



Ieguldījums tavā nākotnē

„Profesionālās vidējās izglītības programmu „Lauksaimniecība” un „Lauksaimniecības tehnika” īstenošanas kvalitātes uzlabošana”

1.2.1.1.3. „Atbalsts sākotnējās profesionālās izglītības programmu īstenošanas kvalitātes uzlabošanai un īstenošanai”

Projekta identifikācijas Nr.

2010/0094/1DP/1.2.1.1.3/09/APIA/VIAA/006

Mācību līdzeklis - lekciju konspekts

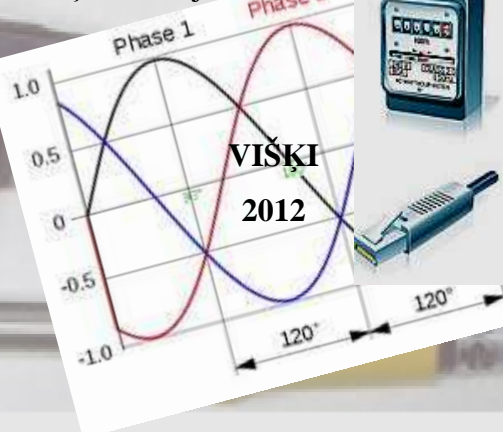
Mācību priekšmets

„ELEKTROTEHNIKA UN ELEKTRĪBAS IZMANTOŠANA”

Mācību metodisko materiālu izstrādāja Viduslatgales Profesionālās vidusskolas IP īstenošanas vieta

Višķi skolotājs **Leonards SPŪLIS**

VIŠKI
2012





Ieguldījums tavā nākotnē

„Profesionālās vidējās izglītības programmu „Lauksaimniecība” un „Lauksaimniecības tehnika” īstenošanas kvalitātes uzlabošana”

1.2.1.1.3. „Atbalsts sākotnējās profesionālās izglītības programmu īstenošanas kvalitātes uzlabošanai un īstenošanai”

Vienošanās par Eiropas Sociālā fonda projekta īstenošanu

Nr.2010/0094/1DP/1.2.1.1.3/09/APIA/VIAA/006

Projekta identifikācijas

Nr. 2010/0094/1DP/1.2.1.1.3/09/APIA/VIAA/006



Ieguldījums tavā nākotnē

ANOTĀCIJA

Mācību līdzeklis – lekciju konspekts paredzēts izglītības programmas „Lauksaimniecības tehnika” profesionālā mācību priekšmeta „Elektrotehnika un elektrības izmantošana” 36 teorētisko nodarbību stundām.

Mācību līdzeklī autors apkopojis dažādos literatūras avotos iegūto informāciju par sekojošām tēmām: ievads priekšmetā, līdzstrāvas elektriskās ķēdes, elektriskās strāvas iedarbības veidi, mērtēhnika, vienfāzes un trīsfāzu maiņstrāvas ķēdes, transformatori un elektriskās mašīnas, elektropiedziņa un vadības aparatūra.

Par katru iepriekšminēto tēmu ir atrodami daudz un dažādi vizuāli materiāli, kuri labi paskaidro aprakstīto situāciju par noteiktu tematiku. Vizuāli attēli ir veidoti tā, lai palīdzētu un atvieglotu tēmas apguvi. Lekciju konspektā ir atspoguļoti katras tēmas svarīgākie un nozīmīgākie paskaidrojumi, kā arī pēc iespējas maksimāli ir vienkāršoti apraksti lai tēma būtu labi uztverama.

Lekciju konspektā ir redzami dažādi piemēri, kas ļauj atvieglotāki izprast tēmu, kā arī aprakstītas praktiskas darbības redzamajos attēlos.

Mācību materiāls ir paredzēts ātrai un vienkāršai elektrotehnikas industrijas tematiku apguvei, bez iepriekšējas specializētas sagatavotības.

Mācību līdzekli var izmantot ne tikai izglītības programmas „Lauksaimniecības tehnika” mācību priekšmeta „Elektrotehnika un elektrības izmantošana” bet arī izglītības programmas „Autotransports” mācību priekšmeta „Elektrotehnika un elektronikas pamati” un citu radniecīgu mācību priekšmetu apguvei vidējās profesionālajās izglītības iestādēs.

Mācību līdzeklis ir 302 lapas liels, un tam ir atrodami 400 skaidrojoši attēli.

Lekciju konspekts “Elektrotehnika un elektrības izmantošana” ir veidots ar Eiropas Sociālā fonda finansiālu atbalstu.

Lekciju konspektu sastādīja Viduslatgales Profesionālās vidusskolas IP īstenošanas vieta Višķi skolotājs **Leonards SPŪLIS**

Ieguldījums tavā nākotnē

SATURS

1. Ievads priekšmetā

1.1. Iepazīstināšana ar mācību programmu, prasībām, elementārās mācīšanās pamatu pielietojums elektrotehnikas kursa apgūšanā;

1.2. Elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēku un tās vērtības ietekme uz elektrotraumas sekām;

2. Līdzstrāvas elektriskās ķēdes

2.1. Elektriskās ķēdes elementi, to raksturojums. Ķēdes elektriskā shēma. Elektriskās ķēdes parametri, to raksturojums un aprēķins;

2.2. Elektrotehnikas pamatlikumi, to pielietojums dažādu līdzstrāvas elektrisko ķēžu aprēķinos;

2.3. Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju un avotu pamatslēgumi, to raksturīgākās īpašības un praktiskais pielietojums;

2.4. Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju jauktais slēgums, tā īpašības, ekvivalentās pretestības un atsevišķo strāvu aprēķina metodika;

3. Elektriskās strāvas iedarbības veidi

3.1. Elektriskās strāvas siltuma iedarbība, tās divpusējā ietekme un praktiskais pielietojums tehnikā;

3.2. Elektriskās strāvas magnētiskais lauks un tā dinamiskās iedarbības pielietojums uz strāvas vadu vai feromagnētiskiem ķermeņiem;

3.3. Elektriskās strāvas magnētiskais lauks un tā induktīvās iedarbības pielietojums spolē, strāvas spolē vai starp spolēm;

4. Mērtehnika

4.1. Elektriskie mēraparāti, to veidi, iedalījums pēc darbības principa, konstrukcija;

4.2. Elektriskās strāvas, sprieguma un pretestības mērīšana dažādās elektriskās ķēdēs, slēgumu izveidojums un prasības;

4.3. Elektriskās jaudas un patērētās elektroenerģijas mērīšana elektriskās ķēdēs, slēgumu izveidojums un prasības;

5. Vienfāzes un trīsfāzu maiņstrāvas ķēdes

5.1. Vienfāzes maiņstrāvas iegūšana, tās pamatjēdzieni, raksturojošie parametri un aprēķins;

5.2. Vienfāzes maiņstrāvas ķēde ar rezistoru, spoli un kondensatoru, to izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma;

5.3. Vienfāzes maiņstrāvas ķēdes virknes slēgums ar rezistoru, spoli un kondensatoru, tā izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma. Spriegumu rezonanse;

Ieguldījums tavā nākotnē

- 5.4. Vienfāzes maiņstrāvas ķēde ar paralēli slēgtiem patērētājiem, tā izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma. Strāvu rezonanse;
- 5.5. Trīsfāzu sistēmas priekšrocības, strāvu rezonanse, trīsfāzu maiņstrāvas iegūšana, tās attēlošana, pamatjēdzieni un galvenās sakarības;
- 5.6. Trīsfāzu patērētāju darba režīmi zvaigznes un trīsstūra slēgumos, aprēķins un vektoru diagrammas;
- 5.7. Vienfāzes, divfāzu un trīsfāzu patērētāju pieslēgšana trīsfāzu 5- vadu tīklam ar līnijas spriegumu 380/220 V;

6. Transformatori un elektriskās mašīnas

- 6.1. Transformatoru nozīme, iedalījums, izveidojums, apzīmējumi, raksturojošie parametri;
- 6.2. Vienfāzes transformatoru izveidojums, darbības princips, darbības režīmi;
- 6.3. Trīsfāzu un speciālie transformatori, to izveidojums, darbības princips, darbības režīmi;
- 6.4. Maiņstrāvas mašīnu iedalījums, darbības princips, pielietojums. Asinhrono motoru apzīmējumi;
- 6.5. Trīsfāzu asinhronie elektromotori, to izveidojums, darbības princips un režīmi. Tehniskā pase, tās dati;
- 6.6. Trīsfāžu īsislēgto asinhrono elektromotoru palaišana, reversēšana un regulēšana trīsfāzu maiņstrāvas 380V tīklā;
- 6.7. Vienfāzes un trīsfāzu asinhrono elektromotoru darbība vienfāzes maiņstrāvas 220V tīklā;
- 6.8. Līdzstrāvas mašīnu iedalījums, izveidojums, darbība ģeneratora un motora režīmā, apzīmējumi;
- 6.9. Spēkratu ģeneratori, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas ģeneratoriem;
- 6.10. Spēkratu starteri, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas motoriem;
- 6.11. Spēkratu servomotori, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas motoriem;

7. Elektropiedziņa un vadības aparatūra

- 7.1. Elektropiedziņas izveidojums, iedalījums. Elektromotora jaudas, tipa un darbības režīma izvēle;
- 7.2. Elektropiedziņas vadības aparatūra, iedalījums, apzīmējumi, izvēles nosacījumi;
- 7.3. Elektropiedziņas aizsardzības aparatūra, iedalījums, apzīmējumi, izvēles nosacījumi;
- 7.4. Elektroapgādes pamatjēdzieni. Elektrisko tīklu veidi;
- 7.5. Elektrisko vadu un kabeļu apzīmējumi, to pielietojums un izvēles nosacījumi;
- 7.6. Elektrisko vadu un kabeļu šķērsriezumu aprēķins pēc silšanas un pieļaujamiem sprieguma zudumiem;
- 7.7. Aizsardzības zemēšana un nullēšana, izpilde, prasības, noteikumi;



Ieguldījums tavā nākotnē

1. Ievads priekšmetā

1.1. Iepazīstināšana ar mācību programmu, prasībām, elementārās mācīšanās pamatu pielietojums elektrotehnikas kursa apgūšanā

1.2. Elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēku un tās vērtības ietekme uz elektrotraumas sekām

Stundas tēma: Iepazīstināšana ar mācību programmu, prasībām, elementārās mācīšanās pamatu pielietojums elektrotehnikas kursa apgūšanā, elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēku un tās vērtības ietekme uz elektrotraumas sekām

Stunda: 1 – 2 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Iepazīties ar mācību programmu un prasībām;
2. Elektrotehnikas, kā zinātnes nozares vispārīgs skaidrojums;
3. Elektrodrošības noteikumu ievērošana, strāvas iedarbība uz cilvēku;
4. Strāvas ietekme uz elektrotraumas sekām un pirmā palīdzība elektrotraumu gadījumā

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Mutiski jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Elektrotehnikas attīstība, un tās nozīme mūsdienās;
2. Strāvas bīstamība un tās ietekme uz cilvēka organismu;
3. Svarīgu elektrodrošības noteikumu ievērošana darbā ar elektroierīcēm;
4. Pirmā palīdzība cietušajam elektrotraumu gadījumā un vispār;

Izmantojamā literatūra.

- Eiropas darba drošības un veselības aizsardzības aģentūra „Ar elektrību saistītie riska faktori” <http://osha.lv/lv/publications/docs/strava.pdf> 2012.01;
- Interneta materiāli <http://lv.wikipedia.org/wiki/Elektrotehnika>;



Ieguldījums tavā nākotnē

1. Ievads priekšmetā

1.1. IEPAZĪSTINĀŠANA AR MĀCĪBU PROGRAMMU, PRASĪBĀM, ELEMENTĀRĀS MĀCĪŠANĀS PAMATU PIELIETOJUMS ELEKTROTEHNIKAS KURSA APGŪŠANĀ

Kas, ir elektrotehnika un ko tā apskata.

Elektrotehnika ir zinātne un tehnikas nozare, kas saistīta ar elektromagnētisko parādību praktisku izmantošanu. Mūsdienās elektrotehnikas nozare ir ļoti svarīga. Viena svarīga elektrotehnikas nozare ir elektroenerģētika, tā aplūko elektroenerģijas iegūšanu, izmantošanu un pārvadīšanu lielos attālumos, sadalīšanu starp patērētājiem.

Mūsdienu cilvēkam elektrība ir pierasta un pašsaprotama lieta. Ir jānospiež tikai slēdzis un iedegsies apgaismojums.

Var klausīties stereo-mūziku izmantojot audio atskaņotāju, var lietot elektronisko pulksteni, var spēlēt elektrisko ģitāru. Televīzija, radio, datortehnika un telefons ir tikai neliela daļa no aparātiem un iekārtām, kas izmanto elektroenerģiju.

Protams, ka mums gribas uzzināt, kā rodas elektrība, kāds ir viņas raksturs, kā viņu pār-vada lielos attālumos, kā viņu pār-vērš citos enerģijas un pielietojuma veidos. Tādēļ centīsimies sniegt nelielu priekšstatu par šīm norisēm, kas vienlaikus būs arī ieskats tehnikas attīstībā un elektroenerģijas izmantošanā, kura būtībā ir no-drošinājusi cilvēka dzīves veida, darbības rakstura un satura kardinālas iz-maiņas.

Elektrība ir fascinējošs fenomens – radot lielu labumu un atvieglot cilvēku dzīvi, tā vienlaikus ir dzīvībai bīstama un, nemākulīgi to pielietojot, var radīt arī ne vienu vien nepatīkamu pārsteigumu.

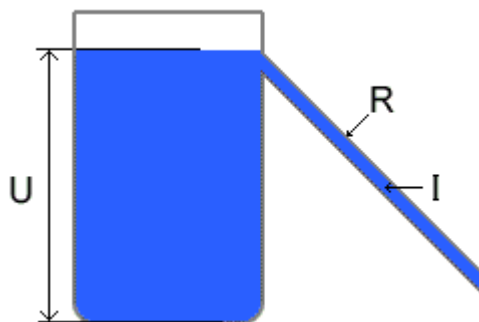
Elektrība ir bijusi zinātnes interešu lokā jau kopš 17. gs., tomēr tikai 19. gs. pētījumi šajā jomā sāka aktivizēties. Ievērojami sasniegumi šajā gadsimtā iekļauj Georga Oma darbu, kurš 1827. gadā atklāja sakarību starp elektrisko strāvu un potenciālu starpību konduktorā, Maikls Faradejs, kurš atklāja elektromagnētisko indukciju 1831. gadā, un Džeims Klerks Maksvels, kurš 1873. gadā publicēja vienotu teoriju par elektrību un magnētismu savā darbā “Elektrība un Magnētisms”. Šajā periodā darbs šajā nozarē dramatiski pieauga. 1882. gadā Edisons ieslēdza pasaules pirmo liela izmēra elektrības piegādes tīklu, kas nodrošināja 110 voltu līdzstrāvu 59 patērētājiem Manhetenā. 1887. g. Nikola Tesla ieguva vairākus patentus uz konkurējošu elektrības izplatīšanas formu - maiņstrāvu, kas izrādījās efektīvāka par līdzstrāvu.

1.2. ELEKTRISKĀS STRĀVAS IEDARBĪBA UZ CILVĒKU UN TĀS VĒRTĪBAS IETEKME UZ ELEKTROTRAUMAS SEKĀM

Elektriskā strāva un tās raksturlielumi

Strāvas plūsmu un stiprumu var salīdzināt ar ūdens plūsmu no trauka (*skat.1. att.*). Noteicošie faktori, kas iespaido un nosaka elektriskās strāvas atstātās sekas uz cilvēka ķermeni, ir:

- Strāvas stiprums
- Ķermeņa pretestība
- Spriegums
- Strāvas frekvence
- Elektriskā kontakta ilgums
- Strāvas ceļš cilvēka ķermenī
- Personas fizioloģiskā stāvokļa īpatnības



1. att.

Strāvas stiprums un kontakta ilgums

Pieredze rāda, ka galvenie faktori, kas nosaka ar elektrību saistīto nelaimes gadījumu sekas un izraisītās traumas, ir cilvēka ķermenī plūstošās strāvas stiprums un plūšanas ilgums. Pretēji vispārpieņemtajam uzskatam, spriegums tiešā veidā neietekmē seku un bojājumu smaguma pakāpi, bet ietekmē to netiešā veidā, nosakot strāvas stiprumu.

Vissmagākais bojājums, kas izraisa lielāko daļu letālo nelaimes gadījumu, ir sirds kambaru fibrilācija. Šādā gadījumā sirdsdarbības ritms pats no sevis vairs neatjaunojas, un, ja netiek sniegta ātra un efektīva palīdzība, pēc trīs minūtēm smadzenēs rodas neatgriezeniski bojājumi un iestājas nāve. Ir zināms, ka, pieaugot strāvas stiprumam un kontakta ilgumam, pieaug sirds kambaru fibrilācijas iespēja.

Elektriskā kontakta bīstamības noteicošais faktors ir caur cilvēka ķermeni plūstošās strāvas stiprums un plūšanas ilgums!

Elektriskās strāvas iedarbības bīstamību uz organismu nosaka tās elektriskās ķēdes parametri, kuru cilvēks caur sevi noslēdzis.

Elektriskās strāvas iedarbības bīstamības raksturošanai atkarībā no strāvas lieluma iedarbības ilguma lieto trīs primāros kritērijus:

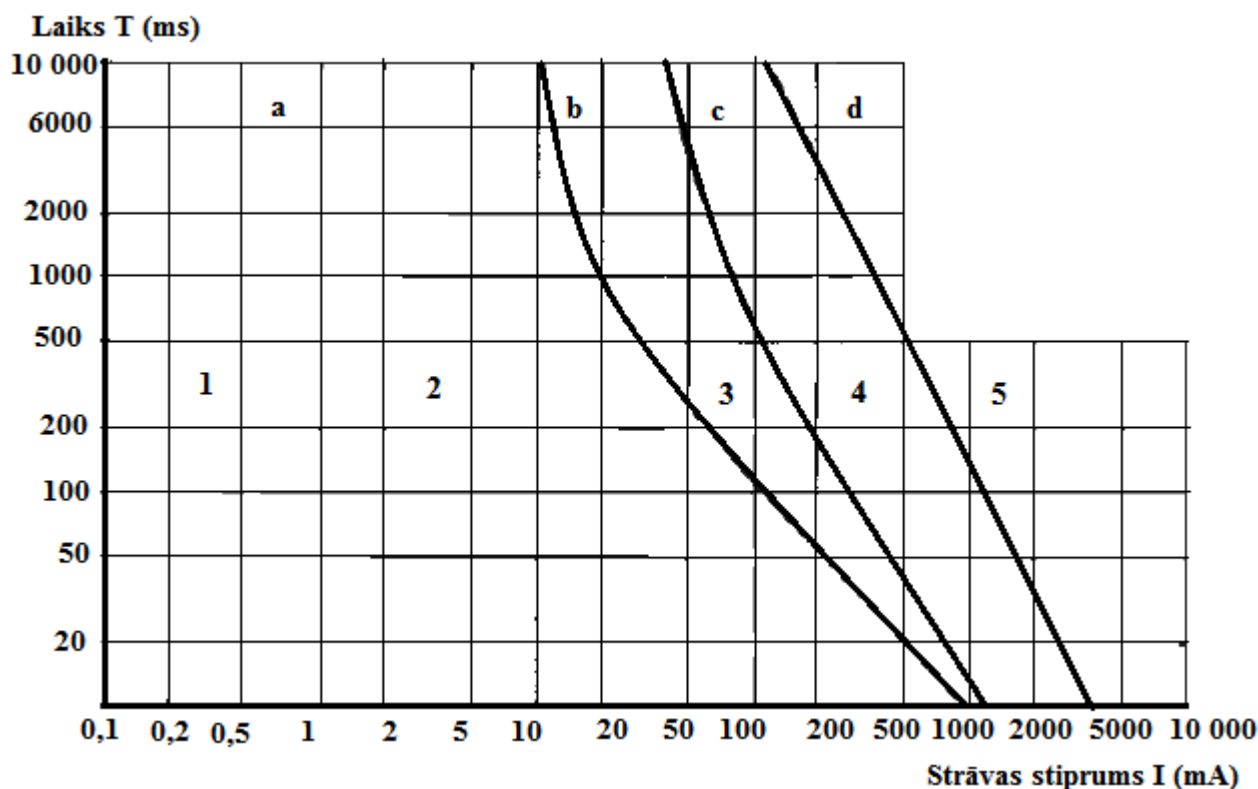
- sajūtāmības strāva;
- satverošā strāva;
- nāvējošā strāva.

Sajūtamības strāva ir mazākā sajūtamā strāva pie iedarbības, kas pārsniedz 30 s (50 Hz maiņstrāvai no 0,6 līdz 1,5 mA; līdzstrāvai no 5 līdz 7 mA).

Satverošā strāva ir mazākais strāvas stiprums, kas rada muskuļu (satverošus) krampjus un sāpes pie iedarbības ilguma no 1 līdz 30 s. Satverošās strāvas apakšējā robežvērtība ir tāds caurplūstošās strāvas lielums, kas kavē cilvēku patstāvīgi atrauties no strāvu vadoša elementa (satverošās strāvas apakšējā robeža 50 Hz maiņstrāvai ir no 5 līdz 25 mA, līdzstrāvai no 50 līdz 80 mA).

Nāvējoša strāva ir mazākais strāvas stiprums, kas izsauc sirds fibrilāciju un elpošanas paralīzi pie iedarbības ilguma 0,5...3 s (nāvējošās strāvas zemākā robeža 50 Hz maiņstrāvai ir 100 mA, līdzstrāvai 300 mA).

SIRDS KAMBARU FIBRILĀCIJAS IESPĒJAMĪBA



50/60 Hz strāvas iedarbībai pakļautā zona pieaugušām personām:

Zona 1: Parasti nav nekādas reakcijas

Zona 2: Parasti nav nekādu fiziopatoloģisku seku

Zona 3: Parasti sirds kambaru fibrilācijas riska nav

Zona 4: Iespējama sirds kambaru fibrilācijan (iespējamības pakāpe līdz 50%)

Zona 5: Sirds kambaru fibrilācija

a = Zem sajutu sliekšņa

b = Sliekšnis, kad nav iespējama atrašanās (satverošā strāva)

c = Sirds kambaru fibrilācijas rašanās sliekšnis. Iespējamība <50%

d = Sirds kambaru fibrilācijas rašanās sliekšnis. Iespējamība > 50%

Cilvēka ķermeņa elektriska pretestība

Elektriskās strāvas iedarbības sekas atkarīgas no cilvēka ķermeņa pretestības.

Lielā karstumā, telpā ar strāvu vadošiem putekļiem vai tvaikiem cilvēka pretestība ir mazāka, piemēram, tīrot apkures katlus vai kurtuves.

Kopējā pretestība stipri atkarīga no ādas virsējās kārtiņas biezuma. Pretestība samazinās, ja āda ir ievainota, netīra, mitra vai sviedraina.

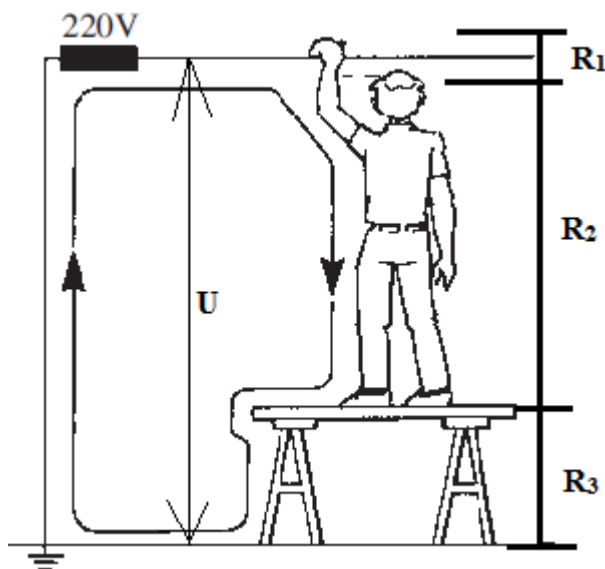
Ilgstoša strāvas iedarbība strauji samazina organisma pretestību. Cilvēka organisma pretestība samazinās par 25%, ja maiņstrāvas (virs 6mA) iedarbība ir lielāka par 30s, bet, ja iedarbība sasniedz 90s, tad pretestība samazinās pat par 70%.

Līdzstrāvas bioloģiskā iedarbība uz cilvēka organismu ir daudz mazāka nekā maiņstrāvas iedarbība, ja spriegums nepārsniedz 500V. Līdzstrāva nerada spēcīgus krampjus, tā izsauc stipras muskuļu sāpes, jūtama sasilšana un ir apgrūtināta elpošana.

Elektrotehnikā pretestība ir vadītājmateriāla, induktivitātes vai kapacitātes spēja ierobežot strāvas vērtību elektriskajā ķēdē. Izšķir aktīvo, reaktīvo (induktīvo un kapacitatīvo) un pilno pretestību.

Cilvēka kopējā elektriskā pretestība var veidoties no vairākiem pretestības elementiem

- **R_1 — Kontakta pretestība:** ir atkarīga no materiāliem, kas sedz kontaktam pakļautās ķermeņa daļas. Šo pretestību var iegūt, pateicoties cimdiem, drēbēm u.c. Ja notiek tiešs kontakts ar ādu, šīs pretestības vērtība ir vienāda ar nulli.
- **R_2 — Cilvēka ķermeņa pretestība:** pievienotajā shēmā (2. att.) tiek norādīta cilvēka ķermeņa pretestības pakāpe atkarībā no strāvas, sprieguma un no tā, kāda ir cilvēka āda: sausa, mitra, slapja vai atrodas zem ūdens.
- **R_3 — izvadpretestība:** iekļauj apavu un grīdas seguma pretestību. Izolējošu paneļu un paklāju izmantošanas preventīvais efekts balstās uz pretestības vērtības paaugstināšanu līdz tādām līmenim, lai caur ķermeni izplūstošā strāva praktiski neradītu bojājumus. Istabu vai telpu sienas un grīdas, kuru elektriskā pretestība ir pietiekoši liela, lai līdz drošai vērtībai ierobežotu bojājuma strāvu, kura var plūst šajās sienās un grīdās, sauc par izolētām.



2. att. Strāvas plūšana cilvēka ķermenī elektriskā kontakta laikā

Spriegums

Spriegums ir potenciālu starpība starp diviem elektriskās ķēdes punktiem.

Spriegums ir faktors, kas atkarībā no kontūra pretestības izraisa strāvas plūšanu cilvēka ķermenī. Augsts spriegums (*vispārīgā nozīmē* — *spriegums virs 1000V*) pats par sevi nav bīstams, taču bīstamība rodas tad, ja šī sprieguma iedarbībai tiek pakļauta ķēde ar zemu pretestību, kā rezultātā strāvas plūšana nodara kaitējumu.

Par *kontakta spriegumu* (atbilstoši LVS HD 384.2 S2 — Pieskar spriegums — spriegums starp divām vienlaicīgi pieejamām elektroietaisies daļām izolācijas bojājuma gadījumā) sauc spriegumu, kura iedarbībai ir pakļautas divas dažādas cilvēka ķermeņa daļas. Tas ir spriegums, kura iedarbībai reāli tiek pakļauts cilvēka ķermenis.

Par *bojājuma spriegumu* sauc spriegumu, kas rodas izolācijas bojājuma rezultātā: starp atklātu strāvu vadošu daļu un zemētāju, kura potenciāls nav atkarīgs no caurplūstošās strāvas. Par strāvu vadošu daļu sauc elektroiekārtas daļu, kas spēj vadīt strāvu, taču tai nav obligāti jābūt paredzētai darba strāvas vadīšanai. Zemētājs ir strāvu vadoša daļa vai daļu grupa, kas atrodas ciešā kontaktā ar zemi un nodrošina elektrisku kontaktu ar zemi (zeme — Zemes elektrovadošā masa, kuras elektriskais potenciāls jebkurā punktā ir pieņemts vienāds ar nulli).

Par drošu spriegumu tiek uzskatīts spriegums, kam cilvēka ķermenis var tikt pakļauts neierobežoti ilgi, neradot draudus cilvēka organismam — *sausā vidē tas ir 50 V, mitrā vai slapjā vidē 24 V, zemūdens vidē 12V*.

Frekvence

Fizikā frekvence ir periodiska procesa atkārtošanās biežums (*svārstību skaits laika vienībā*), ko parasti mēra hercos. **1 hercs (Hz) vienlīdzīgs 1 periodam sekundē**, kur periods ir laika sprādis, pēc kura mainīgo lielumu izmaiņas atkārtojas. Tehnikā lieto dažādas frekvences maiņstrāvas.

Parasti tiek izmantota maiņstrāva ar frekvenci **50** vai **60** Hz. Tāda tiek lietota gan mājsaimniecībā, gan rūpniecībā. Pie augstākas frekvences samazinās sirds kambaru fibrilācijas iespējamība, un pārsvaru gūst strāvas termiskie efekti. Medicīnā bieži izmanto augstu frekvenču strāvu (*diatermija*), lai terapeitiskos nolūkos radītu organismā dziļu siltuma efektu.

Ar spriegumu līdz **500 V** bīstamāka ir **50Hz** frekvences maiņstrāva. Virs **500V** sprieguma robežas bīstamāku iedarbību izraisa līdzstrāva. Palielinot frekvenci, maiņstrāvas bīstamība **200...400V** robežās vairākas reizes samazinās.

Maiņstrāvas frekvencei sasniedzot **500 Hz** vērtību, bīstamība praktiski zūd, jo parādās tā saucamais virsmas vai "skin" efekts, kad strāva plūst tikai pa vadītāja virsmu.

Strāvas plūšana caur cilvēka ķermeni

Nelaiemes gadījums, bez šaubām, ir daudz smagāks, ja strāvas plūšanas ceļš iet caur sirdi, jo tas var izraisīt nāvi sirds kambaru fibrilācijas rezultātā. Ir plaši pazīstams Veisa izdarītais eksperiments ar suni, caur kura ķermeni tika izlaista **400 mA** strāva no spranda līdz astei. Tas izraisīja vienīgi īslaicīgu elpošanas apstāšanos. Tas pats strāvas stiprums, plūstot caur sprandu un vienu kāju, dzīvnieku acumirkļi nogalināja sirds kambaru fibrilācijas rezultātā. Tāpat cilvēkam paaugstināti bīstama ir arī strāvas plūšana caur plaušām, galvu un mugurkaula smadzenēm.

Prasības, kas jāizpilda veicot ar elektrību saistītus darbus

Personām un uzņēmumiem, kas veic darbus elektriskajās instalācijās, ir jāapliecina, ka tās ir ieguvušas nepieciešamās zināšanas un atbilst turpmāk minētajām prasībām.

Personāla instruēšana un apmācīšana

Uzņēmumiem ir iepriekš jāapmāca ikviens darbinieks, kas strādā ar elektrību, un šiem darbiniekiem jebkurā brīdī ir jāspēj apliecināt, ka viņiem ir nepieciešamās zināšanas šādās jomās:

- par ietaišu tehnisko raksturojumu, kurās ir veicams darbs;
- par veicamo darbu procedūru un drošības pasākumiem;
- par aizsardzības aprīkojuma lietošanu un pārbaudi;
- par veicamajiem pasākumiem nelaimes gadījumos un pirmās palīdzības sniegšanu;
- par attiecīgo likumdošanu un uzņēmuma iekšējiem noteikumiem;
- par aizsarglīdzekļiem un aizsargapģērbu.

Ieguldījums tavā nākotnē

Ikvienā gadījumā ir jāizmanto veicamajam darbam piemēroti aizsardzības līdzekļi: *izolējoši cimdi, izolējoši apavi, izolējoša ķivere, izolēti paneļi un paklāji, izolējoši apvalki un uzvāžņi, sprieguma kontroles iekārtas, darbarīki ar izolētiem rokturiem, brīdinājuma zīmes un norādes (ierobežojumi, barjeras un apzīmējumi u.c.), zemējuma iekārtas u.c.*

Īpašas prasības un darba metodes

Uzņēmumiem, kas veic darbus elektriskajās ietaisēs, ieteicams ievērot šādus darba drošības aspektus:

- ar elektrību saistīto darbu uzskaitījums;
- darbu iedalījums un aizliegumu kārtība;
- personāla apmācība;
- darba operāciju procedūras;
- apstākļi, kas varētu izraisīt darbu pārtraukšanu;
- palīdzības sniegšana nelaimes gadījumos cietušajiem.

Pieci vienkārši likumi, kas jāievēro par elektrodrošību

Pirmais: *redzami atvienot visus sprieguma avotus ar slēdžiem un pārtraucējiem, kas būtu nodrošināti pret nejaušu ieslēgšanos.* Lai atslēgums būtu redzams, ķēdes nedrīkst būt noslogotas, lai neveidotos elektriskais loks. Pretējā gadījumā būtu nepieciešams loku dzēst, lietojot cita veida slēdžus, un atslēgums nebūtu redzams.

Otrais: *ja tas ir iespējams, fiksēt vai bloķēt izslēgšanas iekārtas.* Fiksēšana vai bloķēšana ir operāciju kopums, kuru mērķis ir nepieļaut atslēgšanas ierīces iedarbināšanu, turot to noteiktā stāvoklī. Šis preventīvais pasākums var novērst tehniskas kļūmes, personāla kļūdas un citus neparedzētus faktorus. Veicot fizisko bloķēšanu, starp izslēgšanas ierīces daļām, kuras ir nepieciešams bloķēt, ievieto izolējošu elementu, lai kontaktiem fiziski nebūtu iespējams savienoties.

Veicot mehānisko bloķēšanu, atslēgšanas ierīces vadības elements tiek fiksēts nekustīgā stāvoklī, izmantojot atslēgas vai slēdzenes. Bloķēšanai vai atbloķēšanai ir jānotiek, vienlaicīgi izmantojot divas vai trīs iedarbināšanas atslēgas. Par katru no atslēgām ir atbildīga cita persona, un, lai atbloķētu minēto atslēgšanas ierīces vadības elementu, šīm personām ir savstarpēji jāvienojas.

Elektriskā bloķēšana tiek veikta, atvienojot attiecīgo saslēgumu un tādējādi nodrošinot aparāta darbības neiespējamību.

Ieguldījums tavā nākotnē

Veicot pneimatisko bloķēšanu, tiek iztukšota saspīestā gaisa tvertne, kas iedarbina atslēdzēja vadības elementu. Bez tam, ir vēlams norādīt atslēgšanas ierīces ierobežojumus, novietojot zīmes pie tās vadības slēdža.

Trešais: *pārliecināties par to, ka ietaisē nav sprieguma.*

Izmantojot piemērotus rīkus un aparatūru, pārbaudīt elektriskās ietaises strāvas vadītājus un pārliecināties, ka visi sprieguma avoti ir atslēgti. Pārbaudes laikā ir jārikojas tā, it kā ietaise atrastos zem sprieguma.

Ceturtais: *izveidot zemējumu un īsslēgumu visiem iespējamajiem sprieguma avotiem.*

Zemējums ir jāizveido abās pusēs, kur tiek veikti darbi vai notiek kustība. Pilnīga aizsardzība tiek panākta ar zemējumu un īsslēgumu, savstarpēji savienojot visus elektriskās instalācijas elementus.

Piektais: *ierobežot darba zonu, uzstādot drošības zīmes vai norobežojumus.*

Darba zonas iezīmēšanu veic ar nodalošiem paneļiem, norobežojumiem u.c., lai tiktu novērsts ar elektrību saistītu nelaimes gadījumu risks.

Elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēka organismu

Elektriskā strāva uz cilvēka organismu var iedarboties elektroķīmiski, fizioloģiski, termiski un mehāniski.

Elektroķīmiskā (elektrolītiskā) strāvas iedarbība izpaužas kā asiņu un citu organisma šķidrums sadalīšanās, kas izsauc fizioloģiskus traucējumus cilvēka organismā (bīstamāku iespaidu atstāj līdzstrāva).

Fizioloģiskā strāvas iedarbība izpaužas kā elpošanas, sirdsdarbības vai nervu sistēmas traucējumi, kā arī muskuļu krampji un neatgriezeniskas izmaiņas šūnās un audos, kā rezultātā tie var atmir. Jāatceras, ka cilvēkam var tikt paralizētas balss saites un viņš nevarēs saukt palīgā.

Termiskā strāvas iedarbība izpaužas kā cilvēka audu un dažādu orgānu apdegumi vai audu un kaulu pārproģoššanās, kas savukārt var izsaukt nopietnus organisma funkcionālos traucējumus.

Mehāniskā strāvas iedarbība izpaužas kā ādas, asinsvadu un nervu audu plīsumi, locītavu mežģījumi un locekļu atrāvumi, kurus izraisījusi elektriskā strāva, izejot caur cilvēka ķermeni un izsaucot strauju nepatvaļīgu krampjveida muskuļu saraušanos.

Nopietni organisma dzīvības procesu traucējumi pēc elektrotraumām var parādīties pēc mēnešiem un gadiem, tāpēc pēc visām elektrotraumām nepieciešama veselības stāvokļa medicīniskā kontrole.

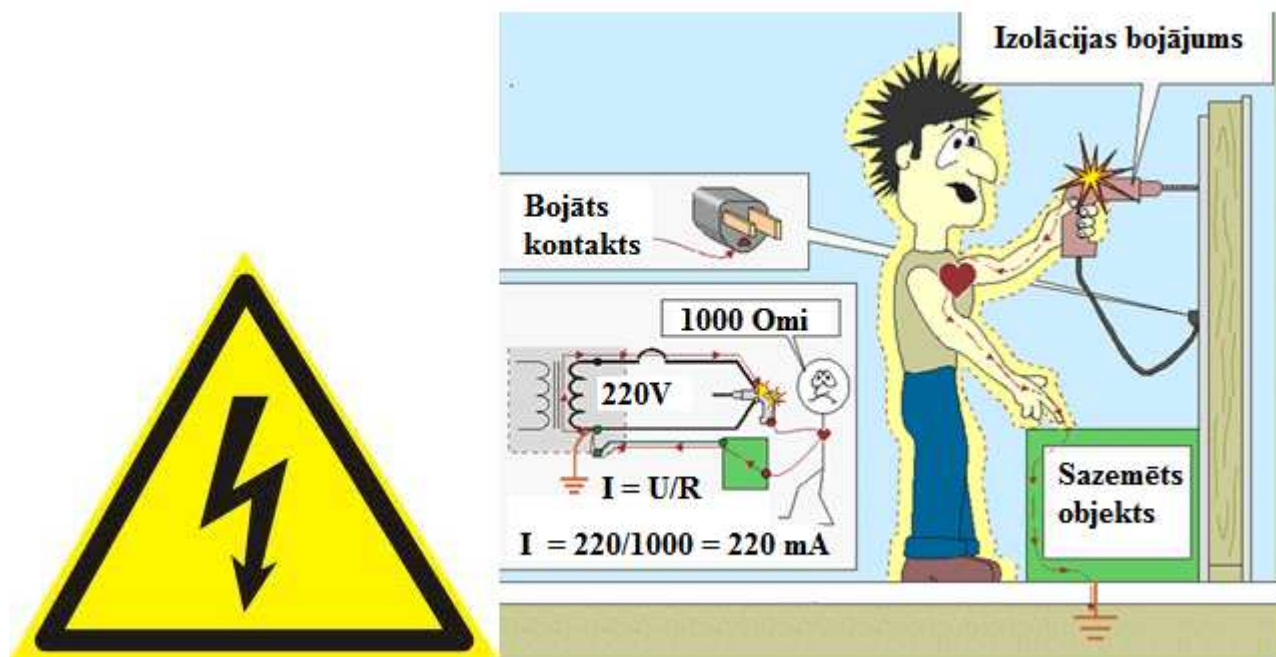
Pirmā palīdzība cietušajam.

Ātri ir jānovērtē situācija un cietušais ir jāatbrīvo no saskarsmes ar elektrisko strāvu. Ja tas ir iespējams, jāatslēdz slēdzis, jāizskrūvē drošinātāji, jāsgriež vads ar instrumentu, kuram ir izolējoši rokturi. Varbūt var cietušo atvilkt no elektriskajām iekārtām aiz drēbēm, sevi nepakļaujot briesmām.

Varbūt otrs cilvēks var atvienot tālāk esošos slēgaparātus. Izpildot kādu no šīm darbībām, ir jāatceras, ka telpa nevar palikt pilnīgā tumsā un nedrīkst pieļaut cietušā krišanu no paaugstinātas darba vietas. Svarīgi ir arī pašam domāt par savu drošību.

Ja ir divi glābēji, otram nekavējoties ir jāizsauc ātrā palīdzība. Ja glābējs ir viens, arī tas ir jādara nekavējoties. Ja nelaime ir izsākusi arī aizdegšanos, tūdaļ pēc elektrības atslēgšanas ir jāuzsāk dzēšana. Var izmantot ūdens strūklu, pulverdzēsamos aparātus vai ogļskābes gāzes aparātus. Jāatceras, ka ogļskābā gāze stipri atdziest arī cietušā ķermeni un šie aparāti jātur vismaz vienu metru no cietušā. Liesmu apslāpēšanai var lietot brezenta pārklājus vai citu biezu drēbi, bet ne sintētiskus izstrādājumus.

Jāievēro, ka nelaimes sekas var pastiprināt caurvējš, tāpat nedrīkst ļaut cietušajam celties augšā vai pat skraidīt. Pēc cietušā atbrīvošanas un liesmu apslāpēšanas tūdaļ ir jāpārbauda vai cietušais ir pie samaņas. Ja nē, vai ir jūtams pulss un vai cietušais patstāvīgi elpo.



3. att. Elektrobīstamība



Ieguldījums tavā nākotnē

2. Līdzstrāvas elektriskās ķēdes

2.1. Elektriskās ķēdes elementi, to raksturojums. Ķēdes elektriskā shēma. Elektriskās ķēdes parametri, to raksturojums un aprēķins

2.2. Elektrotehnikas pamatlikumi, to pielietojums dažādu līdzstrāvas elektrisko ķēžu aprēķinos.

Stundas tēma: **Elektriskās ķēdes elementi, to raksturojums. Ķēdes elektriskā shēma.**

Elektriskās ķēdes parametri, to raksturojums un aprēķins, elektrotehnikas pamatlikumi, to pielietojums dažādu līdzstrāvas elektrisko ķēžu aprēķinos.

Stunda: 3 – 4 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Elektriskās ķēdes elementi, to raksturojums (apzīmējumi), ķēdes elektriskās shēmas;
2. Elektriskās ķēdes parametri, to raksturojums un aprēķins;
3. Elektrotehnikas pamat likumi, un to pielietošana;
4. Dažādu līdzstrāvas elektrisko ķēžu aprēķins izmantojot elektrotehnikas pamatlikumus;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Elektriskās ķēdes raksturojumi un tās elementu apzīmējumi;
2. Līdzstrāvas elektrisko ķēžu izveidojums un raksturojums;
3. Oma, Kirhofa likumu pielietojums elektrisko ķēžu analizēšanā un aprēķinā;
4. Elektrisko patērētāju līdzstrāvas slēguma shēmu izveidošana un analīze;

Izmantojamā literatūra:

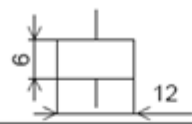




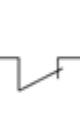
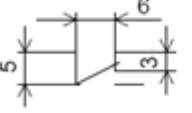
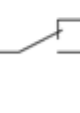
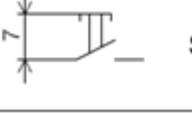
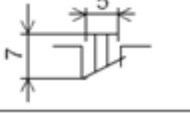


- Ģirts Egils Lagzdiņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- Elektriskās ķēdes <http://www.allaboutcircuits.com/worksheets/acmcc.html> 2011.10

2. Līdzstrāvas elektriskās ķēdes

2.1. ELEKTRISKĀS ĶĒDES ELEMENTI, TO RAKSTUROJUMS. ĶĒDES ELEKTRISKĀ SHĒMA. ELEKTRISKĀS ĶĒDES PARAMETRI, TO RAKSTUROJUMS UN APRĒĶINS







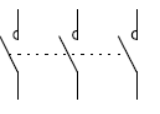
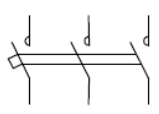
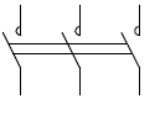
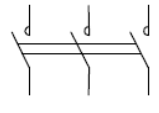

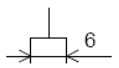
Līdzstrāva plūst tikai vienā virzienā. Lai nodrošinātu līdzstrāvas plūsmu ir nepieciešams līdzsprieguma avots – baterija, akumulators vai līdzstrāvas ģenerators. Klausoties kasešu atskaņotāju, runājot pa mobilo telefonu, izmantojot kabatas lukturīša (kabatas baterijas) gaismu mēs lietojam **līdzstrāvu**.

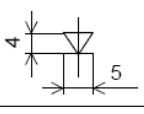







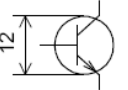



Elektriskās ķēdes elementi, to apzīmējumi un raksturojums

Nosaukums	Apzīmējums	Nosaukums	Apzīmējums
Relejs	 K1	Elektromagnētiskā vārsta solenoids	 Y1
Siltumrelejs	 KK1	Magnētiskais palaidējs, kontaktors	 KM1
Slēdzis, saslēdzošie kontakti	 S1 S1.1 K1.1	Slēdzis, atslēdzošie kontakti	 S1 S1.1 K1.1
Pārslēdzošie kontakti	 S1	Pārslēdzošie kontakti	 S1
Spiedpoga	 SB1	Spiedpoga	 SB1
Automātiskais atslēdzējs	 SF1	Siltumreleja kontakti	 KK1.1

4. att. Elektrisko ķēžu komponentu apzīmējumi


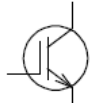


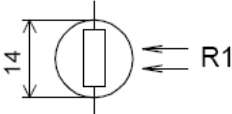

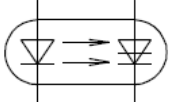
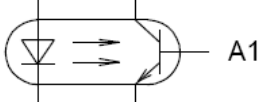
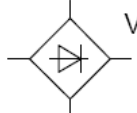
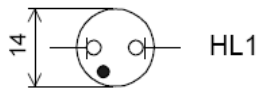

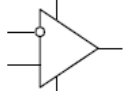
Ieguldījums tavā nākotnē

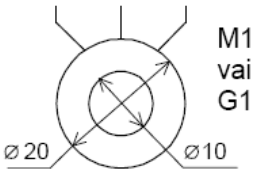
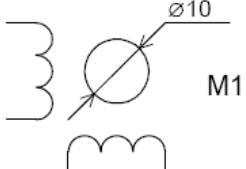
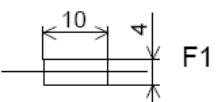
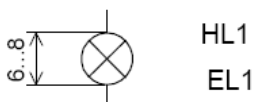
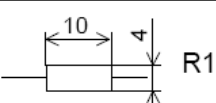
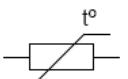
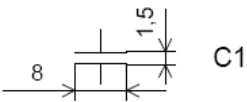

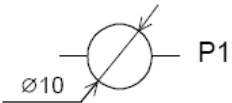
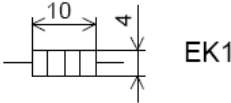
Ceļa slēdzis		SQ1	Rotācijas slēdzis		SR1
Temperatūras slēdzis		SK1	Spiediena slēdzis		SP1
Laika relejs, ieslēdz ar kavējumu		KT1	Laika relejs, atslēdz ar kavējumu		KT1
3 polu magnētiska palaidēja, kontaktora spēka kontakti		KM1.1	3 polu automātiskais atslēdzējs		QF1
	vai 	KM1.1	3 polu spēka slēdzis, svirlēdzis, paketslēdzis		Q1
Zemējums			Korpuss		

Nosaukums	Apzīmējums	Nosaukums	Apzīmējums		
Diode		VD1	Tiristors, dinistors		VS1
Stabilitrons, Zenera diode		VD1	Tiristors, trinistors		VS1
Simetriskais stabilitrons		VD1	Simetriskis tiristors, simistors, triaks		VS1
Varikaps		VD1	Vienpārejas tranzistors		VT1
Tranzistors ar npn pāreju		VT1	Tranzistors ar pnp pāreju		VT1
Lauktranzistors ar p kanālu		VT1	Lauktranzistors ar n kanālu		VT1

5. att. Elektrisko ķēžu komponentu apzīmējumi

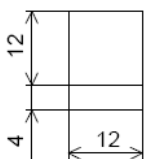
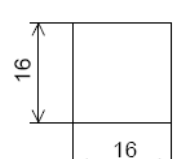
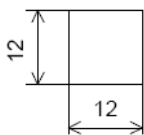
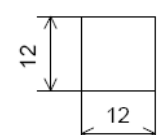
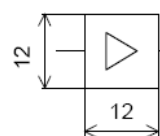
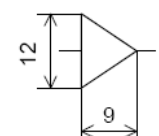
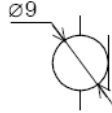
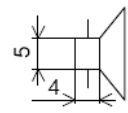
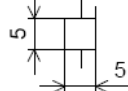

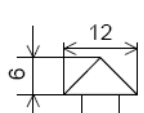
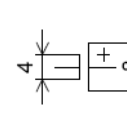
Ieguldījums tavā nākotnē

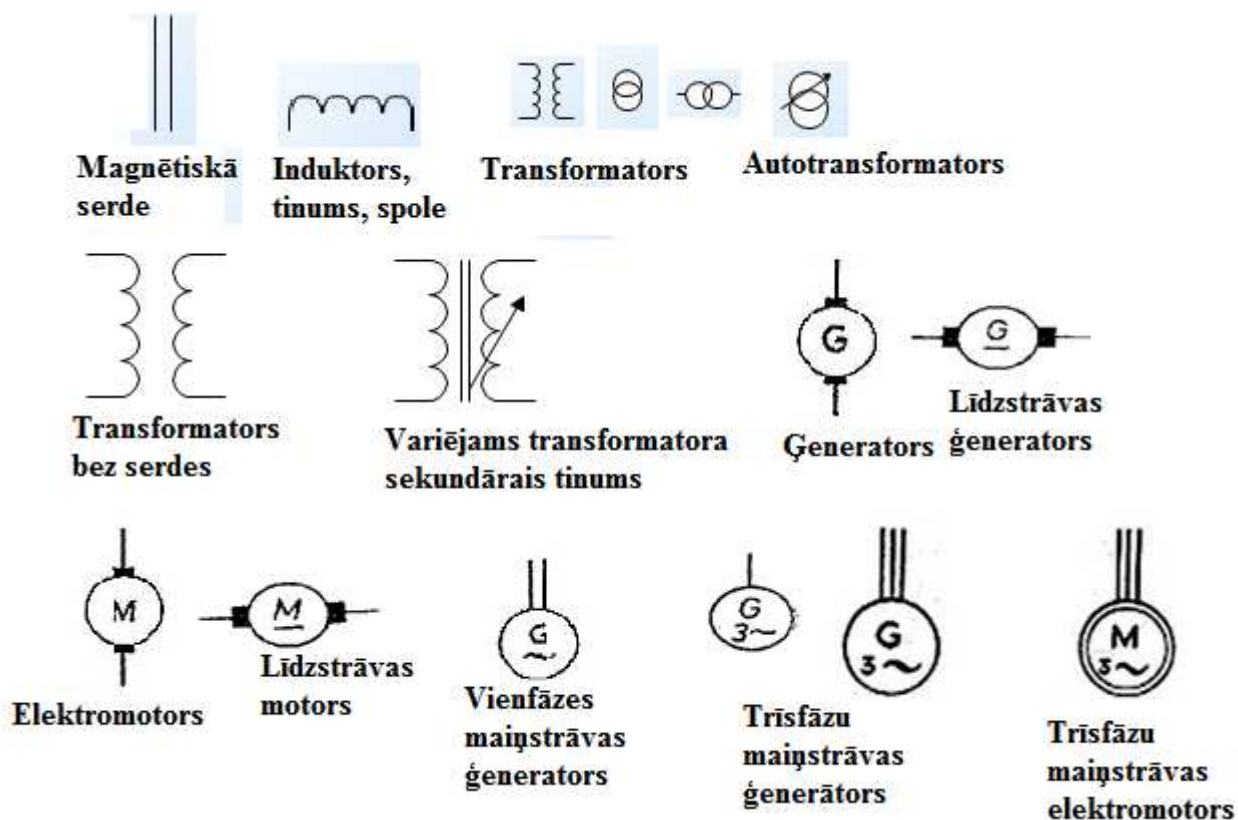
MOP lauk- tranzistors	 VT1	IGBT tranzistors ar npn pāreju	 VT1
Gaismas diode	 HL1	Foto diode	 VD1
Foto rezistors	 R1	Foto tranzistors	 VT1
Tiristora optrons	 A1	Tranzistora optrons	 A1
Tilta taisngriezis	 VD1...VD4	Neona lampiņa	 HL1
Ciparu mikroshēma analogā mikroshēma	 DD1 DA1	Operacionālais pastiprinātājs	 DA1

Nosaukums	Apzīmējums	Nosaukums	Apzīmējums
Elektriskā mašīna, elektromotors, ģenerators	 M1 vai G1	Vienfāzu asinchronais motors	 M1
Kūstošais drošinātājs	 F1	Signālspludze, kvēlspludze	 HL1 EL1
Rezistors	 R1	Termorezistors	 RK1
Kondensators	 C1	Elektrolītiskais kondensators	 C1
Elektriskais mērinstruments	 P1	Elektriskais sildelements	 EK1

6. att. Elektrisko ķēžu komponentu apzīmējumi

Ieguldījums tavā nākotnē

Integrējošs mērinstruments, aktīvās, reaktīvās enerģijas skaitītājs	 P1	Elektriskais sildītājs	 EK1
Reģistrējošais elektriskais mērinstruments	 P1	Aparāts, funkcionāla ierīce	 A1
Pastiprinātājs	 A1	Pastiprinātājs	 A1
Mikrofons	 BM1	Skajrunis	 BA1
Telefons	 BF1	Zvans	 HA1
Sirēna	 HA1	Baterija, galveniskais elements	 G1

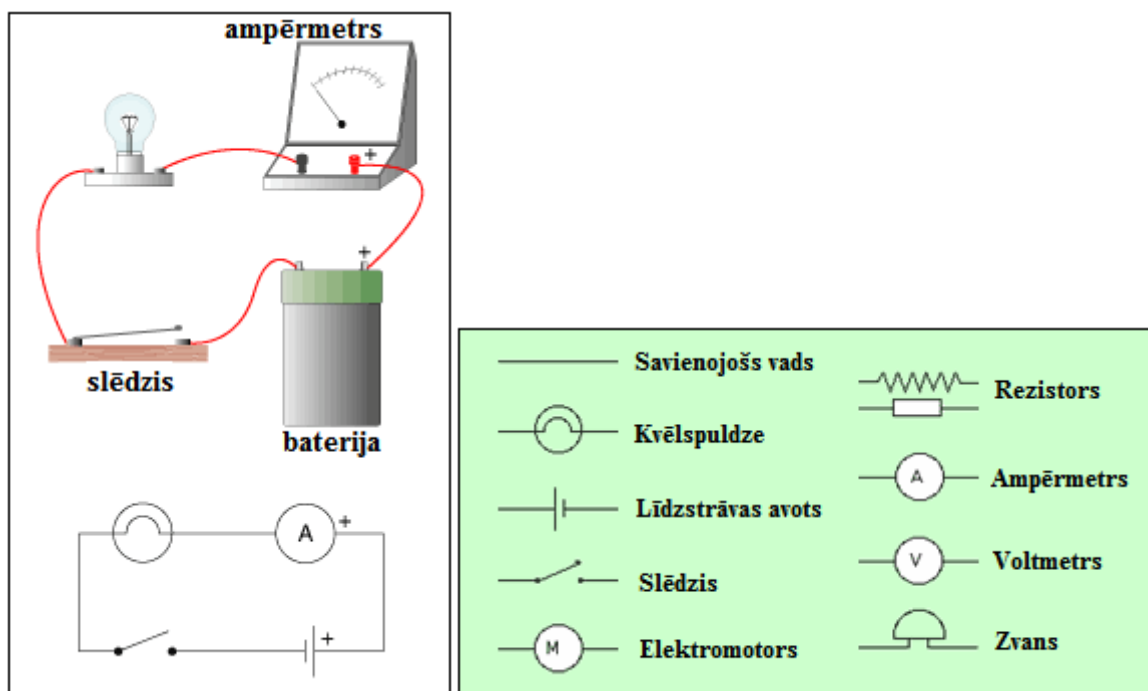


7. att. Elektrisko ķēžu komponentu apzīmējumi

Līdzstrāvas elektriskās ķēdes raksturojums

Elektrisko ķēdi, kurā plūst līdzstrāva sauc par **līdzstrāvas elektrisko ķēdi**. Ja patērētāju ar elektriskajiem vadiem pievieno enerģijas avotam izveidojas noslēgts kontūrs, ko sauc par elektrisko ķēdi. Tā var būt nesazarota jeb vienkārša, kura sastāv tikai no trīs pamatelementiem, t.i., elektriskās enerģijas avota (pārveido neelektrisku enerģiju elektriskā enerģijā. Piemēram, ģeneratoros-mehānisko enerģiju, jeb akumulators ķīmisko enerģiju) un elektriskās enerģijas patērētājs (pārvērš elektroenerģiju neelektriskā formā, piemēram, spuldzīte - gaismas un siltuma enerģijā) kā arī savienojošajiem vadiem. Patērētājs kopā ar vadiem veido elektriskās enerģijas avota ārējo ķēdi. Avotu raksturo **EDS**, kas vienāds ar potenciālu starpību jeb spriegumu. $E = \phi_1 - \phi_2 = U(V)$. Elektriskās ķēdes **grafisko attēlu sauc par shēmu**, piemēram, elektroenerģijas avotu attēlo ar apli vai paralēlām svītrām.

Vienkāršākā elektriskā ķēde sastāv no elektriskās enerģijas avota **E**, enerģijas patērētāja **P**, un diviem līnijās vadiem **L₁** un **L₂**, kas savieno avotu ar enerģijas patērētāju. Līnijas vadus pieslēdz elektroenerģijas avota divām spailēm, ko sauc arī par pozitīvo (+) polu un negatīvo (-) polu.



8. att. Vienkārša nesazarota elektriskā ķēde ar apzīmējumiem

Elektriskās enerģijas avots mehānisko, ķīmisko, siltuma vai cita veida enerģiju pārveido elektriskajā enerģijā. Patērētājā elektroenerģija pārveidojas cita veida enerģijā – *mehāniskajā, ķīmiskajā, gaismas u. c.* Par elektriskās enerģijas avotiem izmanto **ģeneratorus (elektriskās mašīnas, ko darbina mehānisks dzinējs), akumulators un galvaniskos elementus.** Elektroenerģijas patērētāji ir **apgaismošanas spuldzes, elektrodzinēji, sildierīces un citi.**



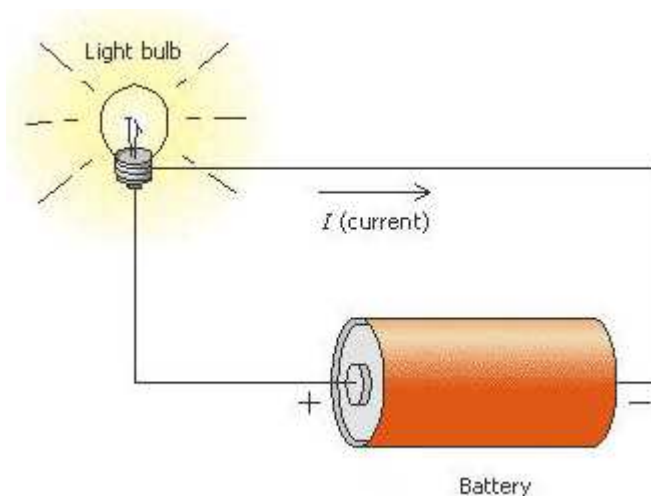
9. att. Elektroenerģijas avoti

Par elektroenerģijas patērētāju sauc elektroierīci, kas elektroenerģiju pārveido **gaismas, siltuma, ķīmiskajā, mehāniskajā** vai kāda cita veida enerģijā (*piemēram, elektriskā spuldze pārveido elektroenerģiju gaismas enerģijā, elektriskais sildītājs – siltuma enerģijā, akumulators – ķīmiskajā enerģijā, starteris – mehāniskajā enerģijā utt.*).



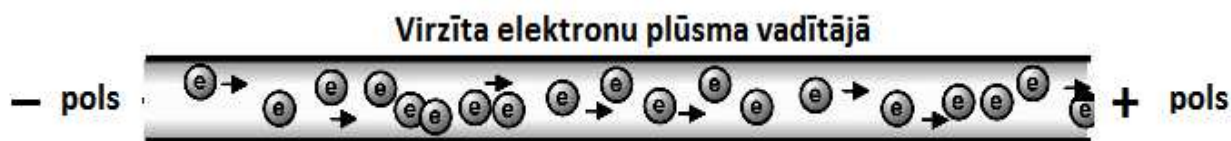
10. att. Elektroenerģijas patērētāji

Savstarpēji savienojot galvaniskos elementus vai akumulatorus, iegūst galvanisko elementu vai akumulatoru bateriju. Elektriskās enerģijas avots un tam ar līnijas vadiem pievienots enerģijas patērētājs veido noslēgtu elektrisko ķēdi, kurā notiek nepārtraukta lādiņu kustība, ko sauc par **elektrisko strāvu.**



11. att. Elektriskās strāvas darbs

Līdzstrāva metāla vadītājos ir nostabilizējusies brīvo elektronu virzes kustība noslēgtā ķēdē. Elektronu plūšanas virziens ir no mīnusa uz plusu.



12. att. Elektronu plūsma no - uz + polu

Elektriskajās shēmās strāvas un sprieguma pozitīvo virzienu nosacīti pieņemts apzīmēt ar bultiņu (no plusa uz mīnusu).



13. att. Elektriskās strāvas un elektronu plūsmas elektriskajā ķēdē

Strāva divos vados, kas atrodas viens no otra noteiktā attālumā, rada mehāniskos spēkus, kas darbojas uz šiem vadiem.

Ieguldījums tavā nākotnē

✓	Strāva	Current: pA, nA, mA, μA, A	(ampēri)
✓	Induktivitāte	Inductance: nH, mH, μH, H	(henriji)
✓	Kapacitāte	Capacitance: pF, nF, mF, F	(faradi)
✓	Spriegums	Voltage: mV, V, kV	(volti)
✓	Pretestība	Resistance: Ω, kΩ, MΩ	(omi)
✓	Frekvence	Frequency: Hz, kHz, MHz, GHz	(herci)

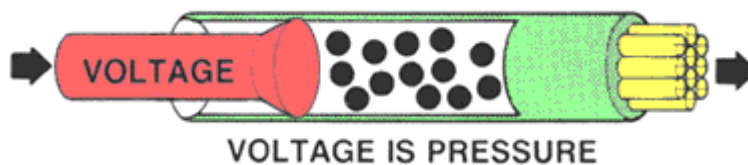
14. att. Elektriskie lielumi, to pieraksts

Strāvas vienība ir **ampērs (A)**. Starptautiskajā vienību sistēmā (SI) ampērs ir tāda nemainīga stipruma strāva, kura, plūstot divos paralēlos taisnos bezgalīgi garos ļoti maza apaļa šķērsriezuma vados, kas atrodas vājumā 1 m attālumā viens no otra, rada starp šiem vadiem $2 \cdot 10^{-7}$ N (Ņūtonu) spēku uz katru vada garuma metru.

Elektriskā strāva izsaka elektrības daudzumu (**mēra kulonos**), kas izplūst caur vada šķērsgriezumu laika vienībā. Ja vadā plūst **1 A strāva**, tad caur šī vada šķērsgriezumu **1 sekundē (s)** izplūst **1 kulons (C)** elektrības.

Līnijas vadi un enerģijas patērētājs veido ārējo ķēdi, kurā strāvu rada potenciālu starpība uz enerģijas avota spailēm, un šī strāva plūst no punkta ar augstāku potenciālu (**no pozitīvās spāiles**) uz punktu ar zemāku potenciālu (**uz negatīvo spaili**). Potenciālu, kā arī potenciālu starpību izsaka voltos (V).

Voltāža jeb spriegums ir elektriskais spiediena spēks, kas pārvieto elektronus caur vadītājiem. Spriegums ir elektriskais spiediens ko mēdz saukt arī par EDS (elektrodzinējspēks), kas dzen elektronus cauri vadītājam (varš, alumīnijs u.c.). Jo lielāka starpība starp elektrisko potenciālu spiedienu (starpība starp pozitīvo un negatīvo), jo lielāks sprieguma spēka potenciāls.



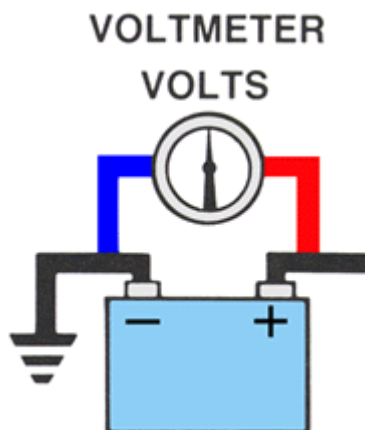
15. att. Spriegums ir elektriskais spiediens.

Sprieguma mērīšana

VOLTMETRS mēra sprieguma potenciālu virs jeb paralēli elektriskajai ķēdei. Voltmetrs izmēra elektriskā spiediena krituma daudzumu starp diviem mērīšanas punktiem. Spriegums var eksistēt starp diviem punktiem bez elektronu plūsmas (strāvas plūsmas).

Ieguldījums tavā nākotnē

Piemēram: Akumulators ir kā cisterna pilna ar ūdeni, kura atrodas zem ūdens spiediena. Tātad lai izmērītu ūdens spiedienu (bāros) cisternā, pietiek vien pievienot mērierīci kas nolasīs ūdens spiediena potenciālu, bez ūdens plūsmas. Līdz ar to arī akumulatoram ar voltmetra palīdzību varam nomērīt sprieguma potenciālu (volts) bez patērētāja pievienošanas.

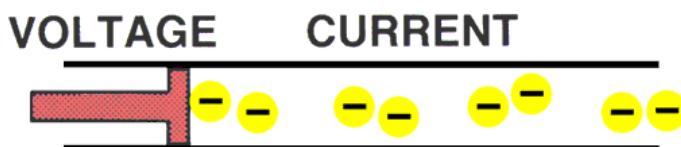


16. att. Sprieguma mērīšana starp diviem punktiem

Sprieguma vienības angļiski

VOLTAGE	LESS THAN BASE UNIT	BASIC UNIT	LARGER THAN BASE UNIT
Symbol	mV	V	kV
Pronounced	millivolt	Volt	Kilovolt
Multiplier	0.001	1	1,000

Lielāks spriegums dos lielāku strāvas plūsmu, savukārt mazāks spriegums dos mazāku strāvas plūsmu.

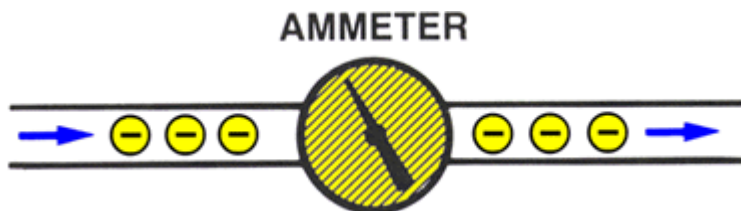


17. att. Spriegums, kā spiediens, kas rada strāvas plūsmu (elektronu pārvietošanos)

Strāvas mērīšana

AMPĒRMETRS mēra strāvas plūsmas daudzumu. Ampērmetrs tiek ieslēgts virknes slēgumā (ķēdītē), lai mērītu strāvas lielumu (elektronu daudzumu). Piemēram: ūdens skaitītājs arī tiek pievienots caurulei lai noteiktu caurplūstošo ūdens daudzumu litros. Tātad lai nomērītu strāvas daudzumu (ampēros) ir obligāti nepieciešama strāvas plūsma vadītājā.

Piemēram: cisternai ir nepieciešams pievienot cauruli pa kuru plūdis spiediena ietekmē ūdens, bet lai nomērītu cik litru izplūst, ir nepieciešams ieslēgt tieši plūsmas ceļā ūdens daudzuma skaitītāju.



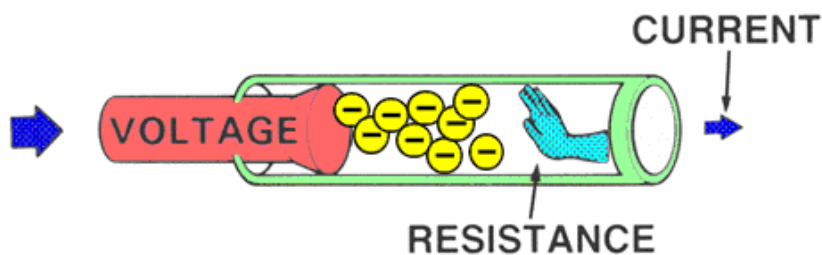
18. att. Ampērmetrs ieslēgts strāvas ceļā

Strāvas vienības angļiski

AMPERAGE	LESS THAN BASE UNIT	LESS THAN BASE UNIT	BASIC UNIT
Symbol	μA	mA	A
Pronounced	Microamp	milliamp	Amp
Multiplier	0.000001	0.001	1

Elektriskā pretestība

Elektriskā pretestība ir spēks, kas pretojas elektronu plūsmai, vai apstādina to. Elektriskā pretestība ir pretēja elektriskajam spriegumam. Jo lielāka elektriskā pretestība, jo mazāka elektriskā strāvas plūsma. Jo mazāka elektriskā pretestība, jo ir iespējama lielāka elektriskā strāvas plūsma.



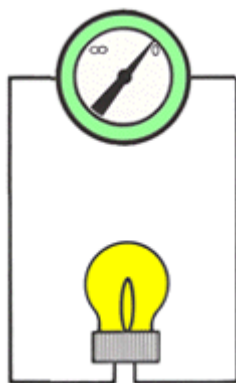
19. att. Elektriskā pretestība, kas pretojas elektronu plūsmai.

Elektriskās pretestības mērīšana

Elektriskā pretestība tiek mērīta ar OMOMETRU. Elektrisko pretestību var izmērīt elektriskajai ķēdei vai atsevišķam komponentam, piemēram, spuldzītei. Mērot ar ommetru spriegumu pievienot aizliegts citādi mēraparāts tiks sabojāts.

Ieguldījums tavā nākotnē

Piemēram: ja pa cauruli plūst ūdens un kāds uzkāpj tai ar kāju, līdz ar to vietā kur caurule tiek saspiesta rodas ūdens plūšanas pretestība, tātad jo vairāk saspiesta tiek caurule, jo lielāka pretestība rodas, un līdz ar to mazāka ūdens plūsma ir iespējama



20. att. Elektriskās pretestības mērīšana komponentam.

Elektriskās pretestības vienības angļiski

RESISTANCE	BASIC UNIT	MORE THAN BASE UNIT	MORE THAN BASE UNIT
Symbol	Ω	k Ω	M Ω
Pronounced	Ohm	Kilo ohm	Megaohm
Multiplier	1	1,000	1,000,000

Pretestību ietekmējošie faktori

Dažādi faktori var ietekmēt elektrisko pretestību, piemēram:

- Vadītāja GARUMS. Jo garāks vadītājs, jo lielāka pretestība.
- Vadītāja DIAMETRS. Jo mazāks vadītāja (vada) diametrs, jo pretestība lielāka.
- Materiāla TEMPERATŪRA. Atkarīgs no materiāla veida, vairumā gadījumu, jo lielāka temperatūra, jo lielāka pretestība
- Fiziskais stāvoklis, materiāla BOJĀJUMS. Jebkurš bojājums palielinās pretestību.
- MATERIĀLA TIPS. Lielam daudzumam materiālu ir dažādi pretestību diapazoni, piemēram, vara vadam būs mazāka elektriskā pretestība nekā alumīnija vadam.

Ieguldījums tavā nākotnē

Kas ir strāva? Vienkāršoti mēs varam atbildēt, ka elektriskā strāva ir virzīta elektronu plūsma vadītājā. Elektriskā strāva ir elektronu plūsma no vietas, kur elektronu ir pārāk daudz, uz vietu, kur to ir pārāk maz, līdzīgi kā ūdens plūst no augstāka līmeņa uz zemāku.

Kas ir spriegums? Vienkāršoti mēs varam atbildēt, ka spriegums ir elektriskais spiediens, kas spiež elektronus (elektrisko strāvu) cauri vadītājam. Jo lielāks spiediens, jo lielāka strāva plūst.

Kas ir elektriskā pretestība? Tā ir spēja pretoties elektriskajam spriegumam un strāvai. Jo lielāka ir pretestība, jo mazāks ir spriegums un strāva.

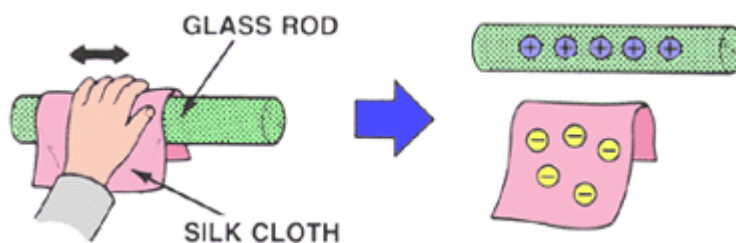
Elektrībai ir divi galvenie veidi:

- **STATISKĀ ELEKTRĪBA** ir elektrība, kurai lādiņš ir nekustīgs. Tas ir sprieguma potenciāls bez elektronu plūsmas
- **DINAMISKĀ ELEKTRĪBA** ir elektrība, kurai lādiņš ir kustībā. Sprieguma potenciāls ar elektronu plūsmu. Līdz ar to dinamiskā elektrība dalās divās daļās:
 - ✓ **LĪDZSTRĀVA** (Direct Current DC) Elektronu plūsma norit tikai vienā virzienā
 - ✓ **MAIŅSTRĀVA** (Alternating Current AC) Elektronu plūsma patstāvīgi maina plūšanas virzienu (uz priekšu un atpakaļ).

Statiskā elektrība

Sprieguma potenciāls **bez** elektronu plūsmas.

Piemēram: Rīvējot zīda drēbi uz stikla caurules fiziski tiek noņemti elektroni no stikla caurules un novietoti uz drēbes. Zīda drēbei tagad ir virsma ar negatīvi lādētu elektronu pārpalikumu, savukārt stikla caurulei ir pozitīvo elektronu iztrūkums.

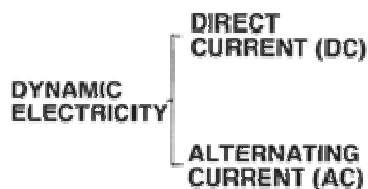


21. att. Statiskās elektrības iegūšana

Statiskā elektrība pati par sevi nav labvēlīga. Tā var nodarīt kaitējumu dažādām elektroniskām ierīcēm, piemēram, klēpj datoram, vai mobilajam telefonam.

Dinamiskā elektrība LĪDZSTRĀVA

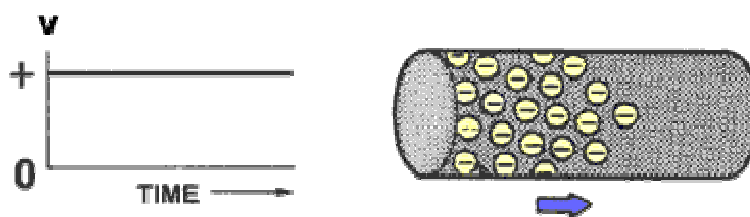
Spriegumu potenciāls **ar** elektronu plūsmu



Dinamiskās elektrības līdzstrāva (**Direct current DC**) ir strāva, kura plūst tikai vienā virzienā.

Līdzstrāva tiek izmantota – AUTOMOBĪĻOS, TRAKTORTEHNIKĀ, AUDIO UN VIDEOTEHNIKĀ, MOBILAJĀS IERĪCĒS utt.

DIRECT CURRENT



22. att. Līdzstrāvas plūsma vadītājā

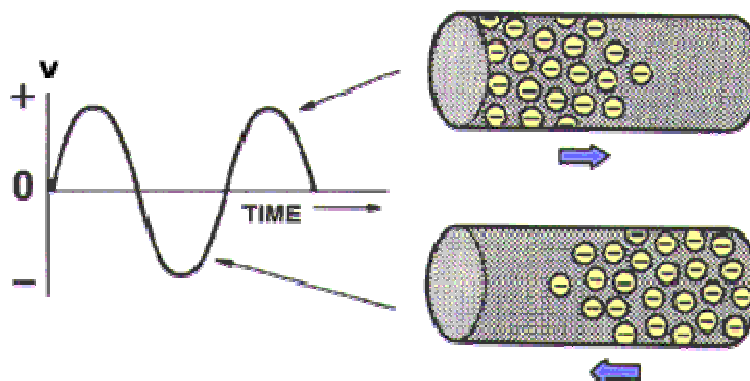
Dinamiskā elektrība MAINSTRĀVA

Spriegumu potenciāls **ar** elektronu plūsmu

Maiņstrāva ir strāva, kas periodiski maina plūšanas virzienu **pozitīvs_negatīvs_pozitīvs_negatīvs**.

Maiņstrāva lielākoties tiek pielietota fabrikās, privātmājām, un sadzīves tehnikai.

ALTERNATING CURRENT



23. att. Maiņstrāvas elektronu plūsma

Ieguldījums tavā nākotnē

	Simbols	Mērvienība	Saīsinājums
Strāva	I	Ampēri	A
Spriegums	U	Volti	V
Pretestība	R	Omi	Ω

24. att. Mērvienību tabula

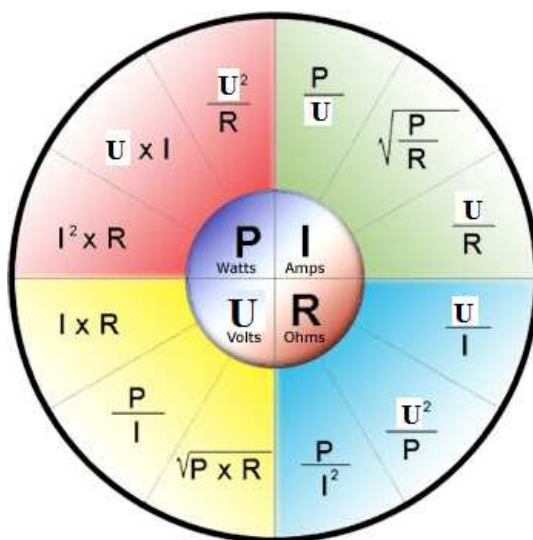
Mūsdienu elektrotehnikā kā barošanas avotus galvenokārt lieto elektriskos ģeneratorus, kuros mehāniskā enerģija tiek pārveidota elektriskajā enerģijā, un primāros elementus un akumulatorus, kuros ķīmiskā enerģija pārveidojas elektriskajā enerģijā.

Kā palīgierīces elektriskajās ķēdēs ietilpst ieslēgšanas un izslēgšanas aparāti (piemēram, svirslēdži), aparāti elektrisko lielumu mērīšanai (piemēram, ampērometri un voltmetri), aizsardzības aparāti (piemēram, drošinātāji). Par strāvas mēru noder Strāvas stiprums, kurš skaitliski ir vienāds ar elektrības daudzumu (lādiņu), kas pārvietojas caur vadītāja šķērs griezumam 1 sekundes laikā. Ja pietiekoši ilgā laika sprīdī strāva nemainās ne pēc stipruma, ne pēc virziena, tad to sauc par līdzstrāvu un apzīmē par burtu **I**.

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

kur **Q** – **elektrības daudzums**, kas plūst caur vadītāja šķērs griezumam laikā **t**.

Strāvai plūstot pa metāla vadītājiem, pārvietojas tikai brīvie elektroni, bet, strāvai plūstot pa otra veida vadītājiem – pārvietojas pozitīvie un negatīvie joni.



25. att. Oma likums (aprēķinu formulas)

2.2. ELEKTROTEHNIKAS PAMATLIKUMI, TO PIELIETOJUMS DAŽĀDU LĪDZSTRĀVAS ELEKTRISKO ĶĒŽU APRĒĶINOS

Oma likums

Elektriskās ķēdes posmā plūstošās strāvas stiprums ir tieši proporcionāls potenciālu starpībai uz posma galiem, ja tā temperatūra ir nemainīga. Aplūkojot kvēlspuldzi, ja kvēldiegs ir uzkaršis, ir redzams, ka strāvas lielums ir atkarīgs arī no kvēldiega materiāla, tā garuma un šķērsgriezuma laukuma. Jebkurā kvēldiegā brīvie elektroni saduras ar apkārt esošajiem atomiem un joniem un piešķir tiem enerģiju, sasildot tos un radot gaismas starojumu. Tātad tiek pārvarēta kvēldiega pretestība un tiek ierobežots strāvas lielums šajā ķēdē.

Georgs Simons Oms (1787-1854) savos darbos pētīja elektriskās strāvas raksturu un pretestības lomu tajā saistībā ar pieliktā sprieguma lielumu. Viņš pierādīja, ka, jo mazāka ir pretestība, jo lielāka ir strāva pie pastāvīga sprieguma. Tāpat viņš pierādīja, ka pie nemainīgas pretestības, palielinot spriegumu, attiecīgi palielinās arī strāvas stiprums.

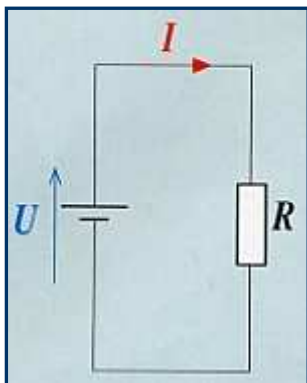
Par godu šim zinātniekam pretestības mērvienība ir nosaukta par **omu** (Ω) un pretestību apzīmē ar burtu "**R**". Ja plūst 1 ampēru stipra strāva un spriegums ir 1 volts, tad pretestība ir 1 oms.

Formula, kas saista šos trīs lielumus un ir elektrības teorijas pamatformula, saucas Oma likums un tā ir sekojoša:

kur **I** – strāva ampēros,

U – spriegums volts,

R – pretestība omos.



Pretestību mēra Ω (omos)

Oma likums

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

$$\text{vai } U = I \cdot R \text{ vai } R = \frac{U}{I}$$

Analogija Oma likumam

Oma likumu var pielīdzināt ūdens sūknim (spriegums) kurš spiež ūdeni (strāva) cauri ūdens caurulei (elektriskā ķēde), ar maināmu caurules diametru (pretestība). Tātad mēs varam modulēt, kā trīs lielumi ietekmē viens otru.

✓ Ja **pretestība** ūdens plūsmai paliek nemainīga, bet ūdens sūkņa spiediens pieaug, tad arī ūdens plūsma pieaug.

Spiediens = pieaug	Spriegums = pieaug
Ūdens plūsma = pieaug	Strāva = pieaug
Pretestība = nemainīga	Pretestība = nemainīga

$$\begin{array}{c} \uparrow \quad \uparrow \\ \mathbf{U = I R} \end{array}$$

✓ Ja padotā **ūdens plūsma** paliek nemainīga, un **pretestība** pēkšņi samazinās, tad arī ūdens sūkņa **spiedienam** ir tūlīt jāsamazinās.

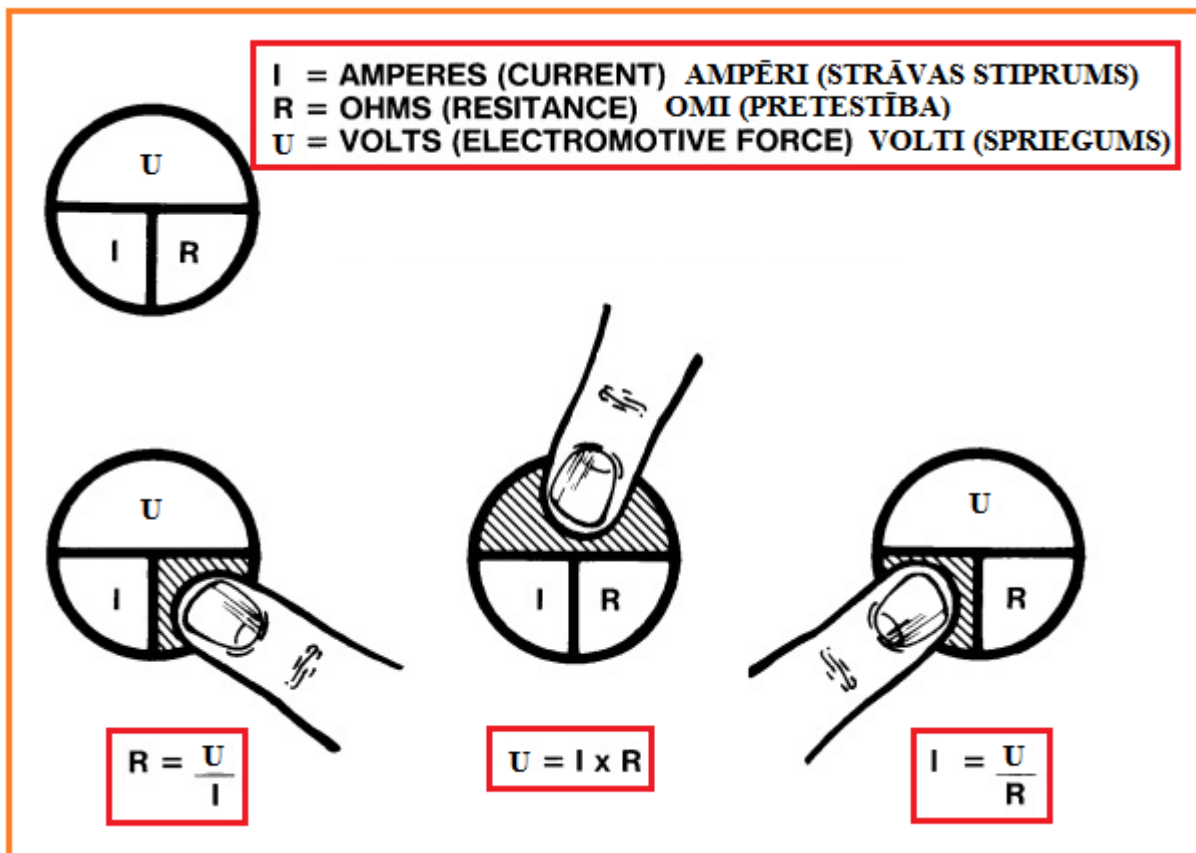
Spiediens = samazinās	Spriegums = samazinās
Ūdens plūsma = nemainīga	Strāva = nemainīga
Pretestība = samazinās	Pretestība = samazinās

$$\begin{array}{c} \mathbf{U = I R} \\ \downarrow \quad \downarrow \end{array}$$

✓ Ja ūdens sūkņa **spiediens** paliks nemainīgs savukārt **pretestība** ūdens plūsmai palielināsies, tad attiecīgi **ūdens plūsma** samazināsies.

Spiediens = nemainīgs	Spriegums = nemainīgs
Ūdens plūsma = samazinās	Strāva = samazinās
Pretestība = pieaug	Pretestība = pieaug

$$\begin{array}{c} \uparrow \\ \mathbf{U = I R} \\ \downarrow \end{array}$$



26. att. Vienkāršots oma likums

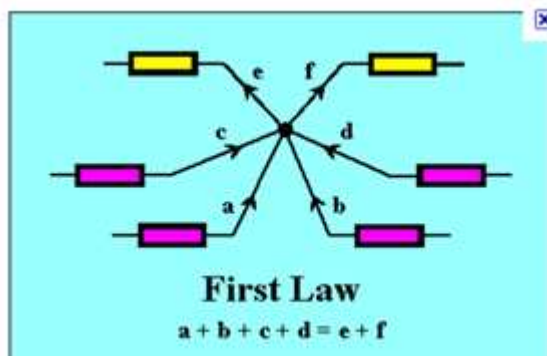
Kirhofa likumi

Jau pirms pusotra simta gadu ir izstrādāti galvenie pamatlikumi elektriskās strāvas raksturošanai. Pirmais ir jau zināmais Oma likums, bet otrie ir divi Kirhofa likumi.

➤ Pirmais Kirhofa likums, **jeb Kirhofa strāvas likums** vienkāršotā formā nosaka, ka **nesazarotā ķēdē (virknes slēgumā)** jebkurā tās posmā strāvai ir viena un tā pati vērtība. Tādējādi no strāvas avota, ko mēs saucam par elektrodzinējspēku – EDS, aizplūstošo elektronu lādiņu daudzums ir vienāds ar galapunktā (pie otrā pola) pienākušo lādiņu daudzumu. Praksē bieži ir **sazarotas elektriskās ķēdes (paralēlais un jauktais slēgums)** un tādā gadījumā vispilnīgākā veidā **pirmais Kirhofa strāvas likums ir sekojošs:**

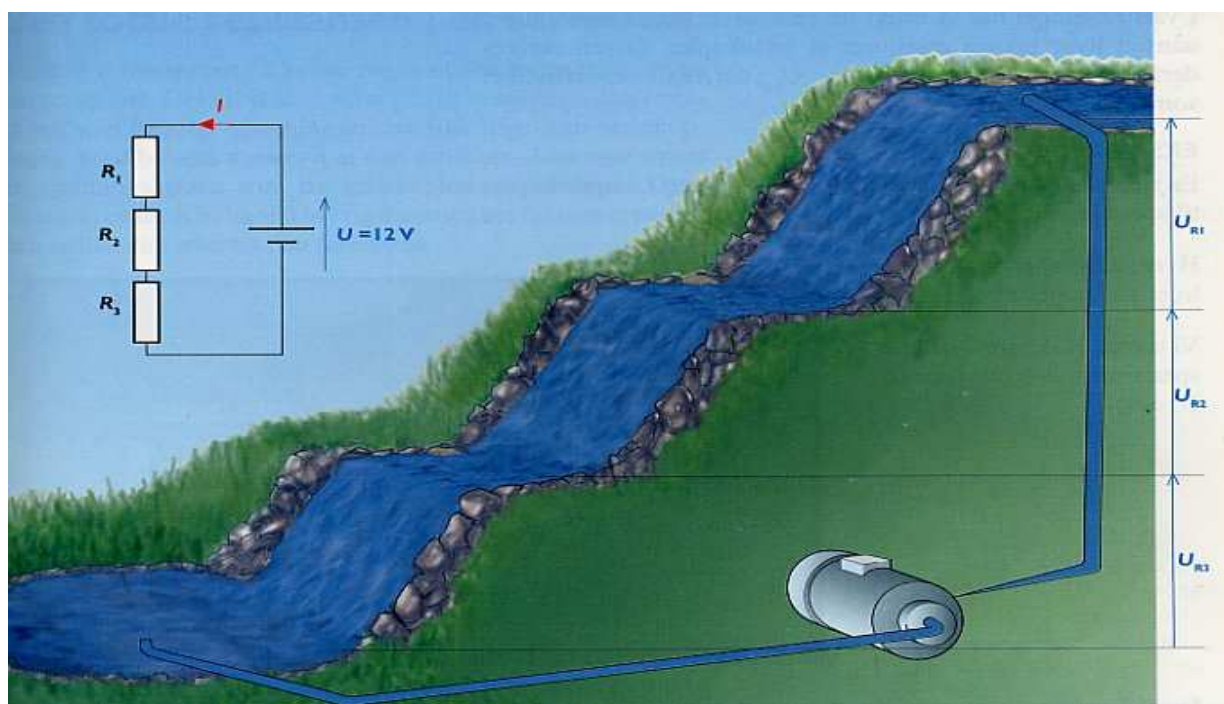
Mezglu punktam pienākušo strāvu summa ir vienlīdzīga ar aizejošo strāvu summu, tātad algebriskā strāvu summa mezglu punktā ir vienlīdzīga ar nulli.

Ieguldījums tavā nākotnē



27. att. Kirhofa strāvas likums

Pārejot pie otrā likuma būtības apskatīsim attēlā 28 doto shēmu. Trīs pretestības ir saslēgtas virknē un tās ir pieslēgtas sprieguma avotam ar 12 V spriegumu. Šo elektrisko shēmu var salīdzināt ar mākslīgu trīspakāpju ūdenskritumu, kur sūknis paceļ (pareizāk uzspiež) ūdeni atpakaļ augstākajā sākuma punktā.

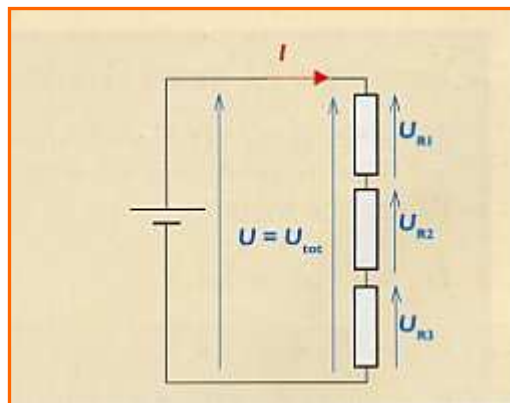


28. att. Sprieguma avots ir sūknis. Paceltā ūdens lejupceļš pārvar vairāk pakāpju pretestību un kritumus. Nosacīti to var salīdzināt ar sprieguma kritumiem atsevišķos kaskādes posmos. Kopējā ūdens masa ir salīdzināma ar elektrisko strāvu.

Otrais kirhofa likums virknes slēgumā

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.

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



29. att. Virknes slēgums

$U = \text{EDS}$ - potenciālu starpība, ko rada galvaniskais elements, baterija vai ģenerators.

Spriegumu kritumu summa virknes slēgumā ir vienāda ar barošanas avota spriegumu.

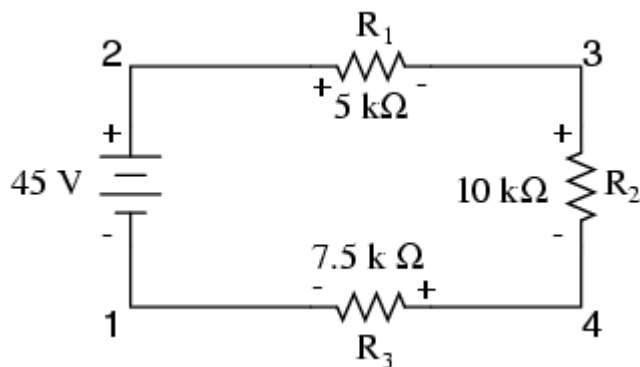
$$U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3}$$

Ja mums ir nevis trīs pretestības kā iepriekšējā piemērā, bet cits skaits, tad ir jāraksta:

$$U = U_{R1} + U_{R2} + \dots + U_{Rn} \text{ kur "n" ir pēdējā ķēdes pretestība.}$$

Kirhofa sprieguma likums (kirhofa otrais likums)

Dotajā shēmā pretestības ir saslēgtas virknes slēgumā un ķēdes posmi ir sanumurēti. Lai izmērītu esošo spriegumu punktos.



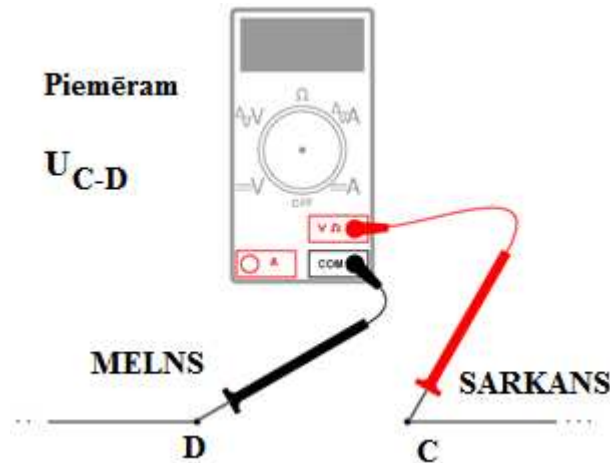
Ieguldījums tavā nākotnē

Pievienojot VOLTMETRU starp punktiem 2 un 1. Sarkano spraudni pieliekam pie punkta 2 (+), un melno spraudni pie punkta 1 (-). Voltmetrs uzrādīs sprieguma avota +45 voltus. Tipiski multimetra displejā "+" netiek parādīts. Ja voltmetru pievienosim otrādi tad displejā parādīsies - 45. Kirchofa otrajam likumam ir ļoti svarīgi ievērot polaritāti un zīmi pirms skaitļa „+”, vai „-”.

Tātad mēs varam pierakstīt pirmo darbību:

$$U_{2-1} = +45 \text{ V}$$

Pierakstot sprieguma vienību U_{2-1} tas nozīmē, ka nomērītais spriegums U ir starp punktiem 2 un 1. Tātad U_{C-D} nozīmē, ka punktā C vienmēr tiek novietots sarkanais plus tausts, savukārt D punktā melnais mīnus tausts.



30. att. Polaritātes noteikšana

Ņemot vērā nosacījumus izmēram pa visu ķēdes apli spriegumu pie katras pretestības, iegūstot sekojošus rādījumus.

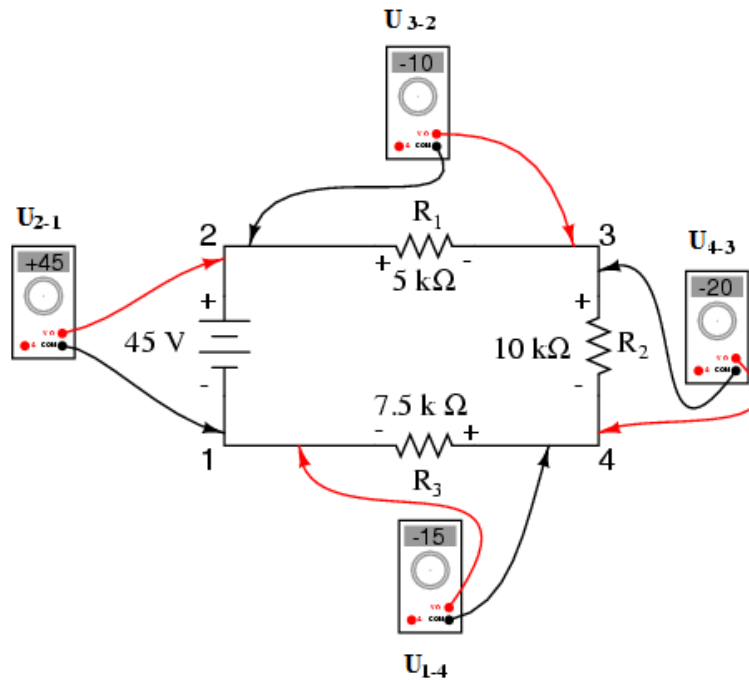
Voltmetra rādījumus pierakstam sekojošā secībā.

$U_{2-1} = +45 \text{ V}$ Spriegums no punkta 2 uz punktu 1

$U_{3-2} = -10 \text{ V}$ Spriegums no punkta 3 uz punktu 2

$U_{4-3} = -20 \text{ V}$ Spriegums no punkta 4 uz punktu 3

$U_{1-4} = -15 \text{ V}$ Spriegums no punkta 1 uz punktu 4



31. att. Sprieguma noteikšana ar voltmetru

Šeit sāk darboties Kirhofa sprieguma likums, un tas skan sekojoši.

„Visu spriegumu algebriskā summa aplī ir vienāda ar nulli”

To mēs viegli varam pārbaudīt rakstot vienādojumu ņemot vērā likumu;

$$+45 + (-10) + (-20) + (-15) = 0 \text{ (Pēc Kirhofa likuma)}$$

Pārrakstām vienādojumu;

$$45 - 10 - 20 - 15 = 0 \text{ (Likums darbojas)}$$

Teorētiski ievērojot polaritāti mērīt ar voltmetru mēs varam uzsākt aplī no jebkuras vietas, tikai vienmēr beidzot tajā vietā, kurā iesākām. Veicot aprēķinu sanāks nulle.

Piemēram:

$$U_{2-3} = +10\text{ V} \quad \text{Spriegums no punkta 2 uz punktu 3}$$

$$U_{1-2} = -45\text{ V} \quad \text{Spriegums no punkta 1 uz punktu 2}$$

$$U_{4-1} = +15\text{ V} \quad \text{Spriegums no punkta 4 uz punktu 1}$$

$$U_{3-4} = +20\text{ V} \quad \text{Spriegums no punkta 3 uz punktu 4}$$

Aprēķinam pēc Kirhofa likuma;

$$+10 + (-45) + 15 + 20 = 0$$

Pārrakstām vienādojumu;

$$10 - 45 + 15 + 20 = 0 \text{ (Likums darbojas)}$$

Ieguldījums tavā nākotnē

Varam iedomāties, ka elektriskā ķēde ir paslēpta kastē, un mēs no tās redzam tikai punktus kur pievienot voltmetru.

Apskatot doto piemēru mēs varam saskatīt 6 apļus (att. 31).

Izvēloties jebkuru no šiem apļiem mēs varam aprēķināt spriegumu summu pēc Kirhofa likuma.

Piemērs:

Uzrakstīsim apļu variantus:

$$-2 + 10 + (-8) = 0 \quad (\text{aplis } 1-3; 2-1; 3-2)$$

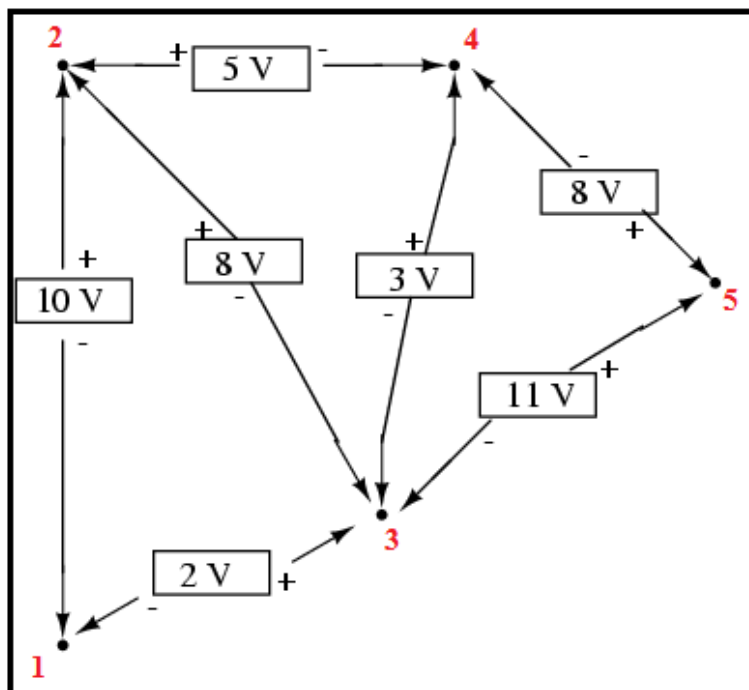
$$+8 + (-5) + (-3) = 0 \quad (\text{aplis } 2-3; 4-3; 3-4)$$

$$+11 + (-8) + (-3) = 0 \quad (\text{aplis } 5-3; 4-3; 3-4)$$

$$+2 + (+11) + (-8) + (+5) + (-10) = 0 \quad (\text{aplis } 3-1; 5-3; 4-5; 2-4; 1-2)$$

u.t.t.

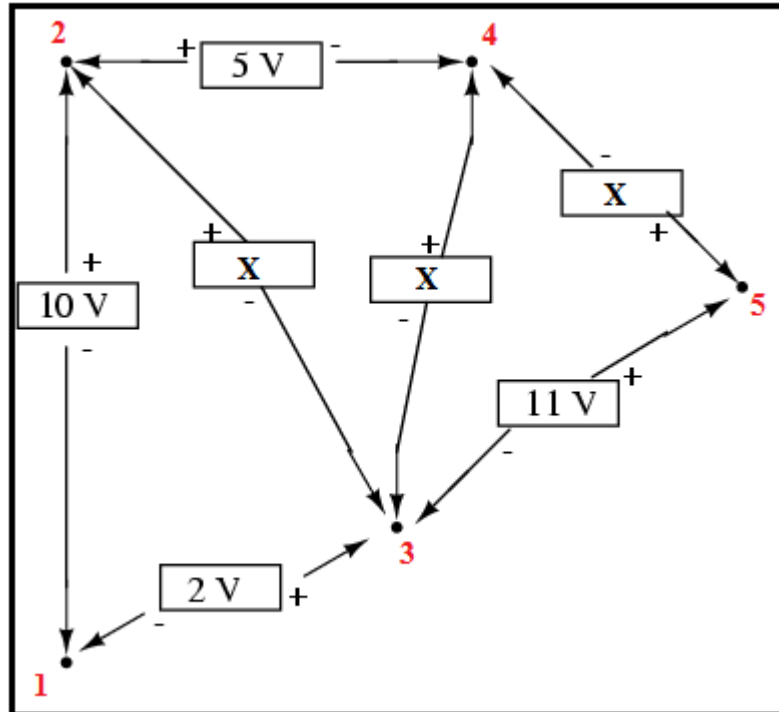
Visos gadījumos mēs nonākam pie nulles. Tā var turpināt vēl un vēl. Galvenais noteikums ejot pa apli ir jāievēro polaritāte. Uzsākot apli ir jāņem vērā zīme, kura atrodas pēc skaitļa nevis pirms.



32. att. Elektriskā ķēde ar izejas punktiem

Kāds tad ir Kirhofa sprieguma likuma ieguvums? Ar Kirhofa likuma palīdzību mēs varam atrast nezināmos sprieguma lielumus elektriskajā ķēdē.

Paņemsim to pašu piemēru tikai šoreiz ieliksīm vairākus nezināmos spriegumus. Un apzīmēsim ar „X”.



33. att. Elektriskās ķēdes izejas punkti

Redzam situāciju, kurā nav zināmi spriegumi starp sekojošiem punktiem 2-3; 4-3; 5-4. Zinot Kirhofa likumu varam atrast nezināmos spriegumus. Sāksim ar apli 1-2-3. Sākuma punkts būs 1. Līdz ar to varam rakstīt vienādojumu:

$$+10 + (-X) + (-2) = 0$$

$$10 - X - 2 = 0$$

$$X = -10 + 2$$

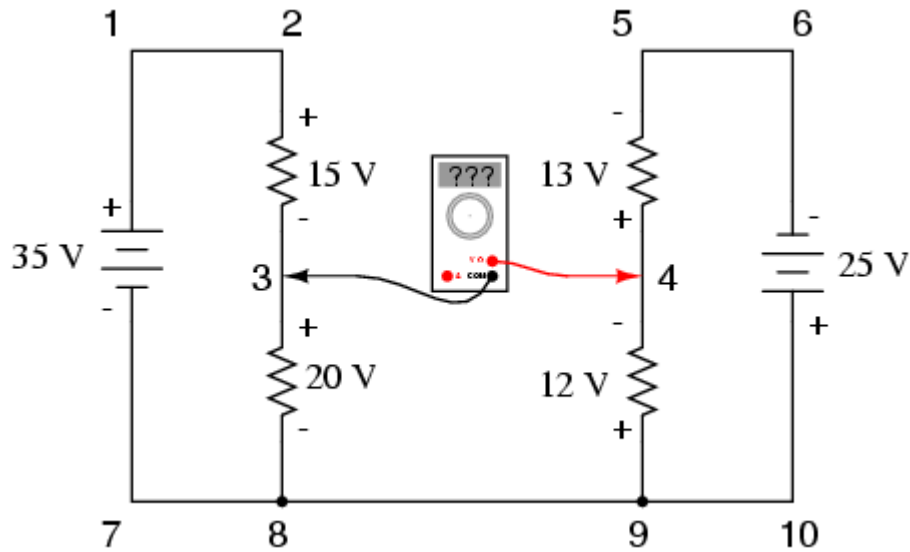
$$\underline{X = -8}$$

Pārrakstām vienādojumu un ievietojam X atrasto rezultātu.

$$10 - 8 - 2 = 0 \text{ (Kirhofa likums apstiprinājās)}$$

Tādā veidā arī tiek atrasti visi nezināmie. Šis sprieguma likums darbojas visiem elektriskajiem slēgumiem gan jauktajiem, gan paralēlajiem, gan arī virknes slēgumiem.

Ieguldījums tavā nākotnē



34. att. Elektriskā ķēde ar multimetru

Praktiskais piemērs

Jāatrod spriegums starp punktiem 4 un 3. Tātad $U_{4-3} = ???$ Starts būs punktā 3. U_{4-3} aizstāsim ar X.

Vienādojums;

$$+X + (+12) + (-0) + (+20) = 0$$

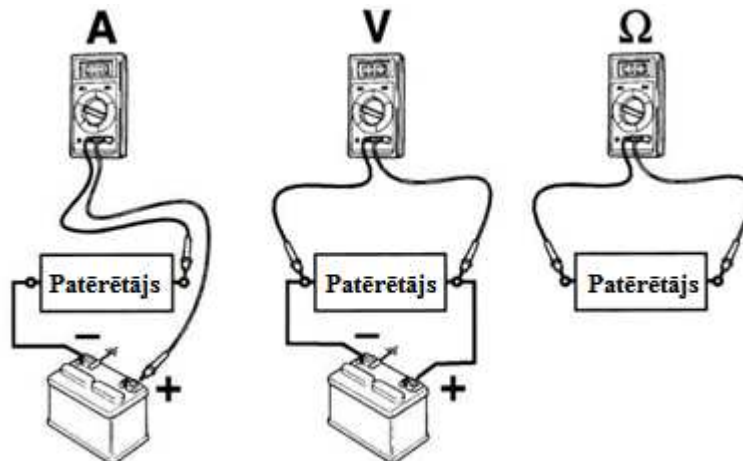
Pārrakstām vienādojumu vienkāršāk;

$$X + 12 - 0 + 20 = 0$$

$$X = -12 + 0 - 20$$

$$\underline{X = -32}$$

Tātad ievietojot rezultātu X pārrakstām vienādojumu un pēc Kirhofa likuma pārlicināmies, ka spriegumu algebriskā summa pa apli sanāk nulle. Atrastais rezultāts ir pareizs. Voltmetrs uzrādīs spriegumu starp punktiem $U_{4-3} = -32 \text{ V}$



35. att. Strāvas stipruma, spriegums un pretestības mērīšanas nosacījumi mērot ar mēraparātu

Strāvas darbs un jauda. Džoula - Lenca likums

Mēs bieži runājam par enerģiju, lietojot šo jēdzienu neprecīzi. Kā zināms ar enerģiju var mērīt padarīto darbu. Ņemsim kā piemēru akumulatoru ar 75 Ah ietilpību un pieslēgspriegumu 12 V. Darbinot ūdens sūkni ar strāvu 1 A, varētu strādāt $1 \cdot 75 = 75$ stundas. Pieslēdzot spēcīgāku sūkni, kas patērē 5 A, dotais akumulators varētu darboties 15 stundas. Šī sūkņa jauda attiecīgi ir $P = U \cdot I = 12 \cdot 5 = 60$ W.

Jauda reizināta ar laiku ir darbs vai enerģija. Akumulatora energoietilpība līdz ar to raksturo darbu, ko tas var paveikt noteiktā laikā pie dotā sprieguma. Vispārīgā veidā var teikt, ka darbs ir

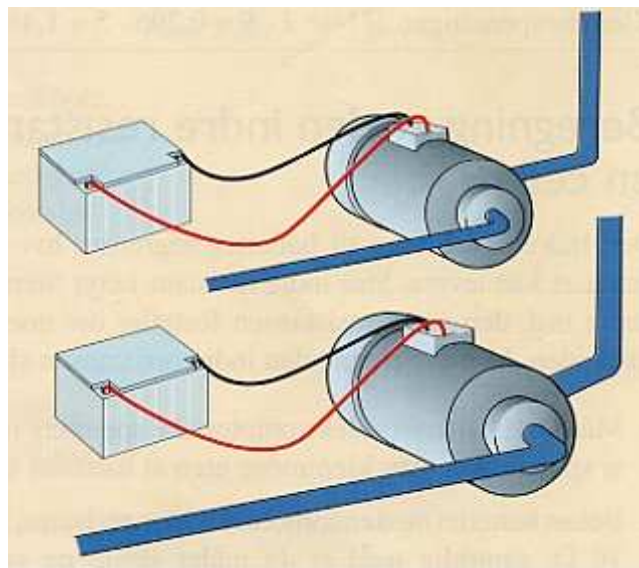
$$W = P \cdot t$$

kur W ir darbs (angliski “work”)

vai precīzāk – enerģija,

P ir jauda, t ir laiks.

Elektrisko enerģiju parasti mēra vatstundās – **Wh**, bet, ja šī mērvienība ir par mazu, var mērīt **kWh**, tātad tūkstošs reizes lielākā vienībā. Elektronikā var būt nepieciešamas daudz mazākas mērvienības, piemēram, vatsekundes – **Ws**.



36. att. Ūdens sūkni var darbināt ilgāk un ar lielāku enerģiju, izmantojot spēcīgāku akumulatoru, piemēram – automašīnas startēšanas akumulatoru.

Ja ķermenim piemīt spēja veikt darbu, tad var teikt, ka tam ir enerģijas krājums, piemēram, hidroelektrostacijas ūdenskrātuvē tāds enerģijas krājums piemīt ūdenim, termoelektrostacijas katlā – tvaikam, automobilī – degvielai.

Strāvu elektriskajā ķēdē rada avota EDS, kuram arī ir enerģijas krājums un kurš spēj veikt darbu. Lai automobiļa elektriskajā ķēdē uzturētu strāvu, akumulatoru baterijai jāpatērē ķīmiskā enerģija, bet maiņstrāvas ģeneratoram – mehāniskā enerģija.

Jebkurā vadītājā elektriskā strāva veic darbu jeb **elektroenerģijas patēriņu**. Elektroenerģijas mērvienība ir **džouls (J)** jeb **vatsekunde (W s)**.

$$W = U I t \quad (V A s = W s = J).$$

Ieguldījums tavā nākotnē

Džouls ir ļoti maza mērvienība, tāpēc praksē lieto daudz lielāku elektroenerģijas vienību – **kilovatstundu**: $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3\,600 \text{ kJ} = 3,6 \text{ MJ}$. Uzskata, ka 1 kWh ir līdzvērtīga 8 stundu ilgam viena cilvēka darbam.

Svarīgs patērētāja raksturotājs ir elektriskā **jauda**. Motors, kurš darbina kartingu, nevar iekustināt kravas automobili, bet kabatas lukturīša baterija nevar nodrošināt automobiļa apgaismošanas sistēmas darbību, jo šiem nolūkiem nepieciešama daudz lielāka jauda.

Jauda ir cieši saistīta ar elektroenerģiju, jo jauda ir ātrums, ar kādu tiek izlietota elektroenerģija vai pārvērsta patērētājā citos enerģijas veidos. Tās mērvienība ir **vats**.

$$P = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

Tā kā vats ir samērā neliela jauda, tad praktiskām vajadzībām plaši lieto **kilovatu**:

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}.$$

Piemērs:

Aprēķināt galvenā luktura spuldzes jaudu un četrās stundās patērēto elektroenerģiju, ja tā pieslēgta 12 V elektroapgādes sistēmai un patērē 7 A strāvu:

- spuldzes jauda $P = U I = 12 \times 7 = 72 \text{ W} = 0,072 \text{ kW}$;
- patērētā elektroenerģija: $W = P t = 0,072 \times 4 = 0,228 \text{ kWh}$.

Katrs patērētājs aprēķināts optimāliem darba apstākļiem visā tā darbības laikā. Aprēķināto jeb nominālo darba režīmu raksturo nominālā strāva I_N , nominālais spriegums U_N un nominālā jauda P_N .

Jo lielāka nominālā strāva I_N , jo lielākam jābūt vada šķērsgrizumam, lai notiktu tā pārkaršana.

Jo lielāks nominālais spriegums U_N , jo biežākai jābūt vada izolācijai, lai notiktu izolācijas caursite.

Līdz ar to var teikt, ka patērētāju izmēri un izmaksas palielinās, palielinoties nominālajai jaudai

$$P_N = U_N I_N.$$

2. Līdzstrāvas elektriskās ķēdes

2.3. Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju un avotu pamat slēgumi, to raksturīgākās īpašības un praktiskais pielietojums.

2.4. Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju jauktais slēgums, tā īpašības, ekvivalentās pretestības un atsevišķo strāvu aprēķina metodika.

Stundas tēma: Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju un avotu pamat slēgumi, to raksturīgākās īpašības un praktiskais pielietojums. Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju jauktais slēgums, tā īpašības, ekvivalentās pretestības un atsevišķo strāvu aprēķina metodika.

Stunda: 5 – 6 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju un avotu pamat slēgumi īpašības, praktisks pielietojums;
2. Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju virknes un paralēlā slēguma apvienojums, tā īpašības;
3. Dažādu patērētāju slēgumu elektrisko lielumu aprēķinu metodikas pielietojums;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Līdzstrāvas elektroenerģija patērētāju un avotu virknes slēgums, tā sakarības un pamat likumi;
2. Līdzstrāvas elektroenerģijas patērētāju un avotu paralēlais slēgums, tā sakarības un pamat likumi;
3. Elektroenerģijas patērētāju jauktie slēgumi, to analīze un pielietojums;

Izmantojamā literatūra:

- James E. Duffy „Modern Automotive Technology, 7th Edition” 2009
- Ģirts Egils Lagzdīņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- Elektriskās ķēdes <http://www.allaboutcircuits.com/worksheets/acmcc.html> 2011.10

2.3. LĪDZSTRĀVAS ELEKTROENERĢIJAS PATĒRĒTĀJU UN AVOTU PAMAT SLĒGUMI, TO RAKSTURĪGĀKĀS ĪPAŠĪBAS UN PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS.

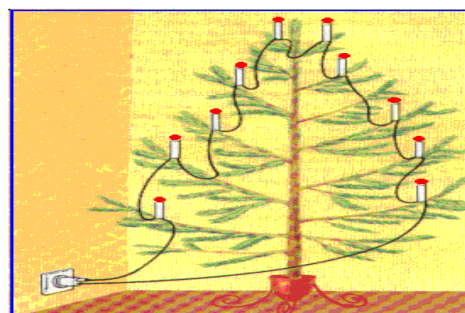
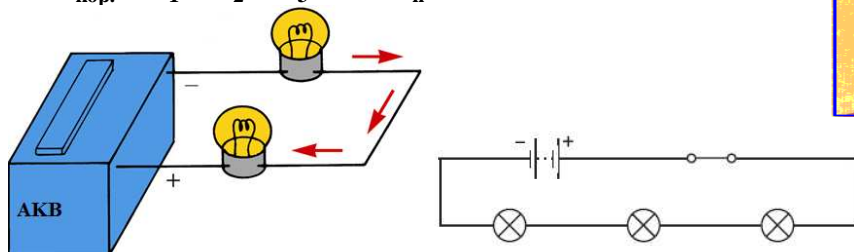
Bieži gadās, ka vienam elektroenerģijas avotam ir jāpieslēdz vairāki patērētāji. Tos var savienot **virknē, paralēli vai jauktajā slēgumā.**

Elektroenerģijas patērētāju virknes slēgumi

Par patērētāja **virtnes slēgumu**, sauc tādu elementu slēgumu, kurā elektroenerģijas avota pozitīvā spaiļe savienota ar pirmā patērētāja sākumu, pirmā patērētāja beigās – ar otrā patērētāja sākumu, bet otrā patērētāja beigās savienotas ar elektroenerģijas avota negatīvo spaiļi. (*skat. 37. att.*)

Virtnes slēgumā caur visiem patērētājiem plūst vienāda strāva un uz katru patērētāju, atkarībā no tā pretestības, rodas sprieguma kritums. Elektroenerģijas patērētājus shēmās var aizstāt ar rezistoriem, kuriem piemīt noteikta pretestība. Elektroenerģijas patērētāju virknes slēgumam ir spēkā šādas sakarības:

- $I_{kop.} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$
- $U_{kop.} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$
- $R_{kop.} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$
- $P_{kop.} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$



37. att. Elektroenerģijas patērētāju virknes slēgumi

Strāva, kas plūst caur virknē saslēgtiem patērētājiem, rada uz katra patērētāja spriegumu un to summa ir vienāda ar elektroenerģijas avota spriegumu:

$$IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n = U_1 + U_2 + \dots + U_n = U,$$

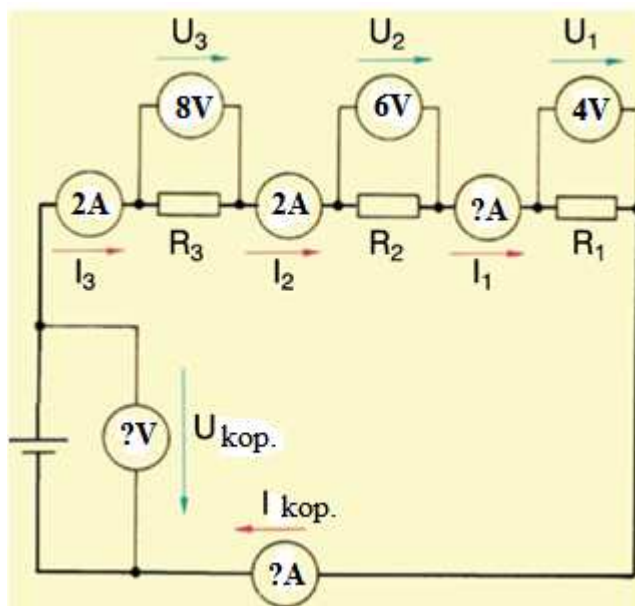
Tā kā strāva plūst pēc kārtas cauri visiem patērētājiem, tad ķēdes kopējā pretestība ir vienāda ar atsevišķo patērētāju pretestību summu:

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

Piemērs:

Noskaidrot elektroskāmi (38. att.) redzamos nezināmos lielumus izmantojot Oma likumu un virknes slēguma sakarības (formulas).

Ieguldījums tavā nākotnē



38. att. Patērētāju virknes slēgums

1) Noskaidrosim AKB spriegumu.

1. $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$
2. $U_{kop.} = 4 + 6 + 8 = 18V$
3. $U_{kop.} = 18V$

2) Noskaidrosim ķēdē plūstošo strāvas stiprumu.

1. $I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$
2. $I_{kop.} = 2 = 2 = 2$
3. $I_{kop.} = 2A$

3) Noskaidrosim ķēdē redzamo (38. att) rezistoru pretestības lielumu, kā arī kopējo ķēdes pretestību.

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

1. $R_1 = \frac{4}{2} = 2\Omega;$
2. $R_2 = \frac{6}{2} = 3\Omega;$
3. $R_3 = \frac{8}{2} = 4\Omega;$

$$R_{kop.} = 2 + 3 + 4 = 10\Omega$$

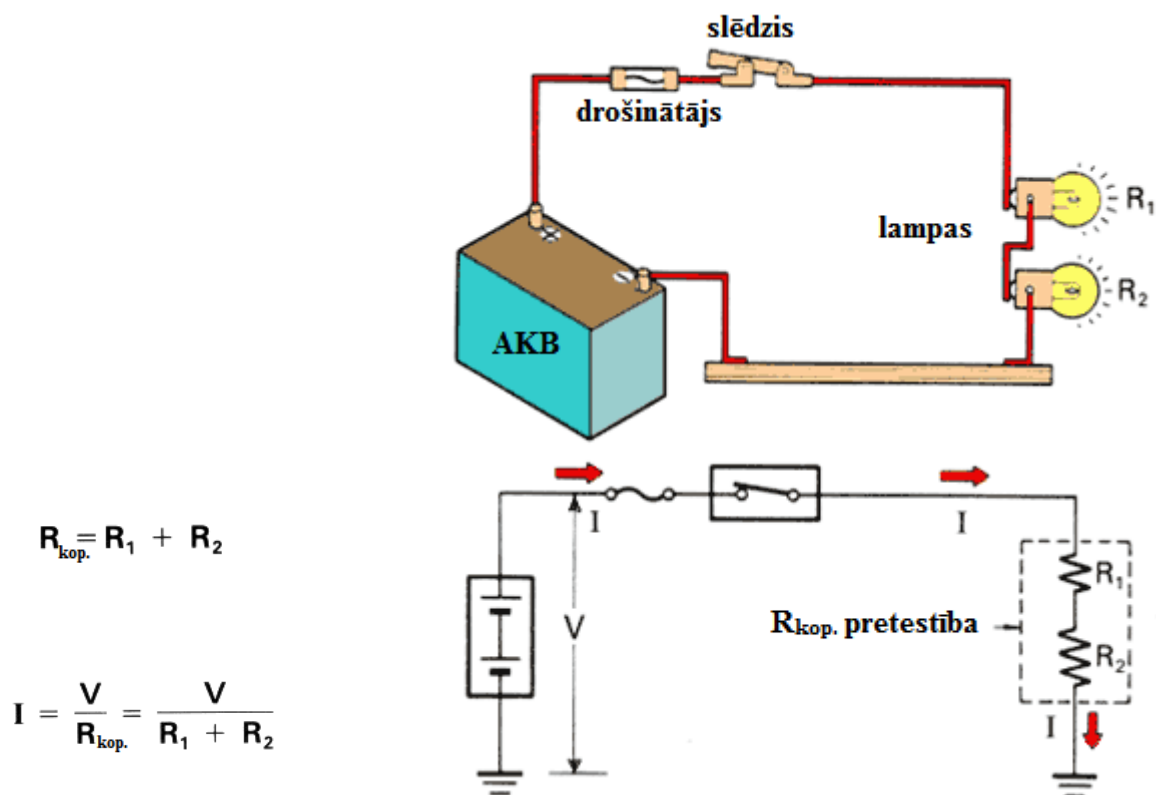
4) Izmantojot jaudas formulu varam noskaidrot cik vatu (W) patērē visa elektriskā ķēde (38. att.) un cik katrs atsevišķs patērētājs.

$$P = U I;$$

1. $P_{R1} = 4 \cdot 2 = 8W$
2. $P_{R2} = 6 \cdot 2 = 12W$
3. $P_{R3} = 8 \cdot 2 = 16W$

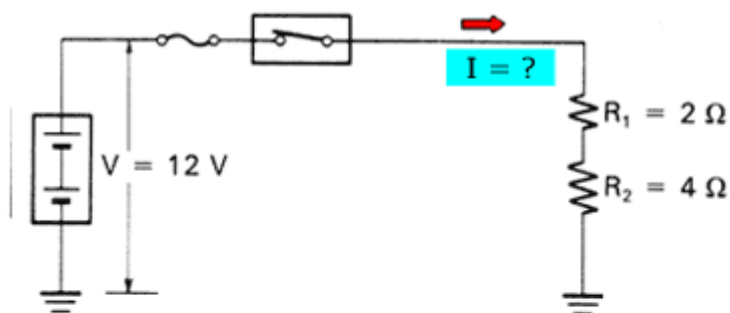
$$P_{kop.} = 8 + 12 + 16 = 36W$$

Piemērs:



39. att.

V – Spriegums (**U**) var tikt apzīmēts arī ar **V (volti)** vai citreiz arī ar **E**, kas nozīmē (**EDS** – elektrodzinējspēks no strāvas avota).

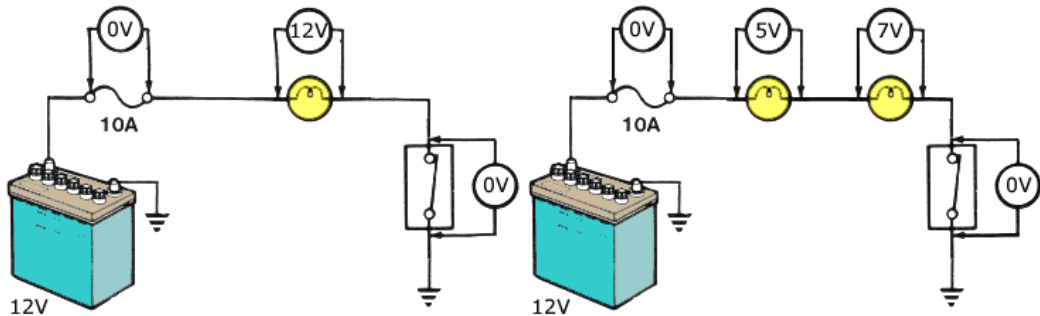


$$R_0 = R_1 + R_2 = 2\ \Omega + 4\ \Omega = 6\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R_0} = \frac{12\ \text{V}}{6\ \Omega} = 2\ \text{A}$$

40. att.

Piemērs:



41. att.

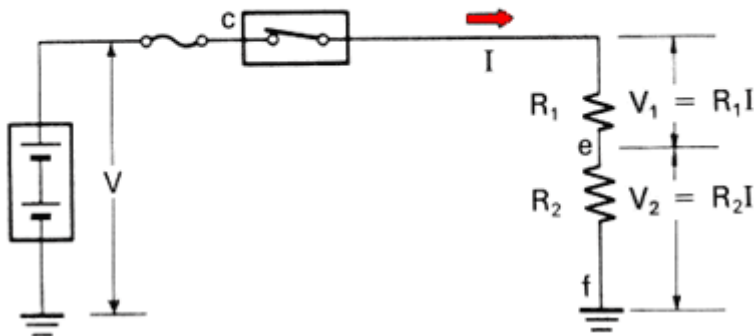
$$0V + 5V + 7V + 0V = 12V$$

$$V_1 = R_1 \times I$$

$$V_2 = R_2 \times I$$

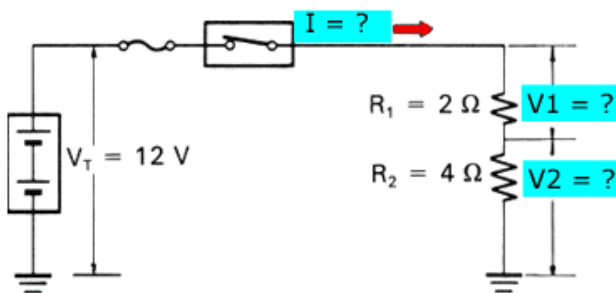
Sprieguma krituma summa

$$V_1 + V_2 = V_T$$



42. att.

$$V_1 + V_2 = V_T$$



Kopējā pretestība

$$R_0 = R_1 + R_2$$

$$= 2\Omega + 4\Omega = 6\Omega$$

Kopējā strāva

$$I = \frac{V_T}{R_0}$$

$$= \frac{12V}{6\Omega} = 2A$$

Sprieguma kritums pie R1

$$V_1 = R_1 \times I$$

$$= 2\Omega \times 2A = 4V$$

Sprieguma kritums pie R2

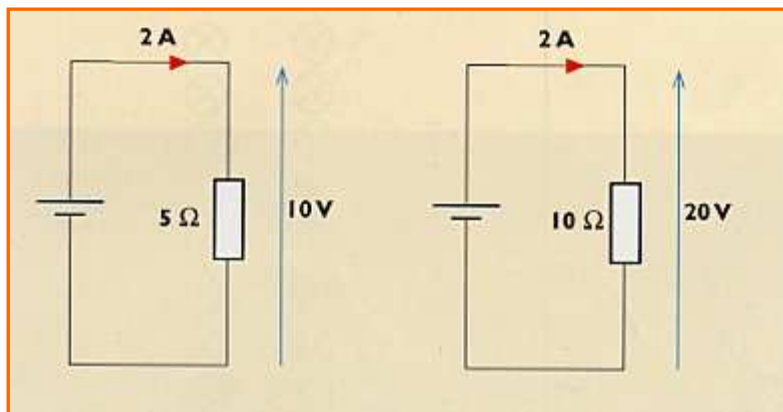
$$V_2 = R_2 \times I$$

$$= 4\Omega \times 2A = 8V$$

43. att.

Ieguldījums tavā nākotnē

Saskaņā ar Oma likumu pretestības lielums un sprieguma lielums ir tieši proporcionāli. Tā kā strāva visā virknes slēguma ķēdē ir viena lieluma, tad arī sprieguma kritums ir tieši proporcionāls pretestības lielumam.

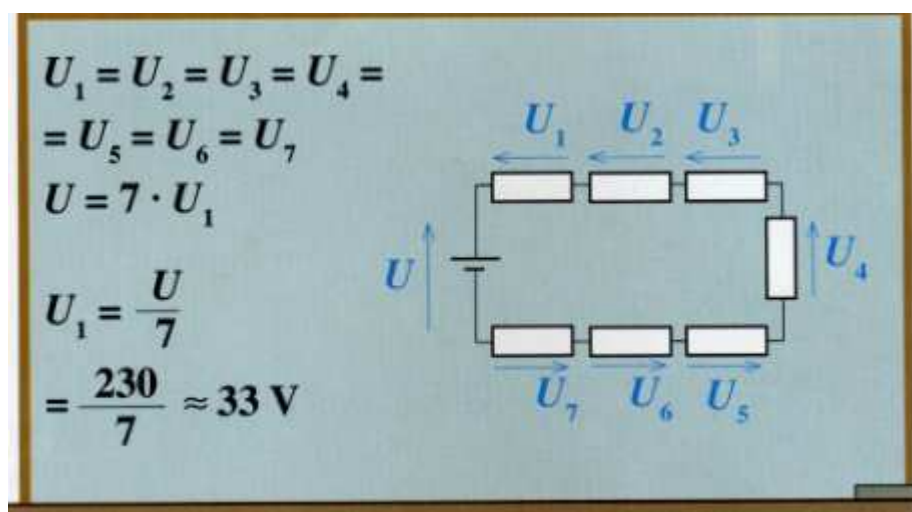


44. att. Elektriskā ķēde

Sprieguma kritums (44. att.), plūstot strāvai 2 A, dotajā ķēdē ir atkarīgs no pretestības lieluma. Saskaņā ar Oma likumu pirmajā gadījumā pie $R = 5 \Omega$ spriegums ir $U = 10 \text{ V}$, bet pie $R = 10 \Omega$ $U = 20 \text{ V}$.

Piemērs:

Dota daudz zaru griestu lustra ar 7 kvēlspuldzēm. Spuldzes ir saslēgtas virknē un to pretestības ir vienādas. Cik liels ir sprieguma kritums uz katru no tām, ja lustra ir pieslēgta 230 V spriegumam?



45. att.

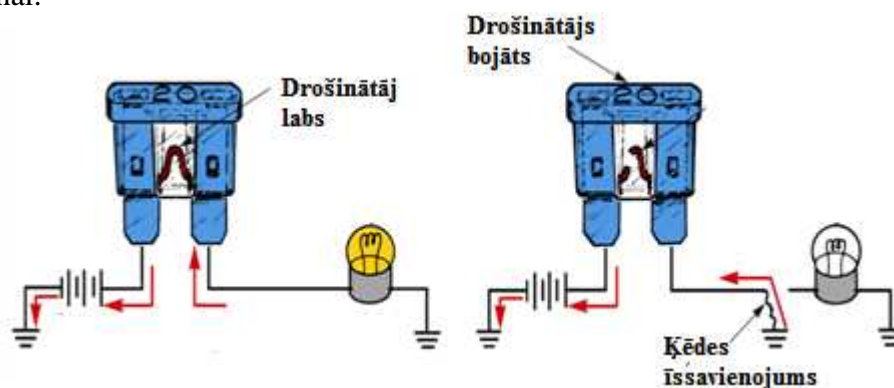
Atbilde: Sprieguma kritums uz katru no kvēlspuldzēm ir 33 V.

Ieguldījums tavā nākotnē

Patērētāju savstarpējo virknes slēgumu praktiski izmanto reti, jo tam ir šādi trūkumi.

- Viena patērētāja izslēgšana pārtrauc pārējo darbību.
- Visiem patērētājiem jābūt ar vienādu pretestību .
- Nedrīkst saslēgt virknē daudz patērētāju, jo tad ķēdei jāpievada liels spriegums.

Virknē ar patērētāju atsevišķos gadījumos slēdz balasta pretestības, kuras izmanto sprieguma krituma radīšanai.



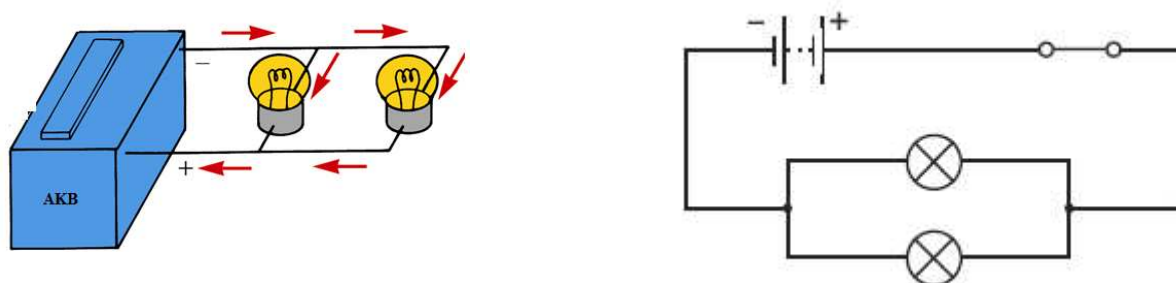
46. att. Virknes slēgumā ieslēgts drošinātājs

Elektroenerģijas patērētāju paralēlais slēgums

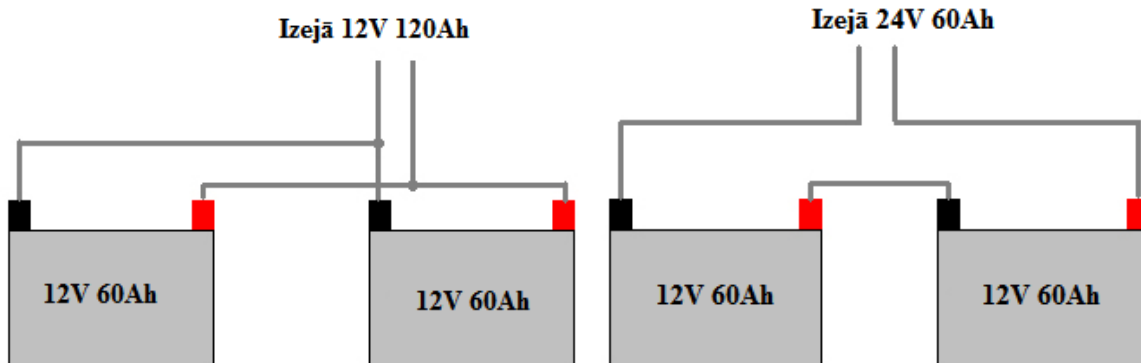
Paralēlslēgumā visu patērētāju attiecīgie izvadi ir savienoti un pieslēgti atbilstošajam elektroenerģijas avota polam, izveidojot sazarotu elektrisko ķēdi. Paralēlslēgumā uz visiem patērētājiem ir viens un tas pats sprieguma kritums. Paralēlslēgumam ir spēkā šādas sakarības:

- $U_{kop.} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$;
- $I_{kop.} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$;
- $\frac{1}{R_{kop.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$;
- $P_{kop.} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$

Paralēlajā slēgumā kopējā strāva ķēdē ir vienāda ar paralēlo zaru strāvu summu.



47. att. Patērētāju paralēlais slēgums



48. att. Paralēli saslēgtas AKB

49. att. Virknē saslēgtas AKB

Akumulatoru (AKB) paralēlais pieslēgums. Slēdzot AKB paralēli spriegums paliek nemainīgs, bet strāvas stiprums divkāršojas. Tādējādi praktiski ir iespējams iedarbināt automobili pievienojot papildus AKB.

Piemērs:

Par doto elektrisko ķēdi zināmi sekojoši lielumi
Pretestība rezistoriem
 $R_1=4\Omega$; $R_2=2\Omega$; $R_3=6\Omega$;
Spriegums pie $R_1=12V$
Jāaprēķina visi nezināmie lielumi.

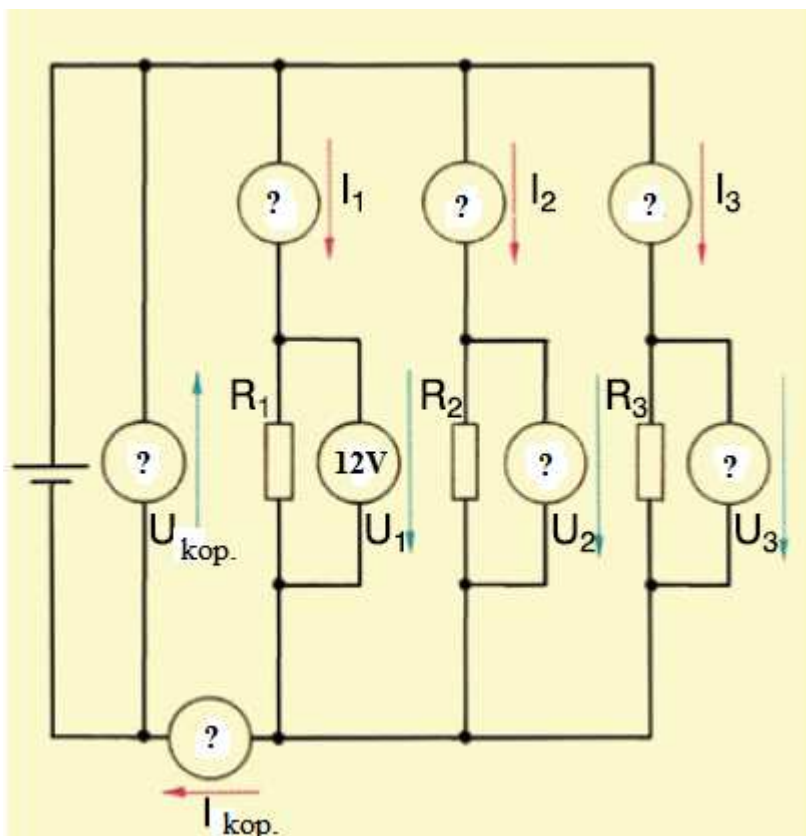
1) Kopējais spriegums, un pie katra patērētāja

$$U_{kop.} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n;$$

$$U_{kop.} = U_{R1}12V = U_{R2}12V = U_{R3}12V$$

$$U_{kop.} = 12V$$

2) Strāvas stiprums pie katra patērētāja un $I_{kop.}$



50. att.

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

$$I_{R1} = \frac{12}{4} = 3A; \quad I_{R2} = \frac{12}{2} = 6A; \quad I_{R3} = \frac{12}{6} = 2A$$

$$I_{kop.} = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} = 3 + 6 + 2 = 11A; \quad I_{kop.} = 11A$$

3) Kopējā ekvivalentā ķēdes pretestība

$$\frac{1}{R_{kop.}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = 0,25 + 0,50 + 0,17 = 0,92 = \frac{1}{1,09} = 1,09\Omega$$

Svarīgi ir atcerēties, ka paralēlos zaros plūstošā strāva vienmēr ir mazāka par kopstrāvu un ekvivalentā pretestība ir mazāka par mazāko paralēlajos zaros esošo pretestību. To atceroties ir viegli pārbaudīt, vai aprēķins ir pareizs jeb arī ir pieļauta kāda rupja kļūda.

4) Kopējā un katra patērētāja jauda (W)

$$P = U I;$$

$$1. \quad P_{R1} = 3 \cdot 12 = 36W$$

$$2. \quad P_{R2} = 6 \cdot 12 = 72W$$

$$3. \quad P_{R3} = 2 \cdot 12 = 24W$$

$$P_{kop.} = 36 + 72 + 24 = 132W$$

Piemērs:

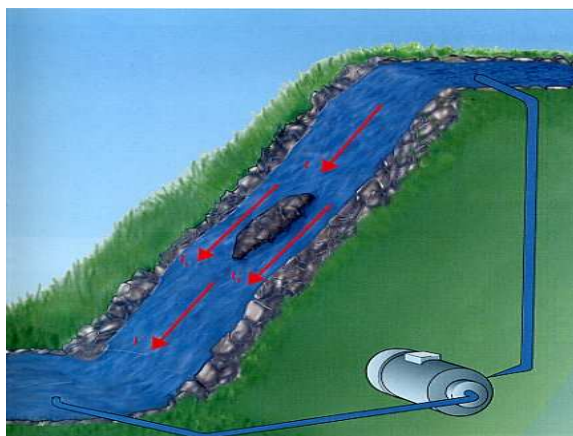
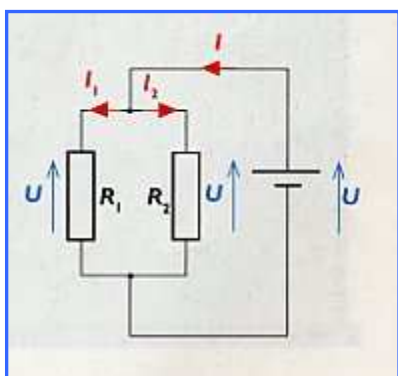
Ja dotās kvēlspuldzes savienosim paralēlajā slēgumā, tad to ekvivalentā pretestība sastādīs 160Ω . Lai par to pārliecinātos izmantojam paralēlā slēguma ekvivalentās pretestības

aprēķināšanas formulu $\frac{1}{R_{kop.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$.



51. att.

Salīdzināsim doto ķēdi (52. att.) ar mākslīgu ūdenskritumu. Novietosim ūdenskrituma vidējā daļā straumes ceļā lielu garu akmeni, kas sadala ūdens plūsmu divās daļās. Kā redzams, kopējais plūstošā ūdens daudzums ir vienāds kā pie dalītās straumes tā arī pirms tam, kad bija kopēja straume. Dalīto straumju summa veido kopējo ūdens plūsmu.



52. att. Paralēlais rezistoru slēgums un salīdzinājums ar ūdens plūsmu

Ieguldījums tavā nākotnē

Nosauksim kopējo ūdens daudzumu vienas straumes gadījumā par I , bet ar akmeni dalītās divas paralēlās plūsmas I_1 un I_2 . Tādā gadījumā

Kā redzams, mēs pakāpeniski tuvojamies elektrisko ķēžu paralēlslēgumam, kad vienota strāva I plūst no enerģijas avota līdz dalījuma punktam, tad I_1 un I_2 iet caur paralēlajiem zariem un rezistoriem (pretestībām) un atkal apvienojas kopējā plūsmā līdz sprieguma avota mīnus polam.

Vienotajā elektriskajā ķēdē plūst kopējā strāva, bet paralēlajos ķēdes posmos plūst sazarojumu strāvas. Saskaņā ar Kirhofa likumu, sazaroto strāvu summa paralēlajos zaros ir vienāda lieluma ar kopējo strāvu.

Šis likums der arī lielākam skaitam paralēli slēgto ķēžu ar atbilstošajām pretestībām. Līdz ar to galvenā formula ir:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

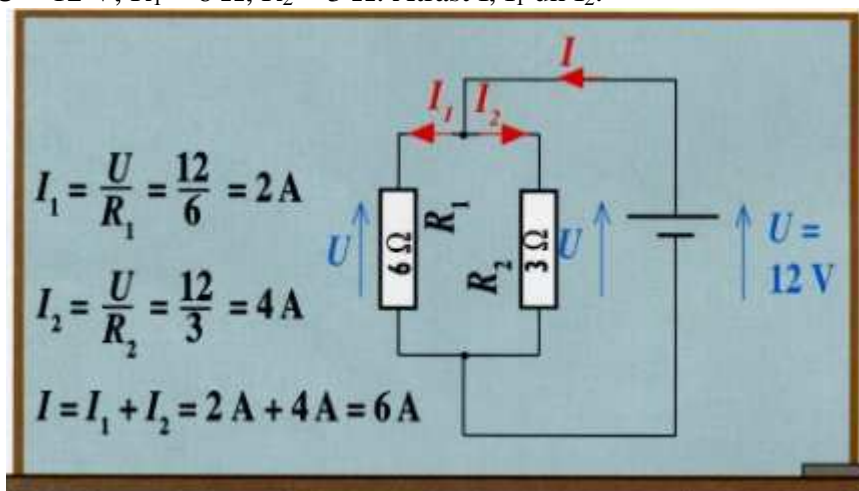
kur "n" ir konkrēto paralēlo slēgumu daudzums.

Caurplūstošā strāva paralēlslēguma katrā zarā ir $I_1 = \frac{U}{R_1}$; $I_2 = \frac{U}{R_2}$ utt..

Sprieguma lielums dotās shēmas zaros, kā jau sacīts, ir nemainīgs. Paralēlslēguma strāvu aprēķins ir redzams piemērā.

Piemēram:

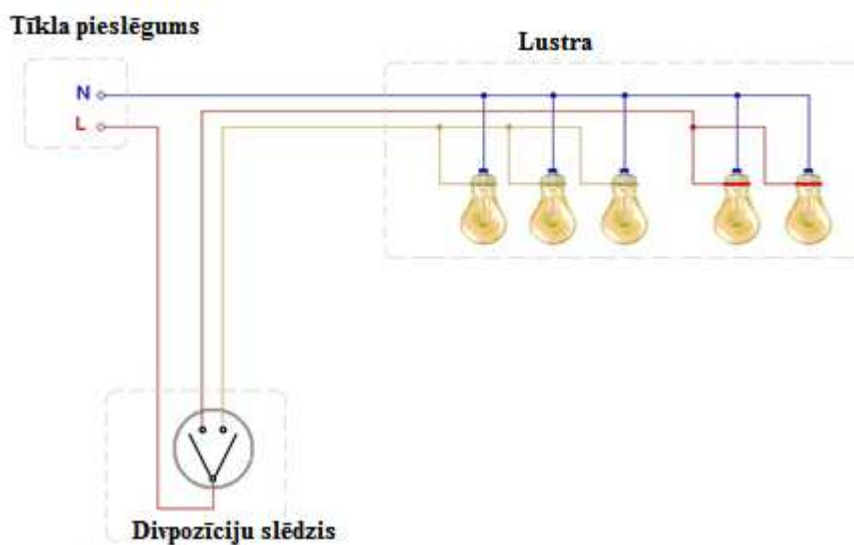
Dotajā kontūrā $U = 12 \text{ V}$, $R_1 = 6 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$. Atrast I , I_1 un I_2 .



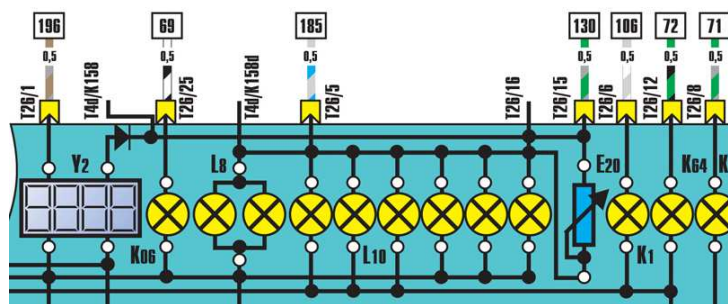
53. att. Paralēlā slēguma atsevišķo un kopējo strāvu aprēķins

Atbilde: Strāvas ir 2 A, 4 A un 6 A.

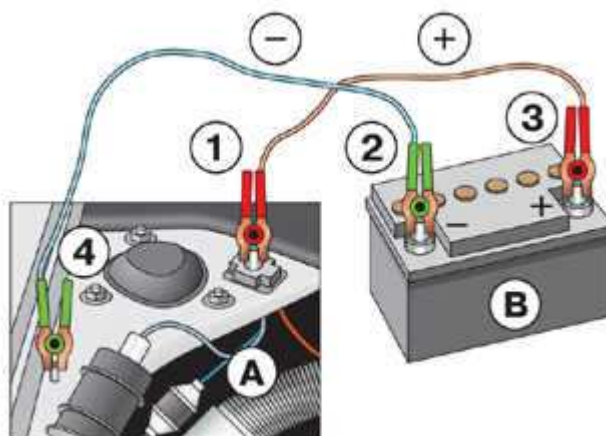
Elektroenerģijas patērētāju paralēlo slēgumu shēmas



54. att. Paralēli tiek slēgti patērētāji gan dzīvokļos, gan jebkurās citās ēkās.

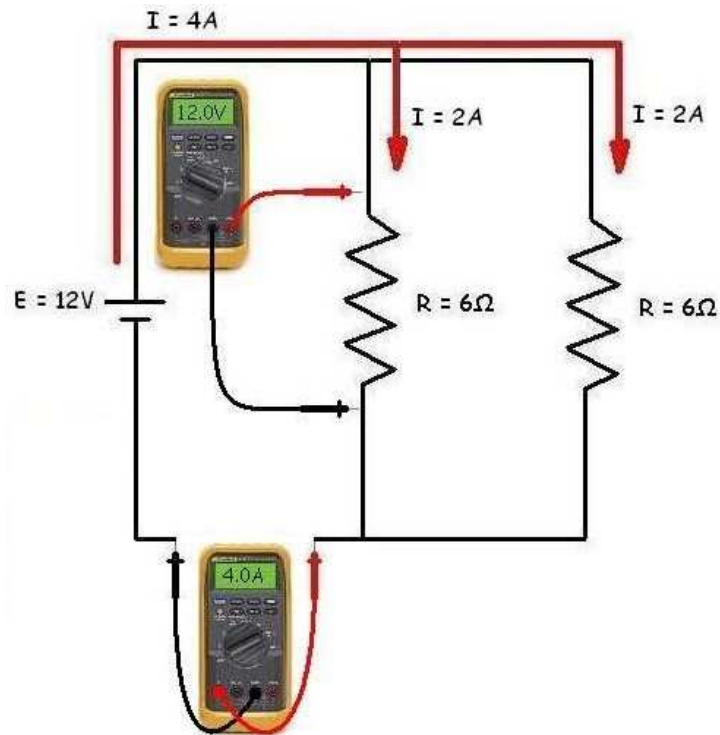


55. att. Paralēli tiek slēgti praktiski visi patērētāji automašīnā



56. att. Paralēla rezerves AKB pieslēgšana audi A6 1996g. elektrotīklam

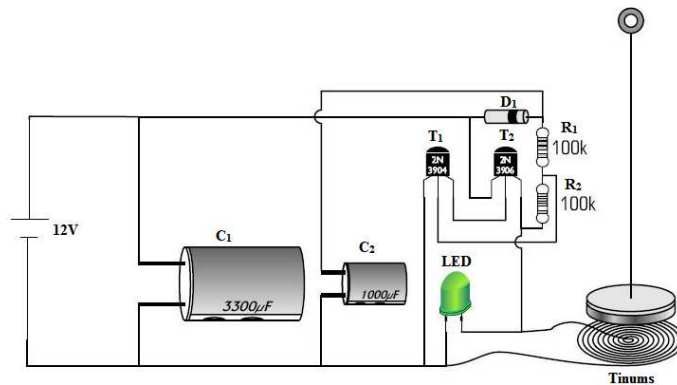
Ieguldījums tavā nākotnē



57. att. Patērētāju paralēlā slēguma analīze ar multimetru

2.4. LĪDZSTRĀVAS ELEKTROENERĢIJAS PATĒRĒTĀJU JAUKTAIS SLĒGUMS, TĀ ĪPAŠĪBAS, EKVIVALENTĀS PRETESTĪBAS UN ATSEVIŠĶO STRĀVU APRĒĶINA METODIKA.

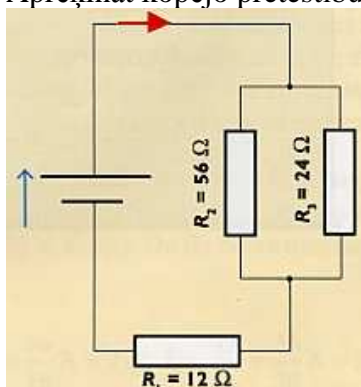
Reālās elektriskajās iekārtās un it sevišķi vājstrāvas ķēdēs vienlaikus ir kā virknes tā arī paralēlie slēgumi visdažādākajās kombinācijās un virknējumos. Tādēļ ir jāprot aprēķināt arī šādu ķēžu kopējo pretestību



58. att. Jauktā slēguma piemērs

Piemērs:

Aprēķināt kopējo pretestību dotajā slēgumā.



59. att. Jauktais rezistoru slēgums

Vispirms aprēķinām ekvivalento pretestību paralēlajam slēgumam

$$R_{ekv.} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{56 \cdot 24}{56 + 24} = \frac{1344}{80} \Omega = 16,8 \Omega \approx 17 \Omega$$

vai ja ir vairāk patērētāju tad ir jāizmanto

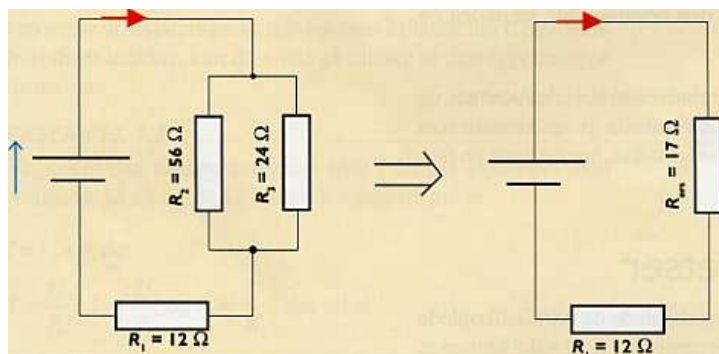
sekojošs paņēmieni.
$$\frac{1}{R_{kop.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

. Iepriekšējo gadījumu var izmantot tikai ja ir

divi patērētāji, piemēram, šāds variants nav pareizs

$$R_{kop.} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \text{ NEPAREIZI!}$$

Ieguldījums tavā nākotnē



59.att. Jauktā slēguma pārveidošana virknē

Tad summējam iegūtās virknes slēguma pretestības.

$$R_{kop.} = R_{ekv.} + R_1 = 17\Omega + 12\Omega = 29\Omega$$

Atbilde: Kopējā pretestība ir 29 Ω.

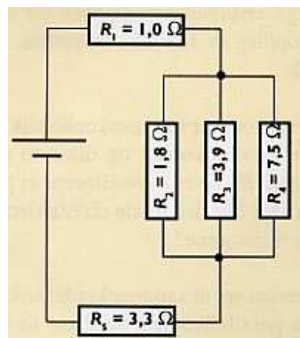
Ja uz lietojamā kabatas skaitļotāja ir taustiņš $1/x$, paralēlo pretestību aprēķinu var atvieglot

sekojoši: $56 \quad 1/x \quad + \quad 24 \quad 1/x \quad = \quad 1/x$

Rezultāts ir $R_{ekv} = 16,8 \Omega$.

Piemērs:

Aprēķināt kopējo pretestību sekojošā slēgumā.



60. att. Rezistoru jauktais slēgums

Vispirms aprēķinām ekvivalento pretestību trijiem paralēli slēgtiem rezistoriem.

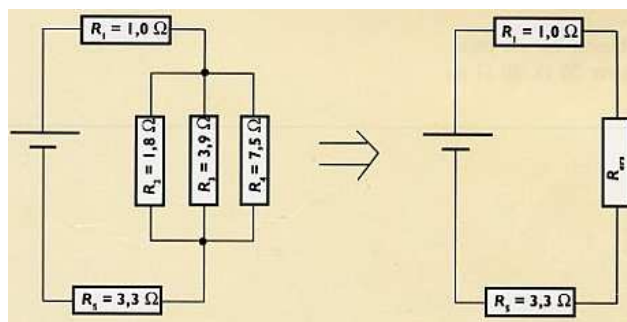
$$\frac{1}{R_{ekv.}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

Rēķinām piemēru ar kabatas skaitļotāju.

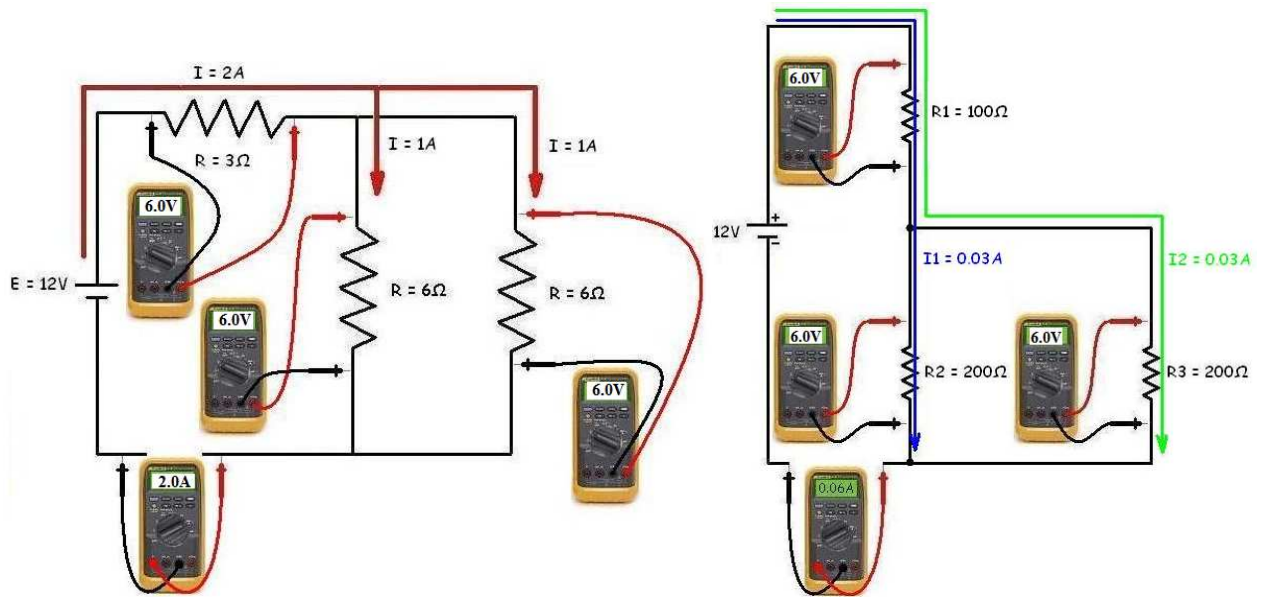
$1.8 \quad 1/x \quad + \quad 3.9 \quad 1/x \quad + \quad 7.5 \quad = \quad 1/x$

Iegūstam $R_{ekv} = 1,1 \Omega$.

Tad kopējā pretestība ir $R_{kop.} = 1,0\Omega + 1,1\Omega + 3,3\Omega \approx 5,4\Omega$



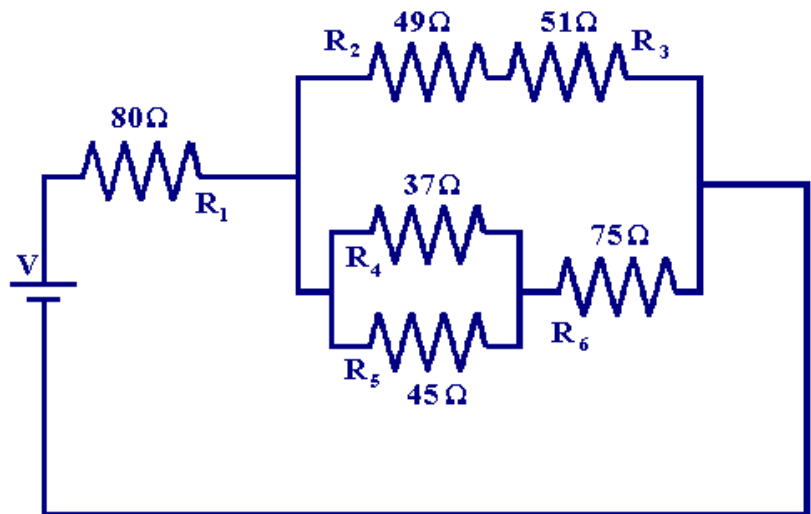
61. att. Ekvivalentās pretestības izteikšana



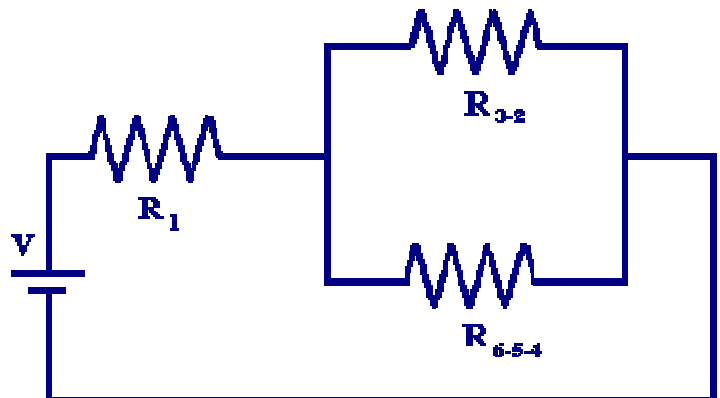
62. att. Jauktais rezistoru slēgums ar redzamiem elektriskajiem lielumiem ķēdes posmos

Piemērs:

- 1) $R_{5-4} = 1/(1/37 + 1/45) = 20.3 \Omega$
- 2) $R_{3-2} = 49 + 51 = 100 \Omega$
- 3) $R_{6-5-4} = 75 + 20.3 = 95.3 \Omega$



- 4) $R_{6-5-4-3-2} = 1/(1/100 + 1/95.3) = 48.8 \Omega$
- 5) $R_T = 80 + 48.8 = 128.8 \Omega$



63. att. Jauktā slēguma analīze

3. Elektriskās strāvas iedarbības veidi

3.1. Elektriskās strāvas siltuma iedarbība, tās divpusējā ietekme un praktiskais pielietojums tehnikā.

3.2. Elektriskās strāvas magnētiskais lauks un tā dinamiskās iedarbības pielietojums uz strāvas vadu (-iem) vai feromagnētiskiem ķermeņiem.

Stundas tēma: **Elektriskās strāvas siltuma iedarbība, tās divpusējā ietekme un praktiskais pielietojums tehnikā.
Elektriskās strāvas magnētiskais lauks un tā dinamiskās iedarbības pielietojums uz strāvas vadu (-iem) vai feromagnētiskiem ķermeņiem.**

Stunda: 7 – 8 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Elektriskās strāvas siltuma iedarbība, tās divpusējā ietekme un praktisks pielietojums tehnikā;
2. Elektriskās strāvas magnētiskais lauks un tā dinamiskā darbība;
3. Elektriskās strāvas magnētiskā lauka pielietojums elektrotehnikā un spēkratu elektroierīcēs;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Elektriskā strāvas iedarbības veidi, tās ietekme uz elektroierīcēm, praktisks pielietojums;
2. Elektrostarteru un ģeneratoru uz elektromagnētiskā principa balstīta darbība;
3. Strāvas elektromagnētiskā darbība un tās praktisks pielietojums;

Izmantojamā literatūra:

- James E. Duffy „Modern Automotive Technology, 7th Edition” 2009
- Ģirts Egils Lagzdīņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- J. Ozoliņš „Automobiļu un traktoru elektroiekārtas” Ozolnieki 2004.;
- ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ ЗАО «РОЛЬФ ХОЛДИНГ» 2005g M-STEP Mitsubishi motors

3. Elektriskās strāvas iedarbības veidi

Elektriskajai strāvai pastāv daudz iedarbības veidu, visi no tiem savā mērā ir bīstami dzīvībai, viens no strāvas bīstamākajiem iedarbības veidiem ir fizioloģiskā iedarbība, kas tieši izpaužas uz dzīvām būtnēm. Praktisku pielietojumu ir ieguvusi strāvas ķīmiskā iedarbība, kura tiek plaši izmantota akumulatoros, dažādās baterijās utt. Vēl tiek plaši izmantota strāvas siltuma iedarbība, un strāvas magnētiskā iedarbība. Šos divus pēdējos strāvas iedarbības veidus mēs aplūkosim plašāk.

3.1. ELEKTRISKĀS STRĀVAS SILTUMA IEDARBĪBA, TĀS DIVPUSĒJĀ IETEKME UN PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS TEHNĪKĀ.

Visiem patērētājiem piemīt elektriskā pretestība, kas izraisa patērētāju sasilšanu. Strāvas siltumiedarbība, var izpausties kā noderīga, labvēlīga (elektriskie sildītāji, elektriskās krāsnis, plītis, tējkannas, sildelementi utt.), un kā nevajadzīga, kaitīga (iedarbojoties uz cilvēku fizikāli, elektromotoru silšana, elektroierīču bojāšanās silšanas rezultātā, vadu pārdegšana no pārslodzes utt.). Tātad varam secināt, ka strāvas siltumiedarbība var izpausties divpusēji – lietderīgi un nelietderīgi. Siltuma daudzums Q , kas izdalās vadītājā, ir proporcionāls vadītāja pretestībai R , strāvas stipruma I kvadrātam un strāvas plūšanas laikam Δt :

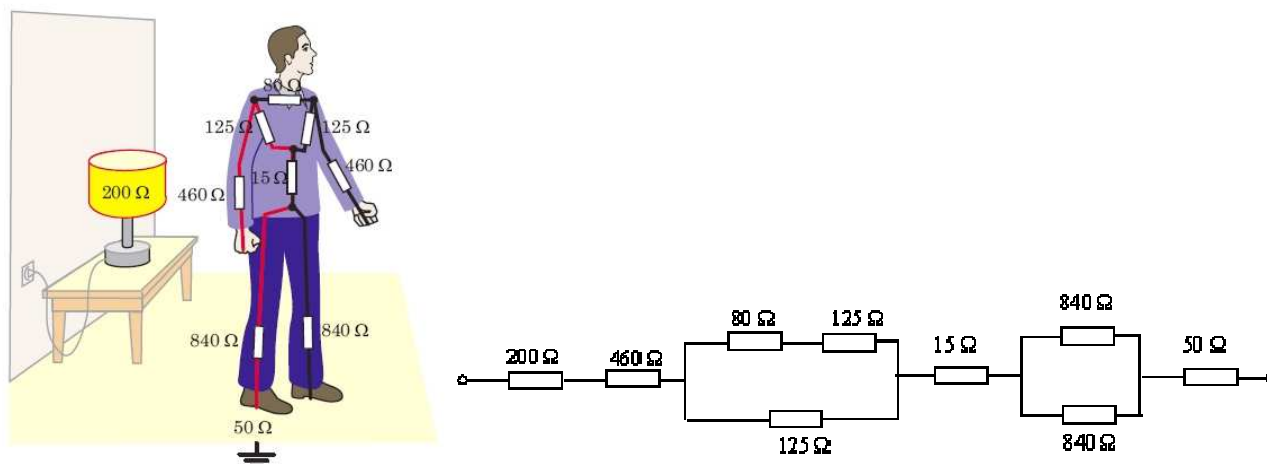
$$Q = I^2 R t.$$

Šo sakarību sauc par Džoula – Lenca likumu.

Virknes slēgumā lielāks siltuma daudzums izdalās tajā patērētājā, kura pretestība ir lielāka, bet paralēlslēgumā tajā, kur pretestība ir vismazākā.

Strāvas fizikālā iedarbība uz cilvēku

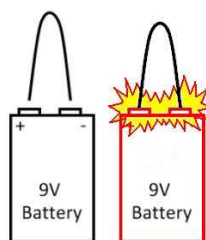
Kā līdzstrāvas tā maiņstrāvas gadījumā izpaužas galvenokārt kā strāvas siltumiedarbība. Šī iedarbība uz cilvēka organismu var būt tieša un netieša. Elektriskās strāvas tieša iedarbība notiek saskaņā ar Džoula-Lenca likumu, kad, strāvai plūstot, caur cilvēka organismu kā elektrisku pretestību, izdalās siltums, kura daudzums tieši proporcionāls strāvas stipruma kvadrātam, cilvēka elektriskai pretestībai un strāvas plūšanas laikam. Cilvēks var apdedzināties netieši, tas ir, pieskaroties strāvas iedarbībā sakarsušiem priekšmetiem vai elektriskā loka un dzirksteļošanas karstumam.



63. att. Cilvēka ķermeņa daļu pretestība

Ja strāva plūst nekustīgā vadītājā, kurā nenotiek nekādas ķīmiskas pārvērtības, tad viss strāvas darbs tiek pārvērst siltumā.

Strāvas siltumiedarbību plaši izmanto elektriskajos sildītajos, elektriskajā apkure, spuldzes, drošinātajos, siltumreļjos u.c. Taču elektriskajās mašīnās un aparātos strāvas izdalītais siltums ir kaitīgs faktors, jo tas var radīt nepieļaujami augstu vadu temperatūra, izolācijas priekšlaicīgu bojāšanos un Īsslēgumu. Īsslēgums rodas, ja vadu izolācijas bojāšanos dēļ šiem dažādas polaritātes ("+" un "-") vadiem ir tiešs metālisks savienojums. Ķēdes posms, kurā radies īsslēgums, ir nekavējoties jāatslēdz.



64. att. Īssavienojuma rezultātā izdalās maksimālais siltuma daudzums

Ilgstoši pieļaujamā strāva, kurai plūstot vadā, tā temperatūra nepārsniedz pieļaujamo robežu, ir atkarīga no vada materiāla un šķērsriezuma laukuma, vada izolācijas veida un dzesēšanas apstākļiem. Maksimālo strāvu, kurai plūstot vadā, nostabilizējusies temperatūra ir normas robežās, sauc par vada nominālo strāvu.

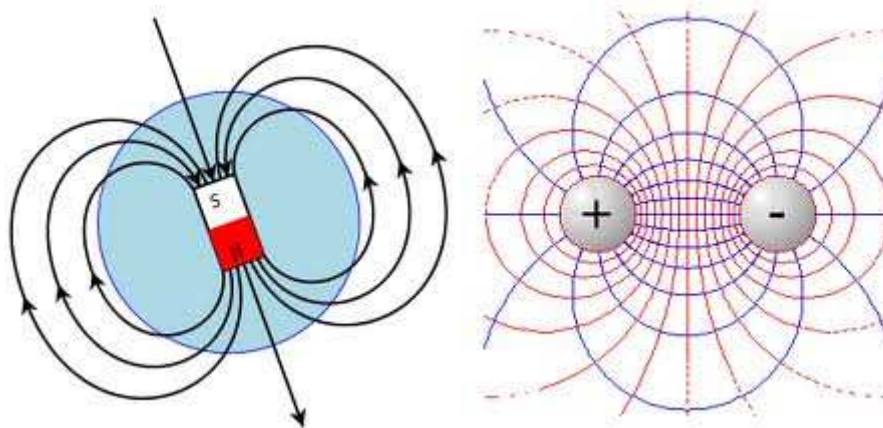
Ieguldījums tavā nākotnē



65. att. Strāvas siltumiedarbība dažādās ierīcēs

3.2. ELEKTRISKĀS STRĀVAS MAGNĒTISKAIS LAUKS UN TĀ DINAMISKĀS IEDARBĪBAS PIELIETOJUMS UZ STRĀVAS VADU (-IEM) VAI FEROMAGNĒTISKIEM ĶERMEŅIEM

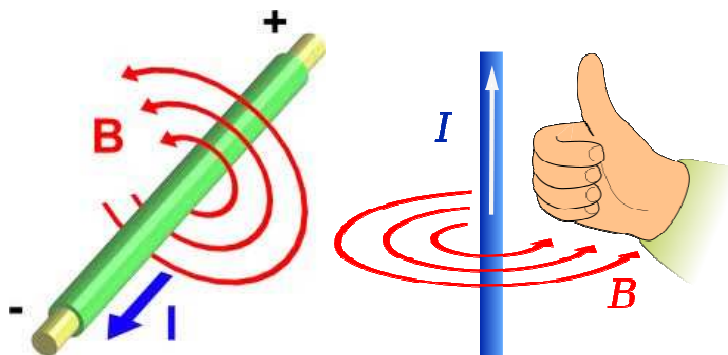
Magnētiskais lauks funkcionē, jo notiek elektronu kustība.



66. att. Patstāvīgs magnēts un elektronu kustība magnētiskajā laukā.

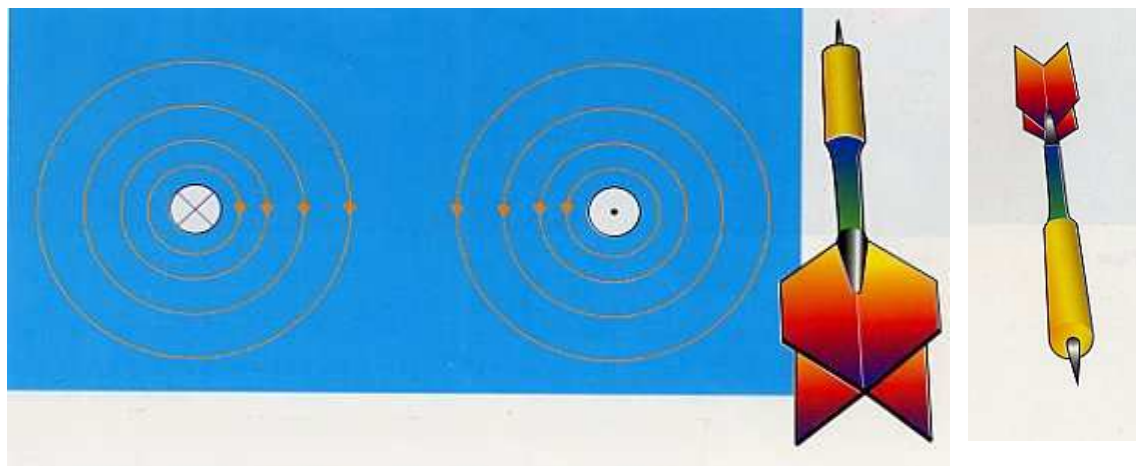
Brīvie elektroni kustas magnētiskajā laukā apļveidā dažādos virzienos. Magnētiskā lauka spēka līniju kustības virziens var būt gan pulksteņa rādītāja virzienā, gan arī pretējā virzienā. Tas ir tiešā saistībā ar elektronu kustības virzienu. Magnētisms ir dabas parādība, kuru cenšas izskaidrot jau daudzus tūkstošus gadu.

Ap jebkuru vadu ir Zemes magnētiskais lauks. Ja pa šo vadu plūst strāva – ap to veidojas konkrēts rotējošs elektromagnētiskais lauks. Tā forma ir atkarīga no vada formas un plūstošās strāvas stipruma. Rotējošo elementārdaļiņu virzienu nosaka strāvas plūšanas virziens. Piemēram, ja mēs skatāmies uz vadu no gala aizplūstošās strāvas virzienā, tad magnētisko spēku līniju kustība sakrīt ar pulksteņa rādītāja kustības virzienu.



67. att. Magnētiskā lauka (B) rotēšanas virziena noteikšana pēc labās rokas likuma

Pretējā gadījumā ja strāvas virziens ir uz mums un nosacīti ir redzama bultas smaile, magnētiskā lauka spēka līniju virziens ir pretējs pulksteņa rādītāja virzienam. Rotējošo elektromagnētisko spēka līniju esamību sauc par elektromagnētismu.



68. att. Magnētiskā lauka rotācijas virziens atkarībā no strāvas plūšanas virziena.

Magnētiskā lauka dinamiskā darbība jeb motora darbības princips

Magnētiskā lauka dinamisko jeb spēka darbību izmanto elektriskajās mašīnās un aparātos, kuros elektroenerģiju pārveido mehāniskajā enerģijā, piemēram, elektromotoros, mēraparātos un relejos. Magnētiskā lauka dinamisko darbību raksturo elektromagnētiskais spēks, kas darbojas uz tajā ievietotu strāvas vadu vai dzelzs ķermeni.

Ja strāvas vads atrodas magnētiskajā laukā, tad uz to iedarbojas elektromagnētiskais spēks, kura skaitlisko vērtību nosaka pēc formulas:

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} I l,$$

kur

F - elektromagnētiskais spēks (N);

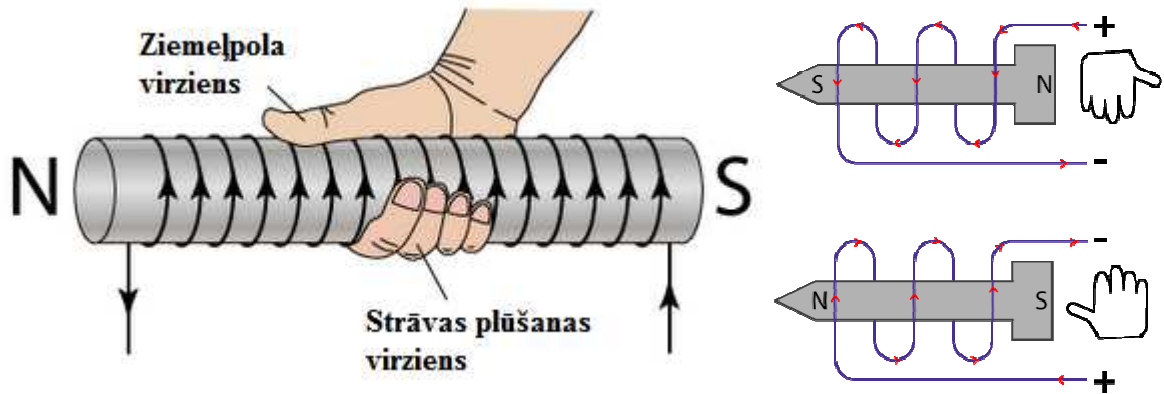
B - magnētiska lauka indukcija (T);

I - strāvas stiprums vadā (A);

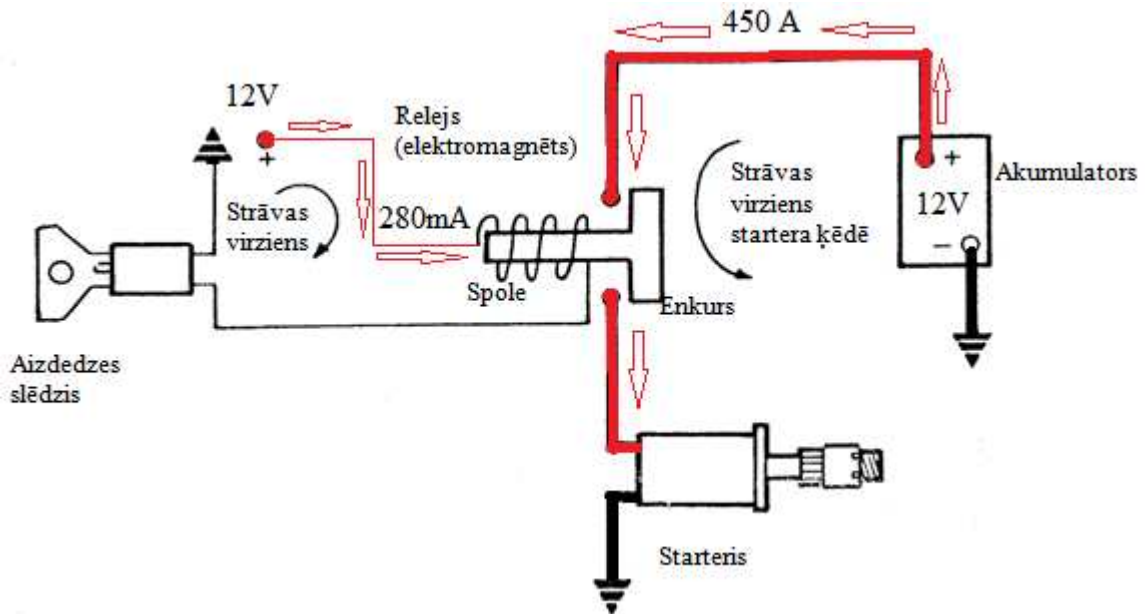
l - vada aktīvais garums - vada posms, kas atrodas starp elektromagnēta poliem (m).

Elektromagnētiskā spēka iedarbības virzienu uz strāvas vadu nosaka pēc kreisās rokas likuma. Savukārt elektromagnēta polus nosaka pēc labās rokas likuma: ja labās rokas plaukstu novieto uz strāvas spoles tā, ka četri pirksti aptver spoli un norāda strāvas virzienu spoles tinumos, tad taisnā leņķī atliektais īkšķis norāda elektromagnēta ziemeļpolu.

Ieguldījums tavā nākotnē



69. att. Labās rokas likums



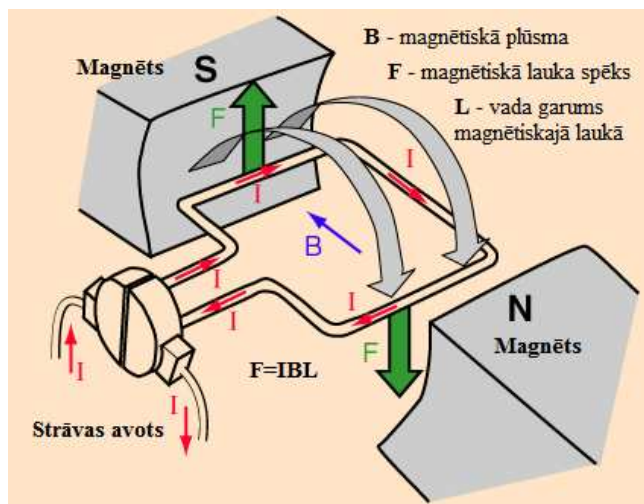
70. att. Magnētiskā lauka darbība automobiļa starterī

Tātad uz strāvas vadu darbojas mehāniskais spēks, kas cenšas to izgrūst no magnētiskā laukā. Vada kustības virzienu nosaka pēc kreisās rokas likuma.



71. att. Vada kustības virziens pēc kreisā rokas likuma

Ja strāvas vadu izloka taisnstūra rāmīša veidā un ievieto magnētiskajā laukā, tad uz rāmīša sanu malām iedarbosies pretēji vērsti spēki, kuri veidos uz to griezes momentu, kā rezultātā rāmītis sāks rotēt. Ja tā rotācijas asi iegultņo, tad iegūst elementāru līdzstrāvas motoru.



72. att. Elektromotora darbības princips

Lai labāk izprastu griezes momenta jēgu, tad iedomāsimies skrūves savienojumu, kura savilkšanai izmanto uzgriežņu atslēgu (73. attēls). Šajā gadījumā griezes moments kļūst par uzgriežņa savilkšanas spēka mēru un tas ir atkarīgs no pieliktā spēka un pleca garuma reizinājuma, pie nosacījuma, ka spēka darbības virziens ir perpendikulārs plecam.



73. att. Griezes moments

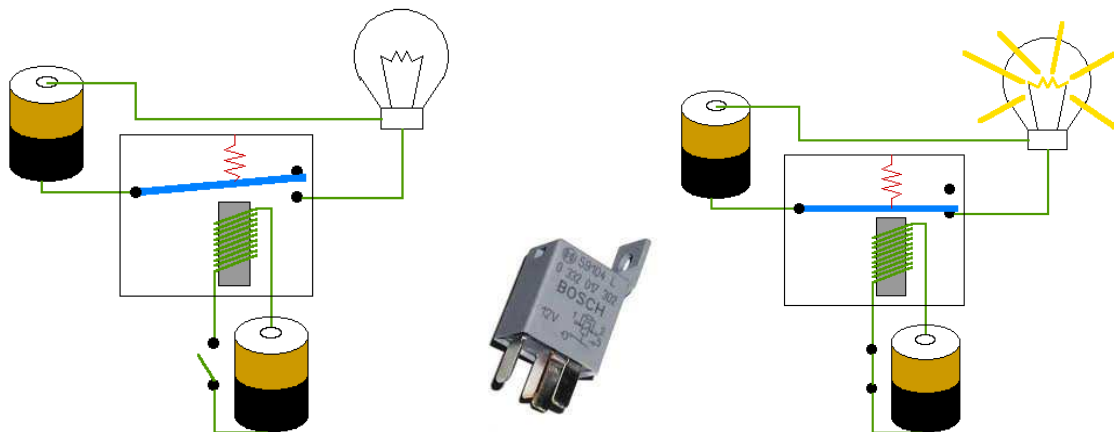
$$M = F \cdot R; F - \text{spēks (N)}; R - \text{Pleca rādiuss}; M - \text{Griezes moments (Nm)}$$

Ievērojot iepriekš teikto un atgriežoties pie elementārā līdzstrāvas motora, ja rāmīša rotācijas rādiusu R pareizina ar divkāršu spēku $2F$, tad iegūst motora griezes momenta izteiksmi:

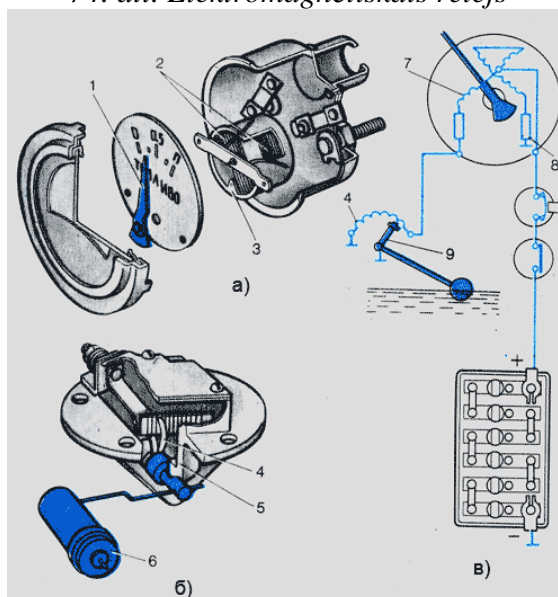
$$M = 2F R . \text{Griezes momentu mēra ņūtonmetros. (N/m)}$$

Ieguldījums tavā nākotnē

Automobiļos līdzstrāvas motorus izmanto ļoti daudzām vajadzībām, taču galvenais līdzstrāvas motors ir starteris.



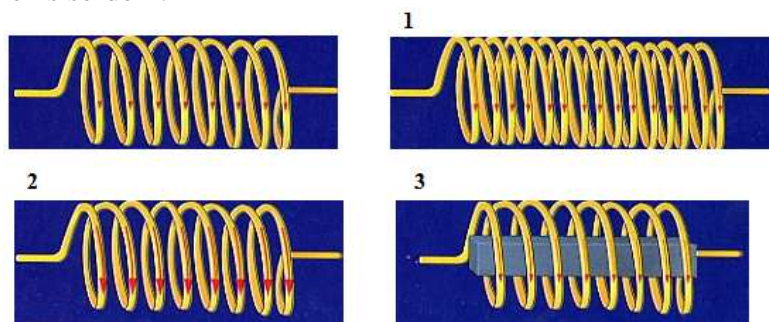
74. att. Elektromagnētiskais relejs



75. att. Elektromagnētisks degvielas līmeņa rādītājs

Elektromagnētisko spoli padarīt stiprāku var trijos veidos:

- 1 – izmantot vairāk vijumu,
- 2 – padot lielāku strāvu,
- 3 – ievietot spolē dzelzs serdeni.



76. att. Magnētiskā lauka pastiprināšanas iespējas spolē



Ieguldījums tavā nākotnē

3. Elektriskās strāvas iedarbības veidi

3. 3. Elektriskās strāvas magnētiskais lauks un tā induktīvās iedarbības pielietojums spolē, strāvas spolē vai starp spolēm

Stundas tēma: **Elektriskās strāvas magnētiskais lauks un tā induktīvās iedarbības pielietojums spolē, strāvas spolē vai starp spolēm.**

Stunda: 9 – 10 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Apskatīt elektriskās strāvas magnētiskā lauka induktīvo darbības principu;
2. Elektriskās strāvas magnētiskā lauka darbības princips transformatorā;
3. Elektriskās strāvas magnētiskā lauka induktīvās darbības pielietojums elektrotehnikā un spēkratu elektroierīcēs;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Elektriskā strāvas magnētiskā lauka darbība indukcijas spolēs;
2. Elektriskās strāvas magnētiskā lauka induktīvā darbība transformatoros;
3. Strāvas elektromagnētiskā lauka induktīvā darbība un tās praktisks pielietojums;

Izmantojamā literatūra:

- James E. Duffy „Modern Automotive Technology, 7th Edition” 2009
- Ģirts Egils Lagzdiņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- J. Ozoliņš „Automobiļu un traktoru elektroiekārtas” Ozolnieki 2004.;
- ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ ЗАО «РОЛЬФ ХОЛДИНГ»
2005g M-STEP Mitsubishi motors

3.3. ELEKTRISKĀS STRĀVAS MAGNĒTISKAIS LAUKS UN TĀ INDUKTĪVĀS IEDARBĪBAS PIELIETOJUMS SPOLĒ, STRĀVAS SPOLĒ VAI STARP SPOLĒM

Elektriskā strāva ir neatdalāma no magnētiskā lauka, kas atrodas tiešā vada tuvumā. Ja vads kustās šajā magnētiskajā laukā, ko rada pastāvīgs magnēts, vai arī elektromagnētiskajā laukā, ko rada elektromagnēts un šķēļ magnētiskās spēka līnijas, vadā rodas elektrodzinēj spēks (EDS). Šo fizikālo parādību 1831.gadā atklāja M. Faradejs un nosauca par elektromagnētisko indukciju.

Šo īpašību izmanto ļoti plaši. Piemēram, velosipēdam ir līdzstrāvas ģenerators, kurā pastāvīgais magnēts rotē, magnētiskās spēka līnijas šķēļ apkārt novietoto tinumu un inducējas elektriskā strāva, kuru var pārvērst gaismā. ELEKTRODZINĒJSPĒKS (EDS)

Lai iegūtu EDS tātad ir vajadzīgi trīs faktori:

elektromagnētiskā plūsma uz laukuma vienību – B, ko mēra teslos (T),

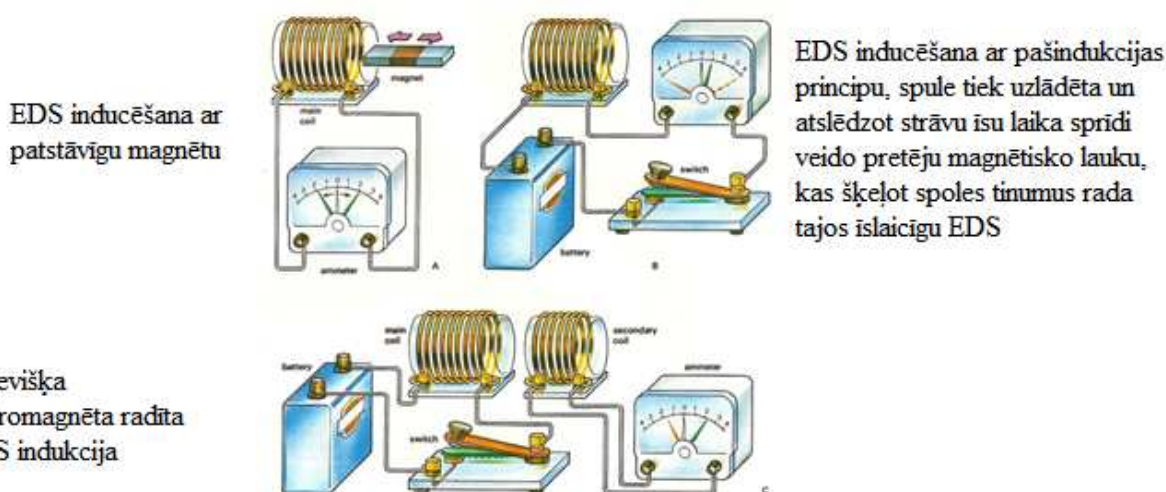
vada kustības ātrums – v, ko mēra m/sek,

vada (tinuma) garums – l, ko mēra m.

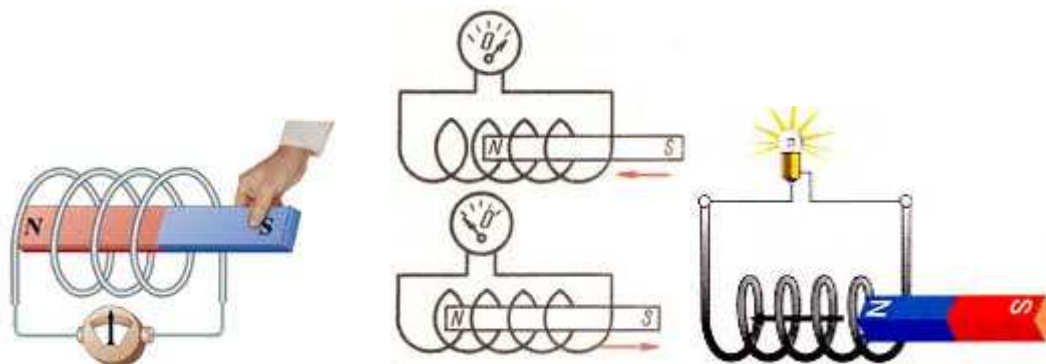
Līdz ar to

$$E = B \cdot v \cdot l \text{ (v)}$$

Lai inducētu EDS, var mainīt vai nu polus, vai plūsmas stiprumu, vai vadu griešanās ātrumu. Tālāk, apskatot maiņstrāvas būtību, konstatēsim vēl citus faktoros. Kustība starp vada tinumu un magnetu (tā spēka līniju lauku) ir no indukcijas viedokļa viennozīmīga – vai kustās tinums, vai kustās magnētiskais lauks. Kustībai ir jābūt savstarpējai vienai pret otru. Galvenais ir rezultāts – notiek elektromagnētiskā indukcija.

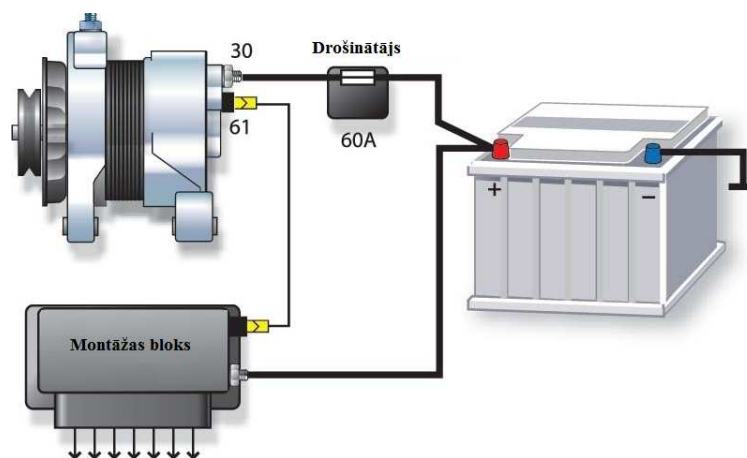


77. att. Elektromagnētiskā lauka inductīvā darbība



78. att. Kustinot magnētu, magnēta magnētiskais lauks šķeļ spoles tinumus (vijumu) un inducē tajos EDS voltos. Obligāti ir jābūt magnēta jeb magnētiskā lauka kustībai attiecībā pret tinumiem

Ja vadītāja galus savieno un voltmetra vietā ieslēdz kādu patērētāju, tad EDS ietekmē ķēdē plūst strāva, kuras virziens sakrīt ar EDS virzienu, turklāt, strāvas vadītājam mijiedarbojoties ar magnētisko lauku, uz vadītāju iedarbojas elektromagnētiskais spēks, kas būs bremzējošais, t. i., vērsts pretēji vadītāja kustības virzienam. **Automobilī minēto parādību var noverot tad, kad ģeneratora sikсна nav nospriegota un, ieslēdzot tuvo vai tālo gaismu, rodas tik liels bremzējošais moments, ka sikсна sāk izslīdēt un atskan nepatīkama skaņa.**



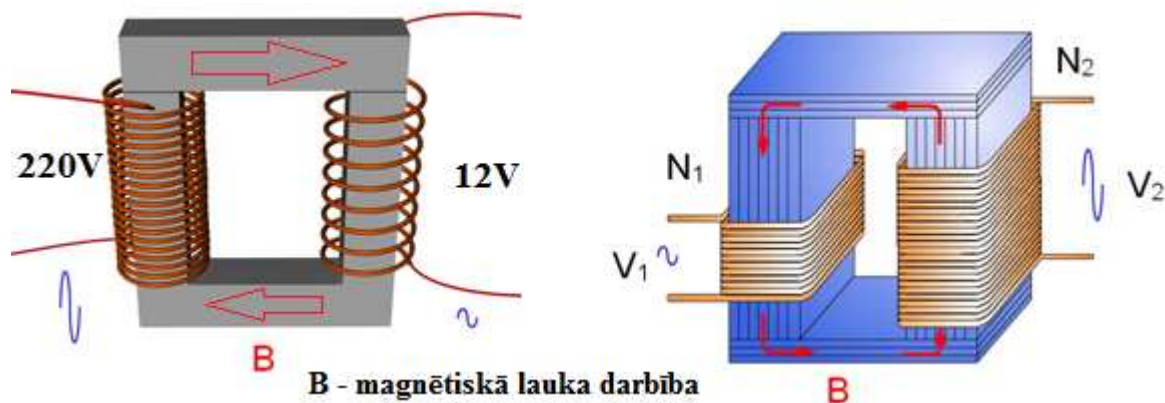
79. att. Automobiļa, traktora utt. ģeneratora darbojas pēc magnētiskā lauka induktīvās darbības principa, elektromagnētiskais lauks inducē statora tinumos EDS ko mēra voltos.

Ģeneratora tinumos inducētā strāva rada spēkus, kas pretojas tā enkura rotācijai. Jo lielāka ir ģeneratora strāva, jo lielāka mehāniska enerģija jāpatērē tā griešanai.

Elektromagnētisko indukciju izmanto arī automobiļu aizdedzes sistēmas indukcijas spolē, kur elektromagnētiskā lauka enerģiju pārvērš elektroenerģijā.

Elektromagnētiskā indukcija tiek izmantota arī dažādos transformatoros, kur nepieciešams viena lieluma spriegumu pārveidot citā.

Piemēram, no 220V maiņsprieguma iegūt 12V spriegumu automobiļa akumulatora lādēšanai var ar transformatora palīdzību, jeb elektromagnētiskās indukcijas principu. Jāpiebilst, ka transformators patstāvīgi var pārveidot tikai maiņspriegumu, līdzsprieguma pārveidošanai tas nav derīgs.



80. att. Transformatora darbības princips

Elektromagnētiskās inerces parādību izsaka Lenca likums, kuru var formulēt šādi:

inducēta EDS virziens vienmēr ir tāds, ka indukcijas strāva izraisa elektromagnētiskā spēka F rašanos, kurš pretojas vada pārvietošanai ar ātrumu v .

Aizdedzes spole, kā elektromagnētiskā indukcija

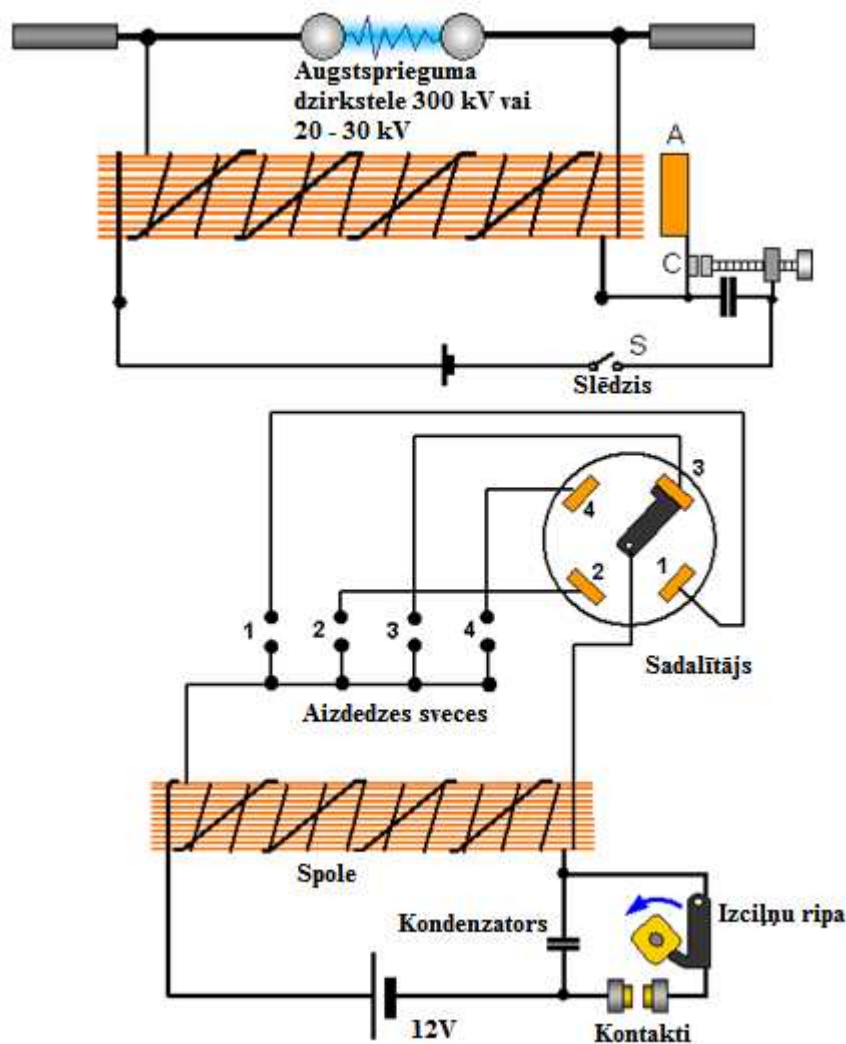
Aizdedzes spoli izmanto enerģijas uzkrāšanai un sprieguma pārveidošanai. Klasiskās aizdedzes sistēmās izmanto aizdedzes spoli ar nenoslēgtu magnētisko ķēdi, kurai ir divi tinumi: **primārais un sekundārais**. Abu tinumu gali ir kopēji, tie ir pievienoti aizdedzes spoles kopīgai spailei, kuras apzīmējums ir “-” vai CB, bet otrs primārā tinuma gals – spailei ar apzīmējumu “+” vai SW. Caur papildu rezistoru un aizdedzes slēdzi tas savienots ar elektroenerģijas avota “+” spaili. Sekundārā tinuma otrs gals pamatā ir izvadīts spoles centrā, un augstsprieguma vads to savieno ar sadalītāja rotoru.

Spoles serdi izgatavo no šaurām, savstarpēji izolētām, apmēram 0,35 mm biežām elektrotehniskā tērauda loksniem, lai pēc iespējas vairāk samazinātu pulsējošā magnētiskā lauka radītās virpuļstrāvas. Uz serdes ir nostiprināta izolējoša elektrokartona caurulīte, uz kuras uztin sekundāro tinumu ar 17000 ÷ 26000 vijumiem no 0,006 ÷ 0,1mm emaljēta vada.

Izolācijas uzlabošanai vijumu kārtas vienu no otras atdala ar 2 ÷ 4 kondensatora papīra kārtām. Sekundārā tinuma izolēšanai no primārā tinuma izmanto ar laku piesūcinātu audumu un kabelpapīru. Primāro tinumu, kuru veido emaljēta vada (0,5 ÷ 0,9 mm) 220 ÷ 330 vijumi un kurš spēj izturēt apmēram 3A stipru strāvu, cieši uztin uz sekundāram tinumam uzklāta izolācijas slāņa. Pēc būtības, spole ir sprieguma transformators ar transformācijas koeficientu apmēram 60 ÷ 100 : 1.

Lai nepieļautu magnētiskā lauka pārāk lielu izkliedi, spole ir ievietota magnētiska materiāla apvalkā. Karbolīta vai cita dielektriķa materiāla vākā ir nostiprinātas spoles zemsprieguma un augstsprieguma izvadus. Spoles hermētiskumu panāk, starp vāku un korpusu novietojot eļļas izturīgas gumijas blīvgredzenu. Spoles apakšējā daļā novietotais porcelāna izolators izolē sekundāro tinumu no korpusa. Brīvo telpu spoles iekšējā daļā piepilda ar transformatora eļļu.

Spoles darbības pamatā ir elektromagnētiskā indukcija. Kamēr pie spoles primārā tinuma izvadiem ir pievienots līdztspriegums, spoles sekundārajā ķēdē nenotiek nekāds darbs, bet tiklīdz līdztspriegumu atvieno no primārā tinuma izvadiem, tā momentāni sekundārajā tinumā rodas liels augstsprieguma impulss, kas izsauc dzirksteli starp kontaktiem, ja tie tiek pietuvināti pietiekami mazā attālumā, līdzīgi, kā aizdedzes svece.



81. att. Magnētiskā lauka induktīvā darbība spēkratu aizdedzes sistēmā

4. Mērtehnika

4.1. Elektriskie mēraparāti, to veidi, iedalījums pēc darbības principa, konstrukcija. 4.2. Elektriskās strāvas, sprieguma un pretestības mērīšana dažādās elektriskās ķēdēs, slēgumu izveidojums un prasības. 4.3. Elektriskās jaudas un patērētās elektroenerģijas mērīšana elektriskās ķēdēs, slēgumu izveidojums un prasības.

Stundas tēma: Elektriskie mēraparāti, to veidi, iedalījums pēc darbības principa, konstrukcija. Elektriskās strāvas, sprieguma un pretestības mērīšana dažādās elektriskās ķēdēs, slēgumu izveidojums un prasības. Elektriskās jaudas un patērētās elektroenerģijas mērīšana elektriskās ķēdēs, slēgumu izveidojums un prasības.

Stunda: 11 – 12 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Prast atpazīt dažādus elektrotehnikas mēraparātus un izprast to nozīmi;
2. Mācēt pielietot elektriskos mēraparātus dažādu elektrisko ķēžu elektrisko lielumu mērīšanai;
3. Prast noteikt elektriskās ķēdes patērēto jaudu ar mērinstrumentu palīdzību;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Elektriskie mēraparāti, to veidi, iedalījums pēc darbības principa, konstrukcija;
2. Elektriskās strāvas, sprieguma un pretestības mērīšana dažādās elektriskās ķēdēs, slēgumu izveidojums un prasības;
3. Elektriskās jaudas un patērētās elektroenerģijas mērīšana elektriskās ķēdēs, slēgumu izveidojums un prasības;

Izmantojamā literatūra:

- Automobiļu elektrosistēmas http://automn.ru/izh-21261/izh-44884-10.m_id-6369.html 2012
- Ģirts Egils Lagzdīņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- „Electricity” Howard H. Gerrish and William E. Dugger Jr. and Kenneth DeLucca 2009
- Elektronikas pamati <http://www.ibiblio.org/kuphaldt/electricCircuits/index.htm> 2011.11

4. Mērtehnika

Mūsdienās mērtehnika elektrisko lielumu mērīšanai ir ļoti nepieciešama un svarīga, ikdienā mēs diezgan bieži saskaramies ar elektriskām ierīcēm un mehānismiem, protams, daudzas elektroniskās ierīces, kuras mēs izmantojam sadzīvē nevar tā vienkārši izjaukt un veikt nepieciešamos mērījumus, tam ir nepieciešams ierīci nogādāt remontā.

Taču būtiski ir tas, ka mēs zinot dažus elementārus mērtehnikas pielietošanas pamatus varam iegādāties universālo multimetru un veikt daudz un dažādus mērījumus, piemēram, izmērīt maiņspriegumu istabas rozetē, pārbaudīt dažādu elementu (vadu, lampiņu, automobiļa drošinātāju) darbības stāvokli, tas ir pārbaudīt vai ir iespējama strāvas caurplūstamība, kā arī akumulatora, bateriju līdztsprieguma pārbaudi, līdzstrāvas stipruma mērīšanu, pretestības mērīšanu, temperatūras utt.

Tādēļ tālāk mēģināsim izskatīt mēraparātu praktisku pielietošanu veicot elektriskos mērījumus.

4.1. ELEKTRISKIE MĒRAPARĀTI, TO VEIDI, IEDALĪJUMS PĒC DARBĪBAS PRINCIPA, KONSTRUKCIJA

Elektriskie mērījumi

Tāpat kā jebkura fizikāla lieluma mērīšanas gadījumā, arī elektriska lieluma mērīšanu sagatavojot, nepieciešama sākotnējā informācija par mērinstrumentam nepieciešamo mēr diapazonu, mērījuma precizitāti, konkrēto mērīšanas metodi, iespējamām izmaksām, darba drošību un tml.

Mērinstrumentam nepieciešamo mēr diapazonu nosaka mērāmā lieluma sagaidāmā skaitliskā vērtība. Šo vērtību var orientējoši noteikt pēc iekārtu pasēs vai tehniskajā dokumentācijā dotajiem nomināllielumiem, vai arī aprēķināt, zinot elektrisko ķēžu pamatlikumus, piem.

$U=IR$; $W=Pt=UI t$ un tml.

Ja mērījumu izdara ar valsts elektrotīklu saistītā ķēdē, par sprieguma orientējošo vērtību jāpieņem elektrotīkla standarta spriegums 380V vai 220V maiņspriegums. Strāvas, jaudas un enerģijas konkrēto vērtību nosaka tīklam pieslēgtā slodze, elektroenerģijas patērētāja elektriskā pretestība. Praksē slodzes raksturošanai visbiežāk lieto jaudas jēdzienu.

Organizējot mērīšanu, piem. tehnoloģiskā procesa norises kontrolei, kāda procesa vai objekta zinātniskai izpētei vai aprakstam, ļoti svarīgi ir saprātīgi noteikt mērījumiem nepieciešamo precizitāti. Jo augstākas prasības precizitātei, jo sarežģītāki un dārgāki mērinstrumenti un mērīšanas metodes, un lielākas mērījumu izmaksas.

Elektrisko mērinstrumentu precizitāti nosaka to precizitātes klase – kļūda procentos no pilnas skalas vērtības (mērdiapazona). Ir septiņas precizitātes klase. Šo skaitli, izņemot 4.klasi, uzrāda uz mērinstrumenta skalas. Piem. piecu ampēru (5A) pirmās precizitātes klases (1,0) ampērmetra absolūtā kļūda ir $\Delta I = \pm 0,05A$. Ja rādītājs uzrāda 4A, tad mērījuma korekts pieraksts ir $I = (4,00 \pm 0,05)A$, bet relatīvā kļūda ir $\Delta I / I_N = \Delta I / IN = 0,05 / 5,00 = 0,01 \rightarrow 1,0\%$, t.i. 1,0 precizitātes klase.

Pēc precizitātes klases elektriskos mērinstrumentus nosacīti iedala: etalon, laboratorijas un tehniskajos mērinstrumentos. Tehnisko mērinstrumentu skala graduēta mērāmā lieluma mērvienībās. Ampērmetriem – ampēros, voltmetriem – voltos u.t.t. Tie paredzēti mērīšanai konkrētā, parasti mērāmā lieluma nelielā maiņas intervālā, visbiežāk tiem ir paneļa izpildījums – tie ir vadības vai kontrolpanelī iebūvēti instrumenti.



82. att. Panelī iebūvējami mēraparāti (*ampērmetrs un voltmetrs*)

Elektriskie lielumi un to mērvienības

Spriegums, strāva un pretestība ir elektrības pamat lielumi. Sprieguma pamat mērvienība ir 1 volts (1 V). Strāvas pamat mērvienība ir 1 ampērs (1A). Pretestības pamat mērvienība ir 1 oms (1Ω). Ja mēs lietojam pamat mērvienību lielākus vai mazākus lielumus, kas ir izteikti decimālajā sistēmā, tiek lietoti atbilstošie nosaukumi un prievārdi

- k (kilo = 1000 = 10^3)
- M (mega = miljons = 1000000 = 10^6)
- m (mili = tūkstošdaļa = 0,001 = 10^{-3})
- μ (mikro = miljonā daļa = 10^{-6})

Piemērs:

4,7 kΩ = 4700 Ω; 56 mA = 0,056 A; 450Ω = 0,45 kΩ; 220V = 0,22 kV; 2 kΩ = 2000 Ω

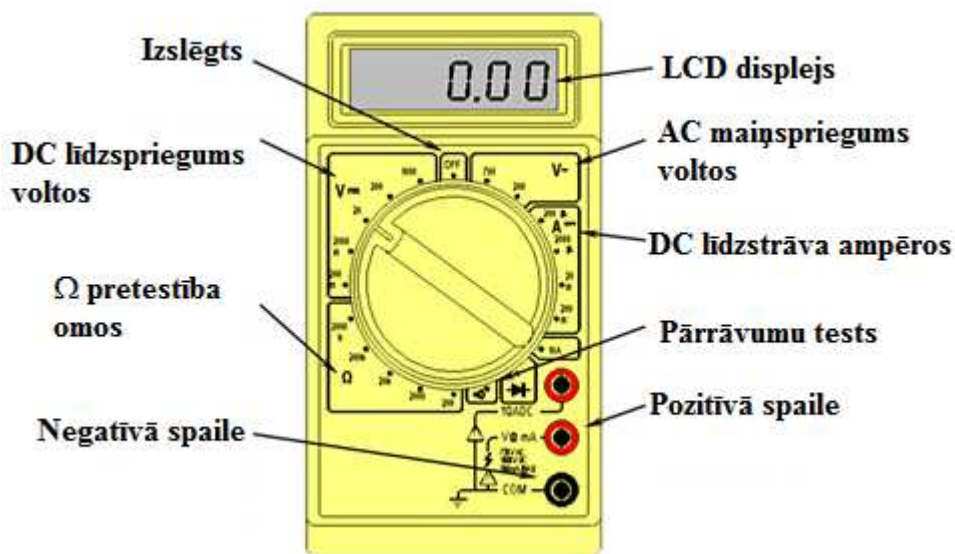
100W = 0,1kW; 7,5 kW = 7500 W

Elektrisko lielumu mērīšana

Lai varētu precīzi izmērīt tādus elektriskos lielumus kā spriegums, strāva un pretestība tiek lietoti mērinstrumenti, kas ir speciāli paredzēti vajadzīgajam lielumam. Spriegumu mēra ar voltmetru, strāvu mēra ar ampērmetru, bet pretestību mēra ar ommetru. Minēto triju mērinstrumentu vietā var lietot vienu kombinēto mērinstrumentu. Šis instruments saucas universālais mērinstruments – multimetrs vai testeris. Šos mērinstrumentus vēl iedala analogajos un digitālajos. Šo instrumentu konstruktīvie principi ir redzami dotajos attēlos. Protams, mērot ar multimetru ir jāievēro konkrētie mērinstrumentu ieslēgšanas noteikumi. Mērot strāvas stiprumu tas ir jāieslēdz virknē, mērot spriegumu – paralēli patērētājam, bet mērot pretestību ir jāievēro, ka multimetram pretestības mērīšanai ir savs sprieguma avots. Tātad patērētāj jāatslēdz no strāvas avota tīkla, lai netiktu sabojāts mēraparāts.

Digitālais universālais multimetrs (testeris)

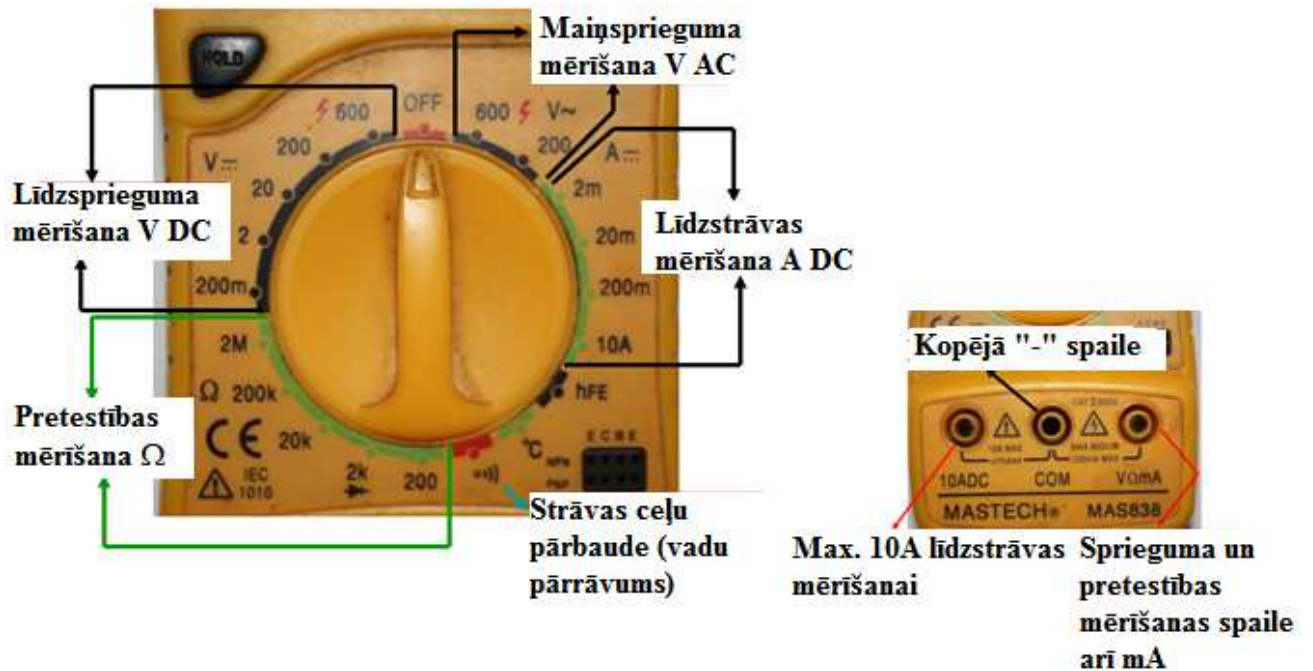
Mūsdienās ļoti lielu popularitāti ieguvuši digitālie mērinstrumenti (multimetri), jo tos ir viegli pielietot un ir iespēja mērīt vairākus elektriskos lielumus.



83. att. Īss multimetra raksturojums



84. att. Dažādu multimetru veidi



85. att. Digitālā multimetra diapazonu paskaidrojums(raksturojums)

Mērāmo lielumu apzīmējumi:

- Līdzspriegums – DCV vai V_{DC}
- Maiņspriegums – ACV vai V_{AC}
- Līdzstrāva – DCA vai A_{DC}
- Maiņstrāva – ACA vai A_{AC}
- Pretestība - Ω

Mērapjoma apzīmējumi:

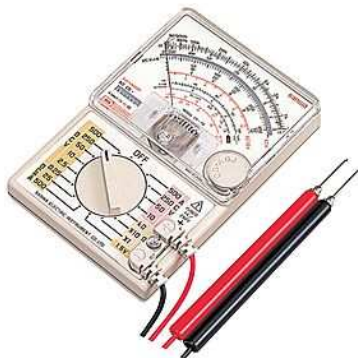
- μ - mikro
- m – mili
- k - kilo
- M – mega

Piemēram:

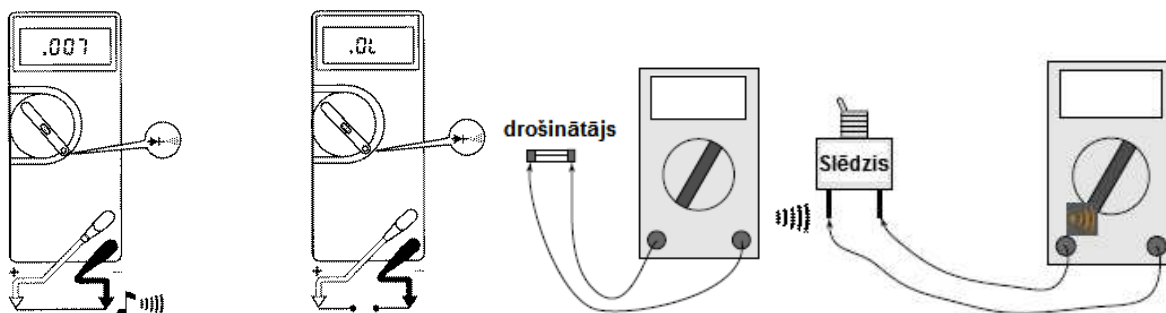
Līdzstrāvai 200m nozīmē, ka lielākā strāva ko šajā pozīcijā var mērīt ir 200mA, t.i., 0,2A

Analogais multimetrs

Multimetrs ir elektroniskas darbības aparāts. Sprieguma mērīšanai ir jāizvēlas attiecīgais diapazons, jānosaka koeficients rezultātu aprēķināšanai, zinot skalas rādījumu un jāpārbauda, vai izvēlētas atbilstošās spraud ligzdas. Barošanai multimetru var pieslēgt elektriskajam tīklam vai barot ar iebūvētām baterijām. Parasti tiek lietotas 1,5 vai 9 V baterijas. Pēc bateriju ielikšanas ir jāpārbauda to darbība un jāieregulē šautras nulles stāvoklis.



86. att. Analogais multimetrs no digitālā atšķiras ar displeja konstrukciju un precizitāti



87. att. Skaņas signāla tests pārbaudot vadītāja strāvas vadītspēju

Ieguldījums tavā nākotnē

Ar šo paņēmieni (*att. 87.*) ir ļoti izdevīgi pārbaudīt dažādus slēdžus bez to izjaukšanas, slēdžu ieslēgts/izslēgts stāvokļa pārbaudi. Dažādu kūstošo drošinātāju pārbaudi utt. Tātad par savienojamību ziņo skaņas signāls, kas atskan multimetrā. Protams, daži no multimetriem var nebūt aprīkoti ar šādu funkciju, tādēļ pirms iegādes svarīgi ir to pārbaudīt.

Uz **analogajiem** mērinstrumentiem redzamos simbolus nosacīti var iedalīt vairākās grupās:

1. Simboli, kas apzīmē mērāmo lielumu:

A- ampērmetrs

mA- miliampērmetrs

V - voltmetrs

mV - milivoltmetrs


Ω - ommetrs


kΩ - kiloommetrs


MΩ - megaommetrs

2. Simboli, kas apzīmē mērāmās strāvas vai sprieguma veidu;


 līdzstrāva

 maiņstrāva


 trīsfāzu maiņstrāva

 līdzstrāva un maiņstrāva


3. Simboli, kas apzīmē mērparāta novietojumu mērīšanas laikā:


 horizontāls

 vertikāls

 30° slīps

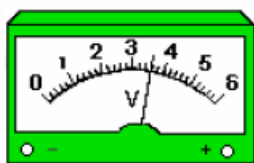
4. Pārējie apzīmējumi:

 precizitātes klase, šajā gadījumā 1,0% no skalas mērāpjoma

 mērinstrumentu izolācija pārbaudīta ar paaugstinātu spriegumu, šajā gadījumā 2kV

Mērījumu veikšana ar analogo voltmetru

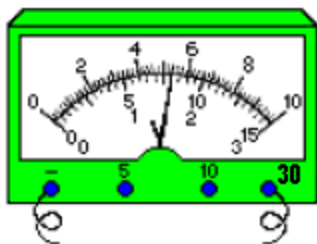
Ir vienkārši voltmetri, kuriem nav iespējams izvēlēties skalas mērāpjomu un ir voltmetri, kuriem iespējams izvēlēties nepieciešamo mērāpjomu.



Šādus voltmetrus nolasa saskaitot iedaļu skaitu.
Piemēram, šajā attēlā voltmetrs uzrāda 3,5V

88. att.

Ieguldījums tavā nākotnē



Šādus voltmetrus nolaset ir jāveic aprēķins: **iestādīto mērapjomu (30V) daļa ar visas skalas iedaļu skaitu (10 iedaļas) un reizina ar uzrādīto iedaļu skaitu (5,4 iedaļas).**

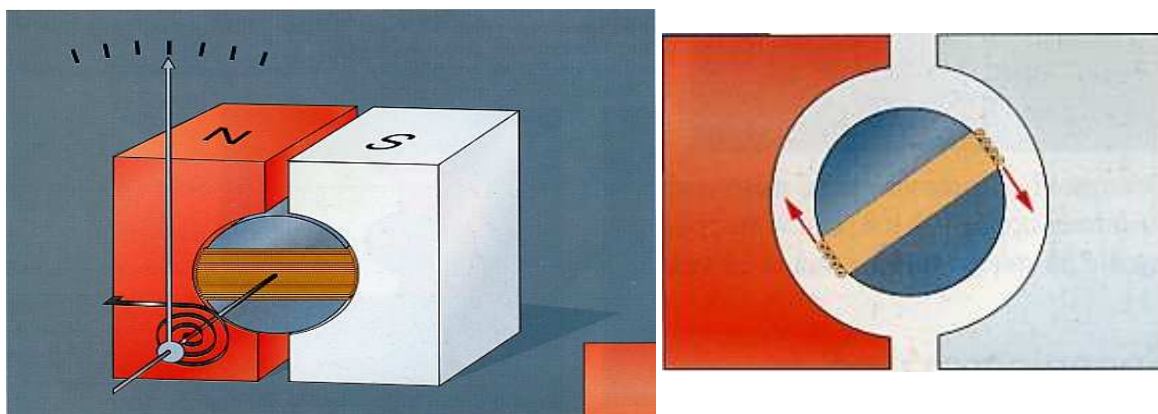
$$\text{Piemēram, šajā attēlā } U = \frac{30V}{10 \text{ ied.}} \times 5,4 \text{ ied.} = 16,2V$$

89. att.

Analogajiem mērinstrumentiem ir vairāki noteikumi to regulēšanai un darba spēju nodrošināšanai. Šie noteikumi ir aprakstīti konkrēta multimetra darba instrukcijā. Piemēram, kad barojošo bateriju spriegums pazeminās, mēraparāts ir papildus jānoregulē. Sprieguma mērīšanai rādītājs ir jānoregulē uz nulles stāvokli, kam atbilst abu izvadu īssavienojums. Lai mērītu pretestību arī kontrolē nulles stāvokli, savienojot izvadus īsslēguma režīmā un regulējot ar nelielu skrūvgriezi.

Mēraparātu konstrukcija.

Visplašāk izplatītākais instruments ir multimetrs. Multimetrs var būt analogais un digitālais, tātad var būt ar skalu un rādītājiem un var būt ar ekrānu un atbilstošajiem skaitļiem uz tās.



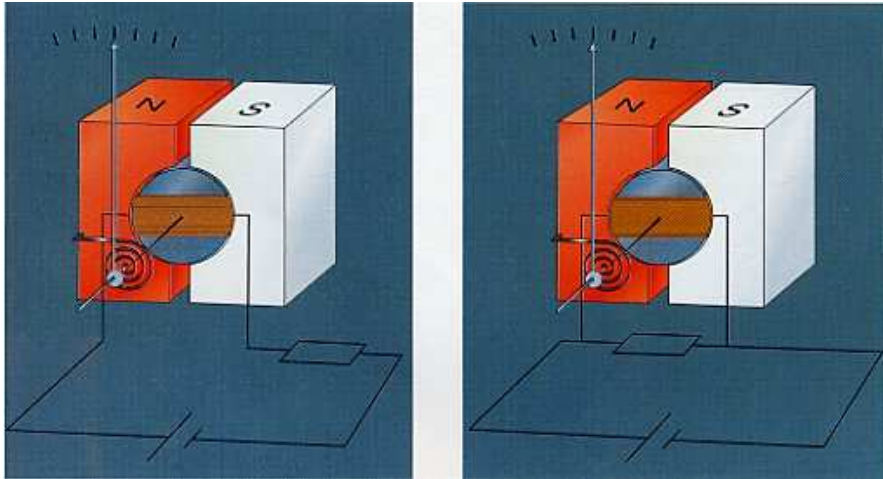
90. att. Redzams skalas mērinstruments – analogais instruments. Strāvas spolei piestiprināts rādītājs. Spole pagriežas magnētiskajā laukā, ko rada pastāvīgs magnēts.

Visi analogie multimetri ir ar skalu un rādītāju. Spoles un tātad arī rādītāja pagriešanās leņķis ir tieši proporcionāls strāvas stiprumam spolē. Darbības princips ir līdzīgs dzinēja griezes kustībai, tikai šajā konstrukcijā atspere bremzē kustības leņķi. Analogie multimetri tiek lietoti kā ampērmetri un miliampērmetri. To konstruktīvais izpildījums ļauj nolasīt ne tikai strāvu, bet atbilstošā mērogā arī spriegumu un pretestību. Sakarība starp strāvas stiprumu un pagriezienu leņķi ir lineāra un jūtība visā skalas diapazonā aptuveni vienāda un salīdzinoši liela. Šos multimetrus plaši lieto dažādos sadzīves elektroaparātos. Parasti tie ir domāti līdzstrāvas ķēdēm, bet izmantojot taisngriežus var pārbaudīt arī maiņstrāvas ķēdes.

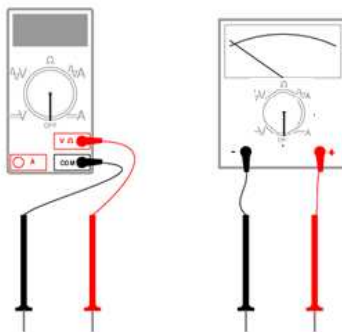
Ieguldījums tavā nākotnē

Konkrētajiem mēraparātiem, piemēram, ampērmetram ir norādīts maksimālais diapazons, līdz kuram to var lietot. Piemēram: ir dots $I=100 \mu\text{A}$, $R=1000 \Omega$. Tas nozīmē, ka skalas šautriņas galējais stāvoklis ir pie $100 \mu\text{A}$. Saskaņā ar Oma likumu, maksimālais sprieguma lielums tad ir

$U=I \cdot R=0,1 \text{ V}$. Tātad instrumentu var lietot kā ampērmetru līdz strāvas lielumam $100 \mu\text{A}$, bet kā voltmetru sprieguma mērīšanai līdz 100 mV . Pie strāvas lieluma $50 \mu\text{A}$, vai sprieguma 50 mV rādītāja šautra atradīsies aptuveni skalas vidusstāvoklī.



91.att.



92.att. Digitālais un analogais multimetrs



93. att. Analogā multimetra mērdiapazoni

4.2. ELEKTRISKĀS STRĀVAS, SPRIEGUMA UN PRETESTĪBAS MĒRĪŠANA DAŽĀDĀS ELEKTRISKĀS ĶĒDĒS, SLĒGUMU IZVEIDOJUMS UN PRASĪBAS

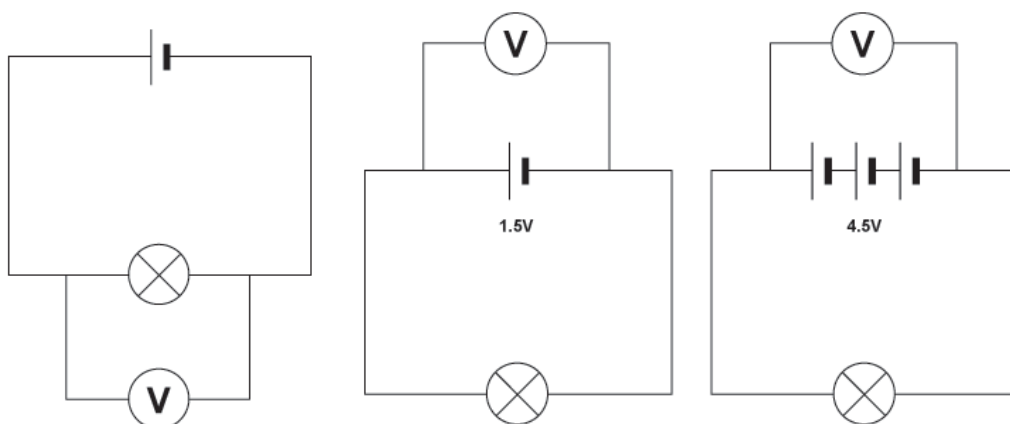
Sprieguma mērīšana

Pirms mērīt spriegumu ir svarīgi melnos vadus iestiprināt kontaktā COM= kopīgais vai zeme. Sarkanu vadu iestiprina kontaktā V vai V/Ω. Tad instrumenta pārslēdži pagriež, izvēloties vajadzīgo režīmu, tātad līdzsprieguma vai maiņsprieguma mērīšanai. Izvēloties mērīšanas diapazonu sāk ar lielāko diapazonu vai arī iepriekš novērtē gaidāmo sprieguma lielumu. Nav jēgas uzgriezt skalu 300 V un mērīt tikai pie pirmajām iedaļām, kas atbilstu tikai 1-2 V. Mērot līdzspriegumu neaizmirsti, ka melnie vadi jāpieslēdz “-“ pusei, bet sarkanais “+” pusei.

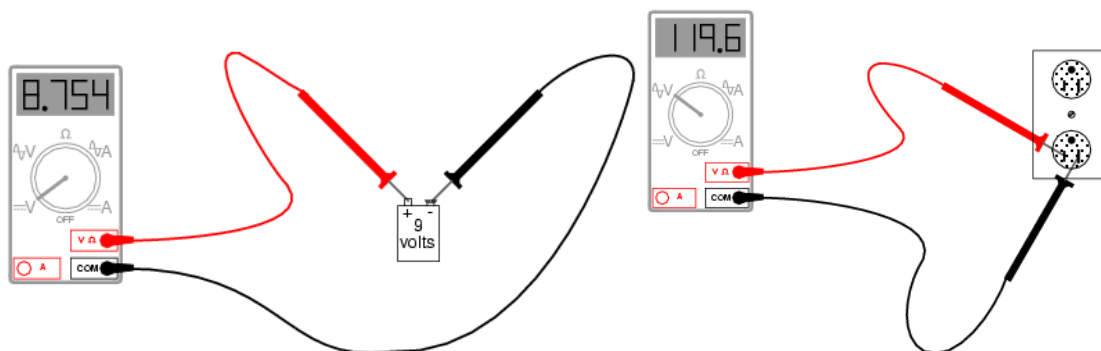
Svarīgi! Mērot nezināma lieluma spriegumu, ir jāsāk ar skalas lielāko diapazonu. Pēc tam ieslēdz atbilstoši mazāku diapazonu ar aprēķinu, lai nekādā gadījumā sprieguma lielums nepārsniegtu skalas pieļaujamo diapazonu. Pretējā gadījumā var sabojāt mēraparātu.



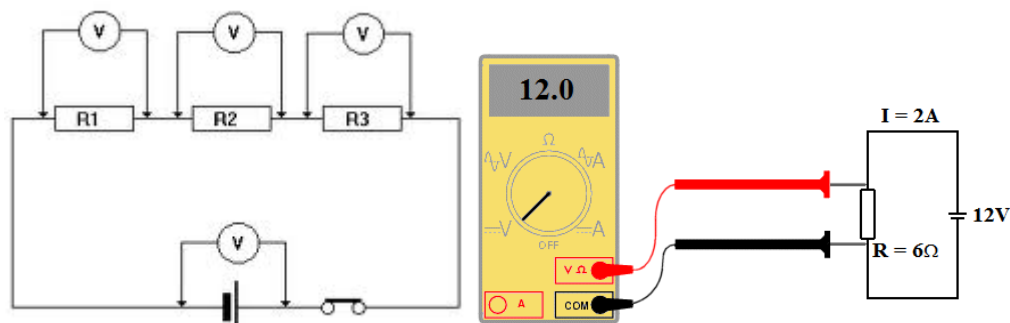
94. att. Izvadspaiļu savienošana pirms sprieguma mērīšanas



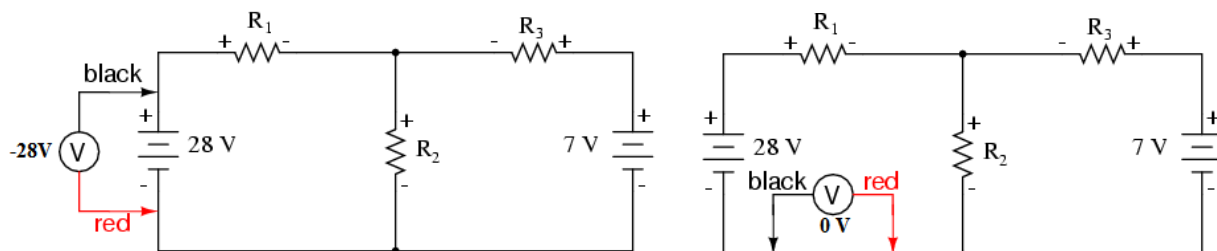
95. att. Līdzsprieguma mērīšana pieslēdzot voltmetru paralēli patērētājam vai strāvas avotam



96. att. Vizuālā līdzsprieguma un maiņsprieguma mērīšana



97. att. Sprieguma mērīšanas paņēmieni. (Mēraparāta diapazonu nedrīkst pārslēgt mērījuma laikā)

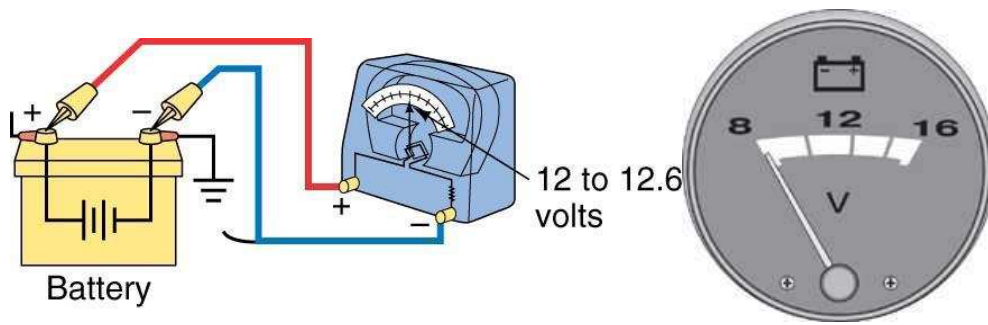


98. att. Sprieguma mērīšanas piemēri

Magnētelektriskais voltmeters

Šie aparāti darbojas pēc tāda pat darbības principa kā līdzstrāvas motori, tie atšķiras tikai ar rotora ierobežotu pagriešanās leņķi, kurš sastāda apmēram 90° . Uz enkura pusās novietotas divas spirālatsperes, kas rada aparātā nepieciešamo pretdarbības momentu rādītāja šautras novirzei.

Aparāts sastāv no pastāvīga magnēta, starp kura poliem nekustīgi novietota serde, kas izgatavota no magnētiski mīksta materiāla, un taisnstūrveida kustīga alumīnija rāmīša, kuram uztīta izolēta spole. Rāmītis ar divām pusās ir iegults gultņos, un tā tinumam strāvu pievada ar divām spirālatsperēm (99. attēls).

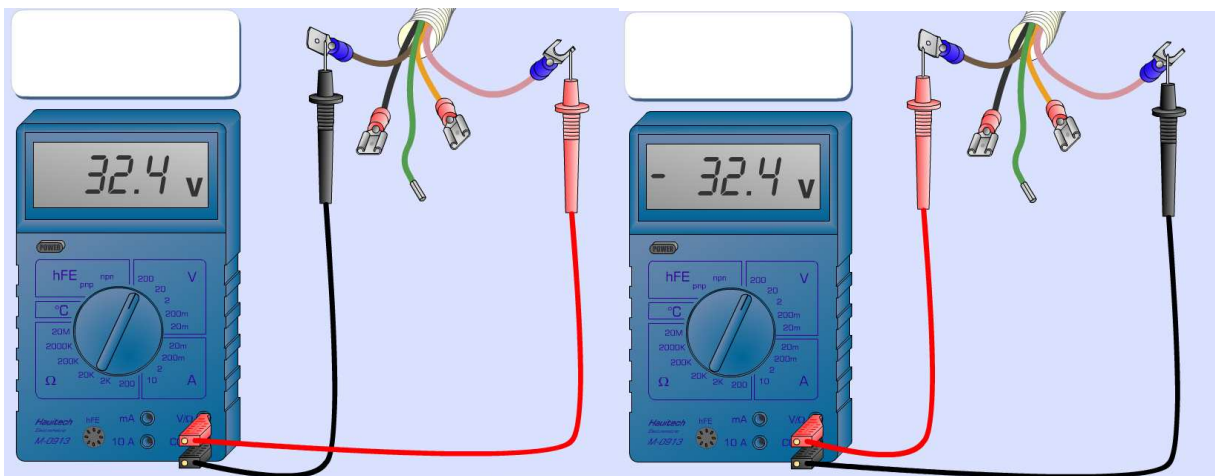


99. att. Automobiļu, traktoru panelī iebūvēts voltmeters, kas pievienots paralēli sprieguma avotam

Strāvai plūstot spolē, tā rada ap to magnētisko lauku, kas, mijiedarbojoties ar pastāvīgā magnēta magnētisko lauku, rada griezes momentu un pagriež spoli ar tās rāmīti un rādītāja šautru par noteiktu leņķi: jo stiprāka strāva plūst spolē, jo lielāks ir spoles pagriežiena leņķis. Kad griezes moments līdzsvarojas ar spirālatsperu pretreakciju, tad spole apstājas un ar to savienotā rādītāja šautra parāda uz aparāta skalas strāvas vērtību. Tā kā spirālatsperes ir savītas pretējos virzienos, tad jebkuras deformācijas, kuras izsauc temperatūras izmaiņas, vienmēr ir līdzsvarotas un neiespaido aparāta rādījumus.

Jebkurā aparātā ir slāpētājsistēma, kuras uzdevums ir samazināt kustīgās sistēmas un rādītājšautras svārstības darbības laikā. Šajā sistēmā slāpētāja funkcijas pilda spoles rāmītis, kurā spoles svārstību gadījumā inducējas strāva, kas tām pretojas.

Šī tipa aparāti paredzēti mērīšanai līdzstrāvas ķēdēs. Aprīkojot ar taisngriežiem, tos var izmantot arī mērīšanai maiņstrāvas ķēdēs. Ja virknē ar spoli ieslēdz lielas pretestības rezistoru strāvas ierobežošanai, tad aparātu var izmantot kā voltmēru, bet, pieslēdzot spolei paralēli rezistoru ar mazu pretestību, aparātu var izmantot kā ampērmēru. Magnētelektriskie voltmetri ir samērā jutīgi, ar diezgan lielu precizitāti, tāpēc tos plaši lieto mērtehnikā.



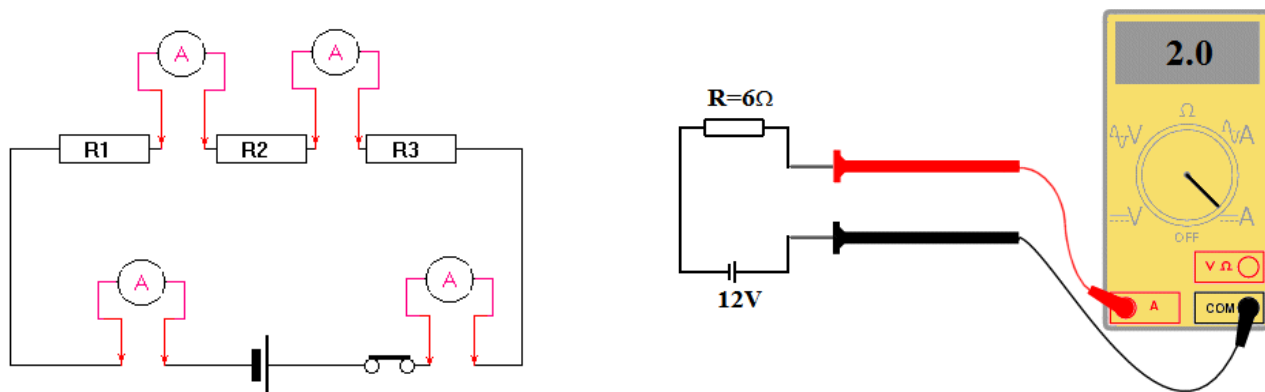
100. att. Plusa un mīnusa noteikšana ar multimetru

Mērot spriegumu ar multimetru var viegli noteikt kur ir strāvas avota plus pols un kur mīnuss pols (*skat. 100. att.*). Pievienojot multimetra sarkano „+” taustu pie vada ar spaili, savukārt melno taustu „-” pie vada ar skavu, redzam, ka voltmets uzrāda 32,4V. Pretējā gadījumā -32,5V. Tātad varam secināt, kurš no vadiem ir mīnuss, savukārt kurš pluss. Šādu paņēmieni izdevīgi izmanto automobiļu vai traktoru elektroinstalāciju pārbaudē un remontā. Šādā veidā sajaucot mērinstrumenta plusu ar mīnusu, tas netiek bojāts.

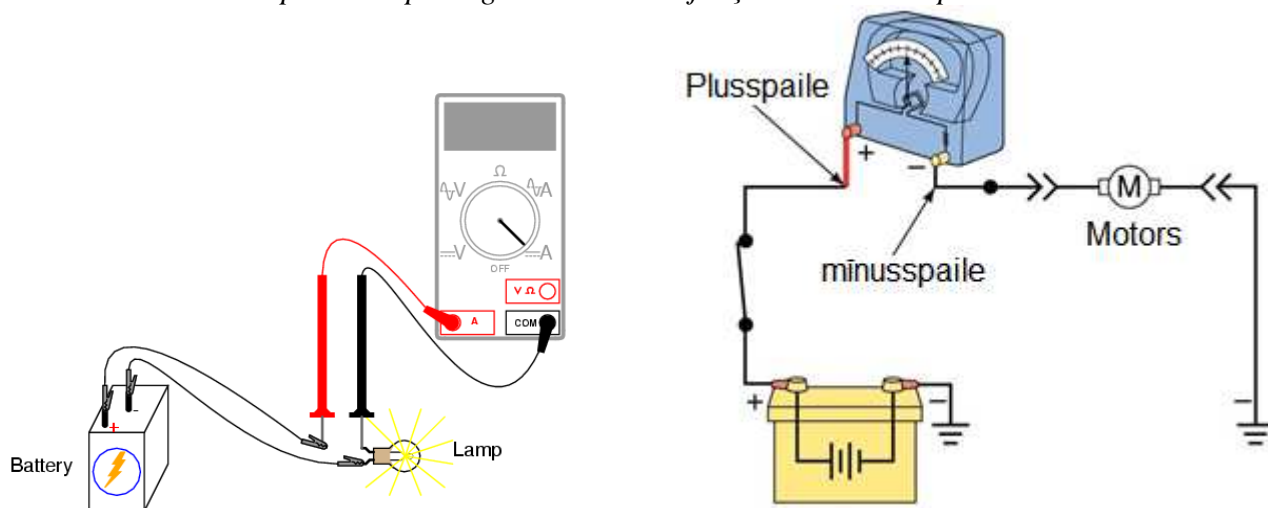
Strāvas mērīšana

Mērot strāvu ir citas īpašības un nosacījumi nekā mērot spriegumu. To izsauc nepieciešamība mēraparātu (ampērmetru) ieslēgt strāvas plūšanas pamat ķēdē, tātad virknē ar patērētāju.

Piemērs:



101. att. Ampērmetra pieslēgšana elektriskajai ķēdei strāvas stipruma mērīšanai



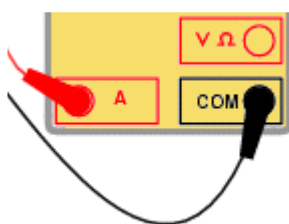
102. att. Vizuāla digitālā un analogā ampērmetra pieslēgšana elektriskajai ķēdei strāvas stipruma mērīšanai

Ieguldījums tavā nākotnē

Lai ķēde nebūtu jāpārtrauc kad tā ir pieslēgta spriegumam, jau iepriekš ir jāizvēlas diapazons uz skalas atbilstoši konkrētajai strāvai. Kā zināms, vienā gadījumā tā var būt daži simti miliampēru, bet citā – vairāki desmiti ampēru.

Tādēļ vienmēr ir jāieslēdz diapazons, kas nodrošina iespējami lielākas strāvas caurplūdi caur mēraparātu. Protams, vispirms jāizvēlas un jāiestāda, kāds strāvas veids – līdzstrāva vai maiņstrāva tiks mērīts un tikai tad nepieciešamais diapazons.

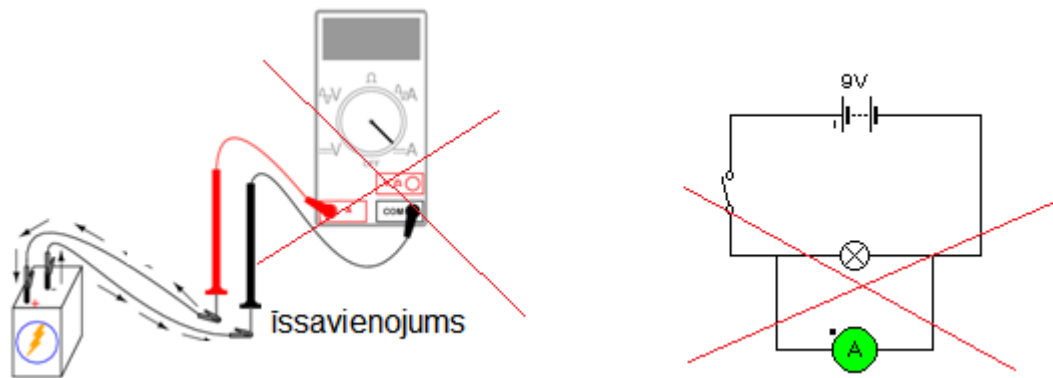
Uzmanību! Obligāti jāatceras, ka mērot strāvas stiprumu multimetra spraudkontakti jāievieto pareizajās pieslēgvietās, kā norādīts 103. att.



103. att. Parādīts, pareizs multimetra spaiļu pievienojums strāvas stipruma mērīšanai

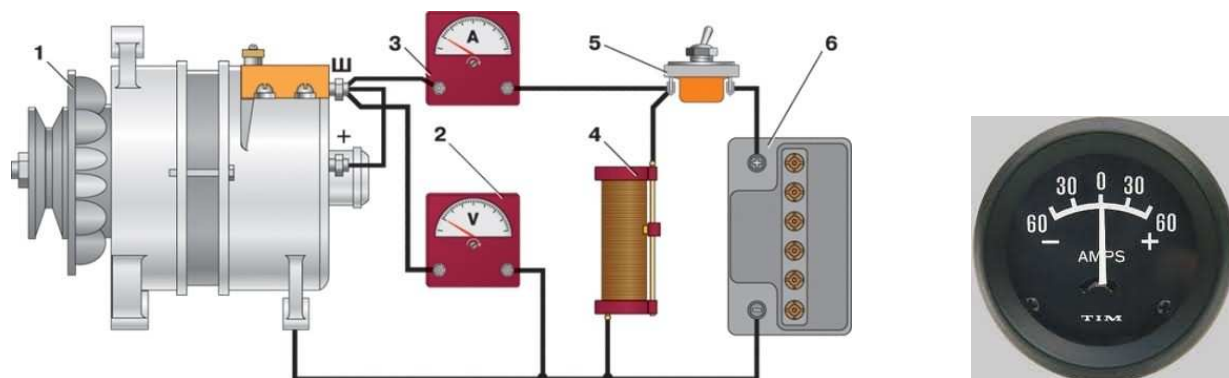
Jāatceras, ka veicot sprieguma mērīšanu mēraparāta spaiļes obligāti jāpārslēdz sprieguma mērīšanas režīmā, pretējā gadījumā mēraparāts tiks sabojāts, vai caur sistīs mēraparāta drošinātājs

Piemēri:



104. att. Nepareizs ampērmētra pievienojums!

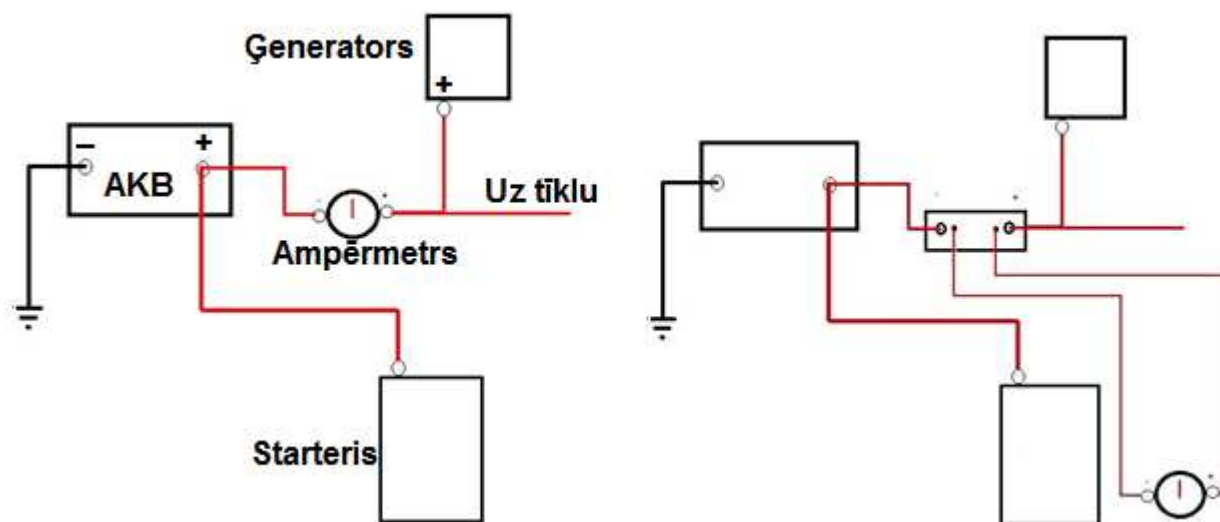
Traktortehnikā, kā arī automobiļos tiek izmantoti elektromagnētiskie ampērmētri, kuru darbība līdzinās elektromagnētiskajam voltmetra. Tie informē vadītāju par AKB uzlādes stāvokli, kā arī ģenerators darba stāvokli.



105. att. Ampērmetra un voltmetra ieslēgšanas shēma ģenerators darbības sistēmā.

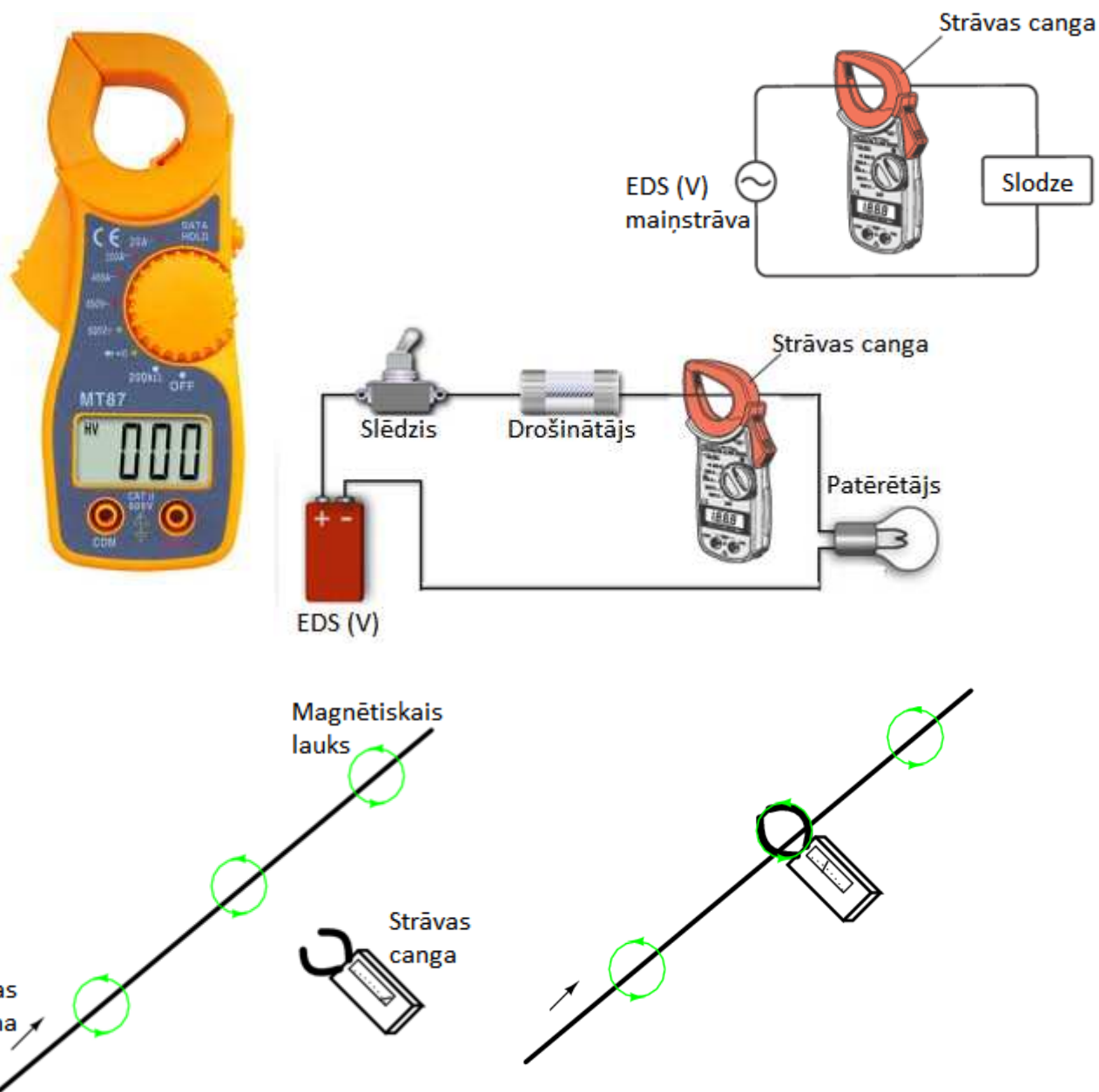
1. Ģenerators, 2. Voltmetrs, 3. Ampērmetrs, 4. Patērētāji (piem. reostats), 5. slēdzis, 6. AKB

Pievienojot analogos mēraparātus atsevišķos gadījumos obligāti jāievēro polaritāte „+ un -”, pretējā gadījumā rādītāja šautra pārvietosies pretējā virzienā (rādījums būs nepareizs).

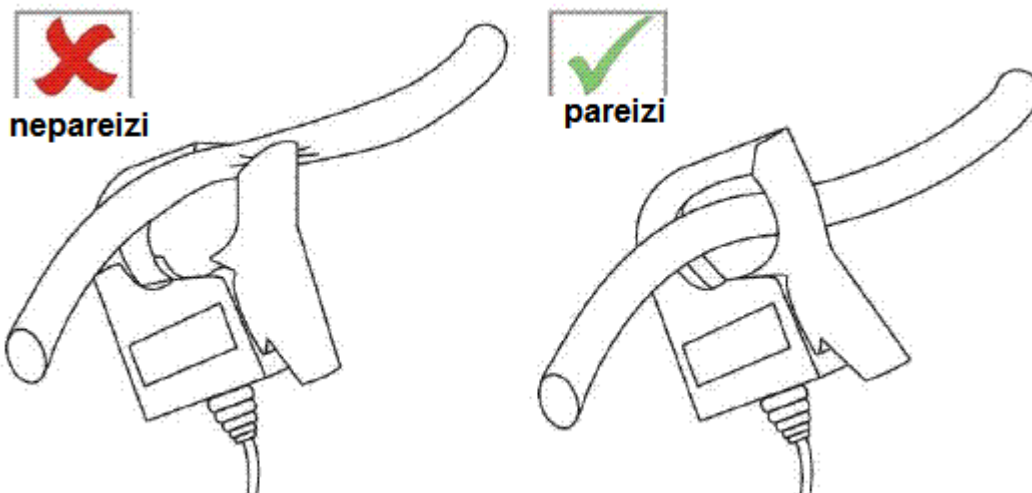


106. att. Ampērmetra shematiskā pieslēgšana transporta elektrosistēmā

Šobrīd ir pieejami arī modernāki strāvas mērīšanas instrumenti. Šāda viena no izplatītākajām ierīcēm ir “strāvas canga”. Šis mērinstruments strāvas mērīšanai izmanto apkārt vadam esošo magnētisko lauku, ja pa vadu plūst elektriskā strāva. Tādējādi nav nepieciešams pārraut elektrisko ķēdi lai izmērītu elektriskās strāvas stiprumu.



107. att. Strāvas canga, tās darbība un pielietošana

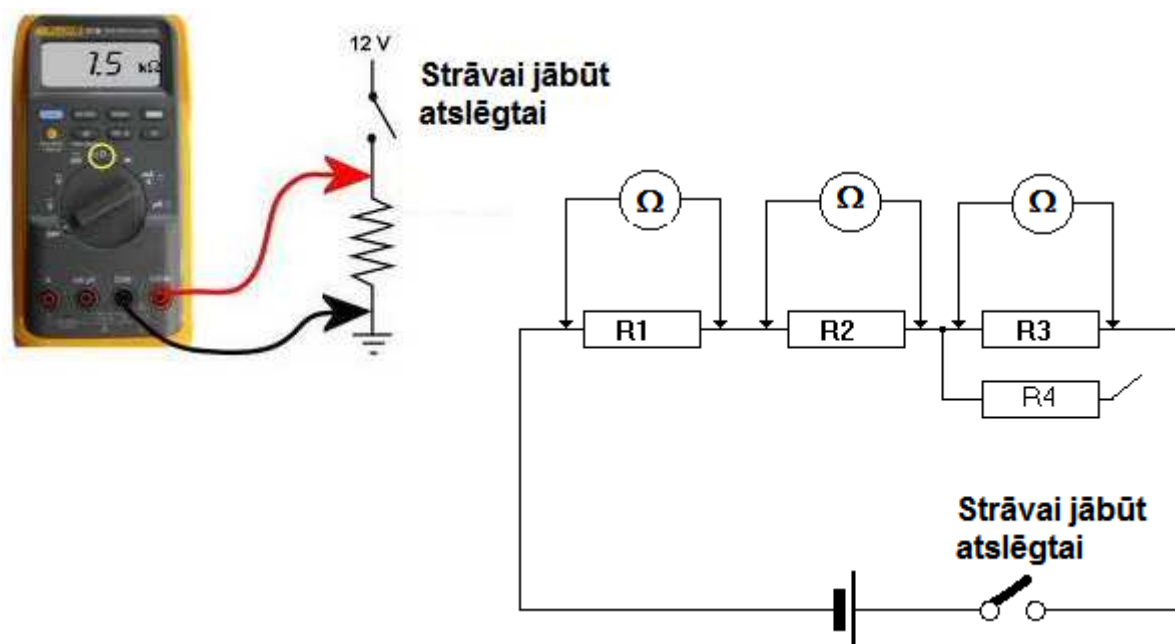


108. att. strāvas cangas pieslēgšana vadam.

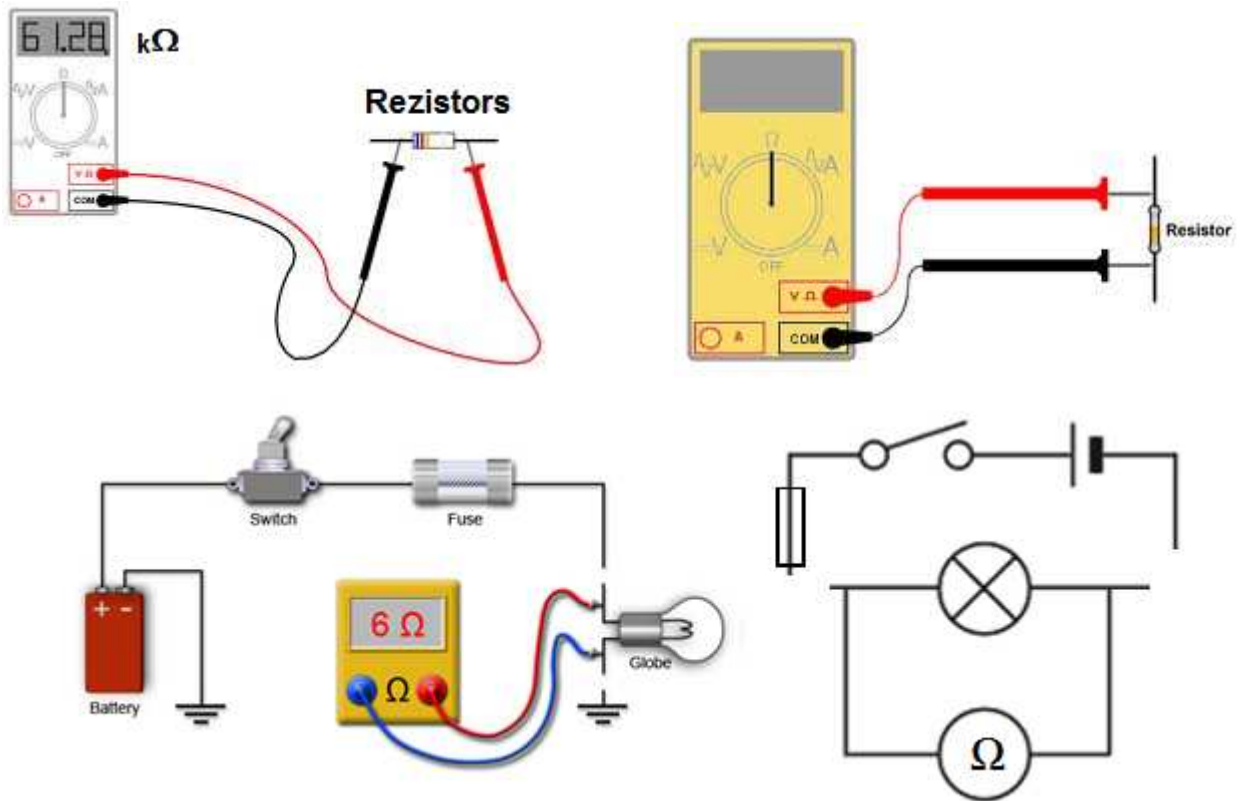
Pretestības mērīšana

Lai mērītu pretestību, piemēram, kvēlspuldzes parametrus, ir vajadzīgs sprieguma avots – baterija. Ar tās palīdzību mēs iegūstam strāvas plūsmu. Baterija ir iemontēta multimetrā. Zinot baterijas spriegumu, var aprēķināt pretestību, izmantojot Oma likumu. Iepriekš, protams, ir jāuzzina arī strāvas stiprums. Parasti gan pretestību speciālie mēraparāti ir izpildīti tā, ka visu šo sakarību analīzi veic pats aparāts un rezultāts uzreiz tiek uzrādīts omos. Svarīgi ir ievērot kopējo zemējošo vadu (melno) slēgumu pie spaiļes “COM” un sarkanā vada pieslēgumu pie “ Ω ” vai “V/ Ω ”.

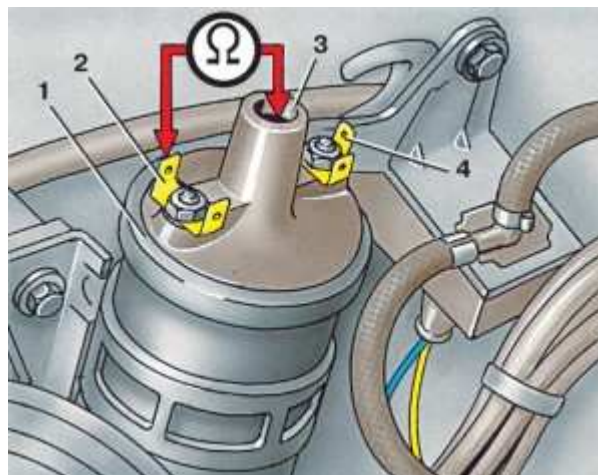
Piemērs:



109. att. Pretestības mērīšana ar multimetru



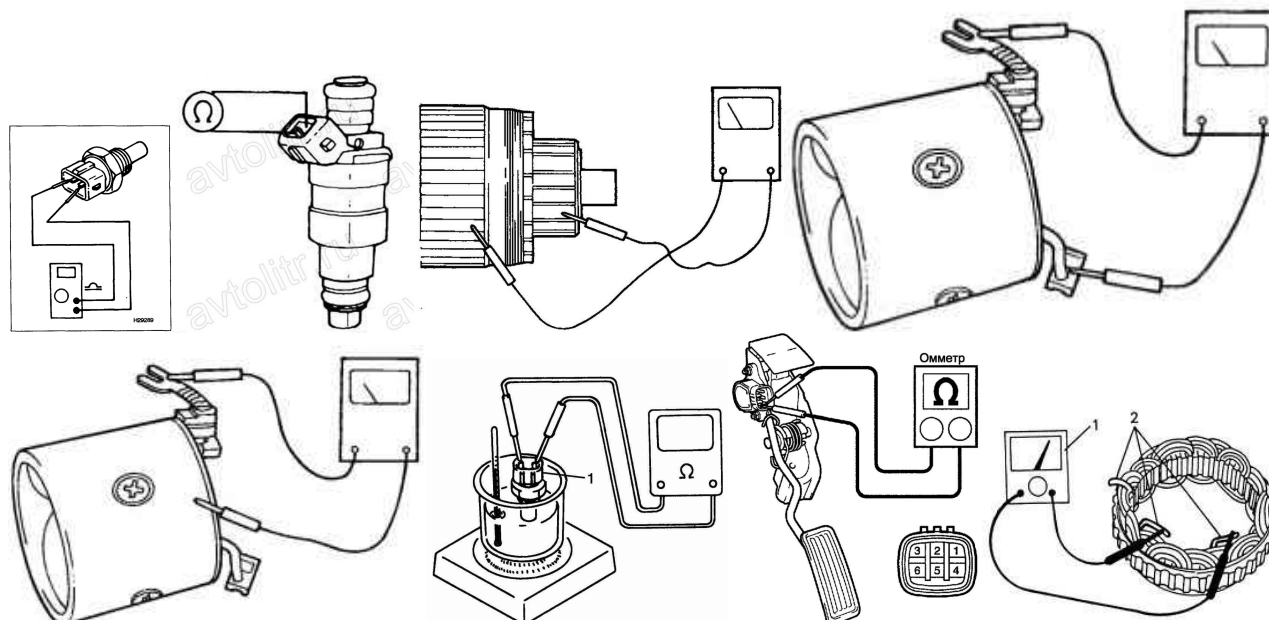
110. att. Rezistora, spuldzes utt. pretestības mērīšana



111. att. Indukcijas spoles tinumu pārbaude ar ommetru

Traktoru un automobiļu elektronikas sistēmās bieži ir nepieciešamas izmērīt dažādu devēju pretestību, tamdēļ nepieciešams ir multimetrs.

112. attēlā redzami dažādu ierīču un devēju pārbaude ar ommetru.



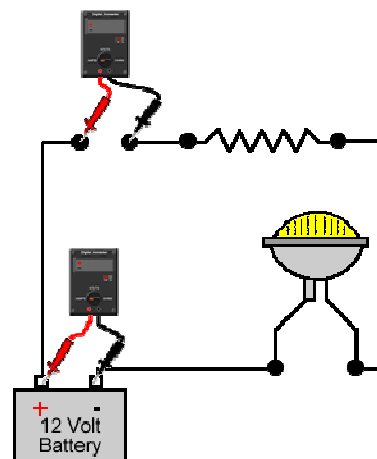
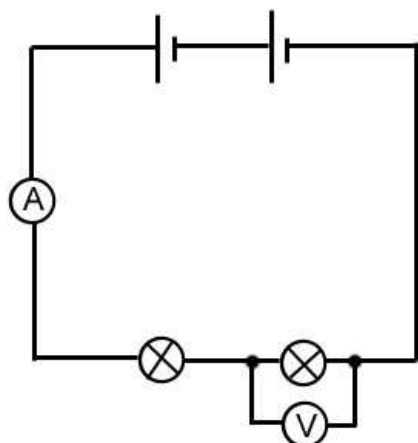
112. att. Dažādu elementu pārbaude ar ommetru pieslēdzot to paralēli izvadiem, vispirms atslēdzot ierīci no strāvas avota

Atskats uz tēmu par mērinstrumentiem.

Izmantojot mēraparātus, galvenais nav zināt to konstrukciju, bet gan mācēt tos lietot. Strāvu, spriegumu un pretestību mēra ar mēraparātiem, kuru nosaukumi jau norāda, kādu lielumu tie mēra: strāvas stiprumu (ampērus) mēra ampērmetrs, spriegumu (voltus) – voltmētrs un pretestību (omus) – ommetrs.

Veicot mērījumus, nepieciešams ievērot mēraparāta konstruktīvās īpatnības un sekot, lai mērīšanas process neietekmētu mērāmā lieluma vērtību. Mēraparātu mērīdiapazonus ieteicams izvēlēties tā, lai mērāmā lieluma nolasāmā vērtība atrastos mēraparāta skalas vidū.

Mērījumu diapazona neatbilstība mērāmajam lielumam var būt par cēloni tam, ka mērījums ir neprecīzs vai mēraparāts tiek sabojāts. Ampērmetrs mēra strāvu, kura plūst ķēdē, tāpēc to ieslēdz tā, lai šī strāva arī plūstu caur ampērmetru, t.i., slēdz virknē ar slodzi, kā tas parādīts 113. attēlā. Savukārt voltmētru slēdz paralēli.



113. att. Voltmetra un ampērmetra pieslēgums elektriskajā ķēdē

Ampērmetrs ir konstruēts tā, lai tā iekšējā pretestība būtu pēc iespējas mazāka. Ja kļūdoties to ieslēgs nevis virknē ar slodzi, bet paralēli tai, tad ampērmetra mazās iekšējās pretestības dēļ cauri tam plūdis ļoti stipra strāva, kas to var ne tikai sadedzināt, bet arī izkausēt pieslēdzošo vadu izolāciju.

Voltmetrs atšķirībā no ampērmetra ir konstruēts tā, lai tā iekšējā pretestība būtu pēc iespējas lielāka. Tāpēc tam pat nepareiza ieslēgšana shēmā ir mazāk bīstama nekā ampērmetram. Ar voltmetru mēra spriegumu, t.i., potenciālu starpību uz ķēdes elementa galiem, tāpēc tas jāslēdz paralēli šim elementam.

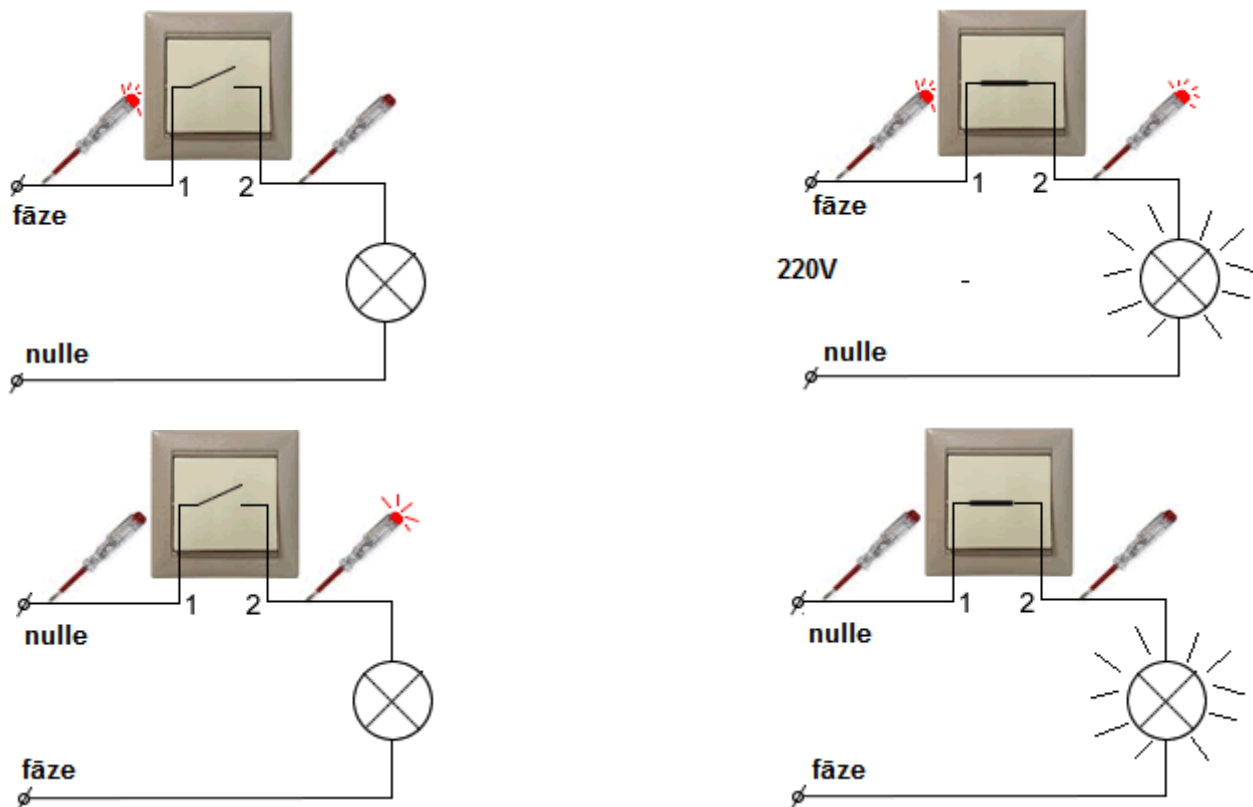
Ommetru izmanto mazu un vidēju pretestību, bet megommetru – lielu pretestību (izolācijas pretestības) mērīšanai. Tie ir mēraparāti, kuriem katram pašam ir savs elektroenerģijas avots, tāpēc pretestību atšķirībā no sprieguma vai strāvas mēra tikai tad, kad elements vai tīkls ir atslēgts no barošanas avota.

Praktiskā darbā ļoti noderīgi ir daudzfunkcionālie aparāti – multimetri jeb testerī. Tos izmantojot, ir jābūt ļoti uzmanīgam, izvēloties darba režīmus un diapazonus. Nekādā gadījumā nedrīkst pārslēgt mērīšanas režīmu, kad aparāts ir ieslēgts ķēdē, jo, grozot diapazonu pārslēgu vajadzīgā sprieguma mērījumu diapazona izvēlei, nejauši var ieiet ampērmetra režīmā un līdz ar to aparātu sabojāt.

Mēraparātu raksturīgākā īpašība ir to precizitāte. Tomēr, lai cik rūpīgi arī neizgatavotu elektriskos mēraparātus, mērījumu rezultāti vairāk vai mazāk atšķirsies no mērāmā lieluma patiesās vērtības. Parasti jo lētāks mēraparāts, jo mazāka tā precizitāte. Ļoti lētus aparātus vispār var neuzskatīt par mēraparātiem, tos var izmantot tikai kā indikatorus.

Ieguldījums tavā nākotnē

Visas nepieciešamās ziņas par mēraparātu uzrāda uz tā skalas, lietojot dažādus nosacītus apzīmējumus un zīmes, kas norāda mērāmā lieluma veidu, strāvas veidu, darbības principu, aparāta stāvokli mērīšanas laikā, precizitātes klasi u.c.



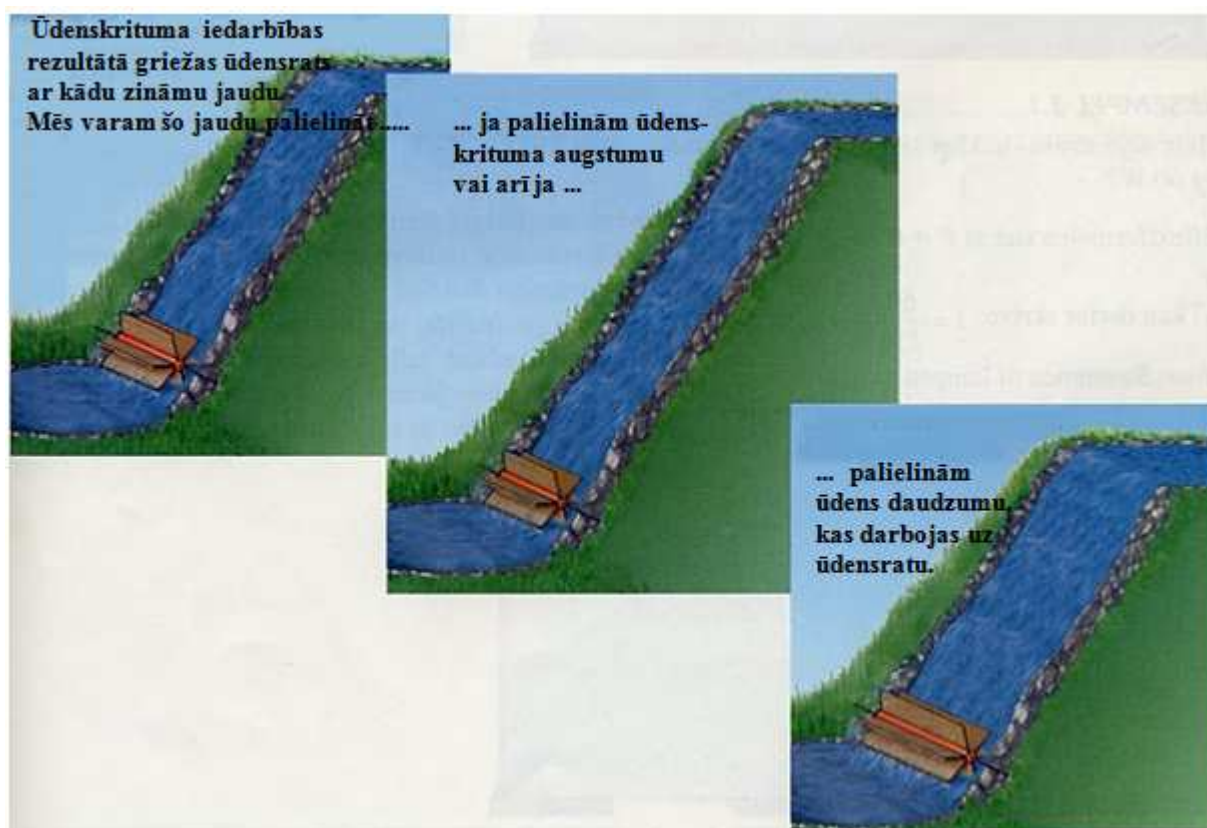
114. att. Indikatora pielietošana nosakot fāzi maiņstrāvas tīklā

4.3. ELEKTRISKĀS JAUDAS UN PATĒRĒTĀS ELEKTROENERĢIJAS MĒRĪŠANA ELEKTRISKĀS ĶĒDĒS, SLĒGUMU IZVEIDOJUMS UN PRASĪBAS

Kas tad īsti ir jauda? Minēsim šādu piemēru. Automašīnas BMW 730 jauda ir 218 zirgspēki. Šī vecā mērvienība neatbilst standartizētajai jaudas mērvienībai W (vats). Viens zirgspēks ir līdzvērtīgs 736 W. Tādējādi minētā BMW jauda ir 160 kW. Tātad vecā mērvienība apliecina kaut ko spēcīgu un stipru. Piemēram, kvēlspuldzes jauda ir 75 W, bet elektriskās plīts jauda ir 2000 W vai 2kW. Pēc pieredzes ir zināms, ka 100 W spuldzes gaisma ir stiprāka nekā 25 W spuldzei. Angļu valodā jauda saucas “power”, ko varētu tulkot arī kā spēku, tātad, atkal ir asociācijas ar zirga spēku.

Elektriskās strāvas plūsma un ūdens straume

Salīdzināsim elektriskās strāvas plūsmu ar ūdenskrituma iedarbību uz ūdensratu (hidroturbīnas priekštecī). Šo iedarbību var izmērīt kā jaudu vai arī sacīt – spēku. Šo jaudu var mainīt, ja maina ūdenskrituma augstumu vai arī ūdens daudzumu, kas pieplūst ūdensratam.



115. att. ūdens plūsmas salīdzinājums ar elektrisko strāvu

Ieguldījums tavā nākotnē

Elektrotehnikā ir tieši tāda pati sakarība. Ūdenskrituma augstuma vietā mēs palielinām pielikto spriegumu. Tādējādi pieaug elektronu plūsmas ātrums un līdz ar to berze starp elektroniem, atomiem un joniem, salīdzinot ar mazu spriegumu. Arī otra metode ir analoga ūdens straumes palielinājumam – ja tiek palielināta strāva. Abos gadījumos pieaug jauda.

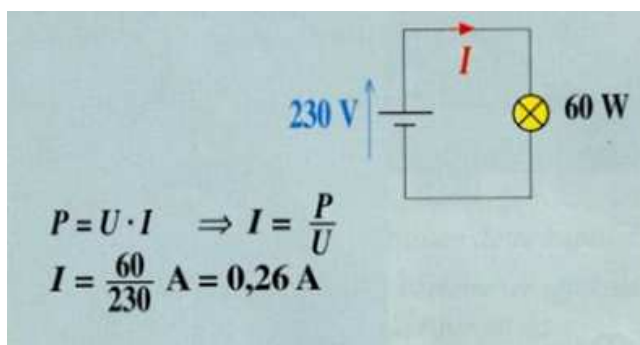
Atgriežoties pie kvēlspuldzes. Tās gaisma būs stiprāka, ja spriegums būs augstāks. Bet, ja spuldze ir paredzēta 230 V, otrs ceļš ir izvēlēties spuldzi, kas domāta lielākai strāvai, tātad vienlaikus var teikt – lielākai jaudai.

Piemērs:

Cik stipra strāva plūdis caur kvēlspuldzi, ja uz tās ir atzīme 230 V un 60 W?

Jaudas formula $P = U \cdot I$, tātad $I = \frac{P}{U}$

Ievietojot dotos lielumus $I = \frac{60}{230} = 0,26$ A

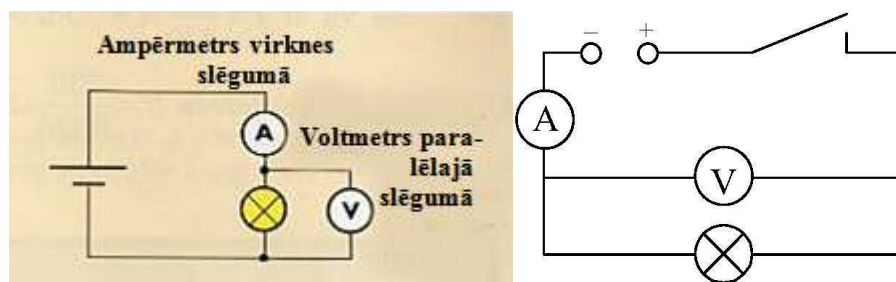


116. att. strāvas stipruma aprēķina piemērs un elektriskā shēma

Atbilde: Strāvas stiprums kvēlspuldzē būs 0,26 A.

Jaudas mērīšana ar strāvas un sprieguma metodi.

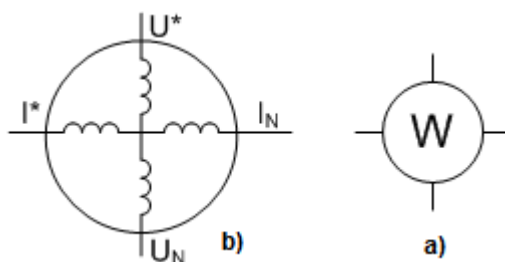
Mērot līdzstrāvas radītā siltumefekta ieguvei patērēto jaudu, mēs varam izmantot universālo mērinstrumentu un mērīt ar to spriegumu un strāvu. Tādā gadījumā jaudu var aprēķināt ar zināmo formulu - $P = UI$.



117. att. Ampērmetra un voltmetra pievienošana shēmā jaudas aprēķinu veikšanai

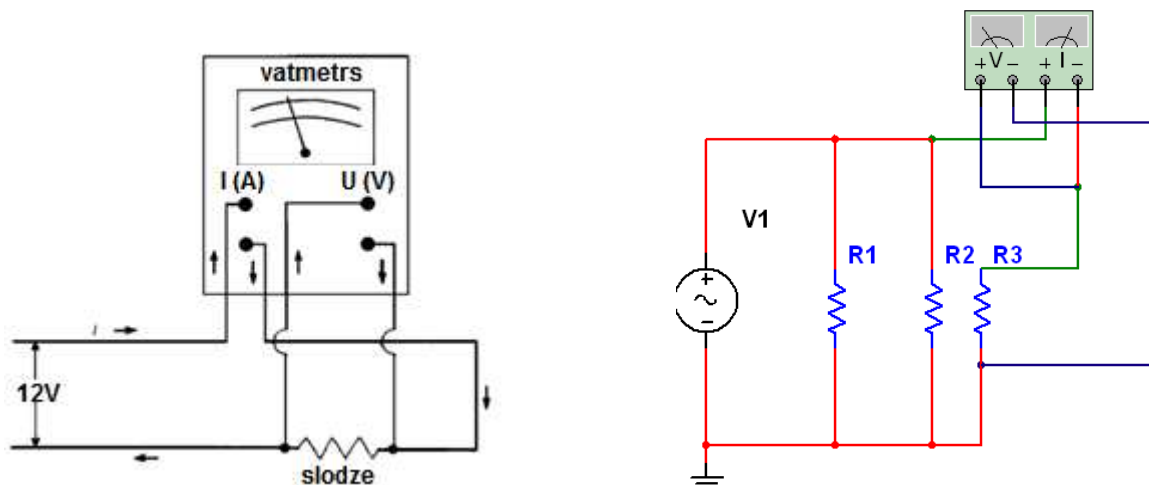
Noskaidrojām, ka līdzstrāvas jauda (P) izsakāma $P = UI$, tāpēc līdzstrāvas jaudu var aprēķināt, sareizinot voltmetra un ampērmetra rādījumus, t.i., lietojot netiešo mērīšanas metodi.

Precīzam jaudas aprēķinam jāatceras, ka voltmetra un ampērmetra ieslēgšana ķēdē rada darba režīma izmaiņu. Šī izmaiņa – mērījuma kļūda ir atkarīga arī no tā, kā veidota mērķēde – vai ampērmetru slēdz pirms vai pēc voltmetra. Ērtāk tomēr jaudu izmērīt ar tiešo metodi, lietojot vatmetru.

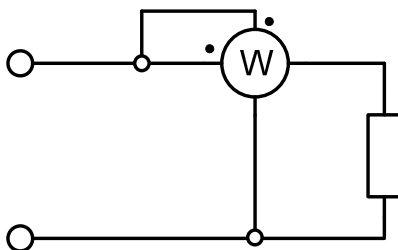


118. att. a) - vatmetra grafiskais apzīmējums un b) - izvadspaiļu nozīme

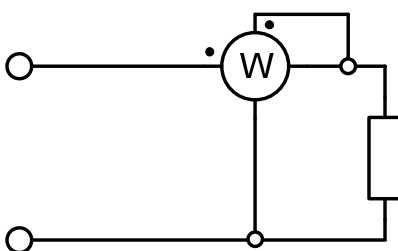
Ar vatmetru izdarītie mērījumi ir jo precīzāki, jo mazāka ir strāvas spoles (virknē slēdzamās, ampērmetram ekvivalentās) un lielāka sprieguma spoles (paralēli slēdzamās, voltmetram ekvivalentās) elektriskā pretestība. Par skalas mēroga elementu vatmetros lieto sprieguma spolei virknē pieslēgtu papildus rezistoru – nereti ar pārslēdzamām pretestību pakāpēm. To ieslēgšana ļauj paplašināt vatmetra mērīdiapozonu un vienlaicīgi, it kā paaugstinot sprieguma spoles pretestību, samazināt mērīšanas kļūdu.



119. att. vatmetra pieslēgšanas piemērs elektriskajā ķēdē, un tā vizuālais attēlojums

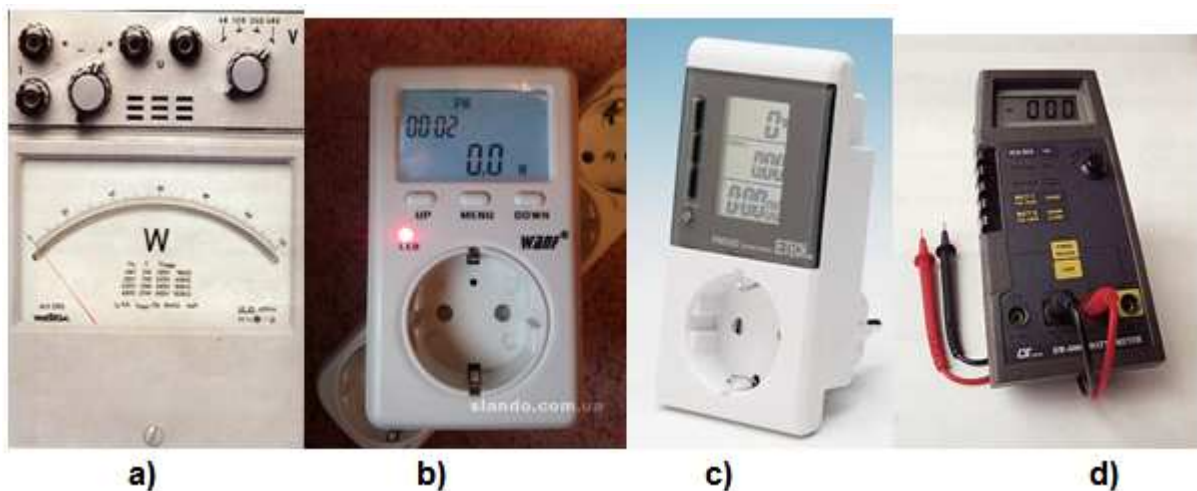


120. att. Vatmetra ieslēgšanas shēma ar strāvas spoli pēc sprieguma spoles.



121. att. Vatmetra ieslēgšanas shēma ar strāvas spoli pirms sprieguma spoles.

Vatmetra pašpatēriņa jaudas radītās kļūdas ir nelielas un mērījuma korekcija ir jāizdara tikai ļoti mazu jaudu precīzos mērījumos. Inženierpraksē parasti lieto 120. att. shēmu, strāvas un sprieguma spoļu sākumus saslēdzot kopā enerģijas avota pusē. Laboratorijas apstākļos jaudu visbiežāk mēra ar elektrodinamiskās sistēmas vatmetriem, bet ražošanas apstākļos ar ferrodinamiskās sistēmas vatmetriem. Tajos, saglabājot elektrodinamiskās sistēmas mērinstrumentu darbības principu, magnētiskā lauka pastiprināšanai izmantotais ferromagnētiska materiāla magnētqvads ļauj iegūt lielāku griezes momentu.



122. att. a) – analogais laboratorijas vatmetrs, b) un c) - vatmetri sadzīves lietošanai, d - digitālais industriālais vatmetrs

Elektroenerģijas skaitītājs

Katrā dzīvoklī vai privātmājā izmanto elektroenerģiju. Enerģijas patēriņš ir atkarīgs no izmantotās ierīces jaudas un no laika, cik ilgi tā darbojas. Ikdienā strāvas veikto darbu dēvē par patērēto elektroenerģiju E ($E = A$).

$$\text{Elektroenerģija} = \text{elektriskā jauda} \times \text{laiks izteiksme } E = Pt$$

Patērēto elektroenerģiju parasti izsaka kilovatstundās (kWh), nevis džoulos (J). Starp J un kWh pastāv sakarība:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ W} \cdot \text{s} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

Elektroenerģijas patēriņu kilovatstundās uzskaita **elektroenerģijas skaitītājs**.



123. att. elektroenerģijas skaitītāji; a) – mehāniskais skaitītājs, b) – elektroniskais skaitītājs

123. Attēlā redzami elektroenerģijas skaitītāji tiek izmantoti vienfāžu gan trīsfāžu tīklos, tikai nedaudz atšķiras to konstruktīvais izpildījums. Mehāniskie jeb indukcijas tipa skaitītāji ir paši lētākie un to izpildījums ir vienkāršs. Indukcijas, jeb mehānisko skaitītāju pamatā ir magnētiskā lauka darbības princips. Šādiem skaitītājiem ir samērā neprecīza enerģijas uzskaitē saistībā ar to mehānisko izpildījumu, kā arī nevar veikt attālinātu tarifkācijas uzskaiti un rādījumu nolasīšanu.

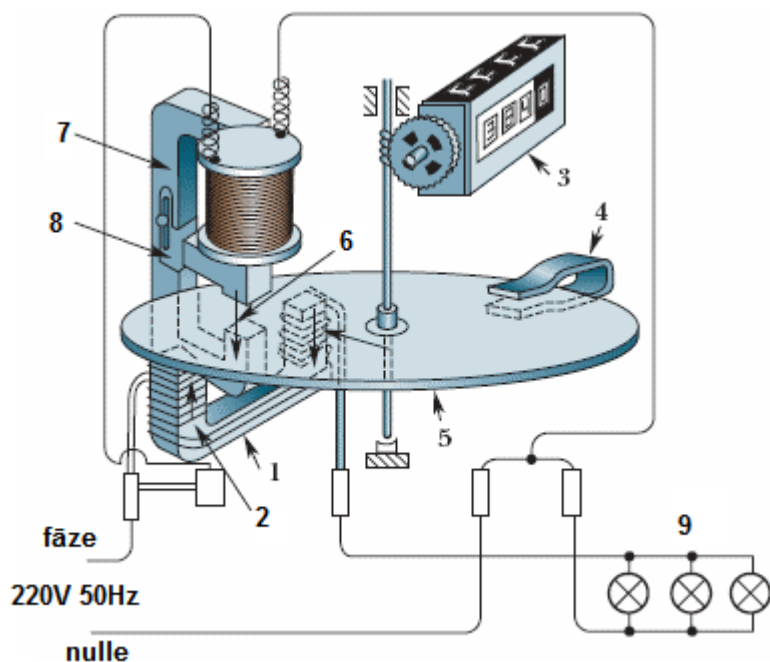
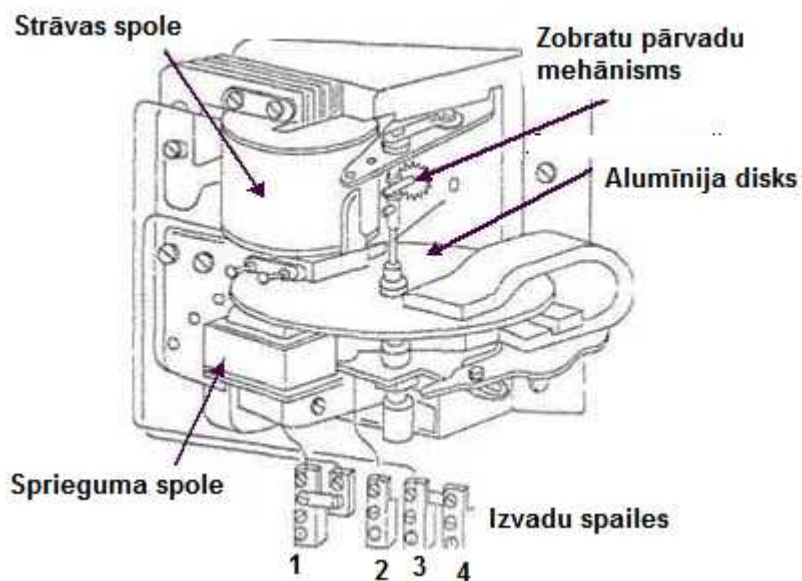
Tagad strauji ienāk elektroniskie, digitālie elektroenerģijas skaitītāji, kuriem ļoti būtiski ir izmainīta iekšējā konstrukcijas (att. b). Elektroniskajiem skaitītājiem darbības pamatā vairs netiek izmantots magnētiskais lauks. To precizitāte ir ļoti augsta. Šādiem skaitītājiem iekšienē tiek izmantoti elektroniski vadības moduļi, visi rādījumi tiek parādīti elektroniski uz digitālā LCD ekrāna. Kā arī ir iespējams attālināti ieprogrammēt un nosūtīt informāciju par tā darbību un elektroenerģijas uzskaiti.



Ieguldījums tavā nākotnē

Tātad var secināt, ka elektroniskajiem skaitītājiem nav kustīgu mehānisku detaļu, un līdz ar to arī precizitāte ir daudz augstāka. Šādus skaitītājus arī nav iespējams „apmānīt” ar magnētu palīdzību.

Par uzskaitīto patērēto elektroenerģiju ir jāmaksā noteikta summa. Kā skaidro "Latvenergo", par pirmajām 1200 kilovatstundām (kWh) jāmaksā pašreizējais tarifs - 8,25 santīmi par kWh. Kad šis patēriņa apjoms tiek pārsniegts, tarifs pieaug līdz 10,74 santīmi par kWh. Tātad elektroenerģiju jācenšas patērēt ekonomiski.



124. att. Mehāniskā elektroenerģijas skaitītāja uzbūve. 1. elektromagnēts virknes slēguma strāvas spolei; 2. strāvas plūsma spolē atkarībā no patērētāju slodzes; 3. kWh skaitīšanas mehānisms; 4. bremzējošs elements (patstāvīgs magnēts, kas rada pretēju magnētiskā spēka momentu, kas nepieciešams vienmērīga (bez raustīšanās) mērījuma veikšanai; 5. alumīnija disks; 6. magnētiskā lauka plūsma, kura veidojas sprieguma spolē; 7. paralēli ieslēgta sprieguma elektromagnētiskā spole; 8. feromagnētiskā serde, pa kuru notiek pastiprināta magnētiskā plūsma; 9. elektroenerģijas patērētāji (slodze, piem. kvēlspuldzes, lustra utt.)

Vienfāzes elektroenerģijas skaitītāja pieslēgšana

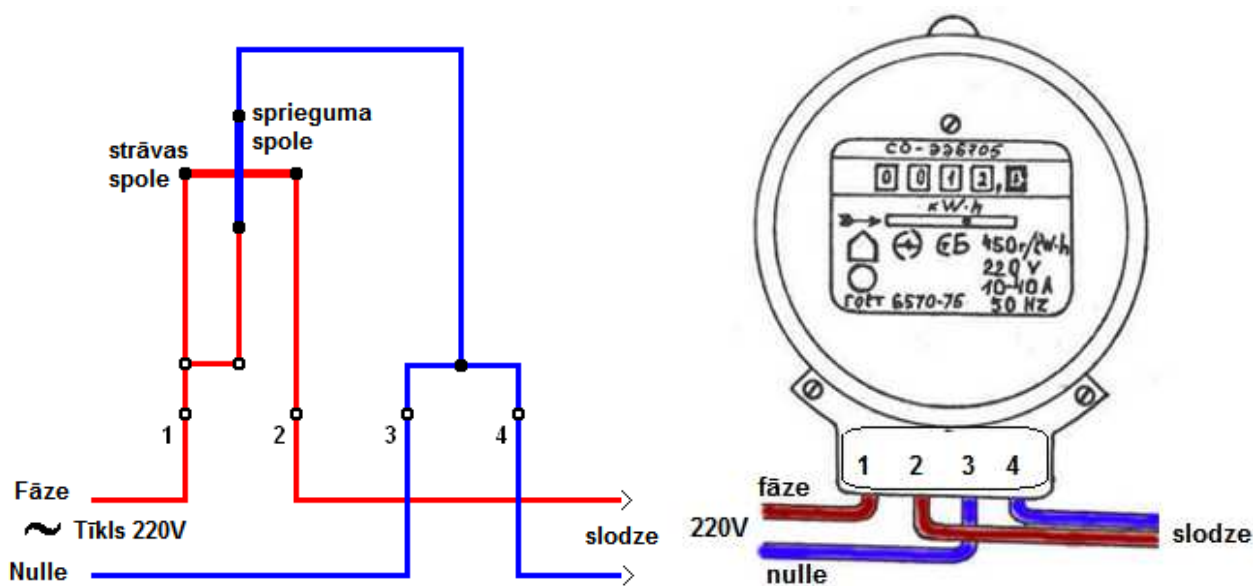
Pieslēgt elektroenerģijas skaitītāju nav nemaz tik grūti, galvenais ir zināt elektroenerģijas skaitītāja izvadspaiļu nozīmi. Elektrības skaitītāja pieslēgšanas princips ir līdzīgs vatmetra pieslēgšanai. Tātad, jāatceras sekojoša pieslēgšanas nosacījums:

„TPTP” (Tīkls_Patērētājs_Tīkls_Patērētājs).

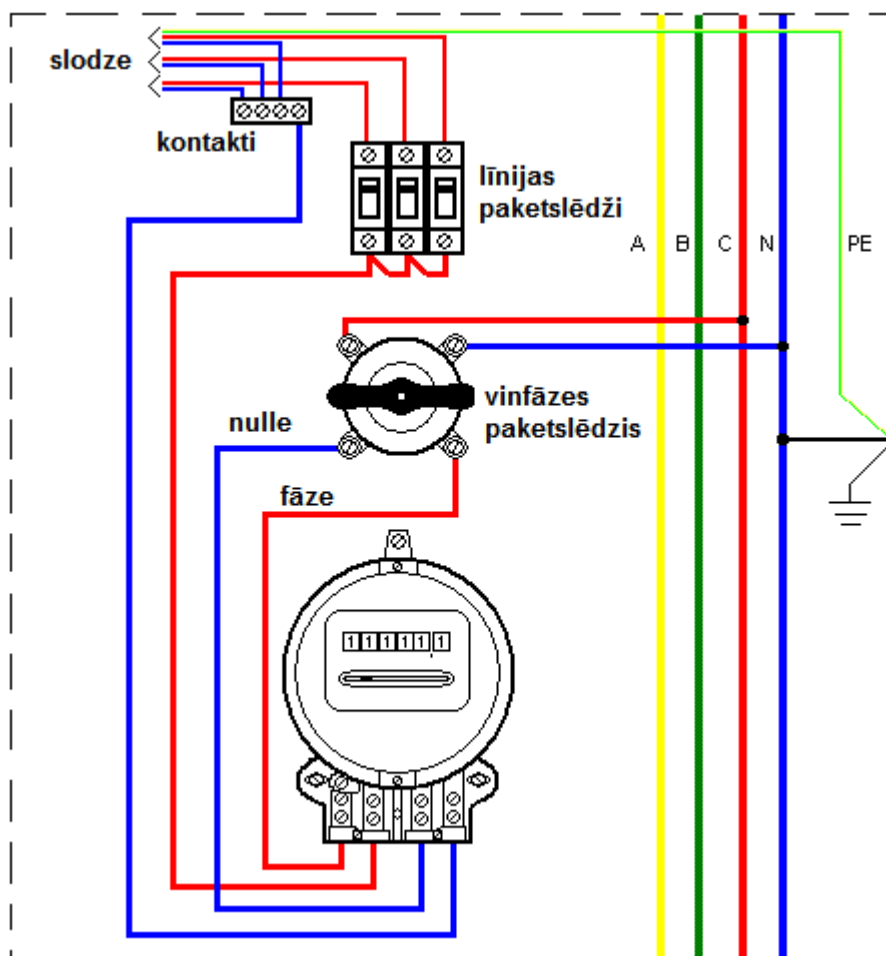
Nosacījums „TPTP” norāda sekojošo:

1. Pirmā skaitītāja izvadspaiļe ir jāpieslēdz no Tīkla pienākošajam fāzes vadam;
2. Otrā skaitītāja izvadspaiļe jāpieslēdz uz Patērētāju aizejošam fāzes vadam;
3. Trešā skaitītāj izvadspaiļe jāpieslēdz no Tīkla pienākošajam nulles vadam;
4. Ceturtā skaitītāja slēdz izvadspaiļe jāpieslēdz uz Patērētāju aizejošam nulles vadam.

Kā redzams elektroenerģijas skaitītāja pieslēgšana ir vienkārša, ja tiek ievēroti minētie nosacījumi. Shematiski elektroenerģijas skaitītājs tiek pieslēgts sekojoši.



125. att. Vienfāzes elektroenerģijas skaitītāja pieslēgšana



126. att. Vienfāzes elektroenerģija skaitītāja pieslēgšanas tīklam

Trīsfāzu elektroenerģijas skaitītāja pieslēgšana

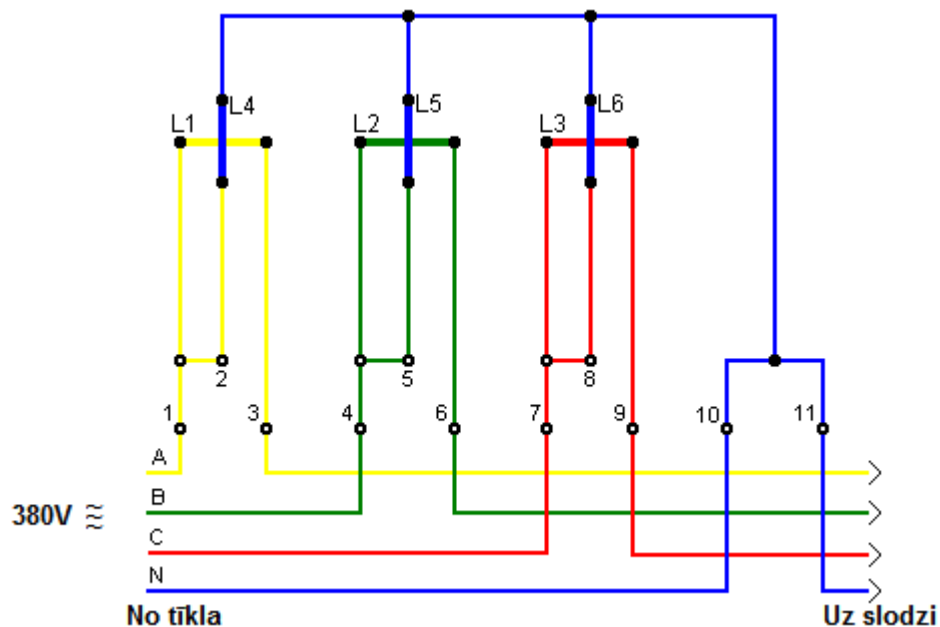
Trīsfāzu elektroenerģijas skaitītāja pieslēgšana nebūt nav sarežģītāka. Pieslēgšanai darbojas tie paši nosacījumi, kas vienfāzes skaitītājam, tikai ar trijām fāzēm.

Darbības ir sekojošas:

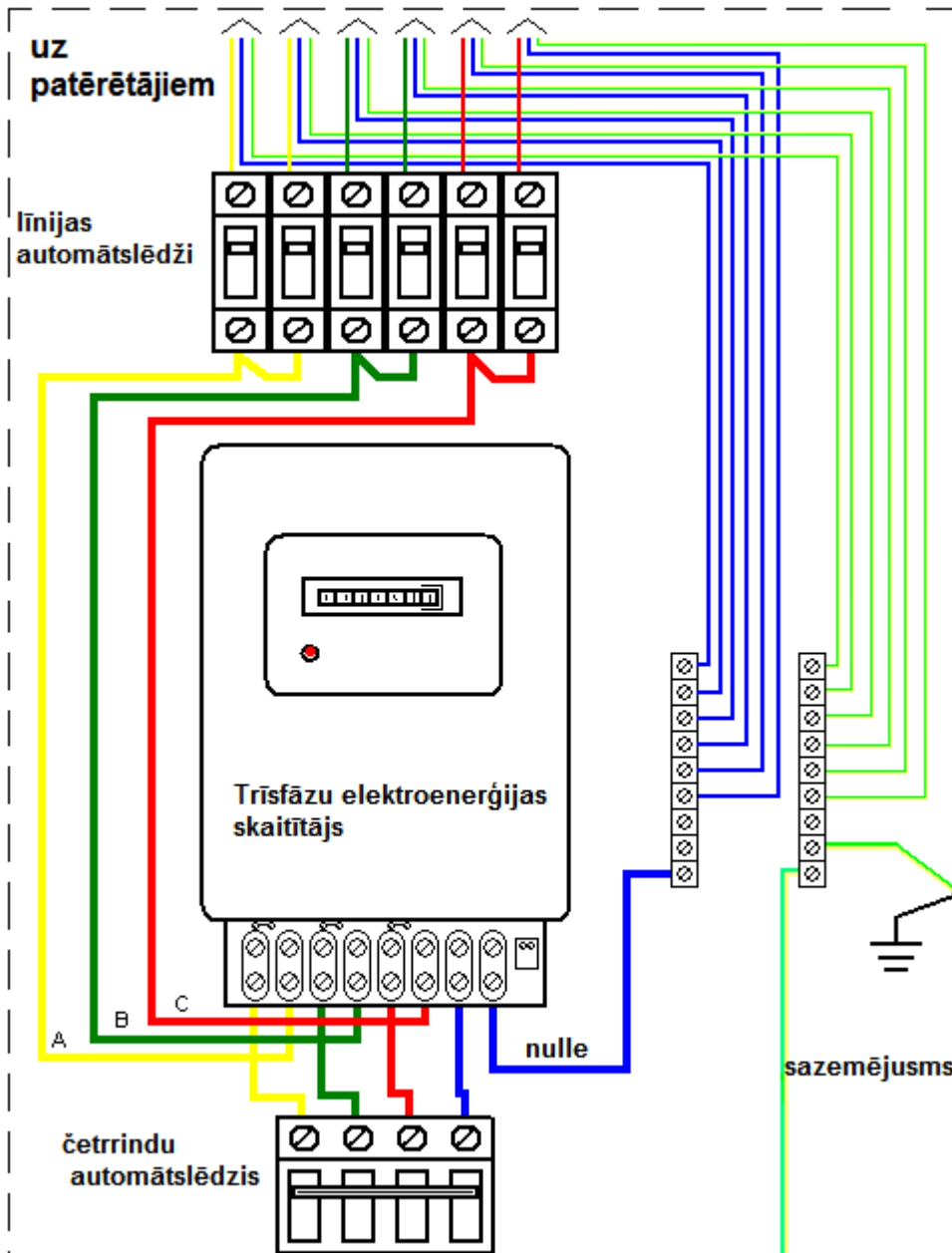
1. tīkla fāzi A slēdz pie 1, bet slodzes fāzi A pie 3;
2. tīkla fāzi B slēdz pie 4, bet slodzes fāzi B pie 6;
3. tīkla fāzi C slēdz pie 7, bet slodzes fāzi C pie 9;
4. tīkla nulli N slēdz pie 10, bet slodzes nulli N pie 11.

Tātad shēmā redzams kā jāveic skaitītāja pareiza pieslēgšana.

Ieguldījums tavā nākotnē



127. att. trīsfāzu elektroenerģijas skaitītāja pieslēgšanas shēma



128. att. trīsfāzu elektroenerģijas skaitītāja pieslēgšanas standarta shēma elektrotīklam

Piemērs:

Aprēķini, cik izmaksā 4 stundu televizora skatīšanās, ja televizora jauda ir 200W ?
Ievēro, jāpāriet nevis uz SI mērvienībām (W un s), bet uz tām, kurās izsaka patērēto elektroenerģiju (kW un h).

$P = 200W = 0.2kW$ $t = 4h$ $\text{tarīfs} = 0.0825 \text{ Ls}$ <hr/> samaksa - ?	$\text{sam.} = E \cdot \text{tarīfs}$ $E = P \cdot t$ $\text{sam.} = P \cdot t \cdot \text{tarīfs}$	$\text{sam.} = 0.2 \cdot 4 \cdot 0.0825 = 0.066 \text{ Ls} \approx 7 \text{ sant}$
--------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Lai noteiktu mēneša laikā patērēto elektroenerģiju jeb stāvas paveikto darbu:

- 1) no skaitītāja nolasa tā rādījumu mēneša sākumā un mēneša beigās;
- 2) šo rādījumu starpība ir mēneša laikā patērētā elektroenerģija kilovatstundās;
- 3) iegūto elektroenerģijas daudzumu reizina ar tarifu.

Piemērs:

Cik liels ir elektroenerģijas patēriņš pēc skaitītāja uzskaites mehānismā redzamiem rādījumiem?

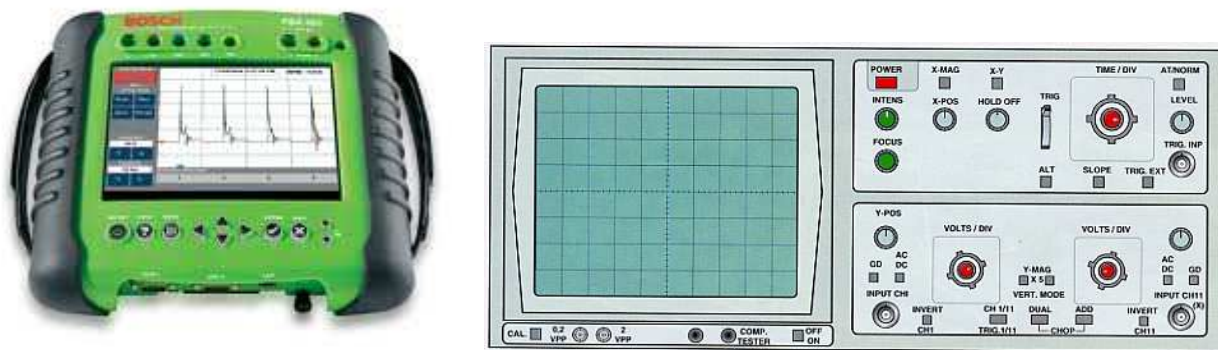


Atbilde: 248 kWh.

Osciloskops

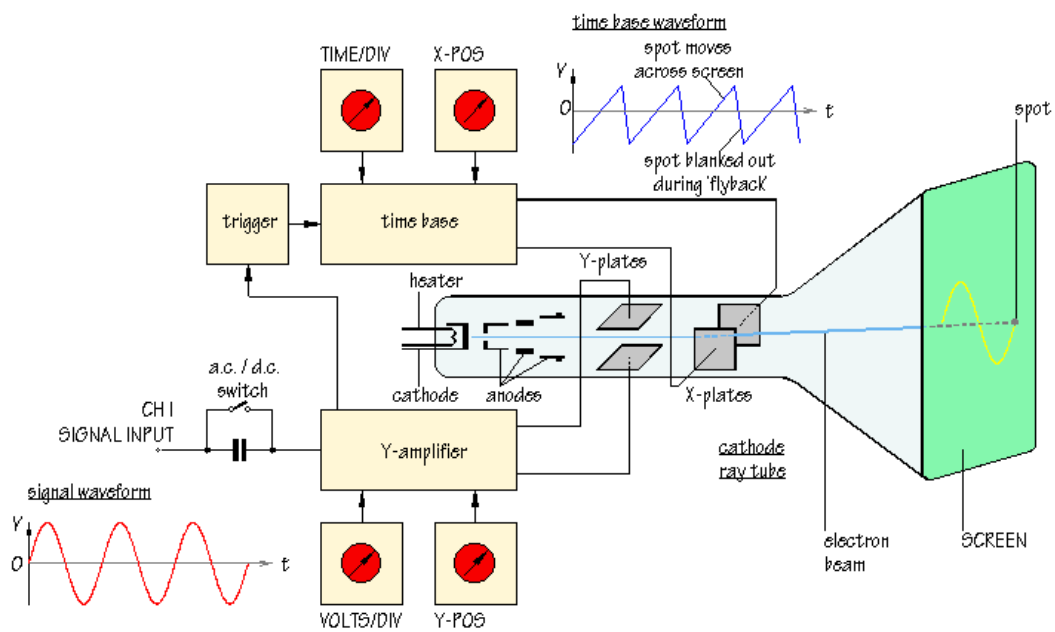
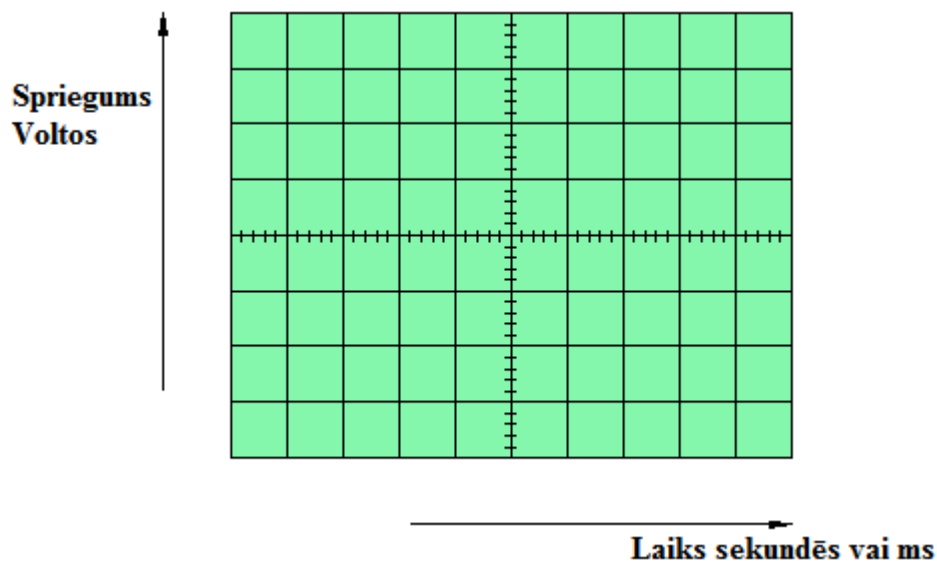
Osciloskops daudzējādā ziņā ir izdevīgāks par voltmetru un citiem mēraparātiem. Ar to var mērīt līdzspriegumu un maiņspriegumu. Var mērīt periodus, iespējams uzzināt frekvenci un fāzu nobīdi maiņstrāvas ķēdē. Var pārbaudīt sinusoīdas raksturu, vai nav kādi kropļojumi utt.. Mērījumu process un rezultāti ir labi redzami uz ekrāna.

Ar osciloskopu var mērīt un analizēt maiņspriegumu ļoti plašā diapazonā. Uz ekrāna var fiksēt spriegumu no nedaudziem milivoltiem līdz desmitiem kilovoltu. Pa horizontāli uz ekrāna var izklāt laiku no vienas mikrosekundes līdz sekundēm un pat vienai minūtei.

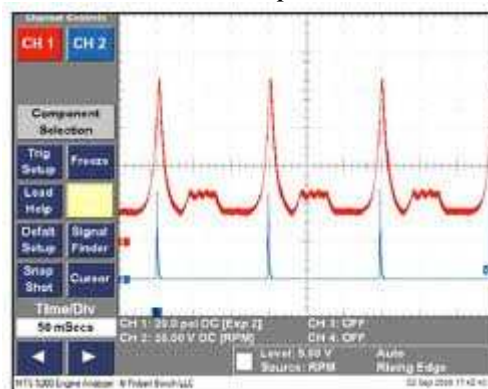


129. att. Osciloskopu veidi

Ieguldījums tavā nākotnē



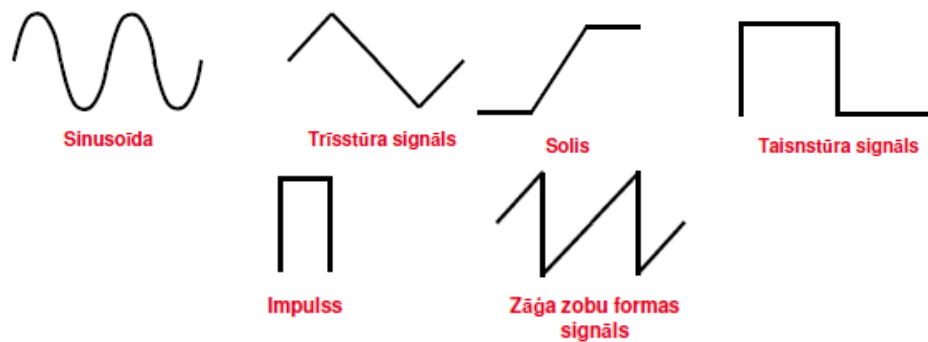
att. Oscilskopa uzbūve



130. att. Oscilogramma

Ieguldījums tavā nākotnē

Uz ekrāna ārējās virsmas ir koordinātu tīkls, lai redzamos rezultātus varētu nolasīt. Rūtotais tīkls ir izveidots ar standarta virzieniem x un y. Rūtojuma parastais mērogs 1x1 cm.



131. att. Pamata signālu veidi, kurus var attēlot osciloskops

5. Vienfāzes un trīsfāzu maiņstrāvas ķēdes

- 5.1. Vienfāzes maiņstrāvas iegūšana, tās pamatjēdzieni, raksturojošie parametri un aprēķins
- 5.2. Vienfāzes maiņstrāvas ķēde ar rezistoru, spoli un kondensatoru, to izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma

Stundas tēma: Vienfāzes maiņstrāvas iegūšana, tās pamatjēdzieni, raksturojošie parametri un aprēķins, vienfāzes maiņstrāvas ķēde ar rezistoru, spoli un kondensatoru, to izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma.

Stunda: 13 – 14 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast maiņstrāvas iegūšanas principu, un tā pamatjēdzienus;
2. Prast veikt vienkāršus aprēķinus maiņstrāvas patērētāju ķēdēs;
3. Mācēt analizēt maiņstrāvas ķēdes ar tajās slēgtiem rezistoriem, kondensatoriem un induktivitātēm virknes un paralēlajos slēgumos;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Vienfāzes maiņstrāvas iegūšana, tās pamatjēdzieni, raksturojošie parametri;
2. Maiņstrāvas elektrisko ķēžu aprēķins un analīze;
3. Vienfāzes maiņstrāvas ķēde ar rezistoru, spoli un kondensatoru, to izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma;

Izmantojamā literatūra:

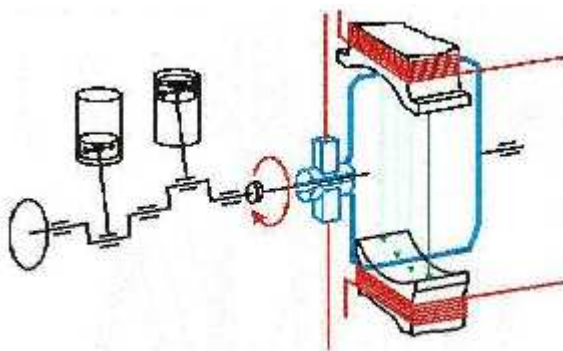
- Ģirts Egils Lagzdīņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- Elektrotīkli http://www.remsam.com/elektrika_shema_razvodki.php 2011.09
- Elektriskās ķēdes <http://www.allaboutcircuits.com/worksheets/acmcc.html> 2011.10
- Elektronikas pamati <http://www.ibiblio.org/kuphaldt/electricCircuits/index.htm> 2011.11
- Ilmārs Žanis Klegeris „Lietišķā elektrotehnika” Studiju materiāli, Jelgava 2007

5. Vienfāzes un trīsfāzu maiņstrāvas ķēdes

Vienfāzes un trīsfāzu maiņstrāvas ķēdes ikdienā ir sastopamas diezgan bieži, vienfāzes maiņstrāva sadzīvē mūsdienās tiek izmantota ļoti plaši, privātmāju, kāpņutelpu celiņu apgaismošanai tiek izmantota vienfāžu maiņstrāva, savukārt lielās saimniecībās un uzņēmumos arī ļoti plaši tiek izmantota trīsfāzu maiņstrāva, to lielākoties pielieto ražošanā, dažādu jaudīgu iekārtu, elektromotoru un stendu piedziņai un vadībai, arī piemājas saimniecībās un privātmāju elektroenerģijas tīklos tiek pievadīta trīsfāzu maiņstrāva, protams, ja runa iet par daudzdzīvokļu mājām, tad tur trīsfāzu maiņstrāvas elektriskās ķēdes netiek izmantotas, jo tur nav nepieciešamības lietot jaudīgas iekārtas, pietiek tikai ar vienfāzes maiņstrāvas elektriskajām ķēdēm.

Atgādināsim, ka elektriskā stāva ir brīvo lādiņnesēju virzīta kustība vadītājā. Līdzstrāvā lādiņnesēju kustības virziens nemainās, maiņstrāvā lādiņnesēju kustības virziens laikā periodiski mainās. Tas nozīmē, ka, atšķirībā no līdzstrāvas, kurā brīvie elektroni visu laiku pārvietojas no elektroenerģijas avota negatīvā pola uz pozitīvo polu, maiņstrāvas vadā tie periodiski maina kustības virzienu uz pretējo pusi. Tādu lādiņnesēju “svārstīšanos” nevar panākt ar baterijām vai akumulatoriem.

5.1. VIENFĀZES MAIŅSTRĀVAS IEGŪŠANA, TĀS PAMATJĒDZIENI, RAKSTUROJOŠIE PARAMETRI UN APRĒĶINS



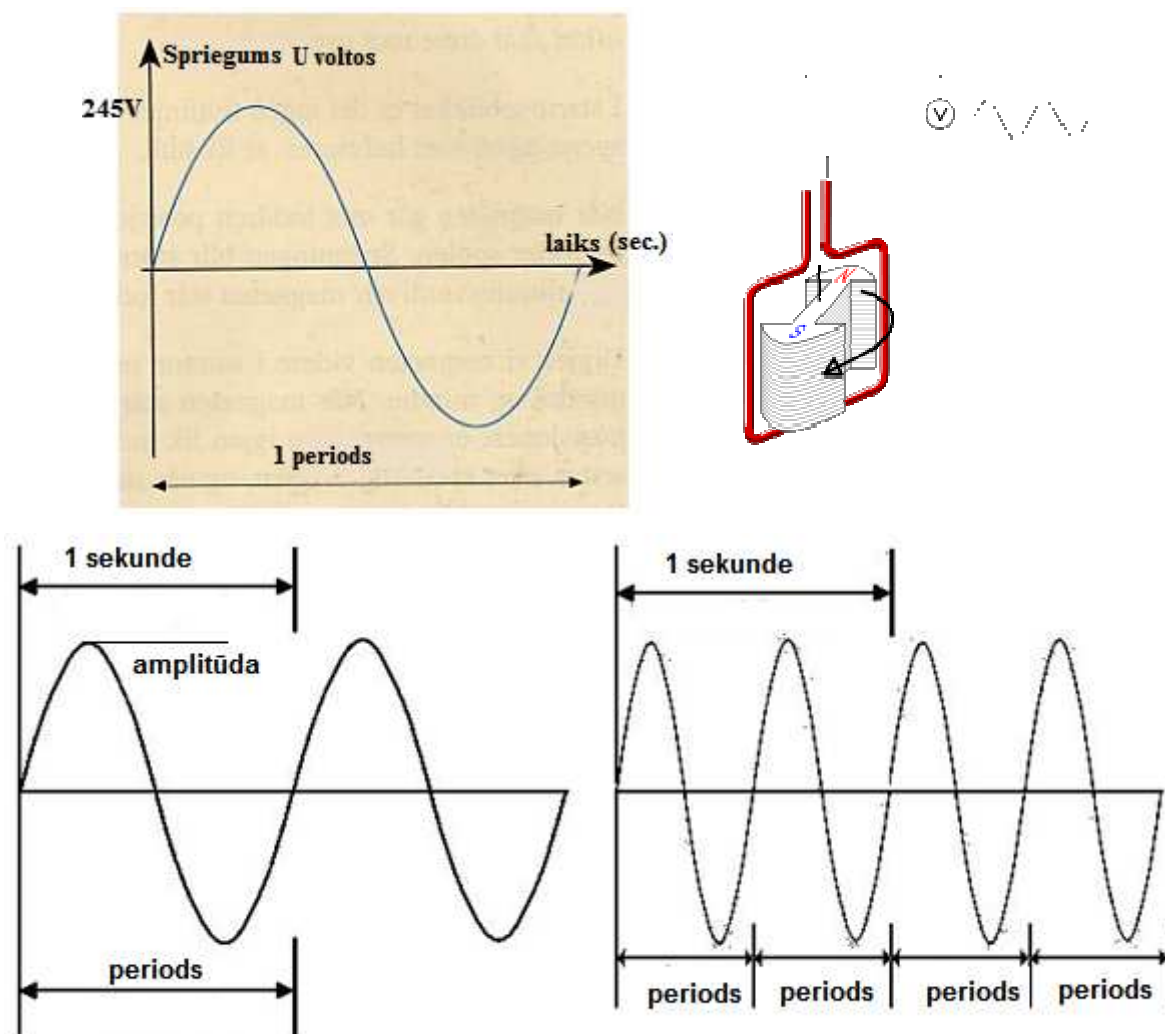
132. att. vienfāzes maiņstrāvas iegūšanas princips

Kas ir maiņstrāva?

Līdz šim mēs runājām par strāvu ar nemainīgu lielumu un virzienu, ko sauc par līdzstrāvu. Tomēr tehnika attīstās strauji un jau apmēram 150 gadus notiek maiņstrāvas pētījumi un ir izvērstis visplašākais maiņstrāvas pielietojums. Līdzstrāva ir palikusi kā galvenais pielietojuma veids elektronikā, auto elektroiekārtās, elektroķīmijā, elektrovilces transportā. Maiņstrāvu ir ekonomiskāk ražot, tai var viegli paaugstināt vai pazemināt spriegumu, to var transportēt lielos attālumos.

Ieguldījums tavā nākotnē

Maiņstrāvu, kuras lielums un virziens elektriskajā ķēdē mainās noteiktos laika intervālos, izraisa mainīgs EDS. Spriegums un arī strāva mainās saskaņā ar sinusoidālām viļņveida līknēm. Viena perioda laikā spriegums maina virzienu 100 reizes. Tā kā viens periods ilgst 1/50 daļu sekundes, tad 1 sekundē šī maiņa notiek 100 reizes. Šāda sistēma ir pieņemta Eiropā un lielākajā daļā pasaules. Turpretī ASV, Kanādā un vidusamerikā ir pieņemta sistēma ar 120 sprieguma maiņām sekundē.

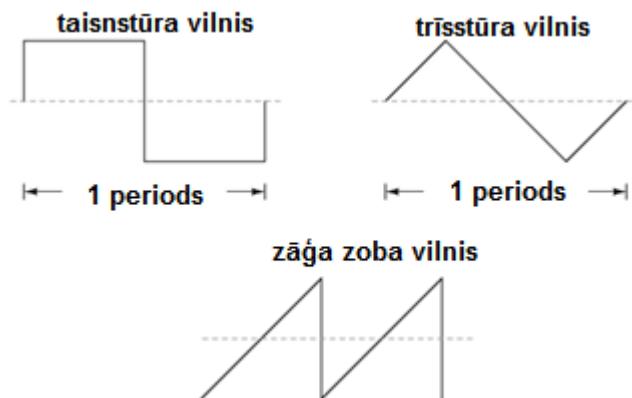


133. att. Maiņstrāvas sinusoīda

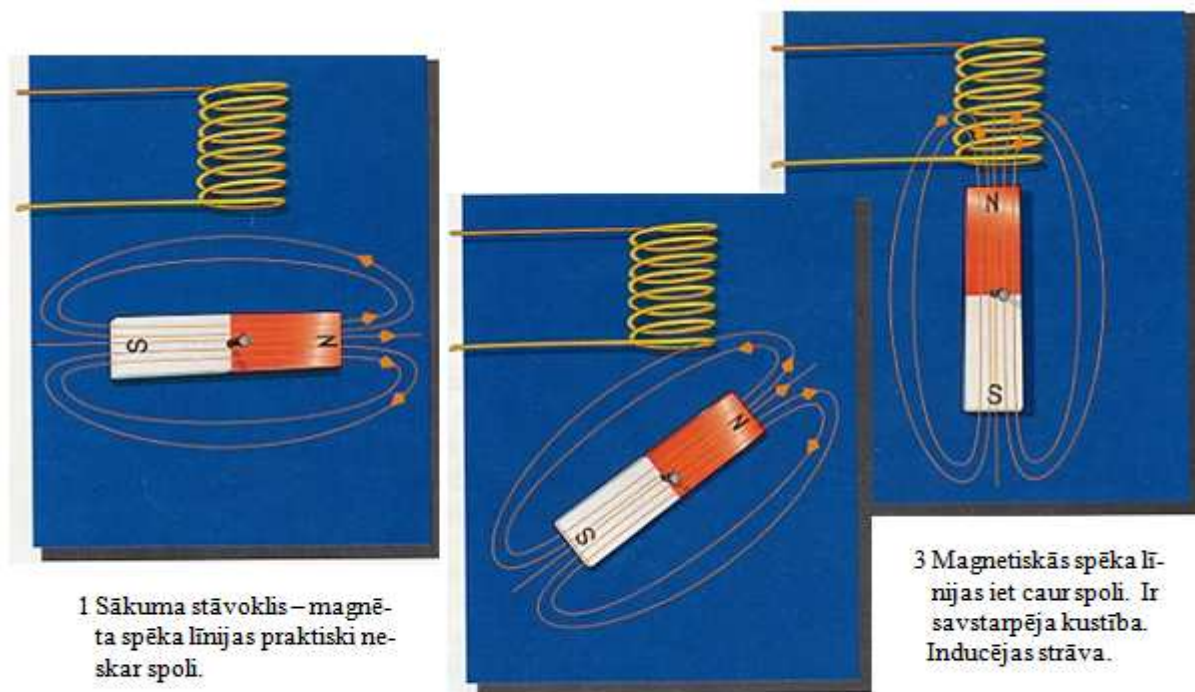
Maiņstrāvai viens periods sekundē atbilst 1 Hz frekvencei. Attiecīgi 50Hz frekvence vienāds 50 periodi vienā sekundē.

Angliski līdzstrāva nozīmē DIRECT CURRENT, saīsinājums – DC, savukārt maiņstrāva ALTERNATING CURRENT, saīsinājums (AC). Savukārt maiņstrāvas periods – CYCLE.

Ieguldījums tavā nākotnē



134. att. Maiņstrāvas viļņu veidi

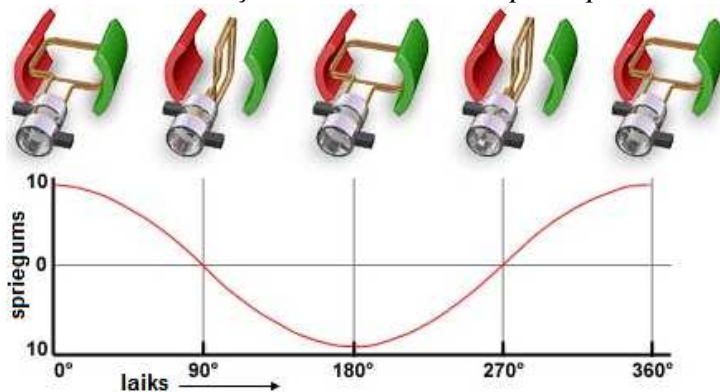


1 Sākuma stāvoklis – magnēta spēka līnijas praktiski neskar spoli.

2 Magnēts pagriežas un magnetiskās spēka līnijas šķērso spoli.

3 Magnetiskās spēka līnijas iet caur spoli. Ir savstarpēja kustība. Inducējas strāva.

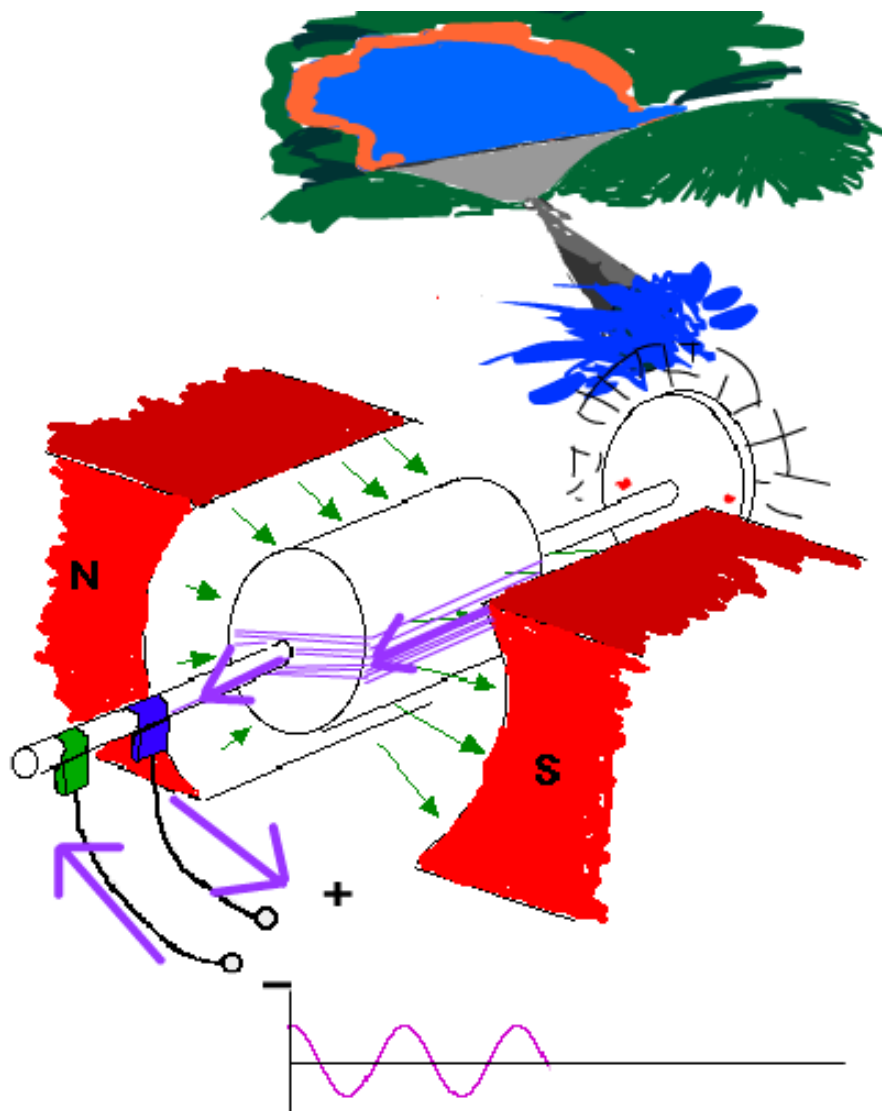
135. att. Ģeneratora darbības princips



136. att. Maiņstrāvas ģenerēšanas princips

Maiņsprieguma iegūšana

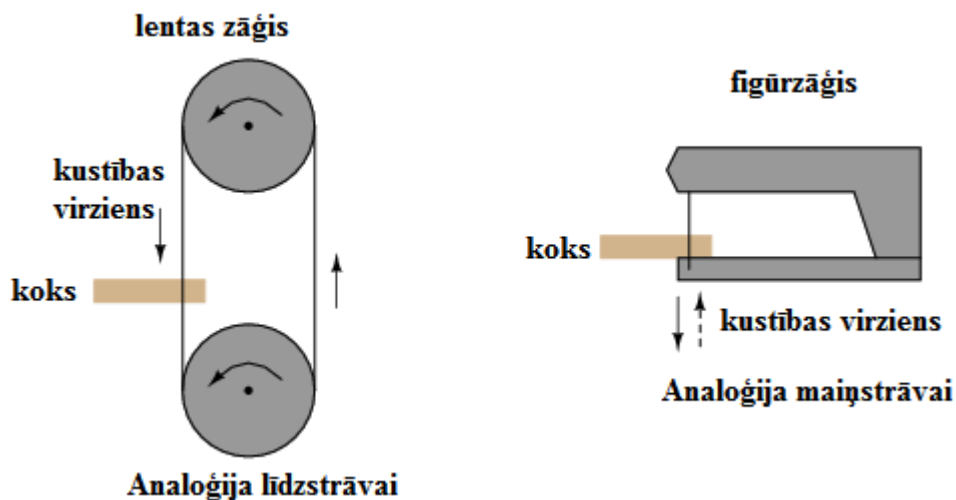
Maiņsprieguma ieguves vai ģenerēšanas principus mēs jau nedaudz minējām. Ir vajadzīga spole, pastāvīgs magnēts un kustība starp šiem elementiem. Pastāvīgo magnētu ir lietderīgi pastiprināt ar elektromagnētu un tad ir vajadzīgs strāvas avots šī elektromagnēta barošanai. Lai radītu magnētiskā lauka kustību attiecībā pret tinumu, pastāvīgā magneta centrā izurbjam caurumu un ierīkojam griešanās asi (136. att.). Ātri griežot magnētu, spolē inducēsies elektriskā strāva.



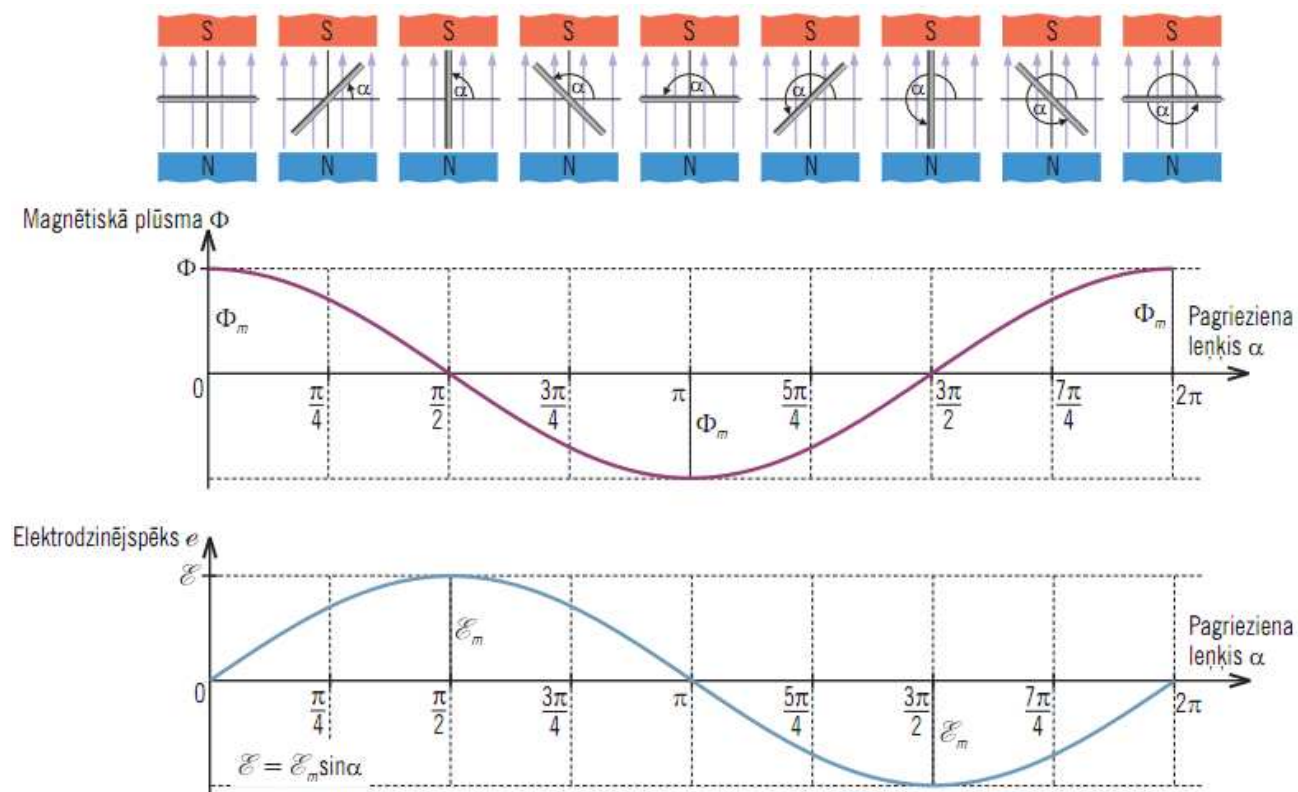
137. att. Ilustrēta maiņstrāvas iegūšana

Ieguldījums tavā nākotnē

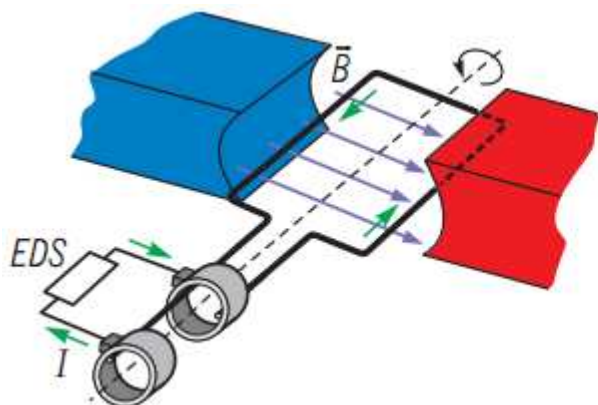
Tāpat mehāniskā griezes kustība pārvērtīsies elektriskajā enerģijā. Vispēcīgākā strāva būs, magnēta ziemeļu polam atrodoties augšējā stāvoklī (136. att.), tad samazināsies atbilstoši sinusoīdas līknei, mainīs virzienu un sasniegs lielāko negatīvo vērtību un tā joprojām.



138. att. Līdzstrāvas un maiņstrāvas salīdzinājums



139. att. EDS sprieguma un magnētiskās plūsmas izmaiņas sinusoīda atkarībā no rotora pagriešanās leņķa magnētiskajā laukā



Rāmītīm rotējot magnētiskajā laukā, rāmīša malās, kas šķēr magnētiskās indukcijas līnijas, rodas indukcijas elektro dzinējspēks (EDS). Šī EDS rašanās cēlonis ir Lorenca spēks, kas darbojas uz kustīgajā rāmīša malā esošajiem elektroniem.

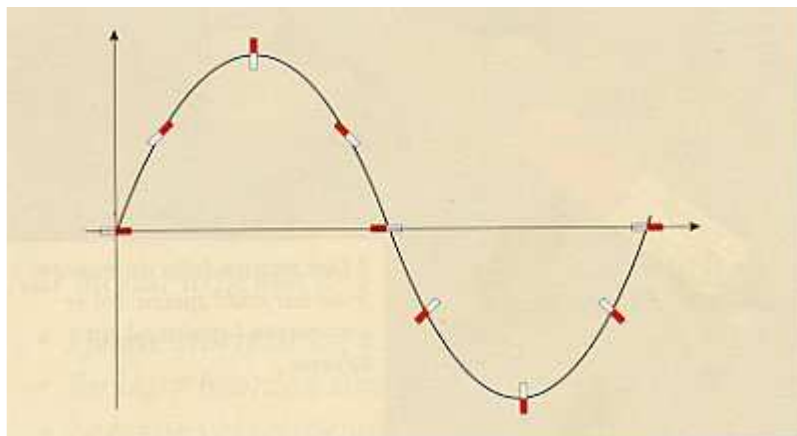
140. att. maiņstrāvas ģeneratora darbības princips

Frekvence ir apgriezienu skaits sekundē.

Frekvenci mēra hercos (Hz)

1 Hz = viens apgrieziens vienā sekundē (Angliski frekvence saucas – cikli sekundē CYCLE PER SECOND)

Tātad frekvence nozīmē periodu skaitu sekundē



141. att. Sprieguma lielums spolē atkarībā no magneta stāvokļa

Magnēta apgriezienu skaits sekundē vai attiecīgi pilnu sinusoīdu skaits sekundē ir frekvence. Ja vienā sekundē ir 50 apgriezieni – frekvence ir 50 herci. Ja pastāvīgā magnēta kustību varam attēlot kā elektromagnēta griešanos, tad elektromagnēts ir sarežģītāks, jo ir nepārtraukti jāpievada elektriskā strāva elektromagnētiskā lauka uzturēšanai. Šo strāvu sauc arī par **ierosmes strāvu**. Ja magnēts izdara 200 apgriezienus sekundē – frekvence ir 200 Hz. Tehniskā maiņstrāva ir periodiska strāva, ko raksturo elektrisko lielumu - momentānā strāvas stipruma un sprieguma maiņas periods **T=0.02s** un frekvence **v=50Hz**. **Maiņstrāvas virziens un lielums periodiski mainās laikā pretējos virzienos**

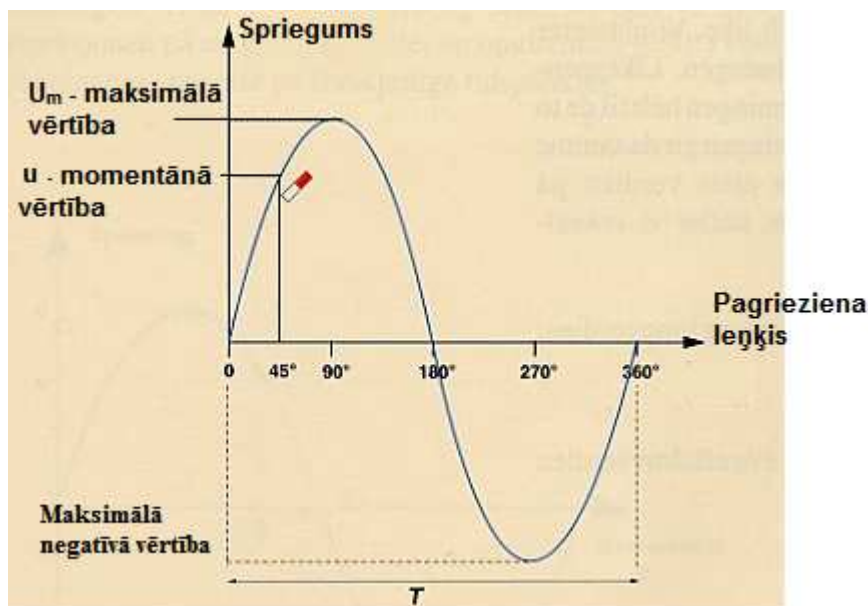
Ieguldījums tavā nākotnē

Tā kā tehnikā un ikdienas dzīvē liela nozīme ir maiņstrāvai, tad svarīgi ir labi saprast maiņstrāvas ķēdes likumsakarības. Izrādās, ka elektriskajā ķēdē līdzstrāvas avota vietā ieslēdzot maiņstrāvas avotu ar tādu pašu elektrodzinēj spēku, strāvas stiprums kļūst citāds. Tas nozīmē, ka izmainās ķēdes pretestība. Bez tam maiņstrāvas ķēdēs rodas fāzu nobīde starp strāvu un spriegumu. Par maiņstrāvu sauc tādu strāvu, ko vadītājā izraisa gan pēc lieluma, gan pēc virziena periodiski mainīgs elektrodzinēj spēks. Liela nozīme ir maiņstrāvai, kurai momentānā sprieguma **u** un laika **t** sakarību izsaka **sinusa funkcija**.

Maiņstrāvas periodi

Laiku, kurā magnēts izdara vienu pilnu apgriezību, saucam par periodu. To apzīmē ar burtu **T**. Kā redzams, ir nesaraucama sakarība starp periodu un frekvenci. Ja maiņstrāvas frekvence ir 50 Hz, tad viens periods ir 1/50 daļa sekundes. Ja maiņstrāva ir augstfrekvences ar 1000 Hz frekvenci, tad viens periods ir $T = 1/1000 = 1$ ms (viena milisekunde).

Tātad $T = \frac{1}{f}$ Periods ir laiks, kurā frekvence ir viens hercs.



142. att. Sprieguma sinusoīdā ir norādīta maksimālā sprieguma vērtība, maksimālā negatīvā sprieguma vērtība un momentānā vērtība. Piemērā tā ir pie pagriešana leņķa 45°

Momentāno vērtību sauc arī par acumirkliġo vērtību un apzīmē ar “ u ”. Momentānā vērtība var būt jebkurā punktā no „0” līdz U_m maksimālajam spriegumam. Maksimālā vērtība no “ U_m ” līdz “ $-U_m$ ” ir amplitūdas vērtība. kā redzams, periods ir laika intervāls, pēc kura tajā pat secībā atkārtojas tie paši lielumi.

Maiņstrāvas momentānās vērtības

Patērētāji elektroenerģiju saņem pa maiņstrāvas pārvades līnijām. Tās veido plašu, sazarotu tīklu, un, ieslēdzot dzīvoklī elektroierīci, piemēram, mūzikas centru, diezin vai padomājam, cik tālu un kur atrodas ģenerators, kas nodrošina maiņspriegumu elektriskā tīkla kontaktā.

Lai nerastos problēmas visu hidroelektrostaciju, termoelektrostaciju un citu stacionāro ģeneratoru darbības saskaņošanā, to “strāvas rāmīšiem” — rotoriem — jāgriežas sinhroni un ar vienu, norunātu frekvenci ν . Proti, tiem jāražo vienādas frekvences maiņstrāva.

Elektroenerģijas pārvades tīklos plūstošo maiņstrāvu sauc par rūpniecisko maiņstrāvu. Eiropas valstīs, tātad arī Latvijā, rūpnieciskās maiņstrāvas frekvence ir 50 herci ($\nu = 50$ Hz).

Amerikas Savienotajās Valstīs tā ir 60 Hz. Protams, maiņstrāvu frekvences var būt visdažādākās, atkarībā no tā, kādam mērķim konkrētais ģenerators kalpo.

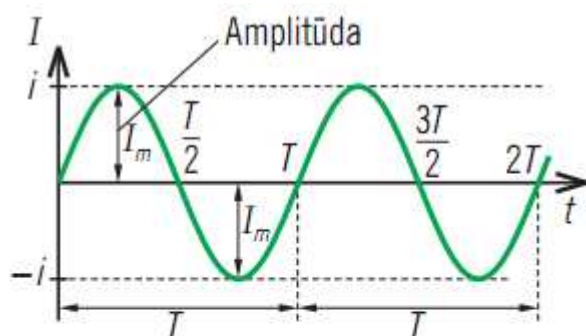
Rūpniecisko maiņstrāvu dēvē par zemfrekvences maiņstrāvu. Tās periods $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{50}$, jeb 0,02 sekundes ($T = 0,02$ s). Tas nozīmē, ka vadā, pa kuru plūst rūpnieciskā maiņstrāva, brīvo elektronu plūsmas virziens 100 reizes sekundē maina virzienu uz pretējo. Brīvo elektronu pārvietošanās ātrums metālos nav liels — tikai dažus centimetrus sekundē. Tāpēc vadā, pa kuru plūst rūpnieciskā maiņstrāva, elektroni drīzāk svārstās šurpu - turpu, nevis plūst, kā tas mums dažkārt saistās ap priekšstatu par elektrisko strāvu.

Rūpnieciskās maiņstrāvas trīs galvenie raksturlielumi ir momentānais elektrodzinējspēks EDS e , momentānais spriegums u un momentānais maiņstrāvas stiprums i .

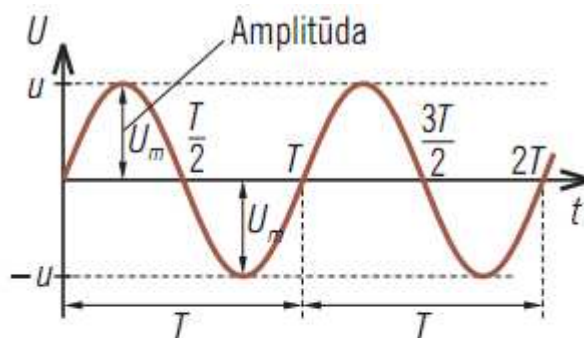
Šie lielumi laikā t mainās periodiski un tos var izteikt ar sinusa funkciju *sin* α . Periodiskās sinusa funkcijas argumentu — leņķi α — mēra radiānos. Šī leņķa α atkarību no laika momenta t var izteikt vienā no trijiem veidiem. Ja maiņstrāvas raksturošanai izmanto tās periodu T , tad sinusa

funkcijas arguments $\alpha = \frac{2\pi}{T}t$, ja izmanto maiņstrāvas frekvenci $\nu = \frac{1}{T}$, tad $\alpha = 2\pi\nu t$

bet, ja izmanto ciklisko frekvenci $\omega = 2\pi\nu$, $\alpha = \omega t$.



Rūpnieciskās maiņstrāvas stipruma svārstības notiek atbilstoši sinusa likumam $i = I_m \sin \omega t$. Maiņstrāvas frekvence ir $\nu = 50 \text{ Hz}$, periods $T = 0,02 \text{ s}$, cikliskā frekvence $\omega = 100\pi$.



Rūpnieciskās maiņstrāvas sprieguma svārstības notiek atbilstoši sinusa likumam $u = U_m \sin \omega t$. Maiņstrāvas frekvence ir $\nu = 50 \text{ Hz}$, periods $T = 0,02 \text{ s}$, cikliskā frekvence $\omega = 100\pi$.

143. att. Maiņstrāvas sprieguma un strāvas stipruma svārstības

Tādējādi momentānais elektrodzinējspēks, kas rodas ģeneratorā, mainās laikā pēc likuma

$$e = \mathcal{E}_m \sin \frac{2\pi}{T} t, \quad e = \mathcal{E}_m \sin 2\pi \nu t \quad \text{vai} \quad e = \mathcal{E}_m \sin \omega t,$$

kur \mathcal{E}_m — elektrodzinējspēka maksimālā jeb amplitūdas

vērtība. Savukārt momentānais spriegums uz patērētāja spailēm

vai sprieguma kritums maiņstrāvas ķēdes posmā ir:

$$u = U_m \sin \frac{2\pi}{T} t, \quad u = U_m \sin 2\pi \nu t \quad \text{vai} \quad u = U_m \sin \omega t,$$

kur U_m — maiņsprieguma maksimālā, jeb amplitūdas vērtība.

$$e = \mathcal{E}_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$u = U_m \sin \omega t$$

e, i, u — momentānās vērtības

\mathcal{E}_m, I_m, U_m — maksimālās jeb amplitūdas vērtības

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ — cikliskā frekvence

t — laika moments, kurā aplūko momentāno vērtību

Līdzīgi pieraksta maiņstrāvas momentāno stiprumu:

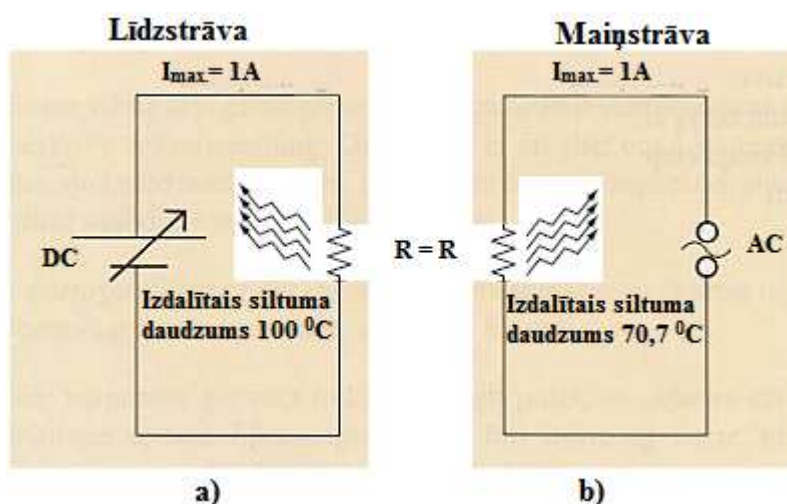
$$i = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t, \quad i = I_m \sin 2\pi \nu t \quad \text{vai} \quad i = I_m \sin \omega t,$$

kur

I_m — maiņstrāvas stipruma maksimālā jeb amplitūdas vērtība.

Maiņstrāvas efektīvās vērtības

Tātad maiņstrāvas gadījumā nepārtraukti mainās strāvas un sprieguma lielums un virziens. Uzdevums ir izrēķināt to sprieguma un strāvas lielumu, kuram būtu tāda pati lietderīgā atdeve (piemēram, siltums), kā tas ir līdzstrāvai. Jāsalīdzina, lai izdalītais siltuma daudzums būtu vienāds, vai kvēlspuldze degtu vienādi gaiši, vai var salīdzināt kādus citus efektus.



144. att. Izdalītā siltuma daudzuma salīdzinājums AC ar DC. a) Līdzstrāvas izdalītais siltuma daudzums pie 1A stipras strāvas ir 100%, savukārt maiņstrāvas gadījuma pie 1A stipras strāvas izdalītais siltuma daudzums ir tikai 70,7 % no maksimālās, jeb amplitūdas strāvas vērtības I_m , ja pretestības ir vienādas $R = R$.

Sprieguma amplitūdas, jeb cikla laikā spriegums mainās divos virzienos. Veicot periodu spriegums sasniedz savu maksimālo vērtību divas reizes, taču saglabājas tajā ļoti īsu laiku. Tas nozīmē to, ka lielāko daļu perioda ķēdes spriegums ir mazāks nekā maksimālais ķēdes spriegums. Līdz ar to precīzai enerģijas un jaudas atdevei tiek izmantota tā saucamā sprieguma efektīvā vērtība – U_{ef} . Maiņsprieguma efektīvā vērtība ir 70.7% (0.707) no maksimālās sprieguma vērtības.

Likums, kas nosaka maiņstrāvas efektīvo vērtību:

Maiņstrāvas efektīvā vērtība ir vienlīdzīga tādas līdzstrāvas vērtībai, kas vienā maiņstrāvas periodā izdala pretestībā tādu pašu siltuma daudzumu kā to izdara aplūkojamā maiņstrāva.

Citiem vārdiem sakot – ja maiņsprieguma efektīvā vērtība ir 240 V, tad tā rada tādu pašu enerģijas daudzumu, kā 240 V līdzstrāvas avots.

Ieguldījums tavā nākotnē

Siltuma efekts no 1A

stipras maiņstrāvas (AC)

70.7 °C

= 0.707

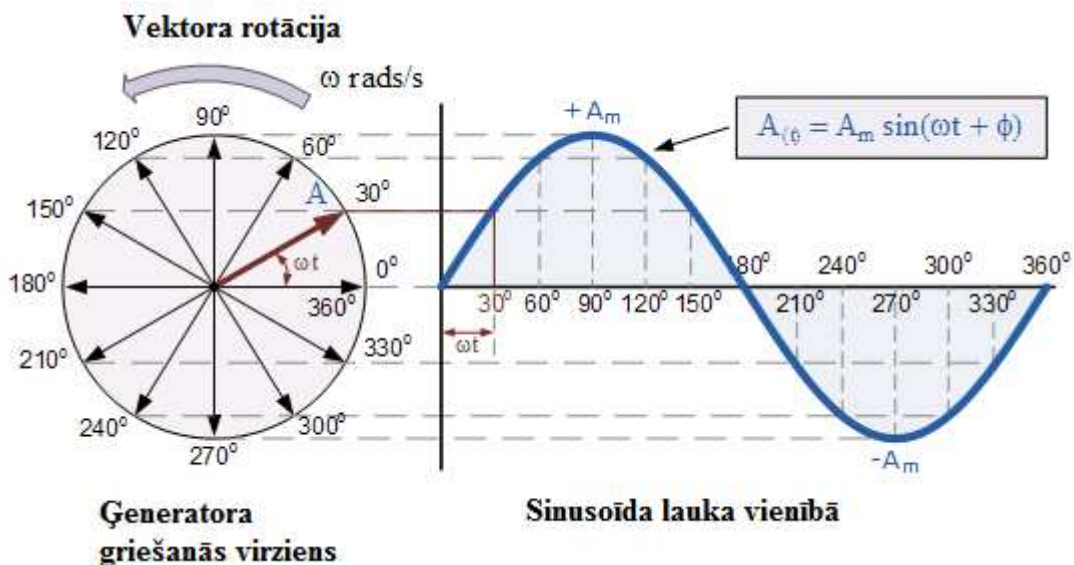
Siltuma efekts no 1A

stipras līdzstrāvas (DC)

100 °C

Angle (°)	sin(angle)	wave	Angle (°)	sin(angle)	wave
0	0.0000	zero	180	0.0000	zero
15	0.2588	+	195	-0.2588	-
30	0.5000	+	210	-0.5000	-
45	0.7071	+	225	-0.7071	-
60	0.8660	+	240	-0.8660	-
75	0.9659	+	255	-0.9659	-
90	1.0000	+peak	270	-1.0000	-peak
105	0.9659	+	285	-0.9659	-
120	0.8660	+	300	-0.8660	-
135	0.7071	+	315	-0.7071	-
150	0.5000	+	330	-0.5000	-
165	0.2588	+	345	-0.2588	-
180	0.0000	zero	360	0.0000	zero

145. att. Tabulā redzams, ka maiņstrāva sasniedz savu efektīvo vērtību (0.707) rāmītīm (rotoram) pagriežoties ik pēc 45° leņķa. Tātad maiņstrāva savas efektīvās vērtības vienā periodā (apgriezienā 360°), sasniedz četras reizes, no kurām divas reizes tā ir pozitīva, bet divas negatīva.



146. att. Rotorā pagriešanās leņķi un maiņstrāvas sinusoīda

Matemātiski ir pierādīts, ka sinusoidāla lieluma efektīvā vērtība ir $\sqrt{2}$ reizes mazāka nekā tā maksimālā vērtība.

Matemātiskā sakarība starp strāvas un sprieguma maksimālajām un efektīvajām vērtībām ir sekojoša:

Maiņstrāvas un maiņsprieguma efektīvās vērtības

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_m \quad \text{un} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot U_m$$

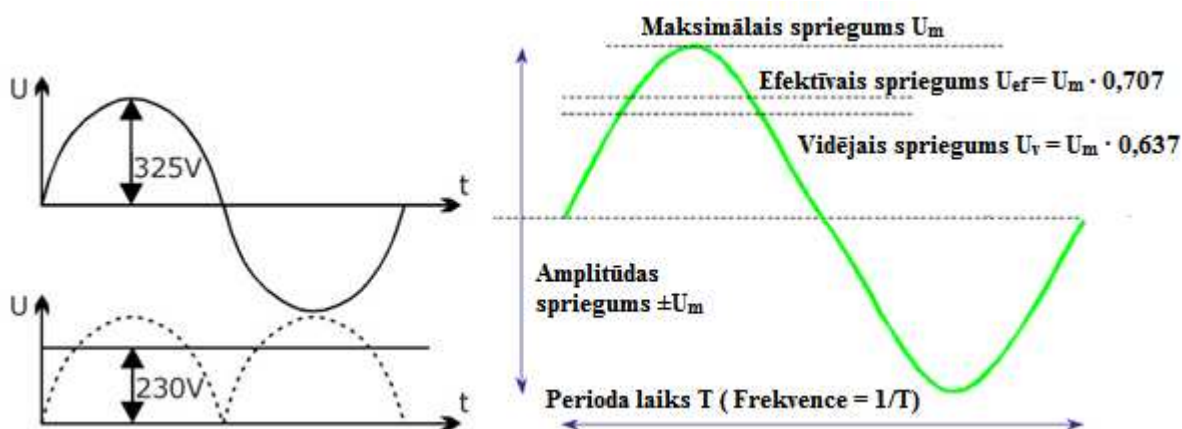
Piemērs:

Cik liels būs maiņsprieguma efektīvais spriegums U_{ef} , ja maiņstrāvas maksimālais spriegums ir $U_m = 325V$.

$$U_{ef} = \frac{325}{\sqrt{2}} = 230V, \quad \text{vai otrajā gadījumā } U_{ef} = 0,707 \cdot 325 = 230V$$

Atbilde:

Maiņsprieguma efektīvā vērtība ir 230V



147. att. maksimālās, efektīvās un vidējās maiņsprieguma vērtības

Iespējams noteikt arī maiņstrāvas vidējo spriegumu izmantojot sakarību $U_v = U_m \cdot 0,637$

Piemērs:

Cik liela ir maiņsprieguma vidējais spriegums, ja zināms, ka maksimālais jeb amplitūdas spriegums ir 325V

$$U_v = 325V \cdot 0,637 = 207V$$

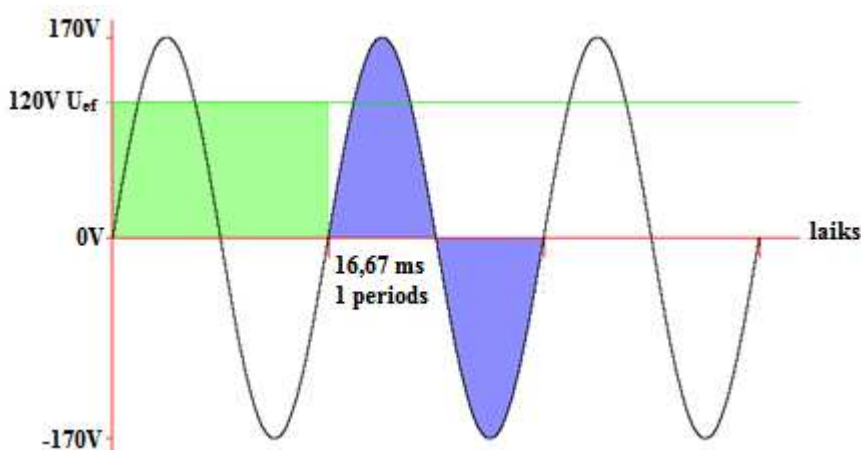
Cik lielu efektīvo strāvu patērē metināmā ierīce, ja zināms, ka maksimālā strāva ir 200A.

$$I_{ef} = 200A \cdot 0,707 = 141A$$

Ieguldījums tavā nākotnē

No sekojošā mēs varam saprast to, ka spriegums un strāva ko sadzīve izmanto dažādas elektroierīces (TV, ledusskapis, veļas mašīna utt.) sastāda tikai 70,7% no maksimālā pievadītā maiņsprieguma.

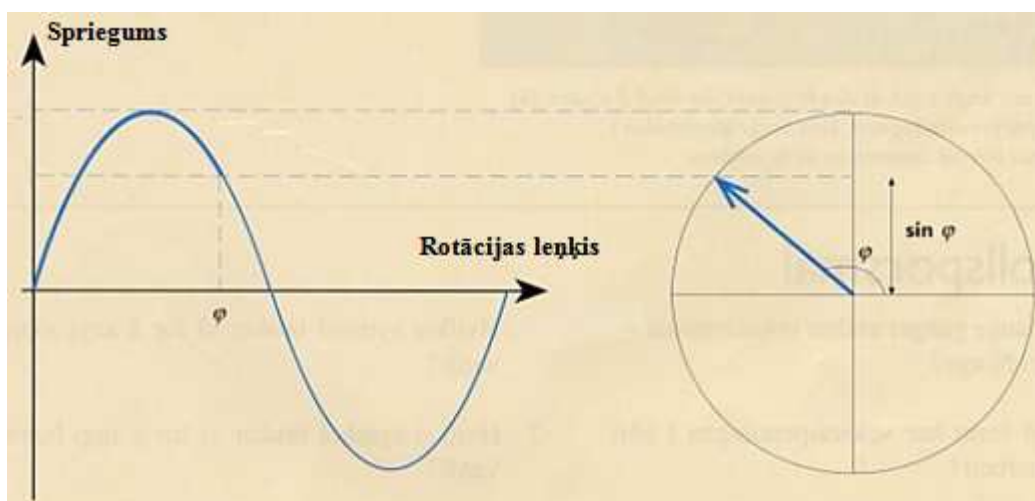
Visbiežāk lietotie maiņstrāvas ampēometri un voltmetri rāda strāvas un sprieguma efektīvās vērtības. Arī maiņstrāvas dzinēji, elektrosildītāji un drošinātāji u.c. vienmēr tiek uzrādīti atbilstoši strāvas un sprieguma efektīvajām vērtībām.



148. att. Aprēķināt attēlā redzamās maiņstrāvas sinusoīdas frekvenci. $1000 / 16,67\text{ms} = 60\text{Hz}$ (frekvence), tātad maiņstrāva savu virzienu pamaina 120 reizes sekundē, bet ģenerators rotors veic 60 apgr./sec.

Vektori

Sprieguma sinusoīdu var salīdzināt ar sprieguma vektora rotāciju pretēji pulksteņa rādītāja virzienam ap punktu 0. Viens vektora apgriezums atbilst vienam periodam. Šī vektora projekcija uz ordinātu ass atbilst momentānajai u vērtībai un mainās pēc sinusa likuma: $u = U_m \cdot \sin \varphi$. Leņķis φ raksturo maiņstrāvas fāzi un ir proporcionāls vektora rotācijas laikam. Tādēļ līknei ir nosaukums – sinusoīda.

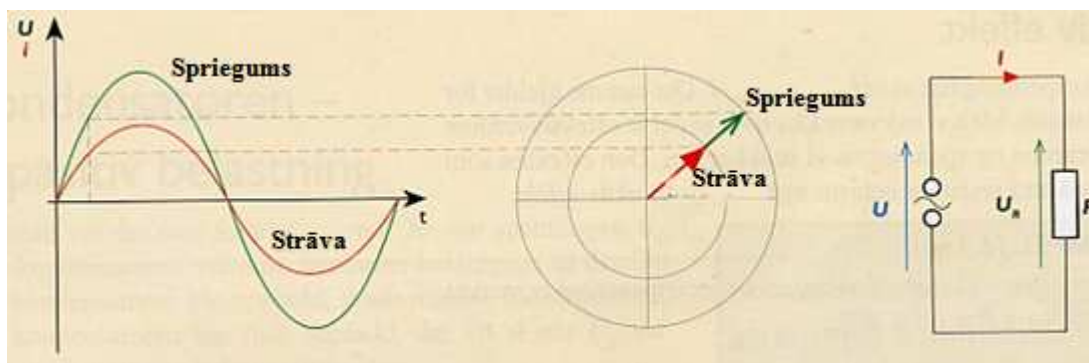


149. att. Maiņsprieguma sinusoīda un vektors rotācijas kustībā, kā arī leņķis φ .

5.2. VIENFĀZES MAIŅSTRĀVAS ĶĒDE AR REZISTORU, SPOLI UN KONDENSATORU, TO IZVEIDOJUMS, ĪPAŠĪBAS, APRĒĶINS, VEKTORU DIAGRAMMA

Aktīvā slodze un tās pretestība

Ja maiņstrāvu slogo tikai ar tīri aktīvu pretestību, tad strāva plūst cauri šai aktīvajai pretestībai R un arī sprieguma kritums ir U_a . Strāvas un sprieguma sinusoīdas un arī vektori pilnīgi sakrīt fāzē. Sakrīt sinusoīdu izmaiņas un virzieni un vektori arī rotē vienlaicīgi.



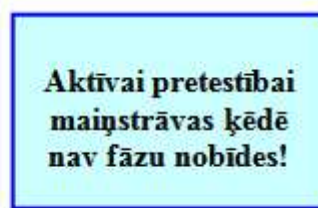
150. att. Strāva un spriegums ķēdē ar tīri aktīvu pretestību pilnīgi sakrīt fāzē.

Ieguldījums tavā nākotnē

Spriegums uz aktīvās pretestības “ U_a ” ir pilnīgi vienāda lieluma ar spriegumu, kas būtu ja pa šo pretestību plūstu līdzstrāva. Tātad U_a faktiski ir vienāds ar maiņstrāvas efektīvā sprieguma vērtību. Kā redzams attēlā 150, strāvas un sprieguma vektori pilnīgi sakrīt. Starp vektoriem fāzu nobīde ir 0° . Mēs sakām, ka strāva un **spriegums sakrīt fāzē**, ka leņķis starp fāzi un spriegumu, ko vispārīgi apzīmē ar grieķu burtu φ (fī), ir nulle.

Vektoru diagramma

Līdzīgi magnetu rotācijai arī vektorus var attēlot rotācijas kustībā. Ja magnets konkrētajā stāvoklī ir horizontālā novietojumā ar ziemeļpolu uz labo pusi, tādu pašu stāvoklī konkrētajā brīdī ieņemtu strāvas un sprieguma vektori aktīvajai slodzes pretestībai. Šādu pilnīgu abu vektoru sakrišanu sauc par references stāvokli. Ja ķēdē vēl būtu spole vai kondensators, tad starp šiem vektoriem būtu fāzes nobīde.



151. att. Maiņstrāvas un sprieguma vektori pie tīri aktīvas slodzes.

Aktīvā jauda

Lai noteiktu jaudu līdzstrāvai, pamatojoties uz Oma likumu $P = U \cdot I$ (W). Šī pati formula der arī maiņstrāvai. Mūsu gadījumā $P = U_a \cdot I$ (W). Še tiek lietotas strāvas un sprieguma efektīvās vērtības. Šajā gadījumā arī jaudu sauc par aktīvo.

Piemērs:

Cik stipra strāva plūst caur sildelementu, uz kura ir atzīme $U = 230$ V un $P = 1200$ W?

$$\text{No formulas } P = U \cdot I \quad I = \frac{P}{U} = \frac{1200}{230} = 5.2 \text{ A.}$$

Atbilde: Strāva ir 5,2 A stipra.

Oma un kirhofa likumi

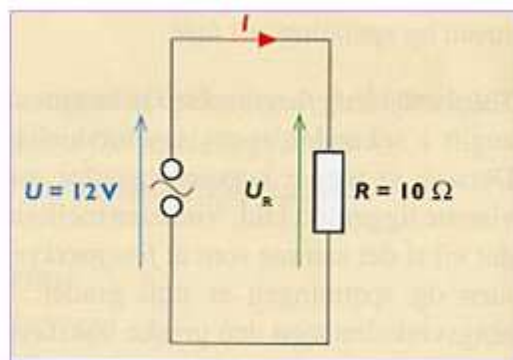
Oma un Kirhofa likumi der arī maiņstrāvai. Turklāt ja slodze ir tīri aktīva, šīs formulas un likumus var lietot bez izmaiņām.

Piemērs:

Aprēķināt strāvas lielumu

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{10} = 1,2 \text{ A}$$

Atbilde: Strāva ir 1,2 A stipra.



Aprēķināt U_{R2} dotajā shēmā.

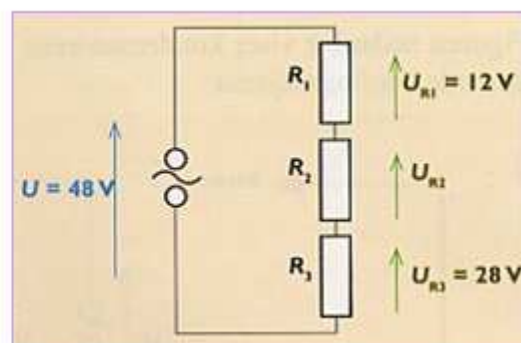
Kirhofa likums izsaka, ka sprieguma kritumu summa sērijas slēgumā ir vienāda ar barošanas avota spriegumu.

Tātad $U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3}$.

No šejienes

$$U_{R2} = U - U_{R1} - U_{R3} = 48 - 12 - 28 = 8 \text{ V.}$$

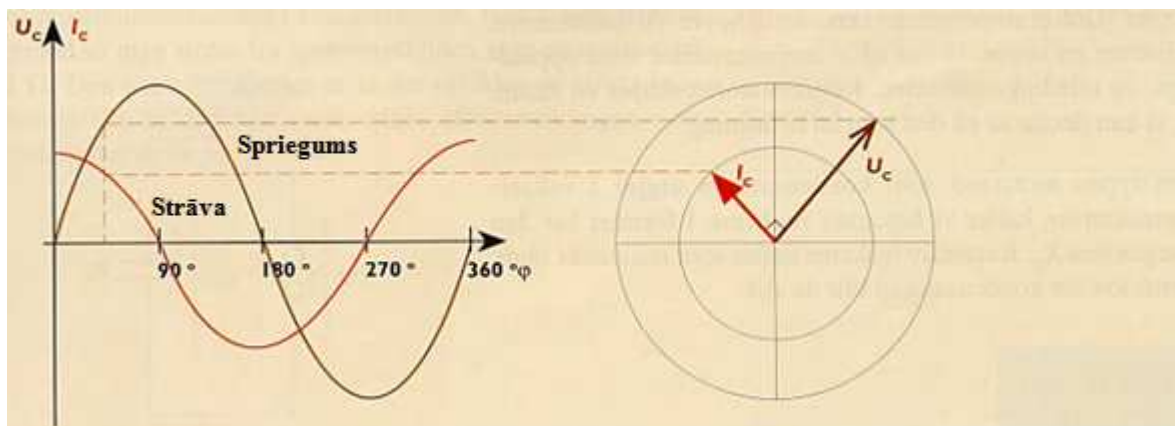
Atbilde: $U_{R2} = 8 \text{ V}$.



Kondensators – kapacitatīvā slodze

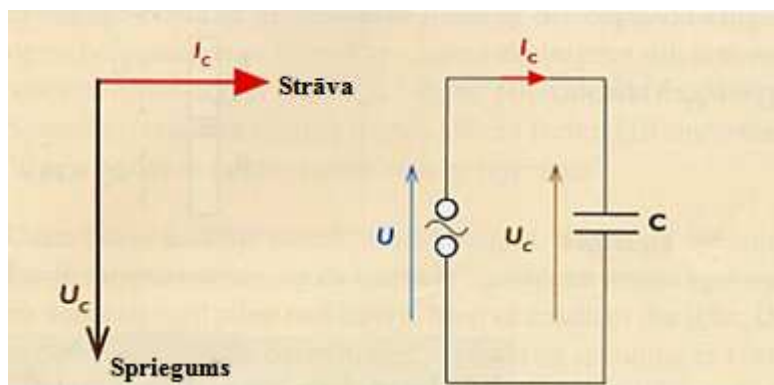
Analizējot kondensatora elektriskos parametrus ir jāatzīmē sekojošais. Kamēr spriegums U_C ir mazs, strāva I_C to uzlādē. Jo vairāk ir uzlādēts kondensators, jo strāva kļūst mazāka. Kad kondensators ir pilnīgi uzlādēts un U_C ir maksimālais, lādēšanas strāva pilnīgi izbeidzas. Tātad maksimuma vērtības strāvai un spriegumam nekad nesakrītīs. Strāva apsteidz spriegumu un fāzu nobīde ir $\varphi = 90^\circ$.

**KONDENSATORĀ
strāva par 90° apsteidz
spriegumu.**



152. att. Kapacitatīvā slodze. Strāva apsteidz spriegumu.

Vektoru diagramma



153. att. Attēlota tīri kapacitatīva slodze. Strāvas vektors apsteidz sprieguma vektoru par 90° .

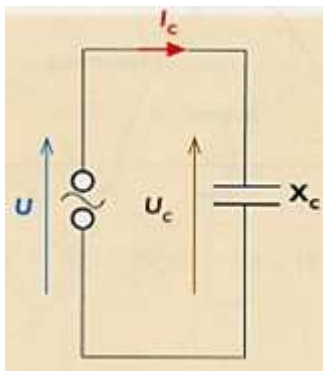
Reaktīvā jauda

Jaudu var aprēķināt, ja ir zināma strāva un spriegums. Ja ķēdē ir tikai kondensators, tad strāva un spriegums fāzē nesakrīt. Kondensators darbojas kā lādiņu uzkrātuve. No sprieguma avota lādiņi tiek sūknēti uz kondensatoru. Tad maiņspriegums samazinās līdz nullei un proporcionāli samazinās arī lādiņi. Izmantojot vispārzināmo jaudas formulu kapacitatīvās slodzes gadījumā ir jāraksta: $Q_C = U_C \cdot I_C$ (Var). Kā redzams, reaktīvo jaudu apzīmē ar burtu Q un tā kā tā ir kapacitatīvā jauda, tad Q_C . Mērvienība ir "Var", kas ir saīsinājums no Volt ampērs reaktīvais.

Nereti praksē lieto $1000 \text{ Var} = 1 \text{ kVar}$ (kilovars).

Oma likums pie reaktīvās slodzes

Vispirms ar ampērmetru reģistrējam kapacitatīvi strāvu. Caur kondensatoru dažādos laika periodos plūst mainīga strāva, jo notiek kā uzlāde, tā izlāde. Vienlaikus kondensators ir arī slodze, kurai tāpat ir pretestība. Šo pretestību sauc par kapacitatīvo pretestību, apzīmē ar X_C un mēra tāpat omos.



154. att. Šai elektriskajai ķēdei ar kapacitatīvo pretestību tad Oma likums izskatās sekojoši: $U_C = I_C X_C$.

Kārtējais uzdevums noteikt pretestību X_C .

Jo lielāks ir kondensators, jo mazāka ir tā kapacitatīvā pretestība. Tā ir apgriezti proporcionāla kapacitātei. To būtiski ietekmē arī strāvas lielums. Bez tam strāvas uzlāde un izlāde notiek ātrāk, ja frekvence ir lielāka. Tādēļ var rakstīt, ka X_C ir proporcionāla izteiksmei $1/f$, tātad pretēji proporcionāla frekvencei. Bez tam pretestība ir pretēji proporcionāla maiņstrāvas griezes kustības raksturlielumam $\frac{1}{2\pi}$ līdz ar to kondensatora pretestība sinusoidālai maiņstrāvai ir:

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

**KONDESATORĀ
reaktīvā pretestība**

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

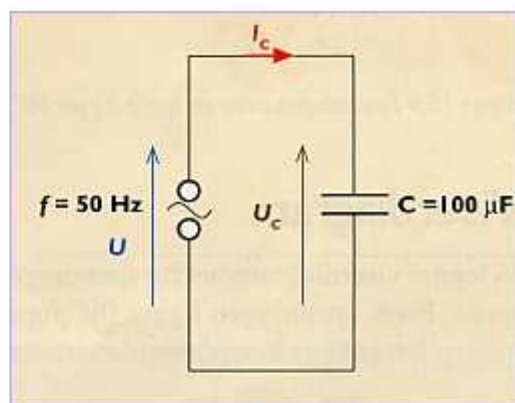
Piemērs:

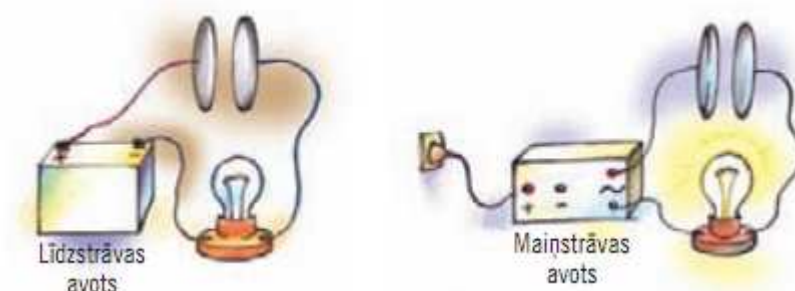
Cik liela ir pretestība kondensatorā ar kapacitāti $100 \mu\text{F}$, ko uzlādē ar sinusoidālu maiņspriegumu ar 50 Hz frekvenci?

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

Atbilde: $X_C = 32 \Omega$.

Tātad dotajā maiņstrāvas ķēdē ir papildus pretestība 32Ω .





155. att. Kondensators līdzstrāvas un maiņstrāvas ķēdē

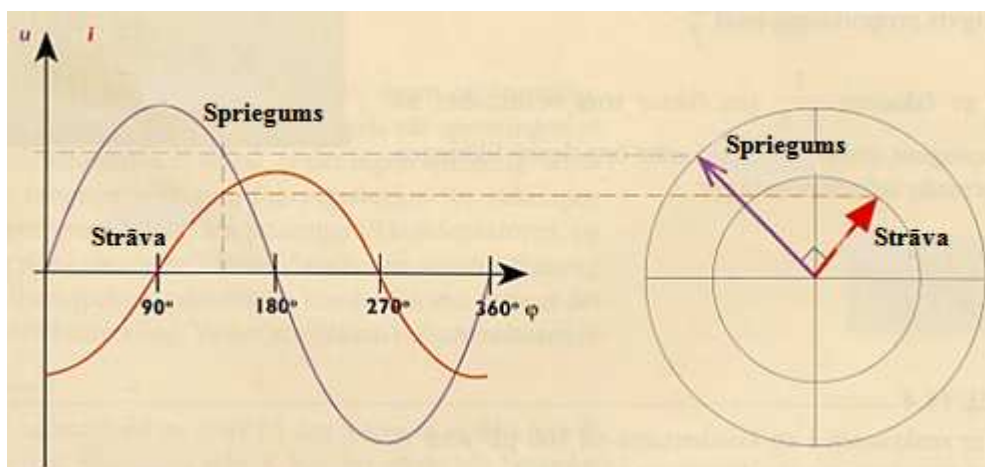
Noslēdzot līdzstrāvas ķēdi, kurā ir ieslēgts kondensators, tas uzlādējas. Pēc tam strāva beidz plūst, elektriskā ķēde pārtrūkst un spuldzīte nekvēlo. Šādā situācijā kondensatora elektriskā pretestība ir bezgalīgi liela.

Ja elektriskās baterijas vietā ķēdē ieslēdz maiņstrāvas ģeneratoru, tad kondensators elektrisko ķēdi nepārtrauc. Tam piemīt kapacitatīvā pretestība, kas atkarīga no kondensatora kapacitātes.

Spole kā induktīvā pretestība

Elektriskā spole vai tinums arī ir slodze. Ap to veidojas spēcīgs magnētiskais lauks, notiek indukcija un tādēļ to sauc arī par induktīvo pretestību. Atšķirībā no kapacitatīvās pretestības ķēdē ar tīri induktīvu pretestību spriegums par 90° apsteidz strāvu.

SPOLE
spriegums apsteidz
strāvu par 90° .

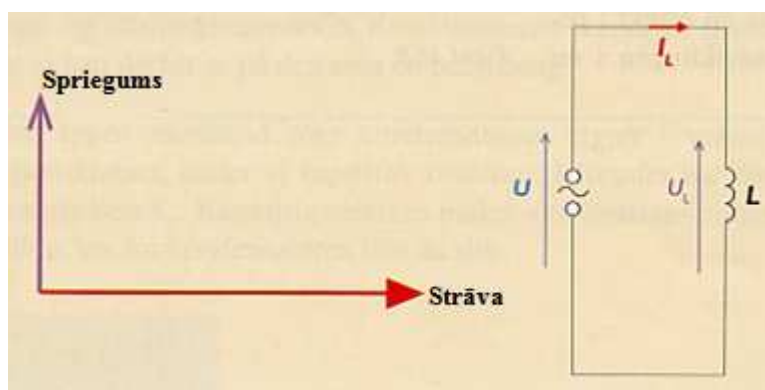


156. att. Spriegums spolē par 90° apsteidz strāvu.

Sinusoidālas strāvas virziena maiņa notiek tad, kad tā iet caur nulli. Šajā laikā EDS ir maksimāls. Pašindukcijas EDS virzienu nosaka Lenca likums. Strāvai palielinoties, EDS ir vērsts strāvai pretī, bet strāvai samazinoties virzienu sakrīt. Tātad EDS atpaliek no strāvas, bet spriegums, kas pēc skaitliskās vērtības vienāds ar EDS, bet ar pretēju zīmi, to apsteidz par 90° .

Vektoru diagramma

Tiek attēlota sprieguma un strāvas vektoru diagramma ķēdē ar tīru inductivitāti.

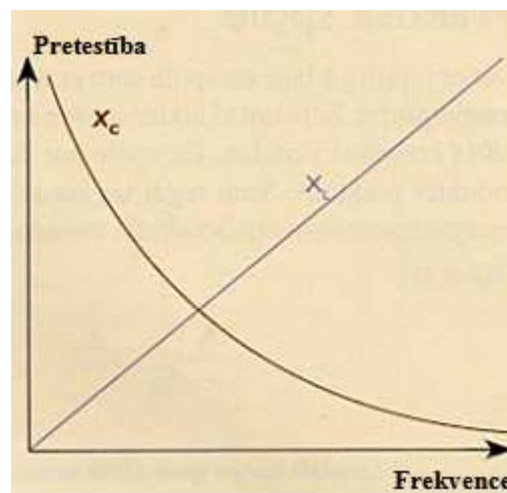


157. att.

Jauda

Ķēdē ar tīru inductivitāti momentānā jauda raksturo ātrumu, ar kādu sprieguma avota enerģija pārveidojas magnētiskajā enerģijā. Ķēdē 2 reizes periodā mainās frekvence un 2 reizes tā sasniedz pozitīvo un negatīvo maksimumu. Līdzīgi mainās enerģija un magnētiskā plūsma. Notiek periodiska enerģijas apmaiņa starp sprieguma avotu un magnētisko lauku. Ātrumu, ar kādu notiek šī aptauja, raksturo reaktīvā jauda.

$$Q_L = U_L \cdot I_L \text{ Var.}$$



158. att. Sakarība starp spoles inductīvo un kapacitatīvo pretestību un frekvenci.

Spoles pretestība

Spoles arī ir slodzes elements ar savu pretestību. To rada spoles inductivitāte un frekvence.

**SPOLES
pretestība
 $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad \Omega$**

Piemērs:

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

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot l = 2\pi \cdot 50 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 4,4 \Omega$$

Atbilde: pretestība spolē ir 4,4 Ω .



159. att. Dažādi spoļu veidi

Reālā spole

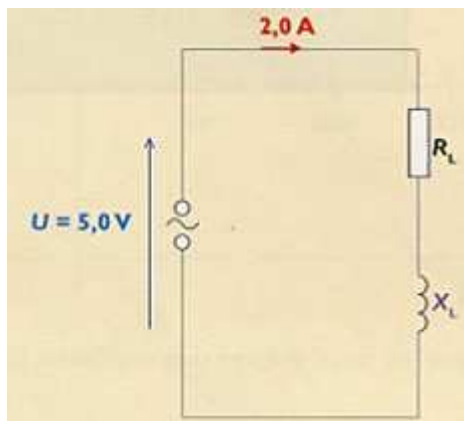
Pie normālas temperatūras nav iespējams izveidot elektrisko tinumu-spoli, kurai būtu tikai induktīvā pretestība. Parasti spoles vijumi ir no vara vadiem, kuriem neapšaubāmi ir arī aktīvā pretestība. Tādēļ varam shematiski attēlot spoli ar divām virknē slēgtām pretestībām – aktīvo un induktīvo pretestību.



160. att. Praktiski spolē ir divu veidu pretestības.

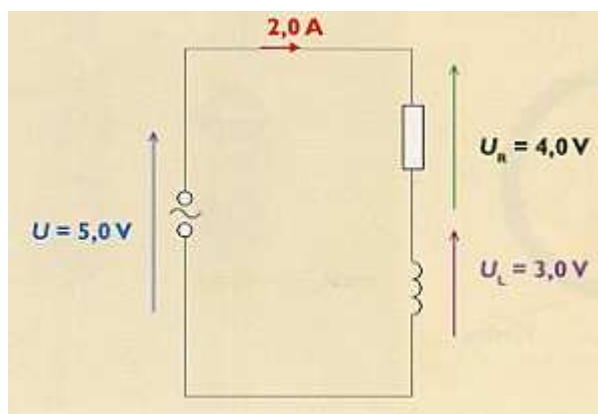
Mēģināsim paskaidrot, kādēļ ir jārēķinās ar fāzu nobīdi spolē. Tādēļ, ka divas spolē esošās pretestības nevar vienkārši saskaitīt. Mēģināsim soli pa solim izzināt un aprēķināt. Attēlā 161 ir dota konkrēta ķēde ar spoles pretestībām.

Ieguldījums tavā nākotnē



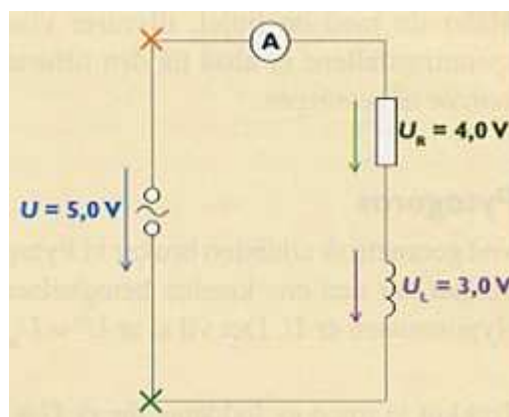
161. att.

Sprieguma avota lielums ir 5 V, pa ķēdi plūst strāva 2,0 A. Izmēram sprieguma kritumu uz pretestībām un uzzinām, ka spriegums uz aktīvās pretestības ir 4,0 V, bet uz inuktīvās ir 3,0 V.



162. att. Redzami spriegumu sadalījumi.

Saskaņā ar Kirhofa likumu spriegumu summa virknes slēgumā ir vienāda ar strāvas avota spriegumu. Mūsu piemērā spriegumu summa ir 7 V, bet ne 5 V. Ja mēs rēķinām spriegumu kritumus līdzstrāvas ķēdē, nav jārēķinās ar sprieguma virzienu. Turpretī maiņstrāvai šie virzieni atšķiras un nevar saskaitīt spriegumus aritmētiski, bet gan tikai ģeometriski. To visvieglāk ir izdarīt ar vektoriem. Dosimies apkārt pa ķēdi no augšējā krustiņa.

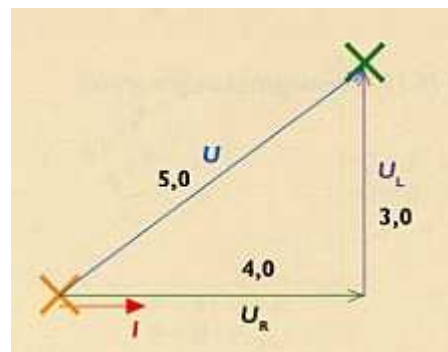
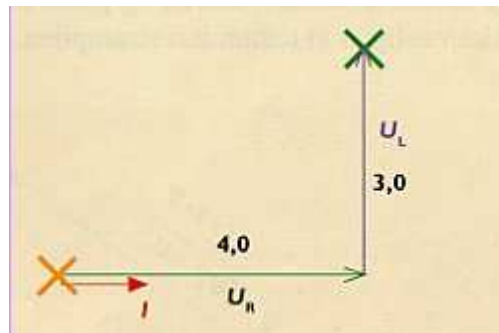


Neņemot vērā ampērmetru, kuram pretestība ir minimāla, pirmā komponente, pie kuras nonākam, ir aktīvā pretestība. Kā zināms, sprieguma kritums uz tās sakrīt fāzē ar strāvas vektoru un ir jāatliek izvēlētajā mērogā.



Nākošā pēc aktīvās pretestības ķēdē ir spole. Uz tās spriegums par 90° apsteidz strāvu. Tādējādi strāvas vektors joprojām ir horizontāli, bet sprieguma vektors ir vērsts vertikāli. Ar vektoriem ir attēloti sprieguma kritumi no sākuma (oranžā) līdz nobeiguma krustiņam (zaļajam). Starp šiem krustiņiem shēmā palika

sprieguma avots. Šos krustiņus savienojam ar vektoru, kas pieņemtajā mērogā attēlo 5 V un tiešām sakrīt ar enerģijas avota spriegumu, kas šoreiz mums bija zināms.



163. att. Spriegumu kritumu trīsstūris ar vienu taisnu (90°) leņķi.

Piemērs apliecina, ka spriegumu kritumu ģeometriskā summa ārējā ķēdē ir vienāda ar sprieguma kritumu sprieguma avotā.

Pitagora teorēma

Lai taisnleņķa trīsstūrī varētu saskaitīt rezultātus, atcerēsimies Pitagora teorēmu. Viena katete ir U_a , bet otra ir U_L .

Ir jāatrod hipotenūza.

$$U^2 = U_a^2 + U_L^2$$

Izvelkot kvadrātsakni

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2}$$

Konkrētajā piemērā

$$U = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ V.}$$

Pitagora teorēmas noteikumi

$$U^2 = U_a^2 + U_L^2$$

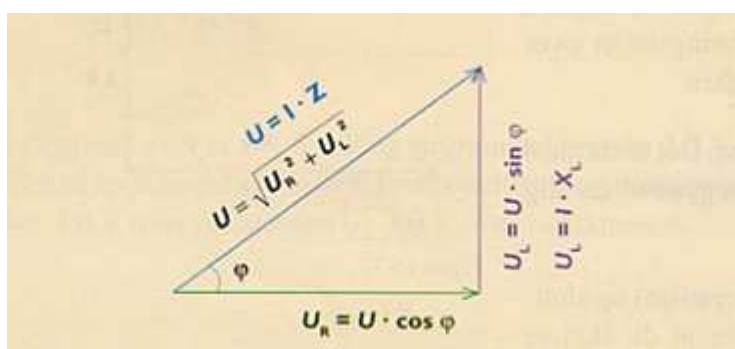
Rezultāts apliecina metodes pareizību.

Fāzu nobīdes leņķis

Leņķis starp spriegumu uz spailēm un strāvu ķēdē ir atkarīgs no induktīvās komponentes lieluma, salīdzinot ar sprieguma aktīvo komponenti. Tātad fāzu nobīdes leņķis ir atkarīgs no slodzes rakstura.

Sprieguma trīsstūris

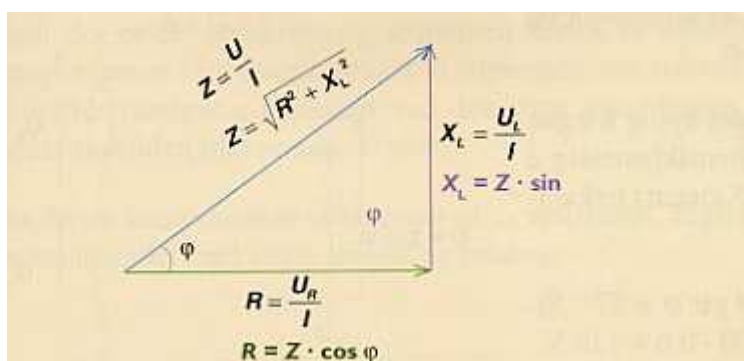
Izteiksim spriegumu spolē ar Oma likumā noteiktām elektriskajām vienībām $U = I \cdot Z$ un $U_L = I \cdot X_L$ un arī ar fāzu nobīdes leņķa trigonometriskajām funkcijām $U_a = U \cdot \cos \varphi$ $U_L = U \cdot \sin \varphi$ un atliksim sprieguma trīsstūrī.



164. att. Spoles sprieguma trīsstūris.

Pretestību trīsstūris

Ja iepriekš analizētajam sprieguma trīsstūrim visas trīs malas dalām ar elektriskajā ķēdē plūstošo strāvu, mēs iegūstam pretestību trīsstūri.



165. att. Pretestību trīsstūris spolei.

Attēlotais pretestību trīsstūris ir atbilstošs spolei, kur nav kapacitatīvā pretestība. Hipotenūzas garums ir tieši proporcionāls maiņstrāvas ķēdes pilnajai pretestībai.

Oma likums maiņstrāvai

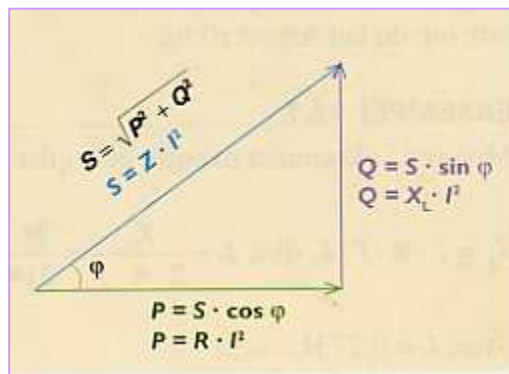
Kā zināms, līdzstrāvai Oma likums ir $U = I \cdot R$. Maiņstrāvai pilnā pretestība ir Z un Oma likums ir jāraksta šādā veidā: $U = I \cdot Z$

Jaudas trīsstūris

Ja sprieguma trīsstūrim visas malas reizina ar strāvu I , tiek iegūts jaudu trīsstūris. Līdzstrāvas gadījumā būtu tikai aktīvā jauda, ko mēra W , bet maiņstrāvai plūstot cauri spolēm un kondensatoriem ir reaktīvā jauda, ko mēra VAR . Ja ģeometriski aktīvo un reaktīvo jaudu saskaita, iegūst pilno vai šķietamo jaudu. Pilnās jaudas aprēķina formula ir

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (kVA)}$$

Elektroenerģijas pircējs parasti maksā par aktīvo enerģiju un tikai lieliem patērētājiem tiek uzskaitīta reaktīvā enerģija.



166. att. Jaudas trīsstūris.

Jaudas koeficients

Reālajiem maiņstrāvas patērētājiem ir nepieciešama gan aktīvā, gan reaktīvā jauda, tātad arī pilnā jauda. Bieži ir svarīgi zināt, cik daudz no kopīgās jaudas “s” ir aktīvā jauda. Saskaņā ar jaudu

trīsstūri $\frac{P}{S} = \cos \varphi$ to sauc par jaudas koeficientu. Jo lielāks ir $\cos \varphi$, respektīvi, tas ir tuvāks vienam, jo lielāks ir aktīvās jaudas īpatsvars.

Piemērs:

Dots maiņstrāvas elektrodzinējs, kuram $U = 230 \text{ V}$, $I = 1,6 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,8$. Dzinējam ir aktīvā tinuma vadu pretestība un tinumu reaktīvā pretestība. Aprēķināt S , P , Q , U_a , U_L , Z un leņķi φ .

Lai atrisinātu šo uzdevumu ir nepieciešama vektoru diagramma. Konstruēsim sprieguma trīsstūri, lai gan zinām tikai kopīgo avota spriegumu U un $\cos \varphi$. Aprēķināsim sprieguma trīsstūra katetes (sk. attēlu 167). $U_a = U \cdot \cos \varphi = 230 \cdot 0,8 = 184 \text{ V}$. Ja $\cos \varphi = 0,8$, tad $\varphi = 37^\circ$ un $\sin 37^\circ = 0,6$.

Tad trīsstūra otra katete $U_L = U \cdot \sin \varphi = 230 \cdot 0,6 = 138 \text{ V}$. Tagad zīmējam spriegumu trīsstūri atbilstošajā mērogā.

Lai noteiktu jaudas, pareizinām sprieguma trīsstūra malas ar $I = 1,6 \text{ A}$.

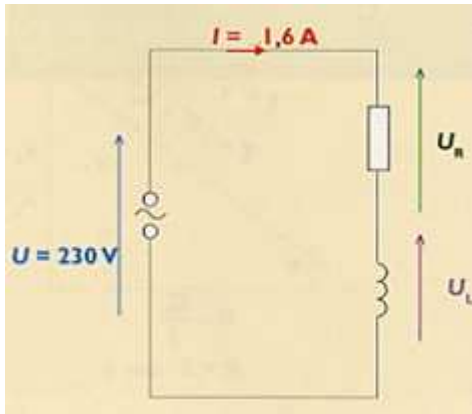
Tas būs $S = U \cdot I = 230 \cdot 1,6 = 368 \text{ VA}$; $P = 184 \cdot 1,6 = 294 \text{ W}$; $Q = 138 \cdot 1,6 = 221 \text{ VAR}$.

Ieguldījums tavā nākotnē

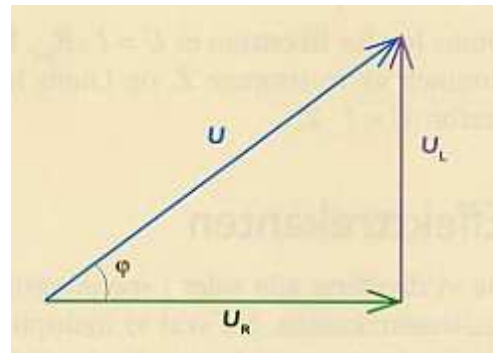
Lai atrastu pretestību lielumus, dalām sprieguma trīsstūra malas ar $I = 1,6 \text{ A}$. Iegūstam

$$Z = \frac{230}{1,6} = 144 \Omega; R = \frac{184}{1,6} = 115 \Omega; X_L = \frac{138}{1,6} = 86 \Omega.$$

Atbilde: $S=368 \text{ VA}$, $P=294 \text{ W}$, $Q=221 \text{ VAR}$, $U_R=184 \text{ V}$, $U_L=138 \text{ V}$, $Z=144 \Omega$, $R=115 \Omega$, $X_L=86 \Omega$ un $\varphi=37^\circ$



167. att. elektromotora ķēde



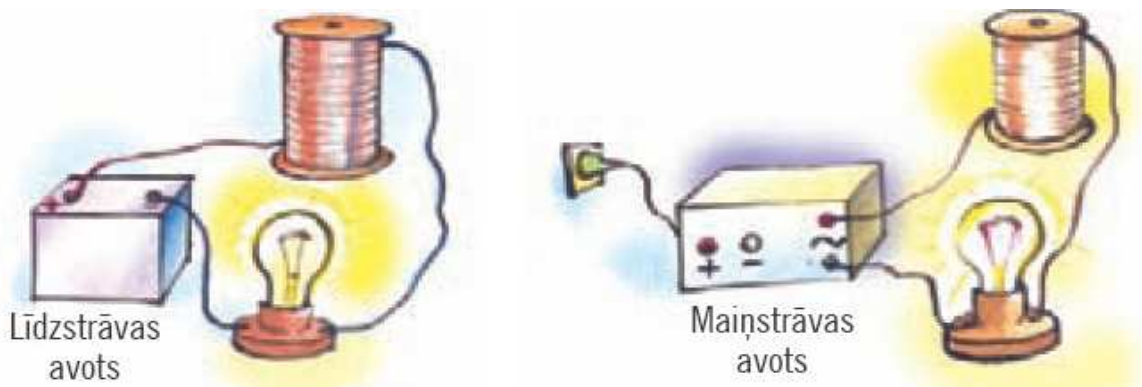
168. att. sprieguma trīsstūris

Šis, protams, nav vienīgais veids, kā izpildīt uzdevuma prasības. Tomēr risinājuma gaita un secība ir ļoti skaidra. Ar lineālu un leņķa mēru turklāt varam pārbaudīt un precizēt rezultātu pareizību.

Iepriekšējā piemērā analizētajam dzinējam frekvence ir 50 Hz . Izrēķināt L .

Izmantojam formulu $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ no šejienes $L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} = \frac{86}{314} = 0,27 \text{ H}$.

Atbilde: $L=0,27 \text{ H}$.



169. att. Maiņstrāvas ķēdē ieslēgtā spuldze spīd vājāk nekā līdzstrāvas ķēdē. Tāpēc uzskata, ka spolei bez aktīvās pretestības piemīt vēl arī reaktīvā induktīvā pretestība.

5. Vienfāzes un trīsfāzu maiņstrāvas ķēdes

5.3. Vienfāzes maiņstrāvas ķēdes virknes slēgums ar rezistoru, spoli un kondensatoru, tā izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma. Spriegumu rezonanse

5.4. Vienfāzes maiņstrāvas ķēde ar paralēli slēgtiem patērētājiem, tās izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma. Strāvu rezonanse

Stundas tēma: Vienfāzes maiņstrāvas ķēdes virknes slēgums ar rezistoru, spoli un kondensatoru, tā izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma. Spriegumu rezonanse, vienfāzes maiņstrāvas ķēde ar paralēli slēgtiem patērētājiem, tās izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma. Strāvu rezonanse

Stunda: 15 – 16 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast maiņstrāvas ķēdes virknes slēgumu ar rezistoru, spoli un kondensatoru, tās izveidojumu, īpašības un aprēķinu, vektoru diagrammas;
2. Saprast sprieguma rezonanses principu;
3. Mācēt analizēt vienfāzes maiņstrāvas ķēdes ar paralēli slēgtiem patērētājiem;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Vienfāzes maiņstrāvas ķēdes virknes slēgums ar rezistoru, spoli un kondensatoru;
2. Maiņstrāvas elektrisko ķēžu izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma;
3. Vienfāzes maiņstrāvas ķēde ar paralēli slēgtiem patērētājiem, tās izveidojums, īpašības, aprēķins, vektoru diagramma. Strāvu rezonanse;

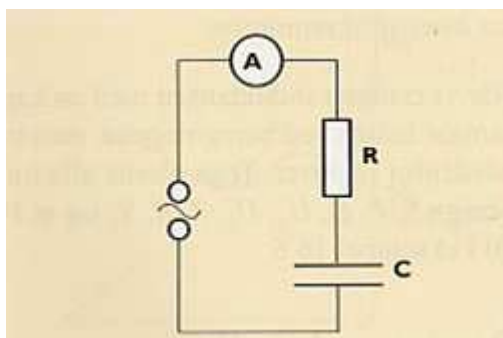
Izmantojamā literatūra:

- Ģirts Egils Lagzdīņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- Elektriskās ķēdes <http://www.allaboutcircuits.com/worksheets/acmcc.html> 2011.10
- Elektronikas pamati <http://www.ibiblio.org/kuphaldt/electricCircuits/index.htm> 2011.11
- Ilmārs Žanis Klegeris „Lietišķā elektrotehnika” Studiju materiāli, Jelgava 2007

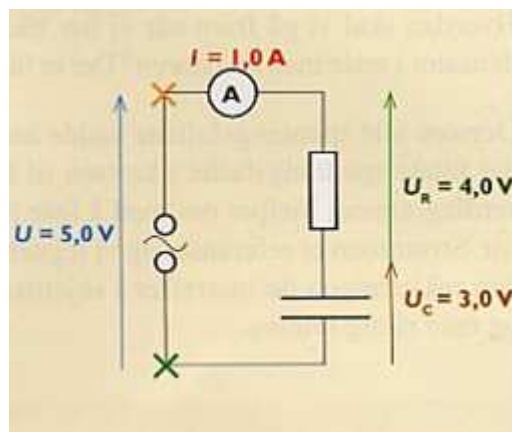
5.3. VIENFĀZES MAIŅSTRĀVAS ĶĒDES VIRKNES SLĒGUMS AR REZISTORU, SPOLI UN KONDENSATORU, TĀ IZVEIDOJUMS, ĪPAŠĪBAS, APRĒĶINS, VEKTORU DIAGRAMMA. SPRIEGUMU REZONANSE.

Pretestība un kondensators virknē

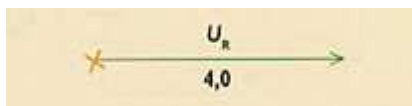
Sprieguma avotam ir virknē pieslēgta aktīvā pretestība un kondensators (*attēls 170*). Rīkojamies līdzīgi iepriekšējai shēmai, kad ķēdē bija induktivitāte. Tālāk papildinātajā shēmā (*attēls 171*) redzams, ka enerģijas avota spriegums $U=5\text{ V}$. Ampērmetru noteiktā strāva ķēdē ir 1 A . Izmēram sprieguma kritumu uz atsevišķiem patērētājiem – aktīvai pretestībai – 4 V , bet kondensatoram – 3 V . Pirmā sastāvdaļa ir aktīvā pretestība. Atliekam vektoru pieņemtajā mērogā un virzienā (*attēls 173*).



170. att.

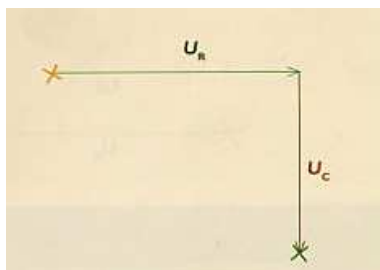


171. att.

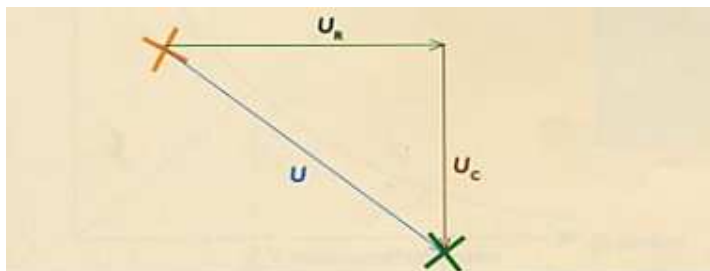


173. att.

Aiz pretestības ir kondensators. Ja pirms tā strāva un spriegums sakrīta fāzē, tad uz kondensatora sprieguma vektors par 90° apsteidz strāvu. Tādējādi vektors U_C ir jāzīmē atbilstošajā mērogā, bet uz leju. Līdz ar to ķēde ir izieta un sasniegts zaļais krustiņš. Starp šiem krustiņiem atrodas sprieguma avots. Savienojot ar taisni abus punktus, iegūstam U .



174. att.



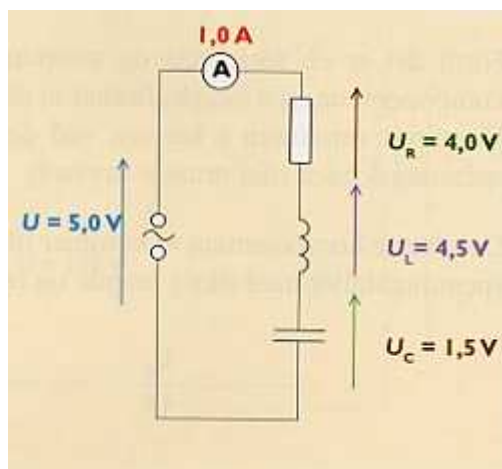
175. att.

Ieguldījums tavā nākotnē

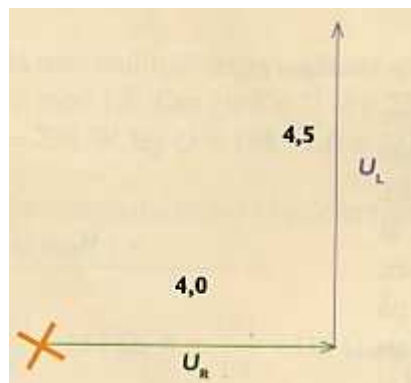
Izmēram ar lineālu un iegūstam rezultātu – 5 V. Tātad apstiprinājās iepriekšējā mērījuma rezultāti. Konstruējot šo trīsstūri, ir jābūt uzmanīgam, lai nesajauktu pareizos virzienus. Mūsu piemērā – induktivitāte uz augšu, bet kapacitāte uz leju.

Maiņstrāvas ķēdēs vienlaikus ir gan aktīvās, gan reaktīvās pretestības. Turklāt reaktīvās pretestības var būt pat tad, ja maiņstrāvas ķēdē nav speciāli šim nolūkam domātas spoles vai kondensatori. Piemēram, elektromotora tinumiem piemīt ne tikai aktīvā pretestība, bet kā jau spolēm, tiem ir arī induktīvā pretestība X_L . Tā kā tinumi ir savstarpēji izolēti, šādai vadu sistēmai piemīt arī kapacitatīvā pretestība X_C . Maiņstrāvas ģeneratorā, elektromotorā, elektroenerģijas pārvades līnijā pretestības R , X_L un X_C bieži veido virknē savienotus elektriskās ķēdes elementus.

Tagad jautājums ir atrast galvenos parametrus ķēdei, ja virknē ir pretestība, kondensators un spole. Tas faktiski nav grūti. Ja visi sprieguma kritumi būtu vienā virzienā, tad kopējais sprieguma kritums būtu 10 V. Jāizmanto vektoru diagramma. Sākotnēji izmērītie lielumi parādīti *attēlā 176*, bet *attēlā 177* redzams, ka pirmais no krustiņa ir atlikts sprieguma kritums uz aktīvās pretestības ar horizontālu vektoru.

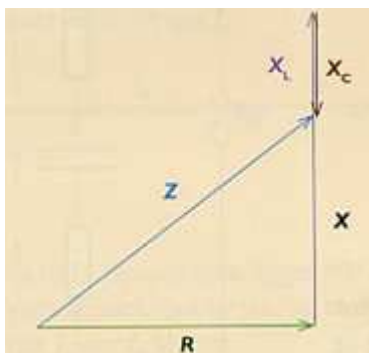


176. att.

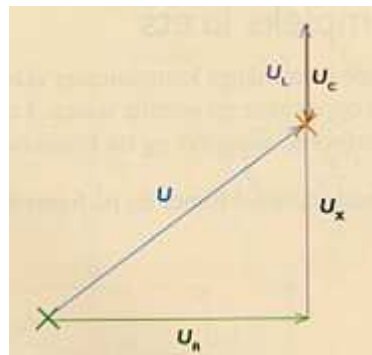


177. att.

Tad pieskaitām sprieguma kritumu uz induktivitātes – virzienā uz augšu, bet šim vektoram galā sprieguma kritumu uz kapacitāti, virzienā uz leju. Apzīmējot reaktīvo sprieguma kritumu ar U_X ir jāraksta – $U_X = U_L - U_C$. Izdalot ar I iegūstam pretestību trīsstūri.



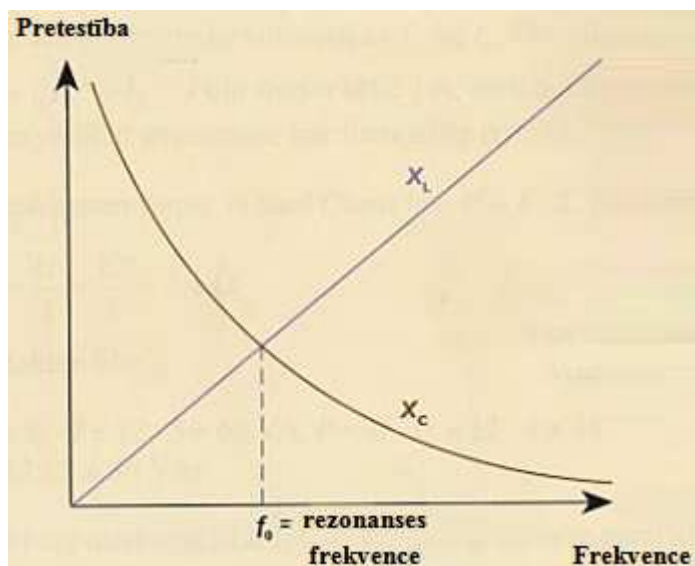
178. att.



179. att.

Rezonanses frekvence

Ja virknē ir kondensators un spole, tad vispirms uzzināsim atbilstošās reaktīvās pretestības X_C un X_L . Mainoties frekvencei, var iegūt punktu kur $X_C = X_L$ (sk. attēlu 180). Šo frekvences lielumu sauc par rezonanses frekvenci, bet krustpunktu par rezonanses punktu. Šo īpašību plaši lieto radioaparātos un televizoros, jo šajā punktā iestājas sprieguma rezonanse. Tīkla frekvence tiek saskaņota ar noslēgta kontūra pašsvārstību frekvenci un reaktīvā pretestība ir 0. Strāvas efektīvā vērtība rezonanses gadījumā sasniedz maksimumu un sakrīt fāzē ar spriegumu. Tomēr atsevišķos ķēdes posmos var rasties pārspriegums.



180. att.

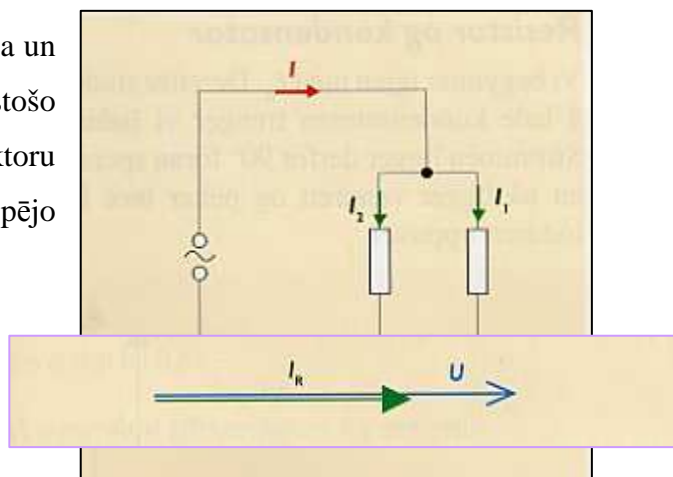
5.4. VIENFĀZES MAINSTRĀVAS ĶĒDE AR PARALĒLI SLĒGTIEM PATĒRĒTĀJIEM, TĀ IZVEIDOJUMS, ĪPAŠĪBAS, APRĒĶINS, VEKTORU DIAGRAMMA. STRĀVU REZONANSE

Paralēlais slēgums

Paralēlajos slēgumos kopīgais rādītājs ir nevis strāva, bet gan spriegums – tādēļ mēs lietosim spriegumu kā atskaites punktu.

Pretestības - aktīvās

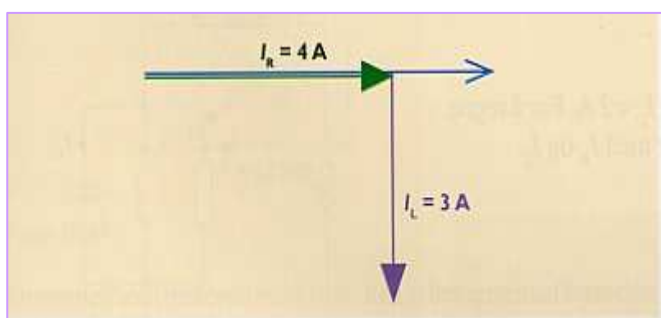
Šeit der tie paši likumi kā līdzstrāvai, jo strāva un spriegums sakrīt fāzē. Skatīt attēlu 181 un atbilstošo vektoru diagrammu attēlā 182. Vispirms zīmē vektoru diagrammu, atliekot spriegumu un tam paralēli kopējo strāvu I_a .



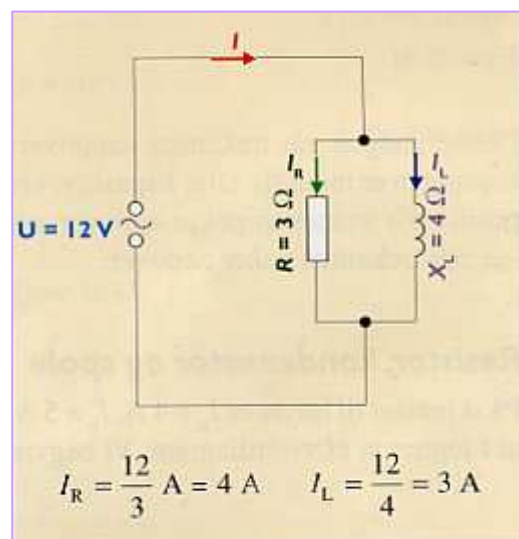
182. att.

181. att.

Nākošais piemērs – ja paralēli ir slēgta aktīvā pretestība $R_a=3 \Omega$ un induktivitāte $R_L=4 \Omega$.



183. att.



184. att.

Tādā gadījumā strāva $I_a = \frac{U}{R_a} = \frac{12}{3} = 4 \text{ A}$, bet $I_L = \frac{12}{4} = 3 \text{ A}$ Saskaņā ar Pitagora teorēmu

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_L^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ A.}$$

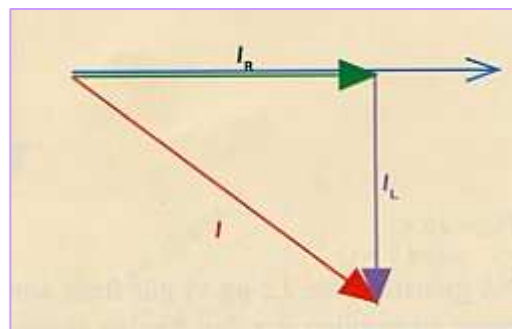
Ja varētu saskaitīt aritmētiski, būtu bijis 7A, bet pareizi ir 5A. Vektoru diagrammu sākam konstruēt, atliekot aktīvo un induktīvo strāvas lielumus (sk. attēlus 183 un 185). Iegūstam ģeometrisko strāvu summu, kas arī ar šo paņēmieni ir

$I=5\text{A}$. Kopējo pretestību atrodam ar Oma likumu

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{12}{5} = 2,4 \Omega \text{ Jaudas ir } S = U \cdot I = 12 \cdot 5 = 60 \text{ VA,}$$

$$P = U \cdot I_R = 12 \cdot 4 = 48 \text{ W, } Q = U \cdot I_L = 12 \cdot 3 = 36 \text{ VAR}$$

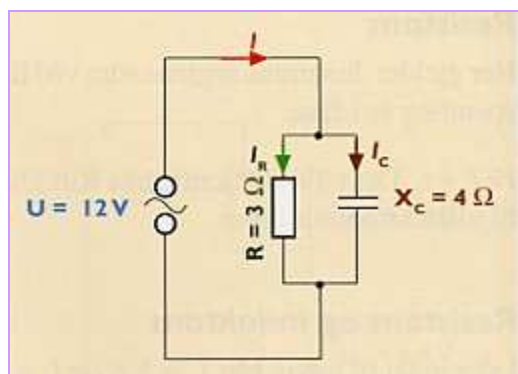
Ievēro un nekļūdies, jo paralēlslēgumā $U=U_L=U_a$.



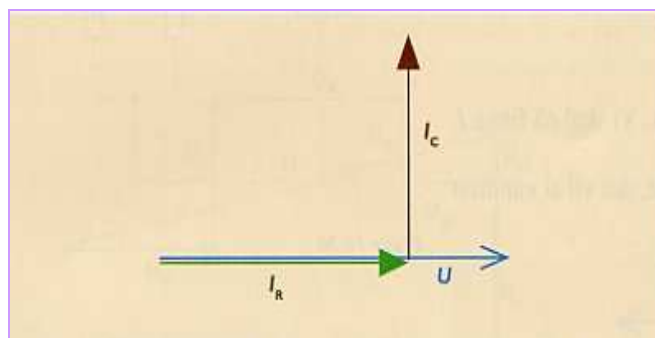
185. att.

Aktīvā pretestība un kondensators paralēlajā slēgumā

Attēlā 186 dotā shēma ir līdzīga iepriekšējai, tikai spoles vietā ir kondensators. Lai uzlādētu kondensatoru kapacitatīvās strāvas vektors ir priekšā spriegumam par 90° . Sprieguma vektors atrodas horizontāli, arī aktīvās strāvas vektors, bet kapacitatīvās strāvas vektors par 90° to apsteidz un ir vērsts vertikāli uz augšu.

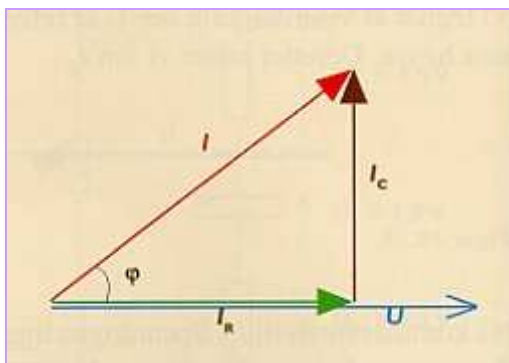


186. att.



187. att.

Ieguldījums tavā nākotnē

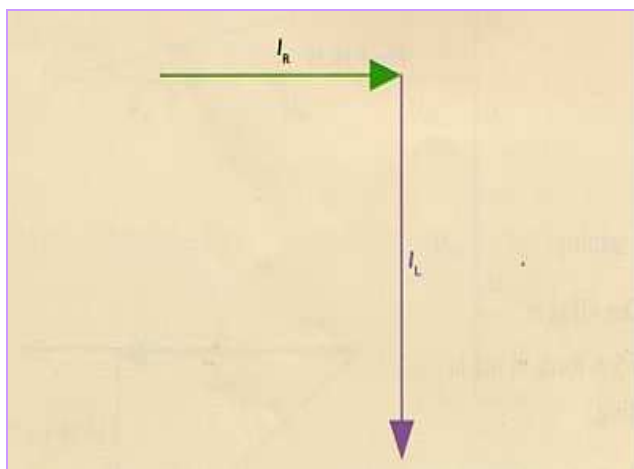


188. att.

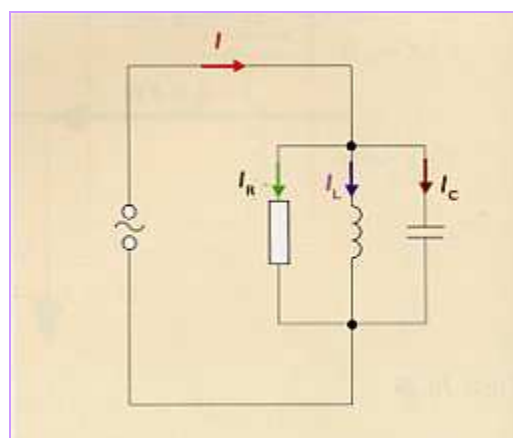
Savienojot šo divu vektoru beigu punktu ar sākuma punktu, iegūstam kopējās strāvas vektoru, kura garums ir $I=5$ A un kas atrodas ar fāzu nobīdi pret spriegumu (sk. Attēlu 188).

Aktīvā pretestība, kondensators un spole.

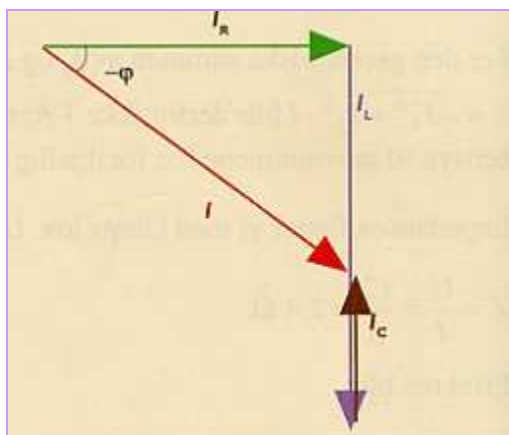
Ir dota shēma, kas attēlota 189. Dots, ka $I_a=4$ A, $I_L=5$ A, $I_C=2$ A. Lai aprēķinātu kopējo strāvu, sāksim zīmēt vektoru diagrammu (sk. Attēlu 190).



190. att.



189. att.



191. att.

Vispirms atliksim vektorus I_a un I_L atbilstošajos virzienos. Tad ir jāpieskaita vektors I_C , kura virziens ir pretējs vektoram I_L . I_C galapunktu savienojam ar I_a sākuma punktu un iegūstam kopējo strāvas vektoru I . Atliek izmērīt atbilstošajā mērogā un iegūsim – 5A. Tiek iegūts arī fāzu nobīdes leņķis. To pašu rezultātu var iegūt ar Pitagora teorēmu, jo $I = \sqrt{I_a^2 + (I_L + I_C)^2}$

Strāvas rezonanse

Par rezonansi elektriskajā svārstību kontūrā sauc parādību, kad krasi pieaug uzspiesto svārstību amplitūda, ja ārējā maiņsprieguma frekvence sakrīt ar svārstību kontūra pašfrekvenci. Spriegumu rezonanse novērojama ķēdē, kurā uzspiesto elektrisko svārstību ģenerators, kurš ģenerē spriegumu ir slēgts virknē ar reāla svārstību kontūra spoli un kondensatoru. Jau mehānikas kursā, analizējot uzspiestās elektriskās svārstības, tika noskaidrota rezonanses parādība, kas izpaužas kā uzspiesto svārstību amplitūdas ievērojama palielināšanās, ja uzspiedējspēka frekvence sakrīt ar svārstību sistēmas pašfrekvenci.

Fāzu kompensācija

Reaktīvās slodzes esamība elektriskajā ķēdē rada vektoru nobīdi un palielina jaudas trīsstūrī leņķi φ . Šo leņķi vai kā praktiski pieņemts, jaudas koeficientu $\cos\varphi$ būtiski iespaido elektrodzinēji, it sevišķi, ja tie darbojas tukšgaitā un ja ir citu induktīvu patērētāju liels īpatsvars. Ja ir iespējams palielināt $\cos\varphi$ un tuvināt to vienam, samazinās zudumi ģeneratoros, dzinējos, elektriskajā tīklā utt. Vienkāršākais $\cos\varphi$ uzlabošanas paņēmiens ir kondensatoru slēgšana paralēli elektriskajā ķēdē, tādējādi kompensējot induktīvo slodzi un samazinot fāzu nobīdes leņķi.

Piemērs:

Uz elektrodzinēja ir atzīme $U=230\text{ V}$. $P=12\text{ kW}$, $\cos\varphi=0,6$. Cik lielu kondensatoru, ar kādu kapacitatīvo jaudu ir jāpieslēdz, lai $\cos\varphi$ palielinātu līdz 0,8? Vispirms aprēķināsim pilno jaudu.

Kā zināms, $\cos\varphi = \frac{P}{S}$ tātad

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{12}{0,6} = 20\text{ kVA un}$$

$$I_M = \frac{S}{U} = \frac{20 \cdot 10^3}{230} = 87\text{ A}$$

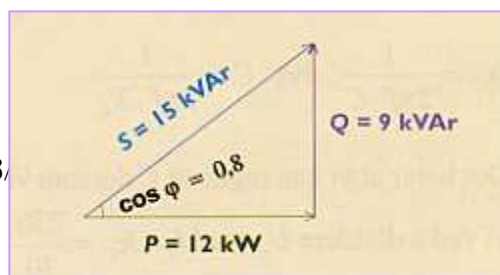
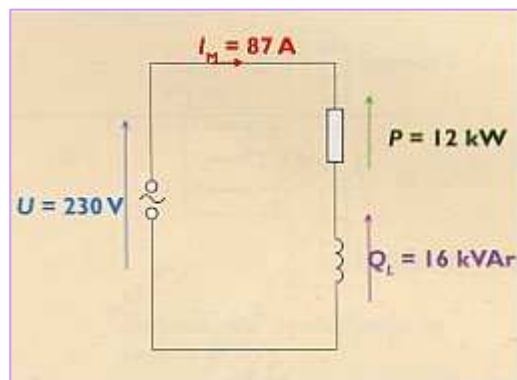
Saskaņā ar Pitagora

teorēmu induktīvā jauda

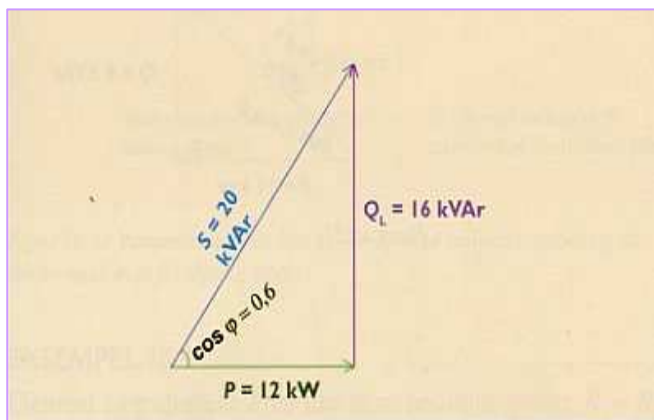
$$Q_L = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{20^2 - 12^2} = 16\text{ kVAr}$$

Šie rezultāti ir uz shēmas (attēls 192) un zīmējam

192. att.



jaudu trīsstūri ar $\cos\varphi=0,6$ (attēls 193).



att. 193

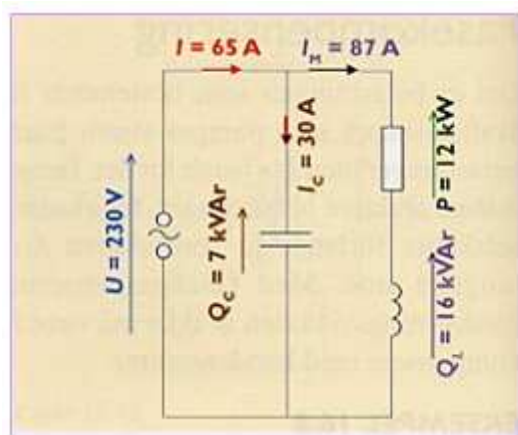
att. 194

Uzdevums ir samazināt leņķi, respektīvi, palielināt $\cos\varphi$ līdz 0,8, nemainot aktīvo jaudu $P=12 \text{ kW}$.

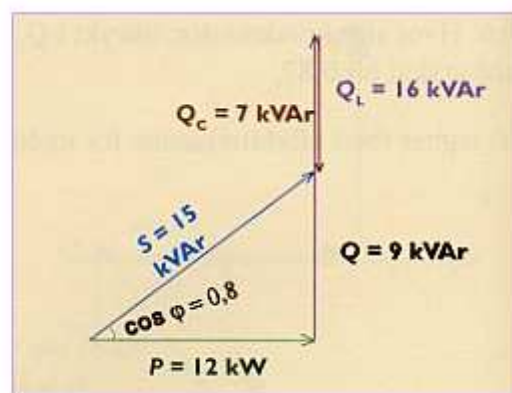
Tātad no sakarības $\cos\varphi = \frac{P}{S}$ var izteikt, ka pilnā jauda $S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{12}{0,8} = 15 \text{ kVAr}$, tātad ir

jāiegūst, lai jaudas trīsstūris būtu atbilstošs attēlam 194. Šajā gadījumā leņķis φ ir 37° . Reaktīvo jaudu Q ir jāsamazina līdz 9 kVAr. To var pārbaudīt arī ar Pitagora teorēmas palīdzību. Tātad ir jāieslēdz kondensators, lai panāktu $Q = Q_L - Q_C$ tad $Q_C = Q_L - Q = 16 - 9 = 7 \text{ kVAr}$. Kondensatoram ir jābūt 7 kVAr lielam. Attēlā 195 ir redzama shēma pēc kompensācijas, bet attēlā 196 jaudu trīsstūris pēc kompensācijas.

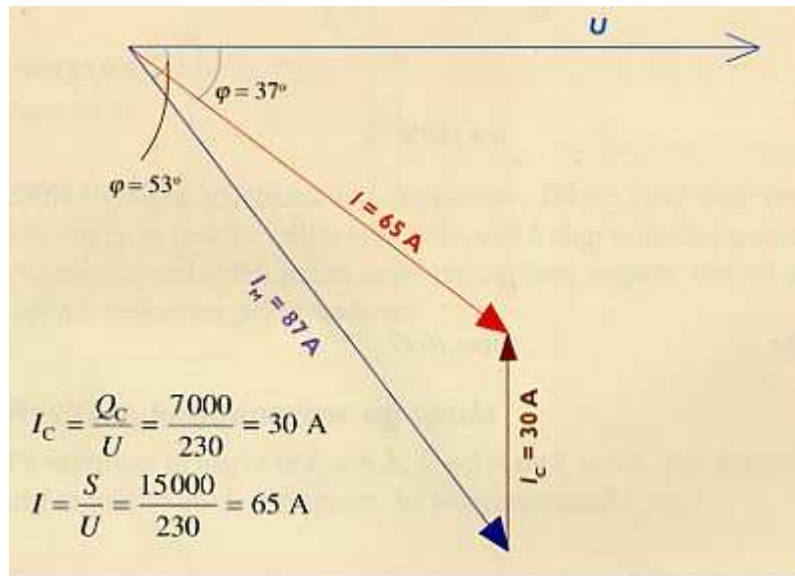
Attēlā 197 ir parādīts, ka ieslēdzot kondensatoru pie samazinātas kopējās jaudas (no 20 kVA uz 15 kVA), samazinās arī kopējā strāva. Tātad dzinēja darba režīms ir kļuvis ekonomiskāks.



195. att.



196. att.



197. att.

Kondensatora papildus aprēķins

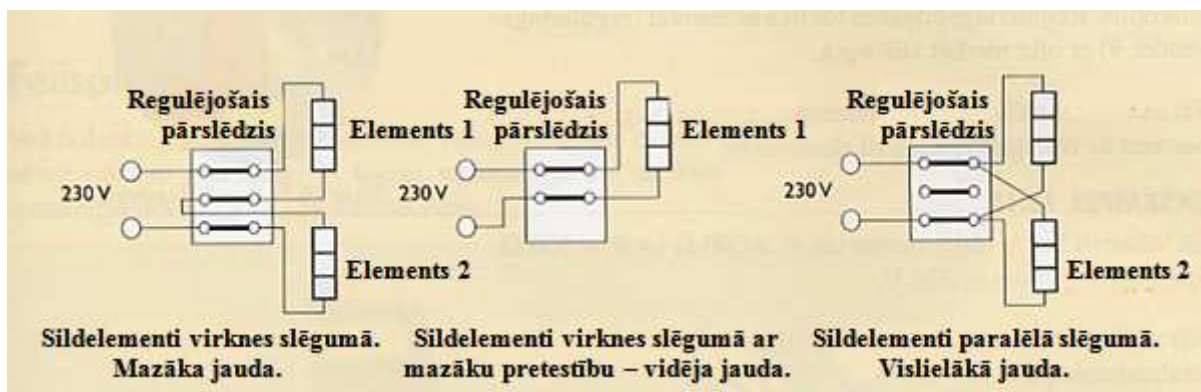
Cik liela ir iepriekšējā piemērā izvēlētās kondensatoru baterijas kapacitāte, ja $q_c=7 \text{ kvar}$, $u=230 \text{ v}$, $i_c=30 \text{ a}$?

Izmantojam pazīstamo formulu $X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ no kuras $C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C}$

$$X_C = \frac{U}{I_C} = \frac{230}{30} = 7,7 \Omega \quad C = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 7,7} = 410 \mu\text{f.}$$

Jaudas regulēšana ar pārslēdzi, mainot pieslēgpretestības

Elektriskās sadzīves sildiekārtām ar regulējošo pakāpj veida pārslēdzi var mainīt pieslēgpretestību elementus un tādējādi mainīt jaudu un siltuma atdevi.



198. att. Sadzīves sildiekārta dažādos darba režīmos, kurus maina ar pārslēdzi.

Piemērs:

Ieguldījums tavā nākotnē

Elementiem 1 un 2 ir vienādas pretestību vērtības $R_1=R_2=200 \Omega$. Spriegums mājā ir 230 V. Abi elementi ir slēgti virknē. Kopējā pretestība ir $R=R_1+R_2=200+200=400 \Omega$. Strāva kopīgajos

elementos ir $I = \frac{U}{R} = \frac{230}{400} = 0,575 \text{ A}$. Jauda kopējam slēgumam ir $P=U \cdot I=230 \cdot 0,575=132,25 \text{ W}$

Vienam elementam ar spriegumu 230 V strāva ir $I = \frac{U}{R_1} = 1,15 \text{ A}$. Viena elementa jauda ir

$P=U \cdot I=230 \cdot 1,15=265,5 \text{ W}$. Kopējā pretestība paralēli slēgtajiem elementiem ir

$R_{kop.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{200 \cdot 200}{200 + 200} = 100 \Omega$. Strāva paralēli slēgtiem elementiem ir

$I = \frac{U}{R_{kop.}} = \frac{230}{100} = 2,3 \text{ A}$. Kopīgā jauda elementu paralēlajā slēgumā ir $P=U \cdot I=230 \cdot 2,3=529 \text{ W}$

Piemērā ir labi redzamas sildelementu virknes un paralēlo slēgumu plašās regulēšanas iespējas, tādējādi mainot jaudu un strāvu.

Piemērs:

Apsildes kaloriferam ir divi dažādi elementi $R_1=200 \Omega$ un $R_2=300 \Omega$. Spriegums mājās ir 230 V. Elementi ir slēgti virknē.

Līdz ar to kopējā pretestība ir $R_{kop.}=R_1+R_2=200+300=500 \Omega$. Abu elementu kopējā strāva ir

$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{500} = 0,46 \text{ A}$. Kopējā atdotā jauda ir $P=U \cdot I=230 \cdot 0,46=105,8 \text{ W}$

Ja darbosies tikai otrais elements, pie sprieguma 230 V, tad $I = \frac{U}{R_2} = \frac{230}{300} = 0,767 \text{ A}$.

Jauda tad ir $P=U \cdot I=230 \cdot 0,767=176,33 \text{ W}$. Ja pirmais elements darbosies viens pie 230 V, tad

$I = \frac{U}{R_1} = \frac{230}{200} = 1,15 \text{ A}$. Jauda tad ir $P=U \cdot I=230 \cdot 1,15=264,5 \text{ W}$. Ja abi elementi ir paralēlajā

slēgumā, tad rezultējošā pretestība ir $R_{kop.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{200 \cdot 300}{200 + 300} = 120 \Omega$.

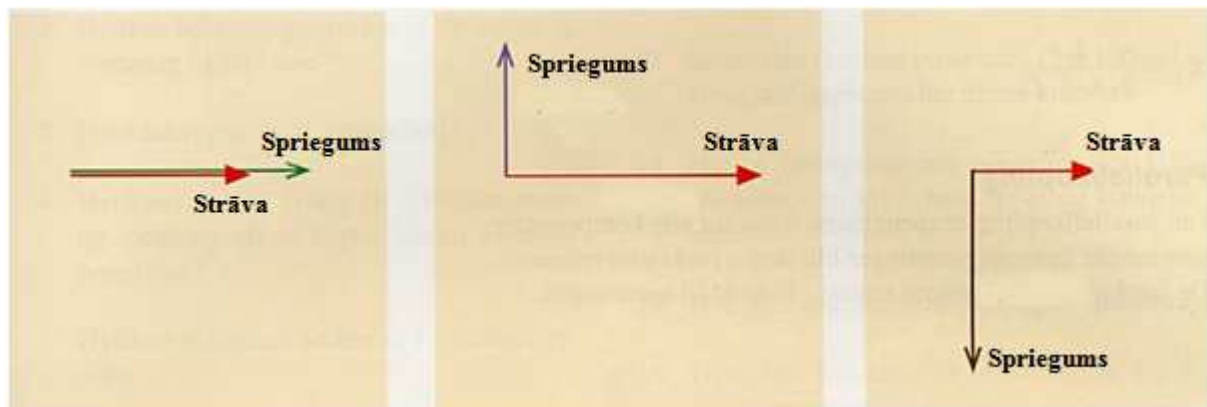
Strāva elementu kopējā slēgumā ir $I = \frac{U}{R_{kop.}} = \frac{230}{120} = 1,92 \text{ A}$.

Kopējā jauda ir $P=U \cdot I=230 \cdot 1,92=440,8 \text{ W}$.

Kā redzams, pat ar diviem elementiem ir plašas iespējas regulēt strāvu un kalorifera jaudu.

Kopsavilkums

Elektriskās slodzes veids nosaka fāzu nobīdes leņķus starp strāvu un spriegumu. Dažādas slodzes rada atšķirīgas fāzu nobīdes.



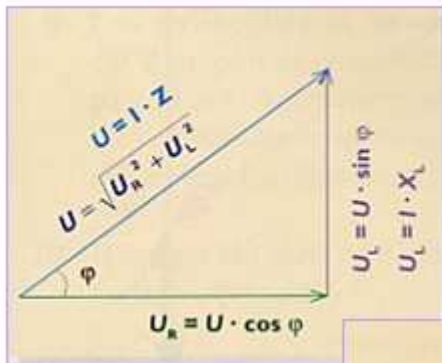
199. att. Vektoru diagramma pie aktīvas pretestības.

200. att. Vektoru diagramma spolei induktīva pretestība.

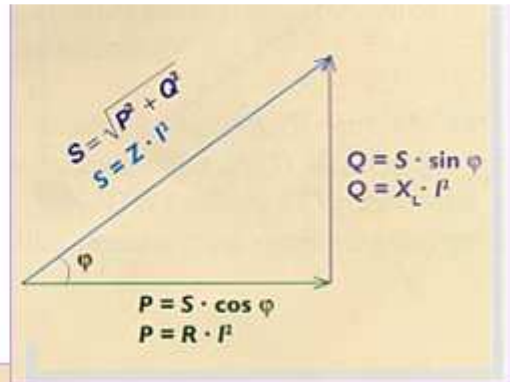
201. att. Vektoru diagramma pie kondensatora – kapacitatīva slodze.

Oma un Kirhofa likumi der arī maiņstrāvai, tikai jāievēro attiecīgās fāzu nobīdes un strāvas virzieni. Virknes slēgumā strāva visā ķēdē ir vienāda lieluma.

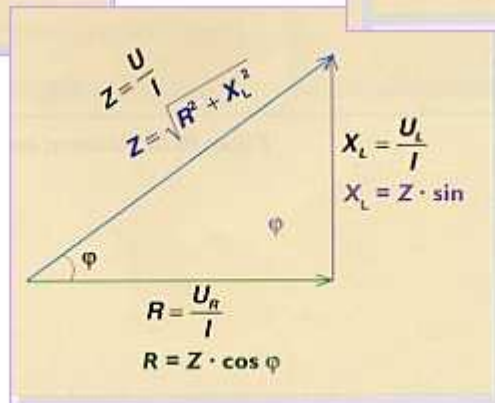
Sērijas slēgumu pretestības un pārējie parametri



Spriegumu trīsstūris



Jaudu trīsstūris



Pretestību trīsstūris

Pretestības

Induktīvā pretestība spolē

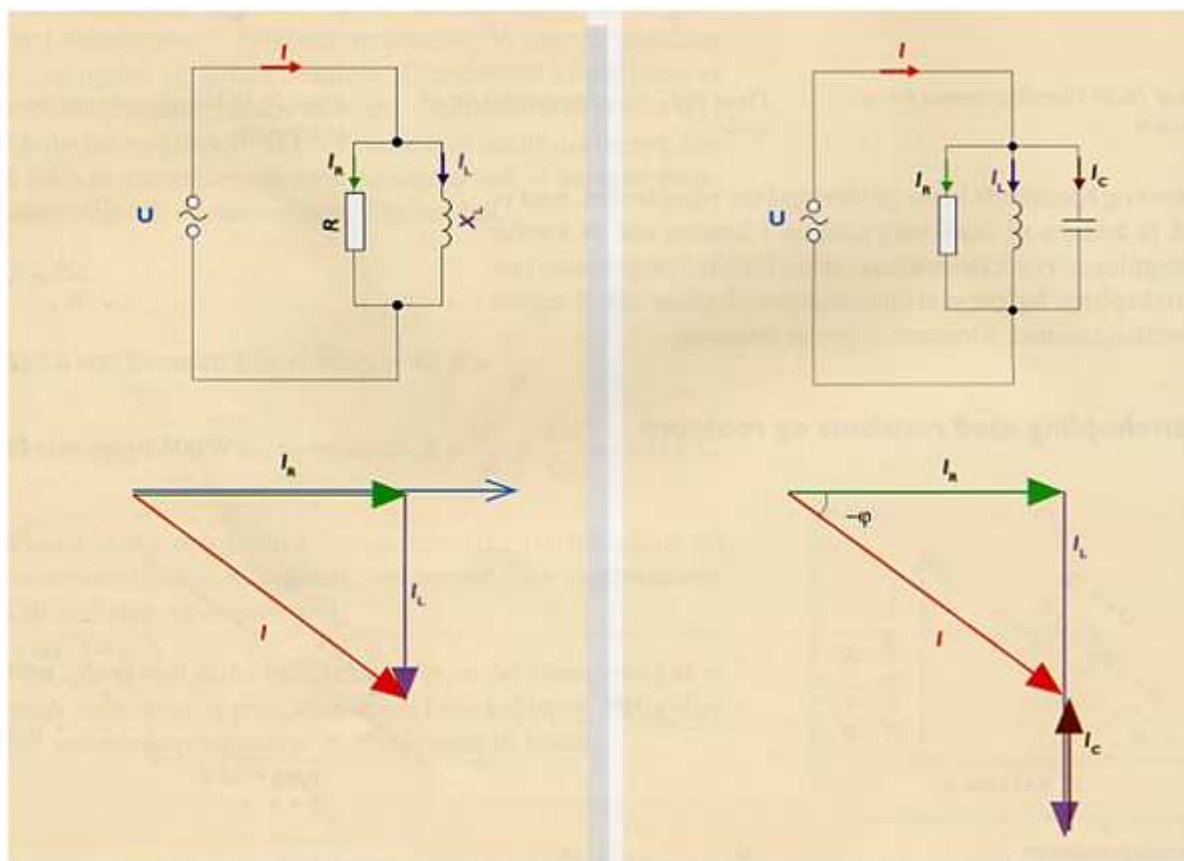
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

Kapacitatīvā pretestība kondensatorā

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

Paralēlie slēgumi

Paralēlā slēgumā visi spriegumi paralēlajos zarus ir vienādi. Rūpīgi ir jāpārbauda sprieguma un strāvas vektoru virzieni.



202. att. Aktīva pretestība un induktīvā spole.

203. Aktīvā pretestība, kondensators un induktīvā spole.

5. Vienfāzes un trīsfāzu maiņstrāvas ķēdes

- 5.5. Trīsfāzu sistēmas priekšrocības, strāvu rezonanse, trīsfāzu maiņstrāvas iegūšana, tās attēlošana, pamatjēdzieni un galvenās sakarības
- 5.6. Trīsfāzu patērētāju darba režīmi zvaigznes un trīsstūra slēgumos, aprēķins un vektoru diagrammas
- 5.7. Vienfāzes, divfāžu un trīsfāzu patērētāju pieslēgšana trīsfāzu 5- vadu tīklam ar līnijas spriegumu 380/220 V

Stundas tēma: **Trīsfāzu sistēmas priekšrocības, strāvu rezonanse, trīsfāzu maiņstrāvas iegūšana, tās attēlošana, pamatjēdzieni un galvenās sakarības, trīsfāzu patērētāju darba režīmi zvaigznes un trīsstūra slēgumos, aprēķins un vektoru diagrammas, vienfāzes, divfāžu un trīsfāzu patērētāju pieslēgšana trīsfāzu 5- vadu tīklam ar līnijas spriegumu 380/220 V**

Stunda: 17 – 18 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast trīsfāzu maiņstrāvas sistēmas priekšrocības un tās praktisku pielietojumu;
2. Uzzināt trīsfāzu maiņstrāvas iegūšanas paņēmienus, tās pamatjēdzienus un pamat sakarības;
3. Apskatīt kādi ir trīsfāzu patērētāju darba režīmi zvaigznes un trīsstūra slēgumos, aprēķins un vektoru diagrammas;
4. Izprast kāda ir vienfāzes, divfāžu un trīsfāzu patērētāju pieslēgšana trīsfāzu 5- vadu tīklam ar līnijas spriegumu 380/220 V

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Trīsfāzu sistēmas priekšrocības, strāvu rezonanse, trīsfāzu maiņstrāvas iegūšana, tās attēlošana, pamatjēdzieni un galvenās sakarības,
2. Trīsfāzu patērētāju darba režīmi zvaigznes un trīsstūra slēgumos, aprēķins un vektoru diagrammas,
3. Vienfāzes, divfāžu un trīsfāzu patērētāju pieslēgšana trīsfāzu 5- vadu tīklam ar līnijas spriegumu 380/220 V;

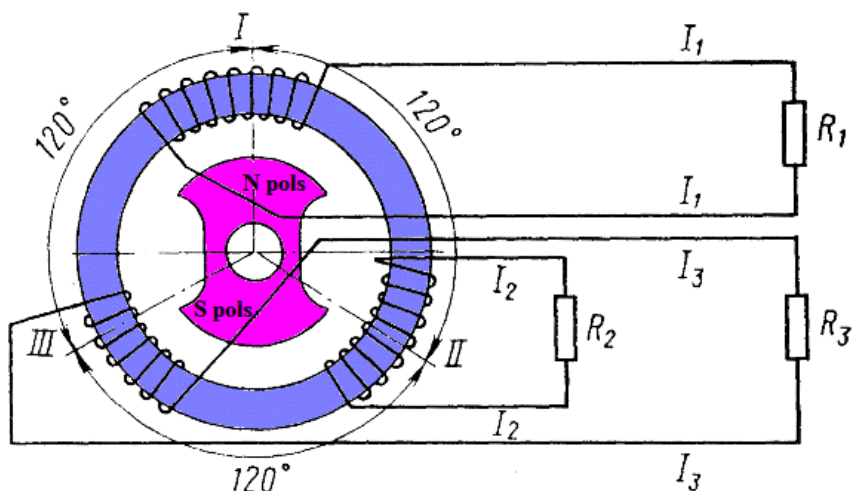
Izmantojamā literatūra:

- Ģirts Egils Lagzdīņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- Ilmārs Žanis Klegeris „Lietišķā elektrotehnika” Studiju materiāli, Jelgava 2007

5.5. TRĪSFĀZU SISTĒMAS PRIEKŠROCĪBAS, STRĀVU REZONANSE, TRĪSFĀZU MAINSTRĀVAS IEGŪŠANA, TĀS ATTĒLOŠANA, PAMATJĒDZIENI UN GALVENĀS SAKARĪBAS

Trīsfāzu maiņstrāva.

Rūpnieciski ražoto **50 Hz** maiņstrāvu elektrostacijās iegūst kā trīsfāzu maiņstrāvu. Trīsfāzu maiņstrāva jau kopš elektroenerģētikas aizsākumiem 19. gadsimta beigās joprojām ir pasaulē izplatītākais elektroenerģijas iegūšanas, pārvadīšanas un patērēšanas paņēmieni. Vienkāršākajā trīsfāzu maiņstrāvas ģenerators statora korpusā atrodas trīs vienādi tinumi, kuri izvietoti tā, lai rotora magnētiskā lauka ietekmē inducēto elektrodzinējspēku fāzes atšķirtos par **120°**.



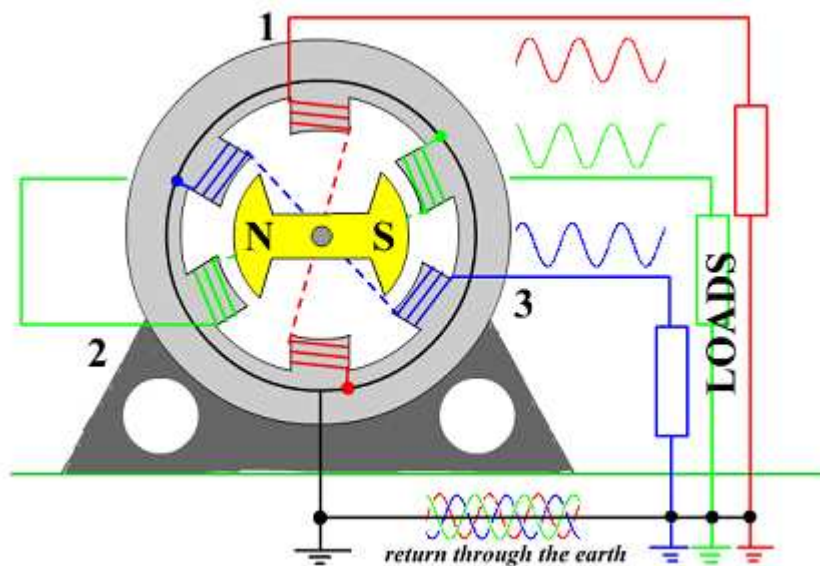
204. att. Trīsfāzu maiņstrāvas ģenerators iekšējā konstrukcija, spoļu izvietojums



205. att. Pārvietojams ar iekšdedzes dzinēju darbināms trīsfāzu maiņstrāvas ģenerators

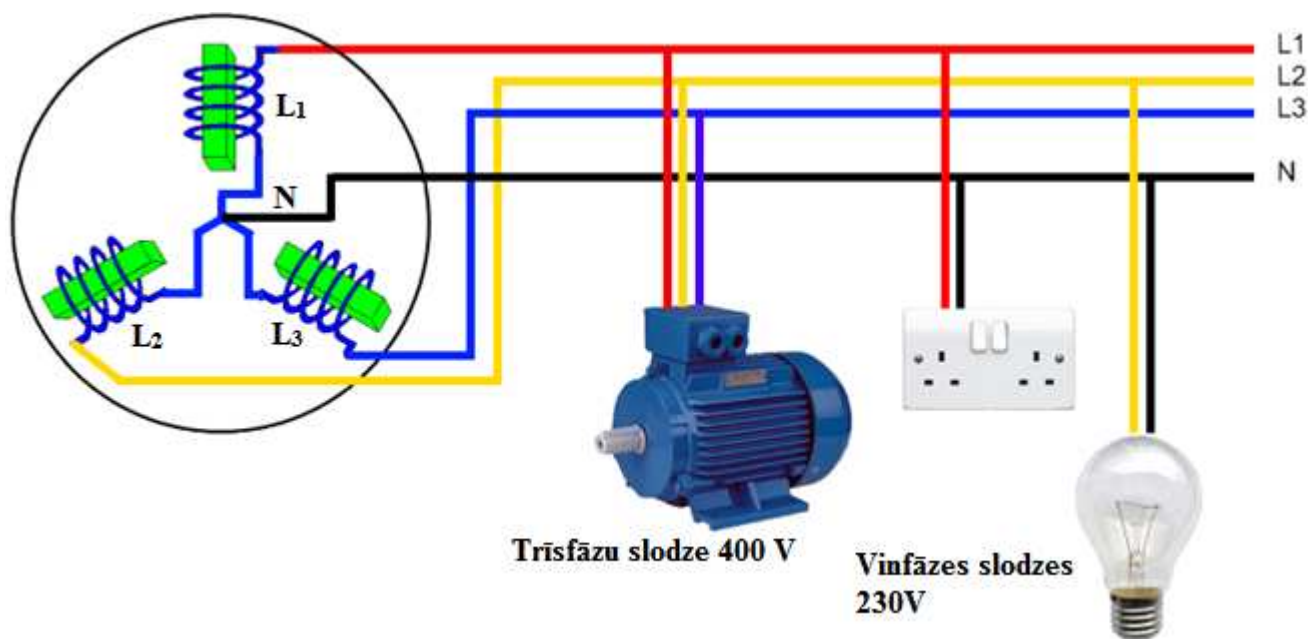
Ja katram no ģenerators trijiem tinumiem pievieno patērētāju, tad katrā no tiem plūst maiņstrāva, ko sauc par **maiņstrāvas fāzi**.

Fāzes apzīmē ar burtiem **L1, L2** un **L3**, savukārt nulle tiek apzīmēta ar **N**.

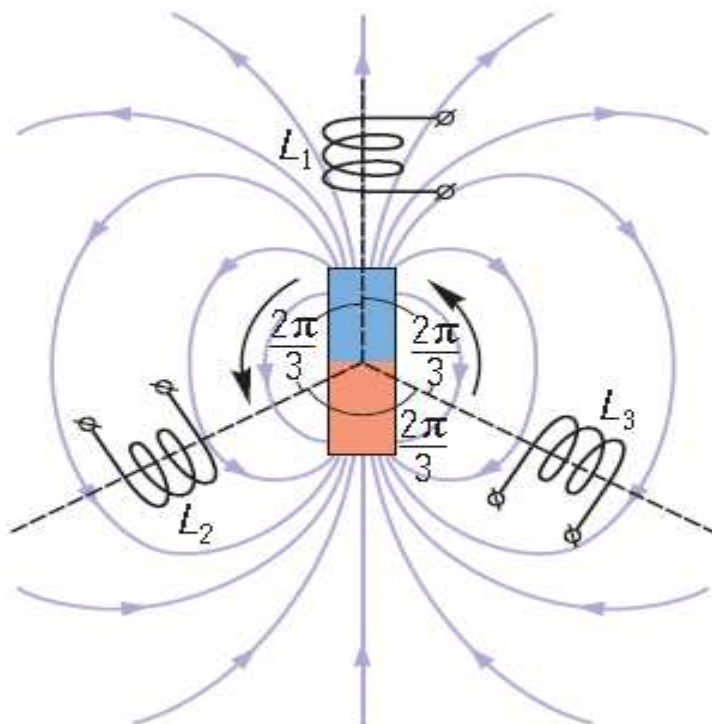


206. att. Trīsfāzu maiņstrāvas ģeneratora sistēma

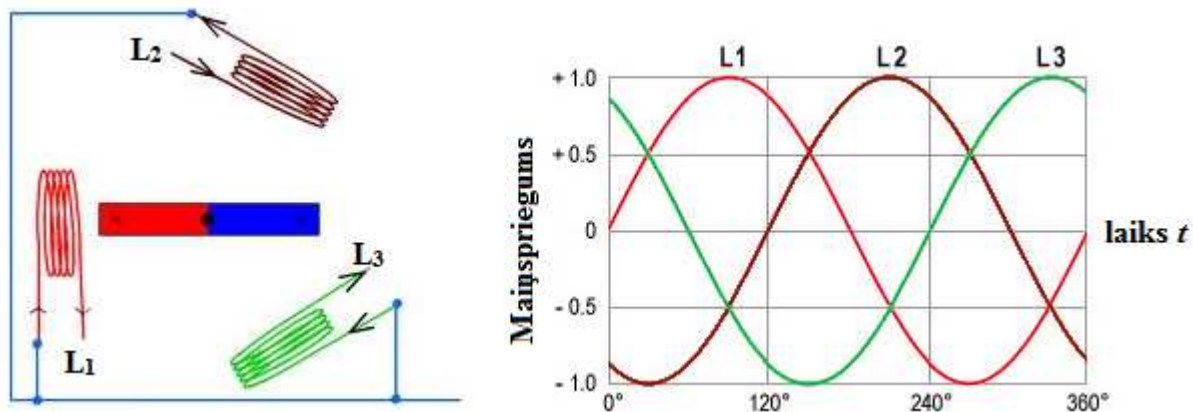
Šeit un turpmāk runāsim tikai par sprieguma un strāvas stipruma efektīvajām vērtībām U un I . Trīsfāzu maiņstrāvas iezīme ir tā, ka jebkurā laika momentā visās trijās fāzēs plūstošo strāvu algebriskā summa ir vienāda ar nulli. Tāda trīsfāzu maiņstrāvas īpašība izrādās ērta elektrisko tīklu būvēšanā. Trīsfāzu maiņstrāvas elektropārvades līnijām pietiek ar trim vai četriem vadiem. Trīsfāzu maiņstrāvas ģeneratoru tinumus var saslēgt divējādi— **trīsstūra** vai **zvaigznes** slēgumā. Trīsstūra slēguma shēmā elektroenerģijas pārvades līnijai ir trīs vadi.



207. att. Trīsfāzu maiņstrāvas ģeneratora pieslēgums elektroenerģijas patērētāju tīklam



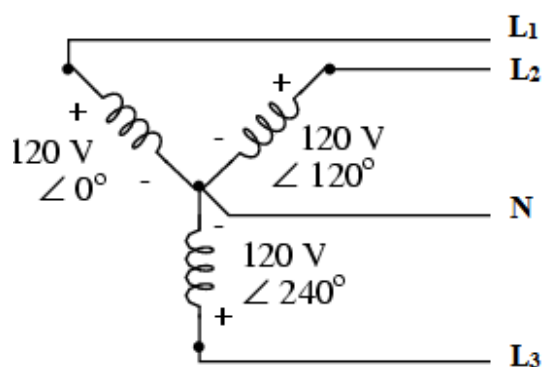
208. att. Trīsfāzu maiņstrāvas ģenerators vienkāršota shēma. L_1 , L_2 , L_3 — fāzu tinumi.



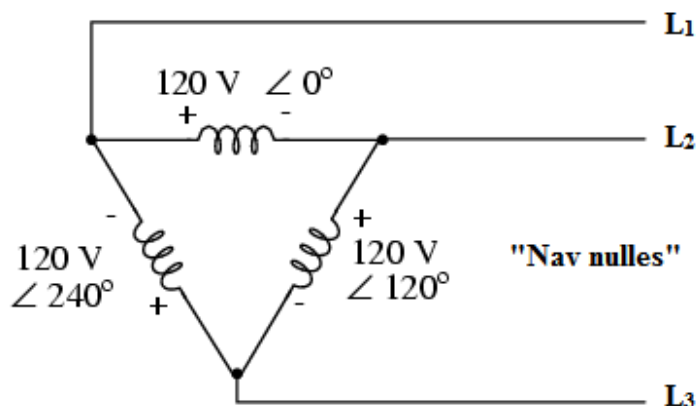
209 att. Trīsfāzu maiņstrāvas ģenerators spoļu novietojums un trīsfāzu maiņsprieguma sinusoīda

Trīsfāzu maiņstrāvas elektropārvades līnijām pietiek ar trim vai četriem vadiem. Trīsfāzu maiņstrāvas ģenerators tinumus var saslēgt divējādi— trīsstūra vai zvaigznes slēgumā. Trīsstūra slēguma shēmā elektroenerģijas pārvades līnijai ir trīs vadi. Trīsstūra slēguma shēmā (210. att.) elektroenerģijas pārvades līnijai ir trīs vadi. Zvaigznes slēgumā (211. att.) pārvades līnijai var būt gan trīs, gan četri vadi.

Ieguldījums tavā nākotnē

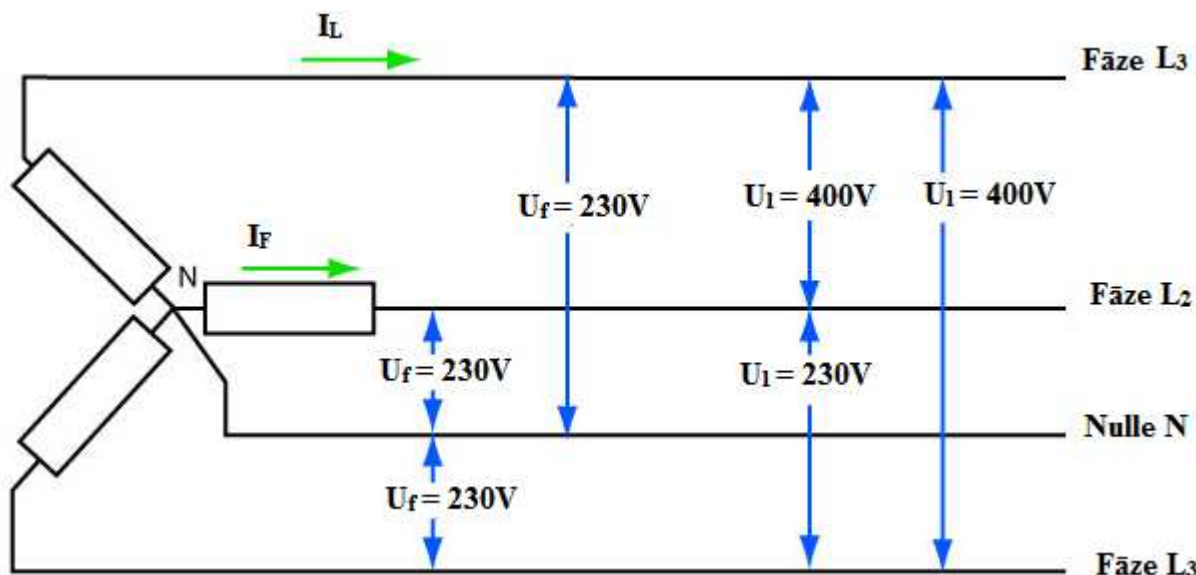


211. att.
Ģenerators tinumu zvaigznes
slēguma shēma.

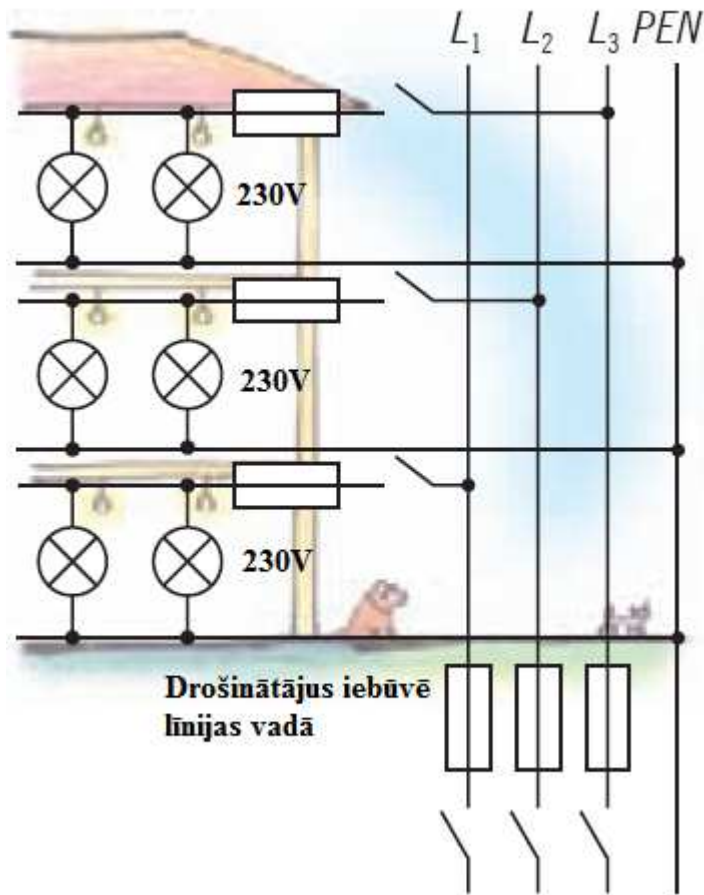


210. att.
Ģenerators tinumu trīsstūra
slēguma shēma.

Elektroenerģijas pārvades līnijās lieto četrvadu sistēmu ar zvaigznes slēgumu. To veido šādi. Katram no trijiem ģenerators tinumiem ir sākuma izvads s1, s2, s3 un beigu izvads b1, b2, b3. Tinumu sākuma izvodus pieslēdz trijiem līnijas vadiem. Tinumu beigu izvodus savieno kopā un tos pieslēdz neitrāl vadam. Spriegumu starp līnijas vadu un neitrāl vadu sauc par **fāzes spriegumu** U_f , bet spriegumu starp diviem līnijas vadiem — par **līnijas spriegumu** U_l . Fāzes spriegumi ir **230 V**, bet līnijas spriegumi ir **400 V**.



212. att. Ģenerators tinumu zvaigznes slēguma shēma. Parādīti līnijas un fāzes spriegumi U_l un U_f .



213. att. Trīsstāvu mājas kāpņu telpas apgaismojuma shēma.

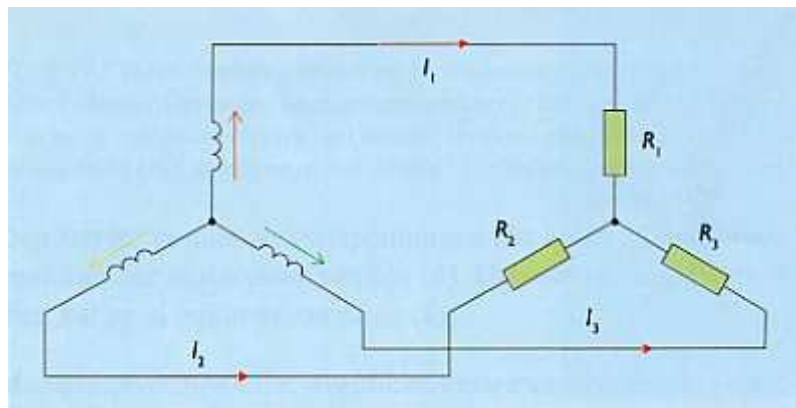
PEN (angļu val. protective earth neutral) — aizsargneitrālvads, sastāv no diviem vadiem neitrālvada (N vads) un aizsarg vada (PE vads).

Dzīvojamām mājām elektroenerģiju pievada pa četrvadu līniju. Dzīvokļa elektrisko tīklu ierīko tā, lai elektroierīču (kvēlspuldžu un sadzīves tehnikas) jauda būtu vienmērīgi sadalīta starp visām fāzēm. To dara tādēļ, lai kādā no fāzes vadiem nesāktu plūst nepieļaujami stipra strāva. Ja atsevišķas fāzes noslogo vienmērīgi, neitrālvadā strāva ir vāja vai arī tā neplūst vispār. Tāpēc slēdžus un drošinātājus vienmēr ierīko fāzes vadā.

5.6. TRĪSFĀZU PATĒRĒTĀJU DARBA REŽĪMI ZVAIGZNES UN TRĪSSTŪRA SLĒGUMOS, APRĒĶINS UN VEKTORU DIAGRAMMAS

Spriegumu jebkurā vijumā starp sākumu un beigām sauc par fāzu spriegumu U_f . Ja būs pieslēgtas vienāda lieluma slodzes visās fāzēs, tad visos trijos fāžu tinumos arī strāvas būs vienāda lieluma, tikai nobīdītas par 120°

Strāva, kas plūst starp sprieguma avotu un slodzi ir nominālā strāva. Jaudas izteiksme vienā fāzē ir $P_f = U_f \cdot I$. Pilnā jauda ir $P = 3 \cdot U_f \cdot I$.



214. att. Redzams savienojums starp strāvas avotu un slodzi un strāvas avota savienojums visām trīs fāzēm ar kopēju nullpunktu un tāds pats slodžu (nosacīti R_1 , R_2 , R_3) savienojums. Šos savienojumus sauc par zvaigznes savienojumiem.

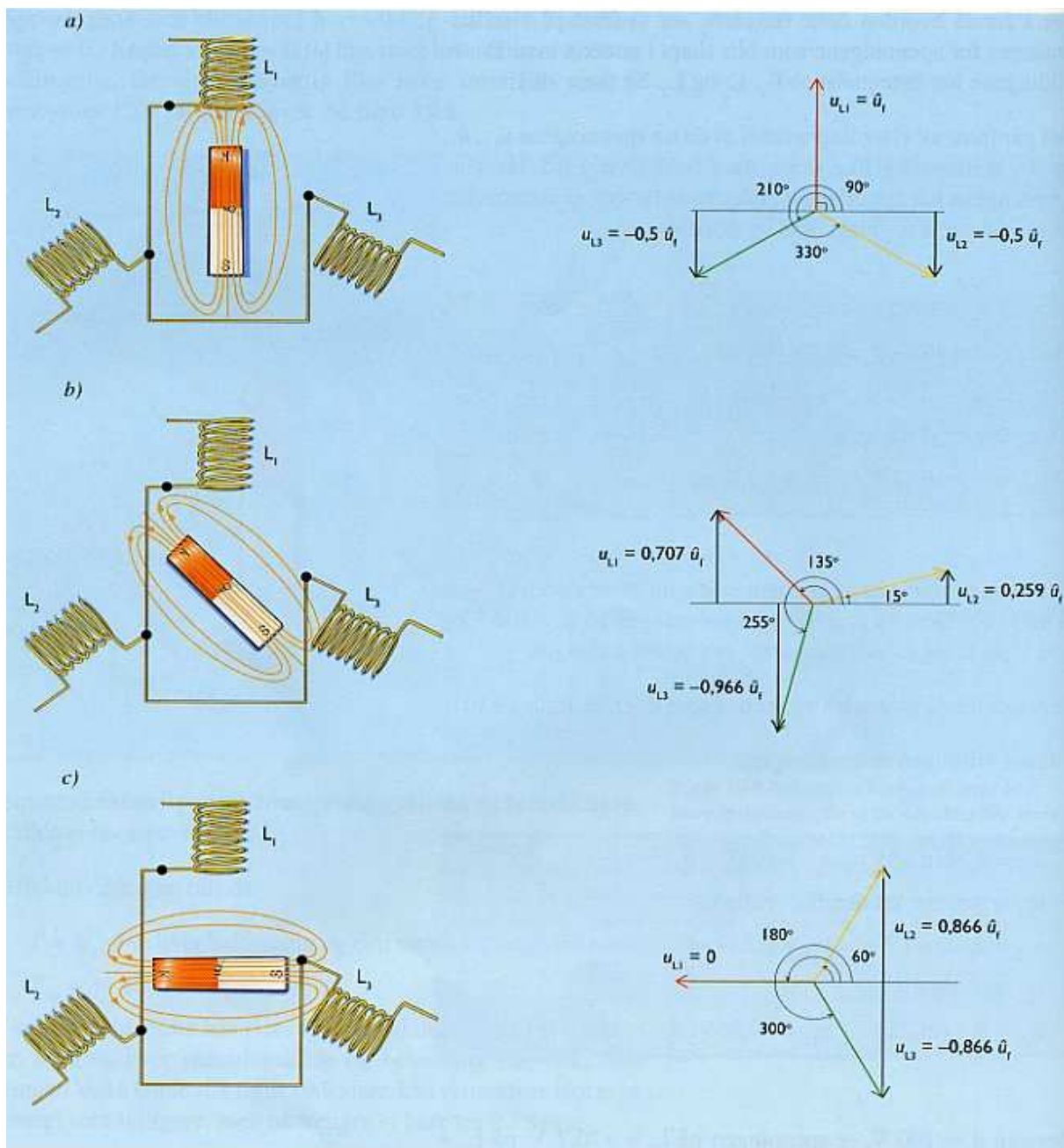
Analizējot dotās trīsfāzu ģenerators sprieguma diagrammas pie dažādiem rotora stāvokļiem (sk. attēlu 215). Variantā “a” trīs vijumi ir apzīmēti ar L_1 , L_2 , L_3 . Attiecīgie sprieguma vektori ir U_{L1} , U_{L2} , U_{L3} . Šie ir fāzu spriegumi. Konkrētajā stāvoklī U_{L1} ir ar maksimālo vērtību, vērsts pozitīvi, bet pārējo fāzu spriegumi ir novirzīti par 120° , piemēram, ja pirmais vektors stāv uz $+90^\circ$ atzīmes, tad U_{L3} uz leņķa $90^\circ + 120^\circ = 210^\circ$, bet U_{L2} uz $210^\circ + 120^\circ = 330^\circ$. Ja maksimālais spriegums ir $U_{L1} = U_f = 100$ V, bet fāzē $L_2 = -0,5 \cdot U_f = -50$ V un fāzē $L_3 = -50$ V, tad kopējā spriegumu summa ir 0.

Variantā “b” rotors (magnets) ir pagriezies par 45° pulksteņa rādītāja virzienā (sk. attēlu 215.b). Joprojām maksimālā $U_f = 100$ V, bet konkrētajā momentā $U_{L1} = +70,7$ V, $U_{L2} = +25,9$ V, bet $U_{L3} = -96,6$ V. Tātad summa ir atkal 0.

Pagriežam vēl par 45° un iegūstam stāvokli “215.c. att.”. Šeit U_{L2} un U_{L3} ir vienāda lieluma, bet pretēji vērsti – ar pretējām polaritātēm, bet $U_{L1} = 0$. Tātad $U_{L1} + U_{L2} + U_{L3} = 0 + 0,866U_f - 0,866U_f = 0$ V.

Vispārējā izteiksme triju spriegumu
summai jebkurā stāvoklī ir:

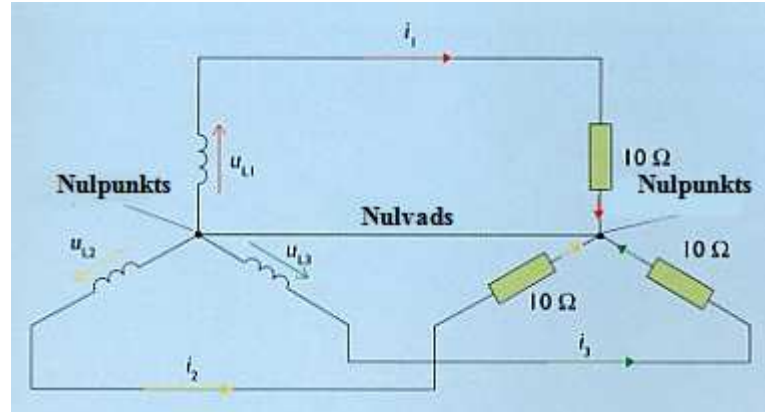
$$u_{L1} \cdot \sin\varphi + u_{L2} \cdot \sin(\varphi + 120^\circ) + u_{L3} \cdot \sin(\varphi + 240^\circ) = 0$$



215. att. Vektoru diagramma spriegumam, griežot trīsfāzu sistēmā magnētisko lauku pulksteņa rādītāja virzienā.

Ieguldījums tavā nākotnē

Iepriekš apskatītajā shēmā (*attēls 215*) ievietosim konkrētas slodzes pretestības vērtības – $10\ \Omega$ un savienosim zvaigznes slēgumu nullpunktus. Šo savienojumu saucam par nullvadu.



216. att. zvaigznes slēgums

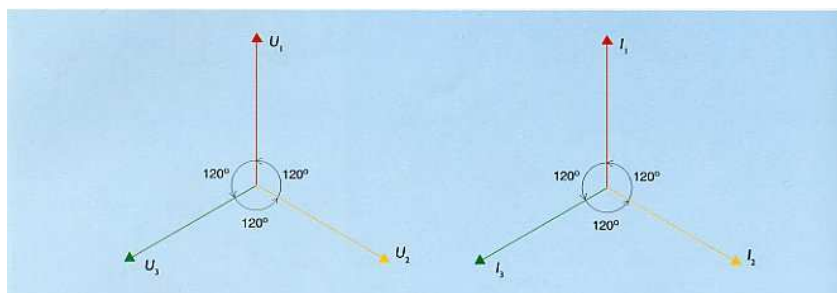
Nemam *attēlā 215* analizēto rotora stāvokli “a”, kad $U_{L1}=100\ \text{V}$, $U_{L2}=-50\ \text{V}$, $U_{L3}=+50\ \text{V}$. Šajā gadījumā $i_1 = \frac{u_{L1}}{R_1} = \frac{100}{10} = 10\ \text{A}$, $i_2 = -5\ \text{A}$ un $i_3 = 5\ \text{A}$. Tātad strāvas, kas plūst no strāvas avota – ģenerators uz patērētāju, pie tā līdzsvarojas un atpakaļ uz ģeneratoru pa nullvadu nekāda strāva neplūds.

Nemsim *attēlā 215* analizēto rotora stāvokli “b”, kad $u_{L1}=70,7\ \text{V}$, $u_{L2}=25,9\ \text{V}$, $u_{L3}=-96,6\ \text{V}$. Tādā gadījumā momentānās strāvas ir: $i_1=7,07\ \text{A}$, $i_2=2,59\ \text{A}$, $i_3=-9,66\ \text{A}$. Tātad strāvu summa, kas plūst no ģenerators tinumiem ir vienāda ar strāvu summu, kas plūst atpakaļ.

Kopējā lietderīgā trīs strāvu summa ir 0, tādēļ noslodze ir precīzi vienāda visās trīs fāzēs un noslodze ir simetriska. Šajā gadījumā elektriskā ķēde noslēdzas pa fāzu vadiem, nullvads nav noslogots un teorētiski varētu iztikt ar trim fāzu vadiem.

Efektīvās vērtības

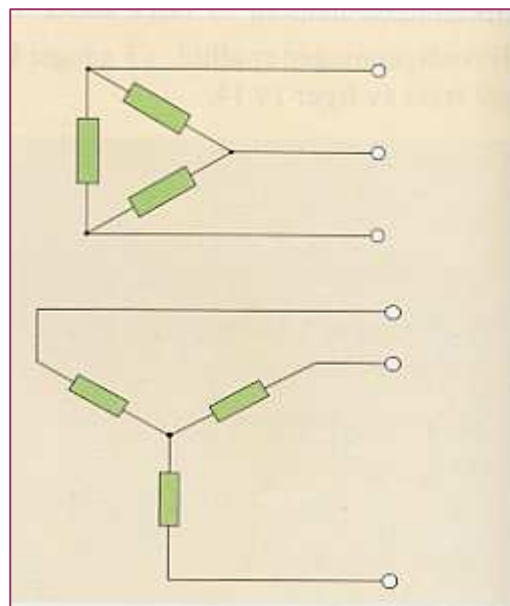
Tāpat kā spriegumu summa ģenerators zvaigznes slēguma nullpunktā ir nulle, tas pats princips der arī analizējot strāvu un spriegumu efektīvās vērtības. Parasti lietojam efektīvās vērtības, kad zīmējam vektoru diagrammu.



217. att. Vektoru diagramma, izmantojot strāvas un spriegumu efektīvās vērtības.

Simetriska slodze.

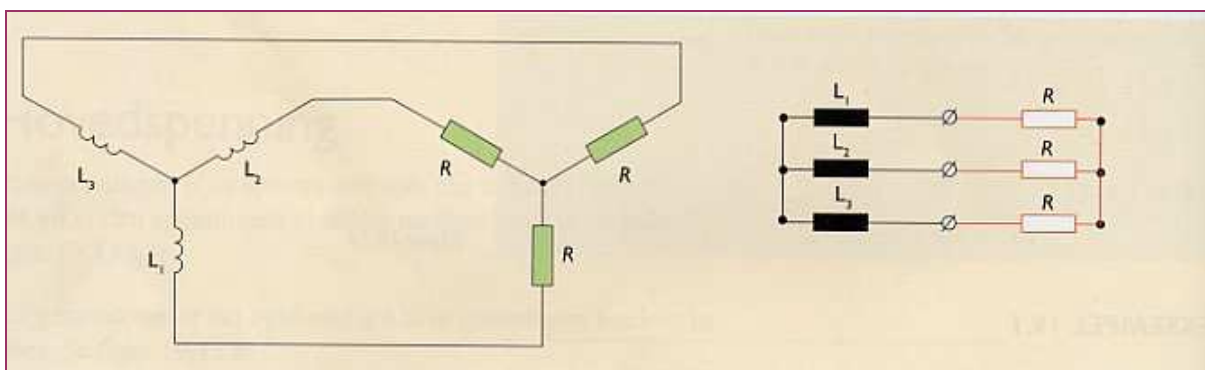
Kā ģeneratora tā arī patērētāja trīsfāzu sistēma var būt slēgta zvaigznes vai arī trīsstūra slēgumā (sk. Attēlu 218). Trīsstūra slēgumu ārzemju literatūrā sauc arī par “D” slēgumu, pēc zināmas analogijas ar grieķu alfabēta burtu delta “ Δ ”. Ja vēl turklāt slodzes katrā fāzē ir vienādas, tad kā viens tā arī otrs ir simetriskās slodzes slēgums.



218. att. Trīsstūra un zvaigznes slēgumi.

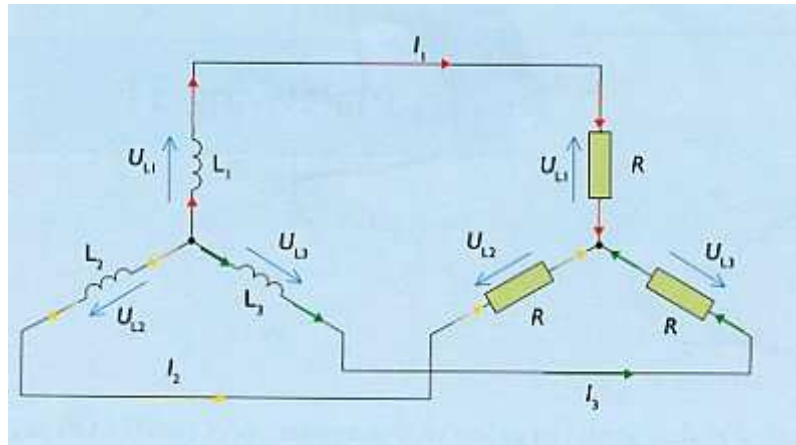
Zvaigznes slēgums

Par zvaigznes slēgumu runājam jau nodaļas sākumā. Zvaigznes slēgums praktiski ir galvenais slēguma veids zemsprieguma sadales tīklos (380/220V) līdz patērētājiem ar nulles vadu, kuram pieslēdz vienfāžu patērētājus un pa kuru plūst izlīdzinošā strāva.



219. att. Zvaigznes slēgums. Tā shematiskais izpildījums dots labajā pusē. Tinumi attēloti starptautiskajā simbolikā.

Strāvu lielumi simetriskas slodzes gadījumā ir vienādi pēc savas absolūtās maksimālās vērtības. Tikai atšķiras to momentānās vērtības un virzieni katrā acumirkli, kā tas attēlots attēlā 220.



220. att. Simetriska slodze zvaigznes slēgumos. $i_1=i_2=i_3$.

Tādā gadījumā jaudu trīsfāzu sistēmā var rakstīt sekojoši $P = 3 \cdot U_f \cdot I = 3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$

Pilnā jauda ir

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Piemērs:

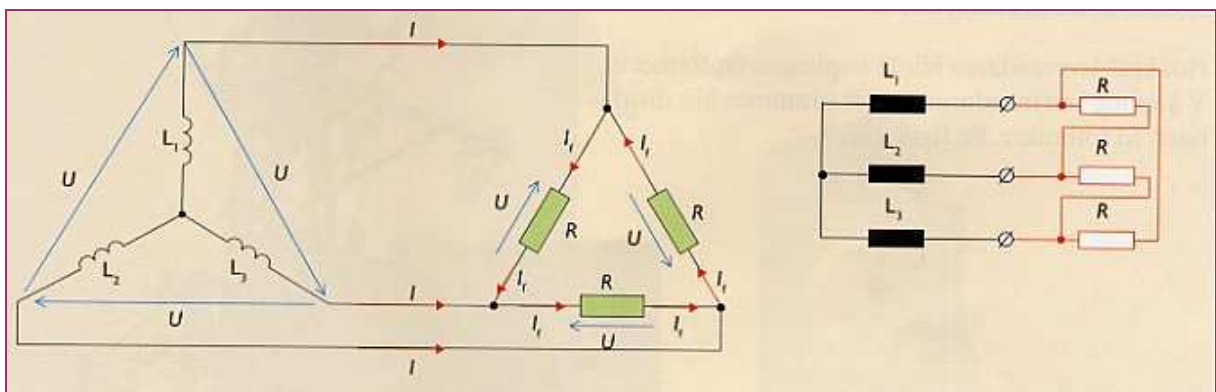
Simetriskas slodzes gadījumā trīsfāzu sistēmā fāzes spriegums ir 230 V, strāvas stiprums saskaņā ar mērījumu ir 4,3 A. Cik liela ir jauda?

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I = 3 \cdot 230 \cdot 4,3 = 2,97 \text{ kW.}$$

Atbilde: P=2,97 kW.

Trīsstūra slēgums

Trīsstūra slēgums prasa iespējami simetrisku slodzi. Šai shēmai nav satekpunkta, kur varētu pievienot nulvadu. Tādēļ tiek prasīta vienāda slodze visās trīs fāzēs. Tā varētu būt, piemēram, trīsfāzu elektrodzinējs. Ģeneratorā vai arī transformatora zemākajā pusē parasti izmanto zvaigznes un ne trīsstūra slēgumu.



221. att. Jauktais zvaigznes – trīsstūra slēgums.

Dotajā attēlā strāvas avots ir savienots zvaigznes slēgumā, bet patērētājs trīsstūra slēgumā. Arī šajā gadījumā kopējā jauda līdzīgi iepriekšējam gadījumam ir

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I_f = 3 \cdot \frac{I}{\sqrt{3}} \cdot U = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Piemēram:

Elektriskajā sildītājā ir 3 elementi trīsstūra slēgumā. Atrast kopējo jaudu pie strāvas $I=18,2$ A un sprieguma 400 V.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 18,2 = 12,6 \text{ kW}$$

Atbilde: $P=12,6$ kW.

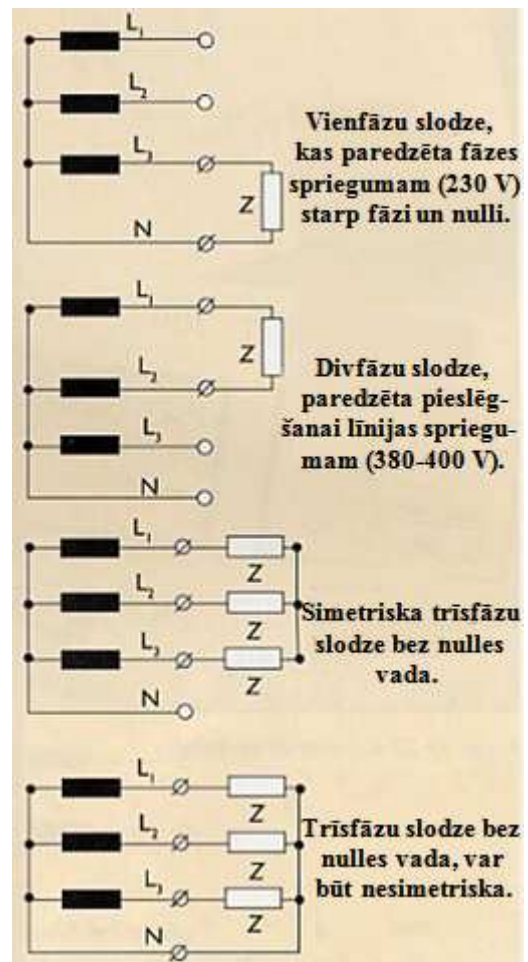
Jauda trīsfāzu sistēmā ir atkarīga no slodzes slēguma, vai Y vai Δ : jebkurā gadījumā

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Trīsstūrī slēgtie sprieguma avoti

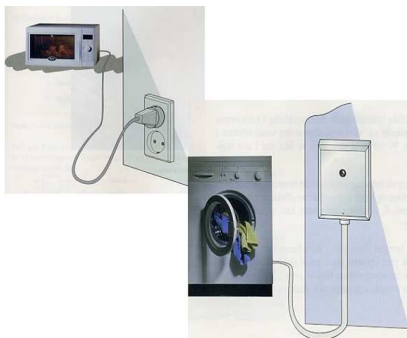
Enerģijas pārvadi lielākā attālumā no elektrostacijas uz spriegumu paaugstinošajiem vai pazeminošajiem transformatoriem var izpildīt trīsstūra slēgumā. Fāzu noslodze ir praktiski simetriska, bet elektrolīnijām ir vajadzīgi tikai trīs vadi, attiecīgi mazāk izolatoru un trīspolīgs slēdzis. Vienīgi pazeminošajā transformatorā uz patērētāja pusi lieto zvaigznes slēgumu ar četriem izvadiem – trīs fāzes + nulvads.

Lielākā daļa mājsaimniecības slodzes individuālajam patērētājam ir paredzēta pieslēgšanai pie vienas fāzes un nulles vada – tātad vienfāzu slodze. Tā ir izpildīta dzīvokļu apgaismošanas, radio, televizoru, apsildes u.c. slodze. Izņēmumi varētu būt trīsfāzu elektrodzinēji, lielaudas sildītāji u.c. Tas nozīmē, ka nulles vadā plūst izlīdzinošā strāva.



222. att. Dažādi noslodzes veidi.

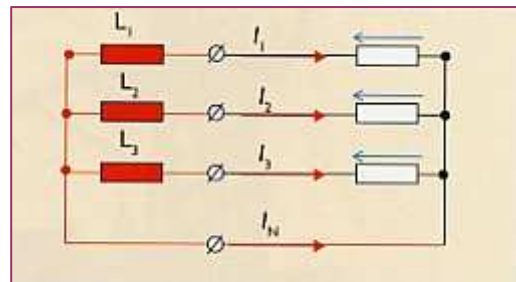
Ieguldījums tavā nākotnē



223. att. Dažādi mājsaimniecības patērētāji, kas rada nesimetrisku slodzi.

Strāva nulles vadā var būt stipri liela, pat lielāka kā strāva kādā no fāzu vadiem. Šādi lielas nesimetrijas patērētāji var būt vienfāzīgie metināšanas transformatori vai sūkņi. Jācenšas nodrošināt iespējami simetrisku slodzi un kontrolēt faktisko noslogojumu ar mērījumiem. Jāmēra strāvas stiprums katrā fāzē atsevišķi vai nu ar ampērmetru, vai arī ar mērķnaiblēm – uz vada uzliekamu strāvmaini ar pievienotu ampērmetru.

Lai aprēķinātu strāvu nulvadā, var lietot vektoru diagrammu. Praksē ir jāveic izskaidrošanas darbs ar patērētājiem par atbilstošu elektroiekārtu izvēli un pieslēgšanu, lai iespējami simetriskāk noslogotu trīsfāzu elektrotīklu.



224. att. Strāva trīsfāzu sistēmas nulles vadā.

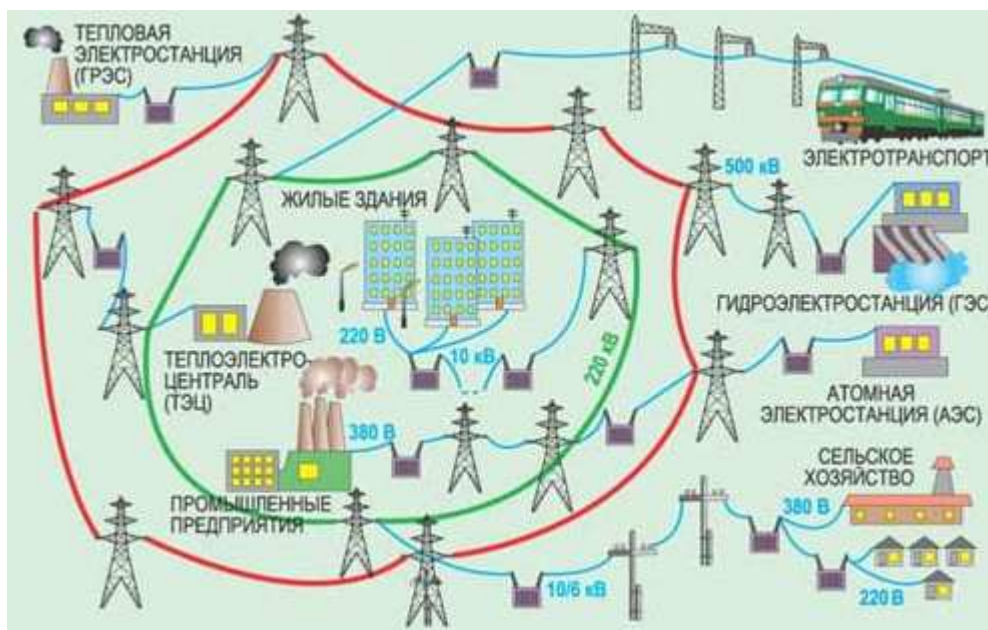
Kopsavilkums

- Trīsfāzu sistēmā ir trīs vienlieli spriegumi savstarpēji nobīdīti fāzē par 120^0
- Vijumus un fāzes apzīmē ar I_1, I_2, I_3 vai a, b, c
- Saslēdzot sprieguma avotu, mēs iegūstam fāzes un līnijas spriegumu. Standartizētā skalā $u_l/u_f=380/220$ v vai $400/230$ v
- Ja sprieguma avotu slēdz trīsstūrī, ir pieejams tikai līnijas spriegums $3 \cdot u_l=3 \cdot 380$ v
- Trīsfāzu sistēmā var lietot gan trīsstūra, gan zvaigznes slēgumu kā sprieguma avotā tā arī pie patērētāja
- Zvaigznes slēgumā līnijā, salīdzinot ar vienfāzu shēmu, trim līnijām vadu skaits samazinās no 6 līdz 4 vadiem, bet pie trīsstūra slēguma līdz 3 vadiem
- Jauda trīsstūra slēgumā ir trīs reizes lielāka kā zvaigznes slēgumā $U = \sqrt{3} \cdot U_f$;

$$I = \sqrt{3} \cdot I_f; P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I;$$

5.7. VIENFĀZES, DIVFĀŽU UN TRĪSFĀŽU PATĒRĒTĀJU PIESLĒGŠANA TRĪSFĀŽU 5- VADU TĪKĻAM AR LĪNIJAS SPRIEGUMU 380/220 V

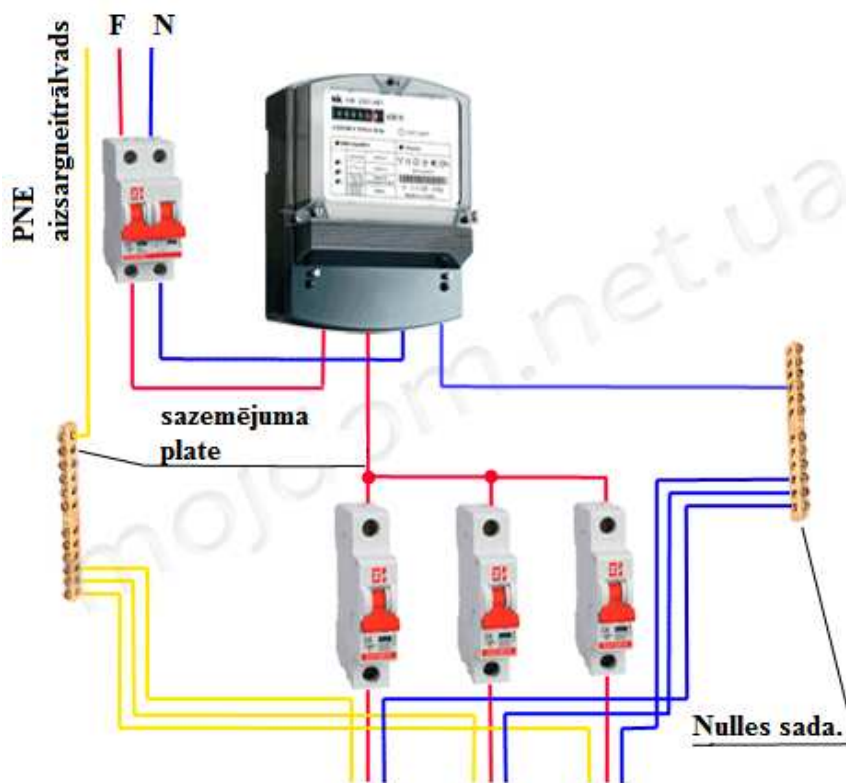
Pie patērētājiem var tikt pievadīta divu veidu rūpnieciskā maiņstrāva. Vienā variantā tā ir vienfāzes maiņstrāva, bet otrajā trīsfāžu maiņstrāva. Vienfāzes maiņstrāvu vairāk pievada patērētājiem, kas neizmanto lielas slodzes (jaudas) iekārtas, tie ir daudzstāvu ēku dzīvokļi un ģimenes dzīvojamās mājas, jeb privātmājas u.c. Tie izmanto, piemēram, tādas iekārtas, kā TV, Veļas mašīnas, ledusskapjus, mikroviļņu krāsnis, un citas sadzīves ierīces. Savukārt trīsfāžu maiņstrāvu izmanto dažādas ražošanas ēkas, kurās izvietoti jaudīgi darbgaldi (virpas, frēzes, slīpriņas, stacionārās urbmašīnas utt.), kas patērē trīsfāžu maiņstrāvu. Arī privātmājās, un piemājas saimniecībās tiek pievadīta trīsfāžu maiņstrāva, piemēram, malkas ripzāģa darbināšanai, govju slaukšanas iekārtas elektromotora darbināšanai utt.



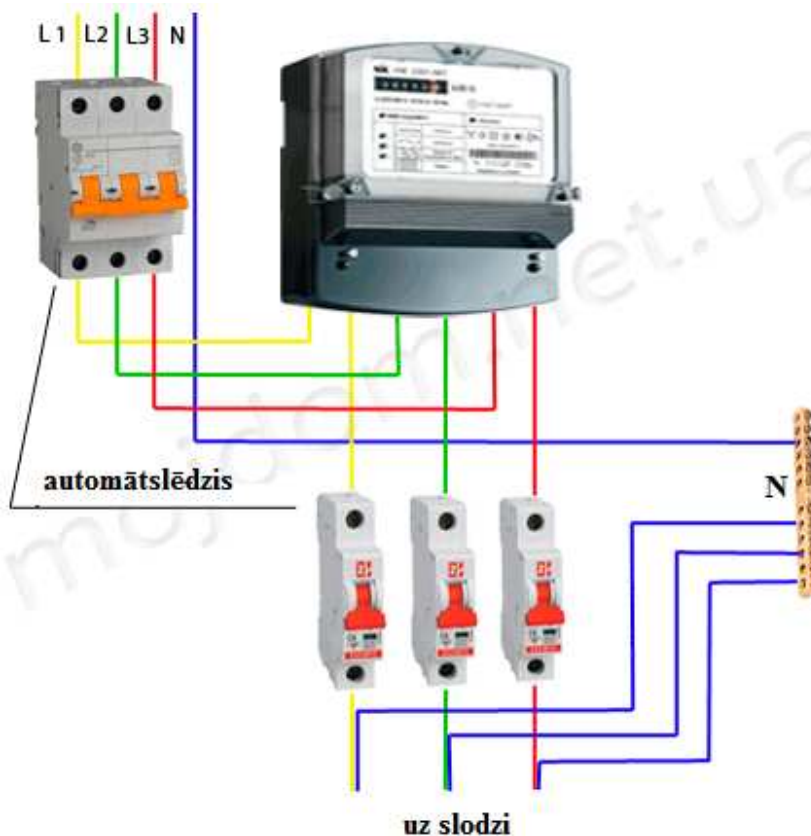
225. att. Elektroenerģijas sadalīšana pa patērētājiem

Vispirms patērētājam pievadītais maiņspriegums tiek pieslēgts pie automātslēdžiem un elektroenerģijas skaitītāja, kas izvietoti sadales skapī. No šīs vietas sākas maiņstrāvas sadalīšana pa patērētājiem telpā un slodzes izlīdzināšana. Tālāk attēlos redzami vienfāzes un trīsfāžu maiņstrāvas pieslēguma varianti patērētāju tīklos.

Ieguldījums tavā nākotnē

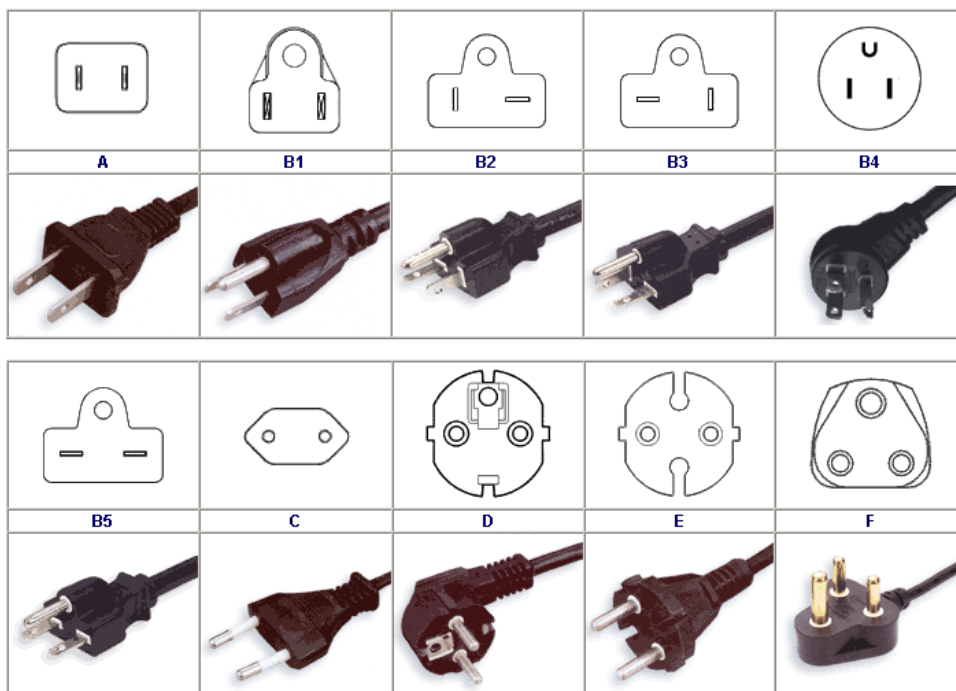


226. att. Vienfāzes maiņstrāvas pieslēgums privātmājā vai dzīvoklī.



227. att. Trīsfāzu maiņstrāvas pieslēgums pie patērētājiem

Ieguldījums tavā nākotnē



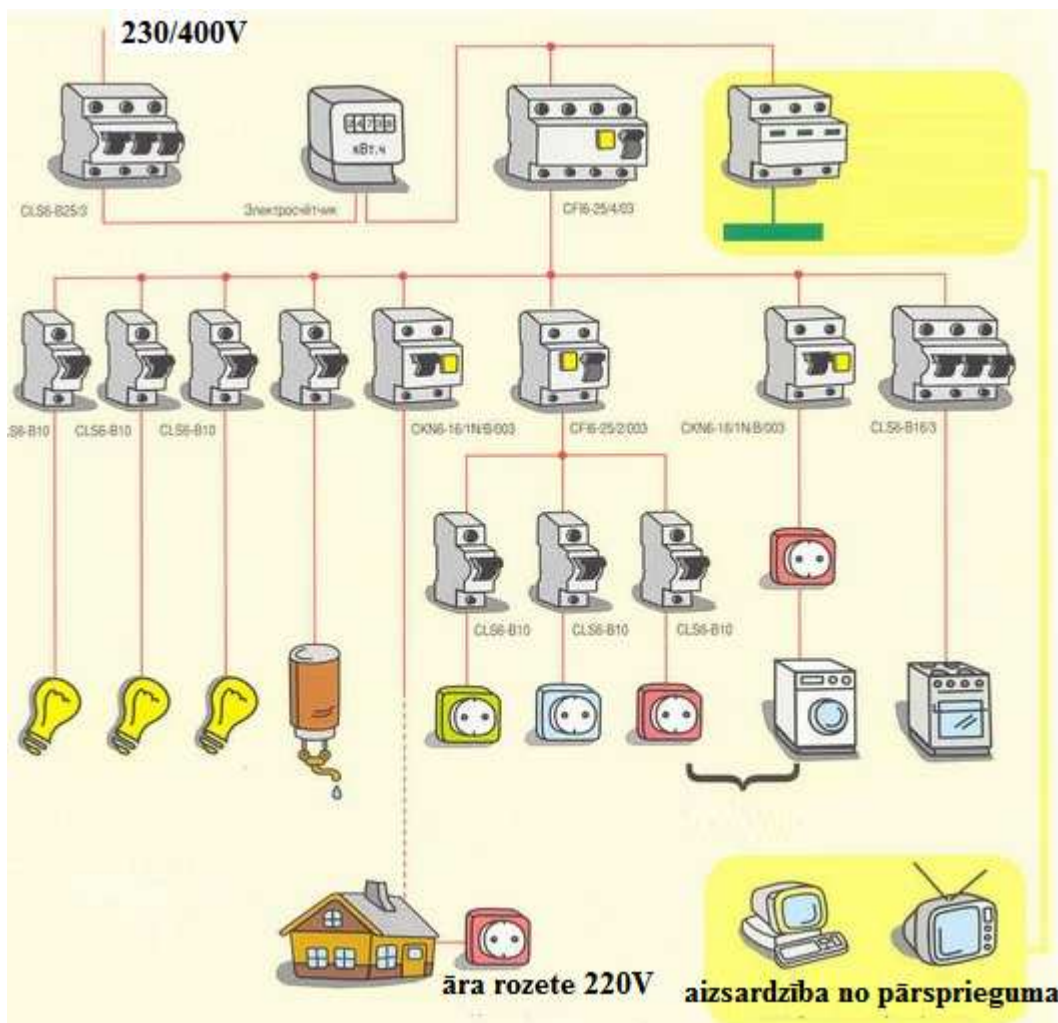
228. att. Vienfāzes elektroenerģijas patērētāju dažādu standartu pieslēgšanas veidi pie elektrotīkla



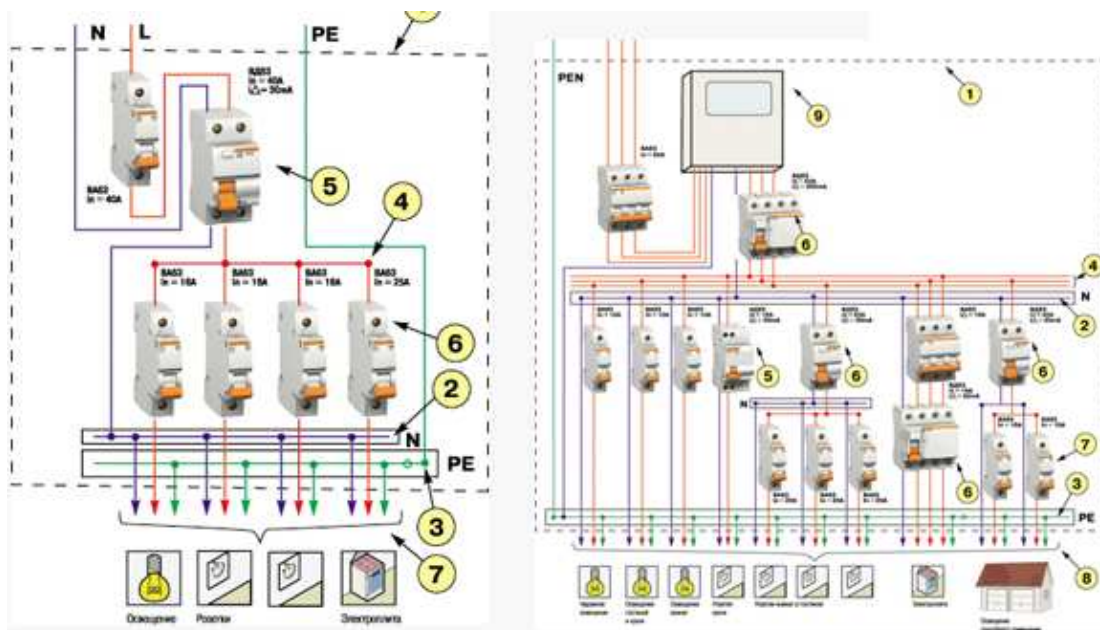
229. att. Elektroenerģijas nodrošinātājs, ja tīkla spriegums ir pazudis. UPS (Uninterruptible power supply) bezpārāvumu elektroenerģijas avots.

Šādas ierīces uzbūves pamatā ir akumulatoru baterija, kura tiek uzlādēta ar maiņstrāvas tīkla spriegumu 220V, pēc tam, kad tīkla spriegums ir pazudis ieslēdzas inventors, kas pārveido akumulatoru līdzstrāvu 220V 50Hz maiņstrāvā un turpina nodrošināt patērētāju ar maiņstrāvu. Šāda ierīce plaši tiek pielietota, piemēram, stacionāro datoru nodrošināšanai ar elektrību, gadījumos, kad ir pazudis ārējā tīkla spriegums.

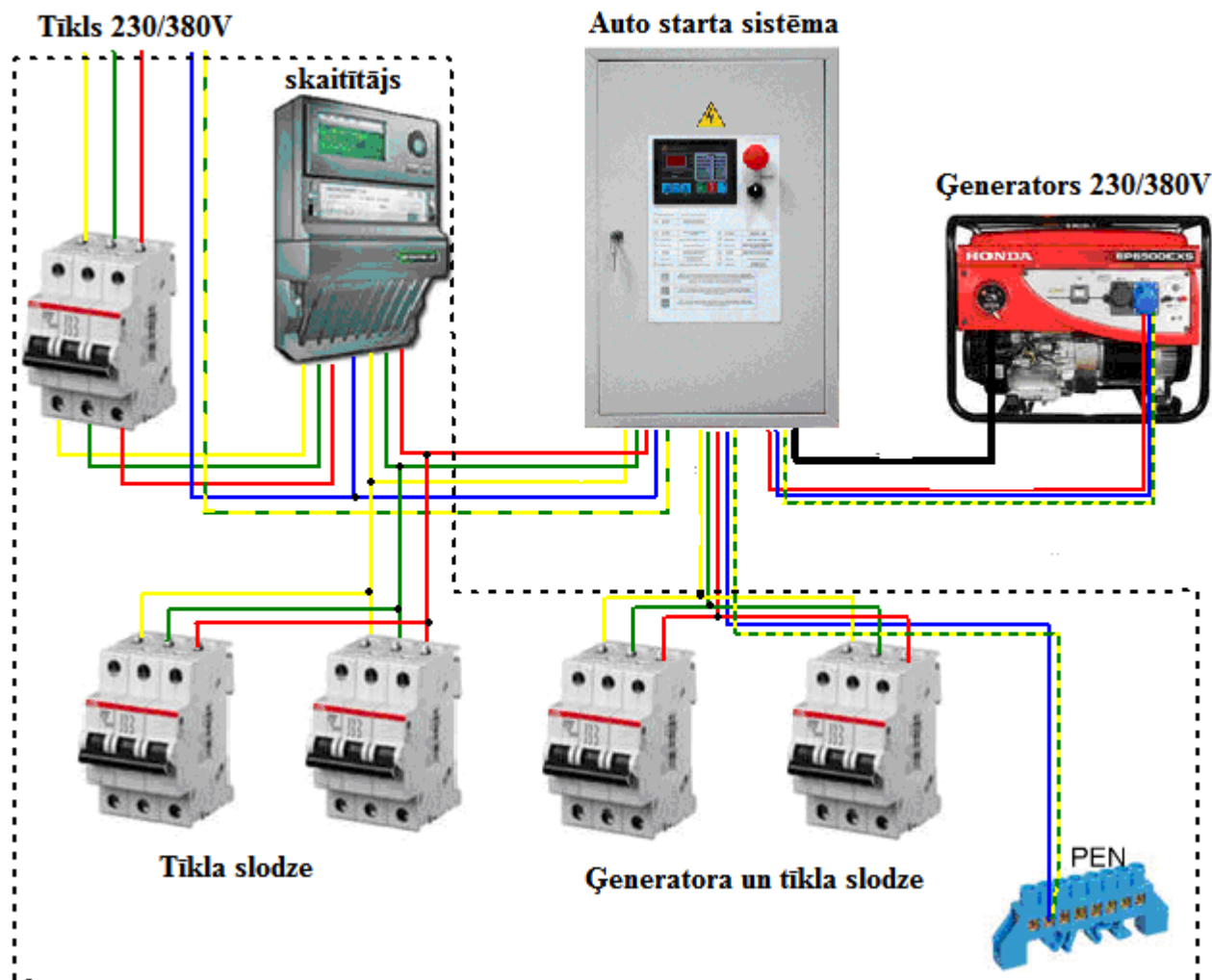
Ieguldījums tavā nākotnē



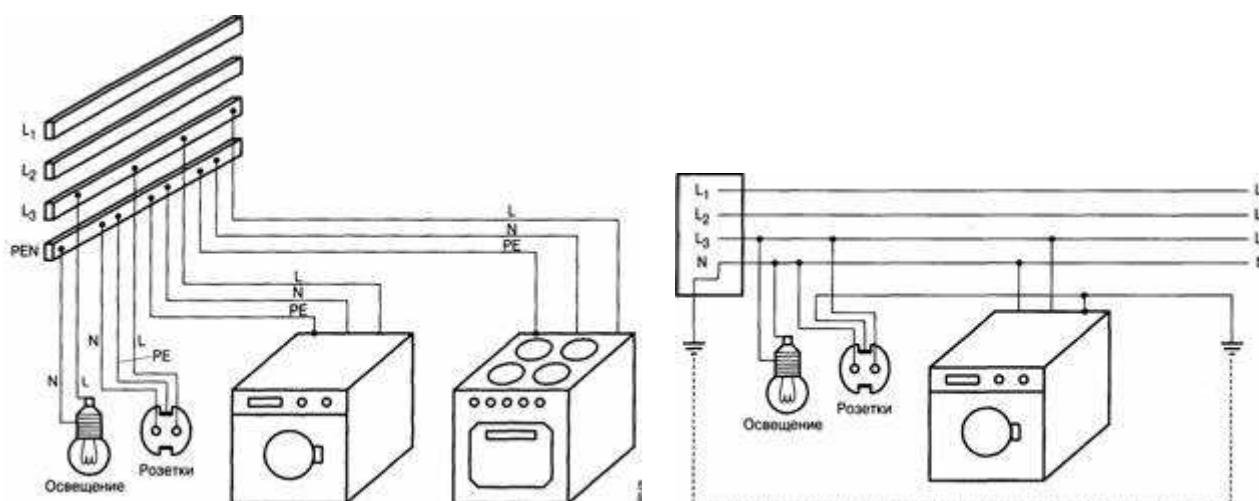
230. att. Privātmājas patērētāju pieslēgšana maiņstrāvas 240/380V tīklam



231. att. Elektroierīču sadalīšana un slodzes izlīdzināšana



232. att. Avārijas situācijas papildus ģenerators pieslēgšana



233. att. Patērētāju pieslēgšana elektotīklam

6. Transformatori un elektriskās mašīnas

6.1. Transformatoru nozīme, iedalījums, izveidojums, apzīmējumi, raksturojošie parametri

6.2. Vienfāzes transformatoru izveidojums, darbības princips, darbības režīmi

Stundas tēma: Transformatoru nozīme, iedalījums, izveidojums, apzīmējumi, raksturojošie parametri, vienfāzes transformatoru izveidojums, darbības princips, darbības režīmi

Stunda: 19 – 20 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Noskaidrot transformatoru veidus, nozīmi un izmantošanas praktisku pielietojumu;
2. Iemācīties transformatoru konstruktīvi izpildījumu, izveidojumu un raksturojošos parametrus;
3. Apgūt transformatora darbības principu un tā lietotos apzīmējumus;
4. Izanalizēt vienfāzes maiņstrāvas transformatoru darbības principu un darbības režīmus;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Transformatoru nozīme, iedalījums, izveidojums, apzīmējumi, raksturojošie parametri;
2. Vienfāzes transformatoru izveidojums, darbības princips, darbības režīmi,
3. Dažādi transformatoru slēgumi;

Izmantojamā literatūra:

- Ģirts Egils Lagzdīņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- Ilmārs Žanis Klegeris „Lietišķā elektrotehnika” Studiju materiāli, Jelgava 2007;
- „Electricity” Howard H. Gerrish and William E. Dugger Jr. and Kenneth DeLucca 2009
- A. Galiņš „Elektrozīnību teorētiskie pamati” Mācību metodiskais līdzeklis Jelgava 2008

6. Transformatori un elektriskās mašīnas

Mūsdienās tiek ļoti plaši pielietotas modernas un jaudīgas elektromašīnas dažādās rūpnīcās, uzņēmumos, saimniecībās un citās ražošanas industrijās. Tāpat, kā elektriskās mašīnas arī transformatori ir neaizstājamas elektroenerģijas pārveidošanas ierīces, bez kurām mūsdienās nevar iztikt neviena elektroenerģijas pārvades līnija, elektroapakšstacija. Elektrisko mašīnu un transformatoru pielietojums ir būtisks atspazds darbā, un ražošanā. Ar šo ierīču izgudrošanas momentu tika atklātas daudz jaunu industriju iespējas, tādēļ arī mēs mēģināsim apskatīt daļu no transformatoru veidiem, to pielietojuma iespējas un uzbūves konstrukciju, kā arī pētīsim elektriskās mašīnas, ģeneratorus, motorus, to uzbūvi darbību un pielietojumu.

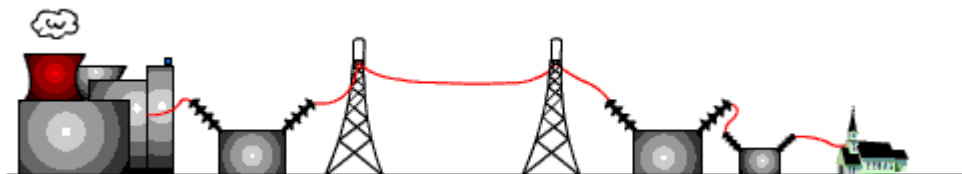
6.1. TRANSFORMATORU NOZĪME, IEDALĪJUMS, IZVEIDOJUMS, APZĪMĒJUMI, RAKSTUROJOŠIE PARAMETRI

Transformatora nozīme.

Vairumā elektrostaciju trīsfāzu maiņstrāvas ģeneratori ražo maiņstrāvu, kuras spriegums nepārsniedz 25 (kV) kilovoltus. Lielāku spriegumu iegūt no ģeneratora tehnisku iemeslu dēļ izrādās sarežģīti. Taču, lai atmaksātos elektroenerģijas pārvadīšana lielos attālumos, šāds spriegums izrādās par zemu.

Tāpēc pirms elektroenerģiju pārvada pa līniju, maiņstrāvas spriegumu vēl vairāk kārt paaugstina. Pēc tam, kad elektroenerģija ir sasniegusi lietotāju, maiņspriegumu nākas vairāk kārt pazemināt līdz sadzīves elektroierīcēm vajadzīgajam spriegumam. Maiņsprieguma paaugstināšana un pazemināšana nepieciešama ne tikai elektroenerģijas pārraidei pa elektrolīnijām. Tā nepieciešama gandrīz visās elektroniskajās ierīcēs — radioaparātos, televizoros, gāzizlādes lampās un daudzviet citur. Maiņspriegumu pārveido, paaugstina vai pazemina **transformatori**. Tie darbojas sākot no lielām stacionārām augstsprieguma iekārtām transformatoru apakštacijās, līdz pat shēmām miniatūrās elektroniskajās ierīcēs.

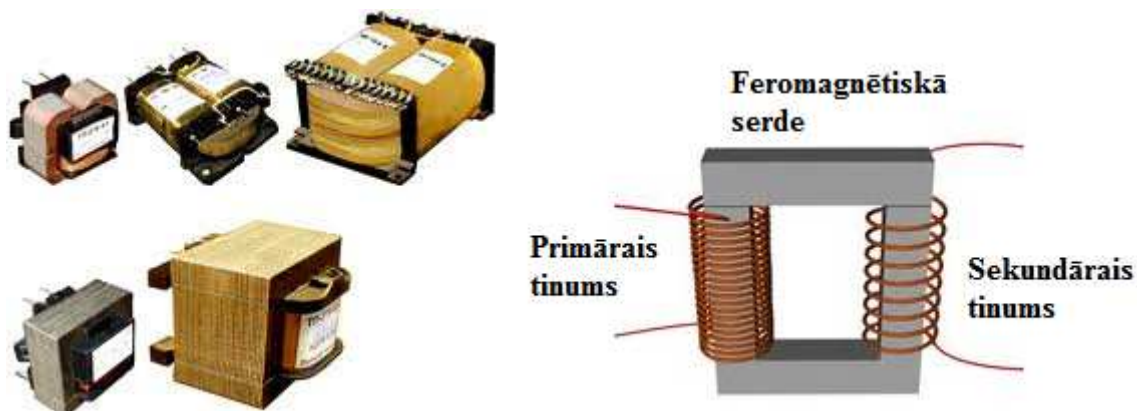
Transformators ir ierīce, kas pārveido maiņspriegumu, nemainot tā frekvenci.



234. att. Transformatoru izmantošana sprieguma paaugstināšanai un pazemināšanai sadales tīklos

Transformatora uzbūve

Transformators ir maiņstrāvas ierīce, kas paredzēta strāvas un sprieguma amplitūdas izmaiņīšanai bez būtiskiem zudumiem. Transformators nesatur kustīgas detaļas. Transformators sastāv no vismaz diviem tinumiem, kas induktīvās saites nodrošināšanai uztīti uz speciālas serdes (magnētveda) no feromagnētiska materiāla. Autotransformatoriem ir tikai viens tinums. Īpašām vajadzībām izmanto arī transformatorus bez serdes.



235. att. Transformators un tā uzbūve (Transformators sastāv no divām savstarpēji izolētām spolēm-tinumiem, kas uztīti uz dzelzs serdes.)



236. att. Transformatora vispārīgs apzīmējums

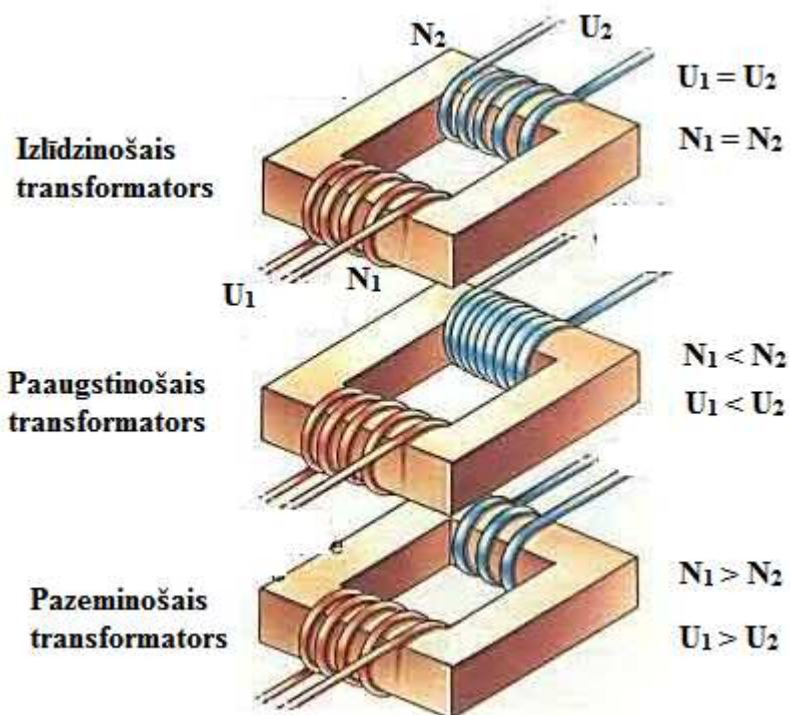
Transformatora darbības princips

Transformatora darbība pamatojas uz elektromagnētiskās indukcijas parādību. Kad vienam no tinumiem (to dēvē par primāro tinumu) pieslēdz ārēju sprieguma avotu, caur šo tinumu plūstošā maiņstrāva rada magnētvdā mainīgu magnētisko plūsmu. Savukārt mainīgā magnētiskā plūsma inducē visos transformatora tinumos (t. sk. arī primārajā) elektrodzinējspēku (EDS), kas tieši proporcionāls attiecīgā tinuma (sekundārā tinuma) vijumu skaita attiecībai pret primārā tinuma vijumu skaitu.

Ja sekundārie tinumi nav pieslēgti slodzei (transformators darbojas tukšgaitā), primārajā tinumā inducējas tāds EDS, kas gandrīz pilnīgi kompensē ārējā barošanas avota spriegumu, tādēļ primārajā tinumā plūst samērā niecīga strāva (to nosaka primārā tinuma induktīvā pretestība.)

Ja kādu no sekundārajiem tinumiem pieslēdz slodzei, šajā tinumā sāk plūst strāva, kas savukārt arī rada magnētisko plūsmu magnētīvadā, turklāt šī plūsma vērsta pretēji primārā tinuma radītajai. Tā rezultātā spriegumu jeb EDS kompensācija primārajā tinumā tiek izjaukta un primārajā tinumā sāk plūst strāva, kas palielinās tik ilgi, kamēr magnētiskā plūsma sasniedz iepriekšējo lielumu. Strāva sekundārajā tinumā apgriezti proporcionāla tā vijumu skaita attiecībai pret primārā tinuma vijumu skaitu. Spriegumu attiecība pirmajā tuvinājumā saglabājas tāda pati kā tukšgaitas režīmā.

Tādējādi, ja sekundārajā tinumā ir vairāk vijumu nekā primārajā, tas dos lielāku spriegumu un mazāku strāvu, nekā ārējais avots, kas pieslēgts primārajam tinumam (tas būs paaugstinošais transformators). Savukārt, ja sekundārajā tinumā ir mazāk vijumu nekā primārajā, tas dos mazāku spriegumu un lielāku strāvu - tas būs pazeminošais transformators.



237. att. Transformatoru veidi atkarībā no vijumu skaita

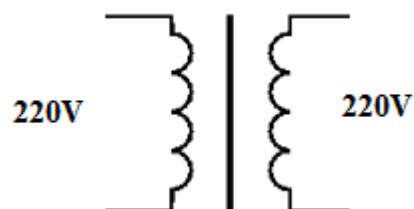
Ieguldījums tavā nākotnē

Vienā un tai pašā transformatorā var vienlaicīgi var būt gan paaugstinošie, gan pazeminošie sekundārie tinumi. Tinumus, kas paredzēti lielākām strāvām, tin no resnāka vada.



238. att. Daudztinumu transformatori

Dažkārt elektrotehnikā lieto arī tādus transformatorus, kam primārā un sekundārā tinuma vijumu skaits ir vienāds - **tie ir atdalošie transformatori**.

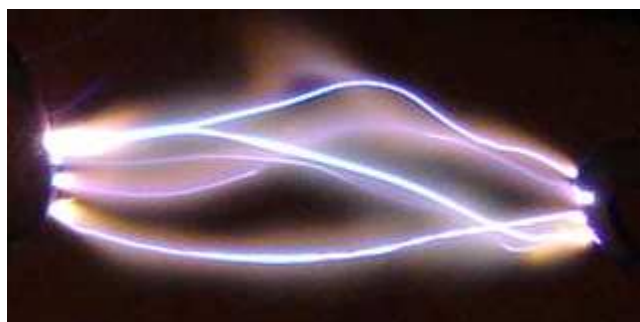
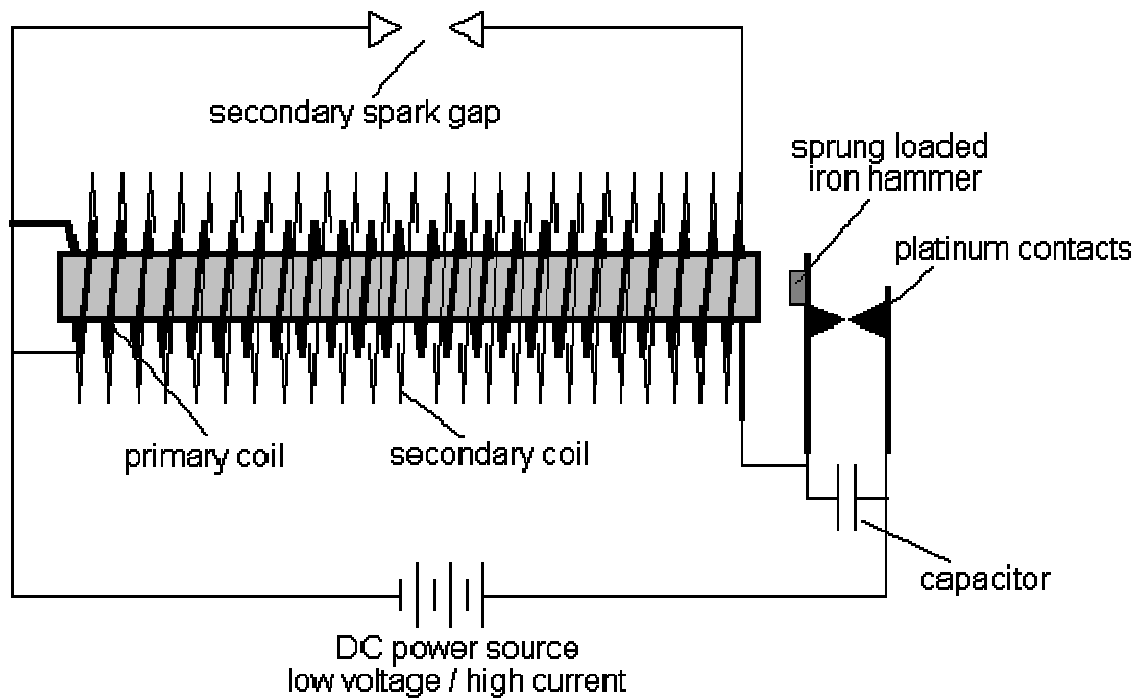


239. att. Atdalošais transformators

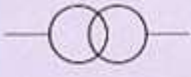




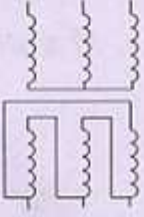

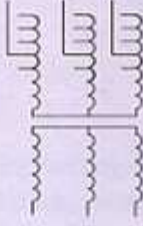

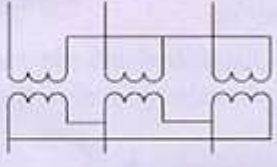

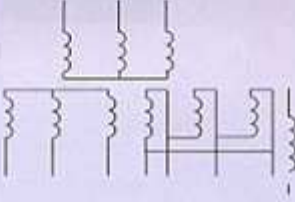
Jāatceras, ka ar transformatoru var pārveidot tikai maiņstrāvu, līdzstrāvas pārveidošanai tie nav derīgi. Pieslēdzot transformatoram līdzstrāvu, sekundārajā tinumā spriegums inducējas tikai strāvas atslēgšanas brīdī. Ja sekundārajā tinumā vijumu ir ļoti daudz, tajā rodas augstsprieguma

Ieguldījums tavā nākotnē

impulss, kas var radīt elektrisko dzirksteli starp tinuma izvadiem - ierīces, kas izmanto šo parādību, sauc par indukcijas spolēm.



240. att. Indukcijas spoles darbības princips

Simbols		Paskaidrojumi
Vienlīniju shēma	Daudzlīniju shēma	
		Divtīnumu transformators
		Transformators ar šķeltu sekundāro tinumu
		Trīsfāzu transformators zvaigznes/trīsstūra slēgumā
		Trīsfāzu transformators ar slēgumu zvaigzne/zvaigzne un sprieguma regulēšanas pakāpēm augstākā sprieguma pusē
		Trīs vienfāzu transformatori saslēgti grupā zvaigznes/trīsstūra slēgumā
		Trīsfāzu transformators ar diviem zvaigznes un vienu trīsstūra slēgumu

241. att. Transformatoru apzīmējumi un to nozīme

Transformatora raksturojošie parametri

Transformatora svarīgs raksturojošais lielums ir **transformācijas koeficients**, kas atkarīgs no primārā un sekundārā sprieguma, EDS un vijumu skaita.

$$\frac{E_1}{E_2} \approx \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2} = k \quad \text{kur } W_1 \text{ un } W_2 \text{ vai } N_1 \text{ un } N_2 \text{ vijumu skaits primārajā un sekundārajā tinumā,}$$

k – transformācijas koeficients.

Piemērs:

Dots, ka uz transformatora sekundārā tinuma ir 24 V spriegums. Cik ir jābūt sekundārā tinuma vijumiem, ja primārais spriegums ir 230 V un vijumu skaits 660?

$$W_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot W_1 = \frac{24}{230} \cdot 660 = 68,8 \approx 69 \text{ vijumi}$$

Atbilde: Transformatora sekundārajā tinumā ir jābūt 69 vijumiem.

Transformatoru tipi

Barošanas (spēka) transformatorus iedala pēc to jaudas. Lieljaudas transformatorus izmanto elektrotīklos, tos iedala sausajos un eļļas transformatoros pēc dzesēšanas veida. Elektroaparātūras barošanai lieto samērā nelielas jaudas transformatorus. Barošanas transformatori var būt vienfāzes un trīsfāzu.

Bez barošanas transformatoriem ir arī dažādi speciāli transformatori - **salāgošanas transformatori, impulstransformatori, bezserdes transformatori (sk. Teslas transformators).**



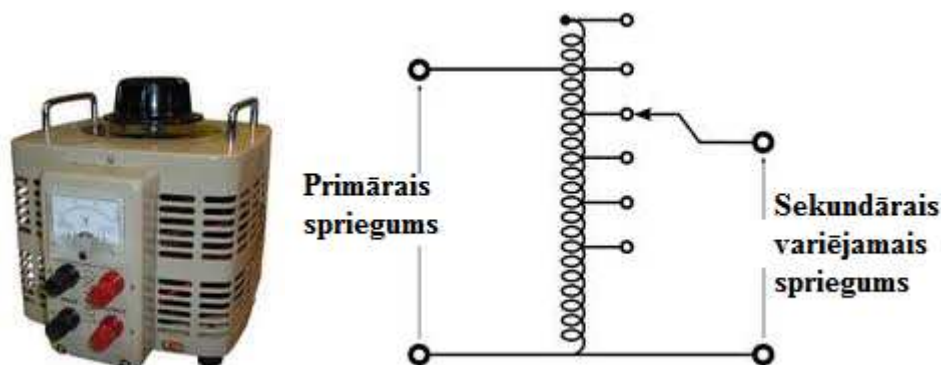
242. att. Teslas transformators

Transformatori var būt paredzēti dažādām frekvencēm. Barošanas transformatori parasti ir paredzēti rūpnieciskajai frekvencei **50 Hz**. Speciālas aparātūras barošanai lieto paaugstinātās rūpnieciskās frekvences (**400Hz vai 1000Hz**) transformatorus.

Ieguldījums tavā nākotnē

Radiotehnikā lieto arī augstfrekvences (līdz 10000 Hz un vairāk) transformatorus. Pēc sprieguma transformatorus iedala **zemsprieguma (tiem jebkura tinuma spriegums nepārsniedz 1000 V) un augstsprieguma transformatoros (virs 1000 V).**

Pēc tinumu skaita transformatorus iedala **autotransformatoros, divtinumu un daudztinumu transformatoros.**



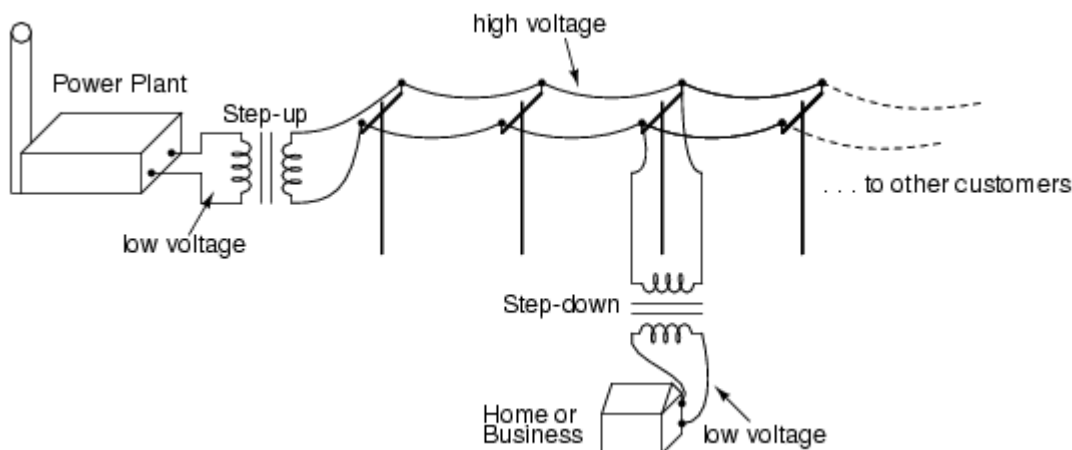
243. att. Autotransformators, un tā apzīmējums. (Autotransformatoram galvenā īpašība ir iespēja regulēt sekundārā tinuma maiņstrāvas lielumu, piemēram, no 0 līdz 230V)

Pēc magnētiskās serdes veida ir transformatori ar plāksnīšu serdi, lentes serdi un presēta materiāla (piemēram, ferīta) serdi. Zemsprieguma transformatoru serdes izgatavo no plānām plāksnītēm, lai samazinātu virpuļstrāvu radītos zudumus. Augstfrekvences transformatoru serdes mēdz izgatavot no sapresēta feromagnētiska pulvera.

Pēc konstruktīvā izpildījuma transformatori iedalās bruņu serdes, stieņu serdes un toroidālos (gredzenveida) transformatoros. Radioaparātūrā dažkārt izmanto ekranētus transformatorus, kam ir metālisks ekrāns, kas novērš parazītiskas induktīvās saites starp transformatoru un citiem radioelementiem.

Transformatoru praktiskā pielietošana

Vislielākā nozīme transformatoriem ir elektrotīklos, kur tos izmanto strāvas pārveidošanai, lai varētu pārvadīt elektroenerģiju lielos attālumos ar iespējami maziem zudumiem.



244. att. Transformatoru pielietojums sadalēs tīklos

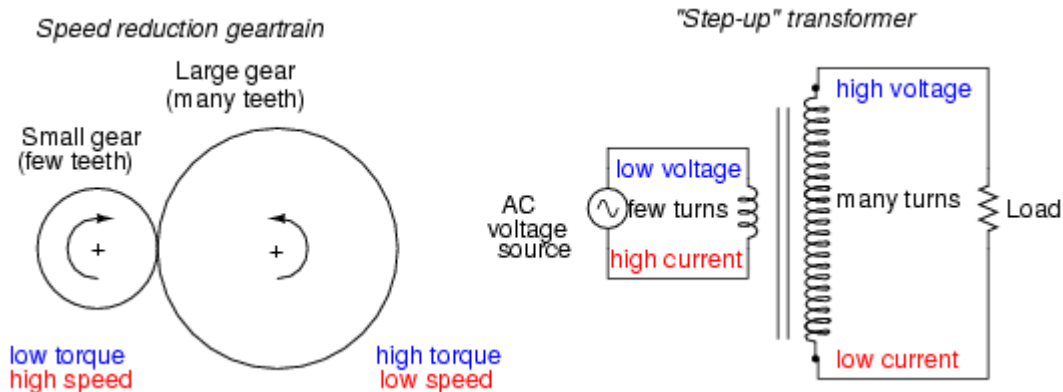
Tā kā enerģijas zudumi vados to sasilšanas dēļ ir proporcionāli strāvas kvadrātam, izdevīgāk ir pārvadīt augstsprieguma strāvu, kurai pie tās pašas jaudas caurplūstošās strāvas vērtība ir mazāka. Savukārt gala lietotājiem strāvas spriegums ir jāpazemina, jo augstspriegums ir pārāk bīstams praktiskai lietošanai. Šīm vajadzībām izmanto paaugstinošos un pazeminošos transformatorus. Atdalošos transformatorus elektrotīklos lieto drošības palielināšanai.

Transformatorus lieto arī elektronikas un radioaparātūras barošanai. Piemēram, televizorā ir nepieciešami visdažādākie spriegumi no dažiem voltiem tranzistoru un mikroshēmu barošanai līdz desmitiem kilovoltu tā kineskopa anoda barošanai. Mūsdienās spēka transformatorus barošanai lieto reti (galvenokārt portatīvos mazjaudas barošanas blokos, piemēram, mobilo telefonu lādētājos).

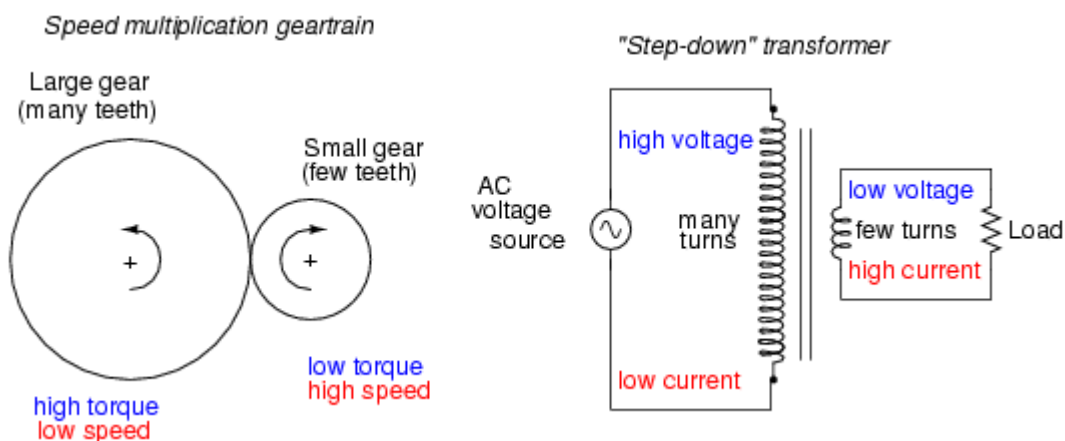
Tā vietā izmanto impulsu barošanas avotus, kuros tīkla maiņstrāvu vispirms pārveido līdzstrāvā (sk. taisngriezis), ar kuru darbina augstfrekvences impulsģeneratoru. Tā radītos impulsus padod uz augstfrekvences transformatoru, kurš pārveido tos vajadzīgajos spriegumos. Šāds impulstransformators ir daudz mazāks un vieglāks par spēka transformatoru, kurš būtu nepieciešams tās pašas jaudas pārveidošanai. Tomēr impulsu barošanas avotiem ir arī trūkumi - tie ir sarežģītāki, darbā nedrošāki un rada lielākus elektromagnētiskos traucējumus.

Salāgošanas transformatorus lieto elektrisko ķēžu pretestības salāgošanai. Piemēram, skaņas pastiprinātāja izejai ir samērā liela pretestība (it sevišķi, ja tas konstruēts uz lampām, bet skaļrunim pretestība ir tikai daži omi. Tādēļ skaļruni šādam pastiprinātājam pieslēdz caur transformatoru.

6.2. VIENFĀZES TRANSFORMATORU IZVEIDOJUMS, DARBĪBAS PRINCIPS, DARBĪBAS REŽĪMI



245. att. Vienfāzes paaugstinoša transformatora darbības princips



246. att. Vienfāzes pazeminoša transformatora darbības princips

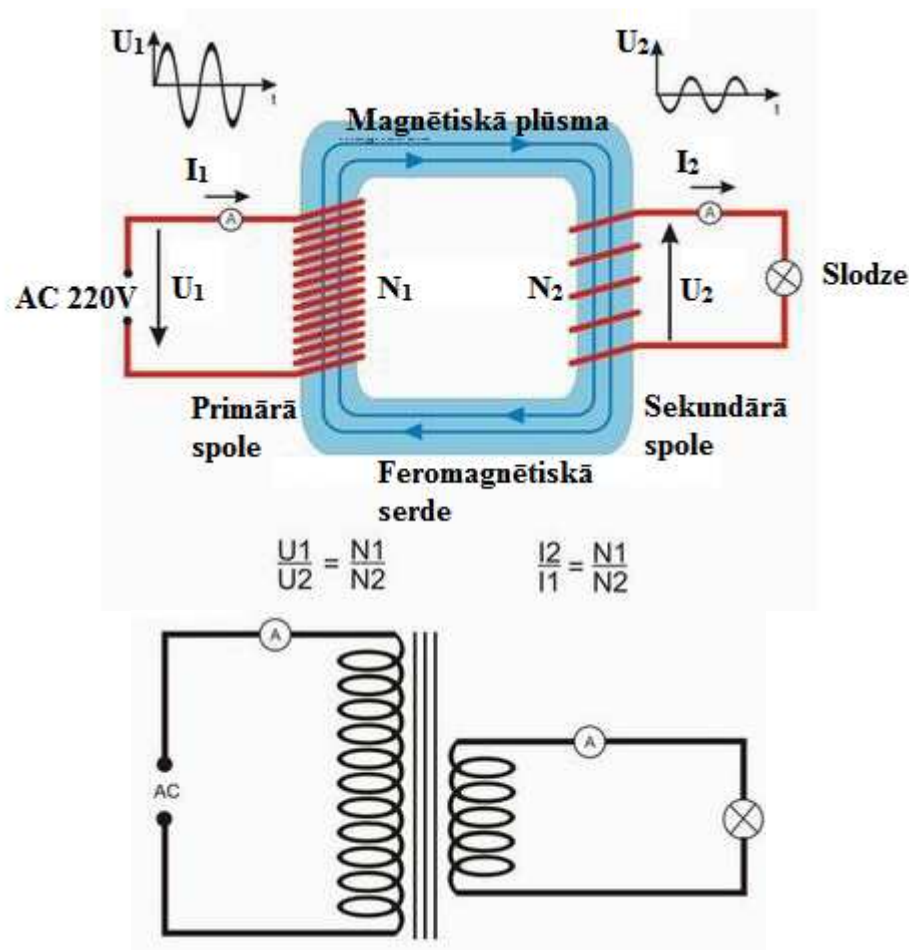
To transformatora tinumu, ko pieslēdz elektroenerģijas avotam, sauc par primāro tinumu. Otru tinumu, ko pieslēdz patērētājam, sauc par sekundāro tinumu. Sekundārie tinumi var būt arī vairāki. Parasti tinumi ir ievietoti tvertnē, kas pildīta ar eļļu. Eļļas uzdevums ir nodrošināt papildus izolāciju un dzesēt tinumus. Lai samazinātu zudumus no virpuļstrāvas transformatora serdē (vai jūgā), serde ir veidota no elektrotehniskā tērauda plāksnītēm, kuras ir savstarpēji izolētas. Ja sekundārajiem vijumiem nav pieslēgts patērētājs, transformators strādā tukšgaitā. Ja pieslēdz patērētāju, sekundārajā ķēdē plūst strāva I_2 , kas vērsta pretēji primārās strāvas magnētiskajai plūsmai. Maziem spriegumiem un jaudām paredzētie transformatori, piemēram, elektronikā, protams, ir bez tvertnes un eļļas pildījuma un tiem var būt divi vai vairāki sekundārie tinumi vai arī nozarojumi no sekundārā tinuma.



247. att. Vienfāzes transformators 220V AC 50 Hz, uz 12V AC 500 mA 50 Hz

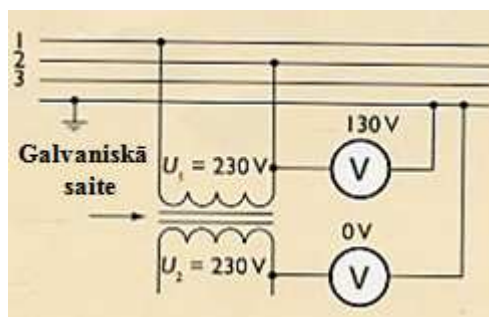
Transformatora darba procesā rodas elektroenerģijas zudumi transformatora tinumos (elektriskie zudumi) un arī zudumi feromagnētiskajā serdē (magnētiskie zudumi). Pirmos zudumus sauc arī par īsslēguma zudumiem, jo tos mēra īsslēguma režīmā un tie rodas, plūstot darba strāvai. Otrus zudumus reģistrē tukšgaitas režīmā un tos galvenokārt rada histerēze un virpuļstrāvas. Zinot pievadīto aktīvo jaudu P_1 un lietderīgi nodoto aktīvo jaudu P_2 , var noteikt transformatora lietderības koeficientu:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 0,98 \div 0,99 \quad \text{Tikai ļoti maziem transformatoriem var būt } \eta=0,85$$



248. att. Vienfāzes transformatora darbības princips

Dalītāju transformatorus lieto zemsprieguma tīklos darba drošības paaugstināšanai. Tie ir domāti viena patērētāja vai nelielas patērētāju grupas, kas atrodas transformatora tiešā tuvumā, pieslēgšanai sekundārā sprieguma pusē. Sekundārajā pusē nedrīkst būt sazemējumi. Tādējādi transformators atdala patērētāju no primārā tīkla un no zemējuma.



249. att. Dalītājtransformatora (atdalošā) pieslēgums elektrotīklam

Prasība, lai ķēdē būtu nevainojama izolācija. Šos transformatorus, piemēram, lieto darba instrumentu vai elektrificēto medicīnas aparātu pieslēgšanai.

Piemērs:

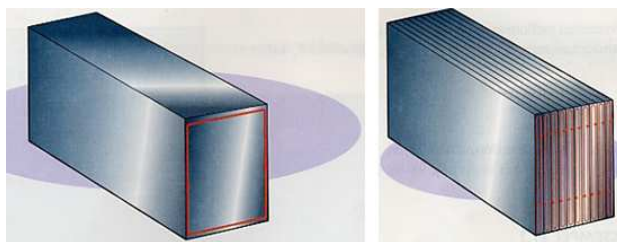
Cik liels spriegums ir transformatorā, ja vijumi ir $w_1=1200$ vijumi, $w_2=300$? Sekundārais spriegums ir 230 V.

Transformatoram ir 660 vijumi primārajā pusē un 57 vijumi sekundārajā pusē. Primārais spriegums ir 230 V. Kāds ir spriegums sekundārajā pusē?

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{W_2}{W_1} = 230 \cdot \frac{57}{660} = 20 \text{ V}$$

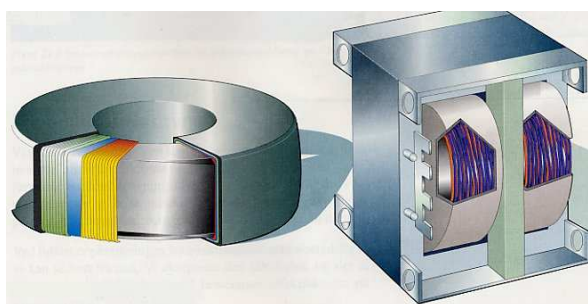
Atbilde: Sekundārais spriegums ir 20 V.

Attēlā parādīts transformatora dzelzs serdes šķērsgriezums. Pa šo serdi noslēdzas magnētiskā lauka spēka līnijas un inducē strāvu sekundārajā tinumā. Vienlaikus elektriskajos tinumos un serdē rodas virpuļstrāvas, kas dzelzs serdē rada siltumu un līdz ar to papildus zudumus. Lai virpuļstrāvu būtiski samazinātu, serdi veido no elektrotehniskā tērauda plāksnēm, kas savstarpēji ir atdalītas ar izolējošu laku.



250. att. transformatora serde salikta no plāksnītēm vai no vien gabarīta

Plāksnīšu biezums ir 0,1 līdz 1,0 mm un parasti sastiprinās ar bultskrūvēm.



251. att. Dažāda tipa transformatori.

Turklāt virpuļstrāvu zudumi ir arī transformatora vijumos. Neviens transformators nav pilnīgi bez zudumiem. Par to var pārliecināties, ja salīdzina primārajā pusē pievadīto jaudu (ņemsim tikai aktīvo jaudu) ar sekundārā pusē tālāk nododamo jaudu. Šo divu jaudu attiecību izteiktu procentos, sauc par transformatora lietderības koeficientu. Jaudas zudumi transformatoros parasti ir 1-2% un tad var teikt, ka transformatoram ir augsts lietderības koeficients.

Piemērs:

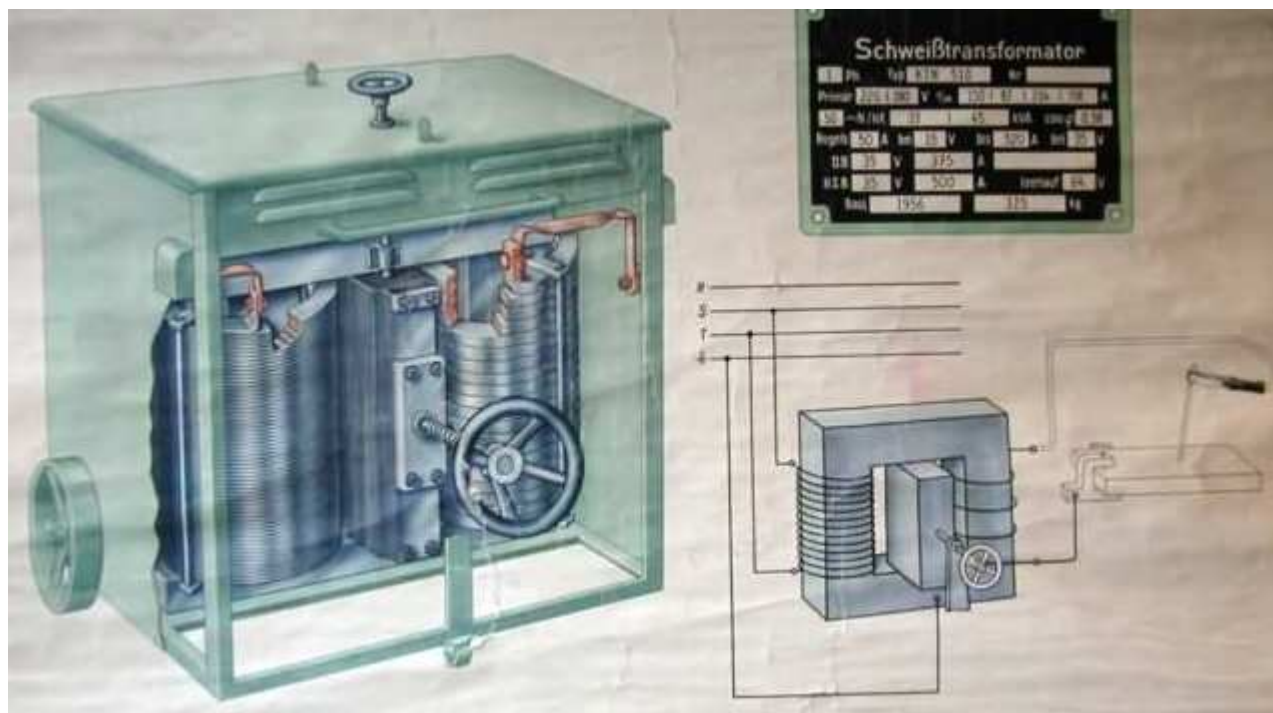
Dots transformators ar $U_1=230\text{ V}$, $I_1=5,8\text{ A}$, $U_2=48\text{ V}$, $I_2=26\text{ V}$. Kāds ir šī transformatora lietderības koeficients?

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} = \frac{48 \cdot 26}{230 \cdot 5,8} = 0,94 = 94\%$$

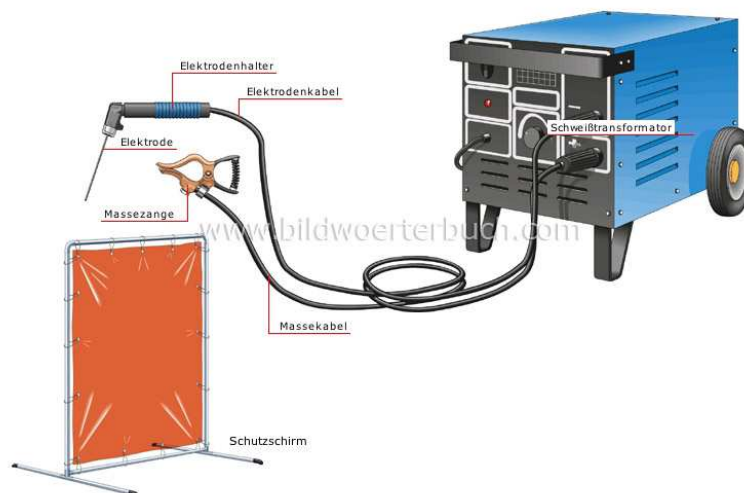
Atbilde: $\eta=94\%$. Tātad lietderības koeficients nav sevišķi augsts.

Ja būtu bezzudumu transformatori, tad būtu $P_1=P_2$, respektīvi, $U_1 \cdot I_1=U_2 \cdot I_2$ un būtu jau zināmā sakarība $\frac{W_1}{W_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_2}{I_1}$ Kā jau noskaidrojām, ir nelieli (1% līdz 5%) zudumi. Īoti

uzskatāms piemērs lielajām sekundārajām strāvām ir metināšanas transformatori, kas pieslēgti vienai vai divām fāzēm.



252. att. Metināšanas transformators ar mazu sekundāro spriegumu un lielu sekundāro strāvu.

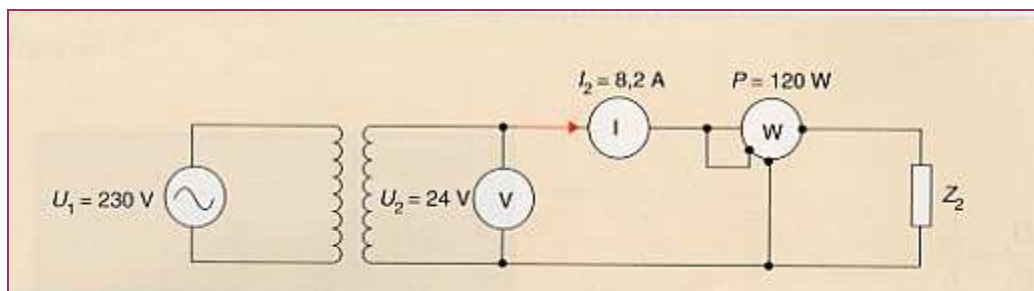


253. att. Metināšanas aparāts

Zudumus transformatorā izsauc induktivitāte serdenī un vijumos, virpuļstrāvas, ko sauc par tukšgaitas zudumiem un tinumu vadus radušās aktīvās pretestības zudumi – slodzes vai vara zudumi, jo tinumi ir tīti no vara vadiem. Transformatora darbību raksturo arī jaudas koeficients - $\cos\phi$, kas ir vektoru nobīdes leņķi attēlojošs lielums, par cik transformators atrodas starp strāvas avotu un patērētāju. Lai gan ir jācenšas samazināt minētos zudumus, galvenā vērība ir jāpiegriež $\cos\phi$ uzlabošanai, tā tuvināšanai robežlielumam 1.

Piemērs:

Aprēķināt $\cos\phi_1$ attēlā dotajā shēmā.



254. att.

Kā redzams, sekundārajā pusē ir ieslēgts ampērmetrs, voltmetrs un vatmetrs. Vatmetrs sekundārajā pusē rāda aktīvo jaudu, $\cos\phi$ ir vienāds kā primārajā tā arī sekundārajā pusē. Tādēļ pietiek aprēķināt $\cos\phi_2$, lai uzzinātu vēlamo - $\cos\phi$.

$$S_2 = U_2 \cdot I_2 = 24 \cdot 8,2 = 196,8 \text{ VA}, \cos\phi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{120}{197} = 0,6$$

Atbilde: $\cos\phi_1=0,6$.

6. Transformatori un elektriskās mašīnas

6.3. Trīsfāzu un speciālie transformatori, to izveidojums, darbības princips, darbības režīmi

6.4. Maiņstrāvas mašīnu iedalījums, darbības princips, pielietojums. Asinhrono motoru apzīmējumi

Stundas tēma: Trīsfāzu un speciālie transformatori, to izveidojums, darbības princips, darbības režīmi, maiņstrāvas mašīnu iedalījums, darbības princips, pielietojums, asinhrono motoru apzīmējumi

Stunda: 21 – 22 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Zināt trīsfāzu transformatoru izveidojumu, darbības principu un darba režīmus;
2. Izprast trīsfāzu transformatoru praktisku pielietojumu un tā raksturojošos parametrus;
3. Noskaidrot maiņstrāvas mašīnu iedalījumu un darbības principus un pielietojumu;
4. Prast izanalizēt asinhrono elektromotoru apzīmējumu nozīmi;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Trīsfāzu un speciālie transformatori, to izveidojums, darbības princips, darbības režīmi;
2. Maiņstrāvas mašīnu iedalījums, darbības princips, pielietojums, asinhrono motoru apzīmējumi;
3. Dažādi mašīnu slēgumi;

Izmantojamā literatūra:

- Elektrodzinēji <http://www.xn--80addceesnhi0axzh6mb.com.ua/faq/> 2012.01
- Jānis Dirba „Transporta elektriskās mašīnas” Jumava 2002 344 lappuses
- Ģirts Egils Lagzdīņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- „Electricity” Howard H. Gerrish and William E. Dugger Jr. and Kenneth DeLucca 2009

6.3. TRĪSFĀZU UN SPECIĀLIE TRANSFORMATORI, TO IZVEIDOJUMS, DARBĪBAS PRINCIPS, DARBĪBAS REŽĪMI

Trīsfāzu transformatori ir galvenā energosistēmas sastāvdaļa pēc elektrostacijām. Tie palielina spriegumu pārvadot elektroenerģiju lielos attālos un pazemina to līdz patērētājam nepieciešamam lielumam. Praktiski, visi rūpnieciskās maiņstrāvas elektroenerģijas patērētāji tiek baroti tieši no transformatoriem. Atšķirība no vienfāzu transformatoriem, trīsfāzu transformatoriem ir tinumu savienojuma grupa, kura atkarīga no savienojuma shēmas, tinuma novietojuma un citiem faktoriem.

Tāpēc ieslēdzos trīsfāzu transformatorus paralēli, nepieciešams ievērot sekojošus nosacījumus:

- Primāro un sekundāro spriegumu vienādība;
- Vienādas transformatoru savienojuma grupas;
- Vienādi īsslēguma spriegumi;
- Transformatoriem jābūt safāzētiem;
- Transformatoru jaudas nedrīkst atšķirties vairāk nekā trīs reizes.

Visi paralēlās darbības nosacījumi, izņemot fāzēšanu, tiek veikti pēc transformatoru pases datiem.

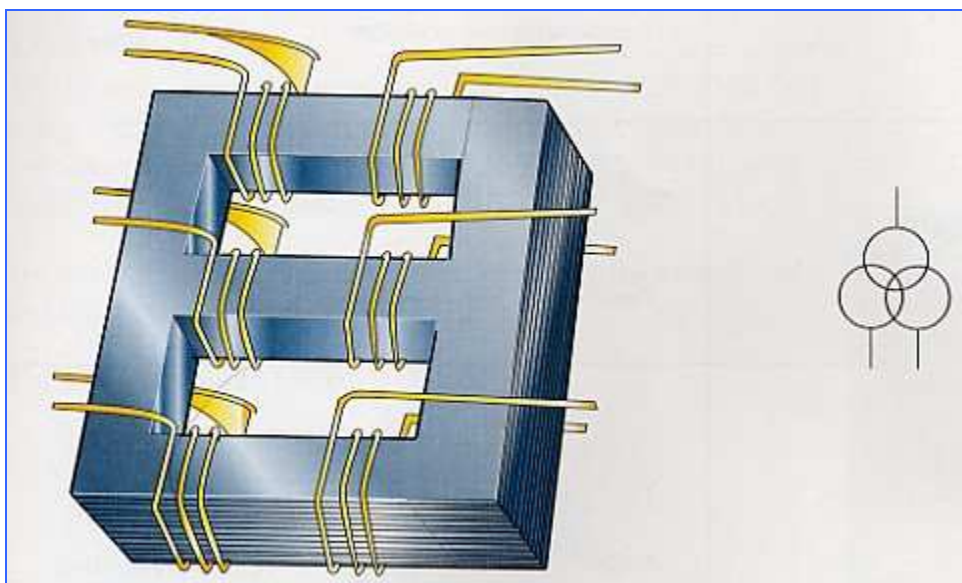
Fāzēšana ir obligāts nosacījums pirms pirmās transformatoru paralēlās darbības ieslēgšanas.



255. att. Trīsfāzu lieljaudas transformators

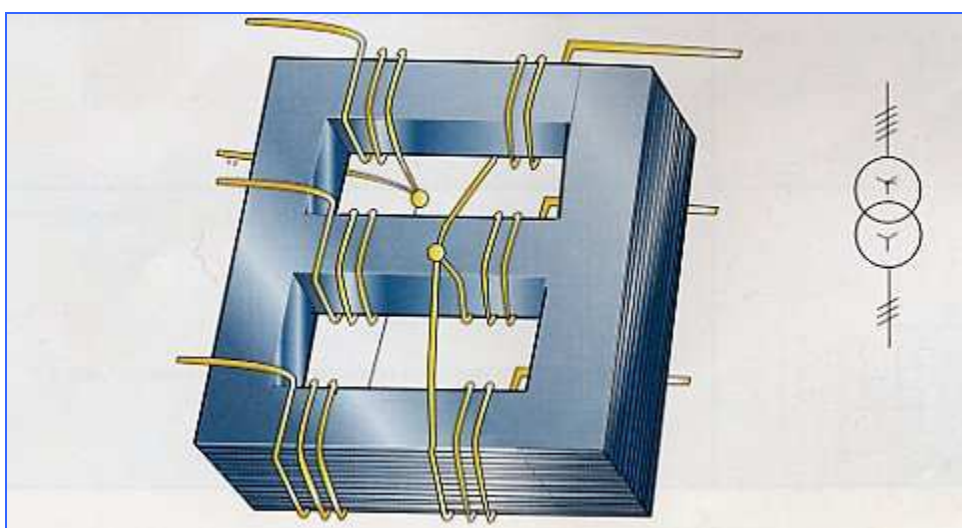
Trīsfāzu transformatora uzbūve

Trīsfāzu transformatori parasti ir izgatavoti ar **dubult E** veida serdeņiem, uz kuriem ir uzvīti kā primārie tā arī sekundārie fāzu tinumi.



256. att. Trīsfāzu transformators uz "E2" tipa serdes.

Trīsfāzu transformatora tinumi var būt savienoti gan zvaigznes, gan trīsstūra slēgumā. Augstākā un zemākā sprieguma pusē var būt atšķirīgi slēgumi.



257. att. Trīsfāzu transformators savienots slēgumā "zvaigzne/zvaigzne". Kreisā puse ir slēgta ar nulles punkta izvadu, radot iespēju pievienot vienfāzīgus patērētājus.

Jaudas aprēķinu izpildījām trīsfāzu transformatoram. Jāatgādina, ka ir svarīgi nesajaukt aktīvo un pilno jaudu, tātad jābūt pārliecībai par jaudas koeficienta $\cos\phi$ atbilstību.

Piemēram:

Elektrodzinējam ir atzīme $U=3\cdot 400$ V, $P=9$ kW, $\cos\varphi=0,5$. Elektrodzinējs ir pieslēgts transformatoram, kas pazemina spriegumu no $U_1=3\cdot 20$ kV uz $U_2=3\cdot 400$ V un $S=12$ kVA.

Cik lielu strāvu var dot transformators un cik liela strāva ir nepieciešama elektrodzinējam?

Transformatora strāvas aprēķins:

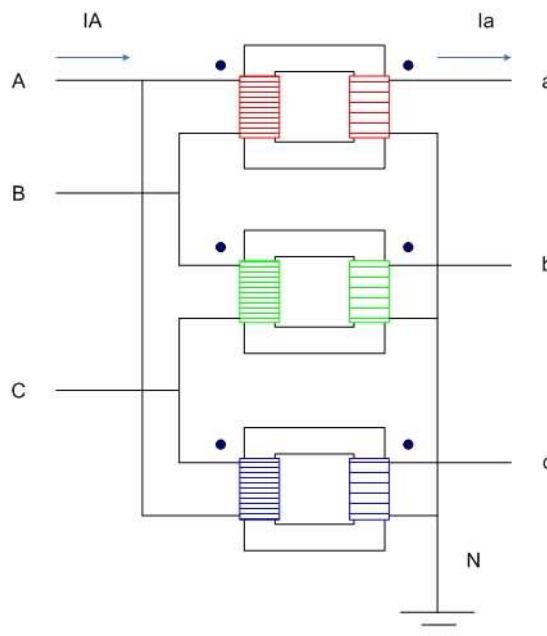
$$S_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2 \text{ No šejienes } I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 17,3 \text{ A.}$$

Tātad transformatoru var slogot līdz , 17,3 A.

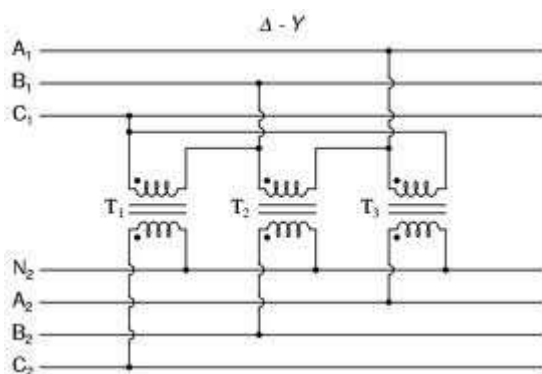
Dzinējam nepieciešamā strāva no formulas $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$ ir

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{9000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,5} = 25,9 \text{ A.}$$

Kā redzams, pieslēdzot dzinēju, transformators būs nepieļaujami pārslogots. Šo problēmu var atrisināt ja samazina leņķi φ , respektīvi, palielina $\cos\varphi$. Tātad ir jāpievieno atbilstošas kapacitātes kondensatoru baterija. Bez tam lētāk ir izpildīt fāzu kompensāciju nekā iegādāties lielākas jaudas transformatoru.



258. att. Trīsfāzu pazeminošs transformators



259. att. Trīs fāžu atdalošais transformators



260. att. Trīs fāžu transformators

6.4. MAIŅSTRĀVAS MAŠĪNU IEDALĪJUMS, DARBĪBAS PRINCIPS, PIELIETOJUMS ASINHRONO MOTORU APZĪMĒJUMI



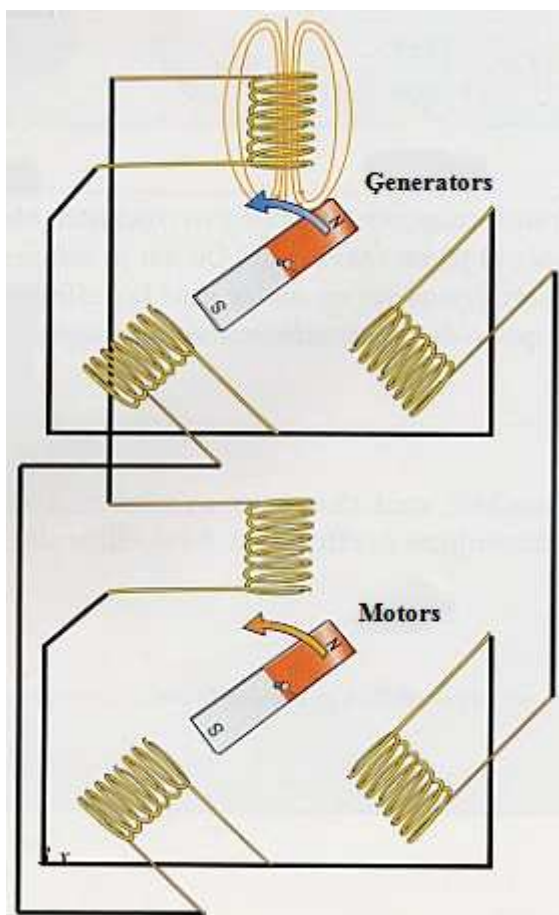
261. att.

Ģeneratorā rotē magnēts un to griež ārējs spēks – hidroturbīna, tvaika turbīna, dīzeļmotors. Šajā gadījumā rotors ir patstāvīgais magnēts. Šķērsojot spoļu tinumus, visās trijās fāzēs rodas spriegums un plūst strāva.

Ģeneratora statorā inducētā strāva baro dzinēja statora tinumu un arī dzinējā rada magnētisko lauku. Lauks rotē pretēji pulksteņa rādītāja virzienam. Arī sprieguma un strāvas vektoru griešanās virziens ir pretējs pulksteņa rādītāja virzienam. Magnētiskā plūsma, kas rotē dzinējā, precīzi seko ģeneratora magnētiskajam laukam. Dzinēja un ģeneratora rotoru griežas sinhroni un tam ir nozīme dažādu aparātu, elektronisko iekārtu uc. darbināšanai.

Sinhronā dzinēja apgriezieni atkarīgi no magnētiskās plūsmas rotorā. Apgriezienus var

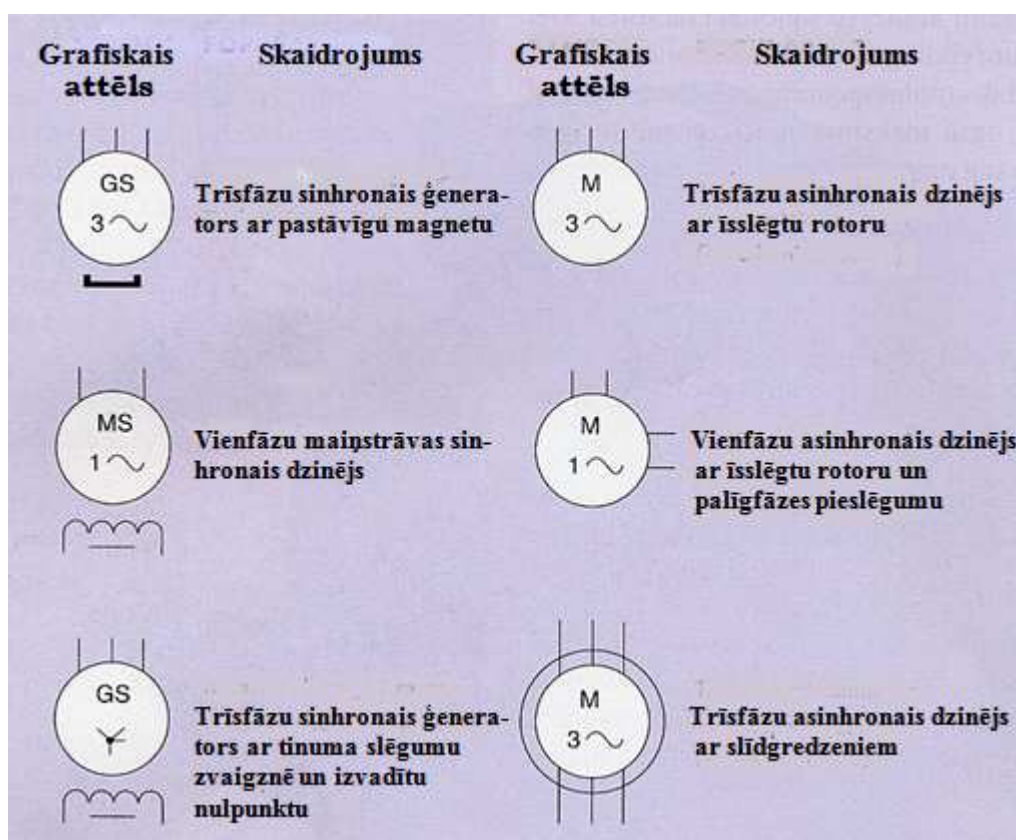
mainīt, mainot frekvenci. To sauc par frekvences stūrēšanu. Ja apmainīsim divus slēgumu vadus, mainīsies arī rotora griešanās virziens. Būtiskā atkarība ir no rotora polu pāru skaita. Ja ir divi polu pāri pie frekvences 50 Hz sinhronā dzinēja rotora apgriezieni būs 50 apgriezieni sekundē vai 50·60=3000 apgriezieni minūtē. Ja dzinējā būs četri poli, tad būs 1500 apgr./minūtē. Jo vairāk polu, jo mazāk apgriezienu minūtē.



Ieguldījums tavā nākotnē

Polu pāru skaits	1	2	3	4	5	6
Magnētiskā lauku rotācijas frekvence n1 (min-1)	3000	1500	1000	750	600	500

262. att. Elektromotora apgriezību skaits atkarībā no polu pāru skaita, ja frekvence ir 50Hz



263. att. Dažādu mašīnu apzīmējumi

Vispārīgās ziņas

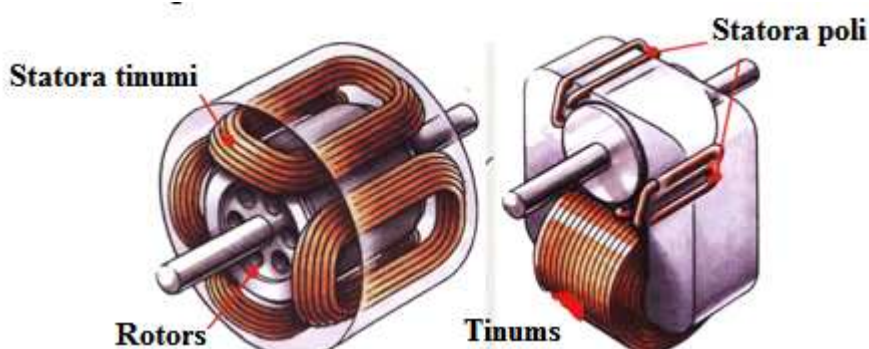
Elektrodzinējs jeb **elektromotors** - dzinējs, kuru darbina elektrība. Tā ir ierīce, kas pārveido elektroenerģiju mehāniskajā enerģijā.



264. att. Jo lielāks elektromotors, jo tas ir jaudīgāks, ja nav aprīkots ar reduktoru

Absolūti lielākā daļa elektromotoru darbojas ar elektromagnētiskajiem spēkiem (elektromagnētu iedarbība ar magnētiem), taču ir sastopami arī pjezoelektriskie motori, kur kustību izraisa pjezoelektrisko materiālu izplešanās un saraušanās. Šādi ir maz izplatīti un tos dažreiz lieto dažu dārgā gala fotoaparātu fokusēšanas motoriem.

Pamatā visplašāk lieto divu tipu elektrodzinējus – **līdzstrāvas** un **maiņstrāvas**. Elektrodzinēja galvenās sastāvdaļas ir **stators** un **rotors**. Vismaz vienā no tiem ir tinumi, kas veido vienu vai vairākus elektromagnētus.



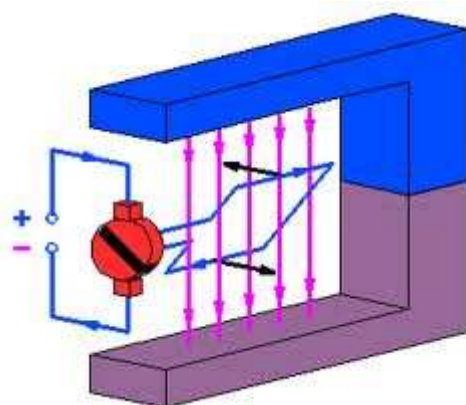
265. att. Asinhronā elektromotora statora un rotora izvietojums

Rotors ir ievietots **statorā**, un rotoram griežoties ap savu asi, tiek radīta griezes kustība, kuru ar ass palīdzību novada uz vajadzīgo darba vietu. Lai arī parasti rotors atrodas statora iekšpusē, tomēr ir sastopami arī motori, kam kustīgā daļa atrodas ārpusē. Elektromagnētiskajiem motoriem izšķir divas daļas:

Ieguldījums tavā nākotnē

- enkurs (*armature*) - līdzstrāvas motoriem parasti atrodas rotorā - rada mainīgu magnētisko lauku, kas izraisa motora griešanos
- stators (*field*) - līdzstrāvas motoriem parasti atrodas statorā - veido pastāvīgu magnētisko lauku, uz kuru iedarboties enkura magnētiskajam laukam. Tā, kā šim nav jābūt mainīgam, te var lietot pastāvīgos magnētus.

Lielākā daļa elektromotoru rada rotācijas kustību, taču ir sastopami arī lineārie motori, kas rada taisnvirziena kustību. Elektromagnētiskie lineārie motori parasti ir vai nu maiņstrāvas motori (sinhronie vai asinhronie), vai arī soļa motori.



266. att. Līdzstrāvas elektromotors

Tātad, lai elektriskā enerģija pārvērstos mehāniskajā, ir nepieciešams magnētiskais lauks, vads vai pareizāk sakot – tinums šajā laukā un strāva, kas plūst pa tinumu. Elektrodzinējā radītā mehāniskā enerģija ir griezes kustība, tādēļ dzinējā ir stators un rotors. magnets var būt gan stators, gan arī rotors.

Maiņstrāvas elektrodzinējs

Maiņstrāvas elektromotori ir elektromotori, kas darbojas no maiņstrāvas. Parasti maiņstrāvas motori darbojas no 3 fāzu maiņstrāvas, jo tā ir viegli iegūt rotējošu magnētisko lauku. Vienfāzes motoriem ir pulsējošs magnētiskais lauks. Lai vienfāzes motors varētu sākt griezties, tam nepieciešams atsevišķā tinumā radīt fāzu nobīdi. To panāk ar dažādām metodēm, taču lielākoties vienfāzes motoriem ir mazāks lietderības koeficients, kā trīsfāzu motoriem. Vēl maiņstrāvas elektrodzinējus iedala:

Sinhronie motori - rotē ar frekvenci, kas ir tieši proporcionāla maiņstrāvas frekvencei

Asinhronie motori - rotē ar frekvenci, kas nedaudz atpaliek (par slīdi) no frekvences, kas ir tieši proporcionāla maiņstrāvas frekvencei.

Asinhronos motorus sīkāk var iedalīt:

- motori ar fāzu rotoru (rotorā ir tinumi)
- motori ar īsisislēgtu rotoru (rotora "tinumi" ir izlieti no monolīta alumīnija)

Maiņstrāvas motoru rotācijas ātrums ir atkarīgs no maiņstrāvas frekvences un polu skaita.

4 polu motoram ir 2 reizes mazāks ātrums kā 2 polu motoram pie tās pašas maiņstrāvas frekvences.

Maiņstrāvas motoru sinhrono ātrumu var aprēķināt:

$$n_s = \frac{60 [\text{sek}/\text{min}] f}{p} \quad [\text{apgr}/\text{min}]$$

kur:

n_s - sinhronais ātrums (apgr./min);

f - maiņstrāvas frekvence (Hz);

p - polu pāru skaits.

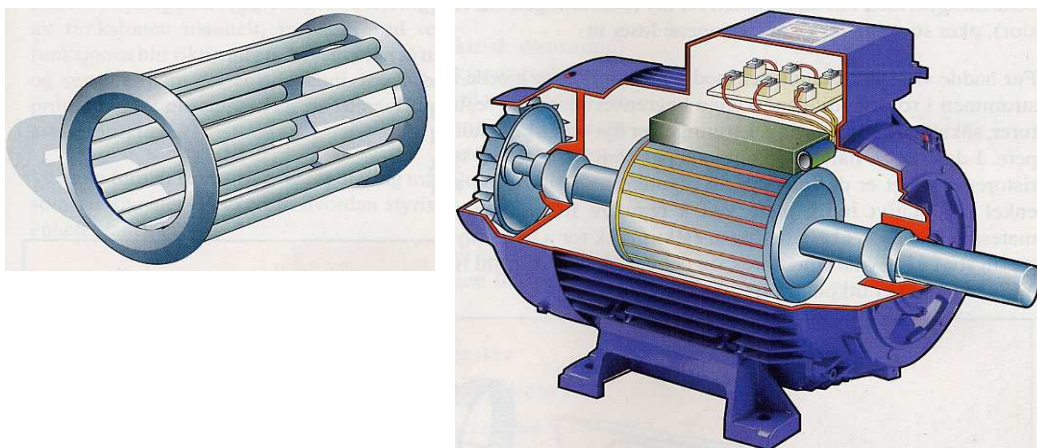
Sinhronie motori griežas ar sinhrono ātrumu, asinhronie motori griežas lēnāk. 2 polu motoram pie 50Hz sinhronais ātrums ir 3000 apgr./min, 4 polu motoram - 1500 apgr./min. Kamēr nebija izgudroti frekvences pārveidotāji, maiņstrāvas motoru ātruma regulēšanas iespējas bija ļoti ierobežotas

Pietiekoši zemām frekvencēm no maiņstrāvas var darbināt arī līdzstrāvas motorus. Tādus parasti lieto, ja nepieciešami lielāki apgriezieni, jo to ātrums nav atkarīgs no maiņstrāvas frekvences.

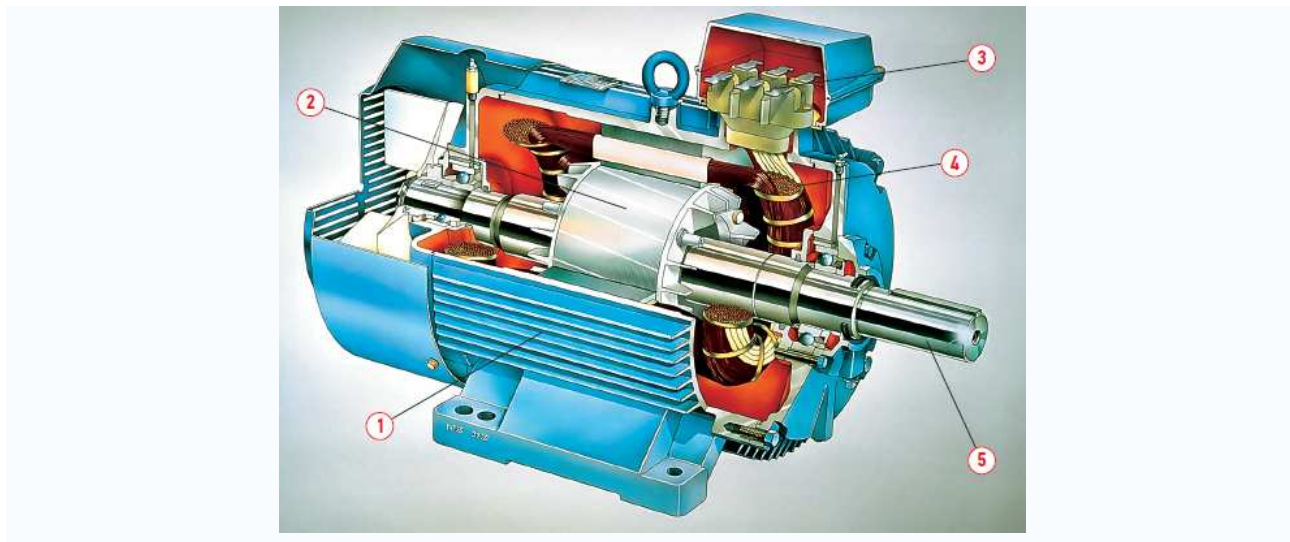
Asinhronie dzinēji

Asinhronie dzinēji ir salīdzinoši vienkārši gan pēc uzbūves, gan arī ekspluatācijā un turklāt lētāki.

Stators tiem ir līdzīgs sinhronā dzinēja statoram, bet rotors ir ļoti vienkāršas konstrukcijas.



267. att. Asinhronais dzinējs un tā rotora „Vāveres rats”



268. att. Asinhronā elektromotora vispārīga uzbūve (1 - Korpuss ar dzesēšanas ribām, 2 – Rotors, 3 – Statora izvadu kontakti, 4 – Stators ar tinumiem, 5 – Rotorā vārpsta

Rotors sastāv no paralēliem vadītājiem, kas parasti ir cilindriskas formas. Tie ir īsslēgti rotora galos ar speciāliem gredzeniem. Rotorā tinumos ir magnētiskais lauks, kas inducē spriegumu statora vadus. Šādi īsslēgti rotori ir mazas un vidējas jaudas asinhronajiem dzinējiem, bet lielākiem lieto slīdgredzenus. Visi statora tinuma vadi ir vienāda magnētiskā lauka iespaidā un tādēļ arī spriegums ir vienāda stipruma.

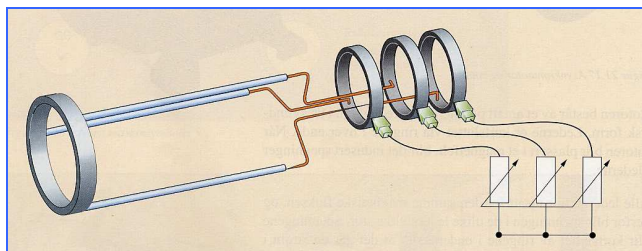
Statora tinuma magnētiskais lauks ir rotējošs un griež tajā pat virzienā ar rotoru. Atšķirīgi ir rotācijas ātrumi. Noslēgtā rotora ķēde mijiedarbojas ar statora magnētisko lauku un rada griezes momentu. Rotorā griešanās ātrums atpaliek no statora magnētiskā lauka griešanās ātruma. To sauc par **asinhrono rotāciju**. Ja rotors grieztos ar sinhronu ātrumu, tajā neinducētos strāva un nebūtu griezes momenta. Ātrumu starpību sauc par slīdes ātrumu un tā attiecību pret sinhrono ātrumu (v_1)

sauc par slīdi.
$$S = \frac{v_1 - v_2}{v_1}$$
 Nominālā režīmā dzinējam ar jaudu P virs 1 kW slīde ir 6%-1%.

Palaišanas strāva dzinējā ir 5 līdz 7 reizes lielāka kā nominālā darba strāva. Tas ir pamats, kādēļ lieto **zvaigznes/trīsstūra** slēdzi dzinēja palaišanai.

Slīd gredzenu pielietojums

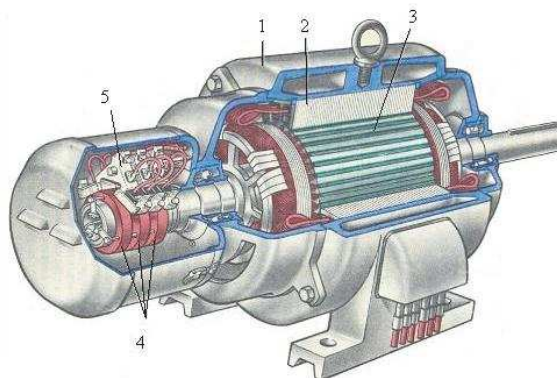
Lai lielākas jaudas dzinējiem samazinātu palaišanas strāvu, rotora elektroapgādei lieto slīd gredzenus. Uz rotora ir trīs vienādas, par 120° nobīdītas fāzes. To galus jau ārpus rotora saslēdz zvaigznē. Fāžu brīvos galus savieno ar misiņa slīdgredzeniem, kas griežas kopā ar rotoru. Uz slīdgredzeniem ir oglekļa vai grafīta suku, iestiprinātas suku turētājos.



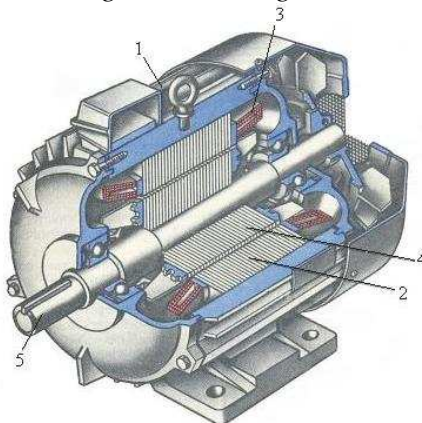
269. att. Fāzu rotors

Atkarībā no rotora uzbūves izšķir asinhronās mašīnas ar īsslēgto rotoru un mašīnas ar fāžu rotoru.

Šo mašīnu uzbūve parādīta attēlā.



270. att. Asinhronā dzinēja principiālā uzbūve ar slīdžgredzeniem (1. korpuss, 2. stators, 3. rotors, 4. slīdžgredzeni, 5. ogļīšu bloks,



271. att. Asinhronais dzinējs ar īsslēgto rotoru (1. korpuss, 2. stators, 3. rotora lējums ar ventilatoru, 4. īsslēgtais rotors)

6. Transformatori un elektriskās mašīnas

6.5. Trīsfāzu asinhronie elektromotori, to izveidojums, darbības princips un režīmi. Tehniskā pase, tās dati

6.6. Trīsfāžu īsslēgto asinhrono elektromotoru palaišana, reversēšana un regulēšana trīsfāžu maiņstrāvas 380V tīklā

Stundas tēma: Trīsfāzu asinhronie elektromotori, to izveidojums, darbības princips un režīmi. Tehniskā pase, tās dati, trīsfāžu īsslēgto asinhrono elektromotoru palaišana, reversēšana un regulēšana trīsfāžu maiņstrāvas 380V tīklā

Stunda: 23 – 24 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast trīsfāžu asinhrono elektromotoru izveidojumu un darbības principu;
2. Noskaidrot trīsfāžu elektromotoru darba režīmu iespējas un tehniskās pases datus;
3. Trīsfāžu asinhrono elektromotoru pieslēgšana un palaišana;
4. Izanalizēt trīsfāžu asinhrono elektromotoru reversēšanas un regulēšanas iespējas 380V tīklā;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Trīsfāžu asinhronie elektromotori, to izveidojums, darbības princips un režīmi;
2. Tehniskā pase, tās dati, trīsfāžu īsslēgto asinhrono elektromotoru palaišana, reversēšana un regulēšana trīsfāžu maiņstrāvas 380V tīklā;
3. Dažādas trīsfāžu elektromotoru slēguma shēmas;

Izmantojamā literatūra:

- Elektrodzinēji <http://www.xn--80addceesnhi0axzh6mb.com.ua/faq/> 2012.01
- Jānis Dirba „Transporta elektriskās mašīnas” Jumava 2002 344 lappuses
- Ģirts Egils Lagzdiņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- Automātika http://www.automation2000.com/option_IB_en.html 2011.12
- A. Galiņš „Elektrozīnību teorētiskie pamati” Mācību metodiskais līdzeklis Jelgava 2008

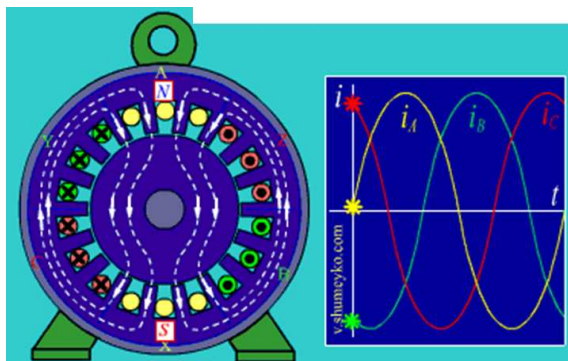
6.5. TRĪSFĀZU ASINHRONIE ELEKTROMOTORI, TO IZVEIDOJUMS, DARBĪBAS PRINCIPS UN REŽĪMI. TEHNISKĀ PASE, TĀS DATI

Trīsfāzu asinhronā mašīna ir universāla, jo to var darbināt dažādos režīmos. Izplatītākais ir motora režīms.

Asinhrono motoru konstruktīvās vienkāršības un darba drošuma dēļ plaši izmanto visdažādākajās tautsaimniecības nozarēs.

Rotējošs magnētiskais lauks

Trīsfāzu strāvas visvērtīgākā īpašība izpaužas relatīvi vienkāršā iespējā radīt telpā rotējošu magnētisko lauku. To izmanto maiņstrāvas mašīnās, mēraparātos u.c. aparātos. Priekšstatu par šo īpatnējo fizikālo parādību – rotējošo (skrejošo) magnētisko lauku var iegūt izmantojot grafisko iztīrījumu.



272. att. Trīsfāzu rotējoša magnētiskā lauka radīšana trīsfāzu asinhronajā elektromotorā

Pieslēdzot trīsfāzu tinumu trīsfāzu maiņstrāvas tīklam, tā fāzēs plūdis strāvas, kas nobīdītas fāzē par 120 elektriskiem grādiem.

Trīs vienādas taisnstūrveida spoles telpā novieto tā, ka to plaknes viena ar otru veido 120° . Spoļu beigas X , Y un Z

savieno kopā, t.i., saslēdz zvaigznē. Spoļu sākumus A , B un C pievienojot simetriskai trīsfāzu spriegumu sistēmai, spolēs plūdis simetriskas sinusoidālas strāvas i_A , i_B un i_C , kas katra rada pulsējošu magnētisko plūsmu M_A , M_B un M_C .

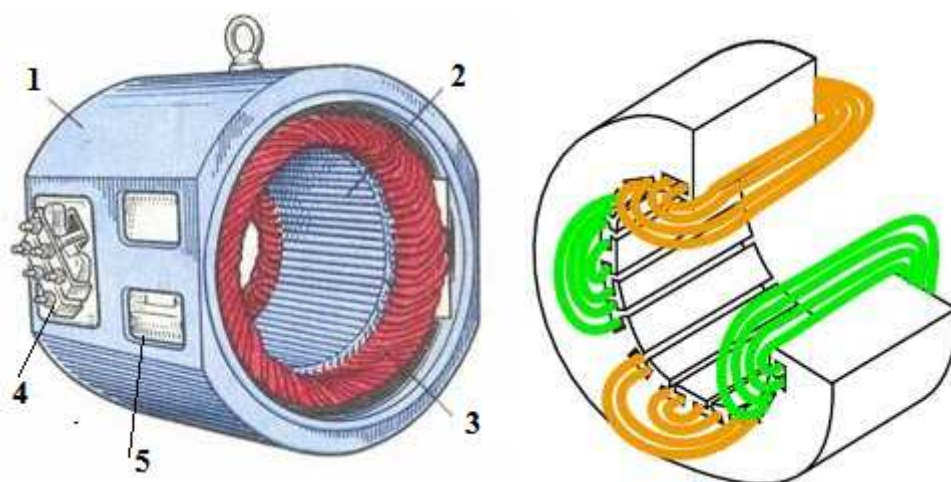
Trīsfāzu asinhronā elektromotora uzbūve

Statora uzbūve

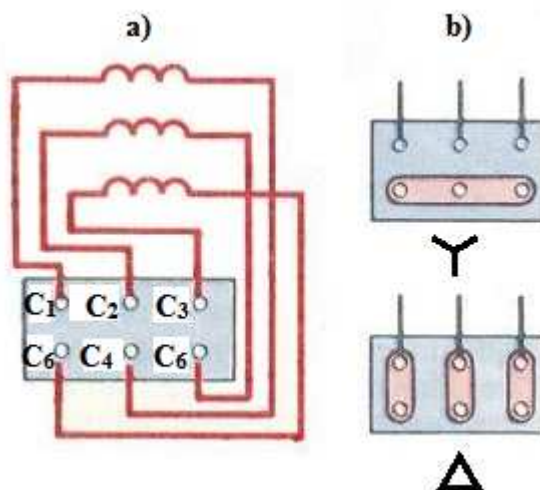
Asinhronās mašīnas stators ir dzinēja nekustīgā daļa, kas sastāv no korpusa, serdes un tinuma. Korpus kalpo serdes un gultņu vairogu stiprināšanai. Nelielas jaudas mašīnām korpus tiek liets no alumīnija, tērauda vai čuguna(ķeta), bet lielas jaudas mašīnām — metināts.

Ieguldījums tavā nākotnē

Statora serde salikta no 0,35 vai 0,5 mm biežām elektrotehniskā tērauda loksneš, kuras pirms salikšanas tiek noklātas ar laku no abām pusēm, lai mazinātu virpuļstrāvas tajās. Serdes iekšējā virsmā izveidotas rievas, kurās novietots statora tinums (parasti trīsfāzu). To pieslēdzot trīsfāzu strāvai, iegūst rotējošo magnētisko lauku. Asinhronās mašīnas statora trīsfāzu tinumam parasti izved visus sešus galus un pieslēdz pie spaiļu plāksnītes. Šis apstākļi ļauj izmantot dzinējus dažādiem tīkla spriegumiem, kas atšķiras. Piemēram, ja dzinēja pasē uzrādīts spriegums 220/380V, tad tīkla līnijas spriegumam 380V statora tinumi jāslēdz zvaigznē, bet spriegumam 220 V — trīsstūrī. Tinumu ērtākai pārslēgšanai to izvadus uz plāksnītes novieto noteiktā kārtībā.



273. att. Statora uzbūve 1. korpuss, 2. statora serde ar ribām, 3. statora vara tinumi, 4. statora izvadu plāksnīte, 5. dzinēja datu pase (plāksnīte)



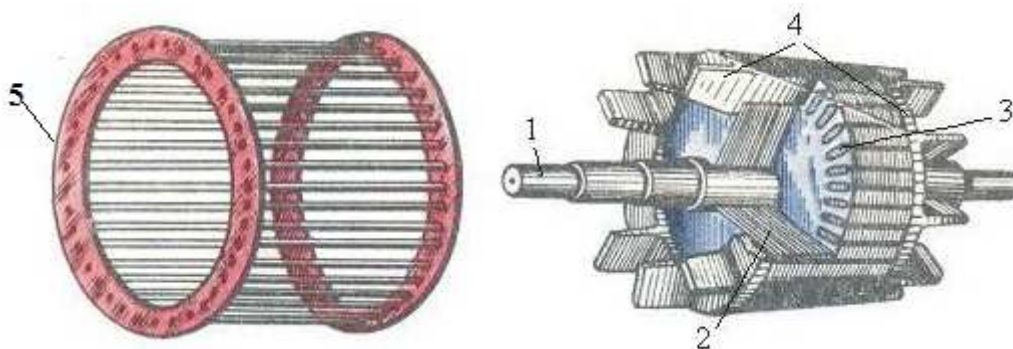
274. att. a) statora tinumu izvadi, b) statora tinumu slēgumu veidi zvaigznes vai trīsstūra

Rotora uzbūve

Asinhronās mašīnas rotors sastāv no vārpstas, serdes un tinuma. Cilindriskas formas serdi, tāpat kā statora serdi, izveido no 0,5 mm biežām elektrotehniskā tērauda loksņēm un rievām tās ārējā virsmā. Rotors ir nekustīgi nostiprināts uz dzinēja vārpstas.

Īsslēgtā rotora rievās ievieto tā saucamo "vāveres rata" tipa tinumu. Šāds tinums izveidots no vara vai alumīnija stieņiem un gredzeniem, kas kopā veido īsslēgtu tinumu.

Nelielas jaudas dzinējiem rotoru tinumu izveido, zem spiediena pielejot rievās ar izkausētu alumīniju, vienlaikus atlejšot arī gredzenus kopā ar ventilācijas spārniņiem.



275. att. Īsslēgtais rotors, 1. vārpsta, 2. rotora serde, 3. Īsslēgtais tinums, 4. ventilācijas lāpstiņas, 5. vāveres rats, kas ievietots rotorā

Asinhronai mašīnai ar fāžu rotoru bez iepriekšminētajām sastāvdaļām uz vārpstas novieto trīs vara kontaktgredzenus un sukas, caur kurām rotora tinumam iespējams pieslēgt papildpretestības.

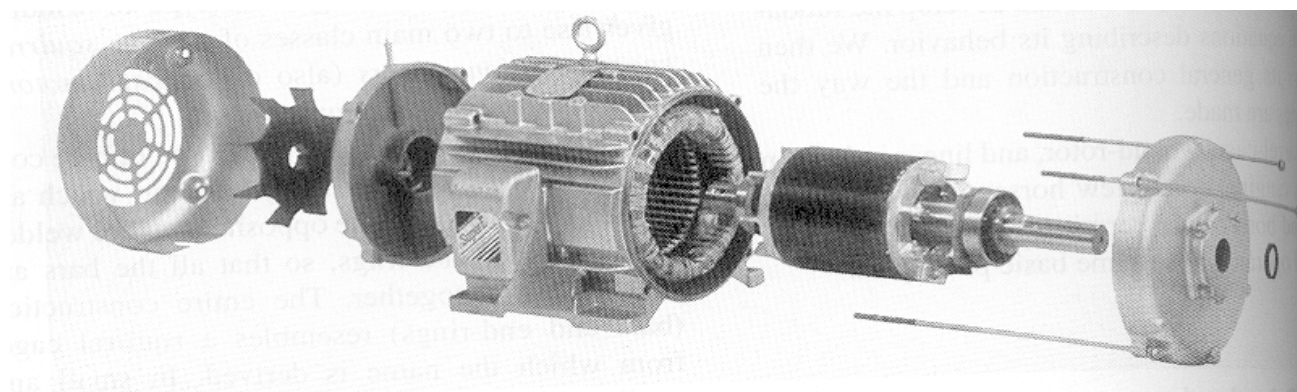
Fāžu rotora tinumu izveido pēc tiem pašiem principiem kā statora tinumu. Parasti to slēdz zvaigznē, izvadus pievienojot kontaktgredzeniem.

Mašīnas vārpsta balstās divos vairogos iestiprinātos gultņos. Rotora rievās ievietoti vara vai alumīnija stieņi, kuri abos galos savienoti ar gredzeniem. Stieņi un gredzeni veido īsslēgtu rotora tinumu. Rotora tinumam nav nekādas saites ar ārējo elektrisko tīklu. Statora tinumu pieslēdzot trīsfāžu strāvas tīklam (rotors nekustīgs), rotējošās magnētiskās plūsmas līnijas šķēr rotora īsslēgtā kontūra stieņus un inducē tajos elektrodzinēj spēku E_2 , kas uztur indukcijas strāvu I_2 . Inducētā E_2 resp. I_2 virzienu rotora kontūrā nosaka pēc labās rokas likuma, pieņemot, ka plūsma ir nekustīga, bet rotors rotē pretī plūsmas griešanās virzienam ar kādu relatīvo ātrumu, jo EDS indukciju izraisa magnētiskās plūsmas un vadītāja relatīvā kustība.

Ieguldījums tavā nākotnē

Starp magnētisko lauku un rotora strāvu pastāv savstarpēja mijiedarbība magnētiskais lauks darbojas ar elektromagnētisku spēku uz katru rotora stieni ar strāvu, radot elektromagnētisko griezes momentu. Rotors sāk paātrināti griezties rotējošā magnētiskā lauka griešanās virzienā.

Kad iestājas līdzsvars starp dzinēja elektromagnētisko spēku radīto griezes momentu un bremsējošo momentu, ko rada piedzenamā darba mašīna un berzes spēki dzinējā, rotora ātrums vairs nemainās. Tātad asinhronā dzinēja rotējošais magnētiskais lauks un rotors rotē vienā virzienā ar dažādiem ātrumiem, turklāt rotora ātrums vienmēr mazāks par magnētiskā lauka sinhrono griešanās ātrumu, jo EDS rotora kontūrā inducējas tikai tad, kad ir relatīva kustība starp rotējošo magnētisko plūsmu un rotoru.



276. att. Trīsfāzu asinhronā īsislēgtā elektromotora vispārīgs izjaukts kopskats

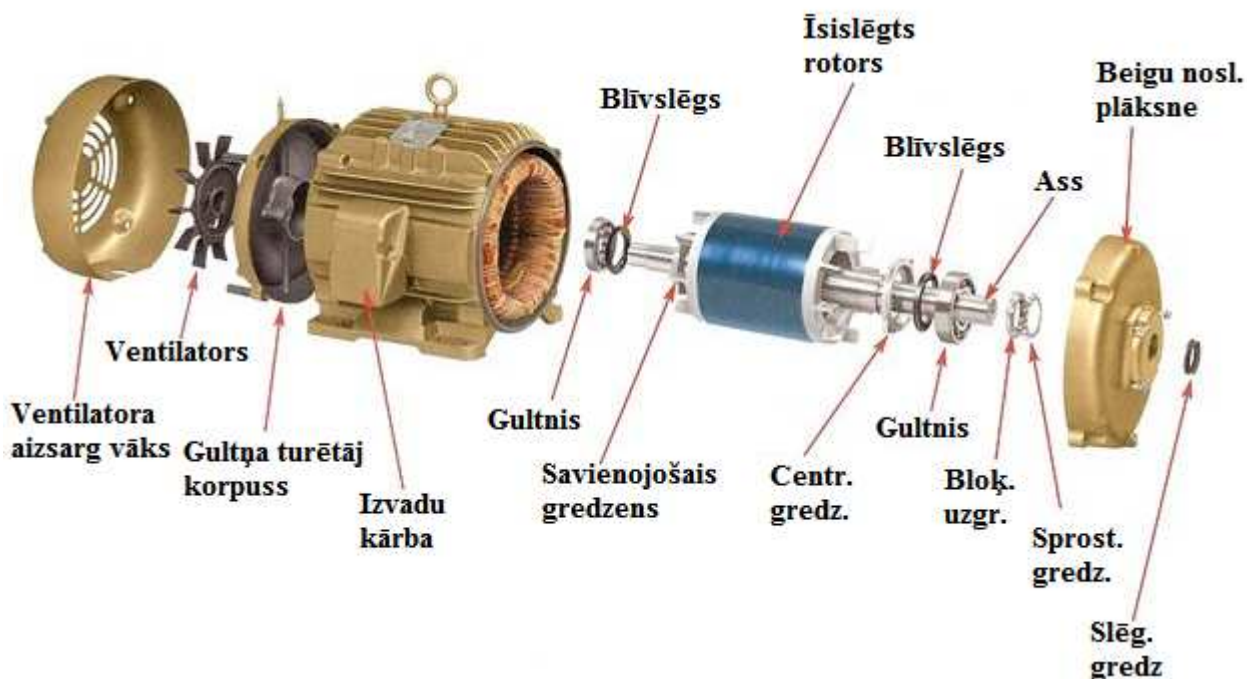


277. att. Trīsfāzu 220/380V asinhronais elektromotors

Ieguldījums tavā nākotnē



278. att. Asinhronā motora tehniskā pase (plāksnīte) 3~ fāzu skaits, 50Hz frekvence, 4,0 kW jauda, $\cos\phi$ koeficients, 2880 apgriezienu skaits minūtē, Δ/Y trīsstūra/zvaigznes slēgums, 220/380V spriegums atkarībā no slēguma, 3,6/7,8A strāvas stiprums.



279. att. Asinhronā elektromotora komplekta uzbūve

6.6. TRĪSFĀŽU ĪSI SLĒGTO ASINHRONO ELEKTROMOTORU PALAIŠANA, REVERSĒŠANA UN REGULĒŠANA TRĪSFĀŽU MAINSTRĀVAS 380V TĪKLĀ

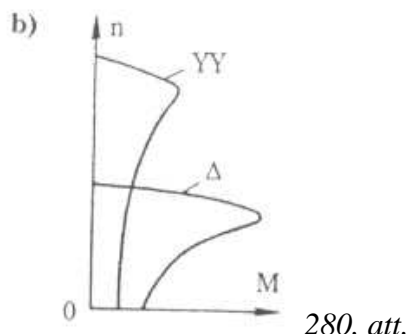
Trīsfāžu asinhrono dzinēju palaišana

Asinhronā motora vienkāršākais palaišanas paņēmiens ir t.s., tiešā palaišana – zvaigznē vai trīsstūrī saslēgtu asinhronā motora statora tinumu tieši pieslēdz elektrotīklam, izpildot nosacījumu $U_{tīkla} = U_N$. U_N – motora nominālais spriegums, pie kam $U_{NY} > U_{N\Delta}$. Aptuvenai palaišanas strāvu noteikšanai var izmantot sakarību $I_p \approx 5I_N$. Precīziem aprēķiniem nepieciešams kataloga lielums, t.s., palaišanas strāvu daudzkārtņis I_p/I_N . Palaišanas strāvu aprēķinu un mērījumus pārskatāmi var sakārtot tabulā.

Statora fāžu Slēgums	Tīkla U, V	I_p, A (orientējoši)	I_p, A (mērījumu)
Y	380		
Δ	220		
Y	220		

Asinhronā dzinēja palaišanu raksturo šādi rādītāji: palaišanas strāva I_p vai tās attiecība pret nominālo, palaišanas moments M_p vai tā attiecība pret nominālo, palaišanas ilgums, palaišanas vienkāršība, enerģijas zudumi palaišanas laikā un palaišanas iekārtas izmaksas.

Palaišanas brīdī slīde $s = 1$. Ja neņem vērā tukšgaitas strāvu, palaišanas strāvu var noteikt no ekvivalentās shēmas, kas parādīta attēlā 280.



Palaišanas momentu M_p nosaka izteiksme. Vispārīgā lietojuma asinhroniem dzinējiem ar īsslēgto rotoru $1/I_N = 4 - 7$ un $M_p/M_N = 0,7 - 1,8$.

Palaišanas veidu izvēlas konkrētos apstākļos atkarībā no barošanas tīkla jaudas, slodzes rakstura, no dzinēja tipa un citiem faktoriem.

Kā jau minēts, dzinēju palaišana, tieši pieslēdzot tos pilnam tīkla spriegumam, ir vienkārša. Tomēr tai piemīt trūkums: palaišanas brīdī statora tinumā rodas liela strāva. Ja palaišana notiek ātri, strāva krītas un nespēj nodarīt ļaunumu dzinēja tinumiem no silšanas viedokļa. Tomēr palaišanas strāva tīklā, ja tam nav pietiekama jauda, rada sprieguma kritumu un var izraisīt jūtamas svārstības. Tādējādi nominālā jauda īsslēgtam dzinējam, kuru tieši var pieslēgt tīklam, ir atkarīga no tīkla jaudas. Gadījumos, kad tīkla spriegums palaišanas brīdī krītas vairāk par 10-15%, tiešo palaišanu nav ieteicams lietot un strāva I_p jāsamazina.

Saskaņā ar izteiksmi palaišanas strāva ir proporcionāla dzinējam pievadītajam spriegumam U_1 . Tāpēc, samazinot U_1 , samazināsies arī strāva I_p . Sprieguma U_1 samazināšanai izmanto dažādas metodes.

Asinhroniem dzinējiem, kas normāli darbojas ar trīsstūri slēgtu statora tinumu, var izmantot zvaigznes-trīsstūra pārslēdzi.

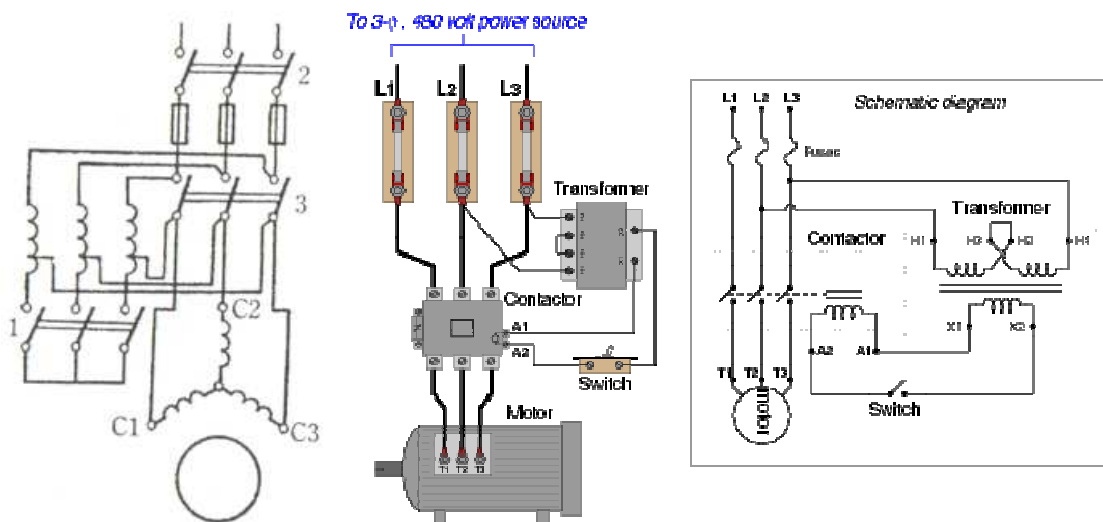


281. att. zvaigznes trīsstūra pārslēdzis

Pirms palaišanas ar šo pārslēgu statora tinumus saslēdz zvaigznē. Tad statora fāzes spriegums samazinās $\sqrt{3}$ reizes. Tikpat reižu samazinās arī fāzes strāva statora tinumā. Bet, tā kā līnijas strāva trīsstūra slēgumā ir $\sqrt{3}$ lielāka par fāzes strāvu, palaišanas strāva, ko dzinējs patērē no tīkla, samazinās 3 reizes. Jāatzīmē, ka, palaižot dzinēju ar zvaigznē slēgtu statora tinumu, palaišanas moments arī samazinās 3 reizes. Pēc tam, kad dzinēja rotors ir iegriezies, ar pārslēgu statora tinumus atkal savieno trīsstūri.

Dzinēja palaišanai var izmantot reaktorus (reaktīvās spoles), kuras ieslēdz statora ķēdē. Tad statora tinums saņem samazinātu spriegumu U_1 . Kad rotors iegriežies, reaktoru ar slēdzi šuntē un statora tinums tiek pievienots nominālajam spriegumam U_N . Šī paņēmiena trūkums ir tāds, ka, samazinot spriegumu U_1/U_N reizes, palaišanas moments samazinās $(U_1/U_N)^2$ reizes.

Lielākas iespējas var panākt, palaišanai izmantojot **autotransformatoru**.



282. att. Asinhronā dzinēja palaišana ar autotransformatoru

Šajā gadījumā vispirms noslēdz slēdzi 1, saslēdzot transformatoru zvaigznē, un tad slēdzi 2. Tad dzinēja palaišanas strāva, kas izmērīta transformatora izejā, samazinās k reizes, kur k — transformācijas koeficients. Strāva, kas izmērīta transformatora ieejā, samazinās k^2 reizes salīdzinājumā ar dzinēja tiešo palaišanu.

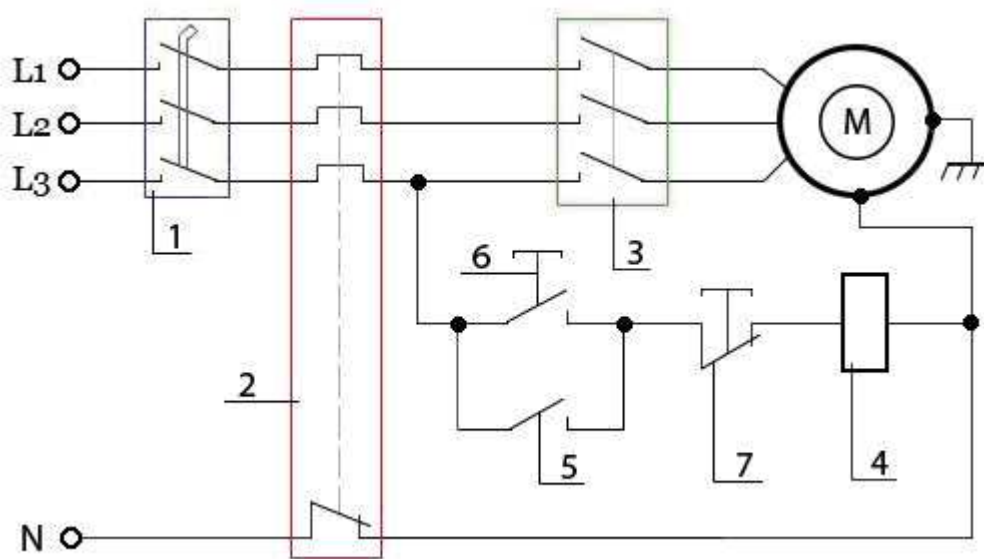
Pēc tam, kad dzinējs iegriežies, slēdzi 1 atslēdz un autotransformators darbojas kā reaktīvā spole. Beidzot, ieslēdzot slēdzi 3, uz dzinēju tiek padots nominālais tīkla spriegums.

No palaišanas strāvas un momenta viedokļa, autotransformatora izmantošana ir izdevīgāka nekā reaktora, jo pie vienāda sprieguma samazinājuma palaišanas strāva pirmajā gadījumā samazinās $(U_1/U_N)^2$ reizes, bet otrajā tikai U_1/U_N reizes. Tomēr autotransformatora izmantošana sadārdzina palaišanas procesa izmaksas.

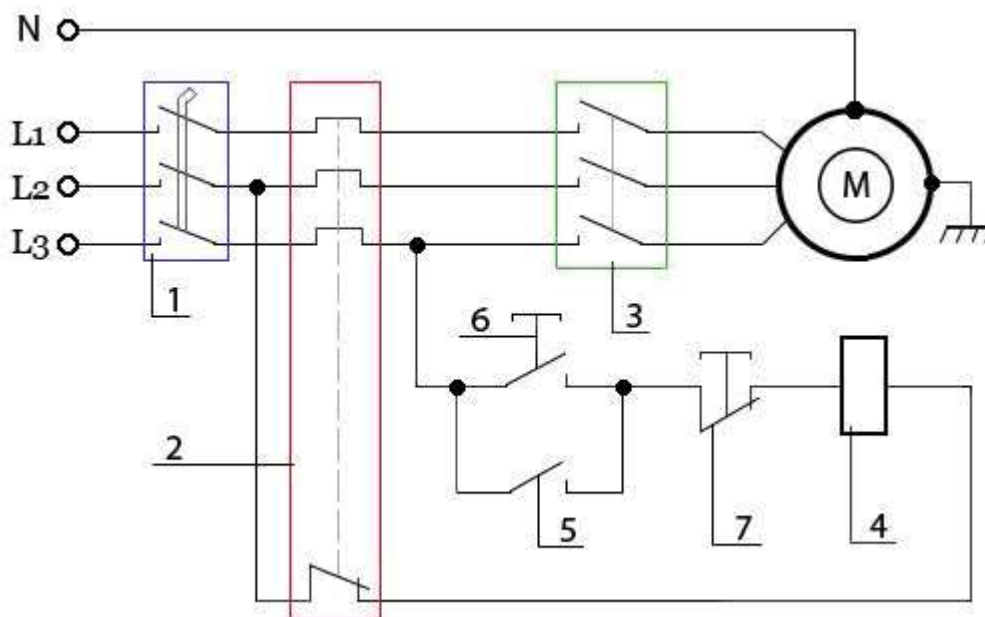
Trīsfāzu asinhronā motora palaišana ar magnētisko palaidēju

Pieslēdzot elektroiekārtu tīklam, elektriskās ķēdes saslēgšanai un pārtraukšanai var izmantot dažādas komutācijas iekārtas: svirslēdžus, paketslēdžus, palaišanas automātus, elektromagnētiskos kontaktorus, magnētiskos palaidējus. Divu pēdējo gadījumā šo iekārtu kustīgo daļu, kas saslēdz elektrisko ķēdi darbina elektromagnēts, bet to vada ar speciālu slēdžu (vadības pogu) palīdzību. Elektriskās ķēdes daļu, kas elektroīklam pieslēdz elektromotoru sauc par spēka ķēdi, tajā plūst stipra strāva, kuras vērtību nosaka elektromotora jauda.

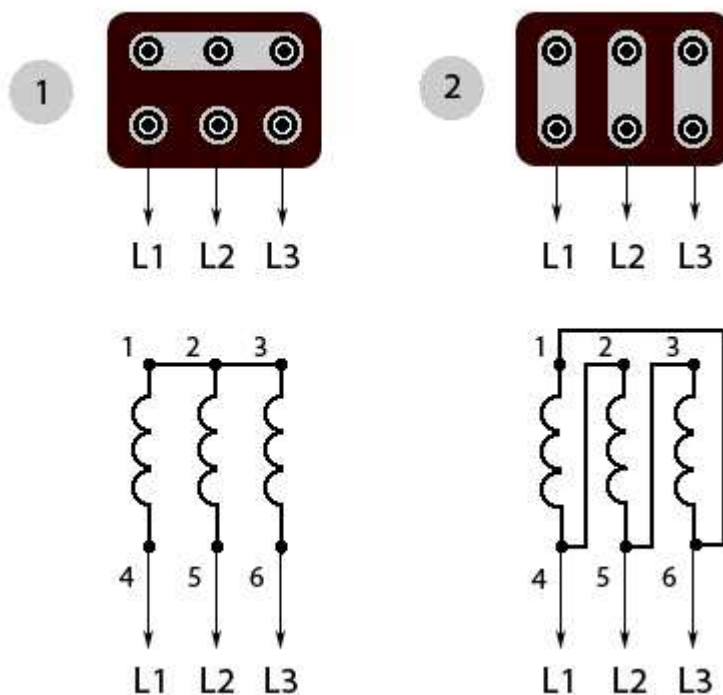
To elektriskās ķēdes daļu, kas ietver elektromagnētu, tā vadības elementus un nereti arī signalizācijas iekārtas sauc par vadības ķēdi. Strāvas vērtības vadības ķēdē ir nelielas, jo elektroenerģijas patērētāji tajā ir mazjaudīgi. Kaut gan spēka un vadības ķēdes darbojas saistīti, elektriskās shēmas tām parasti uzdod atdalīti.



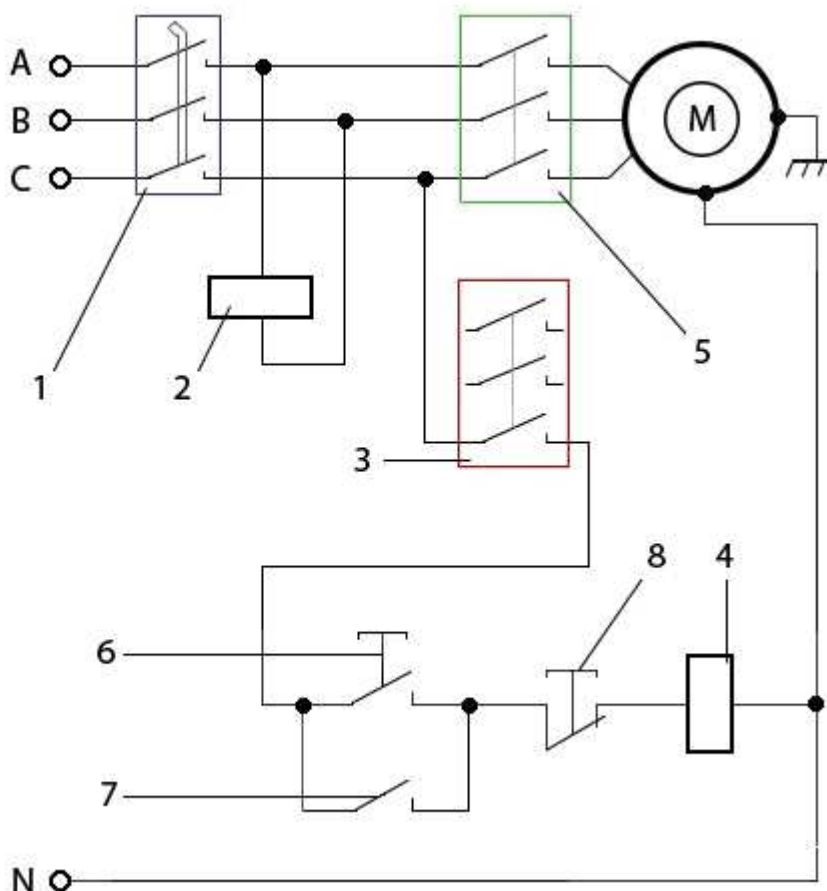
283. att. Trīsfāzu asinhronā motora attālināta palaišana ar 220V magnētiskā palaidēja spoli. 1. galvenais trīspolu automātslēdzis, 2. siltuma relejs ar atslēdzošiem kontaktiem, 3. Magnētiskā palaidēja galvenie trīs fāzu kontakti, 4. magnētiskās spole 220V, 5. magnētiskā palaidēja kontakts, kas paliek saslēgts pēc starta pogas atslēgšanas, 6. Starta poga, 7. stop poga, kas pārtrauc 220V padevi uz spoli



284. att. Trīsfāzu asinhronā motora attālināta palaišana ar 380V magnētiskā palaidēja spoli. 1. galvenais trīspolu automātslēdzis, 2. siltuma relejs ar atslēdzošiem kontaktiem, 3. Magnētiskā palaidēja galvenie trīs fāzu kontakti, 4. magnētiskās spole 380V, 5. magnētiskā palaidēja kontakts, kas paliek saslēgts pēc starta pogas atslēgšanas, 6. Starta poga, 7. stop poga, kas pārtrauc 220V padevi uz spoli



285. att. Motora statora tinumu saslēgšanas veidi 1. zvaigznes, 2. trīsstūra

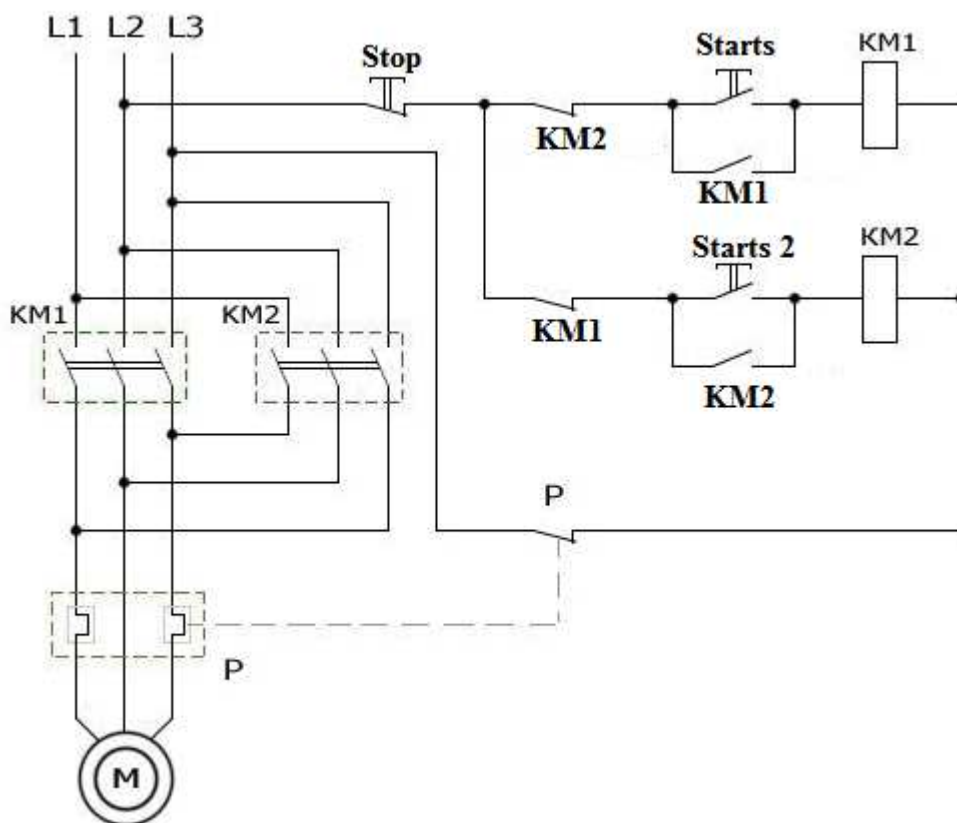


286. att. Asinhronā motora pieslēgšana ar diviem magnētiskajiem palaidējiem nodrošinot motora atslēgšanos vienas fāzes pazušanas rezultātā.

Trīsfāzu asinhronā motora reversēšana

Trīsfāzu asinhronā motora rotora griešanās virziens ir tāds pats kāds ir statora radītajam rotējošajam magnētiskajam laukam. Bet tā virzienu nosaka fāzu secība – kārtība kādā ABC fāzēs seko vienādas vērtības momentānās strāvas vai spriegumi, piem., nulles vērtības vai vienāda nosaukuma ekstremālās vērtības. Samainot vietām jebkurus divus statora tinuma pieslēguma līnijas vadus, šo secību un tātad arī rotora griešanās virzienu var mainīt. Atbilstošu spēka ķēdes komutāciju var izdarīt arī ar diviem elektromagnētiskajiem kontaktoriem.

Reversīvajiem kontaktoriem, lai novērstu iespēju vienlaicīgi nostrādāt abām kontaktu grupām iekārtota mehāniskā bloķēšana – viens elektromagnēts, nostrādājot, ar sviru sistēmas palīdzību nobloķē otra elektromagnēta enkura kustības iespēju. Motoru reversējot, ar parastajiem kontaktoriem, jānodrošina to savstarpēja elektriska bloķēšana – atslēdzošie palīgkontakti vadības ķēdē, vienam konatktoram nostrādājot, otra kontaktora ķēdē rada papildus pārtraukumu, kas neļauj ķēdi noslēgt ar palaišanas pogu palīdzību.



287. Trīsfāzu asinhrona motora reversēšanas shēma.

Ātruma regulēšana

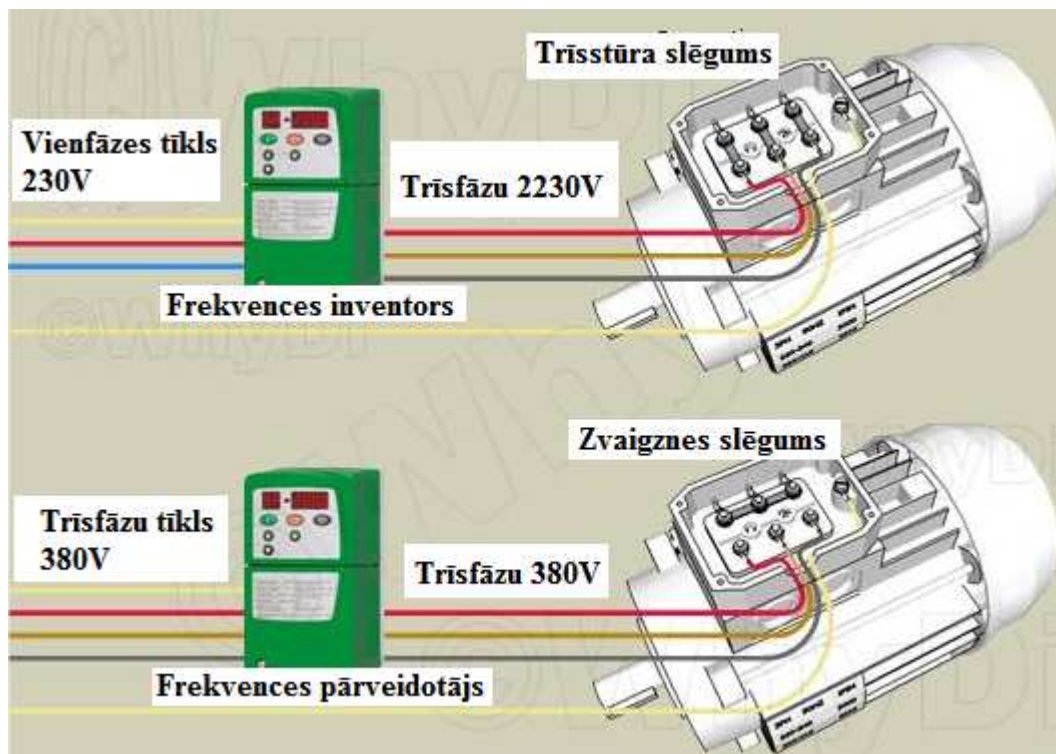
Trīsfāzu asinhronā motora rotora griešanās frekvenci (ātrumu) n_2 nosaka sinhronais ātrums

$n_1 = 60f/p$. Tātad n_2 var regulēt:

- mainot frekvenci; nepieciešams frekvenču regulators;
- mainot p ; regulēšana lēcienveidīga, jo p tikai vesels skaitlis;
- mainot slīdi s ; nepieciešams fāzu rotora motors, regulēšana nepārtraukta, bet no motora noslogojuma atkarīga un neekonomiska.

Ražo 2, 3 un 4 ātrumu trīsfāzu asinhronos motorus. Tiem tipa apzīmējumā pēdējais skaitlis ir daļu skaitlis – 2,3 un 4 daļīgs.

Šiem motoriem statora tinums ir pārslēdzams dažādām p vērtībām. Divātrumu motoriem lieto, piem. trīsstūra un dubultās (paralēlo) zvaigznes slēgumu. Statora tinums ir saslēgts trīsstūrī un no motora korpusa izvadītas šī trīsstūra virsotnes un fāzu viduspunkti. Tiem atbilstošos spaiļu izvietojumus uz kontaktplāksnītes nodrošina ērtu Δ un YY montāžu /komutāciju/.



288. att. Asinhronā elektromotora ātruma regulēšana ar frekvences pārveidotāju un invertoru no dažādu tīklu spriegumiem izmantojot elektromotoru dažādus slēgumus

6. Transformatori un elektriskās mašīnas

6.7. Vienfāzes un trīsfāzu asinhrono elektromotoru darbība vienfāzes maiņstrāvas 220V tīklā

6.8. Līdzstrāvas mašīnu iedalījums, izveidojums, darbība ģeneratora un motora režīmā, apzīmējumi

Stundas tēma: Vienfāzes un trīsfāzu asinhrono elektromotoru darbība vienfāzes maiņstrāvas 220V tīklā, līdzstrāvas mašīnu iedalījums, izveidojums, darbība ģeneratora un motora režīmā, apzīmējumi

Stunda: 25 – 26 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast trīsfāzu asinhrono elektromotoru darbības principu vienfāzes maiņstrāvas 220V tīklā;
2. Noskaidrot kādas ir līdzstrāvas elektromašīnas un kāds ir to izveidojums;
3. Līdzstrāvas elektromotoru darbība, uzbūve un pielietojums;
4. Līdzstrāvas ģeneratoru izveidojums un darbības princips, pielietojums;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Vienfāzes un trīsfāzu asinhrono elektromotoru darbība vienfāzes maiņstrāvas 220V tīklā;
2. Līdzstrāvas mašīnu iedalījums, izveidojums, darbība ģeneratora un motora režīmā, apzīmējumi;
3. Dažāda līdzstrāvas elektromotoru un ģeneratoru pielietojumi;

Izmantojamā literatūra:

- Elektrodzinēji <http://www.xn--80addceesnhi0axzh6mb.com.ua/faq/> 2012.01
- Jānis Dirba „Transporta elektriskās mašīnas” Jumava 2002 344 lappuses
- Ģirts Egils Lagzdiņš „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
- Automātika http://www.automation2000.com/option_IB_en.html 2011.12
- A. Galiņš „Elektrozīnību teorētiskie pamati” Mācību metodiskais līdzeklis Jelgava 2008

6.7. VIENFĀZES UN TRĪSFĀZU ASINHRONO ELEKTROMOTORU DARBĪBA VIENFĀZES MAIŅSTRĀVAS 220V TĪKLĀ

Vienfāzu režīms.

Ja trīsfāzu asinhronā motora darba laikā kādā no tīkla A,B,C fāzēm pazūd spriegums, motors turpina darboties vienfāzu režīmā. Šim režīmam raksturīgi, ka motora jauda samazinās par 1/3. Tas nozīmē, ka pareizi izvēlēts motors (tā nominālā jauda ir nedaudz lielāka par slodzes jaudu) turpina darboties pārslodzes režīmā. Ja aizsardzības iekārta nav precīzi noregulēta – motors pārkarst, pat “sadedz” un tas jānomaina.

Tomēr, pareizi ekspluatējot, jebkuru trīsfāzu asinhrono motoru var ilgstoši ekspluatēt arī vienfāzu režīmā. Tikai jāatceras, ka vienfāzu režīmā tā palaišanas moments $M_p = 0$ un, motoram darbojoties ar atvienoti vienas fāzes tinumu, jauda $P_{\text{vienfāzu}} = 0,6 P_{\text{Ntrīsfāzu}}$. Saslēgšanas shēmu papildinot ar darba kondensatoriem jaudu var palielināt līdz $P_{\text{vienfāzu}} = 0,8$. Darba kondensatora kapacitāte $C_d = 4800 I_N / U_N$, $\mu\text{F}, \text{A}, \text{V}$.

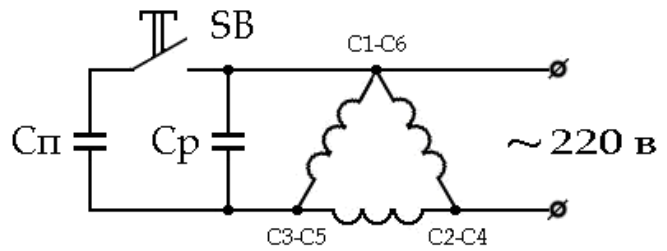
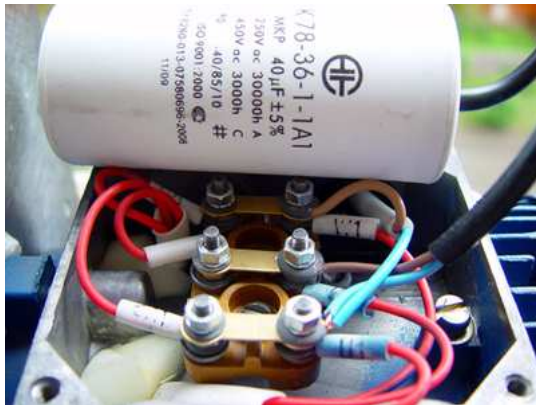
Par cik $M_p = 0$, nepieciešami speciāli palaišanas paņēmieni. Trīsfāzu asinhrono motoru vienfāzu režīmā var palaist trejādi: ar mehānisku iegriešanu un elektriski – daļu statora tinumu izmantojot palaišanai ar fāzē nobīdītu palaišanas strāvu. Šo fāzu nobīdi var nodrošināt ar kondensatora C vai rezistora r palīdzību. Nepieciešamās C un r vērtības nosaka tīkla spriegums un motora jauda.

Palaišanas kondensatora kapacitāte 2,5 ... 3 reizes pārsniedz C_d .

Kondensatoru lietošana tomēr ir ierobežota liela kapacitāte apmēram – 10 μF uz motora 100W.

Rotoru griešanās virzienu nosaka vai nu iegriešanas virziens vai tas, kuram līnijas vadam A vai N pieslēdz palaišanas C vai r.

Trīsfāzu asinhronā dzinēja palaišana vienfāzes tīklā starp daudzajiem elektrodzinēja palaišanas veidiem samērā vienkāršs un efektīgs veids ir trešā tinuma pieslēgšana pie fāzes nobīdes kondensatora. Lietderīgo jaudu, kuru attīsta elektrodzinējs sastāda 50 – 60 % viņa jaudas, ja viņš būtu pieslēgts pie trīsfāzu tīkla. Kaut arī ne visi elektrodzinēji efektīvi darbojas vienfāzes tīklā. Tas attiecas uz, piemēram, elektromotoriem ar divkāršā tīkla īsislēgtā rotora sēriju MA. Tāpēc priekšroka jādodot trīsfāzu elektrodzinējiem ar sēriju A, ДО, АО2, АОП, АПН, УАД un citi.



289. att. Kondensatora pieslēgums elektromotoram darbināšanai no vienfāzes 220V tīklā

Vienkārši runājot, katra 0,1 kW motora jauda prasa - 7 uF ietilpīga kondensatora darbu.

Piemērs:

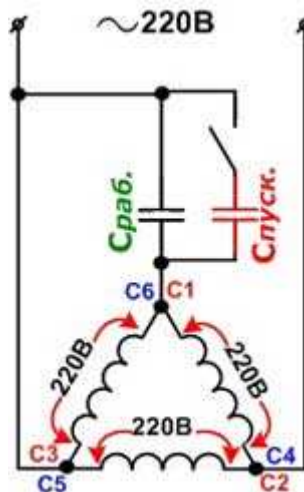
Motora jauda 1,1 kW , cik lielas ietilpības kondensators nepieciešams?

Atbilde: Nepieciešams 77 uF lielas kapacitātes kondensators.

Šī jauda parasti tiek iegūta no pāris kondensatoriem, kas ir savienoti savā starpā paralēli,



290. att. Dažādi kondensatori



291. att. Asinhrono elektromotoru tinumu saslēgšana.

Ieguldījums tavā nākotnē

Informācija par dzinēju



Spriegums U (V)	220
Jauda P (W)	1400
Frekvence (Hz)	50
cos f	0.85

ATBILDE

atbilde:

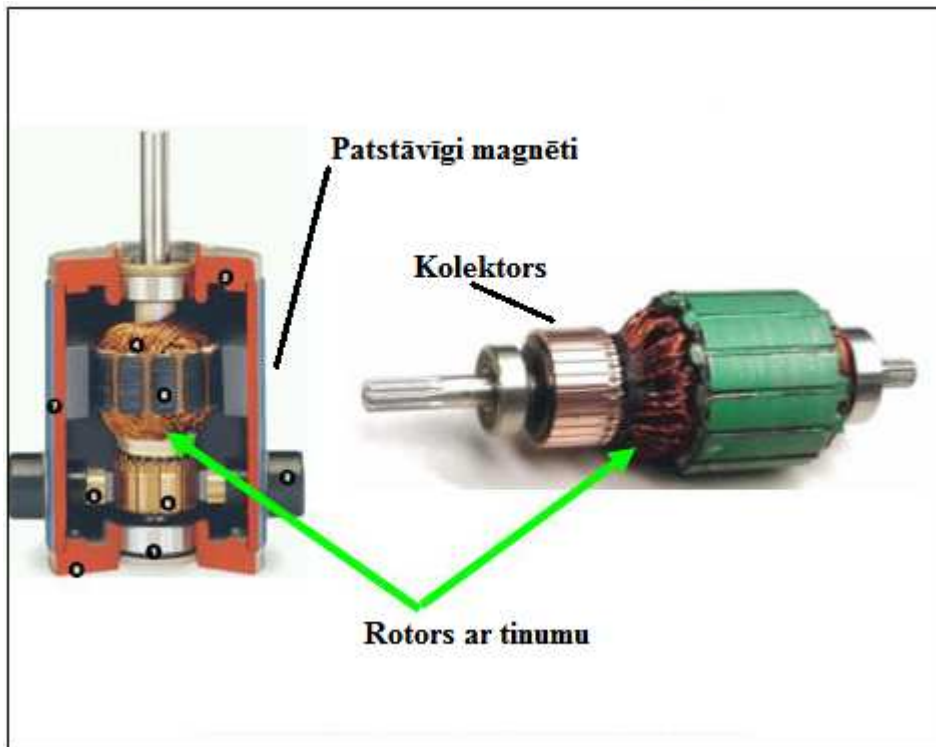
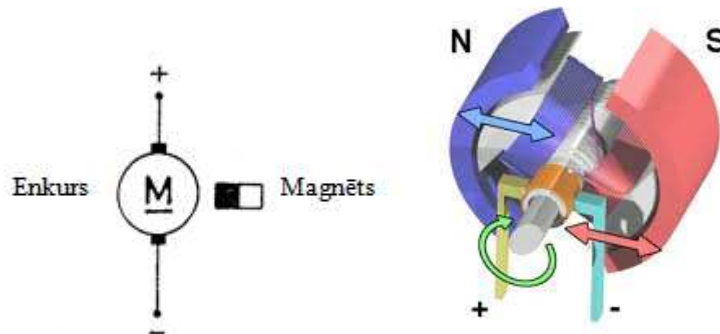
Dzinēja strāvas stiprums	5 [A]
Nepieciešamais kondensators	78 [Mkf]
Kondensatora pretestība	41 [Om]

292. att. Dažādu veidu motoru pieslēgšanai vienfāzes tīklā, nepieciešamā kondensatora kalkulēšanas programma

6.8. LĪDZSTRĀVAS MAŠĪNU IEDALĪJUMS, IZVEIDOJUMS, DARBĪBA ĢENERATORA UN MOTORA REŽĪMĀ, APZĪMĒJUMI

Līdzstrāvas elektrodzinējā elektrība tiek pievadīta rotoram ar suku (ogļiņu) un kolektora palīdzību, radot elektromagnētisko lauku starp statoru un rotoru, un šīs magnētiskās mijiedarbības rezultātā, tas sāk kustību (griezties). Enkurā plūstošā strāva ir maiņstrāva, kolektors ir ierīce, kas līdzstrāvu pārveido maiņstrāvā. Pēc statora magnētiem līdzstrāvas motorus iedala:

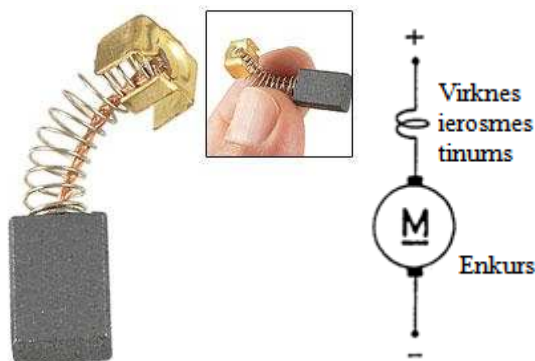
- **Ar pastāvīgo magnētu** - statorā ir pastāvīgais magnēts un ierosmes strāva nav nepieciešama. Šādus lieto vismazākajiem motoriem, jo tie ir vienkāršāki. Te ir ierobežota maksimālā jauda.



293. att. DC motors ar patstāvīgu statora magnētu

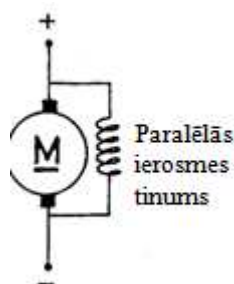
Ieguldījums tavā nākotnē

- **Virknēs ierosme** - statora ierosmes tinums elektriski saslēgts virknē ar rotoru. Ierosmes strāva virknēs ierosmes līdzstrāvas motoros ir vienāds ar enkura strāvu. Vislielākais starta griezes moments. Ja pazūd slodze, var paātrināties līdz sabrukumam. Lieto elektrotransportā.



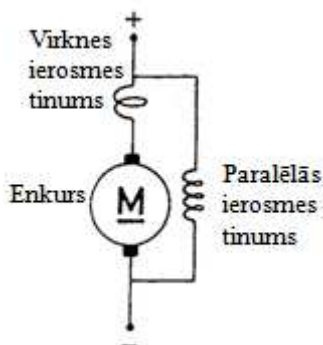
294. att. Līdzstrāvas motora oglīte un virknēs ierosme

- **Paralēlā ierosme** - statora ierosmes tinums elektriski saslēgts paralēli ar rotoru. Parasti ierosmes strāva paralēlās ierosmes līdzstrāvas motoros ir ~5% no enkura strāvas.

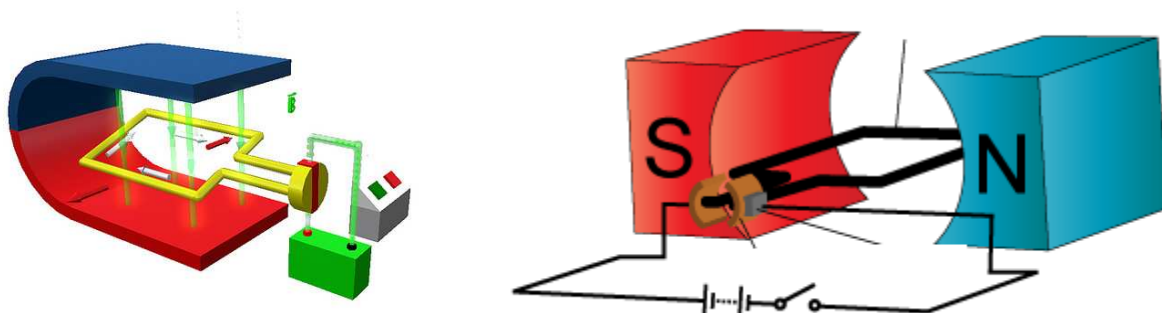


295. att.

- **Neatkarīgā ierosme** - statora ierosmes tinumu baro no cita (neatkarīga) barošanas avota, kā rotora tinumu. Plašākas jaudas regulēšanas iespējas.
- **Kombinētā ierosme** - divu vai vairāku ierosmes sistēmu kombinācija, motoram ir vairāki ierosmes tinumi.



296. att.

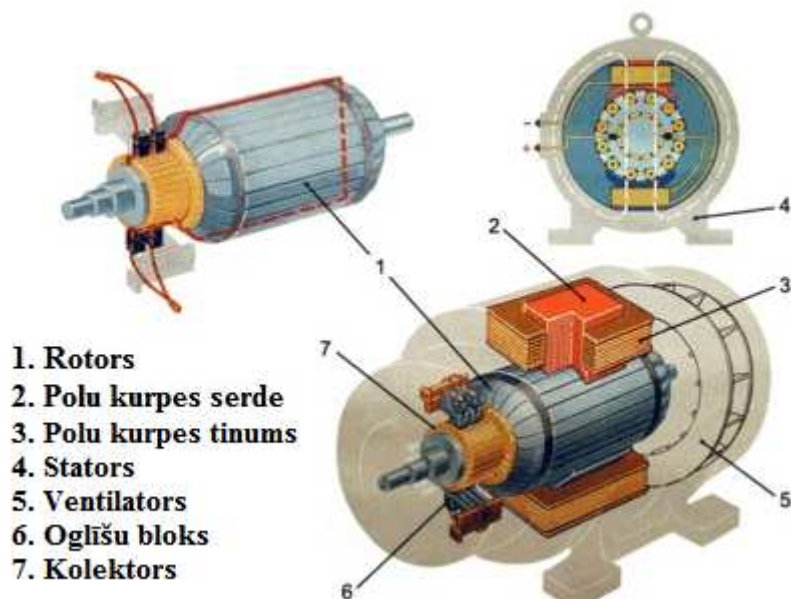


297. att. Līdzstrāvas elektromotora darbība

Bez suku (bez kolektora) (brushless). Šie ir principiāli atšķirīgi. Te suku un kolektora vietā ir mikroshēma (maziem motoriem) vai mikroshēma un jaudas pastiprinātājs (lielākiem motoriem), kas no līdzstrāvas ražo maiņstrāvu ar frekvenci, kas proporcionāla motora rotācijas frekvencei (analogi kā kolektors).

Tam nepieciešams īpašs rotora pozīcijas devējs. Mazākajiem motoriem bieži vien tā vietā vienkārši uz brīdi izslēdz barošanu un mēra tinumos ģenerēto spriegumu, kas kaut kādā mērā ir atkarīgs no ātruma un pozīcijas.

Šiem motoriem parasti rotors atrodas ārpusē un sastāv no pastāvīgā magnēta. Šādus motorus plaši lieto datoru ventilatoros un datoru diskierīcēs.



298. att. Līdzstrāvas jaudas elektromotora uzbūve



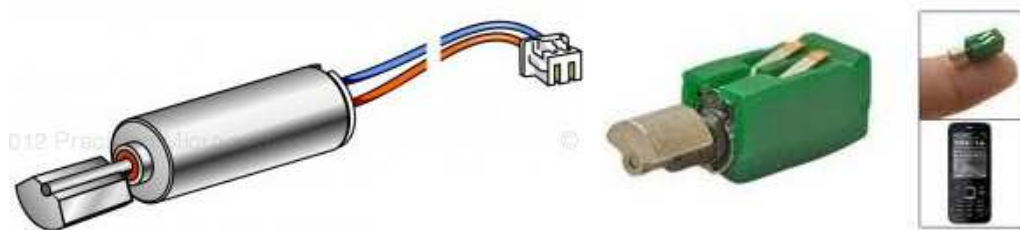
299. att. elektroniskie DC motori (bez kolektora)

Šie motori ir relatīvi dārgi (jo vajag mikroshēmu), bet tie rada ļoti maz traucējumu (parastie līdzstrāvas motori ir vieni no spēcīgākajiem traucējumu avotiem, jo kolektors regulāri (parasti simtiem reižu sekundē) pārtrauc relatīvi lielas strāvas ķēdi un mēdz dzirksteļot.)

Līdzstrāvas motorus bieži vien ir iespējams lietot arī kā līdzstrāvas ģeneratorus. Līdzstrāvas elektrodzinēji tiek izmantoti ļoti plaši dažāda veida sadzīves ierīcēs (piem. ventilatoros).

Kas tad īsti slēpjas aiz "DC motori" apzīmējuma? Angļu valodā tas skanētu šādi: Direct Current Electrical Motor, bet latviski: līdzstrāvas elektriskie motori. (Līdzstrāva - elektriskā strāva, kas nemaina savu polaritāti (virzienu) elektriskā ķēdē. Šāda tipa strāva ir visos ķīmiskajos strāvas avotos, piemēram, akumulatoros, baterijās.)

Varbūt nemaz nenojaušot, ikdienā mēs sastopamies ar šiem motoriem - lielākiem vai mazākiem, bet katrs esam vismaz netieši tādu turējuši rokās. Šāda tipa motors atbild arī par mobilo telefonu vibrofunkciju.



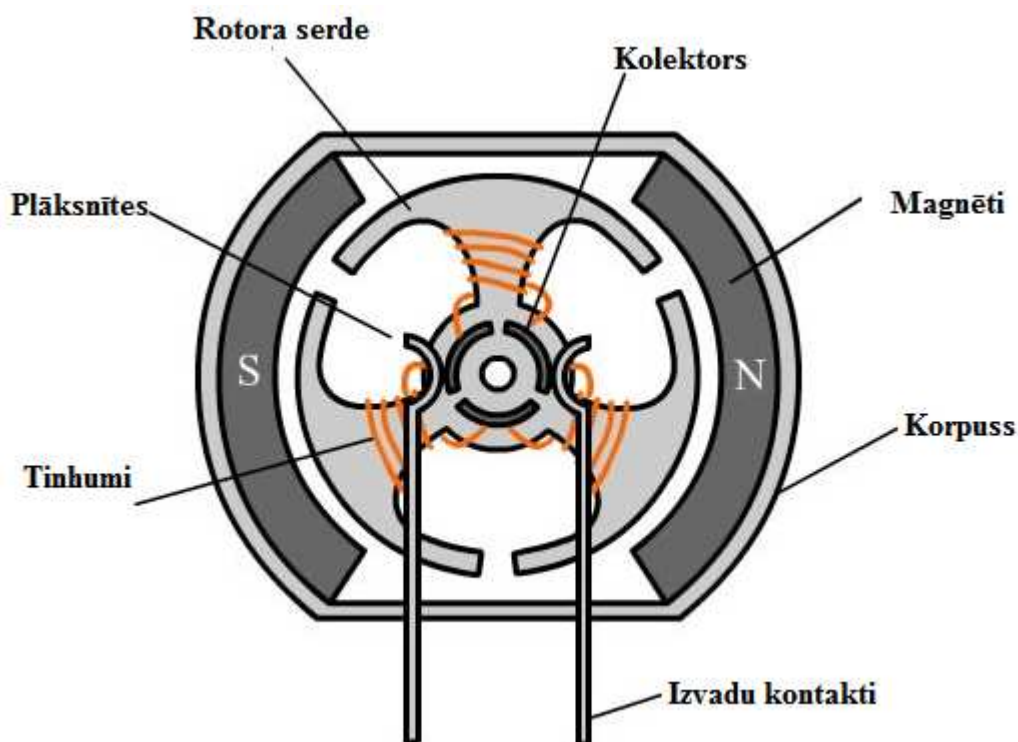
300. att. Telefona vibrozvana DC elektromotors

Rotaļlietas, kuras ir dāvinātas jūsu bērniem, brāļiem, māsām vai citiem cilvēkiem un kuras darbojas ar bateriju palīdzību arī sevī slēpj šādus motorus. Piemēram, radio vadāmajās mašīnās parasti ir vismaz divi šādi motori. Viens atbild par pārvietošanos, bet otram ir svarīgā stūrēšanas funkcija.



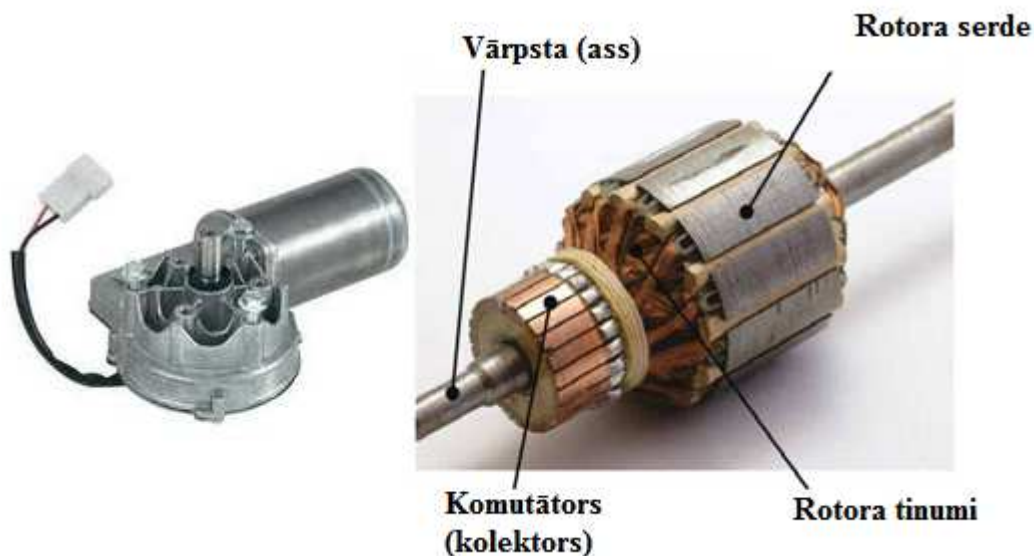
301. att. Miniatūrs DC elektromotors

- stators (tas var būt pastāvīgais magnēts vai tinums (elektromagnēts))
- kustīgs rotors ar tam uzlītiem tinumiem
- kolektors (strāvas noņēmējs, kurš motoram griežoties, pārslēdz tinuma sekcijas. Caur kolektoru motors saņem strāvu. Labos motoros šis savienojums izveidots no maināmiem ogles kontaktiem, vienkāršākos - kā metāla slīdkontakti. Pēdējie ar laiku apdeg, un motors jāmet ārā.)



302. att. DC motora uzbūve

Atkarībā no tā kur tiek pieslēgti strāvas avota pozitīvais un negatīvais lādiņš, mainās motora iekšējās sastāvdaļas - rotora/enkura griešanās virziens. Tas arī būtu šo motoru darbības princips.



303. att. Spēkratu logu tīrītāju mehānisma piedziņas līdzstrāvas motors



304. att. līdzstrāvas elektriskā rokas urbjmašīna

Līdzstrāvas ģenerators darbības princips

Līdzstrāvas mašīnas plaši izmanto kā ģeneratorus un dzinējus. Ģeneratori pārveido mehānisko enerģiju elektriskajā, bet dzinēji — elektrisko enerģiju mehāniskajā.

Elektrisko mašīnu darbības principa pamatā ir elektromagnētiskās indukcijas parādība un elektromagnētisko spēku darbība. Elektrodzinējspēku (EDS), kas inducējas vadā, tam pārvietojoties magnētiskajā laukā, aprēķina pēc formulas

$$e = BIV,$$

kur B — magnētiskā indukcija tajā punktā, kur dotajā laika momentā atrodas vads;

l — vada aktīvais garums, t.i., tā daļa, kas atrodas magnētiskajā laukā;

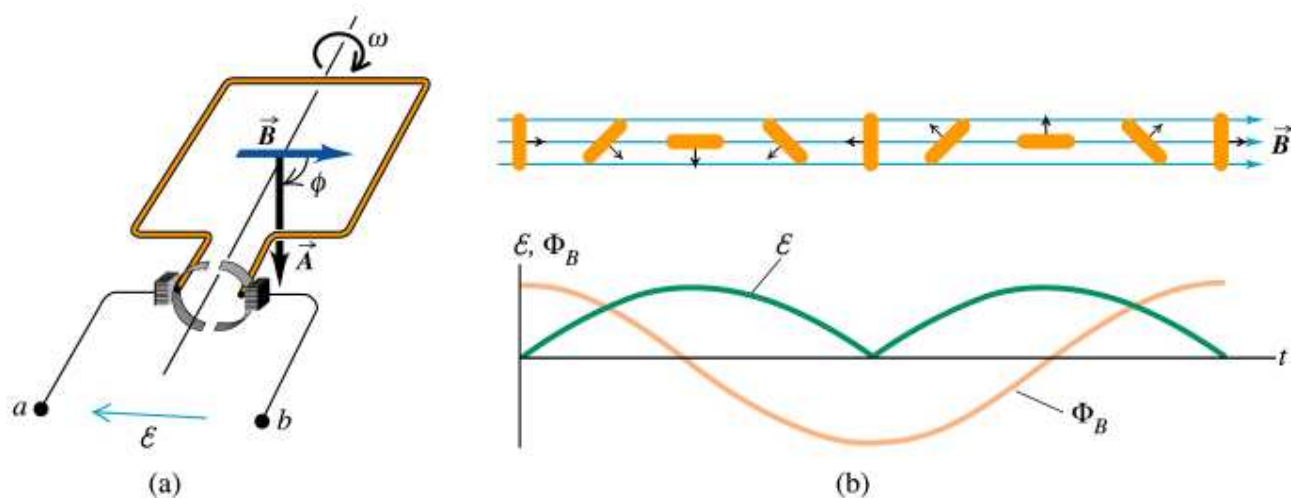
V — vada kustības relatīvais ātrums attiecībā pret magnētisko lauku perpendikulāri magnētiskā lauka spēka līnijām.

Ja vada galus pieslēdz pretestībai, tad inducētais EDS noslēgtajā ķēdē uzturēs strāvu i . Uz vada, kurā plūst strāva un kas novietots perpendikulāri magnētiskā lauka spēka līnijām, darbojas elektromagnētisks spēks

$$F_v = B i l,$$

kur i — strāvas stiprums.

EDS virzienu nosaka pēc labās, bet elektromagnētiskā spēka virzienu — pēc kreisās rokas likuma. Ģenerators režīmā šis spēks darbojas pretī vada kustībai un to pārvar primārā dzinēja radītais spēks (moments), kas griež ģenerators rotoru.



305. att. parādīts līdzstrāvas ģenerators vienkāršots darbības modelis.

Starp diviem poliņiem N un S atrodas mašīnas rotējošā daļa — enkurs. Enkura griešanai izmanto primāro dzinēju, piemēram, turbīnu vai iekšdedzes dzinēju.

Enkurs sastāv no tērauda cilindra, uz kura novietots tinums (rāmītis) a b c d. Tinuma gali pievienoti divām plāksnītēm, kas izolētas viena no otras un veido vienkāršotu kolektoru. Uz kolektora novietotas sukas A un B, caur kurām ģeneratoram tiek pieslēgta slodze. Mašīnas darbības laikā kolektors griežas, bet sukas paliek nekustīgas. Pieņemsim, ka enkurs rotē pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam. Tad tinumā inducēsies EDS. Ja $V = \text{const}$ un $l = \text{const}$, tad EDS lielumu un formu nosaka tikai indukcija B gaisa spraugā starp enkuru un poliņiem. Indukcijas sadalījums pa enkura aploci ir nevienmērīgs. Zem pola vidus indukcijai ir maksimāla vērtība, bet tuvāk pola malām tā samazinās

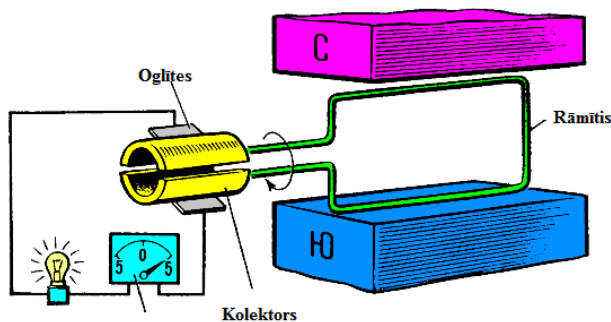
Līniju, kura atdala polu zonas un iet caur enkura centru, sauc par ģeometrisko neitrāli. Magnētiskā indukcija uz ģeometriskās neitrāles punktos a un b ir vienāda ar nulli. Enkuram griežoties, tinums ieņem dažādus stāvokļus magnētiskajā laukā. Tāpēc atbilstoši mainīgām

Ieguldījums tavā nākotnē

indukcijas vērtībām tinumā inducējas arī mainīgs EDS. Ja indukcijas sadalījums, piemēram, ir sinusoidāls, tad arī EDS un strāva ir sinusoidāli.

Sukas un kolektors pārvērš maiņstrāvu pulsējošā, t.i., nemainīgā pēc virziena. Attēlā parādītā tinuma stāvoklī strāva ģeneratora ārējā ķēdē plūst no sukas A (+) uz suku B (-). Tad, kad enkurs pagriezīsies par 180° , strāvas virziens tinumā mainīsies uz pretējo. Tomēr strāvas virziens un suku polaritāte ārējā ķēdē nemainās, jo tai brīdī, kad strāva tinumā izmaina virzienu, mainās arī kolektora plāksnītes zem sukām. Tādā veidā zem sukas A vienmēr atrodas plāksnīte, kas savienota ar vadu zem ziemeļpola, bet zem sukas B — plāksnīte, kas savienota ar vadu zem dienvidpola. No teiktā var secināt, ka kolektors ar sukām darbojas kā **taisngriezis**.

Strāvas un sprieguma pulsācijas ģeneratora ārējā ķēdē var samazināt, palielinot sekciju skaitu enkura tinumā. Attiecīgi jāpalielina arī kolektora plāksnīšu skaits, un katras sekcijas gali jāpievieno attiecīgajam plāksnīšu pārim. Lietojot 16 sekcijas un kolektora plāksnītes, strāvas pulsācijas ārējā ķēdē jau kļūst maznozīmīgas.



306. att. DC ģeneratora darbības princips



307. att. Līdzstrāvas traktora T40 ģenerators

6. Transformatori un elektriskās mašīnas

6.9. Spēkratu ģeneratori, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas ģeneratoriem

6.10. Spēkratu starteri, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas motoriem

6.11. Spēkratu servomotori, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas motoriem

Stundas tēma: Spēkratu ģeneratori, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas ģeneratoriem. Spēkratu starteri, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas motoriem. Spēkratu servomotori, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas motoriem

Stunda: 27 – 28 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast dažādu spēkratu ģeneratoru konstrukciju un to darbības principu;
2. Zināt spēkratu starteru uzbūvi un darbības principu, kā arī citu līdzstrāvas elektromotoru uzbūvi un darbību;
3. Apgūt dažādu spēkratu servomotoru pielietojumu un to darbību, uzbūvi;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

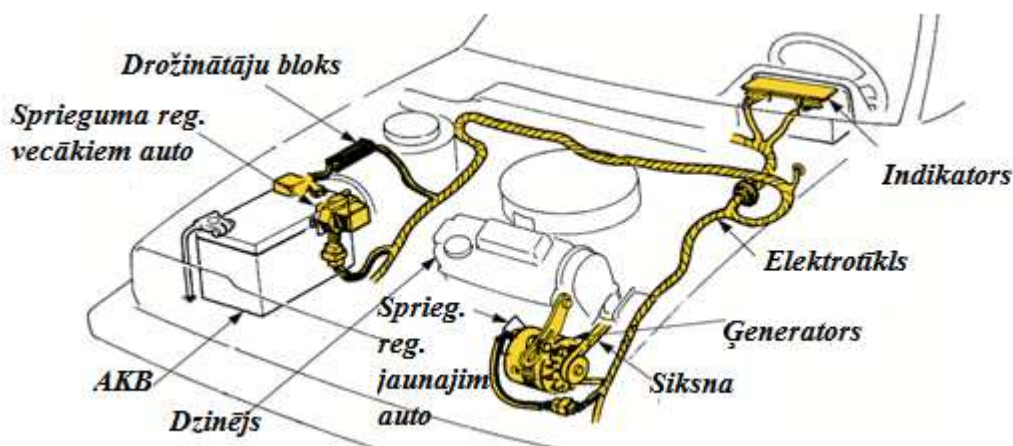
Jaunās vielas izklāsts:

1. Spēkratu ģeneratori, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas ģeneratoriem;
2. Spēkratu starteri, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas motoriem;
3. Spēkratu servomotori, to konstrukcijas īpatnības salīdzinājumā ar līdzstrāvas motoriem;

Izmantojamā literatūra:

- James E. Duffy „Modern Automotive Technology, 7th Edition” 2009
- ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ ЗАО «РОЛЬФ ХОЛДИНГ» 2005g
M-STEP Mitsubishi motors
- Automotive Handbook 7th edition BOSCH Wiley 2007
- J. Ozoliņš „Automobiļu un traktoru elektroiekārtas” Ozolnieki 2004.;
- Automotive Electrics, Automotive Electronics BOSCH 5th edition Robert Bosch GmbH 2007
- Spēkratu starteri <http://www.avtonov.svoi.info/starter.php> 2012.01
- Automobiļu elektrosistēmas http://autumn.ru/izh-21261/izh-44884-10.m_id-6369.html 2012

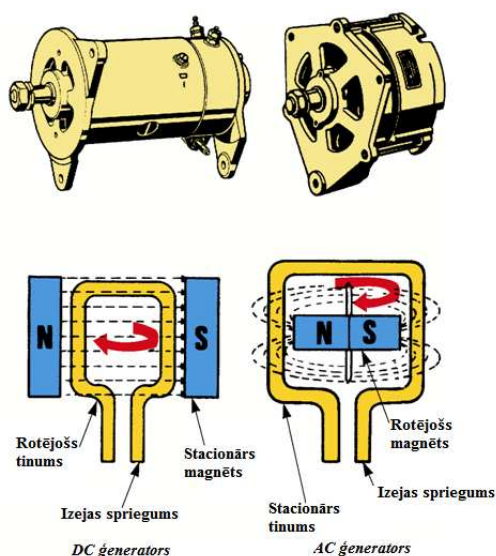
6.9. SPĒKRATU ĢENERATORI, TO KONSTRUKCIJAS ĪPATNĪBAS SALĪDZINĀJUMĀ AR LĪDZSTRĀVAS ĢENERATORIEM



308. att. Spēkrata ģeneratora iekārta

Mainstrāvas ģeneratoru vispārīgs raksturojums.

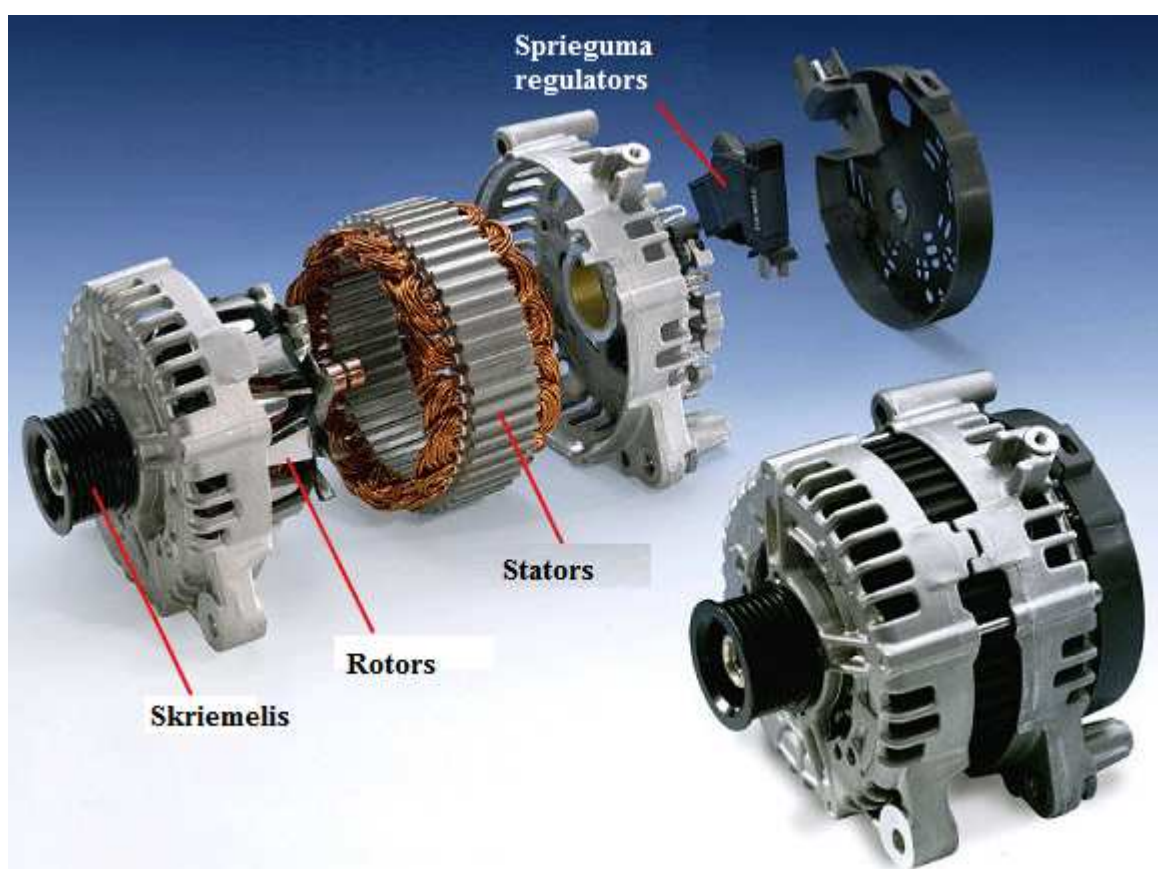
Pilsētas transports 40% sava darbalaika nostāv pieturās, krustojumos vai pārvietojas nelabvēlīgos apstākļos. Automašīna motoram darbojoties tukšgaitā, līdzstrāvas ģenerators vairs nespēj nodrošināt patērētājus ar elektroenerģiju, līdz ar to sarežģās kustības apstākļi. Mainstrāvas ģeneratorā viss notiek otrādi nekā līdzstrāvas ģeneratorā. Tinumi, kuros inducējas darba jeb galvenā strāva, ir nekustīgi novietoti uz statora, bet ierosmes tinums, kuram ar divām izolētām sukām un diviem kontaktu gredzeniem pievada līdzstrāvu no akumulatoru baterijas, motoru iedarbinot, rotē.



309. att. Līdzstrāvas un maiņstrāvas ģenerators salīdzinājums

Ierosmes tinums ir samērā viegls, tāpēc tas var rotēt ar ievērojami lielāku rotācijas frekvenci nekā līdzstrāvas ģenerators rotors. Atbilstoši izvēloties maiņstrāvas ģenerators rotora piedziņas pārnese skaitli, var panākt tā pietiekamu rotācijas frekvences ātrumu un ģenerators jau tukšgaitā nodrošina patērētājus ar pietiekamu jaudu.

Maiņstrāvas ģeneratoriem ir arī daudz vienkāršāka konstrukcija, tie neprasa lādēšanas strāvas ierobežošanu un tiem piemīt liels darba resurss. Maiņstrāvas ģenerators elektroniskais sprieguma regulators vada tā izejas raksturlīknes daudz precīzāk nekā līdzstrāvas ģenerators relejregulators, tāpēc iespējams izmantot bezapkopes akumulatorus.



310. att. Ģenerators vispārēja uzbūve

Maiņstrāvas ģenerators darbības princips

Kad vadītājs un magnētiskais lauks rotē attiecībā viens pret otru, tad vadītājā inducējas elektromagnētiskās indukcijas EDS, kuru mēra voltos un aprēķina pēc formulas

$$E = B l v,$$

kur E – inducētais EDS (V);

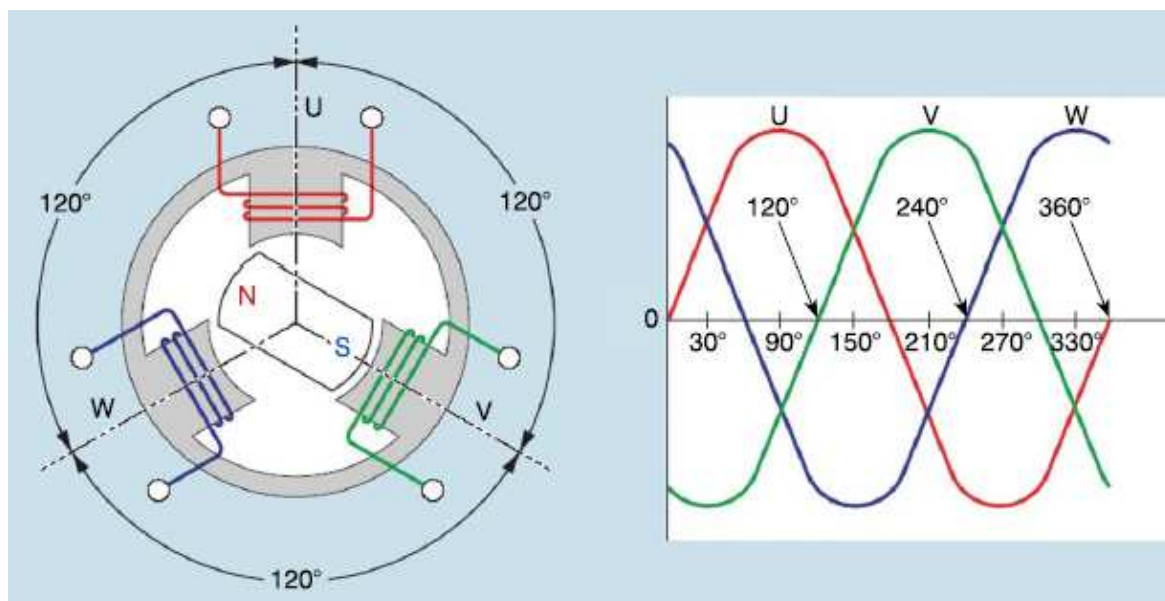
B – magnētiskā lauka indukcija (T);

l – vada aktīvais garums (m);

v – vada pārvietošanas ātrums magnētiskajā laukā (m/s).

Lai palielinātu vada garumu, to satin spolē. Spoļu grupu sauc par tinumiem. Lai pastiprinātu spoles magnētisko lauku, tajā ievieto dzelzs serdi, kura parasti sastāv no plānām elektrotehniskā tērauda savstarpēji izolētām plāksnēm, kas ir saspīestas kopā un veido it kā vienotu konstrukciju. Tas ir darīts ar mērķi novērst virpuļstrāvu rašanos serdē un līdz ar to samazināt jaudas zudumus un serdes silšanu.

Ja apkārt rotoram pa aploci novietotu trīs vienādu statoru tinumu pārus, kuri nobīdīti attiecībā viens pret otru par 120° , tad iegūtu trīsfāzu ģeneratoru, kura izmēri salīdzinājumā ar vienfāzes maiņstrāvas ģeneratoru nebūtu daudz lielāki. Tomēr, lai no šāda ģenerators noņemtu jaudu, visu triju statoru tinumu pāri ir speciālā veidā jāsavieno.



311. att. Trīsfāzu ģenerators un tā izejas sprieguma raksturlīknes

Ieguldījums tavā nākotnē

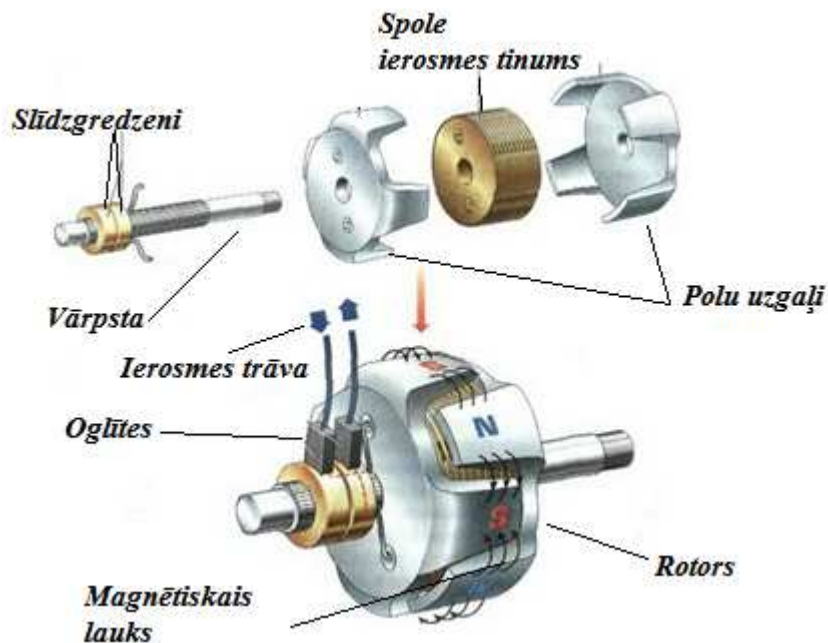
Kā redzams *attēlā 311*, tad strāvas stiprums ģeneratora izejas ķēdē nevienā laika momentā nekļūst vienāds ar 0. Tas ir tāpēc, ka trīsfāzu ģeneratora statora tinumi novietoti 120° leņķī viens pret otru, tāpēc, rotoram griežoties, magnētiskā lauka spēka līnijas katrā laika momentā šķeļ kādu tinumu un inducē tajā EDS. Trīsfāzu ģeneratoru statora tinumus parasti saslēdz zvaigznē vai trīsstūrī. Maiņstrāvas automobiļu ģeneratoros plaši izmanto abus slēgumus, taču visbiežāk lieto zvaigznes slēgumu. Trīsstūra slēgumu izmanto tikai lieljaudas ģeneratoros.

Ģeneratora ierosme

Ierosme ir veids, kā ģeneratorā tiek radīts magnētiskais lauks. Arī pastāvīgais magnēts, kuru izmanto ģeneratora darbības principu izskaidrojumos, spēj inducēt strāvu ģeneratora statoru tinumos, taču pastāvīgais magnēts automobilī vibrāciju un silšanu rezultātā zaudē savas īpašības, ar to nevar nodrošināt ģeneratora izejas parametru regulēšanas iespējas, tāpēc tā vietā ir jāizmanto elektromagnēts.

Rotoru parasti izgatavo elektromagnēta veidā. Šim nolūkam izmanto elektrotehniskā tērauda magnētvalu un uz tā uztītu tinumu ar daudziem vijumiem, ko sauc par ierosmes tinumu. Ja tinumā plūst līdzstrāva, tad rotorā inducējas magnētiskais lauks. Magnētiskā lauka plūsma ir tieši atkarīga no strāvas stipruma ierosmes tinumā, un tā ir vēl viena priekšrocība, jo ļauj regulēt inducēto EDS ģeneratora statora tinumos.

Ja ierosmes tinumu uztin uz dzelzs serdes, tad iegūst elektromagnētu ar vienu polu pāri, bet diviem poliem N un S. Tā kā starp poliem ir iespaidīgs attālums, tad magnētiskās līnijas telpā būs stipri izkliedētas. Lai starp elektromagnēta poliem būtu pēc iespējas mazāka sprauga un līdz ar to spēcīgāks magnētiskais lauks, izveido konstrukciju. Lai palielinātu magnētiskā lauka plūsmas platumu, ģeneratora rotors tiek izgatavots no diviem četrpolu tērauda uzgaļiem, kas nostiprināti uz rotora vārpstas. Viena uzgaļa zobveida poli ieiet otra uzgaļa izgriezumos.



312. att. Ģenerators rotors

Līdzstrāvai plūstot pa ierosmes tinumu, viena rotora uzgaļa poli pārvēršas par elektromagnētiem ar N polaritāti, bet otra – par elektromagnētiem ar S polaritāti. Rotoram griežoties, gar nekustīgajiem statora tinumiem pārmaiņus slīd elektromagnēti ar pretēju polaritāti un inducē tajos mainīgu EDS.

Lai rotora magnētiskais lauks nemainītu savu virzienu, ierosmes tinumam caur sukām un kontaktgredzeniem pievada līdzstrāvu. Izšķir divus ierosmes tinumu barošanas veidus ar līdzstrāvu: **pašierosmes vai svešierosmes ceļā.**

Statora trīsfāžu tinumi ievietoti statora serdes rievās. Statora tinumu serde sastāv no daudzām, savstarpēji izolētām elektrotehniskā tērauda plāksnēm, lai novērstu serdē virpuļstrāvu rašanos un tās silšanu.

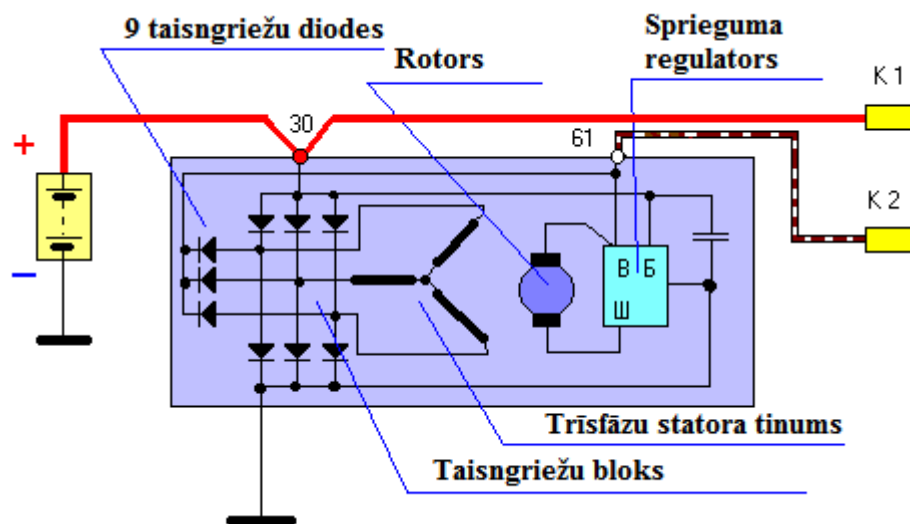
Savukārt statora tinumu katrs fāzes tinums sastāv no vairākām virknē savienotām spolēm. Savienojot vienus fāžu tinumu galus kopā, statora fāžu tinumi tiek saslēgti zvaigznes slēgumā, kurā brīvie fāžu tinuma gali tiek savienoti ar ģeneratorā iebūvēto papildu taisngriezi un galveno taisngriezi, kas savukārt savienots ar ģenerators spailēm “+” un “-“.

Taisngrieži

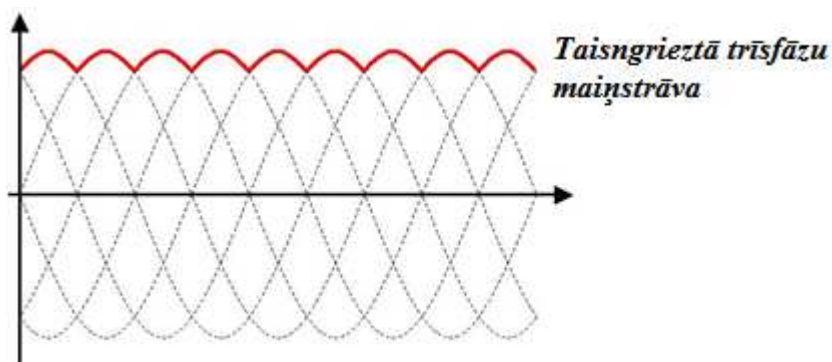
Akumulatoru baterija uzkrāj daļu no ģeneratora ražotās elektroenerģijas, tā ir automobiļa līdzstrāvas enerģijas avots, kas apgādā patērētājus ar līdzstrāvas enerģiju, un tās uzlādēšanai arī ir nepieciešama līdzstrāva.

Tā kā automobiļu elektroiekārtas darbojas ar līdzstrāvu, tad maiņstrāva, ko iegūst no trīsfāzu maiņstrāvas ģeneratora, ir jāpārveido līdzstrāvā. Šo procesu sauc par maiņstrāvas taisngriešanu, bet ierīces, ar kurām to panāk, – par taisngriežiem.

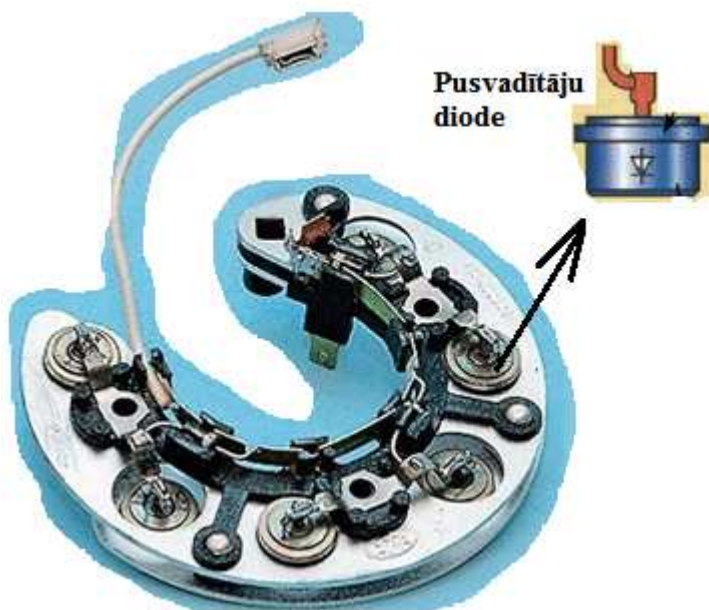
Taisngriežu galvenā sastāvdaļa ir pusvadītāju diode, kuras svarīgākā īpašība ir strāvas vienvirziena vadītspēja.



313. att. Ģeneratora shematiska uzbūve



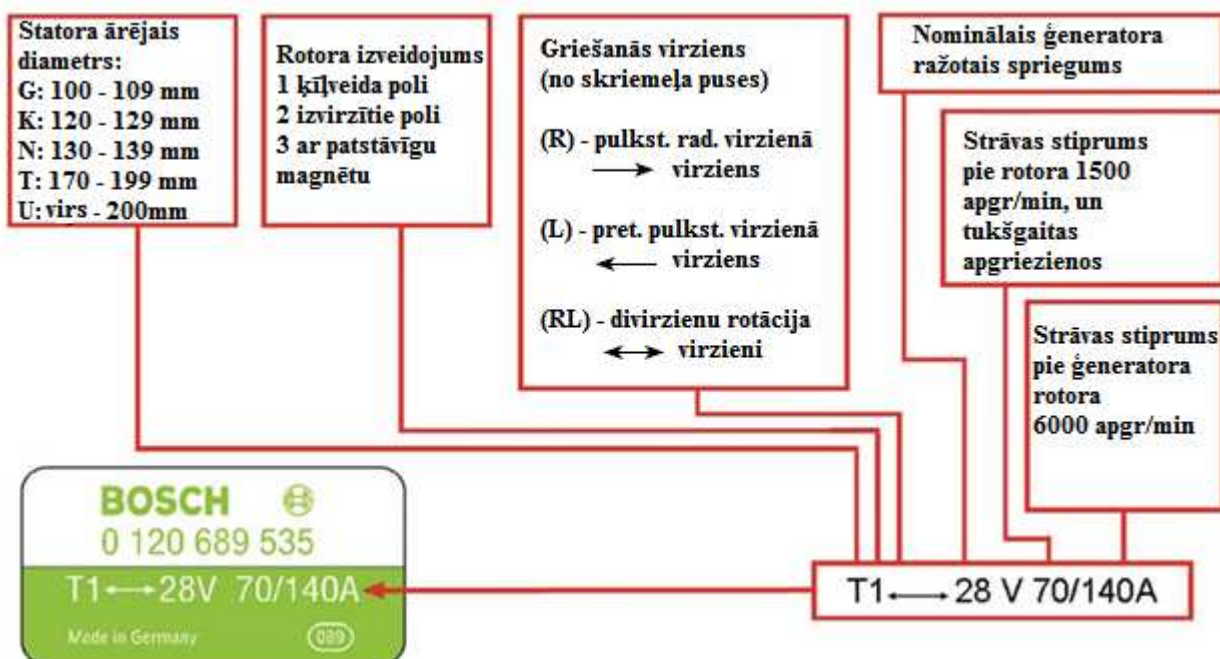
314. att. Taisngriestās 3 fāzu maiņstrāvas sinusoīda



315. att. Taisngriežu bloks maiņstrāvas pārveidošanai līdzstrāvā

Sevišķi jutīgas pret temperatūras paaugstināšanos ir diodes. Lai aizvadītu no diodēm lieko siltumu, tās novieto uz alumīnija radiatoriem ar palielinātu virsmas laukumu.

Ģenerators taisngriezis ir izveidots pēc trīsfāzu tiltiņa shēmas no sešām diodēm, kas ir samontētas uz diviem turētājiem. Konstruktijas vienkāršošanai un labākai siltuma aizvadīšanai trim diodēm uz korpusu ir pozitīva, bet otrām trim – negatīva polaritāte.



316. att. Ģenerators uzrakstu plāksnīte

Sprieguma regulators

Ģeneratoru noteiktā veidā piestiprina iekšdedzes motoram un piedzen no tā ar ķīļsiksnašas pārvadu. Ģeneratorš darbojas mainīga ātruma un slodzes režīmā. Palielinot ģeneratora rotācijas frekvenci bez slodzes, tā izejas spriegums var sasniegt pat 140V.

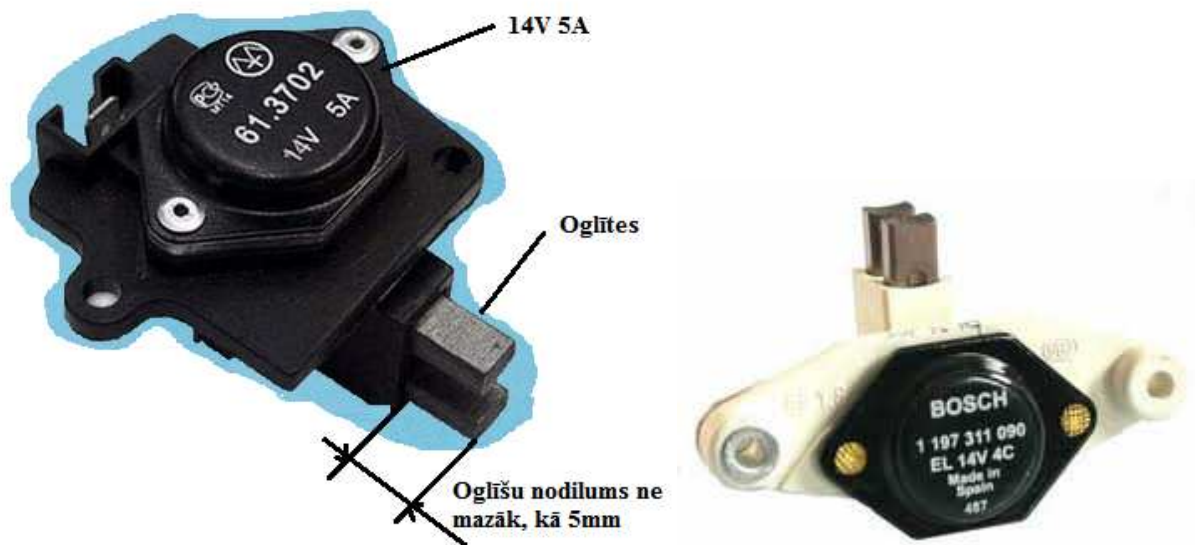
Ja spriegums ģeneratora izejā ir pārāk liels, tad var tikt sabojāti patērētāji un akumulatoru baterija pārlādēsies jeb “izvārīsies”, jo ķīmiskie procesi noris daudz straujāk un ūdens no elektrolīta, strāvas ietekmē sadaloties, intensīvāk izdala gāzi. Ja spriegums uz ģeneratora ir mazāks par spriegumu uz akumulatoru baterijas, tad tas radīs akumulatoru baterijas izlādi, kas savukārt var apgrūtināt vai padarīt neiespējamu automobiļa motora iedarbināšanu ar starteri pēc tā apstādināšanas. Tātad ģeneratoram ir nepieciešama kāda sprieguma regulēšanas ierīce.

Spriegums ģeneratora izejā tiek regulēts ar sprieguma regulatoru – ierīci, kas uztur līdzspriegumu tā izejā aptuveni **14,2V līmenī**. Sprieguma uzturēšanai šajās robežās regulators regulē rotora magnētisko plūsmu, palielinot vai samazinot ierosmes strāvu.

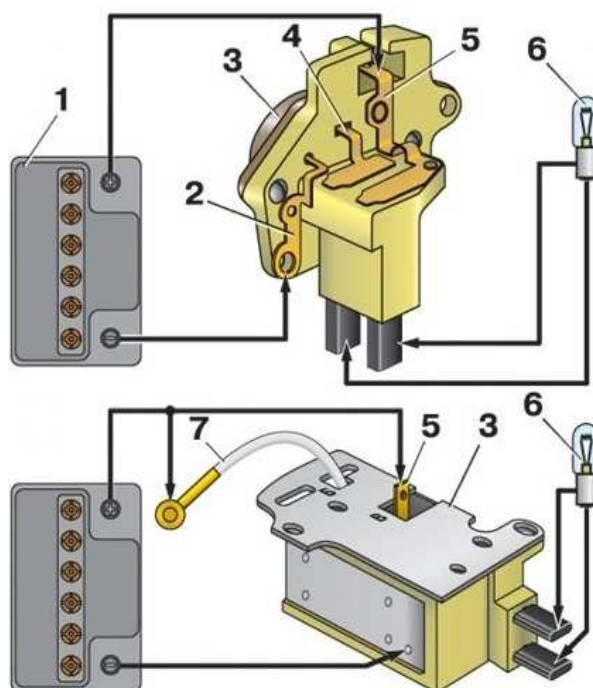
Izšķir **kontakts un bezkontakts** sprieguma regulatorus. Lai gan plaši izmanto bezkontakts sprieguma regulatorus, ekspluatācijā ir arī kontakts sprieguma regulatori. Izšķir vienkontakta un divkontakts sprieguma regulatorus.

Ģeneratoru un sprieguma regulatoru novieto pēc iespējas tuvāk akumulatoru baterijai, jo automobiļu elektroiekārtas patērē samērā lielas strāvas un spriegums uz akumulatoru baterijas var atšķirties no ģeneratora sprieguma tāpēc, ka vados rodas sprieguma zudumi.

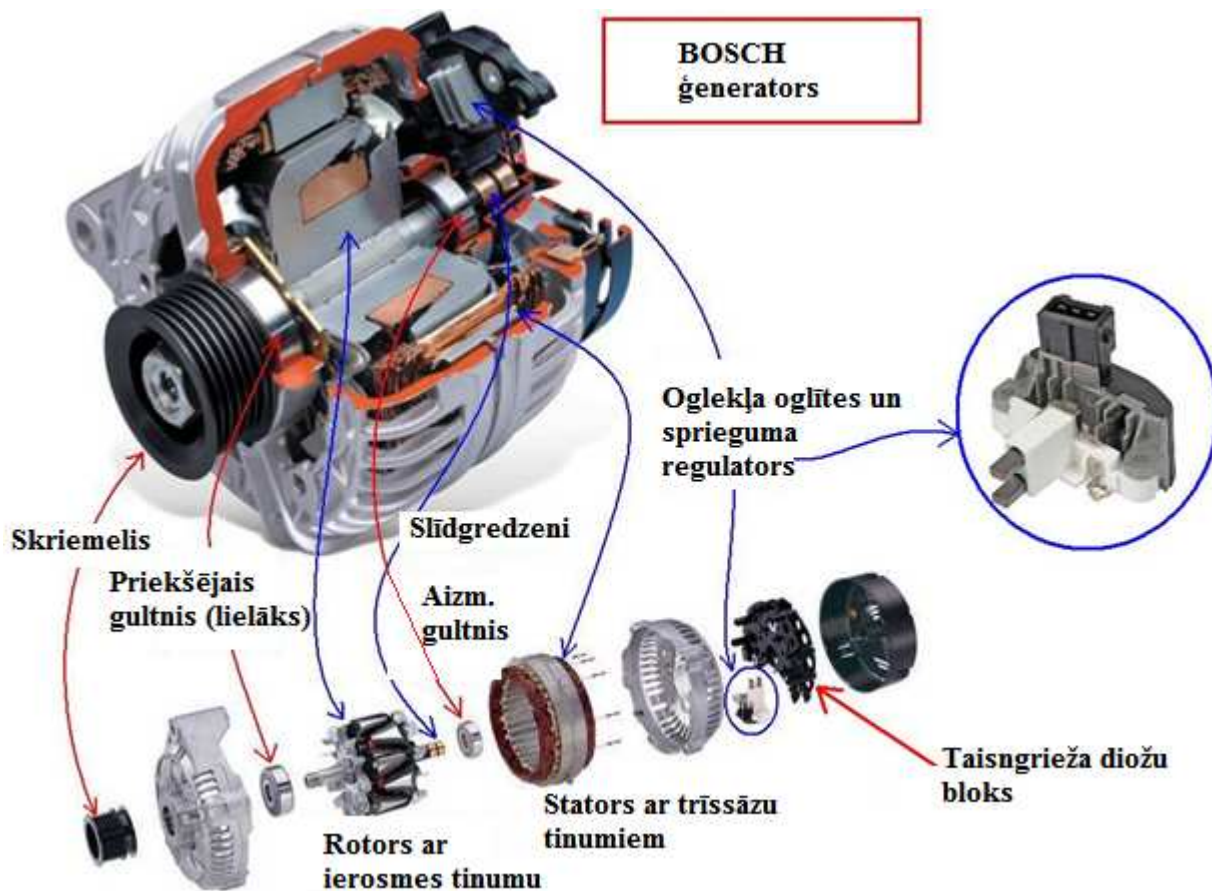
Spriegumu no akumulatoru baterijas spaišes var pievadīt ar atsevišķu vadu tieši uz regulatora ieeju. Šāds savienojums samazina sprieguma zudumus vados. Šī metode saucas vadība pēc akumulatoru baterijas sprieguma.



317. att. Tipisks sprieguma regulators



318. att. Sprieguma regulatora vienkārša pārbaude ar lampiņu



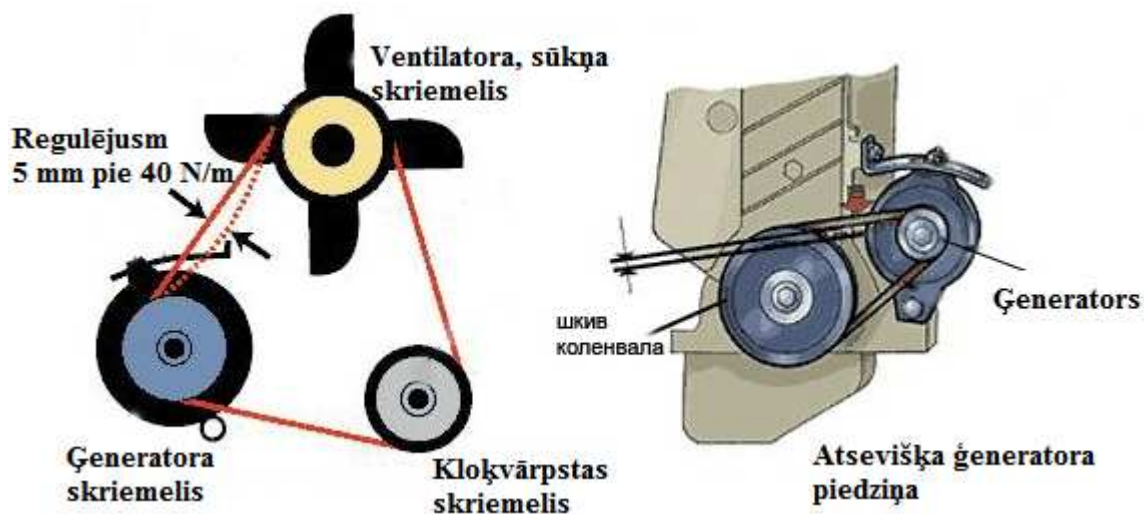
319. att. Spēkratu maiņstrāvas ģenerators uzbūve

Ģenerators apkope, pārbaude

Ģenerators neprasa biežas apkopes, bet būtu vēlams periodiski pārbaudīt slīdkontaktu stāvokli un suku garumu.

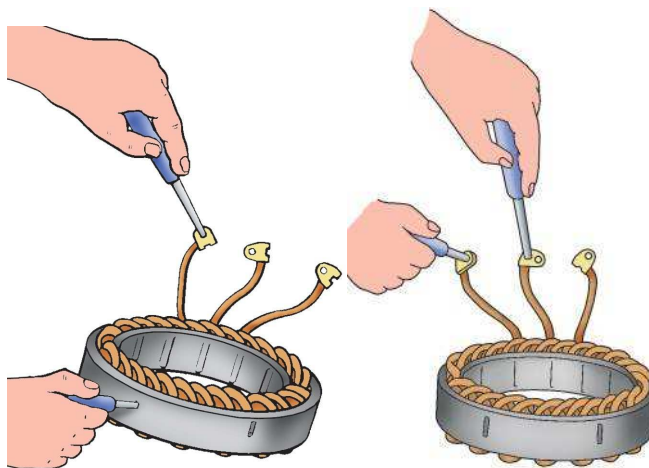
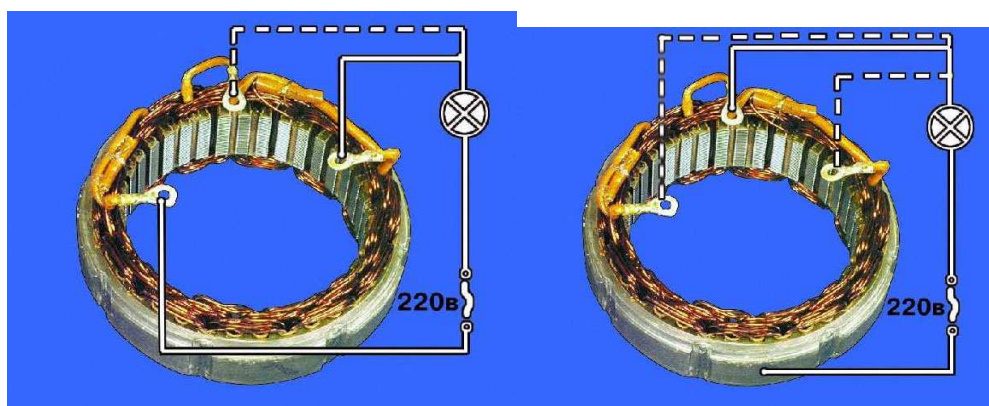
Elektroapgādes sistēmas darbības traucējumu iemesli var būt šādi:

- bojāta akumulatoru baterija;
- pārrauti vadi vai slikts kontakts uz spailēm vadu savienojumos;
- nenospriegota ģenerators piedziņas siksnā;
- bojāti ģenerators tinumi vai taisngriežu bloks;
- bojāts sprieguma regulators;
- bojājums palīgsistēmās: ierosmes strāvas relejā, akumulatoru baterijas lādēšanas signālpuldzē, signalizācijas vadības sistēmā.



320. att. Ģenerators siksna sprieguma regulēšana

Zvaigznē vai trīsstūrī slēgtiem statora darba tinumiem ir trīs izvadi. Pretestībām starp diviem jebkuriem tinuma izvadiem ir jābūt vienādām: dažādu konstrukciju ģeneratoriem tās var būt atšķirīgas, bet jebkurā gadījumā pretestību vērtību atšķirībām ir jāatrodas $0,1\Omega$ robežās.

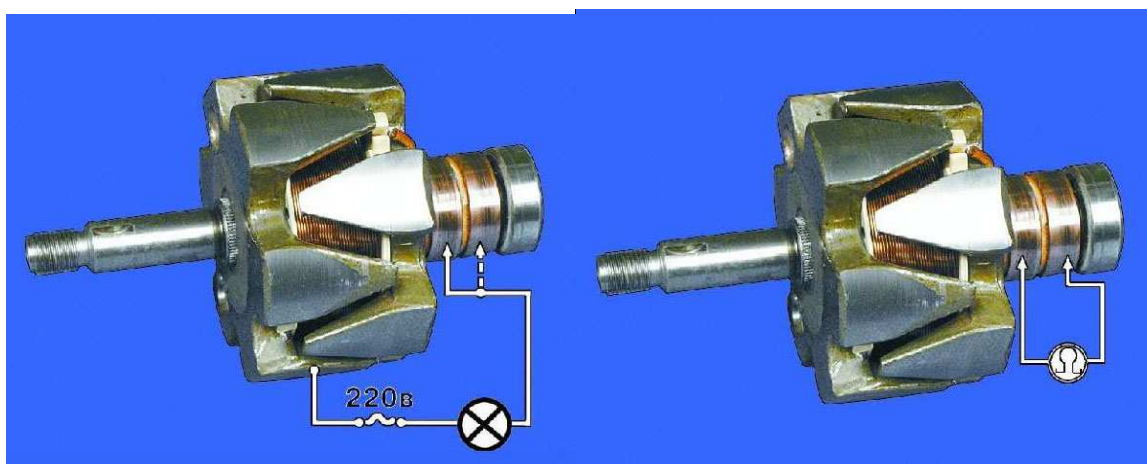
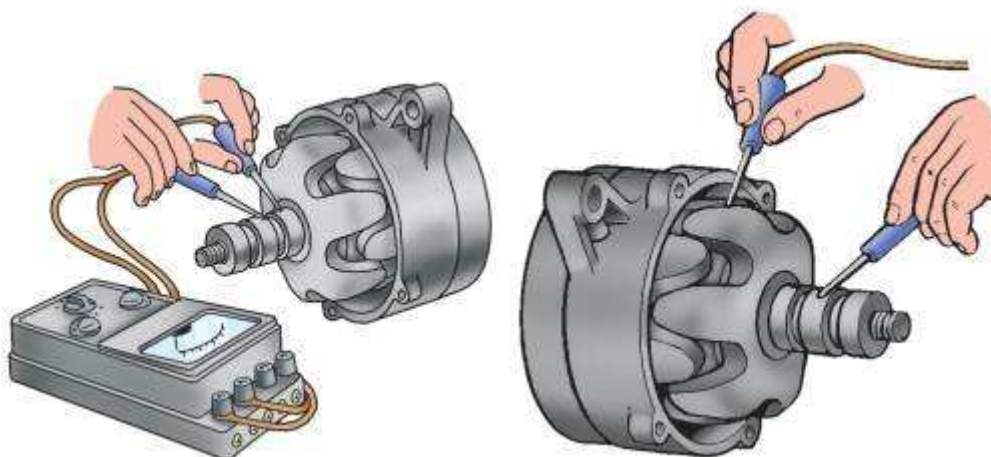


321. att. Statora tinumu pārbaude ar lampiņu un ommetru

Pretestība starp statora tinumiem un statoru ir ļoti liela, tā var sastādīt vairāk par 1 MΩ. Šo pārbaudi var veikt ar megommetru, kura iekšējā līdzstrāvas ģeneratora spriegums ir 100V. Ja nepastāv tāda iespēja, tad var izmantot vēl 25÷40W spuldzi un maiņstrāvas sprieguma avotu 110÷220V. Ja izolācija ir laba, spuldzei nav jādeg. Ja spuldze deg vai blāvi spīd, tas nozīmē, ka statora tinums ir caursists uz korpusu, vai savā starpā.

Rotora tinuma jeb ierosmes tinuma pretestību var izmērīt ar ommetru, mērot pretestību starp abiem slīdgredzeniem, atkarībā no ģeneratoru tipa tai ir jāatrodas 3 ÷ 4Ω robežās. Ja ommetrs uzrāda lielāku pretestību, tad tinumam ir pārrāvums.

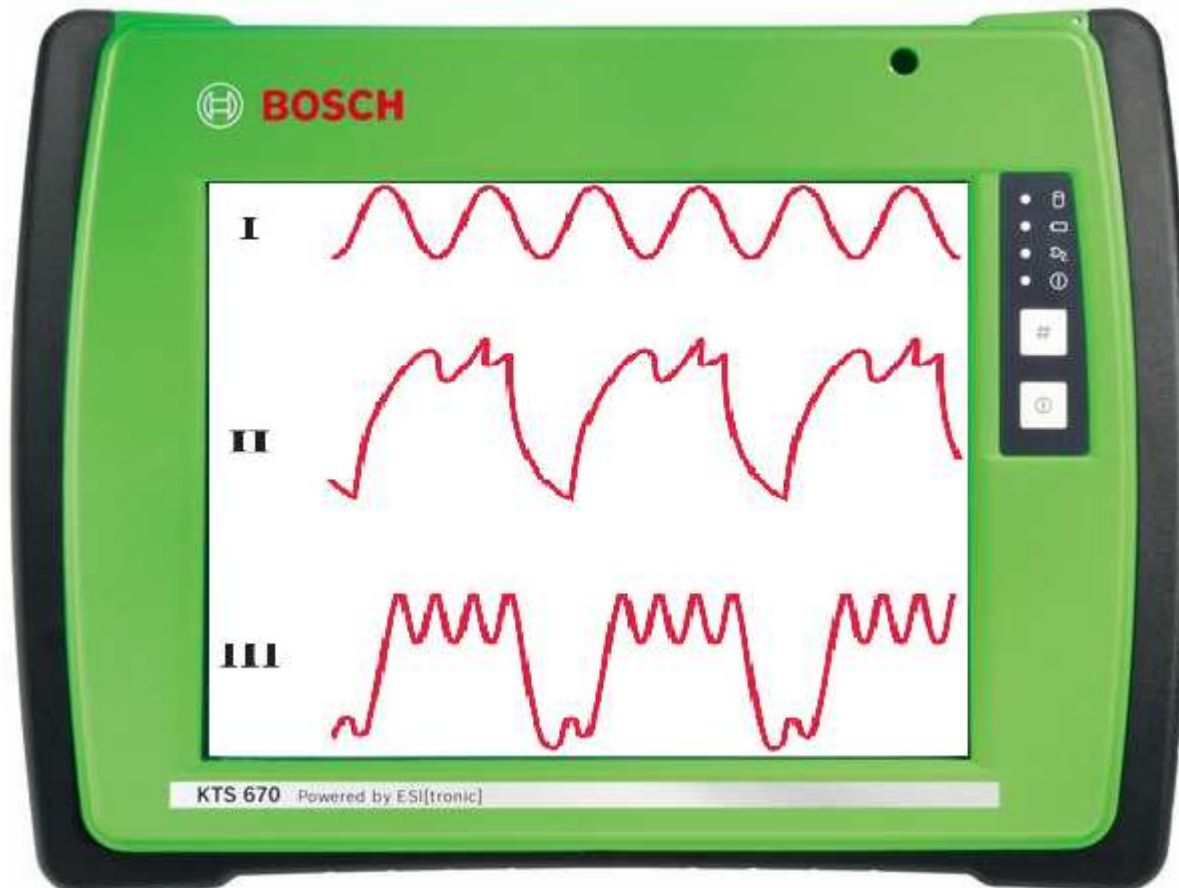
Rotora tinuma izolācijas pretestību var izmērīt, pieslēdzot megommetru starp vienu slīdgredzenu un rotora serdeni. Var izmantot arī 25 ÷ 40W kontrolspuldzi un maiņstrāvas sprieguma avotu 110 ÷ 220V. Ja megommetrs uzrāda "0" vai kontrolspuldze deg, rotora tinuma izolācija ir caursista.



322. att. Ģeneratora rotora pārbaude

Pārbaude ar osciloskopu

Ja iespējams izmantot oscilogrāfu, tad izsmeļošu informāciju par sistēmas darbu var iegūt, novērojot oscilogrammu formas.



323. att. Ģeneratora izejas signāla pārbaude ar oscilogrāfu: 1 – Ģenerators darba kārtībā, 2 – Caurista diode, 3 – Statora tinumu bojājums, pārrāvums.



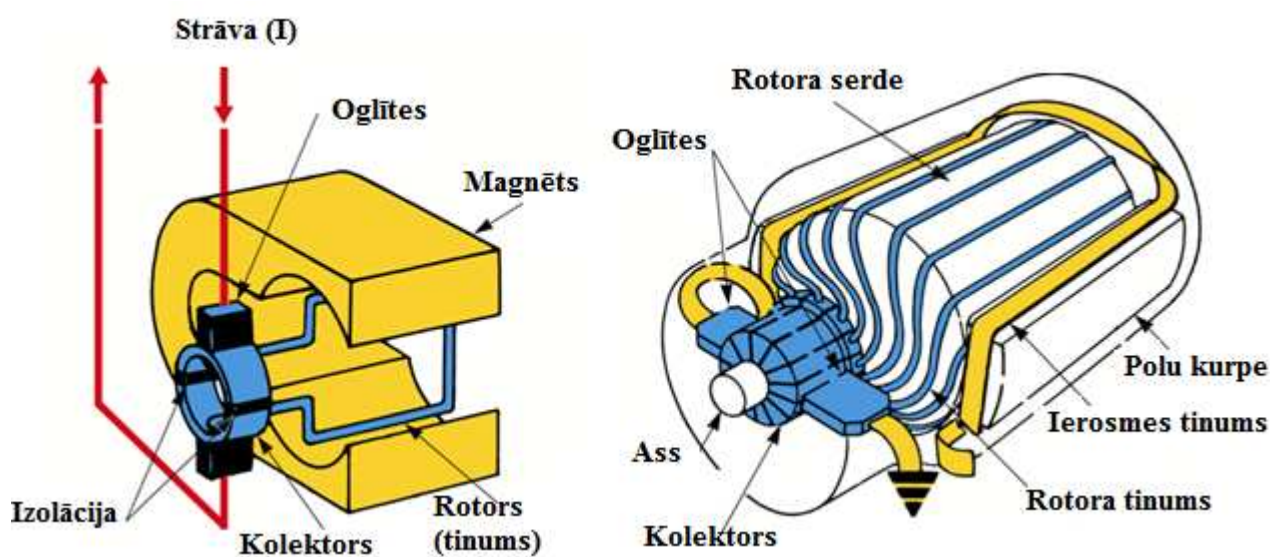
324. att. Ģeneratora kopskats

6.10. SPĒKRATU STARTERI, TO KONSTRUKCIJAS ĪPATNĪBAS SALĪDZINĀJUMĀ AR LĪDZSTRĀVAS MOTORIEM

Spēkratu starteris

Startera galvenais uzdevums ir, izmantojot akumulatoru, iegriezt kloķvārpstu motora iedarbināšanas laikā, bet motoram uzsākot darbību patstāvīgi, mehāniski atvienoties no motora. Startera galvenās sastāvdaļas ir startera motors, pārvaldu mehānisms un vadības iekārtas. Startera motors, pārvaldu mehānisms un ieslēgšanas relejs ir apvienoti vienā agregātā, bet vadības iekārtas pārējās sastāvdaļas ir novietotas atsevišķi.

Startera motors ir līdzstrāvas elektromotors, kurš enerģiju saņem no akumulatora. Startera motora, analogi kā visu citu līdzstrāvas elektromotoru, galvenās sastāvdaļas ir stators ar ierosmes tinumu, enkurs ar enkura tinumu un kolektors ar sukām. Startera motora darbības pamatā ir fizikāla parādība, kad uz strāvas vadītāju, kas ievietots magnētiskajā laukā, iedarbojas elektromagnētiskais spēks – rodas magnētiskā lauka dinamiskā darbība.



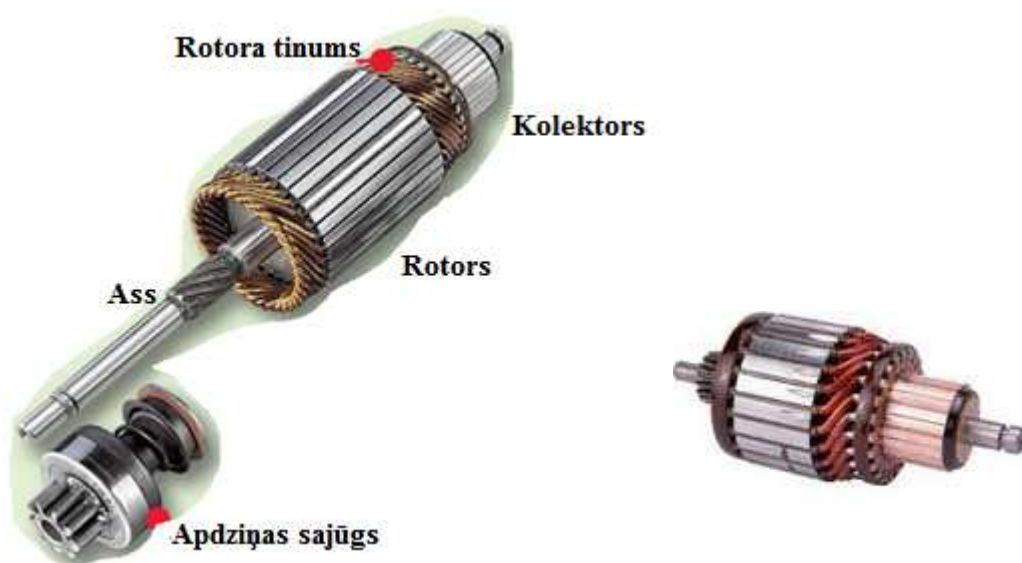
325. att. Startera motora darbības princips

Rotora rāmītis ir enkura tinuma viens vijums, kas ievietots statora pastāvīgo magnētu magnētiskajā laukā un kolektors, kurš vienmēr liek strāvai caur enkura tinumu plūst vienā virzienā. Šim nolūkam kolektors tiek izgatavots sadalīta gredzena veidā, kuram strāvu pievada divas vara – grafiņa oglītes, kas tiek piespiestas pie kolektora ar nelielu atsperu palīdzību.

Ieguldījums tavā nākotnē

Tā kā enkura tinums ir pievienots akumulatora spailēm, tad pa to plūst strāva, kā rezultātā pastāvīgā magnēta magnētiskā lauka un enkura tinumā plūstošās strāvas magnētiskā lauka mijiedarbība rada elektromagnētisko griezes momentu, kas uztur enkuru rotācijas kustībā.

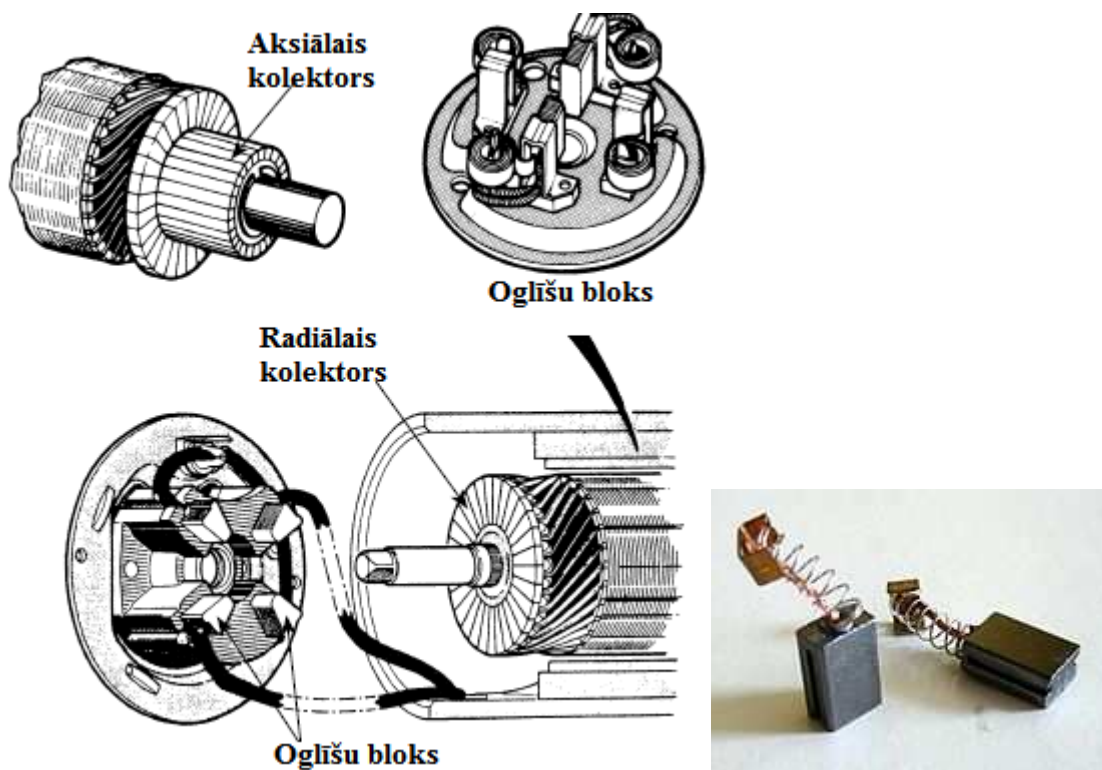
Lai enkura griezes momenta darbības virziens, tinuma vadiem pārejot pretējas polaritātes polu zonā, neizmainītos, ir jāizmaina arī strāvas virziens enkura tinumā. Šo uzdevumu lieliski veic **kolektors**. Tādējādi startera motorā kolektors darbojas kā mehānisks invertors, t.i., ierīce, kas akumulatora līdzstrāvu enkura tinumā pārveido maiņstrāvā.



326. att. Startera rotors (enkurs)

Enkurs sastāv no vārpstas, serdes, tinuma un kolektora. Enkura serde ir cilindrisks ķermenis, kas salikts no plānām, savstarpēji izolētām elektrotehniskā tērauda loksniem, lai novērstu virpuļstrāvas, kas izsauc serdes papildu silšanu un rada nevajadzīgus jaudas zudumus. Enkura serdi nostiprina uz vārpstas. Enkura serdes ārējā virsmā parasti ir vaļējas rievas, kurās ievieto enkura tinumu, kas izveidots no izolēta vara vada. Enkura tinuma elements ir sekcija ar vienu vai vairākiem vijumiem, kuru gali noteiktā secībā ir pielodēti kolektora plāksnītēm.

Kolektoru saliek no vara plāksnītēm, kas savstarpēji izolētas ar mikanītu – presētu vizlas materiālu. Kolektoru nostiprina uz enkura vārpstas gala. Kolektora plāksnīšu skaits atbilst enkura tinuma sekciju skaitam, un tās var būt novietotas gan radiāli, gan arī aksiāli. Startera motors ar radiālu kolektoru ir īsāks un vieglāks, bet aksiālais suku novietojums ļauj palielināt startera darba drošumu un ekspluatācijas ilgumu, jo samazinās kolektora nodilums un līdz ar to arī kolektora izgatavošanai nepieciešamais deficīto materiālu patēriņš.

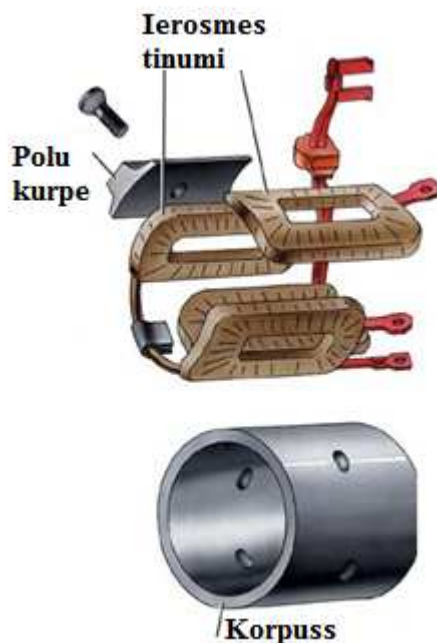


327. att. Startera motora enkuri ar radiālo un aksiālo kolektoru

Startera motoram darbojoties, kolektors kopā ar sukām izveido slīdošu kontaktu starp enkura tinumu un akumulatoru, kā arī elektrisku kontaktu ar ierosmes tinumu. Suku skaits atbilst galveno polu skaitam.

Statora galveno magnētisko lauku var radīt kā ar pastāvīgiem magnētiem, tā arī ar elektromagnētiem, kas izveidoti uz dzelzs serdes spoles veidā un kurus sauc par ierosmes spolēm jeb ierosmes tinumiem. Visas galveno polu ierosmes spoles saslēdz virknē, un to divus brīvos galus pieslēdz noteiktā veidā ierosmes tinumam un akumulatoram. Ierosmes tinuma uzdevums ir radīt magnētisko lauku ap enkura tinumu.

Ieguldījums tavā nākotnē



328. att. Statora galveno magnētisko lauku radīšana ar elektromagnētiem

Strāvai no akumulatora plūstot pa enkura un ierosmes tinumiem, ap tiem rodas magnētiskie lauki, kuru mijiedarbības rezultātā uz enkuru sāk darboties griezes moments un tas uzsāk rotācijas kustību. Enkura griezes moments ir atkarīgs no strāvas stipruma enkurā un ierosmes tinumos.

Statora tinums izgatavots no masīva vara vada ar mazu vijumu skaitu un mazu pretestību, lai palielinātu strāvu tajā. Ierosmes tinumu saslēdz virknē ar enkura tinumu, lai pa tiem plūstu maksimālā strāva.

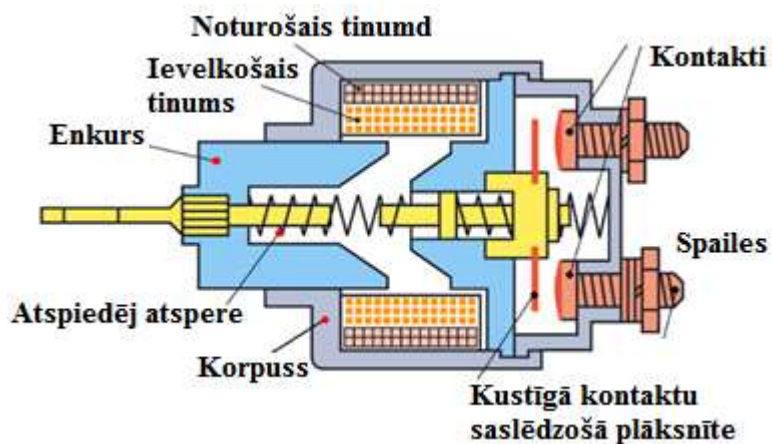


329. att. Traktora MTZ starteris

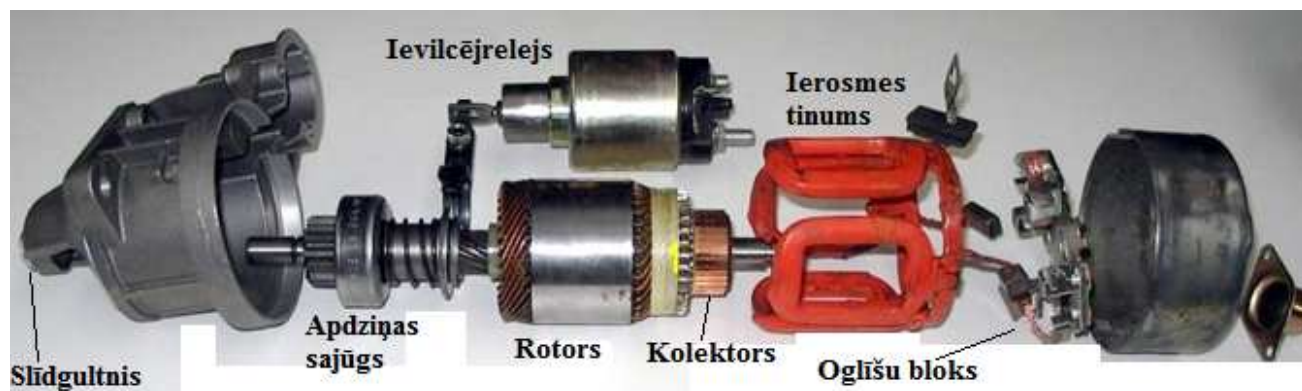
Ievilcēj relejs

Elektromagnētiskais slēdzis jeb ievilcējrelejs parasti sastāv no diviem paralēliem tinumiem: no ievilcējtinuma un noturošā tinuma, kā arī no serdes (enkura), uz kuras vienā galā nostiprināts kontaktdisks, kas noslēdz startera strāvas ķēdi.

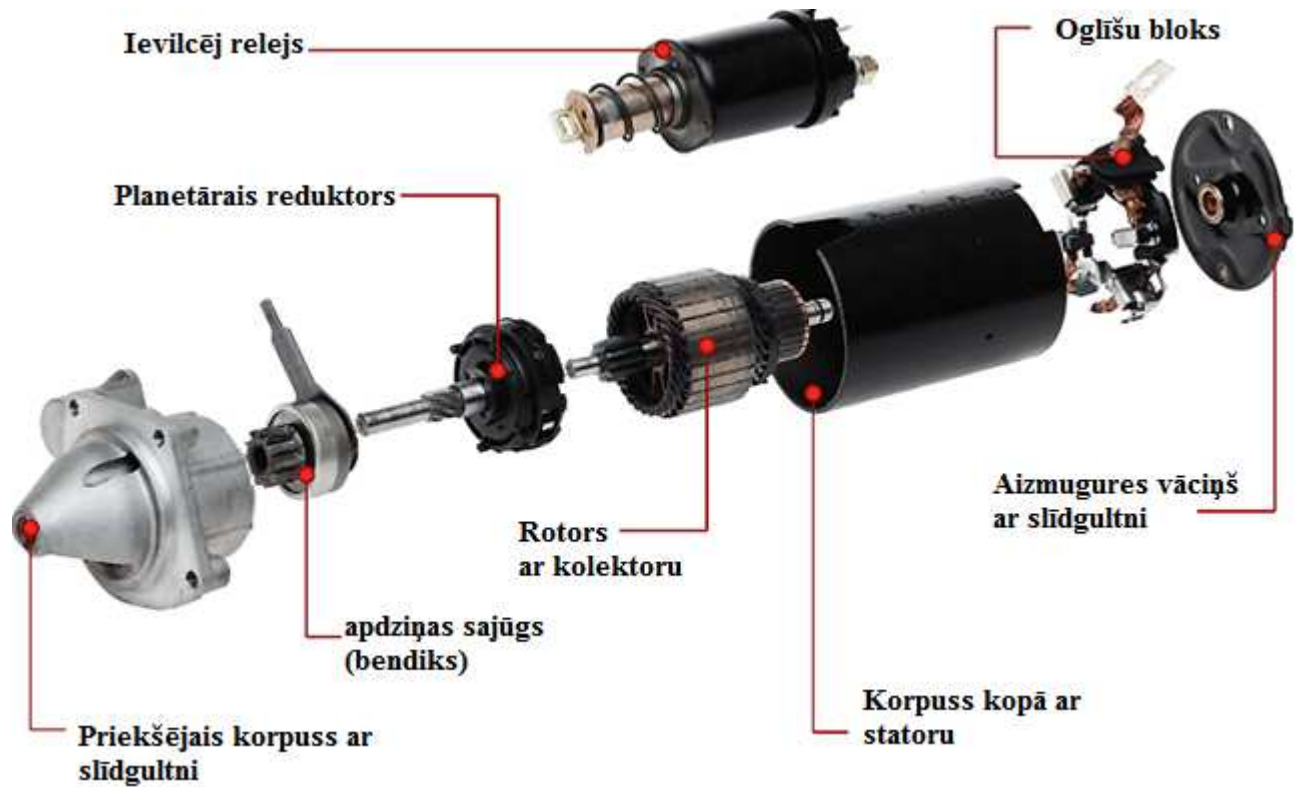
Ievilcējreleja darbībā izšķir trīs atšķirīgus darba posmus: **ieslēgšanu, noturēšanu un izslēgšanu.**



330. att. Startera ievilcējreleja uzbūve



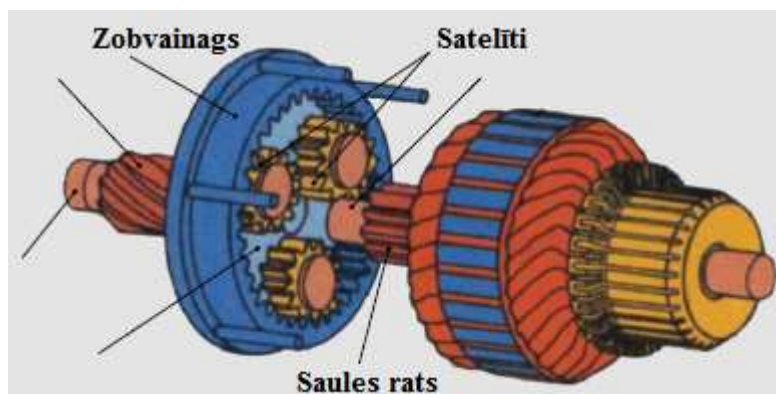
331. att. Startera uzbūve bez planetārā reduktora un ar elektromagnētisko statoru



332. att. Startera uzbūve ar planetāro pārvadu un patstāvīgo statora magnētu

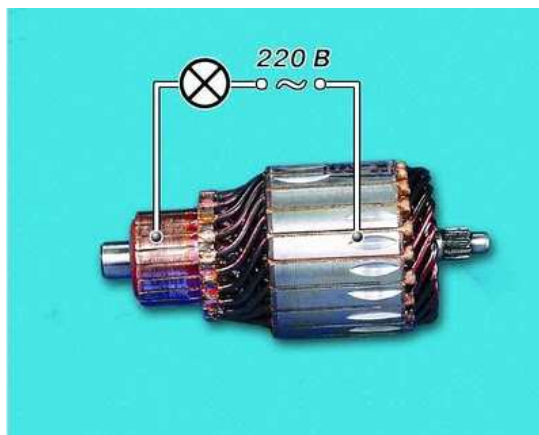
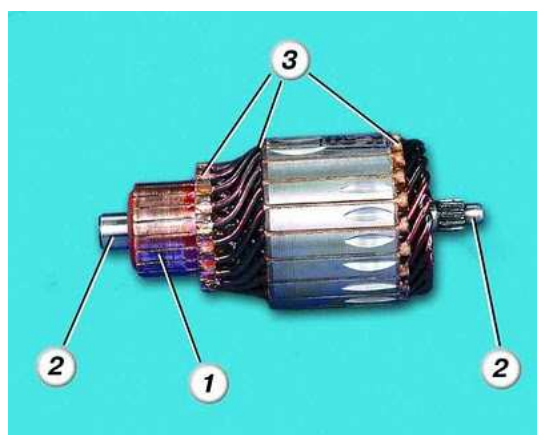


333. att. Vispārēja startera uzbūve

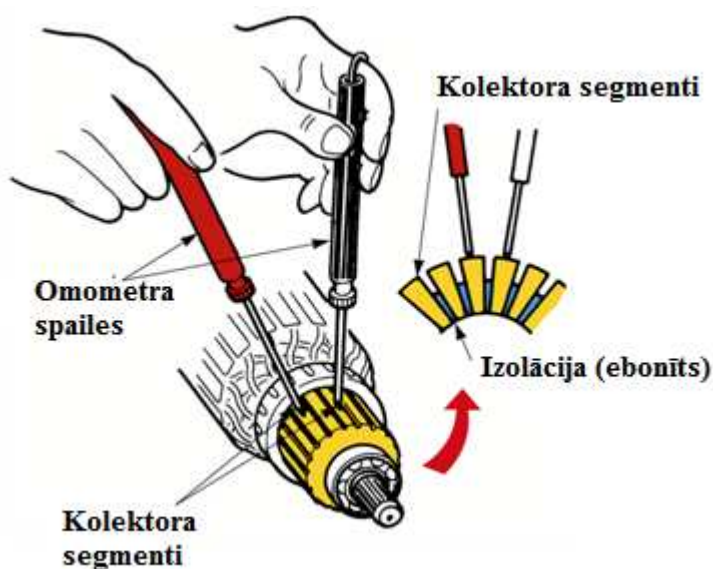


334. att. Startera planetārais pārvads

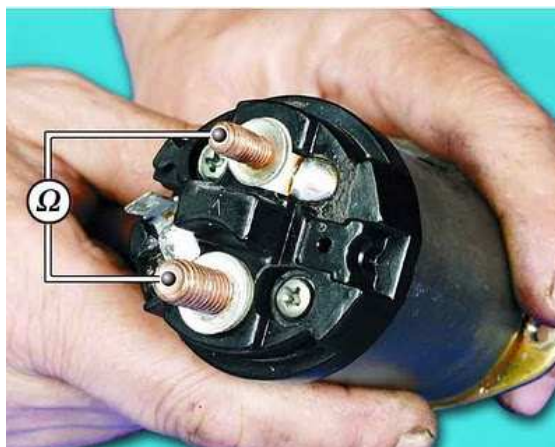
Startera pārbaude



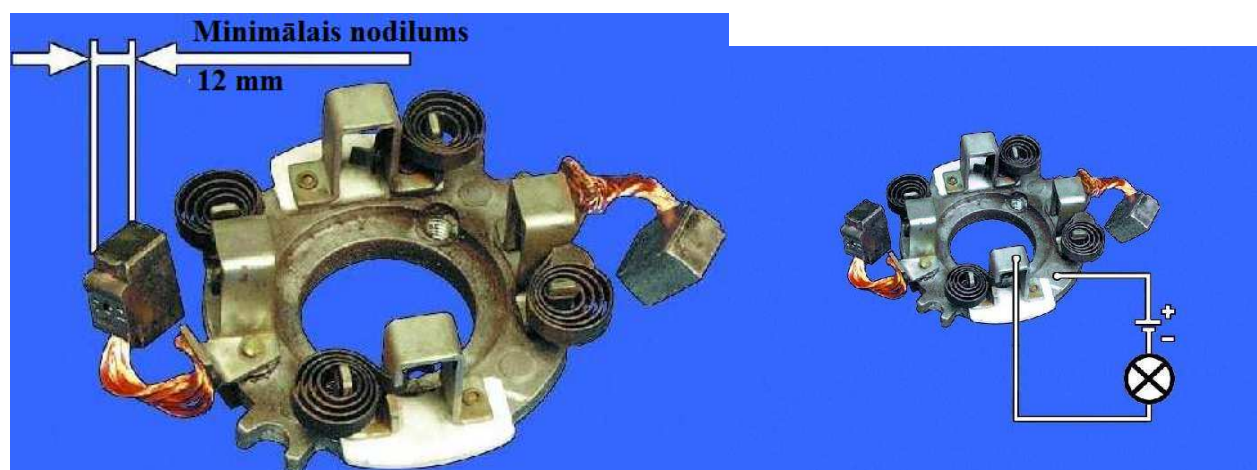
335. att. Startera rotora tinumu bojājumu pārbaude ar 220V spriegumu un lampiņu



336. att. Rotora pārbaude ar ommetru

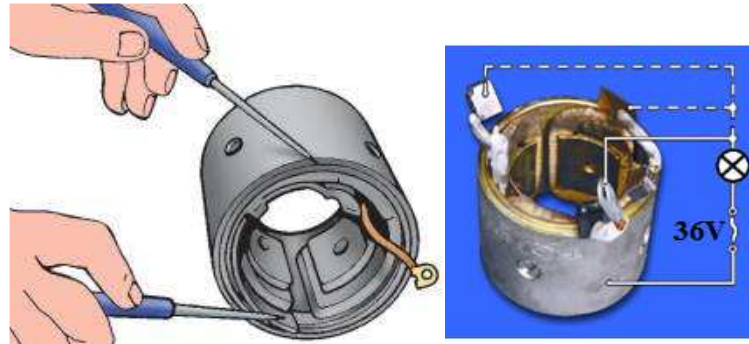


337. att. Ievilcējreleja kontaktu saslēguma pārbaude ar omometru vai signālu

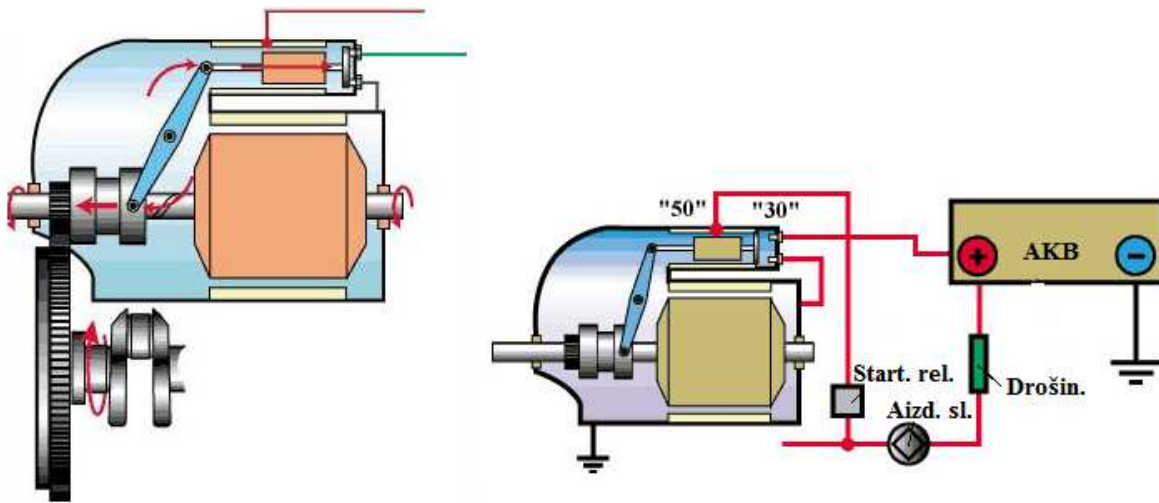


338. att. Startera oglišu bloka pārbaude

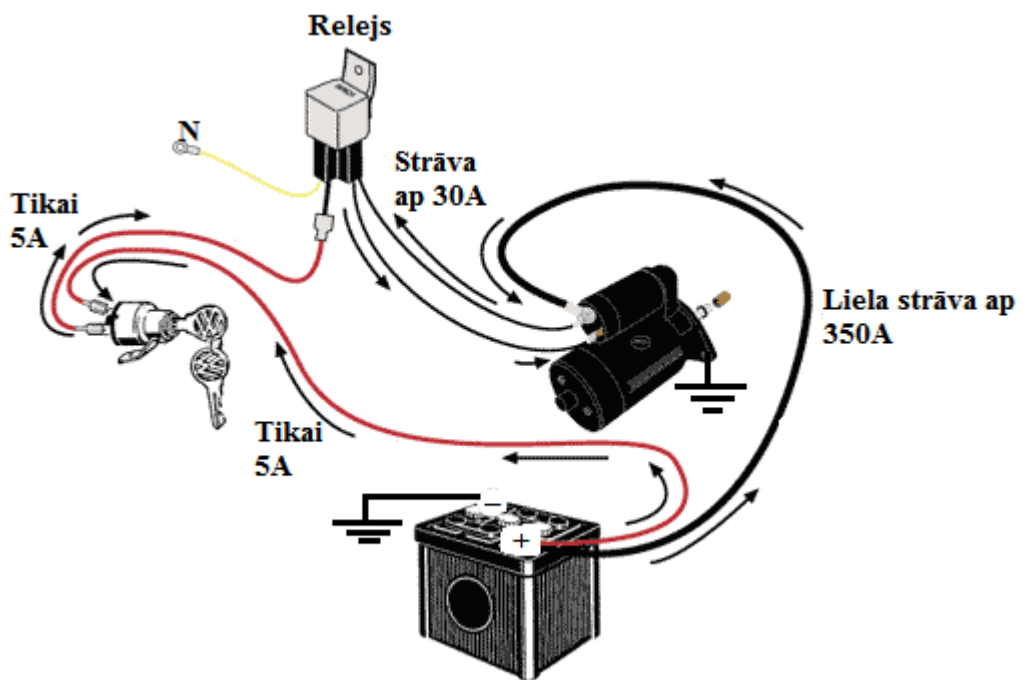
Ieguldījums tavā nākotnē



339. att. Startera statora pārbaude



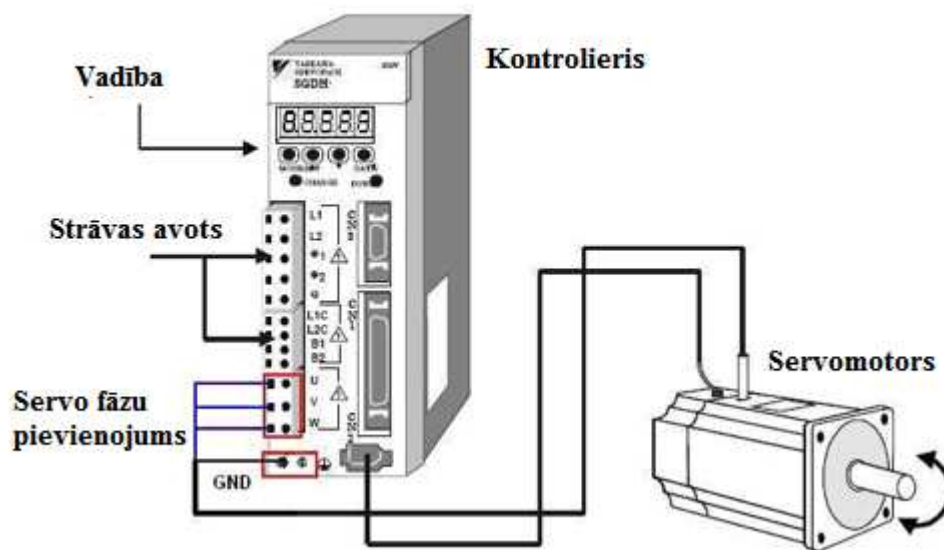
340. att. Startera darbības princips



341. att. Startera pievienojums ar vadības releju

6.11. SPĒKRATU SERVOMOTORI, TO KONSTRUKCIJAS ĪPATNĪBAS SALĪDZINĀJUMĀ AR LĪDZSTRĀVAS MOTORIEM

Servomotors principā ir tikai daļa no servomehānisma, tātad servomotors pamatā ir nepieciešams dažādos servomehānismos, kuri izpilda noteiktas precīzas darbības. Servomotori pārsvarā ir aprīkoti ar kādu elektroniski vadāmu bloku vai kontrolieri, kas atbild par servomotora pagriešanās stāvokli vai pat noteiktu precīzu leņķi, kā arī reversiju un ātruma regulēšanu.

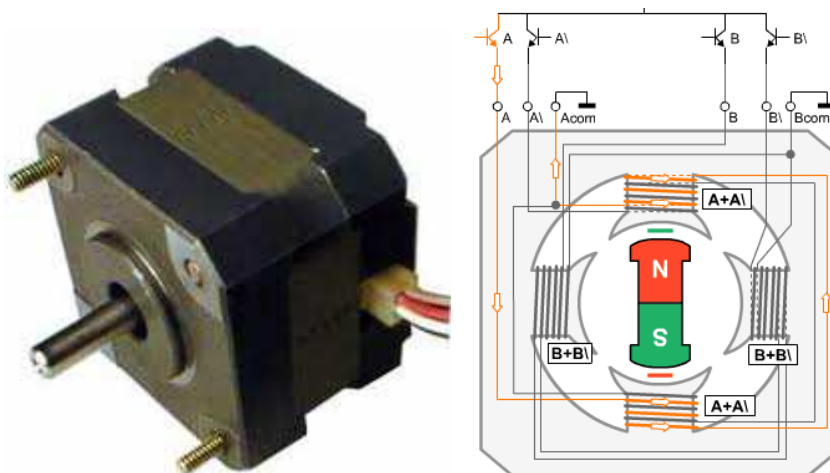


342. att. Servodzinēja vadība ar kontrolieri vai datoru

Servodzinējs sāk darboties tikai tad, kad tam pievada vadības sprieguma, un EVB attiecīgo signālu, jo tikai tad rodas rotējošais magnētiskais lauks.

Vadības signālu pārtraucot ($U_v=0$), dzinēja rotors apstājas.

Piemēram, viens no servodzinēju veidiem ir **soļa dzinējs (stepmotor)**.



343. att. Soļa servomotors (stepmotor)

Ieguldījums tavā nākotnē

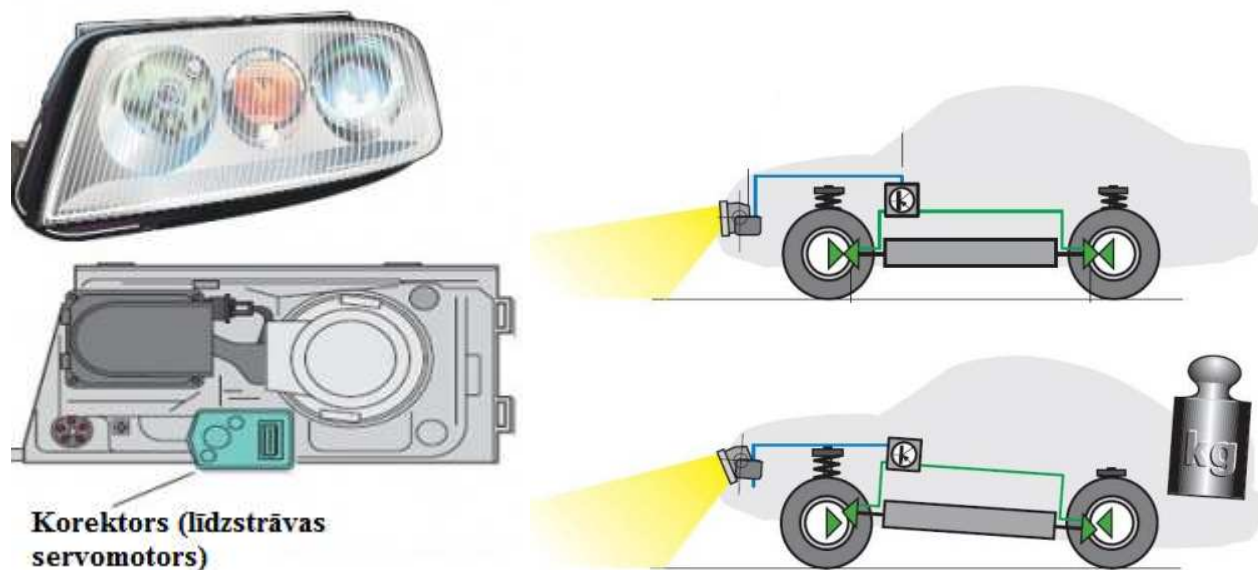
Šādus motorus slieto diskešu lasītājos, printeros, skeneros, ploteros CD disku lasītājos un citur elektronikā.

Var arī teikt, ka servomotors - ierīce, kurai ir rotējoša ass jeb vārpsta. Šī vārpsta var tikt pagriezta jebkurā pozīcijā sūtot kodētu signālu. Tātad ja mainās signāls, tad arī mainās vārpstas rotācijas frekvence, ātrums vai leņķis. Praktiski servomotorus izmanto piemēram radiovadāmās ierīcēs (lidmašīnas, mašīnas, laivas, robotika utt.) Tātad tādi motori ir mazi un arī svars tiem ir minimāls. Piemēram automobiļa droseļvārsta pagriešanos arī regulē servomehānisms, kurā protams ir iekļauts servomotors, kurš tieši pagriežas noteiktā leņķi lai ieplūstu noteikts daudzums gaisa.

Protams, tiek izmantoti arī lielas jaudas servomotori. It īpaši tie tiek pielietoti rūpniecībā, piemēram, automobiļu ražošanā.



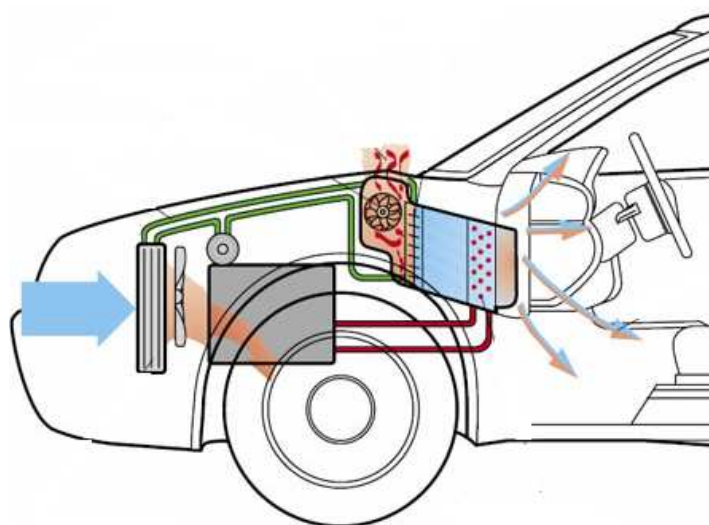
344. att. Servodzinējs – izmantojums robotikā



345. att. Servodzinējs - lukturu korektors



346. att. Spoguļu elektroniskā regulēšana ar servomotoru



347. att. servodzinēju pielietošana automobiļu un traktoru salona apkures un klimata kontroles sistēmās

7. Elektropiedziņas un vadības aparatūra

7.1. Elektropiedziņas izveidojums, iedalījums. Elektromotora jaudas, tipa un darbības režīma izvēle

7.2. Elektropiedziņas vadības aparatūra, iedalījums, apzīmējumi, izvēles nosacījumi

Stundas tēma: Elektropiedziņas izveidojums, iedalījums. Elektromotora jaudas, tipa un darbības režīma izvēle. Elektropiedziņas vadības aparatūra, iedalījums, apzīmējumi, izvēles nosacījumi

Stunda: 29 – 30 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast elektropiedziņas izveidojumu un iedalījumu;
2. Mācēt izvēlēties elektromotora jaudu, tipu un darbības režīmu;
3. Apgūt elektropiedziņas vadības aparatūras veidus un iedalījumu;
4. Prast izvēlēties dažādus elektropiedziņas vadības slēdžus un aparātus;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Elektropiedziņas izveidojums, iedalījums. Elektromotora jaudas, tipa un darbības režīma izvēle;
2. Elektropiedziņas vadības aparatūra, iedalījums, apzīmējumi, izvēles nosacījumi;
3. Dažādu elektropiedziņas aparātu pielietojums iekārtu vadībā;

Izmantojamā literatūra:

- Andris Baltiņš „Zemsprieguma elektriskie aparāti” 2008., 348 lapaspuses, J.L.V.;
- Elektroslēdži <http://sdelajsam.ru/elektrika/rozetki/00002.html> 2012.01
- Jānis Dirba „Transporta elektriskās mašīnas” Jumava 2002 344 lapaspuses
- Elektrotīkli http://www.remsam.com/elektrika_shema_razvodki.php 2011.09

7. Elektropiedziņas un vadības aparatūra

7.1. ELEKTROPIEDZIŅAS IZVEIDOJUMS, IEDALĪJUMS. ELEKTROMOTORA JAUDAS, TIPA UN DARBĪBAS REŽĪMA IZVĒLE

Par elektropiedziņu sauc elektromehānisku iekārtu, kas paredzēta darba mašīnas vai kāda izpildmehānisma uzturēšanai kustībā, kā arī tā vadīšanai vai regulēšanai.

Elektropiedziņa sastāv no:

- 1) elektriskās daļas, kurā ietilpst: elektrodzinējs, vadības un aizsardzības aparatūra;
- 2) mehāniskās daļas, kurā ietilpst mehānisks pārvads starp elektrodzinēju un darba mašīnas vārpstām (sajūgs, reduktori, ķēžu vai siksnu pārvadi).

Elektropiedziņai piemīt šādas priekšrocības:

- 1) ērta un ekonomiska elektroenerģijas piegāde;
- 2) vienkārša un ērta apkalpošana un vadība;
- 3) iespēja izveidot tālvadību un automatizāciju;
- 4) augsts darba drošums un ekonomiskums.

Pēc elektrodzinēju skaita, kas aizņemti vienā ražošanas agregātā, izšķir:

- grupu elektropiedziņu,
- individuālo elektropiedziņu un
- vairāk dzinēju elektropiedziņu.

Grupu elektropiedziņa.

Šajā gadījumā no viena kopīga elektrodzinēja ar transmisijas vārpstas un siksnas pārvadu piedzen vairākas darba mašīnas (izmanto graudu tīrāmās mašīnās, dzirnavās u.c.).

Individuālā elektropiedziņa.

Šajā gadījumā katru darba mašīnu vai mehānismu piedzen atsevišķs elektrodzinējs (izmanto sūkņos, ventilatoros, slīpripās u.c.).

Vairāk dzinēju elektropiedziņa.

Šajā gadījumā darba mašīnas vai agregāta katru mehānismu piedzen atsevišķs elektrodzinējs (izmanto zāles miltu kaltēs, graudu kaltēs, celtņos u.c.). Šo piedziņas veidu izmanto visplašāk un tā ir visekonomiskākā.

Atkarībā no vadības sistēmas izšķir:

- rokas vadības elektropiedziņu un
- automātisko elektropiedziņu.

Elektropiedziņas rokas vadību veic ar rokas vadības aparātiem.

Automātiskā elektropiedziņā visu pārejas režīmu (palaišanu, apstādināšanu, reversēšanu, regulēšanu) vadība notiek automātiski, t.i., pēc komandas signāla (impulsa) padošanas.

Automātiskā elektropiedziņa palielina darba mašīnu ražīgumu, uzlabo produkcijas kvalitāti, ievērojami ietaupa elektroenerģiju, ievērojami uzlabo ražošanas darba apstākļus un atvieglo apkalpojošā personāla darbu.

Elektropiedziņas darbības ekonomiskums un darba drošība lielā mērā ir atkarīga no mehānisma piedziņai paredzētā elektrodzinēja pareizas izvēles.

Sērijā ražotās lauksaimniecības mašīnas parasti piegādā ar uz tām jau uzmontētiem elektrodzinējiem.

Tomēr vēl bieži jāizvēlas elektrodzinējs kādai mašīnai.

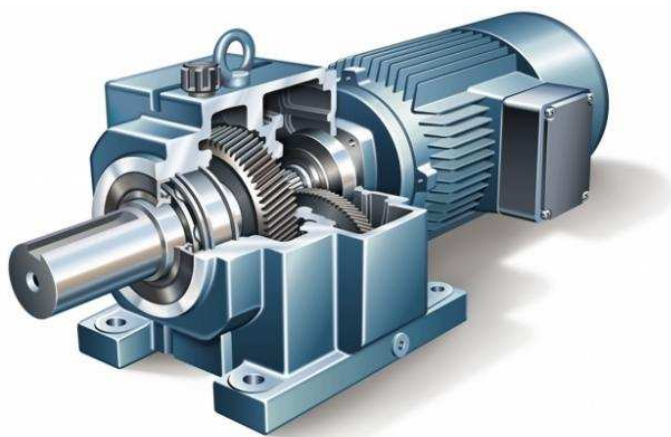
Pareizi izvēlētam elektrodzinējam jāatbilst virknei prasību.

Nepieciešams, lai elektrodzinēja spriegums atbilstu tīkla spriegumam, bet tā jauda būtu tuva darbināmās mašīnas jaudai (parasti 1/s mašīnu pasē norādīta to piedziņai nepieciešamā jauda).

Ja elektropiedziņai izvēlēts nepietiekamas jaudas dzinējs, tad darba laikā tas pārkarst un strauji bojājas dzinēja tinumu izolācija, tādēļ dzinējs priekšlaicīgi kļūst nederīgs ekspluatācijai.

Jo biežāk un ilgāk darba laikā dzinējs pārkarst, jo ātrāk tas kļūst nederīgs ekspluatācijai bojātas izolācijas dēļ (īsslēgums).

Izraugoties elektrodzinēju kādas darbmašīnas vai mehānisma darbināšanai, nepieciešams, lai tā pases (nominālie) dati atbilstu faktiskajiem dzinēja darba apstākļiem.



348. att. Elektropiedziņa reduktora pārvadam

Lai izraudzītos elektrodzinēja jaudu un tipu, jāzina:

- jauda, ko patērē darbmašīna;
- moments, kas vajadzīgs darbmašīnas iegriešanai;
- darbmašīnas darba režīms;
- ražošanas telpu raksturojums;
- elektriskā tīkla spriegums u.c.

Elektrodzinēju vispārīgā pārbaude un izvēle ir sekojoša:

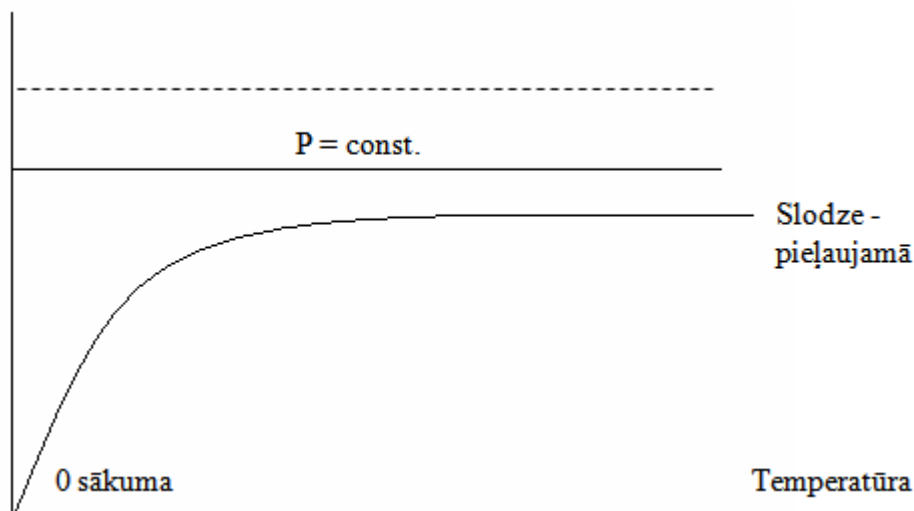
- silšanas pārbaude;
- pārslodzes spējas pārbaude;
- palaišanas spējas pārbaude;
- izvēle pēc sprieguma;
- izvēle pēc rotācijas frekvences;
- izvēle atbilstoši darbmašīnas pievienojuma veidam;
- izvēle, atbilstoši aizsargātībai no apkārtējās vides ietekmes.

Atkarībā no slodzes ilguma un rakstura elektrodzinēji, kas darbina darbmašīnas, var strādāt:

- 1) ilgstošā darba režīmā (nosacītais apzīmējums - S1) ar pastāvīgu vai mainīgu slodzi, kas ilgst vairākas stundas vai diennaktis;
- 2) īslaicīgā darba režīmā (S2), kas ilgst 6; 10; 15; 30; 90 un 120 minūtes;
- 3) atkārtoti - īslaicīgā darba režīmā (S3), kura dzinēja relatīvais ieslēgšanas ilgums nB % sastāda 15; 25; 40; 60 %, bet nepārsniedzot darba cikla ilgumu vairāk par 10 minūtēm.

Ilgstošā darba režīmā dzinējs strādā ar pastāvīgu vai mainīgu slodzi laika posmā, kas ir pietiekams, lai dzinēja temperatūra sasniegtu tā pieļaujamo temperatūru.

Ilgstošu režīmu ar pastāvīgu slodzi raksturo tas, ka elektrodzinējs ir ieslēgts uz ilgu laiku un strādā ar nemainīga lieluma slodzi.



Elektrodzinēja jaudas izvēle ilgstošas pastāvīgas slodzes gadījumā.

Nosaka piedzenamās mašīnas vai mehānisma jaudu uz vārpstas (kas ņemta no darbmašīnas tehniskās pasēs, rokasgrāmatas vai ir aprēķināta) un, ievērojot pārvada lietderības koeficientu, pēc kataloga izvēlas elektrodzinēju, kura nominālā jauda ir vienāda vai nedaudz lielāka par aprēķināto darbmašīnas vai mehānisma jaudu.

$$P_n \geq \frac{P_m}{K}$$

Kur-

- P_N ; motora nominālā jauda,
- P_M ; mehānisma jeb darbmašīnas jauda,
- K ; pārvada lietderības koeficients.

piemēram, centrālās un virzuļsūkņu darbināšanai nepieciešamo dzinēja jaudu aprēķina pēc formulas

Pēc kataloga izvēlas dzinēja nominālo jaudu tā, lai ilgstošu režīmu ar mainīgu slodzi raksturo tas, ka elektrodzinējs ir ieslēgts ilgu laiku un strādā ar mainīgu slodzi.

Lai izraudzītos jaudu dzinējam, kas strādā ilgstošā režīmā ar mainīgu slodzi, izmanto ekvivalento jaudas (strāvas stipruma vai momenta) metodi.

Pēc slodzes grafika atsevišķiem posmiem

Atbilstošam jaudas vērtībām nosaka ekvivalento jaudu, (kas ir tāda nemainīga ilgstoša jauda, kura izraisa tādu pašu silšanu cik patiesi mainīgā slodze

Slodzes grafiku var konstruēt arī attiecībā pret strāvu vai momentu. Tad cikla ekvivalento strāvu nosaka analogiski.

Pēc tam, kad aprēķināta ekvivalentā jauda (strāva vai moments), pēc kataloga izvēlas elektrodzinēju, kura nominālā jauda (strāva vai moments) nav mazāka par aprēķināto ekvivalento jaudu (strāvu vai momentu):

$$P_N \geq P_{ekv}$$

Elektrodzinēju pārbaude pēc pārslodzes un palaišanas spējas.

Izraudzītajam elektrodzinējam jāpārvar momentānās pārslodzes.

Ja dzinēja pārslodzes spēja ir nepietiekama, tad jāizvēlas lielākas jaudas dzinējs.

Izraudzītā elektrodzinēja pārbaudi pēc palaišanas spējas izdara, salīdzinot darba mašīnas pretestības momentu sākuma (iekustināšanas) brīdī ar dzinēja palaišanas momentu.

Ja dzinēja palaišanas spēja ir nepietiekama, tad no kataloga ir jāizvēlas lielākas jaudas dzinējs.



349. att. Elektrodziņa zāģētavas zāģu vadībai

Elektrodzinēju izvēle atbilstoši elektriskā tīkla spriegumam.

Tīkla spriegumam jāatbilst elektrodzinēja nominālam spriegumam (U_N), kas uzrādīts uz tā uzrakstu plāksnītes.

Uz asinhronā elektrodzinēja uzrādīti divi spriegumi, kas atbilst divām dažādām statora tinuma slēguma shēmām:

- mazākai nominālajai sprieguma vērtībai atbilst statora tinumu savienojums trīsstūra shēmā,
- lielākai nominālā sprieguma vērtībai statora tinumu savienojums zvaigznes shēmā.

Elektrodzinēju izvēle atbilstoši rotācijas frekvencei un darbmašīnas vai mehānisma pievienojuma veidam.

Izraugoties elektrodzinēju, tā rotācijas frekvencei jābūt iespējami tuvai darbināmās mašīnas vai mehānisma rotācijas frekvencei.

Tas ļauj elektrodzinēju tieši savienot ar darbmašīnu, izmantojot sajūgu, un tādejādi izvairīties no papildu zudumiem pārvados.

Ja nav iespējams tieši savienot elektrodzinēju ar darbmašīnu, lieto siksnas pārvadus, ķīļsiksnu pārvadus, zobratu pārvadus u.c.

Elektrodzinēju izvēle atbilstoši aizsargātībai no apkārtējas vides ietekmes.

Lauksaimniecībā galvenokārt izmanto aizsargāta vai slēgta izveidojuma asinhronos elektrodzinējus.

Aizsargātus asinhronos elektrodzinējus uzstāda sausās telpās, kur nav putekļu un kas ir ugunsdrošas. Telpās ar paaugstinātu mitrumu jālieto aizsargāti elektrodzinēji ar mitruma drošu izolāciju.

Slēgta izveidojuma asinhronos elektrodzinējus uzstāda putekļainās, ugunsnedrošās telpās un telpās ar ķīmiski aktīvu vidi (lopu kūtīs u.c.). Šajā gadījumā lieto slēgta izveidojuma elektrodzinējus ar ķīmiski noturīgu izolāciju.

7.2. ELEKTROPIEDZIŅAS VADĪBAS APARATŪRA, IEDALĪJUMS, APZĪMĒJUMI, IZVĒLES NOSACĪJUMI.

Vadības aparāturu, kas ir elektropiedziņas otra galvenā sastāvdaļa, izmanto elektropiedziņas vadībai (palaišanai, apstādināšanai, bremsēšanai, reversēšanai), un elektrodzinēja darba režīma uzturēšanai atbilstoši tehnoloģiskā procesa prasībām.



350. att. Elektropiedziņas vadības aparātūra

Atkarībā no izpildāmās funkcijas aparāturu iedala:

- vadības aparātūra (slēdži, kontaktori, magnētiskie palaidēji, releji.);
- komandaparātūra (vadības atslēgas un pogas)

Pēc vadības veida vadības aparāturu iedala:

- rokas (neautomātiskā) un
- automātiskās vadības aparātūrā.

Rokas vadības aparāturu lieto:

- sagatavošanas operācijām, t.i., līdzstrāvas (spriegums līdz 440 V) un maiņstrāvas (spriegums līdz 500 V)
- elektrisko ķēžu ieslēgšanai un atslēgšanai. Aparāturu darbina vai nu tieši ar roku, vai ar mehānisko sviru. Pie šīs grupas pieder: slēdži, kontrolieri u.c.

Komandaparāti

Komandaparāti ir elektriskie aparāti, kas veic rīkojumu, informācijas, vadības vai bloķēšanas funkcijas, ieslēdzot un atslēdzot kontaktoru, magnētisko palaidēju, automātslēdžu, releju, elektromagnētu, sajūgu, bremžu, signalizācijas u. c. vadības ķēdes, saslēdzot šo ķēžu elementus atbilstošas programmas izpildei. Komandaparātu kontaktu stāvokli izmaina operators, darbmašīnas vai tehnoloģiskās iekārtas kustīgās detaļas, temperatūra, spiediens, šķidruma līmenis vai cits līdzīgs iedarbes veids.

Komandaparātus var iedalīt atbilstoši darbināšanas veidam:

- manuāli (ar roku) darbināmie komandaparāti: spiedpogas, drošības trošu slēdži, komandkontrolleri, pozīcijas pārslēdži;
- automātiski darbināmie komandaparāti: ar spiediena, līmeņa, temperatūras iedarbību;
- ar darbmašīnu kustīgajām detaļām darbināmie komandaparāti: gala un ceļa slēdži;
- elektromagnētiski vai magnētiski darbināmie komandaparāti: palīgkontaktori, herkonslēdži.

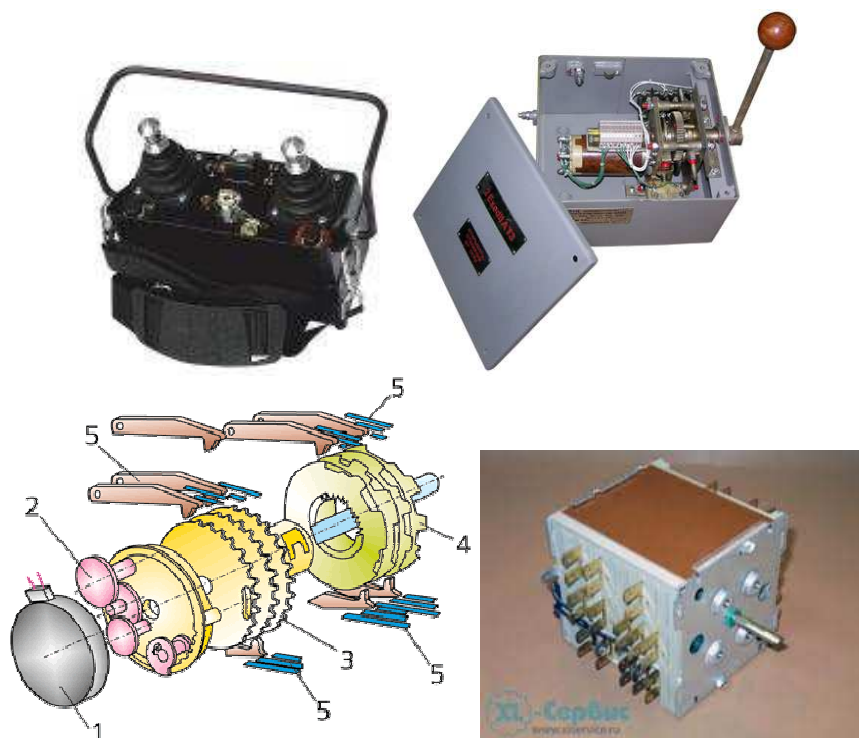
Atbilstoši kontaktu uzbūves un darbības principam komandaparātus var iedalīt:

- ar sviras kontaktu;
- ar tiltiņkontaktu;
- ar laideni ieslēdzošos un atslēdzošos kontaktu;
- ar lēcienveidīgi ieslēdzošos un atslēdzošos kontaktu (lēcējkontaktu).

Atbilstoši darbības fizikālajam principam komandaparātus var iedalīt:

- kontakta;
- bezkontakta.

Parasti komandaparātu tiltiņa vai sviras veida kontaktu pāri nodrošina vienu vai divus ķēdes pārtraukumus atvērtā stāvoklī, kas ļauj atslēgt vadības ķēdi pie tipiskiem parametriem - $I_N = 6 \text{ A}$, $U_N = 220 \text{ V}$, kategorija AC11 bez speciālu lokdzēses iekārtu - dejonizācijas režģu u. c. palīdzības.



351. att. Komandaparāti

Spiedpogas

Spiedpogas ir komandaparāti, ar kuru palīdzību komandas manuāli (ar roku) ievada vadības ķēdē. Spiedpogas uzstāda vadības paneļos, pultīs, frontāli, slīpi, horizontāli vai arī uz grīdas novietotos pedāļos - darbināšanai ar kāju. Pēdējā variantā jāparedz aizsardzība pret krītošu priekšmetu kļūdainu iedarbību. Spiedpogu stacijas veido, vienā korpusā ievietojot vairākas spiedpogas



352. att. Dažādas spiedpogas un to bloki

Komandkontroleri

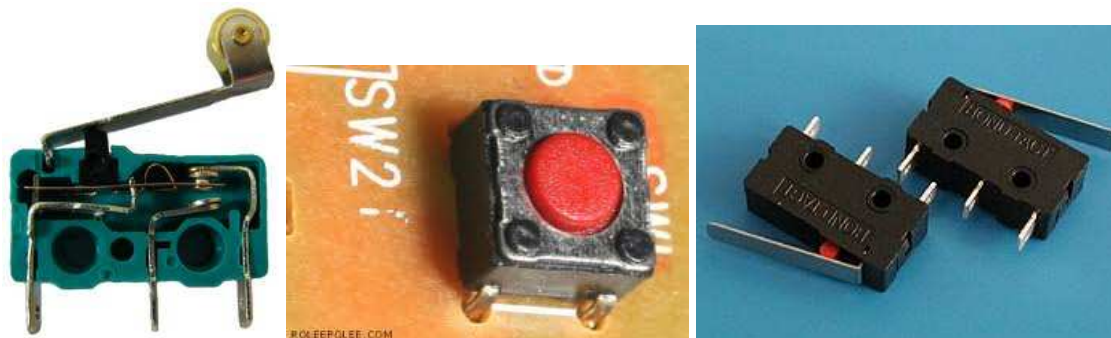
Komandkontroleri ir daudzkontaktu daudzpozīciju komandaparāti ar rokas (manuālo), kājas vai servodzinēja darbinātāju. To kontakti ieslēdzas un izslēdzas noteiktā secībā, pagriežot darbinātāja asi. Komutācijas programma var būt fiksēta vai maināma. Kontaktu sistēma paredzēta induktīvas slodzes - kontaktoru, bremžu, releju spoļu, maiņstrāvas un līdzstrāvas ķēžu komutēšanai spriegumam līdz 500 V. Komandkontroleris izmanto vidējas un lielas jaudas elektrodzinēju spēka ķēžu komutācijas aparātu vadībai tilta un torņa celtnu, pilsētu elektrotransporta, dzelzceļa un kuģu elektropiedziņas sistēmās. Ir izveidoti plaknes, veltņa un izciļņu komandkontrolleri. Visplašāk izmanto neregulējamus un regulējamus izciļņu komandkontroleris.



353. att. Gala slēdži

Mikroslēdži

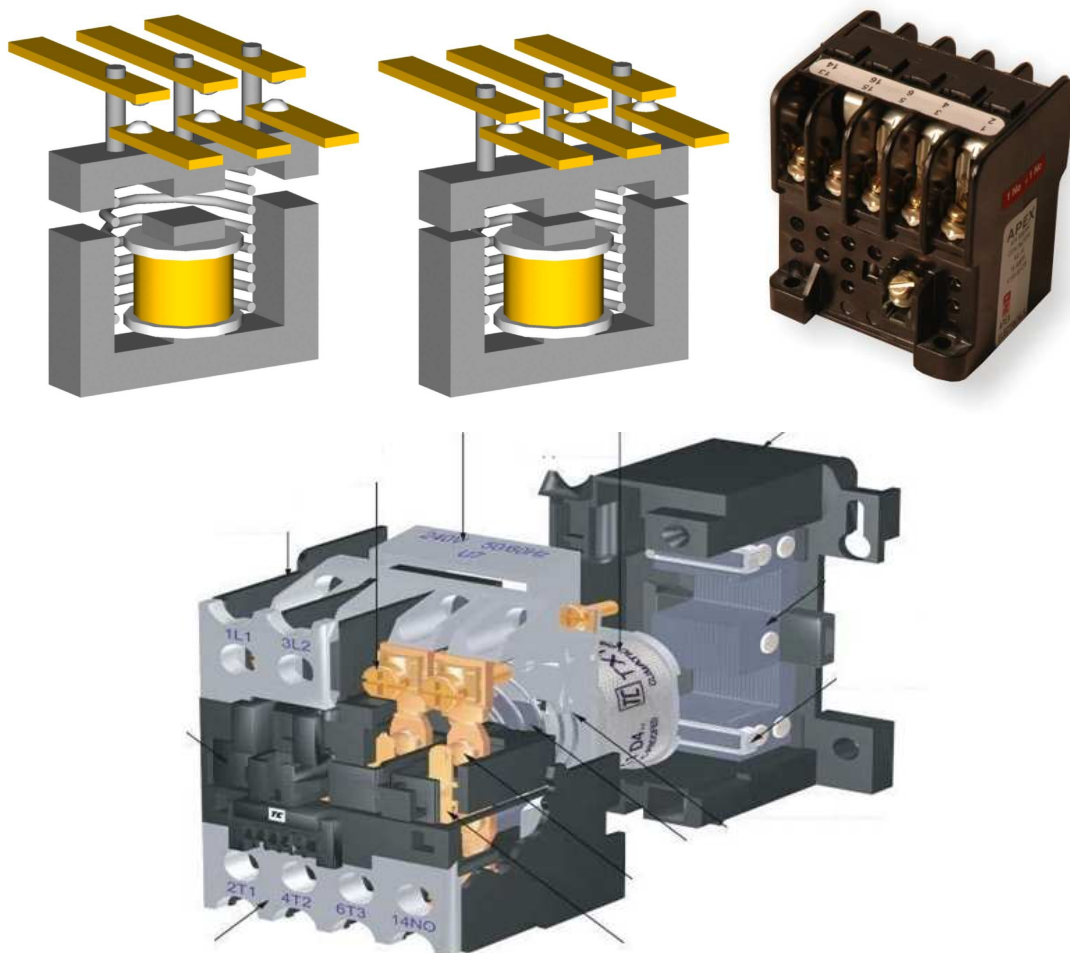
Mikroslēdži ir mazgabarīta paaugstinātas jutības mehāniski vadāmi komandaparāti, kuru izpildāmās funkcijas un darbības principi analogi iepriekš apskautajiem gala un ceļa slēdžiem. Mikroslēdži var fiksēt mazus darba mašīnu detaļu pārvietojumus 1 mm robežās, piemēram: nostrādes gājiens 0,4 mm, atgriezes gājiens 0,37 mm, gājienu starpība — 0,03 mm, nostrādes spiediens ap 2 gr.



354. att. Dažādi mikroslēdži

Kontaktori

Kontaktors ir distancvadāma divpozīciju komutējoša iekārta, kuras kontaktu stāvokļa maiņu realizē iebūvēts darbinātājs. Kustīgos kontaktus nevar iedarbināt ar roku vai citu ārēju (inerces vai trieciena) spēku. Galvenie kontakti domāti patērētājam raksturīgās slodzes vai pārslodzes strāvas biežai ieslēgšanai, ilgstošai vadīšanai un atslēgšanai, īsslēguma strāvas var ieslēgt vai izslēgt tikai tam paredzēti kontaktori. Galvenokārt kontaktorus izmanto elektrodzinēju vadībai automatizētās elektropiedziņas sistēmās, taču tos var izmantot kā distancvadāmus slēdžus arī cita tipa patērētāju (apgaisojuma, sildiekārtu u. c.) ķēžu komutēšanai. Izmantojot kontaktorus kvēlspuldžu vai kondensatoru ieslēgšanai, jāievēro speciāli nosacījumi sakarā ar ieslēgšanas strāvas īslaicīgo daudzkārtīgo pieaugumu, kas var izsaukt kontaktu sametināšanos.



355. att. Kontaktori

Iedalījums

- Pēc komutējamās strāvas veida - līdzstrāvas, maiņstrāvas un paaugstinātas frekvences maiņstrāvas kontaktori.
- Pēc darbinātajā sistēmas - elektromagnētiski, hidrauliski, pneimatiski, elektropneimatiski, ar sprūdsistēmu darbināmi kontaktori.
- Pēc strāvas pārtraukšanas metodes - kontaktori ar lok dzēsi gaisā, vakuumā, eļļā, izmantojot tiristoru bloku (hibrīdkontaktoros) vai spēka herkonus. Pēc komutējamo galveno ķēžu skaita - vienpolīgie, divpolīgie, trīspolīgie, četrpolīgie kontaktori (daudzpolīgie kontaktori).
- Pēc izpildāmās funkcijas - ieslēdzošie, pārslēdzošie, atslēdzošie, līnijas, virziena, laikaiztures, reversīvie, spēka, bremzēšanas, vadības, paātrinājuma kontaktori, palīgkontaktori.

Automātiskās vadības releji

Automātiskās vadības iekārtās dažādu ierīču un procesu kontrolei, regulēšanai un vadībai lieto relejus.

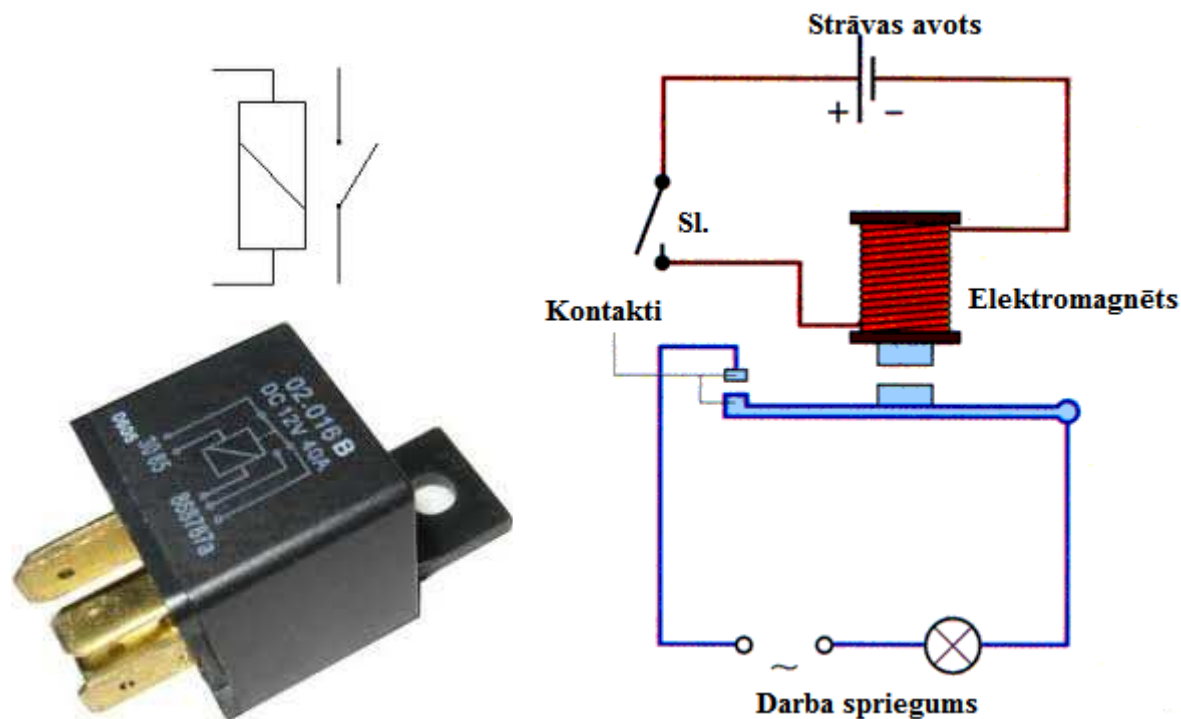
Relejs ir elektrisks aparāts, kuram, nepārtraukti mainot ieejas (vadības) parametru (piem., spriegumu), līdz tas sasniedz noteiktu vērtību, notiek lēcienveidīga izejas (vadāmā) parametra (piem., strāvas) izmaiņa.



356. att. Automātiskās vadības releji

Elektromagnētiskie releji

Elektromagnētiskajos relejos ieejas signāla uztveršanu, pārveidošanu un salīdzināšanu realizē elektromagnētiskais mehānisms (elektromagnēts un atslēdzošās atsperes), bet izpildmezgls ir kontaktu sistēma.



357. att. Elektromagnētiskais relejs, tā darbība

Laika releji

Tehnoloģisko procesu automatizācijā bieži nepieciešams nodrošināt dažādu operāciju noteiktu secību laikā. Šim nolūkam izmanto laika relejus. Tie var būt elektromagnētiski, vai elektromagnētiskam relejam pievienots pneimatiskais, mehāniskais vai cits shēmas bloks. Tādējādi izveido pneimatisko, elektromehānisko, motora laika releju.



358. att. Laika releji

Magnētiskie palaidēji.

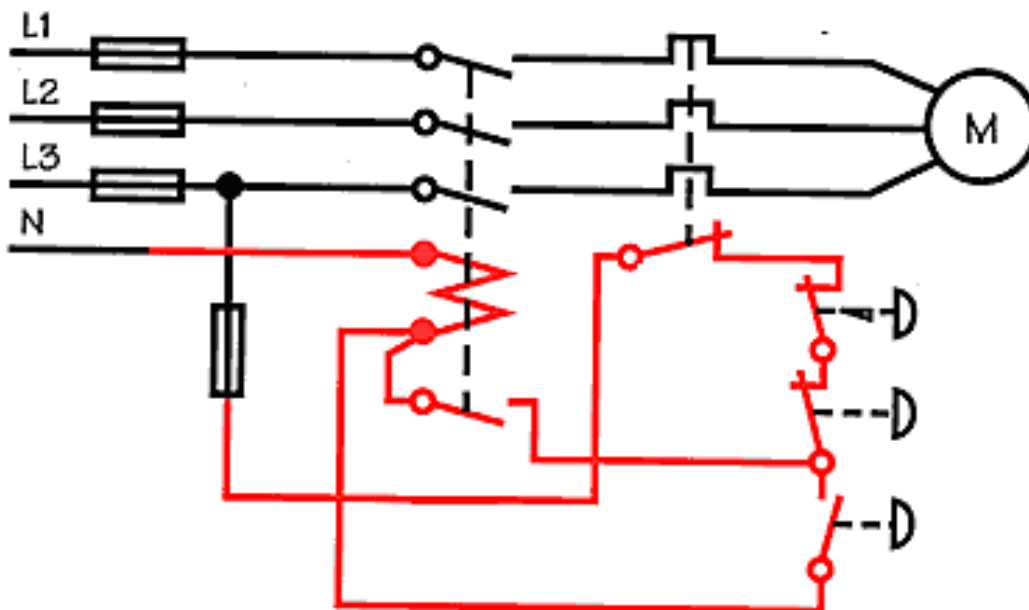
Automātiskās vadības aparāturu lieto:

- Elektropiedziņas palaišanai,
- apstādināšanai,
- bremsēšanai un
- regulēšanai,
- tās aizsardzībai pret avārijas režīmiem,
- distancvadībai,
- kā arī, lai izveidotu bloķējošās saites.

Magnētiskos palaidējus lieto elektrodzinēju distancvadības (tālvadības) un automātiskās vadības shēmās, tās galvenās sastāvdaļas ir

- elektromagnētiskais kontaktors (slēdzis)
- un termoreleji (siltumreleji).

Burti magnētisko palaidēju apzīmējumā norāda sēriju.



359. att. Magnētiskā palaidēja pielietojums

7. Elektropiedziņas un vadības aparatūra

7.3. Elektropiedziņas aizsardzības aparatūra, iedalījums, apzīmējumi, izvēles nosacījumi

7.4. Elektroapgādes pamatjēdzieni. Elektrisko tīklu veidi

Stundas tēma: Elektropiedziņas aizsardzības aparatūra, iedalījums, apzīmējumi, izvēles nosacījumi. Elektroapgādes pamatjēdzieni. Elektrisko tīklu veidi

Stunda: 31 – 32 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast elektropiedziņas aizsardzības aparatūras nozīmi, iedalījumu un apzīmējumu nozīmi;
2. Mācēt izvēlēties elektropiedziņas aizsardzības ierīces drošinātājus, automātslēdžus;
3. Apgūt elektroapgādes pamat jēdzienus un elektrisko tīklu veidus, to nozīmi;
4. Prast izvēlēties dažādus elektropiedziņas vadības slēdžus un aparātus;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Elektropiedziņas aizsardzības aparatūra, iedalījums, apzīmējumi, izvēles nosacījumi;
2. Elektroapgādes pamatjēdzieni. Elektrisko tīklu veidi;
3. Aizsardzības aparatūras pielietojums EPL;

Izmantojamā literatūra:

- Andris Baltiņš „Zemsprieguma elektriskie aparāti” 2008., 348 lapaspuses, J.L.V.;
- Elektroslēdži <http://sdelajsam.ru/elektrika/rozetki/00002.html> 2012.01
- Jānis Dirba „Transporta elektriskās mašīnas” Jumava 2002 344 lapaspuses
- Elektrotīkli http://www.remsam.com/elektrika_shema_razvodki.php 2011.09
- „Electricity” Howard H. Gerrish and William E. Dugger Jr. and Kenneth DeLucca 2009
- Automātika http://www.automation2000.com/option_IB_en.html 2011.12

7.3. ELEKTROPIEDZIŅAS AIZSARDZĪBAS APARATŪRA, IEDALĪJUMS, APZĪMĒJUMI, IZVĒLES NOSACĪJUMI

Vadības releji

Vadības releji automātiski vada elektropiedziņas sistēmu, nodrošinot sistēmas elektrisko ķēžu dažādu elementu savlaicīgu saslēgšanu vai atslēgšanu. Vadības releju spoles un kontaktu sistēmas ieslēdz vadības, regulēšanas vai signalizācijas ķēdēs.

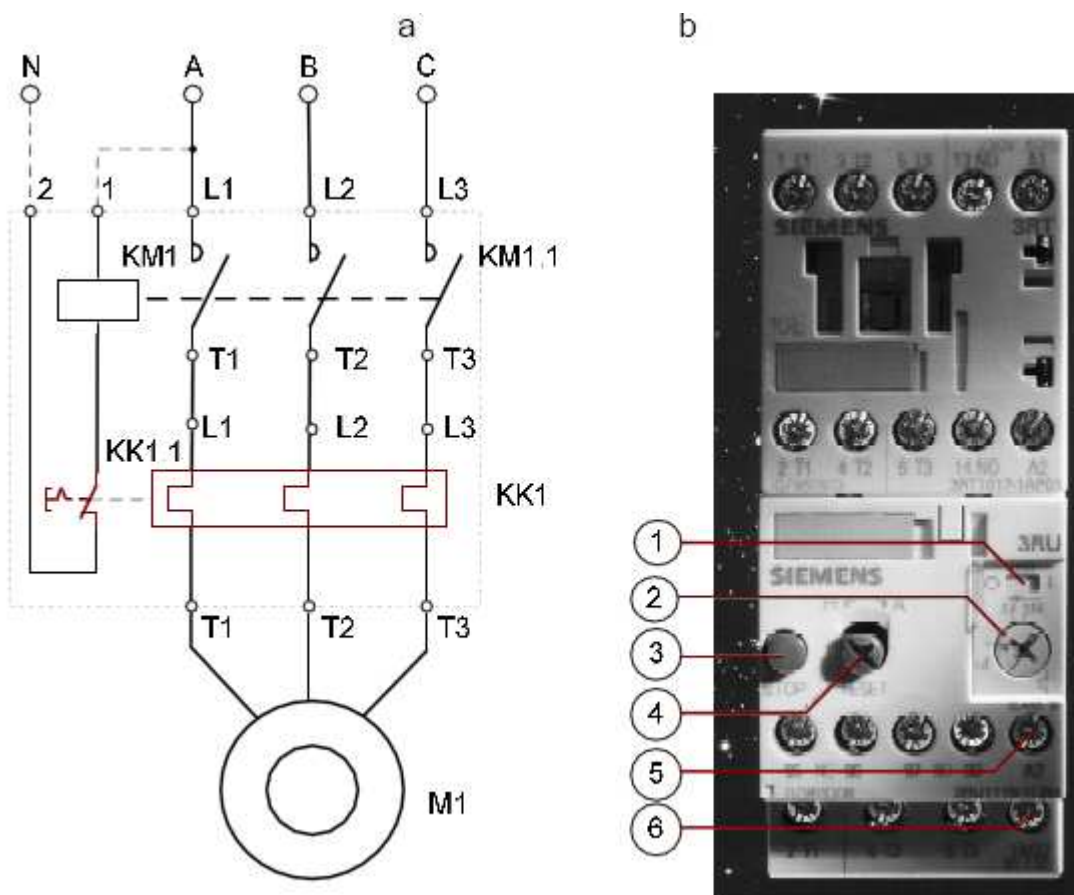
Aizsardzības aparatūra nepieļauj elektropiedziņas dzinēju darbību avārijas režīmā (pārslodzes, pazemināts spriegums, trīs-fāžu ķēdes viena līnijas vada pārtraukums, isslēgums u.c.); tam iestājoties, dzinēji automātiski atslēdzas no tīkla.

Termorelejus izmanto elektrodzinēju aizsardzībai pret nelielām, bet ilgstošām pārslodzēm. Termorelejus izmanto līdzstrāvas un maiņstrāvas ķēžu un aparātu aizsardzībai pret īsslēgumu un nepieļaujami ilgām pārslodzēm.



360. att. Termorelejs

Cipari termoreleja markā pēc burtiem apzīmē termoreleja sildelementa lielāko nominālo strāvu.



361. att. Siltuma releja KK1 attēlojums elektriskajā shēmā (a) un tā panelis (b):
1 - testa funkciju indikators; 2 - nominālās strāvas iestatījuma slēdzis; 3 - releja izslēgšanas poga; 4 - rokas (H) vai automātiskā (A) atiestate ; 5 - palaidēja spoles pieslēgšanas spaile ;
6 - papildus kontakta spaile.

Elektroiekārtās ar spriegumu līdz 1000 V lieto ieskrūvējamus drošinātājus un cauruļdrošinātājus. Drošinātājus apzīmē ar burtiem un cipariem.

Automātos var būt uzstādīti šādi aizsardzības releji, kurus sauc par atslēdzēm: termoatslēdze, elektromagnētiskā atslēdze,

Strāvas ķēdēs ar spriegumu līdz 500 V lai aizsargātu elektroietaisies pret pār slodzēm un Īsslēgumu minimālā sprieguma atslēdze, noplūdes strāvas atslēdz.

Automātos ir paredzēts arī iestādītās strāvas regulators.

Automātu izmantošanai drošinātāju vietā ir šādas priekšrocības:

- 1) tiek novērsta elektrodzinēja darbība nepilna fāžu skaita režīmā, jo pārslodžu un īssavienojumu gadījumā atslēdzas uzreiz visas trīs fāzes;
- 2) ievērojami samazinās elektroietaišu dīkstāves, jo, lai ieslēgtu atslēgušos automātu, nepieciešams mazāk laika nekā pārdeguša drošinātāja nomainīšanai.

Elektropiedziņas drošas darbības nosacījums ir pareiza vadības un aizsardzības aparatūras izvēle, jo galvenais veids, kā elektrodzinēji kļūst nederīgi ekspluatācijai, ir nepareiza aparatūras izvēle, kā rezultātā tā nereaģē uz avārijas režīmu un savlaicīgi neatslēdz dzinēju no tīkla kritiskā (avārijas) momentā.

Magnētiskos palaidējus izvēlas:

- pēc izpildījuma,
- nozīmes (nereversējams vai reversējams),
- jaudas un strāvas (palaidēja lieluma),
- spoles sprieguma un
- termoreleja strāvas.

Drošinātāji

Drošinātājs ir aizsargierīce, kas, izkustot vienam vai vairākiem speciāli paredzētiem elementiem, pārtrauc elektrisko ķēdi, ja strāva tajā pietiekami ilgi ir pārsniegusi noteikto vērtību. Jēdziens "drošinātājs" ietver visas detaļas, kas veido šo ierīci. Drošinātājs var aizsargāt elektrisko ķēdi pret īsslēgumu un pārslodzi.

Drošinātājus izvēlas:

- pēc sprieguma, nominālās strāvas un
- kustošā ieliktna nominālās strāvas.

Drošinātājiem ir vienkārša konstrukcija, vienkārša ekspluatācija, un vēsturiski tā bija pirmā elektriskā aizsardzības ierīce. Visvairāk drošinātājus izmanto elektroiekārtās ar spriegumu līdz 1000 V, bet izmanto arī 6, 10, 20 kV elektroiekārtās, ļoti reti — 110 kV iekārtās.

Praksē sastopami dažādas konstrukcijas drošinātāji, bet tie visi sastāv no divām daļām:

drošinātāja izņemamās daļas un drošinātāja pamatnes

Ieguldījums tavā nākotnē

Kūstošais elements ir tieva stieplīte, kas atrodas galviņas porcelāna izolācijas iekšpusē. Stieplītes viens gals pievienots metāla vītnei, bet otrs gals pievienots metāla uzgalim. Galviņa paredzēta ieskrūvēšanai pamatnē, kurai arī ir vītne.

Izgatavo līdz 380 V maiņspriegumam un līdz 250 V līdzspriegumam un nominālo strāvu diapazonam 6, 10, 16, 20 un 25 A Drošinātājus izmanto apgaismes tīklu un nelielas jaudas elektrodzinēju aizsardzībai. Drošinātāji sastāv no pamatnes un izskrūvējamās daļas — drošinātāja galviņas.



362. att. Dažādu drošinātāju veidi

Ieguldījums tavā nākotnē

Katra automātiskās vadības elektropiedziņas elektromehāniskā sistēma sevi ietver dažus desmitus vai pat simtus dažādu elektrisko mašīnu, aparātu un ierīču, kuru atsevišķie elementi ir elektriski savienoti ar vadiem vai arī ir saistīti ar magnētisko vai mehānisko saiti. Tā kā daudzveidīgo mašīnu aparātu un ierīču atsevišķie elementi veic līdzīgas funkcijas (uzdevumus), tad iespējams ar samērā nedaudziem pieņemtiem elementu apzīmējumiem pārskatāmi attēlot elektropiedziņas vadības shēmas.

Automātslēdži

Automātslēdži ir elektriski aparāti, kas paredzēti līdzstrāvas vai maiņstrāvas ķēžu aizsardzībai nenormālos darba režīmos (nepieļaujami liela pārslodze, īsslēgums, sprieguma pazemināšanās), reti (līdz 30 reizēm diennaktī) elektrisko ķēžu atslēgšanai un ieslēgšanai normālos darba režīmos.

Automātslēdžos elektriskā loka dzesēšanas vide ir gaiss, tāpēc literatūrā ir sastopams arī nosaukums automātiskie gaisa slēdži.

Automātslēdžiem izvirza šādas prasības.

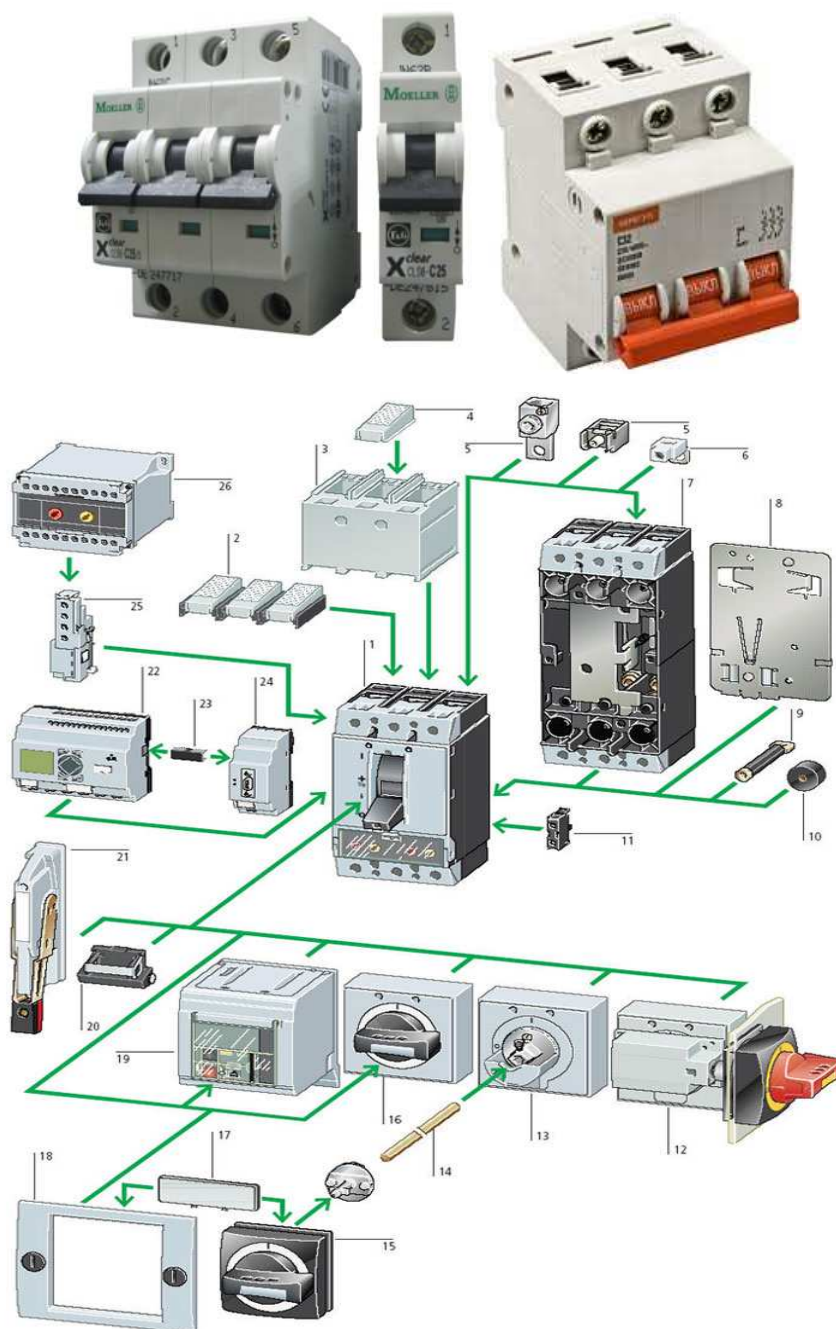
- Automātslēdža strāvu vadošai ķēdei jānodrošina nominālās strāvas caurlaide darba laikā, jāiztur īsslēguma strāvas iedarbība noteiktu laiku gan ieslēgtā stāvoklī, gan elektriskās ķēdes pārtraukuma brīdī, nepārsniedzot pieļaujamo temperatūru.
- Automātslēdzim jāatslēdz īsslēguma strāvas un nepieļaujami lielas pārslodzes strāvas, saglabājot darbības spējas pēc īsslēguma strāvas vai pārslodzes strāvas izzušanas.
- Automātslēdzim jābūt elektrodinamiski un termiski izturīgam, īsslēguma strāva jāatslēdz īsā laikā.
- Automātslēdžiem jāstrādā selektīvi.

Rūpniecībā izgatavo dažādas konstrukcijas automātslēdžus, bet tiem visiem ir šādi galvenie mezgli:

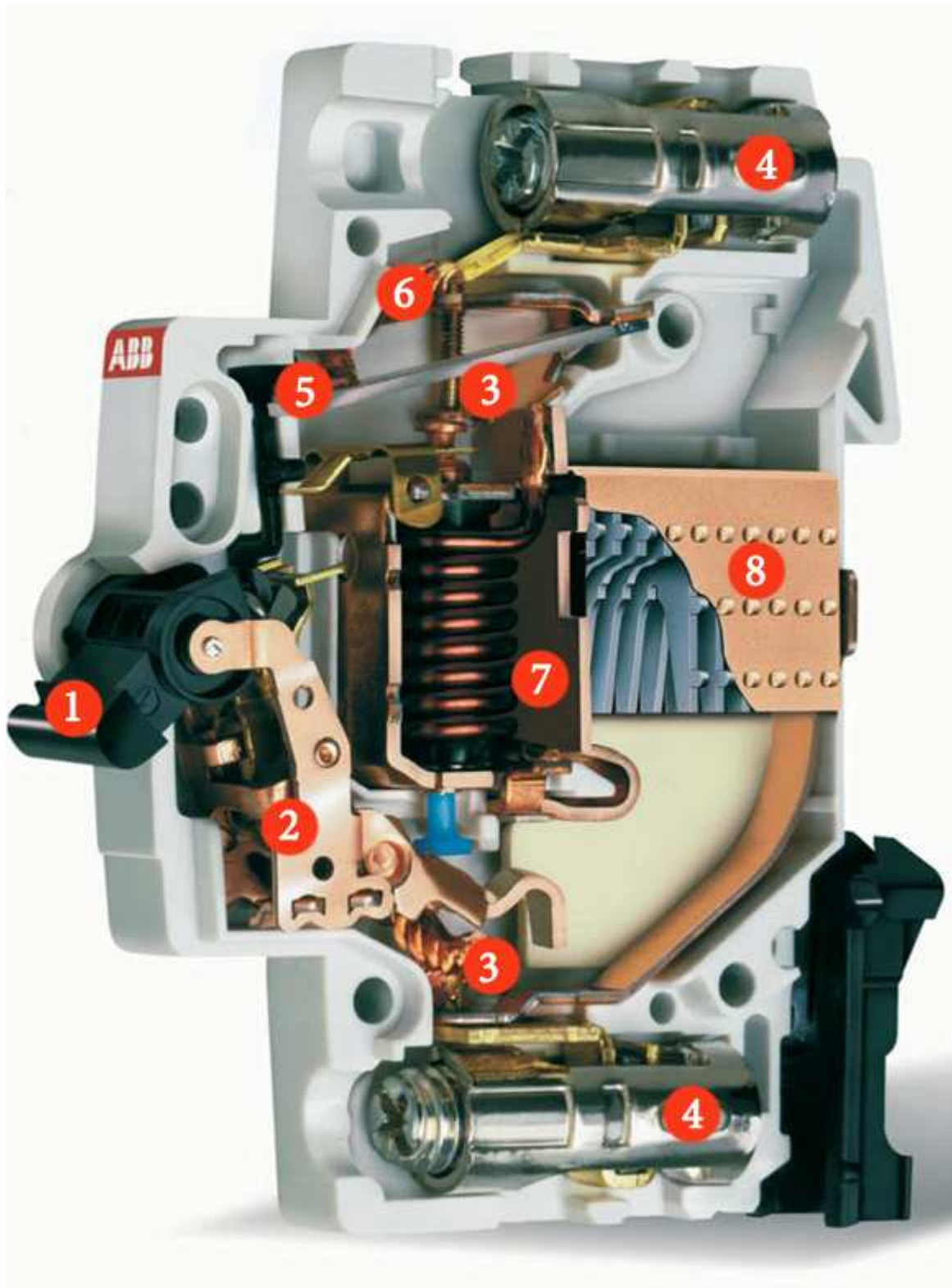
- kontakti,
- lokdzēses ierīce,
- piedziņa,
- brīvatkabes mehānisms,
- atkabnis.

Ieguldījums tavā nākotnē

Automātslēdzēm bez darba jeb galvenajiem kontaktiem var būt lokdzēses kontakti, kas ieslēdzas pirms un atslēdzas pēc darba kontaktiem, kā arī palīg kontakti vadības un signalizācijas ķēžu komutēšanai. Ja nominālā strāva pārsniedz 200 A, automātslēdzēm ir divpakāpju tiltiņveida kontakti, vai arī viens pāris darba kontaktu un viens pāris lokdzēses kontaktu. Darba kontaktu virsma pārklāta ar metālkeramikas plāksnīti (sudrabs, niķelis, grafiīts), lokdzēses kontaktu virsmu arī veido no metālkeramikas plāksnītēm (sudrabs, niķelis, volframs). Lielu strāvu automātslēdzēm izveido vairākus paralēlus kontaktu pārus.

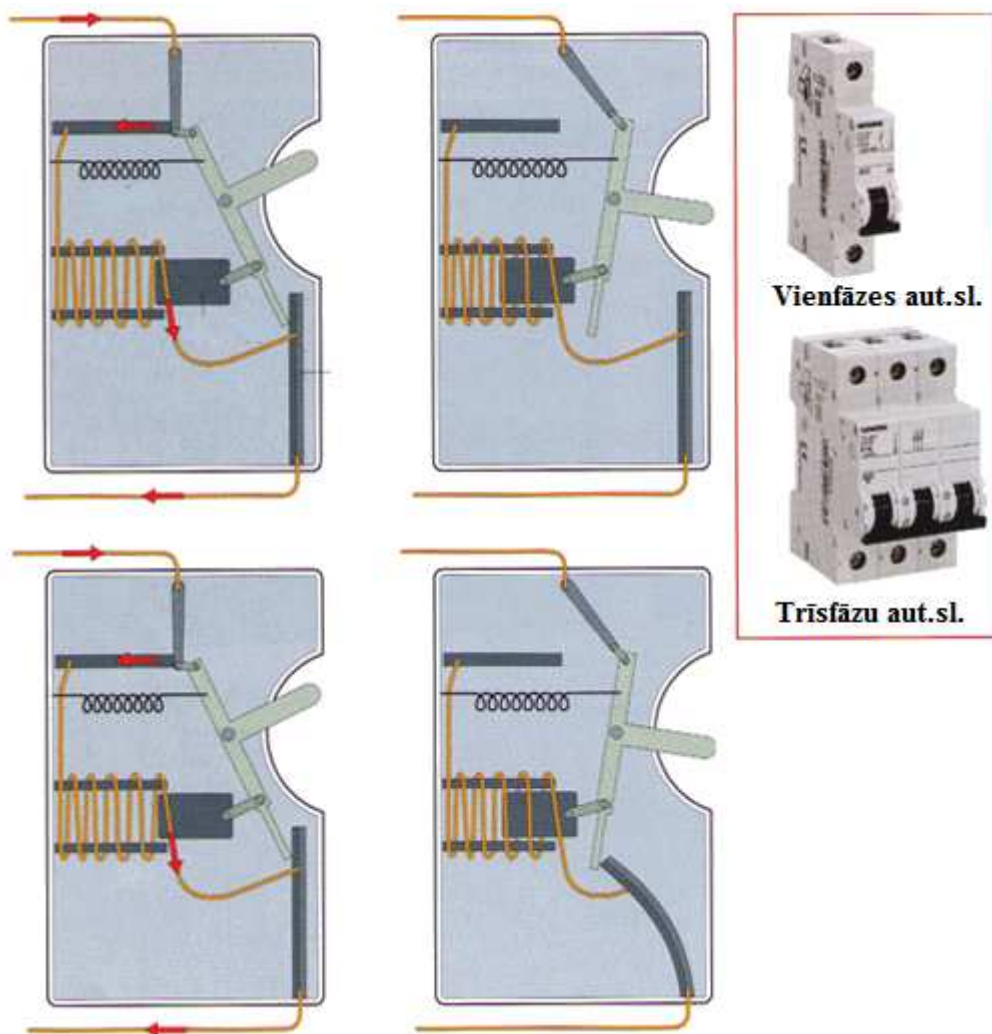


363. att. Automātslēdžu pielietojums



364. att. Automātslēdzis. (1. Slēgsvira, 2. Ieslēgšanas mehānisms, 3. Divi kontakti, 4. Pievienošanas klemmas, 5. Bimetāla plāksnīte termo atslēgšanai, 6. Kalibrācijas skrūve, 7. Elektromagnētiskā atslēgšanas spole, 8. Elektroloka dzēšanas kamera)

Ieguldījums tavā nākotnē



365. att. Automātslēdža magnētiskā lauka darbības princips

7.4. ELEKTROAPGĀDES PAMATJĒDZIENI. ELEKTRISKO TĪKLU VEIDI

Garu elektroenerģijas pārvades līniju galvenais uzdevums ir pārvadīt elektroenerģiju tā, lai būtu iespējami mazāki jaudas zudumi siltuma veidā, ko pēc Džoula Lenca likuma $Q = I^2 \cdot R$ elektroenerģijas pārvades līnija neizbēgami izkliedē apkārtņē. Pastāv divas iespējas, kā šos zudumus samazināt. Var palielināt elektrības vadu šķērsriezuma laukumu S , tādējādi samazinot vadu

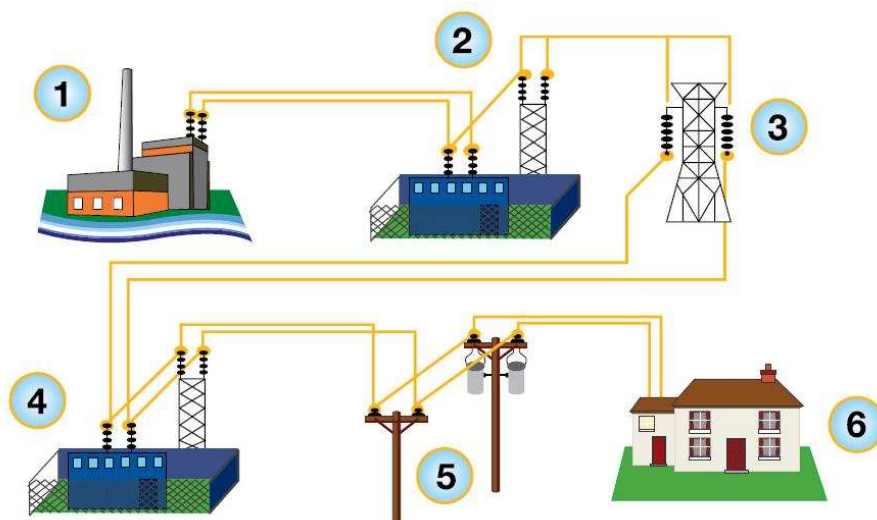
pretestību $R = \rho \frac{l}{S}$ un līdz ar to arī siltuma daudzumu, ko līnija zaudē

(l — līnijas garums, ρ — vadu materiāla īpatnējā pretestība). Taču tad būtu jāpatērē pārāk daudz materiāla un tik smagu vadu līniju būtu grūti ierīkot.

Cita iespēja ir daudz perspektīvāka — var samazināt pārvades līniju vadus plūstošās strāvas stiprumu I . Arī tad strauji samazinās siltuma zudumi $Q = I^2 \cdot R$, kuru jauda ir proporcionāla strāvas stipruma kvadrātam. Taču, lai nesamazinātu pa līniju pārvadīto jaudu $S = IU$, ir jāpaaugstina spriegums U . Piemēram, nemainot pa līniju pārvadīto jaudu, bet palielinot spriegumu 10 reizes, strāvas stiprums jau var būt 10 reizes mazāks. Tad jaudas zudumi, ko rada vadu sasilšana, samazinās jau 100 reizes.

Vairumā elektrostaciju trīsfāzu maiņstrāvas ģeneratori ražo maiņstrāvu, kuras spriegums nepārsniedz 25 kilovoltus. Lielāku spriegumu iegūt no ģeneratora tehnisku iemeslu dēļ izrādās sarežģīti. Taču, lai atmaksātos elektroenerģijas pārvadīšana lielos attālumos, šāds spriegums izrādās par zemu. Tāpēc pirms elektroenerģiju pārvada pa līniju, maiņstrāvas spriegumu vēl vairāk kārt paaugstina. Pēc tam, kad elektroenerģija ir sasniegusi lietotāju, maiņspriegumu nākas vairāk kārt pazemināt līdz sadzīves elektroierīcēm vajadzīgajam spriegumam.

Maiņspriegumam paaugstināšana un pazemināšana nepieciešama ne tikai elektroenerģijas pārraidei pa elektrolīnijām. Tā nepieciešama gandrīz visās elektroniskajās ierīcēs — radioaparātos, televizoros, gāzizlādes lampās un daudzviet citur. Maiņspriegumu pārveido transformatori. Tie darbojas sākot no lielām stacionārām augstsprieguma iekārtām transformatoru apakštacijās, līdz pat shēmām miniatūrās elektroniskajās ierīcēs.



366. att. 1) Hidroelektrostacija, 2) Sprieguma paaugstinošā elektroapakšstacija, 3) Elektropārvades līnija, 4) Sprieguma pazeminošā elektroapakšstacija, 5) Sprieguma sadales tīkls, 6) elektroenerģijas patērētājs.

Elektropārvades līnijas

Latvijā elektropārvades līniju kopējais garums pārsniedz 20 000 km. Elektropārvades līnijas savieno savā starpā gan elektrostacijas, gan elektroenerģijas patērētājus. Pēc veicamā uzdevuma izšķir pārvades un sadales elektrotīklus. Elektropārvades tīkla līnijas ir augstsprieguma līnijas, kuru spriegums ir 330 kV vai 110 kV, un tās savieno savā starpā lielos elektroenerģijas ražotājus — hidroelektrostacijas un termoelektrocenrāles.

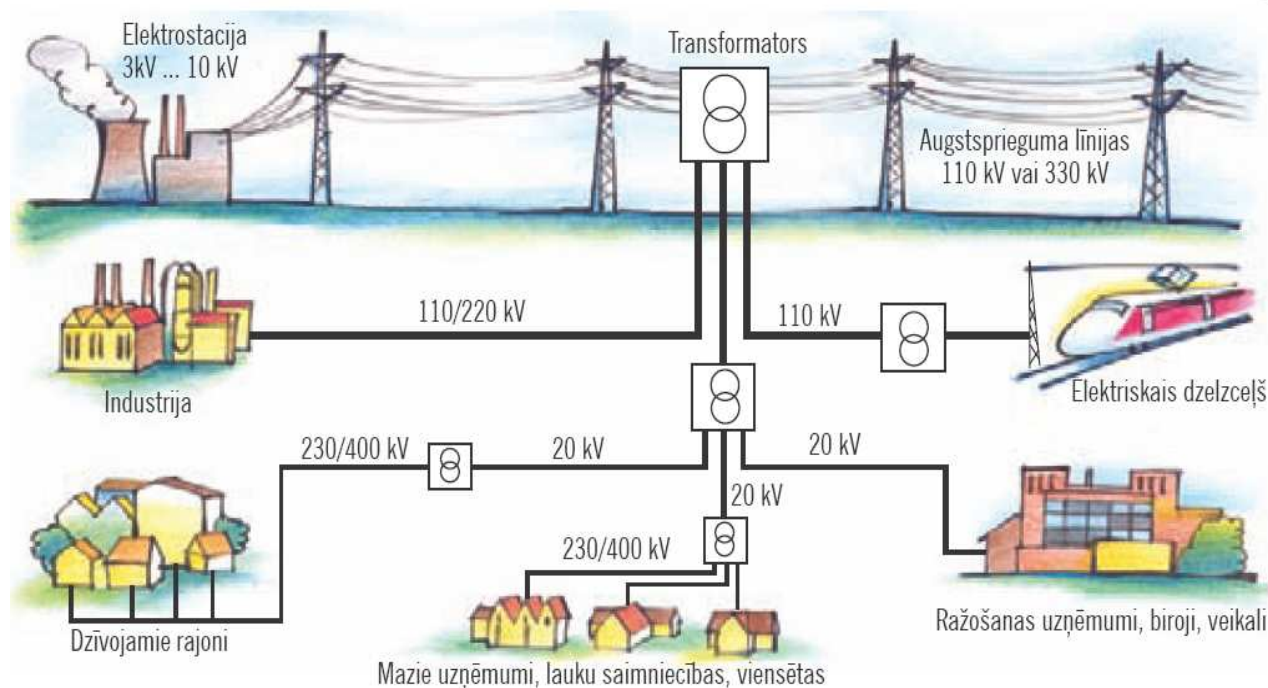
Sadales elektrotīklu līnijas nodrošina elektroenerģijas sadali starp patērētājiem. Šajā tīklā ir gan vidussprieguma 20 kV, 10 kV un 6 kV līnijas, gan zemsprieguma 0,4 kV līnijas. No zemsprieguma līnijām (3 fāzes vadi un 1 neitrālvads) 400 V spriegums nonāk pie lietotājiem.

Vienfāzes elektroierīces, kuru darba spriegums ir 230 V, ieslēdz starp līnijas vadu un neitrālvadu. Latvijā vienotu elektrotīklu pārvalda akciju sabiedrība “Sadales Tīkli”. Tā katru gadu nodrošina kopējo elektroenerģijas piegādi aptuveni 7 miljardu kilovatstundu apjomā. Aptuveni 70% no Latvijā patērētās elektroenerģijas saražo visi Latvijā esošo elektrostaciju ģeneratori. Trūkstošo elektroenerģiju nākas iepirkt no Igaunijas, Lietuvas un Krievijas. Pieaugošās patērētāju prasības pēc elektroenerģijas liek meklēt papildus ražošanas iespējas. Triju lielo Daugavas kaskādes elektrostaciju jaudu palielināt nevar. Elektroenerģijas deficītu radīs arī Lietuvā esošās Ignalinas atomelektrostacijas plānotā slēgšana.

Šādos apstākļos interesi izraisa vēl citi iespējamie elektroenerģijas avoti. Latvijā jau darbojas vairāki vēja ģeneratori un visai daudzas mazās hidroelektrostacijas. Taču to kopējais devums šobrīd

Ieguldījums tavā nākotnē

ir nedaudz vairāk par 1% no kopējās elektroenerģijas piegādes apjoma. Ir atsevišķi mēģinājumi iegūt elektroenerģiju ar saules bateriju palīdzību, taču Latvijas ģeogrāfiskais stāvoklis un meteoroloģiskie apstākļi to sekmīgai izmantošanai nav piemēroti. Turklāt šī enerģija, salīdzinot ar hidroelektrostacijas iegūstamo, ir salīdzinoši dārga. Daudz strīdu ir ap mazajām hidroelektrostacijām. Vēl nav vienota slēdziena par to kaitīgo ietekmi uz apkārtējo vidi. Taču nenoliedzami tās izmaina mazo upju dabisko hidroloģisko režīmu, kā rezultātā vērojamas ūdenslīmeņa mākslīgas svārstības, gruntsūdeņu izmaiņas piegulošajās teritorijās, tiek traucēta zivju migrācija, pārveidojas krasta līnijas. Daudzviet pasaulē lielāko enerģijas ražošanas apjomu dod atomelektrostacijas. Vai tādas attīstīsies arī Baltijas valstīs?



367. att. Elektroenerģijas patēriņš pa nozarēm

Elektroenerģiju no ģeneratoriem līdz lietotājiem nogādā pa elektropārvades līnijām (EPL). Tajās ir izvietoti gan spriegumu paaugstinošie, gan spriegumu pazeminošie transformatori. Tā kā elektroģeneratori neražo lielāku spriegumu par 3 kV līdz 25 kV, tad pie elektrostacijām ierīko transformatoru apakšstacijas.

Tā, atkarībā no elektroenerģijas pārvadīšanas attāluma, spriegumu paaugstina līdz 110 kV vai 330 kV.

Savukārt elektroenerģijas patērētāju tuvumā uzstāda spriegumu pazeminošos transformatorus.



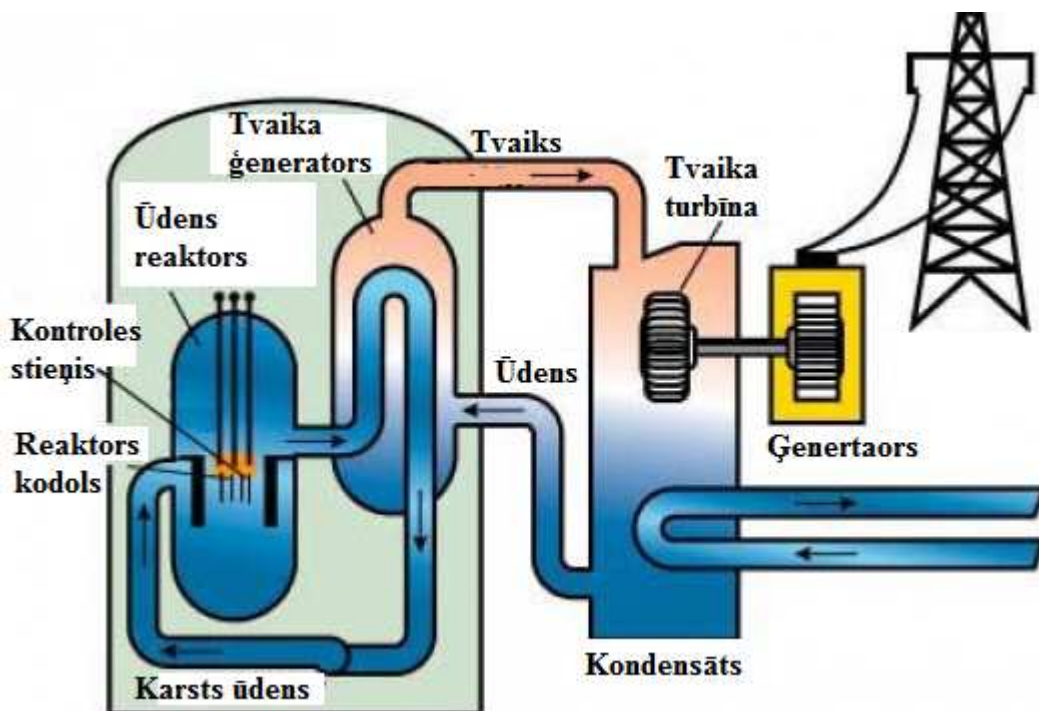
368. att. Dažāda sprieguma elektrolīnijas: 20 kV, 110 kV un 400 kV. (Latvijā attiecīgi 330 kV)
273

Elektrisko tīklu spriegumi Latvijā	
Maģistrālās un starpvalstu līnijas	330 kV
Rajona tīkli	110 kV
Sadales (vidējā sprieguma tīkli)	20 kV un 10 kV
Nedaudzās vecās līnijas	6 kV
Zemsprieguma gaisvadu un kabeļu līnijas	220/380 V

369. att. Elektrisko tīklu spriegumi Latvijā

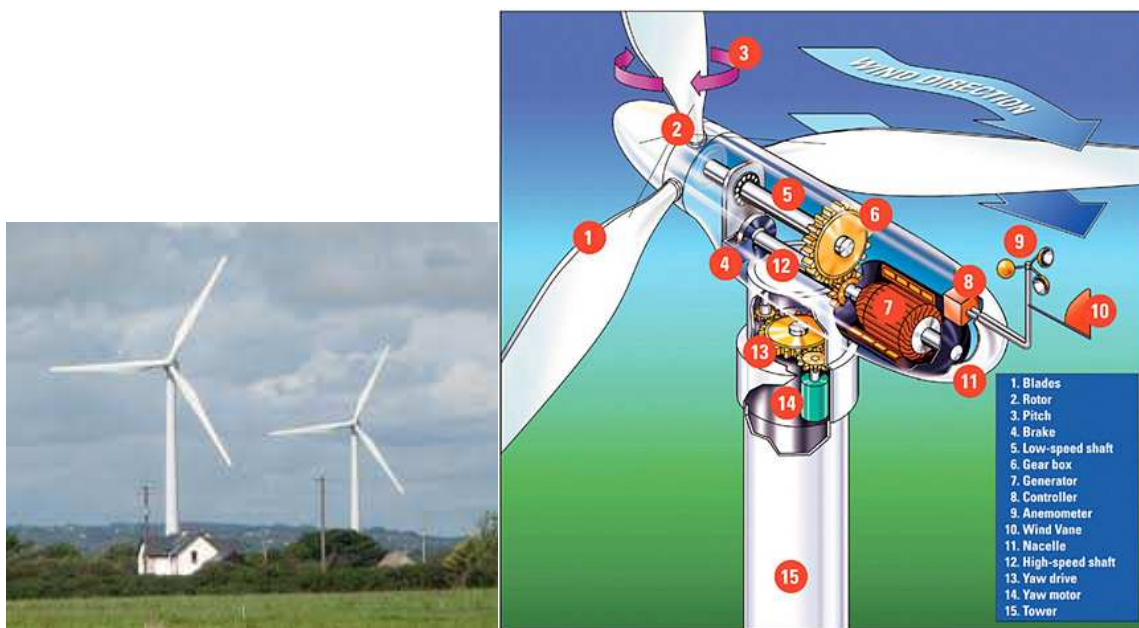
Elektroenerģijas ieguves veidi

Atomelektrostacijas (kodolenerģija)



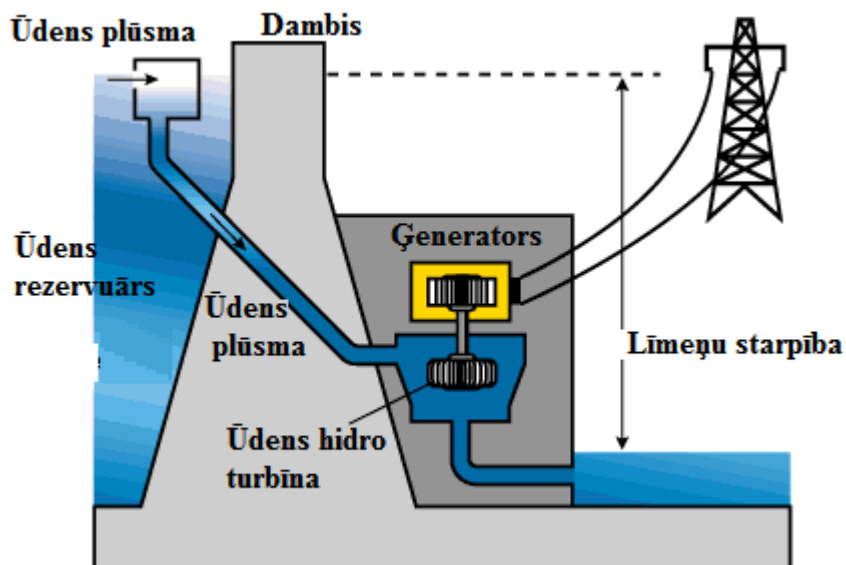
370. att. Atomelektrostacijas konstruktīvais izpildījums

Vēja ģenerators (vēja turbīna)



371. att. Vēja turbīnas un to konstruktīvais izpildījums

Hidroelektrostacija (HES)



372. att. Hidroelektrostācijas konstruktīvais izpildījums

7. Elektropiedziņas un vadības aparatūra

7.5. Elektrisko vadu un kabeļu apzīmējumi, to pielietojums un izvēles nosacījumi

7.6. Elektrisko vadu un kabeļu šķērsriezumu aprēķins pēc silšanas un pieļaujamiem sprieguma zudumiem

Stundas tēma: **Elektrisko vadu un kabeļu apzīmējumi, to pielietojums un izvēles nosacījumi**
Elektrisko vadu un kabeļu šķērsriezumu aprēķins pēc silšanas un pieļaujamiem sprieguma zudumiem

Stunda: 33 – 34 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Apgūt dažādu vadu un kabeļu pielietotos apzīmējumus, vadu pielietojums un izvēles nosacījumi;
2. Mācēt aprēķināt nepieciešamo vadu un kabeļu veidus, to šķērsriezuma laukumu;
3. Spēkrata elektrotīklu izmantojamo vadu veidi un pareiza to izvēle;
4. Sprieguma zudumu aprēķins elektriskajās ķēdēs;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Elektrisko vadu un kabeļu apzīmējumi, to pielietojums un izvēles nosacījumi;
2. Elektrisko vadu un kabeļu šķērsriezumu aprēķins pēc silšanas un pieļaujamiem sprieguma zudumiem;
3. Apskatīti dažādi piemēri sprieguma zudumu noteikšanai spēkratu elektrotīklos;

Izmantojamā literatūra:

- Andris Baltiņš „Zemsprieguma elektriskie aparāti” 2008., 348 lapaspuses, J.L.V.;
- Elektroslēdži <http://sdelajsam.ru/elektrika/rozetki/00002.html> 2012.01
- Jānis Dirba „Transporta elektriskās mašīnas” Jumava 2002 344 lapaspuses
- Elektrotīkli http://www.remsam.com/elektrika_shema_razvodki.php 2011.09
- „Electricity” Howard H. Gerrish and William E. Dugger Jr. and Kenneth DeLucca 2009
- Automātika http://www.automation2000.com/option_IB_en.html 2011.12

7.5. ELEKTRISKO VADU UN KABEĻU APZĪMĒJUMI, TO PIELIETOJUMS UN IZVĒLES NOSACĪJUMI

Elektroenerģijas elektrisko tīklu izbūvei lieto

- kailvadus,
- izolētus vadus,
- kabeļus,
- kopnes,
- stāvvadus.

Vadus izgatavo no:

- vara,
- alumīnija,
- tērauda.

Izšķir:

- vien stieples (vien dzīslas),
- daudz stieplu (daudz dzīslu)
- un cauruļvadus.

Kailvadus lieto:

- gaisvadu līnijās, kā arī
- iekšējos elektriskos tīklos, ja tos var novietot pietiekamā augstumā.

Kailvadus var lietot tad, ja cilvēkam nav iespējams nejauši tiem pieskarties. Ja vada ir spriegums un pie tā nejauši pieskaras cilvēks, tad viņa dzīvība ir apdraudēta. Saskaroties diviem kailvadiem, rodas īsslēgums.

Izolētos vadus lieto:

- iekšējos elektriskajos tīklos.

Izolēto vadu strāvu vadošā daļa ir pārklāta ar izolācijas materiālu. Izolētos vadus var novietot vietās, kur pie tiem var pieskarties cilvēks (pienu, slēdža pievads u.c.). Izolācija pasargā arī vadus no to savstarpējās saskaršanās vai saskaršanās ar zemi.

Kailvadus apzīmē ar burtiem un cipariem, kuru nozīme ir šāda:

P - vads; A - alumīnija; M - vara; C - tērauda; O - vien dzīslas.

Viendzīslas vadiem cipars aiz burtiem norāda vada diametru (milimetros), bet daudzdzīslas vadiem - vadu šķērsriezuma laukumu (mm²).

Piemēram:

PCO-5 un AC-25

viendzīslas tērauda vads ar diametru 5 mm un daudz dzīslu tērauda alumīnija vads ar šķērsriezuma laukumu 25 mm .

Izolējošos vadus atkarībā no strāvu vadošās daļas, izolācijas materiāla un vadu konstrukcijas apzīmē ar burtiem, kuru nozīme ir šāda:

- A - strāvu vadošās daļas ir no alumīnija (ja burta A apzīmējumā nav - tad no vara);
- P - vads (ja apzīmējumā ir burti PP tad tas nozīmē, ka plakans vads;
- PG -lokans vads;
- TP - vads cauruļveida apvalkā;
- PT — vads paredzēts montāžai caurulēs;
- P un B - vadam gumijas vai polivinilhlorīda izolācija;
- - strāvu vadošās daļas ievietotas kopīgā kokvilnas apvalkā;
- D - divkārši savīts vads;
- C - plakans vads bez atdalošās pamatnes;
- Š - auklas vads.

Piemēram:

- PLD - divdzīslu vara aukla ar gumijas izolāciju,
- PPB - plakans vara vads ar atdalošo pamatni un polivinilhlorīda izolāciju,
- APLTO - alumīnija vads ar gumijas izolāciju, montāžai caurulēs un piesūcinātā kokvilnas apvalkā.

Lai vienlaicīgi norādītu izolēto vadu marku, dzīslu skaitu un šķērsriezumu, apzīmējumā pieraksta, piem., APLTO-2x2,5, kur 2 - dzīslu skaits, bet 2,5 - dzīslas šķērsriezums (mm²).

Kabeļu apzīmējumos norāda dzīslu, izolējošā apvalka un aizsargapvalka materiālu, kā arī dzīslu skaitu un dzīslu šķērsriezumu:

- A - alumīnija (ja burta A nav - tad vara dzīsla);
- A - aizsargapvalka materiāls no alumīnija (C - svina, B - polivinilhlorīda, P - polietilēna);
- B - izolējošā apvalka materiāls no papīra (P - gumijas, L- polietilēna, B - polivinilhlorīda);



Ieguldījums tavā nākotnē

Elektriskiem vadiem jāatbilst sekojošiem nosacījumiem:

- 1) drošības tehnikas un ugunsdrošības noteikumiem, ko panāk, izvēloties pēc silšanas nosacījumiem atbilstošas markas vadus ar nepieciešamo izolāciju un aizsardzības aparāturu, un atbilstošu vadu nominālo šķērsriezumu.
- 2) vadiem jābūt drošiem no nepārtrauktas elektroenerģijas apgādes viedokļa, ko panāk, lietojot vadus ar pietiekamu mehānisko izturību un pareizi izvēloties aizsardzības aparāturu;
- 3) jānodrošina patērētāji ar augstas kvalitātes elektroenerģiju, kuru raksturo pievadītā sprieguma pieļaujamā novirze no tā nominālā sprieguma, un ko panāk, izvēloties vadus pēc pieļaujamā sprieguma zuduma.

Ja vadā vai kabelī strāva pārsniedz pieļaujamo vērtību, tad tas sasilst virs pieļaujamās temperatūras (65...80 °C), kas izraisa priekšlaicīgu izolācijas nolietošanos un samazina vadu kontaktsavienojumu drošumu, kā rezultātā var izcelties ugunsgrēks vai sprādziennedrošās telpās var rasties sprādziens.

Tāpēc elektriskajos tīklos uzstāda aizsardzības aparāturu, kuras uzdevums:

- ir automātiski atslēgt no tīkla, to posmu, kurā strāva pārsniedz pieļaujamo vērtību.
- Tīklos ar spriegumu līdz 1000 V kā aizsardzības aparāturu lieto termorelejus, drošinātājus un automātus.
- Tādējādi, vadu un kabeļu šķērsriezumu izvēle pēc to silšanas saistīta arī ar aizsardzības aparātūras izvēli.

7.6. ELEKTRISKO VADU UN KABEĻU ŠĶĒRSGRIEZUMU APRĒĶINS PĒC SILŠANAS UN PIEĻAUJAMIEM SPRIEGUMA ZUDUMIEM.

Pirms vadu vai kabeļu šķērsriezuma izvēles ir jāzina:

- vadu izolācijas veids,
- vadu marka un pieļaujамais spriegums,
- kā arī vadu un kabeļu strāvu vadošo dzīslu pieļaujамais minimālais šķērsriezums ($S_{min.}$).

Vadu un kabeļu veids	$S_{min.}$ (mm ²)	
	Al	Cu
Auklas sadzīves patērētāju pievienošanai	-	0,35
Neaizsargāti un aizsargāti vadi un kabeļi instalēti tērauda un lokanā metāla caurulē vai zem apmetuma	2,0	1,0
Kabeļi pārvietojamo patērētāju pievienošanai	-	2,5
Neaizsargāti izolēti vadi ēku ievados	4,0	2,5
Kailvadi ēku ievados	10,0	4,0
Kailvadi gaisvadu līnijās	16,0	6,0

Vadu un kabeļu nominālā šķērsriezuma izvēle pēc silšanas un aizsardzība pret pārslodzi un īsslēgumu. Izvēlas tīklu aizsardzībai drošinātājus vai automātus.

Aprēķina vada pieļaujamo strāvu pēc šādiem nosacījumiem:

- vada pieļaujамai strāvai ir jābūt vienāgai vai lielākai par aprēķina strāvu $I_{p-1} \geq I_a$ kur I_{p-1} - vada vai kabeļa atrāvu vadošo dzīslu nepieciešama pieļaujамā strāva, A; I_a - aprēķina strāva, A.

Ieguldījums tavā nākotnē

Lai nodrošinātu aizsardzību pret īsslēgumu, starp vada pieļaujamo strāvu ar drošinātāja kustošā ieliktna nominālo strāvu jāpastāv šādām sakarībām:

➤ **apgaismošanas tīkliem sadzīves telpās:**

$$I_{p-2} \geq 1,25 I_{N.k.ie}$$

➤ **rūpniecības apgaismes tīklos:**

$$I_{p-2} \geq I_{N.k.ie}$$

➤ **spēka tīklos:**

$$I_{p-2} \geq 0,33 I_{N.k.ie}$$

Ņemot nepieciešamās strāvas lielāko vērtību un salīdzinot to ar izvēlētajam vadam pēc tabulas atbilstoši ilgstoši pieļaujamo strāvas vērtību I_{p-t} , izvēlas vada nominālo šķērsriezumu S_N , ievērojot nosacījumu

$$I_{p-t} \geq I_{p.max}$$

Izvēlētā vada šķērsriezums S_N vēl ir jāpārbauda, ievērojot pieļaujamo sprieguma zudumu.

Samazinoties spriegumam elektriskajā tīklā, samazinās elektrisko spuldžu gaismas plūsma un tātad arī darba virsmu apgaismojums, kā arī samazinās elektrodzinēju griezes moments.

Elektriskajos tīklos elektroenerģijas patērētājiem pieļaujamas šādas sprieguma novirzes:

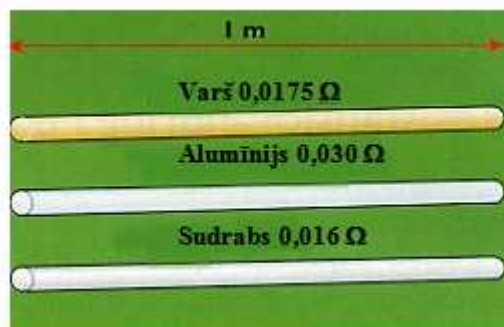
Elektroenerģijas patērētāju raksturojums	Sprieguma novirzes (%)	
	no	līdz
uz uzņēmumu ceļu, sabiedrisko ēku darba un ārējā apgaismojuma ierīcēm	+5	-2,5
uz dzinēju un vadības aparatūras spailēm	+10	-5,0
uz pārējo patērētāju spailēm	+5,0	-5,0
lauku elektriskajos tīklos uz dzinēju un vadības aparatūras spailēm	+10	-7,5
uz pārējo patērētāju spailēm	+7,5	-7,5

Ieguldījums tavā nākotnē

Koefficienta C vērtības	Tīkla veids	Tīkla spriegums (V)	Vadu skaits	C		
				Al	Cu	Fe
	Trīsfāzu	380/220	Četri	46	77	10
	Vienfāzes	220	Divi	7,7	12,8	1,7
	-	36	-	0,21	0,34	0,046
	-	12	-	0,023	0,038	0,005

No dažādiem metāliem gatavoto vadu elektrības vadītspēja, vai tās apgrieztais lielums – pretestība, ir atšķirīga. Tā ir atkarīga vispirms no brīvajiem elektroniem un joniem. Jo mazāk ir šo brīvo elementārdaļiņu, jo pretestība ir lielāka.

Lai raksturotu, cik liela ir metāla pretestība, mēs lietojam definīciju “īpatnējā pretestība”. Tā ir 1 m gara vada ar šķērsgriezumu 1 mm^2 pretestība. Tā kā vadītāja pretestība ir atkarīga arī no temperatūras – papildus noteikums ir, ka temperatūrai ir jābūt 20° C .



373. att. Dažādu vadītāju pretestība 1 m garumā ar šķērsgriezumu 1 mm^2 pie temperatūras 20° C (īpatnējā pretestība).

Redzams, ka vara vada īpatnējā pretestība ir $0,0175 \Omega$, alumīnija vadam tā ir $0,030 \Omega$, bet sudrabam – $0,016 \Omega$. Šie trīs metāli ir visvairāk pielietojamie elektrotehnikā.

Kā redzams, sudraba vadu pretestība ir tikai nedaudz atšķirīga no vara vadu pretestības. Sudrabs, protams, ir ievērojami dārgāks un to galvenokārt lieto kontaktu virsmas noklāšanai pret oksidāciju – apsūbēšanu. Varš ir relatīvi lētāks un tas ir galvenais materiāls iekšējo elektrotīklu izbūvē ražošanas un dzīvojamajos objektos.

Alumīnija sliktās īpašības ir pastiprinātā oksidācija saskarsmē ar gaisu un ķīmiskām vielām. Bez tam arī mehāniskā izturība uz stiepi un lieci ir manāmi sliktāka. Tā kā alumīnijs ir dabā plaši

Ieguldījums tavā nākotnē

atrodams un ir ievērojami lētāks arī par varu, to lieto galvenokārt gaisvadu elektrolīnijām un arī kabeļos, pie kam ir izstrādātas dažādas piedevas – piekausējumi, kas uzlabo mehāniskās īpašības. Piemēram, plaši lieto Aldreja vadus, kur galvenā sastāvdaļa ir alumīnijs.

Vadu faktiskās pretestības aprēķins.

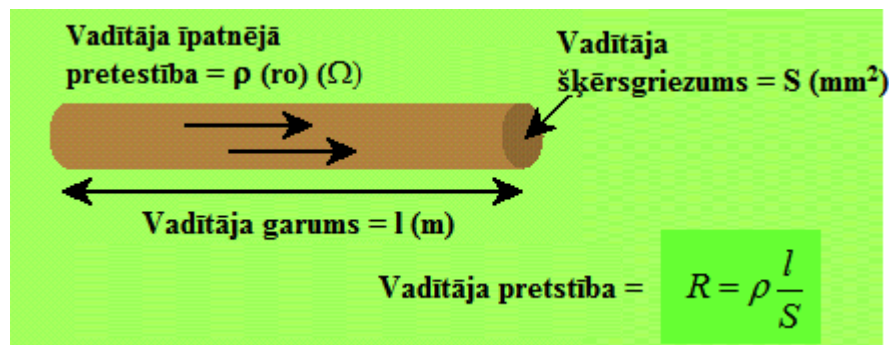
Pretestības lielums vadam ir tieši proporcionāls vada garumam.

Piemēram, vara vada īpatnējā pretestība ir $0,0175 \Omega$.

Ja vads ir 10 m garš, pretestība būs $R = 0,0175 \cdot 10 = 0,175 \Omega$.

Ja vads ir 100 m garš, tad $R = 0,0175 \cdot 100 = 1,75 \Omega$.

Kādā veidā mainās vada pretestība, ja mainās tā šķērsriezuma laukums? Jāatceras, ka pretestība R ir apgriezti proporcionāla šķērsgriezumam. Palielinot šķērsgriezumam, pieaug brīvo elektronu un jonu skaits un pretestība samazinās.



374. att. Vadītāja pretestības aprēķins

Piemērs:

Cik liela ir pretestība 350 m garam vara vadam ar šķērsgriezumam 4 mm^2 ?

$$R = 0,0175 \frac{350}{4} = 1,53 \Omega$$

Izmantojot minēto formulu

Atbilde: $R = 1,53 \Omega$.

Pretestības izmaiņas atkarība no temperatūras.

Vadītāja pretestība pieaug palielinoties tā temperatūrai. Piemēram, gaisvadu elektrolīniju pretestība karstā vasaras dienā ir lielāka kā ziemā. Pretestības izmaiņas raksturo temperatūras koeficients, kas ir dots tabulā katra veida metāliskam vadītājam. Zinot šo koeficientu, tālāko aprēķinu izpilda ar formulu

$$\Delta R = R_1 \cdot \alpha \cdot \Delta t^{\circ}$$

kur R_1 – vadītāja pretestība pie 20° C ;

α - temperatūras koeficients Ω/K ;

Δt° – temperatūras pieaugums virs 20° C .

Metāls	Temperatūras koeficients α (Ω /K)
Alumīnijs	0,0039
Svins	0,0039
Zelts	0,0037
Dzelzs	0,0052-0,0062
Varš	0,0039
Magnijs	0,004
Nikelis	0,0059
Platīns	0,0036
Sudrabs	0,0038
Alva	0,0042
Volframs	0,0044

375. att. Temperatūras koeficients α dažādiem metāliem.

Piemērs:

350 m garam vara vadam pie 20° C pretestība ir 1,53 Ω . Par cik pieaugs pretestība, ja temperatūra palielināsies līdz 50° C?

Tabulā redzams, ka vara vadam - $\alpha = 0,0039 \Omega/K$.

$$\Delta R = R_1 \cdot \alpha \cdot \Delta t^\circ = 1,53 \cdot 0,0039 \cdot (50-20) = 0,179 \Omega$$

Vada pretestība pie 50° C ir:

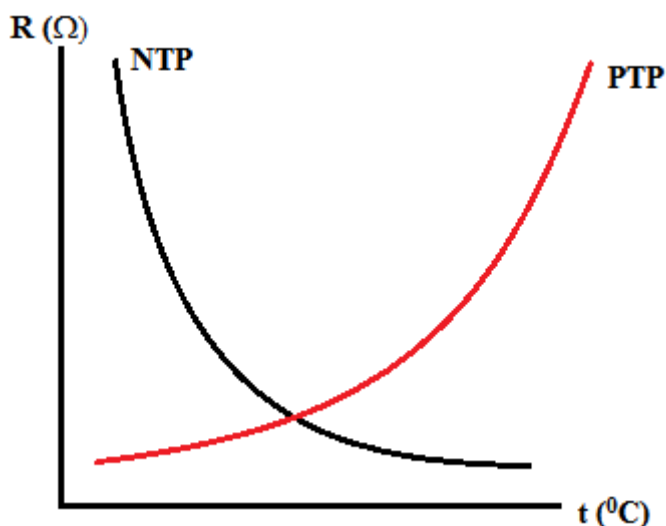
$$R_2 = R_1 + \Delta R = 1,53 + 0,179 = 1,709 \Omega.$$

Temperatūras kopsakarība ar pretestību.

Ja izdotos sasniegt absolūto nulles punktu, varš būtu ideāls elektrības vadītājs, jo pie 0 K = -273°C visiem vadītājiem pretestība būtu nulle ($K = \text{Kelvins, temperatūras mērvienība}$). Šo teorētisko īpašību sauc par supravadamību. Temperatūrai paaugstinoties, elektriskā vadītspēja samazinās. Tā tas ir vairumam elektrības vadītāju. Izskaidrojums ir vienkāršs, jo negatīvo elektronu plūsma vadā sastop, temperatūrai augot, pārējo elementārdaļiņu – neitronu, pozitronu papildus pretestību, it sevišķi tuvāk vadītāja virsmai, kur norisinās galvenā vadāmība. Tātad elektriskajai strāvai ir jāpārvar papildus “šķēršļu josla”.

Elektrības vadītājus, kuru pretestība palielinās, pieaugot temperatūrai, sauc par pozitīvajām termopretestībām (*angliski – positive temperature coefficient*). Tas ir raksturīgi elektrības vadītājiem, kuriem ir daudz brīvo elektronu. Saīsināti šos vadītājus apzīmē – “PTP”. Speciālā izpildījumā tos lieto kā iekārtu darba parametru regulēšanas līdzekli.

Speciāla materiālu grupa, kuras pretestība tieši pretēji tikko minētajam – paaugstinoties temperatūrai samazinās, sauc par negatīvajām termopretestībām. Saīsināti – “NTP”. Tos sauc arī par termistoriem, tādējādi atšķirot no iepriekšminētajiem – kurus sauc arī par termorezistoriem. Tie parasti ir pusvadītāji.

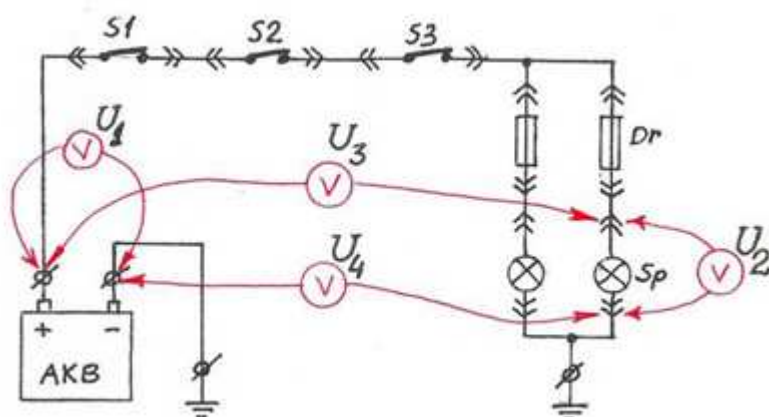


376. att. Pretestības izmaiņas atkarībā no temperatūras divām materiālu grupām.

Sprieguma zudumi spēkratu elektroinstalācijā

Ja uz akumulatora spailēm pie strādājoša dzinēja spriegums pie normālas darba temperatūras ir 13,5 līdz 14,2 volti, ķēdē nedrīkst zust vairāk par 0,4 V tuvās gaismas ķēdē un 0,7 V tālās gaismas ķēdē. Reāli tas ir tikai jauniem automobiļiem. Vecākos automobiļos, oksidējoties savienojumu vietām un apdegot slēdžu kontaktiem, šis sprieguma kritums ir lielāks, sasniedzot pat 2,5 un vairāk voltus. Līdz ar to galvenās gaismas kļūst tumšākas, izeja tiek meklēta nevis sakārtojot elektroinstalāciju, bet ievietojot lukturos jaudīgākas spuldzes (90/100 W), kā rezultātā slēdži un savienojumu vietas pārkarst un sakūst. Dārgākos automobiļos galvenās gaismas tiek komutētas ar releju palīdzību, līdz ar to samazinās galveno gaismu savienojumu un slēdžu skaits, kā arī kopējās strāvas ķēdes garums ir mazāks.

Noteikt sprieguma kritumu galveno gaismu ķēdē ir ļoti vienkārši. Atliek izmērīt spriegumu uz akumulatora spailēm (piem., 13,6 V) un spriegumu uz spuldzes spailēm (piem 12,2 V). Spriegumu starpība ($13,6 - 12,2 = 1,4\text{V}$) būs sprieguma kritums ķēdē. Sprieguma kritumu var mērīt arī uz pašas ķēdes – voltmetra “+” spaili pieslēdz akumulatora “+” spaiļei, “-” spaili – spuldzes spaiļei, izmēra sprieguma kritumu “+” ķēdē. Līdzīgi izmēra arī zudumus “-” ķēdē.

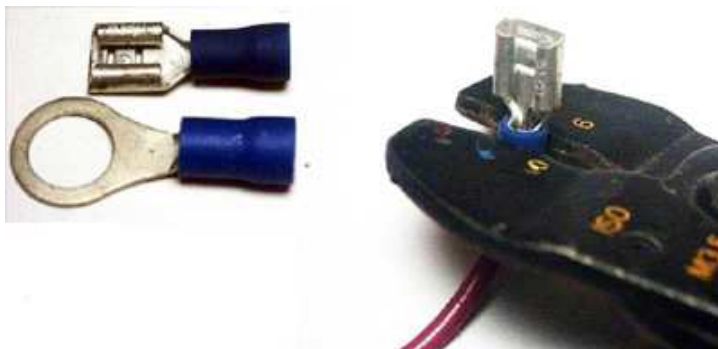


377. att. Sprieguma zudumu noteikšana tuvo gaismu ķēdē. U_1 – akumulatora spriegums, U_2 – Spriegums uz tuvās gaismas spuldzes kvēldiega, U_3 – sprieguma zudumi “+” ķēdē, U_4 – sprieguma zudumi “-” ķēdē

Ja kopējais sprieguma kritums pārsniedz 0,8 V, jāmeklē vājie savienojuma punkti. Parasti tie ir “+” ķēdē, retāk mīnusa ķēdē. Tā kā visi savienojumu punkti un slēdži ir pieejami, sprieguma kritumu ar jutīgu voltmetru jāmēra pa posmiem. Štekeru savienojumi jāiztīra, uz kontaktiem jāuzsmidzina “WD-40”, kurš aizkavēs to koroziju, un jāsavieno. Ja sprieguma kritums ir aizdedzes slēdzī, neieteiktu to demontēt un izjaukt. To pašu var teikt par centrālo slēdzi pie stūresrata. Šajos gadījumos vienkāršāk apgaismes ķēdi apgādāt ar relejiem, nekā mainīt minētos slēdžus. Jauni maksās dārgi, lietoti var izrādīties sliktāki par jau esošajiem.

Vadu savienošanu un uzgaļu un spaiļu pievienošanu vislabāk veikt lodējot. Ja nav lodāmura un lodēšanas piederumu, un nav arī nepieciešamās iemaņas, vadus var savienot ar citām metodēm.

Pēdējā laikā kļuvuši populāri ar elektrīku knaiblēm saspiežami savienojumi, kurus plaši lieto instalējot auto audiosistēmas. Jāatzīmē, ka šis ir visātrākais un ērtākais savienošanas veids, tomēr, neprasmīgi veicot, nav noturīgs.



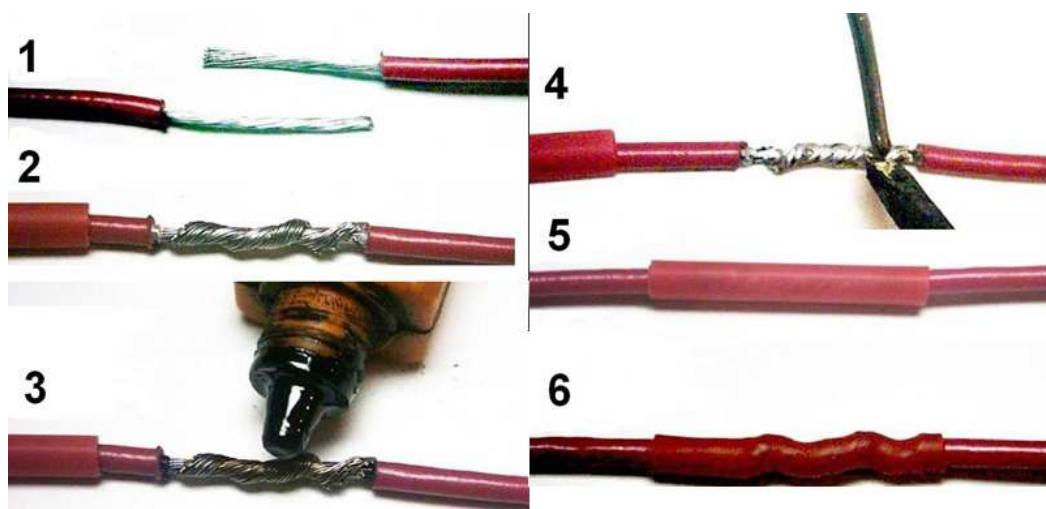
378. att. Vadus šādos uzgaļos iestiprina, tos saspiežot ar elektrīku knaiblēm

Ieguldījums tavā nākotnē

Vadu savienošanai var lietot arī 220V ķēdēm paredzētos skrūvējamus savienotājus, kuri nodrošina ilglaicīgu elektriski un mehāniski noturīgu savienojumu.

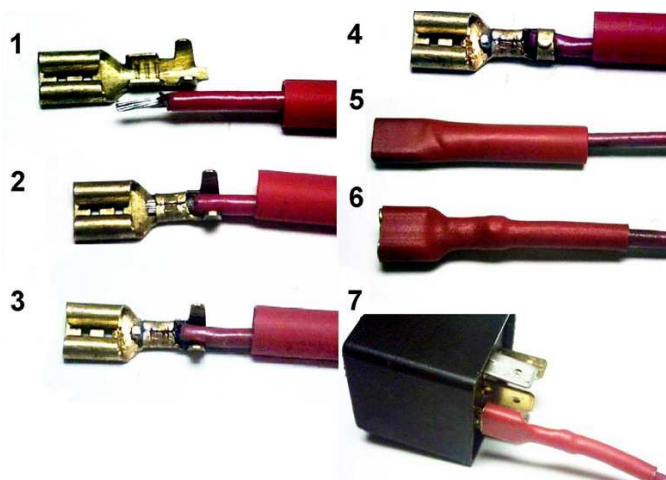


379. att. Skrūvējami savienojumi



380. att. Vada savienošana lodējot. 1- notīra savienojamo vadu izolāciju, uz viena no vadiem uzmauc termoplastisko izolācijas caurulīti, 2- savij vadus, 3- uz savienojuma uzpilina lodēšanas kusni, 4- salodē savienojumu, sekojot, lai lodalva aizpilda visu savīto vadu tilpumu, 5- uz savienojuma uzmauc caurulīti, 6- uzsildot caurulīti ar celtniecības fēnu, iegūst pietiekami labi izolētu un arī hermētisku savienojumu

Ieguldījums tavā nākotnē



381. att. Uzgaļa pievienošana vadam, to pielodējot. 1- notīra vadu un uzmauc tam atbilstoša diametra termoplastisko caurulīti, 2- ar elektriķa knaiblēm vadu iespiež uzgaļa stiprinājumā, 3- savienojumu salodē, 4- saspiežot otru stiprinājumu, nostiprina vada izolēto daļu, 5- uz uzgaļa uzmauc caurulīti, 6- caurulīti uzsilda ar celtniecības fēnu, 7- vadu ar uzgali pievieno relejam

Veicot elektroinstalācijas darbus, piemēram, miglas lukturu uzstādīšanu, jāņem vērā strāvas stiprums jaunizveidotajā ķēdē. Tas nozīmē, jo stiprāka strāva, jo resnāki vadi jālieto. Lai vadi nekarstu un uz tiem neveidotos liels sprieguma kritums, strāvas blīvums vadā nedrīkst pārsniegt **5A/mm²**. Jo garāks vads, jo strāvas blīvums jāizvēlas mazāks. Piemēram, uzstādot papildus lukturus ar 100 W jaudu katram, vada šķērsriezumu aprēķina šādi **100W:12V: 3 = 2,8 mm²**, kur 3 - strāvas blīvums vadā. Šajā gadījumā var izvēlēties vadu ar standarta šķērsriezumu 2,5 mm².



382. att. Nekvalitatīvs vadu savienojums

Vispirms izslēdz visus strāvas patērētājus un atver motorvāku (vai bagāžnieka vāku – tas atkarīgs no tā, kur novietots akumulators) un aizver durvis. Jāpārlicinās, vai pie vāka atvēršanas neiedegas salona apgaismojums, ja tas iedegas, jānobloķē slēdzis, vai, ja tas iebūvēts slēdzenē, apgaismojums jāizslēdz vai pat jāizņem spuldzes. Neizslēdzamas spuldzes ir iebūvētas durvīs, minivenu griestos un arī citur. Atbrīvo akumulatora “-” spaiļes uzgaļa skrūvi, un pievienojot miliampēmetra “+” spaiļi pie uzgaļa, bet “-” pie akumulatora un uzmanīgi, lai nepārtrauktu strāvas

Ieguldījums tavā nākotnē

ķēdi, atvieno uzgali. Izmērītā strāva nedrīkst pārsniegt 30 mA, ja automobilis apgādāts ar signalizāciju un audiosistēmu, kura atrodas “stand by” stāvoklī. Bez signalizācijas un ar primitīvu autorādio aprīkota automobiļa strāvas noplūdei jābūt mazākai – dažī miliampēri. Kādēļ nedrīkst pārraut strāvas ķēdi? Atslēdzot un pieslēdzot signalizāciju, atkarībā no tās tipa, tā var sākt gaudot. Atslēdzot audiosistēmu un to atkārtoti ieslēdzot, notiks tās kondensatoru uzlāde utt. Tas izsauks spēcīgu strāvas impulsu, ko mērinstruments var neizturēt. Ilgstoši atslēdzot akumulatoru, nojuks vadības bloku un borta kompjūtera iestatījumi. Ja miera strāva pārsniedz 50 mA, jāatslēdz audiosistēma un signalizācija.

Piemērs:

Aprēķināt faktiskos sprieguma zudumus gabarītgaismu spuldzes vados, ja tā pieslēgta 12 V akumulatoru baterijai un spriegums uz spuldzes ir 11,6 V

Sprieguma zudumi vados:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 12 - 11,6 = 0,4V \text{ vai}$$
$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_2} \times 100 = \frac{0,4}{11,6} \times 100 = 3,4\%.$$

7. Elektropiedziņas un vadības aparatūra

7.7. Aizsardzības zemēšana un nullēšana, izpilde, prasības, noteikumi

Stundas tēma: Aizsardzības zemēšana un nullēšana, izpilde, prasības, noteikumi

Stunda: 35 – 36 (80 min.)

Stundas mērķis:

1. Izprast aizsardzības zemēšanas un nullēšanas nozīmi elektriskajos tīklos ;
2. Analizēt aizsardzības zemēšanas un nullēšanas izpildes prasības un noteikumus;
3. Apgūt zemēšanas un nullēšanas paņēmienus dažādām elektroietaisēm elektromotoriem, elektrotīkliem dzīvojamajās telpās;
4. Prast izvēlēties zemēšanas vai nullēšanas paņēmieni izvērtējot situāciju;

Stundas metode:

Demonstrējums ar projektoru un stāstījums.

Audzēkņu zināšanu pārbaude:

Kontroldarbs ar paaugstinātas grūtības jautājumiem vai testa jautājumi.

Jaunās vielas izklāsts:

1. Aizsardzības zemēšana un nullēšana, izpilde, prasības, noteikumi;
2. Aizsardzības zemēšanas un nullēšanas atšķirības un to pielietojums;
3. Riska faktoru ievērošana, zemēšanas un nullēšanas nepieciešamība;

Izmantojamā literatūra:

- Andris Baltiņš „Zemsprieguma elektriskie aparāti” 2008., 348 lapaspuses, J.L.V.;
- Elektroslēdži <http://sdelajsam.ru/elektrika/rozetki/00002.html> 2012.01
- Jānis Dirba „Transporta elektriskās mašīnas” Jumava 2002 344 lapaspuses
- Elektrotīkli http://www.remsam.com/elektrika_shema_razvodki.php 2011.09

7.7. AIZSARDZĪBAS ZEMĒŠANA UN NULLĒŠANA, IZPILDE, PRASĪBAS, NOTEIKUMI

Zemēšana un nullēšana

Zemēšana, zemējuma ietaise, zemētājs un nullēšana ir dažādi termini, kurus nedrīkst sajaukt.

Ar zemēšanu saprot:

- Elektroietaišu daļu apzinātu savienošanu ar zemējuma ietaisi.
- Tādā veidā atšķirībā no zemējuma ietaises un zemētāja zemēšana ir process (darbība).



383. att. sazemējuma apzīmējums

Zemējuma ietaise:

- Ir zemētāja un zemēšanas pievadu kopums.
- Zemētājs ir vadītājs vai vadītāju grupa, kas atrodas tiešā saskarē ar zemi.
- Zemēšanas pievadi ir vadītāji, kas savieno zemētāju ar noteiktām elektroietaišu daļām.

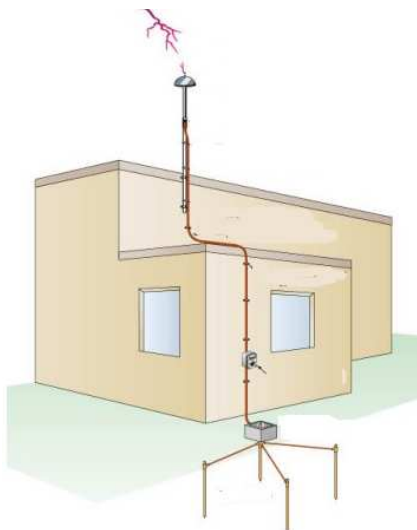
Zemētas neitrāles tīklos ar spriegumu līdz 1000 V zemējumietaisēm jābūt savienotām ar nullvadu, bet tam savukārt — ar transformatora vai ģeneratora neitrāli. Tad šādu zemēšanu sauc par nullēšanu. Izolētas neitrāles tīklos lieto tikai zemēšanu. Rekomendē dažāda sprieguma un nozīmes zemējumietaisies apvienot vienā kopīgā sistēmā, lai dažos tīkla režīmos nerastos potenciālu starpība starp atsevišķiem zemējumiem. Turklāt apvienotās zemējumietaisies pretestībai jāapmierina tās iekārtas prasības, kurai pieļaujamā zemējumpretestība ir vismazākā.

Zemējuma ietaises atkarībā no nozīmes var veikt dažādas funkcijas un tās iedala:

- atmosfēras pārsprieguma,
- darba un
- aizsardzības zemējuma ietaisēs.

Atmosfēras pārsprieguma zemējuma ietaises paredzētas stieņveida un trošu zibensnovedēju un pārsprieguma novadītāju zemēšanai un zibens impulsvēda strāvas novadīšanai zemē.

Darba zemējuma ietaises nepieciešamas noteikta elektroietaisies režīma radīšanai normālos un avārijas apstākļos.



384. att. Zemējums ietaise zibensnovedējam

Aizsardzības zemējuma ietaise paredzēta cilvēku un lauksaimniecības dzīvnieku aizsardzībai no elektriskās strāvas bīstamās iedarbības, līnijas (fāžu) vadam nejauši savienojoties ar elektroietaisi metāla daļām, kas normālos apstākļos strāvu nevada vai neatrodas zem sprieguma.

Daudzos gadījumos viena un tā pati zemējuma ietaise var veikt vairākas funkcijas, piem., var būt par darba un aizsardzības zemējuma ietaisi.

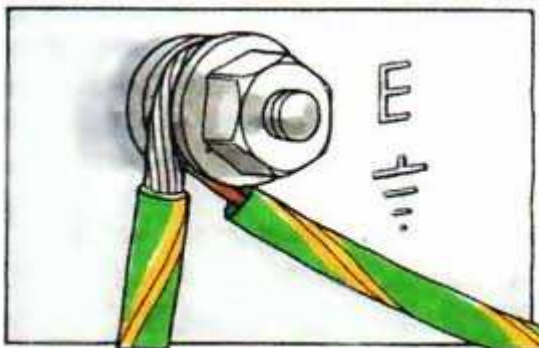
Pieņemts izšķirt dabiskos un mākslīgos zemētājus:

- Dabiskie zemētāji ir zemē ieraktas ūdensvada un citas metāla caurules (izņemot degošu vai sprāgstozu šķidrums un gāzu cauruļvadi), urbumu nostiprināšanas caurules, ēku un būvju metāla konstrukcijas un dzelzsbetona konstrukciju armatūra utt.
- Gadījumos, kad nav iespējams izmantot dabiskos zemētājus vai arī to pretestība pārsniedz pieļaujamo lielumu, izmanto mākslīgos zemētājus, kurus izveido no 2,5...3 m gara vertikāli zemē iedzīta leņķtērauda (50x50x5 mm), nekondīcijas caurules (diametrs 20 mm), apaļtērauda (diametrs 6 mm), Zemētājus savā starpā savieno ar horizontālu plakantēraudu (40x4 mm) vai apaļtēraudu (diametrs 10 mm) metināšanas ceļā.
- Projektējot un būvējot zemējuma ietaise, vispirms jāievēro un jāizmanto dabiskie zemētāji.

Par zemēšanas pievadu izmanto:

- ēku un būvju metāla konstrukcijas, kā arī rūpniecības nozīmes konstrukcijas: elektroinstalācijas tērauda caurules, stacionārus, atklāti ierīkotas jebkuras nozīmes metāla cauruļvadu (izņemot tos, kas paredzēti degošu un sprādzienbīstamu maisījumu transportēšanai), metāla kopnes, celtņu sliežu ceļus utt., kā arī apaļtēraudu, kura diametrs (ēkās - 5 mm, āra ietaisēs un zemē - 6 mm), plakantēraudu, kura šķērsriezums (ēkās - 24 mm², āra ietaisēs un zemē - 48 mm²) u.c.

Zemējuma ietaises galvenais raksturotājs ir tās pretestība, kas ir vienāda ar zemētāja un zemēšanas pievadu pretestību summu.



385. att. PEN (Protecting earth neutral) sazemējums

Pretestība zemējuma ietaisei, pie kuras pievienotas ģeneratoru un transformatoru neitrāles 380/220 V spriegumu elektroietaisēm, nedrīkst būt lielāka par 40Ω . Turklāt vispirms jāizmanto dabiskie zemētāji, kā arī elektropārvades līniju (ar spriegumu līdz 1000 V) neitrālā vada atkārtoto zemējuma zemētāji, ja aizejošo līniju skaits nav mazāks par divām. Taču mākslīgā zemētāja (pie kura pievienotas ģeneratoru un transformatoru neitrāles) pretestībai jābūt ne lielākai par 30Ω 380/220 V spriegumu elektroietaisēm.

Katras pārvades gaisvadu līnijas neitrālā vada visu atkārtoto zemējuma ietaišu kopējai pretestībai jābūt ne lielākai par 10Ω 380/220 V spriegumu elektroietaisēm. Turklāt katras atkārtoto zemējumu zemējuma ietaises pretestībai nav jābūt lielākai par 30Ω 380/220

Ja zemes īpatnējā pretestība R_Z ir lielāka par $100\Omega \cdot m$, tad atļauts palielināt norādītos zemējuma ietaišu pretestību lielumus $\frac{R_Z}{100}$ reizes, bet ne vairāk kā 10 reizes.

Aizsardzības zemējums tiek ierīkots tādēļ, lai strāvu vadošām daļām savienojoties ar elektroietaišu metāla korpusiem, aizsargātu apkalpojošā personāla dzīvību.

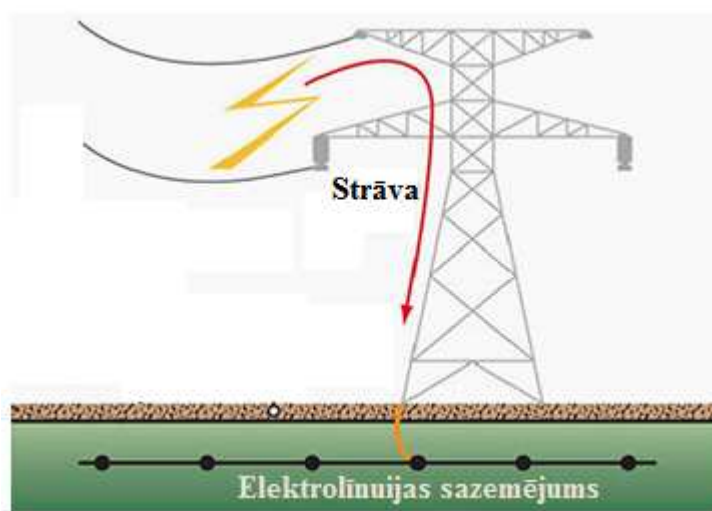
Aizsardzības zemējums ir drošs līdzeklis elektroietaišu metāla daļu sprieguma (potenciāla) samazināšanai līdz pieļaujamai robežai avārijas apstākļos. Aizsardzības zemējumu lieto visām elektroietaisēm ar spriegumu virs 1000 V.

Lauku elektroietaisēs ar spriegumu līdz 1000V, kurām ir zemēta neitrāle (380/220 V tīkli), aizsardzības zemējumu izveido, savienojot elektroietaišu metāla daļas, kas normālā stāvoklī neatrodas zem sprieguma, ar tīkla neitrālo vadu. Šo procesu sauc par **nullēšanu**.

Ieguldījums tavā nākotnē

Neitrālo vadu zemē transformatoru apakšstacijās (tas reizē ir ne tikai aizsardzības, bet arī - darba zemējums) un gaisvadu līniju balstiem (šeit zemējuma ietaises ierīko elektropārvades līniju aizsardzībai pret pārspriegumu). Neitrālā vada atkārtota zemēšana nodrošina mazu pieskaršanās spriegumu elektroietaisēm vienfāzes īsslēguma gadījumā (ja bojāta izolācija), kā arī gadījumā - ja pārtrūkst neitrālais vads un izzūd elektriskā saite ar transformatora apakšstacijas zemējuma ietaisi.

Neitrālā vada atkārtoto zemējumu zemēšanas ietaises ierīko gaisvadu līnijās ne retāk kā pēc katriem 250 m, līnijas galos (sākumā un beigās), līnijas atzarojumos (ja to garums ir lielāks par 200 m), ka arī ēku ievados (pēdējā balstā).



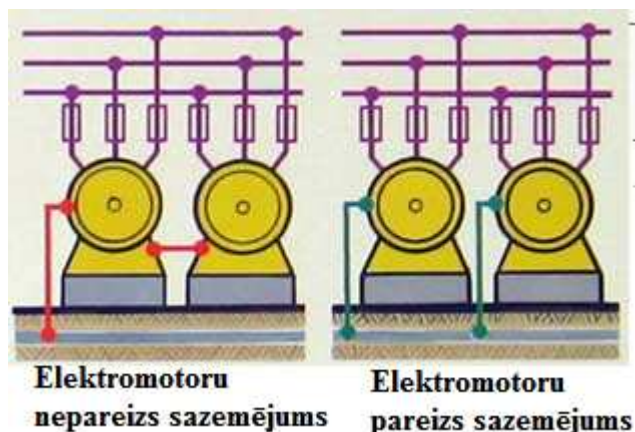
386. att. EPL bojājumu gadījumā strāva plūst uz sazēmējumu

Aizsardzības zemējuma nozīme:

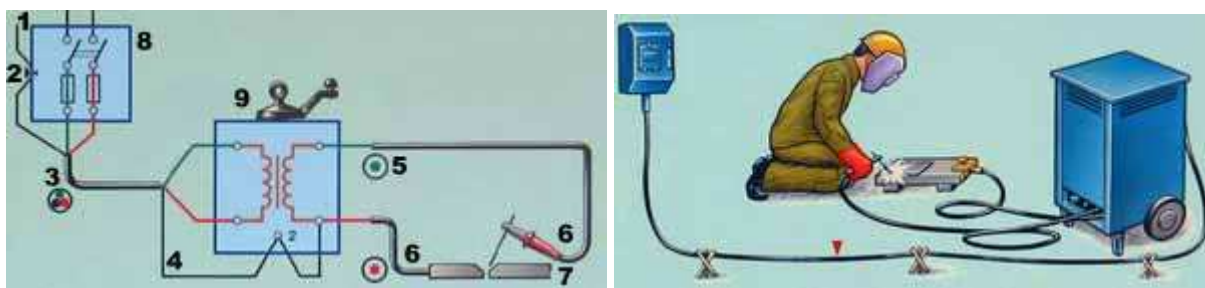
Elektroietaisies izolācijas bojājuma gadījuma strāvu vadošās daļas tieši savienojas ar tās metāla korpusu, kā rezultātā uz korpusa rodas elektriskais potenciāls. Tā, ka zemei ir cits potenciāls, tad uz cilvēku, kurš atrodas uz zemes un ir pieskāries minētai ietaisei, iedarbojas potenciālu starpība jeb spriegums. Šādas pieskaršanās bīstamību nosaka caur cilvēka ķermeni plūstošas strāvas stiprums, kas ir atkarīgs no pieliktā sprieguma vērtības un cilvēka pašreizējās ķermeņa pretestības.

Ja cilvēks pieskaras pie bojātas elektroietaisies korpusa, kas izolēts no zemes, tad cilvēks ir ieslēgts elektriskajā ķēdē, kuras pretestību sastāda: bojātās fāzes pretestība (uz korpusa) - cilvēka pretestība - zemes pretestība - transformatora apakšstacijas zemējuma pretestība. Ja kopējā šīs ķēdes pretestība ir tāda, ka caur cilvēku plūstošā strāva I_C ir lielāka par pieļaujamo, tad nelaimes gadījums var būt nāvējošs.

Ieguldījums tavā nākotnē



387. att. Elektroietaisies sazemējums

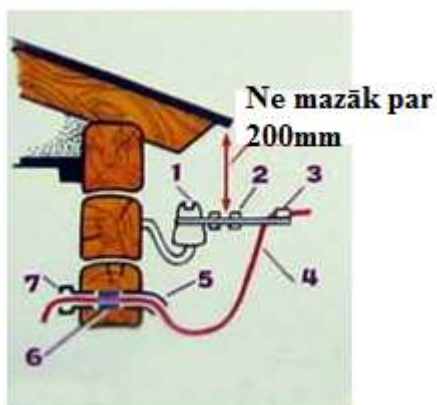


389. att. Metināmā aparāta pieslēgšana tīklam (1. Nullesvads, 2. Saņemējuma skrūve, 3. Barošanas trīsdzīslu kabelis, 4. Saņemējuma dzīsla, 5. Viendzīslas kabelis, 6. Elektrodturētājs, 7. Metināmā detaļa, 8. Slēdzis, 9. Metināšanas transformators)

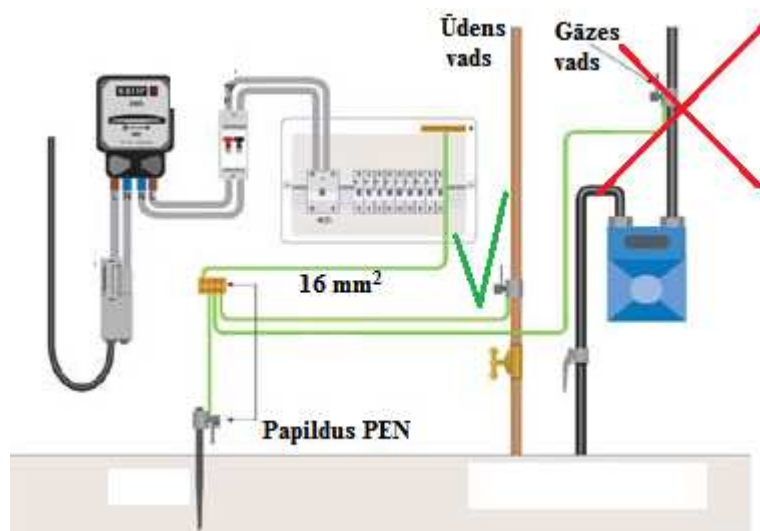


390. att. Elektrobīstamība

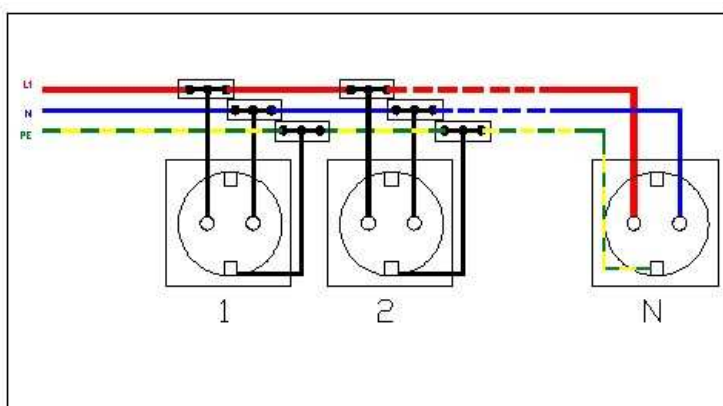
Ieguldījums tavā nākotnē



391. att. Elektrotīkla fāzes pievads



392. att. Atļauts sazemējums ir ūdensvads, bet aizliegts gāzes vads.



393. att. Elektrotīklojums

Par nullēšanu sauc:

Elektroenerģijas patērētāju metāla korpusu savienošanu ar barojošā transformatora vai ģeneratora neitrāli, ko veic ar neitrālā vada palīdzību. Nullēšanai jānodrošina tīkla posma, kurā radies saslēgums, droša automātiska atslēgšana.



Ieguldījums tavā nākotnē

Pateicoties nullēšanai, jebkurš saslēgums ar patērētāja korpusu pārvēršas īsslēgumā, un tādēļ drošinātājs vai automāts tūlīt atslēdz to tīkla posmu, kurā notikusi avārija.

Nullēšanas izpilde:

Nullēšanu veic, savienojot elektroiekārtu korpusus ar tīkla neitrālo vadu. Izpildot nullēšanu, katras elektroiekārtas korpusi jāpievieno pie tīkla neitrālā vada ar atsevišķu vadu, ko sauc par nullēšanas pievadu, vairāku elektroiekārtu korpusu ieslēgšana nullēšanas pievadā virknes slēgumā ir aizliegta.

Strāvu vadošo daļu zemēšana un atslēgšana reaģējot uz bojājumu

Aizsardzības shēma TT

Diferenciālslēdži (shēma TT)

Pirmā aizsargājamo spriegumaktīvo daļu izolācijas bojājuma parādīšanās izraisa:

- Bojājuma īsslēguma strāvu, kas plūst uz zemi.
- Bojājuma spriegumu starp strāvu vadošu daļu un zemi, kas var nodarīt kaitējumu personām, kas pieskartos masai.

Parasti šis spriegums var būt bīstams, ja nav atslēgšanas iekārtas, kas ierobežo tā iedarbības ilgumu. Diferenciālslēdži (Atlikumstrāvas aizsardzības ierīces) ir automātiskas atslēgšanas ierīces, kas ir jutīgas pret strāvas noplūdēm (I_D) un nejutīgas normālas darbības apstākļos. Tas nozīmē, ka šie diferenciālslēdži atslēdz ietaisi vienīgi tajos gadījumos, ja to kontrolētajās ķēdēs cirkulē noplūdes strāvas:

$I_D > I_N$, kur I_N ir diferenciālslēdža jutīguma nominālā vērtība. Ņemot vērā to, ka kopējā elektroietaise tiek izmantota dažādos veidos (apgaismojumam vai iekārtu darbināšanai), un lai nepieļautu gadījumus, ka pēc strāvas noplūdes kādā iekārtā relatīvi viegli izietu no ierindas visa sistēma, kopējā elektroinstalācija tiek sadalīta vairākās atsevišķās līnijās, kuras tiek aizsargātas ar attiecīga jutīguma diferenciālslēdži, galveno strāvas avotu nodrošinot ar mazāka jutīguma diferenciālslēdži.

No pazeminošajiem transformatoru punktiem līdz patērētājiem dzīvojamās mājās tiek novilkta 3 vai 4 elektrolīnijas – gaisvadu, piekar kabeļu vai kabeļu. Papildus vēl tagad tiek lietots aizsardzības kabelis PEN, kas ir saīsinājums no angļu valodas “Protective Earth Neutral” – zemes aizsardzības neitrāle. To parasti lieto kopā ar aizsarg slēdži. Šajā sakarībā ir jāzina zemēšanas sistēma un tās varianti.

Atslēgšanas iekārtas, kas reaģē uz bojājuma spriegumu (shēma TT)

Šajā gadījumā aizsardzība tiek panākta ar sprieguma releju, kas nepieļauj pārmērīgi augstu kontakta spriegumu tajā iekārtas zonā, kas neveido kontūra aktīvo daļu. Parādoties bīstamajam spriegumam, šī ierīce atslēdz strāvu visos aktīvajos vadītājos. Iekārta iedarbojas brīdī, kad bojātajā iekārtā spriegums sasniedz maksimālo līmeni — 50 V sausās vai 24 V mitrās vietās. Aktīvo vadītāju atslēgšanai jānotiek piecu sekunžu laikā.

TT ir viens no iespējamiem zemēšanas veidiem. Lietotajiem apzīmējumiem ir šāda nozīme:

Pirmais burts: elektrosistēmas un zemes saistība:

T - viena punkta tiešs savienojums ar zemi;

I - visas spriegumam pieslēgtās daļas izolētas no zemes vai viens punkts savienots ar zemi caur pretestību.

Otrais burts:

T - atklātu strāvu vadošu daļu tiešs elektrisks savienojums ar zemi neatkarīgi no jebkura elektrosistēmas punkta zemēšanas;

N - atklātu strāvu vadošu daļu tiešs elektrisks savienojums ar elektrosistēmas zemēto punktu (maiņstrāvas sistēmās zemētais punkts parasti ir neitrālpunkts vai, ja neitrālpunkts nav pieejams, fāzes vadītājs).

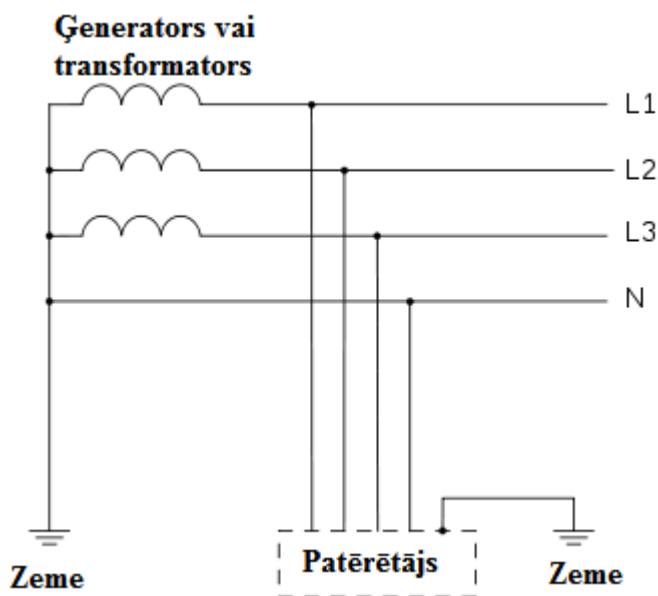
Pārējie burti (ja tādi ir): Neitrāles un aizsargājošo vadītāju izveidojums:

S - aizsargājošo funkciju nodrošina no neitrāles vai no zemēta spriegumaktīva vadītāja (maiņstrāvas sistēmās — no zemēta fāzes vadītāja) atsevišķs vadītājs;

C - neitrāles un aizsargājošās funkcijas nodrošina viens vadītājs (PEN vadītājs).

PEN vadītājs ir zemēts vadītājs, kas veic gan aizsargvadītāja, gan neitrāles vadītāja funkcijas.

TT sistēmai ir viens tieši zemēts punkts, un ietaises atklātas strāvu vadošas daļas ir savienotas ar zemētājiem elektriski neatkarīgi no elektrosistēmas zemētājiem.



394. att. TT zemējuma sistēma

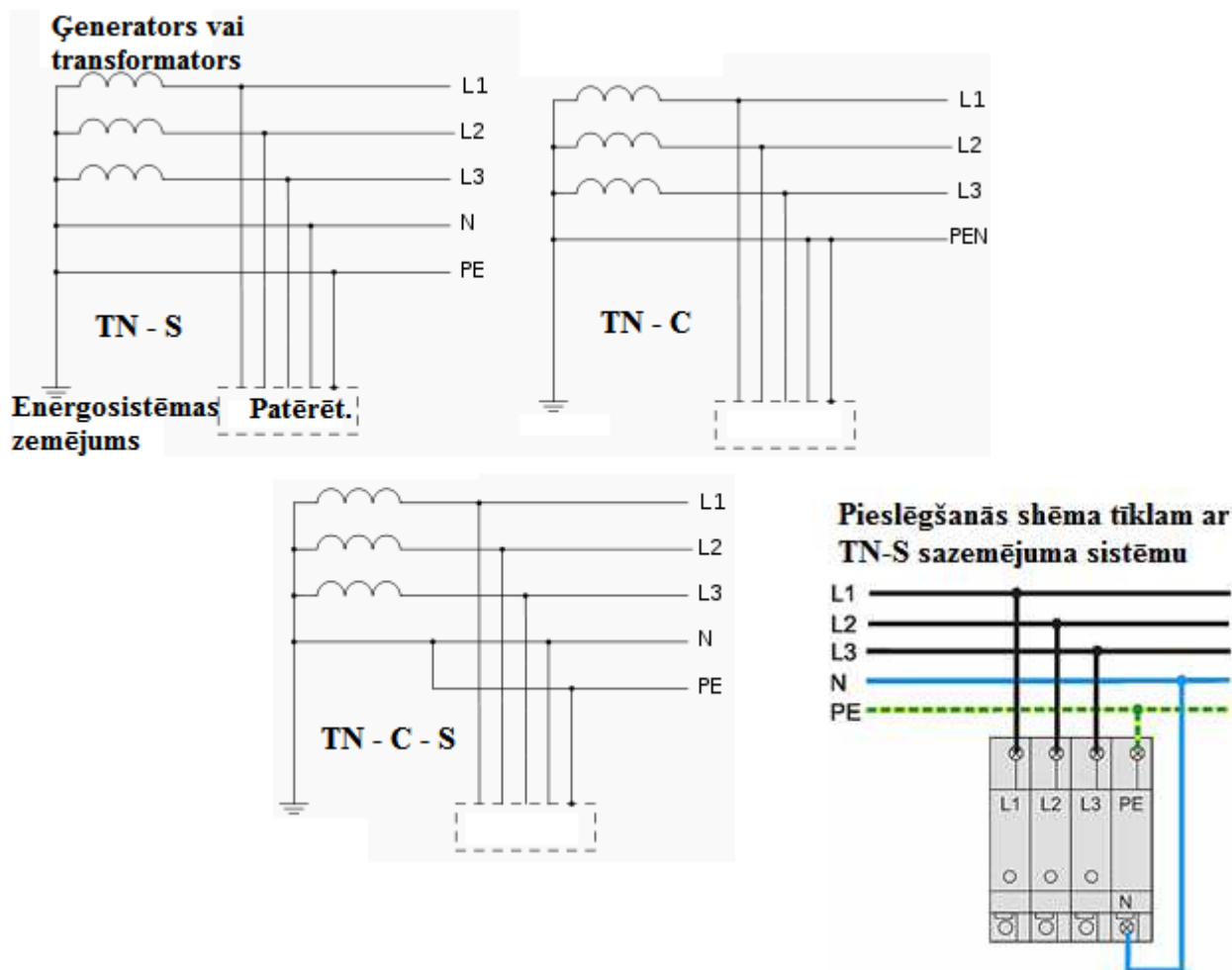
Strāvu vadošu daļu savienošana ar nulles vadu un atslēgšanas iekārtas, kas reaģē uz strāvas noplūdēm (shēma TN)

Šajā sistēmā tiešie izolācijas bojājumi transformējas par īsslēgumiem starp fāzi un nulles vadu, izraisot ātru atslēgšanas ierīču nostrādi. Rodoties pirmajam tiešajam bojājumam, aizsardzībai ir jānostrādā ātrāk nekā piecu sekunžu laikā.

Iekārta saņem strāvu no transformatora, kuru neizmanto citi patērētāji un kas nebaro citas shēmā TN neietilpstošas ķēdes. Aizsardzības vadītājam obligāti jābūt savienotam ar visām nozīmīgajām strāvu vadošām daļām, konstrukcijām, caurulēm u.c.

TN elektrosistēmām ir viens tieši zemēts punkts, un ietaises atklātās strāvu vadošās daļas ir savienotas ar šo punktu ar aizsargājošiem vadītājiem. Atkarībā no neitrāles un aizsargājošo vadītāju izveidojuma izšķir šādus trīs TN sistēmu veidus:

- TN-S sistēma — atsevišķs aizsargājošais vadītājs visā sistēmā;
- TN-C-S sistēma — neitrāles un aizsargājošās funkcijas ir apvienotas vienā vadītājā kādā sistēmas daļā;
- TN-C sistēma — neitrāles un aizsargājošās funkcijas ir apvienotas vienā vadītājā visā sistēmā.



395. att. Tīklu sazemējumu sistēmas

Aizsardzības galvenie uzdevumi ir:

- 1) Aizsardzība no elektriskās strāvas iedarbes, galvenie paņēmieni – strāvas samazināšana, ātra atslēgšana,
- 2) Aizsardzība no tiešas pieskārsšanās ar nominālās diferenciālās strāvas atslēdži, ja $I \geq 30 \text{ mA}$,
- 3) Aizsardzība no netiešās pieskārsšanās – lieto nesazemētu potenciālu izlīdzināšanas sistēmu.

Parasti vienfāzīgā zemesslēguma aizsargatslēdži tiek izgatavoti minimālajai atslēgšanas strāvai **20-30 mA**, ar nostrādes laiku **20-30 ms**. Ja šāda strāva plūst caur cilvēka ķermeni ilglaicīgāk, sākas krampji, elpošanas traucējumi un var būt pat nāvējošas sekas.

Zemētāji un zemēšanas pievadi

Visas elektroiekārtas metāliskās daļas, kuras izolācijas bojāšanās gadījumā var nokļūt zem sprieguma, jāzemē.

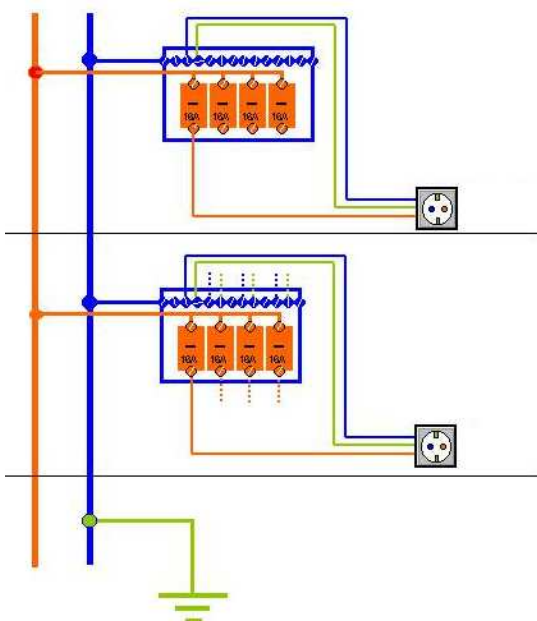
- 1) transformatoru, elektrodzinēju, darbu galdu un elektrisko aparātu korpusi;
- 2) elektrisko aparātu piedziņas;
- 3) mērtransformatoru sekundārie tinumi;
- 4) vadības un aizsardzības paneļi;
- 5) sadales skapji;
- 6) apakšstaciju un sadaļu metāla konstrukcijas;
- 7) spēka un kontrolkabeļu metāliskās bruņas;
- 8) pārvietojamās elektroietaisies un elektroinstrumenti u. c.

Nav jāzemē:

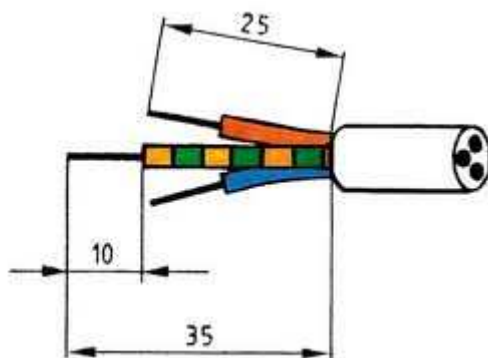
- 1) izolatoru kāši un piekararmatūra koka balstos;
- 2) iekārta, kas novietota uz sazemētām metāliskām konstrukcijām;
- 3) releju un mērinstrumentu korpusi;
- 4) elektropatērētāji ar divkāršu izolāciju;
- 5) sadales ietaišu, skapju un paneļu durvis.

Izveidojot zemējumu, vispirms jāizmanto dabīgie zemētāji: ūdensvada vai cita veida caurules (izņemot degvielu caurules), metāla konstrukcijas, dzelzsbetona armatūra, kabeļu metāla apvalki (izņemot alumīniju) un citi dabiskie zemētāji. Ja zemējuma pretestība ar dabiskiem zemētājiem atbilst normām, mākslīgo zemējumu nebūvē. Elektroietaisēm ar dažādiem spriegumiem izveido vienu kopēju zemētāju. Šādā gadījumā zemējuma pretestībai jāatbilst tās elektroietaisies prasībām, kuras zemējuma pretestībai jābūt mazākai.

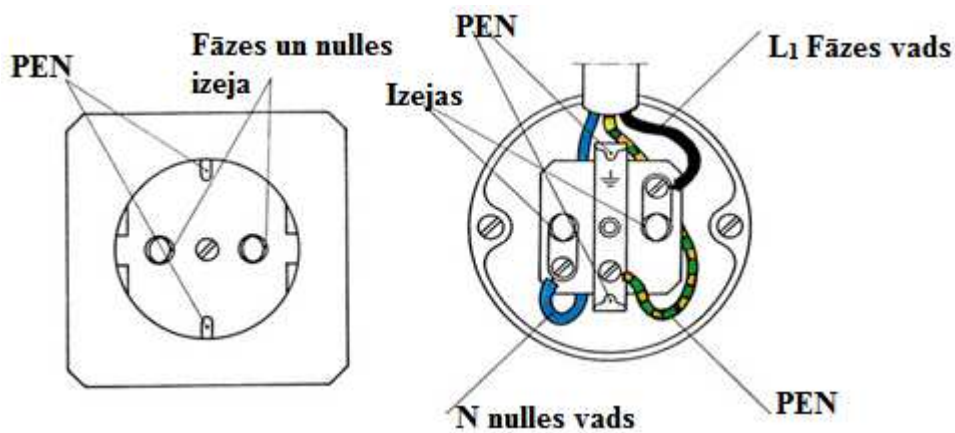
Ja dabisko zemētāju nav vai to zemējuma pretestība neatbilst normām, jāierīko mākslīgie zemētāji. Tie ir zemē iedzīti tērauda stieņi, tērauda leņķi un caurules vai horizontāli zemē novietoti tērauda stieņi vai lentas.



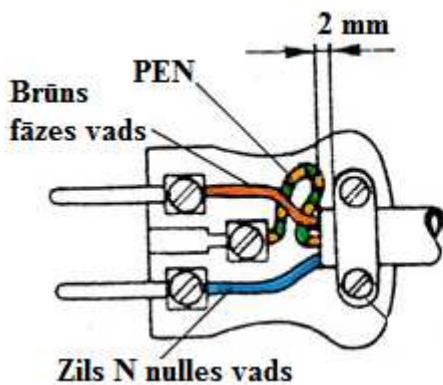
396. att. Dzīvokļu rozešu saņemējums



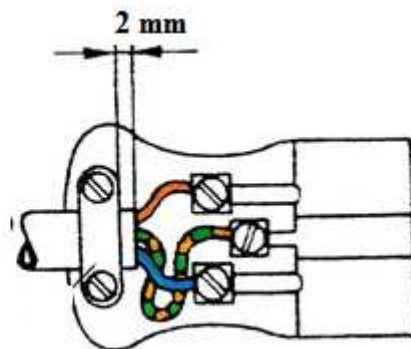
397. att. Vads, kabelis ar fāzes nulles un neitrālvadu



398. att. Pareizs rozetes pievienojums



399. att. Kontaktdakšas pievienojums



400. att. Kontakligzdas pievienojums



Ieguldījums tavā nākotnē

IZMANTOTOJAMĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Andris Baltiņš „Zemsprieguma elektriskie aparāti” 2008., 348 lapaspuses, J.L.V.;
2. Elektrodzinēji <http://www.xn--80addceesnhi0axzh6mb.com.ua/faq/> 2012.01
3. Elektroslēdži <http://sdelajsam.ru/elektrika/rozetki/00002.html> 2012.01
4. Jānis Dirba „Transporta elektriskās mašīnas” Jumava 2002 344 lapaspuses
5. Automobiļu elektrosistēmas http://autumn.ru/izh-21261/izh-44884-10.m_id-6369.html 2012
6. Ģirts Egils Lagzdīns „Pamatkurss elektrotehnikā” 2008., 220 lappuses, Jumava;
7. Spēkratu starteri <http://www.avtonov.svoi.info/starter.php> 2012.01
8. Automotive Electrics, Automotive Electronics BOSCH 5th edition Robert Bosch GmbH 2007
9. Automātika http://www.automation2000.com/option_IB_en.html 2011.12
10. Elektrotīkli http://www.remsam.com/elektrika_shema_razvodki.php 2011.09
11. J. Ozoliņš „Automobiļu un traktoru elektroiekārtas” Ozolnieki 2004.;
12. Automotive Handbook 7th edition BOSCH Wiley 2007
13. Elektriskās ķēdes <http://www.allaboutcircuits.com/worksheets/acmcc.html> 2011.10
14. Elektronikas pamati <http://www.ibiblio.org/kuphaldt/electricCircuits/index.htm> 2011.11
15. Eiropas darba drošības un veselības aizsardzības aģentūra „Ar elektrību saistītie riska faktori” <http://osha.lv/lv/publications/docs/strava.pdf> 2012.01
16. Ilmārs Žanis Klegeris „Lietišķā elektrotehnika” Studiju materiāli, Jelgava 2007
17. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ ЗАО «РОЛЬФ ХОЛДИНГ» 2005g
M-STEP Mitsubishi motors
18. A. Galiņš „Elektrozīnību teorētiskie pamati” Mācību metodiskais līdzeklis Jelgava 2008
19. „Electricity” Howard H. Gerrish and William E. Dugger Jr. and Kenneth DeLucca 2009
20. James E. Duffy „Modern Automotive Technology, 7th Edition” 2009
21. Gerigk P., Bruhn D., Danner D. u.a. Kraftfahrzeugtechnik.-2004.
22. James E. Duffy. Modern automotive technology.- 2004.
23. Michelsen S. O., Leinn M. “Elektronikk. Grunnkurs elektrofag.- Oslo. Universitetsforlaget . 1994.
24. Tomariņš K., Zablovskis E. Radioelektronika.- Rīga: Zvaigzne, 1985.
25. J. Zolbergs. Vispārīgā elektrotehnika. – R., Zvaigzne, 1974
26. V. Kitajevs. Elektrotehnika un rūpniecības elektronikas pamati, - R., Zvaigzne, 1988.