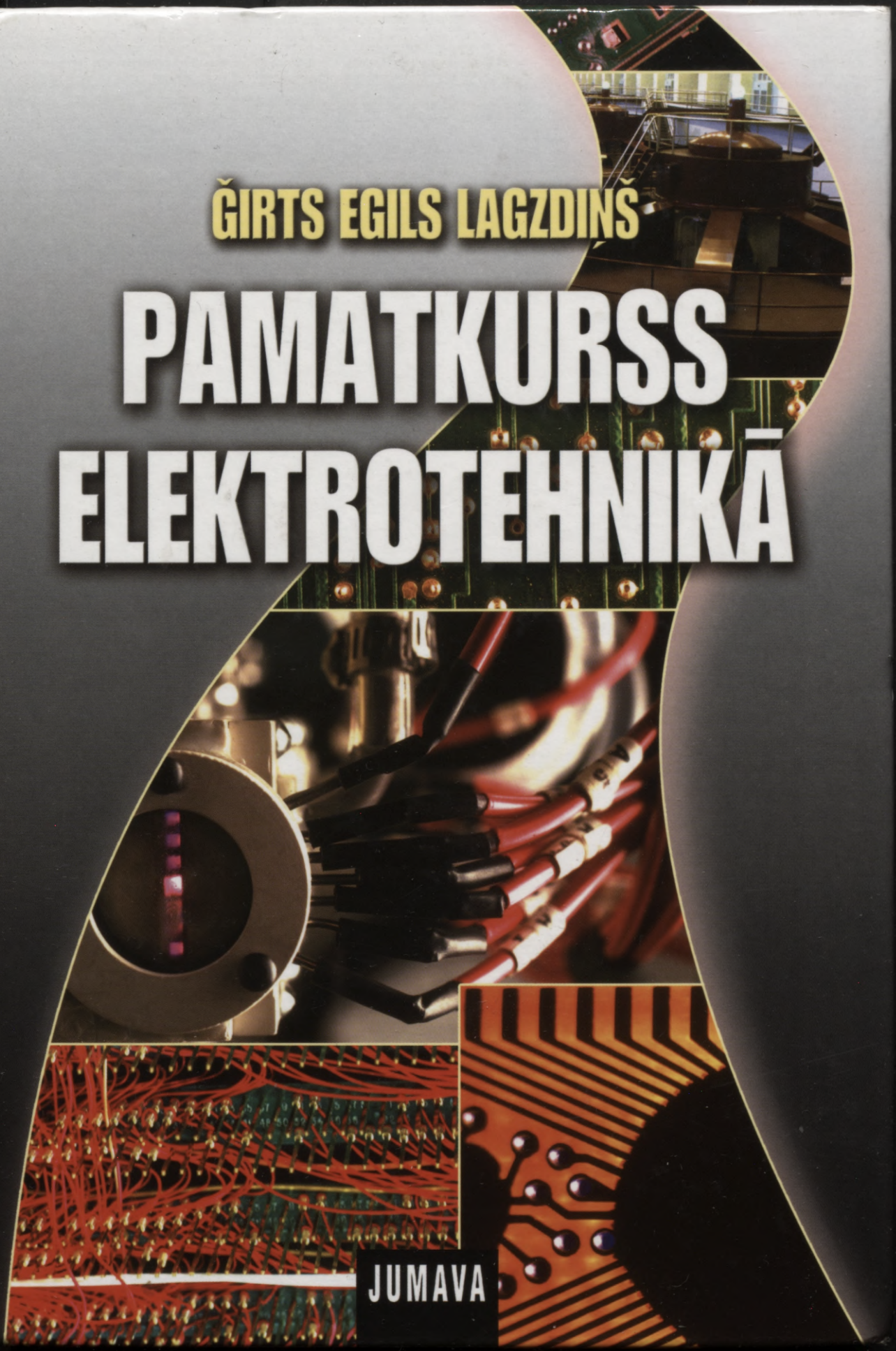
ĢIRTS EGILS LAGZDIŅŠ

PAMATKURSS ELEKTROTEHNIKĀ



JUMAVA

PAMATKURSS ELEKTROTEHNIKĀ
ģirts egils lagzdiņš
JUMAVA

ĢIRTS EGILS LAGZDIŅŠ

PAMATKURSS ELEKTROTEHNIKĀ

JUMAVA

UDK 621.3
La 229

Darbs izstrādāts Rēzeknes pilsētas domes projekta "Saiknes pilnveidošana starp profesionālajām mācību iestādēm un uzņēmējdarbības sektoru Rēzeknes reģionā" ietvaros ar daļēju Eiropas Savienības *PHARE 2000* Nacionālās programmas "Ekonomiskās un sociālās kohēzijas pasākumi Latgalē" finansējumu

Tāla Rožkalna vāka mākslinieciskais noformējums
Atbildīgā redaktore *Iveta Šalkevica*
Literārā redaktore *Brigita Šoriņa*
Tehniskā redaktore *Irēna Soide*

ISBN 9984-05-824-7

SATURS

ELEKTRĪBA IKDIENĀ

Mūsdienu cilvēkam elektrība ir pierasta un pašsaprotama lieta. Tikai jānospiež slēdzis, un iedegsies apgaismojums. Var klausīties stereomūziku, izmantojot audioatskaņotāju, var lietot elektronisko pulksteni, var spēlēt elektrisko ģitāru.

Televizors, radio, datortehnika, telefons — tā ir tikai neliela daļa aparātu un iekārtu, kur tiek izmantota elektroenerģija. Protams, ka gribas uzzināt, kā rodas elektrība, kāds ir tās raksturs, kā tā tiek pārvadīta lielos attālumos, kā tiek pārvērsta citos enerģijas un lietojuma veidos. Grāmatā sniegts neliels priekšstats par šīm norisēm, vienlaikus ieskatoties tehnikas attīstībā un elektroenerģijas izmantošanā, kas būtībā ir nodrošinājusi kardinālas izmaiņas cilvēka dzīvesveidā, darbības raksturā un saturā.

Elektrība ir fascinējošs fenomens — radot lielu labumu un atvieglojot cilvēku dzīvi, tā vienlaikus ir dzīvībai bīstama un, nemākulīgi lietojot, var radīt ne vienu vien nepatīkamu pārsteigumu.

Zibens ir elektriskā enerģija dabā, kas jau kopš senseniem laikiem satrauc cilvēku prātus.

MĀCĪBA PAR ELEKTRĪBU

Apgūstot šo nodaļu, uzzināsi:

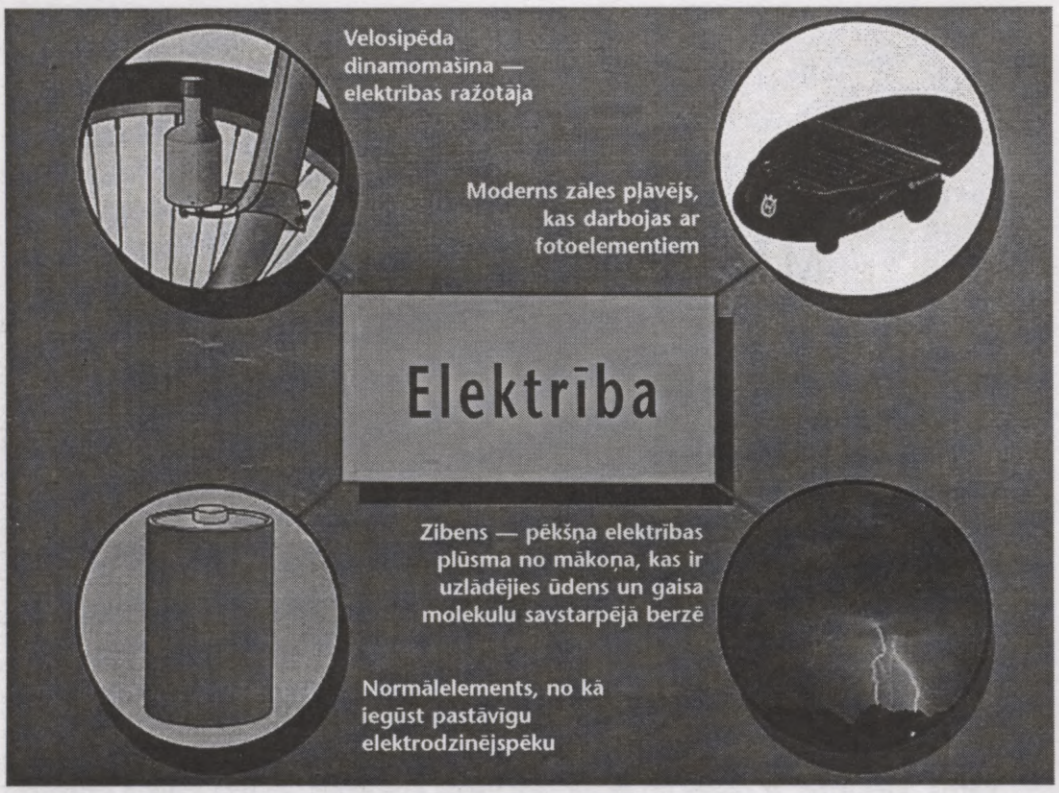
- kāds ir ikviena atoma modelis;
- kā veidojas spriegums;
- kas ir strāva;
- atšķirību starp līdzstrāvu un maiņstrāvu;
- skaidrojumu par elektrobīstamības pamatprincipiem;
- kā jāsniedz pirmā medicīniskā palīdzība elektronelaimes gadījumos.

MANTOJUMS NO SENAJIEM GRIEĶIEM

Vārds "elektrība" ir cēlies no sengrieķu vārda elektrons, kā tika saukts dzintars. Cilvēkiem pirmais priekšstats par elektrības būtību bija saistīts ar dzintara berzēšanu gar ādu un rezultātā iegūto statisko elektrību un tās iedarbību. Otra būtiska parādība bija zibens un tā izpausmes dabā. Jau krietni vēlāk ievēroja dažādu metālu saskarsmē notiekošos procesus, klātesot skābei. Kā zināms, šis princips, tā sauktais elektrolītiskais pāris, ir akumulatora darbības pamatā. Līdzīgi darbojas arī baterijas. Elektroenerģijas rūpnieciska ieguve sākās tad, kad izprata, ka, vadītājam strauji pārvietojoties magnētiskajā laukā, rodas elektriskā strāva. Šeit var jau identificēt dinamomašīnas, respektīvi, ģeneratora, darbības būtību. Jāpiemin arī fotoelementi, kuros elektrību rada gaismas enerģija.

Kad sāka veidoties zinātne par elektrību? Vispirms ir jāmin zinātnieks Alesandro Volta, kurš pirmais atklāja, ka starp diviem metāliem, kas iegremdēti noteiktos šķidrumos, rodas strāva. Šāda iekārta ir galvaniskais elements, kas tika konstruēts 1800. gadā. Zīmīgi, ka pēc simt gadiem — 1900. gadā — dāņu zinātnieks Nils Bors izstrādāja atoma uzbūves principus un 1911. gadā kopā ar angli Ernestu Rezerfordu pamatoja atoma daļiņu saistību ar elektriskajām parādībām.

ⓘ *Dzintars — seno skuju koku sveķi. Šie koki auga Baltijas reģionā apmēram pirms 20–40 miljoniem gadu. Dzintaru izmanto rotaslietu izstrādē un arī ķīmiskajā rūpniecībā.*



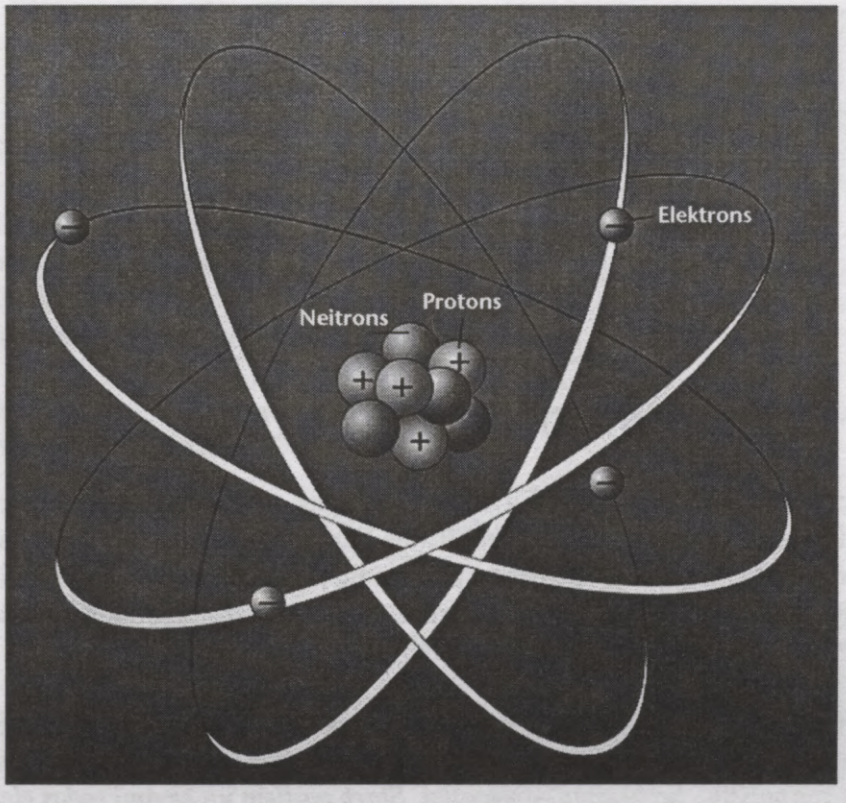
1.1. attēls

BORA ATOMA MODELIS

Saskaņā ar zinātnieka V. Bora izstrādāto teoriju, visas vielas dabā sastāv no atomiem, kuros kodolu veido *protoni* un *neitroni* jeb citādi — cieši sablīvēti nukloni. Apkārt riņķo *elektroni*, kuru masa ir ļoti maza. Tie kustas ap kodolu pa elektronu čaulām vai enerģijas līmeņiem.

Atoma uzbūves modelis ir līdzīgs Saules sistēmai, kurā ap Sauli riņķo planētas. Protoni ir pozitīvi lādētas daļiņas, un to skaits atbilst elektroniem, kuru lādiņš ir negatīvs. Šādā gadījumā atoms ir neitrāls.

Elektroniem atbrīvojoties no atoma, šis līdzsvars tiek izjaukts un rodas elektriski lādētas daļiņas — elektronu pārpalikums ar negatīvu lādiņu un joni, kuriem ir pozitīvs lādiņš. Lai elektrons varētu atstāt atomu, ir vajadzīga enerģija. Joni var būt arī negatīvi, ja tajos elektronu skaits ir lielāks par neitrālo stāvokli. Jons nekad nav neitrāls.



1.2. attēls

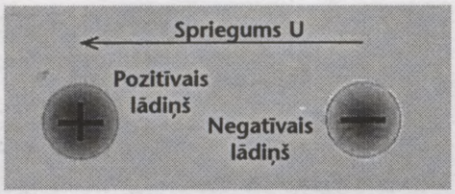
Atoms sastāv no kodola un negatīvi lādētiem elektroniem, kas riņķo ap kodolu. Kodols sastāv no pozitīvi lādētiem protoniem un neitroniem, kam nav lādiņa.

SPRIEGUMA BŪTĪBA

Starp atbrīvotajiem elektroniem un joniem rodas spēka lauks jeb elektriskais lauks. Šajā laukā ir uzlādēto daļiņu potenciālu starpība, ko sauc par spriegumu. Jo vairāk ir brīvo elektronu, jo spriegums ir lielāks.

Spriegumu mēra voltos (V) un apzīmē ar burtu U. Par sprieguma iedarbes virzienu ir pieņemts ar bultu apzīmētais virziens no mīnusa uz plusu.

Mērvienība volts ir nosaukta par godu itāļu fiziķim Alesandro Voltam (1745–1827).



1.3. attēls

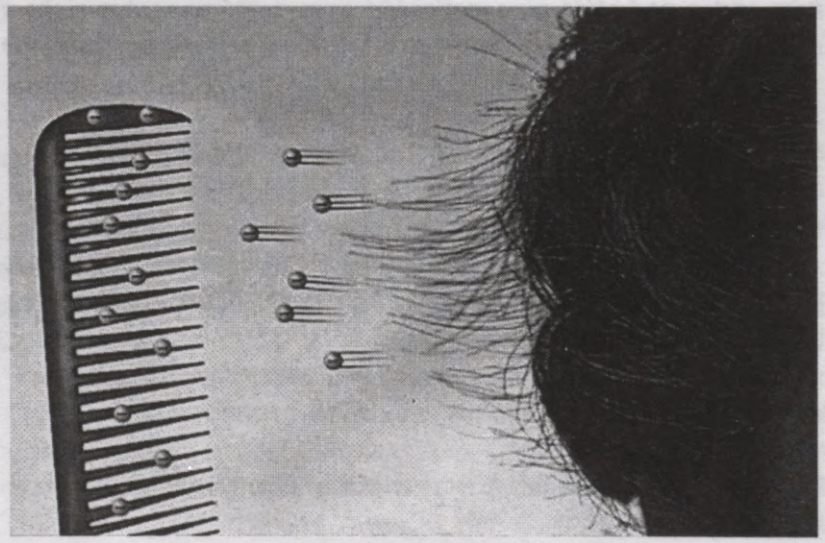
Spriegumu mēra voltos (V)
Spriegums = U

Piezīme: angliski runājošajās zemēs sprieguma vispārējais apzīmējums ir "V", bet ne "U"

ELEKTROSTATIKA UN ELEKTRODINAMIKA

Elektriskās parādības parasti dala divās grupās — statiskā elektrība, kad elektriski lādētais ķermenis ir miera stāvoklī (tas "satur" elektrību), un dinamiskā elektrība, kad lādiņi ir kustībā (ir elektronu plūsma un lādiņu pārnese). Tādējādi izšķir arī divas atsevišķas mācību nodaļas — elektrostatiku un elektrodinamiku. Statiskās elektrības piemērs ir kondensatorā uzkrātais lādiņš.

Kad mēs sukājam matus, novērojam statiskās elektrības darbību. Elektroni atraujas no matiem un pārvietojas uz plastmasas ķemmi. Tādējādi mati uzlādējas pozitīvi, bet ķemme — negatīvi. Starp matiem un ķemmi rodas elektriskais spriegums.



1.4. attēls

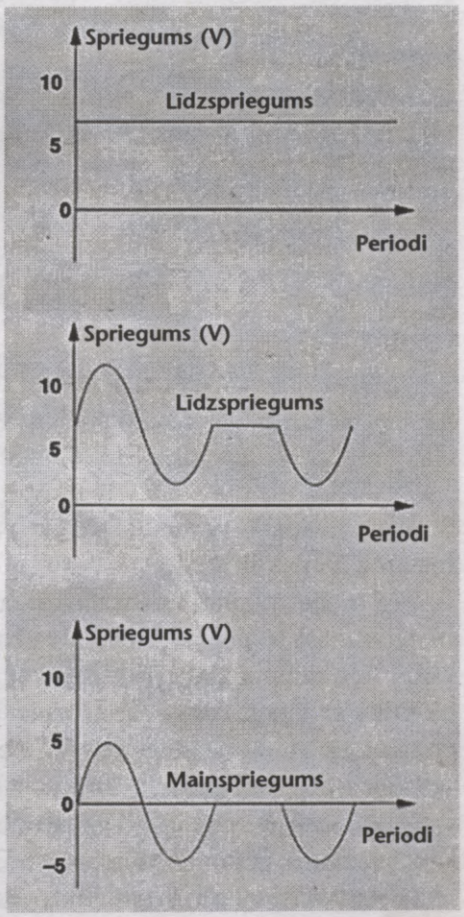
ELEKTRODINAMIKA — LĀDIŅŠ KUSTĪBĀ

Elektrisko lādiņu plūsmu sauc par elektrisko strāvu. Ja elektroni visu laiku plūst vienā virzienā — tā ir līdzstrāva. Līdzstrāva var mainīt lielumu, bet nekad — virzienu. Šajā gadījumā atbilstošo spriegumu sauc par līdzspriegumu.

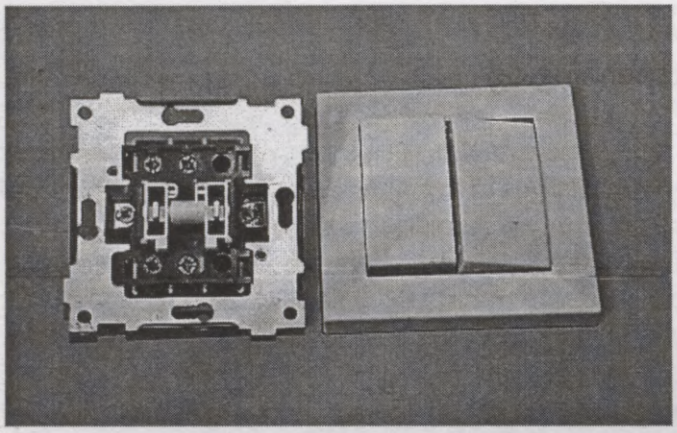
Ja strāva periodiski maina virzienu un vienlaikus arī lielumu, to sauc par maiņstrāvu un spriegumu — par maiņspriegumu. Mūsu dzīvokļu sienas kontaktos ir maiņspriegums, kas simt reižu sekundē maina virzienu.

Strāvas mērvienība ampērs ir nosaukts par godu franču fiziķim un matemātiķim Andrē Marija Ampēram (1775–1836).

Strāvu mēra ampēros (A) un apzīmē ar burtu I.



1.5. attēls. Sprieguma līknes.
Augšējā grafikā ir attēlots līdzspriegums, kam ir viens virziens un noteikts lielums. Apakšējā redzama maiņsprieguma sinusoīda



1.6. attēls. Izolatorā praktiski nav brīvo elektronu un līdz ar to nav iespējas plūst strāvai. Elektriskajā sienas slēdzī strāvas pārtraukumu nodrošina gan porcelāna, gan plastmasas detaļas

Elektriskā strāva tiek pārvadīta pa vadiem, kas parasti ir no vara vai alumīnija. Vadiem ir plastmasas vai speciālas gumijas apvalks — izolācija. Lai strāva izolācijas bojājuma gadījumā vai gaisvadu elektrolīnijās ar neizolētiem vadiem neizplūstu neparedzētā virzienā, lieto dažādas konstrukcijas izolatorus. Tos gatavo no keramikas, stikla vai plastmasas.

Strāvas vadā brīvie elektroni pārvietojas uz "+" pola pusi. Uz negatīvi lādētajiem elektroniem darbojas elektriskā lauka pievilkšanas spēks, ko sauc arī par potenciālu starpību.

ELEKTROBĪSTAMĪBA

Elektriskā enerģija, izmantojot to prasmīgi un pareizi, ir būtisks atspaids un palīgs darbā un sadzīvē, bet neapdomīga rīcība var izraisīt traģiskas sekas cilvēkiem un dzīvniekiem, kā arī postu ēkām un iekārtām.

Cilvēku un dzīvnieku organisms ir ļoti jutīgs pret elektriskās strāvas iedarbi. Strāva pat vienas simtās daļas ampēra (10 miliampēri) apjomā cilvēkam var būt ļoti bīstama un pat nāvējoša.

Montējot vai pieslēdzot elektriskās iekārtas, ne uz brīdi nedrīkst aizmirst strāvas bīstamību un iespējamās neuzmanības sekas. Tikai tā var samazināt nelaimes iespējamību līdz minimumam. Strādājot ar elektroiekārtām, galvenokārt jācenšas tām pieskarties ar vienu roku, citādi izolācijas bojājuma gadījumā strāva plūdīs no vienas rokas uz otru, tādējādi praktiski ejot cauri sirds apvidum. Arī tad, ja ar otru roku atbalstās pret radiatoriem, ūdensvada caurulēm vai citu iezemētu detaļu, sekas var būt traģiskas. Svarīga ir arī apavu pārejas pretestība, lai avārijas gadījumā elektrības plūsma caur kājām nenoslēgtos grīdā, ejot cauri visam ķermenim.

Gandrīz vienmēr negadījumi ar elektrisko strāvu notiek, ja neievēro elektrodro-

šības un individuālās aizsardzības noteikumus. Kā cēlonis var būt nezināšana, neuzmanība, vieglprātīga attieksme un situācijas nenovērtēšana.

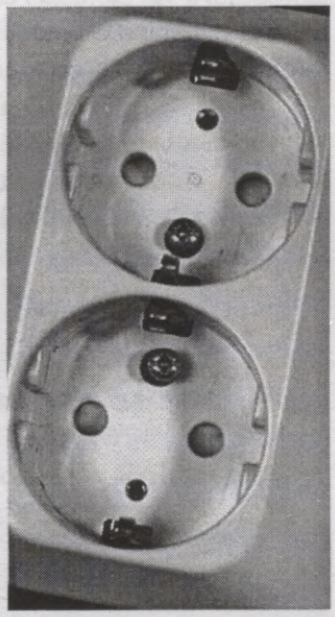
Elektriskā strāva ir jārespektē!

Nepārbaudot darbarīku un vadu izolācijas kvalitāti, nelietojot individuālās aizsardzības līdzekļus — dielektriskos cimdus, acenes u.c. — sekas var būt traģiskas. Turklāt, plūstot spēcīgai strāvai vadā, rodas arī ievērojams karstums, kas var izraisīt gan cilvēka apdegšanu, gan arī iekārtu un būvkonstrukciju aizdegšanos.

BĪSTAMĪBA, DARBOJOTIES AR ZEMSPRIEGUMA UN AUGSTSPRIEGUMA IEKĀRTĀM

Traģiskas sekas, darbojoties ar zemsprieguma elektroiekārtām (U1000 V), visbiežāk rodas ar vienu vai abām rokām pieskaroties elektriskajiem kontaktiem vai slikti izolētiem vadiem un elektriskajiem darbarīkiem. Ja šī neparedzētā strāvas ķēde, kas cenšas pārvietoties zemes virzienā, iet caur cilvēka ķermeni, skarot sirdi, elpošanas un kustību centrus, var tikt pārtraukta sirdsdarbība un elpošana, sākas sirds fibrilācija (haotiskas vibrācijas), un pēc dažām minūtēm var iestāties nāve. Vairākumā gadījumu ir smagi apdegumi, visvairāk cieš pirksti, plaukstas vai citas ķermeņa daļas. Dažreiz nepieciešams cietušo daļu amputēt.

Pieskaršanās augstsprieguma (U>1000 V) elektroiekārtām, gandrīz vienmēr izraisa bezsamaņu un smagus sirdsdarbības traucējumus. Var tikt paralizēta elpošana. Neizbēgami ir arī smagi un dziļi apdegumi, daudz spēcīgāki nekā zemsprieguma iekārtas. Bieži ir arī smagi redzes traucējumi.



1.7. attēls. Drošs spraudkontakts

PIRMĀ PALĪDZĪBA CIETUŠAJAM

Ātri jānovērtē situācija, un cietušais jāatbrīvo no saskarsmes ar elektrisko strāvu. Ja ir iespējams, jāatslēdz slēdzis, jāizskrūvē drošinātāji, jāpārgriež vads ar instrumentu, kuram ir izolējoši rokturi. Varbūt cietušo var aiz drēbēm atvilkt no elektriskajām iekārtām, nepakļaujot sevi 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 pēc iespējas ātrāk. Ja nelaime ir radījusi arī aizdegšanos, tūdaļ pēc elektrības atslēgšanas ir jāuzsāk dzēšana. Var izmantot ūdens strūklu, pulverdzēšamos aparātus vai ogļskābās gāzes aparātus. Jāņem vērā, ka ogļskābā gāze stipri atdzesē cietušā ķermeni, tādēļ šie aparāti jātur vismaz viena metra attālumā. Liesmu apslāpēšanai var lietot brezenta pārklājus vai citu biezu drēbi, bet ne sintētiskus izstrādājumus.

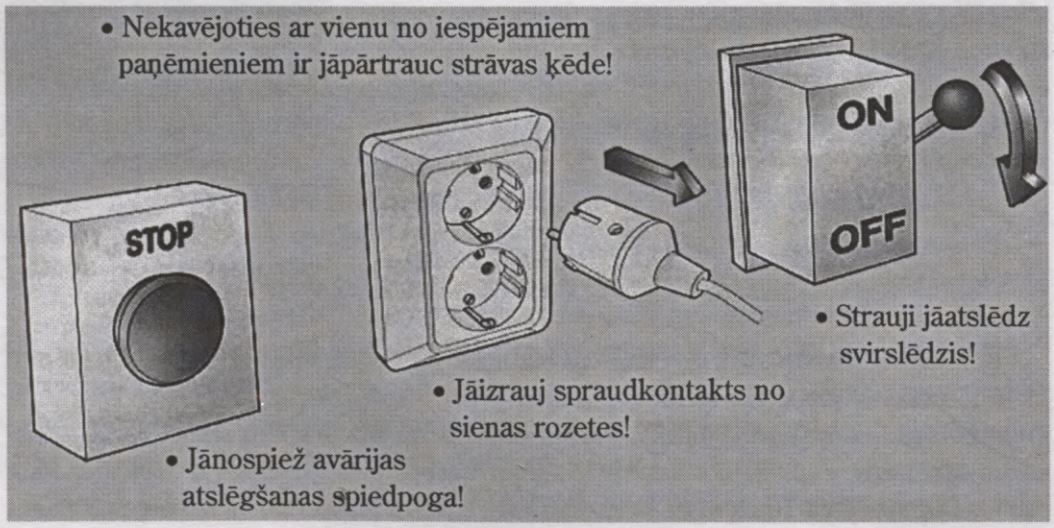
Jāievēro, ka nelaimes sekas var pastiprināt caurvējš, tāpat nedrīkst ļaut cietušajam celties augšā vai skraidīt. Pēc cietušā atbrīvošanas un liesmu apslāpēšanas tūdaļ ir jāpārbauda, vai cietušais ir pie samaņas. Ja ne, jāmēģina sataustīt pulss un jānoskaidro vai cietušais elpo. Ja to nevar konstatēt, ir jāuzsāk sirds masāža un elpināšana, izmantojot metodi "mute–mute". Šie pasākumi ir jāturpina, līdz cietušais pats sāk elpot vai arī ierodas medicīniskā palīdzība.

Ja cietušais elpo, tas ir jānogulda stabili uz sāniem, jāatslābina drēbes, lai būtu vieglāk elpot un jāprecizē, kādu pirmo medicīnisko palīdzību pašam ir iespējams sniegt, ja ir apdegumi, asiņošana vai lūzumi. Cietušā stāvokli var atvieglot, atvēsinot ar ūdeni (vēlams 15–20°C), tā samazinot asās sāpes un uzlabojot pašsajūtu.

RĪCĪBA NELAIMES GADĪJUMĀ

Ja cilvēks ir cietis elektrības strāvas triecienu, nekavējoties jāveic šādas darbības:

1. Jāatslēdz elektrība!



2. Jānosaka nelaimes gadījuma smagums

- Viegli jāpakrata cietušais aiz pleca un jāuzrunā.
- Jāpārbauda, vai cietušais elpo.
- Jāpārbauda, vai ir pulss.

Ja cietušais reaģē:

- jāizsauc ātrā palīdzība
- jānodrošina elpceļu caurlaidība
- jānosaka iespējamie ievainojumi
- jānoliek cietušais stabili uz sāniem, neļaujot tam celties

Nav jūtama elpa un pulss ir pavājināts:

- jāpagriež cietušais uz muguras un jānovieto uz stingra pamata
- jānodrošina elpceļu caurlaidība
- jāatliec cietušā galva un jāizbīda apakšžoklis
- jāveic cietušajam divas mākslīgās ieelpas, redzot krūšu kurvja kustību
- jāpārbauda pulss pie miega artērijas
- jāpārbauda, vai elpošana ir atjaunojusies
- ja ne, jāturpina elpināt (apmēram 12 ieelpas minūtē)

Nav jūtama elpa un nav sirdsdarbības

Saviem spēkiem ir jāuzsāk kardiopulmonālā reanimācija.

Nosaka sirds masāžas vietu divu šķērspirkstu platumā virs ribu loka pie krūšu kaula. Vienas rokas plaukstas pamatni novieto uz krūšu kaula, otrās plaukstas pamatni novieto virs pirmās tā, lai pirksti nepieskartos krūšu kurvim. Masē stingri vertikāli 4–5 cm dziļi, neatraujot rokas no krūšu kaula un nesaliecot elkoņus.

Atdzīvināšanas cikliskums:

- 15 uzspiedieni uz krūšu kaula ar periodiskumu 80 reizes minūtē;
- divas mākslīgās ieelpas.

Elpināšanas un masāžas attiecība 2:15.

Ik pēc 4 cikliem jāpārbauda pulss. Ja tas neatjaunojas, turpināt, līdz ierodas medicīniskā palīdzība.

Kopsavilkums

- Katrs atoms sastāv no kodola, ap kuru riņķo negatīvi elektroni.
- Atoma kodols sastāv no neitrāliem neitroniem un pozitīvi lādētiem protoniem. Atomā protonu un elektronu lādiņi savstarpēji līdzsvarojas, un tādā gadījumā atoms ir neitrāls.

- Elektriskais spriegums ir konstatējams tad, ja vadītājā ir brīvo elektronu nelīdzsvarotība. Spriegumu apzīmē ar "U" un mēra voltos.
- Elektriskā strāva ir elektrisko lādiņu plūsma. Strāvu apzīmē ar "I" un mēra ampēros. Ja strāva plūst tikai vienā virzienā, tā ir līdzstrāva. Ja strāva periodiski maina savu lielumu un virzienu, tā ir maiņstrāva.
- Elektriskā strāva plūst pa vadiem, un to veido elektronu plūsma. Izolatoros nav brīvo elektronu, tādēļ tajos nenotiek strāvas pārvade.
- Cilvēki un dzīvnieki ir ļoti jutīgi pret elektrisko strāvu. Pat neliels strāvas daudzums, ja tas plūst caur ķermeni, var būt nāvējošs.
- Tādēļ, ja cilvēkam ir traucēta elpošana vai sirdsdarbība pēc saskares ar elektrisko strāvu, ir nepieciešams nekavējoties izpildīt sirds masāžu un mākslīgo elpināšanu ar metodi "mute–mute".

Kontroljautājumi

1. No kādām daļām sastāv atoma kodols?
2. Kāds ir elektronu lādiņš?
3. Kāda ir pozitīvo jonu būtība?
4. Kā mēra spriegumu?
5. Ar kādu burtu apzīmē strāvu?
6. Kādi ir drošības pasākumi, lai strāva neplūstu caur cilvēka ķermeni?
7. Kādā veidā var atvieglot cietušā stāvokli apdegumu gadījumā?
8. Kādā veidā nodrošina plaušām svaiga gaisa pieplūdi, ja cietušais pats neelpo?
9. Uz kādu krūšu daļu un kādā veidā ir jāspiež, izpildot sirds masāžu?
10. Kādā veidā ir jācenšas atbrīvot cietušo no saskares ar strāvu vadošajām daļām?

LĪDZSTRĀVA UN TĀS MĒRĪŠANA

Šajā nodaļā uzzināsi:

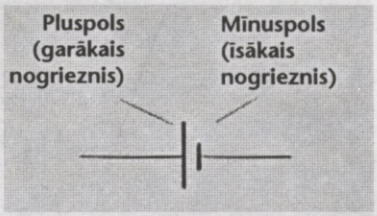
- kā jāizmanto Oma likums vienkāršu elektrisko ķēžu aprēķinos;
- kāda sakarība ir starp spriegumu, strāvu un pretestību;
- kādi ir elektrisko lielumu apzīmējumi;
- kādus instrumentus lieto strāvas, sprieguma un pretestības mērīšanai.

Līdzstrāva plūst tikai vienā virzienā. Lai nodrošinātu līdzstrāvas plūsmu, ir nepieciešams līdzsprieguma avots — baterija, akumulators vai līdzstrāvas ģenerators.

Klausoties mūziku atskaņotājā, runājot pa mobilo telefonu, izmantojot kabatas lukturīša (kabatas baterijas) gaismu, mēs lietojam līdzstrāvu.

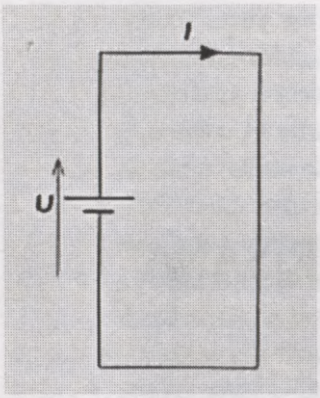
NO PLUSA LĪDZ MĪNUSAM

Lai nesajauktu polus baterijās, pozitīvais pols ir apzīmēts ar "+", bet negatīvais pols apzīmēts ar "–" zīmi. Tādēļ nereti sakām — plus pols un mīnus pols. Noslēgtā ķēdē starp šiem poliem pa vadiem plūst strāva. Starptautiski ir pieņemta vienošanās, ka par strāvas plūšanas virzienu uzskata plūsmu no "+" uz "–". Iepazīstot brīvo elektronu īpašības, bija jāsecina, ka īstenībā elektronu plūsma ir virzīta pretēji: no punkta ar mazāku potenciālu — no "–" pola — uz punktu ar lielāku potenciālu — "+" polu vai spaili. Tomēr tika nolemts saglabāt spēkā agrāko vienošanos un līdzšinējo pieņēmumu par strāvas plūšanas virzienu.



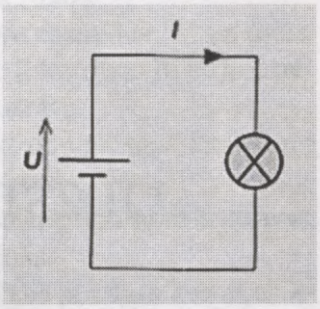
2.1. attēls. Baterijas simboliskais apzīmējums

Rodas jautājums — kādēļ tik precīzi ir jāievēro vienveidība polu apzīmējumos? Ja vienas baterijas pretējie poli tiks savstarpēji savienoti, būs īsslēguma režīms, izdalīsies spēcīgs siltums un baterija izlādēsies un tiks sabojāta. Bet, ja mēs šajā slēgumā pievienojam kvēlspuldzi, rodas iespēja daļu elektroenerģijas pārvērst gaismas enerģijā vai, pieslēdzot mobilo telefonu, skaņā un gaismā, lai apgaismotu skalu.



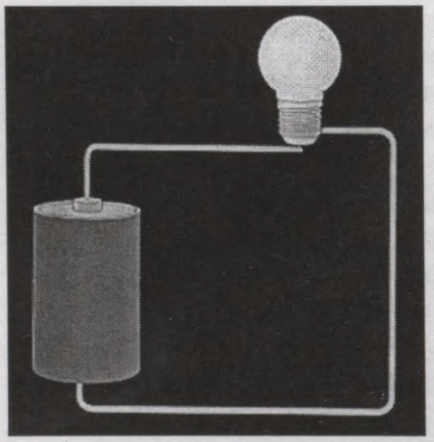
2.2. attēls. Īssavienota baterija

2.3. attēls. Kvēlspuldzes simboliskais apzīmējums

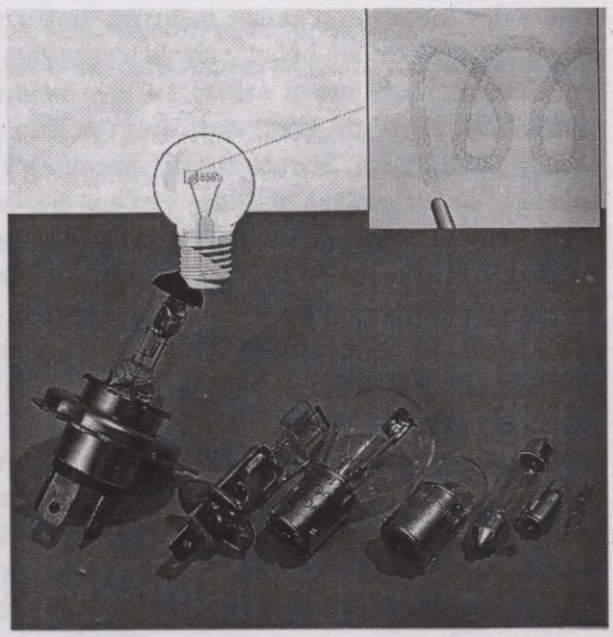


2.4. attēls. Kvēlspuldzes pievienojums strāvas avotam — baterijai

Kas ir kvēlspuldze un kāda nozīme ir kvēldiegam? Vispirms ir jāatzīmē, ka kvēldiegs ir strāvu bremzējošs faktors — papildu pretestība. No šī spirālveida kvēldiega, tam uzkarstot, izstarojas gaisma. Kvēldiegu izgatavo no volframa vai līdzīga rakstura materiāla. Tas atrodas stikla kolbā — noslēgtā bezgaisa telpā. Gaisa vietā kolbā ir iepildīta neitrāla gāze ar zemu spiedienu — argons, slāpeklis vai cita gāze. Tā samazina volframa iztvaikošanu, kas varētu notikt, neraugoties uz augsto kušanas temperatūru. Atkarībā no gāzes sastāva, kas arī var kvēlot, iegūstam dažāda tipa kvēlspuldzes, piemēram, halogēnās spuldzes.



2.5. attēls. Kvēlspuldze pievienota baterijai, tādējādi iegūstot gaismas enerģiju un daļēji arī siltuma enerģiju



2.6. attēls. Dažādi kvēlspuldžu tipi

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 uzkarsis, 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.

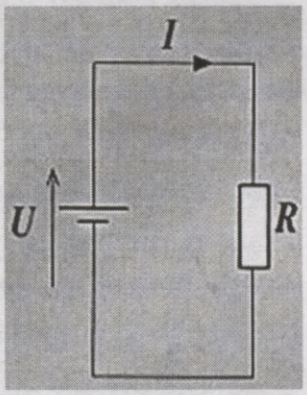
Simons Oms (1787–1854) savos darbos pētīja elektriskās strāvas raksturu un pretestības lomu tajā saistībā ar pieliktā sprieguma lielumu. Viņš pierādīja, ka, jo mazāka ir pretestība, jo lielāka ir strāva, nemainoties spriegumam. Tāpat viņš pierādīja, ka, esot nemainīgi pretestībai, bet palielinot spriegumu, 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.

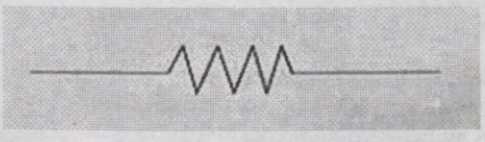
Formulu, kas saista šos trīs lielumus un ir elektrības teorijas pamatformula, sauc *Oma likums*, un tā ir šāda:

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

kur I — strāva ampēros,
U — spriegums voltos,
R — pretestība omos.



2.7. attēls. Pretestības grafiskais apzīmējums



2.8. attēls. Pretestības grafisks attēlojums ASV

Pretestību mēra Ω (omos)

Oma likums

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

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

Lai nemaldīgi zinātu elektrisko aparātu un patērētāju slēgumu secību, zīmē to novietojuma un savienojumu attēlu, ko sauc par shēmu. Shēmā parasti parāda sprieguma avotu vai pieslēgumu elektrotīklam un ar bultu norāda līdzsprieguma virzienu, pierakstot burtu "U".

Ar līdzīgu bultu norāda arī līdzstrāvu, kas plūst pa vadiem, pierakstot klāt burtu "I".

Starptautiski ir pieņemts spriegumu apzīmējošo bultu attēlot ar vaļēju smaili

Strāvu apzīmējošo bultu attēlo ar pildītu smaili

ELEKTRISKIE LIELUMI UN TO MĒRVIENĪBAS

Spriegums, strāva un *pretestība* ir elektrības pamatlielumi

Sprieguma pamatmērvienība ir 1 volts (1 V).

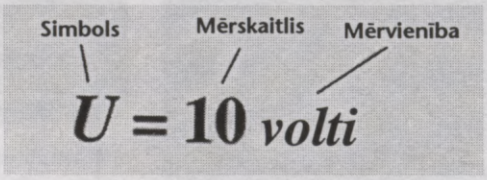
Strāvas pamatmērvienība ir 1 ampērs (1 A).

Pretestības pamatmērvienība ir 1 oms (1Ω).

Ja mēs lietojam pamatmērvienību 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

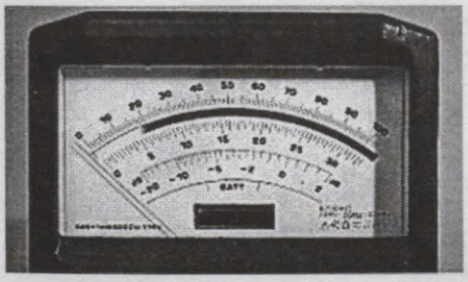


2.9. attēls. U = 10 volti. Elektriskā lieluma simbols ir raksturots ar skaitlisko izteiksmi — mērskaitli un ir dota arī atbilstošā mērvienība

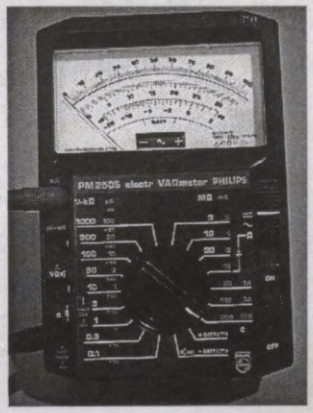
ELEKTRISKO LIELUMU MĒRĪŠANA

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 — ar ommetru. Minēto triju mērinstrumentu vietā var lietot vienu kombinēto mērinstrumentu. Šo instrumentu sauc par universālo mērinstrumentu — multimetru vai testeri. Šos mērinstrumentus vēl iedala analogajos un digitālajos. 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, jāievēro, ka multimetram pretestības mērīšanai ir savs sprieguma avots.

2.10. attēls. Digitālais multimetrs. Pagriežot pārslēdzi vajadzīgajā stāvoklī, var izvēlēties, vai mērīt līdzstrāvu, maiņstrāvu, līdzspriegumu vai maiņspriegumu vai arī pretestību



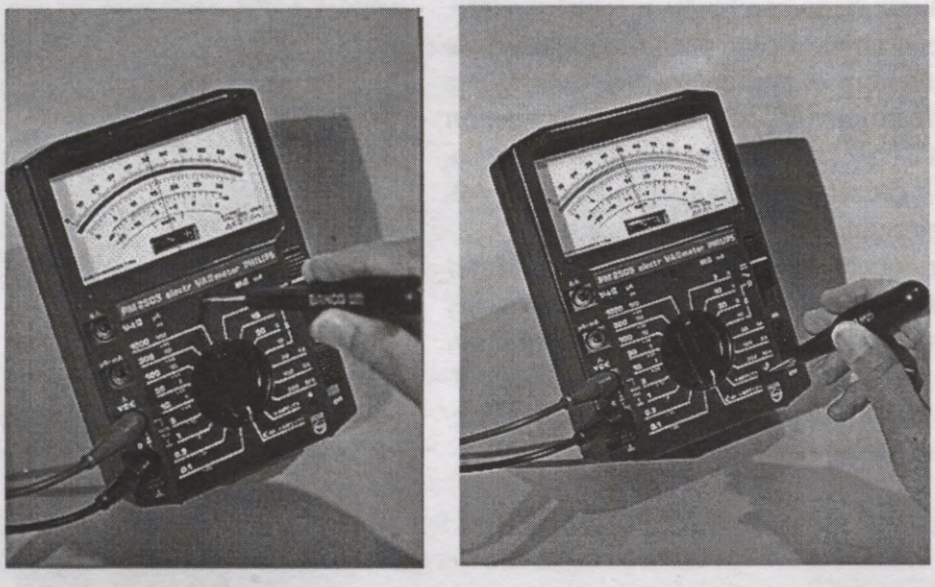
2.11. attēls. Analogā multimetra skala, uz kuras nolasāms rezultāts, ko rāda kustīgā šautra. Svarīgi ir izvēlēties atbilstošo mērījumu diapazonu — skalas daļu. Mērījuma diapazona neatbilstība var būt par cēloni rezultātu neprecizitātei vai iespējamam bojājumam



2.12. attēls. Analogā multimetra kopskats. Redzams mērāmā lieluma pārslēgs un iespējamie izvēlamie diapazoni. Kreisajā pusē ir pievienoti atbilstošie mērvadi un to spraudligzdas atkarībā no mērāmā lieluma

ANALOGAIS MULTIMETRS

Multimetrs ir elektroniskas darbības aparāts. Sprieguma mērīšanai ir jāizvēlas attiecīgais diapazons, zinot skalas rādījumu jānosaka koeficients rezultātu aprēķināšanai, un jāpārbauda, vai izvēlētas atbilstošās spraudligzdas. 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.



2.13. attēls. Tiek kontrolēts un ieregulēts nulles stāvoklis

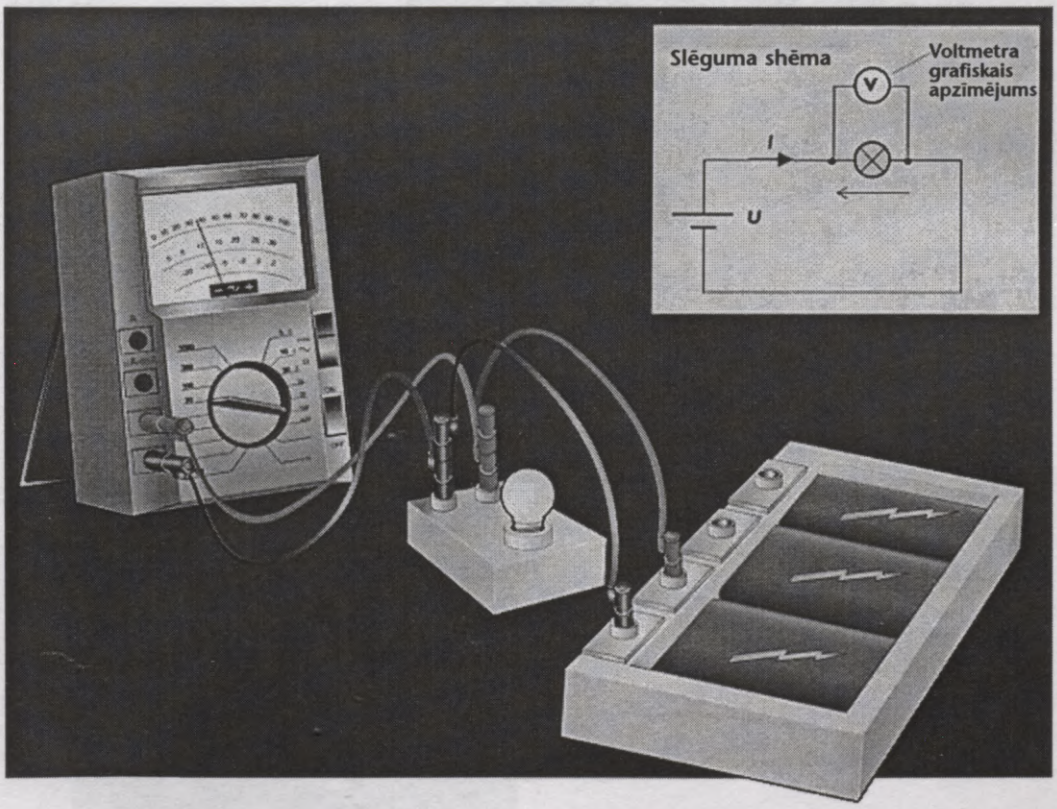
Analogajiem mērinstrumentiem ir vairāki noteikumi to regulēšanai un darbības nodrošināšanai. Šie noteikumi ir aprakstīti konkrēta multimetra darba instrukcijā. Piemēram, kad barojošo bateriju spriegums pazeminās, mēraparāts papildus jānoregulē. Sprieguma mērīšanai rādītājs ir jānoregulē uz nulles stāvokli,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

2.14. attēls. Pārbaudot barojošo bateriju, skalas šautra ieregulēta vidus stāvoklī

SPRIEGUMA MĒRĪŠANA

Pirms mērīt spriegumu, ir svarīgi melnos vadus iestiprināt kontaktā COM = kopīgais vai zeme. Sarkano vadu iestiprina kontaktā V vai V/Ω. Tad instrumenta pārslēdzi pagriež, izvēloties vajadzīgo režīmu, tātad līdzspriegumu vai maiņspriegumu mērīšanai. Izvēloties mērīšanas diapazonu, sāk ar lielāko diapazonu vai arī iepriekš novērtē paredzamo sprieguma lielumu. Nav jēgas uzgriezt skalu 300 V un mērīt tikai pie pirmajām iedaļām, kas atbilstu tikai 1–2 V. Mērot līdzspriegumu, 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.



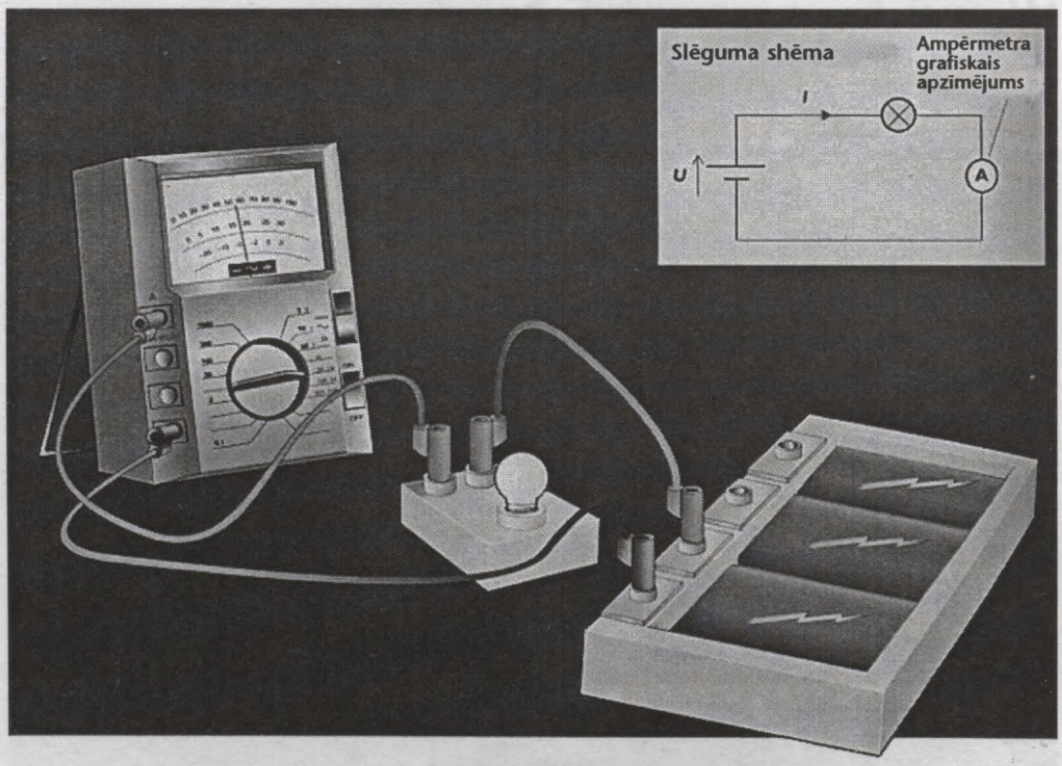
2.15. attēls. Attēlā ir redzams, kādā veidā savieno voltmetru ar lampu un bateriju. Šajā gadījumā baterija atrodas speciālā ietvarā

STRĀVAS MĒRĪŠANA

Mērot strāvu, ir citi nosacījumi nekā mērot spriegumu. Mēraparātu (ampērmetru) nepieciešams ieslēgt strāvas plūšanas pamatķēdē.

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

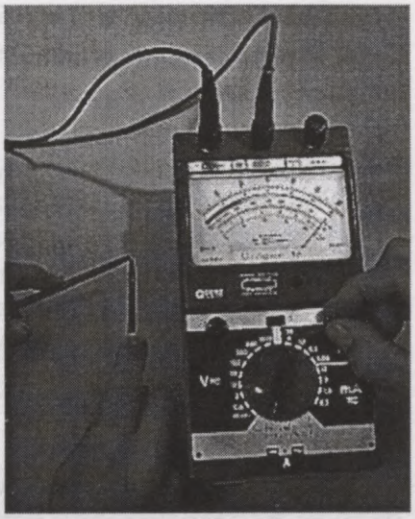
Tādēļ vienmēr ir jāieslēdz diapazons, kas nodrošina iespējami lielākas strāvas caurplūdi caur mēraparātu. Protams, vispirms jāizvēlas, kāds strāvas veids — līdzstrāva vai maiņstrāva — tiks mērīts un tikai tad jāiestāda nepieciešamais diapazons.



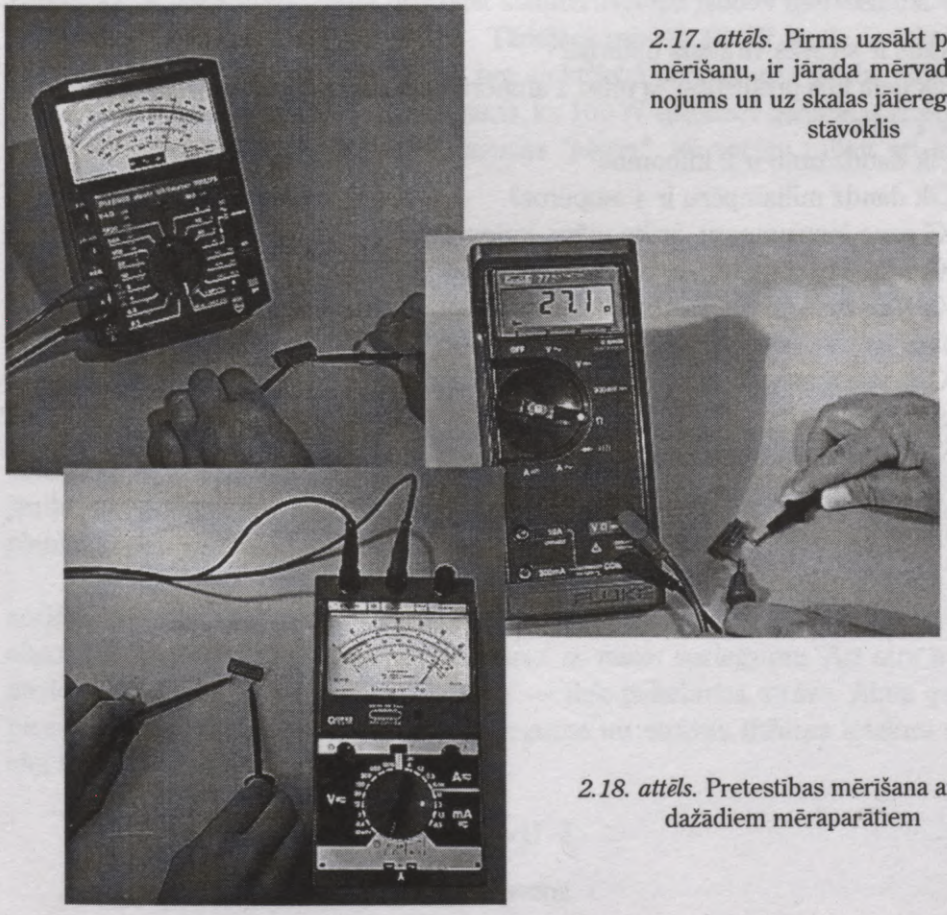
2.16. attēls. Strāvas mērīšana. Rūpīgi pārbaudi, kādā secībā mēraparāti tiek saslēgti!

PRETESTĪBAS MĒRĪŠANA

Lai mērītu pretestību, piemēram, kvēlspuldzes parametrus, ir vajadzīgs sprieguma avots — baterija. Ar tās palīdzību iegūst 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 spailes "COM" un sarkanā vada pieslēgumu pie "Ω" vai "V/Ω".



2.17. attēls. Pirms uzsākt pretestības mērīšanu, ir jārada mērvadu īssavienojums un uz skalas jāieregulē nulles stāvoklis



2.18. attēls. Pretestības mērīšana ar trim dažādiem mēraparātiem

Kopsavilkums

- Katrai baterijai ir viens pozitīvais un viens negatīvais pols (spaile).
- Elektriskajā ķēdē strāva plūst virzienā no "+" uz "–", elektroni pārvietojas pretējā virzienā.
- Kvēlspuldzē kvēles procesi rada pretestību un bremzē strāvu un rezultātā kvēldiegs izstaro gaismu.
- Pretestību R mēra elektriskajai spuldzei vai citam elektriskās ķēdes elementam. Pretestības mērvienība ir oms "Ω".
- Oma likums nosaka, ka sprieguma kritums pretestībā ir caurplūstošās strāvas un dotās pretestības reizinājums.
- Ar multimetru var izmērīt spriegumu, strāvu un arī pretestību. To var izdarīt kā ar analogajiem, tā arī ar digitālajiem mērinstrumentiem.

Kontroljautājumi

1. Kāds ir strāvas virziens baterijā?
2. Cik liela būs pretestība, ja plūst 1 ampēru stipra strāva un baterijas spriegums ir 1 volts?
3. Cik daudz omu ir 2 kiloomos?
4. Cik daudz miliampēru ir 4 ampēros?
5. Kā sauc instrumentu, ar ko mēra spriegumu?
6. Kā sauc instrumentu, ar ko mēra strāvu?
7. Kā sauc instrumentu, ar kuru var mērīt kā strāvu, tā spriegumu un arī pretestību?
8. Kādā veidā uz voltmetra skalas regulē diapazonu, ja iepriekš nav zināms sprieguma lielums?
9. Kādas krāsas un nozīmes mērvadus pieslēdz spailei "COM"?
10. Kāpēc mērvadus īssavieno, pirms sāk mērīt pretestību?

ELEKTRISKĀ JAUDA

Šajā nodaļā uzzināsi:

- kādi faktori un kā nosaka elektroaparāta jaudu;
- kādas mērvienības lieto jaudas mērīšanai;
- kādā veidā var noteikt jaudu, zinot strāvu un spriegumu.

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. Piemēram, kvēlspuldzes jauda ir 75 W, bet elektriskā sildpavarda jauda, piemēram, ir 2000 W vai 2 kW. Pēc pieredzes ir zināms, ka 100 W spuldzes gaisma ir stiprāka nekā 25 W spuldzei. Angļu valodā jaudu saucas "*power*", ko varētu tulkot arī kā spēku, tātad, ir asociācijas ar zirga spēku.

ELEKTRISKĀS STRĀVAS PLŪSMA UN ŪDENS STRAUME

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

Elektrotehnikā ir tieši tāda pati sakarība. Ūdenskrituma augstuma vietā palielina 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 — tiek palielināta strāva. Abos gadījumos pieaug jauda. Tādējādi, ņemot vērā sprieguma un strāvas lieluma ietekmi uz jaudu elektriskajā ķēdē, var rakstīt:

$$P = U \cdot I$$

Burts "P" apzīmē jaudu, un to mēra vatos.

Ja spriegums palielinās, kvēlspuldzes gaisma kļūst stiprāka. Bet, ja spuldze ir paredzēta 230 V, var izvēlēties spuldzi, kas domāta lielākai strāvai, tātad vienlaikus var arī teikt — lielākai jaudai.

$$P = U \cdot I, \text{ bet } U = R \cdot I, \text{ tātad } P = R \cdot I \cdot I$$

Tā kā $I = \frac{U}{R}$, ievietojot jaudas formulā

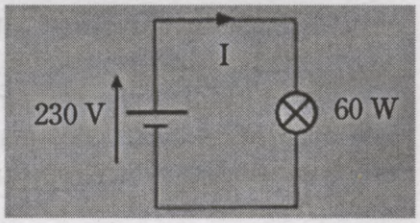
$$P = R \cdot I \cdot I = R \cdot \frac{U}{R} \cdot \frac{U}{R}.$$

Tādējādi $P = \frac{U^2}{R}$.

3.1. piemērs

Cik stipra strāva plūdīs 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 $I = \frac{60}{230} = 0{,}26\text{A}$.

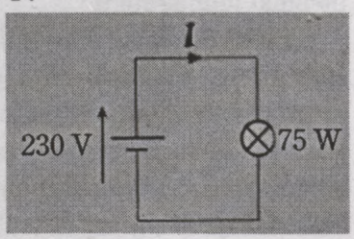
Atbilde. Strāvas stiprums kvēlspuldzē būs 0,26 A.

3.2. piemērs

Cik liela pretestība ir kvēlspuldzei, ja uz tās ir atzīme 230 V un 75 W?

Aprēķinām strāvu, izmantojot jaudas formulu $P = U \cdot I$.

No šejienes $I = \frac{P}{U}$.



Ievietojot dotos lielumus $I = \frac{75}{230} = 0{,}326\text{A}$.

Izmantojam Oma likumu $R = \frac{U}{I}$ un skaitliski $R = \frac{230}{0{,}326} = 705\Omega$.

Atbilde: Kvēlspuldzes pretestība ir 705 Ω.

Elektriskajā ķēdē, kur plūst strāva (mūsu gadījumā līdzstrāva), ir dažāda rakstura pretestības. Līdz šim tika minēta aktīvā pretestība un arī līdzstrāvai raksturīgā jauda, ko var nosaukt par aktīvo jaudu. Ja elektriskajā ķēdē ir līdzstrāvas dzinēji, tranzistori un citi līdzīgi elementi, rodas papildu parādības.

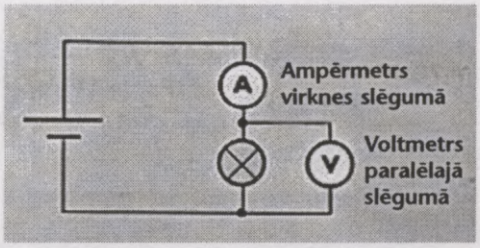
JAUDAS MĒRĪŠANA

JAUDAS MĒRĪŠANA AR STRĀVAS UN SPRIEGUMA METODI

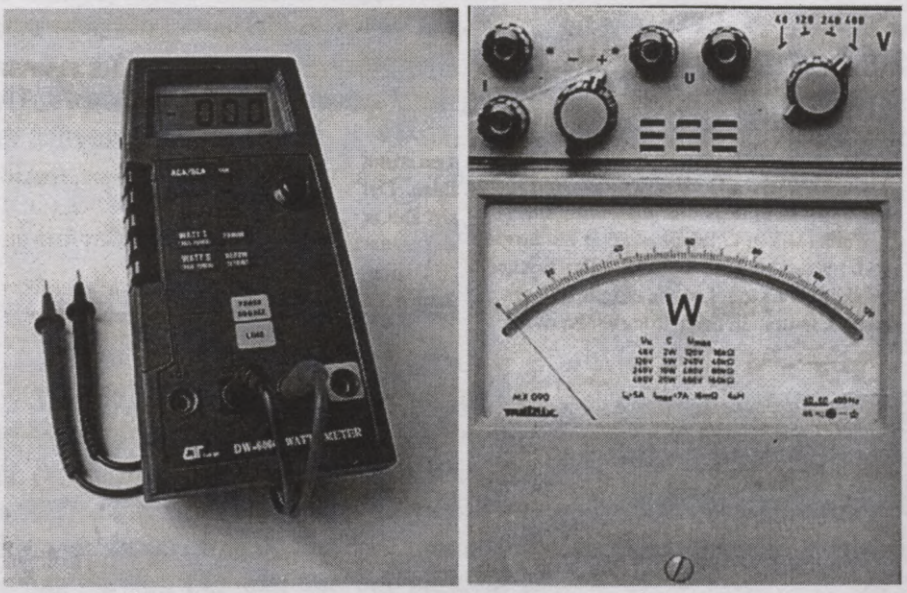
Mērot līdzstrāvas radītā siltumefekta ieguvei patērēto jaudu, var izmantot universālo mērinstrumentu un mērīt ar to spriegumu un strāvu. Tādā gadījumā jaudu var aprēķināt ar zināmo formulu

$$P = U \cdot I .$$

Vatmetrs ir instruments, kas jaudu uzrāda tieši mērījuma procesā ar šautru, digitālajos vatmetros — ar cipariem.



3.1. attēls



3.2. attēls. Digitālais un analogais vatmetrs

Kontroljautājumi

1. Kādas ir jaudas mērvienības?
2. Cik stipra ir jauda, ja pieslēgspriegums ir 24 V, bet pa vadiem uz kvēlspuldzi plūst 1,5 A stipra strāva?
3. Cik stipra strāva plūst cauri lampai, ja uz tās ir rakstīts 40 W un 230 V?
4. Cik liels ir lampas spriegums, ja uz tās rakstīts 2 A un 24 W?
5. Kā sauc instrumentu, ar kuru var tieši mērīt jaudu?
6. Kādā veidā mēra jaudu ar multimetru?

ELEKTRISKO PRETESTĪBU VEIDI UN TO IZVĒLE

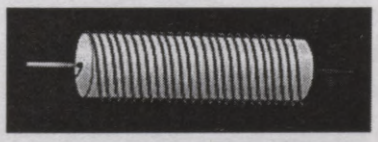
Šajā nodaļā uzzināsi:

- kādēļ tinumu un slāņu pretestības ir visplašāk lietojamās;
- kā pēc krāsu kodiem var noteikt pretestības lielumu;
- kāda ir E sērijas pretestību klasifikācija;
- kā var aprēķināt un atšķirt dažādas pretestības pēc to precizitātes nosacījumiem.

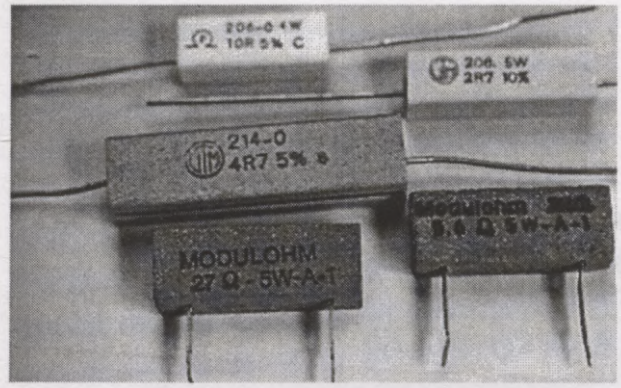
Pretestības elektriskajās ķēdēs lieto dažādiem nolūkiem. Tās izmanto kā strāvu ierobežojošos un regulējošos ķēdes elementus un arī kā sprieguma dalītājus. Tā ir plaši lietota detaļa elektronikā, bet ne tik plaši lietota stiprstrāvas iekārtās. Pretestību mēra, sākot no oma daļām, bet lielākajām pretestībām — megaomos. Ārzemju literatūrā šādus speciālus elektriskās ķēdes elementus ar noteiktu pretestību, ko lieto, lai realizētu noteiktu potenciālu starpību, sauc par rezistoriem. Tomēr vienveidības dēļ lietosim kopējo nosaukumu — pretestības. To konstrukcija ir dažāda un arī lietojums atšķirīgs. Vissvarīgākais parametrs ir to pretestību lielums. Būtiska nozīme ir arī izdalītā siltuma daudzumam, jo elektronu plūsmas rezultātā ar attiecīgu pretestību ievērojami pieaug temperatūra un tā ir jāsaskaņo ar caurvadāmo jaudu.

LINEĀRĀS UN TINUMU PRETESTĪBAS

Lineārās pretestības ir to parastākais un izplatītākais tips. Šobrīd gan vēl plašāk ieviešas tinumu pretestības. Pēdējās sastāv no stikla šķiedras vai keramikas serdeņa, kuram uztīti tinumi ar noteiktu vijumu skaitu un atbilstošo tinumu vadu pretestību. Virsma pēc tam var būt pārklāta ar stiklveida emalju.



4.1.attēls. Tinumu pretestība



4.2. attēls. Dažāda veida tinumu pretestības

Priekšroka ir tinumu pretestībām, kurām lielāka izturība pie salīdzinoši lielas jaudas un augsta precizitāte. Uz pretestībām apzīmē to lielumu un dažkārt arī jaudu. Apzīmējumiem lieto arī burtus un ciparus.

kilo (k) = 1000
mega (M) = 1 000 000

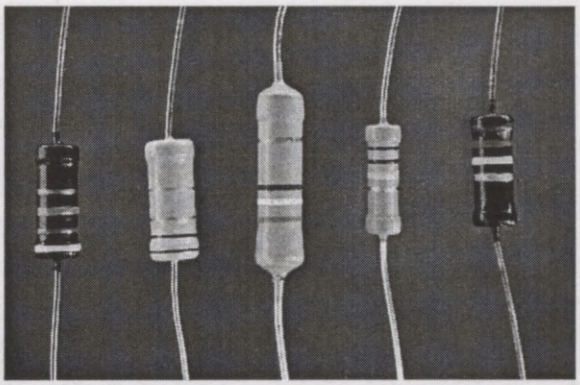
Piemēram:

1,0 Ω = 1RO vai 1EO	0,47 Ω = R47 vai E47
4,7 Ω = 4R7 vai 4E7	4,7 Ω = 4k7
47 kΩ = 47k	4,7 MΩ = 4M7

SLĀŅU PRETESTĪBAS

Sāņu pretestības sastāv no stikla šķiedras vai keramikas serdeņa. Uz tā spirālveidā ir uztīta atbilstošā pretestība. Trūkums ir tas, ka ievērojamas pārslodzes gadījumā šis vadošais slānis, parasti oglekļa savienojumi, sakarst un pat aizdegas.

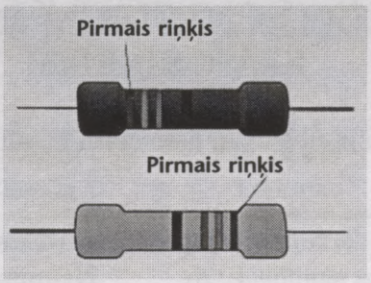
4.3a. attēls. Caurplūdes slāņa pretestība



4.3b. attēls. Slāņa pretestība

KRĀSU KODI

Lai varētu uzzināt pretestības datus, ir vienkārša metode. Pretestības parametrus norāda ar dažādu krāsu un dažādu to kombināciju riņķiem, kuri atrodas uz pretestības. Parasti ir pieci riņķi. Tie ir novietoti simetriski, un jālasa no galējā riņķa.



4.4. attēls. Pirmā riņķa novietojums uz pretestības

PRETESTĪBU APZĪMĒŠANA

Nav iespējams ražot pretestības ar absolūti identiskām vērtībām. Tādēļ ir ieviestas standartizētas grupas vai sērijas ar attiecīgo pretestības lielumu. Šīs sērijas ietvaros ir noteikta pretestības lieluma pielaide procentos, piemēram, ±5%. Šāda pieļaujamā pretestības parametru nobīde ir E24 sērijai. Tādējādi, ja 4.1. tabulā konkrētajai pretestībai ir 560 omi, tās izpildes precizitāte ir no 532 Ω līdz 588 Ω. Vajadzības gadījumā var izvēlēties arī citas sērijas ar atšķirīgām pielaidēm: E12 ±10%, E24 ±5%, E48 ±2%, E96 ±1% un E192 ±0,5%.

E96 un E192 ir retāk lietotas sērijas, jo tās ir ievērojami dārgākas.

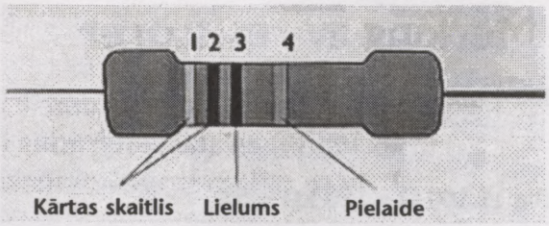
4.1. tabula. **Vispārlietojamo pretestību sēriju vērtības un to pielaides**

E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%
															680	680	
100	100	100			147			215			316			464			681
			150	150		220	220					470	470				
									330	330							
		105			154			226			332			487			715
				160									510				
	110	110			162			237			348			511		750	750
							240										
										360							
		115			169			249			365			536			787
120	120											560	560		820	820	
		121			178			261			383			562			825
			180	180													
						270	270		390	390							
		127			187			274			402			590			866
	130																
		133			196			287			422			619			909
														620		910	
										430							
				200			300										
		140			205			301			442			649			953

KRĀSU KODI PRETESTĪBĀM AR ČETRIEM KRĀSU RIŅĶIEM

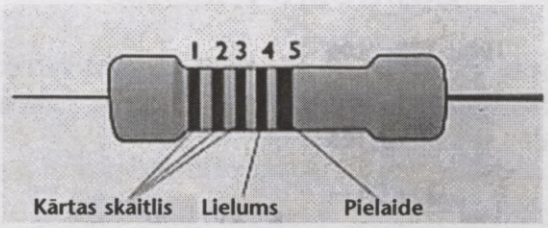
E24 un zemāku sēriju pretestībām lieto četru krāsu riņķu kodu. To atšifrējumi ir doti tabulā.

Krāsa	1. un 2. riņķis Kārtas skaitlis	3. riņķis Lielums	4. riņķis Pielaide ±%
melna	0	$1=10^0$	
brūna	1	$10=10^1$	1
sarkana	2	$100=10^2$	2
oranža	3	$1000=10^3$	
dzeltena	4	$10000=10^4$	
zaļa	5	$100000=10^5$	0,5
zila	6	$1000000=10^6$	0,25
violeta	7	$10000000=10^7$	0,1
pelēka	8		
balta	9		
dzeltena		$0,1=10^{-1}$	5
sudraba		$0,01=10^{-2}$	10
bez krāsas			20



4.5. attēls. Pretestība ar četriem krāsu riņķiem. Attēlā redzamā pretestība ir no sērijas E24 470.0 ±5%

KRĀSU KODI PRETESTĪBĀM AR PIECIEM KRĀSU RIŅĶIEM



4.6. attēls. Pretestība ar pieciem krāsu riņķiem. Attēlā redzamā pretestība ir no sērijas E48 127 ±5%

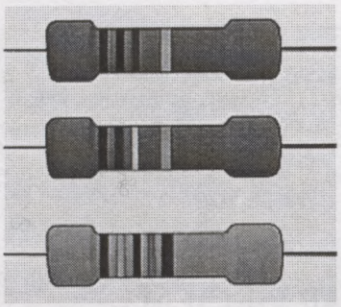
Krāsa	1. un 2. riņķis Kārtas skaitlis	3. riņķis Lielums	4. riņķis Pielaide %
melna	0	$1=10^0$	
brūna	1	$10=10^1$	1
sarkana	2	$100=10^2$	2
oranža	3	$1000=10^3$	
dzeltena	4	$10000=10^4$	
zaļa	5	$100000=10^5$	0,5
zila	6	$1000000=10^6$	0,25
violeta	7	$10000000=10^7$	0,1
pelēka	8		
balta	9		
dzeltena		$0,1=10^{-1}$	5
sudraba		$0,01=10^{-2}$	10
bez krāsas			20

Piemēri

a) Pretestība 10.100 Ω = 1000 ± 10%

b) Pretestība 12.100 Ω = 120 kΩ ± 5%

c) Pretestība 681.1000 Ω = 681 kΩ ± 2%



BOJĀJUMU PAZĪMES

Ja plūst nepieļaujami liela strāva un pretestība pārkarst vai tajā ir kāds mehānisks bojājums vai pat īssavienojums, pretestība var sākt degt un radīt ugunsbīstamību visā elektroaparātā vai ķēdē.

ⓘ *Veselība un vide*
Oglekļa pretestībai degot, rodas ogle, oglekļa oksīds (CO), veidojas skābe un oglekļa dioksīds. Oglekļa oksīds (CO) ir ļoti indīgs, ja to ieelpo, bet CO_2 kaitīgi iedarbojas uz ozona slāni ap Zemi.

Kontroljautājumi

1. Kāpēc konkrēto pretestību sauc par lineāro?
2. Kādēļ elektriskajā ķēdē ir jāslēdz elektriskās pretestības?
3. Kāpēc elektriskajās ķēdēs lieto arī vijumu pretestības?
4. Cik liela ir pretestības vērtība, ja krāsu kods uz tās ir: sarkans, violets, brūns, dzeltens?
5. Cik liela ir pretestības vērtība, ja krāsu kods uz tās ir: dzeltens, oranžs, zils, melns, sarkans?
6. Kāds ir krāsu kods pretestībai 3,9 kΩ ±1%?
7. Kādas pielaides ir sērijas E12 pretestībām?
8. Cik omu liela ir pretestība, ja ir uzraksts 4k7?
9. Cik liela kļūda var būt standartpretestībai un kā to izsaka?

KIRHOFA LIKUMI UN VIRKNES SLĒGUMI

Šajā nodaļā uzzināsi:

- Kirhofa likumus;
- kā izrēķināt sprieguma kritumu un pretestību virknes slēgumā;
- kā izrēķināt kopīgo pretestību virknes slēgumā;
- kā izrēķināt jaudu virknes slēgumā.

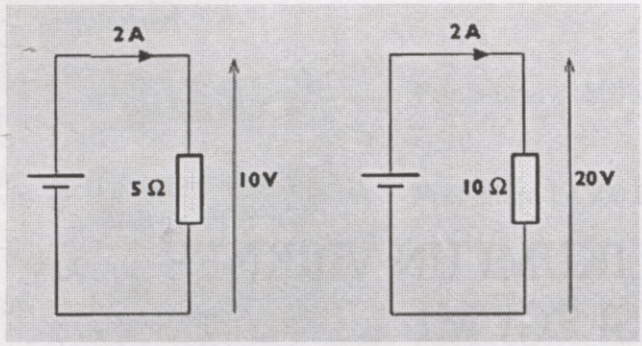
Virknes slēgumā visi elektriskās ķēdes elementi ir saslēgti virknē (sērijā). Vienāda lieluma strāva plūst secīgi caur visiem ķēdes elementiem. Šādā veidā var saslēgt dažādus patērētājus, pretestības, bateriju elementus u.c. Sabojājoties vienai spuldzītei vai kontaktam, visa virkne paliek bez sprieguma un spuldzītes nodziest.

Elektronikā virknes slēgumi tiek plaši lietoti. Stiprstrāvas iekārtās mazāk. Kā piemēru var minēt Ziemassvētku eglītes kvēlspuldzes. Lai, nodziestot vienai spuldzītei, nenodzistu visa ķēde, ir jāuzmanās no īssavienojumiem, kontaktu savienojumu bojājumiem un tamlīdzīgi.

Elektronikā, zinot, ka strāvas plūsma visā ķēdē ir vienāda, tiek slēgtas gaismas diodes, tranzistori, rezistori, nodrošinot tiem atbilstošo strāvu.

PRETESTĪBU VIRKNES SLĒGUMI

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



5.1. attēls. Sprieguma kritums, plūstot strāvai 2 A, dotajā ķēdē ir atkarīgs no pretestības lieluma. Saskaņā ar Oma likumu pirmajā gadījumā pie R = 5 Ω spriegums ir U = 10 V, bet pie R = 10 Ω U = 20 V

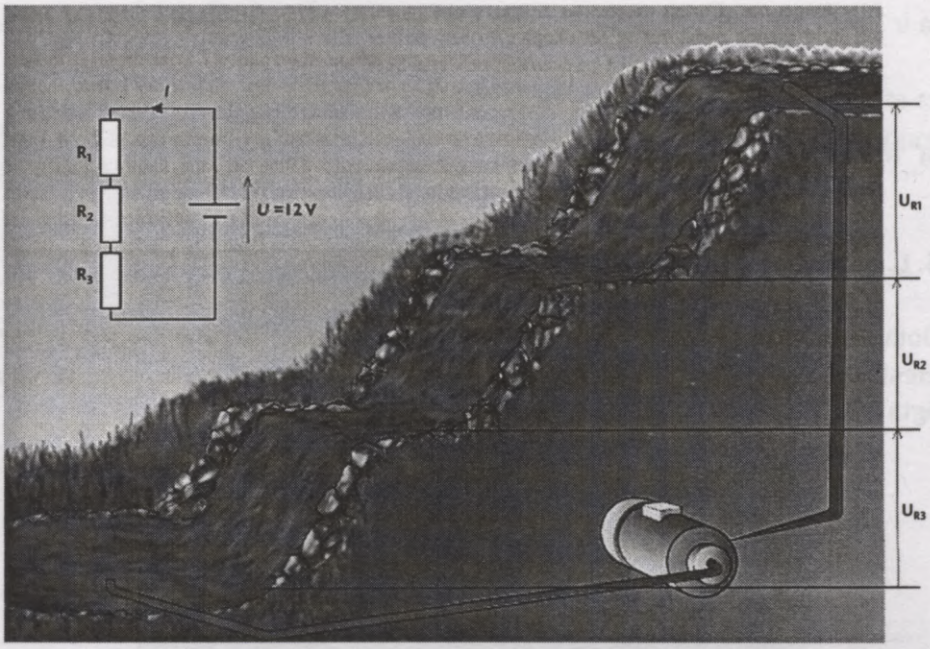
KIRHOFA LIKUMI

Galvenie pamatlikumi elektriskās strāvas raksturošanai ir izstrādāti jau pirms pusotra gadsimta. Pirmais ir jau zināmais Oma likums, tad divi Kirhofa likumi (Gustavs Roberts Kirhofs (1824–1887) bija vācu fiziķis). Pirmais likums vienkāršotā formā nosaka, ka nesazarotā ķēdē jebkurā tās posmā strāvai ir viena un tā pati vērtība. Tādējādi no strāvas avota, ko sauc par elektrodzinējspēku — EDS, aizplūstošo elektronu lādiņu daudzums ir vienāds ar galapunktā (pie otrā pola) pienākušo lādiņu daudzumu. Praksē bieži ir sazarotas elektriskās ķēdes, un tādā gadījumā vispilnīgākā veidā pirmais **Kirhofa likums** ir sekojošs:

Mezglu punktam pienākošais strāvas daudzums ir vienlīdzīgs ar aizejošo summu, tātad algebriskā strāvu summa mezglu punktā ir vienlīdzīga ar nulli.

Pārejot pie otrā likuma būtības, apskatīsim 5.2. attēlā 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.



5.2. attēls. Sprieguma avots ir sūknis. Paceltā ūdens lejupceļš pārvar vairākpakāpju pretestību un kritumus. Nosacīti to var salīdzināt ar sprieguma kritumiem atsevišķos kaskādes posmos. Kopējā ūdens masa ir salīdzināma ar elektrisko strāvu

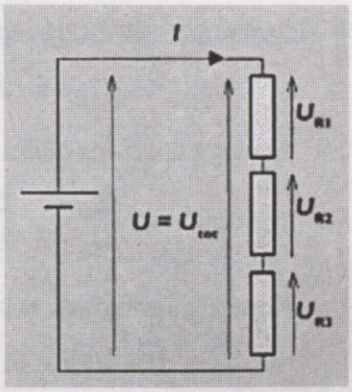
OTRAIS KIRHOFA LIKUMS VIRKNES SLĒGUMĀ

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.

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

U = EDS — potenciālu starpība, ko rada galvaniskais elements, baterija vai ģenerators.

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



5.3. attēls

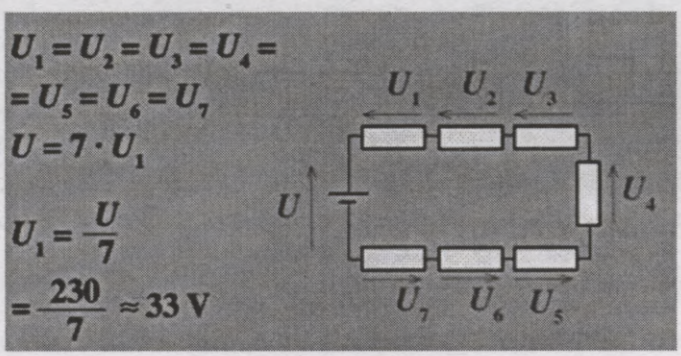
Ja ir nevis trīs pretestības kā iepriekšējā piemērā, bet cits skaits, tad jāraksta:

$$U = U_{R1} + U_{R2} + ... + U_{Rn},$$

kur "n" ir pēdējā ķēdes pretestība.

5.1. piemērs

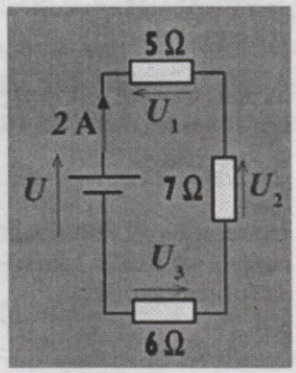
Dota daudzzaru griestu lustra ar 7 kvēlspuldzēm. Spuldzes ir saslēgtas virknē, un to pretestības ir vienādas. Cik liels ir sprieguma kritums uz katru no tām, ja lustra ir pieslēgta 230 V spriegumam?



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

5.2. piemērs

Aprēķināt kopējo sprieguma kritumu dotajai shēmai, ja pa kontūru plūst strāva I = 2 A un pretestību lielumi ir atšķirīgi. Spriegums U_1 pie 5 Ω pretestības = 10 V.



Spriegums pie 5Ω pretestības

$$U_1 = 5 \cdot 2 = 10 \text{ V}.$$

Analogs aprēķins citām pretestībām:

$$U_2 = 7 \cdot 2 = 14 \text{ V};$$
$$U_3 = 6 \cdot 2 = 12 \text{ V}.$$

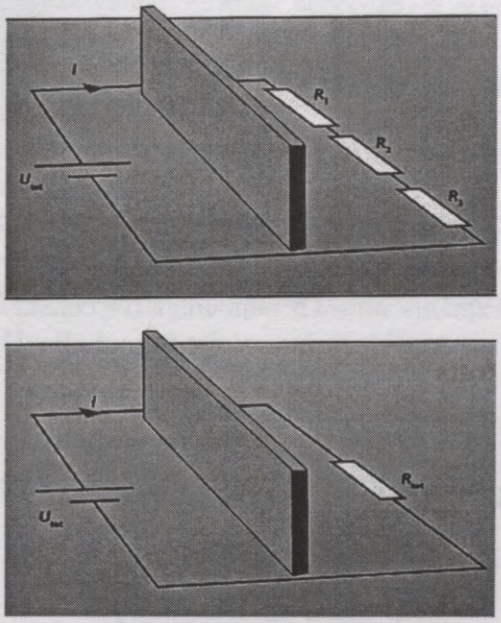
Kopējais sprieguma kritums ir

$$U = 10 \text{ V} + 14 \text{ V} + 12 \text{ V} = 36 \text{ V}.$$

Atbilde. U = 36 V.

KOPĒJĀ PRETESTĪBA VIRKNES SLĒGUMĀ

Nereti ir jāuzzina kopējā pretestība virknes slēgumā, kas ir pievienots vienam strāvas avotam. Arī še var izmantot pirmo Kirhofa likumu, proti, strāvas stiprums ir vienāds visā virknes slēguma garumā.



5.4. attēls. Īstenībai līdzīga shēma. Nosacītā starpsiena atdala sprieguma avotu no patērētājiem, pareizāk sakot, no to slodzes pretestībām. Uzdevums ir izteikts ar formulu kopējo pretestību un strāvas stiprumu

Saskaņā ar otro Kirhofa likumu

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

Zinot, ka strāva visā kontūrā ir vienāda lieluma, visus saskaitāmos var izdalīt ar "I" un var pāriet uz pretestībām.

$$\frac{U}{I} = \frac{U_{R1}}{I} + \frac{U_{R2}}{I} + \frac{U_{R3}}{I}$$

Saskaņā ar Oma likumu

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

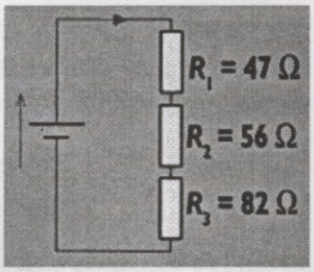
un var rakstīt

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \text{ un } I = \frac{U}{R}.$$

Tātad virknes slēgumā pretestība ir atsevišķo pretestību summa.

5.3. piemērs

Ir dotas virknē slēgtas pretestības $R_1 = 47\ \Omega$, $R_2 = 56\ \Omega$, $R_3 = 82\ \Omega$. Aprēķināt kopējo pretestību, kas būtu līdzvērtīga dotajām.



$R = 47\ \Omega + 56\ \Omega + 82\ \Omega = 185\ \Omega.$

Tātad kopējā pretestība ir 185 Ω.

JAUDAS NOTEIKŠANA VIRKNES SLĒGUMĀ

Sērijas slēgumā, kā zināms, strāva ir nemainīga (I = const.). Ja ir zināms barojošā avota spriegums, jaudu var aprēķināt, izmantojot formulu $P = U \cdot I$.

5.4. piemērs

Aprēķināt jaudu iepriekšējā piemērā pretestības virknes slēgumam, ja U = 12 V.

Vispirms aprēķina strāvu

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{185} A = 0{,}065\ A.$$

Pēc tam var aprēķināt jaudu

$$P = U \cdot I = 12 \cdot 0{,}065 = 0{,}78\ W.$$

Atbilde. Pilnā jauda ir 0,78 W.

Kopsavilkums

- Virknes slēgumā vienāda lieluma strāva plūst visā noslēgtajā ķēdē.
- Spriegumu kritumu summa sērijas slēgumā ir vienāda ar strāvas avota spriegumu $U = U_{R1} + U_{R2} + ... + U_{Rn}$.
- Kopējā pretestība sērijas slēgumā ir vienāda ar atsevišķo pretestību summu.

Kontroljautājumi

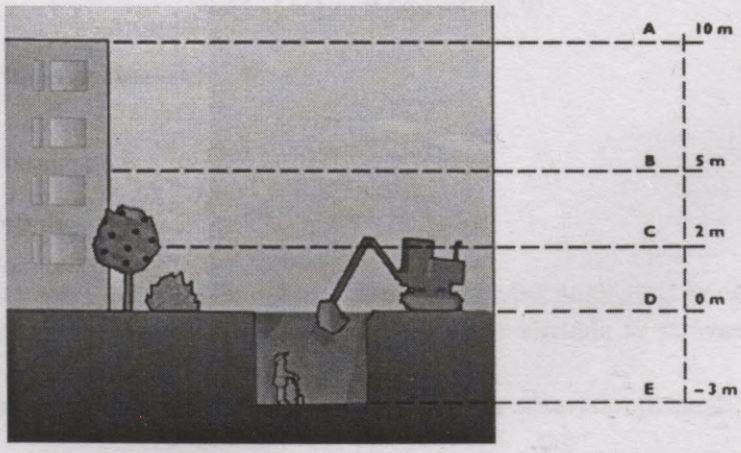
1. Minēt konkrētu piemēru par virknē slēgtām kvēlspuldzītēm (parasti lieto decembrī).
2. Cik stipra strāva plūdīs piektajā spuldzē, ja pirmajā plūst 0,3 A?
3. Kāda ir kopējā pretestība virknes slēgumā, ja ir saslēgtas trīs vienādas pretestības, katra 220 Ω?
4. Kāds sprieguma kritums būs uz katru pretestību, ja virknē ir 4 gabali 240 Ω pretestību un U = 48 V?
5. Cik liels ir sprieguma kritums uz katru no pretestībām — 100 Ω, 200 Ω un 400 Ω , ja pieslēgspriegums ir 70 V?
6. Cik stipra strāva ir otrajā pretestībā, ja virknē slēgtas pretestības 50 Ω, 60 Ω, 80 Ω un 10 Ω un pieslēgspriegums ir 100 V?
7. Cik stipra jauda ir sestajā jautājumā aprēķinātā virknes slēgumā?

ELEKTRISKAIS POTENCIĀLS UN SPRIEGUMS

Šajā nodaļā:

- uzzināsi, kāda ir atšķirība starp potenciālu un potenciālu starpību;
- pratīsi izrēķināt sprieguma kritumu un tā raksturu virknes slēgumā.

Cik augsts ir Gaiziņkalns? Mēs sakām — 312 metru, bet tad ir jāprecizē — attiecībā pret jūras līmeni. Ja Gaiziņkalna augstumu salīdzināsim ar Lubānas ezera vidējo līmeni, kas savukārt ir 92 m virs jūras līmeņa, šo līmeņu starpība ir 220 m. Savukārt, Nāves jūras līmenis Izraēlā, kas ir 395 m zem jūras līmeņa vai, precīzāk sakot zem pasaules okeāna līmeņa (tā ir dziļākā sauszemes depresija pasaulē), attiecībā pret Gaiziņkalnu būtu 707 m. Izsakoties elektrotehnikas terminoloģijā — potenciālu starpība ir 707 m, tajā skaitā 395 m ar mīnusa zīmi, jo par atskaites nulles punktu pieņem jūras līmeni. Ja mēs kādu ķermeni, piemēram, sevi, paceļam Parīzes Eifeļa tornī, mēs gan sakām, ka ir iegūta potenciālā enerģija pret torņa pamatni, jo līmeņu starpība ir 300 m. Jebkurā gadījumā mēs mērām potenciālu starpību starp diviem noteiktiem punktiem.



6.1. attēls. Potenciālu starpība starp bedres dibenu un ēkas jumtu ir 13 m

Elektrotehnikā jautājums par potenciālu starpību vai, citiem vārdiem, par spriegumu starp diviem atskaites punktiem ir līdzīgs. Potenciālu starpību mēra voltos, un arī atskaites punkts ir zemes vai nulles potenciāls. Tātad vienam polam ir potenciālu starpība pret otru vai arī spriegums, kas parasti ir attiecināts pret zemi.

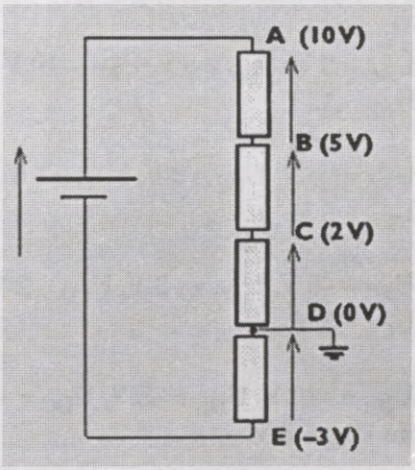
Elektronikā ar jēdzienu zemes potenciāls ne vienmēr ir domāts pieslēgums konkrētai zemei (zemējuma kontūrām), bet tas var būt kāds kopējs slēguma punkts — satekpunkts. Arī automašīnām ir līdzīgi — satekpunkts, kas reizē ir akumulatora — pols un mašīnas korpuss — masa.

Spriegumu shēmas attiecīgajā punktā parasti attiecina pret zemējuma punktu vai satekpunktu. Var arī uzrādīt sprieguma starpību starp kādiem citiem konkrētiem punktiem.

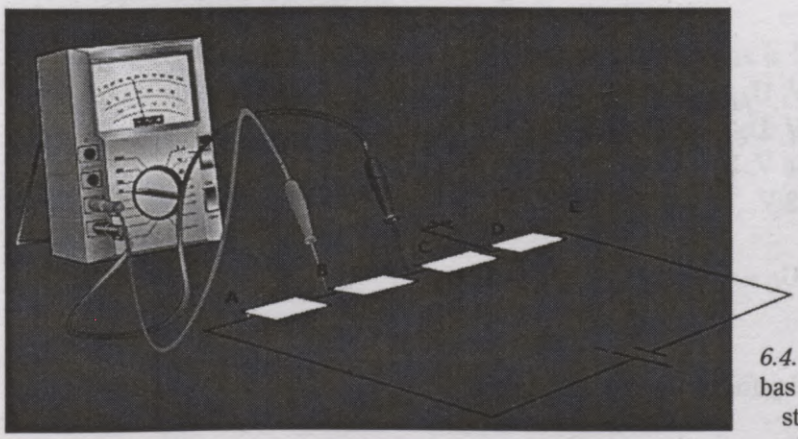
Analizējot 6.3. attēlā doto shēmu, var atzīmēt, ka punktā A potenciāls pret satekpunktu D ir 10 V. Tātad var rakstīt, ka $U_A = 10$ V. Līdzīgi punktā B pret punktu D ir $U_B = 5$ V, punktā C $U_C = 2$ C, bet punktā D $U_D = 0$ V. Punktā E potenciāls ir ar pretēju zīmi un jāraksta $U_E = -3$ V. Ja šos spriegumus gribētu izmērīt, mērījums ir jāizpilda pret satekpunktu — tātad pret punktu D.

6.4. attēlā attiecīgi starp punktiem A un B spriegumu starpība ir 5 V.

6.2. attēls. "Zemes" simboliskais veids elektriskajās shēmās. Labajā pusē redzamo simbolu parasti izmanto Anglijā un ASV



6.3. attēls. Elektriskais potenciāls. Līdzīgi kā ar 6.2. attēlu, tikai augstuma atzīmju vietā ir spriegums voltos



6.4. attēls. Potenciālu starpības (sprieguma) mērīšana starp punktiem B un C

Pieņemot punktu A ar "+" zīmi, var rakstīt $U_{AB} = 5$ V. Bet $U_{BA} = -5$ V, tātad ar pretēju zīmi. Līdzīgi var rakstīt, ka $U_{AC} = 8$ V, bet $U_{CA} = -8$ V.

Neviens analogais multimetrs nav tā konstruēts, lai uzrādītu sprieguma negatīvo virzienu. Tas nozīmē, ka pašam mērītājam ir jānovērtē, kur ir nulles vai satekpunkts un kur mainās poli. Multimetrs tikai rāda potenciālu starpību starp attiecīgajiem punktiem.

Šajā shēmā ir dots $U_A = 10$ V, $U_B = 5$ V, $U_C = 2$ V, $U_D = 0$ V un $U_E = -3$ V.

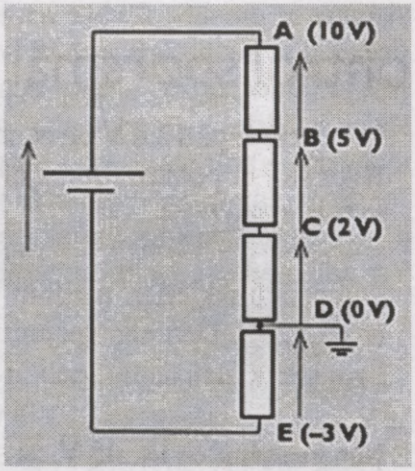
Potenciālu kritumi ir

$U_{AB} = 5$ V, $U_{AC} = 8$ V, $U_{AD} = 10$ V un $U_{AE} = 13$ V.

$U_{BA} = -5$ V, $U_{BC} = 3$ V, $U_{BD} = 5$ V un $U_{BE} = 8$ V.

$U_{AC} = -8$ V, $U_{CB} = -3$ V, $U_{CD} = 2$ V un $U_{CE} = 5$ V.

$U_{DA} = -10$ V, $U_{DB} = -5$ V, $U_{DC} = -2$ V un $U_{DE} = 3$ V.



6.5. attēls

6.1. piemērs

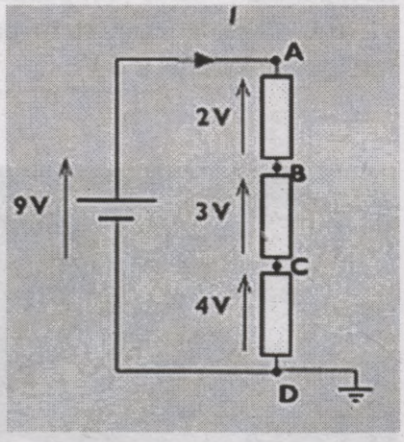
Nosaki U_{AB}, U_{AC}, U_{AD}, U_{BC}, U_{BD}, U_{CD}, U_{DA}, U_{DB}, U_{DC}, U_{CA}, U_{CB}, U_{BA}.

Aprēķini arī U_A, U_B, U_C un U_D.

Iegūst

$U_{AB} = 2$ V, $U_{AC} = 5$ V, $U_{AD} = 9$ V,
$U_{BC} = 3$ V, $U_{BD} = 7$ V, $U_{CD} = 4$ V, $U_{DA} = -9$ V,
$U_{DB} = -7$ V, $U_{DC} = -4$ V, $U_{CA} = -5$ V,
$U_{CB} = -3$ V, $U_{BA} = -2$ V.

$U_A = 9$ V, $U_B = 7$ V, $U_C = 4$ V un $U_D = 0$ V.



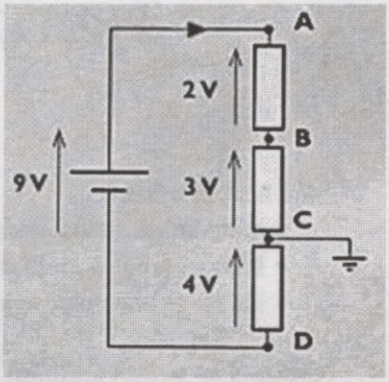
6.6. attēls

Pārvietojot satekpunktu, iegūst atšķirīgus rezultātus.

6.2. piemērs

Nosaki U_{AB}, U_{AC}, U_{AD}, U_{BC}, U_{BD}, U_{CD}, U_{DA}, U_{DB}, U_{DC}, U_{CA}, U_{CB}, U_{BA}. Aprēķini arī U_A, U_B, U_C un U_D.

Sprieguma kritums un strāvas tādas pašas kā iepriekšējā piemērā.



6.7. attēls

Iegūst

$U_{AB} = 2$ V, $U_{AC} = 5$ V, $U_{AD} = 9$ V, $U_{BC} = 3$ V,
$U_{BD} = 7$ V, $U_{CD} = 4$ V, $U_{DA} = -9$ V,
$U_{DB} = -7$ V, $U_{DC} = -4$ V, $U_{CA} = -5$ V,
$U_{CB} = -3$ V, $U_{BA} = -2$ V.

$U_A = 5$ V, $U_B = 3$ V, $U_C = 0$ V un $U_D = -4$ V.

Secinājums. Kad mainās satekpunkts, mainās savstarpējie potenciāli, bet nemainās kopējais sprieguma kritums.

Kontroljautājumi

1. Vienas baterijas spriegums ir 12,8 V, bet otras — 13,7 V. Kāda ir potenciālu starpība starp abām baterijām?
2. Potenciālu starpība starp diviem punktiem ir 7,5 V. Viena punkta spriegums ir 220 V. Cik liels ir otra punkta spriegums?
3. Punkta A spriegums ir $U_A = 45$ V, bet punkta B spriegums ir $U_B = 55$ V. Cik liels ir spriegums U_{AB}?
4. Punkta A spriegums $U_A = 73$ V. Punkta B spriegums ir $U_B = 35$ V. Cik liels ir spriegums U_{AB}?
5. Spriegums $U_{AB} = 4$ V, spriegums $U_B = 55$ V. Cik liels ir spriegums U_A?

ELEKTRISKO ELEMENTU UN PRETESTĪBU PARALĒLIE SLĒGUMI

Šajā nodaļā uzzināsi:

- kādā veidā strāva sadalās vadītāju paralēlslēgumā;
- kā aprēķināt kopējo pretestību, ja ir vairākas paralēli slēgtas pretestības;
- kā aprēķināt rezultējošo pretestību jaukta slēguma elektrotīklā.

Saskaņā ar iepriekšminēto strāva virknes slēgumā visā ķēdes garumā ir vienāda, bet sprieguma kritumi atsevišķos posmos ir atšķirīgi. Paralēlslēgumā situācija ir atšķirīga. Sprieguma kritumi paralēlajos zaros ir vienādi, bet caurplūstošās strāvas ir dažādas.

STRĀVAS PARALĒLSLĒGUMI

Salīdzināsim doto ķēdi ar mākslīgu ūdenskritumu. Novietosim ūdenskrituma vidējā daļā straumes ceļā lielu garu akmeni, kas sadala ūdens plūsmu divās daļās. Kopējais plūstošā ūdens daudzums ir vienāds kā pie dalītās straumes, tā arī pirms tam, kad bija kopēja straume.

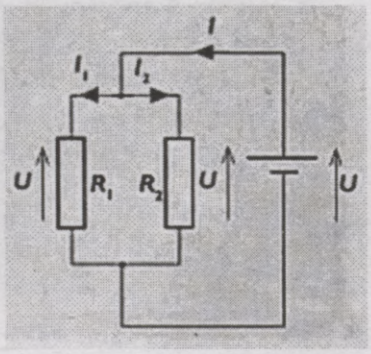
Nosauksim kopējo ūdens daudzumu vienas straumes gadījumā par I, bet ar akmeni dalītās divas paralēlās plūsmas I_1 un I_2. Tādā gadījumā

$$I = I_1 + I_2$$

Kā redzams, 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 pretestībām un atkal apvienojas kopējā plūsmā līdz sprieguma avota mīnus polam.

Paralēlslēgums:

$$I = I_1 + I_2$$



7.1. attēls. Dalīto straumju summa veido kopējo ūdens plūsmu

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

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

$$I = I_1 + I_2 + ... + I_n,$$

kur "n" ir konkrēto paralēlo slēgumu daudzums.

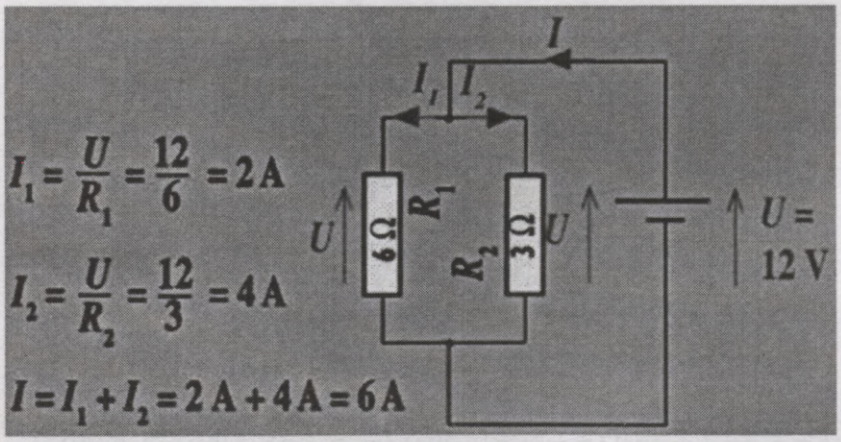
Caurplūstošā strāva paralēlslēguma katrā zarā ir

$$I_1 = \frac{U}{R_1}\ ;\ I_2 = \frac{U}{R_2}\ \text{utt.}$$

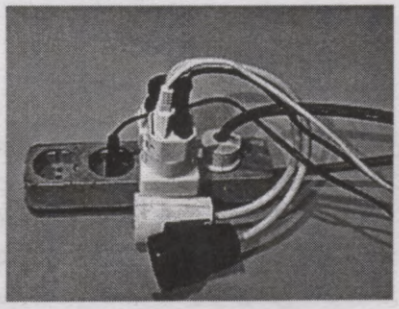
Sprieguma lielums dotās shēmas zaros, kā jau minēts, ir nemainīgs. Paralēlslēguma strāvu aprēķins ir redzams 7.1. piemērā.

7.1. piemērs

Dotajā kontūrā U = 12 V, R_1 = 6Ω , R_2 = 3Ω . Atrast I, I_1 un I_2.



Atbilde. Strāvas ir 2 A, 4 A un 6 A.

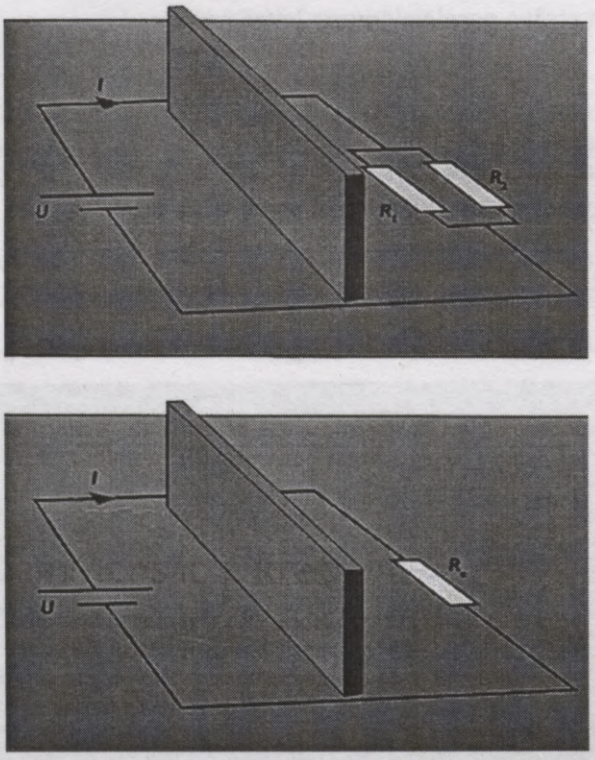


7.2. attēls. Nepieļaujams paralēlspriegumu saslēgums. Šī "nasta" kontaktā nav pieļaujama

KOPĒJĀ EKVIVALENTĀ PRETESTĪBA

Paralēlo zaru pretestības paralēlajā slēgumā veido kopējo slodzi elektriskai ķēdei un sprieguma avotam. Pieņemsim, ka atbilstoši 7.1. piemēram I = 6 A un U = 12 V. Tādā gadījumā kopējā pretestība, saskaņā ar Oma likumu, ir

$$R_{ekv} = \frac{U}{I} = \frac{12}{6} = 2\,\Omega$$

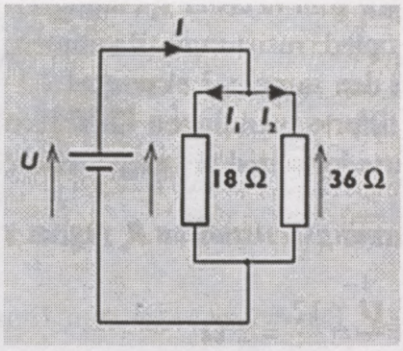


7.3. attēls. Šeit ir redzama 7.1. piemēram līdzīga situācija. Šķērssiena atdala divas puses un ne strāvas, ne sprieguma analīzei nav jāzin faktiskās pretestības slēgums, jo $R_{ekv} = 2\Omega$

7.2. piemērs

Dots pretestību slēgums, kur R_1 = 18 Ω un R_2 = 36 Ω. Jāuzzina, cik liela strāva varētu plūst kopējā ķēdē un cik liela ir ekvivalentā (kopējā) pretestība? Nezinot faktisko sprieguma lielumu, ir iespēja nosacīti izvēlēties kādu sprieguma lielumu, ar kuru dalās doto pretestību vērtības (līdzīgi kā aritmētikā mēs izvēlamies kopsaucēju). Konkrētajā gadījumā izvēlēsimies 36 V. Tad var izrēķināt šķietamo strāvas lielumu un

pēc tam, dalot pieņemto spriegumu ar šķietamo kopstrāvu, iegūst faktisko ekvivalento pretestību.



7.4. attēls

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{36}{18} A = 2A$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{36}{36} A = 1A$$

$$I = I_1 + I_2 = 2A + 1A = 3A$$

$$R_{ekv.} = \frac{U}{I} = \frac{36}{3} \Omega = 12\Omega$$

Atbilde. $R_{ekv.} = 12\ \Omega$.

7.3. piemērs

Lieto tās pašas skaitliskās vērtības kā iepriekšējā piemērā. Vispirms, saskaņā ar Kirhofa likumu, vispārīgā formā var rakstīt $I = I_1 + I_2$. I vietā var ievietot

$$I = \frac{U}{R_{ekv.}}; \quad I_1 = \frac{U}{R_1} \quad \text{un} \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$$

un iegūt

$$\frac{U}{R_{ekv.}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}.$$

Līdzīgi visos posmos iegūtās izteiksmes var saskaitīt un tad izdalīt visus saskaitāmos ar U, iegūstot formulu

$$\frac{1}{R_{ekv.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Šajā formulā ievietojot skaitliskos lielumus

$$\frac{1}{R_{ekv.}} = \frac{1}{18} + \frac{1}{36}.$$

Mazākais kopsaucējs ir 36.

$$\frac{1}{R_{ekv.}} = \frac{2}{36} + \frac{1}{36} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12}$$

Aprēķina rezultātā iegūst $R_{ekv.} = 12\ \Omega$.

Tādējādi, saskaņā ar piemērā iegūto formulu, to vispārinot uz "n" paralēli slēgtām pretestībām, iegūst formulu ekvivalentās pretestības aprēķinam atsevišķo paralēlo pretestību vietā

$$\frac{1}{R_{ekv.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Paralēlslēgums

$$\frac{U}{R_{ekv.}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + ... + \frac{U}{R_n}$$

Pārveidojot šo formulu, izmantojot mazāko kopsaucēju, iegūstam

$$\frac{1}{R_{ekv.}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}.$$

Apgriežot vietām abas vienādojuma puses iegūst izteiksmi, kas dod $R_{ekv.}$

$$R_{ekv.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Šī formula ir jāiegaumē, jo ar to uzreiz iegūst nepieciešamo rezultātu. 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 vai arī ir pieļauta kāda rupja kļūda.

JAUKTIE PRETESTĪBU SLĒGUMI

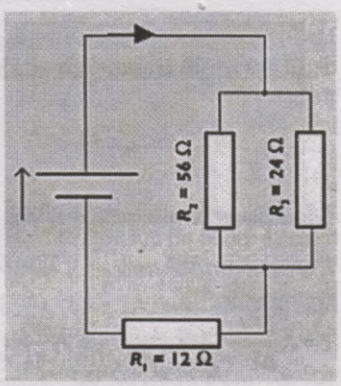
Reālās elektriskajās iekārtās un it sevišķi vājstrāvas ķēdēs vienlaikus ir virknes un paralēlie slēgumi visdažādākajās kombinācijās un virknējumos. Tādēļ ir jāprot aprēķināt arī šādu ķēžu kopējo pretestību.

7.4. piemērs

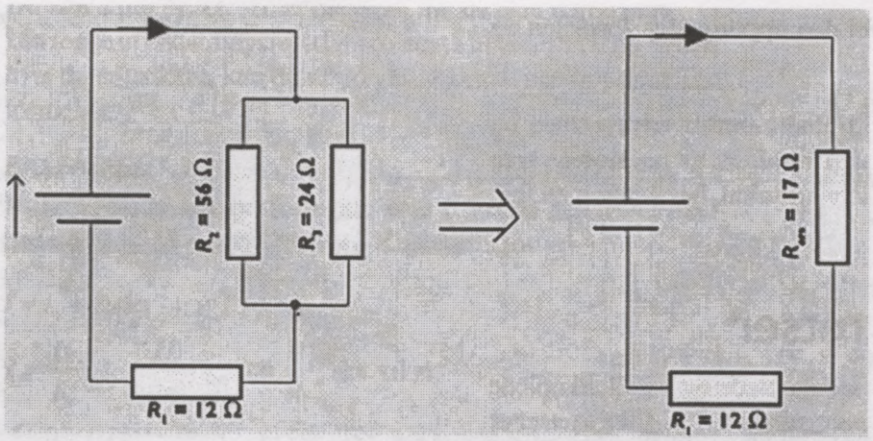
Aprēķināt kopējo pretestību dotajā slēgumā.

Vispirms aprēķina ekvivalento pretestību paralēlajam slēgumam.

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



7.5. attēls



7.6. attēls

Summē iegūtās virknes slēguma pretestības.

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

Atbilde: Kopējā pretestība ir 29 Ω.

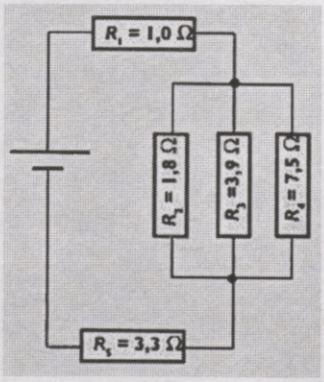
Piezīme. Ja uz kalkulatoram ir taustiņš [1/x], paralēlo pretestību aprēķinu var atvieglot šādi:

[56] [1/x] [+] [24] [1/x] [=] [1/x]

Rezultāts ir R_{ekv} = 16,8 Ω.

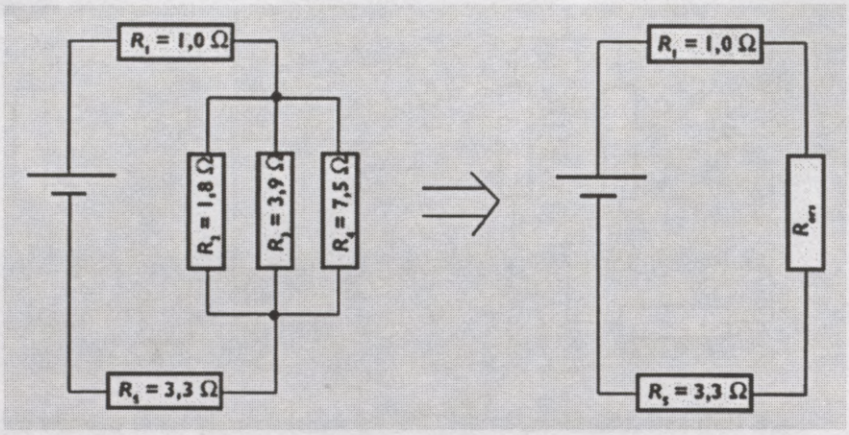
7.5. piemērs

Aprēķināt kopējo pretestību šādā slēgumā.



7.7. attēls

Vispirms aprēķina ekvivalento pretestību trim paralēli slēgtajām pretestībām.



7.8. attēls

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

Piemēru rēķina ar kalkulatoru.

1.8	1/x	+	3.9	1/x	+	7.5	1/x	=	1/x

Iegūst $R_{ekv} = 1{,}1\ \Omega$.

Tad kopējā pretestība ir

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

Kontroluzdevumi

1. Trīs pretestības ir paralēlā slēgumā. Spriegums uz trešās pretestības ir 15 V. Cik liels spriegums ir uz pirmās pretestības?
2. Sazarotās strāvas paralēlā slēgumā ir 1,2 A un 3,3 A. Cik liela ir kopstrāva?
3. Paralēlslēgumā divos zaros strāva ir 1,5 A un 2,4 A. Kopstrāva ir 6 A. Cik liela strāva ir trešajā paralēlslēguma zarā?
4. Cik liela ir ekvivalentā pretestība, kas ierobežo kopstrāvu, ja pretestības abos paralēlajos zaros ir 100Ω un 200Ω?
5. Aprēķināt ekvivalento pretestību, ja paralēlajos zaros ir slēgtas 20Ω, 50Ω un 80Ω pretestības.
6. Aprēķināt ekvivalento pretestību paralēlslēgumā ar četrām vienādām 80Ω pretestībām.
7. Trīs pretestības ir jauktā slēgumā. Divas no tām slēgtas paralēli, bet trešā virknē. Katra pretestība ir 4 kΩ liela. Cik liela ir kopējā pretestība?
8. Trīs pretestības ir jauktā slēgumā. R_2 = 2 kΩ, R_3 = 3 kΩ, un tās ir slēgtas paralēli. R_1 = 1 kΩ, un tā ir slēgta virknē. Cik liela ir kopējā pretestība?

ELEKTRĪBAS VADĪTĀJI, PUSVADĪTĀJI UN IZOLATORI

Šajā nodaļā uzzināsi:

- kas ir vadītāji, pusvadītāji un izolatori;
- kādi apstākļi nosaka vadītāja pretestību;
- kā aprēķināt pretestību vadiem un kabeļiem;
- kā temperatūra iespaido vadītāja pretestību un kāda ir aprēķina metodika;
- ko izsaka apzīmējumi PTP un NTP un kādam mērķim tos lieto.

Zinātnieki, it sevišķi ķīmiķi, visas pamatvielas iedala metālos un nemetālos. Elektriķi visas vielas iedala strāvas vadītājos, pusvadītājos un izolatoros (var saukt par dielektriķiem). Principā visi metāli ir vadītāji, lielākā daļa nemetālu ir dielektriķi. Vadītāji ir arī elektrolīti — skābju, sārmu un sāļu šķīdumi, kur elektriskā lādiņa nesēji ir pozitīvie un negatīvie joni. Dielektriķu pretestība ir 10^{10} līdz 10^{20} reizes lielāka nekā vadītājiem. Dielektriķi ir, piemēram, gāzes, eļļas, porcelāns, plastmasas, gumija u.c. Trešā grupa ir pusvadītāji, kuriem ir gan izolatoru īpašības, gan arī vadītspēja, kas parasti pieaug, palielinoties temperatūrai. (Angliski tos sauc — *Semiconductors.*)

ELEKTRĪBAS VADĪTĀJI

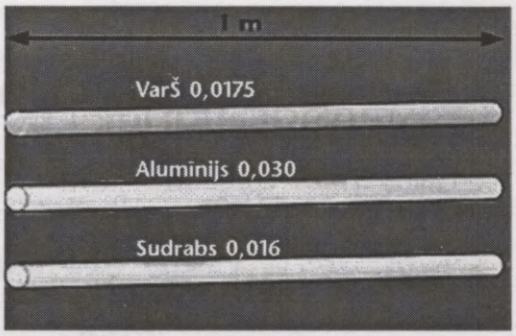
No dažādiem metāliem gatavoto vadu elektrības vadītspēja vai tās apgrieztais lielums — pretestība — ir atšķirīga. Tā ir atkarīga vispirms no brīvajiem elektroniem un joniem. Jo mazāk ir šo brīvo elementārdaļiņu, jo pretestība ir lielāka.

Lai raksturotu, cik liela ir metāla pretestība, lieto definīciju "īpatnējā pretestība". Tā ir 1 m gara vada ar šķērsgriezumu 1 mm^2 pretestība. Tā kā vadītāja pretestība ir atkarīga arī no temperatūras, papildu noteikums — temperatūrai jābūt 20° C.

8.1. attēlā redzams, ka vara vada īpatnējā pretestība ir 0,0175 Ω, alumīnija vadam tā ir 0,030 Ω, bet sudrabam — 0,016 Ω. Šie trīs metāli elektrotehnikā tiek lietoti visvairāk.

Kā redzams, sudraba vada pretestība ir tikai nedaudz atšķirīga no vara vada

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 dzīvojamos objektos.

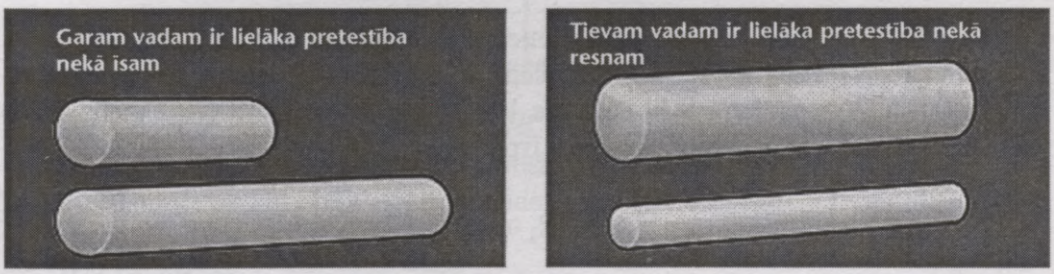


8.1. attēls. Dažādu vadītāju pretestība 1 m garumā ar šķērsgriezumu 1 mm² 20° C temperatūrā (īpatnējā pretestība)

Alumīnija sliktās īpašības ir pastiprinātā oksidācija saskarsmē ar gaisu un ķīmiskām vielām. Turklāt arī mehāniskā izturība uz stiepi un lieci ir manāmi sliktāka. Tā kā alumīnijs ir dabā plaši atrodams un ir ievērojami lētāks arī par varu, to lieto galvenokārt gaisvadu elektrolīnijās un arī kabeļos, turklāt 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.
Zinot, ka vara vada īpatnējā pretestība ir 0,0175 Ω,
ja vads ir 10 m garš, pretestība būs R = 0,0175 · 10 = 0,175 Ω.



8.2. attēls. Pretestības lielums ir atkarīgs no vadītāja garuma un šķērsgriezuma

Kādā veidā mainās vada pretestība, ja mainās tā šķērsgriezuma laukums? Jāatceras, ka pretestība R ir apgriezti proporcionāla šķērsgriezumam. Palielinot šķērsgriezumu, pieaug brīvo elektronu un jonu skaits un pretestība samazinās.

Pretestības aprēķinam tiek lietota formula:

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

kur ρ — vadītāja materiāla īpatnējā pretestība ρ (ro);
l — vadītāja garums metros;
S — vadītāja šķērsgriezums mm².

8.1. piemērs

Cik liela ir pretestība 350 m garam vara vadam ar šķērsgriezumu 4 mm²?
Izmantojot minēto formulu,

$$R = 0{,}0175\frac{350}{4} = 1{,}53\Omega.$$

Atbilde. R = 1,53 Ω.

8.3. attēls

PRETESTĪBAS IZMAIŅAS ATKARĪBĀ NO TEMPERATŪRAS

Vadītāja pretestība pieaug, palielinoties tā temperatūrai. Piemēram, gaisvadu elektrolīniju pretestība karstā vasaras dienā ir lielāka nekā ziemā. Pretestības izmaiņas raksturo temperatūras koeficients, kas ir dots tabulā katra veida metāliskam vadītājam. Zinot šo koeficientu, aprēķinu izpilda pēc formulas:

$$\Delta R = R_I \cdot \alpha \cdot \Delta t^0,$$

kur R_I — vadītāja pretestība 20° C;
α — temperatūras koeficients Ω/K;
$\Delta t°$ — temperatūras pieaugums virs 20° C;
K — kelvina grāds.

8.2. piemērs

350 m garam vara vadam 20° C pretestība ir 1,53 Ω. Cik daudz pieaugs pretestība, ja temperatūra palielināsies līdz 50° C?

No 8.1. tabulas redzam, ka varam α = 0,0039 Ω/K.

$$\Delta R = R_1 \cdot \alpha \cdot \Delta t° = 1{,}53 \cdot 0{,}0039 \cdot (50–20) = 0{,}179\ \Omega$$

Vada pretestība 50°C ir:

$$R_2 = R_1 + \Delta R = 1{,}53 + 0{,}179 = 1{,}709\ \Omega.$$

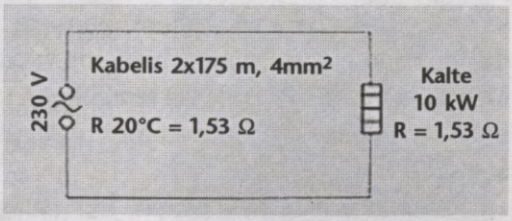
8.1. tabula. **Temperatūras koeficients α dažādiem metāliem**

Metāls	Temperatūras koeficients, α(Ω/K)
Alumīnijs	0,0039
Svins	0,0039
Zelts	0,0037
Dzelzs	0,0052–0,0062
Varš	0,0039
Magnijs	0,0040
Niķelis	0,0059
Platīns	0,0036
Sudrabs	0,0038
Alva	0,0042
Volframs	0,0044

Pretestība ir palielinājusies par 11,7%. Šāds pieaugums ir līdzvērtīgs stiprākai strāvai, kas izraisa šo pieaugumu. Pieņemsim, ka tas pats kabelis tiek izmantots nelielas graudu kaltes agregāta elektroapgādei.

8.3. piemērs

Graudu kaltēšanas agregātam ar jaudu 10 kW pretestība ir 5,29 Ω. Agregāts ir paredzēts 230 V barojošam spriegumam. Elektroapgādei nepieciešams 350 m garš vara kabelis. Pieņemsim, ka tā šķērsgriezums ir 4 mm². Agregāts faktiski strādā ar 6016,5 W jaudu, un tādā gadījumā nepieciešama 33,72 A stipra strāva. Šie parametri ir pie 20°C. Ja temperatūra pieaug par 30°C, pretestība palielinās no 1,53Ω līdz 1,709 Ω. Strāva samazināsies līdz 32,86 A, un



8.4. attēls. Kaltes elektroapgādes izpildshēma

agregāta jauda būs 5712,67 W. Jaudai samazinoties, it kā samazinās arī ražotā siltuma daudzumu par 5 %, bet, pieaugot apkārtējai temperatūrai, tas nebūs jūtams.

Secinājumi. Izvēlētais kabeļa šķērsgriezums piemērots graudu kaltēšanas agregāta elektroapgādes prasībām.

Veselība un vide
Ja nederīgs kabelis ir jāizmet, no tā var iegūt metālisku varu, bet jāņem vērā, ka nedrīkst dedzināt veco izolāciju!

TEMPERATŪRAS UN PRETESTĪBAS KOPSAKARĪBA

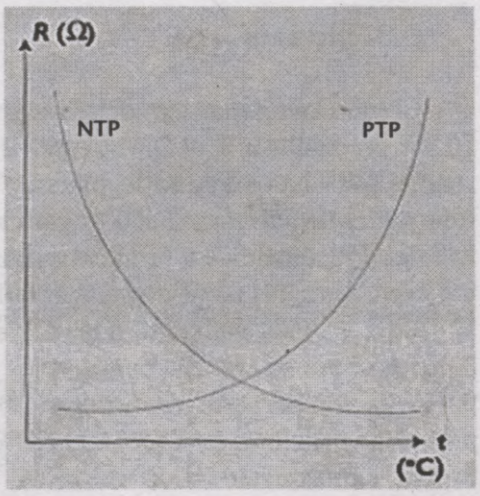
Ja izdotos sasniegt absolūto nulles punktu, varš būtu ideāls elektrības vadītājs, jo pie 0K = –273°C visiem vadītājiem pretestība būtu nulle. Šo teorētisko īpašību sauc par supravadāmību. Temperatūrai paaugstinoties, elektriskā vadītspēja samazinās. Tā tas ir vairākumam elektrības vadītāju. Izskaidrojums ir vienkāršs, temperatūrai augot, negatīvo elektronu plūsma vadā sastop pārējo elementārdaļiņu — neitronu, pozitronu — papildu pretestību, it sevišķi tuvāk vadītāja virsmai, kur norisinās galvenā vadāmība. Tātad elektriskajai strāvai ir jāpārvar papildu "šķēršļu josla".

K=Kelvins, temperatūras mērvienība

PTP

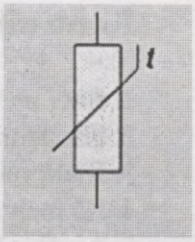
Elektrības vadītājus, kuru pretestība palielinās, pieaugot temperatūrai, sauc par pozitīvajām termopretestībām. Tas ir raksturīgi elektrības vadītājiem, kuriem ir daudz brīvo elektronu. Saīsināti šos vadītājus apzīmē — PTP. Speciālā izpildījumā tos lieto kā iekārtu darba parametru regulēšanas līdzekli.

Speciālu materiālu grupu, kur pretestība, tieši pretēji tikko minētajam, paaugstinoties temperatūrai samazinās, sauc par



8.5 attēls. Pretestības izmaiņas atkarībā no temperatūras divām materiālu grupām

negatīvajām termopretestībām. Saīsināti — NTP. Tos sauc arī par termistoriem, tādējādi atšķirot no iepriekšminētajiem — kurus sauc arī par termorezistoriem. Tie parasti ir pusvadītāji.



8.6. attēls. Termistora attēls shēmā

PUSVADĪTĀJI

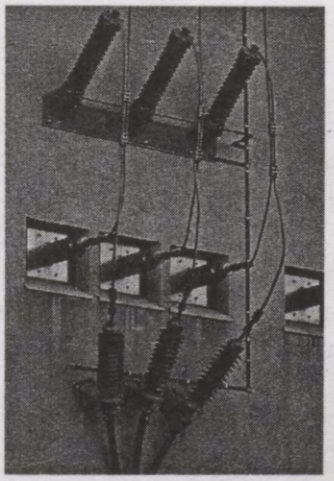
Pusvadītāju parastākie materiāli ir silīcijs, germānijs, bors, fosfors, arsēns, telūrs u.c. Klasificējot materiālus no elektrotehniskā viedokļa, pusvadītāji būtu jānovieto intervālā starp vadītājiem un dielektriķiem. Pusvadītāju pretestība samazinās, paaugstinoties temperatūrai vai palielinoties speciālu piedevu (piejaukumu) daudzumam. Pie absolūtās nulles pusvadītāji būtu ideāli izolatori. Vienā kubikcentimetrā elektrības vadītāju ir aptuveni 10^{23} brīvo elektronu, bet pusvadītājā to ir 10^{19}, tātad 10000 reizes mazāk.

Pusvadītāju piedevas ir divu veidu (pašu procesu sauc par leģēšanu) — donori un akceptori. Ievadot donorus (piemēram, antimonu), brīvo elektronu ir vairāk un elektrības vadītspēja uzlabojas. Tiek iegūts "n" tipa pusvadītājs. Ievadot akceptoru (piemēram, indiju), tiek iegūts "p" tipa pusvadītājs. Dažādo pusvadītāju kombinācijas izmanto diožu un tranzistoru ražošanā.

IZOLATORI

Izolatori ir nepieciešami, lai strāvu varētu "iegrožot" un noturēt vadā. Izolatoros nav brīvu elektronu, tādējādi nav iespējama strāvas plūsma. Ap vadiem un kabeļiem izolējošais apvalks ir no dažāda veida plastmasas, speciālas gumijas u.c. materiāliem. Īstie izolatori ir no stikla, porcelāna vai fajansa. Šo minēto izolējošo materiālu, dielektriķu, īpatnējā pretestība ir no 10^{10} līdz 10^{18} reizes lielāka nekā elektrības vadītājiem. Viņi var izturēt augstu temperatūru — līdz 200°C un pat vairāk.

Attēlā 8.7 redzamajiem izolatoriem ir augsta mehāniskā stiprība, bet galvenais — elektriskā stiprība vai caursites intensitāte. Caursite ir iespējama tikai pie ļoti augsta sprieguma, kas vismaz 3–4 reizes pārsniedz darba spriegumu.



8.7. attēls. Izolatori

Kontroljautājumi

1. Kādi metāli labāk vada elektrību?
2. Kādus metālus galvenokārt lieto elektrotehnikā kā vadu materiālus?
3. Kādā veidā mainās pretestība, ja paralēli ir slēgti vairāki vadi?
4. Kā mainās vadāmība, paaugstinoties temperatūrai?
5. Aprēķināt pretestību 100 m garam vara vadam, kura šķērsgriezums ir 2,5 mm^2!
6. Cik garš ir vara vads, ja tā pretestība ir 2 Ω un šķērsgriezums ir 1,5 mm^2?
7. Cik garš būtu alumīnija vads ar tiem pašiem noteikumiem kā 6. uzdevumā?
8. Cik daudz pieaugs vara vada pretestība, ja karstā vasaras dienā tā temperatūra ir 50°C, bet 20°C tā pretestība ir 1,2 Ω?
9. Kādi mērrādījumi mainās atkarībā no vadītāja temperatūras?
10. Kādā veidā atkarībā no temperatūras mainās pretestība termistoriem (NTP grupa)?

ELEKTRISKĀS BATERIJAS, TO SLĒGUMI UN APRĒĶINI

Šajā nodaļā uzzināsi:

- kādas ir atšķirības starp primārajām un sekundārām baterijām;
- kā izrēķināt ampērstundas un enerģijas daudzumu akumulatoros;
- kādas ir akumulatoru īpašības un lietošanas veidi;
- kāda ir nepieciešamā piesardzība darbā ar baterijām un kā jāsaudzē apkārtējā vide;
- kā aprēķināt spaiļu spriegumu, kādi ir slēgumu veidi un slogošanas iespējas;
- kā aprēķināt baterijas iekšējo pretestību.

Elektrisko enerģiju var uzkrāt akumulatoros, baterijās un galveniskajos elementos. Šo daudzveidīgo strāvas avotu grupu dala primārajās baterijās, kuru darbības ilgums ir ierobežots un ķīmiskā viela tā iekšienē izlādējas, un sekundārajos, piemēram, akumulatori, kurus var daudzkārt atkārtoti uzlādēt.

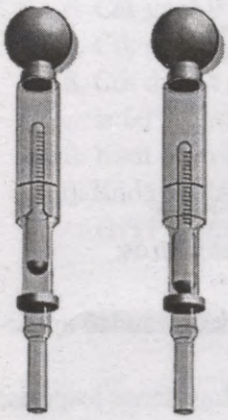
AKUMULATORI

Akumulatoru uzlādējot, tam pievadītā elektriskā enerģija pārvēršas ķīmiskajā enerģijā un tādā veidā tiek uzglabāta. Pieslēdzot tam patērētāju, notiek pretējs process un atkal iegūst elektrisko enerģiju. Galvenie raksturojošie lielumi akumulatoram ir spriegums uz tā spailēm un elektriskā ietilpība, ko mēra ampērstundās.

Ja uz akumulatora ir atzīme 40 Ah, tas nozīmē 40 ampērstundas, un, izlādējot ar 40A strāvu, tas darbosies vienu stundu (40 x 1 = 40). Izlādējot ar 10A strāvu, akumulators darbosies 4 stundas (10 x 4 = 40). Parasti izšķir divas pamatgrupas — svina akumulatori un niķeļa–kadmija akumulatori.

SVINA AKUMULATORI

Šo akumulatoru būtiskākā sastāvdaļa ir svina plates vai elektrodi, kas ievietotas vairākās sekcijās, kuras ir pildītas ar elektrolītu — elektriski vadošu šķidrumu — parasti atšķaidītu sērskābi. Pozitīvās plates ir svina oksīds (PbO_2), bet mīnus plates ir porains svins. Vienas pilnīgi uzlādētas sekcijas spriegums bez slodzes ir 2,1 volts, ko parasti noapaļo uz 2 V. Šo spriegumu sauc arī par elektrodzinējspēku (EDS). Ja virknē ir saslēgtas 6 sekcijas (var saukt arī par cellēm), šīs akumulatoru baterijas EDS ir 12 V. Bez tam akumulatora sekcijā ir separatori — skābju izturīgas un šķidrumu caurlaidīgas starpsieniņas, kas savstarpēji atdala pretējos polus.



9.1. attēls. Blīvuma mērītājs

Ārējā tvertne parasti ir no plastmasas. Separators netraucē brīvo elektronu plūsmu no "–" plates uz "+" plati. Ja akumulators ir izlādējies, elektronu plūsma apstājas un potenciāli izlīdzinās. Pilnīgi uzlādētam akumulatoram elektrolīta blīvums ir 1,28 g/cm³, bet gandrīz izlādētam 1,18 g/cm³. Pilnīgi izlādēt akumulatoru nav vēlams. Elektrolīta blīvumu pārbauda ar speciālu blīvuma mērītāju, kas uzrāda, cik daudz darba procesā ir samazinājusies sērskābes koncentrācija, svina oksīdam platēs pārvēršoties svina sulfātā.

Veselībai un videi

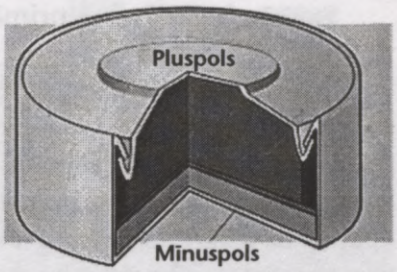
Pēc 3–5 gadu darba parasti svina akumulatori ir nolietojušies, un tie ir jānodod specializētām firmām utilizācijai. Gan sērskābes šķīdums, gan svins ir ļoti indīgs cilvēkam un dabai.

Svina akumulatoru, kas sastāv no sešām sekcijām, var uzlādēt līdz 14,4 V. Vienlaikus ir svarīgi, lai uzlādējošās strāvas lielums nekad nepārsniegtu 1/3 no uzrādītajām ampērstundām. Tā, piemēram, akumulatoram ar atzīmi 75 Ah uzlādēšanas strāva nedrīkst pārsniegt 75/3 = 25 A. Akumulatora jauda var būt ļoti plašā diapazonā, jo tos lieto gan smagajām automašīnām, gan motocikliem kā startera baterijas, gan elektronikā — piemēram, datoriem. Firmas akumulatorus piegādā gan sausi uzlādētus, gan arī jau ar iepildītu elektrolītu. Ilgāk var uzglabāt sausi uzlādētus.

NIĶEĻA–KADMIJA AKUMULATORI

Šie akumulatori ir plaši lietojami dažādās elektroniskās iekārtās un aparatūrās. Niķeļa hidroksīds veido plus polu, bet kadmijs ir ar negatīvu lādiņu. Par elektrolītu

kalpo kālija hidroksīds. Šim baterijām ir ļoti atšķirīgi lielumi, sākot ar mazām sekcijām līdz lielas jaudas baterijām. Vienas sekcijas spriegums parasti ir 1,2 V. Uzlādes strāvas lielums arī ir ierobežots un nedrīkst būt lielāks par skaitli, ko iegūst, ampērstundas dalot ar 10. Tukšu bateriju līdz 40 % līmenim iesaka uzlādēt pamazām 14 stundu laikā. Modernie uzlādes aparāti ir paredzēti šādam vairākpakāpju uzlādes procesam.

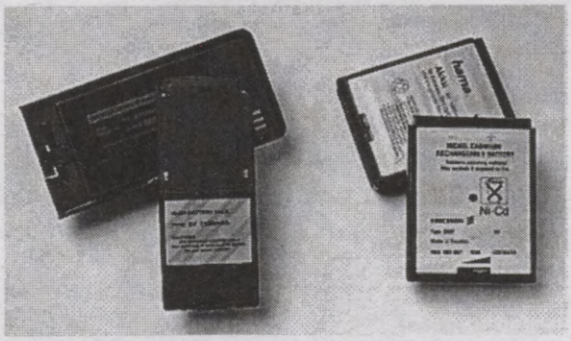


9.2. attēls. Šaurā sekcija

Veselībai un videi
Kadmijs ir spēcīga un bīstama indīga viela. Tādēļ arī šos akumulatorus nedrīkst atvērt vai vienkārši izmest, bet tie jānodod utilizācijai.

NIĶEĻA METĀLHIBRĪDA BATERIJA

Tā kā kadmijs ir indīgs, ir izstrādāta baterija, kur kadmija vietā var lietot metālhibrīdu. Tā ir niķeļa–metālhibrīda baterija, saīsināti NiMH. Šim baterijām salīdzinoši ir par 40 % lielāka enerģijas ietilpība. Arī šīs baterijas var atkārtoti uzlādēt un ilgstoši izmantot. Trūkums ir augstā cena, salīdzinot ar niķeļa–kadmija baterijām.

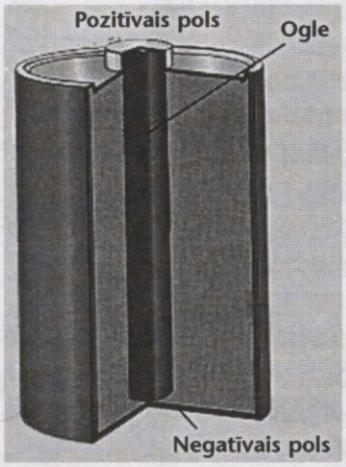


9.3. attēls. Niķeļa–kadmija un niķeļa–metālhibrīda baterijas

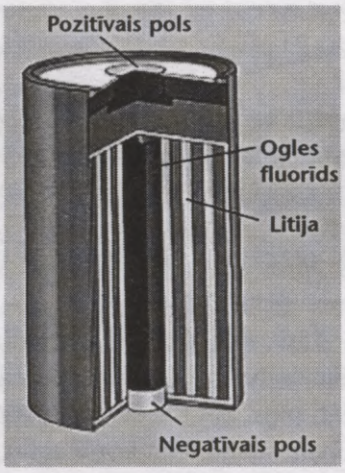
BRĪDINĀJUMS!
Akumulatoros uzkrātā enerģija var būt pietiekami liela. Pavirša un neatbilstoša apiešanās ar šim baterijām var radīt nelaimi gan cilvēkiem, gan materiāliem un iekārtām. Sevišķi jāuzmanās no īsslēgumiem, jo tajos strāvas plūsma var sasniegt simtus un pat tūkstošus ampēru.
Apkalpojot akumulatorus, ir jāievēro visstingrākā piesardzība!

Sausās baterijas — primārās baterijas

Sausās baterijas atkārtoti neuzlādē. Tās ilgstošā ekspluatācijā izlādējas un var būtiski deformēties. Šīs primārās baterijas ir dažādas konstrukcijas, piemēram — ogles, litija, sudraba, dzīvsudraba, magnija u.c. Katra no tām pēc ekspluatācijas ir jāizmet. Plašu lietojumu gūst ogles baterijas, kur "+" spaile ir ogle, bet "–" spaile ir cinks. Starp ogli un cinku ir elektrolīts pastas veidā, — tā var būt amonija hlorīda pasta un ogles pulveris kopā ar mangāna dioksīdu kā depolarizatoru.



9.4. attēls. Ogles baterija



9.5. attēls. Litija baterija

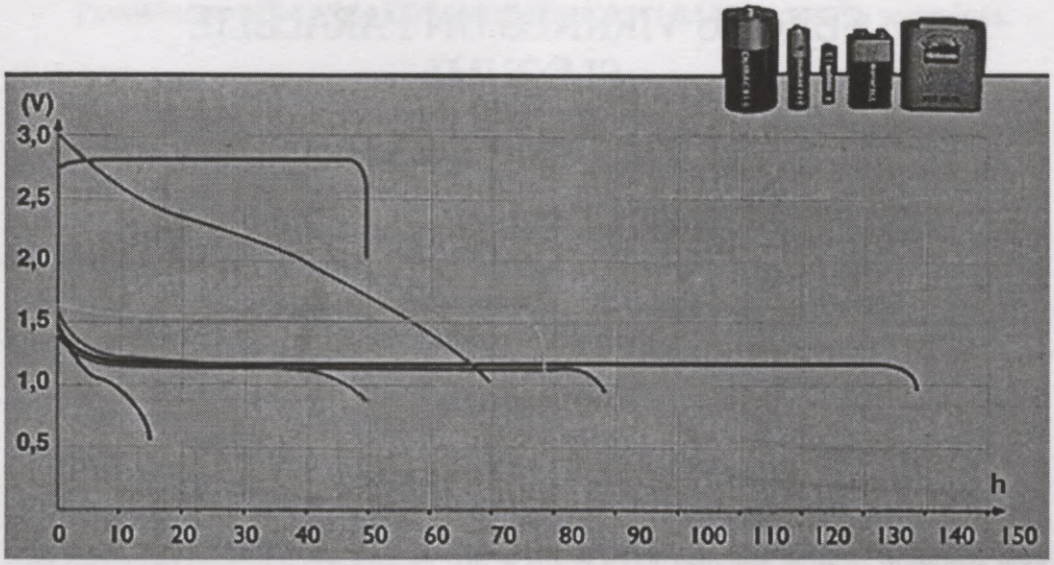
9.6. attēls. Lietota sausā baterija sliktā stāvoklī

Veselībai un videi

Izlietotās ogles baterijas piesārņo apkārtējo vidi, bet tās var kvalificēt kā parastus atkritumus. Visas cita veida baterijas ir videi daudz kaitīgākas un bīstamākas, un to savākšana un utilizācija ir nopietna problēma.

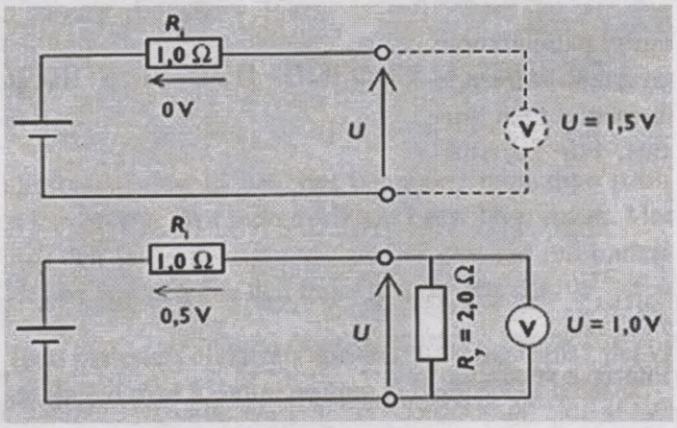
EDS UN SPAIĻU SPRIEGUMS (POLU SPRIEGUMS)

Primārās baterijas ir dažāda sprieguma, atkarībā no kāda materiāla tās ir izgatavotas. Spriegumu mēra pa sekcijām un pēc tam tās saslēdz pēc vajadzības (parasti virknē) atbilstoši vajadzīgajam lielumam.



9.7. attēls. Spaiļu spriegumi sekcijai ar normālu slodzi atkarībā no ekspluatācijas laika

Elektroķīmiskais process primārajās baterijās rada iekšējo spriegumu, ko sauc par elektrodzinējspēku (EDS). Tas ir nemainīgs, ja baterija rūpnīcā ir pareizi izgatavota un uzlādēta, kā arī tiek normāli slogota. Tomēr ir jāņem vērā, ka baterijā ir iekšējā pretestība R_i. Turklāt, baterijai izlādējoties, tukšgaitas spriegums ir lielāks, nekā to slogojot. Tādēļ, lai iegūtu objektīvu ainu, sevišķi akumulatoriem, lieto slodzes dakšu — starp spailēm pieliek pretestību un voltmetru kā vienu mezglu.



9.8. attēls. Shēmā parādīts, ka, mērot spaiļu spriegumu bez slodzes, rezultāts ir kļūdains, bet, mērot to pašu shēmu ar slodzi, iegūst pareizo spaiļu spriegumu

SEKCIJU VIRKNES UN PARALĒLIE SLĒGUMI

SEKCIJU VIRKNES SLĒGUMI

Lai baterijai iegūtu augstāku spriegumu kā katrai sekcijai atsevišķi, tās saslēdz virknē. EDS visai baterijai ir atsevišķo sekciju spriegumu summa. Piemēram, saslēdzot virknē trīs sekcijas, katru ar 1,5 V spriegumu, iegūst 1,5 + 1,5 + 1,5 = 3 · 1,5 = 4,5 V. Faktiskais spaiļu spriegums būs nedaudz zemāks, jo jāņem vērā baterijas iekšējā pretestība un tai pieslēgtā slodze.

9.1. piemērs

Dots, ka virknē slēgti 3 sausie sudraba oksīda elementi. Katras sekcijas EDS ir 1,5 V un iekšējā pretestība ir 0,2 Ω. Baterija tiek slogota ar 5 Ω slodzi.

Jānosaka kopējā strāva un spriegums.

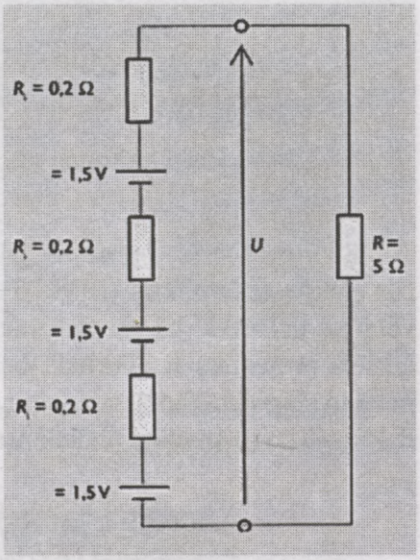
Kopējais EDS: 3 · 1,5 V = 4,5 V.
Pilnā iekšējā pretestība: 3 · 0,2 = 0,6 Ω.
Kopējā pretestība ķēdē (iekšējā un ārējā):

$$R_{kop.} = 0{,}6 + 5 = 5{,}6\ \Omega.$$

Strāva ķēdē:

$$I = \frac{3 \cdot EDS}{R_{kop.}} = \frac{4{,}5}{5{,}6} = 0{,}804\ A$$

$$U = I \cdot R = 0{,}804 \cdot 5 = 4{,}02\ V$$



9.9. attēls

SEKCIJU PARALĒLAIS SLĒGUMS

Lai palielinātu baterijas ietilpību ampērstundās, sekcijas slēdz paralēli. Tagad īsslēguma strāva ir lielāka nekā vienas sekcijas gadījumā.

Pieņemsim, ka ir analogas sekcijas iepriekšējam piemēram. Ņemsim analīzei vienu sudraba oksīda sekciju ar EDS = 1,5 V un iekšējo pretestību 0,2 Ω. Īsslēguma strāva vienai sekcijai:

$$I_{issl} = \frac{EDS}{R_i} = \frac{1{,}5}{0{,}2} = 7{,}5A$$

Paralēlslēgumā kopējais EDS nepalielinās, bet iekšējā pretestība samazinās.

$$R_{kop\ i} = \frac{R_i}{n} = \Omega$$

kur "n" ir paralēli slēgto bateriju skaits.

9.2. piemērs

Analogi iepriekšējam dots: paralēli slēgtas 3 sudraba oksīda bateriju sekcijas, katra ar EDS = 1,5 V. Iekšējā pretestība katrai ir 0,2 Ω. Arī kopējais EDS ir 1,5 V.

Kopējā iekšējā pretestība:

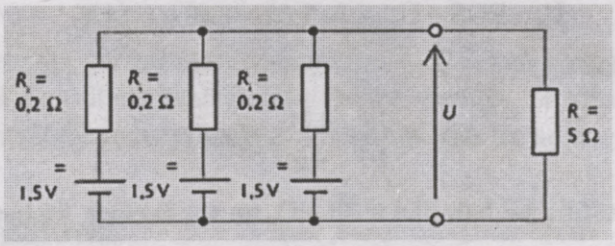
$$R_{kop\ i} = \frac{R_i}{n} = \frac{0,2}{3} = 0,067\Omega$$

Īsslēguma strāva:

$$I_{issl} = \frac{EDS}{R_{kop\ i}} = \frac{1,5}{0,067} = 22,5A$$

No šādas īsslēguma strāvas praktiska labuma nav, bet, nemākulīgi apejoties, var izraisīt nevēlamas sekas. Šis piemērs apliecina, cik spēcīgu bateriju var iegūt paralēla slēguma gadījumā.

9.3. piemērs



9.10. attēls

Saskaņā ar doto shēmu un iepriekšējiem piemēriem, turpināsim aprēķinu.

Pilnais EDS ir 1,5 V. Pilnā iekšējā pretestība ir 0,067 Ω. Pilnā ķēdes pretestība:

$$R_{kop} = 0,067 + 5 = 5,067\ \Omega.$$

Strāva ķēdē:

$$I = \frac{EDS}{R_{kop}} = \frac{1,5}{5,067} = 0,296\,A.$$

Spaiļu spriegums: $U = I \cdot R = 0,296 \cdot 5 = 1,48V$

IEKŠĒJĀS PRETESTĪBAS APRĒĶINS SEKCIJĀ

No iekšējās pretestības lieluma atkarīgs strāvas stiprums ķēdē. Ja ir liela iekšējā pretestība, attiecīgi strāva būs mazāka. Citiem vārdiem — baterijas iekšējā pretestība raksturo baterijas darba stāvokli.

Iekšējo pretestību var izrēķināt šādi:

a) vispirms izmēra baterijas EDS uz spailēm, ja baterija ir slogota;

b) ar slodzi, piemēram, 10 Ω, vienlaikus mēra strāvu un spriegumu uz spailēm.

Sprieguma starpība starp baterijas EDS un spaiļu spriegumu ar slodzi ir tiešā sakarībā ar iekšējo pretestību.

$$U_i = EDS - U_{spaiļu}.$$

Izmantojot izmērīto strāvu, var iegūt iekšējo pretestību

$$R_i = \frac{U_i}{I}.$$

9.4. piemērs

Baterijas EDS ir 1,62 V. Slogojot bateriju ar pretestību 10 Ω, spaiļu spriegums ir 1,48 V. Cauri pretestībai un ķēdei plūst 4,6 A stipra strāva. Sprieguma kritums uz iekšējo pretestību:

$$U_i = EDS - U_{spaiļu} = 1{,}62 - 1{,}48 = 0{,}14\ V.$$

Iekšējā pretestība:

$$R_i = \frac{U_i}{I} = \frac{0{,}14}{4{,}6} = 0{,}030\ \Omega.$$

Tātad iekšējā pretestība šai baterijai ir 30 mΩ, un var secināt, ka baterija ir uzlādēta.

Līdzīgs piemērs.

Dotajai baterijai EDS ir samazinājies no 1,62 līdz 1,2 V un I = 0,5 A. Kāda ir iekšējā pretestība?

$$Ui = EDS - U = 1{,}62 - 1{,}2 = 0{,}42V$$

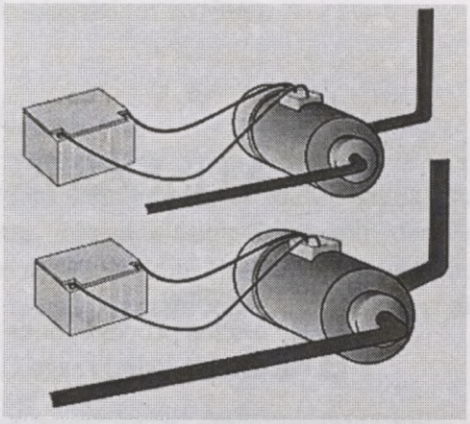
$$R_i = \frac{U_i}{I} = \frac{0{,}42}{0{,}5} = 0{,}84\Omega$$

Kā redzams, baterija ir galīgi iztukšojusies (izlādējusies).

ENERĢIJA — DARBS

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 · 75 = 75 stundas. Pieslēdzot spēcīgāku sūkni, kas patērē 5 A, dotais akumulators varētu darboties 15 stundas. Šī sūkņa jauda attiecīgi ir

$$P = U \cdot I = 12 \cdot 5 = 60 \text{ W}.$$



9.11. attēls. Ūdens sūkni var darbināt ilgāk un ar lielāku enerģiju, izmantojot spēcīgāku akumulatoru, piemēram, automašīnas startēšanas akumulatoru

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

$$W = P \cdot t,$$

kur W — darbs (angliski *work*) vai precīzāk — enerģija,
P — jauda,
t — laiks.

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

Kontroljautājumi

1. Nosauc primāro un sekundāro bateriju piemērus!
2. Kādā veidā raksta bateriju elektriskos lielumus?
3. Kādā veidā var kontrolēt autoakumulatoru uzlādēšanās pakāpi?
4. Cik liela ir pieļaujamā uzlādes strāva 60 Ah autobaterijai?
5. Cik liela var būt uzlādes strāva niķeļa–kadmija baterijai ar 4 Ah energoietilpību?
6. Cik liels EDS ir trim virknē slēgtām 1,5 V ogles baterijām?
7. Cik liels EDS ir trim paralēli slēgtām 1,5 V ogles baterijām?
8. EDS vienai virknē slēgtai baterijai ir 3,2 V. Sausās baterijas iekšējā pretestība ir 0,1 Ω. Virknē ir slēgta ārējā balasta pretestība 5 Ω. Cik liels ir spaiļu spriegums?
9. Cik lielu darbu padarīs ūdens sūknis 3,5 stundās, patērējot 2 A no 12 V baterijas?

STATISKĀS ELEKTRĪBAS BŪTĪBA

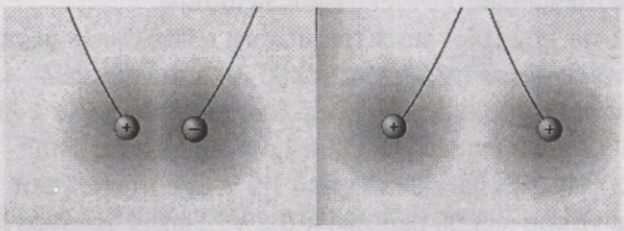
Šajā nodaļā uzzināsi:

- kāpēc berzes procesā rodas elektrība;
- kā elektriskie lādiņi reaģē cits ar citu.

Nosaukums "statisks" ir aizgūts no sengrieķu valodas un nozīmē — miera stāvoklis. Vairāk tiek runāts par dinamisko elektrību, kad elektriskie lādiņi pārvietojas vadītājā un silda vai darbina dažādus elektroenerģijas patērētājus. Statiskā elektrība ir tikai dielektriķos vai, citiem vārdiem, izolatoros. Šāda ir dabiskā šķiedra — kokvilna vai arī sintētiskās vielas — ebonīts, polietilēns, polihlorvinils, neilons u.c. Velkot neilona vai cita sintētiska materiāla kreklu, varam personīgi pārliecināties par statiskās elektrības iedarbību — sīkiem sprakšķiem un dzirkstelītēm, kuras ir redzamas krēslā. Šo statisko lādiņu ir radījusi savstarpējā krekla un ķermeņa berze. Kokvilnas krekls šādas parādības neizraisa, jo tas ir salīdzinoši labāks elektrības vadītājs.

BERZES ELEKTRIZĀCIJA

Kad sintētiskās šķiedras krekls beržas gar ķermeni, uz krekla uzkrājas negatīvs lādiņš, bet ķermenim ir pozitīvs lādiņš. Pretēju zīmju lādiņi pievelkas, bet vienādu zīmju — cenšas atgrūsties. Ja galvā ir cepure no sintētiskas šķiedras, šo mijiedarbību papildina mati, kuri var pacelties uz augšu kā zāles stiebri, liecinot par statiskās elektrības klātbūtni.

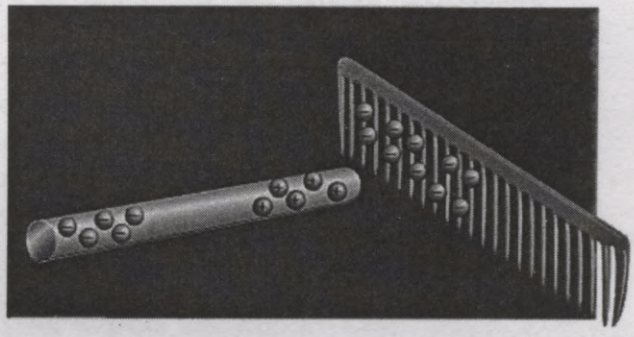


10.1. attēls. Auklā iekārti vienādi lādiņi atgrūdīsies viens no otra. Ja iekārti ir pretēji lādiņi, tie savstarpēji pievelkas

Ikviens reāls ķermenis atrodas elektriskā laukā. Teorētiski šis lauks ir nebeidzami plašs un savstarpēji iedarbība pavājinās, palielinoties attālumam starp vadītājiem. Šī lauka spēki ietekmē lādiņu kustības intensitāti un virzienu.

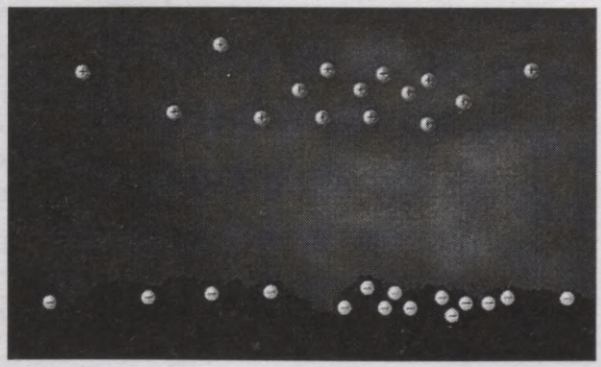
INDUKCIJA

Elektriskā lauka esamība ietekmē arī lādiņu sadalījumu. Uzlādētas daļiņas savstarpējā iedarbībā vienmēr pievelk neuzlādētās daļiņas. Notiek lādiņu mijiedarbība. Piemēram, uz cilvēka ķermeņa haotiski ir visdažādākie lādiņi šķietamā līdzsvarā, bet, uzvelkot kreklu, kur pārsvarā ir negatīvais lādiņš, berzes ceļā uz ķermeņa rodas pretējo — pozitīvo lādiņu koncentrācija.



10.2. attēls. Vadītājs uzlādējas, izmantojot citu tuvumā esošu jau uzlādētu ķermeni, bet bez tiešas saskares. Šo īpašību sauc par strāvas indukciju. Šajā piemērā ķemme vispirms ir uzlādējusies, beržoties gar matiem, un tagad tā inducē pretējo lādiņu netālu esošajā vadītājā

Lielākām virsmām lādiņi galvenokārt koncentrējas uz asiem stūriem, uz izcilņiem un smailēm. Tādēļ izolatorus veido ar noapaļotām formām.



10.3. attēls. Kā redzams, zemes virsmā galvenokārt ir negatīvie lādiņi, bet mākoņos sīko ūdens daļiņu berzes rezultātā veidojas pozitīvie lādiņi. Sasniedzot noteiktu kritisko spriegumu un daļiņu koncentrāciju, notiek izlāde zibens veidā

Zibens iedarbībai var būt ļoti nepatīkamas sekas, jo strāvas stiprums var sasniegt ļoti daudzus miljonus ampēru. Ēkas un konstrukcijas tiek aizsargātas ar zibens novedējiem. Parasti tie sastāv no stieņveida vai troses zibens uztvērēja, no tā resns

dzelzs vads novada lādiņu zemē, kur izveidots zemējuma kontūrs no stieņiem vai metāliskām plāksnēm. Pa šo ceļu, kur salīdzinoši mazāka pretestība, zibens noplūst zemē. Ja šāda novedēja nav, zibens var trāpīt augstākā celtnē, kokā, elektrolinijas balstā, un sekas var būt ļoti bēdīgas.

Ir pamatots jautājums, vai, sēžot automašīnas salonā, esam aizsargāti pret zibens iedarbību? Zibens parasti, ja arī izlādēsies uz vientuļu mašīnu, meklēs īsāko ceļu uz zemi — pa metālisko apvalku uz riteņu diskiem un tad uz zemi. Šādā bīstamā periodā vēlams izslēgt iespējamos elektrības patērētājus salonā — radio, atskaņotājus u.c. un saīsināt radio antenu.

Veselība un vide

Ir nepieciešamas precīzas zināšanas un priekšstats par atmosfēras pārsprieguma — zibens izlādi, lai nepieļautu smagus nelaimes gadījumus ar cilvēkiem, dzīvniekiem, namiem un lauku sētām. Ir jāuzmanās arī no pieskaršanās statiski lādētiem vadītājiem.

Kontroljautājumi

1. Ko burtiski nozīmē vārds "statisks"?
2. Kā izteikt jēdzienu, kas būtu pretējas nozīmes "statiskam"?
3. Kāda ir elektriskā lauka mijiedarbība starp vienādas un pretējas polaritātes lādiņiem?
4. Kādu jēdzienu lieto, raksturojot divu tuvu esošu ķermeņu elektrisko lādiņu mijiedarbību?
5. Kādā veidā varam sargāt savas mājas, iekārtas, mājdzīvniekus no zibens iedarbes?

KONDENSATORI, TO SLĒGUMI UN APRĒĶINĀŠANA

Šajā nodaļā uzzināsi:

- kādā veidā konstruktīvi ir izveidoti kondensatori;
- kādi ir kondensatoru uzdevumi;
- kā izrēķināt kondensatoru kapacitāti;
- kā lietot RCL mērītāju kapacitātes noteikšanai;
- kā aprēķināt kondensatoru uzlādes un izlādes parametrus;
- kādi ir kondensatoru nosaukumi un apzīmējumi;
- kā pareizi ieslēgt ķēdē polarizētus kondensatorus.

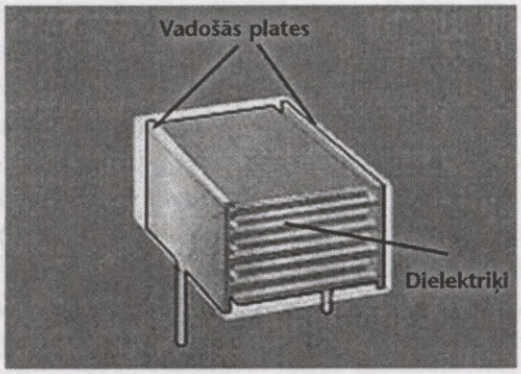
Kondensatori ir elektrisko ķēžu svarīga sastāvdaļa. Tos lieto gan vājstrāvas, gan stipro strāvu elektriskajos tīklos. Vārds "kondensators" ir atvasināts no latīņu vārda *condensare*, kas nozīmē — sabiezināt. Elektronikā kondensatoru lietojums ir sevišķi plašs. Arī stiprstrāvu tīklos kondensatori kalpo, lai radītu sprieguma impulsu, lai iedarbinātu motoru, lai darbinātu luminiscentās spuldzes, lai uzlabotu jaudas koeficientu utt.

11.1. attēls. Kondensatora apzīmējums shēmās

Kondensators uzkrāj elektriskos lādiņus, tos it kā sapresējot uz savām virsmas platēm. Kondensatora ietilpību sauc par kapacitāti. Vārds "kapacitāte" arī ir atvasināts no latīņu valodas vārda *capacitas* — ietilpīgums. Kapacitāti mēra farados.

KONDENSATORU UZBŪVE

Kondensatora uzbūves princips ir divi vadītāji, kurus atdala dielektriķis. Kondensatora vadošie elementi parasti ir ļoti plānas metaliskas plates, ne tikai divas, bet samērā daudzas vai arī alumīnija folija, kas ir tīta daudzos slāņos, starp kuriem ir dielektriķa starplika.

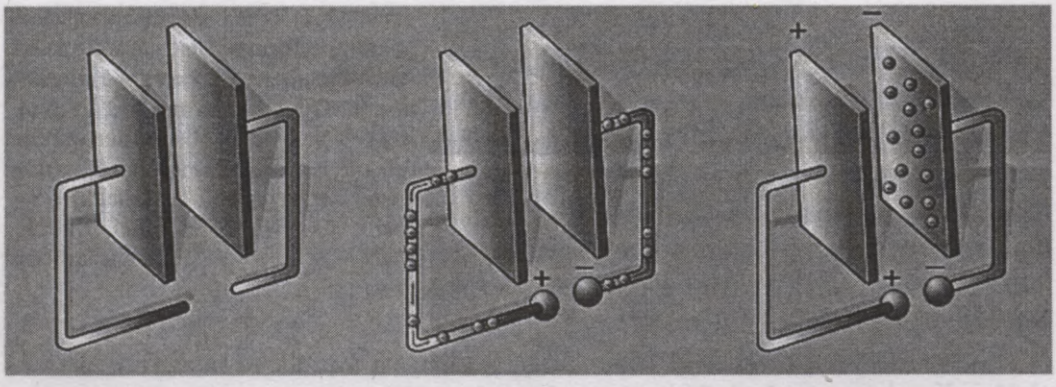


11.2. attēls. Kondensators griezumā

Piemērs

Papīra kondensatori ir veidoti no divām garām folijas lentēm, kuras ir savstarpēji izolētas ar plāna vaskota papīra starpslāni. Papīra vietā var arī būt poliestera lente. Tādēļ izšķir papīra, plastmasas, elektrolītiskos un citus kondensatorus.

KONDENSATORU UZDEVUMI



11.3. attēls. Kondensators pirms pieslēgšanas uzlādei

Kondensators ir pieslēgts strāvas avotam uzlādei — notiek brīvo elektronu sadale starp platēm

Kondensators ir uzlādējies. Spriegums uz platēm ir vienāds ar strāvas avota spriegumu

Pievienojot kondensatora plates strāvas avota "+" un "–" spailēm, tas uzlādējas ar atbilstošas polaritātes lādiņiem. Uzlādēšanās procesā strāvas plūsma beidzas, ja spriegums uz kondensatora platēm ir vienāds ar spriegumu barošanas avotā. Tas nozīmē, ka kondensators ir uzlādēts. Elektriskais lauks starp kondensatora platēm ir vienāds ar sprieguma avota lauku. Būtiska nozīme kondensatora ekspluatācijā ir

dielektriskajam starpslānim, tā biezumam un kvalitātei. Pats dielektriskais materiāls var kalpot ilgi. Tomēr pat vislabākajam dielektriķim ir neliela noplūdes strāva.

Kondensatora uzlādēšanās līmenis ir atkarīgs no sprieguma starp vadošajiem klājumiem voltos, no apkārtējās vides un kondensatora ģeometriskajiem izmēriem. Tādējādi var rakstīt šādu formulu:

$$Q = U \cdot C,$$

kur Q — lādiņa daudzums kulonos,
U — spriegums voltos,
C — kapacitāte farados.

Viens farads ir tāda ķermeņa kapacitāte, kura potenciāls palielinās par vienu voltu, ja ķermeņa lādiņš palielinās par vienu kulonu. To pašu būtību var izteikt šādi: vienu faradu liela kapacitāte ir kondensatoram, uz kura klājuma ir vienu kulonu liels lādiņš, ja spriegums ir viens volts.

Praksē 1 farads ir samērā liela vienība, tādēļ lieto daudzkārt mazākas vienības, sevišķi elektronikā: mikrofaradi, nanofaradi un pikofaradi. Sakarība starp šīm mērvienībām ir izsakāma decimālajā sistēmā:

$$1\ \mathrm{F} = 10^{6}\ \mu\mathrm{F} = 10^{9}\ \mathrm{nF} = 10^{12}\ \mathrm{pF}$$

vai arī pretēji

$$1\ \mathrm{pF} = 10^{-12}\ \mathrm{F} = 10^{-6}\ \mu\mathrm{F} = 10^{-3}\ \mathrm{nF}.$$

Kapacitāte uz kondensatora = C (mēra farados)
Elektriskais lādiņš uz kondensatora = Q (mēra ampērsekundēs)

$$Q = C \cdot U$$

Maikls Faradejs (1791–1867) — angļu fiziķis, kura vārdā nosaukta šī mērvienība.

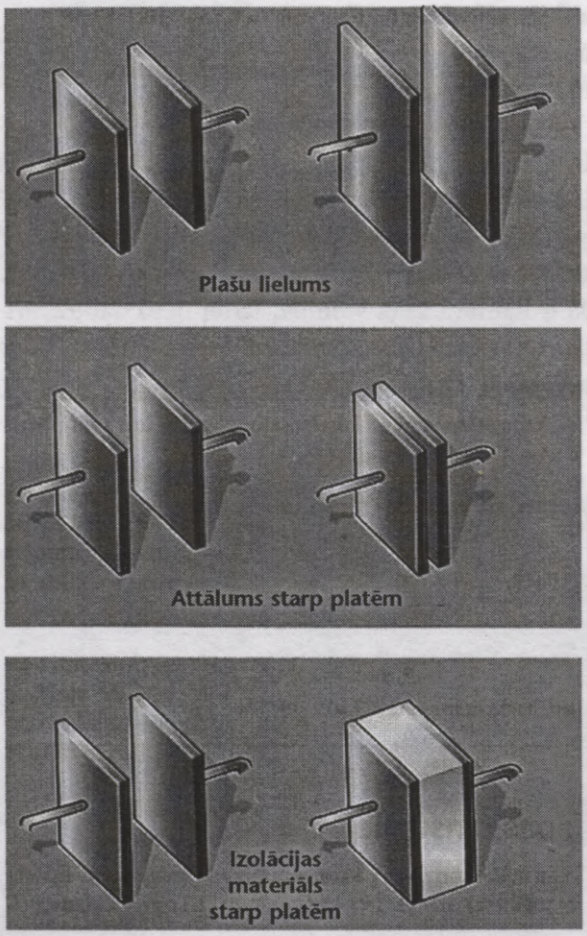
KONDENSATORU KAPACITĀTE

Kondensatora kapacitāte ir atkarīga no konstruktīvā izpildījuma.

Tā ir tieši proporcionāla plates lielumam. Jo lielāka ir plate, jo lielāku lādiņu var uzkrāt.

Attālums starp platēm arī ietekmē kapacitāti. Jo mazāks ir attālums, jo lielāka ir kapacitāte, respektīvi, vairāk lādiņu var uzkrāt. Jo plates ir tuvāk viena pie otras, jo zemāks ir spriegums, bet še liela nozīme ir izolējošajam starpslānim.

Izolējošais dielektriskais klājums būtiski ietekmē kondensatora kapacitāti. Jo tuvāk ir vadošās plates un lielāks spriegums, jo spēcīgāks ir elektriskais lauks. Tātad ir lietderīgi, lai dielektriskais starpslānis būtu plānāks.



11.4. attēls. Kapacitāte kondensatoram ir atkarīga no plašu lieluma, attāluma starp tām un izolācijas materiāla

Lielums, kas raksturo dielektriķa kvalitāti, ir caursišanas intensitāte. To sauc arī par dielektriķa caurlaidību vai permeabilitāti. Ja starp vadītājiem ir gaiss vai vakuums — apzīmē ε_0, ja ir dielektriķis, tad saka, ka tā ir relatīvā dielektriskā caurlaidība vai permeabilitāte un apzīmē ε_r.

Kondensatora kapacitāti var izrēķināt ar formulu:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S}{d},$$

kur ε_0 — dielektriskā caurlaidība (permeabilitāte) vakuumā ($8{,}854 \cdot 10^{-12}$ F/m),
ε_r — relatīvā dielektriskā caurlaidība (permeabilitāte),
S — kondensatora plašu klājuma laukums, m^2,
d — attālums starp platēm metros.

Materiāls	Relatīvā dielektriskā caurlaidība ε_r
Alumīnija oksīds	7
Stikls	10
Keramika	5–50 000
Papīrs	3,5–6
Plastmasa	1,5–6

Kondensatora kapacitāte

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S}{d}$$

11.1. piemērs

Noteikt kapacitāti kondensatoram, kuram kā dielektriķis ir gaiss, klājuma laukums S = 47 m^2, d = 6 μm.

Izmantojam formulu

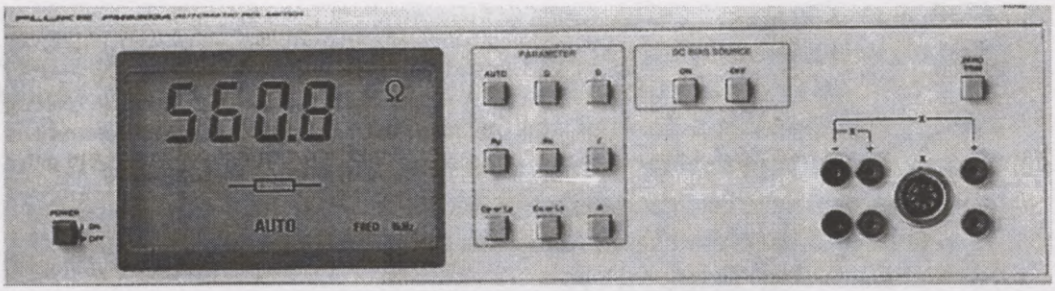
$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S}{d} = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{47}{6 \cdot 10^{-6}} = 69\text{F}.$$

Atbilde. Kapacitāte ir 69 F.

KAPACITĀTES MĒRĪŠANA

Kondensatoru lieluma mērīšanai ir vairākas metodes. Vistuvinātākā ir voltmetra, ampērmetra un vatmetra metode ar kapacitātes aprēķinu. Ir metode ar "RCL" mēraparātu, lietojot noteikti izvēlētu pretestību R, kapacitāti C un induktivitāti L. Ir izveidots tā sauktais tiltiņa slēgums, kurā ieslēdz mēramo kondensatoru. Pēc tam nolasa iegūtos mērījumus un aprēķina meklējamo kapacitāti. Ir arī digitālie mēraparāti, kur galīgais rezultāts parādās uz displeja.

Firmas piedāvā speciālus kondensatoru mērītājus visā kapacitāšu diapazonā.



11.5. attēls. Automātiskais RCL mēraparāts

Redzamais aparāts meklējamās kapacitātes mērīšanu izpilda automātiski, nobalansējot iebūvēto tiltiņa shēmu. Iepriekš gan jāiestāda orientējošais mēramās kapacitātes diapazons. Skaitliskais rezultāts parādās uz displeja.

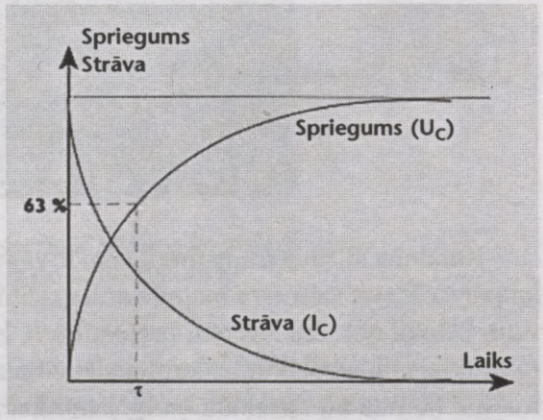
KONDENSATORU UZLĀDĒŠANA

Pieslēdzot kondensatoru uzlādei pie sprieguma avota, pirmajā brīdī ir ļoti spēcīgs strāvas trieciens, kas pakāpeniski samazinās, un, kad kondensators ir uzlādējies, strāva praktiski ir nulle. Lai novērstu pirmā brīža lielo strāvu, virknē ar kondensatoru jāieslēdz pretestība.

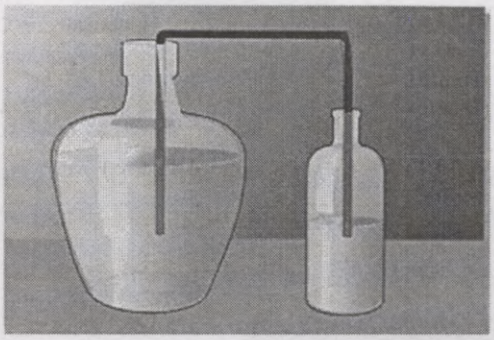
11.7. attēlu sērijā ir parādīts, kā mainās strāva un spriegums uzlādēšanas laikā. Uzskatāmības pēc šis process ir salīdzināts ar ūdens pārliešanu no lielās pudeles — sprieguma avota mazākās, kas attēlo dažādus kondensatorus. Arī savienojošās caurulītes ir dažāda caurmēra (it kā dažādas pretestības).

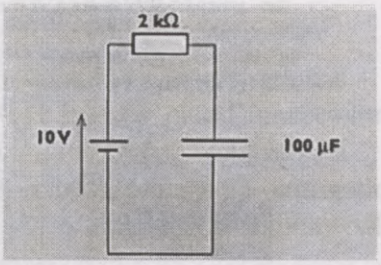
Piemēros redzami būtiskie faktori, kas iespaido kondensatora uzlādēšanas laiku — kapacitāte un pieslēgtā pretestība.

Uzzināsim, cik ilgā laikā kondensatoru var uzlādēt līdz spriegumam — 63% no nominālā sprieguma. Apzīmēsim šo laiku ar grieķu burtu τ (tau). Šo lielumu var izskaitļot $\tau = R \cdot C$, to sauc par uzlādēšanas laika konstanti un mēra sekundēs. Līdz pilnam spriegumam kondensators, nemainot režīmu, tiks uzlādēts — 5τ ilgā laikā.

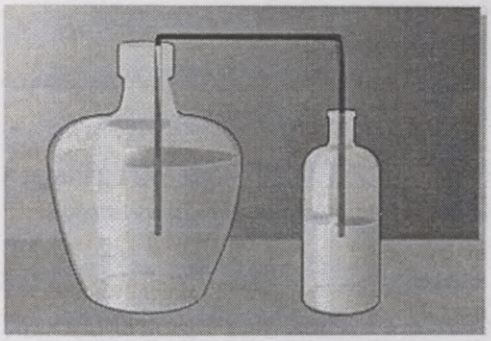


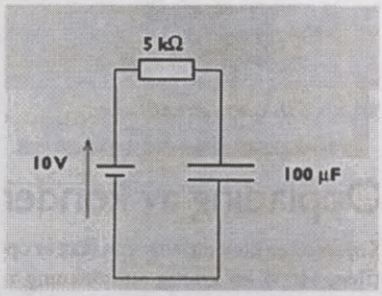
11.6. attēls. Strāvas un sprieguma izmaiņas kondensatora uzlādes laikā



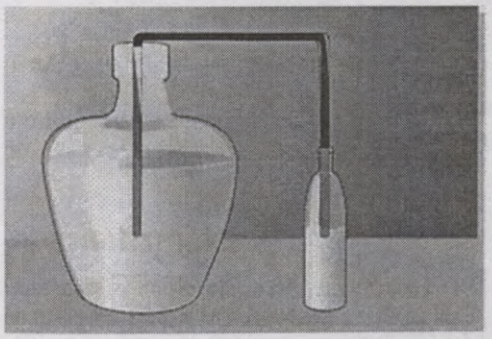


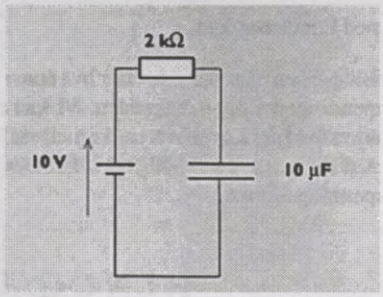
Uzlādēšanas laiks ir atkarīgs no lielākas kapacitātes un mazākas pretestības, kas samazina uzlādēšanas laiku, bet strāva ir lielāka.



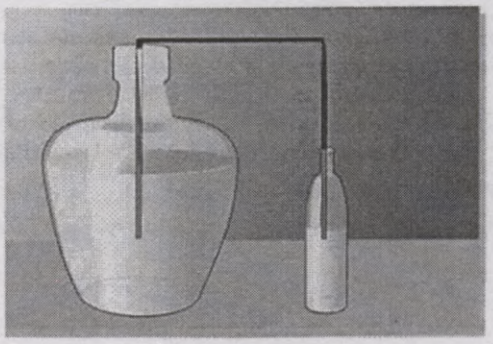


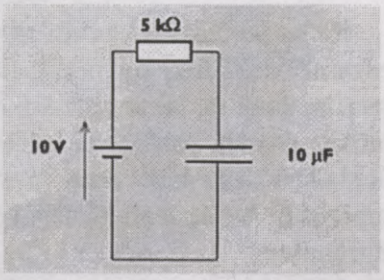
Liela strāva un liela pretestība samazina lādēšanas strāvu un pagarina uzlādēšanas laiku.





Maza kapacitāte un maza pretestība — strāva ir lielāka un lādēšanas laiks ir īsāks.





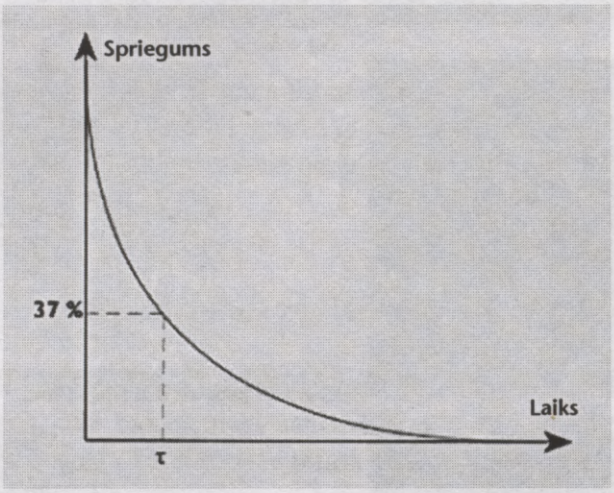
Maza kapacitāte saīsina lādēšanas laiku, bet liela pretestība un līdz ar to maza strāva to palēnina.

11.7. attēls. Kondensatora uzlādēšanās

KONDENSATORU IZLĀDĒŠANA

Kondensatora izlādēšanas procesā arī var saskatīt analoģiju ar ūdens trauku iztukšošanu. Tas ir redzams 11.9. attēlos.

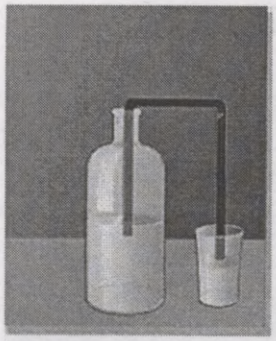
Izlādes līknē atzīmēsim punktu, kad spriegums ir samazinājies līdz 37% no pilnā sprieguma. To apzīmē arī ar τ. Arī to var aprēķināt kā $\tau = R \cdot C$. Kondensatora pilnā izlāde notiks 5τ ilgā laikā.

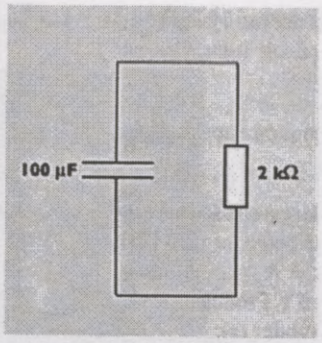


11.8. attēls. Sprieguma samazināšanās, kondensatoram izlādējoties

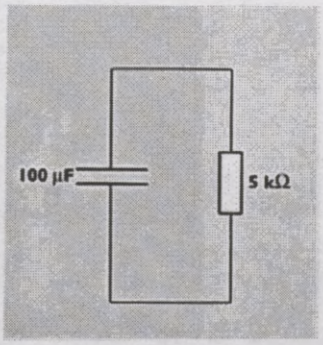
R UN C DARBOJAS KĀ IESLĒGŠANAS REGULATORS

Rodas jautājums, kur stiprstrāvas iekārtās var noderēt kondensatori. 11.10. attēlā redzama vienkārša un praktiska situācija. Ir jāieslēdz vienlaikus divi vai vairāki elektrodzinēji tā, lai to palaišanas strāvas nepārslogotu drošinātājus un kabeļus. Kā zināms, dzinēju palaišanas brīdī strāva var būt 5 līdz 8 reizes lielāka par nominālo. Vienlaikus ieslēdzot visus dzinējus, būtu vajadzīgi resnāki kabeļi un lielākas amperāžas drošinātāji. Pretējā gadījumā ieslēgšana būtu jāveic pakāpeniski ar laika ieturējumu.

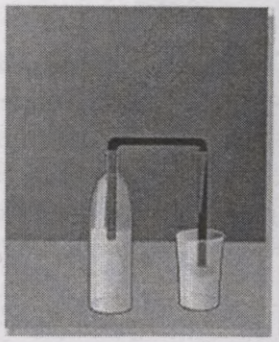


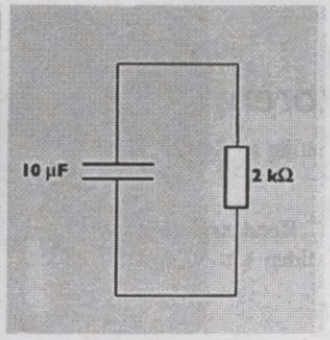


Lielāka kapacitāte prasa lielāku izlādes laiku, bet mazāka pretestība palielina strāvas lielumu un izlāde notiks relatīvi īsākā laikā.

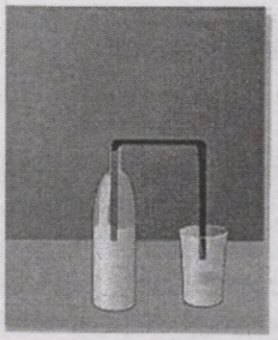


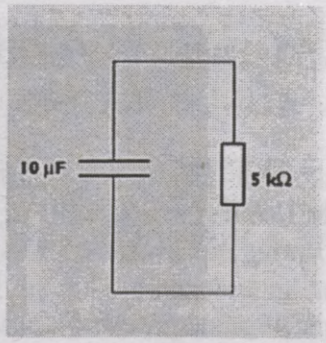
Lielāka kapacitāte un lielāka pretestība, kas pieļaus mazāku strāvu, paildzinās izlādes procesu.





Maza kapacitāte un maza pretestība pieļaus lielāku strāvu. Izlāde notiks strauji.

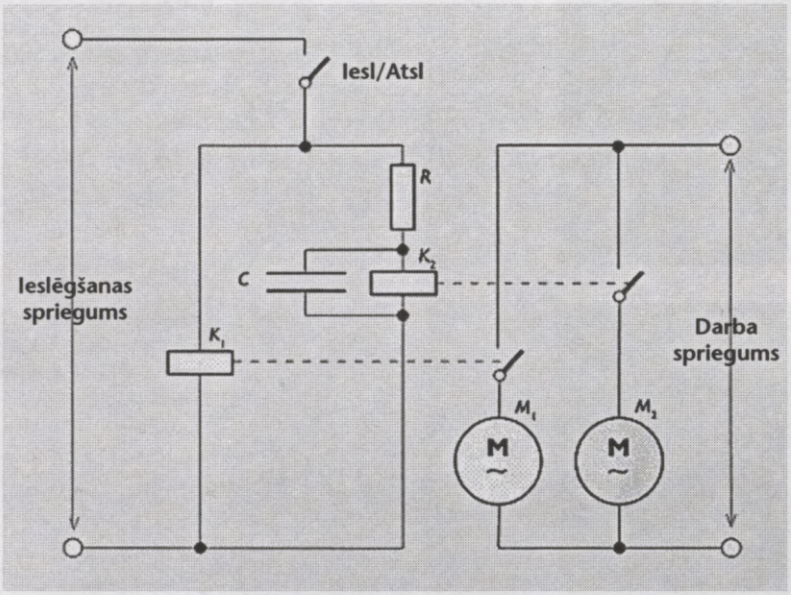




Maza kapacitāte prasa īsāku izlādes laiku. Turpretim lielāka pretestība samazina strāvas stiprumu un izlāde notiks lēnāk.

11.9. attēls. Kondensatora izlādēšanās

11.2. piemērs



11.10. attēls

Dzinēji tiek ieslēgti ar kontaktoru K_1 un K_2 palīdzību. Atšķirībā no standarta risinājuma, otrā dzinēja ķēdē ir pretestība R un kondensators C. Tādējādi, ieslēdzot slēdzi, vispirms izlādējas kondensators, kas kalpo ieslēgšanas strāvas kompensācijai.

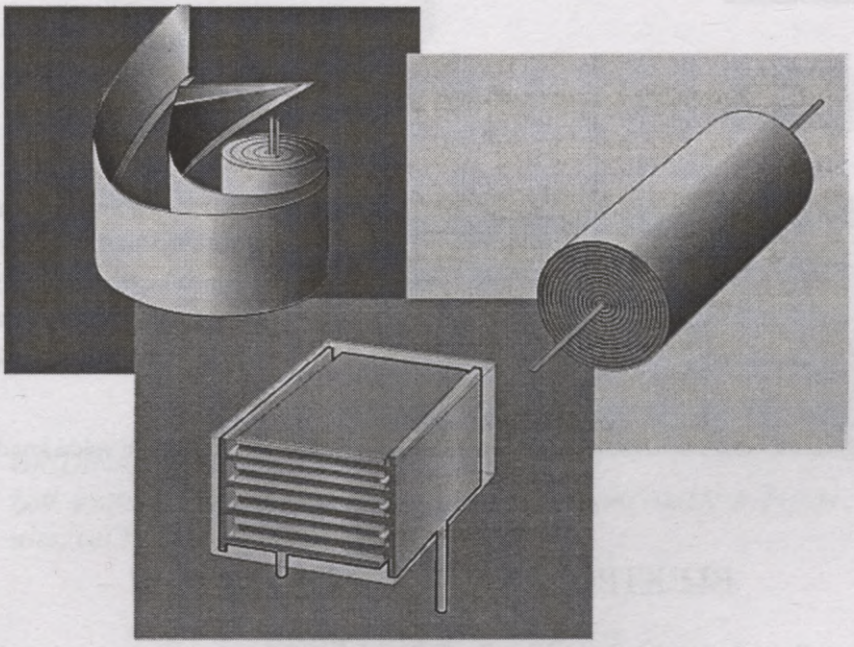
Strāvu barojošajā ķēdē uz M–2 kavē pretestība un arī C (kondensators). Nobīdes laiku var mainīt, izvēloties atbilstošu R un C vērtību. Tātad, ieslēdzot augšējo slēdzi stāvoklī "Iesl", sāk darboties dzinējs M–1, M–2 sāk darboties pēc kondensatora izlādes.

NEPOLARIZĒTIE UN POLARIZĒTIE KONDENSATORI

Kondensatorus var iedalīt divās galvenās grupās: polarizētie un nepolarizētie. Polarizētajam kondensatoram ir stingri izteikti poli, un, slēdzot elektriskajā ķēdē, tie obligāti ir jāievēro. Jāsaslēdz sprieguma avota "+" spaile ar kondensatora "+" polu un sprieguma avota "–" spaile ar kondensatora "–" polu. Nepolarizētie kondensatori ir vienkāršas konstrukcijas, to pieslēgšanā polaritāti var neievērot. Nepolarizētie parasti ir plastmasas un alumīnija folijas tipa kondensatori. Polarizētie, piemēram, var būt alumīnija–elektrolītiskie kondensatori un citi.

PLASTMASAS–FOLIJAS KONDENSATORI

Ir daudzi veidi un konkrētie izpildījumi plastmasas–folijas kondensatoriem. Konkrētas plastmasas var būt dažādas. Var būt kondensatori, kas ir iekausēti epoksīda sveķos. Kondensatori tiek atšķirīgi apzīmēti un marķēti. Modernie plastmasas un folijas kondensatori parasti ir satīti rullītī vai iebūvēti konstruktīvi iekārtā.

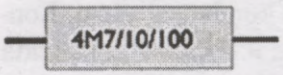


11.11. attēls. Atšķirīgi plastmasas kondensatoru tipi

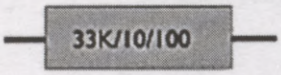
KONDENSATORU PAZĪŠANA UN APZĪMĒŠANA

Kondensatorus var apzīmēt līdzīgi kā pretestības, piemēram, var lietot krāsu riņķus, uz kondensatora var uzspiest noteiktus ciparus un burtus. Modernie plastmasas kondensatori tiek apzīmēti vienlaikus ar cipariem un burtiem, kā tas ir redzams 11.3. piemērā.

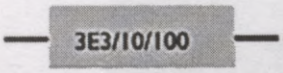
11.3. piemērs



$4{,}7 \cdot 10^6$ pF = 4,7 μF, 10%, 100 V



$33 \cdot 10^3$ pF = 33 μF, 10%, 100 V

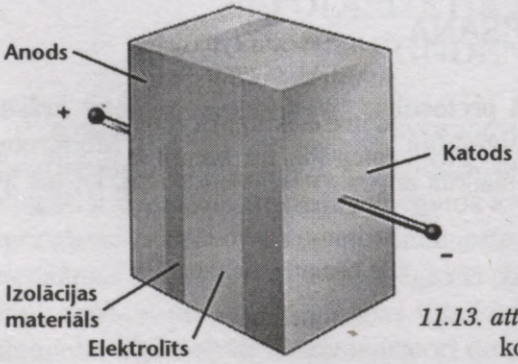


3,3 pF, 10%, 100 V

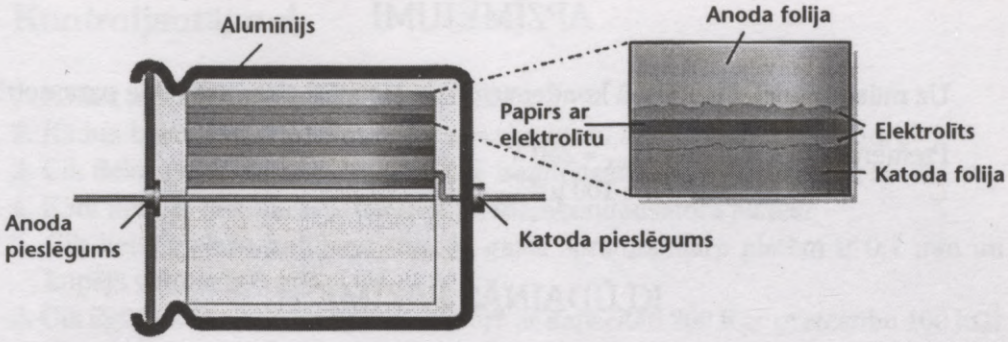
11.12. attēls. Dažādu veidu kondensatori

ELEKTROLĪTISKIE KONDENSATORI

Alumīnija elektrolītiskajā kondensatorā anods (tātad "+" pols) ir alumīnija, katods (tātad "–" pols) sastāv no elektrību vadošas folijas un šķidra elektrolīta. Dialektriskais materiāls ir alumīnija oksīds (Al_2O_3), kuram dialektriskās caurlaidības konstante ir 7. Alumīnija folija ir satīta saplacinātā rullītī, tad seko dielektriķis, elektrolīts un folijas izvadi uz katodu. Šī konstrukcija parasti ir ievietota alumīnija apvalkā.



11.13. attēls. Elektrolītisko kondensatoru konstruktīvais izpildījums



11.14. attēls. Elektrolītiskā kondensatora šķērsgriezums

Virsma ir oksidēta un folija atrodas elektrolītā. Strāva plūst pa šo virsmu. Būtisks ir oksīda kārtiņas biezums, un tas jāizgatavo samērā precīzi, jo no tā kvalitātes ir atkarīgs, cik lielu spriegumu kondensators var izturēt. Ja kļūdaini samaina vietām polus, rodas īsslēguma režīms, izdalās daudz siltuma, kondensators var aizdegties vai pat eksplodēt.

BRĪDINĀJUMS !
Ļoti uzmanīgi jāpārliecinās par elektrolītiskā kondensatora poliem. Pārliecinies, vai kondensators tiek pareizi pieslēgts!

PRAKTISKIE PADOMI

- Vienmēr pārbaudi pareizo polaritāti.
- Alumīnija pārvalks nereti var būt savienots ar katodu. Montējot atceries to.
- Elektrolītiskie kondensatori var būt atšķirīga konstruktīva izpildījuma.
- Elektrolītiskais kondensators var laika gaitā būt stipri izlādējies. Esi uzmanīgs ar to!
- Elektrolītiskie kondensatori elektroniskās iekārtās ir bīstami cilvēkiem.
- Bipolāros elektrolītiskos kondensatorus lieto arī maiņsprieguma elektroiekārtās. Darbā nepieciešama maksimālā piesardzība.

APZĪMĒJUMI

Uz mūsdienu elektrolītiskā kondensatora ir atzīmēti visi svarīgākie parametri.

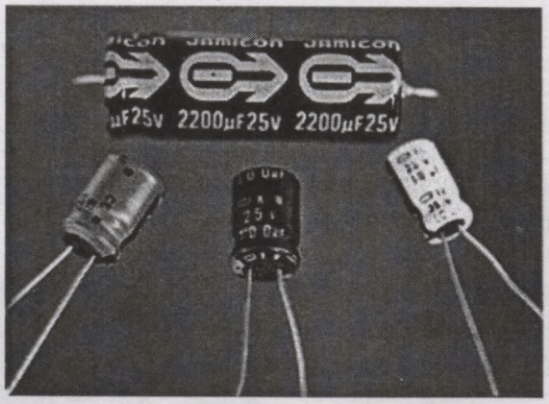
Piemēram: Spriegums U_{max} = 250 V
Kapacitāte C = 100 μF

KĻŪDAINĀS PAZĪMES

Mehāniski lūzumi un citi bojājumi kondensatoros notiek samērā reti. Dažkārt ir novērojama elektrolīta žūšana un noplūde, kas saistīta ar kapacitātes pazeminināšanos. Tādā gadījumā kondensators jāpārbauda ar RCL mērītāju un jāsalīdzina ar uzrakstītajiem datiem. Parastākie ir kondensatoru īsslēgumi, kas neglābjami bojā kondensatoru.

Veselība un vide

Kondensatori, sevišķi degošie elektrolītiskie, satur dažādus hlora savienojumus, bifenolu un citas ļoti indīgas vielas, to skaitā arī smagos metālus. Šie savienojumi var būt par cēloni smagām aknu slimībām, var rasties grūti ārstējami izsitumi. Sevišķi tas attiecināms uz pagājušā gadsimta periodu līdz 80. gadu beigām. To utilizāciju ir jāuztic speciālistiem.



11.15. attēls

Kontroljautājumi

1. Kādās mērvienībās izsaka kapacitāti?
2. Kādus burtus un simbolus lieto, lai raksturotu konkrētu kondensatoru?
3. Cik liels lādiņš būs vajadzīgs 2000 F kondensatoram ar spriegumu 50 V?
4. Kādi lielumi tiek mainīti, pārvietojot maiņkondensatora plates?
5. Cik liels ir plašu kondensators, ja gaisa sprauga starp platēm ir 0,1 mm un kopējā virsma ir 6 m^2?
6. Cik ilgā laikā uzlādēsies kondensators ar kapacitāti 200 F ar pretestību 100 kΩ?
7. Kas ir ļoti svarīgi, ja apmainot jāpievieno jauns kondensators?

ELEKTROMAGNĒTISMS UN HISTERĒZE

Šajā nodaļā noskaidrosi:

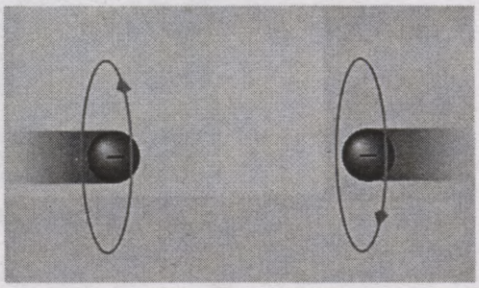
- kādas ir magnētisma mērvienības;
- kāds ir magnētiskā lauka virziens ap vadu un spoli;
- kas un kā ietekmē elektromagnēta stiprumu;
- jēdzienu "histerēze un remanense".

Magnētus — vielas, kas pievelk dzelzs priekšmetus, pazina jau senajā Grieķijā. Jau senajā Ķīnā izmantoja magnētadatas īpašības, lai orientētos ziemeļu–dienvidu virzienā. Eiropā pirmais kuģa kompass bija jau 12. gadsimtā. Tomēr tikai salīdzinoši nesen, pirms 100–150 gadiem, izpētīja un sāka izskaidrot magnētisma saistību ar elektrisko strāvu un elektronu kustību.

MAGNĒTISMS — ELEKTRONU KUSTĪBAS IZPAUSME

Magnētiskais lauks funkcionē, jo notiek elektronu kustība.

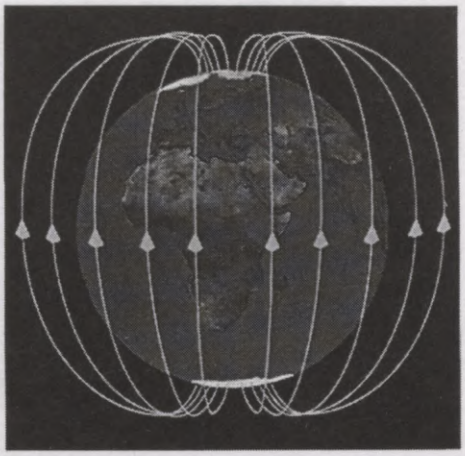
Magnētiskā lauka spēka līniju kustības virziens var būt gan pulksteņa rādītāja virzienā, gan arī pretējā virzienā. Tas ir tiešā saistībā ar elektronu kustības virzienu. Magnētisms ir dabas parādība, ko cenšas izskaidrot jau daudzus tūkstošus gadu. Zemes magnētiskais lauks darbojas tā, it kā Zemes centrā būtu milzīgs stieņveida magnēts no viena Zemes pola līdz otram.



12.1. attēls. Brīvie elektroni kustas magnētiskajā laukā apļveidā dažādos virzienos

Kompasa adata rāda virzienā uz magnētisko ziemeļpolu. Tas ir nedaudz novirzīts no ģeogrāfiskā ziemeļpola, un šo novirzi sauc par deklināciju.

Dabā ir ar savdabīgām un bagātīgām dzelzsrūdas iegulām bagāti rajoni, kur šī rūda veido tuvākā apkārtnē savu magnētisko lauku. Rūdas sastāvā esošais magnetīts rada kompasa adatas ievērojamu novirzi no dienvidu–ziemeļu virziena. Piemēram, tāda ir Kurskas magnētiskā anomālija Krievijā.



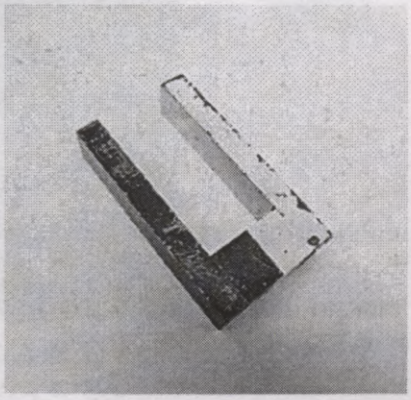
12.2. attēls. Magnētiskais lauks un tā spēka līniju izvietojums ap zemeslodi. Spēka līniju virziens no dienvidiem uz ziemeļiem

Ap pastāvīgo magnētu arī ir spēcīgs magnētiskais lauks. Par to var pārliecināties vienkāršā demonstrējumā, ja uz bieza papīra uzber dzelzs skaidiņas, bet no apakšas noliek magnētu ar izteiktiem poliem. Skaidiņas, tās nedaudz pakratot, izveidos spēka līniju apveidu starp papīra otrā pusē esošajiem poliem ar lielāku to koncentrāciju polu tuvumā.

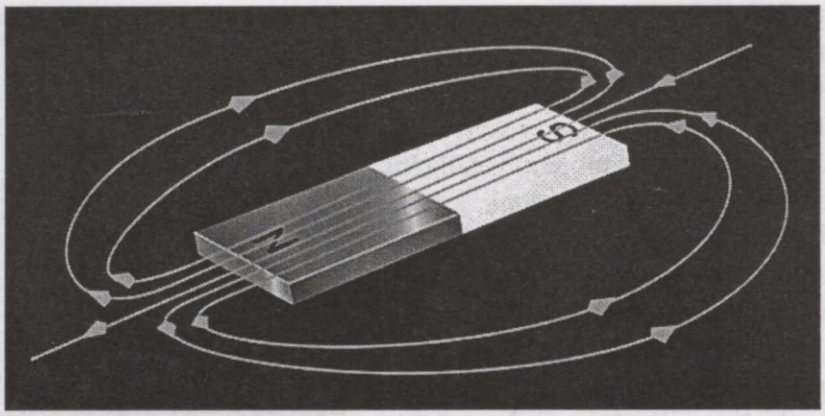
Magnētiskās spēka līnijas raksturo magnētiskā plūsma, un to apzīmē ar Φ un mēra Vsek (voltsekundēs) vai arī vēberos (Wb). Ir arī ievērojami mazāka mērvienība — maksveli (Mx). 1 Mx = 10^{-8} Wb.

Attiecinot magnētisko plūsmu uz laukuma vienību, iegūst teslus (T). 1 T = Wb/m^2 vai arī mazāku mērvienību — gausus. 10^{-4} T = 1 Gs.

Magnētiskos materiālus iedala mīkstajos un cietajos, un kopumā tos sauc par feromagnētiķiem. Pie tiem vispirms pieder dzelzs, niķelis, kobalts un to metālkeramiskie sakausējumi. Mīkstie feromagnētiķi, ja pārtrauc to magnetizēšanu — ilgstoši nesaglabā šo īpašību. Tie ir nepastāvīgie magnēti, kuriem ir mazs paliekošais magnētisms. No šiem materiāliem izgatavo elektromagnētu serdes. Cietie magnēti nezaudē savu magnētismu. No tiem izgatavo pastāvīgos — permanentos magnētus. Piemēram, kompasa adata tiek gatavota no tērauda.



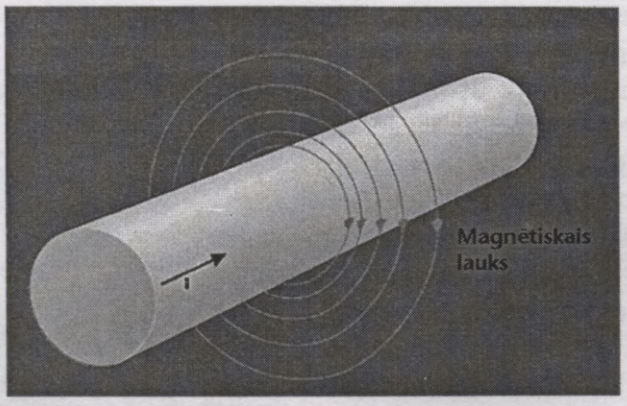
12.3. attēls. Vienkārša vēsturiska magnēta paraugs, kur iekrāsotā puse pagriežas uz ziemeļpolu, bet baltā — uz dienvidpolu



12.4. attēls

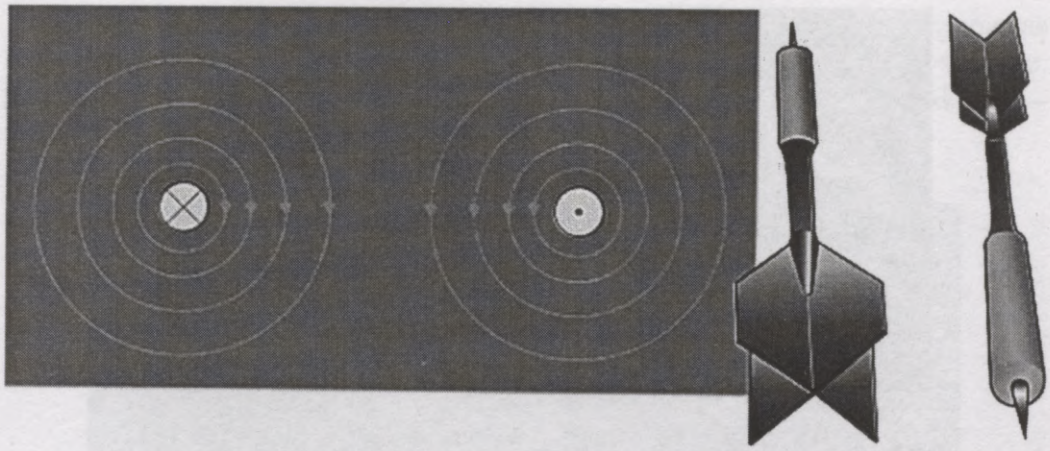
VADS, PA KURU PLŪST STRĀVA

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 skatāmies uz vadu no gala aizplūstošās strāvas virzienā, magnētisko spēku līniju kustība sakrīt ar pulksteņa rādītāja kustības virzienu.



12.5. attēls. Magnētiskais lauks ap vadu, pa kuru plūst strāvas un šo divu kustību savstarpējie virzieni

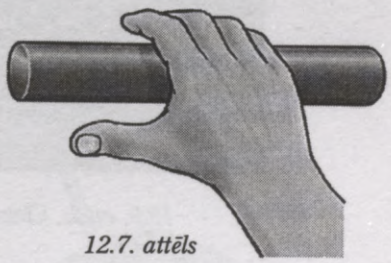
Ja strāvas virziens ir uz mums un nosacīti ir redzama bultas smaile, magnētiskā lauka spēka līniju virziens ir pretējs pulksteņa rādītāja virzienam. Rotējošo elektromagnētisko spēka līniju esamību sauc par elektromagnētismu.



12.6. attēls. Vadā plūstošās strāvas virziens, salīdzinot ar bultu, un atbilstošais magnētisko spēka līniju rotācijas virziens

LABĀS ROKAS LIKUMS

Labās rokas likums nosaka — ja ar labās rokas plaukstu aptver vadu (12.7. att.), īkšķis ir vērsts strāvas plūšanas virzienā pa vadu, bet pārējie četri pirksti rāda magnētiskā lauka indukcijas līniju virzienu.



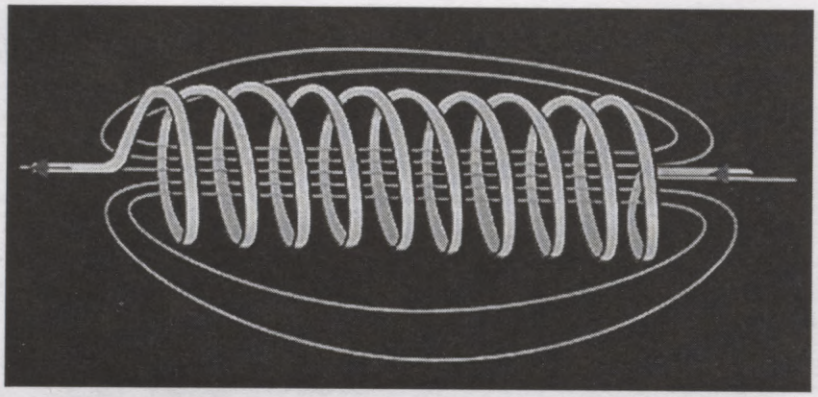
12.7. attēls

SPOLES

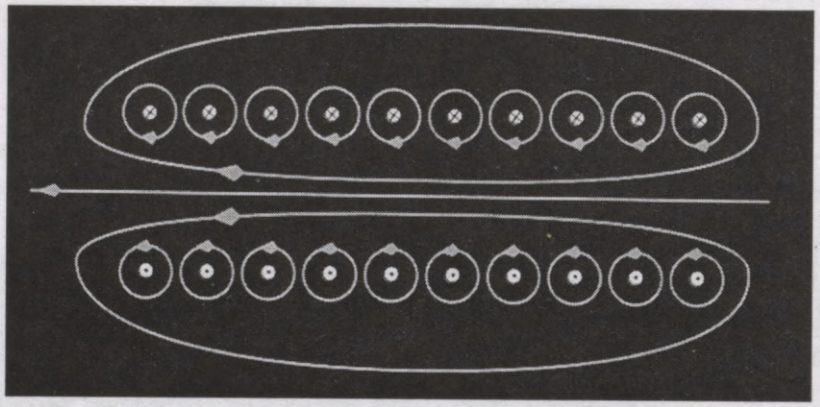
Ja strāvu vadošo vadu savij spoles veidā, veidojas vai nu plakana spole, ja vijumu ir maz, vai arī spole, ko sauc arī par solenoīdu.

Solenoīda radītais magnētiskais lauks ir līdzīgs taisna vada radītajam laukam, tikai tas ir ievērojami spēcīgāks. Polu izvietojums ir atkarīgs no strāvas plūšanas virziena.

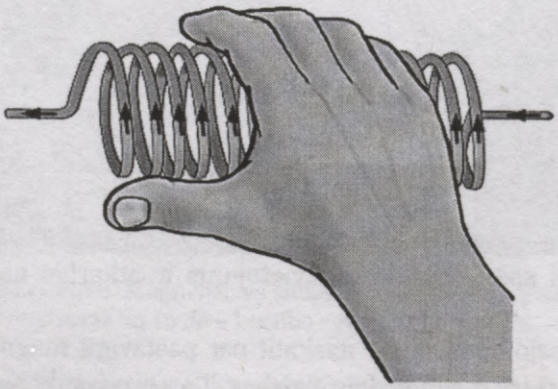
Kā saprotams, apaļo spoli nevar uzskatīt par pastāvīgu magnētu, jo, beidzoties strāvas plūsmai, zūd arī tās magnētiskās īpašības. To var nosaukt par elektromagnētu. Uz spoli tāpat darbojas labās rokas likums, kas nosaka magnētiskā lauka indukcijas virzienu un attiecīgi arī polus.



12.8. attēls. Magnētiskais lauks ap apaļu spoli

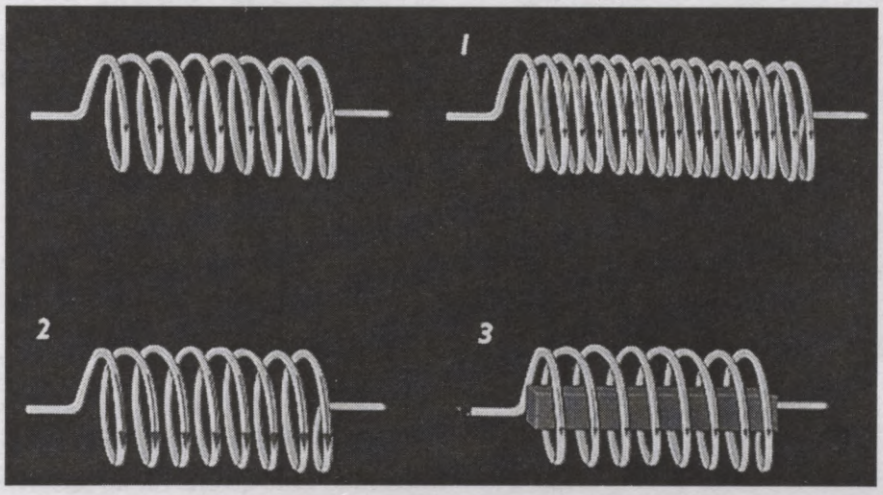


12.9. attēls. Elektriskās spoles nosacīts garenisks griezums



12.10. attēls. Labās rokas pirkstus liek uz spoles. Īkšķis norāda strāvas virzienu vada taisnajā posmā

Ja, skatoties no gala, strāva vijumos plūst pulksteņa rādītāja kustības virzienā, tas ir dienvidpols. Pretējais ir ziemeļpols. Spoli var padarīt elektromagnētiski stiprāku, palielinot strāvas stiprumu un vijumu skaitu. Tomēr izšķirīga nozīme ir serdenim — mīkstam feromagnetiķim — vēlams dzelzij.

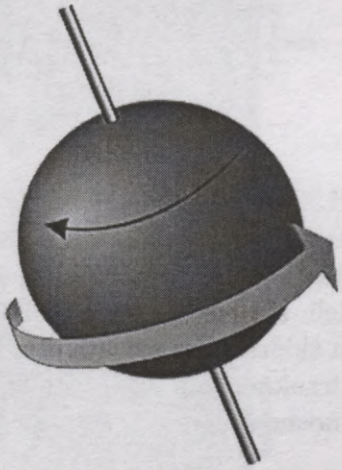


12.11. attēls. Elektromagnētisko spoli var padarīt stiprāku trijos veidos: 1 — vairāk vijumu, 2 — lielāka strāva, 3 — ievietot spolē dzelzs serdeni

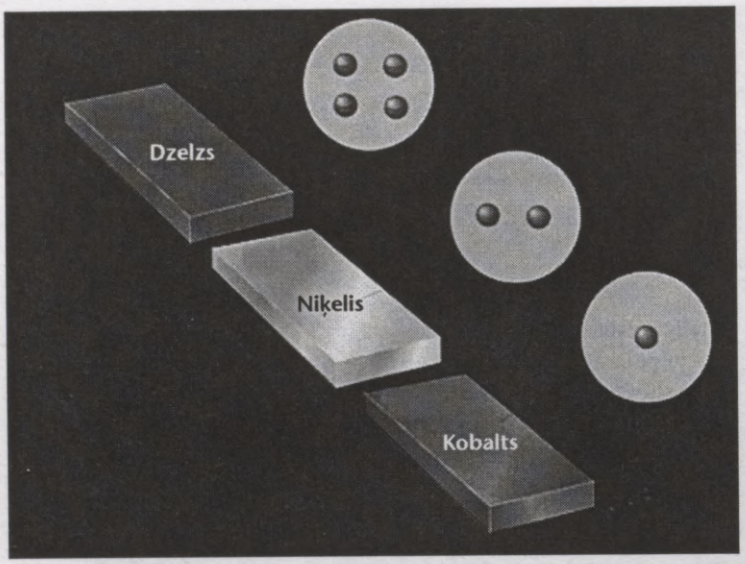
Ievadā tika minēts, ka elektronu kustība ir magnētiskā lauka apliecinājums. Precīzāk — tā ir lauka izpausme, jo bez elektroniem nevar iedomāties magnētisko lauku. Elektroni atrodas rotācijas kustībā, gan pulksteņa rādītāja virzienā, gan pretēji.

Līdzība ir pārsteidzoši liela. Un šī rotāciju daudzpakāpju kaskāde tajā pašā laikā neizjauc kopējo dabas līdzsvaru. Vienīgi gribas zināt, kādēļ daļa pamatvielu dabā ir magnētiskas, bet daļa nav. Kā zināms, arī nemagnētiskās vielas, kuru atomārā uzbūve ir līdzīga, ir neatņemama dabas sastāvdaļa. Turklāt magnētiskajās rūdās ir nemagnētisko rūdu piedevas ciešā mijiedarbībā.

Salīdzinot galvenos magnētiskos materiālus, jāatzīmē, ka tie nebūt nav vienādi magnētiski. 12.13. attēlā redzams, ka dzelzs ir



12.12. attēls. Elektroni rotē ap kādu iedomātu asi un rotē arī ap kodolu atomā. Šajā procesā var saskatīt lielu līdzību ar Zemes griešanos

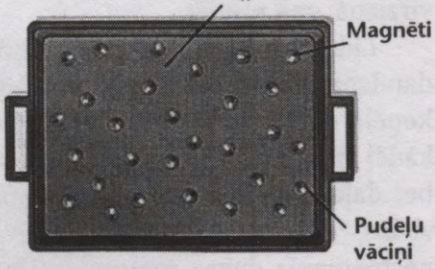


12.13. attēls

četras reizes spēcīgāks magnēts par kobaltu un divas reizes spēcīgāks par niķeli. Tātad arī feromagnētiķiem ir dažāda magnētiskā uzņēmība un visas šīs parādības būtu jāsāk pētīt ar molekulām un atomiem. Tiek pieņemts, ka feromagnētiķi sastāv no magnētiskiem dipoliem vai molekulāriem magnetiem, kas pastāvīgajā magnētā ir izveidojuši sakārtotu ķēdi.

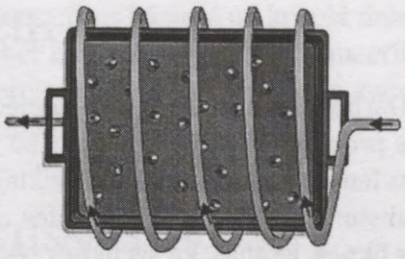
MAGNĒTA MODELIS

Lai labāk saprastu, kā uz dažādiem materiāliem iedarbojas magnētiskais lauks un kas ir pastāvīgie magnēti, izveidosim modeli, kas tuvināts reālai situācijai. Ņemam šķidru eļļu un ielejam to lēzenā, vaļējā traukā. Skatīt 12.14. attēlu, kas parādīts no augšas.



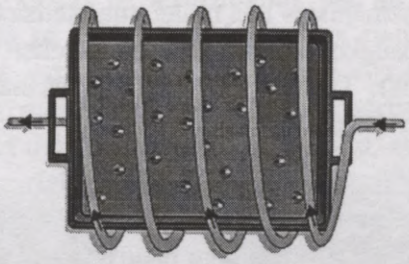
Traukā šķidrumā ievietoti nelieli magnētiņi un metāliskie pudeļu vāciņi

Elektromagnētiskā lauka iespaidā magnetizēsies arī pudeļu vāciņi un sāks haotiski griezties cits ap citu un paši ap savu iedomāto asi. Ap trauku aptinam vada vijumus un pieslēdzam tos sprieguma avotam. Strāvas stiprumu var mainīt, bet virziens ir noteikts.



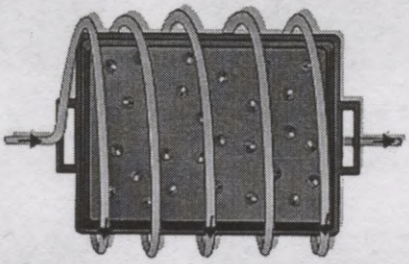
Ap trauku aptīti vada vijumi, pa kuriem laiž vāju strāvu, lai veidotos elektromagnētiskais lauks ap trauku un spoli

Palielinot strāvas stiprumu, vienlaikus tiek palielināts magnētiskā lauka stiprums. Mazo magnētiņu griezes kustība kļūs stiprāka un vienlaikus sistemātiskāka. Plūstot attiecīga stipruma strāvai arī visi magnetizējušies pudeļu vāciņi griezīsies vienā virzienā un arī cits ap citu. Šī kustība būtiski imitēs elementāro daļiņu kustību elektromagnētiskajā laukā.



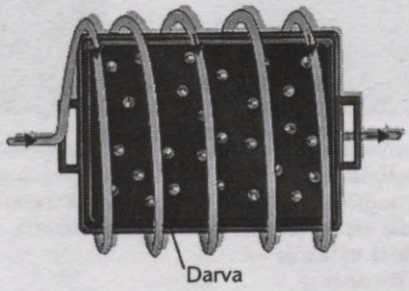
Pievadām spēcīgu strāvu caur spoli, un visi mazie magnētiņi sāks griezties un rotēt ap savu asi

Samazinot caurplūstošo strāvu, arī rotācijas kustība kļūs vājāka, bet, mainot strāvas virzienu un tātad arī polaritāti, sāksies magnetizēto vāciņu kustība pretējā virzienā.



Ja maina strāvas virzienu, magnētiņi griezīsies pretējā virzienā un galvenokārt atgriezīsies sākuma stāvoklī

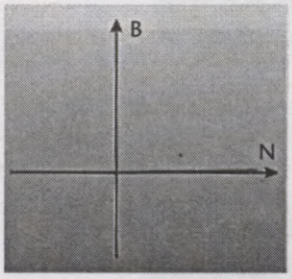
Kas notiks, ja eļļas vietā traukā tiks ielieta darva? Magnētiņu un metālisko vāciņu kustības apstākļi kļūs daudz smagāki, un rotācija būs stipri apgrūtināta. Šie magnētiņi un metāliskie vāciņi saglabās savas magnētiskās īpašības, ja samazinās strāvu līdz nullei, bet rotācija nenotiks.



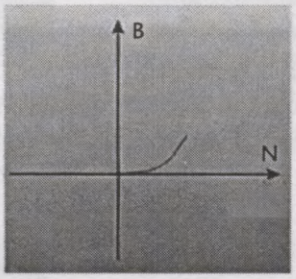
12.14. attēls

HISTERĒZE

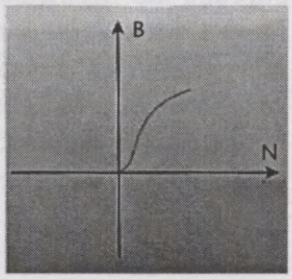
Darbojoties ar iepriekšējā piemērā attēlotajiem magnetizēšanās un atmagnetizēšanās procesiem rodas doma par šo procesu izpausmi laikā. Pievērsīsimies magnetofona lentē, disketē vai kasetē veiktajiem ierakstiem, kas ir izpildīti, dažādā stiprumā un raksturā magnetizējot šīs lentes utt. Uzzīmējot magnetizēšanās un atmagnetizēšanās līknes, izrādās, ka šīs līknes pēc savas intensitātes nesakrīt. Ja uz vertikālās ass attēlo dzelzs magnētisko indukciju — B, bet uz horizontālās ass — elektromagnētiskā lauka intensitāti (N) ampervijumos, tad, atzīmējot magnetizēšanās un atmagnetizēšanās līknes, veidojas divas līknes vai tā sauktā histerēzes cilpa. Kad lauka intensitāte ir samazinājusies līdz nullei, magnētiskajai indukcijai ir palikusi kaut kāda vērtība — dzelzī paliekošā indukcija vai remanense. (Histerēze — sengrieķu valodā — *hysterizo* — trūkums). Tātad dzelzs magnetizēšanās procesā notikušās pārmaiņas atpaliek no atmagnetizēšanās procesa.



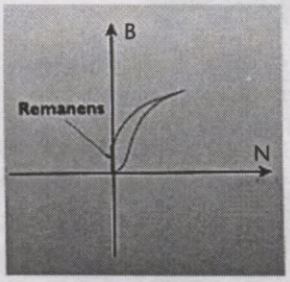
Spole ir bez dzelzs serdes. Magnētiskā lauka intensitāte ir neliela



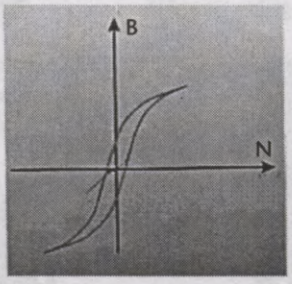
Spolei ir dzelzs serde. Magnētiskā indukcija B ir daudz simtu reižu stiprāka



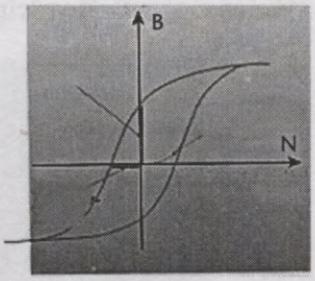
Spolei ir dzelzs serde. Magnētiskā indukcija B ir tuvu piesātinājumam



Strāva samazinās līdz nullei. Atmagnetizēšanos raksturo līknes augšējā daļa. Uz vertikālās ass ir redzama paliekošā indukcija — remanense



Lai samazinātu paliekošo indukciju līdz nullei, ir jāmaina strāvas virziens tinumā, radot korekcijas spēku



Histerēzes cilpas kopējais apveids

12.15. attēls

Magnētiski mīkstajiem materiāliem histerēzes cilpas kāpjošā un krītošā daļa gandrīz saplūst ar galveno magnetizēšanās līkni, bet magnētiski cietajiem materiāliem cilpa ir spēcīgi izteikta. Cilpas laukums proporcionāli raksturo enerģijas zudumus pārmagnetizēšanās procesā, un parasti šie zudumi pārvēršas siltumā.

ZEMESLODES MAGNĒTISKAIS LAUKS

Kāpēc Zemei ir magnētiskais lauks? Zeme griežas ap savu asi tāpat kā elektroni. Salīdzinoši ar saviem izmēriem Zemes kustība neatpaliek no elektronu kustības, protams, ievērojot proporcijas. Zemes lode kustas uz austrumiem, par ko liecina saules lēkti un rieti. Tas nozīmē, ka strāva pa tās virsmu kustas uz rietumiem. Izmantojot labi zināmo labās rokas likumu, var precizēt spēka līniju virzienu un konstatēt, uz kuru pusi atrodas ziemeļpols un dienvidpols. Rezultātu var pārbaudīt ar adatas kompasa rādījuma palīdzību. Arī pētot debess ķermeņu — planētu, zvaigžņu un pat galaktiku kustību un griešanos, ir svarīgi atcerēties ķermeņu kustību magnētiskā laukā. Astronomi ir izstrādājuši metodes, kā mērīt debess ķermeņu kustību, rotācijas asis, trajektorijas ciešā saistībā ar visu apņemošo magnētiskā spēka lauku.

Kontroljautājumi

1. Kāds virziens ir magnētiskajam laukam saistībā ar elektronu rotāciju?
2. Kādā veidā kustību ietekmē elektrisko daļiņu lādiņi?
3. Kādas mērvienības lieto magnētiskās plūsmas raksturošanai?
4. Kādā veidā lieto labās rokas likumu elektromagnetismā un ko ar to var noteikt?
5. Kas ir elektromagnēts?
6. Kādi ir galvenie materiāli elektromagnētiskā lauka izveidē?
7. Ko pēc būtības raksturo vārds "histerēze"?
8. Ko nozīmē vārds "remanense"?
9. Kur Zemeslodei atrodas magnētiskais ziemeļpols?

ELEKTROMAGNĒTISKĀ INDUKCIJA UN TĀS IZMANTOŠANA

Šajā nodaļā uzzināsi:

- kas ir un kādi spēki iespaido elektrodzinējspēku;
- kādi faktori nosaka indukcijas spēku vijumos.

Elektriskā strāva nav atdalāma no magnētiskā lauka, kas atrodas tiešā vada tuvumā. Ja vads kustas šajā magnētiskajā laukā, ko rada pastāvīgs magnēts, vai arī elektromagnētiskajā laukā, ko rada elektromagnēts, un šķeļ magnētiskās spēka līnijas, vadā rodas elektrodzinējspēks (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 šķeļ apkārt novietoto tinumu un inducējas elektriskā strāva, ko var pārvērst gaismā.

ELEKTRODZINĒJSPĒKS (EDS)

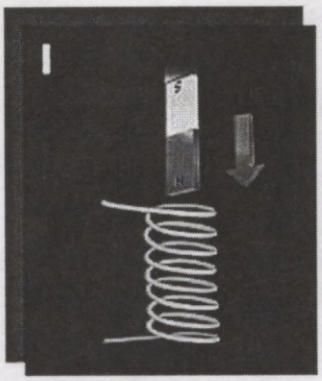
Lai iegūtu EDS, ir vajadzīgi trīs faktori:

1) elektromagnētiskā plūsma uz laukuma vienību — B, ko mēra teslos (T);
2) vada kustības ātrums — v, ko mēra m/sek.;
3) vada (tinuma) garums — l, ko mēra m.

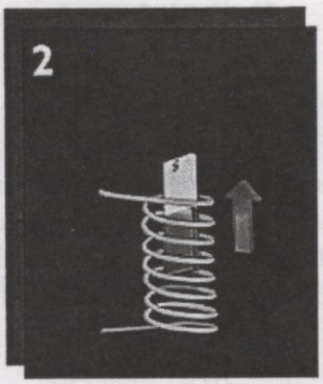
Līdz ar to

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

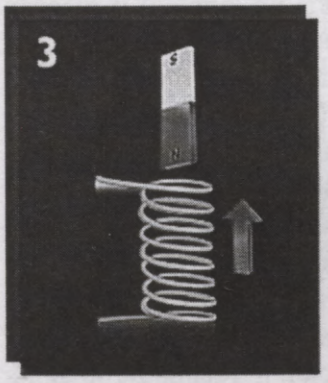
Lai inducētu EDS, var mainīt vai nu polus, vai plūsmas stiprumu, vai vadu griešanās ātrumu. Tālāk, apskatot maiņstrāvas būtību, konstatēsim vēl citus faktorus. Kustība starp vada tinumu un magnētu (tā spēka līniju lauku) ir no indukcijas viedokļa viennozīmīga — vai kustas tinums, vai kustas magnētiskais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



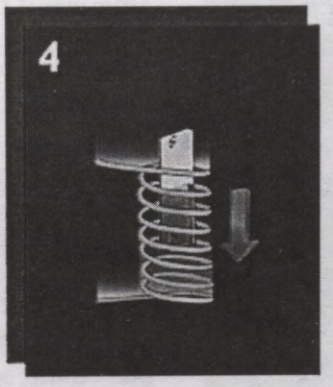
1. Magnētu iebīda spolē. Tātad ir savstarpēja kustība. Inducējas EDS



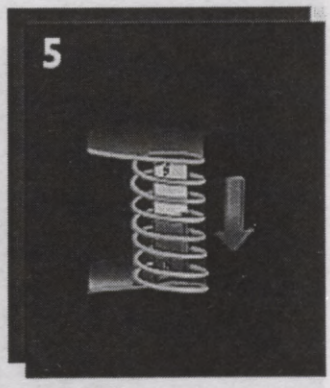
2. Magnēts pārvietojas spolē pretējā virzienā, arī inducējas EDS



3. Spolē atkal inducējas EDS, jo ir savstarpēja kustība



4. Ir pretēja virziena kustība, mainās arī EDS virziens



5. Magnēts un spole atrodas savstarpējā miera stāvoklī, elektromagnētiskā indukcija nenotiek

13.1. attēls. Attēlu grupa paskaidro, kā notiek elektromagnētiskā indukcija

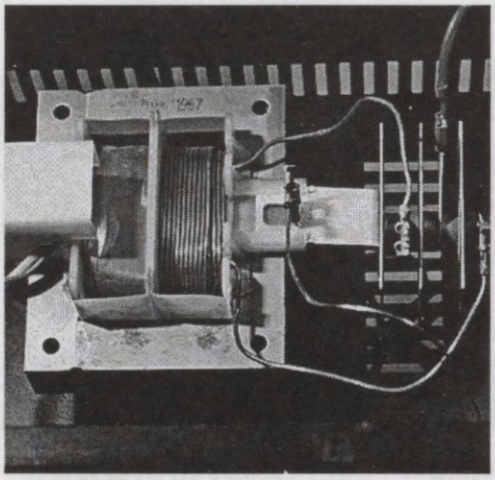
Strāvas virziens vadā ir atkarīgs no magnētiskās plūsmas virziena un vada kustības virziena. Šo nosacījumu kopsakarības pētīja cariskās Krievijas fiziķis Heinrihs Lencs (1804–1865). Viņš izstrādāja un pamatoja šādu likumu: strāva, kas rodas vadītāja kontūrā inducētā EDS darbības rezultātā, vienmēr vērsta tā, ka tā darbojas pretī magnētiskās plūsmas maiņai caur kontūru.

INDUKCIJA

Vārds „induktors" (*induktor*) latīniski nozīmē "pamudinātājs". Vēlreiz jāatzīmē, ka vadītājs vai tā konturs, pārvietojoties magnētiskajā laukā, pats magnetizējas un rada spriegumu. Šī parādība tiek saukta par induktivitāti. Induktivitātes (vai vienkāršāk — indukcijas) apzīmējums formulās ir L un to mēra henrijos (H).

Vienu henriju liela induktivitāte ir tādam vadam vai spolei, kurā ir vienu veberu liels magnētiskās plūsmas saķēdējums, ja strāva tajā ir vienu amperu stipra. Tātad

$$1H = \frac{V \cdot s}{A} = \Omega \cdot s.$$



13.2. attēls. Indukcijā vadītājā palielinās, ja blakus atrodas spole ar mainīgu magnētisko lauku

Henrijs (Jozefs Henrijs (1797–1878) — amerikāņu fiziķis un ķīmiķis) ir diezgan liela mērvienība, sevišķi elektronikā, tādēļ bieži lieto milihenrijus (mH) vai pat mikrohenrijus (μH).

Svarīga īpašība ir mijindukcija. Mijindukcija ir EDS inducēšanās vadītājā (praktiski spolē), mainoties strāvas stiprumam citā tuvumā esošā spolē. Mainīgā strāva rada mainīgu magnētisko lauku un inducē otrā tinumā strāvu. Lai tas notiktu pietiekami spēcīgi, ir vēlama feromagnētiska serde no dzelzs, niķeļa vai kobalta.

Magnētiskais lauks, kura plūsmai mainoties kontūrā inducējas strāva, ir primārais magnētiskais lauks. Elektromagnētiskais lauks ap inducēto strāvu ir sekundārais magnētiskais lauks.

Spolē induktivitāti rēķina, izmantojot šādu formulu:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r W^2 S}{l},$$

kur μ_0 — vakuuma absolūtā magnētiskā caurlaidība $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \frac{H}{m}$,

μ_r — serdeņa relatīvā caurlaidība (permeabilitāte),

W — tinumu skaits spolē,

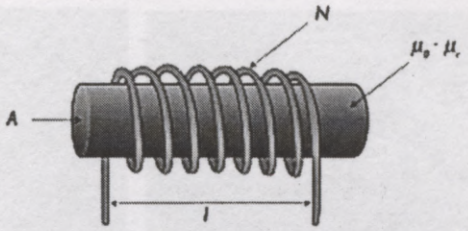
S — spoles iekšējā šķērsgriezuma laukums (m^2),

l — spoles garums (m).

Plaši lieto gredzenveida spoles (toroidus). Ja tās vidējais rādiuss ir daudz reižu lielāks par vijumu rādiusu, pieņem, ka lauks ir viendabīgs (homogēns), un lieto formulu:

$$L = W\frac{\Delta\Phi}{\Delta I},$$

kur $\Delta\Phi$ un ΔI ir plūsmas un strāvas izmaiņas.



13.3. attēls

Kontroljautājumi

1. Ko izsaka saīsinājums EDS?
2. Kādi faktori nosaka inducētā sprieguma lielumu?
3. Kāds ir Lenca likums?
4. Kādus burtus lieto, lai apzīmētu spoles parametrus?
5. Kādas ir elektriskās spoles raksturojošās mērvienības?
6. Spoles induktivitāte ir 100 mH un uz tās ir 200 vijumu. Par cik pieaugs induktivitāte, ja vēl papildus uztīs 200 vijumus?
7. Kādi ir salīdzinošie parametri spolei ar dzelzs serdi un otrai bez tās?

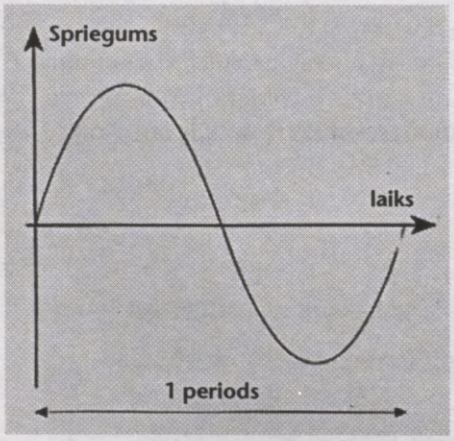
MAIŅSTRĀVAS PRINCIPI UN TĀS EFEKTĪVĀ VĒRTĪBA

Šajā nodaļā uzzināsi:

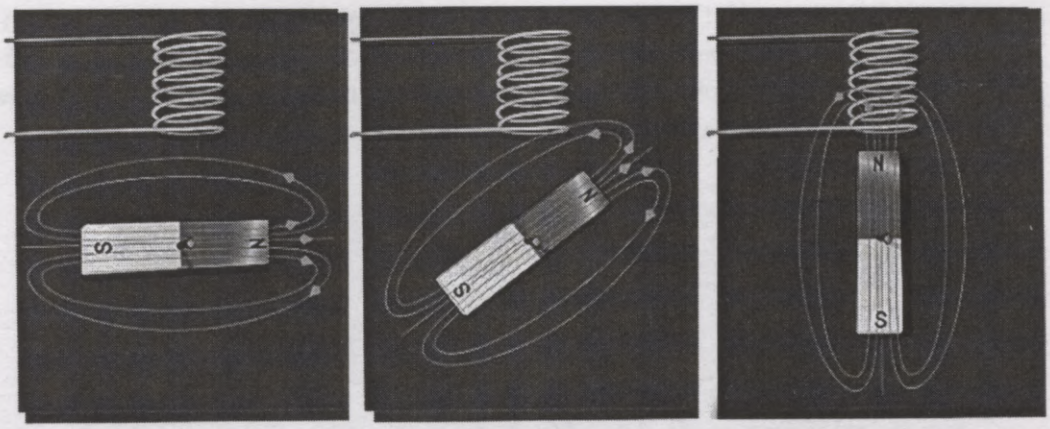
- kādas galvenās raksturīpašības un formas ir maiņspriegumam;
- kā rodas sinusoidālas formas sprieguma līkne;
- kā aprēķināt maiņsprieguma un maiņstrāvas efektīvo vērtību;
- kā attēlot maiņspriegumu ar vektoriem.

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

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 2 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.



14.1. attēls. Maiņsprieguma sinusoīda



1. Sākuma stāvoklis — magnēta spēka līnijas praktiski neskar spoli

2. Magnēts pagriežas un magnētiskās spēka līnijas šķērso spoli

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

14.2. attēls

MAIŅSPRIEGUMA IEGŪŠANA

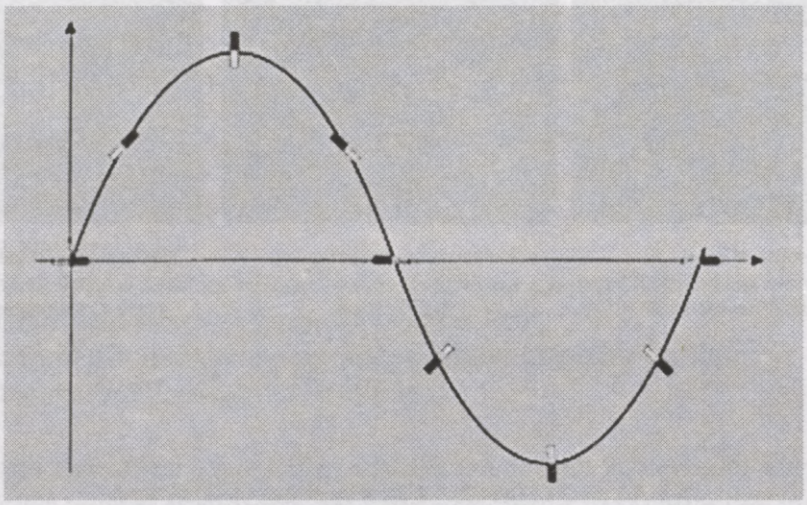
Maiņsprieguma ieguves vai ģenerēšanas principi jau tika nedaudz minēti. Ir vajadzīga spole, pastāvīgs magnets un kustība starp šiem elementiem. Pastāvīgo magnētu ir lietderīgi pastiprināt ar elektromagnētu, un tad ir vajadzīgs strāvas avots šī elektromagnēta barošanai. Lai radītu magnētiskā lauka kustību attiecībā pret tinumu, pastāvīgā magnēta centrā izurbj caurumu un ierīko griešanās asi (sk. 14.2. attēlu). Ātri griežot magnētu, spolē inducēsies elektriskā strāva. Tātad mehāniskā griezes kustība pārvērtīsies elektriskajā enerģijā. Visspēcīgākā strāva būs, magnēta ziemeļu polam atrodoties augšējā stāvoklī (sk. 14.3. attēlu), tad samazināsies atbilstoši sinusoīdas līknei, mainīs virzienu un sasniegs lielāko negatīvo vērtību un tā joprojām.

Frekvence:
Apgriezienu skaits sekundē
Frekvenci mēra hercos (Hz)
1 Hz = viens apgrieziens vienā sekundē

Angliski „frekvence" nozīmē — cikli sekundē.

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 var attēlot kā elektromagnēta griešanos, 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.



14.3. attēls. Sprieguma lielums spolē atkarībā no magnēta stāvokļa

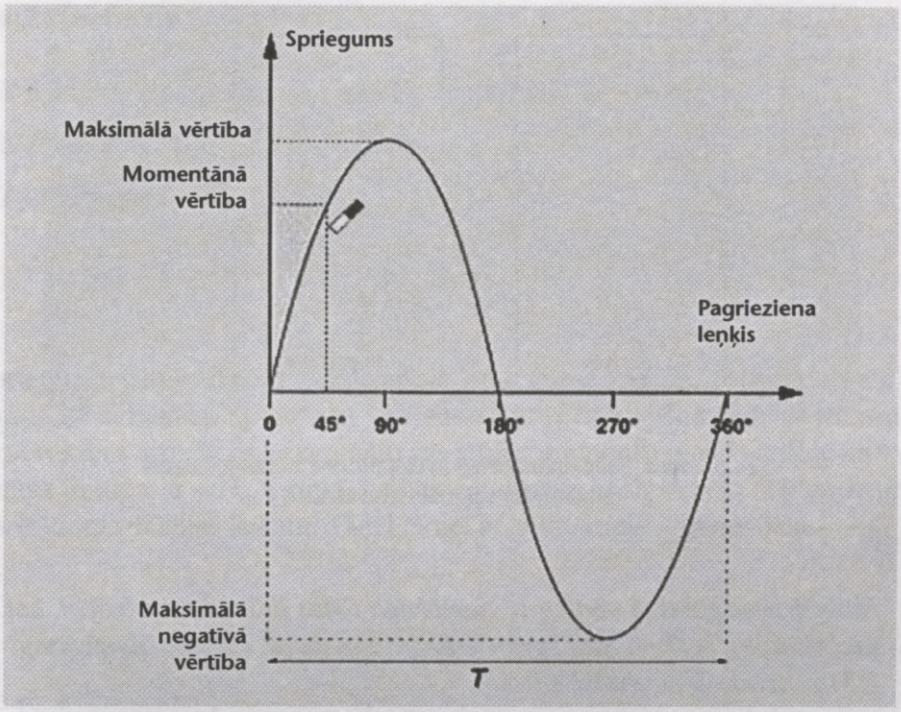
MAIŅSTRĀVAS PERIODI

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

Tātad

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

Periods ir laiks, kurā frekvence ir viens hercs.

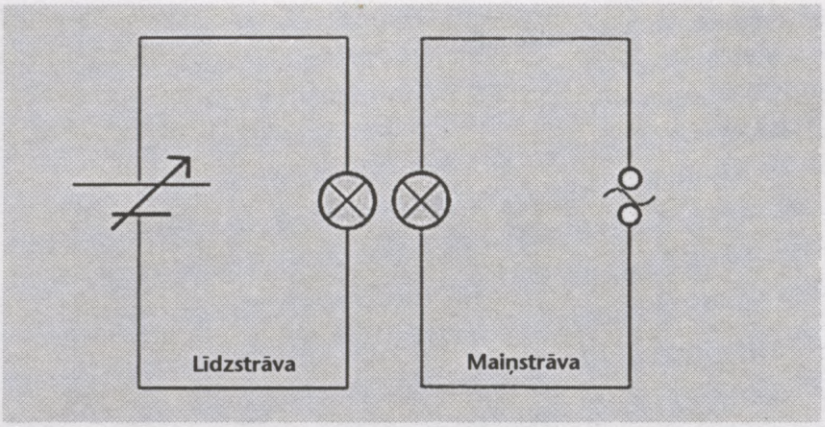


14.4. attēls. Sprieguma sinusoīdā ir norādīta maksimālā sprieguma vērtība, maksimālā negatīvā sprieguma vērtība un momentānā vērtība. Piemērā tā ir pie pagrieziena leņķa 45°

Momentāno vērtību sauc arī par acumirklīgo vērtību un apzīmē ar "u". Maksimālā vērtība no "U_m" līdz "$-U_m$" ir amplitūdas vērtība. Kā redzams, periods ir laika intervāls, pēc kura tajā pašā secībā atkārtojas minētie lielumi.

EFEKTĪVĀ VĒRTĪBA

Maiņstrāvas gadījumā nepārtraukti mainās strāvas un sprieguma lielums un virziens. Ir jāizrēķina tas sprieguma un strāvas lielums, kuram būtu tāda pati lietderīgā atdeve (piemēram, siltums), kā tas ir līdzstrāvai. Jāsalīdzina, lai izdalītais siltuma daudzums būtu vienāds, vai kvēlspuldze degtu vienādi gaiši.



14.5. attēls. Salīdzinām divas kvēlspuldzes, kuras ieslēgtas līdzstrāvas vai maiņstrāvas tīklā

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

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

Maiņstrāvas un maiņsprieguma efektīvās vērtības

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

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

14.1. piemērs

Iekārtas normētais maiņspriegums ir 230 V. Cik liels ir maksimālais spriegums?

$$U_m = U \cdot \sqrt{2} = 230 \cdot 1{,}414 = 325\text{V}$$

Atbilde. U_m = 325 V.

14.2. piemērs

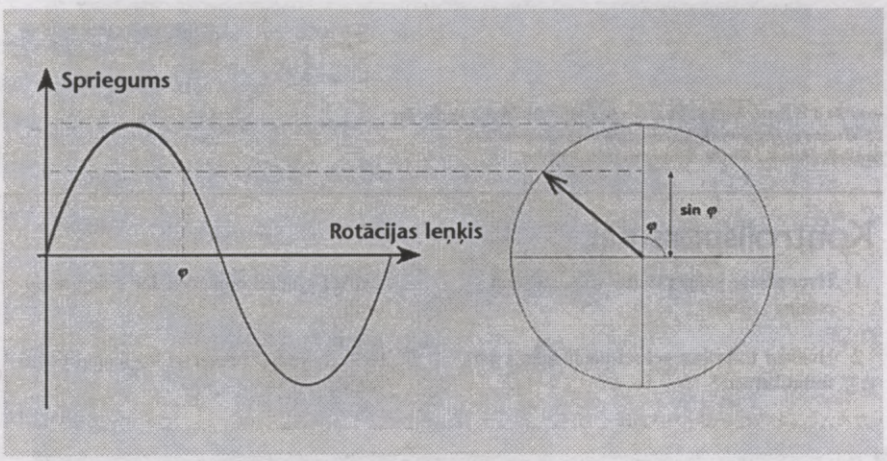
Cik liela ir starpība starp U_m un $-U_m$ iepriekšējā piemērā?

Tātad jānosaka amplitūdas vērtība $\pm U_m$.

Atbilde. $\pm U_m = 2 \cdot 325 = 650$ V.

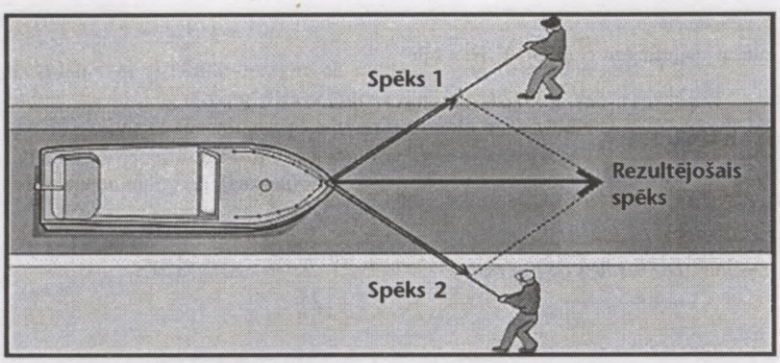
VEKTORI

Sprieguma sinusoīdu var salīdzināt ar sprieguma vektora rotāciju pretēji pulksteņa rādītāja virzienam ap punktu 0. Viens vektora apgrieziens 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.



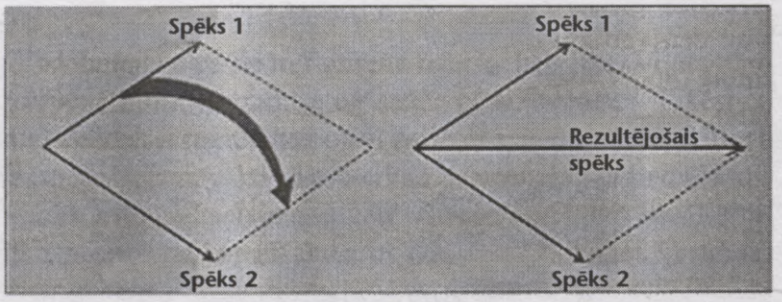
14.6. attēls. Maiņsprieguma sinusoīda un vektors rotācijas kustībā, kā arī leņķis φ

Vektora lietojums elektrotehnikā principā ir līdzīgs spēka vektoriem mehānikā. Tāpat ir nozīmīgs vektora lielums, virziens, kustības ātrums.



14.7. attēls. Spēku pielikšanas virzieni sakrīt ar garo tauvu virzieniem. Rezultējošais spēks ir pielikto spēku ģeometriskā summa

VEKTORU SASKAITĪŠANA



14.8. attēls. Saskaitot spēku 1 ar spēku 2, vispirms konstruē paralelogramu, un iegūtā gareniskā diagonāle ir pielikto spēku summārais spēks

Kontroljautājumi

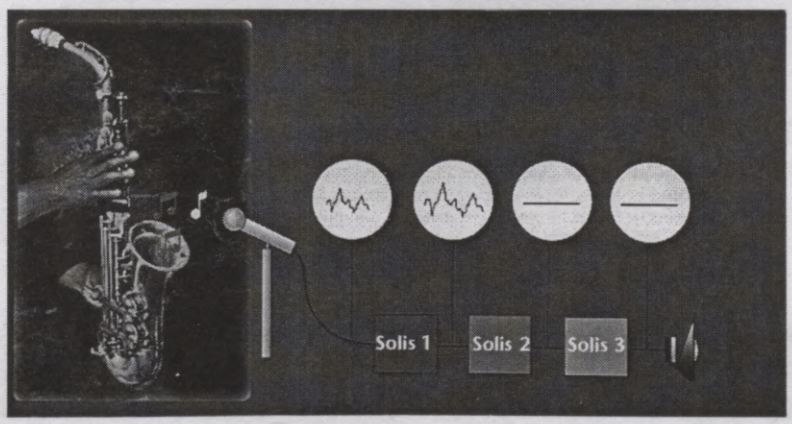
1. Cik bieži sekundē mainās strāvas virziens?
2. Kādas formas maiņspriegums tiek piegādāts patērētājam?
3. Kāds rotācijas virziens ir sprieguma vektoram?
4. Kāda ir frekvence, ja spoles spēka līnijas 60 reizes šķeļ magnēta pols?
5. Cik garš ir viens periods, ja frekvence ir 50 Hz?
6. Kādu simbolu lieto, lai apzīmētu maksimālo strāvu vai spriegumu?
7. Kā apzīmē strāvas vai sprieguma lielāko minimālo vērtību?
8. Cik liela ir efektīvā vērtība, ja maksimālā vērtība ir 50 V?
9. Cik liela ir maksimālā strāva, ja efektīvā strāva ir 100 A?
10. Cik liela ir sprieguma $\pm U_m$ amplitūda, ja sprieguma efektīvā vērtība ir 100 V?

OSCILOSKOPA DARBĪBAS PRINCIPI UN LIETOJUMS

Šajā nodaļā uzzināsi:

- kāda ir osciloskopa konstruktīvā uzbūve;
- kā pirms lietošanas pārbauda un noregulē osciloskopu;
- kā no osciloskopa ekrāna nolasa atbilstošo spriegumu un frekvenci.

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



15.1. attēls. Dziesmas skaņas signāli no mikrofona līdz skaļrunim tiek kontrolēti osciloskopā, un uzskatāmi var atrast kļūdas un nepilnības skaņas izpildījumā. Attēlā ir redzams, ka kļūda ir otrajā "solī"

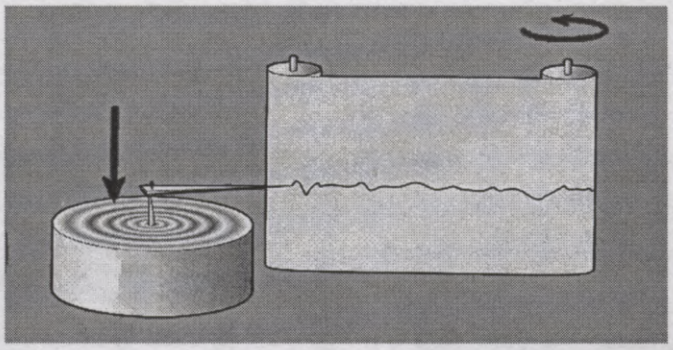
Osciloskops palīdz atklāt nepilnības un kļūdas elektriskajā ķēdē. Var pārbaudīt signālus un noregulēt to optimālo formu. Var pārbaudīt atsevišķus blokus un elementus un sistēmu kopumā.

Jāsaka, ka osciloskops nav precizijas instruments, jo rezultātu nolasījumos var būt pielaide 10%, bet osciloskops teicami signalizē, kur ir bojājums, neprecizitāte, kļūda.

UZBŪVE

Vispirms jāiepazīstas ar citu aparātu — barogrāfu, kas reģistrē gaisa spiedienu. Barogrāfs sastāv no metāliskas bezgaisa tilpnes (protams, līdz absolūtam vakuumam tālu). Tās virsējā daļā — membrānā ir iestiprināts pašrakstošs elements. Mainoties gaisa spiedienam, metāliskā virsma tiek vairāk vai mazāk iespiesta vai atbrīvota. Rādītājs paceļas uz augšu vai novirzās uz leju un uz ļoti lēni rotējošas papīra lentes zīmē konkrēto izmaiņu līkni.

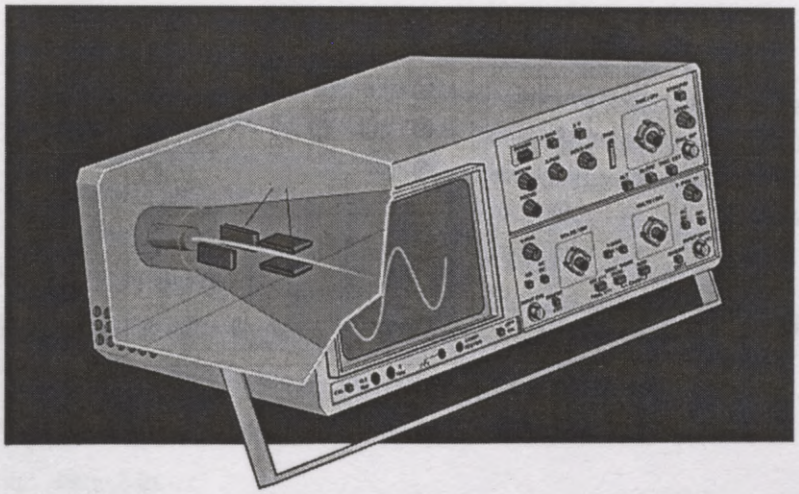
Uz lentes var fiksēt gan laiku, kad ieraksts ir izdarīts, gan gaisa spiediena izmaiņas. Lentes rullīti tin neliels elektromotoriņš ar reduktoru. Ja reģistrējamam procesam nav strauju izmaiņu, var ieregulēt ļoti lēnus apgriezienus. Ja ir kaut kāda sevišķa situācija — avārijas režīms, var ieslēgt ātrākus apgriezienus. Var, piemēram, apgriezienus mainīt plašā diapazonā — 1 m lentes mēnesī vai nedēļā, vai dienā utt.



15.2. attēls. Gaisa spiediena mērītājs — barogrāfs.
Uz papīra lentes tiek attēlota spiediena izmaiņas līkne

Osciloskopā galvenais darba mezgls ir katodstaru lampa. Tās šaurajā galā sakarsētais katods emitē elektronus. Tie iet caur vadības tīkliņu. Mainot tā spriegumu, var regulēt elektronu daudzumu starā. Tālākajā ceļā caur anodu elektronu kūlis tiek paātrināts un fokusēts šaurā starā. Šajā zonā osciloskopam ir divi plašu pāri, kuri regulē signāla stāvokli uz ekrāna. X plates lieto, lai atkārtoti pārvietotu signālu ar izraudzīto ātrumu pa horizontālo asi, bet Y plates, lai pārvietotu signālu vertikāli. Lai signāli būtu skaidri, un ar noteiktām formām, ir iebūvēti trigeri, kuriem izšķir augšējo un apakšējo izstrādes slieksni, bet darbības pamatā ir izmantota maiņstrāvas histerēzes parādība.

Salīdzinot ar iepriekš apskatīto gaisa manometru, ir zināmas paralēles. Papīra vietā še ir ekrāns, zīmuļa vietā katodstars uz fluorescējoša ekrāna.



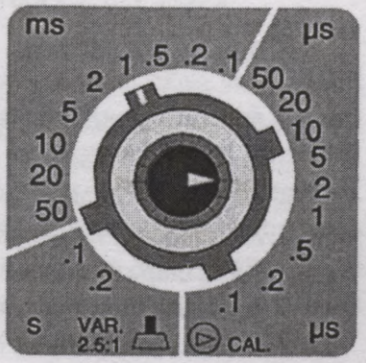
15.3. attēls. Osciloskopa kopskats ar griezumā parādītu katodstaru lampu

NOLASĪŠANA

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

LAIKS

Apskatot barogrāfu, tika minēts, ka var mainīt papīra lentes ātrumu. To pašu var darīt osciloskopam, turklāt plašā diapazonā un ļoti precīzi, kā tas redzams 15.4. attēlā. Osciloskopam ir laika bāze, un ja tā ir ieslēgta, stars pārvietojas pāri ekrānam ar atbilstošo ātrumu, pēc tam momentāni atlec atpakaļ un sāk jaunu ciklu.

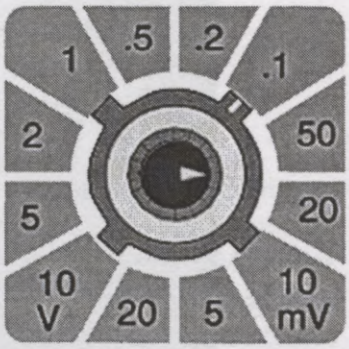


15.4. attēls. Laika regulēšanas slēdzis. Kā redzams, var iestādīt sekundes, mikrosekundes un milisekundes un laiku "CAL"

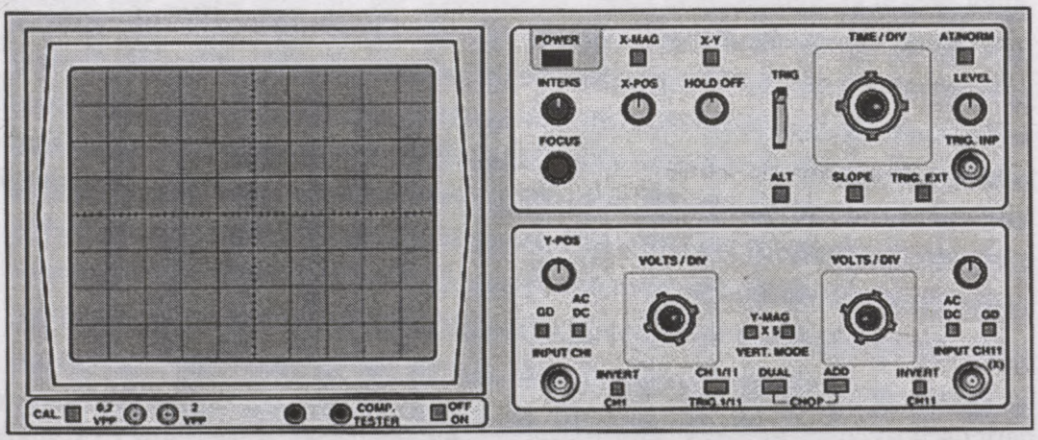
SPRIEGUMS

Ar osciloskopu var mērīt un analizēt maiņspriegumu ļoti plašā diapazonā. Uz ekrāna var fiksēt spriegumu no nedaudziem milivoltiem līdz desmitiem kilovoltu.

15.6. attēlā labi redzams ekrāns ar koordinātu tīklu. Pa horizontāli uz ekrāna var izklāt laiku no vienas mikrosekundes līdz sekundēm un pat vienai minūtei.



15.5. attēls. Sprieguma diapazonu pārslēdzis



15.6. attēls. Dubultstaru osciloskops

Kontroljautājumi

1. Ko mēra ar osciloskopu?
2. Ko mēra osciloskopā uz x ass?
3. Kas osciloskopā rada staru kūli?
4. Ar ko staru "lielgabalā" regulē signālu stāvokli uz ekrāna?
5. Kādā diapazonā osciloskopā var regulēt laiku?
6. Kādā diapazonā osciloskopā var regulēt spriegumu?
7. Kā izveidots ekrāns, lai vieglāk varētu nolasīt un analizēt rezultātus?

ELEKTRISKO SLODŽU VEIDI. AKTĪVĀ, KAPACITATĪVĀ UN INDUKTĪVĀ SLODZE

Šajā nodaļā uzzināsi:

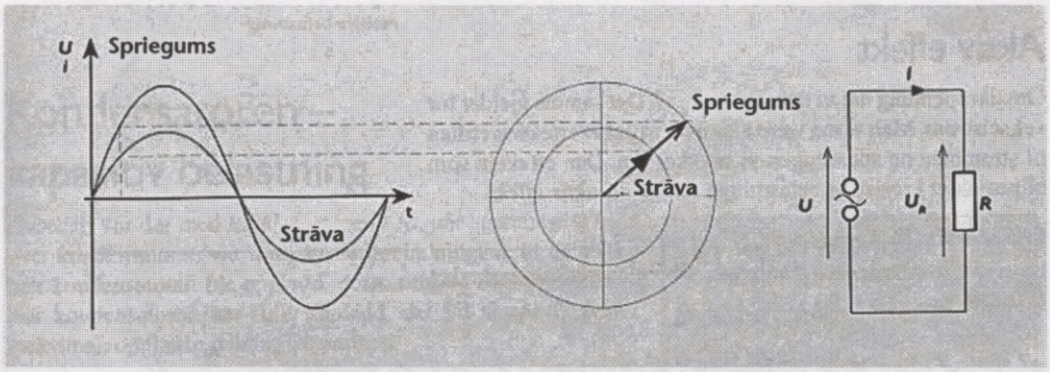
- kādā veidā aktīvā un reaktīvā slodze iespaido strāvu un spriegumu;
- kā uzzīmēt vektoru diagrammas dažādām slodzēm, kā arī fāžu nobīdi;
- kā izrēķina aktīvo, reaktīvo un pilno jaudu;
- kā lietot Oma likumu maiņstrāvai;
- kā izrēķināt pretestību spolēm un kondensatoriem;
- kā zīmēt sprieguma, pretestības un jaudas trīsstūri virknes slēgumā;
- kā zīmēt sprieguma, pretestības un jaudas trīsstūri paralēlajam slēgumam;
- maiņstrāvas rezonanses izpausmi;
- kā izrēķināt kondensatora lielumu fāzu kompensācijai;
- kā sadzīves aparātiem aprēķināt jaudu un slodzi dažādos režīmos.

Iekārtas, kas pārvada, sadala un regulē strāvu, dažkārt kļūdaini sauc par slodzi. Faktiski slodze ir pretestības, spoles, kondensatori, gaismas ķermeņi, ledusskapji, mājsaimniecības aparāti, kā arī dažādas rūpnieciskās iekārtas.

AKTĪVĀ SLODZE UN TĀS PRETESTĪBA

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

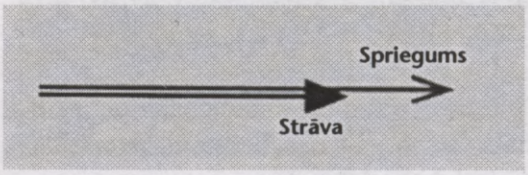
Spriegums uz aktīvās pretestības "U_a" ir pilnīgi vienāds ar spriegumu, kāds būtu, ja pa šo pretestību plūstu līdzstrāva. Tātad U_a faktiski ir vienāds ar maiņstrāvas efektīvā sprieguma vērtību. Kā redzams 16.1. attēlā, strāvas un sprieguma vektori sakrīt. Starp vektoriem fāžu nobīde ir 0°. Saka, ka strāva un spriegums sakrīt fāzē, ka leņķis starp fāzi un spriegumu, ko apzīmē ar grieķu burtu φ (fi), ir nulle.



16.1. attēls. Strāva un spriegums ķēdē ar tīri aktīvu pretestību sakrīt fāzē

VEKTORU DIAGRAMMA

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



16.2. attēls. Maiņstrāvas un sprieguma vektori ar tīri aktīvu slodzi

Aktīvai pretestībai maiņstrāvas ķēdē nav fāžu nobīdes!

AKTĪVĀ JAUDA

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

16.1. piemērs

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

No formulas

$$P = U \cdot I\,;\; I = \frac{P}{U} = \frac{1200}{230} = 5{,}2\ \text{A}.$$

Atbilde: Strāva ir 5,2 A stipra.

OMA UN KIRHOFA LIKUMI

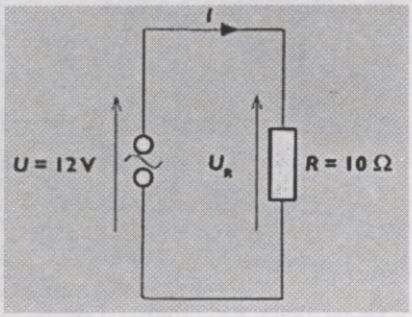
Oma un Kirhofa likumi der arī maiņstrāvai. Turklāt, ja slodze ir tīri aktīva, šīs formulas un likumus var lietot bez izmaiņām.

16.2. piemērs

Aprēķināt strāvas lielumu blakus esošajā 16.3. attēlā

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

Atbilde: Strāva ir 1,2 A stipra.



16.3. attēls

16.3. piemērs

Aprēķināt U_{R2} 16.4 attēlā dotajā shēmā.

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

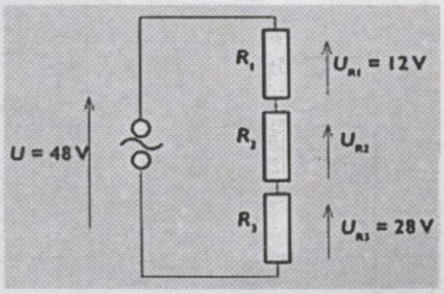
Tātad

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

No šejienes:

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

Atbilde: U_{R2} = 8V.

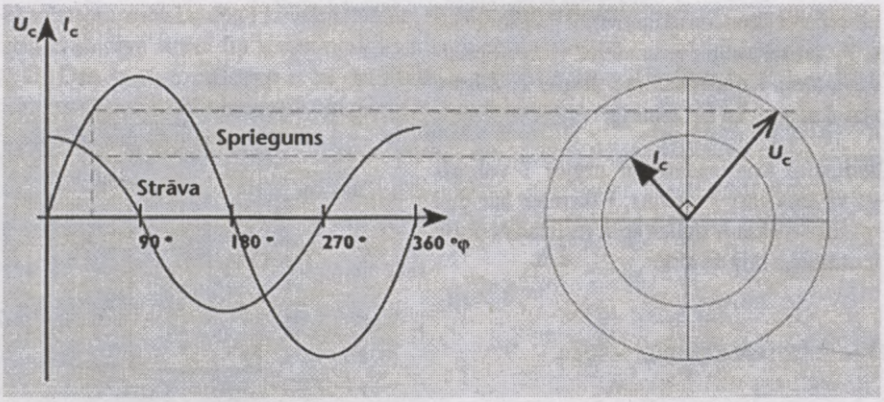


16.4. attēls

KONDENSATORS — KAPACITATĪVĀ SLODZE

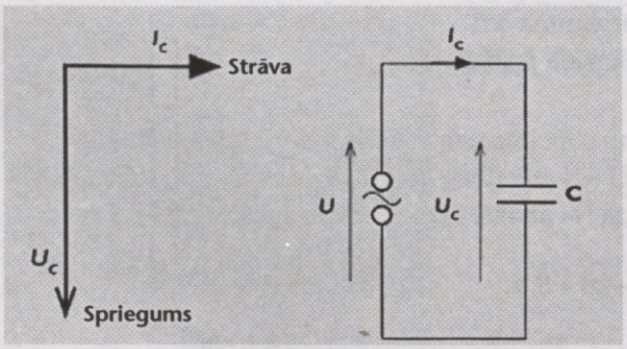
Kondensatorā strāva par 90° apsteidz spriegumu.

Analizējot kondensatora elektriskos parametrus, ir jāatzīmē: 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 nesakritīs. Strāva apsteidz spriegumu, un fāžu nobīde ir $\varphi = 90°$. Liela kapacitatīvā slodze parasti ir elektrisko tīklu kabeļu līnijās.



16.5. attēls. Kapacitatīvā slodze. Strāva apsteidz spriegumu

VEKTORU DIAGRAMMA



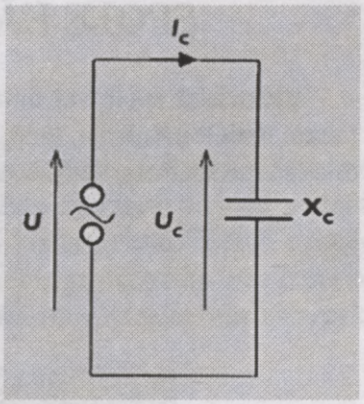
16.6. attēls. Attēlota tīri kapacitatīva slodze. Strāvas vektors apsteidz sprieguma vektoru par 90°

REAKTĪVĀ JAUDA

Jaudu var aprēķināt, ja ir zināma strāva un spriegums. Ja ķēdē ir tikai kondensators, 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, Q_C. Mērvienība ir "VAr", kas ir saīsinājums no *Volt Ampers* reaktīvais. Nereti praksē lieto 1000 VAr = 1 kVAr (kilovars).

OMA LIKUMS AR REAKTĪVU SLODZI

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



16.7. attēls. Šai elektriskajai ķēdei ar kapacitatīvo pretestību Oma likums šāds:

$U_C = I_C \cdot X_C$

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. Turklāt 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. Turklāt pretestība ir pretēji proporcionāla maiņstrāvas griezes kustības raksturlielumam $1/2\pi$ līdz ar to kondensatora pretestība sinusoidālai maiņstrāvai ir:

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

Kondensatorā reaktīvā pretestība

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

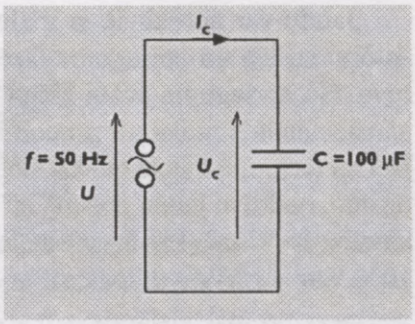
16.4. piemērs

Cik liela ir pretestība kondensatorā ar kapacitāti 100 μF, ko uzlādē ar sinusoidālu maiņspriegumu ar 50 Hz frekvenci? 16.8. attēlā dota atbilstoša shēma.

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

Atbilde: $X_C = 32\ \Omega$.

Tātad dotajā maiņstrāvas ķēdē ir papildu pretestība 32 Ω.

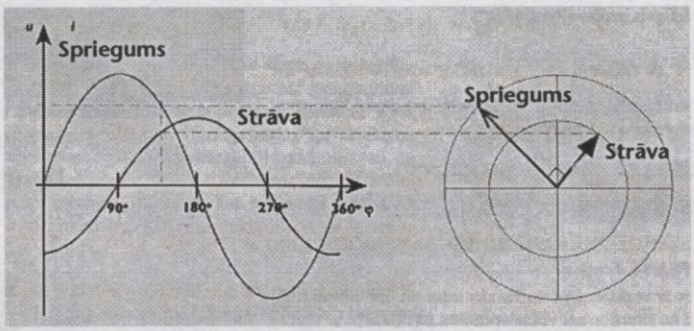


16.8. attēls

SPOLE KĀ INDUKTĪVĀ PRETESTĪBA

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

Spolē spriegums apsteidz strāvu par 90°.

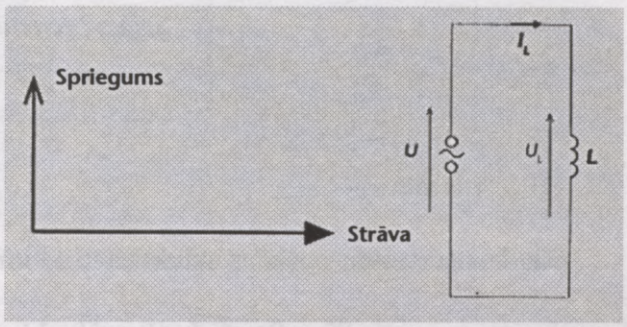


16.9. attēls. Spriegums spolē par 90° apsteidz strāvu

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, virzieni 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 (sk. attēlu 16.10) sprieguma un strāvas vektoru diagramma ķēdē ar tīru induktivitāti.

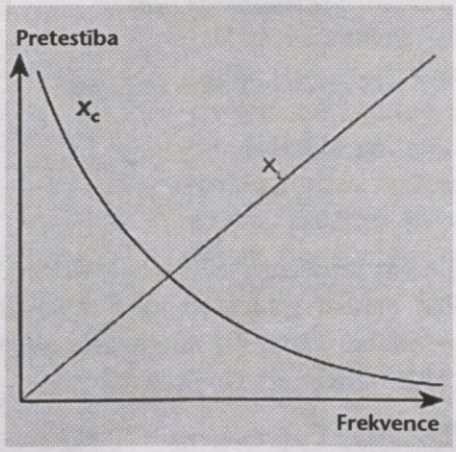


16.10. attēls

JAUDA

Ķēdē ar tīru induktivitāti 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 apmaiņa, raksturo reaktīvā jauda.

$$Q_L = U_L \cdot I_L \text{ VAr}$$



16.11a. attēls. Sakarība starp spoles induktīvo un kapacitatīvo pretestību un frekvenci

SPOLES PRETESTĪBA

Spole arī ir slodzes elements ar savu pretestību. To rada spoles induktivitāte un frekvence.

Spoles pretestība

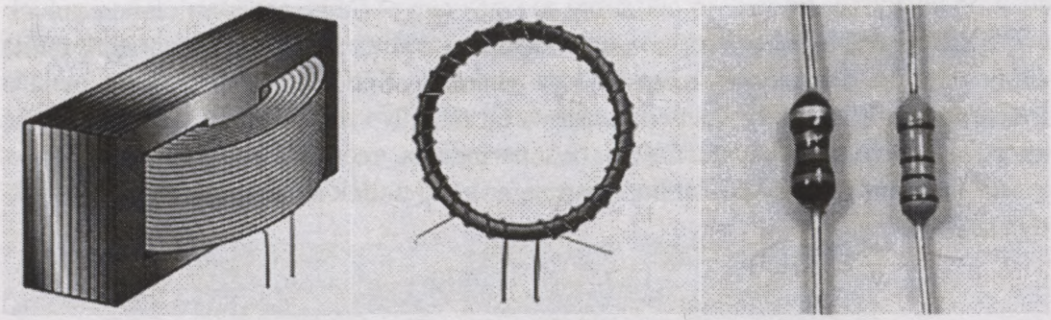
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L\ \Omega$$

16.5. piemērs

Cik liela pretestība spolē ar induktivitāti 14 mH ar frekvenci 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.

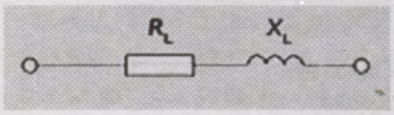


Daudzslāņu serde | Gredzenveida serde | Miniatūra spole (drosele) un pretestība

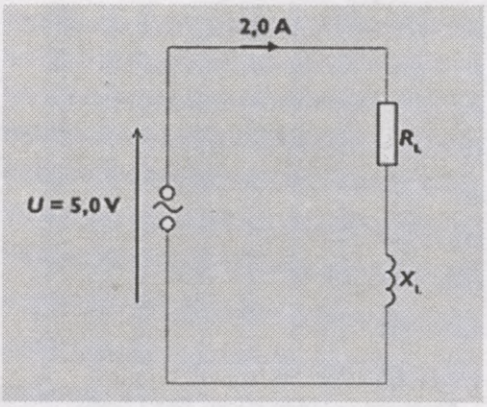
16.11. attēls. Dažādi spoļu veidi

REĀLĀ SPOLE

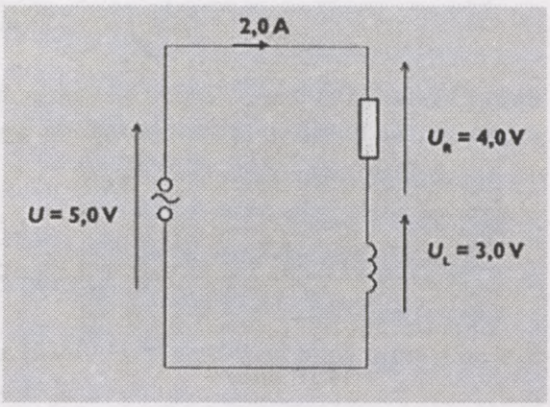
Normālā temperatūrā nav iespējams izveidot elektrisko tinumu–spoli, kurai būtu tikai induktīvā pretestība. Parasti spoles vijumi ir no vara vadiem, kuriem neapšaubāmi ir arī aktīvā pretestība. Tādēļ var shematiski attēlot spoli ar divām virknē slēgtām pretestībām — aktīvo un induktīvo pretestību.



16.12. attēls. Praktiski spolē ir divu veidu pretestības



16.13. attēls



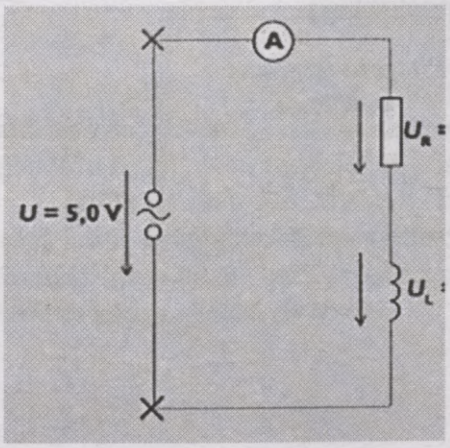
16.14. attēls. Redzami spriegumu sadalijumi

Mēģināsim paskaidrot, kādēļ ir jārēķinās ar fāžu nobīdi spolē. Tādēļ, ka divas spolē esošās pretestības nevar vienkārši saskaitīt. Mēģināsim soli pa solim izzināt un aprēķināt. 16.13. attēlā ir dota konkrēta ķēde ar spoles pretestībām.

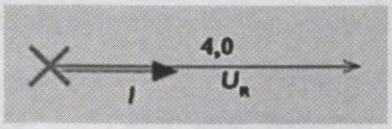
Sprieguma avota lielums ir 5 V, pa ķēdi plūst 2,0 A strāva. Izmēra sprieguma kritumu uz pretestībām — spriegums uz aktīvās pretestības ir 4,0 V, bet uz induktīvās ir 3,0 V.

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 (sk. attēlu 16.15). 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 ir aktīvā pretestība. Kā zināms, sprieguma kritums uz tās sakrīt fāzē ar strāvas vektoru un ir jāatliek izvēlētā mērogā (sk. attēlu 16.16).

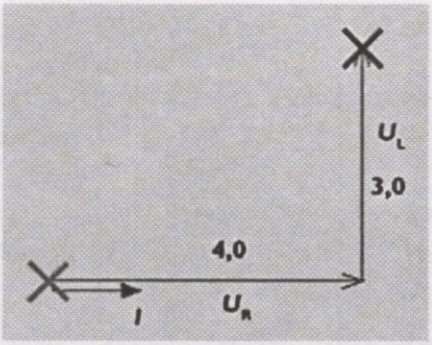
Nākamā pēc aktīvās pretestības ķēdē ir spole. Uz tās spriegums par 90° apsteidz strāvu. Tādējādi strāvas vektors joprojām ir vērsts horizontāli, bet sprieguma vektors vertikāli (16.17. attēls). Ar vektoriem ir



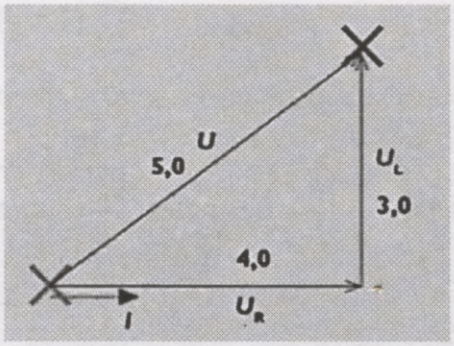
16.15. attēls



16.16. attēls



16.17. attēls



16.18. attēls. Spriegumu kritumu trīsstūris ar vienu taisnu (90°) leņķi

attēloti sprieguma kritumi no sākuma līdz nobeiguma krustiņam. 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 mums bija zināms.

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

PITAGORA TEORĒMA

Lai taisnleņķa trīsstūrī varētu saskaitīt rezultātus, jāzina Pitagora teorēma. Viena katete ir U_R, bet otra ir U_L. Ir jāatrod hipotenūza.

$$U^2 = U_R^2 + U_L^2$$

Izvelkot kvadrātsakni,

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}.$$

Konkrētajā piemērā

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

Rezultāts apliecina metodes pareizību.

Pitagora teorēmas noteikumi

$$U^2 = U_R^2 + U_L^2$$

FĀŽU NOBĪDES LEŅĶIS

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

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: $U = I \cdot Z$.

SPRIEGUMA TRĪSSTŪRIS

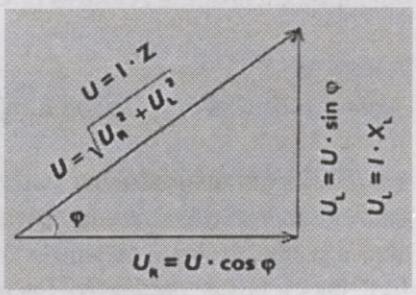
Spriegumu spolē izteiksim ar Oma likumā noteiktām elektriskajām vienībām

$$U = I \cdot Z \text{ un } U_L = I \cdot X_L$$

un arī ar fāžu nobīdes leņķa trigonometriskajām funkcijām

$$U_R = U \cdot \cos\varphi;\ U_L = U \cdot \sin\varphi$$

un atliksim sprieguma trīstūrī.

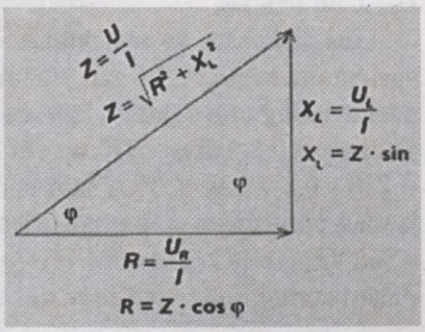


16.19. attēls. Spoles sprieguma trīsstūris

PRETESTĪBU TRĪSSTŪRIS

Ja iepriekš analizētajam sprieguma trīsstūrim visas trīs malas dala ar elektriskajā ķēdē plūstošo strāvu, iegūst pretestību trīsstūri.

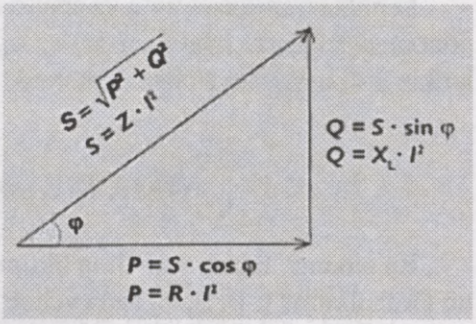
Attēlotais pretestību trīsstūris ir atbilstošs spolei, kur nav kapacitatīvās pretestības. Hipotenūzas garums ir tieši proporcionāls maiņstrāvas ķēdes pilnajai pretestībai.



16.20. attēls. Pretestību trīsstūris spolei

JAUDAS TRĪSSTŪRIS

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



16.21. attēls. Jaudas trīsstūris

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

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

JAUDAS KOEFICIENTS

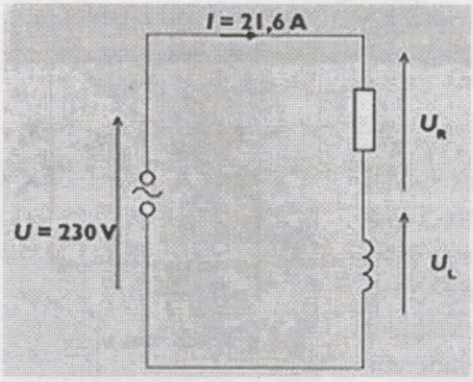
Reālajiem maiņstrāvas patērētājiem ir nepieciešama gan aktīvā, gan reaktīvā jauda, tātad arī pilnā jauda. Bieži ir svarīgi zināt, cik daudz no kopīgās jaudas S ir aktīvā jauda. Saskaņā ar jaudas trīsstūri P/S = cos φ. To sauc par jaudas koeficientu. Jo lielāks ir cos φ, respektīvi, tas ir tuvāks vienam, jo lielāks ir aktīvās jaudas īpatsvars.

16.6. piemērs

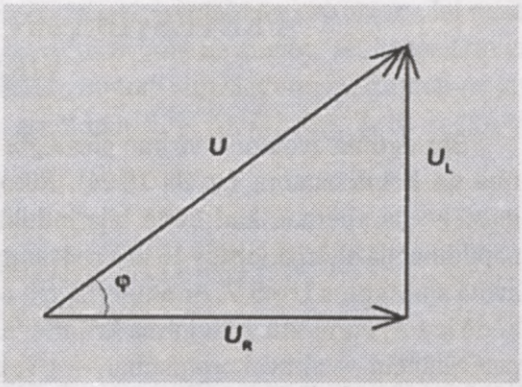
Dots maiņstrāvas elektrodzinējs, kuram U = 230 V, I = 1,6 A, cos φ = 0,8. Dzinējam ir aktīvā tinuma vadu pretestība un tinumu reaktīvā pretestība. Aprēķināt S, P, Q, U_R, U_L, Z un leņķi φ.

Lai atrisinātu šo uzdevumu, ir nepieciešama vektoru diagramma. Konstruēsim sprieguma trīsstūri, lai gan zinām tikai kopīgo avota spriegumu U un cos φ. Aprēķināsim sprieguma trīsstūra katetes (sk. 16.23. attēlu). $U_R = U \cdot \cos\varphi = 230 \cdot 0{,}8 = 184$ V. Ja cos φ = 0,8, tad φ = 37° un sin 37° = 0,6. Tad trīsstūra otra katete $U_L = U \cdot \sin\varphi =$ $= 230 \cdot 0{,}6 = 138$ V. Zīmējam spriegumu trīsstūri atbilstošajā mērogā. Lai noteiktu jaudas, pareizinām sprieguma trīsstūra malas ar I = 1,6 A. Tas būs $S = U \cdot I = 230 \cdot 1{,}6 =$ $= 368$ VA; $P = 184 \cdot 1{,}6 = 294$ W; $Q = 138 \cdot 1{,}6 = 221$ VAr. Lai atrastu pretestību lielumus, dalām sprieguma trīsstūra malas ar I = 1,6 A. Iegūstam

$$Z=\frac{230}{1{,}6}=144\ \Omega;$$



16.22. attēls



16.23. attēls

$$R = \frac{184}{1{,}6} = 115\,\Omega;$$

$$X_L = \frac{138}{1{,}6} = 86\,\Omega.$$

Atbilde: S = 368 VA, P = 294 W, Q = 221 VAr, U_R = 184 V, U_L = 138 V, Z = 144 W, R = 115 Ω, X_L = 86 Ω un φ = 37°.

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

16.7. piemērs

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

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

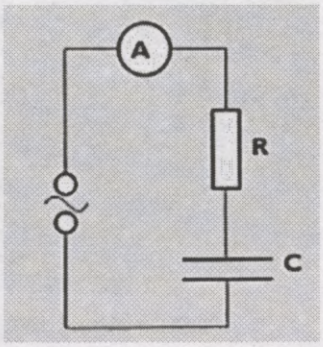
No šejienes

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} = \frac{86}{314} = 0{,}2\,\text{H}.$$

Atbilde: L = 0,27 H.

PRETESTĪBA UN KONDENSATORS VIRKNĒ

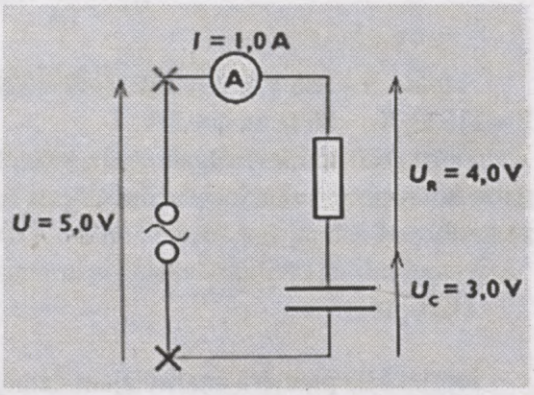
Sprieguma avotam ir virknē pieslēgta aktīvā pretestība un kondensators (attēls 16.24). Rīkojamies līdzīgi iepriekšējai shēmai, kad ķēdē bija induktivitāte. Tālāk papildinātajā shēmā (attēls 16.26) redzams, ka enerģijas avota spriegums U = 5 V. Ar ampērmetru noteiktā strāva ķēdē ir 1 A. Izmēram sprieguma kritumu uz atsevišķiem patērētājiem — aktīvai pretestībai — 4 V, bet kondensatoram — 3 V. Pirmā sastāvdaļa ir aktīvā pretestība. Atliekam vektoru pieņemtajā mērogā un virzienā (attēls 16.25).



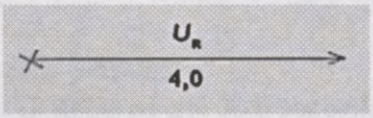
16.24. attēls

Aiz pretestības ir kondensators. Ja pirms tā strāva un spriegums sakrita 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.

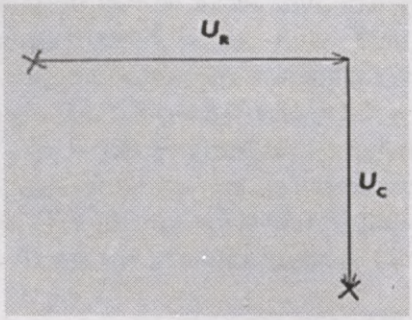
Izmērām ar lineālu un iegūstam rezultātu — 5 V. Tātad apstiprinājās



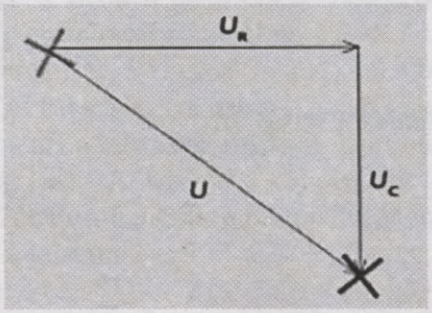
16.26. attēls



16.25. attēls



16.27. attēls

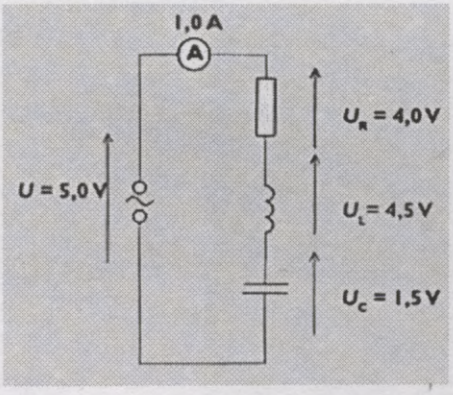


16.28. attēls

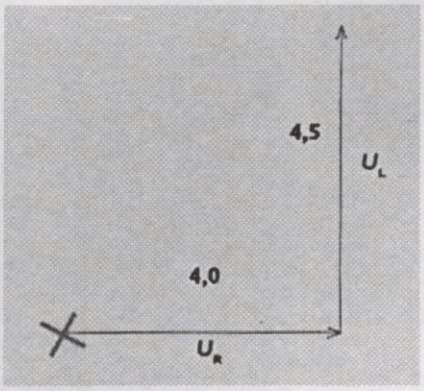
iepriekšējā mērījuma rezultāti. Konstruējot šo trīsstūri, ir jābūt uzmanīgam, lai nesajauktu pareizos virzienus. Mūsu piemērā — induktivitāte uz augšu, bet kapacitāte uz leju. Tālākais uzdevums ir ar iepriekš aprakstīto metodi šim slēgumam, izmantojot jau zināmos jaudas un pretestības trīsstūrus, aprēķināt S, P, Q, U_a, U_C, Z, R, X_C un φ. Metodiskais paraugs ir 16.6. piemērā.

PRETESTĪBA, KONDENSATORS UN SPOLE VIRKNĒ

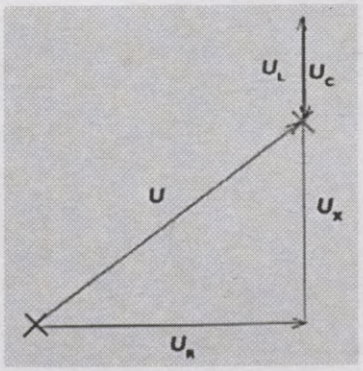
Jāatrod galvenie parametri ķēdei, ja virknē ir pretestība, kondensators un spole. Ja visi sprieguma kritumi būtu vienā virzienā, kopējais sprieguma kritums būtu 10 V. Jāizmanto vektoru diagramma. Sākotnēji izmērītie lielumi parādīti 16.29. attēlā, bet 16.30. attēlā redzams, ka pirmais no krustiņa ir atlikts sprieguma kritums uz aktīvās pretestības ar horizontālu vektoru.



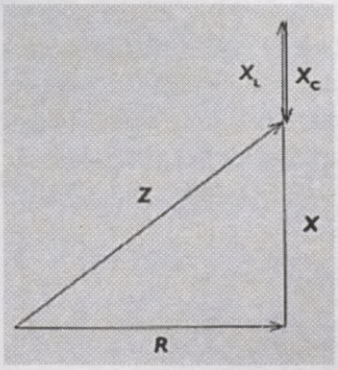
16.29. attēls



16.30. attēls



16.31. attēls

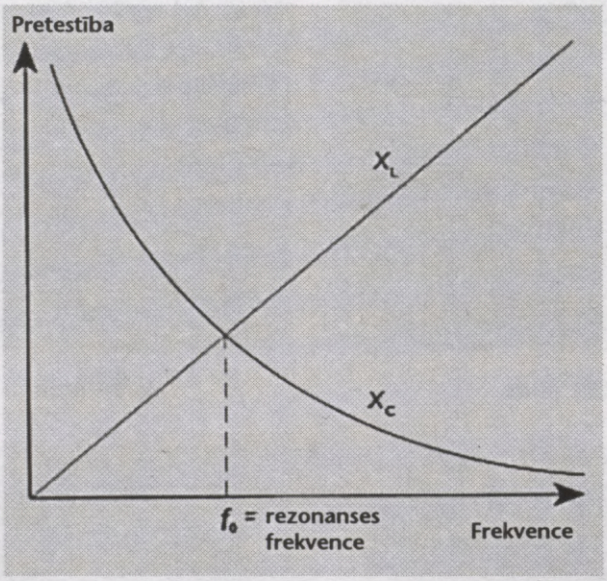


16.32. attēls

Pieskaitām sprieguma kritumu uz induktivitātes — virzienā uz augšu, bet šim vektoram galā sprieguma kritumu uz kapacitātes, virzienā uz leju. Apzīmējot reaktīvo sprieguma kritumu ar U_X, ir jāraksta $U_X = U_L - U_C$. Izdalot ar I, iegūst pretestību trīsstūri.

REZONANSES FREKVENCE

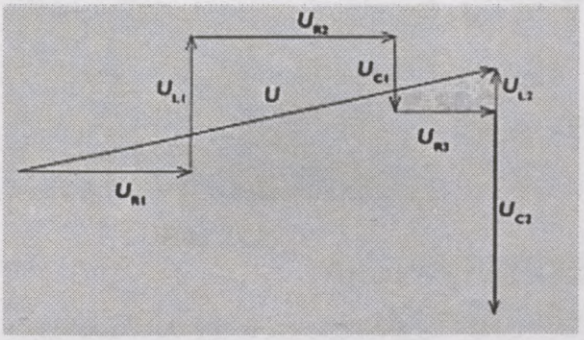
Ja virknē ir kondensators un spole, vispirms jāuzzina atbilstošās reaktīvās pretestības X_C un X_L. Mainoties frekvencei, var iegūt punktu, kur $X_C = X_L$ (sk. 16.33. attēlu). Šo frekvences lielumu sauc par rezonanses frekvenci, bet krustpunktu par rezonanses punktu. Šo īpašību plaši lieto radioaparātos 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.



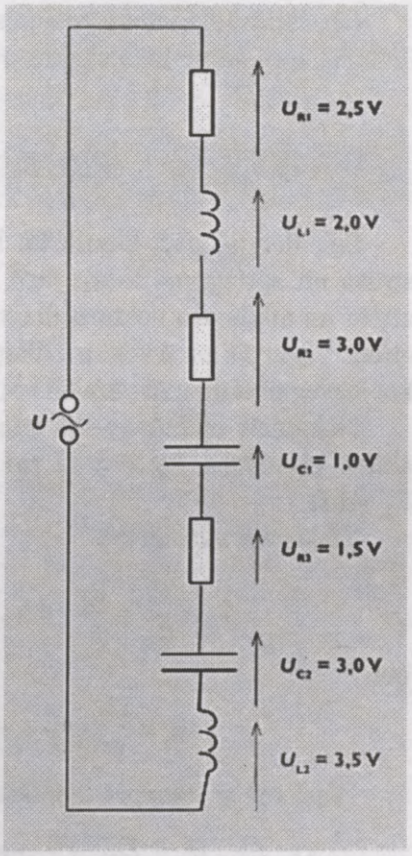
16.23. attēls

VAIRĀKU KOMPONENTU RIŅĶIS

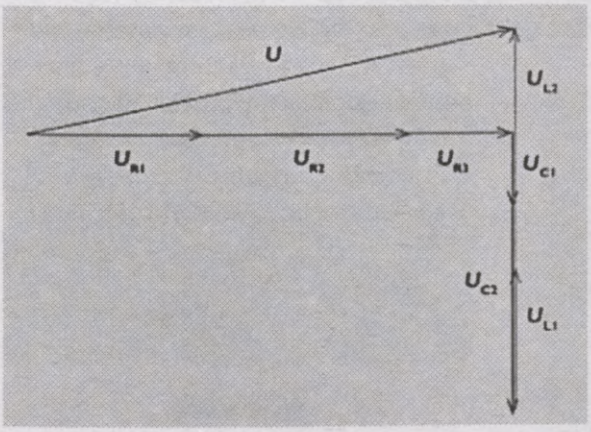
Bieži vien vairākas komponentes var atrasties jauktā virknē. Piemēram, 16.35. attēlā ir trīs pretestības, divi kondensatori. Ja ir zināmi spriegumu kritumi uz atsevišķiem elementiem, galvenais ir ievērot pareizos virzienus — aktīvās pretestības horizontāli, induktīvās — uz augšu, kapacitatīvās uz leju. Savienojot sākuma un beigu punktus, iegūst sprieguma kritumu uz strāvas avota spailēm. Šķietami vienkārši ir vektoru diagrammu zīmēt, ejot pa shēmu no augšas uz leju. Rezultāts ir redzams 16.34a. attēlā.



16.34a. attēls



16.35. attēls



16.34b. attēls

Tomēr to pašu rezultātu var iegūt, sagrupējot sprieguma zudumus pēc rakstura un tātad arī virzieniem. Vispirms visi zudumi uz aktīvajām pretestībām, tad uz kondensatoriem, tad uz indukcijas spolēm (16.34b. attēls).

PARALĒLAIS SLĒGUMS

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

PRETESTĪBAS — AKTĪVĀS

Šeit der tie paši likumi kā līdzstrāvai, jo strāva un spriegums sakrīt fāzē. Skatīt 16.36. attēlu un atbilstošo vektoru diagrammu 16.37. attēlā. Vispirms zīmē vektoru diagrammu, atliekot spriegumu un tam paralēli kopējo strāvu I_R.

Nākamais piemērs — ja paralēli ir slēgta aktīvā pretestība $R_R = 3\ \Omega$ un induktivitāte $R_L = 4\ \Omega$.

Tādā gadījumā strāva

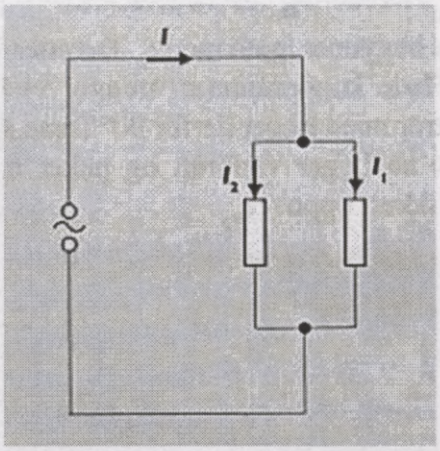
$$I_R = \frac{U}{R_R} = \frac{12}{3} = 4A\,,$$

bet

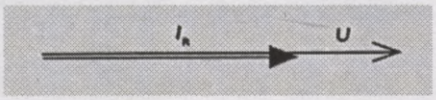
$$I_L = \frac{12}{4} = 3A\,.$$

Saskaņā ar Pitagora teorēmu

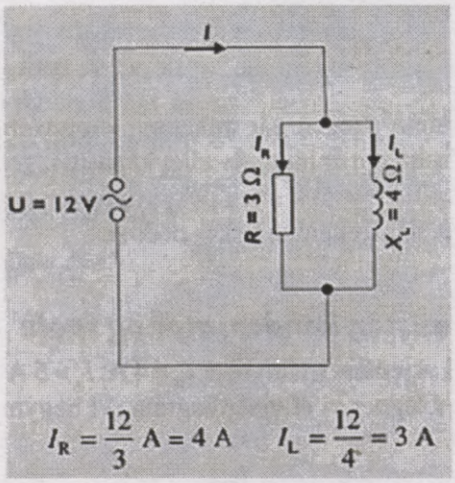
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5A\,.$$



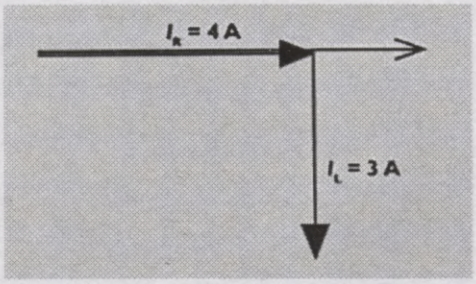
16.36. attēls



16.37. attēls



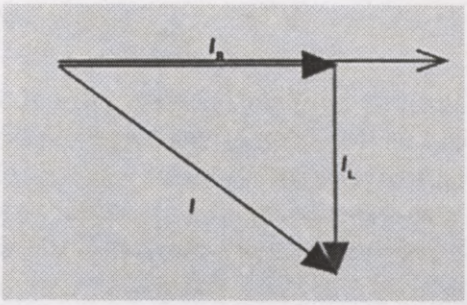
16.38. attēls



16.39. attēls

Ja varētu saskaitīt aritmētiski, būtu bijis 7A, bet pareizi ir 5A. Vektoru diagrammu sākam konstruēt, atliekot aktīvo un induktīvo strāvas lielumus (sk. 16.39. un 16.40. attēlus).

Iegūst ģeometrisko strāvu summu, kas arī ar šo paņēmienu ir I = 5 A. Kopējo pretestību atrod ar Oma likumu



16.40. attēls

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{12}{5} = 2{,}4\,\Omega.$$

Jaudas ir

$$S = U \cdot I = 12 \cdot 5 = 60\ \text{VA},$$

$$P = U \cdot I_R = 12 \cdot 4 = 48\ \text{W},$$

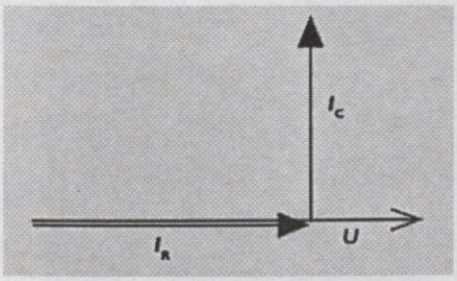
$$Q = U \cdot I_L = 12 \cdot 3 = 36\ \text{VAr}.$$

Ievēro un nekļūdies, jo paralēlslēgumā

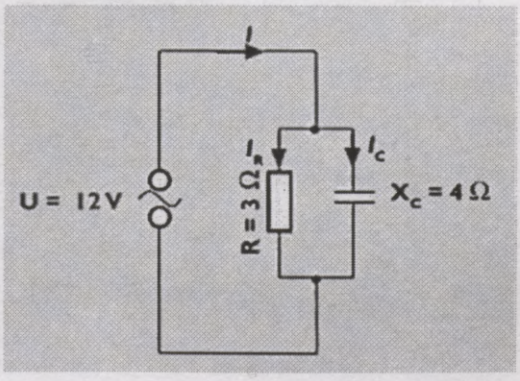
$$U = U_L = U_R.$$

AKTĪVĀ PRETESTĪBA UN KONDENSATORS

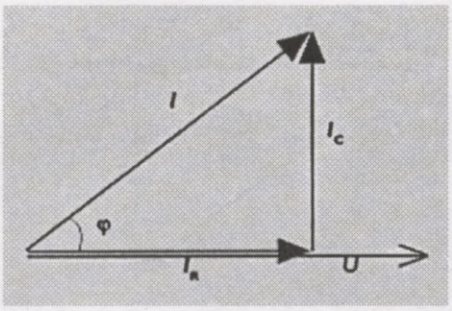
16.42. attēlā dotā shēma ir līdzīga iepriekšējai, tikai spoles vietā ir kondensators. Lai uzlādētu kondensatoru, kapacitatīvās strāvas vektors ir priekšā spriegumam par 90°. Sprieguma vektors atrodas horizontāli, arī aktīvās strāvas vektors, bet kapacitatīvās strāvas vektors par 90° to apsteidz un ir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



16.41. attēls



16.42. attēls



Savienojot šo divu vektoru beigu punktu ar sākuma punktu, iegūst kopējās strāvas vektoru, kura garums ir I = 5 A un kas atrodas ar fāzu nobīdi pret spriegumu (sk. 16.43. attēls).

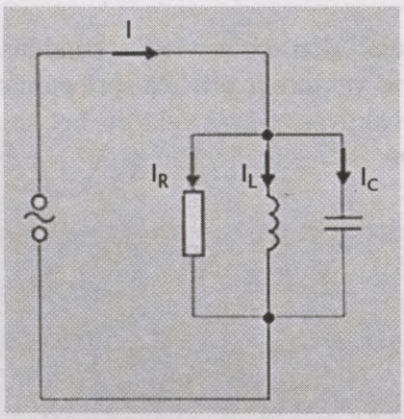
16.43. attēls

AKTĪVĀ PRETESTĪBA, KONDENSATORS UN SPOLE

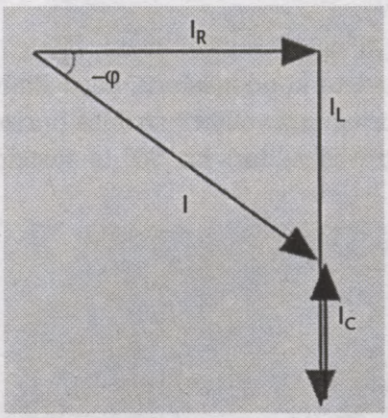
Ir dota shēma 16.44. attēlā. Dots, ka I_R = 4 A, I_L = 5 A, I_C = 2 A. Lai aprēķinātu kopējo strāvu, sāksim zīmēt vektoru diagrammu (sk. 16.45. attēlu).

Vispirms atliek vektorus I_R un I_L atbilstošajos virzienos. Tad ir jāpieskaita vektors I_C, kura virziens ir pretējs vektoram I_L. I_C galapunktu savieno ar I_R sākuma punktu un iegūst kopējo strāvas vektoru I. Atliek izmērīt atbilstošajā mērogā un iegūst — 5A. Tiek iegūts arī fāzu nobīdes leņķis. To pašu rezultātu var iegūt ar Pitagora teorēmu, jo

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L + I_C)^2}.$$



16.44. attēls



16.45. attēls

FĀŽU KOMPENSĀCIJA

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

16.8. piemērs

Uz elektrodzinēja ir atzīme U = 230 V. P = 12 kW, cos φ = 0,6 Ω. Cik liels kondensators, ar kādu kapacitatīvo jaudu ir jāpieslēdz, lai cos φ palielinātu līdz 0,8? Vispirms aprēķināsim pilno jaudu. Kā zināms,

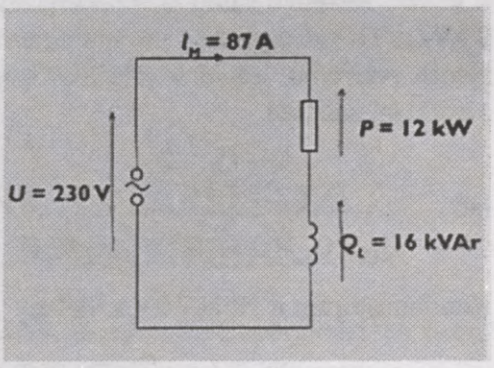
$$\cos\varphi = \frac{P}{S},$$

tātad

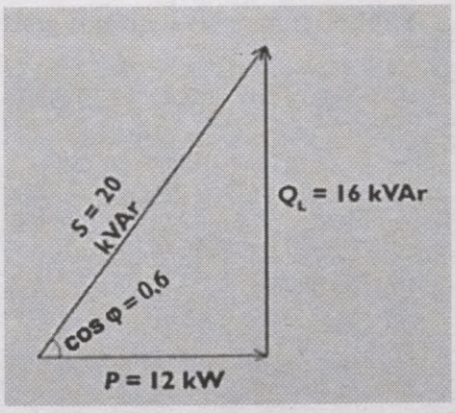
$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{12}{0{,}6} = 20\text{kVA}$$

un

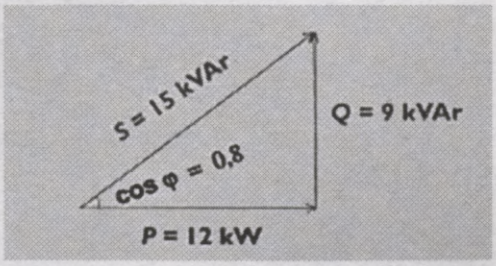
$$I_M = \frac{S}{U} = \frac{20 \cdot 10^3}{230} = 87\text{A}.$$



16.46. attēls



16.47. attēls



16.48. attēls

Saskaņā ar Pitagora teorēmu induktīvā jauda

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

Šie rezultāti ir shēmā (16.46. attēls) un zīmējam jaudu trīsstūri ar cos φ = 0,8 (16.47. attēls).

Uzdevums ir samazināt leņķi, respektīvi, palielināt cos līdz 0,8, nemainot aktīvo jaudu P = 12 kW.

Tātad no sakarības

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

var izteikt, ka pilnā jauda

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{12}{0{,}8} = 15\ \text{kVAr},$$

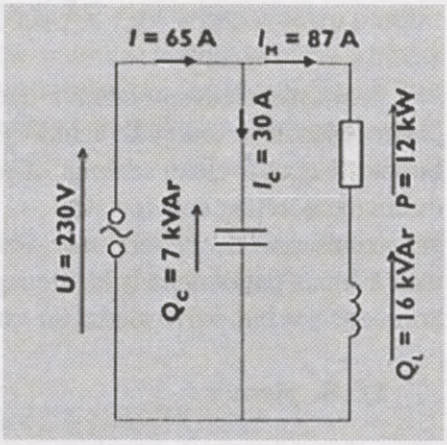
tātad ir jāpanāk, lai jaudas trīsstūris būtu atbilstošs attēlam 16.48. Šajā gadījumā leņķis φ ir 37°. Reaktīvo jaudu Q ir jāsamazina līdz 9 kVAr. To var pārbaudīt arī ar Pitagora teorēmas palīdzību. Tātad ir jāieslēdz kondensators, lai panāktu

$$Q = Q_L - Q_C,$$

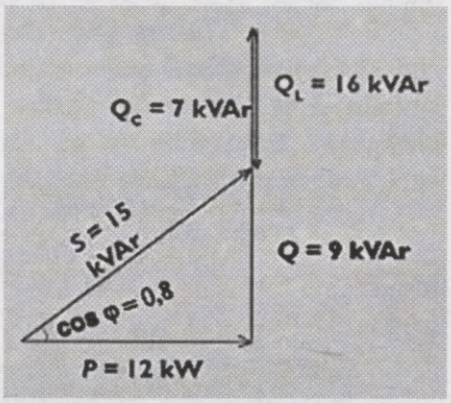
tad

$$Q_C = Q_L - Q = 16 - 9 = 7\ \text{kVAr}.$$

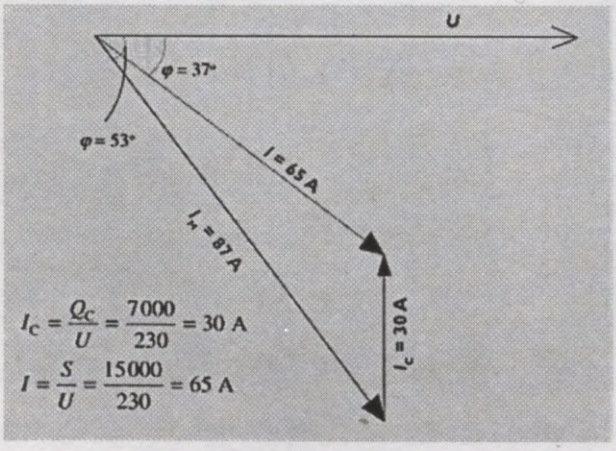
Kondensatoram ir jābūt 7 kVAr lielam.



16.49. attēls



16.50. attēls



16.51. attēls

16.49. attēlā ir redzama shēma pēc kompensācijas, bet 16.50. attēlā jaudu trīsstūris pēc kompensācijas.

16.51. attēlā ir parādīts, ka, ieslēdzot kondensatoru ar samazinātu kopējo jaudu (no 20 kVA uz 15 kVA), samazinās arī kopējā strāva. Tātad dzinēja darba režīms ir kļuvis ekonomiskāks.

KONDENSATORA PAPILDU APRĒĶINS

Cik liela ir iepriekšējā piemērā izvēlētās kondensatoru baterijas kapacitāte, ja $Q_C = 7$ kVAr, $U = 230$ V, $I_C = 30$ A?

Izmantojam pazīstamo formulu

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

no kuras

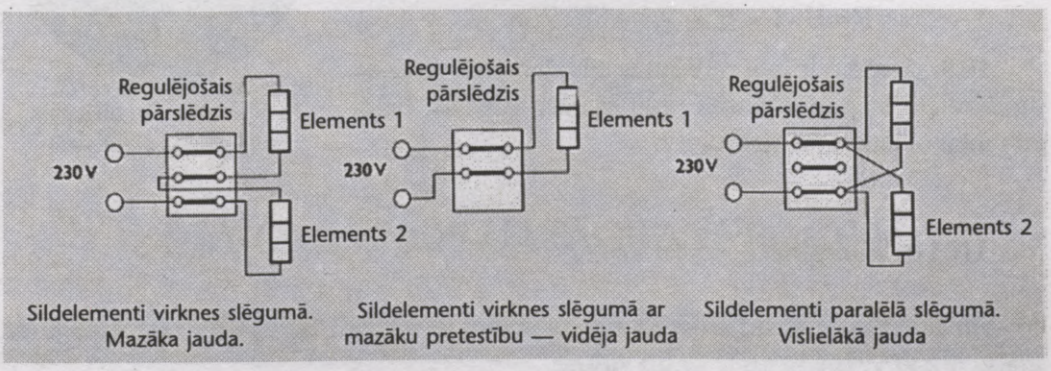
$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C},$$

$$X_C = \frac{U}{I_C} = \frac{230}{30} = 7{,}7\Omega,$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 7{,}7} = 410\mu F.$$

JAUDAS REGULĒŠANA AR PĀRSLĒDZI, MAINOT PIESLĒGPRETESTĪBAS

Elektriskās sadzīves sildiekārtām ar regulējošo pakāpjveida pārslēdzi var mainīt pieslēgpretestību elementus, tādējādi mainot jaudu un siltuma atdevi.



16.52. attēls. Sadzīves sildiekārta dažādos darba režīmos, kurus maina ar pārslēdzi

16.9. piemērs

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

$$P = U \cdot I = 230 \cdot 2{,}3 = 529\ \text{W}.$$

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

16.53. attēls. Regulējošais pakāpjveida pārslēdzis

16.10. piemērs

Apsildes kaloriferim 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

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{500} = 0{,}46A.$$

Kopējā atdotā jauda ir

$$P = U \cdot I = 230 \cdot 0{,}46 = 105{,}8\ W.$$

Ja darbosies tikai otrais elements ar spriegumu 230 V, tad

$$I = \frac{U}{R_2} = \frac{230}{300} = 0{,}767A.$$

Jauda tad ir

$$P=U \cdot I=230 \cdot 0{,}767=176{,}33\ W.$$

Ja pirmais elements darbosies viens pie 230 V, tad

$$I = \frac{U}{R_1} = \frac{230}{200} = 1{,}15A.$$

Jauda tad ir

$$P=U \cdot I=230 \cdot 1{,}15=264{,}5\ W.$$

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

$$I = \frac{U}{R_{kop.}} = \frac{230}{120} = 1{,}92A.$$

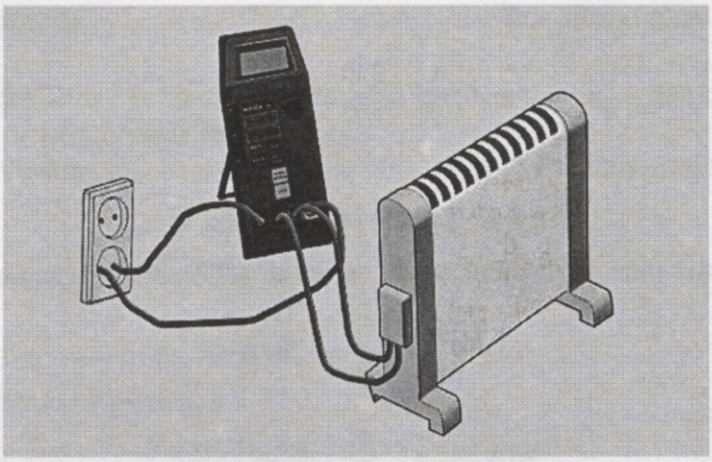
Kopējā jauda ir

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

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

BOJĀJUMI EKSPLUATĀCIJAS PROCESĀ

Ikdienas sadzīvē var rasties nepieciešamība pārbaudīt elektroiekārtas darba spējas un noteikt bojājumus. Nepieciešamības gadījumā var iztikt pat ar vienkāršu vatmetru.



16.54. attēls. Jaudas mērīšana

Ar vatmetra palīdzību var uzzināt katra slēguma faktisko jaudu un novirzes no normētajiem parametriem.

Iespējamās kļūdas:

a) slikts vai pārtrūcis kontakts režīmu pārslēdzī vienā vai vairākos stāvokļos;
b) lūzums kabelī;
c) bojāts kontakts vienā vai vairākos punktos;
d) temperatūras drošinātāji sildelementos kļuvuši vaļīgi, slikts kontakts.

16.11. piemērs

Elektriskajai sildiekārtai ir regulējošais pārslēdzis ar atzīmēm 0–250–500–1000 W. Mēs to pārbaudām ar vatmetru, kā redzams 16.54. attēlā.

Vatmetrs uzrāda rezultātus ar šādām regulējošā pārslēdža stāvokļa atzīmēm:

a) 0 W ar regulējošā pārslēdža stāvokļa atzīmi 250 W;
b) 500 W ar regulējošā pārslēdža stāvokļa atzīmi 500 W;
c) 500 W ar regulējošā pārslēdža stāvokļa atzīmi 1000 W.

Pēc šiem rezultātiem pirmie secinājumi — bojāts viens elements vai viens kabelis, vai arī elements vai kopsavienojums līdz elementam.

Precīzāk par bojājumiem, vai tie ir kādā no elementiem vai kabelī, vai savienojumā var noskaidrot tikai, ja izmanto ommetru vai universālo mērītāju — testeri.

Tad var pārbaudīt sprieguma neesamību vai īssavienojumus, ja pretestība ir 0, vai ir pārrāvums, ja pretestība ir ∞.

Var izmērīt pretestību lielumus un spriegumu, lai aprēķinātu jaudu vai citus parametrus. Lietojot formulu

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

var aprēķināt

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

Piemēram, iepriekšējā piemērā elementam ar jaudu 500 W

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{230^2}{500} = 105{,}8\Omega.$$

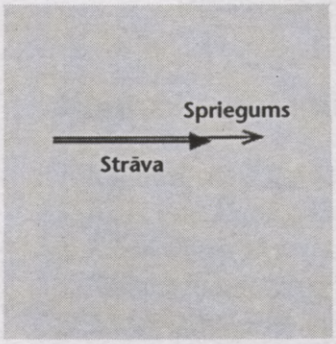
Šo pašu apsekošanas metodi būtībā var lietot, lai noteiktu bojājumus elektriskiem pavardiem, cepeškrāsnīm, vannu sildītājiem utt.

Atcerieties!
Bojāts kabelis vai slēgiekārta var būt par ugunsgrēka vai traumas cēloni!

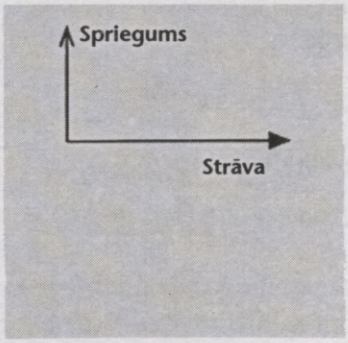
Kopsavilkums

Elektriskās slodzes veids nosaka fāžu nobīdes leņķus starp strāvu un spriegumu. Dažāda stipruma slodze rada atšķirīgas fāžu nobīdes.

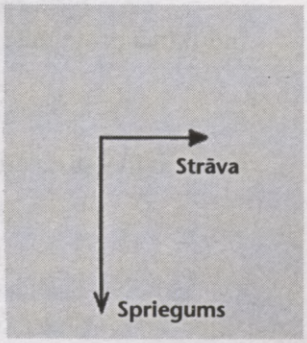
Oma un Kirhofa likumi der arī maiņstrāvai, tikai jāievēro attiecīgās fāžu nobīdes un strāvas virzieni. Virknes slēgumā strāva visā ķēdē ir vienāda.



16.56. attēls. Vektoru diagramma ar aktīvu pretestību

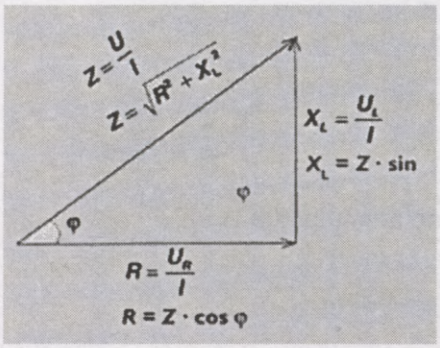


16.57. attēls. Vektoru diagramma spolei induktīva pretestība

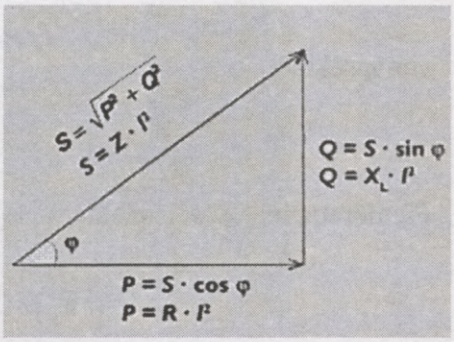


16.58. attēls. Vektoru diagramma kondensatoram — kapacitatīva slodze

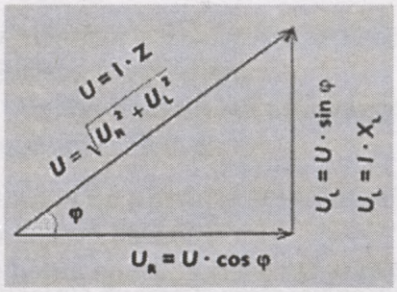
SĒRIJAS SLĒGUMU PRETESTĪBAS UN CITI PARAMETRI



Pretestību trīsstūris



Jaudu trīsstūris



Spriegumu trīsstūris

16.59. attēls

PRETESTĪBAS

Induktīvā pretestība spolē

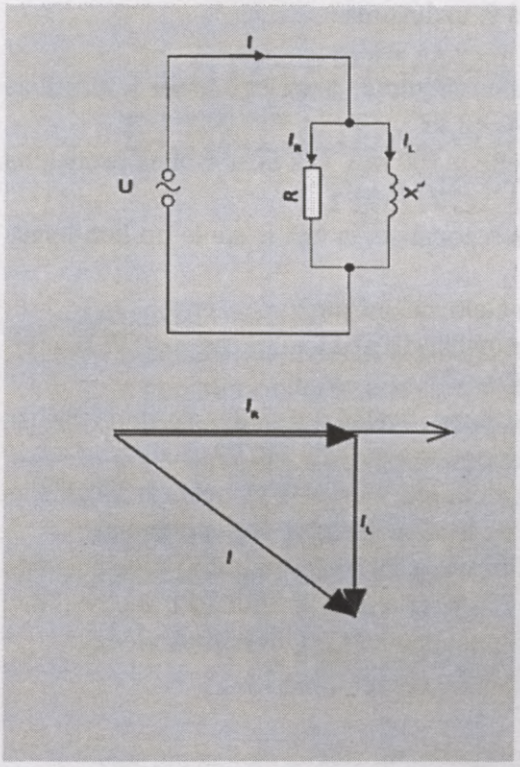
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L .$$

Kapacitatīvā pretestība kondensatorā

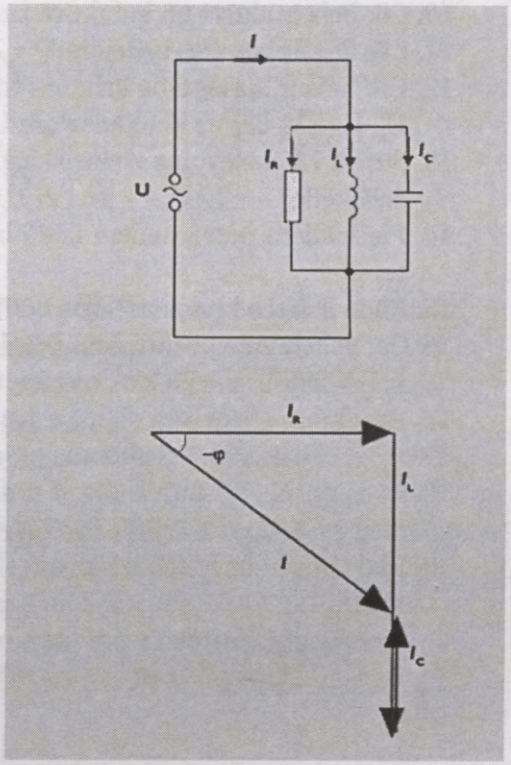
$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} .$$

PARALĒLSLĒGUMI

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



16.60. attēls. Aktīva pretestība un induktīvā spole



16.61. attēls. Aktīvā pretestība, kondensators un induktīvā spole

Kontroljautājumi

1. Kādus apzīmējumus lieto, lai attēlotu fāžu nobīdi?
2. Kāds ir slodzes veids, ja strāva un spriegums sakrīt fāzē?
3. Kā aprēķina aktīvo jaudu?
4. Kāda fāžu nobīde ir starp strāvu un spriegumu ar kapacitatīvo slodzi?
5. Kādas mērīšanas metodes lieto reaktīvās jaudas noteikšanai?
6. Cik liela ir pretestība, ja kondensators ir 2200 μF un strāvas frekvence ķēdē ir 200 Hz?
7. Ja elektriskajā ķēdē ir spole, kādēļ strāvas un sprieguma maksimālās vērtības nesakrīt fāzē?

8. Cik liela pretestība ir spolei ar induktivitāti 50 mH, ja strāva plūst ar frekvenci 500 Hz?
9. Virknes slēgumā ar 50 Hz maiņspriegumu ir viena spole un viena pretestība. Plūst strāva 250 mA. Sprieguma kritums uz pretestības ir 40 V. Cik liels sprieguma kritums ir uz spoles?
10. Cik liela ir aktīvā un induktīvā jauda 9. uzdevumā?
11. Cik liels ir cos φ 9. uzdevumā?
12. Cik liels ir sprieguma kritums virknes slēgumā, ja spriegums uz pretestības U_R = 65 V, bet uz kondensatora U_C = 42 V?
13. Strāva 12. uzdevuma elektriskajā ķēdē ir 100 mA. Cik liela ir pilnā pretestība šajā ķēdē?
14. Pie kādiem noteikumiem ķēdē būs rezonanse, ja tajā ir spole un kondensators?
15. Kāda ir fāzes kompensācijas būtība elektrodzinējam?
16. Cik lielu kondensatoru lieto fāžu kompensācijai, lai iegūtu cos φ = 0,9? Dzinējs ir U = 230 V, P = 10 kW, cos φ = 0,6?
17. Aprēķināt elektriskā sildītāja jaudu, ja ar pārslēdzi dažādos režīmos var saslēgt četrus 150Ω elementus un pieslēgspriegums ir 230 V?
18. Kāda var būt sildītāja jauda, ja ir divi elementi, viens 410 Ω, bet otrs 330Ω? Pieslēgspriegums ir 230 V. Pārslēdzis nodrošina dažādus darba režīmus.
19. Kāds bojājums ir elektriskajam sildītājam, ja vatmetrs rāda 250 W ar stāvokļa atzīmi 1, rāda 0 ar atzīmi 2 un rāda 250 W ar atzīmi 3? Sildītājā ir iebūvēti divi vienādas jaudas elementi, kuru režīmus maina ar regulējošo pārslēdzi.

LĪDZSTRĀVAS UN MAIŅSTRĀVAS ELEKTRODZINĒJI, ĢENERATORI UN TRANSFORMATORI

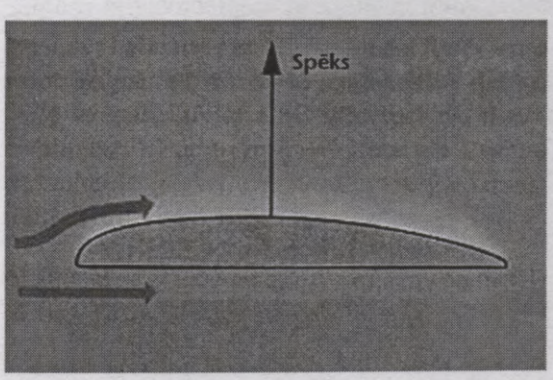
Šajā nodaļā uzzināsi:

- elektrodzinēju darba principu skaidrojumu;
- ģeneratoru darba principu skaidrojumu;
- transformatoru darbības principus;
- kā aprēķināt spriegumu un vijumu skaitu transformatoriem.

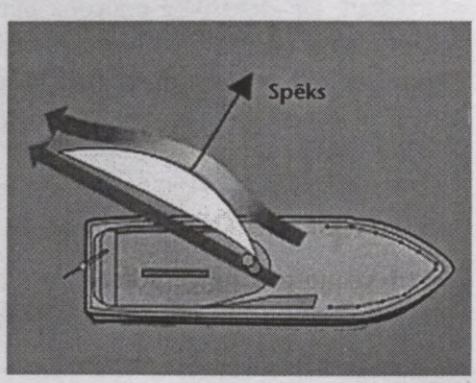
Elektriskās mašīnas iedala divās lielās grupās: rotējošās mašīnas–elektriskie dzinēji, ģeneratori un transformatori.

DZINĒJU DARBĪBAS PRINCIPS

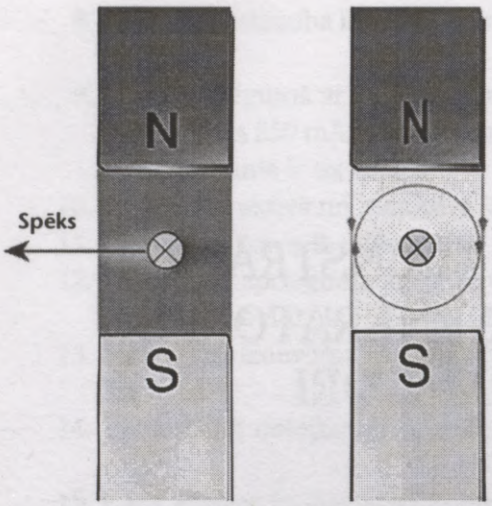
Vispirms neliela līdzība no aerodinamikas.



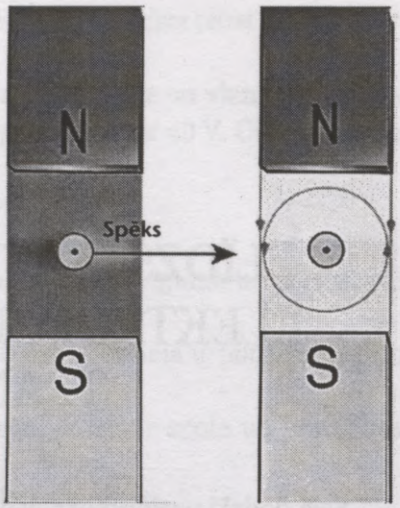
17.1. attēls. Lai lidotu augstāk par zemi, ir jābūt augšupceļošam spēkam uz spārna, ko rada dažādas plūsmas virs un zem spārna, un spēkam, kas spārnu virza uz priekšu



17.2. attēls. Buru laiva slīd uz priekšu, izmantojot gaisa plūsmu starpību virs un zem buras, kas rada rezultējošu spēku



17.3. attēls



17.4. attēls

Attēlos redzamie piemēri rāda, kā divu spēku iedarbība, kas rodas gaisa plūsmas rezultātā virs un zem spārna vai virs un zem buras, nodrošina šī spārna augšupvirzību vai buru laivas kustību uz priekšu. Arī elektrodzinēju darbībā var atrast zināmas paralēles. Atšķirība ir tā, ka ir nevis spārns vai bura, bet gan vads, precīzāk — tinums, pa kuru plūst strāva un kas atrodas magnētiskā laukā, un šo spēku mijiedarbībā rodas kustība.

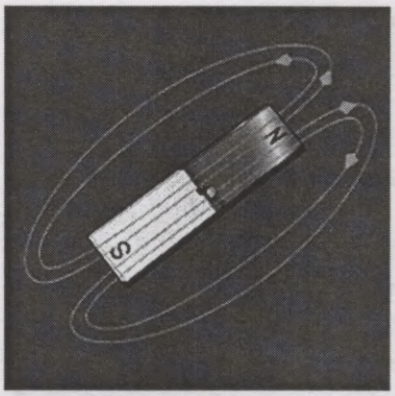
Pastāvīgā magnēta spēku līniju laukā starp poliem atrodas vads. Strāvas virziens kreisajā attēlā ir prom no skatītāja (bultas aste). Iedarbojas mehaniskais spēks virzienā pa kreisi. Strāvas virziens labajā attēlā ir vērsts uz skatītāju (bultas smaile) — spēka virziens ir pa labi

Tātad, lai elektriskā enerģija pārvērstos mehāniskajā, ir nepieciešams magnētiskais lauks, vads vai, precīzāk, — tinums šajā laukā un strāva, kas plūst pa tinumu. Elektrodzinējā radītā mehāniskā enerģija ir griezes kustība, tādēļ dzinējā ir stators un rotors. Magnēts var būt gan stators, gan arī rotors.

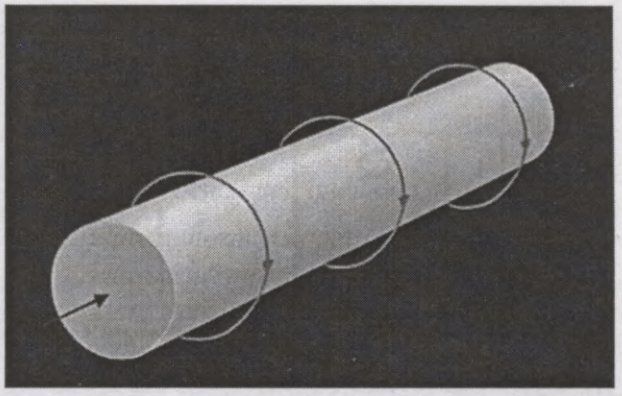
LĪDZSTRĀVAS DZINĒJS

PAMATPRINCIPI

Vēlreiz atcerēsimies, ka magnētiskais lauks ir it visur un ietver arī Zemi, un tiek pieņemts, ka magnētiskās spēka līnijas ir vērstas no ziemeļu pola uz dienvidu polu. Šādi sauc arī pastāvīgā magnēta polus, un tas sasaucas ar Zemes polu nosaukumiem. Tikai jāatceras, ka Zemes ģeogrāfiskie un magnētiskie poli ir savstarpēji nobīdīti. Vēl



17.5. attēls. Magnētisko spēka līniju plūsma pastāvīgā magnētā



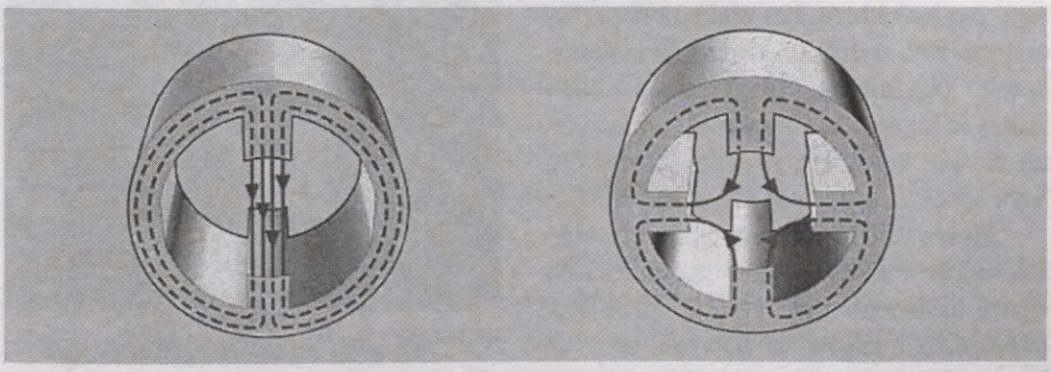
17.6. attēls. Magnētiskā spēka līnijas rotē ap vadītāju, strāvai plūstot caur to

ir jāatzīmē, ka bez pastāvīgajiem magnētiem ir arī elektromagnēti. Būtiska nozīme ir to serdei, ko izgatavo no dzelzs, kobalta vai niķeļa.

Lai iegūtu lielāku mehānisko spēku, vajadzīgs spēcīgāks magnētiskais lauks un stiprāka strāvas plūsma vadā vai tinumā. Rotējošās spēka līnijas ap vadu griežas pulksteņa rādītāja virzienā, ja skatāmies strāvas plūšanas virzienā. Dzinējs rada pretdarbības EDS tam EDS, kurš to dzen. Precīzāk sakot, spoles kustība magnētiskajā laukā rada pretēja virziena strāvu.

STATORS

Stators ir viena no svarīgākajām rotējošo elektromašīnu sastāvdaļām. Tas ir gan līdzstrāvas, gan maiņstrāvas dzinējos, gan arī ģeneratoros. Vārds "stators" ir cēlies no sengrieķu vārda *statos* — stāvošs. Līdzstrāvas elektrodzinējiem uz statora pa aploci ir



17.7. attēls. Stators ar vienu un diviem polu pāriem

izvietoti magnētiskie poli, kurus veido pastāvīgie vai elektromagnēti. Mazas jaudas dzinējiem var būt divi poli — viens polu pāris. Lielākiem dzinējiem polu skaits ir lielāks — divi un vairāk polu pāri.

Līdzstrāvas dzinējiem ar jaudu līdz 750 W lieto pastāvīgos magnētus.

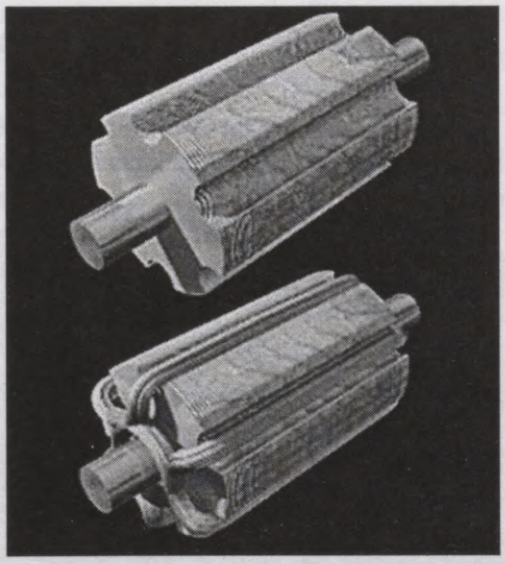
Pastāvīgā magnēta lietojums ir iespējams, ja izmanto materiālu ar labām magnētiskajām īpašībām — tātad parasti kvalitatīvu tēraudu. Lielākas jaudas elektrodzinējiem statoru polus veido no elektromagnētiem, uz magnētiski mīkstas dzelzs serdes uzliekot izolētu vara vijumu. Serdi saliek no savstarpēji izolētām 0,5 līdz 1,0 mm biezām elektrotehniskās dzelzs plāksnēm un sastiprina ar bultskrūvēm. Lielāko līdzstrāvas elektrodzinēju specifikācijās norāda vijumu skaitu vai arī magnētiskā lauka stiprumu. Pēc slēguma veida izšķir paralēlās, virknes un jauktās ierosmes tinumus.

ROTORI

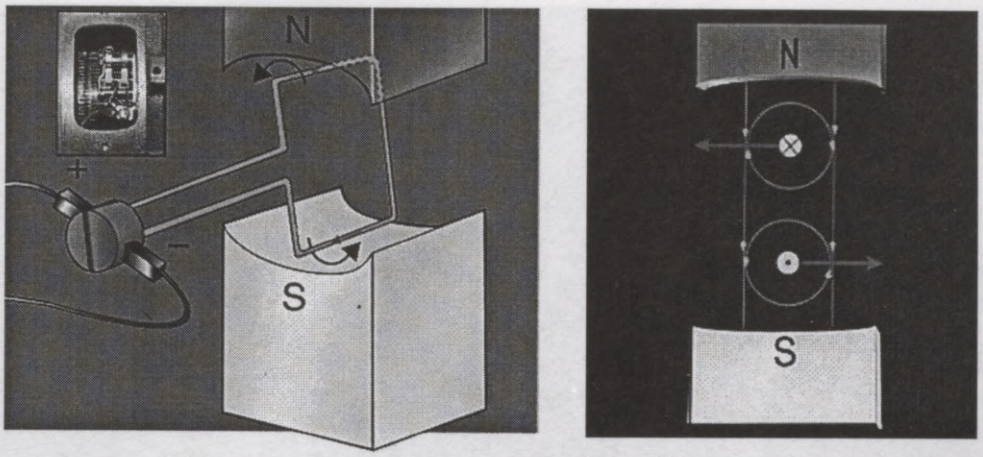
Elektrodzinēja rotors ir cilindriskas formas, un tas griežas statora magnētisko spēka līniju radītajā laukā. Rotors ir salikts no elektrotehniskā tērauda plāksnēm, kas ir savstarpēji izolētas, lai samazinātu virpuļstrāvas. Rotora rievās ir ievietots veltņveida vai spirālveida tinums. Tinumā rotācijas laikā inducējas EDS, kura virzienu var noteikt pēc labās rokas likuma.

Tinuma vadiem, rotācijas laikā šķērsojot horizontālo viduslīniju (sk. 17.11. attēlu, kur attēlots suku turētājs un komutators — kolektors), mainās vados inducētā EDS virziens. Tādēļ šajā zonā ir novietotas sukas, skarot segmentu veidā savstarpēji izolētas un ar enkura (rotora) tinumu savienotas plāksnītes, kas ir izvietotas vienā rotora galā. Šo rotora daļu sauc par kolektoru, bet plāksnītes par lamelēm. Plāksnītes ir savstarpēji izolētas, lietojot plastmasas starplikas vai citādi. Sukas ir izgatavotas no ogles vai grafīta, un tās pie kolektora piespiež ar atsperi. Savstarpēji sukas ir nobīdītas par 180°.

Rievās ievieto rotora tinumu, ko veido atsevišķas sekcijas un katrā no tām vairāki vijumi, to savieno secīgi ar kolektora plāksnītēm. Izšķir cilpveida, viļņveida u. c. vijumus.



17.8. attēls. No tērauda plāksnēm saliktais rotors. Apakšējā attēlā — ar vijumu



17.9. attēls. Līdzstrāvas elektrodzinēja suku turētājs un kolektors

ŠUNTA (PARALĒLSLĒGUMA) DZINĒJI

Mazākas jaudas dzinējiem ar paralēlo ierosmi poli var būt veidoti ar pastāvīgiem (permanentiem) magnētiem. Šajā gadījumā sevišķi rūpīgi ir jāseko ogļu suku stāvoklim pie kolektora.

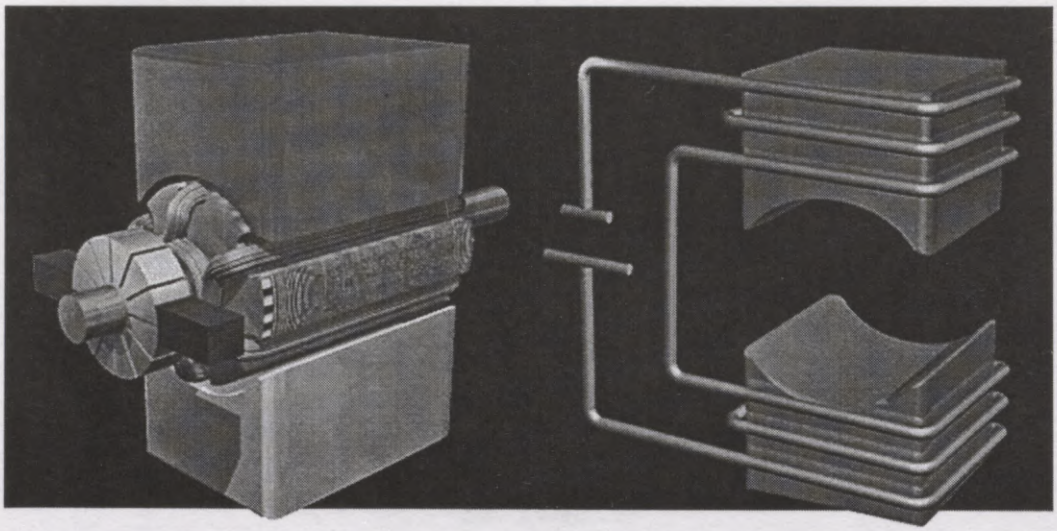
Motors strādā slikti

1. Ja dzinēja sukas atrodas uz ģeometriskās neitrāles starp poliem, tad motorā ir novērojama dzirksteļošana. To var novērst ar papildpoliem un ar suku pārbīdīšanu pretēji rotora griešanās virzienam.

2. Dzirksteļošanu un nenormālu darbu rada arī:
- ekscentrisks kolektors;
- negluda vai netīra kolektora virsma;
- suku turētāja vai traversas vibrācijas;
- nepareizi izvēlētas vai nodilušas sukas;

3. Spiediens uz sukām ir pārāk liels vai pārāk mazs.

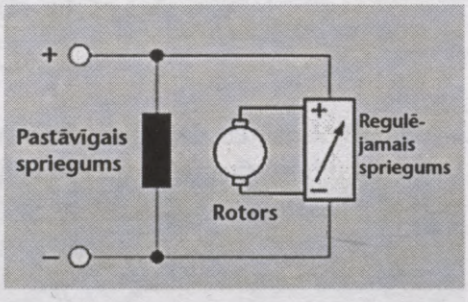
Paralēlo ierosmes tinumu izgatavo ar lielu vijumu skaitu no tievas vara stieples, un pašierosmes mašīnas statoru ieslēdz paralēli enkura tinumam (to šuntē). Strāvas plūsmas abos tinumos ir maz atkarīgas viena no otras. Paralēlslēguma dzinējam ir gandrīz vienāds griezes moments ar visu veidu apgriezieniem, arī atslogots tas saglabā normālus apgriezienus.



17.10. attēls. Stators veidots no pastāvīgiem magnētiem

17.11. attēls. Uz statora simboliski ir parādīti magnetizējošie ierosmes vijumi

Jaunajās konstrukcijās ierosmes strāvu iegūst, izmantojot tiristoru taisngriezi, kas vienfāzu vai trīsfāzu maiņstrāvu pārveido līdzstrāvā. Arī šajā gadījumā šunta dzinējam ir stabils griezes moments. Šādus dzinējus ir viegli vadīt, pieregulējot spriegumu uz rotora.

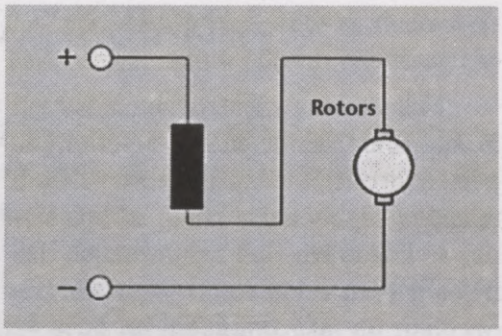


17.12. attēls. Līdzstrāvas dzinējs ar regulējamu spriegumu pirms rotora

VIRKNES IEROSMES DZINĒJI

Virknes ierosmes tinumu izgatavo ar mazu vijumu skaitu no resnas vara stieples un ieslēdz virknē ar rotora tinumu. Rotora un statora tinumā līdz ar to strāva ir vienāda. Dzinēja enkuram sākot griezties, strāvas patēriņš ir vislielākais un izveidojas spēcīgs magnētiskais lauks. Ar maziem apgriezieniem virknes slēguma dzinējiem griezes moments ir visspēcīgākais. Ja dzinēja enkurs nav noslogots, palielinoties apgriezieniem, strāvas patēriņš samazinās, jo strāvai pretim ir vērsts pašindukcijas EDS, kā to nosaka Lenca likums. Tas samazina šī dzinēja griezes momentu un turpina palielināt apgriezienus. Dzinēja priekšrocība ir lielais griezes moments ar maziem apgriezieniem. Sliktā īpašība ir stiprā atkarība no slodzes.

Šos dzinējus plaši lieto autotransportā kā starteru dzinējus. Vēl ir jāmin jaukta slēguma līdzstrāvas dzinēji. Lai gan konstrukcija ir nedaudz sarežģītāka, šis dzinējs apvieno abu iepriekšminēto dzinēju priekšrocības. Ar maziem apgriezieniem tam ir spēcīgs griezes moments, kas nostabilizējas un nepārsniedz pieļaujamos apgriezienus un nesāk "joņot".

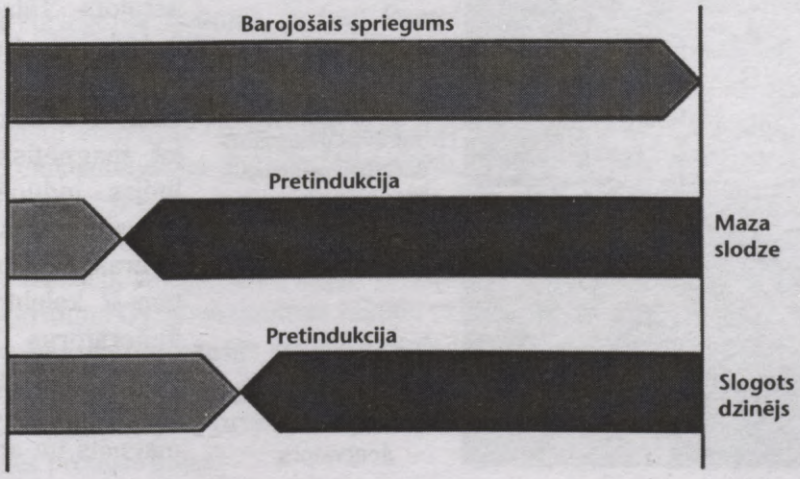


17.13. attēls. Elektrodzinējs ar virknes ierosmi

PRETINDUKCIJAS ELEKTRODZINĒJSPĒKS

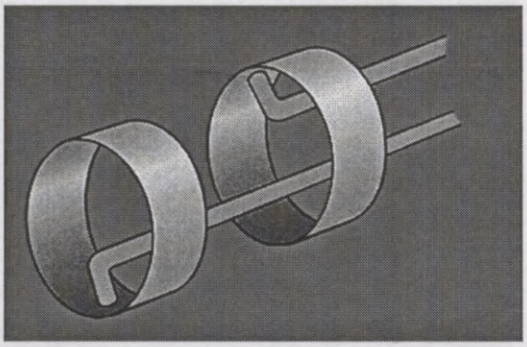
Jo vairāk dzinējs ir noslogots, jo lielāka ir strāva tinumā. Kāpēc tas tā ir? Atbilde ir paša dzinēja radītajā EDS. Dzinējs daļēji darbojas arī kā ģenerators, jo paša vijumi rada magnētisko lauku un līdz ar to inducē spriegumu vadā, kas ir vērsts pret pamatgriešanās virzienu.

To sevišķi var just, ja ir maza slodze, jo tad pretspriegums ir lielāks salīdzinājumā ar barošanas avota spriegumu. Efektīvais spriegums ir arī saistīts ar šo inducēto spriegumu. Kad pašindukcijas spriegums palielinās, samazinās U_{ef} un arī strāvas stiprums. Tādēļ dzinējs tukšgaitā bremzējas. Palielinoties slodzei, šis pašindukcijas spriegums samazinās. Līdz ar to U_{ef} un I_{ef} ir lielāks. Tādējādi dzinējs savā lietderīgajā darbā patērē elektrisko enerģiju, bet var arī to it kā daļēji dot atpakaļ.



MAIŅSTRĀVAS DZINĒJS

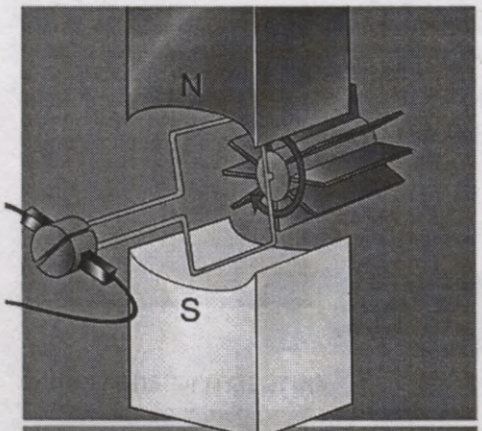
Maiņstrāvas elektrodzinēji parasti ir sinhroni, asinhroni un kolektordzinēji. Sinhronajās mašīnās rotoru izmanto mašīnas magnētiskā lauka ierosināšanai ar līdzstrāvu, bet asinhronajos dzinējos ir divu veidu rotori — ar slīdgredzeniem un fāžu tinumiem un otrie — rotori ar īsslēgtu tinumu. Kolektordzinēji ir dārgi un nedroši ekspluatācijā un tos lieto reti. Visvairāk lieto asinhronos dzinējus ar īsslēgtu rotoru.



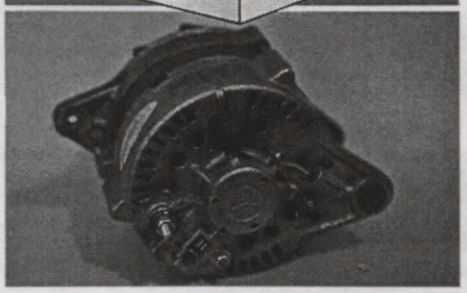
17.15. attēls. Maiņstrāvas elektrodzinēja slīdgredzeni

ĢENERATORS

Ģenerators pēc uzbūves un darbības principa ir līdzīgs dzinējam. Protams, tas neattiecas uz lielo elektrostaciju turboģeneratoriem vai hidroģeneratoriem, kurus šeit neanalizēsim. Darbības principi arī tiem, protams, būtiski neatšķiras. Dažreiz ar nelielu jaudu lieto vienu un to pašu mašīnu ar abām funkcijām — dzinēja un ģeneratora. Tātad darbība ir šāda — spole griežas magnētiskajā laukā. Vadam (tinumam) šķērsojot magnētiskās spēka līnijas, inducējas spriegums. Ja apskatām līdzstrāvas ģeneratoru, tad tam ir kolektors. Izšķir ģeneratorus ar pašierosmi, ja ir pietiekami spēcīgs pastāvīgais magnēts un ar ierosmes



17.16. attēls. Līdzstrāvas ģeneratora darbības princips



17.17. attēls. Neliels maiņstrāvas ģenerators

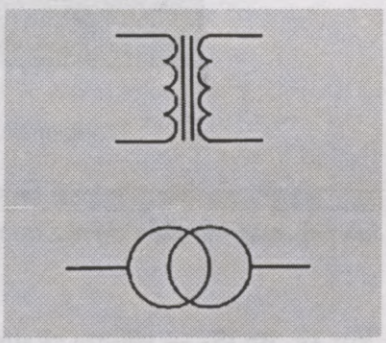
strāvu. Neatkarīgā ierosme ir gadījumā, ja līdzstrāva elektromagnētiskā lauka veidošanai tiek ņemta no cita — ierosmes ģeneratora, akumulatoru baterijas vai taisngrieža bloka.

Maiņstrāvas ģeneratoriem magnētu poli ir uz rotora, tos baro ierosmes strāva, kas inducē elektromagnētisko lauku un griežas kopā ar rotoru. Strāva inducējas jeb, citiem vārdiem, tiek ģenerēta statora tinumos.

TRANSFORMATORI

Transformators sastāv no divām savstarpēji izolētām spolēm–tinumiem, kas uztīti uz dzelzs serdes. Transformatorus lieto, lai mainītu maiņstrāvas parametrus — paaugstinātu vai pazeminātu spriegumu un vienlaikus pamazinātu vai palielinātu strāvas stiprumu. Kā zināms, jauda šajā pārveides procesā būtiski nemainās.

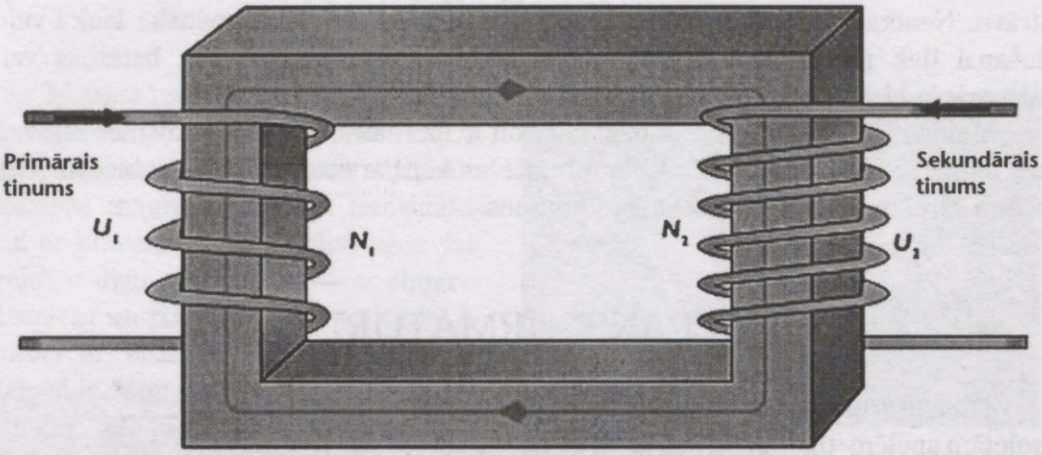
Vienu un to pašu jaudu var pārvadīt pa elektrolīniju ar augstu spriegumu un mazu strāvu un otrādi. Tikai ar zemu spriegumu būs lieli enerģijas zudumi, liela šķērsgriezuma vadi un rezultātā būs neliels pārvades attālums.



17.18. attēls. Transformatora apzīmējums shēmās

DARBĪBA

Transformatoram izšķir augstākā un zemākā sprieguma tinumus vai primārā un sekundārā sprieguma tinumus, ja transformators ir paaugstinošais vai arī otrādi. Katrā gadījumā pa primāro tinumu enerģiju pievada. Parasti tinumi ir ievietoti tvertnē, kas pildīta ar eļļu. Eļļas uzdevums ir nodrošināt papildu izolāciju un dzesēt tinumus. Lai samazinātu zudumus no virpuļstrāvas trasformatora serdē (vai jūgā), serde ir veidota no elektrotehniskā tērauda plāksnītēm, kuras ir savstarpēji izolētas. To biezums ir 0,1 līdz 1,0 mm un parasti tās sastiprina ar bultskrūvēm. Transformatora primārais tinums darbojas kā elektroenerģijas patērētājs — tinumā inducējas pretelektrodzinējspēks E_1. Sekundārajā tinumā arī inducējas EDS — E_2, ko līdzsvaro sprieguma kritums U_2. Abus tinumus saķēdē vai sajūdz magnētiskā plūsma caur serdi (jūgu). Transformatora svarīgs raksturojošais lielums ir transformācijas koeficients, kas atkarīgs no primārā un sekundārā sprieguma, EDS un vijumu skaita. Zemākā sprieguma tinumu novieto tuvāk serdei. Augstākā sprieguma tinumu novieto virs tā vai uz serdes pretējās daļas.



17.19. attēls. Transformatora uzbūves princips

$$\frac{E_1}{E_2} \approx \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2} = K_{tr}$$

kur W_1 un W_2 — vijumu skaits primārajā un sekundārajā tinumā,
K_{tr} — transformācijas koeficients.

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, ir bez tvertnes un eļļas pildījuma, un tiem var būt divi vai vairāki sekundārie tinumi vai arī nozarojumi no sekundārā tinuma.

17.1. piemērs

Dots, ka uz transformatora sekundārā tinuma ir 24 V spriegums. Cik ir jābūt sekundārā tinuma vijumiem, ja primārais spriegums ir 230 V un 660 vijumu?

$$W_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot W_1 = \frac{24}{230} \cdot 660 = 68{,}8 \approx 69 \text{ vijumi}$$

Atbilde: Transformatora sekundārajā tinumā ir jābūt 69 vijumiem.

TRANSFORMATORA ENERĢIJAS ZUDUMI

Transformatora darba procesā rodas elektroenerģijas zudumi transformatora tinumos (elektriskie zudumi) un arī zudumi feromagnētiskajā serdē (magnētiskie zudumi). Pirmā veida zudumus sauc arī par īsslēguma zudumiem, jo tos mēra īsslēguma režīmā un tie rodas, plūstot darba strāvai. Otrā veida 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:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 0{,}98 \div 0{,}99.$$

Tikai ļoti maziem transformatoriem var būt $\eta = 0{,}85$.

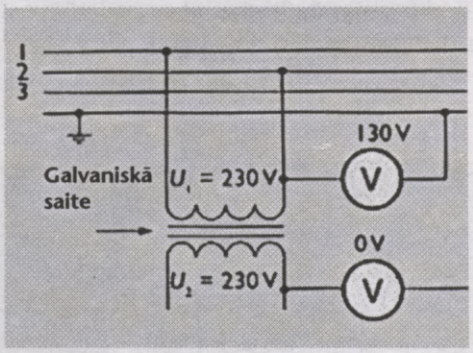
Veselība un vide

Spoles, transformatori, releji, ģeneratori sastāv no dzelzs, vara un citiem metāliem. Saudzējiet dabas resursus, nepiesārņojiet apkārtējo vidi, bet nododiet šos metālus atkārtotai izmantošanai.

DALĪTĀJI TRANSFORMATORI

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 pusei. Sekundārajā pusē nedrīkst būt sazemējumu. Tādējādi transformators atdala patērētāju no primārā tīkla un no zemējuma.

Prasība, lai ķēdē būtu nevainojama izolācija. Šos transformatorus lieto darba instrumentu vai elektrificēto medicīnas aparātu pieslēgšanai.



17.20. attēls

Kontroljautājumi

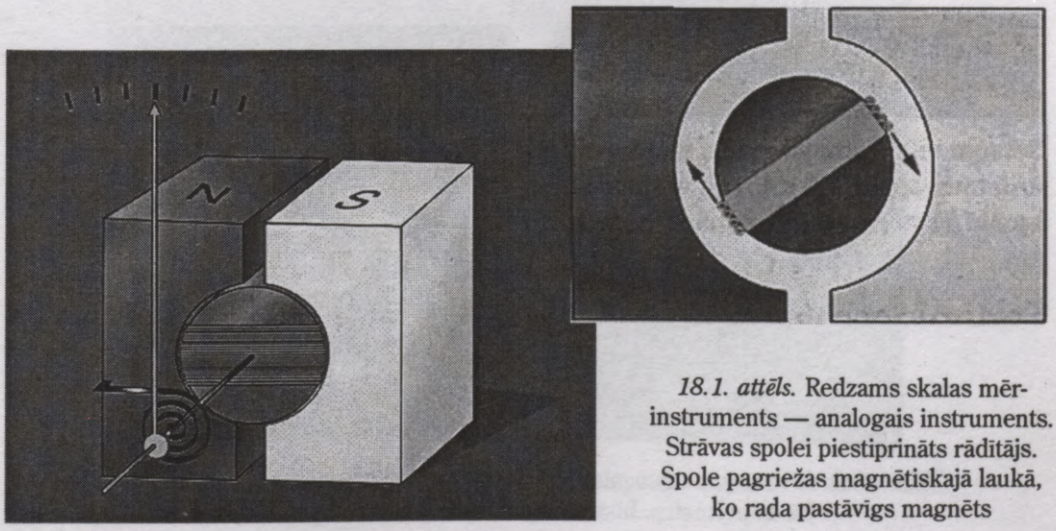
1. Kādā virzienā pārvietosies vads magnētiskajā laukā, ja dienvidu pols ir virs vada, bet ziemeļu pols zem tā? Uzzīmē skici ar magnētiem, to spēka līnijām un vadu!
2. Kāds kustības virziens būs vadam, ja 1. uzdevumā pa to plūdīs strāva? Uzskicē magnetiskos polus, strāvas virzienu un spēka virzienu!
3. Kāds līdzstrāvas dzinēja mezgls darbojas kā magnētu polu mainītājs?
4. Kā maiņstrāvas dzinējā tiek nodrošināts, lai rotora izvadu pieslēgumi poliem nemainītos?
5. Kāpēc ģeneratoros parasti lieto elektromagnētus pastāvīgo magnētu vietā?
6. Kāda veidā spriegums tiek lietots transformatoros, lai pārveidotu tā stiprumu?
7. Kā sauc atšķirīgos transformatora vijumus?
8. Cik liels primārais spriegums ir transformatorā, ja vijumi ir w_1 = 1200 vijumi, w_2 = 300? Sekundārais spriegums ir 230 V.
9. Kādam nolūkam lieto sprieguma dalītājus–transformatorus?

ELEKTRISKO PARAMETRU MĒRĪŠANA UN LIETOJAMIE APARĀTI

Šajā nodaļā uzzināsi:

- analogo multimetru darbības principus;
- voltmetru, ampērmetru un ommetru mērījumu diapazonu;
- ko nozīmē jēdziens — oms par voltu;
- kādas kļūdas var būt, mērot strāvu un spriegumu;
- kā izpilda netiešo strāvas mērīšanu;
- kā lieto elektronisko multimetru.

Šajā nodaļā apgūsim dažādu mērinstrumentu uzbūves īpatnības, kādas var būt neprecizitātes un kļūdas un kā tos pareizi lietot. 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.



18.1. attēls. 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 pagrieziena leņķi ir lineāra, un jutība 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.

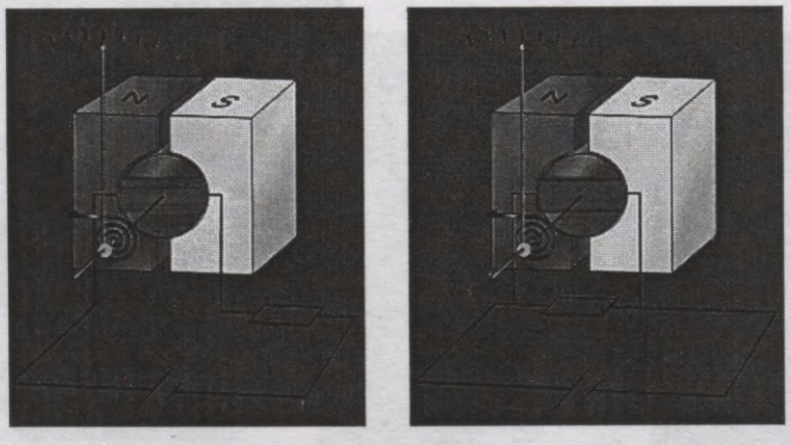
AUGŠĒJAIS DIAPAZONS

Konkrētajiem mēraparātiem, piemēram, ampērmetram ir norādīts maksimālais diapazons, līdz kuram to var lietot. Piemēram, ir dots I = 100 μA, R = 1000 Ω. Tas nozīmē, ka skalas šautriņas galējais stāvoklis ir pie 100 μA. Saskaņā ar Oma likumu maksimālais sprieguma lielums tad ir U = I · R = 0,1 V. Tātad instrumentu var lietot kā ampērmetru līdz strāvas lielumam 100 μA, bet kā voltmetru sprieguma mērīšanai līdz 100 mV. Ar 50 μA strāvas lielumu, vai 50 mV spriegumu rādītāja šautra atradīsies aptuveni skalas vidusstāvoklī.

Skalas augšējais diapazons ir

$$U = R \cdot I = 1000 \cdot 100 \cdot 10^{-6}\ V = 0{,}1\ V$$

Ar doto multimetru bez papildu pasākumiem nedrīkst mērīt vairāk par 0,1V un 100 μA.

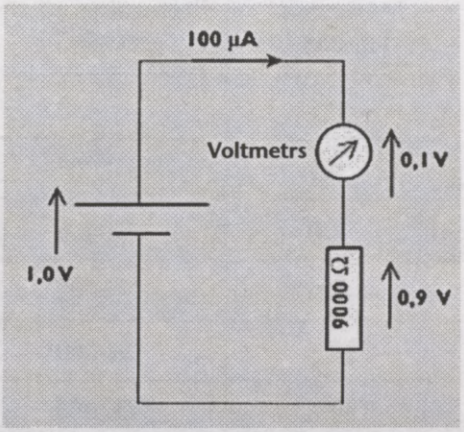


18.2. attēls. Ir redzams analogais multimetrs, kuru var izmantot kā voltmetru un kā ampērmetru. Instrumentam ir 1 kΩ iekšējā pretestība

SPRIEGUMA MĒRĪŠANA

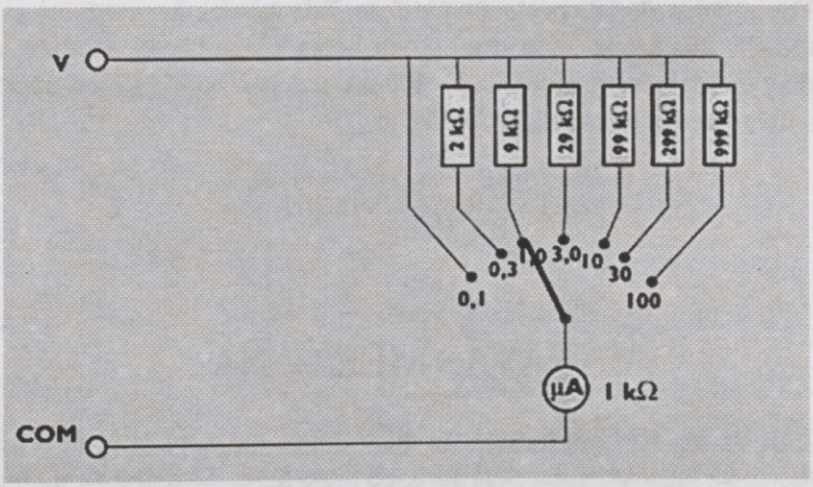
Saskaņā ar Kirhofa likumu sprieguma kritums virknes slēgumā ir vienāds ar pieslēgspriegumu. Saskaņā ar 18.3. attēlā doto slēgumu, kas atbilst iepriekšējam piemēram, varam secināt, — ja strāvas avota spriegums ir viens volts un kritums uz voltmetra ir 0,1V, uz 9,0 kΩ lielo pretestību sprieguma kritums ir 1,0 – 0,1 = 0,9 V. Ir izmērīts arī strāvas lielums — 1000 μA. Tad var izrēķināt pretestību

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0{,}9}{100 \cdot 10^{-6}} = 9000\Omega = 9{,}0k\Omega$$



18.3. attēls. Sprieguma mērišana ar pretestības slēgumu virknē

Sprieguma mērišanai var izvēlēties diapazonu, piemēram, 18.4. attēlā vēlamie sprieguma diapazoni: 0,1, 0,3, 1,0, 3,0, 10, 30 un 100 V ir iespējams izmērīt, saslēdzot virknē attiecīgās pretestības. Tādā veidā ar pārslēdzi var iegūt vēlamo mērapjomu.



18.4. attēls. Multimetra slēguma shēma sprieguma mērišanai

Pretestības un sprieguma mērapjoma izvēlei

Mērāmais spriegums (V)	Pretestības vērtība (kΩ)	Kopējā pretestība (kΩ)	Ω/V
0,1	0	1000	10 000
0,3	2000	3000	10 000
1,0	9000	10000	10 000
3,0	29000	30000	10 000
10	99000	100000	10 000
30	299000	300000	10 000
100	999000	1000000	10 000

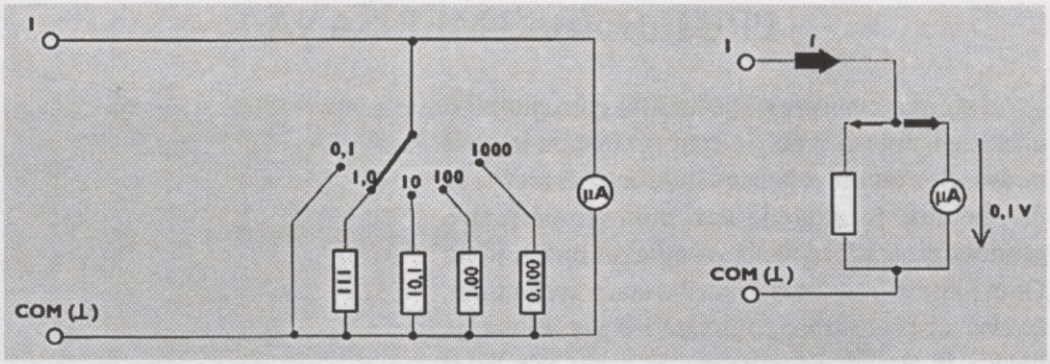
SKAITLIS "OMS UZ VOLTU"

Izmantojot tabulu, var noteikt atbilstošo mērapjomu, ko raksturo oma un volta dalījums. Tas norāda, cik liela pretestība ir jāpieslēdz vajadzīgā sprieguma mērīšanai. Šajā konkrētajā diapazonā instruments darbojas pieļaujamās slodzes robežās, nepārsniedzot to. Piemēram, zinot, ka I = 100 μA, tad, ja U = 1V un pieslēdzam 10 000 pretestību, mēs iekļaujamies šajās robežās, jo

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1}{10000} = 100\mu A.$$

STRĀVAS MĒRĪŠANA

Atgriežamies pie Kirhofa likuma un atceramies, ka paralēlslēgumā mērinstruments darbojas kā pretestība paralēlā zarā, pa kuru plūst daļa strāvas. Ja ir jāizmēra strāva ar stiprumu līdz 100 μA, nebūt nav jāmeklē tieši šāda diapazona ampērmetrs, bet var izmantot instrumentu kopā ar šuntu. Universālajam mērinstrumentam, piemēram, paralēli (šunta režīmā) var pieslēgt 111Ω, vai 10,1Ω, vai 1,0Ω, vai 0,100Ω, pa kuru plūdīs atbilstošā strāvas daļa, bet caur multimetru tikai pieļautais strāvas stiprums. Uz skalas nolasījums graduēts atbilstoši pilnajai strāvai un rādīs atbilstošajā



18.5. attēls. Slēguma shēma universālajam mērinstrumentam, kas paredzēts mērīšanai ar šuntu. Pa labi slēguma shēma

diapazonā līdz 0,1A. Piemēram, ir jāmēra strāva ar stiprumu līdz 1,0 mA, kas ir 1000 μA, tātad 10 reizes vairāk nekā ir pieļaujams, tad liekie 900 μA ir jānovada caur šuntu ar spriegumu 0,1V.

$$R_š = \frac{U_š}{I_š} = \frac{0,1}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 111\Omega.$$

Kā redzams attēlā, ja ir jāmēra strāva līdz 0,1 mA, pietiek ar iekšējo pretestību mēraparātā, ja jāmēra līdz 1,0 mA, ir nepieciešami $R_š$=111 Ω. Mērot 10 mA, vajag

$$R_š = \frac{U_š}{I_š} = \frac{0,1}{9,9 \cdot 10^{-3}} = 10,1\Omega.$$

Mērot 100 mA, vajag

$$R_š = \frac{U_š}{I_š} = \frac{0,1}{99,9 \cdot 10^{-3}} = 1,00\Omega.$$

Mērot 1,0 A, vajag

$$R_š = \frac{U_š}{I_š} = \frac{0,1}{0,999} = 0,100\Omega.$$

Tabulā ir dota sakarība starp nepieciešamo mērapjomu, šuntu un pilno pretestību.

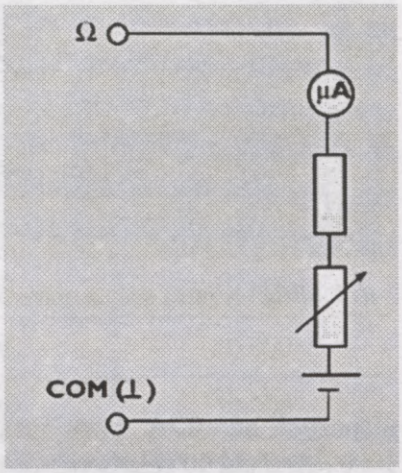
Mērapjoms	Šunts	Pilnā pretestība R
0,1 mA	bez	1000 Ω
1,0 mA	111 Ω	99,9 Ω
10 mA	10,1 Ω	10,0 Ω
100 mA	1,00 Ω	1,00 Ω
1 A	0,100 Ω	0,100 Ω

PRETESTĪBAS MĒRĪŠANA

Lai varētu mērīt pretestību, ir noteikti vajadzīgs strāvas avots, jo caur pretestību ir jālaiž strāva. Bez tam ir vajadzīgs mikroampērmetrs. Ja šie lielumi ir zināmi, var mikroampērmetru graduēt pretestības skalā — atliekot omus, jo no Oma likuma ir zināma sakarība starp spriegumu, strāvu un pretestību. Jo mazāka ir pretestība, jo lielāka ir strāva. Kā sprieguma avotu var lietot 1,5 V bateriju. Vēl ķēdē ir ieslēgta maināma pretestība — potenciometrs. Nulles stāvokli iestāda ar mākslīgu īssavienojumu, jo tad R = 0.

Tā kā mikroampērmetrs ir domāts strāvai līdz 100μA un spriegums ir 1,5V, tad pretestībai ķēdē ir jābūt

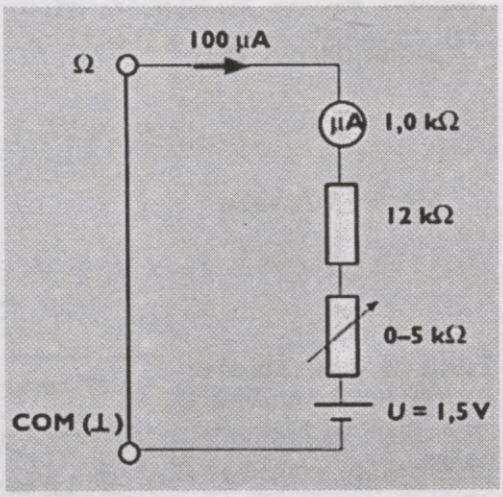
$$R = \frac{1{,}5}{1 \cdot 10^{-4}} = 15\text{k}\Omega.$$



18.6. attēls. Universāla instrumenta slēguma shēma, sagatavota pretestības mērīšanai

Ja instrumenta pretestība ir 1,0 kΩ un potenciometra mainīgā pretestība ir 0÷5 kΩ, pietiek ar papildu pretestību 12 kΩ. Tātad, lai varētu paplašināt mērapjomu un pieļaut lielākas strāvas, arī būtu jālieto šunts.

18.7. attēls. Nulles stāvokļa iestādīšana pretestības mērīšanai ar mākslīgu īsslēgumu

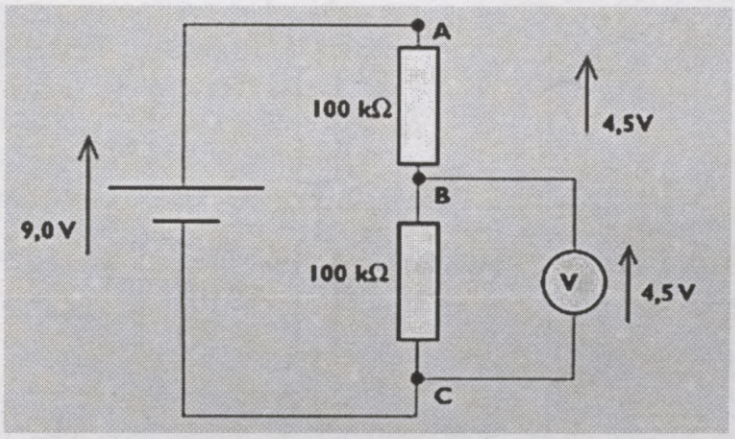


18.8. attēls. Īsslēguma režims uz multimetra

KĻŪDAINI RISINĀJUMI

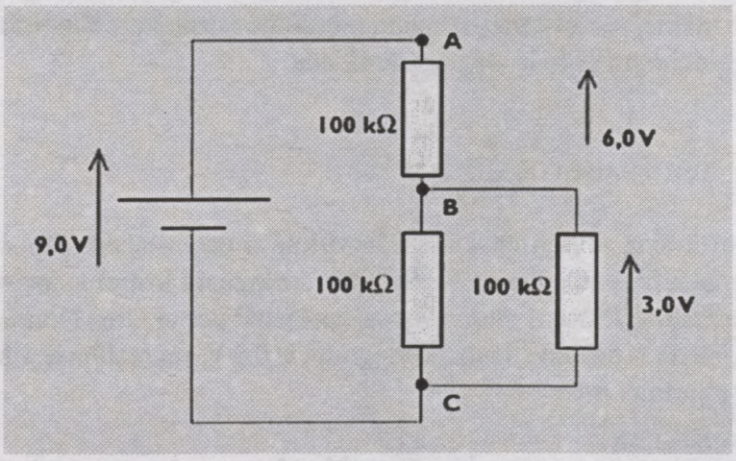
Jānoskaidro, kādā veidā mērinstrumentu izvēle un lietojums izmaina mērījumu rezultātus un kā no tā varētu izvairīties.

Kļūdas, mērot spriegumu



18.9. attēls. Sprieguma mērīšana

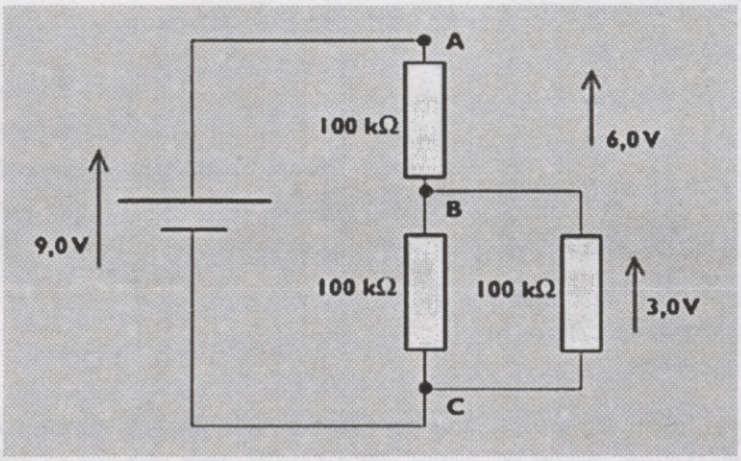
Saskaņā ar doto shēmu tiek mērīts spriegums starp punktiem B un C. Sprieguma kritumi ir vienādi kā starp A un B, tā arī starp B un C, jo pretestības ir vienāda lieluma. Pieņemsim, ka voltmetrs ir paredzēts mērapjomam 10V, bet šobrīd rāda 4,5V.



18.10. attēls

Starp B un C pieslēgsim vēl vienu pretestību (sk. 18.10. attēlu). Paralēlslēgumā abām pretestībām rezultējošā pretestība ir 50 kΩ. Tātad uz šo pretestību sprieguma kritums ir puse no krituma uz augšējo pretestību, kuras vērtība ir 100 kΩ. Tad uz ķēdes posma A–B spriegums ir 6 kV, bet uz apakšējām paralēlajām pretestībām posmā B–C — 3 kV, ko arī instruments rādīs.

Lai papildus paskaidrotu, kādā veidā instruments ietekmē mērījumu rezultātus, esam samazinājuši mērapjomu līdz 3,0 V.



18.11. attēls

Starp punktiem B un C pieslēgsim 30 kΩ pretestību, tad kopējā pretestība paralēlajā ķēdē būs R = 23 kΩ, sprieguma kritums šajā posmā ir 1,7 V (sk. 18.11. attēlu). Ir jābūt skaidram, ka mērījumu ietekmē ķēdes elementi un aparatūra. Mūsu gadījumā ir lielas pretestības un ir jāizmanto instrumenti, kas ir domāti lielām pretestībām. Ja pretestības ir mazas, šis apstāklis izmaina mērījumu rezultātus. Elektronu voltmetrs ir ar lielu pretestību un ar to ir attiecīgi jārēķinās.

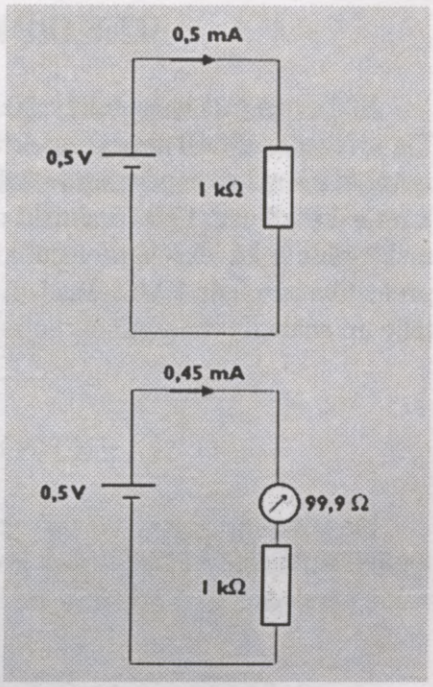
Kļūdu avoti, mērot strāvu

Lai mērītu strāvu, ampērmetrs jāieslēdz virknē ar patērētājiem. Jāņem vērā, ka arī mērinstrumentam ir pretestība un atbilstošais sprieguma kritums, kas var iespaidot mērījumu rezultātus. Strāvas lielumu var arī aprēķināt pēc ar Oma likuma. Piemēram, ir dota 18.12. attēlā redzamā shēma. Spriegums ir 0,5 V, pretestība ir 1 kΩ = 1000 Ω, tātad strāvas stiprums ir

$$I = \frac{0,5}{1000} = 0,5\ \text{mA}$$

Tagad izmērīsim strāvas stiprumu ar ampērmetru, kas ir paredzēts strāvas stipruma mērīšanai līdz 1,0 mA. Strāva caur ķēdi ir mazāka, un ampērmetrs uzrāda 0,45 mA.

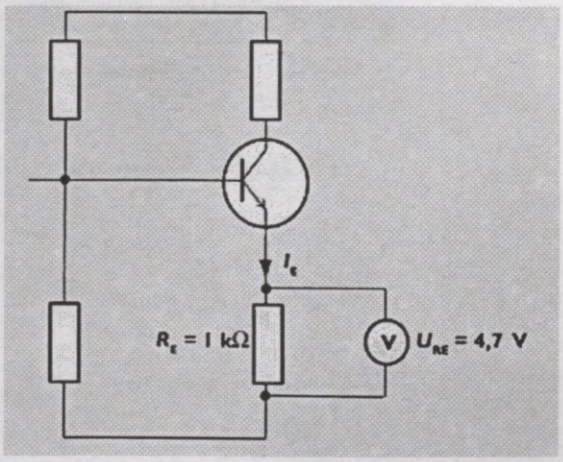
Kāpēc šādas atšķirības? Elektroniskais multimetrs, ko lietojām mērīšanai, ir ar savām īpatnībām. Pirmkārt, multimetram ir sava iekšējā pretestība. Otrkārt, ampērus tas mēra netieši, jo mēra magnētiskā lauka stiprumu ap vadu. Stiprstrāvu iekārtās bieži strāvas stiprumu mēra, izmantojot mērmaiņus, konkrēti, strāvmaiņus. Tajā skaitā plaši lieto tā sauktās mērknaibles. Arī šajā gadījumā ir jārēķinās ar mērījumu kļūdu.



18.12. attēls

NETIEŠĀ STRĀVAS MĒRĪŠANA

Kā redzams 18.13. attēlā, mērīšanai izmanto voltmetru un noteikta lieluma pretestību. Tātad, lai noteiktu strāvas stiprumu, ir jāuzzina sprieguma kritums uz zināmās pretestības. Mūsu gadījumā sprieguma kritums ir 4,7 V, bet strāvas lielums ar pretestību R = 1000 Ω; I = 4,7 mA.



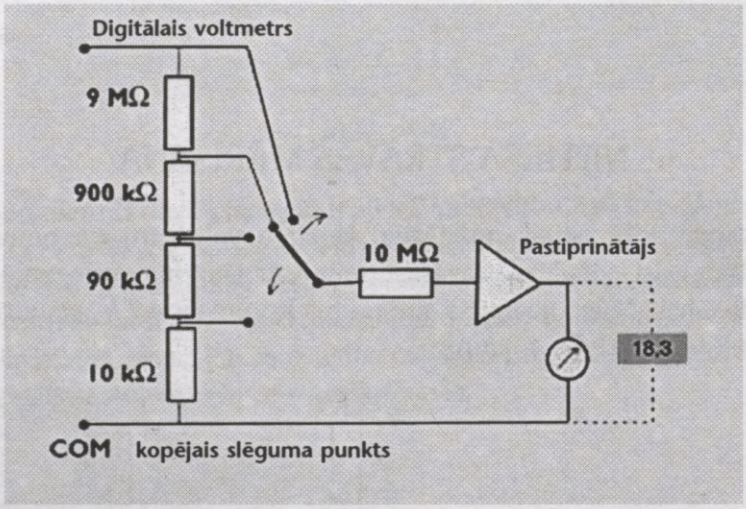
18.13. attēls

ELEKTRONISKIE MULTIMETRI

Kā liecina pats nosaukums, šie multimetri sastāv no elektroniskiem elementiem. Tie ir izgatavoti tieši sprieguma krituma mērīšanai. Mērrezultāti tiek pastiprināti un novadīti no mikroampērmetra uz displeja ekrānu. Mikroampērmetrs un displejs, uz kura ir koordinātu tīkls, praktiski neietekmē elektriskās ķēdes izpildījumu. Elektroniskā ķēde ir kā iekšējā pretestība. Parasti visiem jaudīgajiem multimetriem iekšējā pretestība sasniedz 1 MΩ. Tas ļauj palielināt caur instrumentu plūstošo strāvu. Digitālie un analogie voltmetri darbojas pēc vienādiem principiem.

ELEKTRONISKIE VOLTMETRI

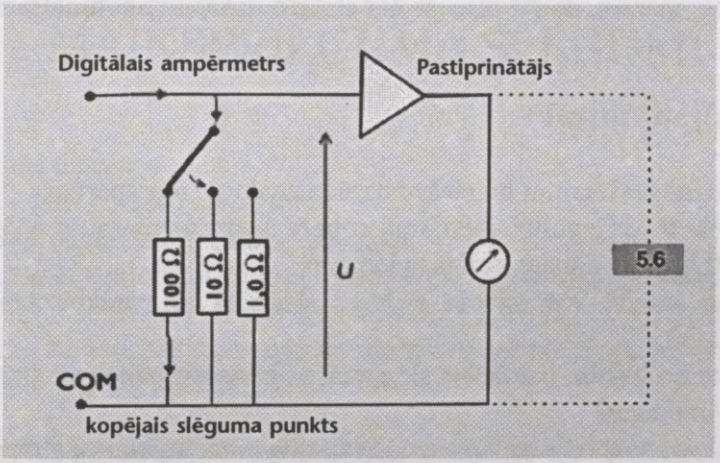
Šie voltmetri sastāv no sprieguma pirmspastiprinātāja un sprieguma dalītāja ar iebūvētām virknē pārslēdzamām pretestībām. Mēs izvēlamies vajadzīgo strāvas diapazonu, pārslēdzot pastiprinātāju uz atbilstošo pretestības pakāpi.



18.14. attēls. Elektroniskais voltmetrs ar pastiprinātāju

ELEKTRONISKIE AMPĒRMETRI

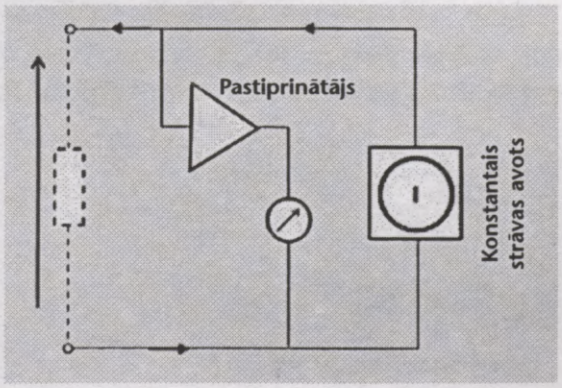
Līdzīgi elektroniskajam voltmetram darbojas arī elektroniskais ampērmetrs un mēra sprieguma kritumu uz iebūvētas pretestības, kuras lielumu var mainīt, izvēloties atbilstošo mērapjomu. Tālāk rezultāts iet caur pastiprinātāju un nokļūst uz digitālā ampērmetra skalas, kas uzrāda strāvas stiprumu.



18.15. attēls. Elektroniskais ampērmetrs

ELEKTRONISKAIS PRETESTĪBAS MĒRĪTĀJS

Arī šajā gadījumā izmanto elektronisko multimetru. Pretestības mērīšanai ir iebūvēts elektroniskā slēguma instruments, kas nodrošina stabilu un nemainīgu strāvu. Šo strāvu laiž caur mērāmo pretestību. Vēl šajā ķēdē ir pastiprinātājs. Mērīts tiek sprieguma kritums uz pretestību. Ar šo analogo multimetru, nemainot skalu, var nolasīt strāvu, spriegumu un pretestību. Vienīgi še ir atšķirīgi mērapjomi, jo konstantais strāvas avots piegādā noteiktu strāvu katram mērījumu diapazonam.



18.16. attēls. Elektroniskais pretestības mērītājs

Kļūdu avoti

Mērot ar jebkuru instrumentu, svarīgi ir nodrošināt maksimālo precizitāti. Elektroniskajos multimetros ieejas pretestība ir simtos megaomu. Tādēļ kļūda 1/1000 daļas apjomā vai viena promile šķietami ir neliela. Ir arī iespēja kļūdu samazināt līdz simtiem kiloomu, tātad 1000 reižu, un arī kļūdu var attiecīgi samazināt. Izvēloties mērinstrumentus, izšķiroša ir to precizitāte un cena. Būtiski ir izvēlēties atbilstoša mērapjoma mēraparātu, dodot priekšroku elektroniskajam multimetram.

Kontroljautājumi

1. Kādā veidā spriegumu un strāvu uzrāda analogie mēraparāti?
2. Cik liela ir sprieguma mērījuma robeža instrumentam ar atzīmi I = 50 A, R = 100 kΩ līdz pilnam skalas apjomam?
3. Kā var noteikt mērapjomu virknes slēgumā ar papildpretestību, ja dots 2000 Ω/V?
4. Kā sauc pretestību paralēlajā slēgumā, ar kuru var palielināt strāvas noteikšanas mērapjomu?
5. Cik liela pretestība vajadzīga paralēlajā slēgumā, lai mērītu strāvu līdz 50 mA? Uz instrumenta ir atzīme I = 50 A, R = 100 kΩ.
6. Kādu iestādījumu regulēšanu izpilda instrumentam pirms pretestības mērīšanas?
7. Kādā veidā instrumentā ievēro iekšējo pretestību, mērot spriegumu?
8. Kāda nozīme ir iekšējai pretestībai instrumentā, mērot strāvu?
9. Kādā veidā var mērīt strāvu bez elektriskās ķēdes atvienošanas, lai ieslēgtu ampērmetru?

VIENFĀZES UN TRĪSFĀŽU MAIŅSPRIEGUMA SLĒGUMI

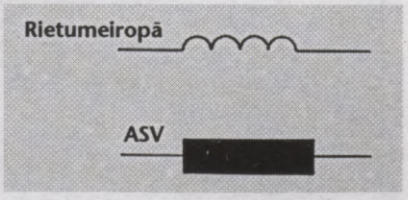
Šajā nodaļā uzzināsi:

- kā iegūst trīsfāzu spriegumu;
- kā aprēķināt jaudu trīsfāžu sistēmai;
- kā zīmēt vektoru diagrammu strāvai un spriegumam trīsfāžu sistēmā;
- kā rēķināt strāvas un sprieguma lielumu zvaigznes un trīsstūra slēgumā;
- kādēļ slodzes raksturs ietekmē elektroenerģijas piegādes tīklu;
- kādēļ lieto Y/Δ pārslēdzi.

Tautsaimniecībā un sadzīvē izmanto gan līdzstrāvu, gan arī maiņstrāvu. Par līdzstrāvas lietderību daudzās nozarēs jau tika rakstīts. Tagad atcerēsimies, ka maiņstrāva ir ikvienā dzīvoklī, ikvienā lauku sētā, cehā un rūpnīcā. Maiņstrāvas priekšrocības ir galvenokārt iespēja to transformēt gan uz daudz augstāku spriegumu, gan arī zemāku, praktiski nemainot jaudu. Ar augstu spriegumu elektroenerģiju var pārvadīt ar minimāliem zudumiem jebkurā reālā attālumā. Priekšrocība ir arī vienkāršiem trīsfāžu asinhroniem elektrodzinējiem un citiem lietojuma veidiem.

VIENFĀZES SISTĒMAS

Vispirms atcerēsimies nodaļā "Maiņstrāvas principi, tās efektīvā vērtība" doto ieskatu par magnētiskā lauka rotāciju, šķērsojot tinumus un sinusoidālās maiņstrāvas un maiņsprieguma rašanos.

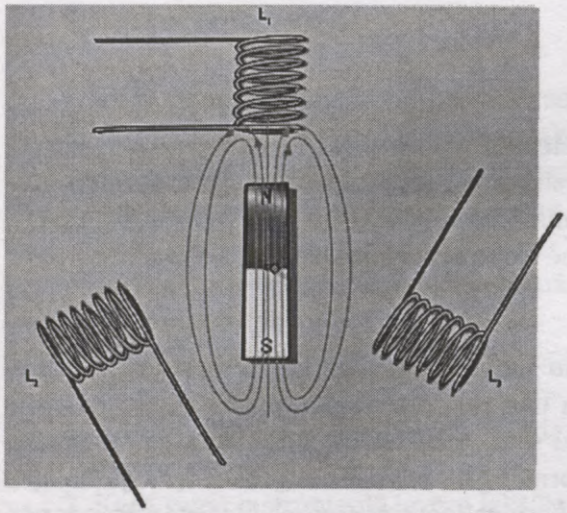


19.1. attēls. Tinuma apzīmējums

TRĪSFĀŽU SISTĒMA

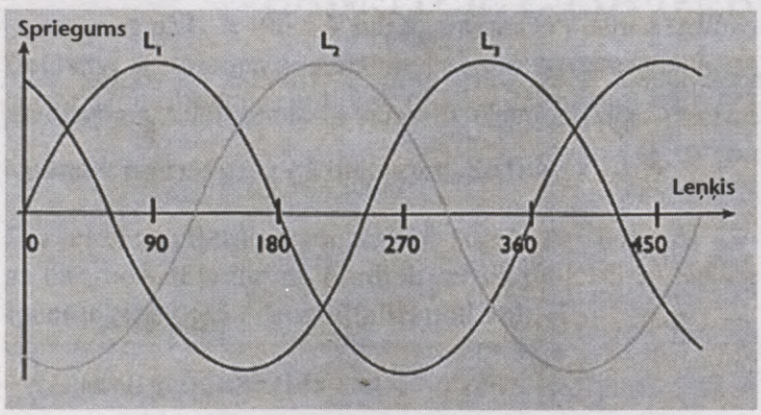
Pēc trīsfāžu sistēmas elektrodzinējā vai ģeneratorā ir trīs tinumi, kuros periodiski inducējas spriegums atbilstoši jau apskatītajiem principiem. Šos tinumus sauc par fāzēm, un inducētais EDS šajās fāzēs ir savstarpēji nobīdīts par 120°. Ja pilnu apgriezienu apzīmē ar 2π, nobīde ir

$$\frac{2\pi}{3} = 120°.$$

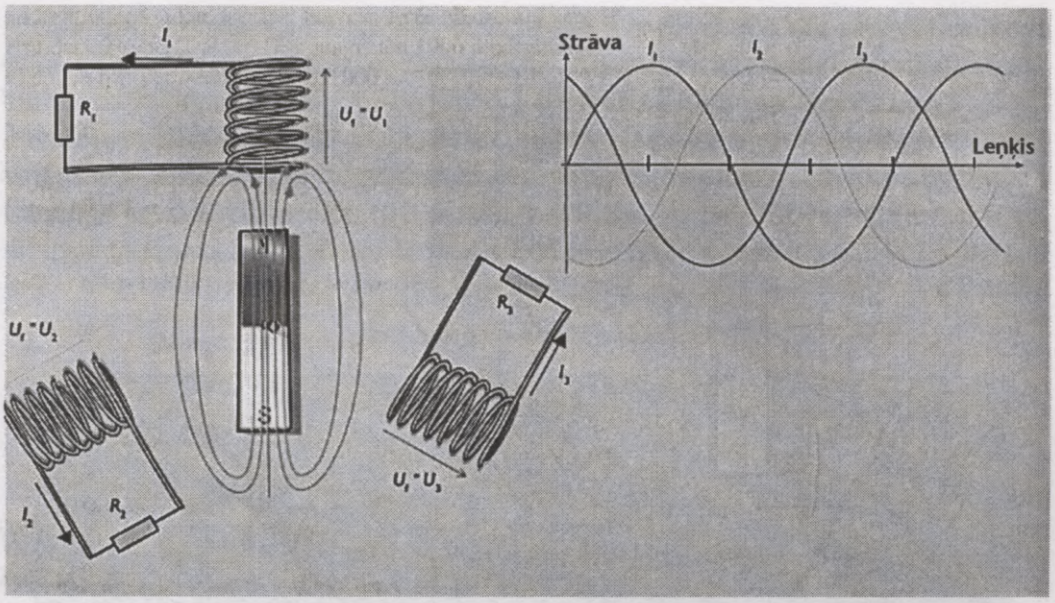


19.2. attēls. Rotējošais magnēts rada trijos fāzes vijumos vienāda lieluma maiņspriegumu

Ja fāzes apzīmējam ar L_1, L_2, L_3 (vai arī A, B un C), tad 19.3. attēlā ir redzamas trīs sinusoīdas, kuras katra vienā periodā iziet vienu ciklu, mainot savu vērtību no maksimālās līdz negatīvi maksimālajai (pilna amplitūda). Kā jau bija minēts — viens periods T = 360°.



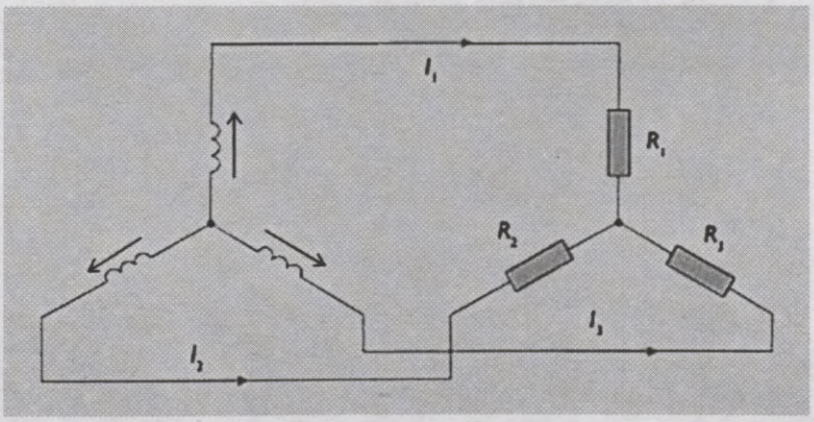
19.3. attēls. Sprieguma un strāvas nobīde fāzēs par 120°



19.4. attēls. Fāžu noslodzes spoles ar vienādu pretestību. Dotas efektīvās vērtības

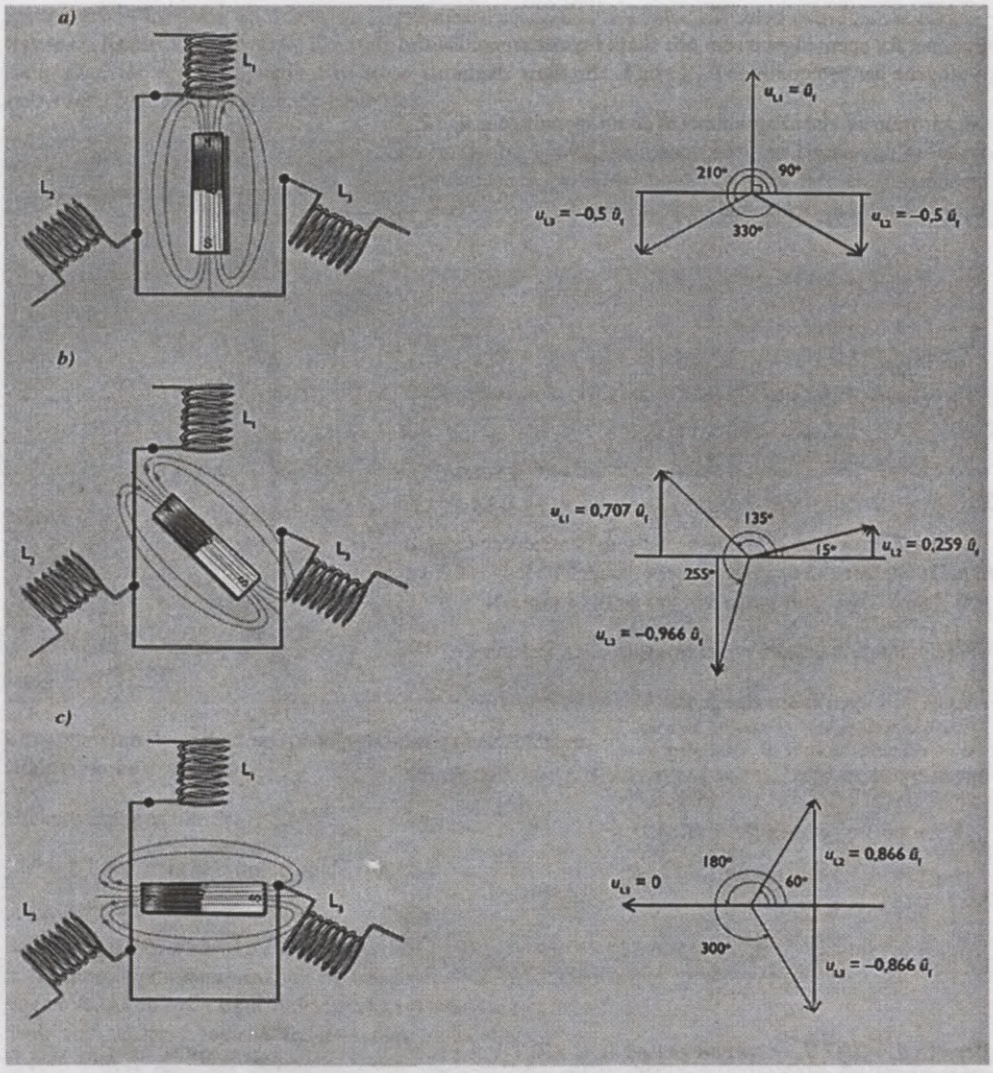
Spriegumu jebkurā vijumā starp tā sākumu un beigām sauc par fāžu spriegumu U_f. Ja būs pieslēgtas vienāda lieluma slodzes visās fāzēs, visos trijos fāžu tinumos arī strāvas būs vienāda lieluma, tikai nobīdītas par 120° (sk. 19.4. attēlu).

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 $P = 3 \cdot U_f \cdot I$.



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

Analizēsim nākamajā lappusē dotās trīsfāžu ģeneratora sprieguma diagrammas ar dažādiem rotora stāvokļiem (sk. 19.6. attēlu). "A" variantā trīs vijumi ir apzīmēti ar L_1, L_2, L_3. Attiecīgie sprieguma vektori ir U_{L1}, U_{L2}, U_{L3}. Šie ir fāžu spriegumi. Konkrētajā stāvoklī U_{L1} ir ar maksimālo vērtību, vērsts pozitīvi, bet pārējo fāžu spriegumi ir novirzīti par 120°, piemēram, ja pirmais vektors stāv uz +90° atzīmes, tad U_{L3} uz leņķa 90° + 120° = 210°, bet U_{L2} uz 210° + 120° = 330°. 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.



19.6. attēls. Vektoru diagramma spriegumam, griežot magnētisko lauku trīsfāžu sistēmā pulksteņa rādītāja virzienā

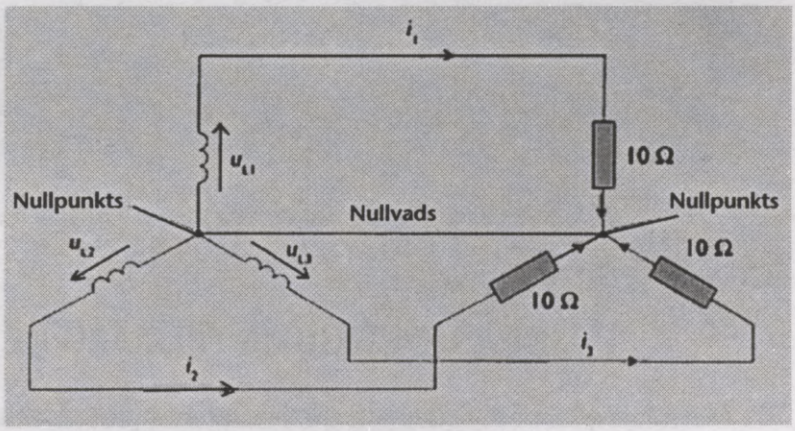
Variantā "b" rotors (magnēts) ir pagriezies par 45° pulksteņa rādītāja virzienā (sk. 19.7b. attēlu). Joprojām maksimālā u_f =100 V, bet konkretajā momentā u_{L1} = +70,7 V, u_{L2} = +25,9 V, bet u_{L3} = –96,6 V. Tātad summa atkal ir 0.

Pagriežam vēl par 45° un iegūstam stāvokli "c". 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:

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

Iepriekš apskatītajā shēmā (19.6. attēls) ievietosim konkrētas slodzes pretestības vērtības — 10 Ω un savienosim zvaigznes slēgumu nullpunktus. Šo savienojumu sauc par nullvadu. Tiek iegūts 19.7. attēls.



19.7. attēls

Izmantosim 19.6. attēlā analizēto rotora stāvokli "a", kad u_{L1} =100 V, u_{L2} = –50 V, u_{L3} = +50 V. Šajā gadījumā

$$i_1 = \frac{u_{L1}}{R_1} = \frac{100}{10} = 10\text{A},$$

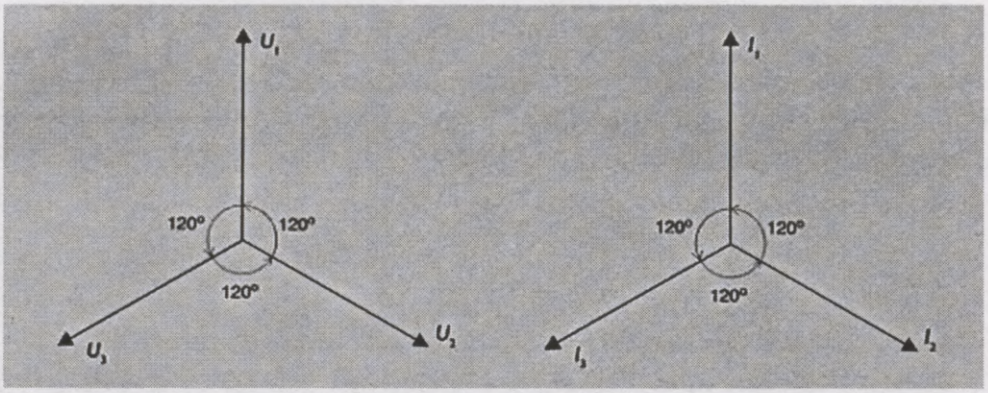
i_2 = –5 A un i_3 = 5 A. Tātad strāvas, kas plūst no strāvas avota — ģeneratora uz patērētāju, pie tā līdzsvarojas un pa nullvadu atpakaļ uz ģeneratoru nekāda strāva neplūdīs.

Izmantosim 19.7. attēlā analizēto rotora stāvokli "b" kad u_{L1} = 70,7 V, u_{L2} = 25,9 V, u_{L3} = –96,6 V. Tādā gadījumā momentānās strāvas ir: i_1 = 7,07 A, i_2 = 2,59 A, i_3 = –9,66 A. Tātad strāvu summa, kas plūst no ģeneratora tinumiem, ir vienāda ar strāvu summu, kas plūst atpakaļ.

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

EFEKTĪVĀ VĒRTĪBA

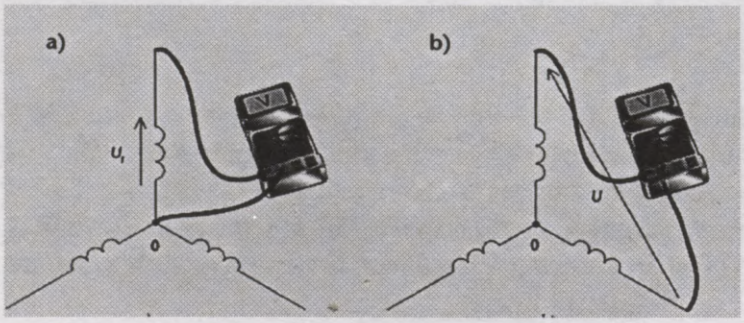
Tāpat kā spriegumu summa ģeneratora zvaigznes slēguma nullpunktā ir nulle, tas pats princips der arī, analizējot strāvu un spriegumu efektīvās vērtības. Parasti, kad zīmē vektoru diagrammu, lieto efektīvās vērtības.



19.8. attēls. Vektoru diagramma, izmantojot strāvas un spriegumu efektīvās vērtības

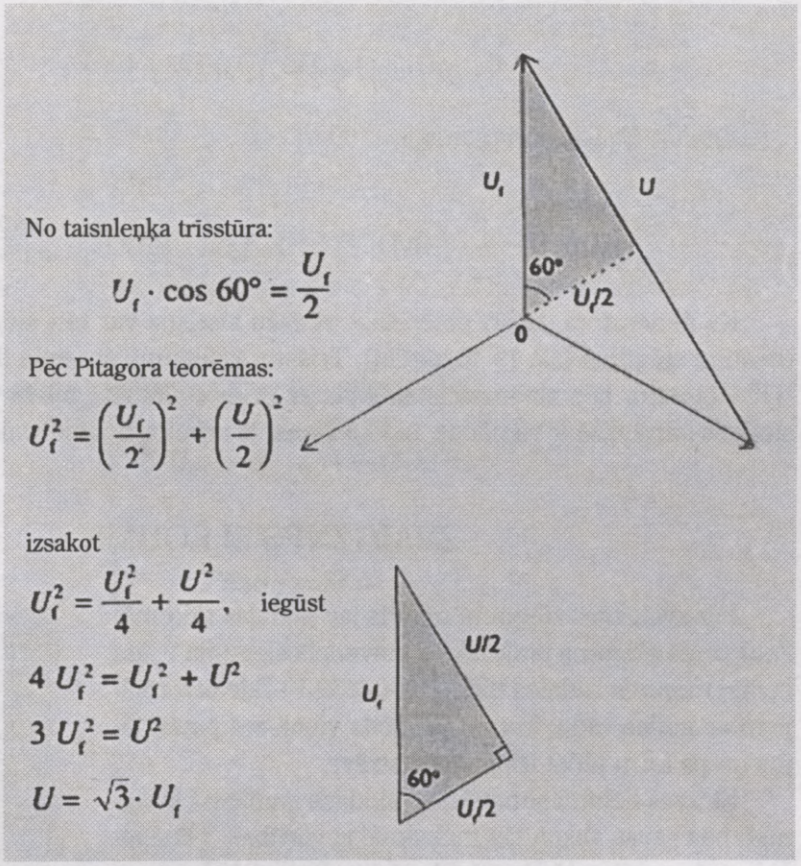
LĪNIJAS SPRIEGUMS TRĪSFĀŽU ĶĒDĒ

Atceramies, ka fāzes spriegums ir jebkurai fāzei pret savienojumu nullpunktu vai zemes potenciālu. Būtisks ir spriegums starp fāzēm, ko sauc arī par līnijas spriegumu vai galveno spriegumu.



19.9. attēls. Sprieguma mērīšana starp nulli un fāzi (a) un starp fāzēm (b)

Spriegums starp fāzēm saskaņā ar vektoru diagrammu (19.10. attēls) tiek iegūts šādi:



19.10. attēls

Bet, ja analizē taisnleņķa trīsstūri, kur hipotenūza ir U_f, bet katetes $U_f/2$ un $U_L/2$, tad saskaņā ar Pitagora teorēmu

$$U_f^2 = \frac{U_f^2}{4} + \frac{U_L^2}{4},$$

no kurienes

$$4U_f^2 = U_f^2 + U_L^2$$

un

$$3U_f^2 = U_L^2.$$

Līnijas spriegums

$$U_L = U_f \cdot \sqrt{3}.$$

19.1. piemērs

Fāzes spriegums ir 230 V. Atrast līnijas spriegumu.

$$U_L = U_f \cdot \sqrt{3} = 230 \cdot \sqrt{3} = 398 \approx 400V$$

Atbilde: Līnijas spriegums ir ≈400 V.

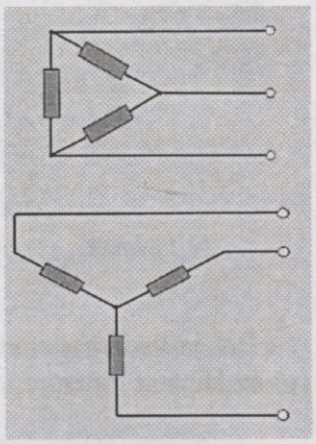
SIMETRISKA SLODZE

Kā ģeneratora, tā arī patērētāja trīsfāžu sistēma var būt slēgta zvaigznes vai arī trīsstūra slēgumā (sk. 19.10. attēlu). Trīsstūra slēgumu ārzemju literatūrā sauc arī par "D" slēgumu, pēc zināmas analoģijas ar grieķu alfabēta burtu delta "Δ". Ja turklāt slodzes katrā fāzē ir vienādas, tad kā viens, tā arī otrs ir simetriskās slodzes slēgums.

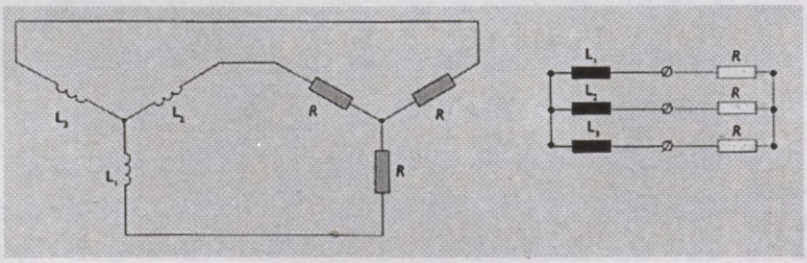
ZVAIGZNES SLĒGUMS

Par zvaigznes slēgumu minēts jau nodaļas sākumā. Zvaigznes slēgums praktiski ir galvenais slēguma veids zemsprieguma sadales tīklos (400/230 V) līdz patērētājiem ar nulles vadu, kuram pieslēdz vienfāzes patērētājus un pa kuru plūst izlīdzinošā strāva.

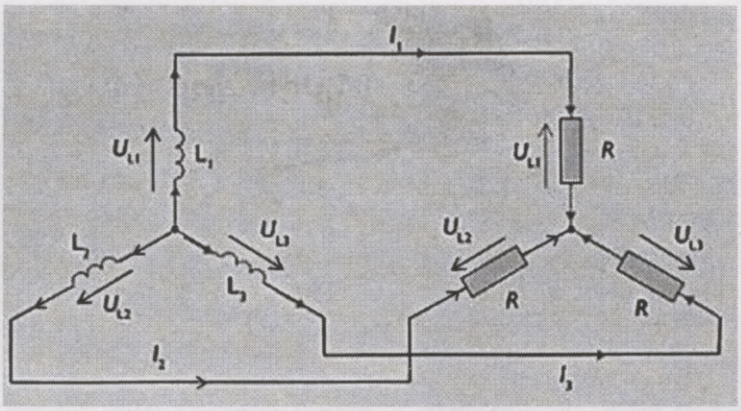
Strāvas lielumi simetriskas slodzes gadījumā ir vienādi pēc savas absolūtās maksimālās vērtības. Tikai atšķiras to momentānās vērtības un virzieni katrā acumirklī, kā tas attēlots 19.13. attēlā.



19.11. attēls. Trīsstūra un zvaigznes slēgums



19.12. attēls. Zvaigznes slēgums. Tā shematiskais izpildījums dots labajā pusē. Tinumi attēloti starptautiskajā simbolikā



19.13. attēls. Simetriska slodze zvaigznes slēgumos. $i_1 = i_2 = i_3$

Tādā gadījumā jaudu trīsfāžu sistēmā var rakstīt šādi

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

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

19.2. piemērs

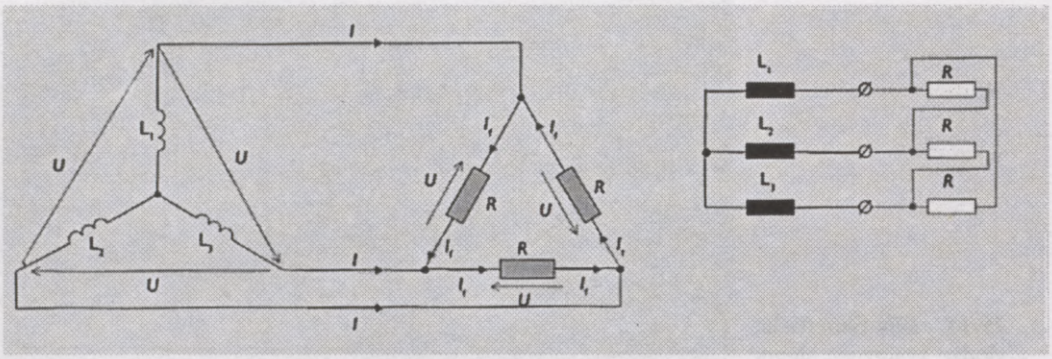
Simetriskas slodzes gadījumā trīsfāžu sistēmā fāzes spriegums ir 230 V, strāvas stiprums saskaņā ar mērījumu ir 4,3 A. Cik liela ir jauda?

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

Atbilde: P = 2,97 kW.

TRĪSSTŪRA SLĒGUMS

Trīsstūra slēgumam vajadzīga iespējami simetriska slodze. Šai shēmai nav satekpunkta, kur varētu pievienot nullvadu. Tādēļ nepieciešama vienāda slodze visās trīs fāzēs. Tās varētu būt, piemēram, trīsfāžu elektrodzinējam. Ģeneratorā vai arī transformatora zemākajā pusē parasti izmanto zvaigznes, bet ne trīsstūra slēgumu.



19.14. attēls. Jauktais zvaigznes–trīsstūra slēgums

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

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

19.3. piemērs

Elektriskajā sildītājā ir 3 elementi trīsstūra slēgumā. Atrast kopējo jaudu ar strāvu I = 18,2 A un spriegumu 400 V.

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

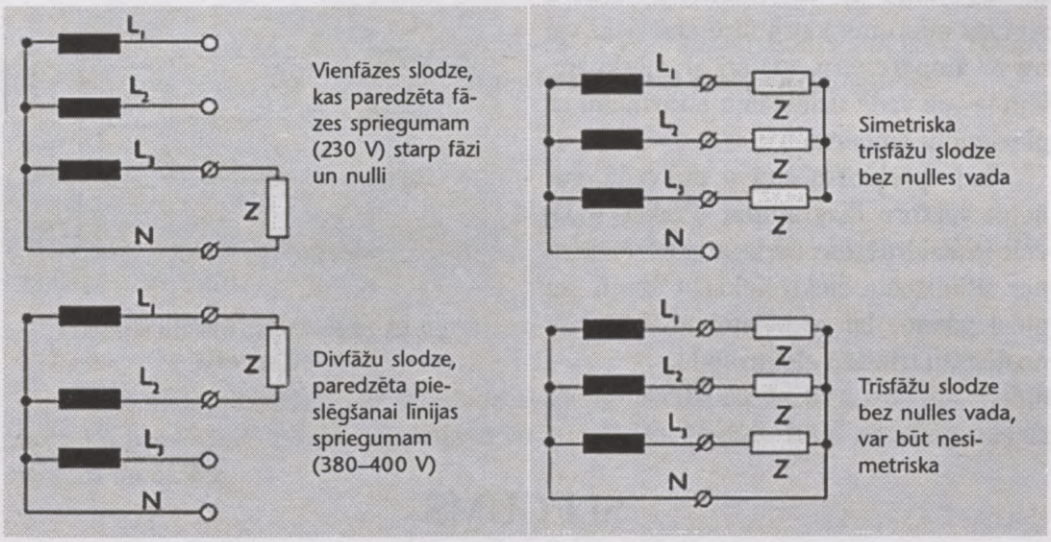
Atbilde: P = 12,6 kW.

Uzmanīgi!
Jauda trīsfāžu sistēmā ir atkarīga no slodzes slēguma vai Y, vai Δ: jebkurā gadījumā

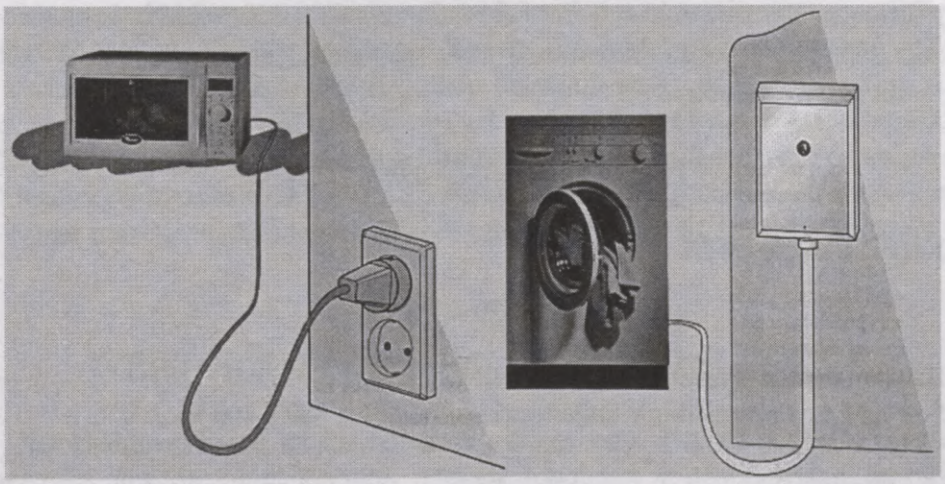
$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

TRĪSSTŪRĪ SLĒGTIE SPRIEGUMA AVOTI

Enerģijas pārvadi lielākā attālumā no elektrostacijas uz spriegumu paaugstinošajiem vai pazeminošajiem transformatoriem var izpildīt trīsstūra slēgumā. Fāžu 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 + nullvads.



19.16. attēls. Dažādi noslodzes veidi

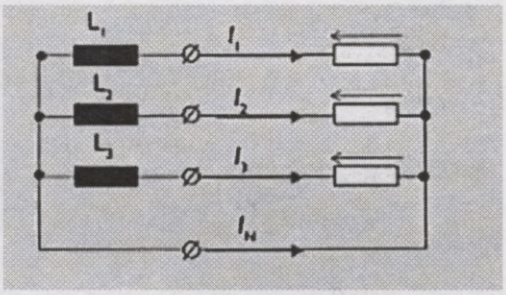


19.17. attēls. Dažādi mājsaimniecības patērētāji, kas rada nesimetrisku slodzi

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

Strāva nulles vadā var būt stipri liela, pat lielāka nekā strāva kādā no fāžu vadiem. Šādi lielas nesimetrijas patērētāji var būt vienfāzes 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 mērknaiblēm — uz vada uzliekamu strāvmaini ar pievienotu ampērmetru.

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



19.19. attēls. Strāva trīsfāžu sistēmas nulles vadā

SLĒGUMS

Salīdzināsim apstākļus trīsfāžu patērētāju pieslēgšanai zvaigznes slēgumā un trīsstūra slēgumā. Ņemsim trīs pretestības, katru 100 un slēdzam tās zvaigznē (sk. 19.21. attēlu).

Šajā gadījumā uz katru pretestību ir fāzes spriegums, pieņemsim, 230 V.

Jauda pie šī slēguma ir:

$$P = \frac{U_f^2}{R} = \frac{230^2}{100} 529\,W$$

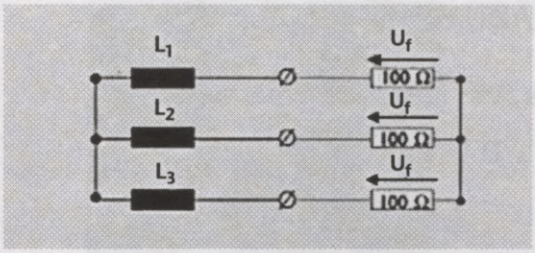
Kopējā trīsfāžu jauda

$$P = 3 \cdot 529 \approx 1{,}6\ kW.$$

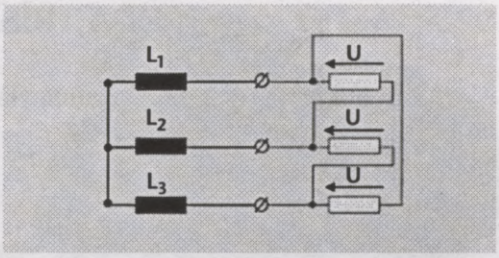
Salīdzināsim ar trīsstūra slēgumu (sk. 19.21. attēlu).

Šeit uz katru pretestību ir līnijas spriegums ($U_L = 380 \div 400$ V).

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{400^2}{100} = 1600\,W$$



19.20. attēls. Slodze zvaigznes slēgumā



19.21. attēls. Slodze trīsstūra slēgumā

Kopīgā jauda ir P = 3 · 1600 = 4800 W = 4,8 kW. Tātad trīsstūra slēgumā, izmantojot analogas pretestības, jauda ir 3 reizes lielāka nekā zvaigznes slēgumā.

$$P_Y = \frac{U_f^2}{R};$$

$$P_\Delta = \frac{U^2}{R} = \frac{\left(\sqrt{3}\cdot U_f\right)^2}{R} = 3\cdot\frac{U_f^2}{R};$$

$$P_\Delta = 3\cdot P_Y.$$

Izmantojot šo apstākli, var izvēlēties lietderīgo slodzi un darba apstākļus, mainīt jaudu un pieslēgspriegumu, pēc vajadzības pārslēdzot trīsfāžu tīklu no zvaigznes uz trīsstūri un otrādi.

ZVAIGZNES–TRĪSSTŪRA PĀRSLĒDZIS

Šādus pārslēdžus plaši izmanto ražošanā, izvēloties optimālo slēgumu, strāvas un sprieguma režīmu. Sevišķi šie pārslēdži noder, lai iedarbinātu asinhronos dzinējus. Kā zināms, palaišanas brīdī asinhronajam dzinējam strāva ir 5 līdz 7 reizes lielāka nekā normālā darba strāva. Tas atkarīgs arī no dzinēja tipa un palaišanas apstākļiem. Tādēļ, lietojot pārslēdzi, palaišanas brīdī statoru saslēdz zvaigznē un pēc tam pārslēdz uz trīsstūri. Ar to pašu tīkla spriegumu un fāžu pretestību palaišanas brīdī fāžu strāva ir 3 reizes mazāka un fāzu spriegums $\sqrt{3}$ reizes mazāks nekā trīsstūra slēgumā.

VEKTORU DIAGRAMMA TRĪSFĀŽU SLODZĒM

Jānoskaidro principi, kā jāzīmē vektoru diagramma trīsfāžu slodzēm. Ja slodze ir simetriska, nekādu jaunu īpatnību nav. Ja slogojums ir nesimetrisks, katrai fāzei jāzīmē sava vektoru diagramma.

JAUDA TRĪSFĀŽU SISTĒMĀ

Ja ir simetrisks slogojums, jauda visās fāzēs ir vienāda. Tādēļ var rakstīt

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I.$$

Aktīvā jauda ir

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi.$$

Reaktīvā jauda ir

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi.$$

19.4. piemērs

Trīsfāzu dzinējam ir atzīme U = 3 · 400 V, I = 12 A, cos φ = 0,6, lietderības koeficients η = 82%. Aprēķināt saņemto un lietderīgi izmantoto jaudu.

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 12 \cdot 0{,}6 = 5{,}0\ \text{kW}$$

Tā kā

$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

no šejienes

$$P_2 = P_1 \cdot \eta = 5{,}0 \cdot 0{,}82 = 4{,}1\ \text{kW}.$$

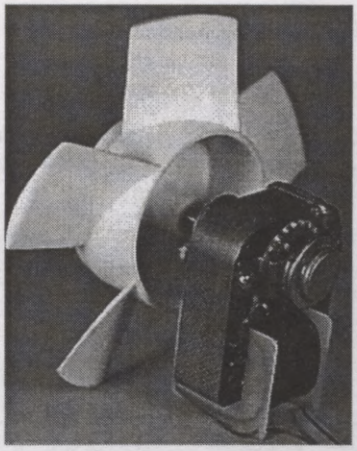
Atbilde: Pievadītā jauda ir 5,0 kW, lietderīgi izmantotā ir 4,1 kW.

Ja slodze ir asimetriska, jaudu rēķina katrai fāzei atsevišķi. Tad ir tāda pati metodika un secība kā vienfāzes sistēmai.

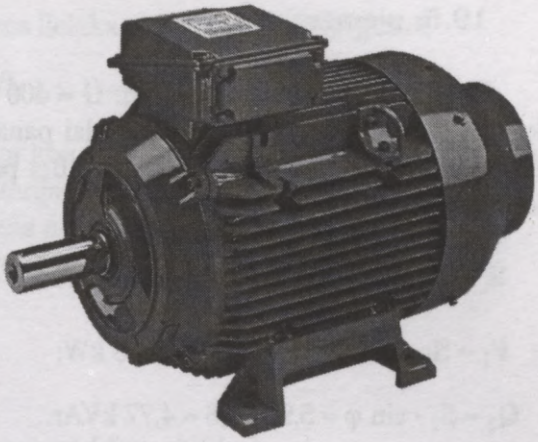
FĀŽU KOMPENSĀCIJA

Katrai slodzei, pēc tās rakstura, ir noteikta fāžu nobīde. Vienfāzes patērētājiem situāciju ir nedaudz vieglāk kontrolēt. Piemēram: Vienfāzes slodze ir ar jaudas koeficientu cos φ = 0,4, P = 2,0 kW, U = 230 V. Kā zināms, aktīvā jauda P = U · I · cos φ. No šejienes

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{2000}{230 \cdot 0{,}4} = 22\ \text{A}.$$



19.22. attēls. Neliels sadzīvē lietojams ventilatora dzinējs



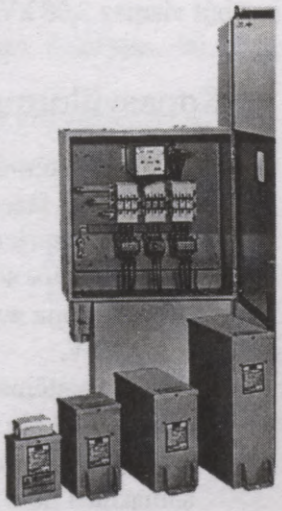
19.23. attēls. Lieljaudas rūpniecisks elektrodzinējs ar kapacitatīvu fāžu kompensāciju

Rezultātā aktīvā strāva ir 22 · 0,4 = 8,8 A. Acīmredzot, ir jāmeklē cēloņi lieliem zudumiem kabelī vai citos posmos.

Rūpniecības uzņēmumos un citos lielajos patērētājos ir savas iekārtas fāžu kompensācijai. Parasti tās ir kondensatoru baterijas, kas kompensē daļu no induktīvās slodzes radītās nobīdes, lai palielinātu cos φ līdz 0,85–0,92. Arī nesimetrisko slodzi cenšas izlīdzināt un kompensēt līdz kādai lietderīgai vērtībai.

TRĪSFĀŽU KOMPENSĀCIJA

Kā jau tika minēts, ir speciālas kondensatoru baterijas, kas ir paredzētas simetriskas induktīvās slodzes kompensēšanai. Privātiem abonentiem ir svarīgi arī kondensatoru baterijas cena un garantija par vienmērīgu kompensāciju visās trīs fāzēs.



19.24. attēls. Kondensatoru baterijas

19.5. piemērs

Trīsfāžu dzinējam ir šādi dati: U = 400 V, I = 8,6 A, cos φ = 0,6. Cik kVAr liela kondensatoru baterija ir vajadzīga, lai panāktu, ka cos φ = 0,8? Apzīmēsim jaudas pirms kompensācijas ar indeksu "1", bet pēc kompensācijas ar indeksu "2". Pirms kompensācijas jaudas ir šādas:

$$S_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8{,}6 = 5{,}96\text{kVA};$$

$$P_1 = S_1 \cdot \cos\varphi = 5{,}96 \cdot 0{,}6 = 3{,}58 \text{ kW};$$

$$Q_1 = S_1 \cdot \sin\varphi = 5{,}96 \cdot 0{,}8 = 4{,}77 \text{ kVAr}.$$

Tiek prasīts, lai pēc kompensācijas aktīvā jauda nesamazinātos. Jābūt

$$P_2 = P_1 = 3{,}58 \text{ kW}.$$

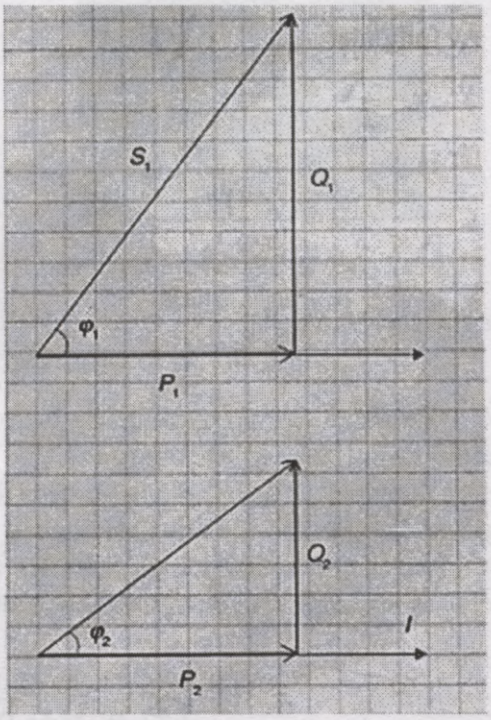
$$S_2 = \frac{P_2}{\cos\varphi_2} = \frac{3{,}58}{0{,}8} = 4{,}48\text{kVA}$$

$$Q_2 = \sqrt{4{,}48^2 - 3{,}58^2} = 2{,}69\text{kVAr}.$$

Jaudas starpību starp Q_1 un Q_2 ir jāsedz kondensatoru baterijai.

$$Q_C = 4{,}77 - 2{,}69 = 2{,}08 \text{ kVAr}.$$

Atbilde: Kondensatoru baterijas jaudai ir jābūt vismaz 2,08 kVAr.



19.25. attēls. Jaudu trīsstūri pirms un pēc kompensācijas

Kopsavilkums

- Trīsfāžu sistēmā ir trīs vienlieli spriegumi savstarpēji nobīdīti fāzē par 120°.
- Vijumus un fāzes apzīmē ar L_1, L_2, L_3 vai A, B, C.
- Saslēdzot sprieguma avotu, iegūst fāzes un līnijas spriegumu. Standartizētā skalā U_L/U_f = 400/230 V (Līdz šim bija 380/220V)
- Ja sprieguma avotu slēdz trīsstūrī, ir pieejams tikai līnijas spriegums $3 \cdot U_L = 3 \cdot 400$ V.
- Trīsfāžu sistēmā var lietot gan trīsstūra, gan zvaigznes slēgumu kā sprieguma avotā, tā arī pie patērētāja.
- Zvaigznes slēgumā līnijā, salīdzinot ar vienfāzes shēmu, trim līnijām vadu skaits samazinās no 6 līdz 4 vadiem, bet trīsstūra slēgumā līdz 3 vadiem.

- Jauda trīsstūra slēgumā ir trīs reizes lielāka nekā zvaigznes slēgumā.

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

- Fāžu kompensāciju parasti izpilda ar kondensatoriem. Trīsfāžu ķēdēs šim nolūkam ir speciālas kondensatoru baterijas.
- Kondensatoru baterijas ir paredzētas noteiktam spriegumam.
- Fāžu kompensācija ietekmē arī aktīvo jaudu.

Kontroljautājumi

1. Kā citādi var nosaukt sprieguma acumirklīgo vērtību?
2. Cik liela fāžu nobīde ir starp sprieguma vektoriem?
3. Cik liela ir ģeneratora spriegumu summa visās trīs fāzēs?
4. Aprēķināt acumirkļa vērtību spriegumam U=230 V, ja fāžu nobīde ir 60°.
5. Cik liels ir fāžu spriegums, ja līnijspriegums ir 660 V?
6. Kādi ir trīsfāžu patērētāju slēgumi?
7. Cik liela jauda ir simetriski slēgtiem sildelementiem zvaigznē, ja spriegums starp fāzēm ir 400 V un strāva fāzē ir 2,2 A?
8. Cik liela jauda ir sildelementiem 7. uzdevumā, ja tie slēgti trīsstūrī?
9. Kādā veidā plūst strāva nullvadā, ja ir nesimetriska slodze?
10. Kāpēc, iedarbinot elektrodzinēju, bieži lieto Y/Δ slēdzi?
11. Dzinējam ir atzīme U = 230 V, P = 4 kW, f = 50 Hz, cos φ = 0,7. Cik lielu kondensatoru vajag, lai cos φ palielinātu līdz 0,65?
12. Kādai ir jābūt kondensatora kapacitātei, lai cos φ = 0,85?
13. Uzzīmē jaudu trīsstūri dzinējam U = 400 V, I = 7,6 A, f = 50 Hz, cos φ = 0,6! Dzinējs trīsfāžu.
14. Aprēķini kondensatoru bateriju 8. uzdevumā dotajam dzinējam, lai būtu cos φ =1!
15. Uzzīmē jaudas trīsstūri 9. uzdevuma dzinējam pēc fāžu kompensācijas!

TRĪSFĀŽU MAŠĪNAS UN SLĒDŽI

Šajā nodaļā uzzināsi:

- kā raksturot transformatora uzdevumus;
- kāpēc tiek izgatavoti gan vienfāzes, gan trīsfāžu transformatori;
- kā ieslēgt vatmetru, lai uzzinātu jaudu un aprēķinātu cos φ;
- kādi ir transformatoru slēgumi primārajā un sekundārajā pusē;
- kādā veidā darbojas sinhronie un asinhronie dzinēji.

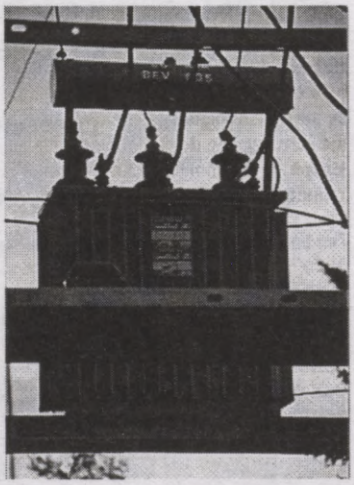
Šajā nodaļā apskatīsim trīsfāžu elektrisko mašīnu darba principus. Vispirms tie ir transformatori un vēl arī sinhronās un asinhronās mašīnas.

TRANSFORMATORA KONSTRUKCIJA

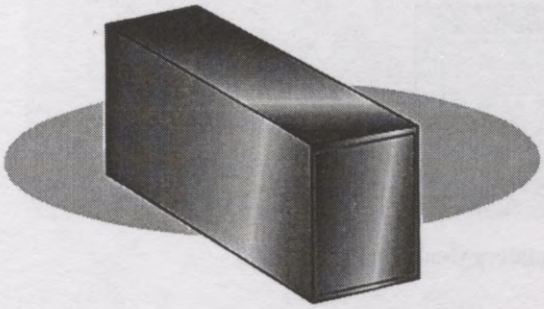
Transformatoru darbības principi jau tika apskatīti. Tādēļ tikai īss atkārtojums.

Jebkurš transformators sastāv no primārajiem un sekundārajiem vijumiem, kas ir uztīti ar savstarpēji izolētiem vara vadiem. Var būt arī vēl trešais tinums, kas paredzēts trešajam spriegumam, piemēram, 110/20/10 kV, tad to sauc par trīstinumu transformatoru. Zemākā sprieguma pusē var būt arī šķeltie tinumi, kad zemākā sprieguma puse ir dalīta divās vienādās daļās.

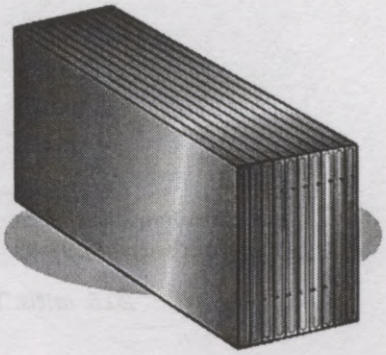
20.2. attēlā ir parādīts transformatora dzelzs serdes šķērsgriezums. Pa šo serdi noslēdzas magnetiskā lauka spēka līnijas un inducē strāvu sekundārajā tinumā. Vienlaikus elektriskajos tinumos un serdē rodas virpuļstrāvas, kas dzelzs serdē rada siltumu un līdz ar to papildu zudumus. Lai virpuļstrāvu būtiski samazinātu, serdi veido no elektrotehniskā tērauda plāksnēm, kas savstarpēji ir atdalītas ar izolējošu laku.



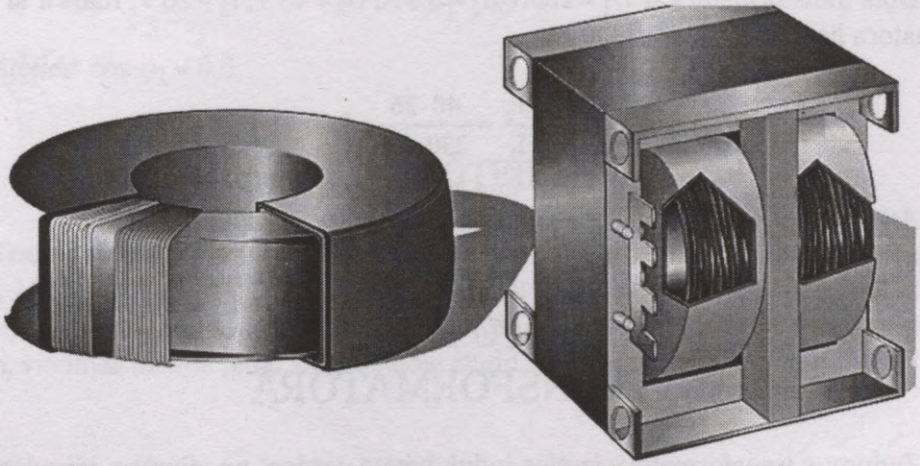
20.1. attēls. Brīvgaisa transformators patērētāju elektroapgādei



20.2. attēls



20.3. attēls. Transformatora serde salikta no tērauda plāksnēm

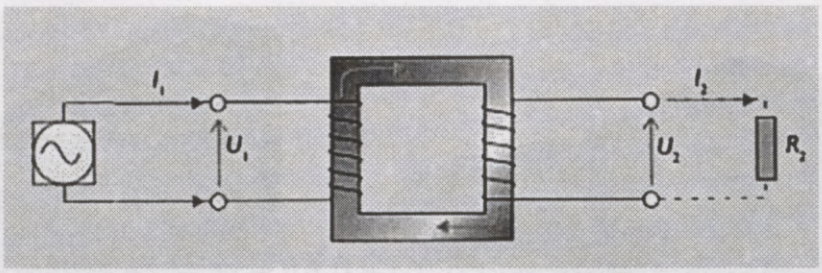


20.4. attēls. Dažāda tipa transformatori

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 uzskata, ka transformatoram ir augsts lietderības koeficients.

Lietderības koeficients

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$



20.5. attēls. Transformatora vienkāršota shēma

20.2. piemērs

Dots transformators ar $U_1 = 230$ V, $I_1 = 5{,}8$ A, $U_2 = 48$ V, $I_2 = 26$ 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.

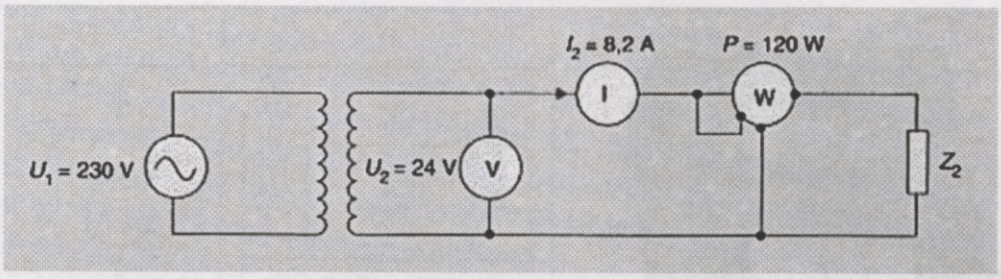
ZUDUMU RAKSTURS TRANSFORMATORĀ

Zudumus transformatorā izraisa induktivitāte serdenī un vijumos, virpuļstrāvas, ko sauc par tukšgaitas zudumiem, un tinumu vados radušās aktīvās pretestības zudumi — slodzes vai vara zudumi, jo tinumi ir tīti no vara vadiem. Transformatora darbību raksturo arī jaudas koeficients — cos φ, kas ir vektoru nobīdes leņķi attēlojošs lielums un apzīmē transformatora atrašanās vietu starp strāvas avotu un patērētāju. Lai gan ir jācenšas samazināt minētos zudumus, galvenā vērība ir jāpievērš cos φ uzlabošanai, tā tuvināšanai robežlielumam 1.

20.3. piemērs

Aprēķināt cos φ_1 20.6. attēlā dotajā shēmā.

Kā redzams, sekundārajā pusē ir ieslēgts ampērmetrs, voltmetrs un vatmetrs. Vatmetrs sekundārajā pusē rāda aktīvo jaudu, cos φ ir vienāds kā primārajā, tā arī sekundārajā pusē. Tādēļ pietiek aprēķināt cos φ_2, lai uzzinātu vēlamo — cos φ.



20.6. attēls

$$S_2 = U_2 \cdot I_2 = 24 \cdot 8{,}2 = 196{,}8 \text{ VA}$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{120}{197} = 0{,}6$$

Atbilde: $\cos \varphi_1 = 0{,}6$.

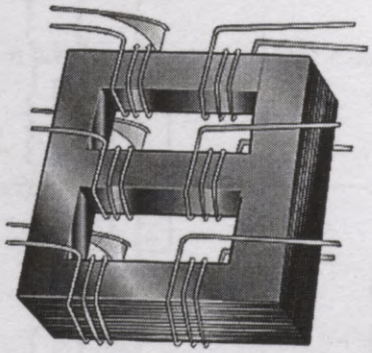
JAUDAS NOTEIKŠANA

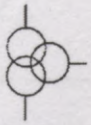
Transformatora vijumu šķērsgriezums ierobežo strāvas lielumu, kas var pa to plūst. Maksimāli atļautā strāva ampēros bieži ir uzrakstīta uz plāksnītes, kur ir doti pieļaujamie strāvas u. c. parametri — tā sauktie pases dati. Lai izvairītos no pārpratumiem, vienmēr uzrāda pilno vai šķietamo jaudu "S", ko mēra kVA.

TRĪSFĀŽU TRANSFORMATORI

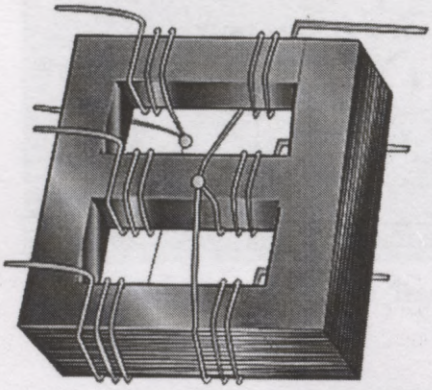
Trīsfāžu transformatori parasti ir izgatavoti ar dubulta E veida serdeņiem, uz kuriem ir uzvīti kā primārie, tā arī sekundārie fāžu tinumi.

Trīsfāžu tranformatora tinumi var būt savienoti gan zvaigznes, gan trīsstūra slēgumā. Augstākā un zemākā sprieguma pusē var būt atšķirīgi slēgumi.

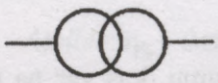
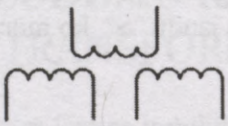
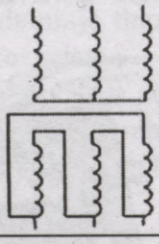
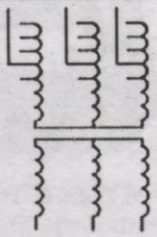


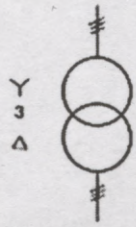
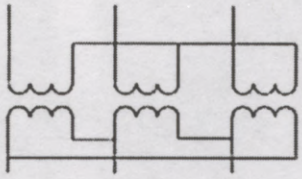
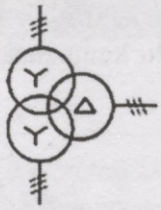
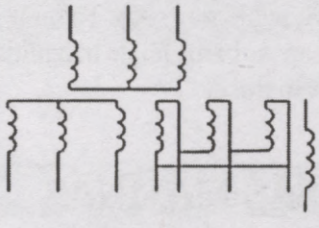


20.7. attēls. Trīsfāžu transformators uz "E2" tipa serdes



20.8. attēls. Trīsfāžu transformators, savienots slēgumā "zvaigzne/zvaigzne". Kreisā puse ir slēgta ar nulles punkta izvadu, radot iespēju pievienot vienfāzes patērētājus

Simbols		Paskaidrojumi
Vienlīnijas shēma	Daudzlīniju shēma	
1	2	3
		Divtinumu transformators
		Transformators ar šķeltu sekundāro tinumu
		Trīsfāžu transformators zvaigznes/trīsstūra slēgumā
		Trīsfāžu transformators ar slēgumu zvaigzne/zvaigzne un sprieguma regulēšanas pakāpēm augstākā sprieguma pusē

1	2	3
		Trīs vienfāzes transformatori saslēgti grupā zvaigznes /trīsstūra slēgumā
		Trīsfāžu transformators ar diviem zvaigznes un vienu trīsstūra slēgumu

TRĪSFĀŽU JAUDA

Jaudas aprēķinu izpildījām trīsfāžu transformatoram. Jāatgādina, ka ir svarīgi nesajaukt aktīvo un pilno jaudu, tātad jābūt pārliecībai par jaudas koeficienta cos φ atbilstību.

20.4. piemērs

Elektrodzinējam ir atzīme U = 3 · 400 V, P = 9 kW, cos φ = 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:

$$S_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2 .$$

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

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{9000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0{,}5} = 25{,}9\,A.$$

Kā redzams, pieslēdzot dzinēju, transformators būs pārslogots. Šo problēmu var atrisināt, ja samazina leņķi φ, respektīvi, palielina cos φ. Tātad ir jāpievieno atbilstošas kapacitātes kondensatoru baterija. Neapšaubāmi lētāk ir izpildīt fāžu kompensāciju, nekā iegādāties lielākas jaudas transformatoru.

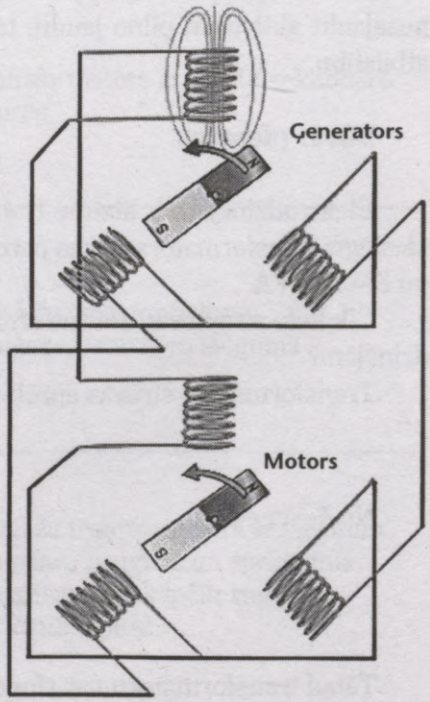
ROTĒJOŠĀS MAŠĪNAS

Dažāda veida rotējošās mašīnas jau ir apskatītas 17. un 18. nodaļā un nav pamata to atkārtot. Tādēļ tikai konspektīvs papildinājums.

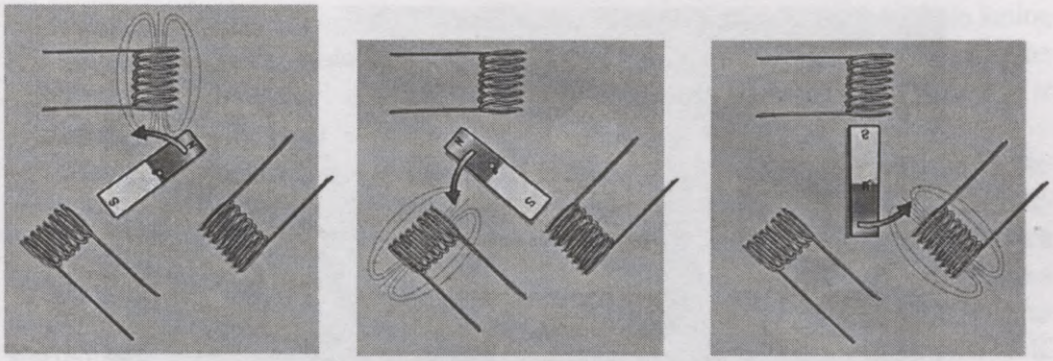
SINHRONIE DZINĒJI UN ĢENERATORI

Ģeneratorā rotē magnēts un to griež ārējs spēks — hidroturbīna, tvaika turbīna, dīzeļmotors. Šajā gadījumā rotors ir pastāvīgais 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 (sk. 20.10. attēlu). Dzinēja un ģeneratora rotori griežas sinhroni, kas nepieciešams dažādu aparātu, elektronisko iekārtu u. c. darbināšanai. Sinhronā dzinēja apgriezieni atkarīgi

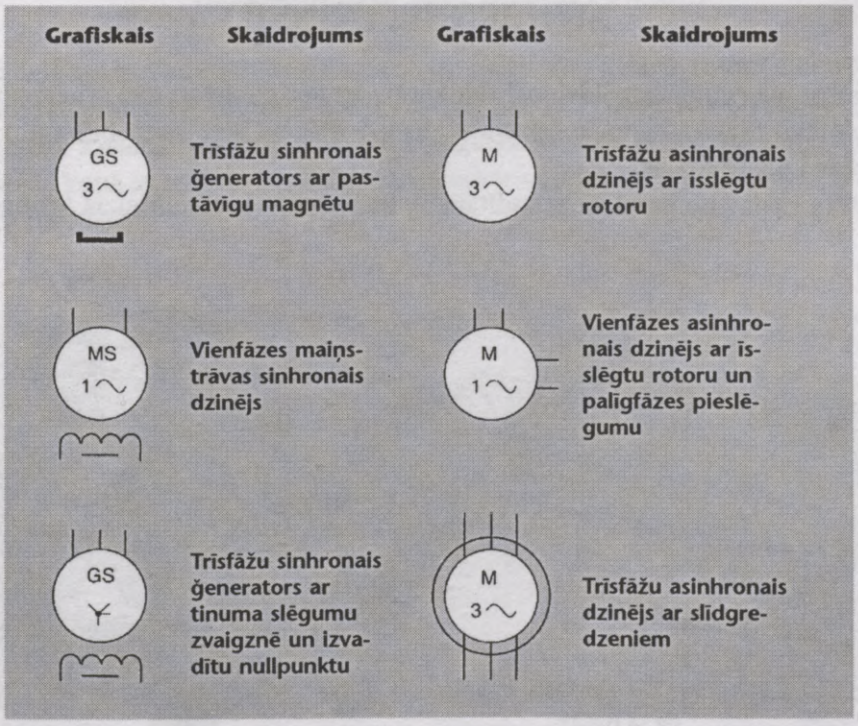


20.9. attēls. Tinumu slēgumi



20.10. attēls

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, ar 50 Hz frekvences sinhronā dzinēja rotoru būs 50 apgriezieni sekundē vai 50 · 60 = = 3000 apgriezieni minūtē. Ja dzinējā ir četri poli, būs 1500 apgr./minūtē. Jo vairāk polu, jo mazāk apgriezienu minūtē.



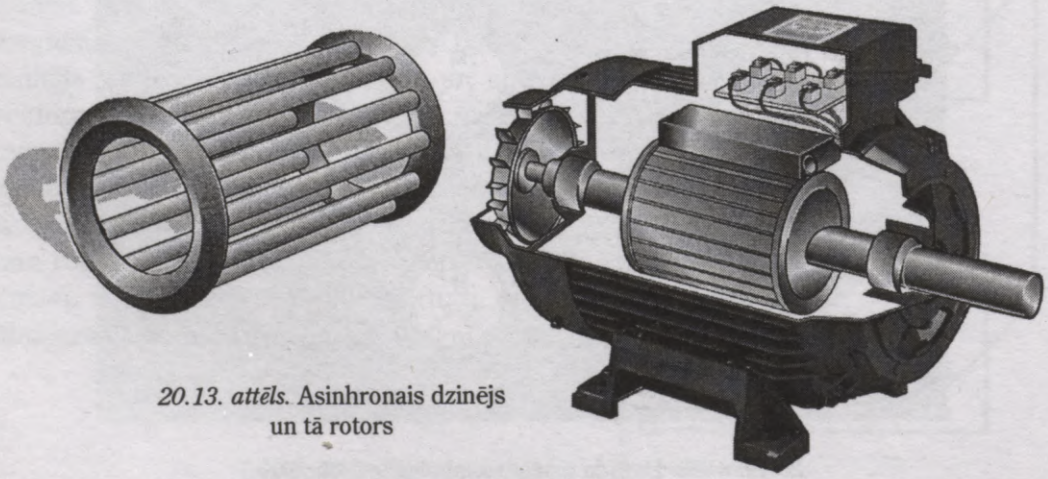
20.11. attēls. Dažādu mašīnu simboliskie apzīmējumi

20.11. attēls. Elektrostacijas mašīnzāle. Redzami hidroģeneratoru līdzstrāvas ierosinātāji

ASINHRONIE DZINĒJI

Asinhronie dzinēji ir salīdzinoši vienkārši gan pēc uzbūves, gan arī ekspluatācijā, turklāt lētāki. Stators tiem ir līdzīgs sinhronā dzinēja statoram, bet rotors ir ļoti vienkāršas konstrukcijas.

Rotors sastāv no paralēliem vadītājiem, kas parasti ir cilindriskas formas. Tie ir



20.13. attēls. Asinhronais dzinējs un tā rotors

īsslēgti rotora galos ar speciāliem gredzeniem. Rotora tinumos ir magnētiskais lauks, kas inducē spriegumu statora vados. Šādi īsslēgti rotori ir mazas un vidējas jaudas asinhronajiem dzinējiem, bet lielākiem lieto slīdgredzenus. Visi statora tinuma vadi ir vienāda magnētiskā lauka iespaidā, tādēļ arī spriegums ir vienāda stipruma.

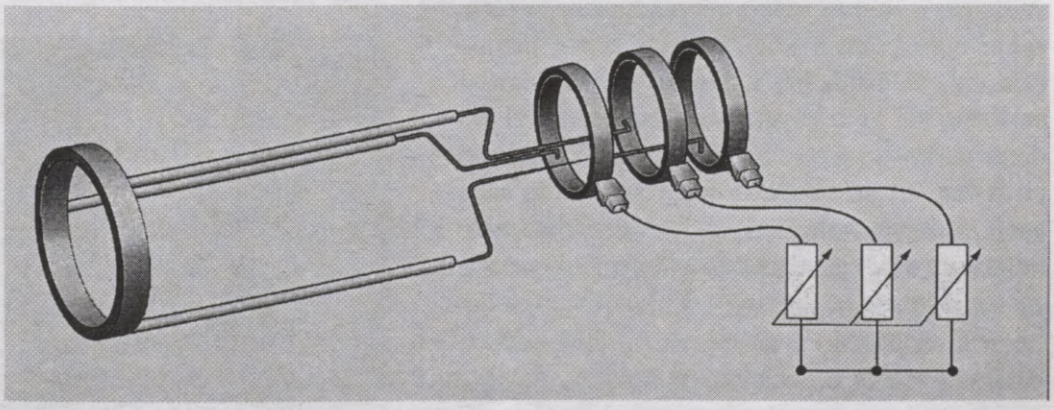
Statora tinuma magnētiskais lauks ir rotējošs un arī rotoru griež tajā pašā virzienā. Atšķirīgi ir rotācijas ātrumi. Noslēgtā rotora ķēde mijiedarbojas ar statora magnētisko lauku un rada griezes momentu. Rotora griešanās ātrums atpaliek no statora magnētiskā lauka griešanās ātruma. To sauc par asinhrono rotāciju. Ja rotors grieztos ar sinhronu ātrumu v_2, 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 nekā nominālā darba strāva, kādēļ dzinēja palaišanai lieto zvaigznes/trīsstūra slēdzi.

SLĪDGREDZENU LIETOJUMS

Lai lielākas jaudas dzinējiem samazinātu palaišanas strāvu, rotora elektroapgādei lieto slīdgredzenus. Uz rotora ir trīs vienādas, par 1200 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 sukas, iestiprinātas suku turētājos.



20.14. attēls. Asinhronā dzinēja principiālā uzbūve ar slīdgredzeniem

MEHĀNISKIE UN ELEKTRONISKIE SLĒDŽI

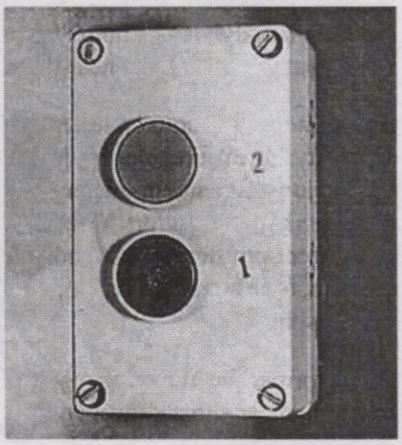
Iepriekšējās nodaļās ir minēts, ka elektriskajās ķēdēs lieto dažādus ieslēgšanas un atslēgšanas aparātus — slēdžus un dažādas to izpildkonstrukcijas. Vieni slēdži ir domāti slēgšanai ar roku, ko veic apkalpojošais personāls, bet citi darbojas automātiski. Piemēram, iekārtā paaugstinoties temperatūrai, var automātiski ieslēgties ventilators vai arī, mainoties līmenim ūdens vai degvielas tvertnē, automātiski ieslēdzas vai atslēdzas sūknis. Pirms tam ir pienākusi devēja komanda par konkrētiem apstākļiem, kas pieprasa šī sūkņa slēgšanu. Ir dažādas konstrukcijas devēji vai sensori, gan mehāniski, gan automātiski, piemēram, automašīnas mazgāšanas iekārtās vai metināšanas automāta darbināšanai. Tie var veikt rīkojumu un informācijas devēju funkcijas un arī izpilddarbības. Vadības un regulēšanas aparatūru pēc darbības veida var nosacīti iedalīt:

a) rokas slēdži — manuālie komandaparāti;
b) mehāniskie slēdži;
b) elektriskie slēdži;
c) elektroniskie slēdži.

MEHĀNISKIE SLĒDŽI

Šie slēdži ir ar rokas (manuālo) vai mehānisku vadību. Tie ir salīdzinoši lētāki nekā jaunāku veidu slēdži. Tos var lietot gan brīvgaisa iekārtās, gan arī iekštelpās. To parastais izpildījums ir spiedpogas, drošības trošu slēdži, komandkontrolieri, gala un ceļa slēdži. Apzīmējumā parasti ir burts S vai Q.

Ieslēgšanas slēdži un atslēgšanas vai "stop" slēdži parasti ir vienā korpusā un vadība ar roku tiek veikta ar spiedpogām. Ieslēgšanas spiedpoga ir kādā neitrālā krāsā, piemēram, zaļa vai balta, bet atslēgšanas spiedpoga — sarkana, vai ar iebūvētu signālspuldzīti vai kādiem uzrakstiem — "STOP" u. tml. Vienā korpusā var būt arī vairākas spiedpogas. Tās sauc par spiedpogu sekcijām un iekārtas trosē lieto telferu un citu ceļamierīču vadībai.



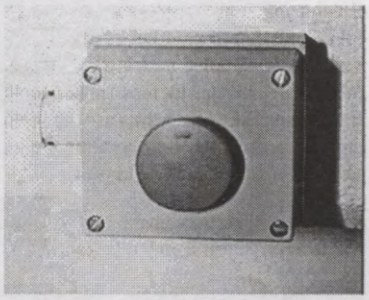
20.15. attēls. Palaišanas un apturēšanas spiedpoga ar slēdzi

STOPSLĒDŽI

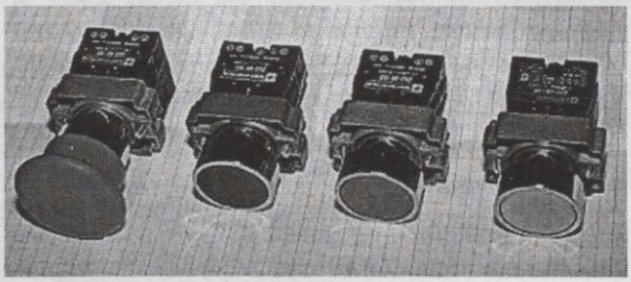
Starptautiskos saziņas līdzekļos apzīmē — ja spiedkontakts ir normāli atslēgts — *NO* — (angliski "*normally open*") un ja normāli ieslēgts — *NC* — (angliski "*normally closed*"). Spiedpogas var būt uzstādītas vadības pultīs, paneļos, izdevīgākajā apkalpošanas stāvoklī — horizontāli, slīpi, vertikāli, iemontēti pedāļos pārslēgšanai ar kāju. Spiedpogas raksturo nominālais spriegums, ilgstoša strāva, pievienojamo vadu šķērsgriezums, spiediena spēks uz spiedpogu.

AVĀRIJAS SLĒDZIS

Avārijas slēdzis sastāv no slēgkontaktiem un komandas devēja. Kontakti ir ātrdarbīgi, nodrošinot ātru ķēdes pārtraukšanu. Spiedpoga ir nedaudz izbīdīta. Bieži vien spiedpogas sarkano krāsu dublē uzraksti un lokāls apgaismojums. Šos slēdžus lieto dažādās iekārtās, piemēram liftos, eskalatora slīdkāpnēs u. c.



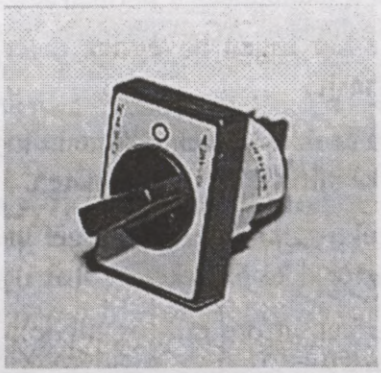
20.16. attēls. Avārijas atslēdzis



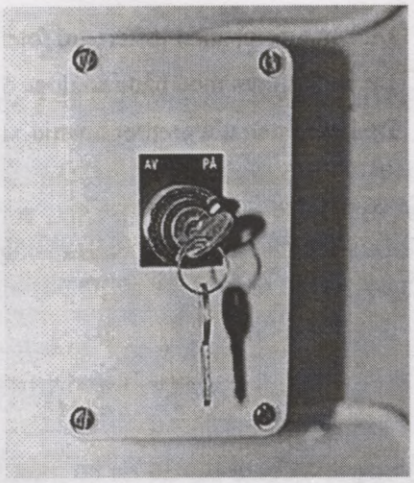
20.17. attēls. Avārijas, starta, "stop" un impulsa slēdzis

GALA UN CEĻA SLĒDŽI

Parasti tie ir mehāniskie slēdži. To nostrāde ir saistīta ar mehāniskās iekārtas kustību līdz konkrētai vietai, tādēļ tos sauc arī par pozīcijslēdžiem. Piemēram, lifts apstājas vajadzīgajā stāvā tādēļ, ka darbojas ceļa slēdzis vai apstājas apakšējā stāvā, jo darbojas gala slēdzis. Svarīga ir darbinātāja (lifta sviru) jutība un kustības ātrums, kontaktu nominālā strāva, kā arī spriegums un kustīgās detaļas un slēdža kustības uztvērēja konfigurācija. Darbības signāls gala slēdzim var pienākt no sensora vai lifta pasažierim nospiežot attiecīgā stāva spiedpogu.



20.18. attēls. Rokas un automātiskais slēdzis



20.19. attēls. Slēdzis nodrošināts pret nevēlamām darbībām

ELEKTRONISKIE SLĒDŽI

Elektroniskiem slēdžiem ir kustīgie dalītāji un elektroniskās izejas shēmas ar tiristoriem un tranzistoriem. Šie slēdži kalpo droši un ir ar augstu jutību. Tie ir mazāka izmēra, kompaktāki, tiem nav tik daudz kustīgo detaļu. Tos var lietot kā iekštelpās, tā arī brīvgaisā. Visiem šiem slēdžiem ir kopējs automatiskais stāvokļa un komandas devējs–sensors (latīniski "*sensus*" — jūtas, sajūta). Automātiskajās iekārtās un industrijā lieto galvenokārt šāda tipa sensorus:

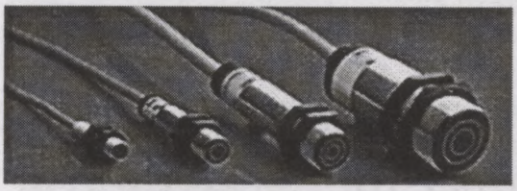
a) induktīvie devēji;
b) kapacitatīvie devēji;
c) fotoelektriskie devēji;
d) ultraskaņas devēji;
e) līmeņa devēji;
f) pārspiediena devēji;
g) termodevēji.

Slēdžos izšķir "S" — saslēdzējkontaktus un "P" — pārtraucējkontaktus. Pēc darbības rakstura izšķir momentkontaktus (lēcienveida) un lēndarbīgos kontaktus (laidenās darbības).

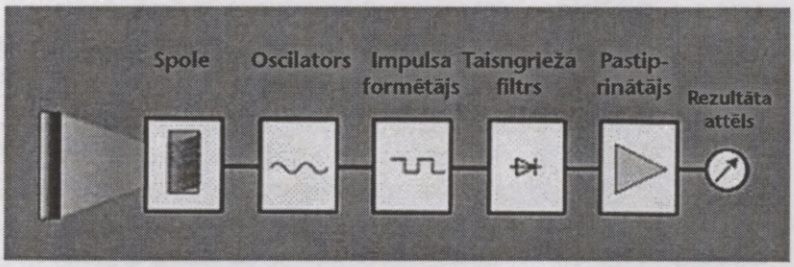
Sensorus elektroapgādes ķēdēs parasti izmanto līdzstrāvu ar 10 līdz 3 V spriegumu, bet dažkārt arī maiņspriegumu.

Kā piemēru apskatīsim induktīvo devēju. Šī devēja darbība nodrošina dažādu metālisku detaļu kustību elektromagnētiskā laukā, piemēram, izgatavotas no dzelzs,

alumīnija, vara u. c., bet nereaģē uz koka, papīra vai tamlīdzīgiem izstrādājumiem. Darba vietā esošais devējs dots attēlā 20.21., bet signāla apstrāde pirms galīgā rezultāta ieguves — attēlā 20.22.



20.21. attēls. Induktīvais devējs



20.22. attēls. Induktīvā devēja blokshēma

Kontroljautājumi

1. Kādā veidā var samazināt virpuļstrāvas transformatora serdenī?
2. Cik daudz vijumu ir vienfāzes transformatora sekundārajā pusē, kur $U_2 = 38$ V, ja primārais spriegums $U_1 = 230$ V un ir 2000 vijumu?
3. Kāds ir lietderības koeficients 2. uzdevumā, ja $I_1 = 2{,}1$ A un $I_2 = 11{,}6$ A?
4. Uzzīmē shēmu trīsfāžu transformatoram
   a) ar zvaigzne/trīsstūris slēgumu,
   b) ar zvaigzne/zvaigzne slēgumu.
5. Trīsfāžu transformatoram ir uzraksti U = 3 · 22kV/3 · 400 V, S = 8 kVA. Cik lielu strāvu transformators nodrošina?
6. Cik būs elektrodzinēja apgriezienu minūtē, ja tam ir 3 polu pāri un f = 50 Hz?
7. Kurā brīdī asinhronais dzinējs attīsta lielāko strāvu?
8. Ar ko atšķiras sinhronā dzinēja un asinhronā dzinēja rotācijas process?
9. Kādas priekšrocības ir elektroniskajiem slēdžiem salīdzinājumā ar parastajiem?
10. Kādam nolūkam kalpo gala un ceļa slēdži?
11. Kādas ir avārijas atslēdzēju konstruktīvās īpašības?

ELEKTROENERĢIJAS RAŽOŠANAS PRINCIPI UN PĀRVADE

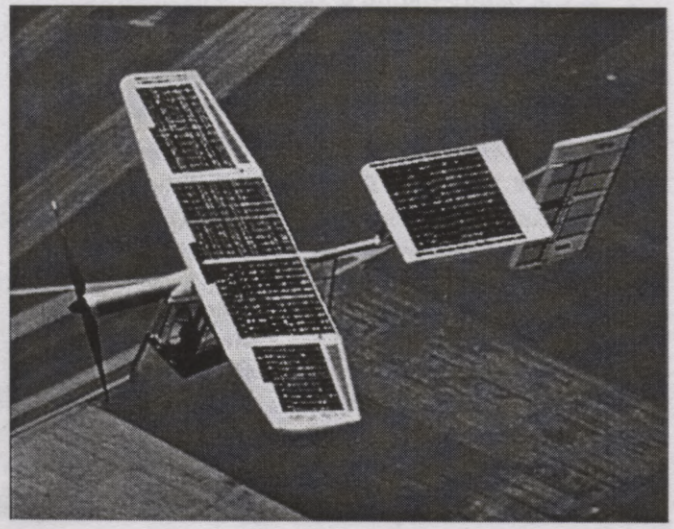
Šajā nodaļā uzzināsi:

- atšķirības starp atjaunojamiem un neatjaunojamiem enerģijas avotiem;
- kādā veidā darbojas dažādi atjaunojamās enerģijas avoti;
- kādā veidā darbojas dažādi neatjaunojamie enerģijas avoti.

ENERĢIJAS AVOTI

Enerģijas avotus iedala atjaunojamos un neatjaunojamos. Atjaunojamos enerģijas avotus var lietot saprātīgā daudzumā, un tie atkal atjauno savus sākotnējo resursu. Šeit vispirms jāmin hidroresursi, ko izmanto hidroelektrostacijās un kas Latvijas kopīgajā energobilancē veido būtisku daļu.

Arī vēja enerģija pieder pie šīs grupas, un pēdējos gados Latvijā jau ir neliela



21.1. attēls. Paula Makkredo pārlidojums 1981. gadā ar lidaparātu, ko baro saules baterijas, no Parīzes līdz Londonai

pieredze tās izmantošanā. Eksperimentālā līmenī Latvijā ir saules enerģijas un biogāzes izmantošanas iestrādes elektroenerģijas ieguvē. Mūsu apstākļos praktiski nav iespējams izmantot zemes dziļu siltumu un jūras viļņu enerģiju. Neatjaunojamie energoresursi ir ogļu, dabas gāzes, naftas produktu, koksnes (daļēji), kūdras, urāna rūdas izmantošana enerģijas ieguvē.

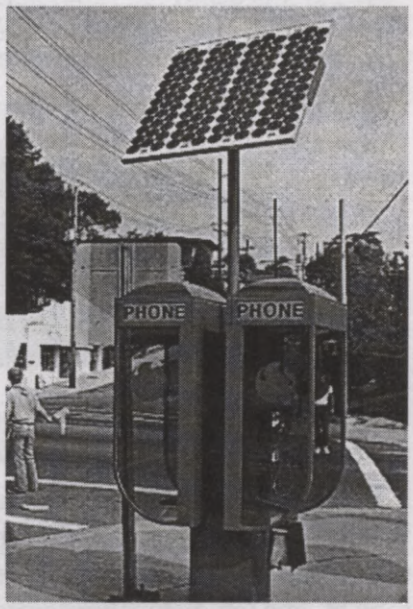
ATJAUNOJAMIE ENERGORESURSI

Visā pasaulē un visās valstīs ar atjaunojamo energoresursu izmantošanu saistās lielas cerības un ir vēlmes, kaut šo resursu būtu vairāk un tie būtu stabili, piemēram, Daugavā ūdens vienmēr būtu bagātīgā daudzumā. Turklāt hidroresursi, vējš, biogāze, saules enerģija nepiesārņo apkārtējo vidi, nerada izdedžus, dūmgāzes, kā tas notiek ar neatjaunojamiem energoresursiem.

Tomēr atjaunojamo dabas resursu izmantošanas iespējas ir saistītas ar virkni problēmu, jo dažkārt ir grūti prognozēt to reālo nodrošinātību — vai nu tas būtu vējš, vai ūdens resursi u. c.

Lai iegūtu hidroenerģiju, ir vēlams augsts kritums, ko vislabāk nodrošina kalnu upes, saules enerģijai nepieciešams bagātīgs un regulārs starojums, vēja enerģijai — spēcīgs un stabils vējš.

Neatjaunojamo energoresursu izmantošanā ir jārēķinās ar izdedžu, radioaktīvo atkritumu, gaisa piesārņojuma problēmām. Tāpat rūpīgi jāapsver, cik lieli būs kapitālieguldījumi būvniecībā un cik izmaksās kurināmā piegāde.



21.2. attēls. Saules elements piegādā elektroenerģiju telefona sarunvietai

Saules enerģija

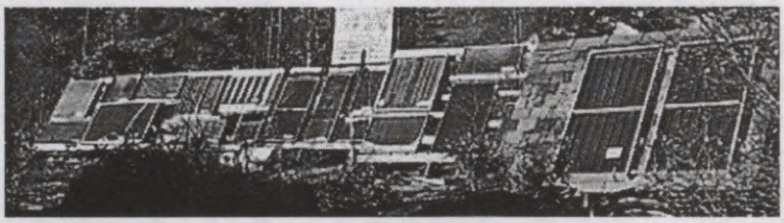
Saule ir Zemes enerģētikas avots, jo visi uz zemes sastopamie enerģijas veidi ir radušies vai tiek saņemti no Saules. Atcerēsimies, ka ogles, nafta, kūdra, koksne — viss ir akumulēta un gadu tūkstošiem uzkrāta saules enerģija. Arī vējš un ūdens cirkulācija dabā ir saules enerģijas izpausme.

Kopējais Saules enerģijas potenciāls uz Zemes ir ārkārtīgi liels. Tikai šis starojums ir izkliedēts, tādēļ ar zemu intensitāti. Pilnīgi skaidrā laikā starojums sasniedz 250 W/m^2, rēķinot visu sauszemi un arī ūdeņu virsmu.

Vienīgais enerģijas veids, kam nav tiešas saistības ar sauli, ir atomenerģija. Šobrīd tiek izmantotas trīs saules enerģijas piesaistes un izmantošanas jomas

1) saules siltuma izmantošana telpu apsildei vai atvēsināšanai
2) saules enerģijas pārvēršana elektroenerģijā
3) saules enerģijas akumulēšana dzīvajā un nedzīvajā dabā — augos, gaisa un ūdens cirkulācija utt.

Samērā plaši tiek lietoti saules siltuma kolektori. Lēzenā tilpnē ievietotas caurules, pa kurām plūst ūdens, var būt arī ūdens rezervuārs. Caurules un tilpne krāsotas melnā krāsā, lai labāk uztvertu siltumu. Virspusē uzliktais stikls netraucē saules starojumu. Toties infrasarkanā starojuma atpakaļ atdeve vidē ir kavēta. Ar šādiem kolektoriem var veikt dažādus apsildes, žāvēšanas uc. pasākumus. Arī Latvijā tiek veikti šādi eksperimenti.



21.3. attēls. Eksperimenti ar saules paneļiem

Dienvidu zemēs, kur saules starojums ir bagātīgs, jau ekspluatē saules elektrostacijas, kur starojumu ar spoguļiem koncentrē uz centrā novietotu tvaika katlu, un tvaiku izmanto tvaika turbīnā. Iegūst arī elektroenerģiju ar foto elektriskajām baterijām, kur fotoelementi gaismas enerģiju pārvērš elektrodzinējspēkā.

Fotoelementu būtība ir diode, kuras katodam ir uzklāts gaismu jutīgs metāls, piemēram, sudrabs vai cinks. Apgaismojot katodu, rodas brīvie elektroni un anoda ķēdē plūst fotostrāva. Vienkāršots fotoefekta skaidrojums — gaismas kvants no metāla virsmas atbrīvo elektronus un piešķir tiem enerģiju. Pagaidām praktiskais lietojums ir gūts autotransportā un citās eksperimentālās iekārtās. Latvijā, protams, saules enerģijas lietošanas iespējas ir ierobežotas, jo saulaino dienu gadā ir maz.

Vēja enerģija

Cilvēce vēja enerģiju izmanto jau sen — vējdzirnavās. Pozitīvais ir tas, ka vējš ir bezmaksas un šī enerģija nepiesārņo vidi. Galvenais trūkums ir vēja nepastāvīgais raksturs un nevienmērīgā izkliede. Enerģijas daudzums, ko iegūst no vēja, ir proporcionāls vēja plūsmas laukumam un ātrumam trešajā pakāpē. Ja vējš samazinās divas reizes, vēja enerģija samazinās 8 reizes.

Pirmās vēja turbīnas Latvijā sāka izgatavot 20. gs. 30. gados rūpnīcā VEF un tās tika uzstādītas lauku saimniecībās. Ļoti svarīgi ir atrast izdevīgāko vietu vēja ģeneratora uzstādīšanai. Latvijā tā ir Kurzemes piejūras zona un Ainažu piekraste, kur vidējais vēja ātrums pārsniedz 5 m/sek.

Pasaulē vēja enerģētika plaši attīstās kopš 20. gs. 70. gadiem. Tā ir ieviesta Dānijā, ASV, Holandē, jo vidējais vēja ātrums ir 15 m/sek. Vēja elektrostaciju problēmas saistās ar apledojumu, televīzijas pārraižu traucējumiem, putnu bojāeju, troksni un sprieguma svārstībām. Tādēļ ir eksperimentālas izstrādes strāvu caur taisngriezi pārvērst līdzstrāvā un pēc tam atkal maiņstrāvā.

Latvijā jau vairākus gadus darbojas pirmie vēja ģeneratori pie Ainažiem, tad vēl Užavā pie Ventspils un 2002. gadā tika būvēts vēja parks Liepājas rajonā ar 33 vēja ģeneratoriem 78 m augstos torņos.

Vēja ģeneratoru torņiem ir jābūt ar minimālu virsmu, lai nebūtu plūsmas zudumu un virpuļplūsmas. Vēja agregātu uzstādīšanas izdevumi ir 2 līdz 3 reizes lielāki nekā termoelektrostaciju izbūve, protams, attiecinot to uz 1 kW uzstādītās jaudas. Kopumā Latvijas vēja enerģijas izmantošana vēl ekonomiski nav attaisnota un turpinās pētnieciskais darbs.

Bioenerģija

Bioenerģija ir akumulēta saules enerģija. Kopējais biomasas ikgadējais pieaugums uz Zemes ir ap 200 miljardi tonnu. Šeit būtu jāatzīmē koksne, krūmāji, salmi, topinambūrs, rapsis un citi dabas produkti. Šī biomasa, kuras enerģētiskais potenciāls ir ļoti augsts, ir maz izmantojama enerģētikā, jo ir izkaisīta pa zemes virsmu, ir grūti sagatavojama un to nelielā apjomā izmanto tekstilrūpniecībā, celulozes un papīra rūpniecībā, kā arī celtniecībā. Tās siltumietilpība ir vairākas reizes zemāka nekā naftas produktiem, tādēļ lietojums ir vietēja rakstura. Pēdējā laikā gan ievieš šķeldas (rupju koka skaidu) un brikešu kurtuves un kurināmā bilance nedaudz izlīdzinās.

Pēdējos gados paplašinās biomasas pirmapstrāde, iegūstot deggāzi — metānu vai šķidro kurināmo — hidrolīzi. Ir pirmās iestrādes biogāzes izmantošanai apsildē, piemēram, Ogres rajona Jumpravas ciematā, bet no 2002. gada Getliņu atkritumu krātuvē pie Rīgas ir sākta šīs gāzes izmantošana elektroenerģijas ražošanai, izmantojot Čehijas iekārtu un pieredzi.

Viļņu enerģija

Šī nozare Latvijā nav perspektīva. Spānijas un Francijas piekrastē, kur jūras līmeņa starpība paisuma un bēguma iedarbībā sasniedz 9 m, šīs iespējas jau tiek pētītas. Pirmā viļņu elektrostacija Francijā tika izbūvēta 1910. gadā, bet 1967. gadā Lamanša jūras šaurumā Francijas pusē izbūvēta elektrostacija ar 240 MW jaudu.

Arī Krievijā, netālu no Murmanskas, ir pirmā eksperimentālā paisuma elektrostacija ar jaudu 0,4 MW.

Citas enerģijas ieguves metodes

Enerģētiķi un zinātnieki visā pasaulē meklē jaunas un pilnīgākas enerģijas, tajā skaitā elektroenerģijas, ieguves metodes un ceļus. Jau ir reālas iestrādes praktiskā zemes siltuma izmantošanā. Ģeotermālo ūdeņu temperatūra atsevišķos rajonos sasniedz 200–300° C. Islandē, Itālijā, ASV šo siltumu izmanto dzīvojamo ēku un dzīvokļu apsildē, kā arī ir eksperimentālas iekārtas elektroenerģijas ražošanā. Piemēram, jau no 1967. gada Krievijas austrumos — Kamčatkā — darbojas Paužetas elektrostacija ar jaudu 5 MW.

Arī Latvijā, piemēram, Dobeles rajonā, ir ģeotermālie ūdeņi ar 30–50° C temperatūru. Protams, elektroenerģētikā tie nekādu labumu nedos. Ir gan praktiska pieredze zemes virsējo slāņu, 1–2 m dziļumā, siltuma izmantošanā tā sauktajos siltuma apmainītājos — konkrēti, Salienas ciematā pie Rīgas.

Jau vairākus gadus pasaulē notiek pētījumi ar magnetohidrodinamiskās enerģijas ieguves iekārtām. Tāpat ir jācer, ka pasaulē kādreiz izvērsīsies jauna enerģētikas nozare — ūdeņraža enerģētika.

NEATJAUNOJAMIE ENERĢIJAS AVOTI

Siltumenerģija

Kopīgajā enerģijas bilancē sevišķi liels īpatsvars ir siltuma elektrostacijām, kur sadedzina ogles, mazutu vai dabas gāzi. Latvijā nelielā daudzumā pievieno arī kūdru, bet Igaunijā dedzina degakmeni. Šīs elektrostacijas ražo divus enerģijas veidus — elektroenerģiju un siltumenerģiju, piemēram, Rīgas TEC–1 un Rīgas TEC–2. Tādēļ jau tās arī sauc par termoelektrocentrālēm. Ražotajai enerģijai ir samērā augsta pašizmaksa, kā arī tiek piesārņota apkārtējā vide ar oglekļa dioksīdu CO_2 un oglekļa oksīdu CO, ar sēra savienojumiem u. c. Turklāt arī izdedžu aizvākšana, ja lieto cieto kurināmo, ir būtiska problēma.

Atomelektrostacijas

Daudzās valstīs — Francijā, ASV, Anglijā, Japānā, Krievijā — darbojas atomelektrostacijas. Tajās speciālos reaktoros norisinās kodolreakcija, kā kurināmo izmantojot urānu un plutoniju un iegūstot siltumu. Siltums kalpo tvaika ražošanai un darbina tvaika turbīnas un ģeneratorus.

Latvijas tiešā tuvumā — Lietuvā — atrodas Ignalinas atomelektrostacija. Atom-

elektrostaciju būvniecībā un ekspluatācijā svarīgākā problēma ir drošuma problēma, kas sevišķi saasinājās pēc globālās avārijas Černobiļā 1986. gada aprīlī Ukrainā. Cita problēma ir izlietotās degvielas apglabāšana, jo tā joprojām ir radioaktīva. Turklāt arī būvniecības kapitālieguldījumi ir ļoti liels. Latvijā tuvākajā nākotnē atomelektrostaciju nav paredzēts būvēt.

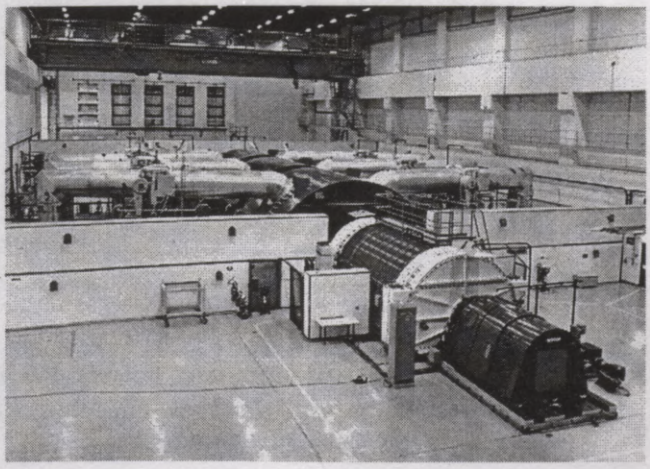
Dīzeļelektrostacijas

Šajās elektrostacijās kā primārais dzinējs ir dīzeļmotors, kas izmanto naftas frakciju — dīzeļdegvielu. Tas griež ģeneratoru un ražo elektroenerģiju. Būtībā ikvienā traktorā un automašīnā ar dīzeļdzinēju arī ir šāda miniatūra elektrostacija. Latvijā ir pieredze nelielu dīzeļelektrostaciju rašošanā ar jaudu, sākot no 12 kW. Šīs iekārtas izmanto kā rezerves elektrostacijas dabas stihiju un avārijas gadījumos, kā arī ekstremālos apstākļos, piemēram, polārpētnieku, ģeologu un citu speciālistu apmetņu apgādē.

NO ĢENERATORA LĪDZ SADALES TĪKLIEM

Vēl daži vārdi par ģeneratoriem, kas ražo elektrisko enerģiju. Elektrostacijās ir lielas jaudas ģeneratori — sākot ar 25 MW jaudu un beidzot ar 1000 MW vienā agregātā. Salīdzinājumam Pļaviņu spēkstacija ar saviem 10 agregātiem un 845 MW kopjaudu šādu jaudu nesasniedz. Šo elektrostaciju darbība nav atkarīga ne no gadalaika, ne ūdens daudzuma.

Ģeneratora rotorā, protams, ir lieljaudas elektromagnēti, kas saņem līdzstrāvu no ierosinātāja — līdzstrāvas ģeneratora.

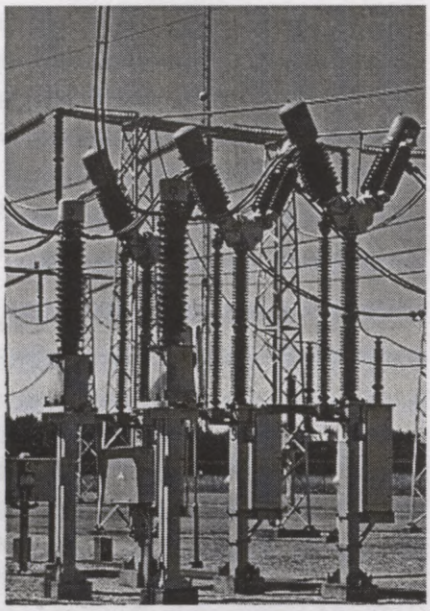


21.4. attēls. Elektrostacijas mašīnzāle ar ierosmes ģeneratoru priekšplānā, uz vienas ass seko galvenais ģenerators un tvaika turbīna

Modernā trīsfāžu ģeneratorā ir trīsstūra statora tinumu slēgums. Spriegums ir no 18 kV līdz 24 kV. Augstāki spriegumi saistās ar problēmu, kā nodrošināt kvalitatīvu izolāciju, bet lielās jaudas — ar tinumu dzesēšanas jautājumu.

Cieši līdzās mašīnzālei ir novietoti spriegumu paaugstinošie transformatori, kuri ģeneratora saražotās elektroenerģijas spriegumu paaugstina līdz 110 vai 330 kV.

Elektrostacijās trīsfāžu ģeneratoru spriegums uz statora spailēm ir līdz 24 kV. Tālāk paaugstinošie transformatori caur Δ vai Y slēgtiem tinumiem to paaugstina līdz 110 kV vai 330 kV un pa gaisvadu līnijām vai kabeļiem pievada līdz pazeminošajām transformatoru apakšstacijām, lai tālāk nodotu patērētājiem.



21.5. attēls. Augstsprieguma jaudas slēdži

Rīgas pilsētas teritorijā ir vairākas kilometriem garas 110 kV kabeļu līnijas.

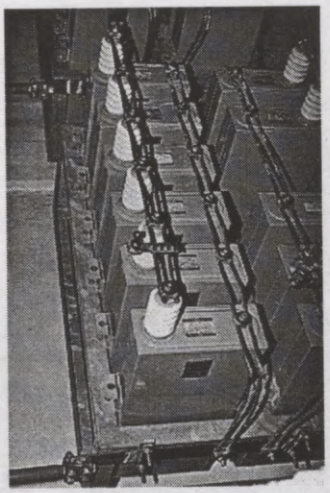
Patērētājiem, kas atrodas tiešā eletrostaciju tuvumā (10–20 km), eletroenerģiju pievada pa vidēja sprieguma kabeļu vai gaisvadu līnijām un pie patērētājiem ir spriegumu pazeminošas apakšstacijas vai arī transformatoru punkti.

Elektrisko tīklu spriegumi Latvijā

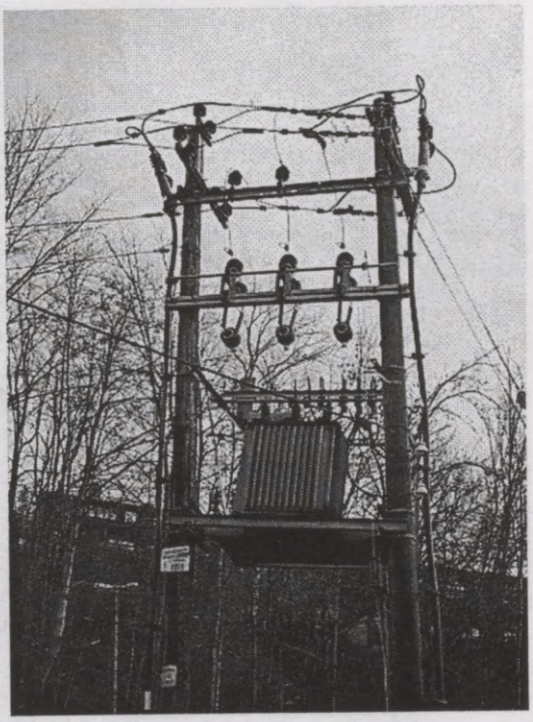
Maģistrālās un starpvalstu līnijas	330 kV
Rajona tīkli	110 kV
Sadales (vidējā sprieguma tīkli)	20 kV un 10 kV
Nedaudzās vecās līnijas	6 kV
Zemsprieguma gaisvadu un kabeļu līnijas	220/380 V

Veselība un daba

Elektromagnētiskais starojums ir tiešā elektrolīniju tuvumā. Ja līnijas spriegums ir augstāks par 110 kV, tā ir bīstama cilvēku veselībai. Ekspluatācijas personāls tad lieto speciālus aizsargtērpus.



21.6. attēls. Trisfāžu kondensatoru baterijas fāžu kompensācijai



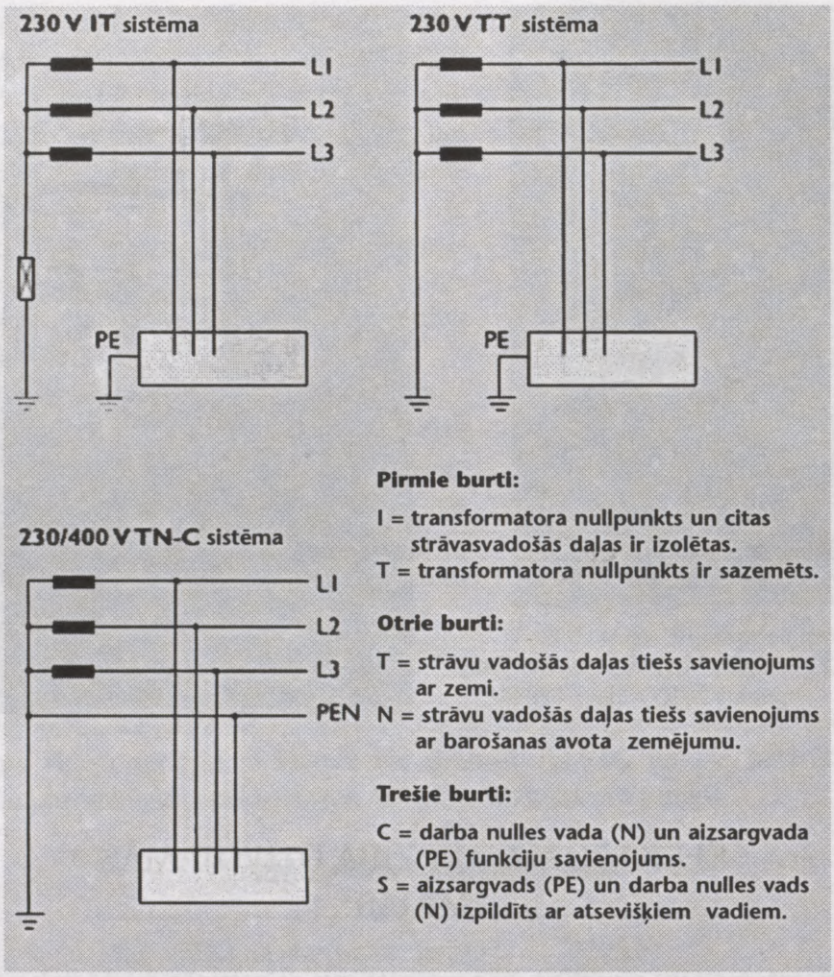
21.7. attēls. Brīvgaisa transformatora punkts 20 kV/ 380 / 220 kV

ELEKTROAIZSARDZĪBA DZĪVOJAMĀS MĀJĀS

No transformatoru punktiem līdz patērētājiem dzīvojamās mājās tiek novilktas 3 vai 4 elektrolīnijas — gaisvadu, piekarkabeļu 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 aizsargslēdzi (sk. nākamajā lpp.). Šajā sakarība ir jāzina zemēšanas sistēma un tās varianti.

Aizsardzības galvenie uzdevumi:

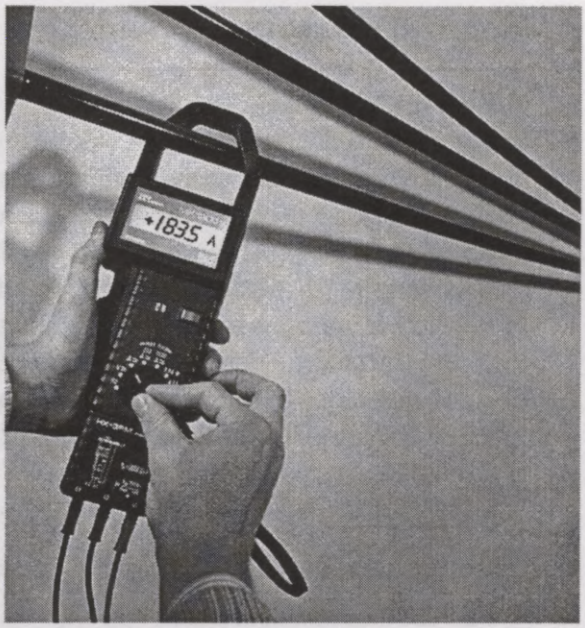
1) aizsardzība pret elektriskās strāvas iedarbi, galvenie paņēmieni — strāvas samazināšana, ātra atslēgšana;
2) aizsardzība pret tiešu pieskaršanos ar nominālās diferenciālās strāvas atslēdzi, ja $I \geq 30$ mA;
3) aizsardzība pret netiešu pieskaršanos — lieto nesazemētu potenciālu izlīdzināšanas sistēmu.



21.8. attēls. Aizsardzības zemējumu sistēmas

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 ilglaicīgi, sākas krampji, elpošanas traucējumi un var būt pat nāvējošas sekas.

21.9. attēls. Aizsargatslēdzis aizsardzībai pret bojājumiem un kļūdainu pieskaršanos pārnesamiem elektroinstrumentiem



21.10. attēls. Strāvas mērīšana ar mērknaiblēm

MĒRĪJUMI AR MĒRKNAIBLĒM

Spriegumu parasti mēra ar voltmetru, strāvas stiprumu mēra ar ampērmetru. Lai varētu pievienot ampērmetru, vienkāršākais paņēmiens ir to slēgt drošinātāja vietā, bet tas var radīt sarežģījumus, jo ir jāpārtrauc strāvas ķēde. Ļoti ērtas šim nolūkam ir mērknaibles, būtībā mērtransformators (strāvmainis) bez primāra tinuma. Sekundārais tinums ir atverams ar knaiblēm, tādēļ arī šis praktiķu dotais nosaukums. Apliekot mērknaibles ap vadu un tās saspiežot, tādējādi sakļaujot abas puses, vadā plūstošā strāva inducē spriegumu mērtransformatorā. Tā skala ir graduēta ampēros un uzrāda caurplūstošo strāvu. Ja mēra neizolētu vadu, ir jāievēro atbilstošas drošības tehnikas prasības.

Kontroljautājumi

1) Kādi ir atjaunojamie energoavoti?
2) Cik stiprs vējš ir vajadzīgs, lai vēja ģenerators ražotu eletrisko strāvu?
3) Kādās valstīs izmanto zemes dziļu siltumu enerģētikas vajadzībām?
4) Kādi degšanas produkti izdalās termoelektrostacijā ražošanas procesā?
5) Kādu degvielu izmanto atomelektostacijās, lai ražotu elektroenerģiju?
6) Kādēļ uz vienas ass ar trīsfāžu ģeneratoru vēl ir līdzstrāvas ģenerators?
7) Cik liels ir spriegums turboģeneratora statora izvadiem?
8) Kādēļ starpvalstu elektrolīnijām spriegums ir 330 kV?
9) Kāds nostrādes laiks ir aizsargatslēdzim?
10) Kādu instrumentu var lietot strāvas mērīšanai bez vadu atvienošanas?

PIELIKUMS, IZZIŅAS TABULAS

FORMULAS

Oma likums	$U = R \cdot I;\ R = \frac{U}{I}$
Jauda	$P = U \cdot I$
Pretestība virknes slēgumā paralēlajā slēgumā	$R_{kop} = R_1 + R_2 + ... + R_n$ $\frac{1}{R_{kop}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}$
Vada pretestība	$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$
Enerģija	$W = P \cdot t$
Lādiņš	$Q = C \cdot U = I \cdot t$
Kapacitāte	$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S}{d}$
Indukcijas EDS	$e = B \cdot v \cdot l$
Spoles induktivitāte	$L = w \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta I}$ $L = \mu_0 \cdot \mu_r \frac{w^2 \cdot S}{l}$
Maiņspriegums	$U = U_m \cdot \sin\varphi$
Frekvence	$f = \frac{1}{T}$

Efektīvās vērtības	$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
Kapacitatīvā pretestība	$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$
Induktīvā pretestība	$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$
Pilnā pretestība	$Z = \frac{U}{I}$ $Z = \sqrt{X^2 + R^2}$
Jaudas koeficients	$\cos\varphi = \frac{P}{S}$
Transformators	$\frac{w_2}{w_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = k_{tr.}$

DECIMĀLIE SKAITĻI

Skaitļa eksponent-formaa	Nosaukums	Apzīmē-jums
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	kilo	k
10^{2}	hekto	h
10^{1}	deka	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	mikro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	piko	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

ELEKTRISKĀS KONSTANTES

1. Dielektriķa absolūtā dielektriskā caurlaidība vakuumā (permitivitāte)

$$\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12}\ F/m$$

2. Absolūtā magnētiskā caurlaidība (permeabilitāte)

$$\mu = 1{,}257 \cdot 10^{-6}\ H/m$$

3. Elektrona lādiņš

$$e = 1.60210 \cdot 10^{-19}\ As$$

4. Elektrona masa

$$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31}\ kg$$

ELEKTRISKIE LIELUMI

Nosaukums	Simbols	Mērvienības	Apzīmējums
Elektriskā enerģija	W	Vatsekunde	Ws
Elektriskā strāva	I	Ampērs	A
Lādiņš	Q	Ampērsekunde	As
Elektriskais spriegums	U	Volts	V
Kapacitāte	C	Farads	F
Magnētiskā plūsma	Φ	Vebers	Wb
Magnētiskā indukcija	B	Tesla	T
Pretestība aktīvā	R	Oms	Ω
Pretestība reaktīvā	X	Oms	Ω
Induktivitāte	L	Henrijs	H
Pilnā pretestība	Z	Oms	Ω
Aktīvā jauda	P	Vats	W
Reaktīvā jauda	Q	VAr	VAr
Pilnā jauda	S	Voltampērs	VA
Īpatnējā pretestība	ρ	Ommetrs	Ω/m

ANGĻU TERMINOLOĢIJA

A

Akumulators — accumulator rechargeable battery
Apakšstacija, brīvgaisa — outdoor substation
Apakšstacija, elektriskā — substation of a power system
Apgaismojums — lighting
Apgrieziena periods — cycle, revolution
Apgriezieni minūtē — revolutions per minute
Apgriezienu skaitītājs — revolution counter
Asinhronais dzinējs — asynchronous motor
Atomelektrostacija — nuclear power plant
Avārijas slēdzis — emergency stop switch
Avots, enerģijas — electricity cource

B

Barošana, vienpusēja — single supply
Baterija — battery
Bojājums — fault

C

Ceļa slēdzis — position switch

D

Dalītājtransformators — isolating transformer

Drošinātājs — fuse
Drošums — service reliability

E

Efektīvā vērtība — RMS, rootmean square
Elektriskais lauks — electric field
Elektrolitiskais kondensators — electrolytic capacitor
Elektroenerģijas pārvade — transmission of electricity
Elektrodzinējspēks EDS — electromotive force
Elektromagnēta spole — magnet coil
Elektromontieris — electrician
Elektrodzinējs — electric motor
Elektroiekārta — electrical equipment
Elektrošoks — electric shok
Elpa — breath

F

Fāžu kompensācija — phase kompensering
Fāžu skaits — number of phases
Frekvence — frequency

G,Ģ

Gala slēdzis — endebryter, final switch
Ģenerēt, ražot — generate

H

Hidroelektrostacija — hydroelectric power station
Hidroturbīnas ģenerators — water-wheel type generator

I

Ieslēgslēdzis — start switch
Indukcija — influence
Induktivitāte — inductivity, inductance
Induktīvā slodze — inductiv ebelastning
Izlāde — discharging
Izolators — insulator
Izolēta neitrāle — insulated middle
Izolēts instruments — insulating tool

J

Jauda — power

K

Kapacitatīva slodze — capacitive load
Katods — catode
Kodols — nucleus
Kondensators — capacitor
Krampjstrāva — freezing current
Krāsu kods — colour code
Kurināmais — fuel

L

Laiks — time
Leņķis — angle
Līnija, gaisvadu — overhead line
Līnija, kabeļu — cable line
Līdzstrāva — direct current (DC)
Līdzstrāvas dzinējs — DC motor
Litija baterija — lithium cell

M

Maksimālā vērtība — peak value
Maiņstrāva — alternating current
Mērknaibles (ampērmetrs) — clamp meter

N

Neitrāles punkts — neutral point
Neitrons — neutron
Nominālā jauda — rated power
Normāli vaļā — NO normally open

Normāli slēgts — NC normally closed
Nullvads — common wire
Nulpunktu iestādit — zerro adjustment

P

Pārslēgs — selector
Pārveidot — transform
Periods — cycle
Primārais — primary
Pretestība — resistance
Pulksteņrādītāja virzienā — clockwise
Pret pulksteņa rādītāja kustības virzienu — counter clockwise
Pusvadītājs — semiconductor

R

Raksturlīkne — characteristic

S

Saules panelis — solar panel
Sekundārais — secondary
Sinhronais dzinējs — synchronous motor
Slāņu pretestība — film resistor
Slodze — load
Spaiļu spriegums (polu) — terminal voltage
Spriegums — voltage
Sprieguma nesimetrija — voltage unbalance
Spiedpogas elements — button cell
Spole induktīvā — induction coil
Strāva — current
Stopslēdzis — stopswitch
Strāvu starpība — residual current
Suka, elektrodzinēja — brush
Svina akumulators — lead acid battery

T

Termoelektrocentrāle — thermal power station
Tinums — winding
Tinumu pretestība — wire-wound resistor
Transformators — transformer
Trīsfāžu — three phase
Trīsstūra slēgums — D-coupled

U

Uzlādēt — charge

V

Vadības poga — control button
Vadītājs — conductor
Vads — wire
Vatmetrs — watmeter
Vēja ģenerators — winddriven generator
Vējdzirnavas — windmill
Vienfāzes — enfase
Vijums — turn

Z

Zemes savienojums — common
Zemētājs — ground conductor
Zemējums — conductive earth
Zemesslēgums — īssavienojums — dead earth
Zibens novedējs — lightning conductor
Zibens — lightning
Zirgspēks — horsepower
Zvaigznes slēgums — star coupled
Zvaigznes/trīsstūra pārslēdzis — star/delta conversion

Izmantotā literatūra

1. *S. O. Michelsen, B. O. Johnsson, J. Frid.* Elektroteknikk. Faktobok. Grunnkurs elektrofag. Oslo Universitetsforlage A/S 2000.
2. Elektroenerģētikas pamatterminu skaidrojošā vārdnīca 1. un 2.daļa. — R., Jumava, 1999.
3. *K. Timmermanis, J. Rozenkrons.* Elektrostaciju un apakšstaciju elektriskā daļa — R., Zvaigzne, 1988.
4. *K. Okslids, K. Stoklija, Ģ. Vertheima.* Ilustrētā fizikas vārdnīca — R., Zvaigzne ABC, 1997.
5. *A. Baltiņš, A. Kanbergs, S. Miesniece.* Zemsprieguma elektriskie aparāti — R., Jumava, 2003.
6. *U. Grunte.* Elektronika — R., Jumava, 2000.
7. *I. Staltmanis* u.c. Latvijas enerģētika ceļā uz patstāvību — R., Latvenergo, 1992.
8. *A. Lielturks.* Elektriskās mašīnas — R., Zvaigzne, 1969.
9. *K. Tomariņš, E. Zablovskis.* Radioelektronika — R., Zvaigzne, 1985.
10. *E. Šiltere.* Fizikas rokasgrāmata — R., Zvaigzne, 1988.
11. Energy for tomorrovs world. World Energy Conncil, New York, 1993.
12. *V. Manoils.* Elektrība un cilvēks — R., Liesma, 1978.
13. *К. Бриндли, Дж. Карр.* Карманный справочник инженера электронной техники — Москва, Додэка, 2002.
14. *Б. И. Панов.* Справочник. Электрические измерения — Москва, Агропромиздат, 1987.

Apgāds

JUMAVA

piedāvā

J. Dirba, K. Ketners, N. Levins, V. Pugačevs

Transporta elektriskās mašīnas

A. Baltiņš, A. Kanbergs, S. Miesniece

Zemsprieguma elektriskie aparāti

www.jumava.lv

Izdevējs — SIA "J.L.V.", Dzirnavu ielā 73, Rīgā LV 1011.
Iespiests — VZD poligrāfijas daļā "Latvijas karte", O. Vācieša ielā 43, Rīgā LV 1004.

5,7

ĢIRTS EGILS LAGZDIŅŠ

PAMATKURSS ELEKTROTEHNIKĀ

Grāmatā skaidroti elektrotehnikas pamati, atsevišķās nodaļās detalizēti aplūkojot un ilustrējot ar piemēriem tādus pamatterminus kā

- elektrostatika un elektrodinamika
- līdzstrāvas un maiņstrāvas principi
- statiskās elektrības būtība
- elektriskā jauda
- elektriskās pretestības veidi
- elektromagnētiskā indukcija
- elektrisko parametru mērīšana

Mācību līdzeklis paredzēts vispārējo skolu skolēniem, visu novirzienu elektrotehnikas studentiem un profesionālo izglītības iestāžu audzēkņiem.

ISBN 9984-05-824-7
9 789984 058245

JUMAVA