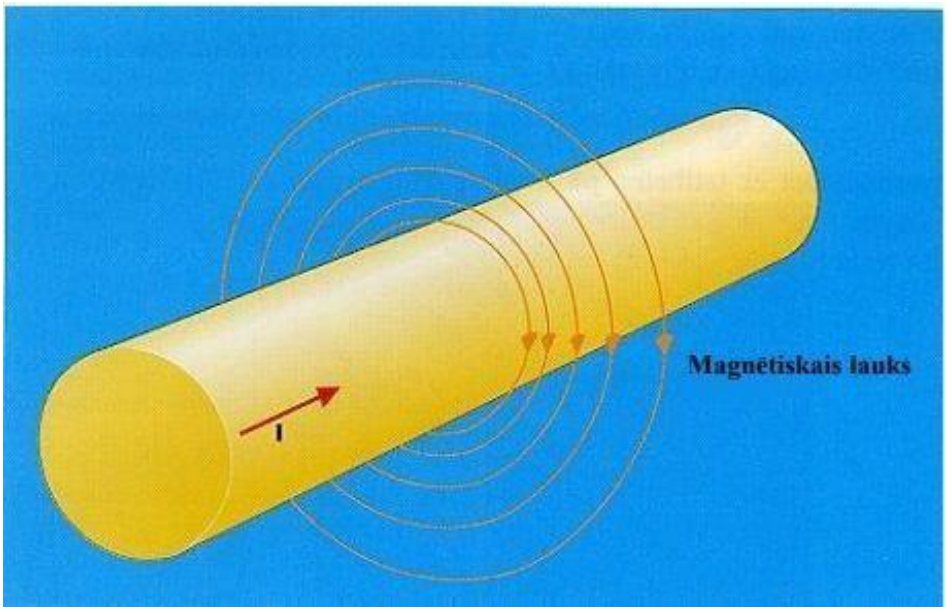
Pretestību mēra **omos [Ω].**

Pretestību apzīmē ar burtu ***R***.

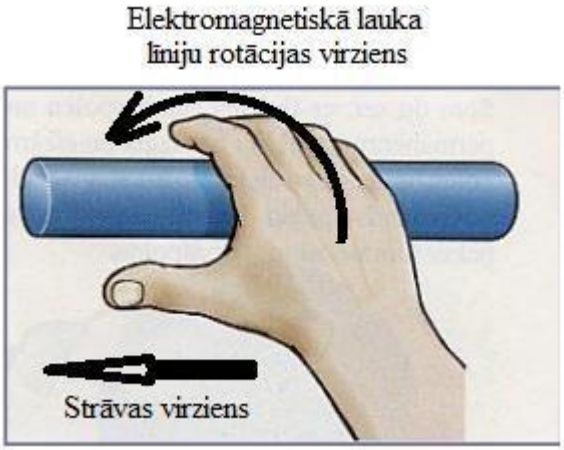
Pretestības mērvienību sakarība: 1MΩ=1000 kΩ =1000000 Ω

4. Elektriskais lauks

Ja pa vadu sāk plūst strāva, tad apkārt vadam sāk rotēt elektromagnētiskais lauks. Tā forma ir atkarīga no vada formas un plūstošās strāvas stipruma. Rotējošo elementārdaļiņu virzienu nosaka strāvas plūšanas virziens.

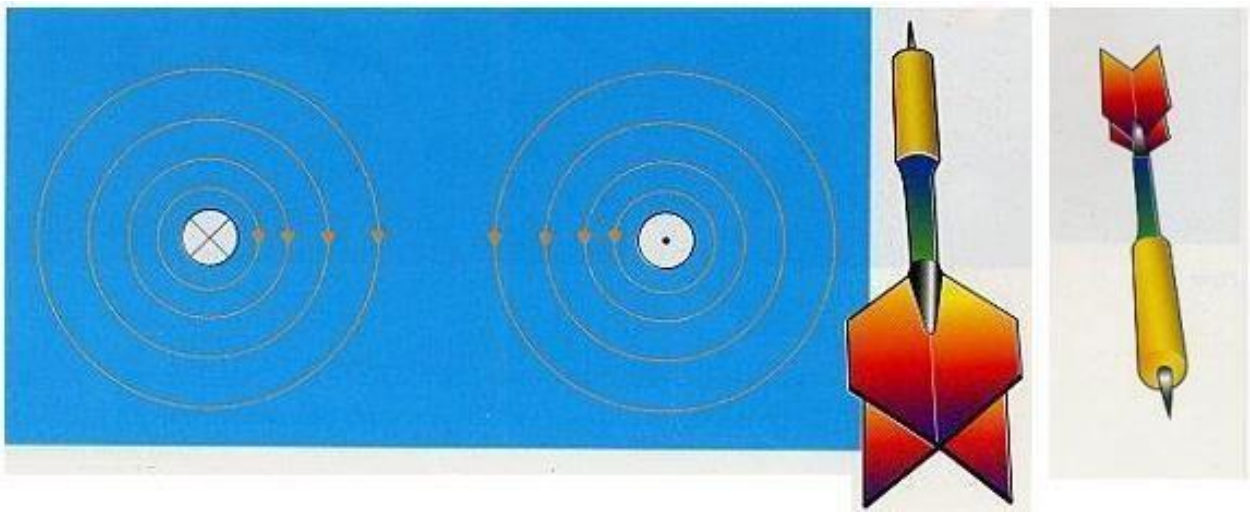


Elektromagnētiskā lauka virzienu nosaka labās rokas likums. Labās rokas likums nosaka, **ja ar labās rokas plaukstu aptver vadu (sk.att.), īkšķis ir vērsts strāvas plūšanas virzienā pa vadu, bet pārējie četri pirksti rāda magnētiskā lauka indukcijas līniju virzienu.**



Vēl viena metode elektromagnētiskā lauka līniju virzienu noteikšanai ir līdzīga šautriņu lidojumam. Ja strāva plūst no mums (šautriņa lido no mums), tad elektromagnētiskā lauka līniju virziens būs **pulksteņa rādītāja kustības virzienā**.

Ja strāva plūst pie mums (šautriņa lido pie mums), tad elektromagnētiskā lauka līniju virziens būs **pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam**.



Pa kreisi strāva plūst no mums Pa labi strāva plūst pie mums

Elektriskā lauka intensitāte

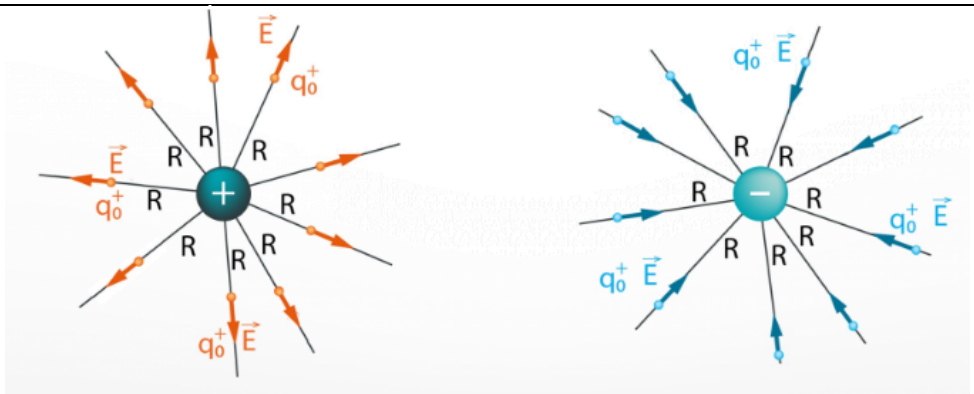
Elektriskie lādiņi pievelkas un atgrūžas dažādos attālumos cits no cita. Tas nozīmē, ka elektriskais lauks darbojas telpā. Lai elektrisko lauku varētu aprakstīt katrā telpas punktā, ir ieviests lielums – elektriskā lauka intensitāte. Elektriskā lauka intensitāti, var aprēķināt pēc formulas:

$$\vec{E} = \frac{F}{q_1};$$

kur,

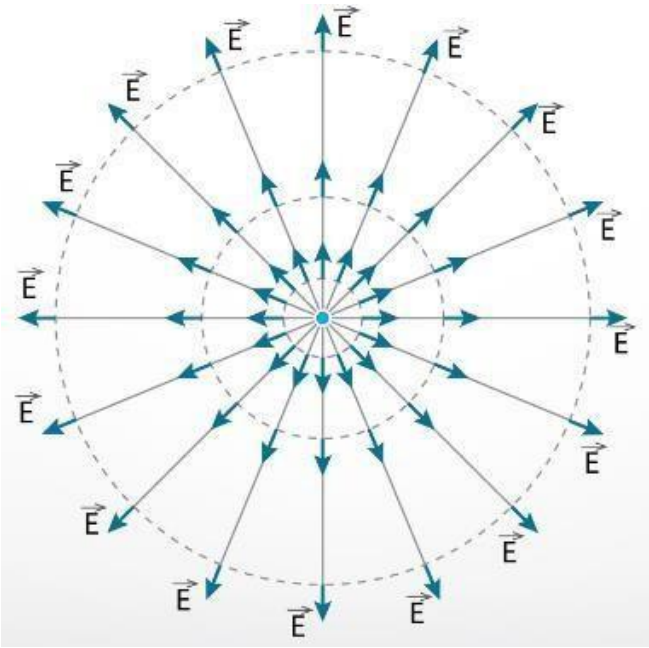
E – elektriskā lauka intensitāte ņūtonos uz kulonu (N / C)
F – Kulona spēks ņūtonos (N),
q – elektriskais lādiņš kulonos (C),

Uzlādētā ķermeņa elektriskā lauka intensitātei noteiktos telpas punktos ir noteikts virziens, kas ir atkarīgs no tā, vai avots ir uzlādēts pozitīvi vai negatīvi.



Ja avots ir uzlādēts pozitīvi, tad ir pieņemts, ka elektriskā lauka intensitāte ir vērsta prom no avota	Ja avotā pārsvarā ir negatīvie lādiņi, tad elektriskā lauka intensitāte ir vērsta uz avotu

Piemēram, jo tālāk ir no pozitīvā lādiņa, jo elektriskā lauka intensitāte samazinās.



Formula, kura apraksta intensitātes izmaiņas atkarībā no attāluma:

$$E = \frac{k \cdot q_0}{R^2}$$

kur, k – **Kulona spēka konstante (Nm^2/C^2)**

q0 – **Kulona spēka konstante (Nm^2/C^2)**

R – **attālums līdz punktveida lādiņam metros (m).**

5. Pretestība un vadītspēja

Vadu pretestība

Par elektrisko pretestību sauc materiāla īpašību pretoties strāvas plūšanai.

Vadus ražo no dažādiem metāliem. Lai raksturotu metālu, lieto jēdzienu – "īpatnējā pretestība". Tā ir 1m gara vada ar šķērsgriezumu 1 mm^2 pretestība.

Metālu īpatnējā pretestība:

Metāls	Īpatnējā pretestība
Varš	$0.017 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
Alumīnijs	$0.028 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
Tērauds	$0.15 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
Sudrabs	$0.016 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

Tabulā ir redzama vismazākā īpatnējā pretestība sudrabam. Sudrabam ir trūkums – tas ir dārgs. Tāpēc vadus parasti izgatavo no vara vai alumīnija.

Lai aprēķinātu vada pretestību, izmanto formulu:

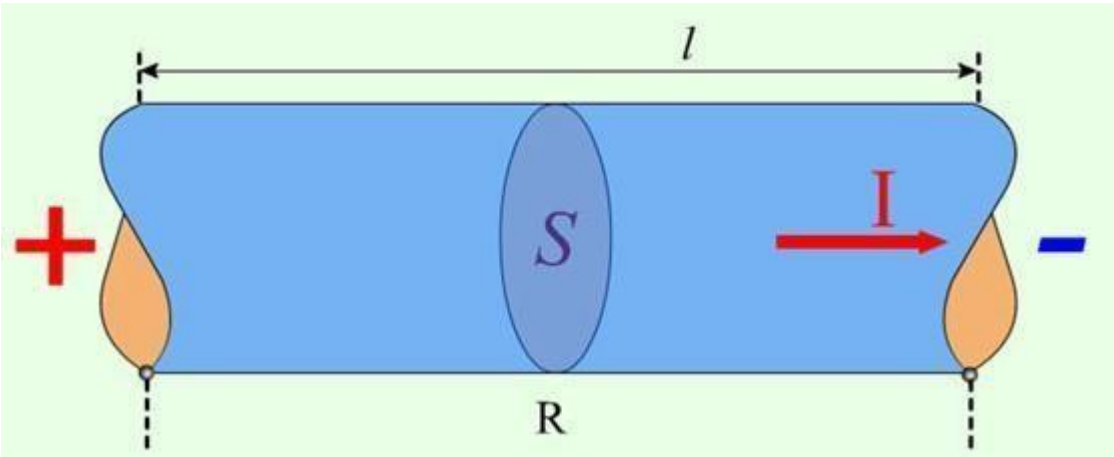
$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

kur, R – vada pretestība [Ω];

ρ – īpatnējā pretestība $[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}]$;

l – vada garums [m];

S – vada šķērsgriezums [mm^2].



Uzdevuma piemērs:

Vads ir izgatavots no vara. Vada garums ir 5m un šķērsgriezums ir 2,5mm^2. Noteikt vada pretestību!

Risinājums:

Vara īpatnējā pretestība ir $0.017\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{0.017 \cdot 5}{2.5} = 0.034\Omega$$

Uzdevuma piemērs:

Vads ir izgatavots no vara. Vada pretestība ir 1Ω un šķērsgriezums ir 1,5mm^2. Noteikt vada garumu!

Risinājums:

No formulas $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$, var izteikt citu formulu, pēc kuras var aprēķināt vada garumu:

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{1 \cdot 1{,}5}{0{,}017} = 88{,}2m$$

Pretestības atkarība no temperatūras

Uz metāla pretestību var ietekmēt arī apkārtējās vides temperatūra. Jo lielāka ir temperatūra, jo lielākabūs metāla pretestība. Pretestības atkarību no temperatūras apraksta šī formula:

$$R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20^0C)]$$

kur, R_t – pretestība pie temperatūras t [Ω];

R_{20} – pretestība pie 20°C [Ω];

α – pretestības termiskais koeficients [K^{-1}];

t – temperatūra.

Pretestības termiskais koeficients dažiem metāliem pie t=20°C

Materiāls	Pretestības termiskais koeficients
Varš	$4.3 \cdot 10^{-3}$
Sudrabs	$4.0 \cdot 10^{-3}$
Alumīnijs	$4.2 \cdot 10^{-3}$
Dzelzs	$6.51 \cdot 10^{-3}$

Uzdevuma piemērs:

Noteikt vara vada pretestību pie 25^0C, ja pie 20^0C pretestība ir 0.8Ω.

Risinājums:

$$R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20^0C)] = 0{,}8 \cdot [1 + 4{,}3 \cdot 10^{-3}(25 - 20)] = 0{,}8[1 + 4{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot 5] = 0{,}8 \cdot 1{,}0215 = \\ = 0{,}817\Omega$$

<u>Vada vadītspēja</u>

Vadītspēja ir pretējs pretestībai lielums. Vadītspējas mērvienības ir sīmenss (S). Apzīmē ar burtu G.Aprēķināt var pēc formulas:

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

kur, G – vadītspēja [S];

R – pretestība [Ω].

Piemēram, vada vadītspēja ar pretestību 25Ω ir G=1/25=0.04S.

Uzdevumi paškontrolei!

1.uzdevums.

Aprēķināt vada pretestību, ja vads ir no alumīnija, vada garums 50m un šķērsgriezums 2,5mm^2.

2.uzdevums.

Noteikt vada garumu, ja vada materiāls ir varš, šķērsgriezums 1,5mm^2 un pretestība ir 0,85Ω.

3.uzdevums.

Noteikt vada pretestību pie 40^0C, ja pie 20^0C pretestība ir 0,12Ω un vads ir no vara.

4.uzdevums.

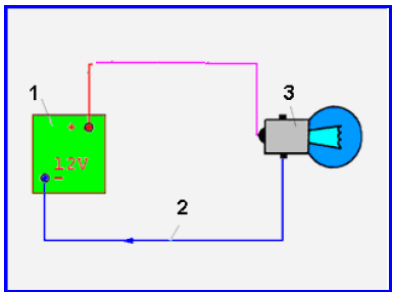
Noteikt vara vada vadītspēju un pretestību, ja vada garums ir 38m, šķērsgriezums ir 4mm^2.

6. OMA likums

Elektriskā ķēde:

Visvienkāršākā elektriskā ķēde sastāv no:

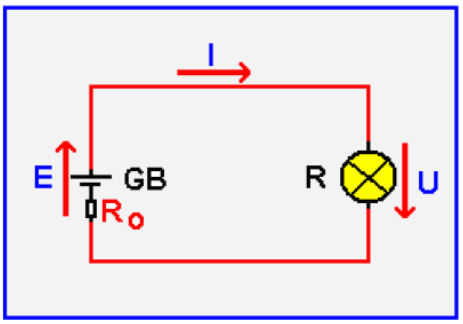
1. Barošanas avota, piemēram, akumulatora vai ģeneratora.
2. Vadiem.
3. Patērētāja, piemēram, šajā attēlā spuldzītes.



Elektriskās ķēdes parametri:

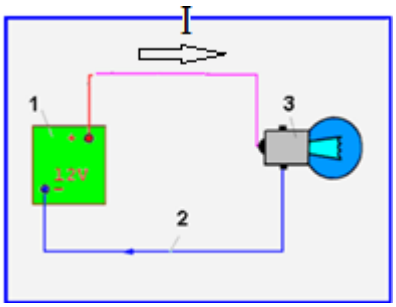
Elektrisko ķēdi raksturo:

- Strāva – I, (Ampērs)
- Spriegums – U (Volts).
- Pretestība – R (Pretestība).
- Elektrodzinējspēks – E (Volts).



<u>Svarīgi!</u>

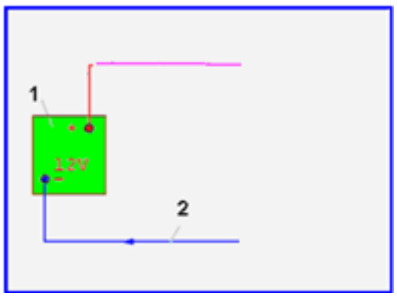
Elektriskā ķēde ar slodzi



Ja pie sprieguma avota (ģenerators, akumulators utt.) ir pieslēgta slodze, tad ķēdē sāk plūst strāva. Ja vadu pieslēdz akumulatoram, tad uz brīvajiem elektroniem sāk iedarboties elektriskie spēki, kuru ietekmē elektroni sāk pārvietoties pa vadu.

Ja ķēdē ir ieslēgta slodze, tad uz sprieguma avota spailēm var izmērīt SPRIEGUMU!

Elektriskā ķēde bez slodzes

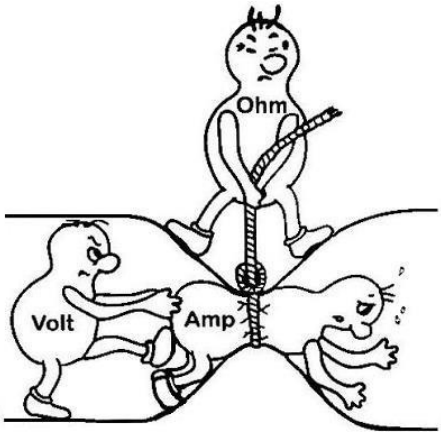


Ja nav pieslēgta slodze, un ķēde nav īssavienota, tad strāva ķēdē NEPLŪST!

Ja ķēdē nav ieslēgta slodze, tad uz sprieguma avota spailēm var izmērīt ELEKTRODZINĒJSPĒKU (EDS)!

Oma likums ķēdes posmam.

Ja ķēdē sāk plūst strāva, tad strāvas stiprums būs atkarīgs no barošanas avota sprieguma un ķēdes pretestības. Spriegums cenšas pārvietot elektronus (radot strāvu), bet pretestība neļauj plūst elektroniem (bremzē elektronu plūsmu un samazina strāvu).



Sakarību starp spriegumu, strāvas stiprumu un pretestību apraksta Oma likums. Oma likuma formula:

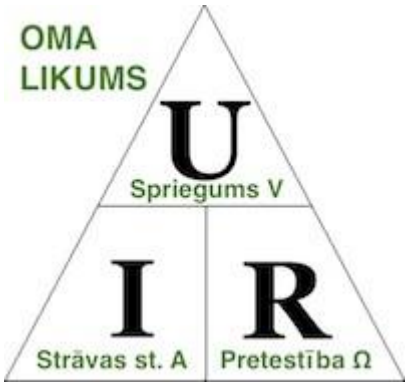
$$I = \frac{U}{R},$$

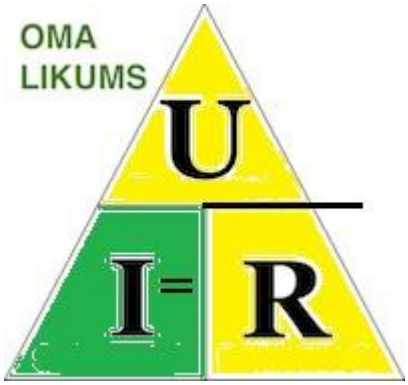
kur, I – **strāvas stiprums, [A]**

U – **spriegums, [V]**

R – **pretestība, [Ω]**

Lai atvieglotu formulu pārveidošanu, izmanto Oma likuma trijstūri:



	Strāvas stipruma izteikšana Lai izteiktu strāvas stiprumu, skatāmies uz trijstūri. Spriegums ir augšā, pretestība apakšā. Veidojas formula: $I = \frac{U}{R}$
	Pretestības izteikšana Lai izteiktu strāvas stiprumu, skatāmies uz trijstūri. Spriegums ir augšā, strāvas stiprums apakšā. Veidojas formula: $R = \frac{U}{I}$
	Sprieguma izteikšana Lai izteiktu spriegumu, skatāmies uz trijstūri. Strāvas stiprums un pretestība ir apakšā. Veidojas formula: $U = I \cdot R$

Oma likums pilnai ķēdei

Oma likums pilnai ķēdei var tikt pielietots TIKAI gadījumā, kad zināms strāvas avota EDS (E) un tā iekšējā pretestība (r). Pilnas ķēdes Oma likuma formula:

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

kur, I – **strāvas stiprums, [A]**
E – barošanas avota EDS, [V]

R – **pretestība, [Ω]**
r – barošanas avota iekšēja pretestība, [Ω]

Oma likuma pielietojuma piemēri

Risinājuma piemērs Nr.1.

Cik stipra strāva plūst ķēdē, kurā spriegums ir 20V, bet pretestība ir 50Ω?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20}{50} = 0.4A$$

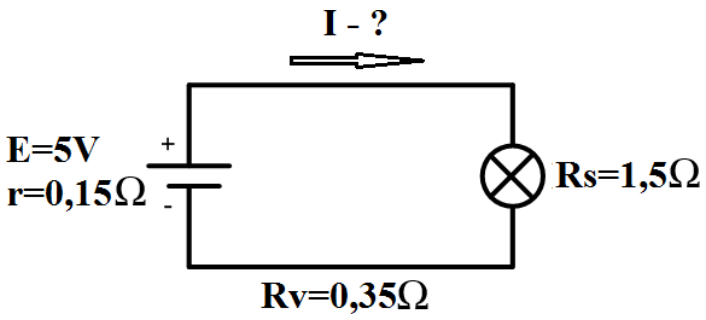
Risinājuma piemērs Nr.2.

Cik lielu spriegumu jāpieslēdz ķēdē, lai caur ķēdi plūstu 2A stipra strāva? Ķēdes pretestība ir 1.5 Ω.

$$U = I \cdot R = 2 \cdot 1.5 = 3V$$

Risinājuma piemērs Nr.3.

Cik stipra strāva plūst ķēdē, ja ir zināms, ka barošanas avota EDS ir 5V un iekšējā pretestība ir 0.15Ω. Ķēdē ir ieslēgta slodze ar pretestību 1.5 Ω, ķēdes vadiem ir 0.35 Ω liela pretestība.



1) Sākumā aprēķina ķēdes kopējo ārējo pretestību (slodzes pretestību summē ar ķēdes vadu pretestību):

$$R = 1.5 + 0.35 = 1.85\Omega$$

2) Izmantojot Oma likuma formulu pilnai ķēdei, izrēķina strāvas stiprumu ķēdē:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{5}{1.85 + 0.15} = \frac{5}{2} = 2.5A$$

Uzdevumi paškontrolei!

1.uzdevums

Cik stipra strāva plūst ķēdē, kurā spriegums ir 230V, bet pretestība ir 110Ω?

2.uzdevums

Cik lielu spriegumu jāpieslēdz ķēdē, lai caur ķēdi plūstu 2A stipra strāva? Ķēdē ir ieslēgta slodze ar pretestību 10Ω. Ķēdē izmanto vara vadu ar šķērsgriezumu 2,5mm^2 un garumu 20m.

3.uzdevums

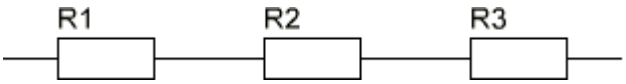
Cik stipra strāva plūst ķēdē, kurā ir EDS (E) ir 10V un iekšējā pretestība 0,25Ω. Ķēdes vadītspēja ir 0,2S.

4.uzdevums

Cik liela ir ārējās ķēdes pretestība, ja strāvas stiprums 1A, barošanas avota EDS (E) ir 12V un barošanas avota iekšējā pretestība 0,18Ω.

7. Rezistoru slēgumu veidi

Rezistoru virknes slēgums.



1. Caur visiem patērētājiem plūst vienāda stipruma strāva.

$I=I_1=I_2=I_3$ ...

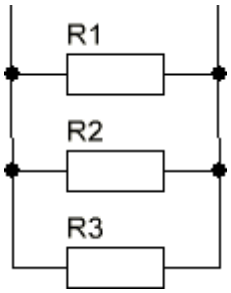
2. Virknes slēgumā elektriskais spriegums, kas ir starp strāvas avota poliem, pakāpeniski sadalās uz visiem virknē saslēgtajiem patērētājiem. Spriegumu katrā posmā var aprēķināt ar Oma likumu U = IR. Spriegumu, kas šādi aprēķināts ķēdes posmam, sauc par *sprieguma kritumu*.

$U=U_1+U_2+U_3$ ...

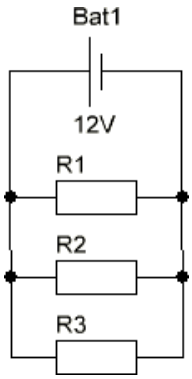
3. Virknes slēguma *kopējā pretestība* ir visu atsevišķo pretestību summa.

$R=R_1+R_2+R_3$ ...

Rezistoru paralēlais slēgums.

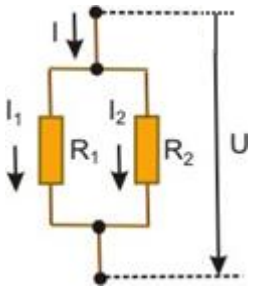


1. Paralēlajā slēgumā visi patērētāji ir pievienoti vienam strāvas avotam, starp kura spailēm ir noteikts spriegums. Katrs patērētājs saņem pilnu spriegumu.



$U=U_1=U_2=U_3$ ...

2. Paralēlajā slēgumā kopējā strāva ir atsevišķos patērētājos plūstošo strāvu summa.



$I=I_1+I_2$

3. Kopējā pretestība tiek aprēķināta pēc formulas:

$$\frac{1}{R_K}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}....$$

<u>Ja paralēli ir saslēgtas tikai divas pretestības, tad to kopējo pretestību var aprēķināt šādi:</u>

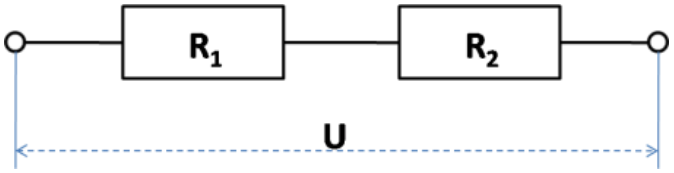
$$R_K=\frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}$$

<u>Ja paralēli saslēgti n vadītāji, un katra tā pretestība ir vienāda R, tad ķēdes kopējā pretestība ir R/n.</u>

<u>Kopējā pretestība paralēlajā slēgumā būs mazāka par vismazāko pretestību!</u>

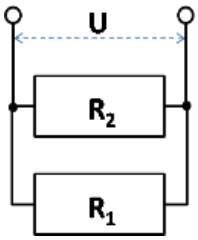
Piemēri.

<u>Piemērs</u>. Ir divi rezistori, kuri ir slēgti virknē. R1=10Ω, R2=15Ω.



Šo rezistoru kopējā pretestība ir R_K=R1+R2=10+15=25Ω

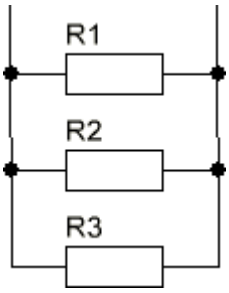
<u>Piemērs.</u> Ir divi rezistori, kuri ir slēgti paralēli. R1=10Ω, R2=15Ω.



Šo rezistoru kopējā pretestība tiek aprēķināta šādi:

$$R_K=\frac{R1\cdot R2}{R1+R2}=\frac{10\cdot 15}{10+15}=\frac{150}{25}=6\Omega$$

Piemērs. Ir trīs rezistori, kuri ir slēgti paralēli. R1=10Ω, R2=15Ω, R3=30



Šo rezistoru kopējā pretestība tiek aprēķināta šādi:

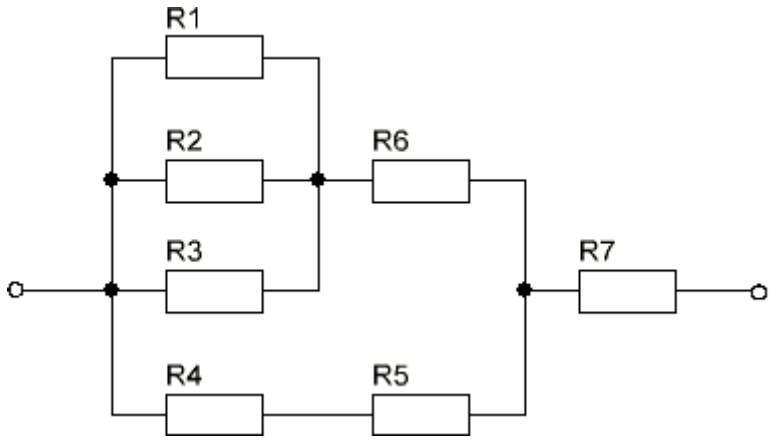
$$\frac{1}{R_K} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{R_K} = \frac{3+2+1}{30}$$

$$\frac{1}{R_K} = \frac{6}{30}$$

$$R_K = \frac{30}{6} = 5\Omega$$

Rezistoru jauktā slēguma kopējās pretestības noteikšanas piemērs



R1 = 10Ω

R2 = 15 Ω

R3 = 30 Ω

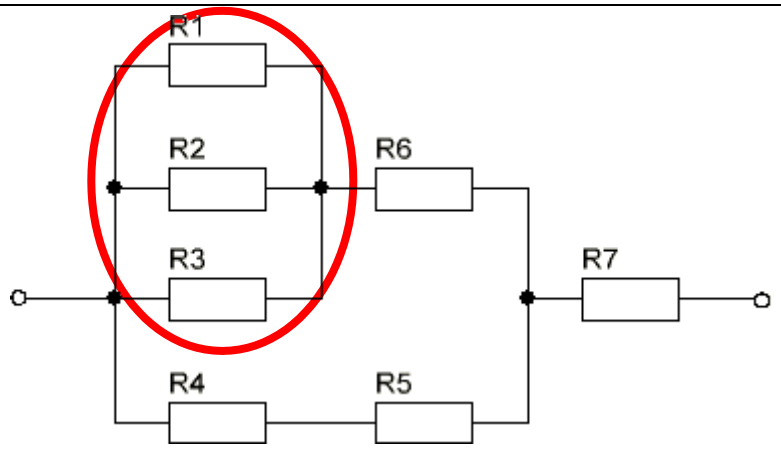
R4 = 25 Ω

R5 = 20 Ω

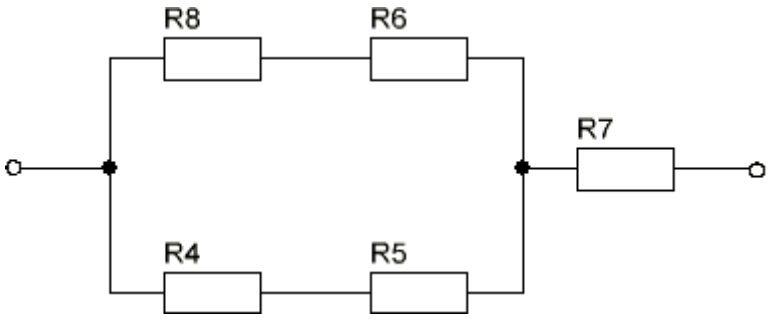
R6 = 20 Ω

R7 = 40 Ω

Shēmā atrast rezistorus, kuri ir saslēgti paralēli vai virknē. Šos rezistorus var aizvietot ar vienu, kura pretestība būs vienāda ar aizvietojamo rezistoru kopējo pretestību.



Aizvietojot rezistorus, veidojas šāda shēma: R8=5Ω



Aizvietojam rezistorus R1, R2, R3, kuri ir slēgti paralēli ar rezistoru R8. R8 rezistora pretestība būs vienāda ar R1, R2, R3 kopējo pretestību.

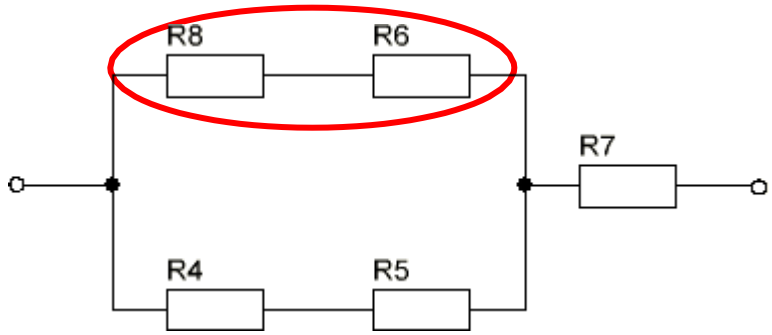
$$\frac{1}{R_8} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_8} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{30}$$

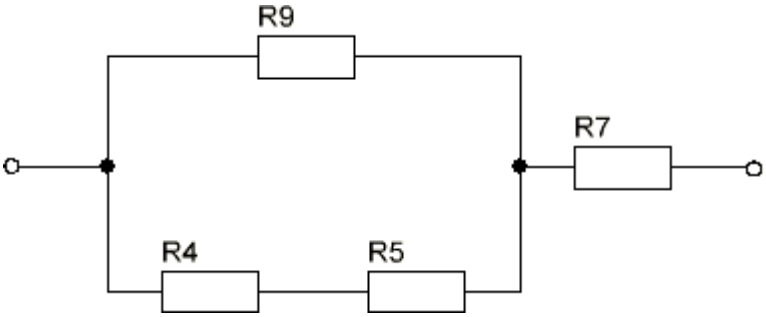
$$\frac{1}{R_8} = \frac{3+2+1}{30}$$

$$\frac{1}{R_8} = \frac{6}{30}$$

$$R_8 = \frac{30}{6} = 5\Omega$$



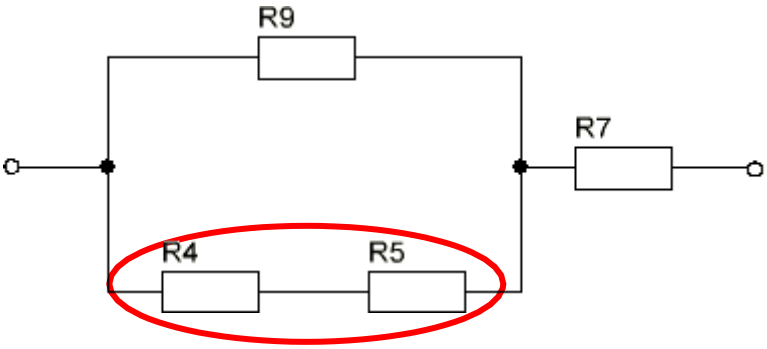
Aizvietojot rezistorus, veidojas šāda shēma: R9=25Ω



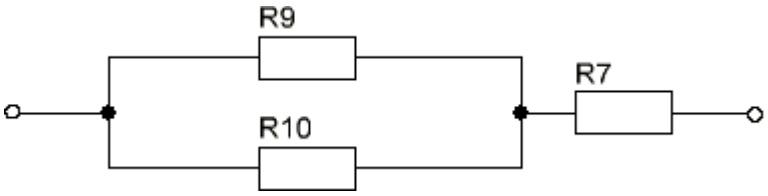
Aizvietojam rezistorus R8 un R6 ar rezistoru R9.
R8 un R6 ir saslēgti virknē, tāpēc rezistora R9 pretestība tiek aprēķināta šādi:

$$R9 = R8 + R6$$

$$R9 = 5 + 20 = 25\ \Omega$$



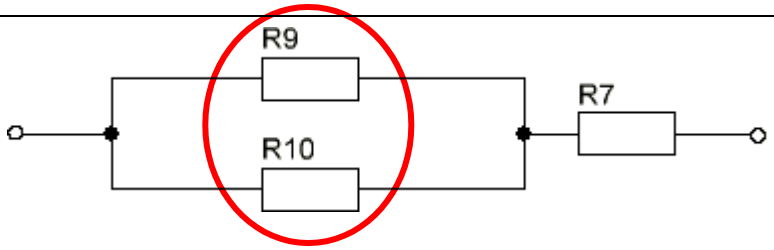
Aizvietojot rezistorus, veidojas šāda shēma: R9=25Ω un R10 = 45 Ω



Aizvietojam rezistorus R4 un R5 ar rezistoru R10.
R4 un R5 ir saslēgti virknē, tāpēc rezistora R10 pretestība tiek aprēķināta šādi:

$$R10 = R4 + R5$$

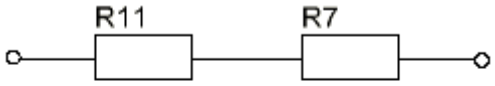
$$R10 = 25 + 20 = 45\ \Omega$$



Aizvietojot rezistorus, veidojas šāda shēma: R11 = 16 Ω

Aizvietojam rezistorus R9 un R10 ar R11. Rezistori R9 un R10 ir saslēgti paralēli. Rezistori ir divi, tāpēc šo rezistoru kopējo pretestību var aprēķināt, izmantojot formulu diviem rezistoriem slēgtiem paralēli:

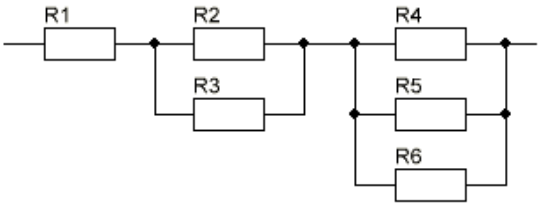
$$R_{11} = \frac{R_9 \cdot R_{10}}{R_9 + R_{10}}$$

	$R_{11} = \frac{25 \cdot 45}{25 + 45} = \frac{1125}{70} = 16\Omega$
	Beigās paliek aprēķināt šo divu rezistoru kopējo pretestību. Rezistori ir slēgti virknē, tāpēc šo rezistoru kopējā pretestība tiek aprēķināta šādi: R_k = R11+R7 R_k = 16+ 40 = 56 Ω
Ķēdes kopējā pretestība ir 56Ω.	

Uzdevumi paškontrolei.

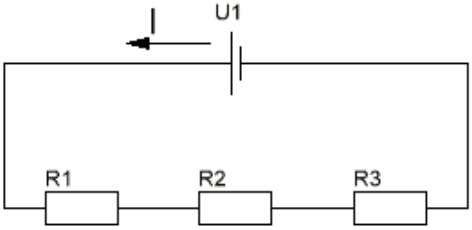
1.uzdevums

Noteikt ķēdes pilno pretestību. R1=13Ω, R2=14 Ω, R3=17 Ω, R4= 15 Ω, R5=15 Ω,R6= 15 Ω.



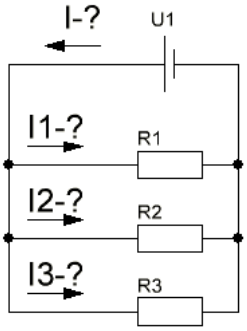
2.uzdevums.

Noteikt strāvas stiprumu un spriegumu kritumus uz rezistoriem. U1=10V, R1=5 Ω, R2=3 Ω, R3=6 Ω.



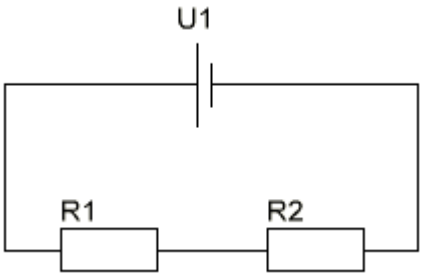
3.uzdevums.

Noteikt strāvas stiprumus un spriegumu kritumu uz rezistoriem. U1=10V, R1=5 Ω, R2=3 Ω, R3=6 Ω.



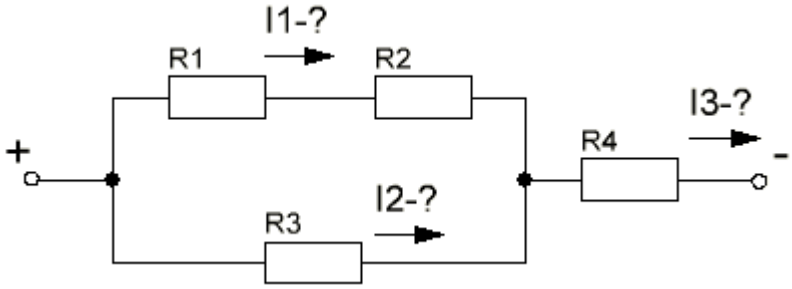
4.uzdevums.

Noteikt spriegumu kritumu uz otra rezistora un barošanas avota spriegumu. U_{R1} =10V, R1=5 Ω, R2=3 Ω.



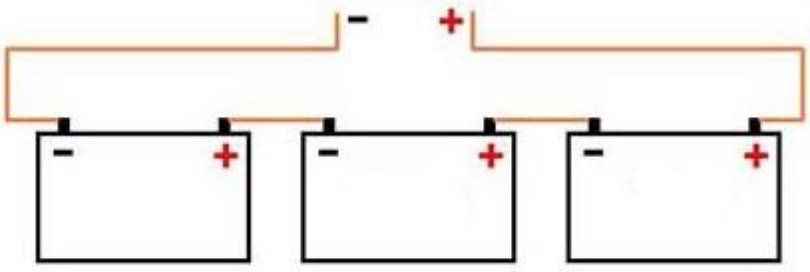
5.uzdevums

Noteikt visas strāvas, visus spriegumu kritumus un barošanas avota spriegumu, ja ir zināmas pretestības un sprieguma kritums uz otrā rezistora. R1=5 Ω, R2=3 Ω, R3=6 Ω, R4=8 Ω, U_{R2}=3V



8. Akumulatoru slēgumi

Akumulatoru virknes slēgums.



Akumulatoru virknes slēguma gadījumā viena akumulatora "-" pola kontakts tiek pievienots pie cita akumulatora "+".

1. Saslēdzot akumulatorus virknes slēgumā, iegūst bateriju ar lielāku spriegumu. Baterijas spriegums būs vienāds ar atsevišķo akumulatoru spriegumu summu.

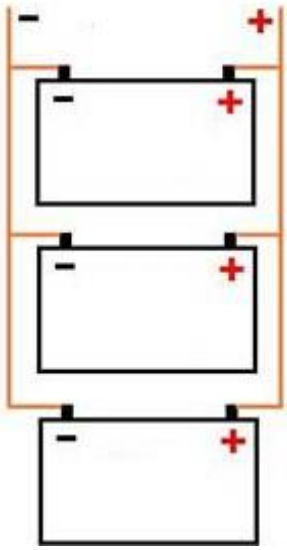
$$U_{BAT} = U_1 + U_2 + U_3 \ldots$$

2. Saslēdzot akumulatorus virknes slēgumā, iegūst bateriju ar tādu pašu kapacitāti, kāda ir akumulatoriem.
3. Saslēdzot akumulatorus virknes slēgumā, iegūst bateriju ar lielāku iekšējo pretestību.

<u>SVARĪGI!</u>

<u>Slēgt virknē drīkst tikai akumulatorus ar vienādu kapacitāti.</u>

Akumulatoru paralēlais slēgums.



Akumulatoru paralēlajā slēgumā visu akumulatoru "-" pola kontakti tiek saslēgti savā starpā, kā arī visi "+" tiek saslēgti savā starpā.

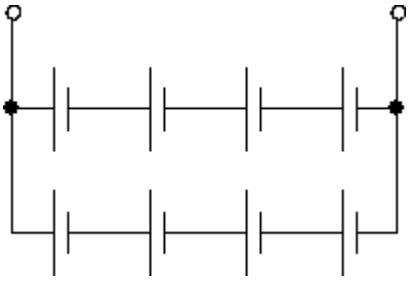
1. Saslēdzot akumulatorus paralēlajā slēgumā, iegūst bateriju ar tādu pašu spriegumu, kāds ir vienam akumulatoram.

$$U_{BAT} = U_1 = U_2 = U_3 \ldots$$

2. Saslēdzot akumulatorus paralēlajā slēgumā, iegūst bateriju ar palielinātu kapacitāti. Katra akumulatora kapacitāte tiek saskaitīta kopā.
3. Saslēdzot akumulatorus paralēlajā slēgumā, iegūst bateriju ar mazāku iekšējo pretestību.

Piemērs. Baterija sastāv no divām paralēli slēgtajām akumulatoru grupām pa četri akumulatoriem katrā grupā.

Akumulatoru EDS ir 1.2V, iekšējā pretestība ir 0,1Ω, kapacitāte ir 1,5Ah.



1. Baterijas kopējais spriegums ir: 4*1.2V=4.8V. Četri akumulatori virknē.
2. Baterijas kopējā kapacitāte ir: 2*1.5Ah=3Ah. Divi paralēli savienoti zari ar vienādu kapacitāti.
3. Baterijas kopējā iekšējā pretestība:

   0.1+0.1+0.1+0.1=0.4Ω - vienas grupas virknē saslēgtu akumulatoru iekšējā pretestība

   0.4/2=0.2Ω - kopējā baterijas iekšējā pretestība (divas paralēli saslēgtas akumulatoru grupas).

Uzdevumi paškontrolei

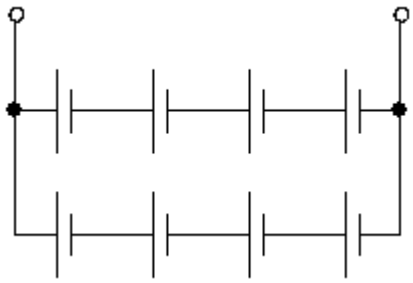
1.uzdevums.

Aprēķināt baterijas EDS, kapacitāti un iekšējo pretestību, ja ir doti atsevišķa akumulatora parametri.

Variants	EDS, V	r, Ω	Kap., Ah	Variants	EDS, V	r, Ω	Kap., Ah
1.	2,3	0,1	1,1	5.	1,1	0,32	2,3
2.	2,4	0,12	1,2	6.	1,2	0,3	2,4
3.	2,5	0,14	1,3	7.	1,3	0,28	2,5
4.	2,6	0,16	1,4	8.	1,4	0,26	2,6

2.uzdevums.

Aprēķināt baterijas EDS, kapacitāti un iekšējo pretestību, ja ir doti atsevišķa akumulatora parametri.



Variants	EDS, V	r, Ω	Kap., Ah	Variants	EDS, V	r, Ω	Kap., Ah
1.	2,3	0,1	1,1	5.	1,1	0,32	2,3
2.	2,4	0,12	1,2	6.	1,2	0,3	2,4
3.	2,5	0,14	1,3	7.	1,3	0,28	2,5
4.	2,6	0,16	1,4	8.	1,4	0,26	2,6

3.uzdevums.

Cik ilgā laikā izlādēsies 2.uzdevuma aprēķinātā baterija, ja pie baterijas pieslēgta slodze, un ir zināma slodzes strāva (I).

Variants	I, mA	Variants	I, mA
1.	50	5.	170
2.	60	6.	180
3.	70	7.	190
4.	80	8.	200

4.uzdevums.

Ir dota baterija ar trim virknē saslēgtajiem akumulatoriem. Katra akumulatora EDS ir 6V. Kā jāpieslēdz spuldzes pie baterijas, lai tās nesabojājas. (Ja tas ir iespējams). Paskaidrot savu izvēli!

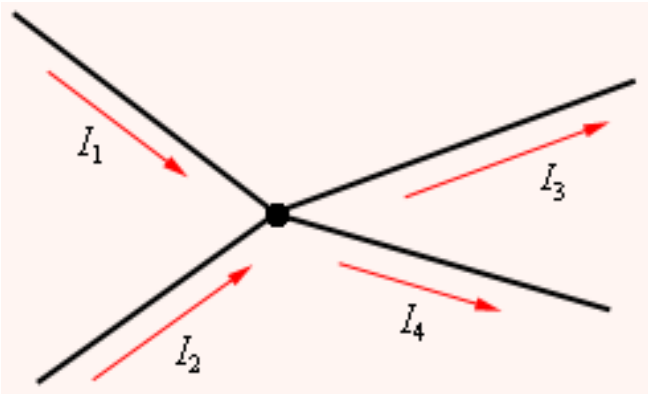
Variants	Vienas spuldzes spriegums, V	Spuldžu daudzums	Variants	Vienas spuldzes spriegums, V	Spuldžu daudzums
1.	6	3	5.	6	2
2.	3	2	6.	3	3
3.	18	2	7.	18	2
4.	9	3	8.	9	3

9. Kirhofa likumi

Pirmais Kirhofa likums.

Pirmais kirhofa likums nosaka, ka elektriskās ķēdes katrā punktā, kur lādiņa blīvums laikā nemainās, strāvu stiprumu algebriskā summa ir vienāda ar 0.

Cik liela strāva ieplūst ķēdes punktā, tikpat liela strāva arī izplūst no punkta.



Lai pierakstītu likuma vienādojumu, var pieņemt, ka strāva, kura plūst UZ ķēdes savienojuma punktu ir pozitīva, bet strāva, kura plūst NO ķēdes savienojuma punkta, ir ar negatīvu zīmi. Un šo strāvu algebriskā summa ir vienāda ar 0.

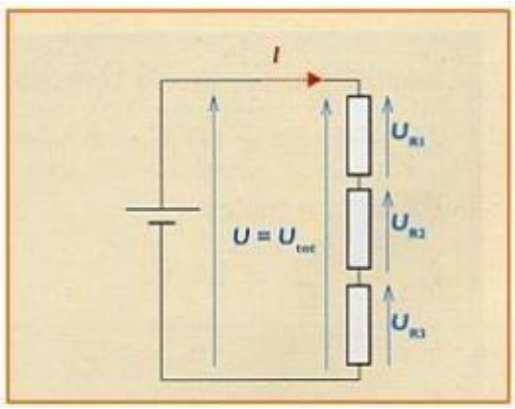
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0 \text{ (sk.attēlu)}$$

Strāvas I_1 un I_2 plūst uz ķēdes punktu, tad šīs strāvas ņemt ar pozitīvu zīmi.

Strāvas I_3 un I_4 plūst no ķēdes punkta, tad šīs strāvas ņemt ar negatīvu zīmi.

Otrais Kirhofa likums.

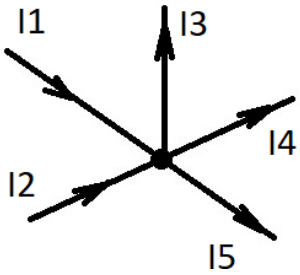
Otrais Kirhofa likums izsaka spriegumu kritumu būtību virknes slēgumā. Noslēgtā elektriskās ķēdes kontūrā strāvas avota spriegums (elektrodzinējspēks — EDS) ir vienāds ar spriegumu kritumu algebrisko summu ārējā ķēdē.



$$U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3}$$

Piemēri

Piemērs. Aprēķināt strāvu I2. I1=1A, I3=4A, I4=2A, I5=2A.



1. Lai aprēķinātu strāvu I2, sākumā ir jāsastāda vienādojums pēc Kirhofa pirmā likuma.

Strāvas, kuras plūst uz mezglu, raksta ar ‘’plus’’ zīmi, strāvas, kuras izplūst no mezgla, raksta ar ‘’mīnus’’ zīmi.

$$I1+I2-I3-I4-I5=0$$

2. Vienādojumā ieliek zināmas vērtības.

$$1+I2-4-2-2=0$$

3. Aprēķina nezināmo strāvu.

$$I2-7=0$$

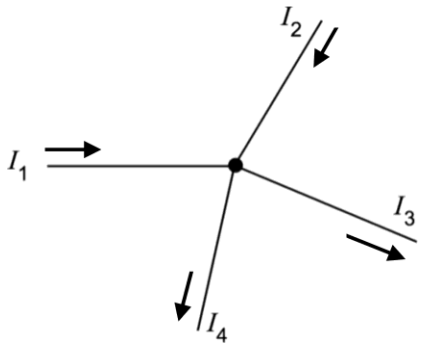
$$I2=7A$$

Uzdevumi paškontrolei

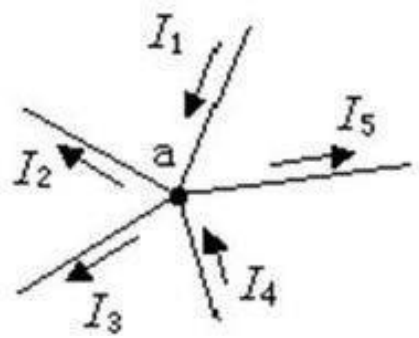
1. uzdevums.

Pierakstīt strāvas stiprumu vienādojumus pēc pirmā Kirhofa likuma!

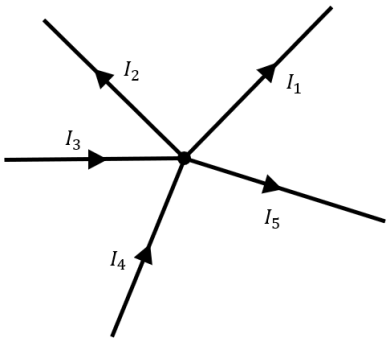
1.



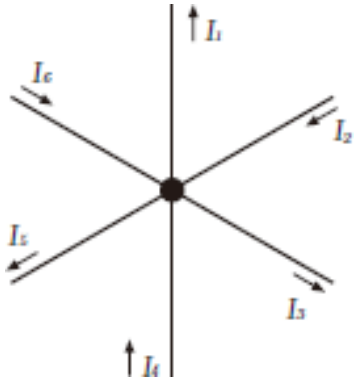
3.



2.

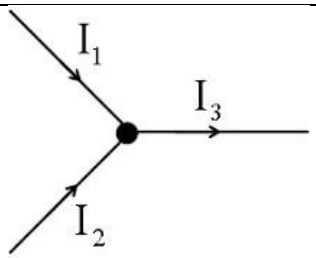


4.



2. uzdevums.

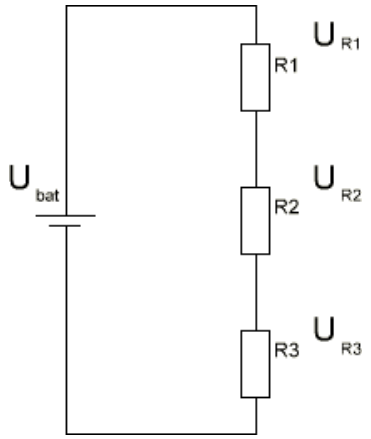
Izmantojot Kirhofa pirmo likumu, sastādīt vienādojumu mezglu punktam, un aprēķināt nezināmās strāvas stiprumu!



Variants	I_1	I_2	I_3	Variants	I_1	I_2	I_3
1.variants	1A	0.5A	?	5.variants	?	2A	5A
2.variants	?	12A	20A	6.variants	2A	5A	?
3.variants	7A	?	15A	7.variants	?	3A	6A
4.variants	3A	0.5A	?	8.variants	11A	25A	?
10.variants	4A	?	10A	22.variants	1.5A	0.5A	?
11.variants	0.5A	0.5A	?	23.variants	?	7A	10A
12.variants	?	22A	25A	24.variants	1A	?	2A

3. uzdevums.

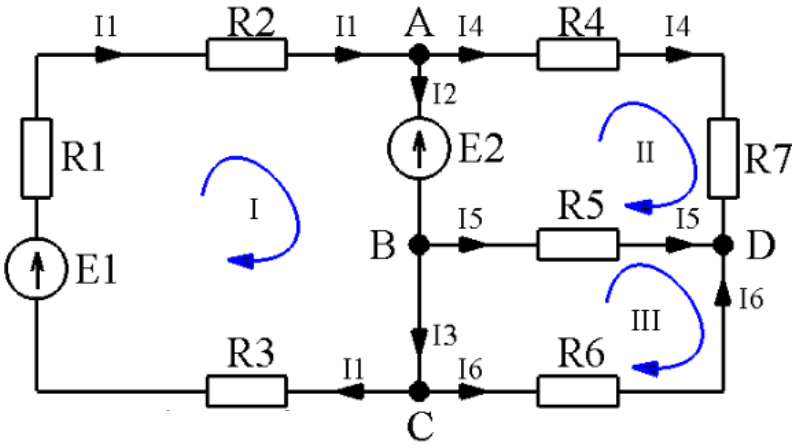
Izmantojot Kirhofa otro likumu, aprēķināt nezināmo spriegumu.



Variants	U_{bat}	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}	Variants	U_{bat}	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}
1.variants	?	10V	12V	8V	5.variants	80V	27V	?	27V
2.variants	40V	?	20V	15V	6.variants	60V	17V	?	27V
3.variants	?	14V	2V	6V	7.variants	30V	10V	9V	?
4.variants	50V	10V	?	20	8.variants	?	20V	22V	8V

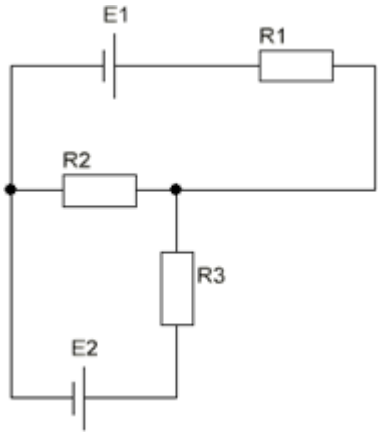
4. uzdevums.

Pierakstīt vienādojumus pēc pirmā un otrā Kirhofa likuma visiem ķēdes mezgliem (A,B,C,D) un trim kontūriem (I, II, III).



5. uzdevums.

Aprēķināt strāvas stiprumus un sprieguma kritumus uz katra rezistora! Pamainīju shēmu! Strāvas caur R1 un R2 būs dažādas šājā gadijumā.



Variants	E_1, V	E_2, V	R_1, Ω	R_2, Ω	R_3, Ω	Variants	E_1, V	E_2, V	R_1, Ω	R_2, Ω	R_3, Ω
1.	12	10	5	15	3	5.	9	10	3	5	15
2.	12	15	5	10	2	6.	9	15	2	5	10
3.	12	20	5	20	4	7.	9	20	4	5	20
4.	12	25	5	5	10	8.	9	25	10	5	5

10. Elektriskā jauda un enerģija līdzstrāvas ķēdēs

1. Elektriskā jauda.

Elektrisko jaudu apzīmē ar burtu *P*.

Elektriskās jaudas mērvienība ir *vati [W]*.

1kW=1000W

1W=0.001kW

Elektrisko jaudu izsaka ar formulu:

$$P = I \cdot U$$

Izmantojot Oma likuma sakarību, šo formulu var pierakstīt arī šādi:

$$P = I^2 \cdot R$$

vai

$$P = \frac{U^2}{R}$$

2. Elektriskās strāvas darbs.

Elektrisko jaudu apzīmē ar burtu *A*.

Elektriskās jaudas mērvienība ir *vatstundas [Wh*].

Elektriskās strāvas darbu izsaka ar formulu:

$$A = I \cdot U \cdot t$$

t – laiks, cik ilgā laikā tiek padarīts darbs.

Pēc šīs formulas arī aprēķina, cik daudz slodze patērē elektroenerģijas.

Piemēram. Cik daudz elektroenerģijas patērē sildītājs ar jaudu 2.4kW 45 minūšu laikā?

Tā, ka P=I·U, formulu var pierakstīt kā A=P·t.

Minūtes jāpārveido stundās. 45/60=0.75 stundas.

$$A = P \cdot t = 2.4 \cdot 0.75 = 1.8\ kWh$$

3. Džoula-Lenca likums

Džoula-Lenca likums apraksta, cik daudz siltuma tiek izdalīts vadītājā. To izmanto, piemēram, elektriskajos sildītajos vai elektriskajās plītīs.

Izdalīto siltuma daudzumu apzīmē ar burtu *Q*.

Mērvienība ir *džouls [J]*.

Formula, kura apraksta Džoula-Lenca likumu ir sekojoša:

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

Kā redzams, no formulas, no vadītāja izdalītā siltuma daudzums ir atkarīgs no vadītāja pretestības R, strāvas stipruma I kvadrātā un strāvas plūšanas laikā.

Piemēram, no vadītāja ar pretestību 20Ω un plūstošo caur to 2A stipru strāvu 30 minūšu laikā izdalīsies 40J.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t = 2^2 \cdot 20 \cdot 0.5 = 40J$$

Jautājumi paškontrolei

1.uzdevums.

Līdzstrāvas elektrodzīneja jauda ir 6,8kW. Tā tiek pieslēgta pie sprieguma 230V. Cik lielu strāvu patere elektrodzinējs?

2.uzdevums.

Uz kvēlspuldzes ir rakstīta jauda (P) un darba spriegums (U). Aprēķiniet šīs spuldzes kvēldiega pretestību.

Variants	P, W	U, V	Variants	P, W	U, V
1.variants	200	220	5.variants	140	220
2.variants	195	110	6.variants	135	110
3.variants	190	96	7.variants	130	96
4.variants	185	48	8.variants	125	48

3.uzdevums.

Rezistora pretestība ir R. Sprieguma kritums uz rezistora ir U_R. Aprēķiniet cik liela jauda izdalas uz rezistora.

Variants	R, Ω	U_R, V	Variants	R, Ω	U_R, V
1.variants	200	220	5.variants	140	220
2.variants	195	110	6.variants	135	110
3.variants	190	96	7.variants	130	96
4.variants	185	48	8.variants	125	48

4.uzdevums.

Cik lielu elektrisko darbu padara sildelements 1.5 stundas laikā, ja caur to plūst strāva I, un sildelementa pretestība ir R?

Variants	I,mA	R, Ω	Variants	I,A	R, Ω
1.variants	200	220	5.variants	140	220
2.variants	195	110	6.variants	135	110
3.variants	190	96	7.variants	130	96
4.variants	185	48	8.variants	125	48

5.uzdevums.

Cik ilgi strāda dzinējs ar jaudu (P), ka patērēja A elektroenerģijas daudzumu?

Variants	P, W	A, kWh	Variants	P, W	A, kWh
1.variants	6200	100	5.variants	5000	45
2.variants	6300	95	6.variants	5100	50
3.variants	6400	90	7.variants	5200	55
4.variants	6500	85	8.variants	5300	60

6.uzdevums.

Cik liels siltuma daudzums izdalisies vadā divas stundas lakā, pa kuru plūst strāva 250mA, ja ir zinams materiāls, garums un šķērsgriezums.

Variants	Materiāls	Garums	Šķērsgriezums	Variants	Materiāls	Garums	Šķērsgriezums
1.variants	Sudrabs	5m	2.5	5.variants	Sudrabs	14m	4
2.variants	Varš	11m	10	6.variants	Sudrabs	25m	1
3.variants	Alumīnijs	10m	1.5	7.variants	Alumīnijs	33m	2.5
4.variants	Sudrabs	21m	2.5	8.variants	Varš	50m	1.5

7.uzdevums.

Aprēķiniet sildelementa pretestību, ja I stipra strāva pusstundu laikā izdala Q siltuma.

Variants	I,mA	Q, kJ	Variants	I,A	Q, kJ
1.variants	200	220	5.variants	140	220
2.variants	195	110	6.variants	135	110
3.variants	190	96	7.variants	130	96
4.variants	185	48	8.variants	125	48

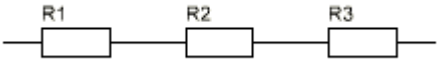
8.uzdevums.

Elektriskajā plītiņā ir divas sildspirāles ar R pretestību. Ar spirāļu pārslēgu tās var ieslēgt pa vienai, divas virknē un divas paralēli. Kāda būs elektroplīts jauda katrā gadījumā? Sildspirāles tiek pieslēgtas pie 230V.

Variants	R, Ω	Variants	R, Ω	Variants	R, Ω	Variants	R, Ω
1.variants	5	3.variants	35	5.variants	65	7.variants	95
2.variants	10	4.variants	40	6.variants	70	8.variants	100

9.uzdevums.

Rezistoru pretestības: R1=100 Ω, R2=150 Ω, R3=75 Ω. Kurā rezistorā izdalīsies vairāk siltuma? Kāpēc?



11. Magnētisms

Patstāvīgs magnēts.

Magnētisms ir fizikāla parādība, kas izpaužas kā mijiedarbība starp elektriskajām strāvām, elektrisko strāvu un magnētu vai arī starp magnētiem.

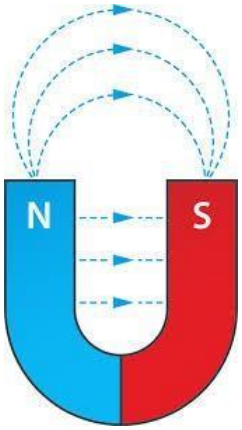
Materiāli, kuriem piemīt magnētisms, sauc par **feromagnētiķiem.**

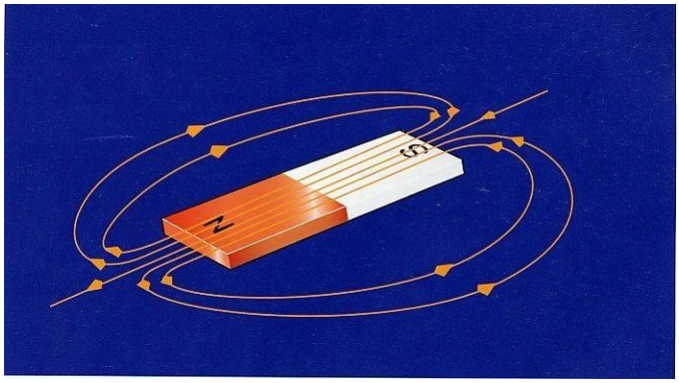
Tos iedala divās grupās: mīkstie un cietie.

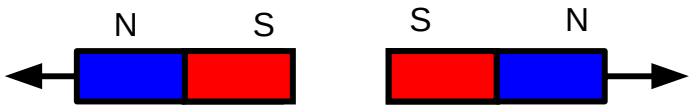
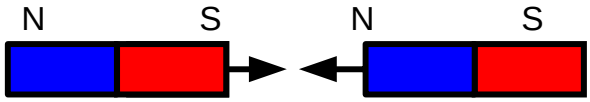
Mīkstie feromagnētiķi - **feromagnētiski materiāli gandrīz pilnībā atmagnetizējas, kad ārējā lauka vairs nav.**

Cietie feromagnētiķi – **materiāli lielā mērā saglabā savas magnētiskās īpašības arī pēc ārējā lauka darbības izbeigšanās.**

Pastāvīgiem magnētiem ir divi poli: ziemeļpols un dienvidpols. Ziemeļpolu apzīmē ar burtu "N", bet dienvidpolu ar burtu "S". Magnētiskā lauka spēka līnijas virziens ir no ziemeļpola uz dienvidpolu.





Vienādi magnētiskā lauka poli **atgrūžas.**	Dažādi magnētiskā lauka poli **pievelkas.**
	

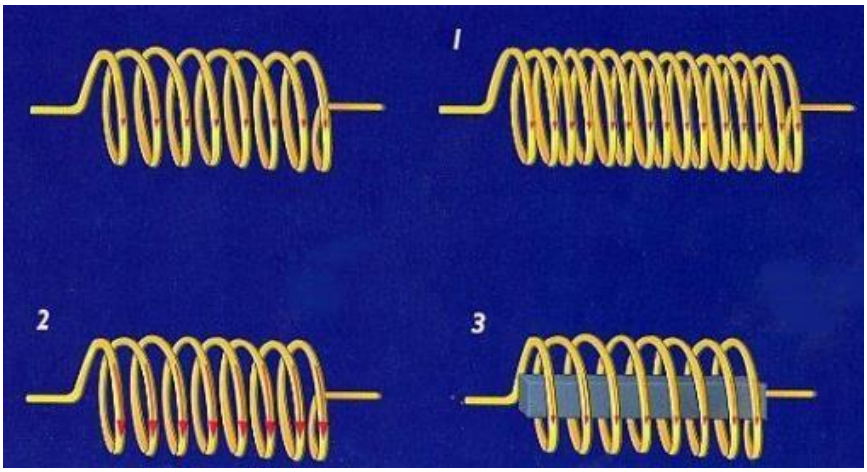
Magnētiskais lauks apkārt vadam.

Ja pa vadu plūst strāva, tad apkārt vadam veidojas konkrēts rotējošs elektromagnētiskais lauks. Magnētiskā lauka virzienu nosaka labās rokas likums.

Ja mēs strāvu vadošo vadu savijam spoles veidā, veidojas spole, ko sauc arī par solenoīdu. Solenoīda radītais magnētiskais lauks ir līdzīgs taisna vada radītajam laukam, tikai tas ir ievērojami spēcīgāks.

Ir trīs veidi, kā var palielināt solinoīda magnētiskā lauka stiprumu:

1. Palielināt vijumu skaitu;
2. Palielināt strāvas stiprumu caur solinoīdu;
3. Ielikt feromagnētisko serdi. (Ja solinoīdā ievieto serdi, to sauc par elektromagnētu).



Solinoīda induktivitāti var aprēķināt pēc formulas:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot W^2 \cdot S}{l}$$

kur, L – **spoles induktivitāte [H]**

μ_0 – magnētiskā konstante

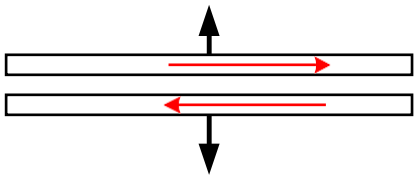
μ – spoles centrā esošās vides relatīvā magnētiskā caurlaidība

W – spoles vijumu skaits

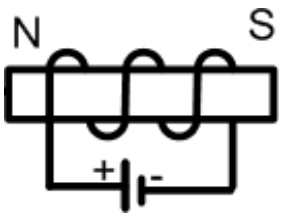
S – spoles šķērsgriezuma laukums, [m^2]

l – spoles garums, m

Ja paralēli nolikt divus vadus, pa kuriem plūst strāva dažādos virzienos, tad šādi vadi centīsies atgrūsties.



Elektromagnētiem poli izveidojas kā ir parādīts attēlā.



Magnētiskā lauka mijiedarbība ar vadu.

Ja strāvas vads atrodas magnētiskajā laukā, tad uz to iedarbojas elektromagnētiskais spēks. **Šo mijiedarbību izmanto elektrodzinējos!**

Šī spēka skaitlisko vērtību nosaka pēc Ampēra likuma izteiksmes:

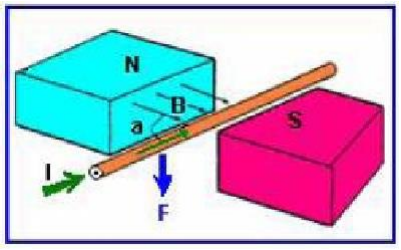
$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$$

F- elektromagnētiskais spēks, N;

I – strāvas stiprums vadā, A;

l – vada aktīvais garums, t.i., vada posms, kas atrodas zem magnēta poliem, m;

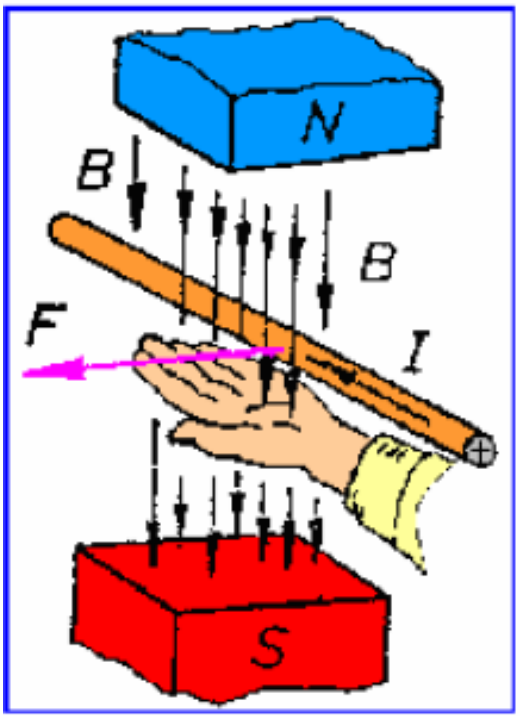
α – leņķis starp strāvas un indukcijas vektoru virzieniem.



Elektromagnētiskā spēka virziena noteikšana

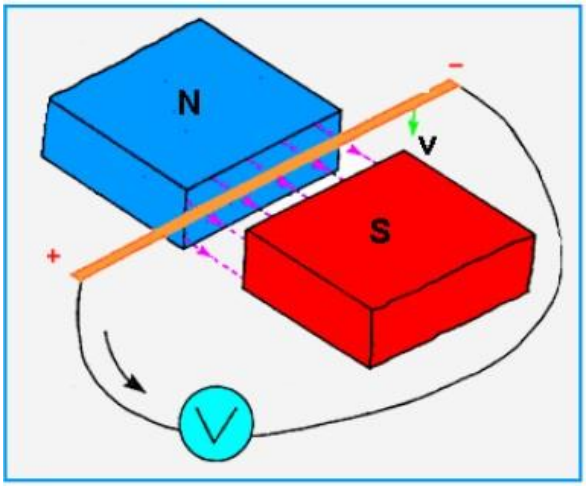
Elektromagnētiskā spēka virzienu nosaka, izmantojot **kreiso** roku:

- Kreisās rokas **plaukstu** magnētiskajā laukā novieto tā, lai magnētiskā lauka līnijas ieietu plaukstā,
- Četri izstieptie **pirksti** vērsti vadā plūstošās strāvas virzienā,
- Taisnā leņķi atliektais **īkšķis** norādīs uz strāvas vadu darbojošā elektromagnētiskā spēka virzienu



Elektromagnētiskā indukcija

Ja vads kustās magnētiskajā laukā, vadā rodas elektrodzinējspēks (EDS).



Šo īpašību izmanto ļoti plaši. Piemēram, automašīnai ir ģenerators, kurā pastāvīgais magnēts rotē un ar magnētisko lauku šķeļ apkārt novietoto tinumu un inducē tajos elektrisko strāvu.

Inducētā elektrodzinējspēka lielumu nosaka pēc formulas:

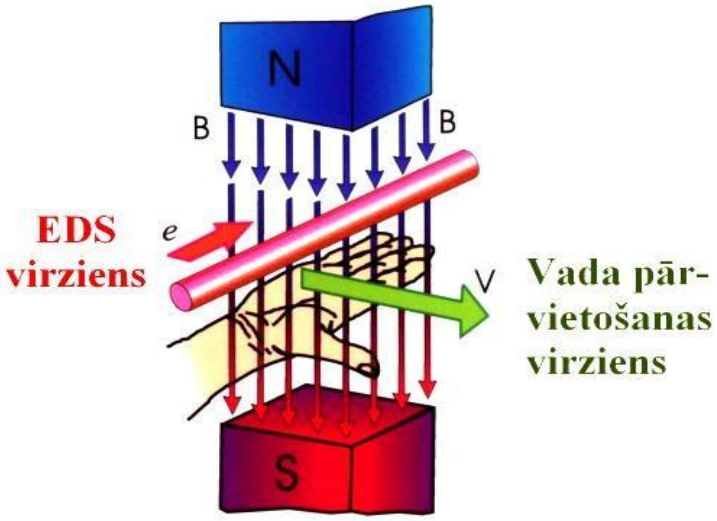
$$E = B \cdot v \cdot l \cdot \sin\alpha$$

kur, B - patstāvīgā magnēta magnētiskā indukcija, T

v - magnēta un spoles savstarpējās kustības ātrums, m/s

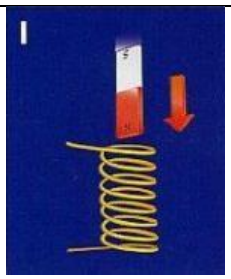
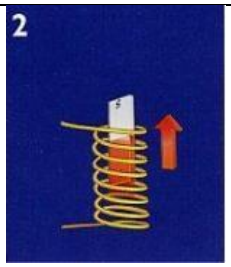
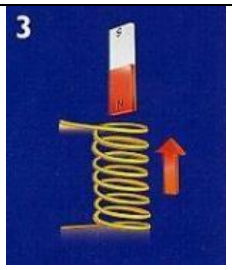
l - vijumu kopējais garums, m

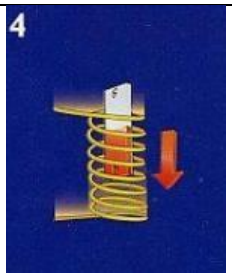
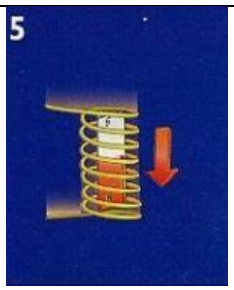
EDS virzienu nosaka labās rokas likums: ja novietojam labo roku tā, ka magnētiskā spēka līnijas ieiet delnā un atvirzītais īkšķis norāda vada pārvietošanās virzienu, tad izstieptie četri pirksti norādīs inducētā EDS virzienu.



Lai inducētos EDS, jābūt obligāti kustībai. Nav atšķirības, kas kustas - magnētiskais lauks vai vadītājs. Obligāti jābūt savstarpējai kustībai. Rezultatā – notiek elektromagnētiskā indukcija.

Piemērs ar magnētu un spoli.

Magnētu iebīda spolē. Tātad ir savstarpēja kustība. Inducējas EDS.	
Magnēts pārvietojas spolē pretējā virzienā, arī inducējas EDS.	
Spolē atkal inducējas EDS, jo ir savstarpējā kustība.	

Ir pretēja virziena kustība, mainās arī EDS virziens.	
Magnēts un spole atrodas savstarpējā miera stāvoklī, elektromagnētiskā indukcija nenotiek.	

Strāvas virziens vadā ir atkarīgs no magnētiskās plūsmas virziena un vada kustības virziena!

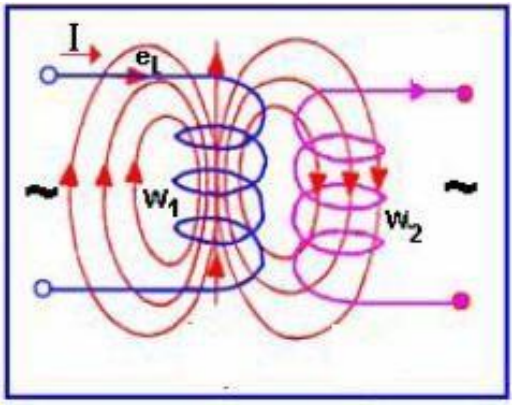
Mijindukcija.

Mijindukciju var novērot, kad divas spoles novietotas blakus tā, ka pirmās spoles magnētiskā plūsma caurtver otro spoli.

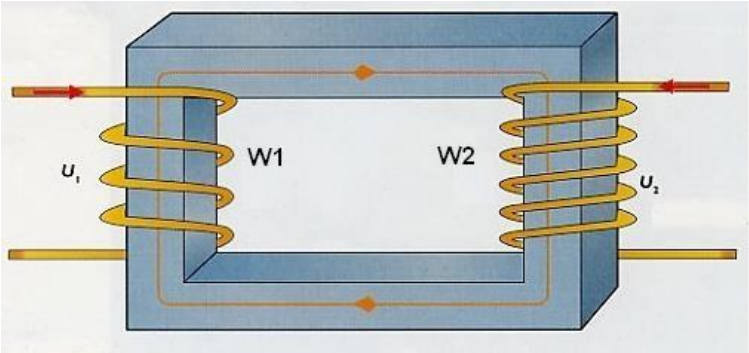
Izmainoties strāvai pirmajā spolē, otrajā spolē inducējas EDS, ko sauc par mijindukcijas EDS. Ja pirmajā spolē strāva nemainās, otrajā spolē EDS neinducējas.

Mijindukcijas parādību izmanto transformatoros.

Transformators ir ierīce, kas paredzēta sprieguma paaugstināšanai vai pazeminināšanai



Transformators sastāv no divām savstarpēji izolētām spolēm-tinumiem, kas uztīti uz dzelzs serdes.



Tinumu, kuru pieslēdz pie sprieguma, sauc par **primāro** tinumu.

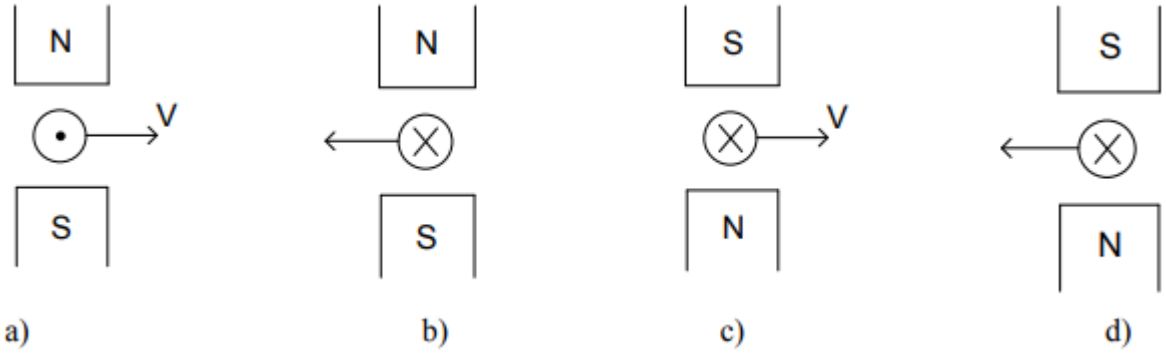
Tinumu, kurā tiek iegūts izmainītais spriegums, sauc par **sekundāro** tinumu.

Sekundārajā tinumā inducētās maiņstrāvas spriegums ir atkarīgs no primārajam tinumam pieslēgtā sprieguma U1 lieluma un vijumu skaita primārajā tinumā ω1 un sekundārajā tinumā ω2 . Šos lielumus saista vienādojums:

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Jautājumi paškontrolei!

1. Kādās ierīcēs izmanto elektromagnētiskās indukcijas parādību?
2. Kādās ierīcēs izmanto mijindukciju?
3. Cik liels spriegums būs transformatora sekundārajā tinumā, ja tas pieslēgts pie 12V sprieguma un primārajam tinumam ir 10 vijumi, bet sekundārajam 100 vijumi?
4. Pēc kāda likuma nosaka EDS virzienu, vadam pārvietojoties magnētiskajā laukā?
5. Kurā no zīmējumiem ir pareizi norādīts indukcijas EDS virziens?



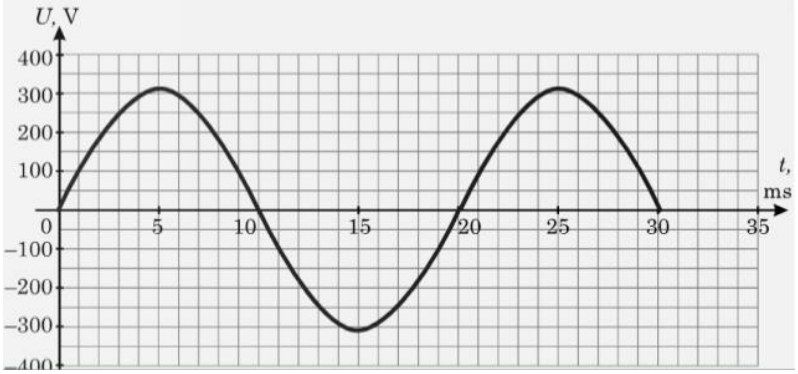
6. Kā sauc parādību, kad viena vadītāja magnētiskais lauks šķeļ otru vadītāju un inducē tajā EDS?
7. Pēc kāda likuma nosaka elektromagnētiskā spēka virzienu, iedarbojoties magnētiskajam laukam uz vadu?

12. Maiņstrāva

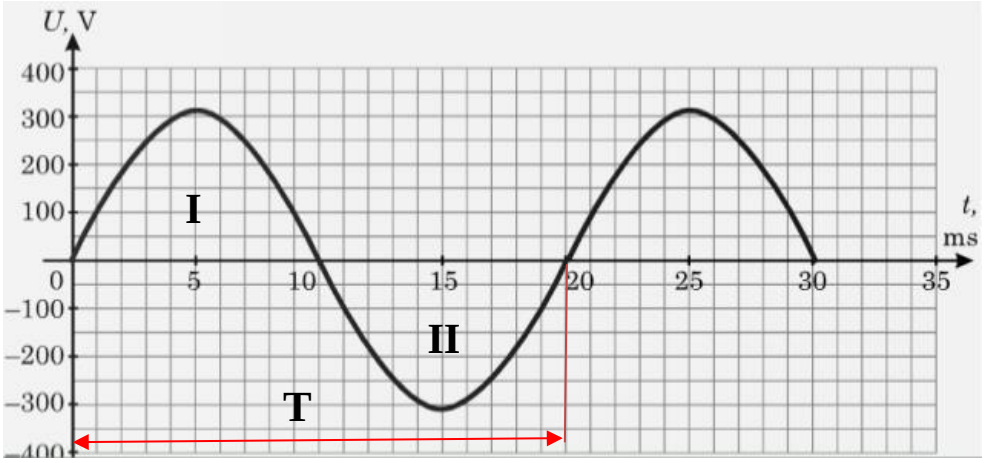
Maiņstrāvas pamatlielumi

Maiņstrāva var būt apzīmēta ar burtiem AC (*alternating current*) vai ar simbolu – "~" (vilnis).

Maiņstrāvu iegūst, izmantojot maiņstrāvas ģeneratorus. Maiņstrāva atšķirībā no līdzstrāvas visu laiku maina savu virzienu un lielumu. Maiņstrāvas izmaiņas notiek pēc sinusoīda grafika.



<u>Maiņstrāvas periods</u> - laiks, kurā magnēts izdara vienu pilnu apgriezienu. To apzīmē ar burtu T. Mērvienības – sekundes [s].



Kā ir redzams grafikā, viena perioda laikā maiņstrāva maina savu virzienu divas reizes. Izšķir maiņstrāvas pozitīvo un negatīvo pusperiodu.

I – pozitīvais pusperiods.

II – negatīvais pusperiods.

<u>Frekvence</u> – magnēta pilno apgriezienu skaits vienā sekundē. To apzīmē ar burtu f. Mērvienības – herci [Hz].

Sakarība starp frekvenci un periodu ir sekojoša:

$$T = \frac{1}{f}$$

Piemēram, tīkla maiņstrāvas frekvence ir 50Hz, tas nozīmē, ka viens periods ilgst:

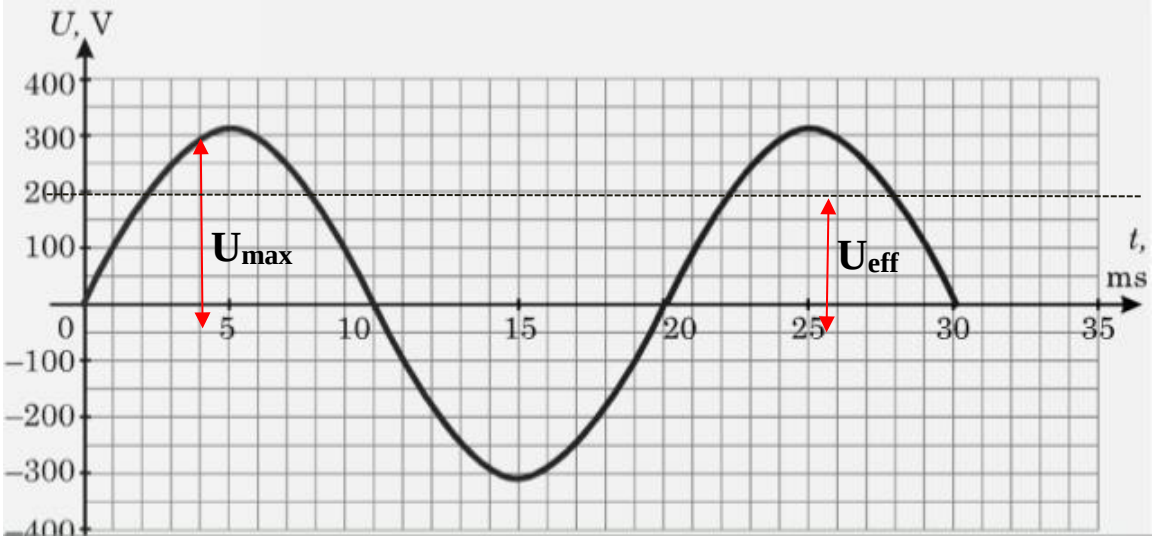
$$T = \frac{1}{50} = 0.02\ s$$

Ja frekvene ir 50 Hz, tas nozīmē, ka ir 50 periodi un maiņstrāva maina virzienu 100 reizes sekundē.

<u>Maiņstrāvas maksimālā un efektīvā vērtība</u>

Maiņstrāvas sprieguma maksimālā vērtība tiek apzīmēta ar burtu U_{max}, maksimālais strāvas stiprums $I_{max.}$ Maiņstrāvas maksimālo vērtību vēl sauc arī par maiņstrāvas amplitūdu. Angļu valodā – peak value.

Maiņstrāvas sprieguma efektīvo vērtību apzīmē ar U_{eff}, strāvas stipruma efektīvo vērtību ar I_{eff}. Angļu valodā – RMS (root mean square).



Sakarības starp maksimālajām un efektīvajām vērtībām ir sekojošas:

$$U_{max} = \sqrt{2} \cdot U_{eff} \quad \rightarrow \quad U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{eff} \quad \rightarrow \quad I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

Piemērs 1.

Noteikt maiņstrāvas efektīvās vērtības, periodu un cik reizes sekundē maiņstrāva maina virzienu, ja maiņstrāvas maksimālās vērtības ir U_{max} = 300V, I_{max} = 10A un frekvence 60Hz.

1. Maiņstrāvas sprieguma efektīvā vērtība tiek aprēķināta pēc formulas:

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{300}{1.41} = 212.8V$$

2. Maiņstrāvas sprieguma efektīvā vērtība tiek aprēķināta pēc formulas:

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{1.41} = 7.1A$$

3. Maiņstrāvas perioda ilgums ir:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60} = 0.017s$$

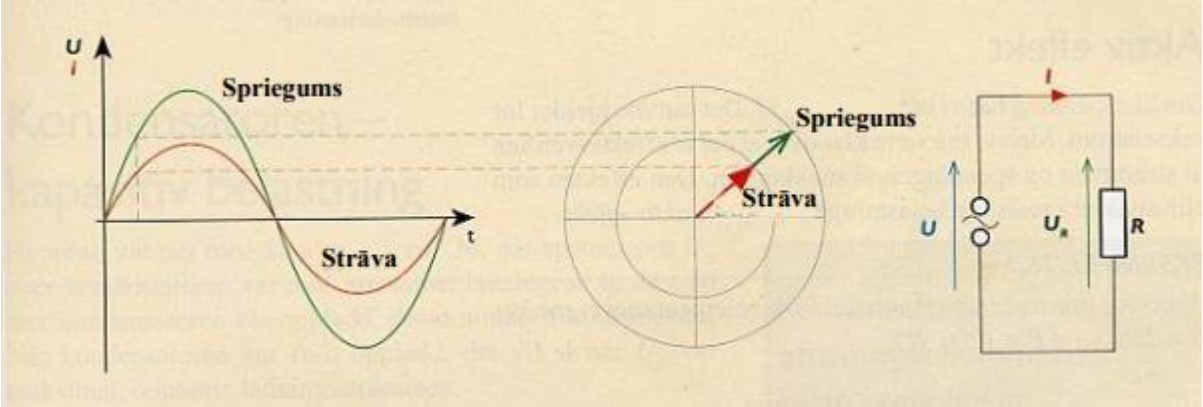
4. Maiņstrāva maina savu virzienu 120 reizēs sekundē, jo ir 60 periodi un katrā periodā maiņstrāva maina savu virzienu divas reizes. 60·2=120 reizes.

Slodzes maiņstrāvas ķēdēs.

Aktīvā slodze.

Aktīvās slodzes piemēri ir kvēlspuldzes, sildelementi u.c.

Aktīvai pretestībai maiņstrāvas ķēdē nav fāzu nobīdes!



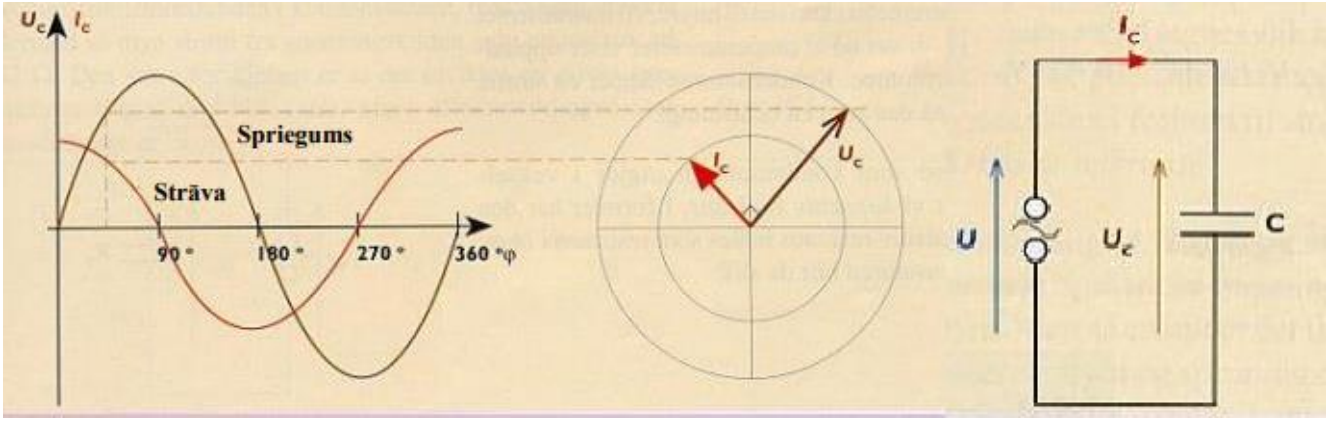
Pie tīrās ak

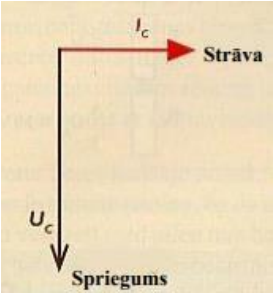
ē!

Kapacitatīvā slodze. (Kondensators)

Kapacitatīvā slodze ir, ja ķēdē ir ieslēgts kondensators.

KONDENSATORĀ strāva par 90° apsteidz spriegumu.





Ja ķēdē ir ieslēgts kondensators, tad strāva apsteidz spriegumu par 90°.

Kapacitatīvā pretestība tiek aprēķināta pēc sekojošas formulas:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

kur, X_C – kapacitatīvās slodzes pretestība [Ω];

ω – leņķiskais ātrums [rad/s] (ω=2·π·f);

f – tīkla frekvence [Hz];

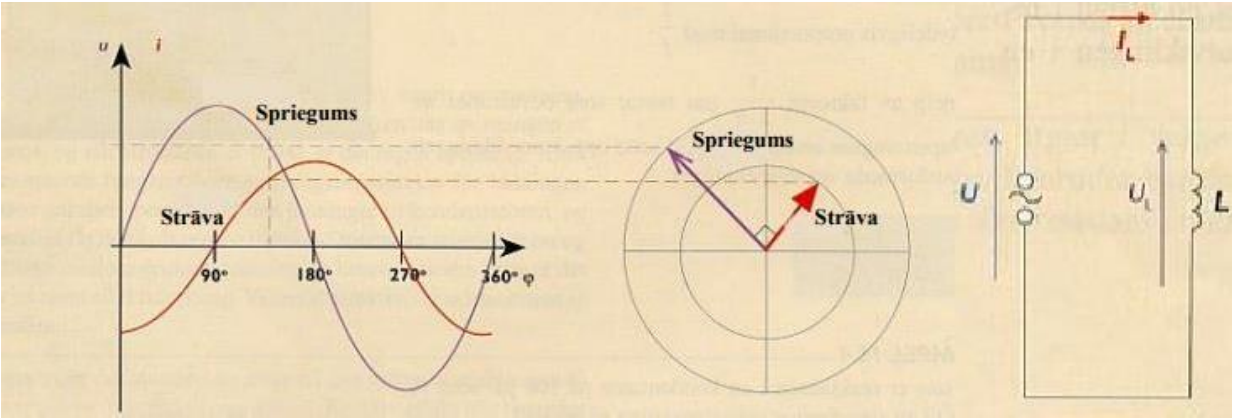
C – kondensatora kapacitāte [F];

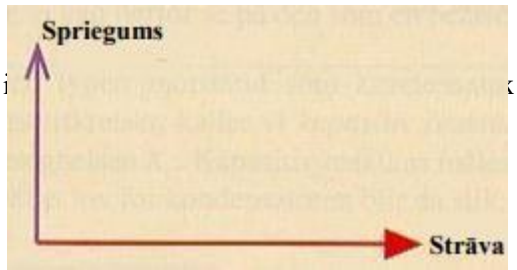
π – konstante 3.14;

Induktīvā slodze. (Spole)

Induktīvās slodzes piemērs ir elektrodzinējs, kuram ir tinumi.

SPOLĒ spriegums apsteidz strāvu par 90°.



Ja ķēdē ir i 

k no sprieguma par 90°.

Induktīvās slodzes pretestība tiek aprēķināta pēc sekojošas formulas:

$$\boldsymbol{X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}$$

kur, X_L – induktīvās slodzes pretestība [Ω];

ω – leņķiskais ātrums [rad/s] (ω=2·π·f);

f – tīkla frekvence [Hz];

L – induktivitāte [H];

π – konstante 3.14;

Piemērs 2.

Cik liela ir pretestība kondensatorā ar kapacitāti 100 μF, ko uzlādē ar sinusoidālu maiņspriegumu ar 50 Hz frekvenci?

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 32\Omega$$

Piemērs 3.

Cik liela pretestība spolē ar induktivitāti 14 mH pie frekvences 50 Hz?

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 4.4\Omega$$

Pretestības maiņstrāvas ķēdē

R – aktīvā pretestība [Ω];

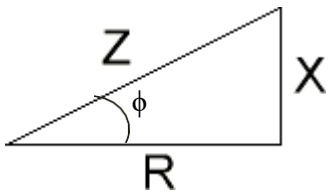
X – reaktīvā pretestība [Ω];

X_C – kapacitatīvā pretestība [Ω];

X_L – induktīvā pretestība [Ω];

Z – pilnā pretestība [Ω].

Pretestību trijstūris



$$X = X_L - X_C$$

$$X = Z \cdot sin\varphi$$

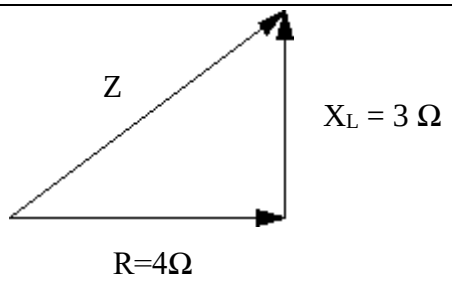
$$R = Z \cdot cos\varphi$$

$$Z = \sqrt{R^2 + Z^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Elementu virknes slēgums
RL virknes ķēde

	R = 4Ω X_L = 3Ω

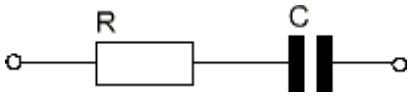
Ķēdes vektoru diagramma

1cm=1Ω


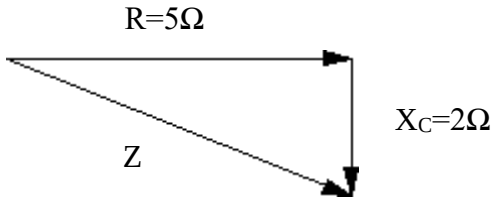
Ķēdes pilnā pretestība:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L{}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2 = \sqrt{25} = 5\Omega}$$

RC virknes ķēde

	R = 5Ω X_C = 2Ω

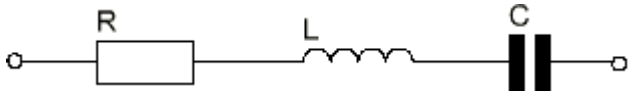
Ķēdes vektoru diagramma

1cm=1Ω


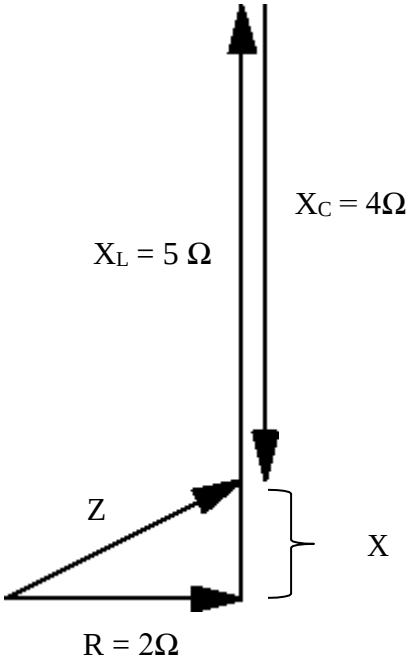
Ķēdes pilnā pretestība:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C{}^2} = \sqrt{5^2 + 2^2 = \sqrt{29} = 5.39\Omega}$$

RLC virknes ķēde

	R = 2Ω X_L = 5Ω X_C = 4Ω

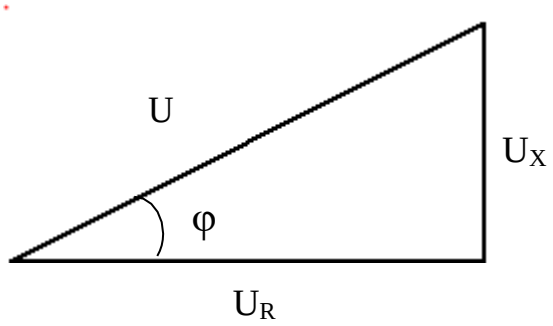
Ķēdes vektoru diagramma. Reaktīvās slodzes induktīvo un kapacitatīvo pretestību vektori ir vērsti viens pret otru.

1cm=1Ω


Ķēdes pilnā pretestība:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{2^2 + (5-4)^2} = \sqrt{5} = 2.24\Omega$$

Spriegumu trijstūris



$$U_X = U_L - U_C$$

$$U_X = U \cdot sin\varphi$$

$$U_R = U \cdot cos\varphi$$

$$U = \sqrt{U_R{}^2 + U_X{}^2} = \sqrt{U_R{}^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$U_R = I \cdot R$$

$$U_L = I \cdot X_L$$

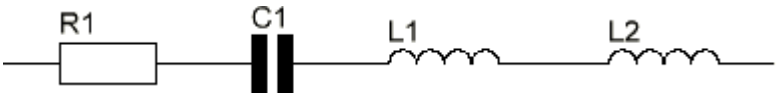
$$U_C = I \cdot X_C$$

Oma likums maiņstrāvas ķēdei

$$I = \frac{U}{Z}$$

Piemērs 4.

Ir dota shēma ar četriem elementiem: R=6Ω, X_C=7Ω, X_{L1}=3Ω un X_{L2}=2Ω. U=230V.



Izpildīt sekojošas darbības:

1. Ķēdes pilno pretestību.
2. Strāvu ķēdē.
3. Spriegumu kritumu katrā elementā.
4. Uzzīmēt pretestību vektoru diagrammu.
5. Uzzīmēt spriegumu vektoru diagrammu.

Risinājums:

1. Ķēdes pilnā pretestība

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{6^2 + (3 + 2 - 7)^2} = \sqrt{36 + 4} = \sqrt{40} = 6.32\Omega$$

2. Strāvas stiprums ķēdē tiek aprēķināts, izmantojot Oma likumu

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{230}{6.32} = 36.4A$$

3. Sprieguma kritumi
   a. Sprieguma kritums uz aktīvās slodzes

$$U_R = I \cdot R = 36.4 \cdot 6 = 218.4V$$

b. Sprieguma kritums uz kondensatora

$$U_C = I \cdot X_C = 36.4 \cdot 7 = 254.8V$$

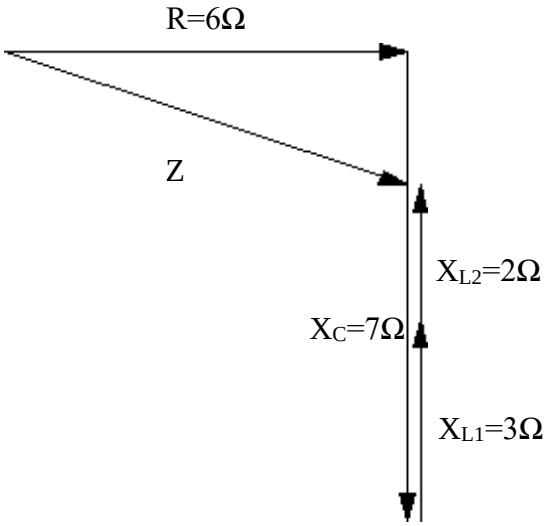
c. Sprieguma kritums uz pirmās spoles

$$U_{L1} = I \cdot X_{L1} = 36.4 \cdot 3 = 109.2V$$

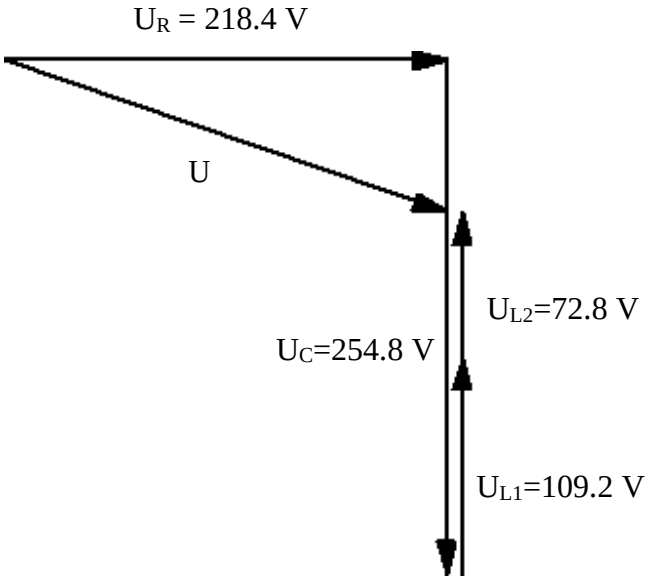
d. Sprieguma kritums uz otrās spoles

$$U_{L2} = I \cdot X_{L2} = 36.4 \cdot 2 = 72.8V$$

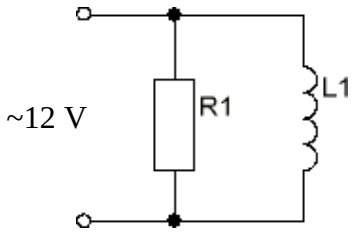
4. Pretestību vektoru diagramma. 1cm=1Ω.



5. Spriegumu vektoru diagramma.



Elementu paralēlais slēgums
RL paralēlais slēgums

	R1 = 4Ω X_L = 3Ω

Paralēlajā slēgumā spriegums uz visiem elementiem ir vienāds. Atšķiras strāvu stiprumi caur elementiem.

Strāva caur aktīvo pretestību:

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{12}{4} = 3A$$

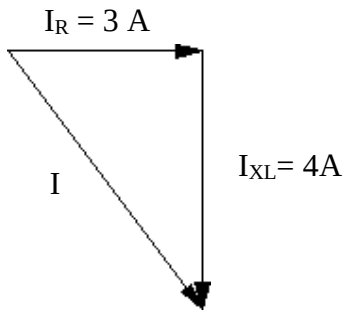
Strāva caur induktīvo pretestību:

$$I_{X_L} = \frac{U}{X_L} = \frac{12}{3} = 4A$$

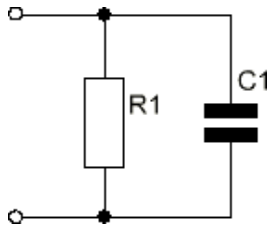
Kopējais strāvas stiprums tiek aprēķināts šādi:

$$I = \sqrt{I_R{}^2 + I_{X_L}{}^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5A$$

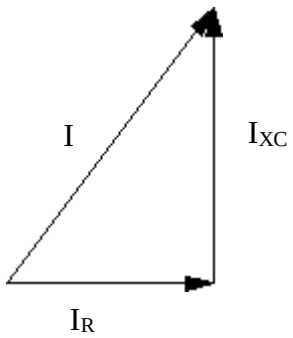
Strāvas vektoru diagramma:

1cm=1Ω


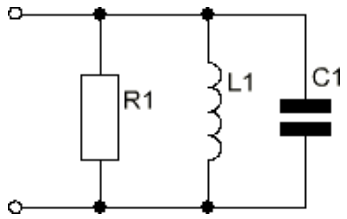
RC paralēlais slēgums

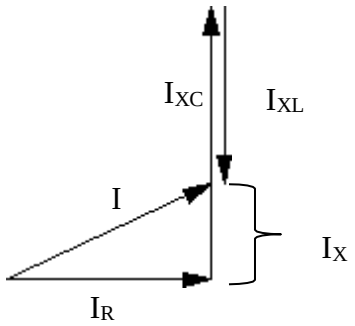


Viss ir līdzīgi kā ar RL ķēdi. Atšķirība ir tikai ar vektoru diagrammu. Strāvas vektors, kurš plūst caur kapacitatīvo pretestību, ir vērsts pretēji nekā caur induktīvo pretestību.

Strāvas vektoru diagramma	Kopējais strāvas stiprums ķēdē, aprēķina šādi:
	$I = \sqrt{I_R{}^2 + I_{X_C}{}^2}$

RLC paralēlais slēgums



Strāvas vektoru diagramma	Kopējais strāvas stiprums ķēdē, aprēķina šādi:
	$I = \sqrt{I_R{}^2 + (I_{X_C} - I_{X_L})^2}$

Jauda vienfāžu ķēdēs

P – aktīvā jauda, mērvienības – vati [W];

Q – reaktīvā jauda, mērvienības – volt-ampēri reaktīvie [VAr]

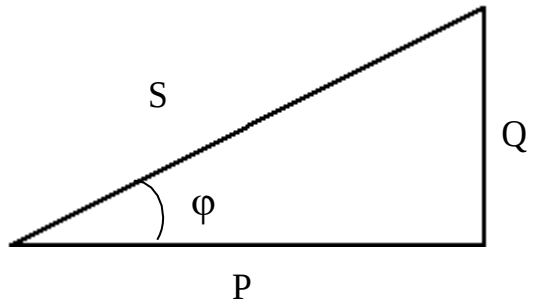
Q_L – reaktīvās jaudas induktīvā sastāvdaļa

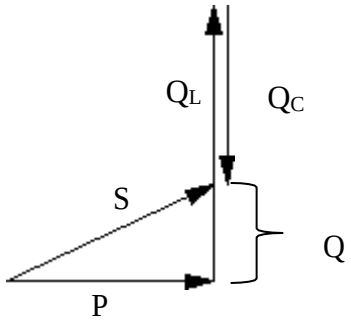
Q_C – reaktīvās jaudas kapacitatīvā sastāvdaļa

S – pilna jauda, mērvienības – volt-ampēri [VA]

cosφ – jaudas koeficients

Jaudu trijstūris

	$Q = Q_L - Q_C$ $Q = S \cdot sin\varphi$ $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ $P = S \cdot cos\varphi$ $P = \sqrt{S^2 - Q^2}$ $P = I \cdot U \cdot cos\varphi$ $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$ $S = I \cdot U$ $S = I \cdot Z^2$ $cos\varphi = \frac{P}{S}$

Jaudu vektoru diagramma


Jaudas koeficients (cosφ) – raksturo maiņstrāvas patērētāju, cik liels ir reaktīvās jaudas īpatsvars.

Jo lielāka ir jaudas koeficienta vērtība (tuvāk "1"), jo mazāks ir reaktīvās jaudas īpatsvars.

Jaudas koeficients ir vienāds ar "1", ja nav reaktīvās jaudas (tīra, aktīva jauda) vai reaktīvās jaudas kapacitatīvā sastāvdaļa ir vienāda ar reaktīvās jaudas induktīvo sastāvdaļu.

Piemērs 5.

Pilnā jauda ir 10kVA, aktīvā jauda ir 5 kW. Noteikt jaudas koeficientu un reaktīvo jaudu!

1. Jaudas koeficients

$$cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{5}{10} = 0.5$$

2. Reaktīvā jauda

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{10^2 - 5^2} = \sqrt{100 - 25} = \sqrt{75} = 8.7kVAr$$

Piemērs 6.

Strāvas stiprums ir 10A, spriegums 50V, jaudas koeficients 0.88. Noteikt jaudas!

1. Pilnā jauda

$$S = I \cdot U = 10 * 5 = 500\ VA$$

2. Aktīvā jauda

$$P = S \cdot cos\varphi = 500 * 0.88 = 440\ W$$

3. Reaktīvā jauda

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{500^2 - 440^2} = \sqrt{56400} = 237.5\ VAr$$

Piemērs 7.

Aktīvā jauda ir 12 kW, spriegums 230V, jaudas koeficients 0.6. Noteikt, ar kādu jaudu jāpieslēdz kondensatori, lai palielinātu jaudas koeficientu līdz 0.8.

1. Nosakām pilno jaudu

$$S = \frac{P}{cos\varphi} = \frac{12}{0.6} = 20kVA$$

2. Nosakām reaktīvo jaudu pie cosφ=0.6

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{20^2 - 12^2} = \sqrt{400 - 144} = \sqrt{256} = 16\ kVAr$$

Lai noteiktu, ar kādu jaudu jāpieslēdz kondensatori, jāsalīdzina reaktīvo jaudu pie cosφ=0.6 un cosφ=0.8. Reaktīvā jauda pie cosφ=0.6 ir zināma. Jānosaka reaktīvo jaudu pie jaudas koeficienta 0.8.

3. Sākumā noteiksim pilno jaudu pie cosφ=0.8.

$$S = \frac{P}{cos\varphi} = \frac{12}{0.8} = 15kVA$$

4. Noteiksim reaktīvo jaudu pie cosφ=0.8

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{15^2 - 12^2} = \sqrt{225 - 144} = \sqrt{81} = 9\ kVAr$$

5. Cik lielai jābūt jaudai kondensatoriem, lai cosφ palielinātu līdz 0.8.

$$Q_C = 16 - 9 = 7\ kVAr$$

Piemērs 8.

Pilnā jauda – 20kVA, jaudas koeficients 0.76, spriegums 230V. Noteikt aktīvo un reaktīvo jaudu, strāvas stiprumu, spriegumus uz aktīvām un reaktīvām sastāvdaļām un leņki φ.

1. Aktīvā jauda

$$P = S \cdot cos\varphi = 20 * 0.76 = 15.2\ kW$$

2. Reaktīvā jauda

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{20^2 - 15.2^2} = \sqrt{400 - 231.04} \approx 13\ kVAr$$

3. Spriegums uz aktīvās sastāvdaļas

$$U_R = U \cdot cos\varphi = 230 \cdot 0.76 = 174.8\ V$$

4. Spriegums uz reaktīvās sastāvdaļas

$$U_X = \sqrt{U^2 - U_R{}^2} = \sqrt{230^2 - 174.8^2} = 149.48\ V$$

5. Strāvas stiprums

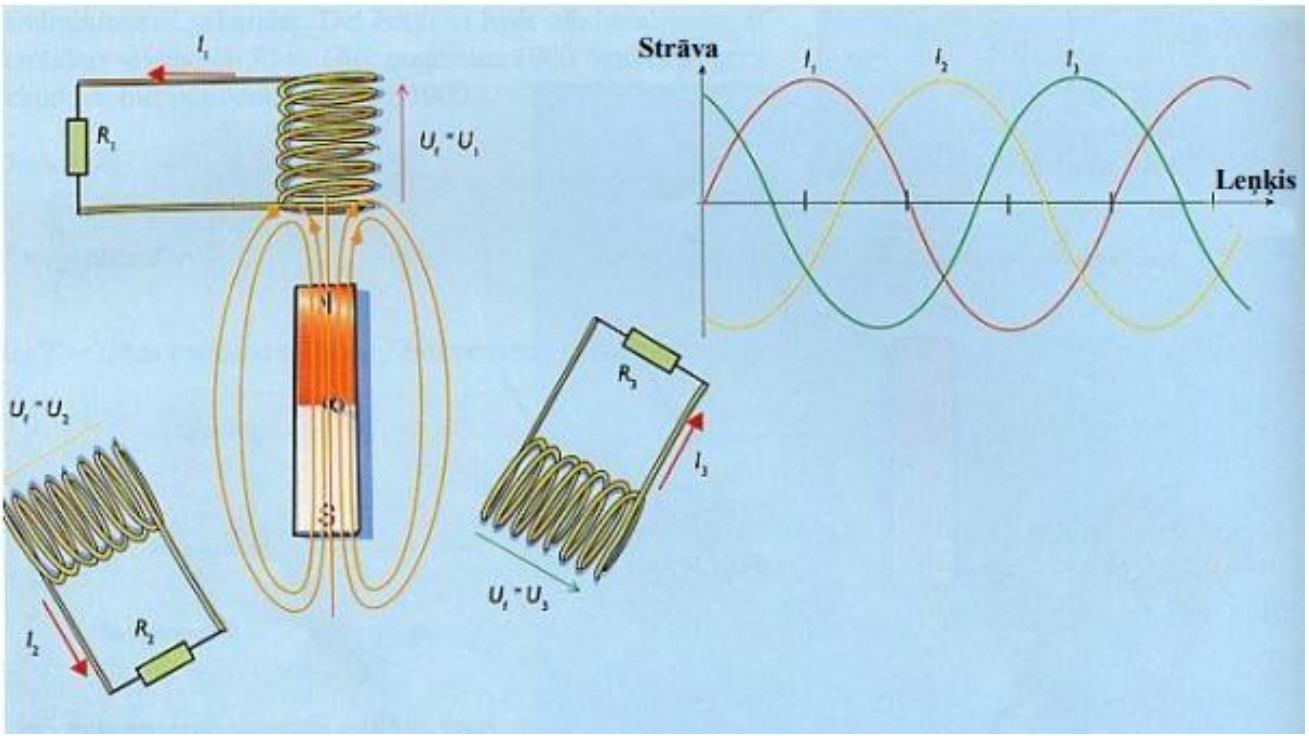
$$I = \frac{S}{U} = \frac{20000}{230} = 86.96\ A$$

6. Leņķis φ grādos.

Apskatot cos vērtību tabulu, var noteikt, ka cosφ=0.76, ja leņķis φ ir 41°.

13. Trīsfāžu maiņstrāva.

Par maiņstrāvas trīsfāžu sistēmu sauc maiņstrāvas ķēdi, kurā darbojas trīs EDS ar vienādu frekvenci, bet ar fāzes nobīdi par 120°.

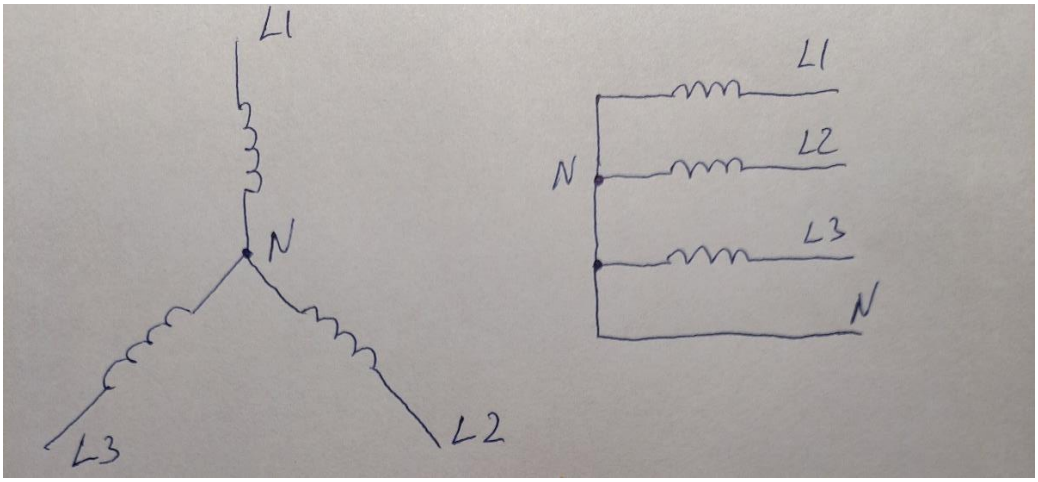


Trīsfāzes ķēdes slēguma veidi:

1. Zvaigznes slēgums
2. Trijstūra slēgums

Zvaigznes slēgums:

Zvaigznes slēgumā, ģeneratora trīs dažādu tinumu vieni izvadi tiek saslēgti savā starpā. Šo punktu sauc par neitrālpunktu vai neitrāli.

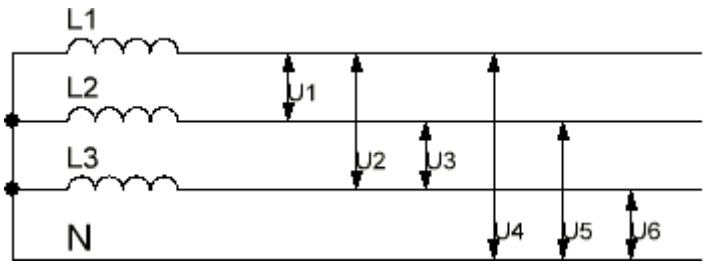


Zvaigznes slēgumā izšķir divus spriegumus:

1. Līnijas spriegums – spriegums starp jebkurām divām līnijām (fāzēm). U_L
2. Fāzes spriegums – spriegums starp jebkuru līniju (fāzi) un neitrālpunktu (neitrālvadu). U_F

Sakarība starp fāzes spriegumu un līnijas spriegumu:

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_F$$
$$U_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$



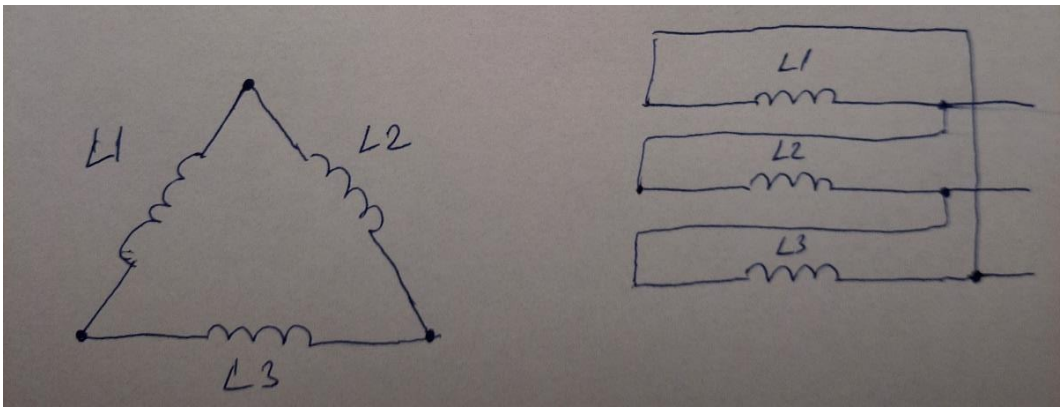
Līnijas spriegums – U1, U2, U3

Fāzes spriegums – U4, U5, U6

Zvaigznes slēgumā fāzes strāva ir vienāda ar līnijas strāvu: $I_F=I_L$

Trijstūra slēgums:

Trijstūra slēgumā ģeneratora tinuma beigās tiek saslēgti ar cita tinuma sākumu.



Trijstūra slēgumā izšķir divas strāvas:

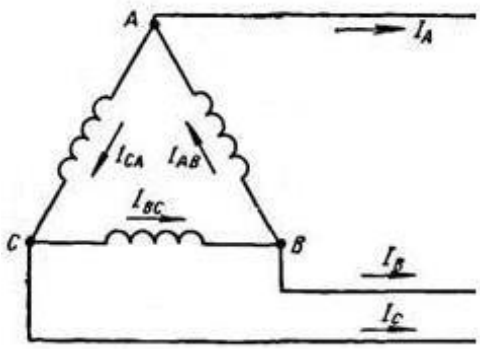
1. Līnijas strāva – strāva, kura plūst no ģeneratora līdz patērētājam.

2. Fāzes strāva – strāva, kura plūst ģeneratora tinumos vai patērētāja fāzēs.

Sakarība starp fāzes strāvu un līnijas strāvu:

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_F$$

$$I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$



Līnijas strāvas – I_A, I_B, I_C

Fāzes strāvas – I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}

Trijstūra slēgumā fāzes un līnijas spriegumi ir vienādi: $U_F=U_L$

Jauda maiņstrāvas trīšfāžu ķēdē

Pilnā jauda ir vienāda ar kopējo jaudu visās trīs fāzēs.

Ja slodze ir simetriska, pilnā jauda tiek aprēķināta šādi:

$$S=3 \cdot I_F \cdot U_F$$

vai

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

Aktīvā jauda tiek aprēķināta šādi:

$$P=S \cdot \cos\varphi$$

vai

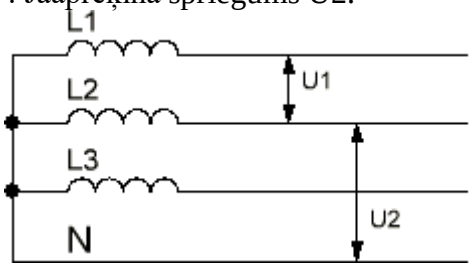
$$P=3 \cdot I_F \cdot U_F \cdot \cos\varphi$$

,vai

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot cos\varphi$$

Piemērs 9.

Ir dots spriegums U1 = 230V. Jāaprēķina spriegums U2.

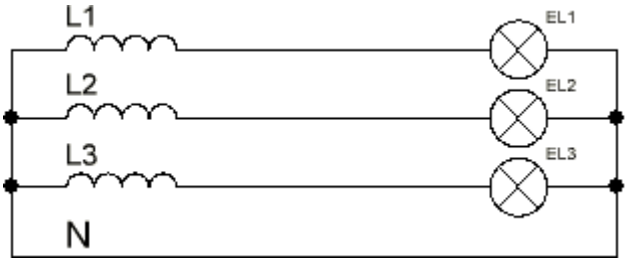


Spriegums U1 ir starp divām fāzēm, tāpēc tas ir līnijas spriegums. U2 spriegums starp fāzi un neitrāli ir fāzes spriegums. Tāpēc aprēķināt U2 var šādi:

$$U2 = \frac{U1}{\sqrt{3}} = \frac{230}{\sqrt{3}} = 132.95V$$

Piemērs 10.

Līnijas spriegums ir 400V. Spuldzes pretestība ir 200Ω. Spuldžu pieslēguma shēma ir parādīta attēlā. Noteikt, cik lielu strāvu patērē spuldzes.



Spuldzes ir pieslēgtas starp līniju (fāzi) un neitrāli, tas nozīmē, ka uz spuldzēm ir fāzes spriegums.

Nosakām fāzes spriegumu (spriegumu uz spuldzes)

$$U_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{1.73} = 231.2V$$

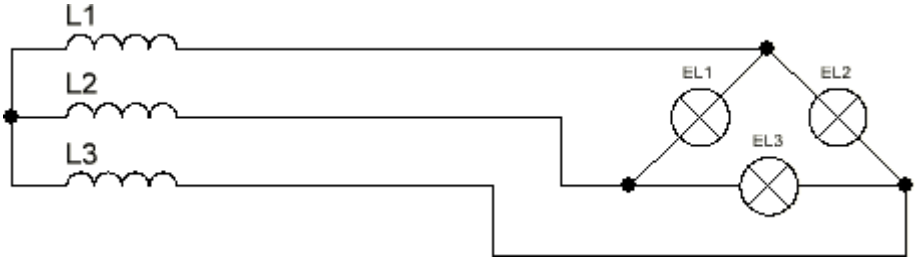
Kad ir zināms spriegums uz spuldzes, var aprēķināt strāvu, kura plūst caur spuldzi.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{231.2}{200} = 1.16A$$

Piemērs 11.

Līnijas spriegums ir 400V. Spuldzes pretestība ir 200Ω. Spuldžu pieslēguma shēma ir parādīta attēlā.

Noteikt, cik lielas ir strāvas.



.

Spuldzes ir pieslēgtas starp divām fāzēm, kas nozīmē, ka spuldzes ir pieslēgtas starp fāzēm un uzkatras spuldzes ir spriegums 400V.

Caur spuldzi plūst fāzes strāva. To var aprēķināt:

$$I_F = \frac{U}{R} = \frac{400}{200} = 2A$$

Līnijas strāvu var noteikt no sakarības starp fāzes un līnijas strāvām.

$$I_L = I_F \cdot \sqrt{3} = 2 \cdot 1.73 = 3.46A$$

Jautājumi paškontrolei

1.uzdevums

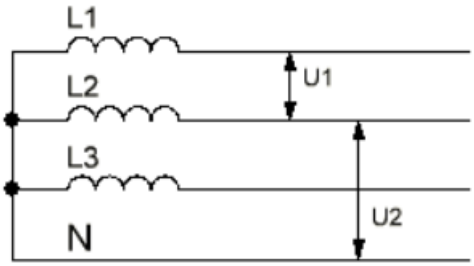
Pilnā jauda ir 20kVA, aktīvā jauda ir 6kW. Noteikt jaudas koeficientu un reaktīvo jaudu!

2.uzdevums

Aktīvā jauda ir 12 kW, spriegums 230V, jaudas koeficients 0.6. Noteikt, ar kādu jaudu jāpieslēdz kondensatori, lai palielinātu jaudas koeficientu līdz 0.8

3.uzdevums

Noteikt spriegumu U1, ja ir dots spriegums U2=230V.



4.uzdevums

Trīsfāžu ķēdes simetriskā slodze savienota zvaigznē. Noteikt fāzes spriegumu!

5.uzdevums

Trīsfāžu ķēdes simetriskā slodze savienota trijstūrī. Noteikt fāzes spriegumu!

6.uzdevums

Trīsfāžu ķēdes aktīvā simetriskā slodze savienota trijstūrī. Līnijas spriegums ir 400V (U_L), fāzes strāva ir 2A (I_F). Noteikt slodzes patērēto pilno jaudu!

7.uzdevums.

Trīsfāžu ķēdes aktīvā simetriskā slodze savienota zvaigznē. Līnijas spriegums ir 230V (U_L), fāzes strāva ir 3A (I_F). Noteikt slodzes patērēto pilno jaudu!

8.uzdevums.

Trīsfāžu ķēdes aktīvā simetriskā slodze savienota zvaigznē. Līnijas spriegums ir 400V (U_L), fāzes strāva ir 2,5A (I_F), jaudas koeficients ir 0,93. Noteikt slodzes pilno, aktīvo un reaktīvo jaudu!

Literatūras avoti

Jermakovs S., Skudra A. Laboratorijas darbi elektrotehnikā. – Viļāni: 2006 [skatīts 2015. gada 9. februārī]. Pieejams: http://www.apv.lv/faili/macibu_materiali/Elektrotehnika_lab_darbi.pdf

Ģirts Egils Lagzdinš, Pamatkurss Elektrotehnikā [skatīts 2020.gada 20.decembrī]. Pieejams: https://mcliepa.lv/macibu-materiali/Elektrotehnika%20un%20elektriskie%20merijumi/PamatkurssElektrotehnika.pdf

Leonards SPŪLIS, „Elektrotehnika un elektrības izmantošana", [skatīts 2021.gada 19.oktobrī]. Pieejams : https://mcliepa.lv/macibu-materiali/Elektrotehnika%20un%20elektriskie%20merijumi/Elektrotehnika%20lekc%20konsp_2012.pdf?amp