

# SATURS

Ievads .....	6
Automobiļu elektroiekārtu vispārīgs raksturojums .....	6
Elektroiekārtu ekspluatācijas nosacījumi .....	8
<b>1. Elektrotehnikas un elektronikas pamati .....</b>	<b>10</b>
1.1. Atoms .....	10
1.2. Vadītspēja .....	10
1.3. Vadītāji, dielektriķi un pusvadītāji .....	10
1.4. Elektriskā strāva .....	12
1.5. Strāvas ķīmiskā iedarbība .....	12
1.6. Elektriskā ķēde .....	13
1.7. Pamatlielumi .....	14
1.8. Oma likums .....	15
1.9. Patērētāju virknes slēgums .....	16
1.10. Patērētāju paralēlais slēgums .....	17
1.11. Kirhofa likums .....	18
1.12. Elektroenerģija un jauda .....	18
1.13. Strāvas siltumiedarbība .....	19
1.14. Patērētāju nominālie dati .....	19
1.15. Sprieguma zudumi vados .....	19
1.16. Mēraparāti .....	20
1.17. Strāvas magnētiskā iedarbība .....	21
1.18. Elektromagnētiskais relejs .....	22
1.19. Magnētiskā lauka induktīvā darbība jeb ģenerators darbības princips .....	24
1.20. Magnētiskā lauka dinamiskā darbība jeb motora darbības princips .....	26
1.21. Kondensators .....	27
1.22. Pašindukcija un induktivitāte .....	28
1.23. Sprosslānis jeb p–n pāreja .....	29
1.24. Diodes .....	30
1.25. Stabilitroni .....	31
1.26. Fotodiodes .....	32
1.27. Gaismas diodes .....	32
1.28. Optroni .....	33
1.29. Tiristori .....	33
1.30. Tranzistori .....	33
1.31. Lauktranzistori .....	34
1.32. MOP tranzistori .....	35
1.33. Fototranzistori .....	35
1.34. Integrālās mikroskāmas .....	36
1.35. Analogie un digitālie signāli .....	36
1.36. Holla efekts .....	37
1.37. Šmita trigeris .....	38
<b>2. Informācijas un kontroles sistēma .....</b>	<b>39</b>
2.1. Signālpuldzes, indikatori un rādītāji .....	39
2.2. Vadības jeb kontroles panelis .....	41
2.3. Analogie aparāti .....	41
2.4. Elektromagnētiskie degvielas līmeņa rādītāji .....	42
2.5. Magnētelektriskais voltmetrs .....	43
2.6. Bimetāla degvielas līmeņa rādītāji .....	44
2.7. Bimetāla sprieguma stabilizators mēraparātu barošanai .....	45
2.8. Temperatūras mērpārveidotāji un indikatori .....	46
2.9. Spiediena indikatori .....	47
2.10. Analogais spidometrs .....	48
2.11. Ekonometrs .....	49
2.12. Tahogrāfi .....	49
2.13. Digitālais eļļas spiediena mērītājs .....	49
2.14. Digitālais spidometrs .....	50
2.15. Tahometri .....	51
2.16. Dzesēšanas šķidrums digitālais termometrs .....	51
2.17. Digitālā degvielas līmeņa mērīšana .....	52
2.18. Borta dators .....	52
2.19. Automobiļa stāvokļa kontrole .....	53

2.20. Automašīna stāvokļa kontroles sistēmas darbība.....	54
2.20.1. Gaismas ierīču bojājumi .....	54
2.20.2. Bremžu kļuču uzlikuma nodilums .....	55
2.20.3. Šķidrums līmeņa mērpārveidotājs – pludīņveida slēdzis.....	55
2.20.4. Šķidrums līmeņa kapacitatīvais mērpārveidotājs .....	56
2.20.5. Šķidrums līmeņa mērpārveidotājs – mērtauts .....	56
2.21. Displeja tehnoloģijas .....	57
2.21.1. Gaismas diodes .....	57
2.21.2. Šķidrie kristāli.....	58
2.21.3. Vakuuma fluorescējošais displejs.....	59
2.21.4. Elektroluminiscence .....	60
<b>3. Elektroapgādes sistēma.....</b>	<b>60</b>
3.1. Elektroapgādes sistēmas elementi .....	60
3.2. Līdzstrāvas un maiņstrāvas ģeneratoru vispārīgs raksturojums.....	62
3.3. Maiņstrāvas ģeneratora darbības princips .....	63
3.4. Vienfāzes un trīsfāžu ģeneratori .....	64
3.5. Taisngrieži.....	66
3.6. Ģeneratora ierosmes sistēmas.....	70
3.6.1. Vispārīgs raksturojums .....	70
3.6.2. Pašierosme .....	72
3.6.3. Svešierosme .....	73
3.7. Signālpuldes vadība .....	74
3.8. Kontakta sprieguma regulators (relejs – regulators).....	74
3.9. Temperatūras kompensācija .....	76
3.10. Bezkontakta sprieguma regulatori.....	77
3.11. Regulatora vadība .....	80
3.12. Ārējie savienojumi.....	81
3.13. Ģeneratoru uzbūve.....	83
3.14. Ģeneratoru izejas raksturlīknes .....	85
3.15. Temperatūras režīms .....	86
3.16. Ģeneratoru darbības traucējumi, to cēloņi.....	87
3.17. Ģeneratora pārbaudes veidi un izmantojamās ierīces.....	87
3.18. Ģeneratora apkope.....	91
3.19. Akumulatoru baterija.....	96
3.20. Akumulatoru baterijas konstrukcija.....	98
3.21. Akumulatora uzlādēšana un izlādēšana .....	99
3.22. Elektrolīta līmeņa atjaunošana.....	102
3.23. Akumulatora parametri un izvēle .....	103
3.24. Vairāku akumulatoru vienlaicīga izmantošana.....	104
3.25. Uzlādes strāva.....	105
3.26. Pašizlāde .....	105
3.27. Sulfatizācija .....	106
3.28. Īsslēgums .....	106
3.29. Bezapkopes akumulatori .....	107
3.30. Akumulators spirālē.....	109
<b>4. Elektrostarteris.....</b>	<b>110</b>
4.1. Automašīnu motoru iedarbināšanas īpatnības .....	110
4.2. Startera motora darbības princips .....	111
4.3. Startera motora rotācijas frekvence un griezes moments .....	113
4.4. Jaudas pārvade.....	114
4.5. Līdzstrāvas motoru ierosmes veidi .....	115
4.6. Startera pārnēsmauskaitlis.....	116
4.7. Startera elektromagnēts .....	117
4.8. Elektromagnētiskais slēdzis jeb ievilcējs.....	119
4.9. Starteru sakābes mehānismi.....	120
4.10. Atstarpe starp zobvālniēm .....	122
4.11. Starteri ar elektromagnētisko vadību .....	122
4.12. Startera motoru konstrukcijas .....	125
4.13. Starteris ar pastāvīgo magnētu ierosmi un planetāro pārvadu .....	126
4.14. Startera pārbaude .....	128
4.15. Bojājumi un to novēršana .....	129

<b>5. Aizdedzes sistēmas</b> .....	131
5.1. Vispārīgs raksturojums .....	131
5.2. Aizdedzes sistēmai izvirzāmās prasības .....	132
5.3. Degmaisījumu veidi un sastāvs .....	134
5.4. Degmaisījuma sadegšanas ātrumu ietekmējošie faktori .....	134
5.5. Aizdedzes sistēmu iedalījums.....	140
5.6. Klasiskā aizdedzes sistēma .....	141
5.6.1. Aizdedzes spole .....	142
5.6.2. Papildrezistors jeb variators.....	143
5.6.3. Pārtraucējs .....	144
5.6.4. Sadalītājs.....	148
5.6.5. Aizdedzes apstēdzes leņķa regulēšanas ierīces.....	151
5.6.7. Aizdedzes sveces .....	155
5.6.8. Kvēlsveces dīzeļmotoriem.....	162
5.6.9. Augstsprieguma sveču vadi .....	162
5.6.10. Dzirksteles polaritātes pārbaude .....	163
5.6.11. Aizdedzes sistēmas apkope.....	165
5.6.12. Pārbaudes.....	167
5.6.13. Klasiskās aizdedzes sistēmas trūkumi .....	168
5.7. Elektroniskās aizdedzes sistēmas .....	169
5.7.1. Vispārīgs raksturojums .....	169
5.7.2. Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar kontaktu vadību.....	169
5.7.3. Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar elektronisko bezkontakta vadību.....	177
5.7.4. Digitālās aizdedzes sistēmas.....	187
<b>6. Signalizācijas ierīces un stikla tīrītāji</b> .....	202
6.1. Vispārīgs raksturojums .....	202
6.2. Gaismas virzienrāži, tajos izmantoto pārtraucēju veidi .....	202
6.2.1. Elektromagnētiskais pārtraucējs .....	204
6.2.2. Bimetāliskais pārtraucējs .....	205
6.2.3. Elektroniskais pārtraucējs .....	205
6.3. Skaņas signālierīces.....	207
6.3.1. Vibrācijas trokšņa signālierīces .....	207
6.3.2. Vibrācijas tonālās signālierīces.....	209
6.3.3. Pneimatiskās signālierīces .....	210
6.4. Stikla tīrītāji un mazgātāji .....	210
6.4.1. Stikla tīrītāju slotiņu novietošana, tās apstādīnot.....	212
6.4.2. Stikla tīrītāju lietošana pārtrauktas darbības režīmā .....	215
6.4.3. Stikla tīrītāju ekspluatācija.....	216
6.4.4. Stikla tīrītāju elektromotoru pārbaude .....	219
<b>7. Apgaismošanas sistēma</b> .....	221
7.1. Vispārīgs raksturojums .....	221
7.2. Apgaismes ierīču slēgumu shēmas .....	222
7.3. Optiskie elementi.....	224
7.3.1. Spuldzes.....	224
7.3.2. Atstarotāji .....	229
7.3.3. Izklidētāji .....	229
7.4. Lukturu veidi un apzīmējumi .....	230
7.5. Lukturu uzstādes pārbaude un regulēšana .....	234
Literatūra.....	239

# IEVADS

## Automobiļu elektroiekārtu vispārīgs raksturojums

Lai automobiļiem nodrošinātu augstas ekspluatācijas īpašības, tajos plaši izmanto iekārtas no dažādām tehnikas jomām. Iekārtas, kurās lietotas elektrotehnikas, pusvadītāju, gaismas tehnikas un mikroelektronikas ierīces, pieņemts apvienot vienotā jēdzienā *automobiļu elektroiekārtas*.

Iekārtās izmantojamās ierīces atkarībā no to uzdevuma var iedalīt šādās galvenajās grupās:

- elektroenerģijas avoti,
- elektroenerģijas patērētāji un
- kontroles ierīces.

**Elektroenerģijas avotu** uzdevums ir nodrošināt visus patērētājus ar pietiekamu elektroenerģijas jaudu dažādos automobiļa ekspluatācijas apstākļos.

**Elektroenerģijas patērētāji** izpilda automobiļos visdažādākās funkcijas, sākot no darba maisījuma aizdedzināšanas līdz pat to mezglu, agregātu un paša automobiļa darba pārbaudei un vadības režīmu izvēlei.

**Kontroles ierīces** sniedz informāciju par automobiļa vai kādas tā sistēmas stāvokli. Šīs ierīces var būt atsevišķs aparāts vai arī sastāvēt no devēja jeb mērpārveidotāja un atsevišķa uztvērēja.

Elektroiekārtu daudzfunkcionālā nozīme prasa no automobiļu konstruktoriem un ražotājiem specifisku pieeju kā to konstruēšanai, tā arī ekspluatācijai. Elektroiekārtas pieņemts aplūkot kā tādu sistēmu kopumu, kurām ir atsevišķa nozīme, bet tajā pašā laikā tās dažādā veidā ir saistītas gan savā starpā, gan arī ar citām sistēmām.

Automobiļu elektroiekārtas nosacīti var iedalīt

- elektroapgādes,
- iedarbināšanas,
- aizdedzes,
- apgaismošanas,
- gaismas un skaņas signalizācijas,
- kontroles un informācijas,
- palīgierīču un elektropiedziņas,
- radiotraucējumu novēršanas un komutācijas sistēmās.

**Elektroapgādes sistēmā** ietilpst ģeneratoriekārta un akumulatoru baterija.

**Iedarbināšanas sistēma** sastāv no akumulatoru baterijas, startera ar tā vadības releju un iedarbināšanas atvieglošanas ierīces.

**Aizdedzes sistēma** nodrošina darba maisījuma aizdedzināšanu benzīna jeb *Otto* motora cilindros noteiktā motora darba režīmam atbilstošā momentā, izmantojot augstsprieguma dzirksteles veidošanos starp aizdedzes sveces elektrodiem. Bez svecēm aizdedzes sistēmā ietilpst sprieguma pārveidošanas un uzkrāšanas ierīces, pārtraucējs – sadalītājs, vadības un regulēšanas ierīces un augstsprieguma vadi.

**Apgaismošanas un gaismas signalizācijas sistēma** apvieno gaismas ierīces (galvenie lukturi), gaismas signalizācijas lukturus (gabarītgaismas, virzienrādītāju, atpakaļgaitas u.c. gaismas), to vadības relejus un slēdžus.

**Kontroles un informācijas sistēmā** ietilpst spiediena, temperatūras, līmeņa, ātruma mērpārveidotāji un uztvērēji, kā arī gaismas vai skaņas indikatori.

**Palīgierīču un elektropiedziņas sistēmu,** kurā ietilpst elektromotori, motorreduktori, elektrosūkņi u.c., lieto logu tīrīšanai, apkurei, durvju bloķēšanai, ventilācijai utt.

**Komutācijas un aizsardzības aparatūras sistēmā** ietilpst dažādi slēdži, pārslēdži, releji, drošinātāju bloki, savienojošie paneļi u.c.

Visas minētās sistēmas un to sastāvdaļas ir apvienotas savā starpā ar automobiļa borta elektrisko tīklu, kurš tiek izpildīts vienvada shēmā. Šajā shēmā kā otru vadu strāvas vadīšanai izmanto automobiļa metāla konstrukcijas jeb tā saucamo masu. Akumulatoru baterijas un ģenerators negatīvās (-) spaiļes un patērētāju neizolētās spaiļes savieno ar masu, bet akumulatoru baterijas un ģenerators pozitīvās (+) spaiļes un patērētāju izolētās spaiļes - ar izolētiem vadiem. Vienvada shēmas izmantošana ļauj samazināt nepieciešamo vadu skaitu un atvieglo to montāžu, bet elektroenerģijas avotu savienojums ar masas negatīvo spaili savukārt ļauj samazināt automobiļa virsbūves metālisko detaļu nolietojanos elektroķīmiskās korozijas rezultātā.

Visus elektroenerģijas avotus un patērētājus slēdz paralēli. Patērētājus ieslēdz vai izslēdz ar slēdžiem un relejiem, lai realizētu to darbības tālvadību vai automatizētu vadību.

Automobiļu borta tīklos izmanto līdzstrāvu ar nominālo spriegumu 12 V vai 24 V (ja iedarbināšanas sistēma nenodrošina nepieciešamos jaudas parametrus pie 12 V sprieguma). Lai radītu akumulatoru baterijām vēlamos lādēšanas apstākļus, ģenerators nominālais spriegums ir 14 V un 28 V. Pastāv tendence palielināt to spriegumus uz 36 V un 42 V.

Elektroiekārtās izmanto agregātus, kuros vairāki funkcionālie mezgli apvienoti vienā kopējā konstrukcijā – ģeneratorā iebūvēti sprieguma regulatori, izgatavoti optiskie bloki, radīti dinatroni.

Automobiļos lieto jaunas iekārtas, kas agrāk netika izmantotas: bezapkalpes akumulatoru baterijas, kondicionētājus, apsildāmos sēdekļus, elektriskos spoguļus, elektrisko aizsardzību u.c. Ievietojot automobiļos mikroprocesorus un borta datorus, dzinēju vadības sistēmās ir iespējams nodrošināt ne tikai degvielas ekonomiju, bet arī samazināt izplūdes gāzu toksiskumu, kā arī apvienot barošanas un aizdedzes sistēmu vienā kopīgā sistēmā, tā nodrošinot to optimālu darbību. Izmantojot satelītsakarus, iespējams nodrošināt automobiļa atrašanās vietas noteikšanu un braukšanas ceļa izvēli u.c.

Elektroiekārtu attīstības galvenie mērķi ir uzlabot kustības drošību, vadītāja darba apstākļus, palielināt automobiļa ekonomiskumu un samazināt apkārtējās vides piesārņojumu.

Apkārtējās vides piesārņojumu stipri ietekmē aizdedzes sistēmas darbība, no kuras ir atkarīgs kaitīgo piemaisījumu daudzums atgāzēs. Apkārtējo vidi bez tam piesārņo bojātu akumulatoru bateriju elektrolīts, svins, automobiļa mazgāšanas un kopšanas līdzekļi, kā arī aizdedzes sistēmas radītie radiotraucējumi, bet saprātīga gaismu izmantošana samazina savvaļas dzīvnieku sabraukšanu tumsā.

Automobiļu izmantošanas ekonomiski tehniskos rādītājus ietekmē elektroiekārtu tehniskais stāvoklis, jo elektroiekārtas atteices sastāda apmēram 25% no visām pārējām automobiļa atteicēm. Lai panāktu elektroiekārtu drošu darbību, ir nepieciešams skaidri izprast atsevišķu sistēmu uzbūvi un visu elektroiekārtu kopumā, korekti izpildīt visus tehniskajās apkopēs paredzētos darbus, prast lasīt principiālās shēmas, kā arī apgūt diagnostikas pamatpaņēmienus elektroiekārtu bojājumu meklēšanai un savlaicīgai novēršanai.

## Elektroiekārtu ekspluatācijas nosacījumi

Automobiļu elektroiekārtu drošai darbībai traucē smagie ekspluatācijas apstākļi, kas ir daudz komplikētāki nekā sadzīves tehnikai, datortehnikai vai citām universālām iekārtām.

Lai automobiļu ekspluatācija būtu efektīva, jāņem vērā tādi svarīgi faktori kā klimatiskā, mehāniskā, elektriskā, elektromagnētiskā, ekspluatācijas un radioaktīvā ietekme uz elektroiekārtu.

**Klimatiskā ietekme** izsauc fizikāli ķīmiskus procesus, kuri izmaina materiālu īpašības un izraisa atteices.

Augstā temperatūrā iespējama blīvējamo un izolācijas materiālu atslāņošanās, kuras iespaidā dielektriķī palielinās noplūdes strāvas, mainās materiālu magnētiskās īpašības un to pretestība, palielinās ķīmisko reakciju ātrums un bojājas elektriskie savienojumi.

Zemā temperatūrā pieaug mehāniskie spriegumi, kuru ietekmē aparātu korpusos rodas plaisas. Krasu temperatūras svārstību daudzkārt atkārtotajos cikli var izsaukt iespaidplašu plīsumus vai atslāņošanos, radīt lodējumu vietās savienojumu nogurumu, hermētiskuma zudumu blīvējuma vietās, palielināt mehāniskos spriegumus utt. Aparāta sagraušana parasti notiek tajos posmos, kuros savienoti materiāli ar dažādiem termoizplešanās koeficientiem, piemēram, metāls ar plastmasu. Īpaši lielas deformācijas rodas nesimetrisku formu detaļām, kuras ieslēgtas plastmasas korpusā vai ielietas epoksīdsveķos. Palielinoties temperatūras ciklu skaitam, palielinās materiālu deformācijas izmaiņas. Tātad temperatūras iedarbība uz elektroiekārtām izpaužas ne tikai to funkcionālo īpašību izmaiņās, bet arī mehāniskajā izturībā.

Elektroiekārtu specifiska īpašība ir tā, ka tām nākas funkcionēt ļoti krasu un biežu temperatūras izmaiņu apstākļos. Ja ievēro tikai temperatūras svārstības, kuras rodas, motoru iedarbinot, tad to kopējais daudzums automobiļa ekspluatācijas laikā sastāda vairākus tūkstošus. Sevišķi lielas temperatūras svārstības rodas ziemā, kad pēc automobiļa ilgstošas stāvēšanas ārā zemā temperatūrā jāuzsāk intensīva kustība. Pēc japāņu zinātnieku pētījumiem, izbraucot automobili no neapsildītas garāžas, kurā temperatūra ir  $-23^{\circ}\text{C}$ , un braucot pa ceļu, kur apkārtējā gaisa temperatūra ir  $-34^{\circ}\text{C}$ , dzeses šķidrums temperatūra 12 min laikā paaugstinās par  $10^{\circ}\text{C}$ , bet salona grīdas temperatūra 40 min laikā – par  $60^{\circ}\text{C}$ . Atbilstoši mainās arī temperatūras režīms dzeses šķidrums vadības iekārtas mērpārveidotājiem, kuri ir novietoti motora nodalījumā un salonā.

Elektroiekārtas temperatūras režīmu ietekmē arī pašuzsilšanas temperatūra tajos automobiļu mezglos, kuri atrodas blakus motoram, ģeneratoram, apgaismošanas ierīcēm. Pēc pētījumu datiem, temperatūra motora virsējā daļā sastāda  $150^{\circ}\text{C}$ , karburatorā  $205^{\circ}\text{C}$ , savukārt izplūdes kolektorā tā ir  $650^{\circ}\text{C}$  un mēraparātu panelī tikai  $85^{\circ}\text{C}$ . Atsevišķos automobiļa punktos maksimālā temperatūra turpmākos gados var pieaugt sakarā ar paredzēto automobiļa motortelpas gabarītizmēru samazināšanās tendenci.

Paaugstinoties gaisa mitrumam, kura relatīvā vērtība var sasniegt 100%, palielinās elektroiekārtu elektroķīmiskās korozijas un apsūbēšanas procesu ātrums, kā arī notiek materiālu elektromagnētisko īpašību un starpķēžu pretestību izmaiņas un sadrūp organiskas izcelsmes materiāli. Ūdens tvaiku koncentrācija veicina blīvējumu vietās hermetizācijas samazināšanos, bet mitruma ietekmē starp vadiem parādās noplūdes strāvas.

Vārāmās sāls šķīdums, kuru izsmidzina uz ceļiem ziemas laikā, nokļūstot pie elektroiekārtas sastāvdaļām, izsauc pastiprinātu kontaktu elektroķīmisko koroziju.

Ekspluatējot automobili ievērojamā augstumā virs jūras līmeņa, samazinās atmosfēras spiediens un pasliktinās siltumapmaiņas process, samazinās arī dielektriķa caursites spriegums, jo uz tā virsmas rodas polarizēti lādiņi. Rodoties spiediena izmaiņām ierīču korpusu iekšpusē un ārpusē, iespējama ierīces fiziska sagraušana.

Gaisā esošie putekļi un smiltis, nokļūstot uz strāvas vadītājiem, izmaina pretestību elektriskajās ķēdēs.

**Mehāniskā ietekme** parasti saistās ar sitieniem, vibrācijām, paātrinājumiem, kam ir pakļautas elektroiekārtas.

Triecieni elektroiekārtās rodas transportēšanas, montāžas procesā, remonta laikā, kā arī automobilim uzbraucot uz šķēršļa. Ierīču korpusus ietekmē arī grants un nelielu akmens daļiņu triecieni. Sitienu rezultātā var tikt sabojāts ierīces korpuss un sākt plaisāt tās atsevišķie elementi.

Vibrācijas parādās, automobiļiem braucot pa nelīdzeniem ceļiem, motora darbības laikā utt. Paātrinājums taisngriešanas blokā uz maiņstrāvas ģenerators sasniedz 27 g, bet uz ierīcēm, kuras novietotas uz motora, var rasties vibrāciju pārslodzes līdz 80 g. Uz ierīcēm, kuras atrodas salonā, iedarbojas vibrācijas ar frekvenci no 25 Hz un līdz 5 g lielam paātrinājumam.

Elektroiekārtas negatīvi ietekmē arī lineārie paātrinājumi, kuri rodas, automobilim uzsākot kustību, strauji bremzējot, kā arī braucot pagriezienā.

**Elektriskā ietekme** saistās ar to, ka borta tīkla spriegums automobilim pastāvīgi svārstās un var radīt ilgstošas un īslaicīgas sprieguma izmaiņas.

Ilgstošas sprieguma izmaiņas var rasties, ja akumulatoru baterijā nav elektrolīta. Tad sprieguma svārstības borta tīklā var sasniegt pat 75 V lielu amplitūdu. Atsakoties darboties sprieguma relejam, tīkla spriegums var sasniegt 20 V; iedarbinot motoru zemā temperatūrā, spriegums tīklā samazinās līdz  $3,5 \div 6$  V; bet, nepareizi pievienojot akumulatoru bateriju, izmainās spriegumu polaritāte.

Automobiļu borta tīklā īslaicīgu sprieguma izmaiņu gadījumā (izslēdzot starteri, pārtraucot skaņas signālu) iespējama negatīvu sprieguma impulsu rašanās ar amplitūdu līdz 300 V, bet, izslēdzot aizdedzes sistēmu, – līdz 100 V. Akumulatoru baterijas plašu bojājums, kā arī elektrolīta trūkums tajā ģenerē sprieguma impulsus ar amplitūdu līdz 125 V un ar ilgumu vairāk nekā 100 ms. Aizdedzes sistēmas sprieguma impulsu frekvence atrodas  $10 \div 500$  Hz diapazonā, pie kam šie impulsi ilgst 10 – 300  $\mu$ s un sasniedz pat līdz 112 V sprieguma amplitūdu.

Barošanas sprieguma impulsi un ilgstošas sprieguma izmaiņas var izsaukt elektroiekārtas bojājumus elektriskās vai siltuma caursites ietekmē. Sevišķi bīstami tas ir sistēmām, kurās ietilpst pusvadītāju elementi.

**Elektromagnētiskā ietekme** uz elektroiekārtām izpaužas elektriskā un magnētiskā lauka veidā.

Automobiļa iekšējā daļā elektromagnētiskā lauka avoti ir aizdedzes sveces, radioaparātūra. Piemēram, uzstādot tajā raidītāju ar jaudu 50 W, elektriskā lauka intensitāte sasniedz 10 V/m, tas nozīmē, ka starp punktiem, kas atrodas 1 m attālumā viens no otra, rodas 10 V potenciālu starpība.

Automobiļa ārējā elektromagnētiskā lauka avoti ir radio un telestacijas. Elektriskā lauka intensitāte to tuvumā sastāda 75 V/m, bet pilsētas ielās – pat līdz 35 V/m.

**Radioaktīvā ietekme** saistās ar elektroiekārtu atteici, ko izraisa arī radioaktīvais starojums, kura ietekmē mainās elektronu un optisko komponentu materiālu fizikālās un ķīmiskās īpašības, kas izsauc to parametru degradāciju, un iekārtu sabojāšanos.

**Ekspluatācijas ietekme** saistās ar automobiļu izmantošanas laikā lietotām vielām (eļļa, dzesēšanas un bremžu šķidrums, degviela, elektrolīts, pulējamās pastas, krāsas, šķīdinātāji u.c.), kas var sabojāt elektroiekārtu apvalkus un, nokļūstot to iekšpusē, var izsaukt vadu īsslēgumus, metālu koroziju, kontaktu pretestības palielināšanos u.c.

# 1. ELEKTROTEHNIKAS UN ELEKTRONIKAS PAMATI

## 1.1. Atoms

Visas vielas sastāv no atomiem, kas savukārt sastāv no protoniem, elektroniem un neitroniem. Atoma centrā atrodas pozitīvi lādēts masīvs kodols, kas sastāv no pozitīvi lādētiem protoniem un neitrāliem neitroniem. Ap kodolu pa noteiktām orbītām riņķo negatīvi lādēti elektroni. Elektronu daudzums atomā atbilst attiecīgā elementa kārtas numuram Mendelejeva periodiskajā sistēmā.

Parastā, neierosinātā stāvoklī atoms ir elektriski neitrāls, jo tā protonu un elektronu skaits ir vienāds, ko uzskatāmi var redzēt 1. tabulā.

1. tabula

Atoms	Protonu skaits	Neitronu skaits	Elektronu skaits
Ūdeņradis	1	0	1
Skābeklis	8	8	8
Varš	29	35	29
Silīcijs	14	14	14

Savstarpējo pievilkšanās spēku ietekmē neitroni un protoni cieši noturas kodolā. Pārraujot šīs saites, izdalīsies milzīgs enerģijas daudzums. Šo īpašību izmanto kodolreaktoros un atombumbās.

Elektroni atomos atrodas savstarpējā mijiedarbībā un mijiedarbībā ar kodolu. Savukārt elektroni, kas atrodas atomu ārējās orbītās, ar kodolu ir saistīti vājāk, tādēļ citu atomu, berzes, siltuma, gaismas vai citu faktoru ietekmē tie var vieglāk atrauties no atoma.

Atoms ir ļoti sīks, piemēram, cilvēka matā blakus var novietoties miljoniem atomu, bet tā sastāvdaļu izmēri ir vēl iespaidīgāki. Ja pieņem, ka atoma kodols ir ābola lielumā, tad atoma ārējo izmēru var salīdzināt ar lielu koncertzāli, kurā nepārtraukti riņķo mušas – elektroni. Lai atomu varētu ieraudzīt, tas ir jāpalielina 5 miljonu reizi, bet šādā palielinājumā cilvēka mata diametrs būtu 50 metru.

## 1.2. Vadītspēja

Elektroniem no atoma atraujoties jau minēto faktoru ietekmē, tie kļūst par brīvajiem elektroniem. Savukārt atomi, zaudējot elektronus, kļūst par pozitīviem joniem, bet, piesaistot brīvus elektronus, – par negatīviem joniem. Elektronu zaudēšanas vai pievienošanas procesu sauc par **jonizāciju**.

Brīvie elektroni vielā starp atomiem kustas dažādos virzienos ar dažādu ātrumu. Ja vielu ievieto ārējā elektriskā laukā, tad brīvo elektronu kustība iegūst noteiktu virzienu, t.i., sāk plūst elektriskā strāva. Tātad jo vielā ir vairāk brīvo elektronu, jo lielāka ir tās vadītspēja.

## 1.3. Vadītāji, dielektriķi un pusvadītāji

Pēc vadītspējas visas cietvielas iedala

- vadītājos,
- dielektriķos un
- pusvadītājos.

Vielas ar lielu daudzumu brīvo elektronu ir vadītāji, bet vielas bez brīviem elektroniem – dielektriķi. Pie pusvadītājiem pieder vielas, kuru vadītspēja ir daudz mazāka nekā vadītājiem, bet daudz lielāka nekā dielektriķiem.

**Vadītāji** ir metāli un grafīts, kā arī dažas citas vielas – sāļi, skābes, sārmī, dzeramais ūdens, dzīvo organismu audi utt. Pirmajos vadītājos lādiņu nesēji ir brīvie elektroni, bet otrajos vadītājos, elektrolītos – negatīvie un pozitīvie joni.

Tipiski vadītāji ir visi metāli. Metālu atomu ārējās orbītas elektroni nav cieši saistīti ar atoma kodolu, tāpēc tie var brīvi pārvietoties pa metāla kristālisko režģi. Šo režģi veido nekustīgi



pozitīvi joni, tas ir atomi, kas zaudējuši elektronus. Metāla tilpums kopumā ir elektriski neitrāls, kaut gan brīvie elektroni atrodas haotiskā kustībā.

Ievietojot metālu ārējā elektriskā laukā, elektroni sāk pārvietoties pretēji tā virzienam un metālā plūst strāva. Kustoties elektriskā lauka ietekmē, elektroni iegūst kinētisko enerģiju; saduroties ar kristālisko režģi, tie atdod kinētisko enerģiju un turpina kustēties tālāk. Elektronu sadursmēm notiekot biežāk, tiek atdots lielāks enerģijas daudzums, līdz ar to metāls vairāk sakarst un katra sadursme kavē strāvas plūšanu. Vadītāja pretdarbību strāvas plūšanai raksturo ar elektrisko pretestību. Vadītāja pretestība ir atkarīga ne tikai no tā materiāla un izmēriem, bet arī no temperatūras.

Metālu karsējot, pieaug elektronu kustības ātrums, jo palielinās sadursmju skaits un metāla pretestība pieaug, bet vadītspēja samazinās. Šo īpašību izmanto termopretestībās jeb termistoros – aparātos, kuru pretestība ievērojami mainās, mainoties to temperatūrai. Automobiļos termopretestības izmanto temperatūras mērpārveidotājos – ierīcēs, kuras lieto, lai mainītu kādus lielumus atkarībā no temperatūras izmaiņām (piemēram, aizdedzes momenta maiņa atkarībā no eļļas temperatūras).

Šķidrums un ogle pretestība, temperatūrai paaugstinoties, samazinās. Automobiļos strāvas pārvadīšanai izmanto vadus ar mazu pretestību, kas izgatavoti galvenokārt no vara.

**Dielektriķiem jeb izolatoriem** vadītspēja ir ļoti zema, tādēļ tos izmanto kā elektroizolācijas materiālus (mikanīts, parafīns, getinakss, polihlorvinils, elektroizolācijas lakas, elektrokartons u.c.).

Elektroizolācijas materiālus lieto saskaņā ar to tehniskajām īpašībām, un tas ir stingri jāievēro, apkalpojot elektroiekārtas. Daži elektroizolācijas materiāli, piemēram, elektrokartons pārrogļojoties vada elektrisko strāvu, bet daži termoplastiski elektroizolācijas materiāli paaugstinātā temperatūrā iedarbojas uz citiem materiāliem, kuri, zaudējot izolācijas īpašības, rada īsslēguma iespējas.

**Pusvadītāji** ir vielas, kurām noteiktos apstākļos ir sadalītāju īpašības, bet citos - dielektriķu. Tipiski pusvadītāji ir Mendeļejeva periodiskās sistēmas 4. grupas elementi, tādi kā silīcijs un germānijs. Parastos apstākļos germānijs ir dielektriķis un praktiski strāvu nevada. Pusvadītāju ierīču izgatavošanai izmanto arī 3. un 5. grupas savienojumus: gallija arsenīdu, gallija fosfīdu u.c.

Pusvadītāja materiāla vadītspēju nosaka ne tikai brīvie elektroni, bet arī caurumi. Par caurumu sauc brīvo vietu kristāliskajā režģī, kas rodas, elektronam atbrīvojoties no atoma.

Ķīmiski tīra pusvadītāja materiāla kristālā brīvo elektronu un caurumu skaits ir vienāds, un tie kopīgi nosaka materiāla vadītspēju. Tā kā tīram pusvadītājam lādiņnesēju skaits ir samērā neliels, tad arī vadītspēja ir neliela. Šī vadītspēja ir atkarīga no temperatūras, apgaismojuma, spēcīga ārējā lauka iedarbības un citiem ārējiem apstākļiem.

Izšķir divas vadītspējas:

- elektronvadītspēju jeb n tipa vadītspēju (no vārda *negatīvs*);
- caurumvadītspēju jeb p tipa vadītspēju (no vārda *pozitīvs*).

Lai izgatavotu dažādas diodes un tranzistorus, nepieciešami pusvadītāju materiāli ar krasi izteiktām n vai p tipa īpašībām. Šādus pusvadītāju materiālus iegūst, tīram pusvadītājam pievienojot 3. vai 5. grupas vielu atomus, t.i., piejaukumus, kas izjauc regulāro kristāliskā režģa struktūru.

Pusvadītāju materiālā ar n tipa vadītspēju vienmēr ir arī neliels caurumu skaits, bet pusvadītāju materiālā ar p tipa vadītspēju – neliels elektronu skaits. Pirmās daļiņas sauc par **lādiņu vairākumnesējiem**, bet otrās – par **lādiņu mazākumnesējiem**, un to klātbūtne pasliktina pusvadītāju ierīču darbību.

Pieaugot temperatūrai, palielinās arī lādiņu mazākumnesēju skaits. Temperatūrai ievērojami paaugstinoties, lādiņu mazākumnesēju skaits var pieaugt tik strauji, ka materiāla vadītspēja zaudē savu noteikto – elektronvadītspējas vai caurumvadītspējas – raksturu un pusvadītāju ierīce var pārstāt darboties. Arī šo īpašību izmanto pusvadītāju termopretestībās. Termopretestības, kuru elektriskā pretestība, temperatūrai paaugstinoties, pieaug, sauc par **pozitīvām**, bet termopretestības, kuru elektriskā pretestība samazinās, – par **negatīvām** termopretestībām.

## 1.4. Elektriskā strāva

Ja vadu pieslēdz akumulatoru baterijai vai ģeneratoram, tad uz brīvajiem elektroniem sāk darboties elektriskie spēki, kuru ietekmē elektroni pārvietojas pa vadu no elektroenerģijas avota negatīvās spaiļes uz pozitīvo spaiļi, līdzīgi tam, kā caurulē sāk plūst ūdens, kad ieslēdz sūkni. Tātad strāva ir brīvo elektronu pārvietošanās vadītājā noteiktā virzienā. Akumulatoru baterija nerada elektronus, tāpat kā sūkns neražo ūdeni, bet rada virzītu kustību jau esošiem elementiem. Iedomāsimies, ka ūdenstornī rezervuārā zem spiediena atrodas ūdens, kas var jebkurā brīdī izlauzties uz āru. Rezervuāram pievienota caurule ar krānu, kuru atverot ūdens pa cauruli var plūst uz peldbaseinu. Ja caurules diametrs ir mazs, ūdens plūsmas ātrums ir neliels un baseins piepildās lēnām. Palielinot caurules diametru jeb saslēdzot vairākas caurules paralēli, palielināsies arī ūdens plūsmas ātrums un baseins piepildīsies ātrāk. Tas notiek tādēļ, ka, palielinot caurules diametru, tā rada mazāku pretestību ūdens spiedienam un ūdens iztek ar lielāku ātrumu.

Iedomājoties, ka ūdens sūkns ar rezervuāru ir elektroenerģijas avots ar noteiktu elektrodzinējspēku EDS (ūdens pacelšanas augstums tornī) un spriegumu (ūdens spiediens = līmeņu starpība) un tam ir pieslēgta slodze (peldbaseins), kuras pretestība (caurules diametrs) kopā ar savienojamo vadu pretestību var mainīties, tad krānu var uzskatīt par slēdzi, bet ūdens plūsmu par strāvu, kas plūst pa ķēdi caur slodzi.

EDS raksturo elektroenerģijas avotu spēju ražot enerģiju, un tas eksistē neatkarīgi no tā, vai ķēde ir vai nav noslēgta. EDS uztur noteiktu potenciālu starpību jeb spriegumu. Aizverot caurules krānu, ūdens pacelšanas augstums kļūst vienāds ar ūdens spiedienu, tas ir, EDS kļūst vienāds ar spriegumu.

Kamēr slodzes pretestība ir maza (liels caurules diametrs), caur to plūst stipra strāva (liels plūsmas ātrums), bet tiklīdz pretestība pieaug (caurules diametrs samazinās), tā arī strāva (plūsmas ātrums) samazinās.

Lai gan elektroni pārvietojas no elektroenerģijas avota negatīvā pola uz pozitīvo polu, praksē ir pieņemts, ka strāva plūst no pozitīvā uz negatīvo polu (līdzīgi kā ūdens rezervuārā, kur ūdens plūst tikai no augstākā līmeņa uz zemāko).

## 1.5. Strāvas ķīmiskā iedarbība

Strāvu vada ne tikai metāli, bet arī skābju, sāļu un sārmu ūdens šķīdumi. Skābes molekulas parastā stāvoklī ir elektriski neitrālas. Taču, skābei šķīstot ūdenī, notiek elektrolītiskā disociācija, kuras būtība ir tāda, ka molekula ūdens iedarbībā sadalās divās elektriski lādētās daļās, ko sauc par **joniem**, bet šķīdumu – par **elektrolītu**.

Pieslēdzot trauku ar elektrolītu elektroenerģijas avotam, negatīvie joni (nemetālisko atlikumu molekulas) pārvietosies uz pozitīvo elektrodu, bet pozitīvie joni (metālu un ūdeņraža molekulas) – uz negatīvo elektrodu. Šāda jonu kustība tad arī veido strāvu elektrolītā.

Pārvietojoties elektrolītā, joni pārnes ne tikai elektriskos lādiņus, bet arī vielas daļiņas. Procesu, kurā no elektrolīta izdalās viela, sauc par **elektrolīzi**.

Strāvas ķīmisko iedarbību izmanto tīra vara un alumīnija iegūšanai, skābekļa un ūdeņraža iegūšanai no ūdens, automobiļu nemetālisku un metālisku izstrādājumu virsmu aizsardzībai pret koroziju, to rotājumu veidošanai, kā arī galvanisko elementu izgatavošanai.

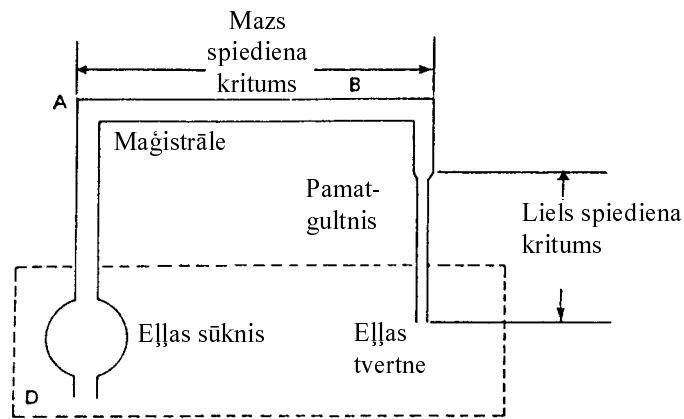
Akumulatora baterija ir galvaniskais elements ar atgriezenisku reakciju, kas elektroenerģiju spēj uzkrāt un saglabāt zināmu laiku. Atšķirībā no kabatas lukturīša apaļā vai plakanā galvaniskā elementa, kas ir gatavs darbam tūlīt pēc izgatavošanas, akumulatoru baterija ir jāuzlādē ar līdzstrāvu no ārēja enerģijas avota – taisngrieža. Tikai pēc uzlādēšanas akumulatoru bateriju var izmantot kā neatkarīgu elektroenerģijas avotu. Tādēļ akumulatoru baterijas sauc par **sekundārajiem**, bet kabatas lukturīša apaļos vai plakanos galvaniskos elementus – par **primārajiem elementiem**.

## 1.6. Elektriskā ķēde

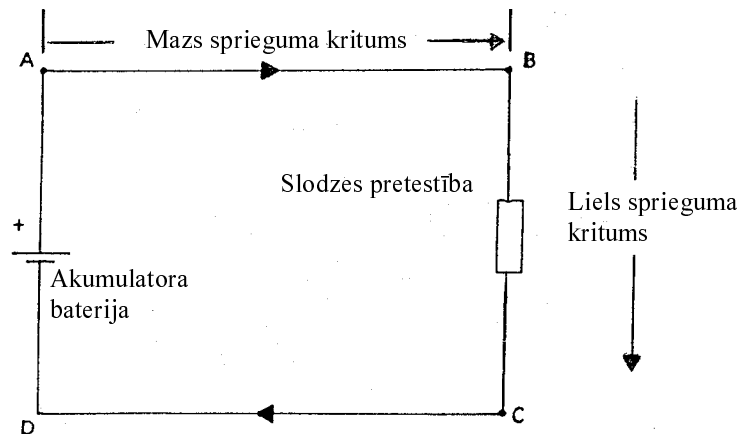
Savstarpēji savienotus elementus, kas domāti elektroenerģijas iegūšanai, pārvadīšanai un izmantošanai, sauc par elektrisko ķēdi.

Akumulatoru baterija vai ģenerators, kas rada strāvas plūsmu ķēdē, daudzējādā ziņā ir analogi automobilī uzstādītam eļļas sūknim. Eļļošanas sistēmā eļļa tāpat kā strāva plūst pa noslēgtu ķēdi un tā tiek izmantota gultņu eļļošanai.

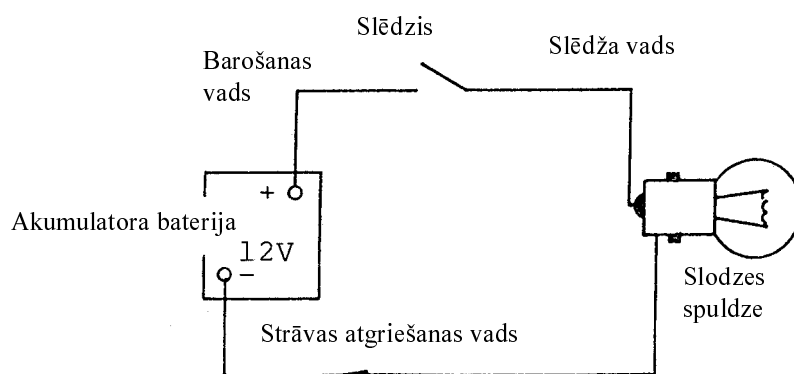
Salīdzinot eļļošanas un elektrisko sistēmu, kas ir shematiski parādīta 1. un 2. attēlā, var teikt, ka eļļas sūknis rada spiedienu starp punktiem A un D. Šī spiediena ietekmē eļļa tiek dzīta pa galveno eļļas maģistrāli B uz pamatgultni, kurā notiek lielākais spiediena kritums sakarā ar lielo hidraulisko pretestību gultņa spraugā. Eļļas sūkņa lielākā enerģijas daļa tiek patērēta galvenokārt tam, lai izspiestu eļļu cauri šai spraugai. Ideālā variantā eļļas maģistrālē sūkņa enerģija praktiski netiek zaudēta.



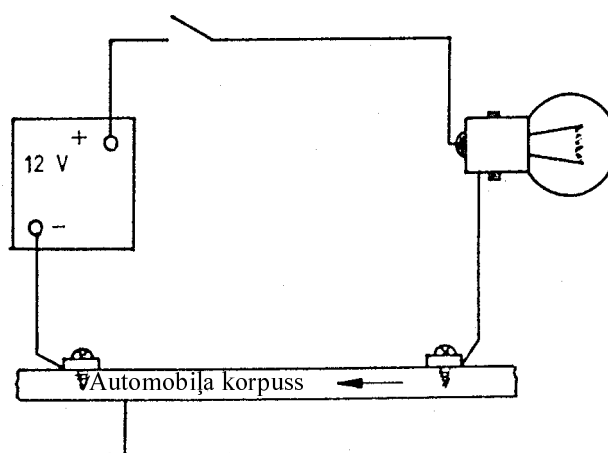
1. att. Eļļas sūknis un eļļas pievadīšana gultnim zem spiediena



2. att. Akumulatoru baterija ar slodzi



3. att. Vienkārša elektriskā shēma ar strāvas atgriešanu, izmantojot vadu



4. att. Vienkārša elektriskā shēma ar strāvas atgriešanu, izmantojot automobiļa korpusu

Akumulatoru baterija elektriskā ķēdē starp punktiem A un D rada potenciālu starpību, kas piespiež elektrisko strāvu plūst pa vadu B uz slodzes pretestību. Šeit rodas liels sprieguma kritums, jo slodze faktiski ir vadītājs ar ļoti lielu elektrisko pretestību. Akumulatoru baterijas enerģijas lielākā daļa tiek izmantota tam, lai piespiestu strāvu plūst caur slodzes pretestību. Pievadošā vadā akumulatoru baterijas enerģija gandrīz netiek tērēta, kaut gan praktiski nelieli zudumi tajā ir.

Ilgstošas elektriskās strāvas uzturēšanai ir nepieciešams, lai elektriskajā ķēdē būtu spriegums un tā būtu noslēgta.

## 1.7. Pamatlielumi

Elektronu daudzumu, kurus akumulatoru baterija piespiež pārvietoties, mēra ar astronomiskiem skaitļiem, tāpēc ērtības labad noteiktu to skaitu (šobrīd nav svarīgi – cik) apvienoja elektrības daudzuma vienībā un nosauca par **kulon**.

Praktiskām vajadzībām par elektrības daudzumu intereses nav, bet svarīgāk ir zināt tā pārvietošanās ātrumu pa ķēdi. Kulonu skaitu, kuri izplūst caur ķēdes punktu laika vienībā, sauc par strāvas stiprumu vai strāvu.

Strāvas stipruma mērvienība ir **ampērs**, t.i., strāva, kas atbilst vienu kulonu liela lādiņa izplūšanai caur vadītāju vienā sekundē.

Līdzīgo lielumu mērvienības hidrauliskajā un elektriskajā sistēmā apkopotas 2. tabulā.

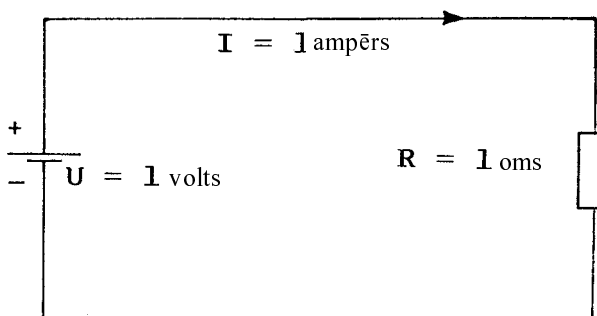
Nosaukums	Mērvienība hidrauliskajā sistēmā	Mērvienība elektriskajā sistēmā
Daudzums	Kubikmetrs	Kulons
Spiediens un spiediena kritums	Paskāls	Volts
Plūsmas ātrums	Kubikmetrs sekundē	Ampērs = kulons sekundē

### 1.8. Oma likums

Slodzes pretestība jeb slodze ir ķēdes elements, kura dēļ tiek veidota visa pārējā elektriskā ķēde.

Strāvai plūstot caur slodzes pretestību, tajā izdalās noteikts siltuma daudzums. Tā, piemēram, luktura spuldze (precīzāk – tās kvēldiegs) ir slodzes pretestība, kas rada apgaismojumu. Darbības laikā spuldzes kvēldiegs tiek sakarsēts līdz baltkvēlei. Lai pasargātu kvēldiegu no oksidēšanās, kā arī samazinātu materiāla iztvaikošanu, spuldzes balonu piepilda ar inertiem gāzi.

Par slodzes pretestības vienību pieņem **omu**. Vienu omu liela pretestība ir tāda pretestība vadītājam, pa kuru plūst vienu ampēru stipra strāva, ja spriegums starp vadītāja galiem ir viens volts (5. attēls).



5. att. Sakarība starp voltu, ampēru un omu

Elektrotehnikas pamatlikums ir **Oma likums**, kura definīciju var izteikt arī tā: *spriegums ir:*

$$U = I R.$$

Izmantojot Oma likuma formulu, var noteikt jebkuru tajā ietilpstošo lielumu.

#### **Piemērs**

1. Automašīna virzienrāža spuldze ir pieslēgta 12 V akumulatoru baterijai un patērē 1,25 A lielu strāvu. Aprēķināt spuldzes pretestību.

Aprēķiniem izmanto formulu

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12}{1,25} = 9,6 \Omega.$$

2. Spuldze, kuras pretestība ir 4  $\Omega$ , ieslēgta ķēdē un patērē 3 A lielu strāvu. Aprēķināt spriegumu uz spuldzi.

$$U = I R = 3 \times 4 = 12 \text{ V}.$$

3. Aprēķināt caur spuldzi plūstošo strāvu, ja tās pretestība ir 2,5  $\Omega$  un tā ir ieslēgta 12 V akumulatoru baterijas ķēdē.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{2,5} = 4,8 \text{ A}.$$

## 1.9. Patērētāju virknes slēgums

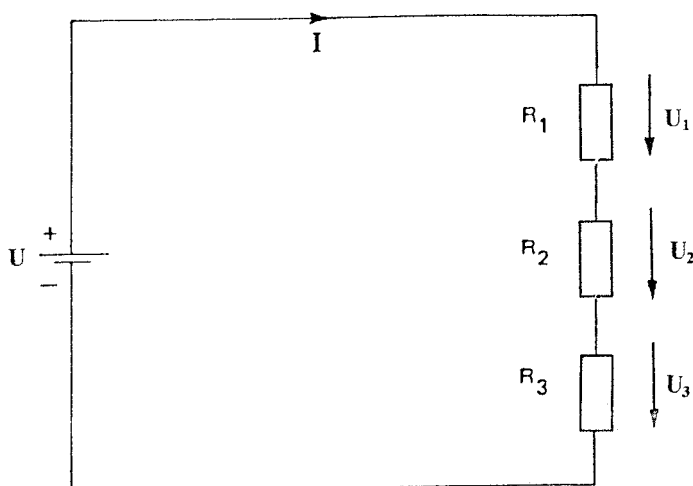
Minētajos gadījumos elektroenerģijas avotam bija pieslēgta tikai viena slodzes pretestība vai elektroenerģijas patērētājs. Par elektroenerģijas patērētāju sauc elektroierīci, kas elektroenerģiju pārveido gaismas, siltuma, ķīmiskajā, mehāniskajā vai kāda cita veida enerģijā (piemēram, elektriskā spuldze pārveido elektroenerģiju gaismas enerģijā, elektriskais sildītājs – siltuma enerģijā, akumulators – ķīmiskajā enerģijā, starteris – mehāniskajā enerģijā utt.).

Turpmāk elektroenerģijas patērētājus shēmās aizstāsim ar rezistoriem, kuriem piemīt noteikta pretestība. Praksē patērētājus ar elektroenerģiju apgādā centralizēti, t.i., viens vai vairāki elektroenerģijas avoti baro daudzus patērētājus. Šie patērētāji ir pieslēgti ne tikai elektroenerģijas avotam, bet arī savienoti noteiktos slēgumos savā starpā – virknē vai paralēli.

Par patērētāja **virknes slēgumu** (6. attēls) sauc tādu elementu slēgumu, kurā elektroenerģijas avota pozitīvā spāile savienota ar pirmā patērētāja sākumu, pirmā patērētāja beigas – ar otrā patērētāja sākumu, bet otrā patērētāja beigas savienotas ar elektroenerģijas avota negatīvo spāili un cauri visiem patērētājiem plūst viena un tā pati strāva:

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

kur  $I_n$  – strāva  $n$  – tajā patērētājā.



6. att. Patērētāju virknes slēgums

Virknes slēgumā strāvai tāpat kā ūdenim upē jāplūst pa vienu gultni, neatkarīgi no tā, kāds atsevišķos posmos ir tās platums. Strāva, kas plūst cauri virknē saslēgtiem patērētājiem, rada uz katra patērētāja spriegumu un to summa ir vienāda ar elektroenerģijas avota spriegumu:

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

kur  $U_n$  – spriegums uz  $n$  – tā patērētāja.

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

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

kur  $R_n$  ir  $n$  – tā patērētāja pretestība.

Virknēs slēgumu izmanto, lai ķēdē samazinātu vai ierobežotu strāvu. To nelieto plaši, jo šim slēgumam piemīt vairāki trūkumi:

- viena patērētāja “izslēgšana” pārtrauc pārējo patērētāju darbību. Ja eglīšu rotājumu spuldzīšu virtenē viena spuldzīte “izdegs”, tad nespīdēs arī pārējās, jo strāva caur bojāto spuldzīti neplūst;
- visiem patērētājiem jābūt ar vienādu pretestību, t.i., jaudu, jo pretējā gadījumā spriegumi uz to spailēm sadalīsies nevienmērīgi. Virknē spuldze ar vislielāko jaudu spīdēs visvājāk, jo uz tās kontaktiem ir vismazākais spriegums;
- nedrīkst virknē slēgt daudz patērētāju, jo tad elektroenerģijas avotam ir jābūt ar lielu spriegumu. Ja virknē saslēdz 10 vienādas 12 V spuldzes, tad, lai tās spīdētu normāli, elektroenerģijas avota spriegumam jābūt

$$U = 10 \text{ gab.} \times 12 \text{ V} = 120 \text{ V.}$$

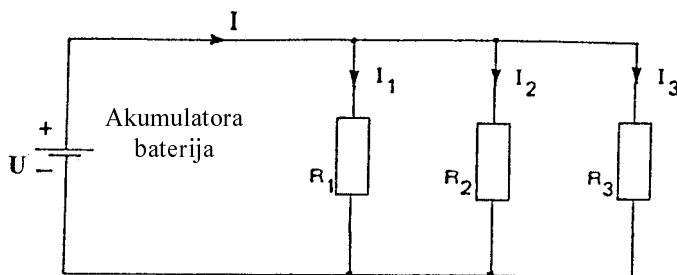
### 1.10. Patērētāju paralēlais slēgums

Par patērētāju **paralēlo slēgumu** sauc tādu elementu slēgumu, kurā visu patērētāju sākumi savienoti kopā un pieslēgti vienai elektroenerģijas avota spaiļei, savukārt beigas tāpat savienotas kopā un pieslēgtas otrai elektroenerģijas avota spaiļei, pie kam spriegums uz visiem patērētājiem ir vienāds ar elektroenerģijas avota spriegumu:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n.$$

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

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \dots + \frac{U}{R_n} = \frac{U}{R} .$$



7. att. Patērētāju paralēlais slēgums

Paralēlajā slēgumā strāvai nav “jālaužas” cauri vienai pretestībai, bet tā var plūst pa diviem vai vairākiem ceļiem – paralēliem zariem (līdzīgi kā autobusā, kad braucēji var izkāpt ne tikai pa priekšējām, bet arī pa aizmugurējām durvīm. Atverot arī vidējās durvis, cilvēki atstātu autobusu vēl ātrāk, jo palielinātos to plūsmas caurlaidība), līdz ar to strāvas vadītspēja

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} .$$

Divu paralēli saslēgtu patērētāju pretestību aprēķina pēc formulas

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} .$$

Trīs paralēli saslēgtu patērētāju kopējo pretestību aprēķina pēc formulas

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} .$$

Paralēlais slēgums ir elektroenerģijas patērētāju pamatslēgums, jo jebkura patērētāju atslēgšana no ķēdes vai bojājums neietekmē pārējo patērētāju darbību un uz visiem patērētājiem spriegums ir vienāds ar elektroenerģijas avotu spriegumu.

### 1.11. Kirhofa likums

Šis likums nosaka, ka nevienā ķēdes punktā nenotiek elektrisko lādiņu uzkrāšanās, tāpēc vados, kuri sanāk kopā jebkurā elektriskās ķēdes savienojuma vietā ķēdes mezglā, pieplūstošā strāva ir vienāda ar aizplūstošo strāvu summu, jeb visu strāvu algebriskā summa ir vienlīdzīga nullei:  $\Sigma I = 0$ .

Par pozitīvām uzskata tās strāvas, kuras plūst uz savienojuma vietu – mezglu, bet par negatīvām – strāvas, kuras plūst prom no tā.

Automobiļa elektriskās shēmas visi zari parasti ir savienoti paralēli, un tie saņem barošanu no viena elektroenerģijas avota – akumulatora vai ģeneratora.

#### *Piemērs*

Pieņemot, ka automobiļa galvenie lukturi patērē strāvu 5 A, aizmugurējo gabarītgaismu lukturi – 0,5 A, bet aizdedzes sistēma – 1,5 A (tie ir ieslēgti vienlaicīgi), no elektroenerģijas avota patērētā strāva

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 5 + 0,5 + 1,5 = 7 \text{ A}$$

vai ķēdes mezglā strāvas algebriskā summa

$$I + (-I_1) + (-I_2) + (-I_3) = 7 + (-5) + (-0,5) + (-1,5) = 7 - 5 - 0,5 - 1,5 = 0.$$

### 1.12. Elektroenerģija un jauda

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

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

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

$$W = U I t \text{ (V A s = W s = J)}.$$

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

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

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

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

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

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

#### *Piemērs*

Aprēķināt galvenā luktura spuldzes jaudu un divās stundās patērēto elektroenerģiju, ja tā pieslēgta 12 V elektroapgādes sistēmai un patērē 5 A strāvu:

- spuldzes jauda  $P = U I = 12 \times 5 = 60 \text{ W} = 0,06 \text{ kW}$ ;
- patērētā elektroenerģija:  $W = P t = 0,06 \times 2 = 0,12 \text{ kWh}$ .



### 1.13. Strāvas siltumiedarbība

Ja strāva plūst nekustīgā vadītājā, kurā nenotiek nekādas ķīmiskas pārvērtības, tad viss strāvas darbs tiek pārvērsts siltumā. Izdalīto siltuma daudzumu vadītājā nosaka Džoula – Lenca likums: izdalītais siltuma daudzums vadītājā ir tieši proporcionāls strāvas kvadrāta reizinājumam ar vadītāja pretestību un strāvas darbības laiku:

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

Strāvas siltumiedarbību plaši izmanto elektriskajos sildītājos, elektriskajā apkurē, spuldzēs, drošinātājos, siltumrelejos u.c. Taču elektriskajās mašīnās un aparātos strāvas izdalītais siltums ir kaitīgs faktors, jo tas var radīt nepieļaujami augstu vadu temperatūru, izolācijas priekšlaicīgu bojāšanos un īsslēgumu. Īsslēgums rodas, ja vadu izolācijas bojāšanās dēļ šiem dažādas polaritātes (“+” un “-“) vadiem ir tiešs metālisks savienojums. Ķēdes posms, kurā radies īsslēgums, ir nekavējoties jāatslēdz.

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

### 1.14. Patērētāju nominālie dati

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

Jo lielāka nominālā strāva  $I_N$ , jo lielākam jābūt vada šķērsgriezumam, lai nenotiktu tā pārkaršana.

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

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

$$P_N = U_N I_N.$$

### 1.15. Sprieguma zudumi vados

Apskatot automobiļa vadus redzams, ka tie ir dažāda diametra, ar dažādu izolāciju, lokani, pīti un vīti no tievām vara stieplēm.

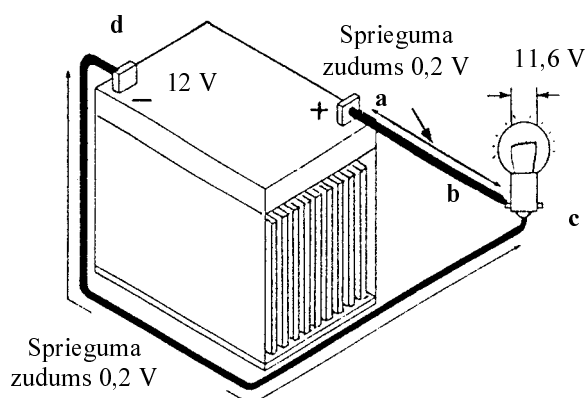
Automobiļa elektriskajām ķēdēm konstruktors izvēlas tādus vadus, lai, pārvadot elektroenerģiju no tās avota līdz patērētājiem, tajos būtu pēc iespējas mazāki enerģijas zudumi.

Vadu šķērsgriezumu un izolācijas veidu izvēlas, ņemot vērā mehānisko izturību, pieļaujamo silšanu, ko nosaka strāvas blīvums un sprieguma zudums.

No mehāniskās izturības vadu šķērsgriezums parasti ir atkarīgs tad, ja strāva tajā ir mazāka par 1A.

Nepieciešamo vadu šķērsgriezumu orientējoši var aprēķināt, pieņemot, ka pieļaujамais strāvas blīvums

- automobiļu startera ķēdēs  $\delta = 10 \div 20 \text{ A/mm}^2$ ;
- pārējās ķēdēs  $\delta = 3 \div 5 \text{ A/mm}^2$ .



8. att. Sprieguma zudumi vados (pie nosacījuma, ka abi vadi ir vienāda garuma)

Sprieguma zudumus ņem vērā ārējās apgaismošanas, kā arī energoapgādes sistēmas ķēdēs. Tie nedrīkst pārsniegt šādus lielumus procentos no patērētāja nominālā sprieguma: tālās gaismas ķēdē  $\Delta U = 6,5\%$ , bremsēšanas signāla ķēdē  $\Delta U = 3,5\%$ , tuvās gaismas ķēdē  $\Delta U = 3,2\%$ , aizmugurējo gabarītgaismu ķēdē  $\Delta U = 3,0\%$  un priekšējo gabarītgaismu ķēdē  $\Delta U = 1,5\%$ .

Palielinoties sprieguma zudumiem vados, samazinās automobiļa apgaismojums un līdz ar to arī drošība. Apgaismojumu var uzlabot, palielinot vadu šķērsgrizumu, taču tad tie zaudēs lokanumu un būs arī dārgāki.

#### Piemērs

Aprēķināt faktiskos sprieguma zudumus gabarītgaismu spuldzes vados, ja tā pieslēgta 12 V akumulatoru baterijai un spriegums uz spuldzes ir 11,6 V (8. attēls).

Sprieguma zudumi vados

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 12 - 11,6 = 0,4 \text{ V vai}$$

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_2} \times 100 = \frac{0,4}{11,6} \times 100 = 3,4\%.$$

## 1.16. Mēraparāti

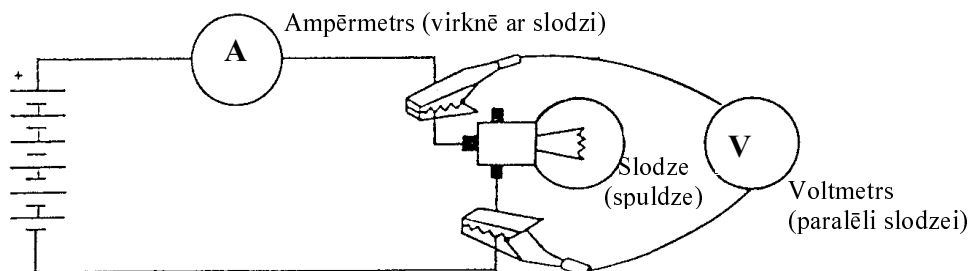
Izmantojot mēraparātus, galvenais nav zināt to konstrukciju, bet gan mācēt tos lietot.

Strāvu, spriegumu un pretestību mēra ar mēraparātiem, kuru nosaukumi jau norāda, kādu lielumu tie mēra: strāvas stiprumu (ampērus) mēra **ampērmetrs**, spriegumu (voltus) – **voltmetrs** un pretestību (omus) – **ommetrs**.

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

Mērījumu diapazona neatbilstība mērāmajam lielumam var būt par cēloni tam, ka mērījums ir neprecīzs vai mēraparāts tiek sabojāts.

Ampērmetrs mēra strāvu, kura plūst ķēdē, tāpēc to ieslēdz tā, lai šī strāva arī plūstu caur ampērmetru, t.i., slēdz virknē ar slodzi, kā tas parādīts 9. attēlā.



9. att. Ampērmetra un voltmetra ieslēgšana

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

**Voltmetrs** atšķirībā no ampērmetra ir konstruēts tā, lai tā iekšējā pretestība būtu pēc iespējas lielāka. Tāpēc tam pat nepareiza ieslēgšana shēmā ir mazāk bīstama nekā ampērmetram.

Ar voltmetru mēra spriegumu, t.i., potenciālu starpību uz ķēdes elementa galiem, tāpēc tas jāslēdz paralēli šim elementam (8. attēls). Piemēram, ja voltmetru ieslēdz starp punktiem a un d, tad tas uzrādīs akumulatoru baterijas spriegumu, starp punktiem b un c – spriegumu uz spuldzes, starp punktiem a un b vai d un c – sprieguma zudumu vados.

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

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

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

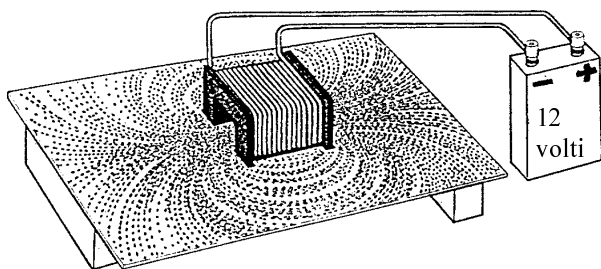
Visas nepieciešamās ziņas par mēraparātu uzrāda uz tā skalas, lietojot dažādus nosacītus apzīmējumus un zīmes, kas norāda mērāmā lieluma veidu, strāvas veidu, darbības principu, aparāta stāvokli mērīšanas laikā, precizitātes klasi u.c.

## 1.17. Strāvas magnētiskā iedarbība

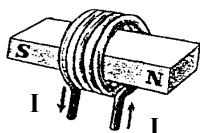
Ap katru vadītāju, pa kuru plūst līdzstrāva, pastāv magnētiskais lauks. Šādā gadījumā saka, ka strāvai piemīt magnetizējošais spēks. Taisna vada magnētisko lauku var pastiprināt, ja no tā izveido vijumu. Vairāki vijumi veido spoli jeb solenoīdu, un magnetizējošais spēks ir atkarīgs ne tikai no strāvas vērtības, bet arī no spoles vijumu skaita.

Tāpat noteikta magnētiskā lauka radīšanai var izmantot spoli ar mazu vijumu skaitu un lielu strāvu vai arī spoli ar lielu vijumu skaitu un mazu strāvu. Ja spolē atslēdz strāvu, magnētiskais lauks tajā izzūd.

Lai pastiprinātu spoles magnētisko lauku, izmanto dzelzs priekšmetu. Ja spoles magnētiskajā laukā ievieto dzelzs materiāla serdi (tā saucamo magnēt vadu), tad tā magnetizējas un kļūst par mākslīgo magnētu jeb elektromagnētu (10. attēls).

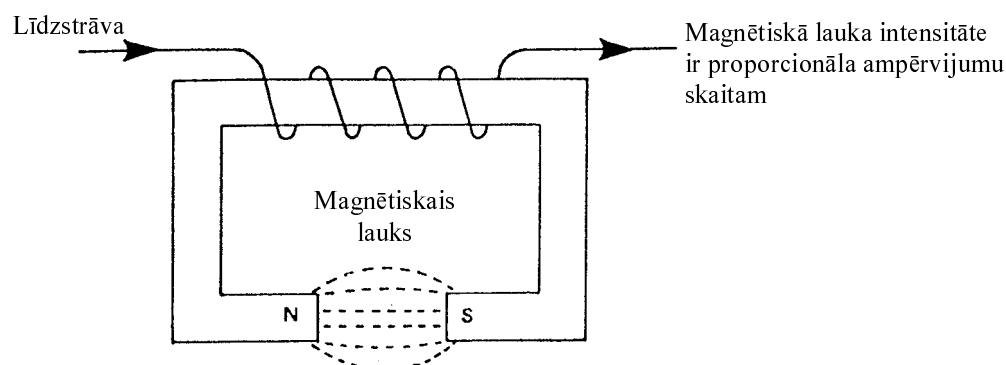


10. att. Elektromagnēts



Elektromagnēts sastāv no serdes un uz tās novietotas spoles. Ja spoles tinumos plūst strāva, tad tās iekšienē rodas magnētiskais lauks. Elektromagnēta magnētiskais lauks ir ievērojami lielāks nekā spolei bez serdes. Tas izskaidrojams ar to, ka dzelzs serdes magnētiskā caurlaidība ir daudz lielāka nekā gaisam. Magnētiskā lauka radīšanai var izmantot spoli ar mazu vijumu skaitu un lielu strāvu vai arī spoli ar lielu vijumu skaitu un mazu strāvu.

Ja ir nepieciešams iegūt magnētisko lauku ar lielu intensitāti, tad ir jāizvēlas serde ar lielu šķērsriezuma laukumu un minimālu gaisa spraugu, spole ar maksimāli iespējamo ampērvijumu skaitu.



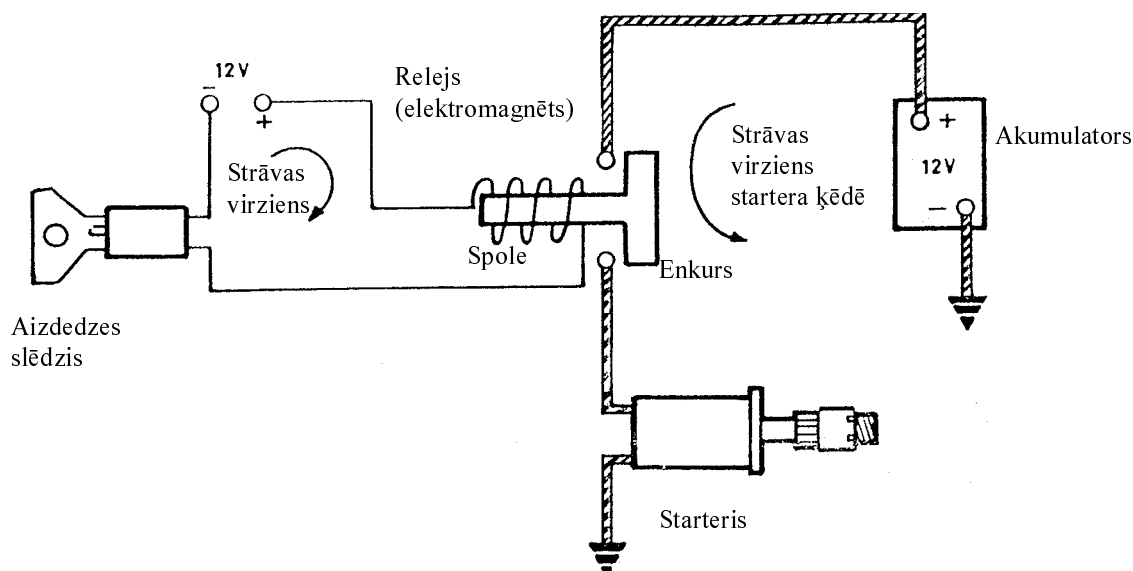
11. att. Elektromagnēta serdes konstruktīvie elementi

Elektromagnētus plaši lieto automobiļu elektroiekārtās, galvenokārt ģeneratoros un elektromotoros. Tas saistās ar to, ka, izmantojot elektromagnētus šajās ierīcēs, ir iespējams regulēt to raksturlīknes, izmainot strāvu spolēs. Šajās ierīcēs elektromagnētus sauc par poliēm, serdes – par polu korpēm, bet spoles – par ierosmes tinumiem. Elektromagnētus izmanto arī, lai iegūtu mehānisku spēku, ar kuru magnētiskais lauks iedarbojas uz dzelzs ķermeni – enkuru, piemēram, elektromagnētiskajos relejos.

### 1.18. Elektromagnētiskais relejs

Relejus izmanto kā komutācijas ierīces, lai realizētu distances vadību. Lietojot distances vadību, ar mazām vadības strāvām ir iespējams samazināt stipro strāvu ķēžu garumus, slēdžu izmērus, kontaktu apdegšanu, kā arī sprieguma zudumus attiecīgajā ķēdē. Relejus izmanto akumulatoru baterijas, startera, tālās un tuvās gaismas, skaņu signāla un citu jaudīgu patērētāju ieslēgšanai un izslēgšanai.

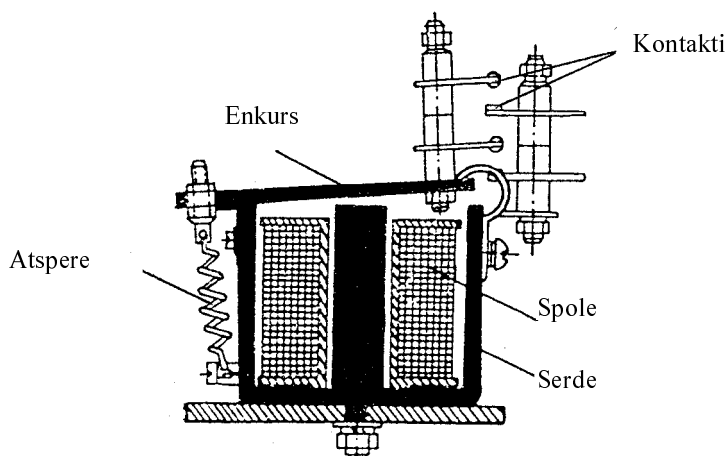
Par tipisku piemēru šim nolūkam var kalpot startera distances ieslēgšanas shēma, kura galvenajā ķēdē plūst vairāku simtu ampēru liela strāva (12. attēls). Šajā gadījumā vadiem, kas savieno starteri ar akumulatoru, ir jābūt resniem un īsiem, lai maksimāli samazinātu tajos strāvas zudumus. Šī iemesla dēļ vadus nedrīkst ievilkt salonā un pieslēgt pie kaut kāda slēdža, lai ieslēgtu starteri. To panāk ar releja starpniecību, kuru novieto akumulatora un startera tuvumā, bet vada no salona, izmantojot vadības ķēdē jebkura garuma tievu vadu.



12. att. Startera ieslēgšanas shēma

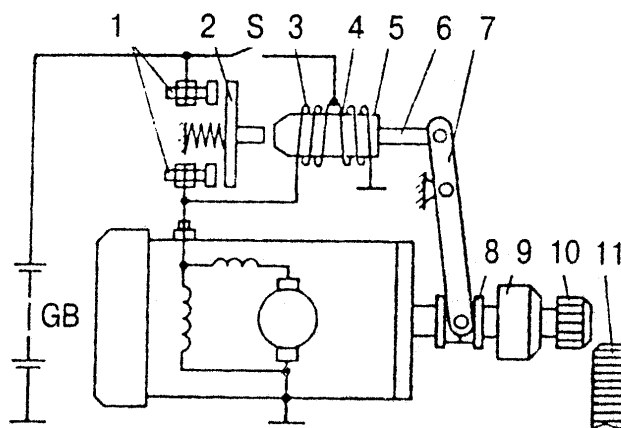
Magnētiskais lauks pievelk jebkuru tuvumā esošu priekšmetu, kam piemīt spēja magnetizēties. Šo magnētiskā lauka spēka iedarbību uz dzelzs priekšmetu izmanto elektromagnētā, kurā dzelzs serdi pievelk magnētiskais lauks, ko rada ierosmes tinumā plūstošā strāva. Dzelzs serdes vai enkura kustība savukārt var saslēgt vai atslēgt elektriskos kontaktus, kuri var atrasties dažādās ķēdēs un izpildīt dažādas funkcijas.

Releju konstruktīvais izveidojums var būt dažāds. Vienkāršs elektromagnētiskais relejs parādīts 13. attēlā. Šī releja enkuru augšējā stāvoklī notur atsperē. Pieslēdzot vadības spoli sprieguma avotam, tajā sāk plūst strāva, rodas magnētiskais lauks, kurš, pārvarot atsperes pretestību, pievelk enkuru pie serdes un saslēdz tā galā novietotus kontaktus kādā ārējā ķēdē. Atslēdzot vadības spoli no sprieguma avota, tās magnētiskais lauks izzūd un enkurs, atbrīvojoties no tā, atsperes ietekmē atgriežas sākuma stāvoklī, atslēdzot ārējās ķēdes kontaktus. Spriegums vai strāvas stiprums, pie kura relejs ieslēdzas vai izslēdzas, ir atkarīgs no enkura atsperes spriegojuma.



13. att. Vienkāršs elektromagnētiskais relejs

Ievilcējrelejs ir cita tipa izpildes ierīce. Tā darbība pamatota uz to, ka kustīga dzelzs serde, kas ievietota spolē, pa kuru plūst strāva, cenšas, šajā spolē ievilkoties, ieņemt vidusstāvokli (14. attēls).



14. att. Startera ievilcējreļa shēma:

- 1 – kontakti startera ieslēgšanai; 2 – kontaktdisks; 3 – ievilcējreļa ievilcējtinums;  
 4 – ievilcējreļa noturētāja tinums; 5 – enkurs; 6 – stiepnis; 7 – vadības svira; 8 – vadības gredzens;  
 9 – apdziņas sajūgs; 10 – sakabes zobrats; 11 – sparrats; S – aizdedzes slēdzis, GB – akumulators

Spēks, ar kuru ievilcējreļš ievilk enkuru, ir pietiekams, lai ar sviras palīdzību iebīdītu startera mazo zobratu sazobē ar motora sparratu un, piespiežot kontaktdisku pie kontaktiem, ieslēgtu startera motoru.

### 1.19. Magnētiskā lauka induktīvā darbība jeb ģenerators darbības princips

Automobiļos izmanto ne tikai magnētiskā lauka dinamisko darbību, bet arī induktīvo darbību: elektriskajās mašīnās, kurās mehānisko enerģiju pārveido elektroenerģijā (ģeneratoros) vai magnētiskā lauka enerģiju elektroenerģijā (indukcijas spolēs), un tā izpaužas kā **elektromagnētiskā indukcija**.

Vadītājam pārvietojoties tā, ka tas šķeļ magnētisko lauku vai mainīgs magnētiskais lauks šķeļ nekustīgu vadītāju, vai vadītājam un magnētiskajam laukam pārvietojoties telpā vienam attiecībā pret otru, vadītājā inducējas EDS, kura efektīvo vērtību izsaka šāda sakarība:

$$E = B l v,$$

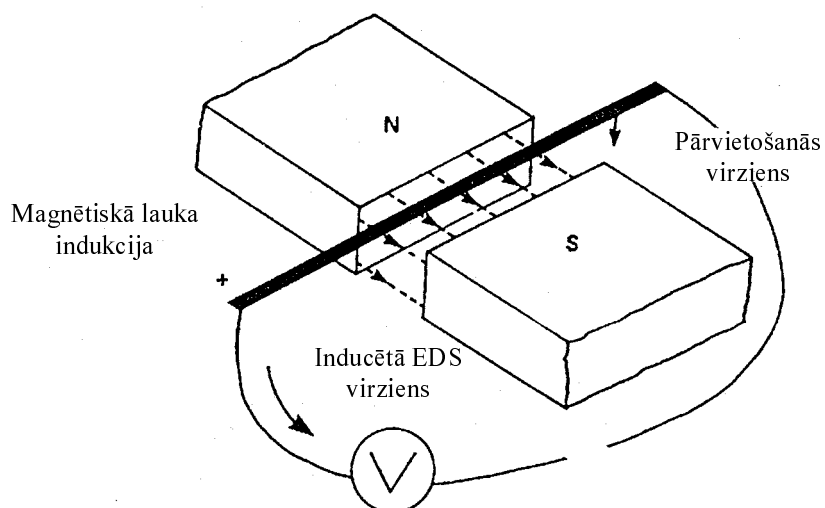
kur E – inducētais EDS (V);

B – magnētiskā lauka indukcija (T);

l – vada aktīvais garums magnētiskā lauka robežās (m);

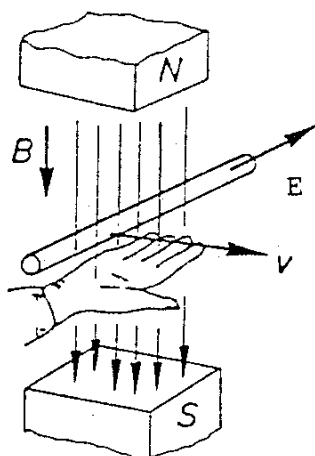
v – vadītāja pārvietošanas ātrums magnētiskajā laukā perpendikulāri indukcijas līnijām (m/s).

Ja vadītāja galus savieno un voltmetra vietā ieslēdz kādu patērētāju (15. attēls), tad EDS ietekmē ķēdē plūst strāva, kuras virziens sakrīt ar EDS virzienu, turklāt, strāvas vadītājam mijiedarbojoties ar magnētisko lauku, uz vadītāju iedarbojas elektromagnētiskais spēks, kas būs bremzējošais, t. i., vērsts pretēji vadītāja kustības virzienam. Automobilī minēto parādību var novērot tad, kad ģenerators siksna nav nospriegota un, ieslēdzot tuvo vai tālo gaismu, rodas tik liels bremzējošais moments, ka siksna sāk izslīdēt un atskan nepatīkama skaņa.



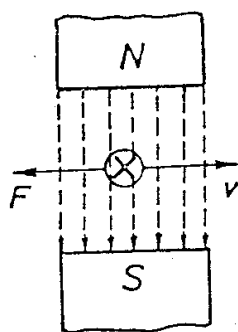
15.att. Inducētā EDS rašanās vadītājā

Inducētā EDS virzienu taisnam vadītājam nosaka pēc **labās rokas likuma** (16. attēls)



16. att. Labās rokas likums

Elektromagnētiskās inerces parādību izsaka **Lenca likums**, kuru var formulēt šādi: inducētā EDS virziens vienmēr ir tāds, ka indukcijas strāva izraisa elektromagnētiska spēka  $F$  rašanos, kurš pretojas vada pārvietošanai ar ātrumu  $v$  (17. attēls).



17.att. Lenca likums

Ģenerators tinumos inducētā strāva rada spēkus, kas pretojas tā enkura rotācijai. Jo lielāka ir ģenerators strāva, jo lielāka mehāniskā enerģija jāpatērē tā griešanai.

## 1.20. Magnētiskā lauka dinamiskā darbība jeb motora darbības princips

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

Ja strāvas vads atrodas magnētiskā laukā (18. attēls), tad uz to iedarbojas elektromagnētiskais spēks, kura skaitlisko vērtību nosaka pēc formulas

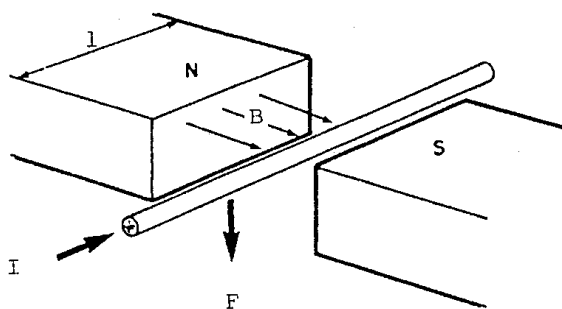
$$F = B I l,$$

kur  $F$  – elektromagnētiskais spēks (N);

$B$  – magnētiskā lauka indukcija (T);

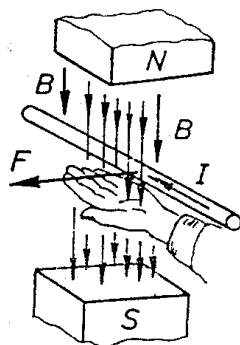
$I$  – strāvas stiprums vadā (A);

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



18. att. Strāvas vads magnētiskā laukā

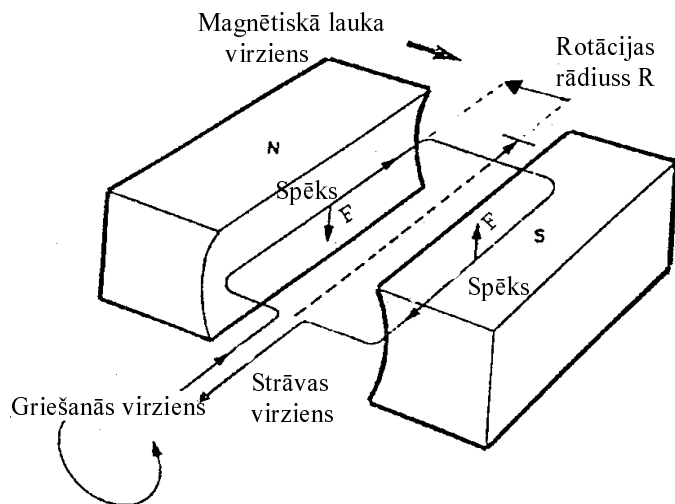
Elektromagnētiskā spēka iedarbības virzienu uz strāvas vadu nosaka pēc **kreisās rokas likuma** (19. attēls). Savukārt elektromagnēta polus nosaka pēc **labās rokas likuma**: ja labās rokas plaukstu novieto uz strāvas spoles tā, ka četri pirksti aptver spoli un norāda strāvas virzienu spoles tinumos, tad taisnā leņķī atliektais īkšķis norāda elektromagnēta ziemeļpolu.



19. att. Kreisās rokas likums

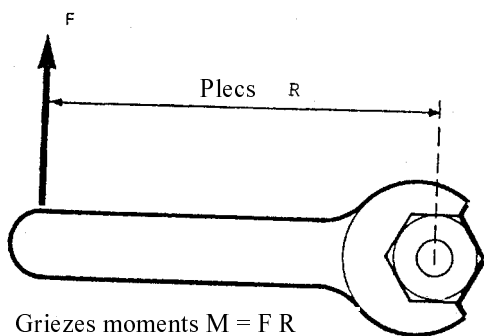
Tātad uz strāvas vadu darbojas mehāniskais spēks, kas cenšas to izgrūst no magnētiskā lauka. Ja strāvas vadu izloka taisnstūra rāmīša veidā un ievieto magnētiskajā laukā, tad uz rāmīša sānu malām iedarbosies pretēji vērsti spēki, kuri veidos uz to griezes momentu, kā rezultātā rāmītis sāks rotēt. Ja tā rotācijas asi iegultņo, tad iegūst elementāru līdzstrāvas motoru (20. attēls).





20. att. Elementārs līdzstrāvas motors

Lai labāk izprastu griezes momenta jēgu, tad iedomāsimies skrūves savienojumu, kura savilkšanai izmanto uzgriežņu atslēgu (21. attēls). Šajā gadījumā griezes moments kļūst par uzgriežņa savilkšanas spēka mēru un tas ir atkarīgs no pieliktā spēka un pleca garuma reizinājuma, pie nosacījuma, ka spēka darbības virziens ir perpendikulārs plecam.



21. att. Griezes moments

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

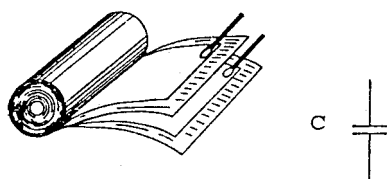
$$M = 2F R .$$

Griezes momentu mēra ņūtonmetros.

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

### 1.21. Kondensators

Kondensators sastāv no divām liela laukuma vadītāja plāksnītēm jeb klājumiem, kas viena no otras atdalīta ar dielektriķa kārtiņu. Parasti kondensators sastāv nevis no viena, bet no vairākiem plāksnīšu pāriem, kuri atdalīti ar dielektriķi. Tā rīkojas tādēļ, lai saglabājot nelielus kondensatora izmērus, palielinātu plāksnīšu laukumu un līdz ar to ietilpību. Vadītāja plāksnītēm tiek pielodēti izvadi (22. attēls), bet no ārpuses tās pārklāj ar aizsargapvalku vai arī ievieto plastmasas vai metāla konteinerā.



22. att. Kondensatora uzbūve un nosacītais apzīmējums

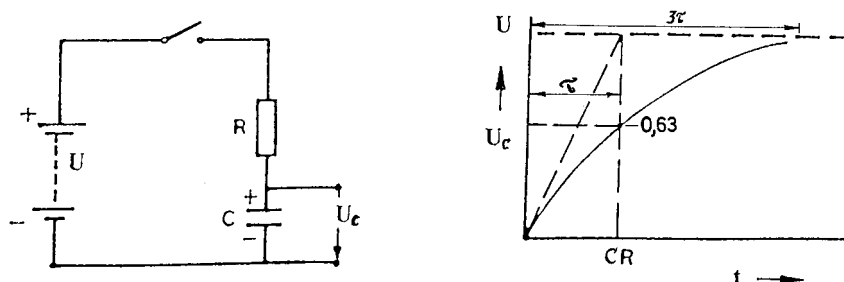
Kondensators paredzēts noteikta enerģijas daudzuma uzkrāšanai. Tā spēju uzkrāt un saglabāt elektriskos lādiņus raksturo kondensatora kapacitāte, kura ir atkarīga no elektriskā lādiņa  $Q$ , kas ir uz vienas plāksnītes, un potenciālu starpības jeb sprieguma  $U$  starp šīm plāksnītēm:

$$C = \frac{Q}{U} .$$

Kapacitāti mēra farados (F).

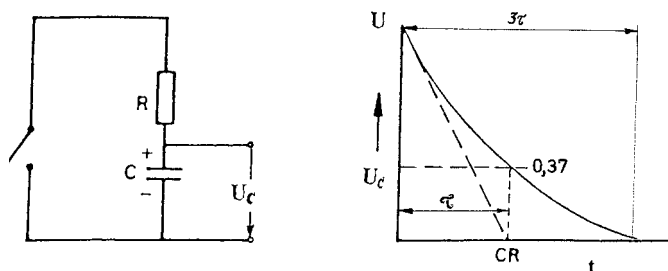
**Farads** ir ļoti liela kapacitātes vienība, tāpēc praktiskām vajadzībām lieto **mikrofaradus** (farada miljonā daļa) un **pikofaradus** (mikrofarada miljonā daļa).

Ja kondensatoru ar kapacitāti  $C$  saslēdz virknē ar rezistoru  $R$  un pieslēdz akumulatoru baterijai (23. attēls), tad sākas kondensatora pakāpeniska uzlāde caur rezistoru. Laiku sekundēs, kurā spriegums uz kondensatora  $U_c$  sasniegs 63% no avota sprieguma  $U$ , sauc par ķēdes laika konstanti  $\tau = RC$ . Uzlādes procesa laikā  $t_u = 3\tau = 3RC$ , kad spriegums uz kondensatora kļūst vienāds ar tam pievadīto avota spriegumu, kondensators ir uzlādējies un uzlādes strāva ķēdē vairs neplūst. Tas nozīmē, ka līdzstrāva caur kondensatoru neplūst.



23. att. Kondensatora ar kapacitāti  $C$  uzlādes process caur rezistoru ar pretestību  $R$

Analogi kondensatora  $C$  izlādes laikā caur rezistoru  $R$  ķēdē sāk plūst izlādes strāva, kas ir pretēja uzlādes strāvai, un spriegums uz kondensatora pakāpeniski samazinās, sasniedzot 37% no tā izejas sprieguma laikā  $\tau = RC$  (24. attēls). Izlādes strāva ir jo mazāka, jo lielāka ir rezistora pretestība  $R$ , bet jo mazāka ir izlādes strāva, jo ilgāks ir kondensatora izlādes laiks. Tātad, attiecīgi izvēloties rezistora pretestību  $R$ , var nodrošināt strāvas plūsmu ķēdē noteiktu laiku pēc līdzstrāvas avota atslēgšanas.



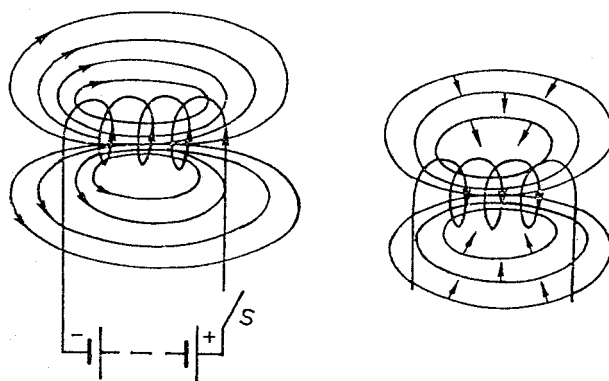
24. att. Kondensatora izlādes process

Automobiļos kondensatorus izmanto radiotraucējumu novēršanai, enerģijas uzkrāšanai, impulsveida pārsprieguma likvidēšanai, ātrās izlādes nodrošināšanai, taisngrieztās strāvas pulsāciju nogludināšanai u.c.

## 1.22. Pašindukcija un induktivitāte

Ja caur spoli plūst līdzstrāva, slēdzis  $S$  ir noslēgts (25. attēls), apkārt spolei rodas konstants magnētiskais lauks. Atslēdzot slēdzi  $S$ , ķēde tiek pārtraukta, magnētiskais lauks izzūd un magnētiskā lauka indukcijas līnijas it kā "ievelkas" spoles tinumu iekšpusē. "Ievilkšanās" momentā magnētiskā lauka indukcijas līnijas šķeļ spoles tinumus un rada tajos noteikta virziena EDS. Pēc tam, noslēdzot ķēdi, magnētiskais lauks atjaunojas un lauka indukcijas līnijas no jauna šķeļ spoles tinumus, inducējot tajos pretēja virziena EDS, jo arī indukcijas līnijas "pārvietojas" uz pretējo pusi.

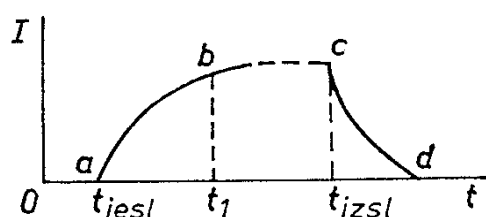
Tātad, izmainoties spoles magnētiskajam laukam, spole pati savos tinumos rada EDS, ko sauc par pašindukcijas EDS.



25. att. Spoles magnētiskais lauks un tā izzušana

Jo lielāks ir strāvas izmaiņas ātrums spolē, jo straujāk magnētiskā lauka indukcijas līnijas šķeļ tās tinumus un jo lielāks pašindukcijas EDS rodas spolē. Pašindukcijas EDS lielums ir atkarīgs arī no spoles izmēriem, tinumu skaita un konstrukcijas, kā arī no vides magnētiskās caurlaidības. Šo sakarību izsaka lielums  $L$ , ko sauc par induktivitāti un mēra henrijos (H).

Saskaņā ar Lenca likumu pašindukcijas virziens ir tāds, ka EDS vienmēr pretojas tā rašanās cēlonim – dotajā gadījumā strāvas izmaiņai spolē. Ieslēdzot spoli ķēdē, radies pašindukcijas EDS cenšas kavēt strāvas palielināšanos ķēdē. Tieši tādēļ, noslēdzot elektrisko ķēdi, strāva no nulles līdz nominālai vērtībai nepieaug momentāni, bet gan noteikta laika intervālā  $t_{iesl} \div t_1$  (26. attēls, līknes daļa ab). Pašindukcijas EDS, kas rodas, spoli atslēdzot no ķēdes, cenšas aizkavēt strāvas samazināšanos (līknes daļa cd), tādēļ starp pārtrauktajiem kontaktiem rodas dzirksteļošana vai pat elektriskais loks.



26.att. Pašindukcijas EDS ietekme uz strāvas izmaiņu ķēdē

Automobiļu ģeneratoru, motoru un citu aparātu tinumiem ir liela induktivitāte. Tāpēc, tos atslēdzot, ķēdēs rodas tik liels pašindukcijas EDS, ka tas var pārsniegt barošanas tīkla spriegumu un var notikt tinumu izolācijas caursite.

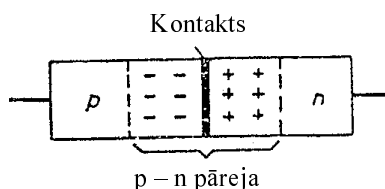
Induktivitāte strādā līdzīgi spararatam, kurš pretojas jebkurām ātruma izmaiņām.

### 1.23. Sprotslānis jeb p–n pāreja

Pusvadītāja materiāla vadītspēju nosaka kā brīvie elektroni, tā arī caurumi. Izšķir divas vadītspējas - elektronvadītspēju jeb n tipa vadītspēju (no vārda negatīvs) un caurumvadītspēju jeb p tipa vadītspēju (no vārda pozitīvs).

Lai izveidotu diodes, tiristorus, tranzistorus un citas pusvadītāju ierīces, nepieciešami pusvadītāju materiāli ar spilgti izteiktām n vai p īpašībām (elektrovadītspēju vai caurumvadītspēju). Šādus materiālus iegūst, tīram pusvadītājam pievienojot citas vielas - piejaukumus, kurus sauc par donoriem (devējiem) vai akseptoriem (saņēmējiem).

Germānija kristālā ar n tipa vadītspēju, iekausējot akseptorpiejaukumu, izveido apgabalu, kuram ir p tipa vadītspēja. Kontakta vietā izveidojas apmēram  $10^{-5}$  cm liels robežslānis ar pretējas polaritātes lādiņiem kā pamatpusvadītāju apgabaliem, ko sauc par sprotslāni jeb p–n pāreju ar ļoti maz brīviem lādiņnesējiem un kuram piemīt ievērojami lielāka pretestība nekā pusvadītāju pārējai daļai (27. attēls).

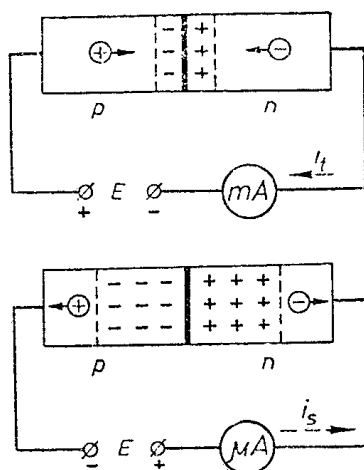


27. att. p-n pārejas veidošanās

Pieslēdzot abiem pusvadītāju apgabaliem līdzstrāvas avotu, mainās p-n pārejas biezums, tātad pretestība un līdz ar to arī strāva.

Savienojot p tipa pusvadītāju apgabalu ar avota “+” polu un n tipa pusvadītāju apgabalu ar avota “-” polu, ārējā elektriskā lauka iedarbībā elektroni un caurumi plūst p-n pārejas virzienā, tajā palielinās brīvo lādiņnesēju koncentrācija un samazinās tās biezums. Rezultātā p-n pārejas pretestība samazinās, vadītspēja pieaug un cauri p-n pārejai sāk plūst strāva. Šādu sprieguma avota pieslēgšanu p-n pārejai sauc par tiešo slēgumu, bet tai caurplūstošo strāvu – par tiešo jeb caurlaides strāvu.

Mainot sprieguma avota polaritāti uz pretējo, elektroni un caurumi plūst projām no p-n pārejas, tajā krasi samazinās brīvo un pieaug mazākuma lādiņnesēju koncentrācija, līdz ar to palielinās p-n pārejas biezums un pretestība, bet cauri p-n pārejai it kā neplūst strāva. Praktiski plūst, taču tā ir tūkstošiem reižu mazāka nekā tiešā strāva, tāpēc to sauc par sproststrāvu, bet p-n pārejas slēgumu – par apgriezto slēgumu.

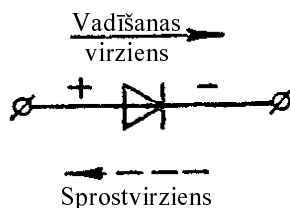


28. att. Sprostslāņa biezuma maiņa atkarībā no pieslēgtā sprieguma polaritātes

Līdz ar to var teikt, ka p-n pāreja darbojas kā vienvirziena vārsts, kas labi vada strāvu tikai vienā virzienā.

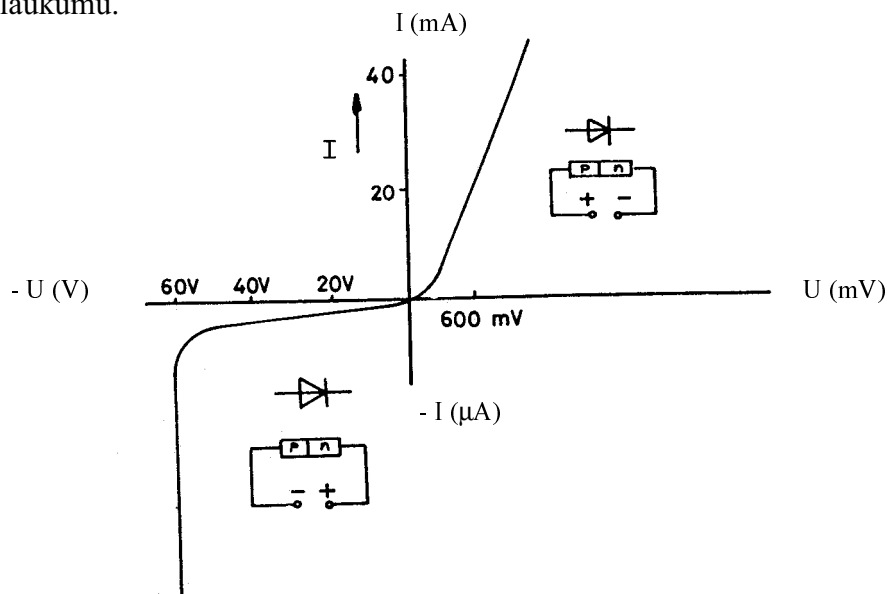
## 1.24. Diodes

Diodes ir pusvadītāju elektropārveidošanas ierīces ar diviem izvadiem un vienu p-n pāreju, tātad ar vienvirziena vārsta īpašībām. Diodei vadīšanas virzienā ir maza pretestība, bet pretējā virzienā tā ir liela. 29. attēlā dots diodes shematiskais apzīmējums, kas simboliski norāda, ka strāva diodē plūst tikai bultiņas virzienā, bet otrā tā neplūst.



29. att. Pusvadītāju diode

Vadāmības virzienā diode vada strāvu jau pie  $0,4 \div 0,6V$  sprieguma (30. attēls), bet pretējā virzienā jeb sprostvirzienā tā nevada strāvu pat līdz  $\sim 150 \div 170V$ . Pārsniedzot diodes pieļaujamo spriegumu vai strāvu, diode tiek caursista vai sadeg un tā iziet no ierindas. Ja diodi ir paredzēts dzesēt, stiprinot uz metāla radiatora, tad norāda ne tikai pieļaujamo strāvu, bet arī izmantojamā radiatora virsmas laukumu.

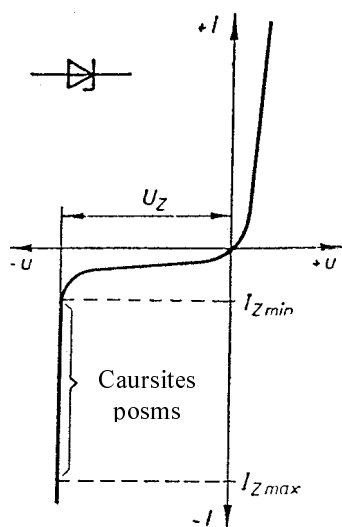


30. att. Diodes darba raksturlīkne  $I=f(U)$

Diodes visbiežāk izmanto taisngriežu iekārtās, kā arī elektrisko signālu detektēšanai, frekvences pārveidošanai un citiem nelineāriem pārveidojumiem.

### 1.25. Stabilitroni

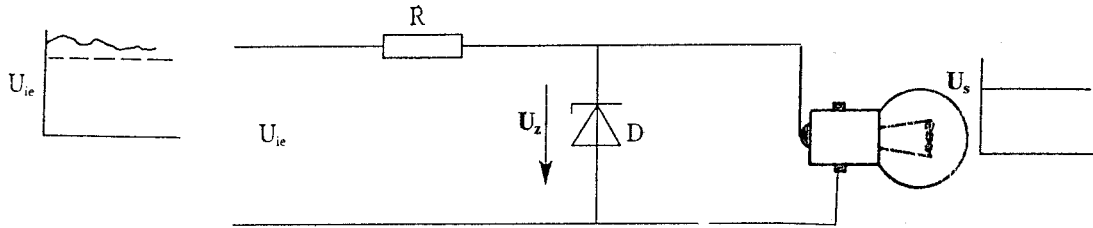
Stabilitrons jeb Zēnera diode faktiski ir sprostvirzienā ieslēgta Si diode, kas vada strāvu arī sprostvirzienā, ja tiek pievadīts negatīvs atvēršanās spriegums  $-U_{atv} \geq V_5$ , un kuras sprostsprriegums ir maz atkarīgs no sproststrāvas. Stabilitronā izmanto p-n pārejas elektrisko caursiti un tā normālais darba režīms ir sprostvirzienā, pie tam caursites apgabalā (31. attēls). Līdzko atvēršanās spriegums kļūst mazāks par nepieciešamo, stabilitrons aizveras un strāvu sprostvirzienā nevada, pie kam tā pretestība kļūst tik liela, ka ķēdi var uzskatīt praktiski par atslēgtu.



31. att. Stabilitrona darba raksturlīkne  $I=f(U)$

Ja caursites strāvu ierobežo tā, lai tā nepārsniegtu maksimālo vērtību, piemēram, ar virknē slēgtu balasta rezistoru, tad caursites stāvoklis var saglabāties neierobežoti ilgi un pēc stabilitrona aizvēršanās atjaunojas p-n pārejas normālais stāvoklis. Automobiļos stabilitronus izmanto

sprieguma regulēšanas, aizsardzības un stabilizēšanas iekārtās (32. attēls). Tie palīdz uzturēt praktiski nemainīgu izejas spriegumu pie mainīga ieejas sprieguma.

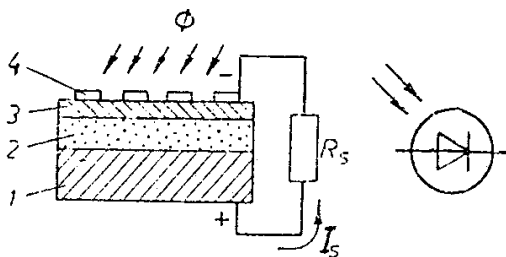


32. att. Līdzsprieguma stabilizācija ar stabilitronu

Lai nodrošinātu normālu stabilitrona darbību, ieejas spriegumam ir jābūt nedaudz augstākam par nepieciešamo izejas spriegumu. Stabilitrons darbojas kā drošības vārsts.

## 1.26. Fotodiodes

Fotodiodes izmanto gaismas avota starojuma fiksēšanai. Fotodiodes izveidojums ir analogs diodes konstrukcijai, bet atšķiras ar to, ka p-n pārejas vienā pusē korpusā izveidots stikla logs un sproststrāvas vadīšana notiek, izmantojot gaismu (33. attēls). Gaismai krītot uz fotodiode, atbrīvojas daudz elektronu un strauji palielinās sproststrāva. Jo lielāka ir krītošās gaismas intensitāte, jo lielāka ir sproststrāva.



33. att. Fotodiodes

- 1 – metāla elektrod;
- 2 – pusvadītājs;
- 3 – metāla slānītis;
- 4 – kontakta elektrod

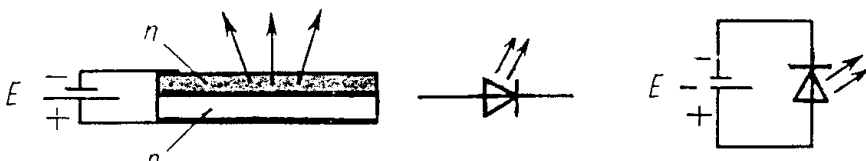
Automobiļos fotodiodes visbiežāk izmanto optiskos mērpārveidotājos dažādu rotējošu detaļu rotācijas ātruma noteikšanai.

## 1.27. Gaismas diodes

Ja gaismas diodei jeb mirdzdiodei tās vadāmības virzienā cauri plūst strāva, tad tā izstaro gaismu. Gaismas diodes darbības pamatā ir kustīgo lādiņu rekombinācija, kas notiek, ierosinātam elektronam pārejot no augstāka uz zemāku enerģijas līmeni, kā rezultātā notiek enerģijas atbrīvošanās gaismas kvantu izstarošanas ceļā, kas izraisa diodes mirdzēšanu.

Gaismas diodes var izstarot gan redzamās, gan infrasarkanās gaismas spektra daļā. Gaismas krāsu nosaka diodes izgatavošanā izmantotie materiāli. Gallija fosfīds ar arsenīda piejaukumu dod infrasarkanu gaismu, ja gallija fosfīds ir ar cinka un skābekļa piejaukumu, iegūst dzeltenu vai sarkanu gaismu.

Gaismas diodes ir ātrdarbīgas, stabilas darbā un tām salīdzinājumā ar citiem gaismas avotiem raksturīgs ļoti mazs jaudas patēriņš. Tās darbības laikā nesilst, tāpēc šīs diodes var izmantot arī nepārtrauktā darbības režīmā. Piemēram, darba režīmā pie 1,6 V tās patērē 20 mA strāvas. Arī izstarotās gaismas intensitāte ir neliela.



34. att. Gaismas diode

Automobilī gaismas diodes izmanto par optiskiem indikatoriem un optiskiem mērpārveidotājiem.

## 1.28. Optroni

Optrons ir pusvadītāju fotoelektriska ierīce, kurā atrodas vadāms gaismas avots un fotouztvērējs (starp šīm daļām pastāv optiskā saite – gaismu vadoša vide). Tas ir paredzēts enerģijas dubultpārveidošanai.

Optrons sastāv no gaismas avota, par ko kalpo gaismas diode, un fotouztvērēja, par ko izmanto fotorezistoru, fotodiode, fototranzistoru vai fototiristoru.

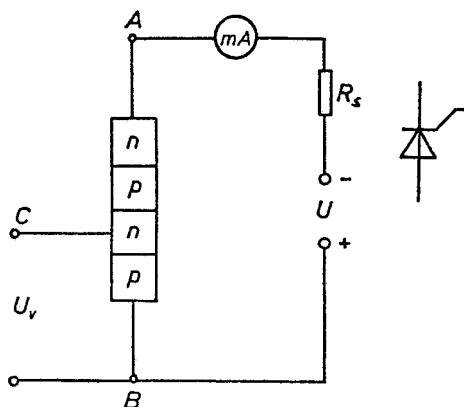
Izmainoties optrona ieejas strāvai vai spriegumam, izmainās gaismas diodes starojums un līdz ar to arī gaismasjutīgā elementa izejas parametri. Šādā veidā kļūst iespējams pārvadīt elektriskus signālus no ieejas uz izejas ķēdi, izmantojot šim nolūkam elektriski neitrālas daļiņas – fotonus bez tiešas elektriskās saites starp ieeju un izeju.

Optronus izmanto mikroshēmās, kā arī par saites elementiem pastiprinātājos un ģeneratoros.

## 1.29. Tiristori

Tiristors ir silīcija četrslāņu vadāms elektriskais slēdzis ar trim p–n pārejām, no kurām vidējā p–n pāreja atrodas apgriezta slēgumā, un trim izvadiem. Faktiski tiristors ir divas virknē un vienādi saslēgtas diodes ar kopīgu vadības elektroda izvadu.

Atšķirībā no parastās diodes vadāmības virzienā tiristors strāvu nevada tikmēr, kamēr tā vadības elektrodam, kurš pieslēgts n apgabalam vidējā p–n pārejā, nepievada nelielu pozitīvu spriegumu. Pievadot vadības spriegumu, tiristors atveras un sāk vadīt strāvu. Mainot vadības sprieguma lielumu, var regulēt tiristora ieslēgšanās momentu. Lai tiristors pārstātu vadīt strāvu, spriegumam starp galvenajiem izvadiem ir jākļūst gandrīz vienādam ar nulli.



35. att. Tiristora darbības princips

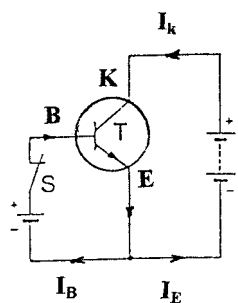
Tiristori ir ļoti ekonomiski un efektīvi vadības elementi, kas plašā temperatūras diapazonā ( $-50\dots+150^{\circ}\text{C}$ ) nemaina darba parametrus. To atvēršanai ļoti īsu brīdi nepieciešams ļoti mazs vadības strāvas impulss ( $\sim 50\text{ mA}$ ), tiem ir mazi spriegumu zudumi ( $1\div 2\text{ V}$ ) strāvas vadāmības virzienā. Piemēroti darbam ar lielām strāvām. Minētās tiristoru īpašības izmanto automobiļu aizdedzes sistēmās.

## 1.30. Tranzistori

Tranzistori ir pusvadītāju ierīces, kurās ir izveidotas divas p–n pārejas ar trim izvadiem. Divpāreju tranzistorus, kuros izmanto abu zīmju lādiņnesējus, elektronus un caurumus, sauc arī par bipolāriem tranzistoriem. Faktiski tranzistors ir divas virknē un pretēji saslēgtas diodes ar kopīgu vadības elektroda izvadu, kuru sauc par bāzi.

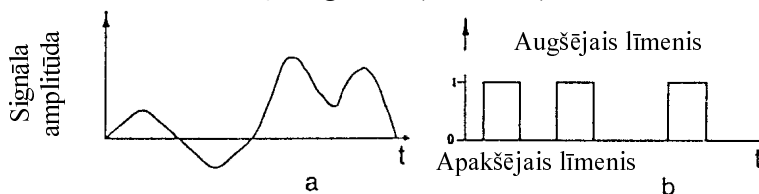
Atsevišķu grupu sastāda lauktranzistori jeb unipolārie tranzistori, kuros izmanto tikai vienas zīmes lādiņnesējus un strāvu darba ķēdē regulē ar elektriskā lauka palīdzību.

Tranzistora raksturīgākā īpašība ir tā, ka nelielas strāvas izmaiņas bāzes jeb vadības ķēdē izsauc daudzkārt lielākas strāvas izmaiņas kolektora jeb darba ķēdē.



37. att. Tranzistora darbības princips

Tranzistorus var izmantot gan kā pastiprinātājus, gan kā elektriskos slēdžus. Analogo signālu formēšanai tranzistorus izmanto pastiprinātāja darbības režīmā, veidojot parametriem proporcionālus elektriskos signālus, piemēram, 10°C temperatūrai atbilst 10V spriegums, 50°C – 50V, 100°C – 100V. Digitālo jeb ciparu signālu formēšanai tranzistorus izmanto slēdža režīmā, padodot to izejā tikai divu dažādu līmeņu signālus (36. attēls).

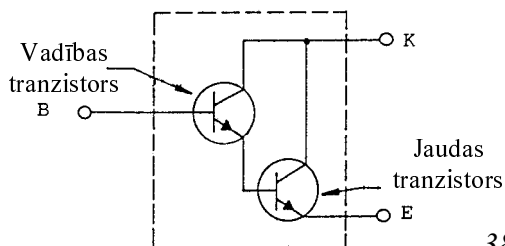


36. att. Analogais (a) un digitālais (b) signāls

Izšķir p–n–p un n–p–n tipa tranzistorus, kuriem ir līdzīgi darbības principi, bet tie atšķiras vienīgi ar barošanas spriegumu polaritāti. Tranzistoru shēmās viens no elektrodiem ir kopīgs gan ieejas, gan arī izejas ķēdei. Atkarībā no tā, kurš elektrods ir kopīgs, praktiskās shēmās tranzistorus lieto kopemitera, kopbāzes un kopkolektora slēgumos.

Slēgums ar kopemiteru dod vislielāko strāvas pastiprinājumu, tāpēc arī šo slēgumu visbiežāk izmanto tranzistoru pastiprinātājos.

Lai panāktu vēl ievērojamāku strāvas pastiprinājumu, izmanto speciālus vairāku tranzistoru slēgumus, piemēram, tā saucamo Dārlingtona pāri (38. attēls).



38. att. Dārlingtona shēma

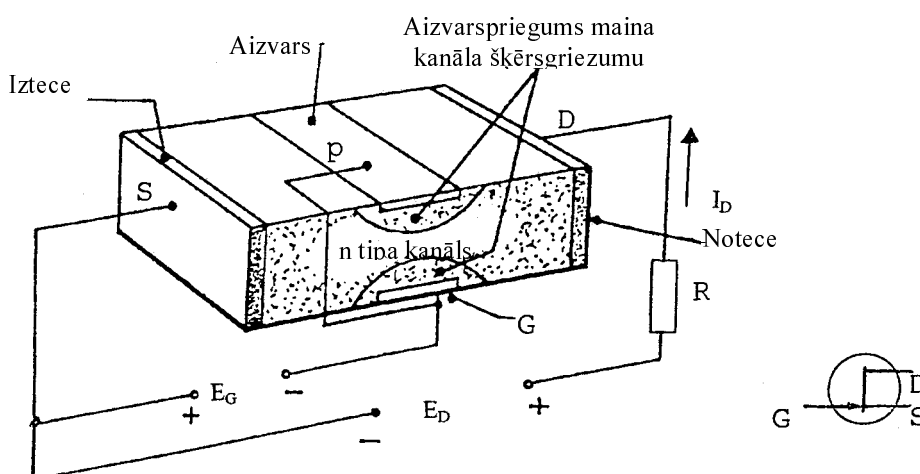
Automobilī ierīces ar Dārlingtona pāri izmanto dažādu signālu pastiprināšanai, strāvas padevei aizdedzes spoles primārajā tinumā u.c.

### 1.31. Lauktranzistori

Lauktranzistori ir trīselektrodu pusvadītāju ierīces, kuru izejas strāvu rada tikai lādiņu vairākumnesēji, kas pārvietojas relatīvi šaurā pusvadītāja kristāla telpas daļā – n vai p tipa kanālā, ārēja garenvirziena elektriskā lauka ietekmē un izejas strāvu vada iekšējais šķērsvirziena (izejas strāvai perpendikulāri vērsts) elektriskais lauks, ko rada spriegums, kas pieslēgts vadības elektrodam,



Elektrodu, no kura sāk kustību lādiņu vairākumnesēji, sauc par kanāla izteci un apzīmē ar burtu S, bet elektrodu, uz kuru plūst lādiņi ārējā elektriskā lauka iedarbībā, sauc par notecei un apzīmē ar burtu D. Elektrodu, kas atrodas centrālajā daļā pie p–n pārejas, sauc par aizvaru G, bet kristāla atlikušo daļu ar tajā saglabājušos pusvadītāja vadītspēju, sauc par kanālu (39. attēls).



39. att. Lauktranzistors ar p–n pāreju un n tipa kanālu

Lauktranzistoros vadību nodrošina spriegums, kas pienāk aizvaram attiecībā pret izteci. Lauktranzistora notecei ar n kanālu pievada pozitīvu spriegumu attiecībā pret izteci, bet ar p kanālu – pozitīvu. Lauktranzistori ar p–n pāreju un n tipa kanālu aizveras, ja aizvaram pievada negatīvu spriegumu, kas pārsniedz aizvēršanas spriegumu. Ja lauktranzistoram ir p–n pāreja un p tipa kanāls, aizvēršanās notiek pie pozitīva aizvarsprieguma.

Lauktranzistora galvenā atšķirība ir tā, ka tam ir liela ieejas pretestība un izejas jeb darba strāvu vada nevis ieejas strāva, kā tas ir bipolāros tranzistoros, bet gan ieejas spriegums, kā tas bija elektronu lampās.

Vēlākā periodā tika izstrādāti MDP (metāls – dielektriķis – pusvadītājs) lauktranzistori, kurus sauc arī par MOP (metāls – oksīds – pusvadītājs) tranzistoriem.

### 1.32. MOP tranzistori

MOP tranzistoros jeb lauktranzistoros ar izolētu aizvaru aizvars no kanāla ir atdalīts ar plānu dielektriķa  $\text{SiO}_2$  plēvīti, pie kam, mainot aizvara spriegumu, mainās arī lādiņu sadalījums uz kanāla virsmas. Tas kanāla tilpumā rada elektrisko lauku, kas ir vērsts pret ārējo elektrisko lauku un līdz ar to ekranizē no ārējā lauka pārējo kanāla daļu. MOP tranzistoros jebkura vadības sprieguma polaritātes gadījumos aizvara strāva neeksistē.

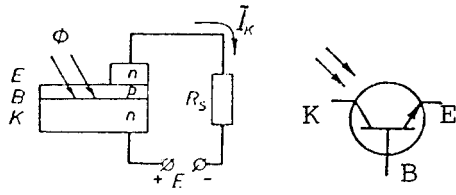
Spēka MOP tranzistori aktīvi izspiež bipolāros tranzistorus no automobiļu elektroiekārtām. Uz to tehnoloģijas bāzes tiek ražotas integrālās mikroskāmas, kuru pārdošanas apjoms, pēc speciālistu aprēķiniem, 90. gados sasniedzis apmēram pusi no visām realizētajām tranzistoru jaudas ierīcēm.

Tā kā MOP tranzistori tiek vadīti ar spriegumu, t.i., izmanto ļoti mazu vadības jaudu, tad izdalītais siltuma daudzums tajos ir desmit reīžu mazāks nekā shēmās ar parastiem bipolāriem tranzistoriem. Šī iemesla dēļ jaudas pastiprinātājus ievieto tieši automobiļa elektroniskajā vadības blokā un tā sistēmās, kas dod daudz priekšrocību, – ļauj arī samazināt vadības ķēžu garumus.

### 1.33. Fototranzistori

Fototranzistors ir pusvadītāja fotoelements, kura gaismas jutīgajam elementam ir tranzistora struktūra. Tas ir domāts gaismas enerģijas pārveidošanai un fotostrāvas pastiprināšanai.

Fototranzistora konstruktīvais izveidojums ir analogs bipolārā tranzistora konstrukcijai, bet atšķiras ar to, ka korpusā ir izveidots gaismcaurlaidīgs logs, caur kuru apgaismo bāzi (40. attēls).



40. att. Fototranzistors un tā apzīmējums

Fototranzistora darbības pamatā ir fotogalvaniskā efekta parādība – EDS rašanās gaismas apspīdētajā pusvadītāja p–n pārejā.

Atšķirībā no fotodiodes, kur fotostrāva netiek pastiprināta, fototranzistors aktīvi pārveido gaismas starojuma enerģiju elektroenerģijā, tāpēc tā integrālā jutība sasniedz vairākus ampērus uz lūmenu.

Automobiļos fototranzistorus izmanto optiskos impulsu mērpārveidotājos, kā arī optiskos indikatoros.

### 1.34. Integrālās mikroshēmas

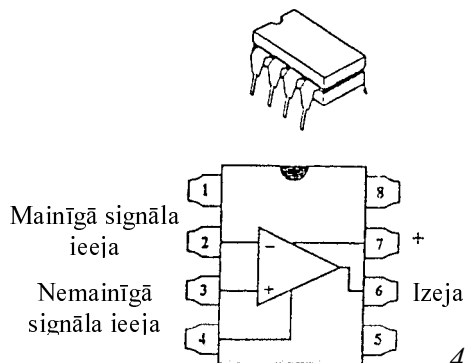
Integrālā mikroshēma jeb vienkārši mikroshēma ir elektronisks izstrādājums ar ļoti blīvi novietotiem elementiem, kas ievietoti vienā korpusā un elektriski savienoti vienā vai vairākos funkcionālos mezglos.

Pēc funkcionālajām īpatnībām izšķir

- analogās un
- digitālās mikroshēmas.

Analogās mikroshēmas izmanto, lai pastiprinātu un pārveidotu nepārtrauktos signālus, kas pastāv dažādas formas impulsu veidā.

Digitālās mikroshēmas paredzētas loģisko un matemātisko operāciju veikšanai. Tās darbojas ar diskrētiem signāliem, kuriem ir divi līmeņi: augstais, ko pieņem par loģisko vienību “1”, un zemais, ko pieņem par “0”.



41. att. Šmita trigeru mikroshēma

Šmita trigeris ir tipisks analogo signālu pārveidotājs digitālā formā, un to visbiežāk izgatavo integrālās shēmas veidā. Automobiļos mikroshēmas izmanto elektroniskajā vadības blokā un visur tur, kur ar tām iespējams aizstāt pusvadītāju ierīces.

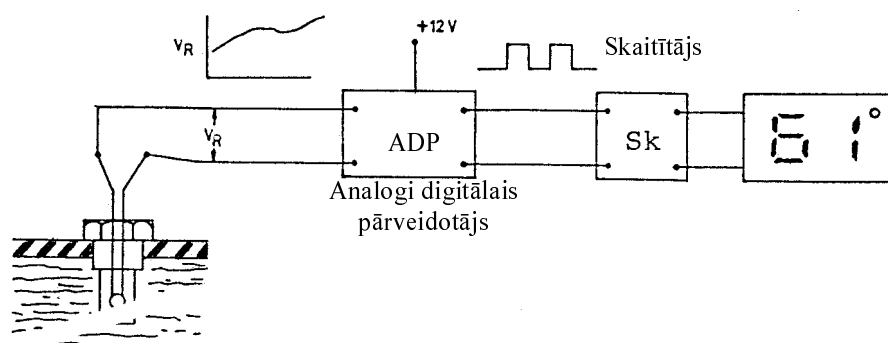
### 1.35. Analogie un digitālie signāli

Par analogo signālu sauc nepārtrauktu signālu, kurš laideni izmainās, atbilstoši izmainoties kādam fizikālam lielumam. Piemēram, analogā režīmā automobilī darbojas visi rādītāju aparāti. Automobiļa vadības sistēmas elektroniskie aparāti var arī atpazīt un noteikt analogā signāla lielumu, tomēr tiem pieņemamāka ir informācija digitālā signāla formā.

Digitālos signālus izsaka ciparu veidā. Borta skaitļošanas sistēmās izmanto bināro signālu, kurš pieņem tikai vērtības 0 un 1.

Jebkuru decimālās sistēmas skaitli var pārveidot binārā sistēmā, un otrādi.

Jebkuru analogo signālu var pārveidot digitālā formā, bet digitālo signālu – analogā formā. Piemēram, termorezistors, kurš mēra temperatūru, rada analogo signālu, bet, lai to varētu izmantot borta datorā, tas vispirms ir jāpārveido digitālā formā (42. attēls).



42. att. Analogā signāla pārveidošana digitālā formā un attēlošana

Analogais digitālais pārveidotājs (ADP) darbojas sekojošā veidā. Pēc noteiktiem laika intervāliem ADP ieslēdz zāģveida sprieguma ģeneratoru. Vienlaicīgi tiek ieslēgts konstantas frekvences taisnstūrveida impulsu ģenerators. Laika momentā, kad zāģveida spriegums sakrīt ar ieejas analogo signālu, taisnstūrveida impulsu ģenerators apstājas, bet savienotais ADP skaitītājs saskaita pienākušos impulsus, kuru skaits ir analogā lieluma digitālais mērs.

### 1.36. Holla efekts

Holla mērpārveidotāji (devēji) ir visplašāk lietotie bezkontakta impulsu mērpārveidotāji, ko izmanto elektroniskās aizdedzes sistēmās ar bezkontakta vadību un mehānisko augstsprieguma impulsu sadalīšanu.

Mērpārveidotāja darbības pamatā tiek izmantots galvanomagnētiskais Holla efekts, kuru jau 1879. gadā atklāja amerikāņu fiziķis E. R. Holls. Šo efektu var novērot Holla elementam, kurš konstruēts plānas plāksnītes veidā, kas izgatavota no germānija, silīcija, gallija vai indija arsenīda pusvadītāja, un tam ir četri elektrodi (43. attēls). Ja cauri šādai plāksnītei plūst strāva un vienlaicīgi uz to iedarbojas perpendikulārs magnētiskais lauks, tad uz plāksnītes strāvas virzienam paralēlajām malām rodas Holla EDS:

$$E_H = \frac{k_H I B}{d},$$

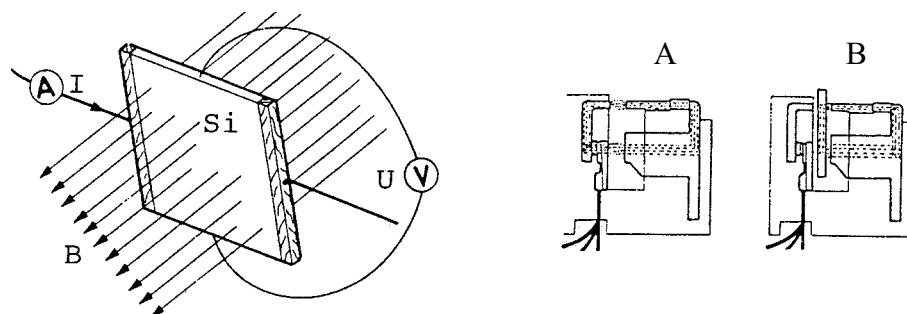
kur  $E_H$  – Holla EDS (V);

$k_H$  – Holla konstante, kas ir atkarīga no plāksnītes materiāla (mm/A);

$I$  – strāvas stiprums plāksnītē (A);

$B$  – magnētiskā lauka indukcija (T);

$d$  – plāksnītes biezums (mm).



43. att. Holla efekts

Tā kā signāls no Holla elementa ir ļoti neliels un ir atkarīgs no strāvas stipruma (borta tīkla sprieguma), kā arī temperatūras, tad Holla mērpārveidotājs bez Holla elementa vēl satur integrālo signāla pārveidotāju – pastiprinātāju, izejas jaudas tranzistoru, sprieguma stabilizēšanas bloku. Visi šie elementi ir ievietoti vienā mikroshēmā.

Ja Holla elementu ar mikroshēmu un pastāvīgo magnētu novieto nelielā attālumā vienu no otra un to starpā pārvieto rotoru ar segmentiem, kas periodiski nosedz magnētisko plūsmu, tad no mērpārveidotāja iegūst signālu taisnstūrveida impulsa veidā, ko var ērti izmantot aizdedzes sistēmas darbības vadībai. A gadījumā (43. attēls), ja gaisa sprauga starp pastāvīgo magnētu un Holla elementu netiek nosepta, magnētiskais lauks brīvi šķērso Holla elementu un rodas izejas spriegums. B gadījumā, rotora segmentam nosedzot gaisa spraugu, magnētiskā lauka plūsma noslēdzas caur segmentu un spriegums izejā samazinās gandrīz līdz nullei.

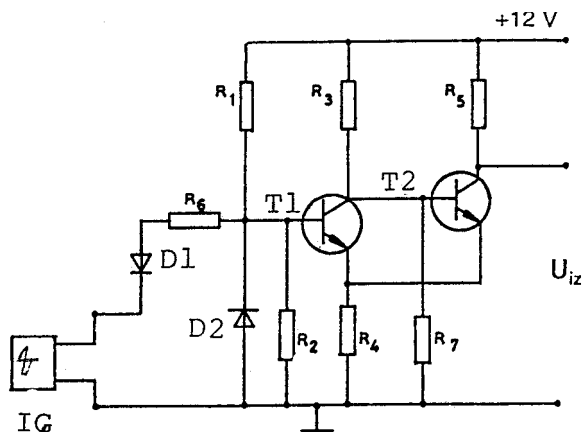
Atkarībā no mērpārveidotāja konstruktīvā izveidojuma signāla impulss var rasties tad, kad rotora segments nosedz magnētiskā lauka iedarbību uz Holla elementu, vai otrādi.

### 1.37. Šmita trigeris

Trigeri sauc par bivibratoru, elektronu releju, kas var bezgalīgi ilgi atrasties vienā no diviem elektriskā līdzsvara stāvokļiem un pāriet no viena stāvokļa otrā lēcienveidīgi katru reizi, kad ieejā pienākošais signāls sasniedz noteiktu vērtību.

Šmita jeb nesimetriskie trigeri ir tipiskākie analogo signālu pārveidotāji, un tie visbiežāk tiek izpildīti mikroshēmas veidā. Tos izmanto divu impulsu salīdzināšanai un attiecīga izejas signāla padošanai. Šmita trigeris signālus, kuri pienāk no impulsu devēja, pārveido taisnstūrveida signālos, kas ļauj tos tālāk izmantot kā vadības signālus. Šmita trigeris pamatā ir divpakāpju līdzsprieguma pastiprinātājs ar pilnu līdzsaiti, kurā spriegums no otrās pakāpes tranzistora tiek pievadīts pirmās pakāpes tranzistoram, tādā veidā nodrošinot ļoti ātru trigeris pārslēgšanos no slēgta stāvokļa atvērtā, un otrādi (44. attēls).

Ja tranzistora  $T_1$  bāzei nepienāk signāls no impulsu devēja, bet strāvu pievada caur rezistoru  $R_1$  no barošanas avota, tad tā rezultātā tranzistora  $T_1$  atrodas atvērtā stāvoklī un tā kolektora ķēdē plūst strāva. Līdz ar to tranzistora  $T_1$  kolektora spriegums tiek pievadīts tranzistora  $T_2$  bāzei un to aizver. Tā kā tranzistora  $T_2$  ir slēgts, tad strāva tā kolektora ķēdē neplūst un nerodas sprieguma kritums rezistorā  $R_5$ , tāpēc tā kolektora spriegums, kas reizē arī ir trigeris izejas spriegums, praktiski ir vienāds ar barošanas avota 12V spriegumu.



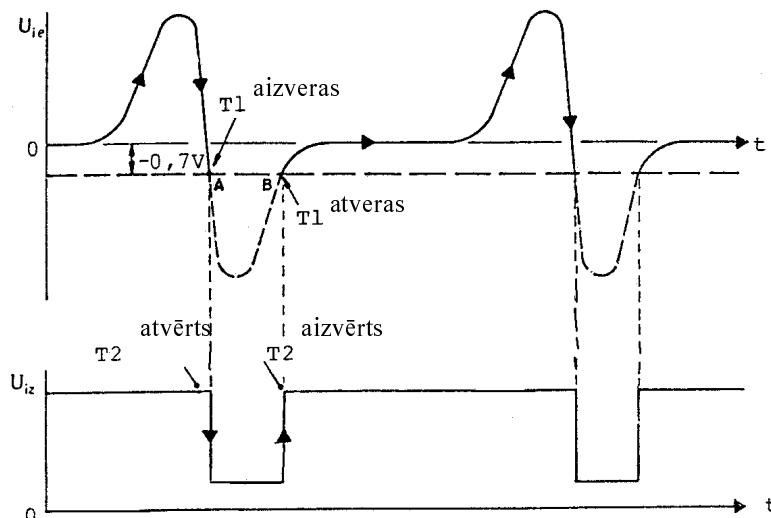
44. att. Šmita trigeris shēma

Ja spriegums uz tranzistora  $T_1$  bāzes kļūst negatīvāks par  $-0,7$  V (piemēram,  $-0,8$  V), tad tranzistora aizveras un tā kolektora ķēdē pārstāj plūst strāva. Tas notiek tajā momentā, kad ieejas signāls no impulsu devēja samazinoties sasniedz punktu A (45. attēls). Šajā punktā tranzistora  $T_1$  aizveras, bet tranzistora  $T_2$  atveras. Caur rezistoru  $R_5$  sāk plūst strāva, un tranzistora  $T_2$  kolektora spriegums samazinās, līdz ar to trigeris izejas spriegums tuvinās nullei:

$$U_{iz} = E_k - U_5 \approx 0.$$

Strāvas palielināšanās tranzistora  $T_2$  kolektora – emitera ķēdē rada sprieguma kritumu uz rezistora  $R_5$ , kurš paātrina tranzistora  $T_1$  pārslēgšanu aizvērtā stāvoklī – līdzsaites piemērs.

Kad signāls no impulsa mērpārveidotāja paaugstina spriegumu uz tranzistora  $T_1$  bāzes līdz  $-0,7\text{ V}$ , tad tranzistors  $T_1$  sāk atvērties (45. attēls, punkts B) un tā kolektora – emitera ķēdē atkal plūst strāva. Sprieguma kritums rezistorā  $R_3$  samazina spriegumu uz tranzistora  $T_2$  bāzes, kas izsauc strāvas samazināšanos tajā. Strāvas samazināšanās tranzistorā  $T_2$  izsauc rezistora  $R_4$  sprieguma krituma samazināšanos, tranzistora  $T_1$  paātrinātu atvēršanos un tranzistora  $T_2$  pilnīgu aizvēršanos. Tādā veidā trigeris atgriežas savā sākuma stāvoklī un tā izejā spriegums sasniedz maksimālo vērtību.



45. att. Šmita trigeris ieejas un izejas spriegums

Shēmā izmantotās diodes veic aizsardzības funkcijas. Diode  $D_1$  neļauj nonākt pozitīvam sprieguma impulsam uz tranzistora  $T_1$  bāzi, jo tam jābūt tikai negatīvam, savukārt diode  $D_2$  veido noplūdes ceļu lieliem negatīviem sprieguma impulsiem, kas pie lieliem motora apgriezieniem var inducēties impulsu devējā.

Šmita trigeris darbības īpatnība ir tā, ka tā palaišanu var realizēt, ievadot bipolāru palaišanas signālu tikai vienā tranzistora bāzē, pie tam shēmas darbība nav atkarīga no palaišanas signāla formas.

## 2. INFORMĀCIJAS UN KONTROLES SISTĒMA

### 2.1. Signālspludzes, indikatori un rādītāji

Informāciju par braukšanas režīmu, automobiļa sistēmu tehnisko stāvokli un darba drošumu vadītājam sniedz vadības jeb mēraparātu panelis. Šim nolūkam uz tā izvietoti dažādi indikatori, gaismas signālspludzes, skaņas signālierīces un rādītāji. Vienam automobilim to ir vairāk, bet citam mazāk. Jo automobilis ir dārgāks un modernāks, jo vairāk tam ir uzstādīto devēju un indikatoru. Taču tas vēl nenozīmē, ka vadītāja skata robežās viss mirgo kā lidotāja kabīnē. Indikatori un spuldzes parasti atrodas zem tumša stikla un iedegas tikai tad, kad kāda sistēma sabojājas vai tiek sniegta papildu informācija. Novietojot uz vadības paneļa dažādas ierīces, tiek ievērots zonāli funkcionālais princips.

Svarīgākie aparāti, kas saistīti ar kustības drošību un kuru rādījumi vadītājam ir bieži jāievēro, novietoti vadības paneļa centrālajā zonā, bet aparāti, kuru rādījumi tiek izmantoti reti, piemēram, informācija par degvielas izlietojumu vai elektroapgādes sistēmas stāvokli – mazāk aktīvās informācijas zonās.

Informāciju no vadības paneļa var palielināt, atspoguļojot aparātu rādījumus uz priekšējā loga stikla vadītāja priekšā, kas ļauj vadītājam tos izmantot braukšanas laikā, neatraujot skatienu no ceļa. Aparātiem nav jābūt ar sevišķi augstu precizitāti, bet obligāti ar pareizu informāciju. To skalas ir jāizveido tā, lai nebūtu apgrūtināta informācijas nolasīšana un tiktu ievērota krāsu nozīme.

Gaismas indikatoru informācijas krāsu automobiļu ražotāji izvēlas vienoti gan pēc funkcionālās nozīmes, gan pēc to svarīguma. Zilas un zaļas krāsas indikatorus, kas neprasa ieviešanu sistēmas darbībā, parasti izmanto papildus informēšanai, piemēram, ieslēdzot tālo gaismu, iedegas zila signālspludze. Oranždzeltenas krāsas indikatoru papildus brīdina par minimālu degvielas rezervi, bet par atstātiem ieslēgtiem lukturiem atgādina dzeltena signālspludze. Sarkanās krāsas indikatora vai spuldzes iedegšanās liecina par noteiktas sistēmas bojājumiem, tāpēc obligāti jāapstājas un motors nekavējoties jāizslēdz. Savlaicīgi nepamanot vai ignorējot sarkanās krāsas indikatora iedegšanos, var rasties bojājumi, kuru novēršanai būs jāpatērē daudz laika un līdzekļu, lai gan radušās kļūmes vai bojājumus varēja acumirkliņi novērst, papildinot darba šķidrumu vai nomainot kādu detaļu.

**Gaismas indikatoru vai signālspludzes atkarībā no to funkcionālās nozīmes iedegas vairākos gadījumos.**

**Signalizējot papildus par izdarītu manevru vai manipulāciju.** Ieslēdzot virzienrāžus, mirgo arī attiecīga zaļās krāsas signālspludze. Ieslēdzot tālās gaismas lukturus, iedegas zilas gaismas indikators utt.

**Signalizējot par neizdarītu manipulāciju.** Sarkanās krāsas gaismas indikators signalizē par nepiesprādzētu drošības jostu, neatbrīvotu stāvbremzi, nenofiksētu kravu automobiļa paceļamo kabīni utt.

**Signalizējot par pašpārbaudes testa rezultātiem.** Ieslēdzot aizdedzes vai centrālo slēdzi, daudziem automobiļiem uz paneļa iedegas dažādi gaismas indikatoru, kas pēc kāda laika parasti nodziest. Tas ir tāpēc, ka automobiļa centrālais elektroniskās vadības bloks (EVB) vai arī atsevišķu sistēmu vadības bloki veic elektroiekārtu pašpārbaudes testu.

Vadības bloki padod zināmus testa elektriskos signālus un analizē saņemtos atbildes signālus. Ja sistēma ir tehniskā kārtībā, gaismas indikatoru parasti pēc 3 – 5 sekundēm nodziest. Ja gaismas indikators vai signālspludze turpina ilgstoši degt, tad tas liecina par iespējamām kļūmēm vai atteikumiem attiecīgās sistēmas elektroniskajā daļā.

Piemēram, ja nenodziest bremžu pretbloķēšanas sistēmas «ABS» gaismas indikators, tad automobiļa bremzēšanas laikā bremžu pretbloķēšanas iekārta nedarbosies, bremžu darbība būs mazāk efektīva un bremzēšanas režīms būs atkarīgs tikai no vadītāja manipulācijām. Ja nepārtraukti turpina degt drošības spilvena gaismas indikators, tas liecina, ka nefunkcionē tā elektroniskā vadības sistēma un avārijas brīdī pneimospilvens nenostādās.

**Signalizējot par avārijas situāciju,** automobiļa ekspluatācijas laikā pēkšņi iedegas sarkanās krāsas gaismas indikators vai vienlaikus nostrādā skaņas signalizators. Piemēram, iedegas eļļas minimālā spiediena kontrolspuldze, bremžu kļuču uzliku minimālā biežuma jeb pārmērīga nodiluma indikators utt.

**Signalizējot par ieslēgtu agregātu vai ierīci.** Piemēram, ieslēdzot aizmugurējā loga elektrisko sildītāju, iedegas attiecīgas gaismas indikators, iedarbinot kravu automobiļa vai autobusa tā saukto motora bremzi, iedegas attiecīgs gaismas indikators utt.

**Informējot par svarīgākām vadības sviru novietojuma vietām.** Dažkārt mazjaudīgus gaismas indikatorus iemontē ierīces vai mehānisma vadības svirā vai slēdzī, kas gaišā dienas laikā pat nav ievērojami, bet krēslā vai tumsā spīdot ļauj ātri un nekļūdīgi atrast vajadzīgo vadības sviru.

Motora elektrisko sistēmu pārbaudei un defektu kodu noteikšanai daudzi automobiļi aprīkoti ar speciālu gaismas indikatoru CHECK ENGINE.

Rādītāji savukārt sniedz informāciju par kontrolējamā parametra atbilstību noteiktam diapazonam. Automobiļos izmanto dzesēšanas šķidruma, eļļas un gaisma spiediena, akumulatoru baterijas strāvas vai sprieguma, degvielas daudzuma un citus rādītājus.

Automobiļos uzstāda arī tahometrus, spidometrus, ekonometrus, tahogrāfus un citas ierīces.

Rādītājus un indikatorus izmanto elektrisku (piemēram, akumulatoru baterijas strāvas vai sprieguma) vai neelektrisku (piemēram, temperatūras, spiediena, parametru) kontrolei.

## 2.2. Vadības jeb kontroles panelis

Lai gan jauno automobiļu modeļu elektrisko un šķidro kristālu displeju vadības paneļi ārēji stipri atšķiras no veco automobiļu modeļu vadības paneļiem, tomēr vadītājam nepieciešamā informācija praktiski palikusi nemainīga. Aparātiem vadības panelī ir jāatspoguļo šādi parametri:

- automobiļa braukšanas ātrums un nobraukums;
- degvielas daudzums tvertnē un brīdinājums par minimālu degvielas rezervi;
- motora temperatūra;
- eļļas spiediens;
- signalizācija par ieslēgtu tuvo un tālo gaismu;
- signalizācija par neatbrīvotu stāvbremzi;
- signalizācija par ieslēgtu aizdedzi;
- virzienrāžu un avārijas signalizācijas atkārtotāji;
- signalizācija par akumulatoru baterijas stāvokli.

Vadības panelī var būt atspoguļota arī tāda papildu informācija kā motora apgriezieni, bremžu uzliku pārmērīgs nodilums, signalizācija par bremžu šķidruma minimālo līmeni, minimālo eļļas līmeni motorā un logu mazgāšanas šķidruma rezervi, par bojātām gaismas ierīcēm, gaisa temperatūru, aizmugurējā loga sildītāja ieslēgšanu utt.

Noderīgs ir arī borta dators, kurš ļauj aprēķināt

- vidējo un esošo degvielas patēriņu;
- vidējo ātrumu;
- gaidāmo iebraukšanas laiku galapunktā;
- izlietotās degvielas daudzumu;
- izlietotās degvielas izmaksu u.c.

Informācijas un kontroles sistēmas aparātus pēc informācijas vizualizācijas veida iedala rādošos un signalizējošos aparātos.

**Rādošie aparāti** pēc vizuālās informācijas attēlošanas paņēmiena iedalās digitālos aparātos un aparātos ar skalu un rādītāju jeb analogos aparātos. Skala var būt graduēta kontrolējamā parametra skaitliskajās vērtībās vai iedalīta zonās.

**Signalizējošie aparāti** apgādā vadītāju ar informāciju parasti par vienu kontrolējamā parametra avārijas vērtību, par to informējot ar skaņas vai gaismas signālu.

Neelektrisko parametru kontroles indikatori un rādītāji sastāv no mērpārveidotāja, uztvērēja un tos savienojošas ķēdes. Uztvērēji tiek novietoti vadības panelī.

Mērpārveidotājs sastāv no jutīga elementa, kas tiek uzstādīts mērījuma vietā un uztver kontrolējamo parametru, kā arī no pārveidotāja, kas formē kontrolējamā parametra vērtībām atbilstošus elektriskos signālus.

Indikatoros izmanto releja tipa mērpārveidotājus, kas saslēdz vai pārtrauc uztvērēja (kontrolspuldzes) elektrisko ķēdi, ja kontrolējamais parametrs nav noteiktajās robežās. Ieslēgšanas indikatorus ieslēdz ar mehāniski darbināmu slēdzi. Piemēram, stāvbremzes signalizācijas ķēdē var būt ieslēgti termobimetāliski vai elektronu releji, kas nodrošina kontrolspuldzes mirgošanu.

## 2.3. Analogie aparāti

Kaut gan arvien plašāk lieto digitālos aparātus, kuros informācija tiek attēlota uz displeja, pat jaunāko automobiļu modeļos vēl diezgan plaši izmanto analogos aparātus.

Automobiļu analogos aparātos galvenokārt izmanto parametriskos mērpārveidotājus. Visbiežāk tie ir reostati (spiediena un degvielas līmeņa rādītājiem) vai termorezistori (temperatūras rādītājiem). Parametriskie mērpārveidotāji kontrolējamās sistēmas enerģiju izmanto tikai uztvērēja ķēdes vadīšanai, jo ķēdē plūstošo strāvu rada akumulatoru baterija vai ģenerators.

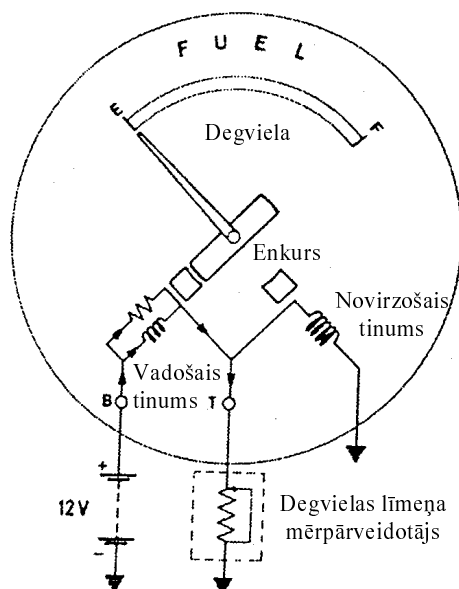
Analogo aparātu uztvērēji sastāv no mērķēdes un mērmehānisma. Mērķēdē mērāmo parametru pārveido elektriskā starpparametrā, kas tālāk iedarbojas uz mērmehānismu.

Pēc mērmehānisma darbības principa, t.i., griezes momenta radīšanas veida, automobiļu mēraparātus iedala šādās trīs grupās:

- elektromagnētiskie rādītāji jeb aparāti ar kustīgu enkuru (ātras šautras kustības) izmantoti daudzus gadus, tagad tos lieto mazāk;
- magnētelektriskie rādītāji jeb aparāti ar kustīgu spoli (acumirklīga reakcija), izmanto akumulatoru baterijas sprieguma indikācijai;
- impulsu sistēmas rādītāji jeb bimetaliskie aparāti (lēna šautras kustība), kam nepieciešama ilgstoša mērāmā parametra iedarbība, kā arī barošanas sprieguma stabilizācija.

## 2.4. Elektromagnētiskie degvielas līmeņa rādītāji

Šī tipa aparātu rādījumus nosaka divu tinumu strāvas radīto magnētisko lauku rezultējošā spēka ietekme uz ass novietotu enkuru (46. attēls), pie kura ir nostiprināta rādītāja šautra. Ja strāva plūst cauri vadošam un novirzošam tinumam, tad tinumi atkarībā no tajos plūstošās strāvas stipruma, kas saistās ar degvielas līmeni, noteiktā veidā pievelk dzelzs enkuru un tā stāvoklis norāda degvielas līmeni tvertnē.

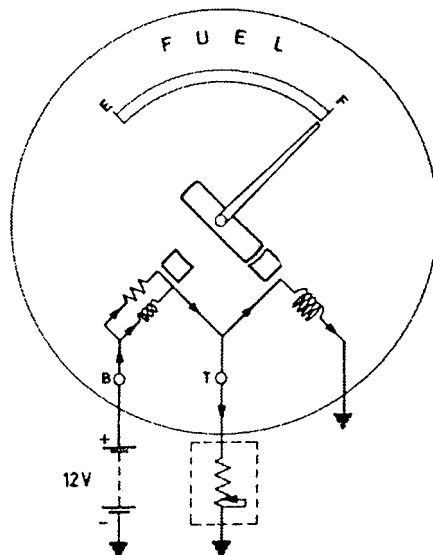


46. att. Elektromagnētiskais degvielas līmeņa rādītājs

Elektromagnētiskais degvielas līmeņa rādītājs ir iemontēts vadības panelī. Degvielas tvertnē ir novietots degvielas līmeņa mērpārveidotājs. Tā hermētiskajā korpusā atrodas reostats ar slīdkontaktu, kuru ar sviru pārvieto pludiņš. Reostata pretestība ir atkarīga no degvielas līmeņa.

Ja degvielas tvertne ir pilna, tad pludiņš atradīsies augšējā, bet reostata slīdkontakts – izslēgtā stāvoklī un reostata pretestība ir maksimālā. Ja degvielas tvertne būs tukša, tad pludiņš atradīsies zemākajā stāvoklī, slīdkontakts pilnīgi ieslēgtā stāvoklī un reostatam būs minimālā pretestība (47. attēls).





47. att. Elektromagnētiskais degvielas līmeņa rādītājs, ja degvielas tvertne ir pilna

Kad degvielas tvertne ir tukša, tad reostata pretestība ir vismazākā un strāva no akumulatoru baterijas pozitīvās spaiļes plūst caur vadības tinumu uz reostatu un negatīvo spaili, bet cauri novirzošam tinumam strāva neplūst un tā magnētiskā lauka nav. Tāpēc enkurs pagriežas pirmās spoles magnētiskā lauka virzienā, bet rādītāja šautra pārvietojas nulles iedaļas E virzienā, atbilstoši degvielas daudzumam tvertnē.

Degvielas līmenim tvertnē paaugstinoties, palielinās reostata pretestība, tāpēc caur to plūst mazāka strāva un palielinās strāva, kas plūst caur novirzošo tinumu. Līdz ar to novirzošā tinuma magnētiskais lauks ir pietiekams, lai pagrieztu enkuru kopā ar rādītāja šautru uz labo pusi un nostātos pretī F iedaļai, ja tvertne ir pilna.

Šāda tipa degvielas līmeņa rādītāju trūkumi:

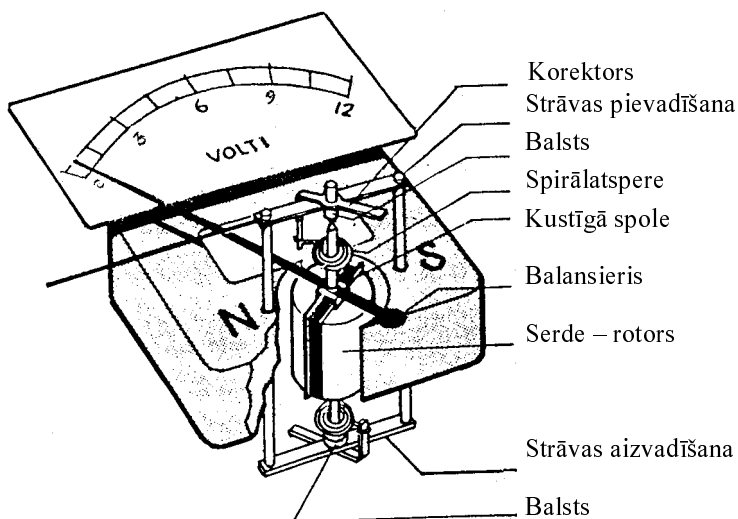
- sistēmai nav nomierinātāja, tāpēc rādītāja šautra reaģē uz degvielas līmeņa svārstībām, braucot pa nelīdzenu ceļu;
- grūti izmērīt mazu degvielas daudzumu tvertnē, it sevišķi tad, kad precizitāte ir visvairāk nepieciešama.

Šo aparātu priekšrocība ir to lētums un rādījumu neatkarība no barošanas sprieguma.

## 2.5. Magnētelektriskais voltmetrs

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

Aparāts sastāv no pastāvīga magnēta, starp kura poliēm nekustīgi novietota serde, kas izgatavota no magnētiski mīksta materiāla, un taisnstūrveida kustīga alumīnija rāmīša, kuram uztīta izolēta spole. Rāmītis ar divām pusās ir iegults gultņos, un tā tinumam strāvu pievada ar divām spirālatsperēm (48. attēls).



48. att. Magnētelektriskais voltmētrs

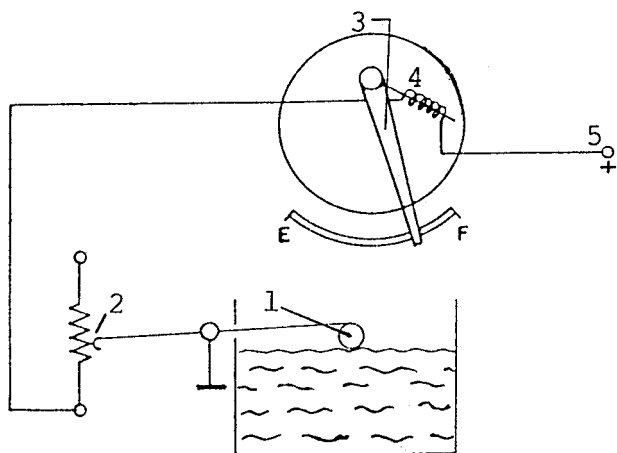
Strāvai plūstot spolē, tā rada ap to magnētisko lauku, kas, mijiedarbojoties ar pastāvīgā magnēta magnētisko lauku, rada griezes momentu un pagriež spoli ar tās rāmīti un rādītāja šautru par noteiktu leņķi: jo stiprāka strāva plūst spolē, jo lielāks ir spoles pagrieziena leņķis. Kad griezes moments līdzsvarojas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

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

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

## 2.6. Bimetāla degvielas līmeņa rādītāji

Šī tipa aparātus izmanto dažādu parametru (piemēram, temperatūras, spiediena, līmeņa u.c.) mērīšanai. Degvielas līmeņa rādītājs (49. attēls) sastāv no pludiņa ar slīdkontaktu un rādītāja šautras ar bimetāla plāksnīti.



49. att. Bimetāla degvielas līmeņa rādītājs:

- 1 – pludiņš;
- 2 – slīdkontakts;
- 3 – rādītāja šautra;
- 4 – sildspirāle;
- 5 – 10 V stabilizēta sprieguma spāile

Rādītāja pamatu sastāda U veida bimetāla plāksnīte, uz kuras viena gala, kas savienots ar rādītāja šautru, novietota sildspirāle, bet otrs ir savienots ar regulēšanas sektoru.

Sildspirāles viens gals pievienots stabilizētam +10V spriegumam, bet otrs – reostatam. Uz reostata atrodas slīdkontakts, kas savienots ar sviru, kuras galā atrodas pludiņš.

Kad degvielas tvertne ir piepildīta ar degvielu, pludiņš ieņem augšējo stāvokli, bet ar to saistītā svira pārvieto reostata slīdkontaktu uz leju, iestādot reostatam minimālo pretestību. Līdz ar to strāva, kas plūst pa ķēdi

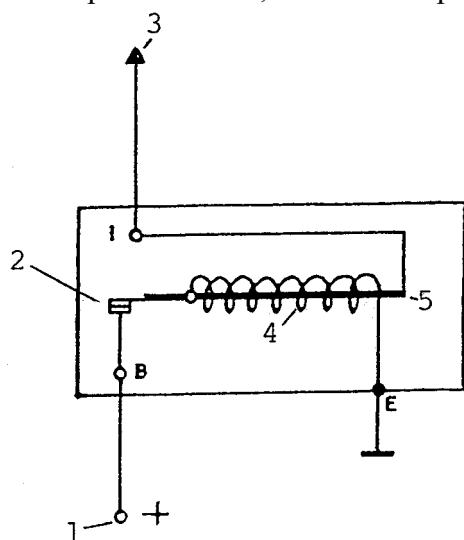
“+” spaile → sildspirāle → reostats → slīdkontakts → svira → “-“ spaile, ir maksimālā un sildspirāle visspēcīgāk sasilda bimetāla plāksnīti. Tā maksimāli izliecas un pārvieto rādītāja šautru uz atzīmi F, kas norāda, ka tvertne ir pilna.

Degvielas līmenim samazinoties, reostata slīdkontakts pārvietojas uz augšu, reostata pretestība palielinās, bet strāva sildspirālē samazinās, samazinās arī bimetāla plāksnītes izliekums un rādītāja šautra signalizē par to, ka nepieciešams uzmeklēt tuvāko degvielas uzpildes staciju.

Tā kā bimetāla plāksnītei piemīt termiskā inerce, tad rādītājs lēnām reaģē uz radītām izmaiņām, tāpēc tas ir nejutīgs pret degvielas līmeņa svārstībām, kas rodas, automobilim bremsējot vai braucot pa nogāzēm.

## 2.7. Bimetāla sprieguma stabilizators mēraparātu barošanai

Sprieguma stabilizatorā bimetāla plāksnīte domāta nevis rādītāja šautras pārvietošanai, bet gan kontaktu pārtraukšanai, caur kuriem plūst strāva uz slodzi un stabilizatora sildspirāli (50. attēls).



50. att. Bimetāla sprieguma stabilizators:

- 1 – akumulatora spaile;
- 2 – kontakti;
- 3 – + 10V stabilizēta sprieguma spaile;
- 4 – sildspirāle;
- 5 – bimetāla plāksnīte

Kontaktiem atvienojoties, strāva caur tiem neplūst, bimetāla plāksnīte atdziest un pēc kāda laika atkal saslēdz savus kontaktus. Šāds cikls turpinās ar nelielu frekvenci, kura ir atkarīga no akumulatoru baterijas vai ģenerators sprieguma izmaiņām. Stabilizatori parasti ir noregulēti tā, ka tie uztur vidējo spriegumu 10V robežās. Tā kā šāda tipa stabilizatori paredzēti samērā inertu aparātu barošanai, tad sprieguma pulsācijas kontaktu atslēgšanas un saslēgšanas gadījumos neietekmē aparātu precizitāti.

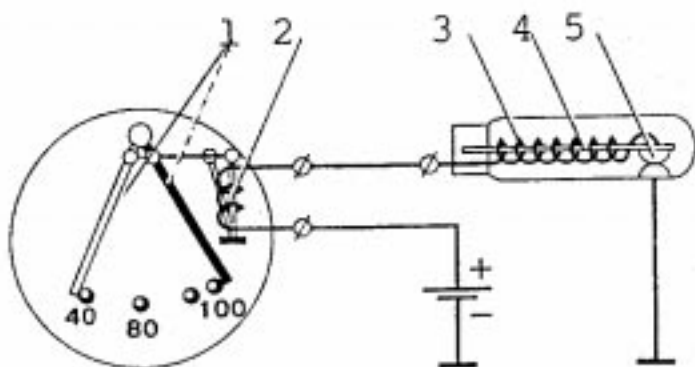
Izmantojot bojātu stabilizatoru, aparātos var rasties kļūdas. Uzstādot jaunu stabilizatoru, ir stingri jāievēro izgatavotāja instrukcija, lai iegūtu garantēto precizitāti.

Stabilizatoru pārbauda ar voltmetru, pieslēdzot to pie spailēm I un “masa”. Spriegumam ir jāpulsē ar vidējo vērtību 10V. Dažu stabilizatoru izejā nominālais spriegums ir 7V.

## 2.8. Temperatūras mērpārveidotāji un indikatori

Pirmā tipa ierīcē (51. attēls) bimetāla plāksnītes izmanto kā mērpārveidotāja, tā arī indikatora konstrukcijā. Mērpārveidotājs pēc sava izveidojuma atgādina sprieguma stabilizatoru, kurš tika apskatīts iepriekš.

Līdz ierīces ieslēgšanai aparāta rādītāja šautra atrodas ārpus graduētās skalas zonas, kas arī ir impulsu sistēmas atšķirības pazīme. Pēc aparāta ieslēgšanas strāva sāk plūst pa mērpārveidotāja un indikatora ķēdi, sildot bimetāla elementus 2 un 4. Mērpārveidotāja bimetāla plāksnīte 4 izliecas, tā kontakti 5 atslēdzas, un strāva kopējā ķēdē izzūd. Pēc noteikta laika plāksnīte 4 atdziest un kontakti 5 saslēdzas no jauna.



51. att. Temperatūras rādītājs ar bimetāla tipa mērpārveidotāju un indikatoru:

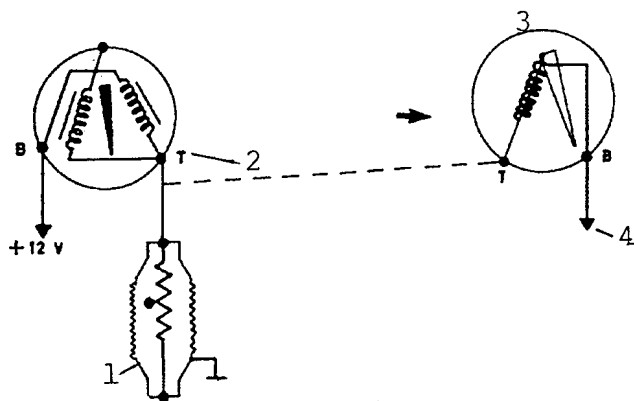
- 1 – rādītāja šautra;
- 2 un 3 – indikatora un mērpārveidotāja sildspirāle;
- 4 – mērpārveidotāja bimetāla plāksnīte;
- 5 – kontakti

Mērpārveidotāja kontaktu atrašanās ilgums atvērtā vai aizvērtā stāvoklī ir atkarīgs no temperatūras. Samērā augstās temperatūrās spiediens uz kontaktiem vājinās un tie ilgāk atrodas atvērtā stāvoklī, pie kam strāva indikatorā samazinās. Vislielākā strāva caur indikatoru plūst, ja temperatūra mērpārveidotājā ir zema. Aparāts nav jutīgs pret strāvas pulsācijām, kas rodas, kontaktiem atslēdzoties vai saslēdzoties siltuminerces dēļ.

Termistora (pusvadītāju) temperatūras mērpārveidotāja darbība pamatojas uz augstu pusvadītāju jutību pret temperatūras izmaiņām. Pusvadītājiem piemīt krasi izteikta negatīva pretestības atkarība no temperatūras – tai paaugstinoties, pusvadītāja pretestība samazinās.

Termistora mērpārveidotājs ir izveidots kā misiņa kapsula ar vītņotu ārējo daļu, lai to varētu ieskrūvēt cauruļvadā vai tvertnē. Kapsulas iekšējā daļā ir ievietots pusvadītāju materiāls punkta vai pīles veidā. Pusvadītājam ir savienojuma kontakts ar kapsulas iekšējo sienu, lai atbrīvotu to no liekā siltuma, kas rodas, indikatora strāvai plūstot caur pusvadītāju. Termistora pretestība ir atkarīga no tā šķidrums temperatūras, kas apskalo kapsulu: zemā temperatūrā pretestība ir liela, bet augstā – maza.

Termistoru mērpārveidotājus komplektē ar elektromagnētiskiem vai bimetāla indikatoriem, kas ir jāapgādā ar stabilizētiem barošanas avotiem (52. attēls).



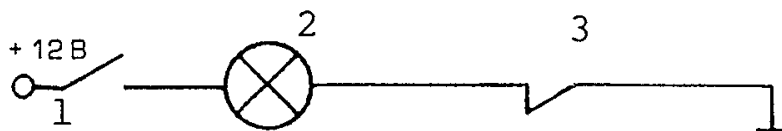
52. att. Temperatūras termistora mērpārveidotājs ar elektromagnētisko vai bimetāla indikatoru:

- 1 – kapsula ar termistoru;
- 2 – elektromagnētiskā tipa indikators;
- 3 – bimetāliskā tipa indikators;
- 4 – uz sprieguma stabilizatoru

## 2.9. Spiediena indikatori

Ar spiediena manometriem parasti apgādā dārgus un sporta automobiļus. Vairākums automobiļu ir apgādāti tikai ar signālspuldzi, kura sāk mirgot vai deg pastāvīgi, ja eļļas spiediens ir mazāks par pieļaujamo.

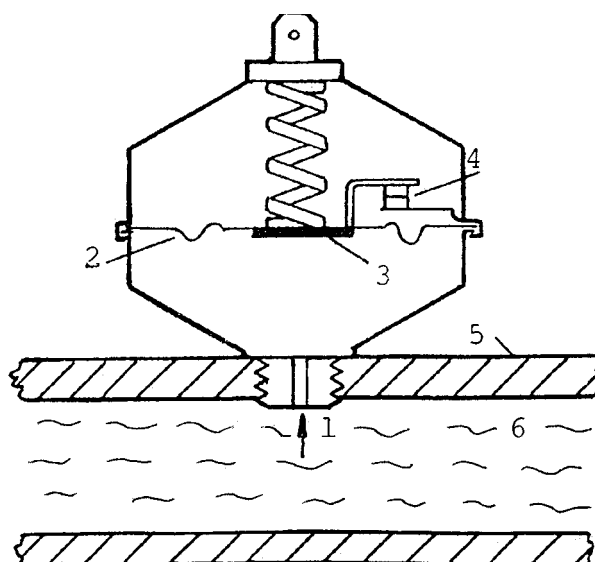
Signālspuldzes izslēdzējs parasti ir kontaktu tipa membrānas mērpārveidotājs, kura normāli saslēgtie kontakti ieslēgti signālspuldzes ķēdē (53. attēls). Indikatoru ieslēdz ar aizdedzes slēdzi. Motoram nedarbojoties, signālspuldze deg, kas ir normāli.



53. att. Signālspuldzes komutācijas ķēde:

1 – aizdedzes atslēga; 2 – signālspuldze uz vadības paneļa; 3 – mērpārveidotāja normāli saslēgtie kontakti

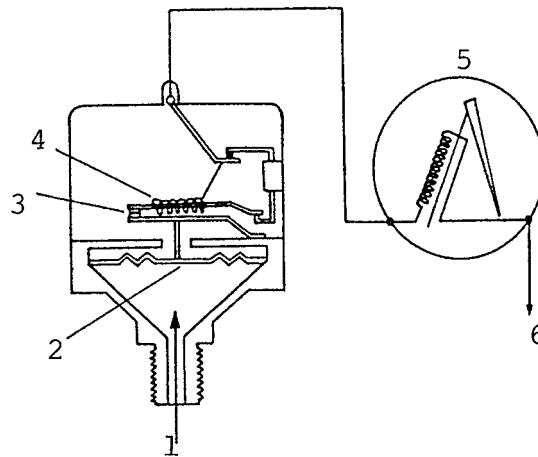
Membrānas mērpārveidotāju ieskrūvē motora blokā, uz to iedarbojas spiediens galvenajā eļļas maģistrālē (54. attēls). Ieslēdzot motoru un kloķvārpstai griežoties, pieaug eļļas spiediens maģistrālē, diafragma, pārvarot atsperes spēku, izliecas un atvieno kontaktus, bet signālspuldze nodziest, kas liecina par sistēmas normālu darbību.



54. att. Eļļas spiediena kontaktu tipa membrānas mērpārveidotājs:

1 – spiediens; 2 – diafragma; 3 – metāla plāksnīte; 4 – mērpārveidotāja normāli saslēgtie kontakti;  
5 – motora bloks; 6 – eļļas maģistrāle

Eļļas spiediena mērīšanas analogā sistēma var sastāvēt no membrānas tipa bimetāla mērpārveidotāja un bimetāla indikatora (55. attēls). Eļļas spiediena rezultātā membrāna izliecas un bimetāla vibratora kontakti tiek spēcīgāk saspiesti kopā.



55. att. Eļļas spiediena rādītājs ar bimetāla mērpārveidotāju un indikatoru:

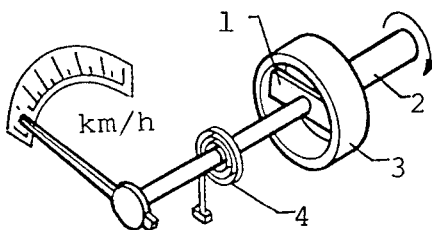
1 – spiediens; 2 – diafragma; 3 – kontakti; 4 – sildspirāle; 5 – bimetāliskais indikators;  
6 – uz aizdedzes slēdzi caur sprieguma stabilizatoru

Bimetāla mērpārveidotāja darbības pamatā ir tas pats princips, kas sprieguma stabilizatora darbības pamatā. Sildspirāle karst un izliec mērpārveidotāja bimetāla plāksnīti, kā rezultātā tās kontakti atslēdzas. Kontakti pārtrauc strāvu, kas plūst indikatora un sildspirāles ķēdē, bimetāla plāksnīte atdziest, un kontakti atkal saslēdzas. Laiks, kad kontakti atrodas saslēgtā un atvērtā stāvoklī, ir atkarīgs no membrānas izliekuma, tas ir, no eļļas spiediena. Indikators uzrāda strāvas vidējo vērtību, tāpēc to var graduēt spiediena vienībās.

## 2.10. Analogais spidometrs

Pirmais spidometrs, kuru uzstādīja automobilī 1899. gadā, darbojās pēc centrālās regulatora principa: jo ātrāk griežas disks, jo tālāk uz diska malu atvirzās svira, kas ir savienota ar rādītāja šautru. Vēlāk spidometra darbības princips un konstrukcija daudzas reizes mainījās, bet līdz pat mūsu dienām klasiska ir spidometra konstrukcija ar indukcijas pārvades sajūgu (56. attēls).

Spidometrs sastāv no viegla alumīnija sakausējuma štancēta cilindra, kuru piedzen no pārnesumkārbas sekundārās vārpstas ar gliemežpārvalu un lokano vārpstu. Alumīnija cilindram rotējot pastāvīgā magnēta magnētiskajā laukā, magnētiskā lauka līnijas šķeļ alumīnija cilindru un inducē tajā virpuļstrāvas. Līdz ar to uz pastāvīgo magnētu rodas griezes moments, kurš proporcionāls cilindra rotācijas ātrumam. Šis griezes moments pārvar pretmomenta atsperes pretestību un pagriež asi ar rādītāja šautru, kas uz skalas uzrāda automobiļa kustības ātrumu (km/h). Mainoties kustības ātrumam, mainās arī inducētais virpuļstrāvu lielums cilindrā un līdz ar to arī rādītāja šautras novirzes leņķis.



56. att. Spidometrs ar indukcijas pārvades sajūgu:

1 – pastāvīgais magnēts;  
2 – spidometra piedziņas trose;  
3 – vadošais sajūgs;  
4 – spirālatspere

Spidometrs rāda ne tikai automobiļa kustības ātrumu, bet tam var būt arī dienas un kopējā nobraukuma skaitītājs.

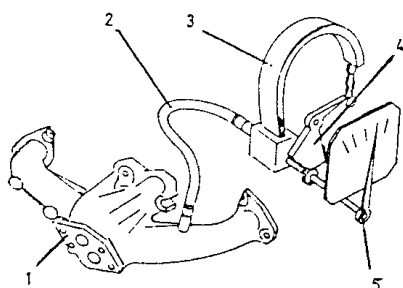
Šī tipa spidometru galvenais trūkums ir tas, ka ir nepieciešama lokanā vārpsta, tāpēc konstruktori strādā pie cita risinājuma varianta - elektriskajiem un digitālajiem spidometriem. Elektriskais spidometrs tiek izveidots ar tiem pašiem magnētindukcijas un skaitīšanas mezgliem kā mehāniskais spidometrs. Tas sastāv no rādītāja un mērpārveidotāja. Mērpārveidotājs ir izveidots kā sinhronais maiņstrāvas ģenerators ar nekustīgiem zvaigznes slēgumā saslēgtiem statora tinumiem

un rotējošu rotoru, par kuru kalpo pastāvīgs četrpolu magnēts, kas tiek piedzīts no pārnēsātāja sekundārās vārpstas. Mērpārveidotāja EDS impulsi, kuru frekvence ir tieši proporcionāla automobiļa kustības ātrumam, caur elektronisko pastiprinātāja bloku darbina rādītāja zvaigznes slēgumā saslēgtu trīsfāžu elektromotora rotoru, kas ir četrpolu pastāvīgs magnēts un piedzen spidometra šautru un nobraukuma skaitītāju.

## 2.11. Ekonometrs

Ekonometrs informē autovadītāju par optimālo kustības režīmu no degvielas ekonomijas viedokļa. Visvienkāršākais ekonometrs ir motora iesūkšanas caurulei aiz droseļvārsta pievienots atbilstoši graduēts vakuummētris (57. attēls).

Mainoties retinājumam iesūkšanas caurulē, mainās Burdona plakanās caurulītes izliekuma rādiuss, līdz ar to caurulītes brīvais gals pārvietojoties iedarbojas ar sviru uz zobsektoru, kas pagriež asi ar rādītāja šautru uz skalas. Skala ir sadalīta divu vai trīs atšķirīgu krāsu zonās (piemēram: *labi*, *apmierinoši* un *slikti*). Braucot ar tiešo pārnēsumu, no degvielas taupīšanas viedokļa, braukšanas ātrums jātur zonā *labi*.



57. att. Ekonometra shēma:

- 1 – iesūkšanas caurule;
- 2 – šļūtene;
- 3 – Burdona caurulīte;
- 4 – svira ar zobsektoru;
- 5 – ass ar rādītāja šautru

Ja motora apgriezieni ir maksimāli, slodze ir maza un droseļvārsts ir pievērts, tad spiediens aiz tā ir minimāls un ekonometrs rāda palielinātu degvielas patēriņu. Ja kustības ātrums nav liels, bet slodze ir liela, spiediens ieplūdes kolektora caurulē paaugstinās un ekonometrs rāda, ka degvielas samazināšanas nolūkos ir jāpārslēdzas uz zemāku pārnēsumu.

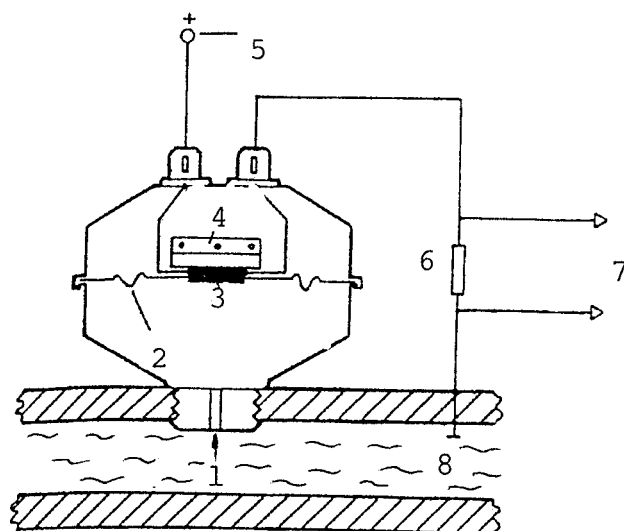
## 2.12. Tahogrāfi

Tahogrāfa uzdevums ir kontrolēt automobiļa un tā vadītāja darba režīmu, ļaut objektīvi izmeklēt apstākļus, ja noticis ceļu satiksmes negadījums. Tas diagrammās reģistrē kustības ātrumu, nobraukto ceļu, stāvēšanas laiku, motora darbības laiku, tekošo laiku, degvielas patēriņu. Parasti šim nolūkam izmanto diska vai lentes diagrammas, kuras pārvieto pulksteņu mehānisma soļa elektromotori un ar pašrakstītāja palīdzību atzīmē reģistrējamus parametrus. Tahogrāfs reģistrē gan savus, gan elektroniskā vadības bloka atvēršanas gadījumus.

Jaunākos automobiļos ir tahogrāfi, kuros ierakstus veic nevis diagrammās, bet gan elektroniskajā atmiņā.

## 2.13. Digitālais eļļas spiediena mērītājs

Digitālā eļļas spiediena mērītājā izmanto membrānas tipa pjezoelektrisko mērpārveidotāju (58. attēls). Pjezoelektriskam pusvadītāju kristālam piemīt šāda īpašība: pretestība starp pjezokristāla pretējām malām ir proporcionāla spiedienam uz tā virsmas.

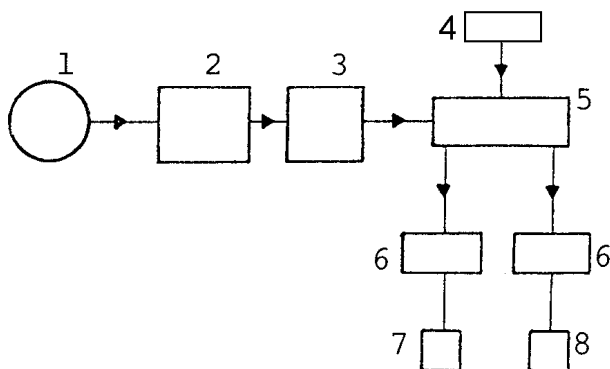


58. att. Eļļas spiediena pjezoelektiskais mērpārveidotājs:

1 – spiediens; 2 – diafragma; 3 – pjezokristāliskais rezistors; 4 – atbalsta plāksnīte;  
5 – no sprieguma stabilizatora; 6 – pastāvīgais rezistors; 7 – analogais izejas signāls; 8 – eļļas maģistrāle

Pjezokristāls ar virknē ieslēgtu pastāvīgas pretestības rezistoru pieslēgts stabilizēta līdzsprieguma avotam. Mainīga spiediena ietekmē pjezokristāls maina savu pretestību, kas izsauc sprieguma izmaiņas uz rezistora. Šīs sprieguma izmaiņas ir tieši proporcionālas mērāmajam spiedienam.

Šāda veida mērpārveidotājs parasti tiek izmantots digitālajā eļļas spiediena mērītājā (59. attēls). Mērpārveidotāja izejas signāls sākumā tiek pārveidots no analogās formas digitālajā formā, tad pārveidotais signāls nonāk multipleksorā jeb komutatorā un no turienes borta datorā. Datora lasāmatmiņā (*ROM-read-only memory*) glabājas ciparu kodu atbilstības tabula spiediena vērtībām. Izlasot ciparu kodu, dators pārveido to spiediena vērtībās, izsakot ciparu formā, kuras tiek novadītas uz vadības paneļa displeja.



59. att. Eļļas spiediena mērīšana, izmantojot elektroniskus līdzekļus:

1 – eļļas spiediena mērpārveidotājs;  
2 – analogais ciparu pārveidotājs;  
3 – multipleksors jeb komutators;  
4 – datora lasāmatmiņa ROM,  
5 – dators;  
6 – demultipleksors,  
7 – spiediena indikators;  
8 – zema spiediena signalizācija

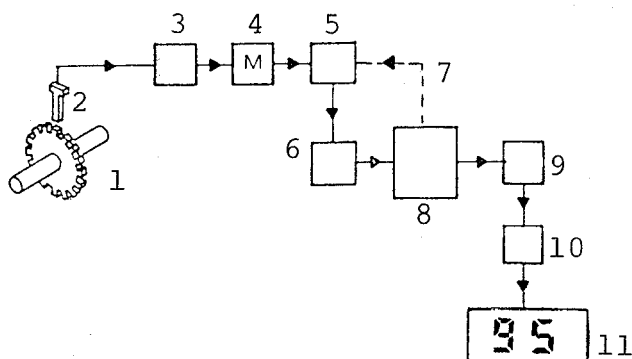
Parasti mērpārveidotāji pieslēgti borta datoram caur komutatoru, kurš mērīšanas laikā pēc kārtas savieno ar datoru katru mērpārveidotāju. Tas ir ļoti efektīvs datora izmantošanas veids, jo pretējā gadījumā katram mērpārveidotājam būtu nepieciešams savs dators.

## 2.14. Digitālais spidometrs

Šāda spidometra mērpārveidotājs ir novietots automobiļa transmisijā. Mērpārveidotāja darbības princips var būt dažāds: indukcijas, Holla ģenerators, fotoelektriskais u.c. (60. attēls). Mērpārveidotāja izejas signāls ir sprieguma impulsi, kuru frekvence ir proporcionāla automobiļa kustības ātrumam. Pēc signāla iziešanas caur signāla pārveidotāju (Šmita triggers), taisnstūrveida impulsi tiek padoti uz multipleksoru.



Pēc multiplēksora impulsi nonāk «laika vārtos» (selektorā), kuri atveras uz noteiktu laika sprīdi. Impulsu skaits, kuri ir izgājuši “laika vārtus” un saskaitīti skaitītājā, ir proporcionāls automobiļa kustības ātrumam. No skaitītāja iegūtais skaitlis tiek padots datoram, kurš to pārrēķina lineārā ātrumā, kas tālāk – caur demultiplēksoru un dekoderu – nonāk uz digitālā displeja. Pēc kārtējā mērījuma nolasišanas un apstrādes skaitītājs atgriežas nulles stāvoklī un ir atkal gatavs pieņemt kārtējo impulsu paketi.



60. att. Digitālā spidometra darba princips:

- 1 – transmisijas vārpsta;
- 2 – mērpārveidotājs;
- 3 – taisnstūrveida signālu formētājs;
- 4 – multiplēksors jeb komutators;
- 5 – selektors;
- 6 – skaitītājs;
- 7 – signāli ieslēgšanai vai izslēgšanai;
- 8 – dators;
- 9 – demultiplēksors;
- 10 – ciparu dekoders;
- 11 – ciparu displejs

Digitālos signālus ir viegli pārveidot ciparos no 0 līdz 9. Šo uzdevumu veic dekoders. Atkarībā no saņemtiem signāliem displejā iedegas daži no septiņiem cipariem, kas izveido automobiļa kustības ātrumam (71. attēls) atbilstošu skaitli.

## 2.15. Tahometri

Ar tahometru mēra motora kloķvārpstas rotācijas frekvenci, kuru vēlams zināt, regulējot motoru, kā arī automobiļa kustības laikā, lai nodrošinātu motora optimālo darbības režīmu. Ar tahometriem ir apgādāti vidēju izmaksu automobiļi, taču agrāk tos izmantoja dārgos un sporta automobiļos.

Tahometra darbības princips ir tāds pats kā spidometriem: impulsu skaita mērīšana noteiktā laika periodā un pēc atbilstošas apstrādes informācijas attēlošana analogā vai digitālā tipa indikatorā.

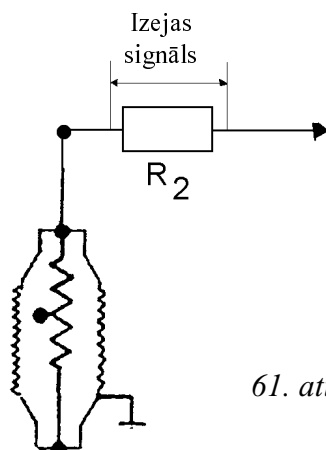
Parasti par impulsu signālu avotu tahometros kalpo aizdedzes sistēma. Sākuma impulsi tiek ņemti no indukcijas spoles primārā tinuma vai no pārtraucēja, tālāk tie tiek padoti uz pārveidotāju. Visa pārējā rotācijas frekvences mērīšanas shēma ir tāda pati kā digitālajā spidometrā.

## 2.16. Dzesēšanas šķidrums digitālais termometrs

Par temperatūras mērpārveidotāju var izmantot gan bimētāla plāksnīti, gan termistoru. Šīm vajadzībām tomēr labāk izmantot termistoru mērpārveidotājus, jo to signālus ir vieglāk pārveidot digitālā formā, kas ir nepieciešama to tālākai apstrādei ar datoru.

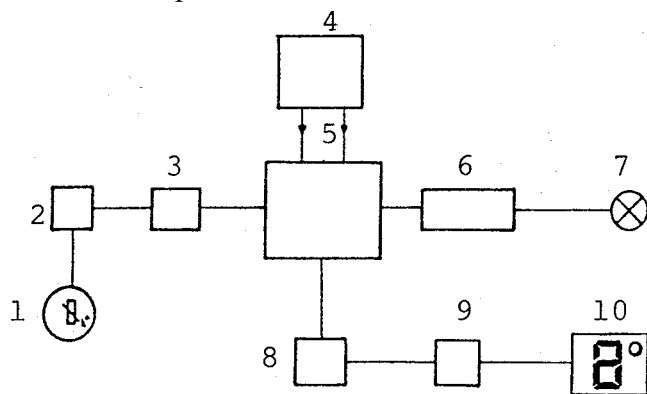
Termistors ir ievietots misiņa kapsulā un ieskrūvēts motora cilindru blokā netālu no termostata. Kapsulu apskalo dzesēšanas šķidrums, kura temperatūra nosaka termistoru pretestību. Parasti izmanto termistorus ar negatīvu temperatūras koeficientu. Paaugstinoties temperatūrai, termistora pretestība samazinās.

Parasti virknē ar termistoru tiek ieslēgts pastāvīgas pretestības rezistors, no kura iegūst izejas sprieguma signālu, kurš ir proporcionāls dzesēšanas šķidrums temperatūrai (61. attēls). Šāda mērpārveidotāja izejā signāls ir analogais signāls, kas ir jāpārveidošanai digitālos signālos, ko izdara pārveidotājā (62. attēls). No pārveidotāja signāls nonāk komutatorā un pēc tam datorā, kurš to salīdzina ar atmiņā ieprogrammētām temperatūras vērtībām un nolasa signālam atbilstošu temperatūru.



61. att. Izejas signāla iegūšana termistora mērpārveidotājā

Dators izvada uz vadības paneļa displeja divu veidu informāciju: esošo temperatūras lielumu un pārkaršanas signālu, ja faktiskā dzesēšanas šķidruma temperatūra pārsniedz ieprogrammēto maksimālās temperatūras lielumu.



62. att. Motora temperatūras digitālā mērīšana un indikācija:

- 1 – temperatūras termistora mērpārveidotājs;
- 2 – analogais ciparu pārveidotājs;
- 3 – multiplexors jeb komutators;
- 4 – datora lasāmatmiņa;
- 5 – dators;
- 6 – spuldzes vadības bloks;
- 7 – signālspuldze;
- 8 – demultiplexors;
- 9 – displeja vadības bloks;
- 10 – ciparu displejs

## 2.17. Digitālā degvielas līmeņa mērīšana

Degvielas tvertnē par līmeņa mērpārveidotāju izmanto reostatu ar slīdkontaktu, kurš ir pievienots svirai, kam galā ir nostiprināts pludiņš. No reostata tiek noņemts izejas sprieguma signāls, kas ir proporcionāls līmenim, kuru pēc pārveidošanas digitālā formā novada uz datoru. Dators salīdzina ienākošos signālus ar ieprogrammētajiem un, kad ienākošais signāls kļuvis mazāks par minimāli pieļaujamo, ieslēdz brīdinājuma gaismas signālu.

Lai izvairītos no mērījumu kļūdām, ko rada degvielas viļņošanās, dators veic vairākus mērījumus ar vairāku sekunžu aizturi un pēc tam aprēķina signālu vidējo vērtību kādā noteiktā laika periodā. Pēc tam šī ienākošo signālu vidējā vērtība tiek salīdzināta ar datora atmiņā reģistrētām vērtībām.

## 2.18. Borta dators

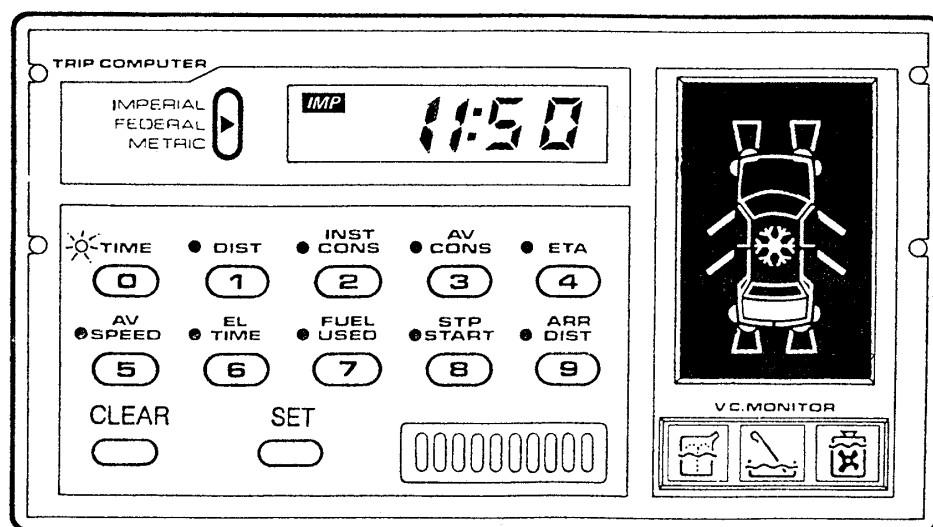
Tā kā ievērojami samazinās mikroprocesoru izmaksas, datortehnika arvien plašāk tiek izmantota automobiļu ražošanā un borta dators automobiļos kļūst par pierastu iekārtu (63. attēls).

Tipisks borta dators var sniegt šādu informāciju:

- datumu un laiku;
- esošo degvielas patēriņu;
- vidējo degvielas patēriņu;
- degvielas izmaksas uz kilometru;
- gaidāmo iebraukšanas laiku galapunktā;
- gaidāmo nobraukumu ar atlikušo degvielu;
- izlietotās degvielas daudzumu;
- ārējā gaisa temperatūru;
- nobraukto ceļu.

Lai dators varētu izpildīt dažu parametru aprēķinus, vadītājam pirms kustības uzsākšanas ir jāievada datorā izejas dati, lai pēc tam, nospiežot atbilstošu taustiņu vadības panelī, dators izdotu norādīto informāciju.

Aprēķiniem, kuri pieprasa esošā laika izziņu, dators ir apgādāts ar augstas precizitātes kvarca pulksteni.



63. att. Borta dators ar displeju

Vairums mērpārveidotāju, kurus izmanto kā informācijas devējus datoram, tika aplūkoti jau iepriekš, izņemot tikai degvielas patēriņa mērpārveidotāju.

Šis mērpārveidotājs ir izveidots nelielas, degvielas vadā ierīkotas turbīnas veidā ar spārniņiem. Degvielas plūsmas iespaidā turbīna griežas un līdz ar to griežas spāniņi, kuri rotējot periodiski pārtrauc fotodiodes gaismas staru uz fotopārveidotāju. Tādā veidā fotopārveidotāja izejā iegūst sprieguma impulsus, kuru frekvence ir proporcionāla degvielas patēriņam.

## 2.19. Automaģiļa stāvokļa kontrole

Viena no borta datora informatīvā displeja funkcijām ir vadītāja brīdināšana par bojājumiem vai nenormālām situācijām.

Tagad, kad daudziem automaģiļiem ir uzstādīts apkopes intervāls pēc 15000 km, ir palielinājusies iespēja, ka pa šo laiku var izdegt spuldze, pazemināties eļļas vai bremžu šķidrums līmenis u.tml. Līdz ar to ir radusies vajadzība pēc automaģiļa mezģlu stāvokļa papildu kontroles un savlaicīgas vadītāja brīdināšanas par to atteicēm.

Indikatori un signālspludzes parasti ir sagrupēti kopā vienā panelī un izvietoti tā, ka tos var labi redzēt no vadītāja vietas. Par piemēru var kalpot automaģiļa *Rover 800* borta datora displejs (63. attēls).

Displejā automaģiļi shematiski attēlo ar spīdošām līnijām, ievērojot atsevišķu elementu stāvokli:

- atvērtas durvis vai bagāžnieks;
- lukturu tālā un tuvā gaisma;
- virzienrāžu signāls;
- gabarītgaismas;
- bremzēšanas signāls;
- aizmugurējie miglas lukturi;
- numura zīmes apgaismojums.

Ja spuldze vai ķēde nav bojāta, tad atbilstošais elements uz displeja tiek izgaismots. Bojājuma rašanās gadījumā elements vairs neizgaismojas, pie kam papildus tiek dots skaņas signāls ar pīksteni jeb zummeru vai gaismas signāls ar papildu spuldzi, lai vadītājs pievērstu uzmanību bojājumam.

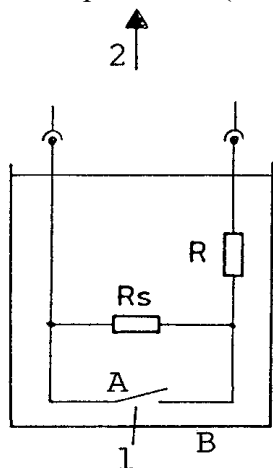
Signālpanelī var izmantot kvēlspuldzes, fluorescējošos ekrānus, šķidro kristālu displejus, fotodiodes, luminiscences spuldzes.

Informācija panelī var parādīties ciparu vai burtu, punktveida zīmējumu, tekstu un simbolu veidā. Parasti signalizācijas sistēmas ir izveidotas uz viena mikroprocesora bāzes, kas apkalpo vairākas sistēmas. Atsevišķām sistēmām var būt izveidotas individuālās signalizācijas sistēmas uz integrālo mikroshēmu bāzes.

## 2.20. Automašīna stāvokļa kontroles sistēmas darbība

Vairākums mērpārveidotāju automašīna sistēmu stāvokļa signalizācijai izveidoti pēc slēdža principa, kuri nostrādā, sasniedzot attiecīgam parametram iestatīto līmeni.

Ja kontaktu tipa mērpārveidotājs nostrādā, atslēdz savus kontaktus, tad kontroles sistēma šādu stāvokli var traktēt kā ķēdes pārrāvumu un raidīt bojājuma signālu. Šo pretrunu novēršanai mērpārveidotāja kontakti tiek šuntēti ar pastāvīgas pretestības rezistoru, lai kontaktu atslēgšanās gadījumā ķēde netiktu pārtraukta (64. attēls).



64. att. Kontakta tipa mērpārveidotājs:

- 1 – mērpārveidotāja kontakti;
- 2 – uz elektronisko vadības sistēmu;
- A – atslēgtu kontaktu gadījumam atbilst liela pretestība:  $R_s + R$ ;
- B – saslēgtu kontaktu gadījumam atbilst maza pretestība:  $R$

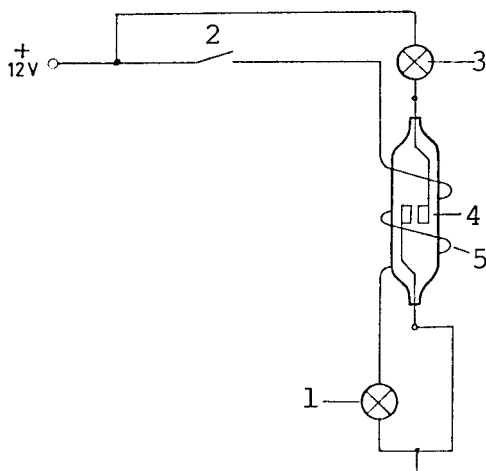
Darbam degvielas vai eļļas vidē lieto cita tipa mērpārveidotājus. Signalizācijai par nepietiekamu degvielas līmeni tvertnē izmanto magnētiskos slēdzus, kurus sauc par **herkoniem**. Herkons ir kontakts, kas ievietots hermētiski noslēgtā stikla kapsulā un kura kontakti nostrādā pastāvīgā magnēta vai elektriskās strāvas magnētiskā lauka iedarbībā. Eļļas līmeņa kontrolei izmanto mērpārveidotājus ar sildspirāli.

Ieslēdzot aizdedzi, visas signālspludzes vadības panelī mirdz apmēram 5 sekundes, lai šajā laikā varētu pārbaudīt spuldzes un to ķēdes. Ja visas kontrolējamās sistēmas ir pilnā kārtībā pēc 5 sekundēm spuldzes nodziest. Ja kādā no ķēdēm tiek atrasts bojājums, tad kontroles sistēma pārslēdz signālspludzi mirgošanas režīmā: spuldze mirgo 40 sekunžu sērijās ar nelielām pauzēm.

### 2.20.1. Gaismas ierīču bojājumi

Gaismas ierīču spuldžu kvēldiegu stāvokļa kontrolei var izmantot herkonus. 65. attēlā redzama shēma ar herkonu, kuru vada ar ārējo tinumu. Strāva pa herkona tinumiem plūst tikai tad, kad ir ieslēgta apgaismojuma spuldzes slēdzis un spuldzes kvēldiegs nav bojāts. Strāvas radītais magnētiskais lauks, iedarbojoties uz herkona kontaktiem, tos saslēdz un reizē ar to iedegas signālspludze uz automašīna vadības paneļa, kas vadītāju pārliecina par to, ka apgaismojuma spuldze nav bojāta un tā deg.

Ja apgaismojuma spuldze nedeg, tad strāva pa herkona aptverošajiem tinumiem neplūst, līdz ar to herkona kontakts nesaslēdzas un signālspludze uz vadības paneļa neiedegas. Tādā veidā vadītājs zina, ka ir bojāta apgaismojuma ķēde: pārdedzis spuldzes kvēldiegs, nav kontakta savienojumā, pārtrūcis vads utt.



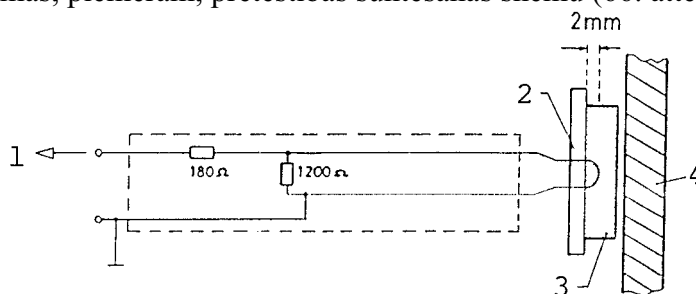
65. att. Spuldzes bojājuma indikācijas shēma ar herkonu:

- 1 – apgaismojuma jeb pārbaudāmā spuldze;
- 2 – apgaismojuma spuldzes slēdzis;
- 3 – signālspuldze vadības panelī;
- 4 – herkona kontakti;
- 5 – elektromagnētiskā spole

Šādās kontroles ķēdēs var izmantot arī herkonu ar diviem tinumiem, kuri ir uztīti pretējos virzienos. Šajā gadījumā var kontrolēt divas vienādas spuldzes, piemēram, gabarītlukturus. Kamēr deg abas spuldzes, magnētiskās plūsmas tinumos abpusēji iznīcinās un herkona kontakti paliek atslēgti. Pārdegot vienas spuldzes kvēldiegiem, strāva vienā no herkona tinumiem neplūst, bet otra tinuma magnētiskais lauks saslēdz herkona kontaktus, kā rezultātā vadības panelī iedegas signālspuldze.

### 2.20.2. Bremžu kļuču uzliku nodilums

Lai vadītājam signalizētu par to, ka bremžu kļuča uzlikas ir nodilušas, automobiļos izveido dažādas indikācijas shēmas, piemēram, pretestības šuntēšanas shēmu (66. attēls).



66. att. Bremžu kļuču uzliku nodiluma mērpārveidotājs:

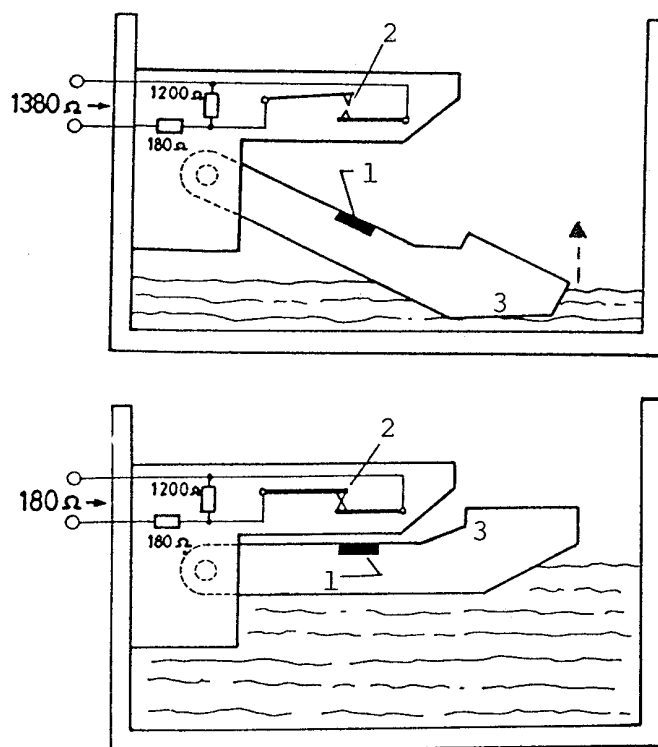
- 1 – uz vadības bloku; 2 – iestrādāta vada cilpa; 3 – bremžu uzlikas; 4 – bremžu disks

Bremžu kļuču uzlikā divu milimetru dziļumā, kas atbilst tās minimālajam biezumam, ir iegremdēta vada cilpa. Kad automobiļa ekspluatācijas laikā bremzēšanas rezultātā uzlikas nodilst līdz minimālajam biezumam, kļuču uzlika nodilst un tiek pārrīvēta vada cilpa. Šajā momentā kontroles ķēdes pretestībai  $180 \Omega$  virknē papildus ieslēdzas  $1200 \Omega$  pretestība. Pretestības palielināšanos no  $180 \Omega$  līdz  $1380 \Omega$  vadības bloks uztver kā signālu un ieslēdz signālspuldzi uz vadības paneļa. Kontroles ierīce dod signālu vadītājam, ka pēc iespējas ātrāk ir jānomaina bremžu kļuču uzlikas.

### 2.20.3. Šķidruma līmeņa mērpārveidotājs – pludiņveida slēdzis

Pludiņveida slēdzis ir vislētākais no mērpārveidotājiem, kuri domāti šķidruma līmeņa mērīšanai. Mērpārveidotājs sastāv no pludiņa, uz kura ir nostiprināts pastāvīgs magnēts. Tvertnes augšējā daļā ir novietots herkons (67. attēls).

Kad šķidruma tvertne ir pilna un pludiņš atrodas augšējā stāvoklī, tad pastāvīgais magnēts novietojas herkona tuvumā un ar savu magnētisko lauku saslēdz herkona kontaktus. Saslēgtais herkona kontakts šuntē  $1200 \Omega$  pretestību, līdz ar to mērpārveidotāja ķēdes kopējā pretestība ir tikai  $180 \Omega$ , bet strāvas stiprums ķēdē ir maksimālais.



67. att. Līmeņa pludiņveida mērpārveidotājs:  
1 – pastāvīgs magnēts; 2 – herkona kontakti; 3 – pludiņš

Šķidruma līmenim tvertnē pakāpeniski samazinoties, pastāvīgais magnēts attālinās no herkona un pienāk tāds moments, kad pastāvīgā magnēta magnētiskais lauks herkona apgabalā ir nepietiekams, tad herkona kontakti atslēdzas.

Herkona kontaktu atslēgšanās gadījumā mērpārveidotāja pretestība acumirkļīgi pieaug no 180 Ω līdz 1380 Ω. Vadības blokam tas ir signāls signālspludzes ieslēgšanai vadības panelī.

#### 2.20.4. Šķidruma līmeņa kapacitatīvais mērpārveidotājs

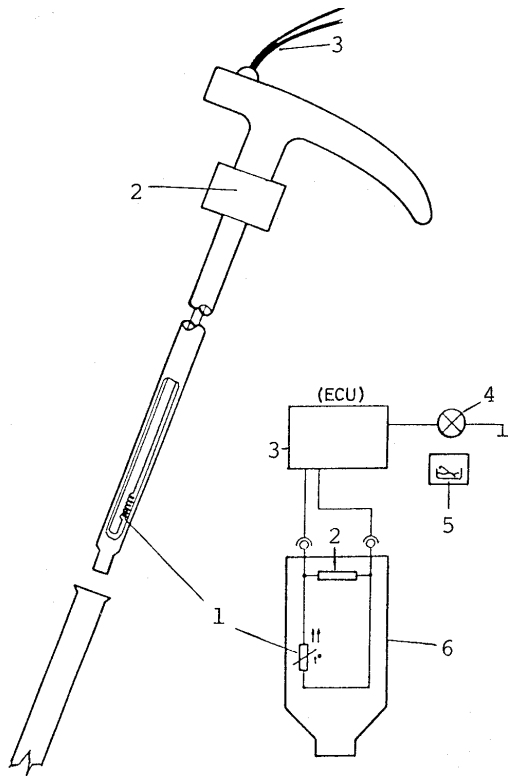
Dzesēšanas tvertnes sānos iestrādāti divi neizolēti metāliski elektrodi, kuri veido kondensatora plates. Pie šīm platēm pieslēgta neliela, bet lielas frekvences maiņstrāva. Kamēr kontakti ir iegremdēti šķidrumā, kondensatora pretestība ir liela, bet, ja šķidrums pazeminās zem elektrodi iestrādes līmeņa, tad pretestība krasi samazinās, jo dielektriskā caurlaidība gaisam ir lielāka nekā šķidrumam. Kondensatoru kapacitātes samazināšanos vadības bloks uztver kā signālu signālspludzes ieslēgšanai vadības panelī.

#### 2.20.5. Šķidruma līmeņa mērpārveidotājs – mērtausts

Eļļas tausta stienī ir iemontēts stieples rezistors ar pretestību  $7 \div 8 \Omega$ . Rezistors ir novietots zemāk par kartera eļļas līmeni. No ārpuses tausts, kā parasti, ir atzīmēts ar aizzīmējumu MIN un MAX (68. attēls). Tausta augšējā daļā ir izvadīti divi vadi, kuri iet uz vadības bloku un ir paredzēti pretestības mērīšanai atkarībā no temperatūras.

Ieslēdzot aizdedzi, no vadības bloka uz taustu tiek padota 0,25A strāva ar īsiem, 2 sekunžu ilgiem impulsiem. Ja rezistors atrodas zemāk par eļļas līmeni, tad tā siltumu ātri aizvada eļļa. Ja eļļas līmenis nokritis kaut par 3 mm, tad eļļa siltumu vairs tik ātri neizvada un rezistors strāvas plūšanas laikā sasils līdz augstākai temperatūrai.

Tā kā temperatūras koeficients ir pozitīvs, rezistora pretestība palielinās un vadības bloks, saņemot šādu pretestības izmaiņu, ieslēgs signālspludzi.



68. att. Šķidrums līmeņa mērpārveidotājs – mērsausts:

- 1 – termistors ar 7 – 8 omu lielu pretestību un pozitīvu temperatūras koeficientu;
- 2 – šuntējošais rezistors;
- 3 – uz elektronisko vadības bloku;
- 4 – signālpuldze;
- 5 – zema degvielas līmeņa simbols;
- 6 – mērsausta korpus

Šī mērpārveidotāja darba drošumu daudzējādā ziņā nosaka kontaktu kvalitāte, tāpēc bojājumu gadījumā vispirms jāpārbauda, vai savienojums ir tīrs, vai tas nav oksidējies.

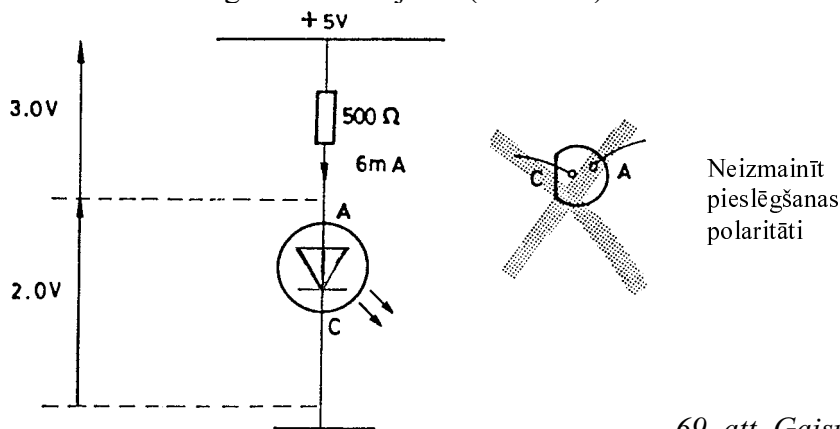
## 2.21. Displeja tehnoloģijas

Analogos rādītājus pakāpeniski nomaina integrālie displeji. Šo displeju priekšrocības ir tādas, ka tiem nav kustīgu detaļu, ir ātra reakcija, laba nolaišanās spēja, liela novietošanas izvēles brīvība uz vadības paneli.

Praksē izmanto vairākus informācijas attēlošanas veidus, atsevišķos gadījumos pat veidojot to kombinācijas.

### 2.21.1. Gaismas diodes

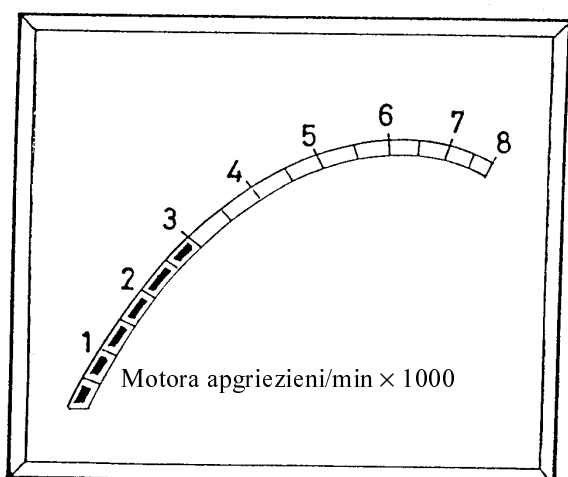
Gaismas diodes var izstarot sarkanas, dzeltenas vai zaļas krāsas gaismu. Vislabāko optisko efektu dod sarkanas gaismas starojums (69. attēls).



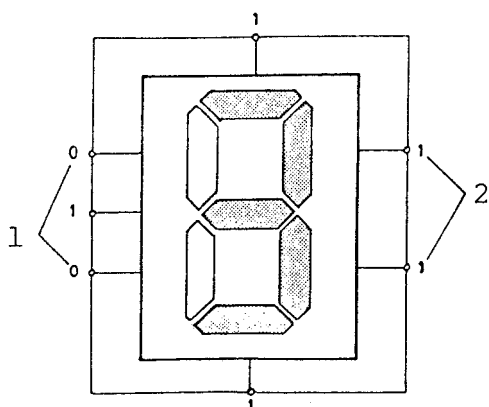
69. att. Gaismas diodes ieslēgšanas shēma

Caur diodi plūstošai strāvai jāatrodas robežās no 2 līdz 25 mA, spriegumam uz to – apmēram 2V. Gaismas diodēm ir ļoti augsts darba resurss, un tās darbības laikā patērē ļoti mazu jaudu.

Lineāro elementu attēlošanai displejā var izmantot vairākas gaismas diodes vai arī gaismas diodes, kuras izpildītas līniju veidā (70. un 71. attēls).



70. att. Tahometrs ar gaismas diožu indikāciju



71. att. Ciparu displejs, kurš sastāv no septiņām līnijveida gaismas diodēm:

- 1 – loģiskā 0 – izslēgts;
- 2 – loģiskais 1 – ieslēgts

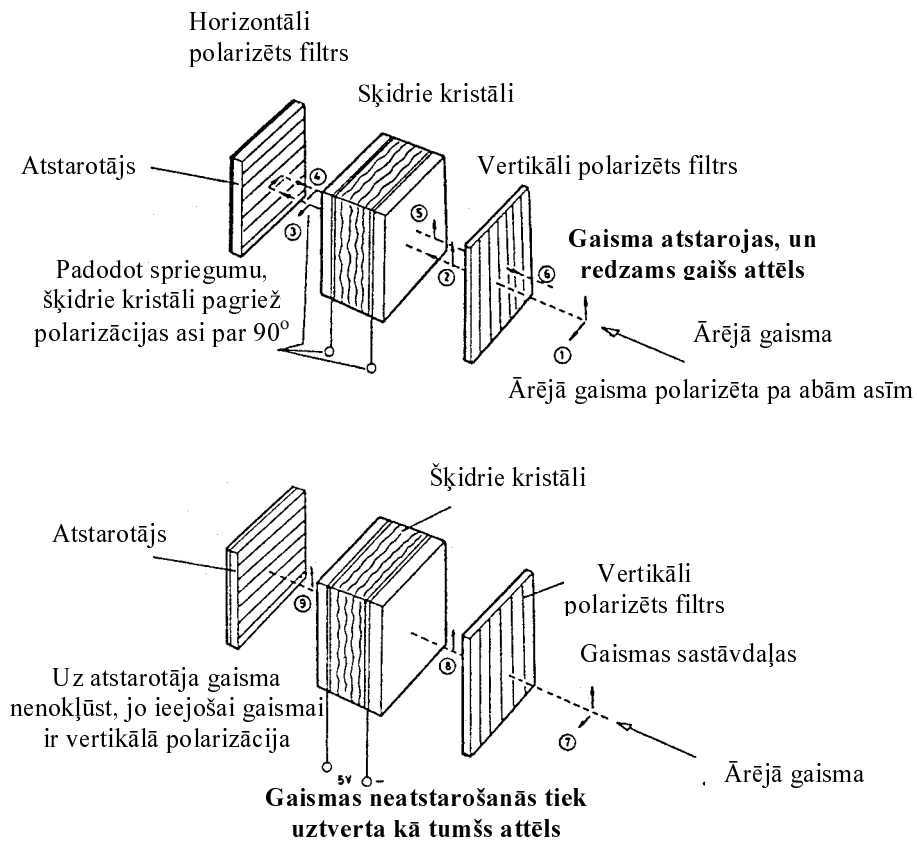
### 2.21.2. Šķidrie kristāli

Šķidrie kristāli neizstaro gaismu, bet to tikai atstaro. Lai šāda tipa displejs būtu redzams tumsā, tas ir jāizgaismo.

Zemās izmaksas, nelielā patērējamā jauda, lieliskā redzamība un iespēja attēlojumam piešķirt dažādas krāsas, izmantojot gaismas filtrus, – tas viss rada labus priekšnosacījumus plašai šķidro kristālu lietošanai informācijas tehnikā.

Šķidrās kristāls sastāv no nejauši orientētām pagarinātām molekulu grupām, kuras novietotas starp divām plakanām stikla plāksnītēm un atrodas 10 μm attālumā viena no otras. Kristālam var piedot jebkuru formu, izmantojot blīvētāju, kas veido noteiktu kapsulu. Uz iekšējām stikla plāksnīšu virsmām tiek uzputināts plāns, caurspīdīgs strāvu vadoša materiāla slānis. Stikla plāksnītes ārējās virsmas nosedz polarizēti filtri ar savstarpēji perpendikulārām polarizācijas asīm. Filtra aizmugurē novietots gaismas atstarotājs (72. attēls).





72. att. Šķidro kristālu displeja darbības princips

Elements ar šķidro kristālu darbojas sekojošā veidā. Ja nav sprieguma uz kristāla klājumiem, tad ārējā gaisma 1, plūstot cauri polarizētam filtram, zaudē savu horizontālo sastāvdaļu 2. Kristālā gaisma pagriežas par 90° un brīvi iziet caur horizontāli orientēto aizmugurējo polarizēto filtru. Pēc atstarošanās no aizmugurējās sienas gaisma veic atpakaļceļu, iznāk ārpusē, tāpēc ir redzams attēls.

Padodot uz kristāla klājumiem apmēram 5V spriegumu, tas pārstāj pagriezt gaismu. Horizontālā filtra ietekmē gaisma nevar sasniegt atstarošanas aizmugurējo sienu, un attiecīgais kristāla apgabals kļūst tumšs.

Šķidro kristālu tehnoloģija ļauj izveidot jebkuru ciparu vai attēlojumu no atsevišķiem elementiem, no kuriem katram ir vajadzīga individuāla vadība.

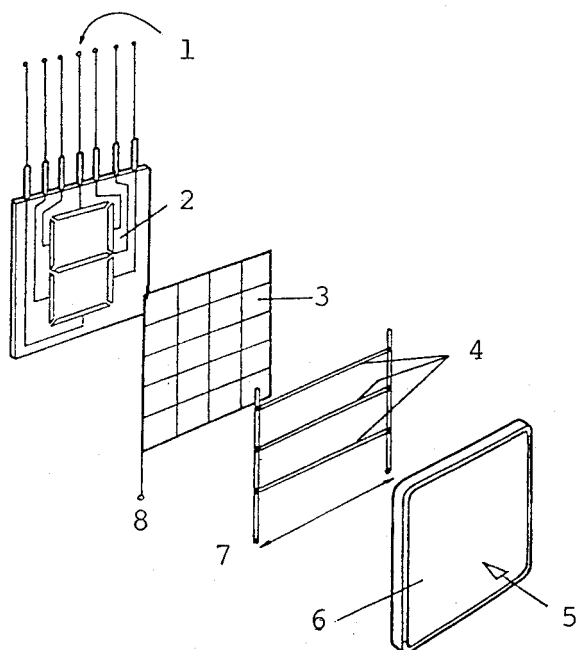
Šķidro kristālu displeji var darboties temperatūras diapazonos no -30°C līdz 85°C. Viena cipara attēlošanai ir nepieciešama apmēram 8 μA liela strāva.

### 2.21.3. Vakuuma fluorescējošais displejs

Šī tipa displejs ir aktīvais displejs, jo tas izstaro gaismu un tā darbības princips ir analogs triodes lampas darbības principam. Atšķirība ir tā, ka segments, kas veido ciparu vai burtu, ir pārklāts ar tādas vielas slāni, kas fluorescē elektronu bombardēšanas rezultātā, līdzīgi kā televizora kineskops.

Par elektronu avotu šeit kalpo sakarsēts kvēldiegs. Brīvie elektroni, termoelektronu emisijas rezultātā izlido no kvēldiega un rada ap to negatīvu elektronu mākonī. Ja ekrāna segmentam pievada pozitīvu spriegumu attiecībā pret kvēldiegu, tad elektroni pārvietosies uz segmentu un fluorescējošais slānis sāks spīdēt.

Starp kvēldiegu un segmentiem ir novietots stūrējošais tīkliņš, kuram pievada tādu aizveres spriegumu, kas neļauj elektroniem sasniegt segmentus. Elektroni var pārvarēt tīkliņa pretestību tikai tādā gadījumā, ja atbilstošam segmentam būs pievadīts apmēram +5V liels spriegums. Mainot aizveres spriegumu, var mainīt elektronu skaitu, kas sasniedz segmentu, t.i., regulēt attēla spilgtumu (73. attēls).



73. att. Vakuuma fluorescējošais displejs:

- 1 – attiecīgā segmenta izgaismošanai vadības bloks pievada tam apmēram + 5V lielu spriegumu;
- 2 – segmenti, kuri pārklāti ar fluorescējošu sastāvu;
- 3 – stūrējošais tīkliņš;
- 4 – kvēldiegi;
- 5 – vērošanas virziens;
- 6 – displeja ekrāns;
- 7 – kvēles spriegums;
- 8 – spilgtumu vada, mainot spriegumu uz tīkliņa

Parasti displeja ekrāns izstaro zaļgandzeltenu gaismu, tomēr luminofora sastāva pielāgošanas ceļā var iegūt jebkuras krāsas gaismu. Vislabāko uztveri nodrošina displeja zilgana gaisma vai tās nokrāsas.

#### 2.21.4. Elektroluminiscence

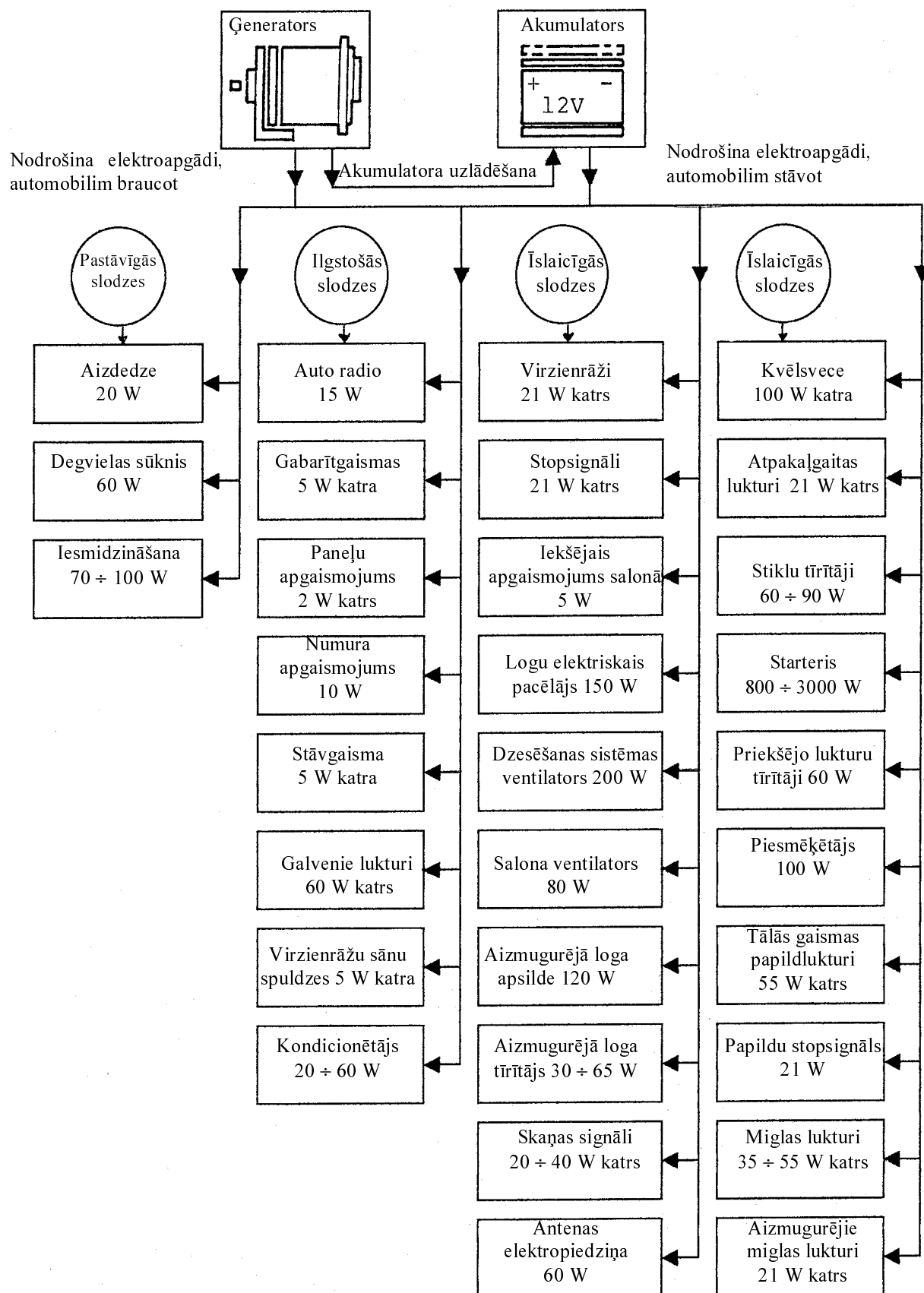
Attēlus iegūst līdzīgi kā displejā ar šķidriem kristāliem, tikai kristālu vietā tajos izmanto cinka sulfīdu. Izstaroto gaismu var izmantot attēla iegūšanai vai arī cita displeja izgaismošanai. Šādu displeju elektroenerģijas patēriņš ir nenozīmīgs, tie ir ātrdarbīgi, ar tiem var iegūt dažādas krāsas gaismu.

## 3. ELEKTROAPGĀDES SISTĒMA

### 3.1. Elektroapgādes sistēmas elementi

Automobiļa elektroenerģijas apgādes sistēmā ģenerators ražo, bet akumulatoru baterija uzkrāj elektroenerģiju patērētāju barošanai (74. attēls).

Kad automobiļa motors darbojas ar pietiekami lielu kloķvārpstas rotācijas frekvenci, ģenerators spriegums ir lielāks par akumulatoru baterijas spriegumu un tad ģenerators baro patērētājus un uzlādē akumulatoru bateriju. Ja motora kloķvārpstas rotācijas frekvence samazinās, ģenerators spriegums kļūst mazāks par akumulatoru baterijas spriegumu un šajā gadījumā, kā arī tad, kad motors nedarbojas, visus patērētājus baro akumulatoru baterija.



74. att. Elektroenerģijas patērētāji automobiļos

Visi elektroenerģijas patērētāji, ieskaitot arī akumulatoru lādēšanu, tiek nodrošināti ar elektroenerģiju no ģeneratora, kuru piedzen iekšdedzes motors caur siksnašas pārvadu. Tādā veidā par enerģijas sākumavotu kalpo degviela.

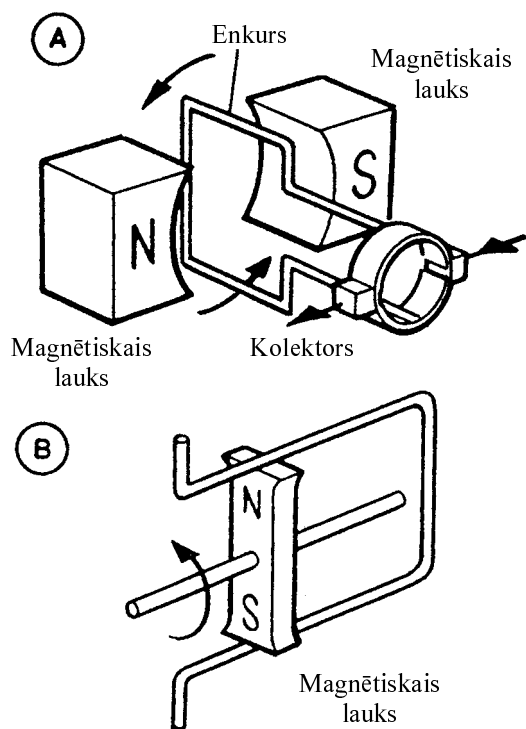
Motors un arī ģenerators darbojas plašā rotācijas frekvences diapazonā, tāpēc ģenerators ir jāapgādā ar regulatoru, kurš nodrošinātu vairāk vai mazāk pastāvīgu spriegumu tā izejā visos darba režīmos. Akumulatoru lādēšanai ir nepieciešama līdzstrāva, tāpēc automobilis ir jāapgādā ar līdzstrāvas vai maiņstrāvas ģeneratoru, bet tikai kopā ar taisngriezi.

### 3.2. Līdzstrāvas un maiņstrāvas ģeneratoru vispārīgs raksturojums

Pilsētas transports 40% sava darbalaika nostāv pieturās, krustojumos vai pārvietojas nelabvēlīgos apstākļos. Automašīna motoram darbojoties tukšgaitā, līdzstrāvas ģenerators vairs nespēj nodrošināt patērētājus ar elektroenerģiju, līdz ar to sarežģģās kustģbas apstākģi. Par trģkumu uzskatģms arī tas, ka līdzstrģvas ģeneratoros saraģotģ jauda tiek noģemta no kolektora rotģjoģiem kontaktģm caur sukģm, jo galvenģ strģva inducģjas rotorģ, bet ierosmes tinģms ir novietots nekustģģi uz statora.

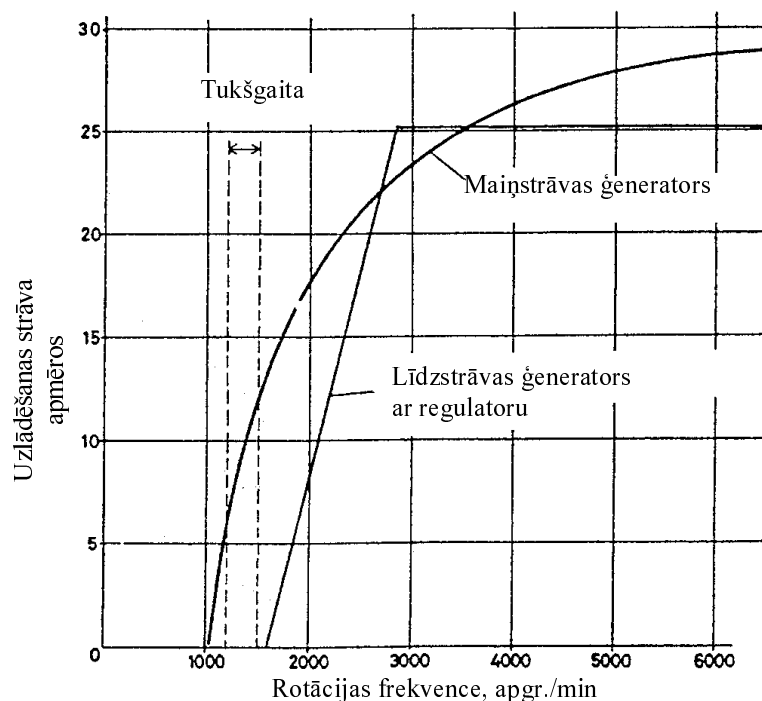
ģemot vģrģ tendenci elektroenerģģjas patģriģam palielinģties, šģdu ģeneratoru izmantoģanas iespģjas faktiskģ ir izsmeltas, tģpģc jau kopģ divdesmitģ gadsimta 80. gadu sģkuma automaģģģos izmanto maiņstrģvas ģeneratorus, jo tiem salģdzinģjumģ ar līdzstrģvas ģeneratorģm ir vienkģrģģģa konstrukcija, mazģks metģlu patģriģģ un lielģka ekspluatģcija droģģba.

Maiņstrģvas ģeneratorģ visģ notģek otrģdi nekģ līdzstrģvas ģeneratorģ (75. attģls): tinģmi, kuros inducģjas darģa jeb galvenģ strģva, ir nekustģģģi novietoti uz statora, bet ierosmes tinģms, kuram ar divģm izolģtģm sukģm un divģm kontaktu gredzenģm pievada lģdzstrģvu no akumulatoru baterģjas, motoru iedarģinģot, rotģ.



75. att. Lģdzstrģvas un maiņstrģvas ģeneratorģ:  
 A – lģdzstrģvas ģenerators (nekustģģģ magnģtģskģis lauks);  
 B – maiņstrģvas ģenerators (rotģjoģģ magnģtģskģis lauks)

Ierosmes tinģms ir samģrģ vieģls, tģpģc tas var rotģt ar ievģrojami lielģku rotģcijas frekvenci nekģ lģdzstrģvas ģeneratora rotors. Atbilstģģi izvģlotģies maiņstrģvas ģeneratora rotora piedziģas pģrnesumskaitģi, var panģkt tģ pietiekamu rotģcijas frekvences ātrumu un ģenerators jau tukģģaitģ nodroģina patģrģtģģus ar pietiekamu jaudu. 76. attģlģ parģdģtas apmģram vienģdas jaudas lģdzstrģvas un maiņstrģvas ģeneratoru izeģas raksturģģknes.



76. att. Līdzstrāvas un maiņstrāvas ģenerators izejas raksturlīknes

Mainstrāvas ģeneratoriem ir arī daudz vienkāršāka konstrukcija, tie neprasa lādēšanas strāvas ierobežošanu un tiem piemīt liels darba resurss. Mainstrāvas ģenerators elektroniskais sprieguma regulators vada tā izejas raksturlīknes daudz precīzāk nekā līdzstrāvas ģenerators relejregulators, tāpēc iespējams izmantot bezapkopes akumulatorus.

### 3.3. Maiņstrāvas ģenerators darbības princips

Kad vadītājs un magnētiskais lauks rotē attiecībā viens pret otru, tad vadītājā inducējas elektromagnētiskās indukcijas EDS, kuru mēra voltos un aprēķina pēc formulas

$$E = B l v,$$

kur E – inducētais EDS (V);

B – magnētiskā lauka indukcija (T);

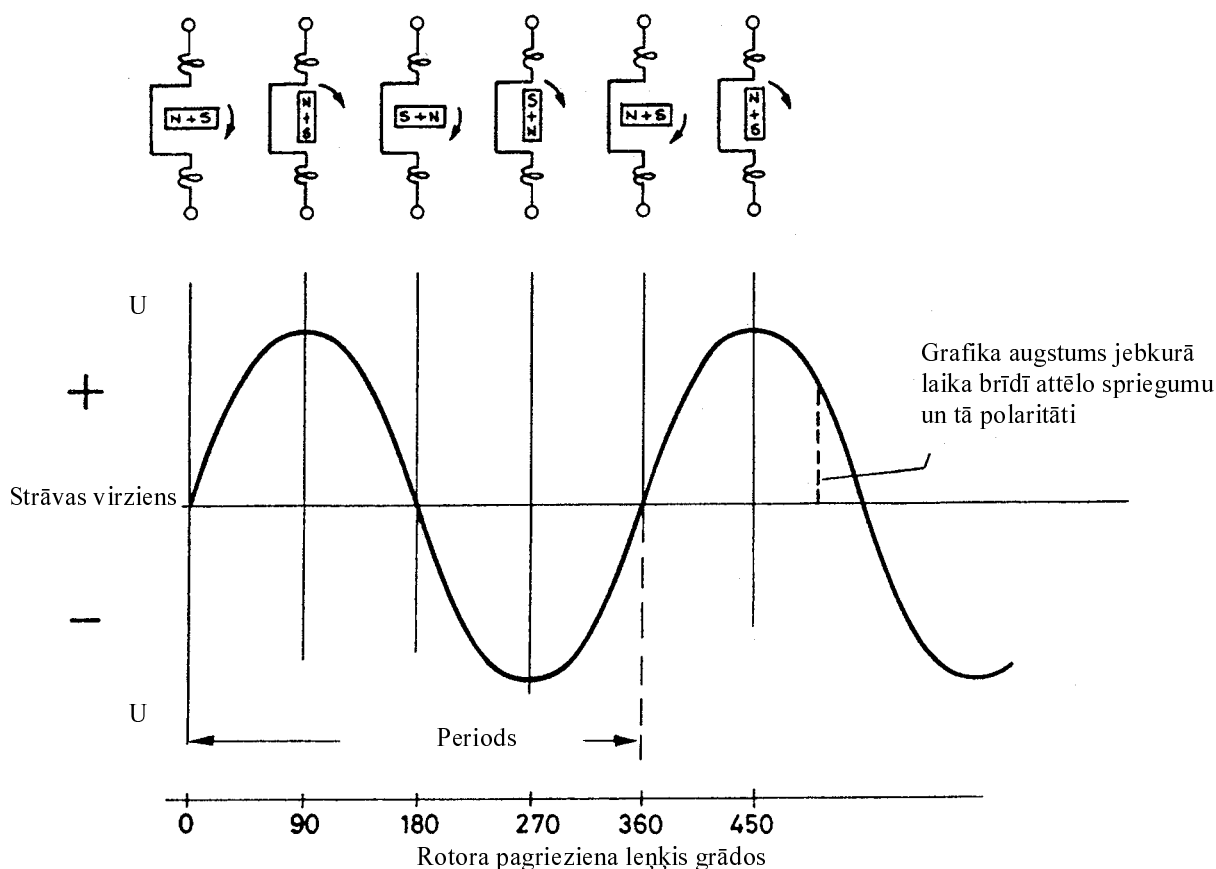
l – vada aktīvais garums (m);

v – vada pārvietošanas ātrums magnētiskajā laukā (m/s).

Šo likumu 1834. gadā atklāja Maikls Faradejs.

Lai palielinātu vada garumu, to satin spolē. Spoļu grupu sauc par tinumiem. Lai pastiprinātu spoles magnētisko lauku, tajā ievieto dzelzs serdi, kura parasti sastāv no plānām elektrotehniskā tērauda savstarpēji izolētām plāksnēm, kas ir saspīestas kopā un veido it kā vienotu konstrukciju. Tas ir darīts ar mērķi novērst virpuļstrāvu rašanos serdē un līdz ar to samazināt jaudas zudumus un serdes silšanu.

Iedomājieties vienkāršu spoli (75. attēls), kura atrodas pastāvīga magnēta magnētiskajā laukā. Magnētam rotējot, tā magnētiskais lauks šķeļ tinumu un tajā inducējas EDS. Mainoties magnēta poliem, mainās arī sprieguma polaritāte tinumā. Ja tinumu pieslēdz pie ārējas noslēgtas ķēdes, tad tajā plūdis arī mainīga virziena strāva (no šejienes arī ir cēlies ģeneratoru nosaukums), kuras polaritātes izmaiņas frekvence ir vienāda ar magnēta rotācijas frekvenci. Strāvas izmaiņas frekvenci, t.i., periodu skaitu sekundē mēra hercos (Hz). Magnētam rotējot ar 50 apgriezieniem sekundē (50 Hz), maiņstrāvas frekvence tinumā arī būs vienāda ar 50 Hz. 77. attēlā parādīts ģenerators EDS izmaiņu grafiks, tam ir sinusoidāla forma.



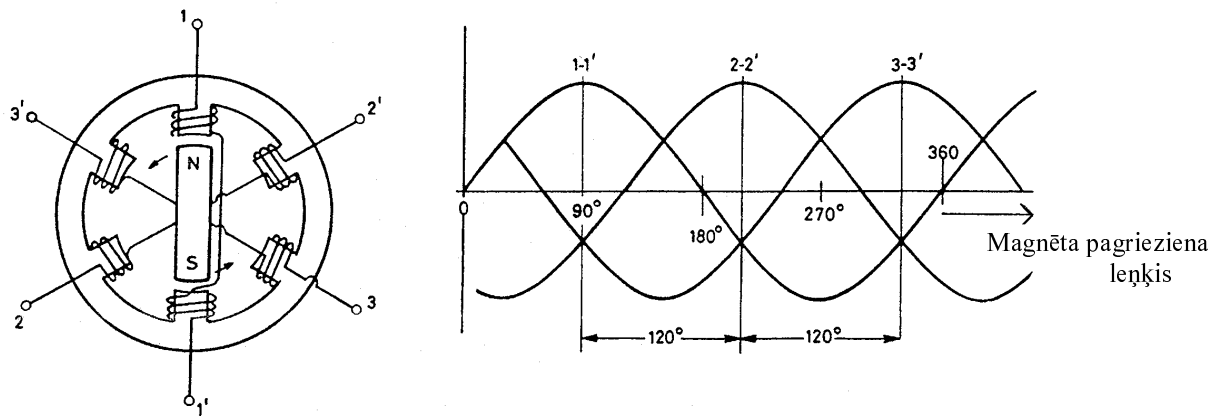
77. att. Maiņstrāvas ģeneratora izejas spriegums

### 3.4. Vienfāzes un trīsfāžu ģeneratori

Ģenerators ar tikai vienu statora tinumu pāri ražo strāvu, kura izmainās pēc sinusa likuma. Nelielas jaudas ģeneratoriem tas ir pilnīgi pietiekami. Piemēram, velosipēdu dinamomašīnām, kā arī veco motociklu maiņstrāvas ģeneratoriem bija tikai viens tinumu pāris, no kura ieguva tikai vienfāzes spriegumu. Automobiļos vienfāzes maiņstrāvas ģeneratorus izmanto tikai pašos vienkāršākajos un lētākajos modeļos.

Ja apkārt rotoram pa aploci novietotu nevis vienu, bet trīs vienādu statoru tinumu pārus, kuri nobīdīti attiecībā viens pret otru par  $120^\circ$ , tad iegūtu trīsfāžu ģeneratoru, kura izmēri salīdzinājumā ar vienfāzes maiņstrāvas ģeneratoru nebūtu daudz lielāki. Tomēr, lai no šāda ģeneratora noņemtu jaudu, visu triju statoru tinumu pāri ir speciālā veidā jāsavieno.

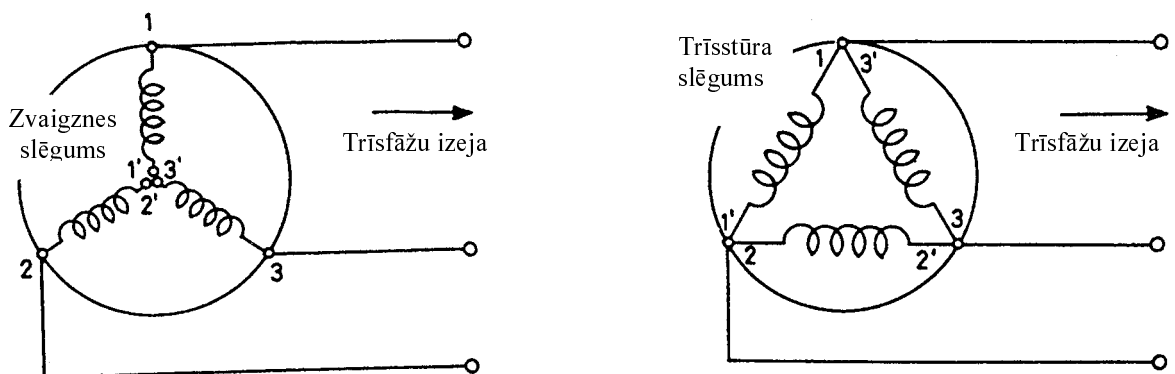
Ja magnēts izpilda vienu apgriezīgu statora iekšpusē un uz tā ir novietoti trīs tinumu pāri (78. attēls), tad katrā no tiem inducēsies sinusoidālas formas EDS un šīs trīs sinusa formas līknes būs tāpat nobīdītas viena no otras par  $120^\circ$  (trešā daļa no  $360^\circ$ ).



78. att. Trīsfāžu ģenerators un tā izejas sprieguma raksturlīknes

Kā redzams 78. attēlā, tad strāvas stiprums ģenerators izejas ķēdē nevienā laika momentā nekļūst vienāds ar 0. Tas ir tāpēc, ka trīsfāžu ģenerators statora tinumi novietoti  $120^\circ$  leņķī viens pret otru, tāpēc, rotoram griežoties, magnētiskā lauka spēka līnijas katrā laika momentā šķeļ kādu tinumu un inducē tajā EDS.

Trīsfāžu ģenerators statora tinumus parasti saslēdz zvaigznē vai trīsstūrī (79. attēls). Maiņstrāvas automobiļu ģeneratoros plaši izmanto abus slēgumus, taču visbiežāk lieto zvaigznes slēgumu. Trīsstūra slēgumu izmanto tikai lieljaudas ģeneratoros.



79. att. Ģenerators statora tinumu saslēgšana zvaigznē vai trīsstūrī

**Zvaigznes slēgumā** statora tinumu beigu gali ir savienoti kopā vienā punktā, ko sauc par neitrālo punktu. Spriegums starp ģenerators statora izvadiem ir 1,73 reizes lielāks nekā viena statora tinuma spriegums, bet strāvas zvaigznes slēgumā ir vienādas kā statora tinumos, tā arī ģenerators izvados.

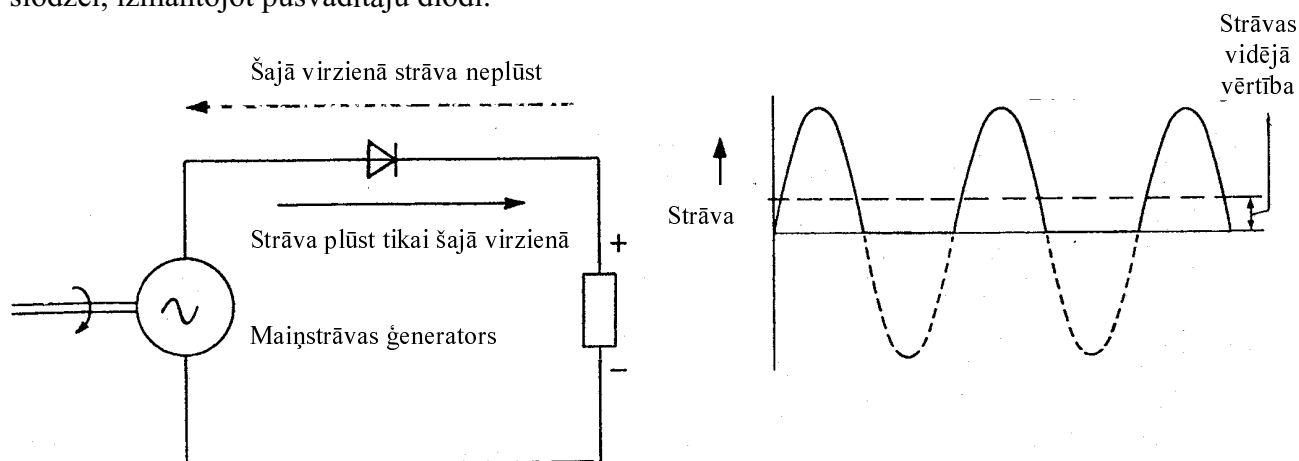
**Trīsstūra slēgumā** spriegums starp ģenerators izvadiem ir vienāds ar spriegumu uz statora tinumiem, bet strāvas stiprums ģenerators izvados ir 1,73 reizes lielāks nekā strāvas stiprums statora tinumos. Tāpēc gadījumos, kad no ģenerators jāiegūst lielāka strāva, tā tinumus savieno trīsstūrī.

### 3.5. Taisngrieži

Akumulatoru baterija uzkrāj daļu no ģenerators ražotās elektroenerģijas, tā ir automobiļa līdzstrāvas enerģijas avots, kas apgādā patērētājus ar līdzstrāvas enerģiju, un tās uzlādēšanai arī ir nepieciešama līdzstrāva.

Tā kā automobiļu elektroiekārtas darbojas ar līdzstrāvu, tad maiņstrāva, ko iegūst no trīs fāžu maiņstrāvas ģenerators, ir jāpārveido līdzstrāvā. Šo procesu sauc par maiņstrāvas taisngriešanu, bet ierīces, ar kurām to panāk, – par taisngriežiem.

Taisngriežu galvenā sastāvdaļa ir pusvadītāju diode, kuras svarīgākā īpašība ir strāvas vienvirziena vadītspēja. 80. attēlā ir dota maiņstrāvas ģenerators vienkāršota pieslēgšanas shēma slodzei, izmantojot pusvadītāju diodi.



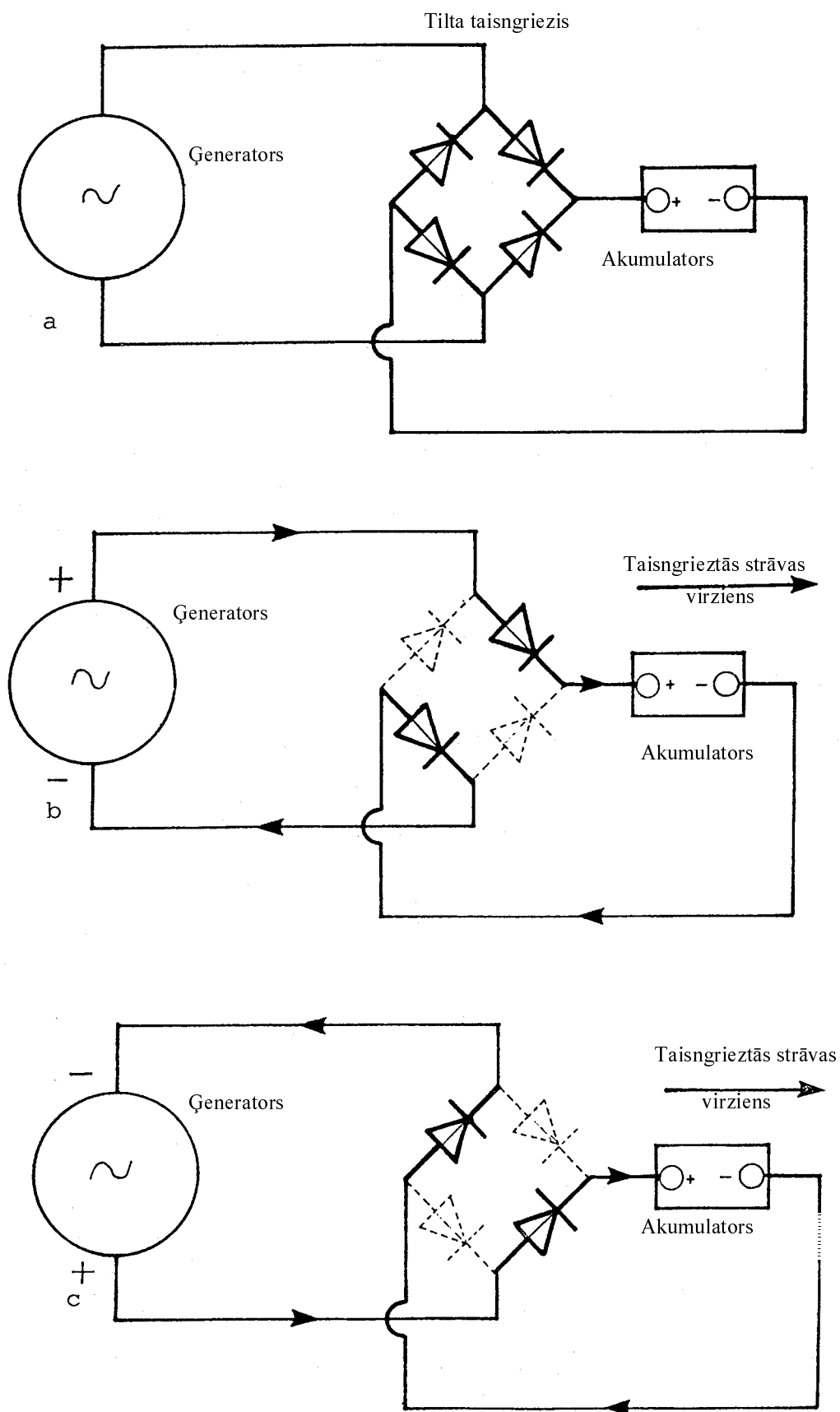
80. att. Vienfāzes viena pusperioda taisngriezis

Izveidotais taisngriezis laiž cauri tikai maiņstrāvas augšējo – pozitīvo pusperiodu, kad strāvas virziens ķēdē sakrīt arī ar pusvadītāju diodes vadīšanas virzienu, bet apakšējo – negatīvo pusperiodu nogriež, jo strāvas virziens ķēdē tagad kļūst pretējs pusvadītāju diodes vadīšanas virzienam un ķēdē strāva praktiski neplūst. Šādu taisngriezi sauc par viena pusperioda taisngriezi, kurš ir ļoti vienkāršs, bet mazefektīvs, jo strāva tā ķēdē plūst kaut vai vienā virzienā, taču ar pārtraukumiem negatīvo pusperiodu laikos.

Daudz efektīvāks ir divu pusperiodu taisngriezis, kas izmanto ģenerators maiņstrāvas abus pusperiodus. Taču tā realizācijai nepieciešamas jau četras diodes, kuras saslēdz tilta shēmā (81. attēls). Šāda tipa taisngriezi sauc arī par tilta taisngriezi.

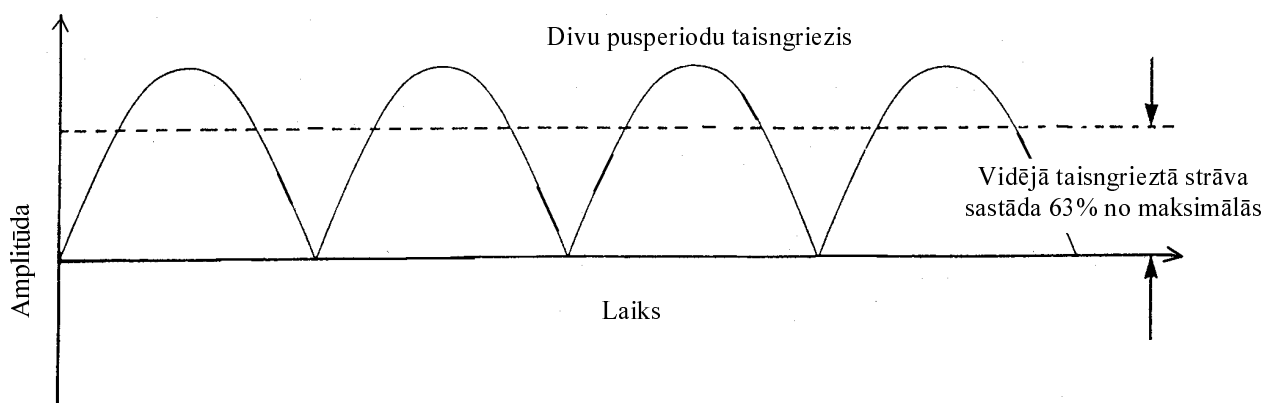
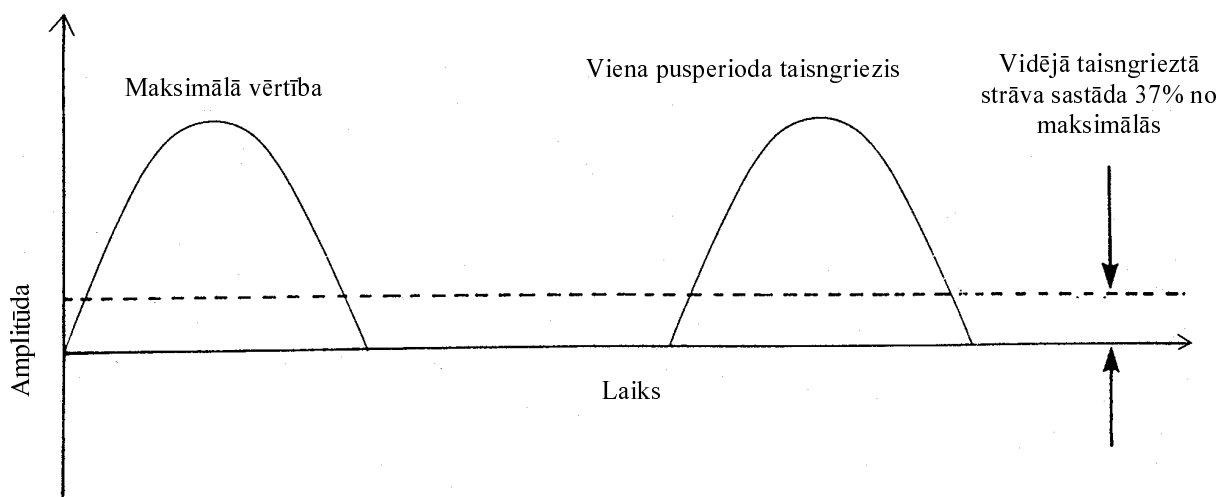
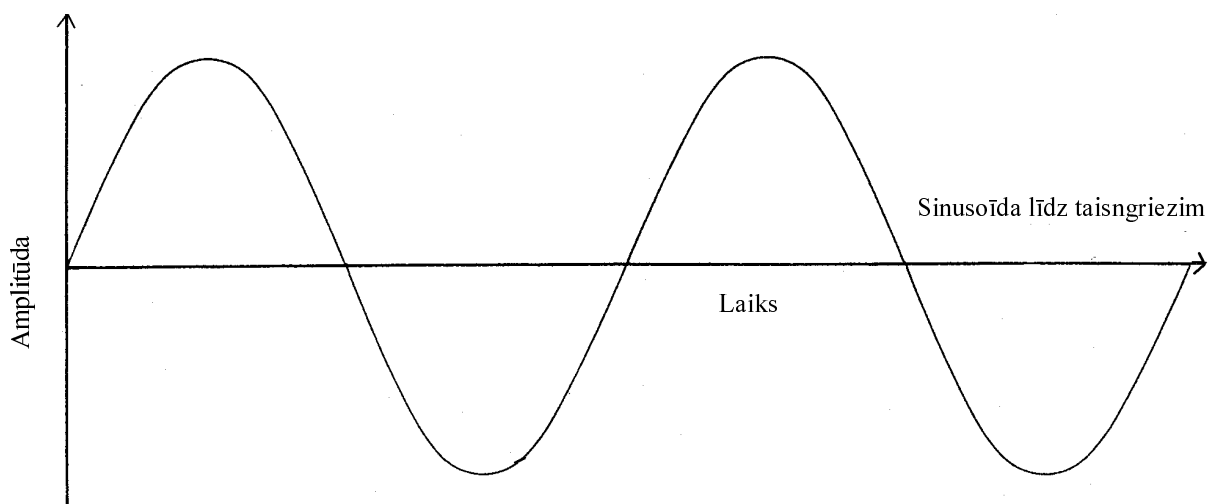
Pirmā pozitīvā pusperioda laikā, kad ģenerators augšējam izvadam ir pozitīvs potenciāls, strāva ķēdē plūdis cauri vienam diožu pārim (81. attēls b) un lādēs akumulatoru bateriju. Otrā negatīvā pusperioda laikā, kad ģenerators apakšējam izvadam ir pozitīvs potenciāls, strāva ķēdē plūdis cauri otram diožu pārim (81. attēls c) un lādēs akumulatora bateriju.





81. att. Vienfāzes tilta taisngrieža shēma un darbība

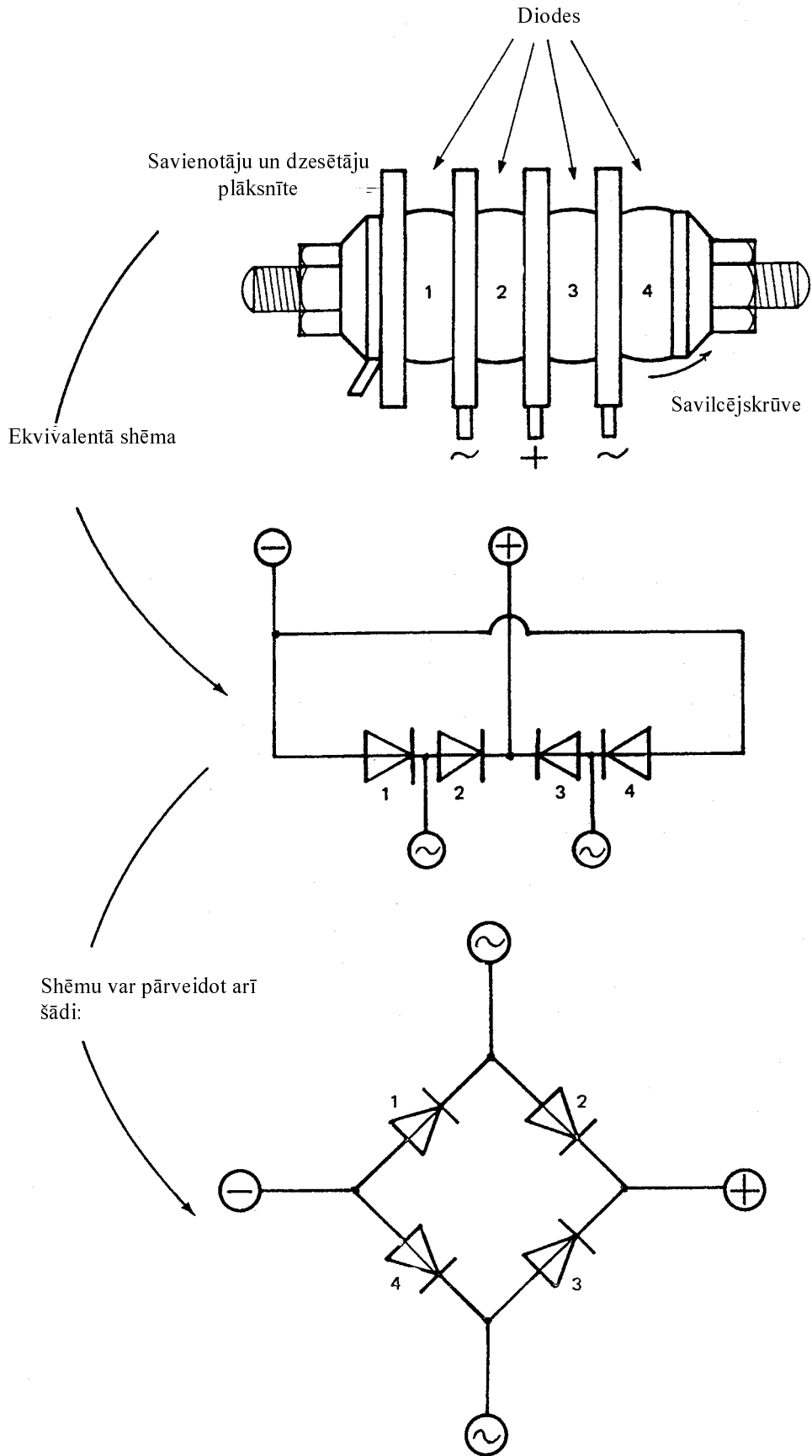
Kā redzams, tad strāva akumulatorā visu laiku plūst vienā virzienā, bet ģenerators ķēdē pēc katra pusperioda tā maina virzienu. 82. attēlā parādīta strāva ģenerators izejā un uz akumulatoru baterijas, izmantojot vienfāzes viena pusperioda un divu pusperiodu jeb tilta taisngriezi. Viena no iespējamām tilta taisngrieža konstrukcijām parādīta 83. attēlā.



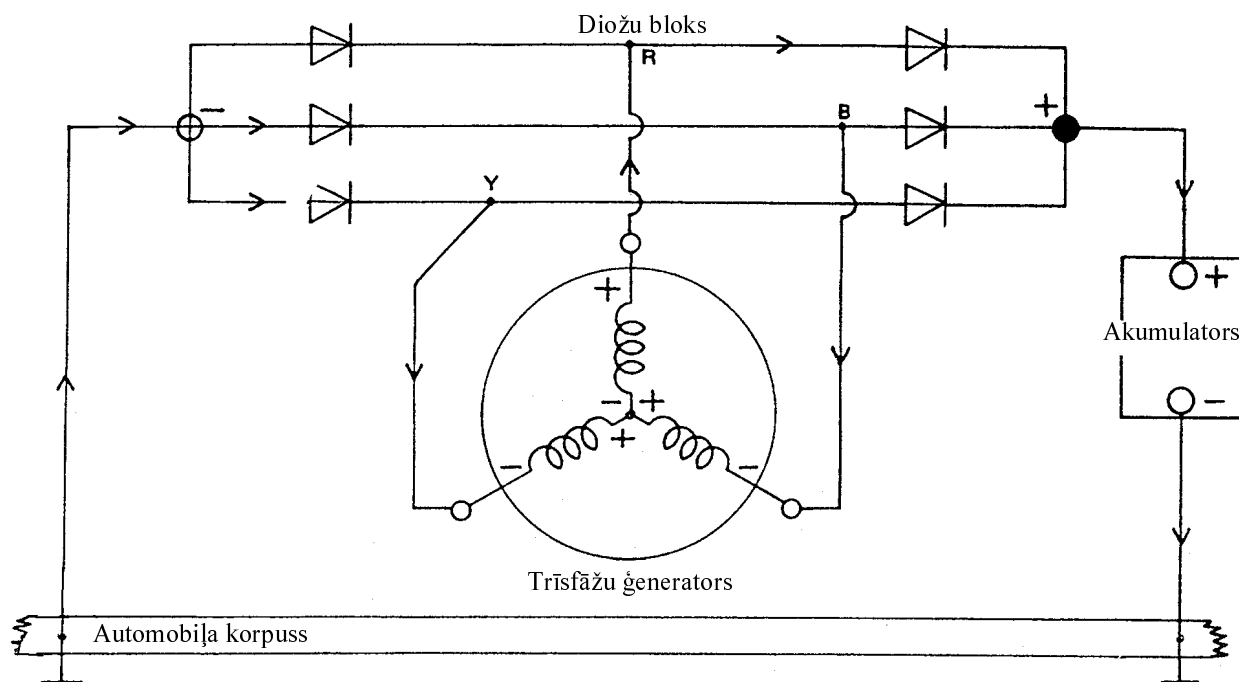
82. att. Strāva ģeneratora un taisngrieža izejā

Trīsfāžu taisngriežim izejā ir tāds pats darbības princips kā tilta taisngriežim. 84. attēlā parādīts trīsfāžu ģeneratora savienojums ar trīsfāžu tilta taisngriezi. Tā kā trīsfāžu ģeneratoram ir trīs polu pāri, tad taisngrieztā strāva sastāv no sinusoīdas sešiem pusperiodiem ģeneratora rotora viena apgrieziena laikā (85. attēls) un akumulatoru baterijā plūst strāva, kuras vidējā vērtība būs

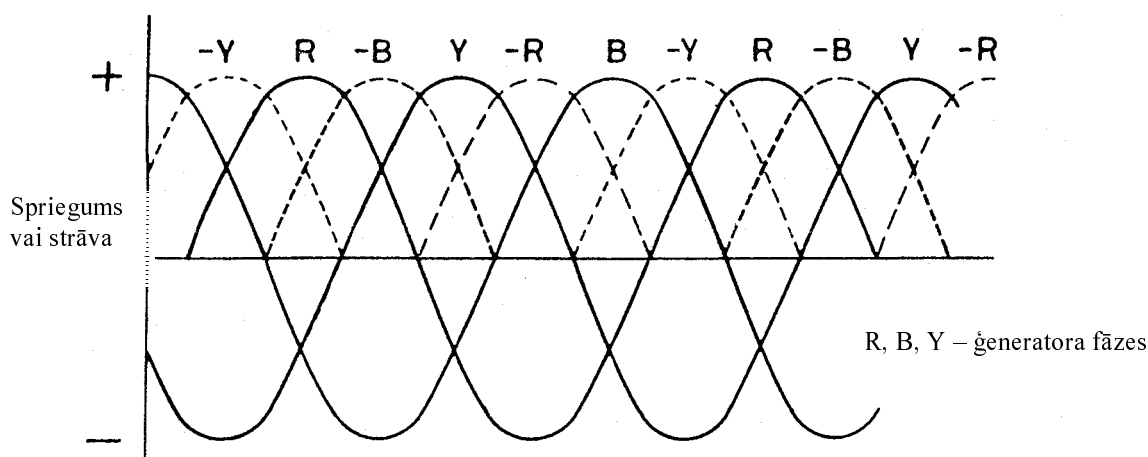
tikai nedaudz mazāka par katra pusperioda virsotņu strāvu vērtībām. Automobilī ar trīsfāžu tilta taisngrieža palīdzību praktiski ir iespējams iegūt lietderīgai izmantošanai derīgu līdzstrāvu.



83. att. Vienfāzes tilta taisngrieža izveidojums



84. att. Trīsfāžu tilta taisngriezis



85. att. Spriegums vai strāva trīsfāžu tilta taisngrieža izejā

Iepriekš attēlotās taisngriešanas shēmas nav praktiski lietojamas akumulatoru baterijas lādēšanai, jo tās vēl nav apgādātas ar ģenerators izejas parametru regulēšanas ierīcēm.

Vairākas Francijas firmas izgatavo automobiļiem arī vienfāzes maiņstrāvas ģeneratorus, ar kuriem apgādā samērā maz automobiļus. Vienfāzes maiņstrāvas ģeneratori ir arī lētāki nekā trīsfāžu, un tiem ir jāuzstāda tikai vienfāzes tilta taisngriezis, jo tajā sešu diožu vietā ir jāizmanto tikai četras diodes.

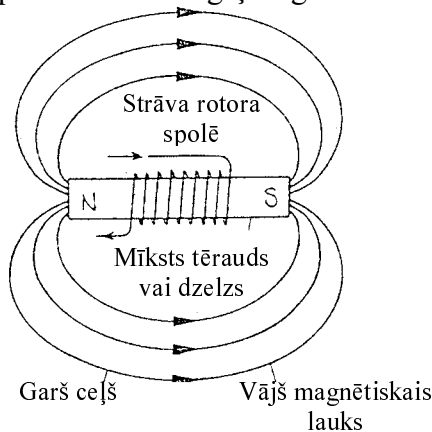
### 3.6. Ģenerators ierosmes sistēmas

#### 3.6.1. Vispārīgs raksturojums

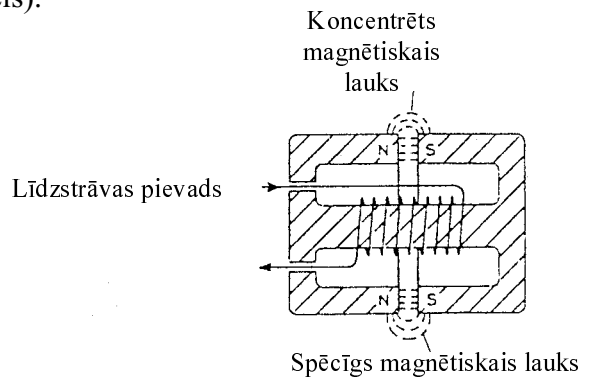
Ierosme ir veids, kā ģeneratorā tiek radīts magnētiskais lauks. Arī pastāvīgais magnēts, kuru izmanto ģenerators darbības principu izskaidrojumos, spēj inducēt strāvu ģenerators statoru tinumos, taču pastāvīgais magnēts automobiļi vibrāciju un silšanu rezultātā zaudē savas īpašības, ar to nevar nodrošināt ģenerators izejas parametru regulēšanas iespējas, tāpēc tā vietā ir jāizmanto elektromagnēts.

Rotoru parasti izgatavo elektromagnēta veidā. Šim nolūkam izmanto elektrotehniskā tērauda magnētvalu un uz tā uztītu tinumu ar daudziem vijumiem, ko sauc par ierosmes tinumu. Ja tinumā plūst līdzstrāva, tad rotorā inducējas magnētiskais lauks. Magnētiskā lauka plūsma ir tieši atkarīga no strāvas stipruma ierosmes tinumā, un tā ir vēl viena priekšrocība, jo ļauj regulēt inducēto EDS ģeneratora statora tinumos.

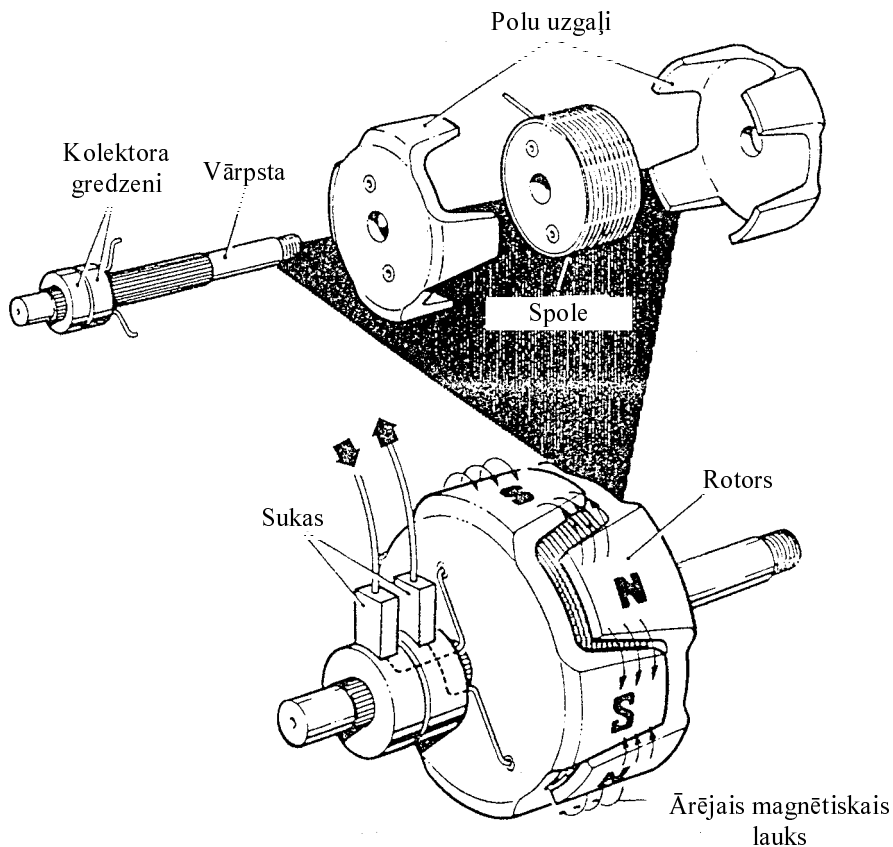
Ja ierosmes tinumu uztin uz dzelzs serdes tā, kā parādīts 86. attēlā, tad iegūst elektromagnētu ar vienu polu pāri, bet diviem poliem N un S. Tā kā starp poliem ir iespaidīgs attālums, tad magnētiskās līnijas telpā būs stipri izkliedētas. Lai starp elektromagnēta poliem būtu pēc iespējas mazāka sprauga un līdz ar to spēcīgāks magnētiskais lauks, izveido konstrukciju, kāda parādīta 87. attēlā. Lai palielinātu magnētiskā lauka plūsmas platumu, ģeneratora rotors tiek izgatavots no diviem četrpolu tērauda uzgaļiem, kas nostiprināti uz rotora vārpstas. Viena uzgaļa zobveida poli ieiet otra uzgaļa izgriezumos (88. attēls).



86. att. Elektromagnēts



87. att. Elektromagnēts ar koncentrētu magnētisko lauku



88. att. Ģeneratora zobveida rotors

Līdzstrāvai plūstot pa ierosmes tinumu, viena rotora uzgaļa poli pārvēršas par elektromagnētiem ar N polaritāti, bet otra – par elektromagnētiem ar S polaritāti. Rotoram griežoties, gar nekustīgajiem statora tinumiem pārmaiņus slīd elektromagnēti ar pretēju polaritāti un inducē tajos mainīgu EDS.

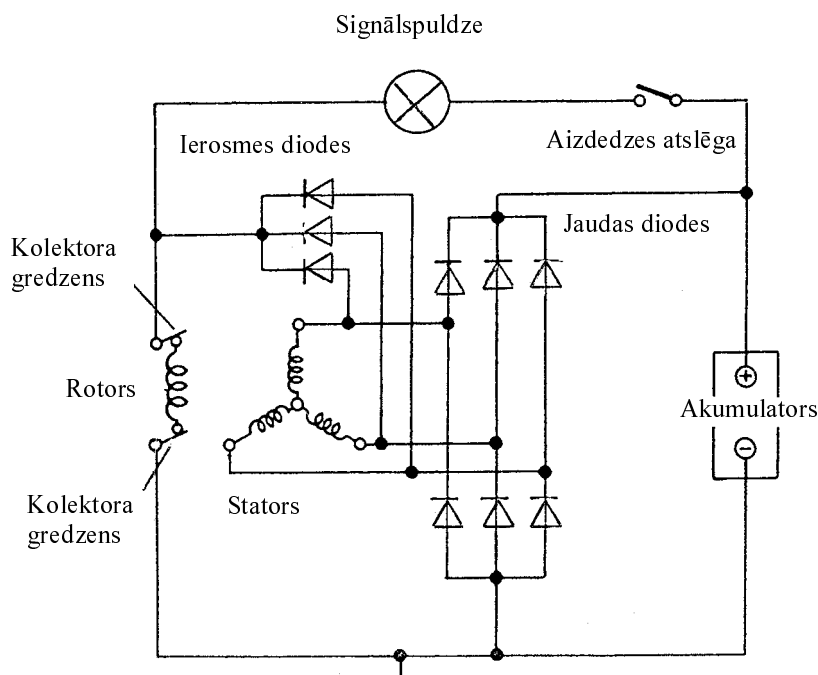
Lai rotora magnētiskais lauks nemainītu savu virzienu, ierosmes tinumam caur sukām un kontaktgredzeniem pievada līdzstrāvu. Izšķir divus ierosmes tinumu barošanas veidus ar līdzstrāvu: pašierosmes vai svešierosmes ceļā.

Statora trīsfāžu tinumi ievietoti statora serdes rievās. Statora tinumu serde sastāv no daudzām, savstarpēji izolētām elektrotehniskā tērauda plāksnēm, lai novērstu serdē virpuļstrāvu rašanos un tās silšanu. Savukārt statora tinumu katrs fāzes tinums sastāv no vairākām virknē savienotām spolēm.

Savienojot vienus fāžu tinumu galus kopā, statora fāžu tinumi tiek saslēgti zvaigznes slēgumā, kurā brīvie fāžu tinuma gali tiek savienoti ar ģeneratorā iebūvēto papildu taisngriezi un galveno taisngriezi, kas savukārt savienots ar ģeneratora spailēm “+” un “-”.

### 3.6.2. Pašierosme

Rotora dzelzs serdei piemīt paliekošais magnētisms, taču tas var būt nepietiekams, lai statora tinumos sāktu inducēties EDS un ģenerētos strāva. Ja caur ģeneratora rotora ierosmes tinumu laiž nelielu stāvu, kas arī plūst caur akumulatora lādēšanas 2,2W signālspludzi, tad tā ir pilnīgi pietiekama, lai ierosinātu nepieciešamo magnētisko lauku. Šī spuldze signalizē par to, ka netiek lādēta akumulatoru baterija. Tā iedegas, ieslēdzot aizdedzi, un deg līdz tam laikam, kamēr sāk griezties ģeneratora rotors. Šajā gadījumā no ģeneratora statora tinumiem caur diodēm sāk plūst strāva uz rotora ierosmes tinumu, spriegumu starpība starp spuldzes kontaktiem izzūd un spuldze nodziest (89. attēls). Tas notiek, ja ierosmes tinumam tiek pievadīts spriegums, kas aptuveni vienāds ar akumulatoru baterijas spriegumu.



89. att. Pašierosmes ģeneratora shēma

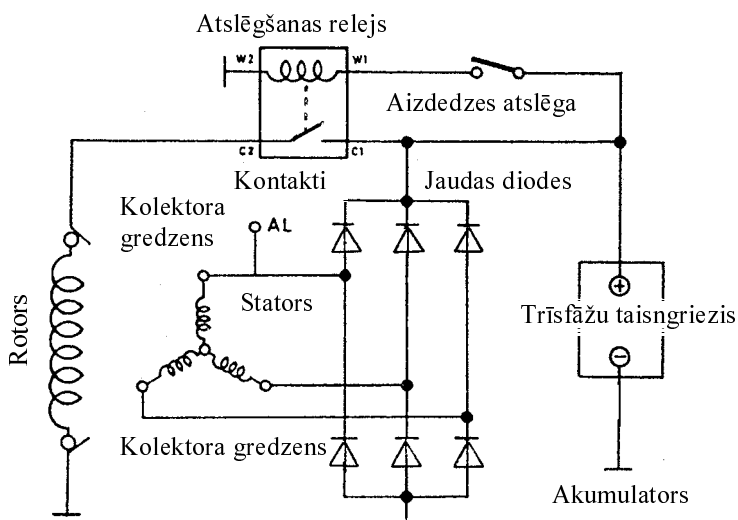
Praktiskās automobiļu elektroiekārtu shēmās signālspludzei paralēli parasti ieslēdz vēl pastāvīgas pretestības rezistoru. Tas ir nepieciešams tādēļ, lai strāva ierosmes ķēdē būtu vienmēr, pat tad, kad pārdedzis spuldzes kvēldiegs.

Ģeneratoram darbojoties, visa nepieciešamā ierosmes strāva tiek ņemta no statoru tinumiem, tāpēc to sauc par pašierosmes ģeneratoru. Akumulatoru baterijas strāva sākumā tiek izmantota tikai tam, lai ģenerators sāktu ražot elektroenerģiju.

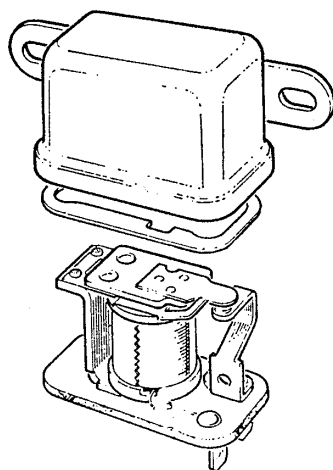
### 3.6.3. Svešierosme

Svešierosmes ģeneratoros jeb ģeneratoros ar ierosmi no akumulatoru baterijas strāvu ģenerators rotora ierosmes tinumam pievada no akumulatoru baterijas caur sukām un kontaktgredzeniem. Lai, automobiļa motoru apstādinot un ģeneratoram nedarbojoties, nenotiktu akumulatoru baterijas nevajadzīga izlādēšanās caur rotora ierosmes tinumu, var izmantot masas slēdzi, atslēgšanas releju, kuru ieslēdz rotora ķēdē.

90. attēlā parādīta vienkāršota shēma ģeneratoram ar ierosmi no akumulatoru baterijas. Ieslēdzot aizdedzes slēdzi, tiek noslēgta atslēgšanas releja tinuma ķēde un tajā sāk plūst strāva no akumulatora, kā rezultātā tinuma magnētiskais lauks pievelk enkuru un atslēgšanas relejs saslēdz savus kontaktus (91. attēls). Releja kontakti saslēdz akumulatoru bateriju ar ierosmes tinumu, kurš ierosina magnētisko lauku, kas tālāk nepieciešams ģenerators darbībai.



90. att. Svešierosmes ģenerators

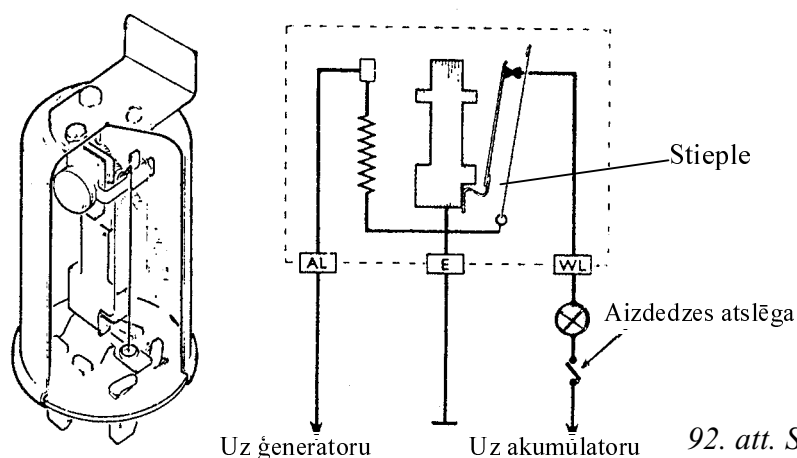


91. att. Atslēgšanas relejs

Shēmā (90. attēls) parādītais kontakts AL domāts akumulatora lādēšanas indikācijas signālspludzes pieslēgšanai. Signālspludze iedegas, ieslēdzot aizdedzi, un deg līdz tam laikam, kamēr ģenerators sāk lādēt akumulatoru. Izmantojot ierosmes sistēmu no akumulatoru baterijas, bez signālspludzes vēl ir nepieciešama tās vadības sistēma (sk. 3.7. Signālspludzes vadība).

### 3.7. Signālspludzes vadība

LUCAS signālspludzes vadības sistēmā ietilpst trīs pievienošanas spaiļi: AL, E un WL. Spaiļi AL tiek savienoti ar ģeneratora spaiļi AL, spaiļi E – ar automobiļa masu, bet spaiļi WL – ar signālspludzi un caur aizdedzes atslēgu pieslēgti pie akumulatoru baterijas.



92. attēlā parādīta tieva nostiepta stieple, kuras viens gals ir savienots ar spaiļi E, kas pieslēgta masai, bet otrs gals caur rezistoru savienots ar spaiļi AL. Ieslēdzot aizdedzi, signālspludze iedegas un, ģeneratoram sākot darboties, strāva no spaiļi AL sakarsē stiepli. Stieple siltuma ietekmē pagarinās, zaudē savu nostiepumu, atvieno kontaktus, un signālspludze nodziest.

### 3.8. Kontaktu sprieguma regulators (relejs – regulators)

Ģeneratoru noteiktā veidā piestiprina iekšdedzes motoram un piedzen no tā ar ķīļsiksna pārvadu. Ģeneratori darbojas mainīga ātruma un slodzes režīmā. Palielinot ģeneratora rotācijas frekvenci bez slodzes, tā izejas spriegums var sasniegt pat 140V.

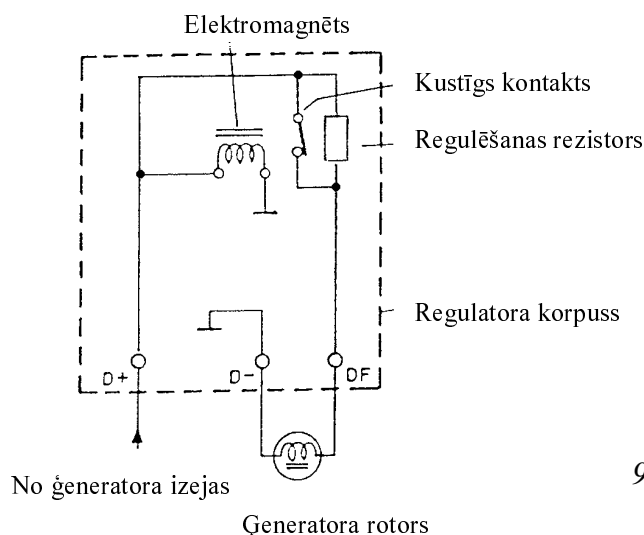
Ja spriegums ģeneratora izejā ir pārāk liels, tad var tikt sabojāti patērētāji un akumulatoru baterija pārlādēsies jeb “izvārsies”, jo ķīmiskie procesi noris daudz straujāk un ūdens no elektrolīta, strāvas ietekmē sadaloties, intensīvāk izdala gāzi. Ja spriegums uz ģeneratora ir mazāks par spriegumu uz akumulatoru baterijas, tad tas radīs akumulatoru baterijas izlādi, kas savukārt var apgrūtināt vai padarīt neiespējamu automobiļa motora iedarbināšanu ar starteri pēc tā apstādināšanas. Tātad ģeneratoram ir nepieciešama kāda sprieguma regulēšanas ierīce.

Spriegums ģeneratora izejā tiek regulēts ar sprieguma regulatoru – ierīci, kas uztur līdzspriegumu tā izejā aptuveni 14,2V līmenī. Sprieguma uzturēšanai šajās robežās regulators regulē rotora magnētisko plūsmu, palielinot vai samazinot ierosmes strāvu.

Izšķir kontaktu un bezkontakta sprieguma regulatorus. Lai gan plaši izmanto bezkontakta sprieguma regulatorus, ekspluatācijā ir arī kontaktu sprieguma regulatori. Izšķir vienkontakta un divkontakta sprieguma regulatorus.

**Vienkontakta sprieguma regulatoros** rotora ierosmes tinums ir pieslēgts ģeneratora izejai caur releja vienu kontaktu pāri. Ja releja kontakti ir atslēgti, strāvai ierosmes ķēdē jāplūst caur rezistoru un ierosmes strāva samazinās, kā rezultātā samazinās arī ģeneratora izejas spriegums. Sasniedzot zemāko sprieguma līmeni, relejs atslēdzas, tā kontakti saslēdzas un tālāk šuntē rezistoru (93. attēls).

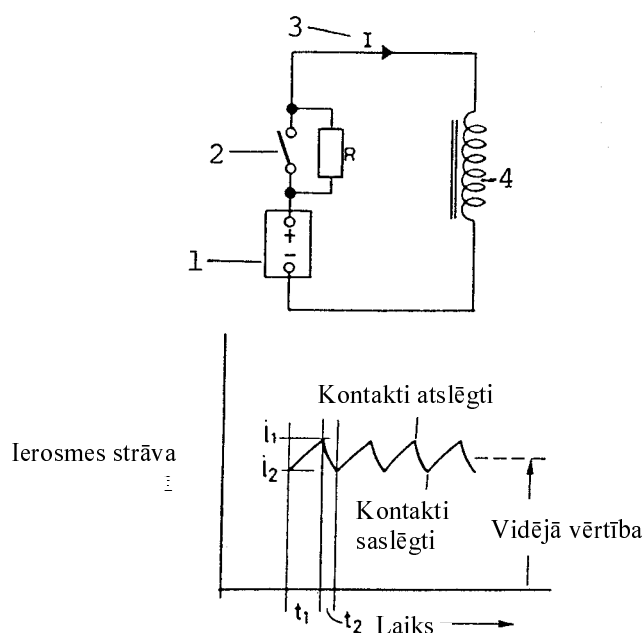




93. att. Vienkontakta sprieguma regulators

Neatkarīgi no izmantotās sprieguma regulēšanas metodes, sevišķa uzmanība ir jāvelta rotora ierosmes tinuma **pašindukcijai**. Pašindukcija ir viena no tinuma īpašībām, kas raksturojas ar to, ka strāva tajā nevar izmainīties acumirkli, bet tās samazināšanās vai palielināšanās ātrums ir atkarīgs no elektriskās ķēdes parametriem. Tinumam ar dzelzs serdi piemīt daudz lielāka induktivitāte nekā tinumam bez serdes. Jo lielāka tinuma induktivitāte, jo lēnāk tinumā izmainās strāva.

94. attēlā parādīta elektriskā shēma, kas sastāv no elektromagnēta un kontaktu pāra, kuri atslēdzas, strāvai sasniedzot augšējo robežu  $i_1$ , vai saslēdzas, strāvai samazinoties līdz apakšējai robežai  $i_2$ . Kontaktus atslēdzot, strāva ķēdē samazinās tikai tāpēc, ka virknē ar tinumu ir ieslēgts rezistors  $R$ . Ja kontaktus pārslēdz ar lielāku frekvenci, tad strāva svārstīsies šaurā diapazonā netālu no vidējās vērtības.

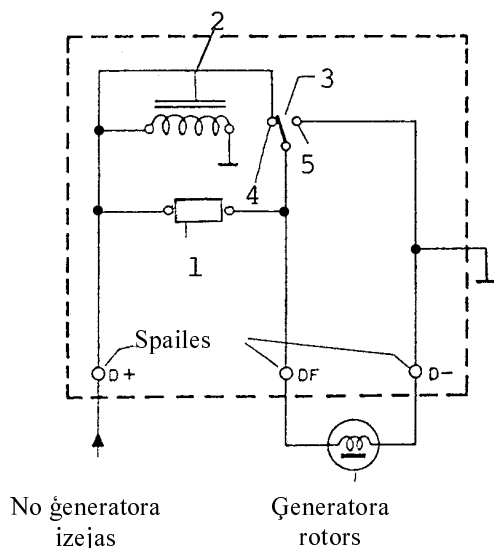


94. att. Ierosmes tinuma strāvas vadība, izmantojot kustīgu kontaktu:

1 – akumulators; 2 – kustīgs kontakts; 3 – ierosmes strāva; 4 – elektromagnēts

**Divkontakta sprieguma regulatora** priekšrocības salīdzinājumā ar vienkontakta regulatoru ir mazāka regulējošā rezistora vērtība un līdz ar to mazāka caur regulatoru plūstošās strāvas izmaiņa, kas nodrošina ilgāku kontaktu darbmužu. Ja rotora rotācijas frekvences ir lielas, arī regulējošai rezistora pretestībai ir jābūt pietiekami lielai, lai strāva ierosmes tinumā pietiekami ātri samazinātos, tāpēc regulatora shēma ir apgādāta ar vēl vienu kontaktu pāri, kuri, ģenerators spriegumam sasniedzot augšējo robežu, saslēdz ierosmes tinumu ar masu.

95. attēlā parādīta divkontakta sprieguma regulatora shēma. Kamēr ģenerators rotācijas frekvence ir neliela, sprieguma regulators darbojas tāpat kā vienkontakta sprieguma relejs. Rotorā rotācijas frekvencei palielinoties, palielinās spriegums ģenerators izejā un līdz ar to arī strāva elektromagnēta ķēdē, līdz tiek pievilktis enkurs, kontakti pārslēdzas pa labi un ierosmes tinums tiek saslēgts ar masu. Ierosmes strāvai samazinoties, samazinās spriegums ģenerators izejā, kas noved pie strāvas samazināšanās elektromagnēta ķēdē. Magnētiskajam laukam izzūdot, atspere atgriež enkuru izejas stāvoklī un kontakts pārslēdzas pa kreisi. Ierosmes tinumā strāva palielināsies un atkal palielināsies ģenerators spriegums.



95. att. Divkontakta sprieguma regulatora shēma:

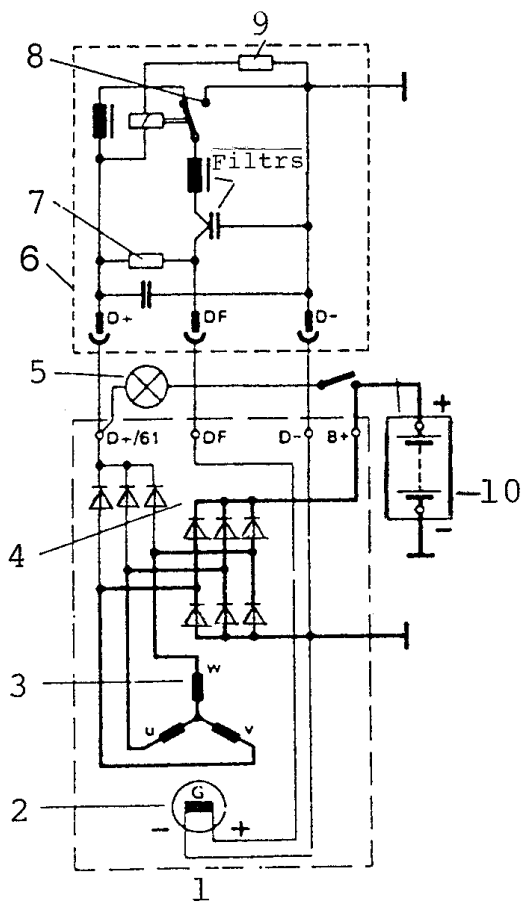
- 1 – regulēšanas rezistors;
- 2 – elektromagnēts;
- 3 – kustīgs kontakts;
- 4 – liels rotora griešanās ātrums;
- 5 – mazs rotora griešanās ātrums

Atslēdzot ierosmes ķēdi, tajā inducējas pašindukcijas EDS un strāva. Šīs strāvas novadīšanai rotoram paralēli var slēgt diodi – vienkontakta regulatorā vai rezistoru – divkontakta regulatorā.

### 3.9. Temperatūras kompensācija

Releja elektromagnēta tinums satur lielu skaitu vijumu, kas uztīti no tieva vara vada. Paaugstinoties temperatūrai par  $1^{\circ}\text{C}$ , vara tinuma pretestība pieaug apmēram par 0,4%. Tātad, temperatūrai paaugstinoties, ir nepieciešama lielāka strāva, kas plūdis caur elektromagnēta tinumiem, lai pievilktos enkurs un pārslēgtos kontakti. Tas nozīmē, ka regulators nostrādās pie lielāka sprieguma, nekā tas bija ieregulēts. Līdz ar to var pārlādēties akumulatoru baterija un palielināties spriegums elektroapgādes sistēmā.

Lai izvairītos no šādām nevēlamām parādībām temperatūras ietekmē, var rīkoties divējādi (96. attēls).



96. att. Divkontakta sprieguma regulators ar temperatūras kompensāciju:

- 1 – ģenerators;
- 2 – rotora ierosmes tinums;
- 3 – statora trīsšāžu tinums;
- 4 – galvenais un ierosmes taisngriezis;
- 5 – signālspludze;
- 6 – regulators;
- 7 – regulēšanas rezistors;
- 8 – regulatora kontakti;
- 9 – kompensācijas rezistors;
- 10 – akumulators

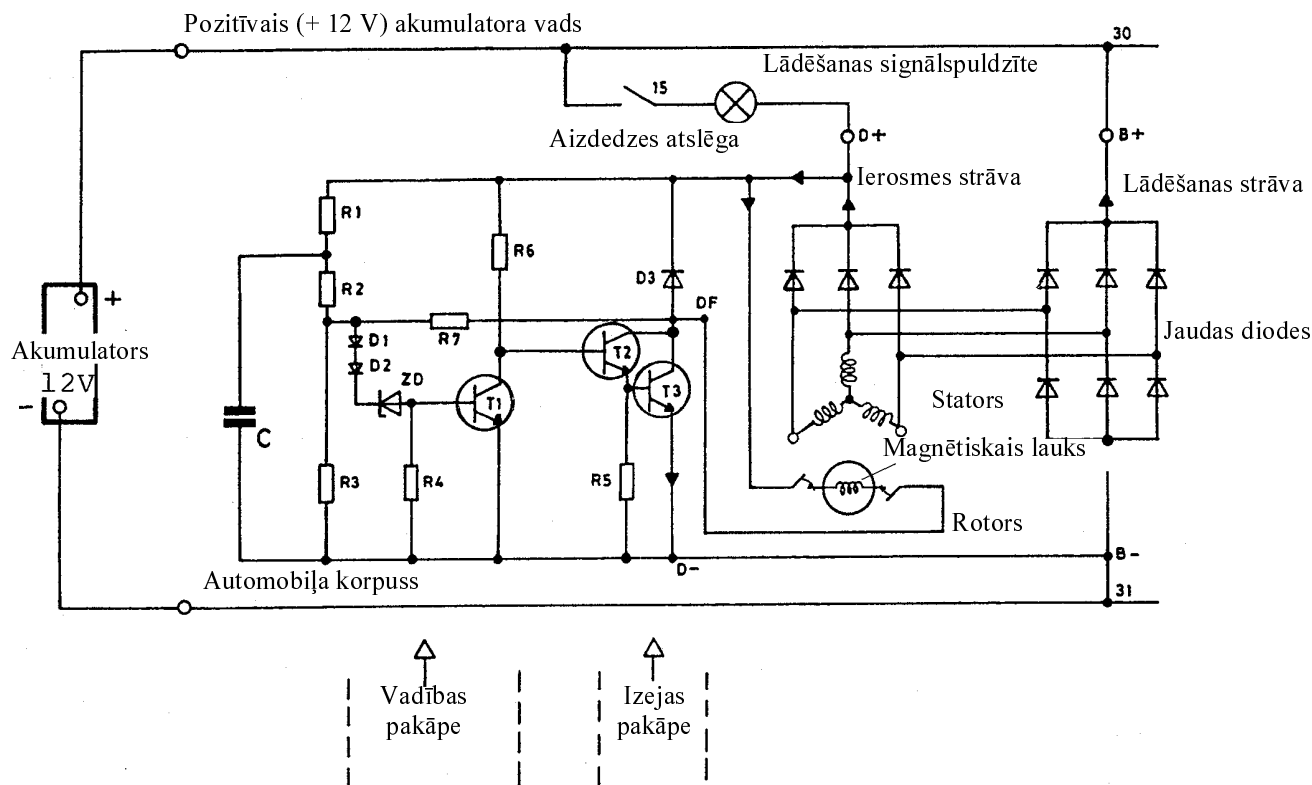
Pirmkārt, virknē ar elektromagnētu slēdz termokompensācijas rezistoru 9, kas izveidots no materiāla ar nulles temperatūras koeficientu un kura pretestība ir daudzkārt lielāka par elektromagnēta tinuma pretestību. Tādā veidā elektromagnēta tinuma pretestības izmaiņas procentuāli būs tik niecīgas, ka praktiski neietekmēs sprieguma regulatora darbību.

Otrkārt, plakano atspere, kas atgriež enkuru ar kustīgo kontaktu izejas stāvoklī, izgatavo no bimetāla. Sasilstot atspere izliecas un tās mehāniskās īpašības pavājinās, tādā veidā kompensējot strāvas samazināšanos elektromagnēta tinumā, palielinoties tā pretestībai.

### 3.10. Bezkontakta sprieguma regulatori

Pusvadītāju bezkontakta sprieguma regulatora darbības izpētei izmantota BOSCH EE 14V3 sprieguma regulatora vienkāršota shēma (97. attēls).

Sprieguma regulatora izejas pakāpes daļu veido jaudas pastiprinātājs, kurš izveidots uz tranzistoru  $T_2$  un  $T_3$  bāzes. Praktiski šie tranzistori pilda slēdža funkcijas un regulē ģenerators ierosmes tinuma strāvu. Jaudas pastiprinātājs tiek vadīts ar tranzistoru  $T_1$ .



97. att. Bezkontakta sprieguma regulators

Kamēr ģenerators izejas spriegums ir mazāks par ierēgulētiem 14,2V, tikmēr stabilitrons ZD atrodas aizvērtā stāvoklī un uz tranzistora  $T_1$  bāzes vadības signāla nav. Tranzistors  $T_1$  ir aizvērts, un tā kolektora ķēdē strāva neplūst.

Caur rezistoru  $R_6$  uz tranzistora  $T_2$  bāzi tiek padots pozitīvs spriegums, kā rezultātā tas ir atvērts un tā kolektora – emitera ķēdē plūst strāva. Tā kā tranzistora  $T_2$  emitters ir savienots ar tranzistora  $T_3$  bāzi, tad arī tranzistors  $T_3$  ir atvērts un ģenerators ierosmes tinums saņem maksimālo strāvu pa ķēdi: “+” (pozitīvā spāile) → rotors →  $T_3$  kolektors– emitters → “-” (negatīvā spāile).

Kad ģenerators spriegums palielinoties sasniedz 14,2V, pieaug arī spriegums uz sprieguma dalītāja  $R_1 - R_2 - R_3$ . Spriegumam rezistoru  $R_2$  un  $R_3$  savienojumu punktā sasniedzot stabilitrona ZD caursites spriegumu, tas pāriet atvērtā stāvoklī un sāk vadīt strāvu uz tranzistora  $T_1$  bāzi. Tranzistors  $T_1$  atveras, un tā kolektora – emitera ķēdē sāk plūst strāva. Līdz ar to tranzistora  $T_2$  bāzes strāva samazinās līdz nullei, tranzistors  $T_2$  aizveras, un strāva tā kolektora – emitera ķēdē vairs neplūst. Vienlaikus ar  $T_2$  aizveras arī tranzistors  $T_3$ , jo tā bāzes strāva arī kļūst vienāda ar nulli, strāva ģenerators ierosmes tinumā pārstāj plūst, ierosmes magnētiskais lauks strauji samazinās un ģenerators spriegums samazinās.

Ģenerators sprieguma samazināšanās notiek līdz stabilitrona ZD aizvēršanās brīdim. Stabilitronam ZD aizveroties, izzūd strāva tranzistora  $T_1$  ķēdē un tas aizveras, bet tranzistori  $T_2$  un  $T_3$  atveras, līdz ar to ģenerators spriegums atkal sāk palielināties un sprieguma regulēšanas cikls atkārtojas no jauna. Tādā veidā ģenerators spriegums visu laiku svārstās ap 14,2 V līmeni.

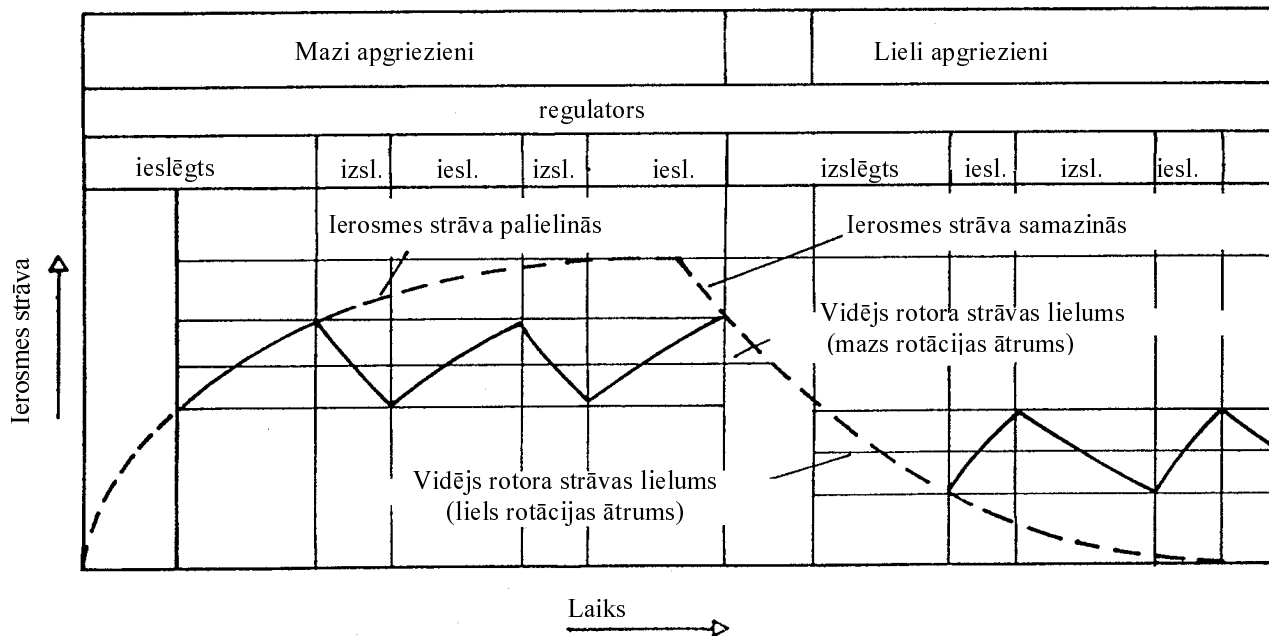
### Shēmas papildu elementi

Sprieguma regulatora darbības uzlabošanas nolūkā bez vadības un izejas elementiem elektriskajā shēmā iekļauti vēl citi elektroniskie elementi. Diode  $D_3$  aizsargā rotora ierosmes tinumu no pārāk liela pašindukcijas EDS, kas rodas tranzistora  $T_3$  aizvēršanās brīdī.

Tranzistora  $T_3$  aizvēršanās brīdī tiek pārtraukta rotora ierosmes ķēde un tajā rodas liels pašindukcijas spriegums. Lai samazinātu pārspriegumu, rotora ierosmes ķēdē ir ieslēgta diode  $D_3$ , kura šuntē rotora tinumu un samazina sprieguma impulsu uz tinuma līdz nullei.

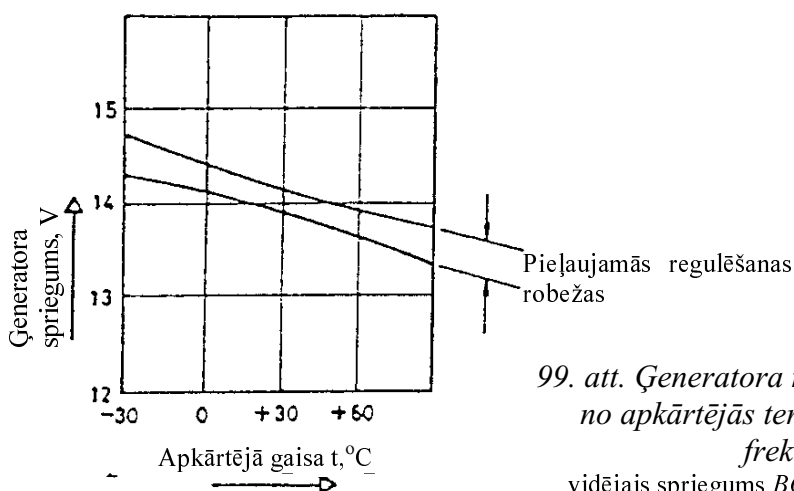
Ģenerators normālā režīmā rotora ierosmes strāva caur diodi  $D_3$  neplūst, jo tā ir ieslēgta sprostslēgumā. Ierosmes ķēdes atslēgšanas brīdī tinumā rodas magnētiskais lauks, kas inducē strāvu, kuras virziens ir pretējs ierosmes strāvas virzienam un noslēdzas caur diodi  $D_3$ .

Atbilstoši indukcijas likumiem, atveroties tranzistoram  $T_3$ , strāva rotora tinumā nepieaug acumirkļīgi, bet gan pakāpeniski, kā tas parādīts 98. attēlā. Rezistors  $R_1$  un kondensators  $C$  veido filtru, kurš samazina taisngrieztā sprieguma pulsācijas regulatora ieejā.



98. att. Ierosmes strāvas izmaiņas

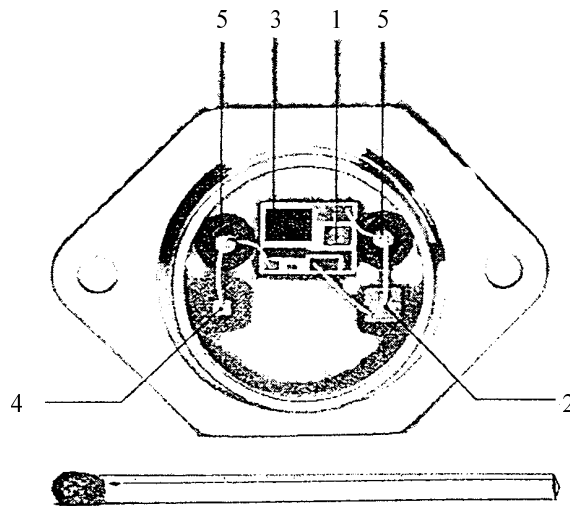
Diodes  $D_1$  un  $D_2$  darbojas shēmā kā temperatūras kompensatori. Sprieguma kritums, kas rodas uz šīm diodēm vadīšanas slēgumā, ir atkarīgs no apkārtējās temperatūras. Līdz ar to tiek saglabāts nemainīgs ģenerators izejas spriegums kā ziemā, tā arī vasarā. Ziemā tā izejas spriegumu nedaudz palielina, lai kompensētu elektroenerģijas patēriņu, kas nepieciešams apsildei un apgaismojumam (99. attēls).



99. att. Ģenerators regulatora izejas sprieguma atkarība no apkārtējās temperatūras, ja slodze un rotācijas frekvence ir nemainīgas:

vidējais spriegums BOSCH ģenerators izejā pie slodzes 5 A un rotācijas frekvences 6000 apgr./min. No grafika redzams, ka ziemā izejas spriegums palielinās

Rezistors  $R_7$  izpilda atgriezeniskās saites funkcijas – tas pievada vadības pakāpei tranzistora  $T_3$  kolektora sprieguma izmaiņas, kas ļauj paātrināt jaudas pastiprinātāja izejas pakāpes ieslēgšanu un izslēgšanu, kā arī palielināt ierīces darba precizitāti.



100. att. Jauktās tehnoloģijas sprieguma regulators:

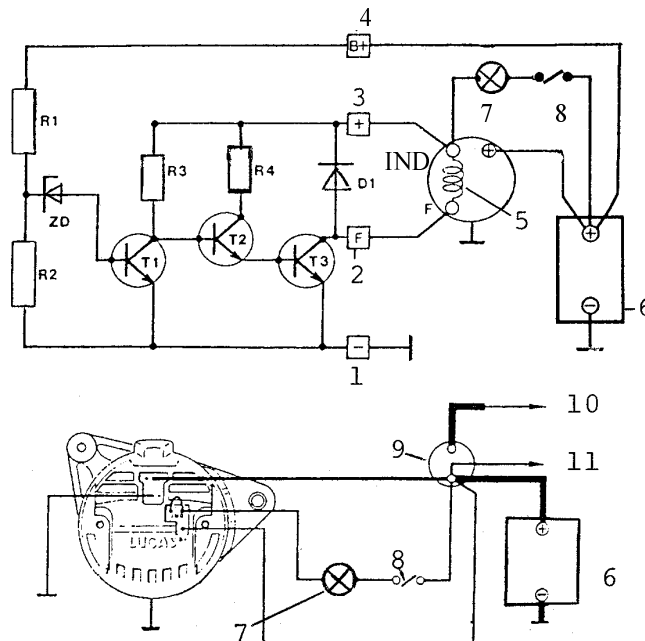
1 – vadības pakāpes mikroshēma; 2 – jaudas pastiprinātājs; 3 – rezistors;  
4 – aizsardzības diode; 5 – savienojošie vadi

Regulatorus var izveidot arī pēc jauktās tehnoloģijas, rezistorus un kondensatorus apvienojot ar mikroshēmām. Šādām ierīcēm samazinās izmēri, palielinās ekspluatācijas drošība (100. attēls).

### 3.11. Regulatora vadība

Ģeneratoru un sprieguma regulatoru novieto pēc iespējas tuvāk akumulatoru baterijai, jo automobiļu elektroiekārtas patērē samērā lielas strāvas un spriegums uz akumulatoru baterijas var atšķirties no ģeneratora sprieguma tāpēc, ka vados rodas sprieguma zudumi.

Spriegumu no akumulatoru baterijas spaiļes var pievadīt ar atsevišķu vadu tieši uz regulatora ieeju (kontakts B+). Šāds savienojums samazina sprieguma zudumus vados. Šī metode saucas vadība pēc akumulatoru baterijas sprieguma (101. attēls).

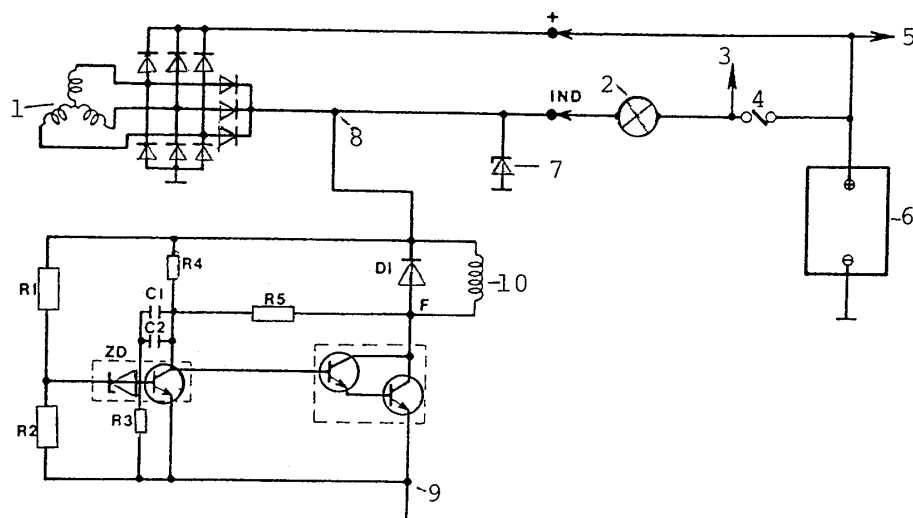


101. att. Vadība pēc akumulatoru baterijas sprieguma (LUCAS sistēma):

1, 2, 3 un 4 – regulatora spaiļes; 5 – rotora tinums; 6 – akumulators;  
7 – signālspludze; 8 – aizdedzes slēdzis; 9 – startera ievilcējreļģis; 10 – uz starteri; 11 – uz slodzi

Otrs regulatora vadības paņēmieni – regulatora kontaktam «B+» ir iekšējais savienojums ar ģenerators izejas “+” spaili. Tas ir vads, kurš pieslēgts stabilitronam, kas vada regulatora darbību. Šo vadības veidu var saukt par pašvadību, un to lieto vairākiem ģeneratoriem.

Tādā veidā ģenerators ar pašvadību vienmēr nodrošinās konstantu nepieciešamo spriegumu, kurš nav atkarīgs no akumulatoru baterijas noslodzes. Šāda tipa regulators ir parādīts 102. attēlā.



102. att. Ģenerators LUCAS ACR ar regulatoru 14TR:

1 – statora tinums; 2 – signālpulde; 3 – uz aizdedzes sistēmu; 4 – aizdedzes slēdzis; 5 – slodze; 6 – akumulators; 7 – stabilitrons aizsardzībai no pārsprieguma; 8, 9 – spaiļes; 10 – ierosmes tinums

Atgriezeniskā saite caur elementiem  $R_3$ ,  $R_5$ ,  $C_1$  un  $C_2$  nodrošina jaudas pastiprinātāja, kas izveidots uz tranzistora  $T_3$  bāzes, ātru pārslēgšanos no pilnīgi ieslēgta stāvokļa uz pilnīgi izslēgtu stāvokli, jo tranzistora starpstāvoklis var izsaukt tā pārkaršanu.

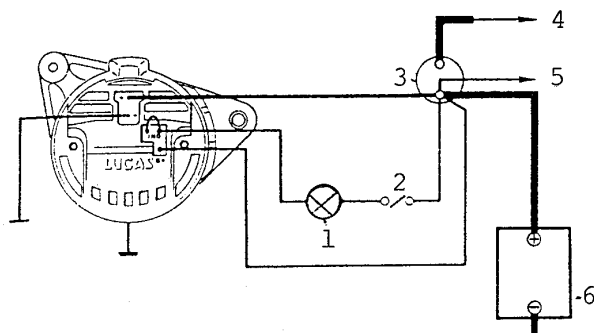
102. un 107. attēlā parādīta aizsardzība no pārsprieguma, kas rodas, ja, motoram darbojoties, notiek pārrāvums ģenerators un akumulatoru baterijas ķēdē, izmantojot stabilitronu 7.

Parasti normālā darbības režīmā akumulatoru baterija nogludina visus sprieguma impulsus, kas pamatā rodas aizdedzes sistēmas darbības laikā. Ja akumulatoru baterija tiek atvienota no ģenerators, pārmērīgi lieli sprieguma impulsi var sabojāt regulatora tranzistorus un aizsardzība tad var novērst draudošo bojājumu.

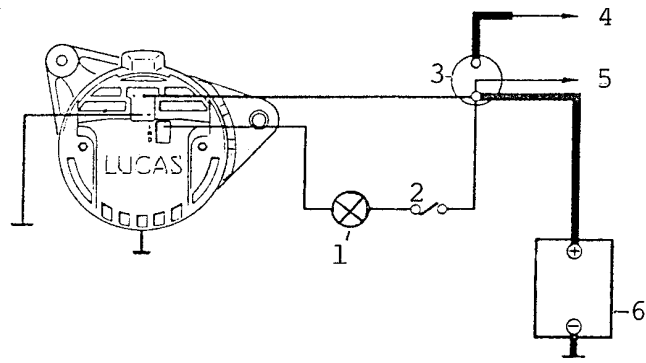
### 3.12. Ārējie savienojumi

Savienojumu veidi var atšķirties atkarībā no ģenerators konstrukcijas. 103. – 106. attēlā parādītas ģenerators LUCAS ārējo savienojumu shēmas:

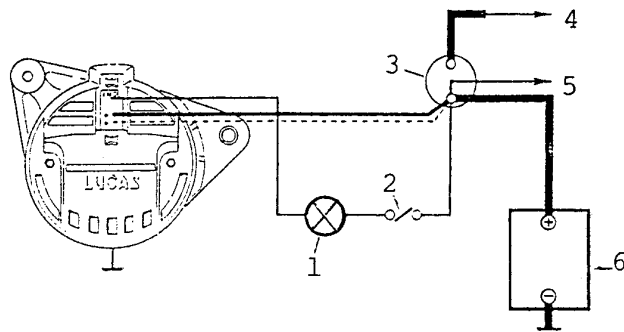
- ģenerators ACR ārējie savienojumi ar vadību pēc akumulatoru baterijas sprieguma;
- ģenerators ACR ārējie savienojumi ar pašvadību;
- ģenerators ACR un Eiropas varianta A115/133 ārējie savienojumi ar pašvadību;
- ģenerators A 127 spaiļes.



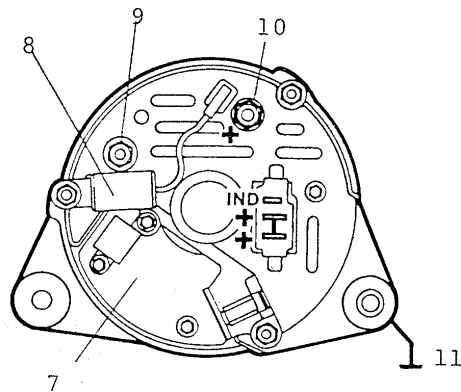
103. att. Ģenerators ACR ārējie savienojumi ar vadību pēc akumulatoru baterijas sprieguma



104. att. Ģeneratora ACR ārējie savienojumi ar pašvadību

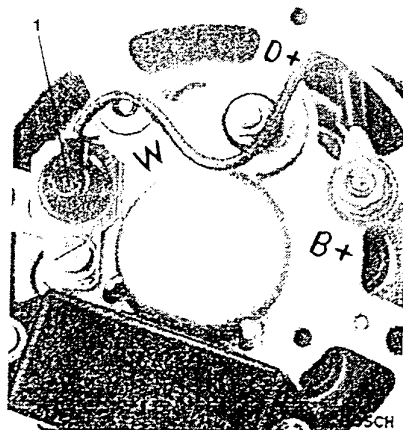


105. att. Ģeneratora ACR un Eiropas varianta A115/133 ārējie savienojumi ar pašvadību



106. att. Ģeneratora A 127 spailes:

- 1 – signālsplūdze; 2 – aizdedzes slēdzis; 3 – ievilcējrelejs; 4 – uz starteri; 5 – uz slodzi; 6 – akumulators;  
 7 – suku turētāja un regulatora bloks; 8 – radiotraucējuma novēršanas kondensators; 9 – fāzes izeja;  
 10 – pamata izejas spaiļe (+); 11 – savienojums ar masu



107. att. BOSCH ģeneratora izvadu apzīmēšana



106. attēlā parādītas ģenerators spaiļu pamatnes konstrukcijas ar izejas spaili « + » divu plakanu kontaktplākšņu veidā, kas ļauj samazināt kontaktu pārejas pretestību vada savienojuma vietā ar ģeneratoru, bet atsevišķos gadījumos (parasti, ja ģenerators aprēķināts par 35A stiprākām izejas strāvām) – izpildīt akumulatoru baterijas un ģenerators divvadu savienojšanu.

Visi ģeneratori *LUCAS A127* ir apgādāti ar pašvadības regulatoriem, kuriem ir divas skrūvveida izvadspaiļes ārējo savienojumu vajadzībām.

Uz ģenerators spaiļu pamatnes tāpat var atrasties fāzes izejas spaiļe W, no kuras var iegūt 7-8V maiņspriegumu tahometra barošanai.

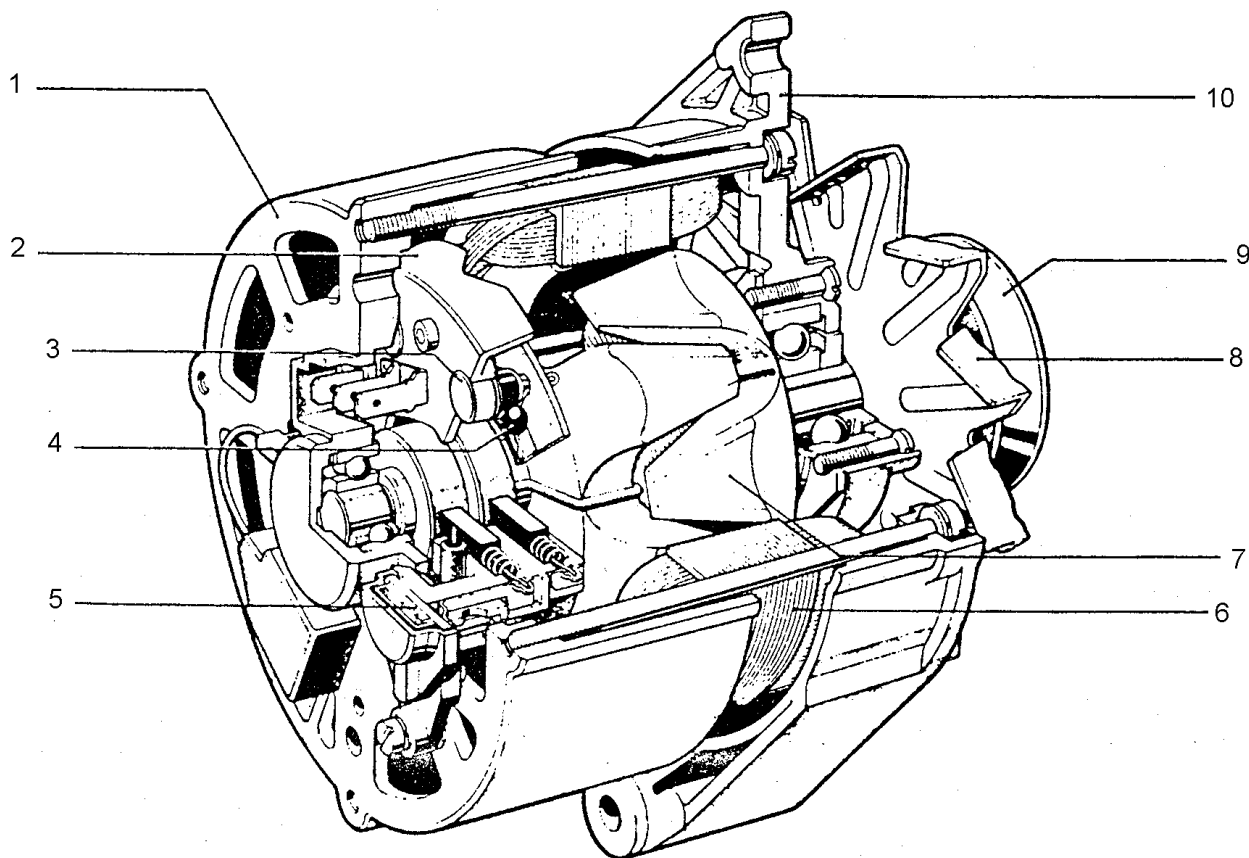
*BOSCH* tipa ģeneratoros spaiļes parasti ir veidotas bultskrūvju veidā, bet dažreiz – kā kontakts vai spraudnis ar plakanām tapām; uz spaiļu pamatnes ir doti to apzīmējumi burtu veidā «B+», «D+», «DF» un «D-». Uz pamatnes atrodas arī aizsardzības diode 1.

### 3.13. Ģeneratoru uzbūve

Maiņstrāvas ģenerators galvenās sastāvdaļas ir rotors ar ierosmes tinumu, stators ar trijiem fāžu tinumiem un kontaktdredzeni ar sukām un piespiedējatsperēm. Ģeneratoru uzbūve ir līdzīga, atšķirības var būt detaļās.

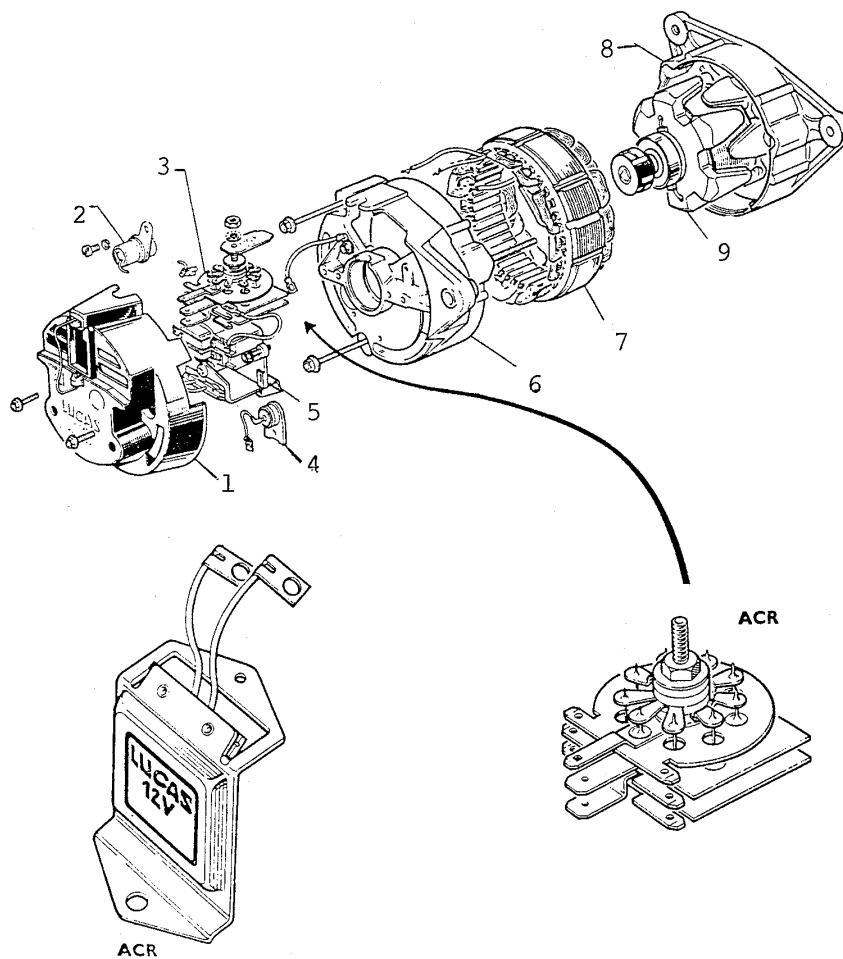
Mūsdienu maiņstrāvas ģeneratoru *BOSCH* un *LUCAS* tipiskākās konstrukcijas ir parādītas 108., 109. un 110. attēlā.

Ģeneratoru *LUCAS ACR* izmēru rinda ražošanas procesā ir izstrādāta rūpīgi un to apzīmē ar indeksu A. Ģeneratora modelis A127 izstrādāts ļoti viegls, tas gandrīz neprasa apkopi.



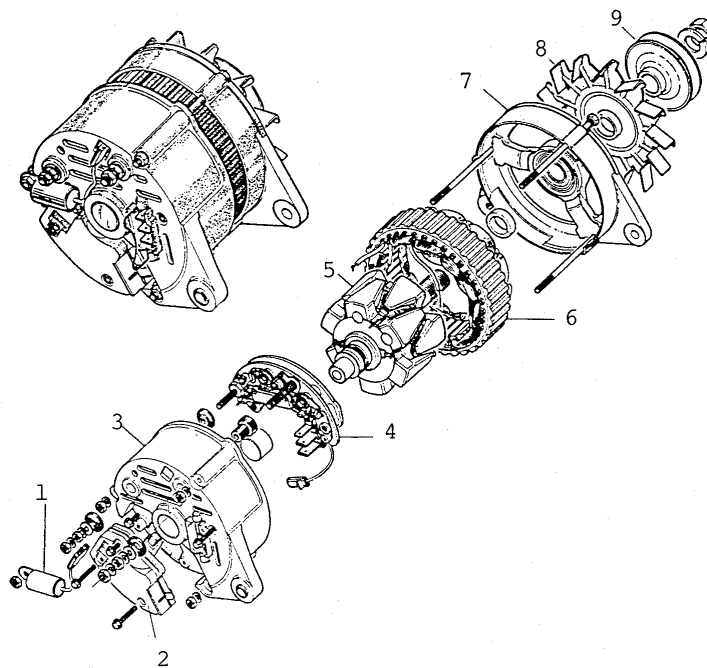
108. att. *BOSCH* ģenerators uzbūve:

- 1 – aizmugurējais vāks; 2 – taisngrieža bloks; 3 – jaudas diode; 4 – ierosmes diode;
- 5 – sprieguma regulators, suku turētājs, grafīta suku; 6 – stators; 7 – rotors;
- 8 – ventilators; 9 – piedziņas skriemelis; 10 – korpusa priekšējais vāks



109. att. Ģeneratora LUCAS ACR uzbūve:

- 1 – aizmugurējais vāks; 2 – kondensators radiotraucējumu slāpēšanai; 3 – taisngrieža bloks; 4 – aizsardzības diode;  
5 – sprieguma regulators; 6 – korpuss; 7 – stators; 8 – korpasa priekšējais vāks; 9 – rotors



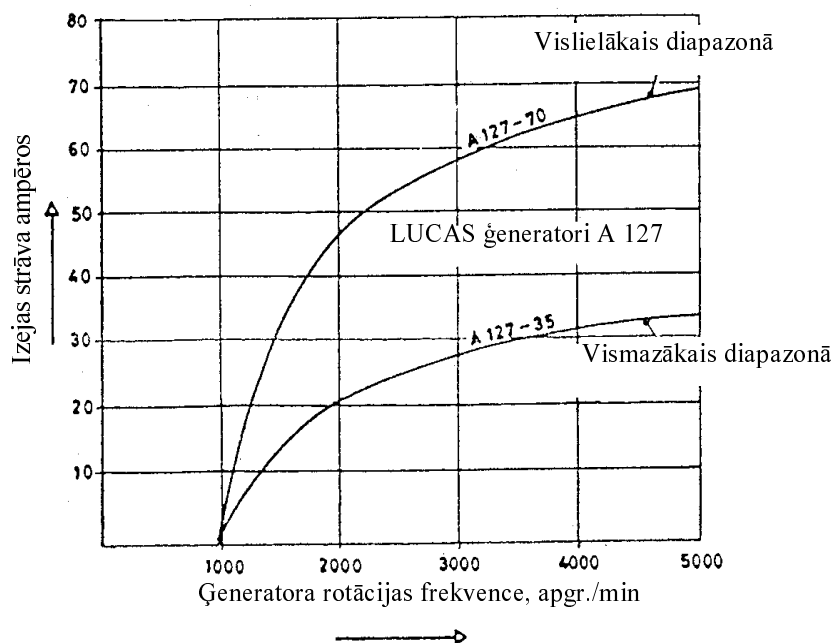
110. att. LUCAS A127 ģeneratora uzbūve:

- 1 – kondensators radiotraucējumu slāpēšanai; 2 – sprieguma regulators; 3 – korpuss; 4 – taisngrieža bloks; 5 – rotors;  
6 – stators; 7 – korpasa priekšējais vāks; 8 – ventilators; 9 – piedziņas skrīemelis

### 3.14. Ģeneratoru izejas raksturliķnes

Ģeneratoru izejas strāvas diapazons var būt no 28A līdz 65A. Sērijas A ģeneratori pārklāj diapazonu no 28A līdz 75A, bet sērijas A127 ģeneratori nodrošina slodzes strāvu no 35A līdz 70A. Ģeneratori sāk ģenerēt pozitīvu lādēšanas strāvu, jau sākot no 1000 min<sup>-1</sup>.

Tālāk strāva palielinās, kā parādīts 111. attēlā.



111. att. Ģeneratora LUCAS A127 izejas raksturliķnes

BOSCH tipa ģeneratori tiek apgādāti ar firmas identifikācijas kodu plāksnīti, kurā desmitzīmju šifrs sniedz ziņas par izmēriem, darba spriegumu, maksimālo strāvu, rotācijas frekvences diapazonu un citu informāciju (112. attēls).



112.att. BOSCH ģeneratora uzrakstu plāksnīte

BOSCH ģeneratora desmitzīmju šifra paraugs:

**N 1 – 28V 55A 25**

**N** – burts, kurš apzīmē rotora ārējo diametru :  
 G → 100 ÷ 109 mm;  
 K → 120 ÷ 129 mm;  
 N → 130 ÷ 139 mm;  
 T → 170 ÷ 179 mm;  
 U → virs 200 mm.

**1** – skaitlis, kurš apzīmē rotora izveidojumu :  
 1 → ķīļveida poli;  
 2 → izvirzītie poli;  
 3 → ar pastāvīgu magnētu.

– – simbols, kurš apzīmē rotora griešanās virzienu, skatoties no piedziņas skriemeļa puses:

→ R – pulksteņa rādītāju virzienā;  
 ← L – pretēji pulksteņa rādītāju virzienam;  
 RL – brīvs griešanās virziens.

**28V** – ģeneratora nominālais spriegums, V;

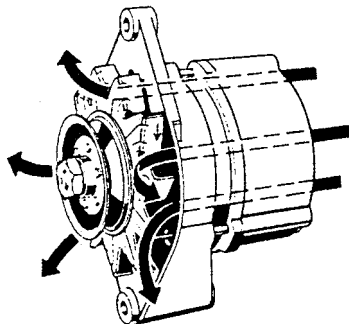
**55A** – ģeneratora nominālā strāva, A;

**25** – rotora rotācijas frekvence, apgr./min × 100 (25 × 100 = 2500 apgr./min).

### 3.15. Temperatūras režīms

Ģeneratoram ir jādarbojas smagos apstākļos, tāpēc pārkaršana tam ir bīstama. Neatkarīgi no tā, ka ģenerators ir novietots tuvu motoram un izplūdes kolektoram, darbības laikā tas arī pats ģenerē siltumu.

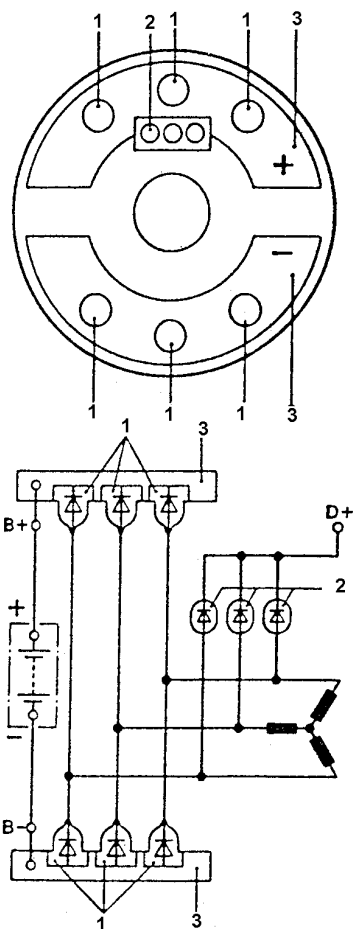
Parasti ģeneratori ir paredzēti darbam  $70^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$  temperatūrā, tāpēc darbam motoru nodalījumā tie tiek aprīkoti ar ventilatoru. Ventilators radīto gaisa plūsmu dzen cauri ģeneratora korpusam centrālās spēku ietekmē (113. attēls).



113. att. Ģeneratora ventilācija

Sevišķi jutīgas pret temperatūras paaugstināšanos ir diodes. Lai aizvadītu no diodēm lieko siltumu, tās novieto uz alumīnija radiatoriem ar palielinātu virsmas laukumu.

Ģeneratora taisngriezis ir izveidots pēc trīsfāžu tiltiņa shēmas no sešām diodēm, kas ir samontētas uz diviem turētājiem. Konstruktijas vienkāršošanai un labākai siltuma aizvadīšanai trim diodēm uz korpusu ir pozitīva, bet otrām trim – negatīva polaritāte (114. attēls).



114. att. Diožu izvietojums uz divām plāksnēm:

- 1 – jaudas diodes;
- 2 – ierosmes diodes;
- 3 – diožu montāžas plāksnes

Ierosmes diodes darbojas ar mazākām strāvām, tāpēc tām nav nepieciešama tik laba dzesēšana kā jaudas diodēm.

### 3.16. Ģeneratoru darbības traucējumi, to cēloņi

**Signālspuldze.** Tā var izdegt, un ģenerators var neierosināties.

**Slīdgredzenu sukas.** Sukas var ieķīlēties suku turētājā nefīrumu vai grafitā putekļu ietekmē. Tās var nodilt, bet slīdgredzeni palikt nefīri vai kļūt eļļaini.

**Diodes.** Diožu caursite var notikt savienojošo vadu sliktā kontakta dēļ ar akumulatoru baterijas spailēm, kas var rasties korozijas vai atslābušu vadu pievienojumu rezultātā. Pat acumirkļīgs kontakta zudums var radīt diožu caursiti.

Ja motora darbības laikā nejauši tiek atslēgts ģenerators vai akumulatoru baterija no sistēmas, tad diodes var tikt sabojātas.

Ja motora iedarbināšanai izmanto kādu citu enerģijas avotu un, ieslēdzot to ķēdē, nejauši sajauc polaritāti, tad diodes sabojājas.

Ja izpūtēju metina, neatslēdzot ģenerators, tad diodes var tikt sabojātas.

**Gultņi.** Gultņi sabojājas, ja par stingru tiek nospriegota ventilatora sikсна vai tajos ir nokļuvis abrazīvs materiāls.

**Ventilatora sikсна.** Piedziņas sikснаi pie slodzes izslīdot, tā sāk griezīgi čīkstēt. Tas var notikt arī tad, ja sikсна ir izdilusi un pievada skriemeli piedzen nevis ar sāniem, bet ar iekšējo daļu.

Iepriekš minētais attiecas uz visiem ģeneratoriem. Tā kā ekspluatācijā vēl atrodas ģeneratori ar ierosmi no akumulatoru baterijas, tad tālāk aplūkota to pārbaude, iespējamie bojājumi un apkope.

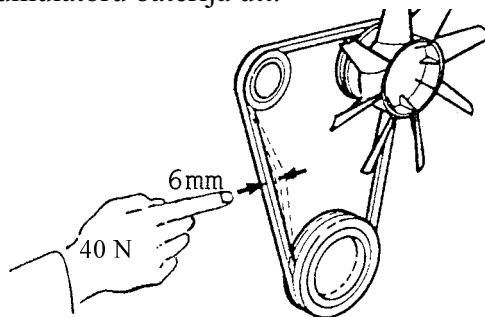
### 3.17. Ģeneratora pārbaudes veidi un izmantojamās ierīces

Ģenerators neprasa biežas apkopes, bet būtu vēlams periodiski pārbaudīt slīdkontaktu stāvokli un suku garumu.

Elektroapgādes sistēmas darbības traucējumu iemesli var būt šādi:

- bojāta akumulatoru baterija;
- pārrauti vadi vai slikts kontakts uz spailēm vadu savienojumos;
- nenospriegota ģeneratora piedziņas sikсна;
- bojāti ģeneratora tinumi vai taisngriežu bloks;
- bojāts sprieguma regulators;
- bojājums palīgsistēmās: ierosmes strāvas relejā, akumulatoru baterijas lādēšanas signālspuldzē, signalizācijas vadības sistēmā.

Uzsākot sistēmas detalizētu pārbaudi, ieteicams pārbaudīt piedziņas siksnas stāvokli un spriegojumu (115. attēls), korozijas pazīmes uz akumulatoru baterijas spailēm, pievērst uzmanību pastiprinātai gāzes izdalīšanai akumulatoru baterijā utt.



115. att. Piedziņas siksnas spriegojuma pārbaude

Ja iepriekš minētā apskate neko nav devusi, tad pārbaudi turpina.

Tālākai pārbaudei nepieciešamas šādas ierīces:

- līdzsprieguma voltmeters ar mērījumu diapazonu  $0 \div 20\text{V}$  vai  $0 \div 40\text{V}$ ;
- līdzstrāvas ampērmeters ar mērījumu diapazonu  $0 \div 10\text{A}$  un  $0 \div 100\text{A}$ ;
- ommeters;
- areometers;
- akumulatoru baterijas izlādēšanas– lādēšanas ierīce.

Motoram darbojoties, jāievēro nepieciešamie drošības pasākumi attiecībā uz tā rotējošām daļām. Dzesēšanas sistēmas ventilators ieslēdzas automātiski pat, ja aizdedze ir izslēgta, tāpēc tas ir jāatslēdz.

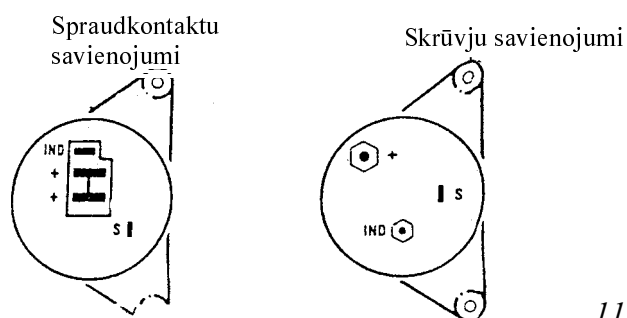
Vadu pievienošana vai atvienošana automobiļa elektriskajā sistēmā jāveic tikai pēc aizdedzes izslēgšanas.

Galveno vadu pievienošana vai atvienošana ģeneratoram jāizpilda, iepriekš atslēdzot masas slēdzi. 116. attēlā parādīti ģeneratoru izvadspaiļu savienojumi ar spraudņiem un bultskrūvēm.

3. tabula

### Ģeneratoru kontakti

Ķēde	LUCAS	Citiem tiem
Signālspludze	IND	D+, 61, L, Lamp, N
Galvenais izvads	«+»	B, B+, Bat, 30
Ierosme no AB	S	Batt



116. att. Maiņstrāvas ģeneratoru kontakti

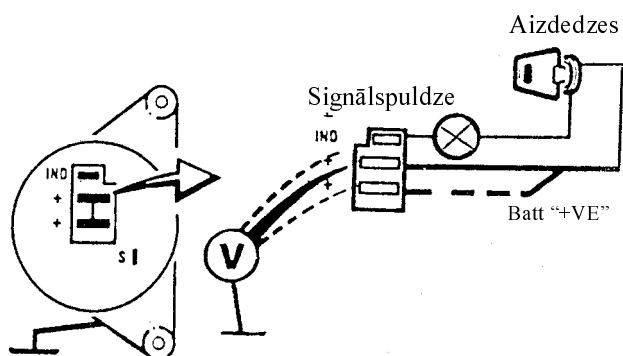
### Pārbaudēs veicamie darbi

#### Akumulatoru baterijas pārbaude

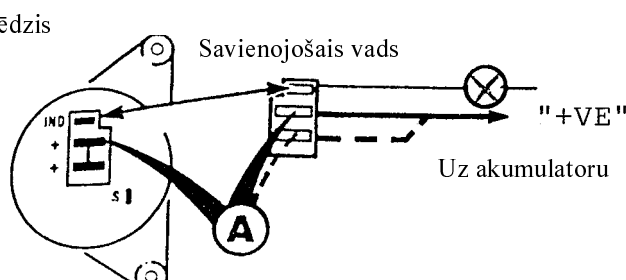
Pārbauda akumulatoru baterijas uzlādēšanas pakāpi, ieslēdzot tuvās gaismas. Ja motors nedarbojas, tad voltmetram jāuzrāda spriegums ķēdē 12V un nedaudz vairāk. Ja voltmetra rādījumi ir zemāki par minētajiem, tad akumulatoru baterija ir jāuzlādē.

#### Vadu pārbaude

Pārbauda ģeneratoram pievienoto vadu stāvokli, tad atvieno savienojumu uz ģeneratora, noņem no tā vadus. Neiedarbinot motoru, ieslēdz aizdedzi un ar voltmetru pārlicinās, vai uz visiem trim vadu kontaktiem voltmetrs uzrāda akumulatoru baterijas spriegumu (117. attēls).



117. att. Vadu pārbaude uz pārrāvumu



118. att. Ģeneratoru pārbaude pie slodzes

Ja uz IND izvada sprieguma nav, tad, iespējams, ir bojāts signālspludzes kvēldiegs.

#### Ģeneratora izejas parametru pārbaude

Pārbaudot, vai akumulatoru baterija tiek lādēta, jāizmanto voltmetrs ar mērījumu diapazonu 0 ÷ 20V, kuru pieslēdz paralēli akumulatoru baterijas spailēm. Tad iedarbina motoru un uz 3 ÷ 5 minūtēm ieslēdz gandrīz visus patērētājus, palielina motora apgriezienus apmēram līdz 3000 minūtē. Pēc pāris minūtēm spriegumam uz akumulatoru baterijas ir jāsasniedz 13,5V.

Ja minētais spriegums netiek sasniegts, tad akumulatoru baterija ir kārtībā, bet ģeneratoram ir kāds bojājums.

Šo pārbaudi var izpildīt arī ar ampērmetra palīdzību, izmērot ģeneratora maksimālo strāvu. Šim nolūkam vispirms atslēdz akumulatoru bateriju, tad labi savieno ampērmetru ar ģeneratora un akumulatoru baterijas «+» spaili, jo slikta savienojuma gadījumā var tikt caursistas taisngrieža diodes. Ar atsevišķu vadu savieno ģeneratora IND kontaktu ar signālspludzes kontaktu savienojumā. Tad pieslēdz akumulatoru, ieslēdz atkal patērētājus un palielina motora apgriezienus apmēram līdz 3000 minūtē. Ampērmetram šajā gadījumā ir jāuzrāda strāvas vērtība, kas ir ļoti tuva tai, kura norādīta konkrētā ģeneratora tehniskajos datos. Ja ampērmetra rādījumi ir daudz mazāki par ģeneratora tehniskajā pasē norādītajiem, tad ģenerators ir bojāts.

Pēc pārbaudes pabeigšanas atslēdz akumulatoru bateriju un atjauno savienojumus.

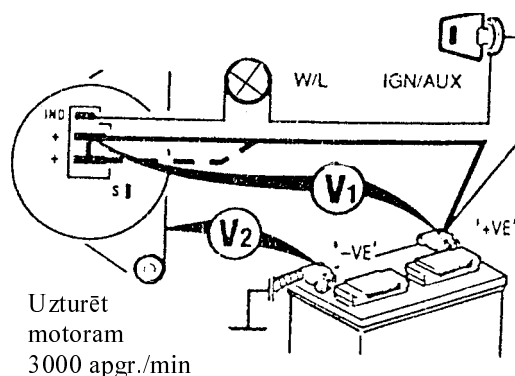
### **Sprieguma zudumi ķēdē**

Sprieguma zudumi ķēdē parasti saistās ar sliktu kontaktu stāvokli.

Voltmetra negatīvo spaili pieslēdz pie akumulatora baterijas pozitīvās spaiļes, bet pozitīvo spaili – pie ģeneratora pozitīvā izvada. Motora apgriezienus palielina apmēram līdz 3000 minūtē, tad ieslēdz maksimāli visus patērētājus un nolasa voltmetra rādījumus. Sprieguma zudumi šajā gadījumā nedrīkst pārsniegt 0,5V. Ja tie ir lielāki, tad ir jāmeklē kontaktu slikta savienojuma vieta.

Līdzīgā veidā pārbauda sprieguma kritumu starp negatīvo akumulatora baterijas spaili un ģeneratora korpusu. Arī šeit sprieguma zudumi nedrīkst pārsniegt 0,5V.

Pārbauda akumulatora baterijas savienojumu ar automobiļa korpusu, kā arī ģeneratora savienojumu ar korpusu (119. attēls).



119. att. Sprieguma zudumu pārbaude

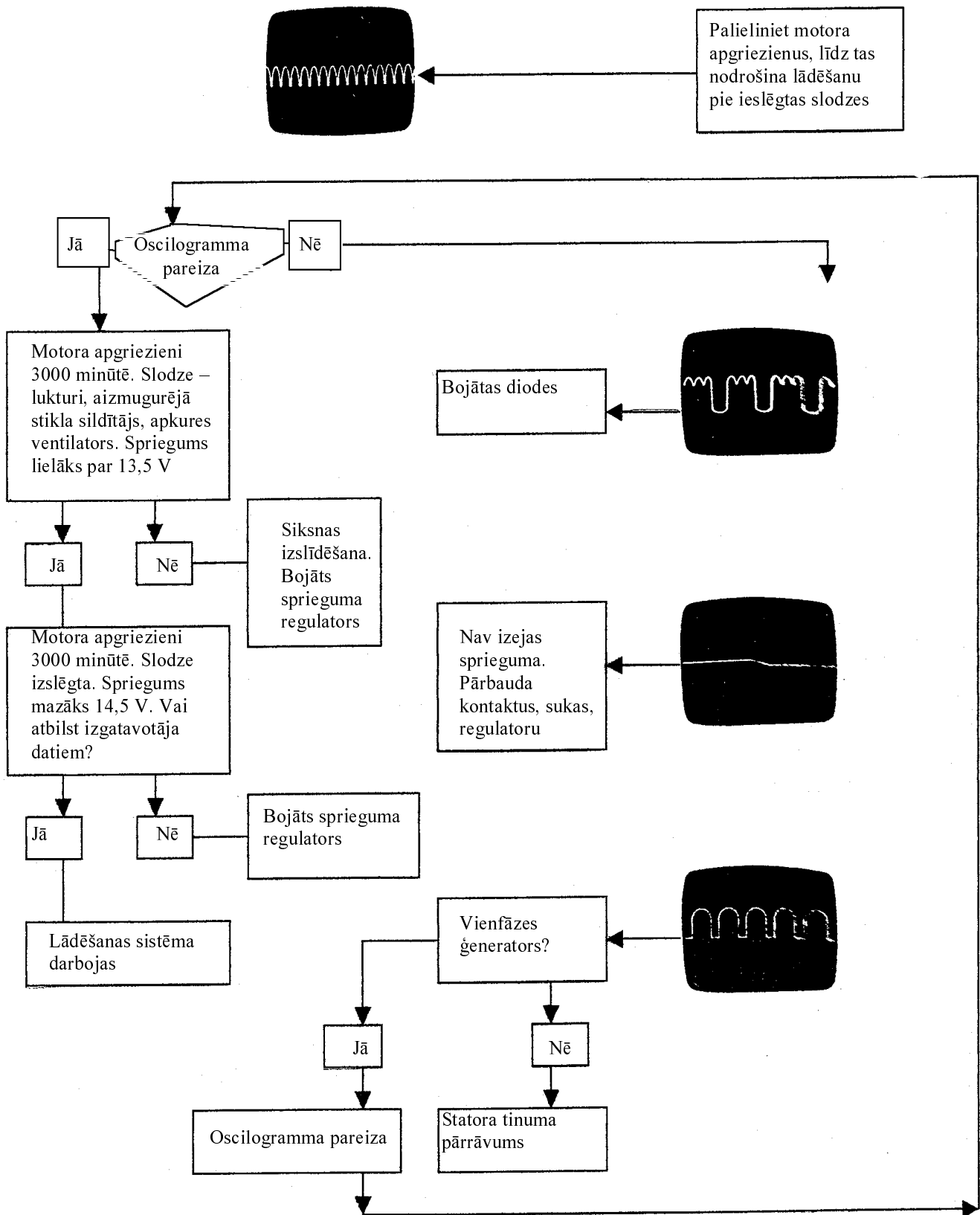
### **Regulatora pārbaude**

Motora darbina 3÷5 minūtes ar apmēram 3000 apgr/min, tad izmēra spriegumu uz akumulatoru baterijas spailēm. Akumulatoru baterijas spriegumam ir jāpalielinās līdz 13,6÷14,4V un jāpaliek apmēram šajā līmenī, ja tiek izmantoti LUCAS ģeneratori. Ja spriegums neatrodas šajā diapazonā vai pastāvīgi mainās, tad jānomaina regulators.

Uzrādītais sprieguma diapazons, motoram darbojoties, ir tipisks daudziem regulatoru tipiem un automobiļu modeļiem. Precīzus skaitļus var uzzināt no tehniskās literatūras (piemēram, "Automobiļa tehniskie dati", kuru izdod ik gadus).

### **Pārbaude ar oscilogrāfu**

Ja iespējams izmantot oscilogrāfu, tad izsmeļošu informāciju par sistēmas darbu var iegūt, novērojot oscilogrammu formas. 120. attēlā parādītas oscilogrammu formas, sistēmai pareizi darbojoties, kā arī bojājumu gadījumā.



120. att. Ģenerators pārbaude ar oscilogrāfu



### 3.18. Ģeneratora apkope

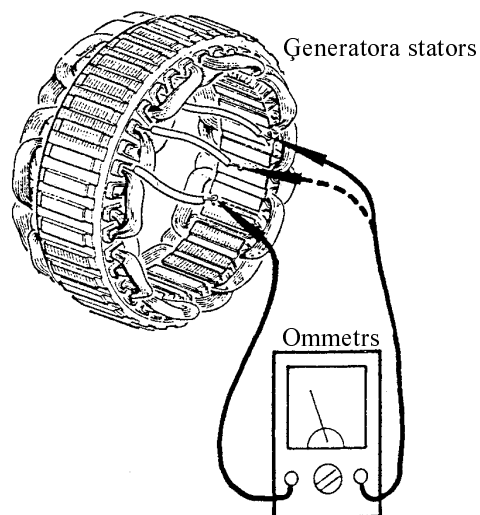
Ģeneratorā var rasties bojājumi šādos mezglos:

- diožu blokā;
- rotora ierosmes tinumā;
- statora darba tinumos;
- gultņos;
- sukās.

Pirms sāk ģeneratora remontu, jāpārlicinās, cik maksās tā izjaukšana un rezerves daļu iegāde un cik pilnīgi atjaunots ģenerators, ievērojot arī to, ka atjaunotam ģeneratoram tiek dots garantijas laiks.

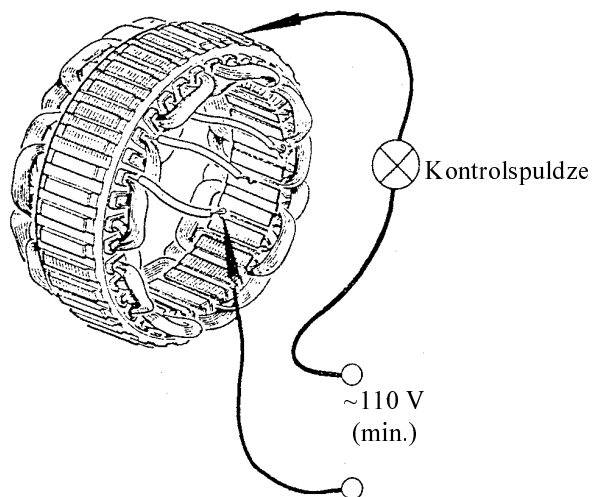
Pārbaudot diodes, tās vispirms ir jāatlodē no statora darba tinumiem. Lai lodēšanas laikā pasargātu diodi no pārkaršanas, diodes elektrodu saspiež ar plakanknaiblēm. Diodi var pārbaudīt ar 12V līdzsprieguma avotu, kuru pieslēdz caur apgaismojuma spuldzi (5 W). Vienā diodes slēguma gadījumā spuldzei ir jādeg, bet, apmainot diodi vietām, tai nav jādeg. Ja spuldze deg abos diodes slēguma gadījumos, tas nozīmē, ka diode ir bojāta.

Zvaigznē vai trīsstūrī slēgtiem statora darba tinumiem ir trīs izvadi. Pretestībām starp diviem jebkuriem tinuma izvadiem ir jābūt vienādām: dažādu konstrukciju ģeneratoriem tās var būt atšķirīgas, bet jebkurā gadījumā pretestību vērtību atšķirībām ir jāatrodas 0,1Ω robežās (121. attēls).



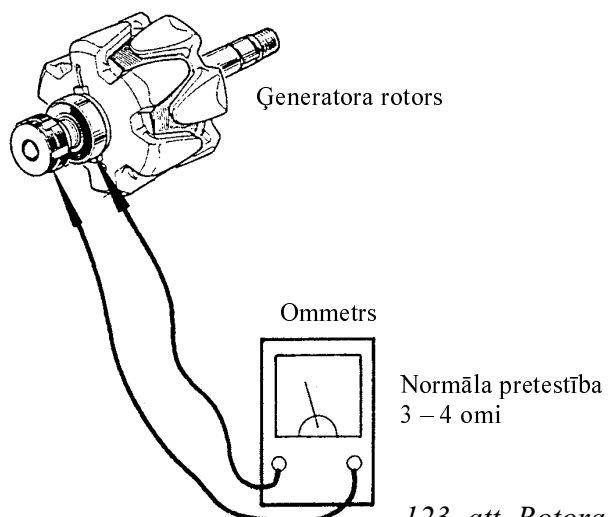
121. att. Statora tinumu pretestības pārbaude

Pretestība starp statora tinumiem un statoru ir ļoti liela, tā var sastādīt vairāk par 1 MΩ. Šo pārbaudi var veikt ar megommetru M1101M, kura iekšējā līdzstrāvas ģeneratora spriegums ir 100V. Ja nepastāv tāda iespēja, tad var izmantot vēl 25÷40W spuldzi un maiņstrāvas sprieguma avotu 110÷220V. Ja izolācija ir laba, spuldzei nav jādeg. Ja spuldze deg vai blāvi spīd, tas nozīmē, ka statora tinums ir caursists uz korpusu (122. attēls).



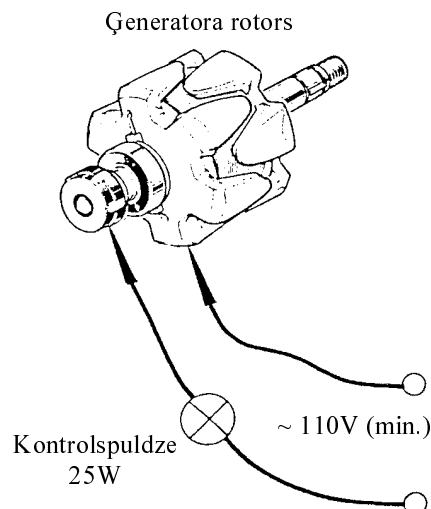
122. att. Statora tinumu izolācijas pārbaude

Rotora tinuma jeb ierosmes tinuma pretestību var izmērīt ar ommetru, mērot pretestību starp abiem slīdgredzeniem; atkarībā no ģeneratoru tipa tai ir jāatrodas  $3 \div 4\Omega$  robežās. Ja ommetrs uzrāda lielāku pretestību, tad tinumam ir pārrāvums (123. attēls).



123. att. Rotora tinuma pretestības pārbaude

Rotora tinuma izolācijas pretestību var izmērīt, pieslēdzot megommetru starp vienu slīdgredzenu un rotora serdeni. Var izmantot arī  $25 \div 40\text{W}$  kontrolspuldzi un maiņstrāvas sprieguma avotu  $110 \div 220\text{V}$  (124. attēls). Ja megommetrs uzrāda "0" vai kontrolspuldze deg, rotora tinuma izolācija ir caursista.



124. att. Rotorā tinuma izolācijas pārbaude

Ģeneratora sukā ir jānomaina, kad to nodilums ir sasniedzis pieļaujamo robežu (4. tabula).

4.tabula

Tips	Sukas minimālais augstums	Piezīmes
<i>LUCAS AC10, 11</i>	5 mm	Sukas nostiprinātas uzgali
<i>LUCAS ACR</i>	5 mm	Ar mazu skrūvgriezi uzspiež uz uzgali, tad izvelk sukā ārā. Noņem plastmasas vāciņu. Ievēro vadu stāvokli uz sukām. Nepazaudēt plakano atsperi!
<i>Ducellier</i>	8 mm	Slīdgredzenus grūti fīrīt. Nesamainīt sukā vietām!
<i>Paris–RH</i>	8 mm	Suku turētājam nepieciešama speciāla atslēga
<i>Femsa</i>	7 mm	Suku turētājs novietots ģeneratora aizmugurējā daļā
<i>BOSCH</i>	2 mm	Ļoti stingri var būt pievilktas suku turētāja skrūves
<i>Hitachi</i>	Skatīt aizzīmes uz sukām	Suku turētājs ir nosegts ar vāciņu. Uzmanīgi izvilkt suku turētāju! Neatvienot vadu ar apzīmējumu N!

Vairākus ģeneratoru suku nomainā nerada papildu problēmas, tomēr ģeneratoros *AC Delco*, *Denso*, *Delco Remi* un *Mitsubishi* sukā nākas izpresēt, tāpēc vienkāršāk ir ģeneratoru nomainīt vai griezties remontdarbnīcā.

Pirms suku uzstādīšanas vienmēr ir jāpārbauda slīdgredzenu stāvoklis. Ja tie ir netīri, tad tos nomazgā ar metilspirtu. Parasti slīdgredzeni atrodas labā stāvoklī, taču, ja izrādās, ka tie ir izroboti, tad vēlams ģeneratoru nomainīt, jo, uzstādot jaunas sukā, tās ātri nolietosies.

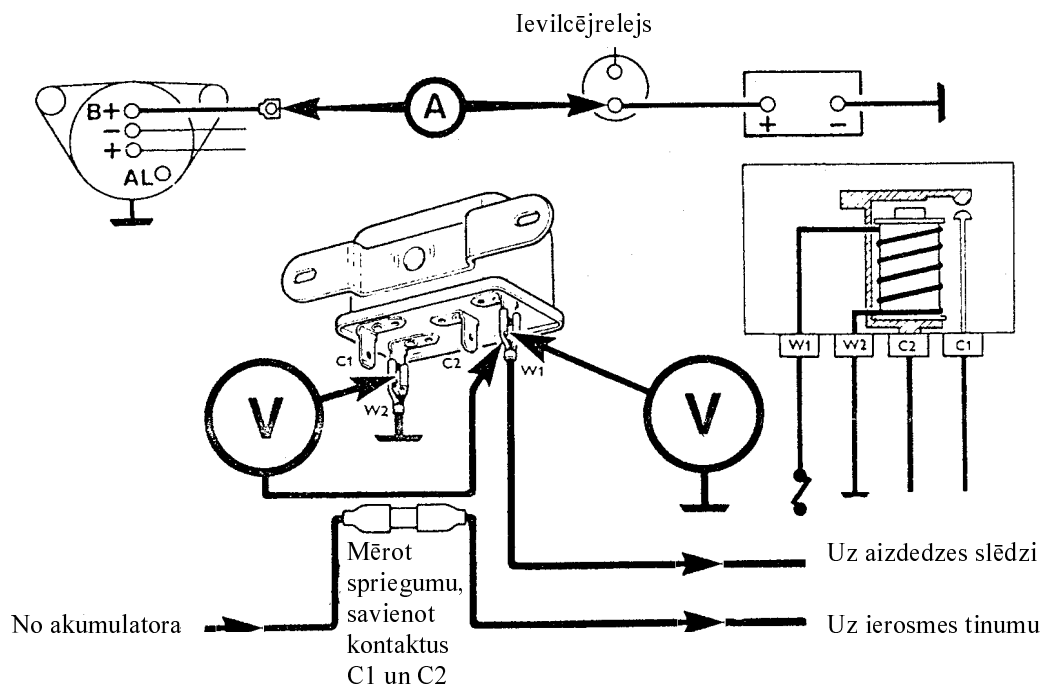
Dažāda tipa ģeneratoros suku stiprināšanas veids ir atšķirīgs, taču bieži vien vecās sukā ir jāatlodē un to vietā jāpielodē jaunas.

#### **Ģeneratori LUCAS 10/11 ar ierosmi no akumulatoru baterijas**

Dažas pārbaudes izpilda tādā pašā veidā kā modelim *ACR*, piemēram, akumulatoru baterijas, siksna sprieguma un vadu pārbaudi. Lai gan modeļiem *10AC* un *11AC* arī ir ierosme no akumulatoru baterijas, tiem ir papildus jāpārbauda ierosmes strāvas releja un signālspludzes vadības sistēma.

### 1. tests: Ierosmes strāvas relejs

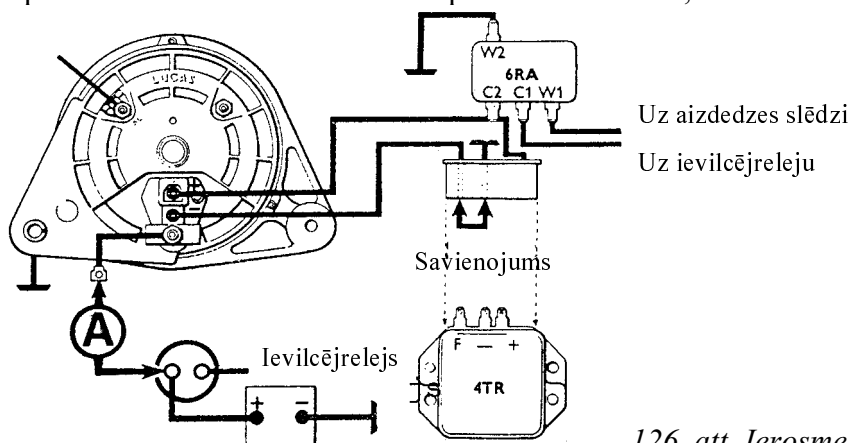
Relejs (90. attēls) ieslēdz ierosmes tinumu caur spailēm  $C_1 - C_2$ . Ja ģenerators nelādē, tad ir jāpārbauda relejs, ieslēdzot ampērmetru ģenerators izejas ķēdē (125. attēls), pirms tam atvienojot akumulatoru baterijas negatīvo vadu. Noņem vadus no releja kontaktiem  $C_1$  un  $C_2$  un savieno tos. Pievieno akumulatoru baterijas negatīvo vadu, iedarbina motoru, palielina tā apgriezienus līdz 1500 apgr/min. Ja notiek akumulatoru baterijas lādēšana, tas nozīmē, ka ir bojāts relejs vai tā vadi. Pieslēdzot voltmetru pie kontaktiem  $W_1$  un  $W_2$  (90. attēls), tam ir jāuzrāda akumulatoru baterijas spriegums. Ja tas nenotiek, tad pārbauda savienojumu  $W_2$  ar masu un  $W_1$  ar elektroenerģijas avotu.



125. att. Ierosmes strāvas releja pārbaude

### 2. tests: Ierosmes ķēdes pārbaude

Vienkāršākais ierosmes ķēdes pārbaudes veids ir atvienot vadus no ārējā kontaktu regulatora 4TR un pievienot tos pie kontaktiem «F» un «←» (126. attēls). Ieslēdzot aizdedzi, ampērmetram ir jāuzrāda apmēram 3A. Ja minēto strāvu ampērmetrs neuzrāda, tad tas nozīmē, ka ķēdē ir pārrāvums.



126. att. Ierosmes ķēdes pārbaude

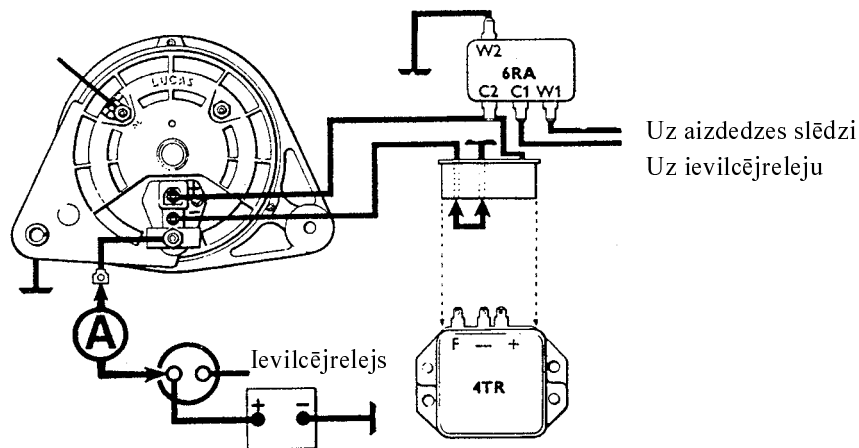
### 3. tests: Maksimālās izejas strāvas pārbaude

Atvienojot vadus no ārējā kontaktu regulatora 4TR, saslēdz īsi kontaktus «F» un «←» (127. attēls). Ampērmetru ieslēdz ģenerators izejas ķēdē. Iedarbina motoru un palielina tā apgriezienus apmēram līdz  $3000 \text{ min}^{-1}$ . Atkarībā no ģenerators tipa ampērmetram ir jāuzrāda šādi lielumi: 35A (ģenerators 10AC), 45A (ģenerators 11AC), 60A (ģenerators 11AC, modernizētais), 23A (ģenerators 11AC 24V). Ja strāva neplūst vai tai ir ļoti maza vērtība, bojāts ir statora tinums vai taisngriezis.

#### 4. tests: *Regulatora iestatījumu mērīšana*

Pārbaudi nepieciešams veikt pie nebojātas, pilnīgi uzlādētas akumulatoru baterijas un pie normālas motora darba temperatūras. Motoram darbojoties, lādēšanas strāvai pakāpeniski ir jāsamazinās līdz 10A un pēc tam nav jāmainās, pat mainot motora apgriezienus.

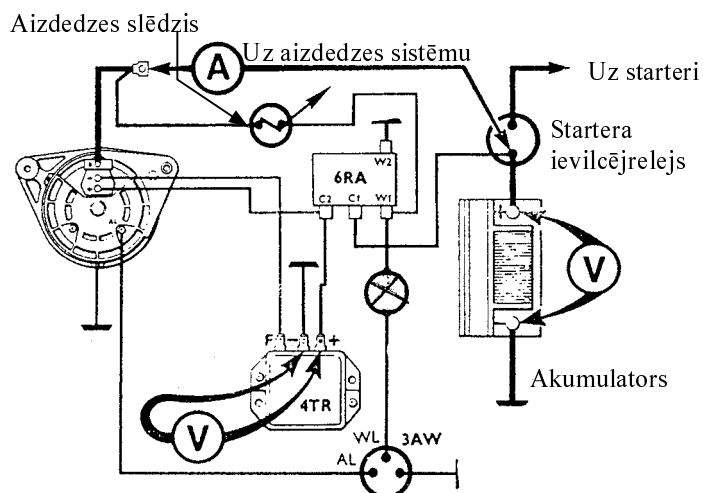
Saslēdz shēmu (128. attēls). Ieslēdz gabarītapgaismojumu un palielina motora apgriezienus līdz 3000 apgr./min. Ķēdē ieslēgtam voltmetram, izmantojot ģeneratoru 10/11 AC, ir jāuzrāda šādi regulatoru uzstādījumu rādījumi: 13,9 ÷ 14,3V (12-voltu sistēmā) vai 27,9 ÷ 28,3V (24 voltu sistēmā).



127. att. Izejas strāvas – 10/11AC pārbaude

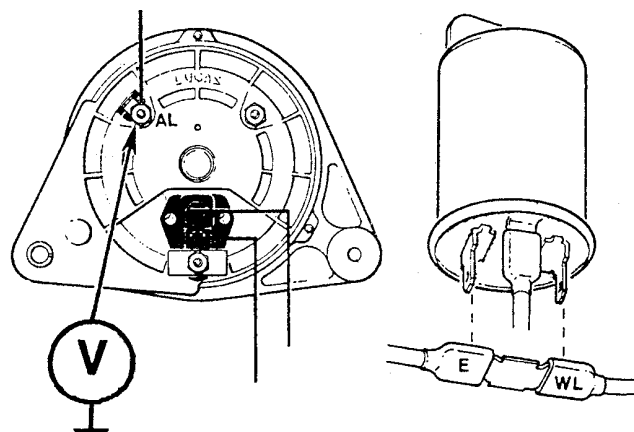
#### 5. tests: *Signālspludzes vadības ierīce 3AW*

Ja ģenerators normāli lādē, bet signālspludze nedeg, vispirms ir jāpārbauda pati spuldze. Ja spuldze ir vesela, tad pārbauda spriegumu starp ģeneratora izvadspaili AL un masu. Šim spriegumam 12 voltu sistēmās ir jābūt 6 ÷ 8V, bet 24 voltu sistēmā 14 ÷ 15V. Motora apgriezieni ir jāuztur 1500 apgr./min robežās. Voltmetra rādījumu novirzes no minētajiem lielumiem var norādīt uz taisngrieža diožu bojājumiem.



128. att. Regulatora 4TR uzstādījumu pārbaude

Pēc tam ir jāpārbauda vadības bloks 3AW. Šim nolūkam noņem vadus no kontaktiem « E » un « WL » un savieno tos savā starpā (129. attēls).



129. att. Signālspludzes vadības ierīces 3AW pārbaude

Ja, aizdedzi ieslēdzot, signālspludze iedegas, tas norāda, ka vadības bloks 3AW ir bojāts.

### 3.19. Akumulatoru baterija

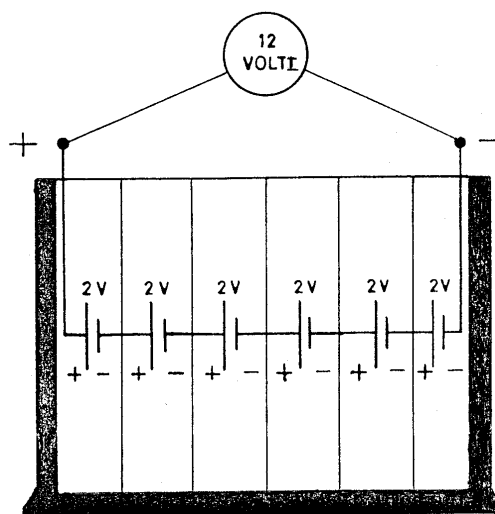
Akumulatoru baterija (turpmāk tekstā – akumulators) ir elektroenerģijas avots, kuras uzdevums ir uzkrāt līdzstrāvas elektroenerģiju un apgādāt ar strāvu elektroenerģijas patērētājus tad, kad ģenerators nedarbojas vai arī tā jauda darbojoties ir nepietiekama.

Akumulators (latīniski: *accumulator* – savācējs) veic arī vairākas citas nozīmīgas funkcijas. Ja atvieno akumulatoru, tad

- maiņstrāvas ģeneratori nespēj ierosināties un inducēt EDS, jo ierosmes ķēdē nav strāvas;
- maiņstrāvas ģeneratora taisngrieža radītās sprieguma pulsācijas netiek izlīdzinātas, kas ļoti traucē dažādu elektronisko sistēmu darbu;
- sprieguma impulsi, kas rodas dažādu iekārtu komutācijas procesos, var sasniegt ievērojamus lielumus un sabojāt sistēmu pusvadītāju un mikroelektronikas elementus;
- ģeneratora bojājumu rezultātā var pēkšņi pieaugt spriegums un sabojāt ieslēgtos patērētājus.

Mūsdienu automobiļus galvenokārt apgādā ar svina – skābes, daudz retāk ar dzelzs – niķeļa jeb sārma akumulatoriem.

Akumulators sastāv no virknē konstruktīvi un elektriski savienotiem akumulatoriem jeb sekcijām. Piemēram, parastais 12V automobiļa akumulators sastāv no sešām divvoltu sekcijām (130. attēls).



130. att. Virknē savienotas sekcijas akumulatorā

Praktiski akumulatoru spriegums nav tieši vienāds ar 12 V. Pilnīgi uzlādēts akumulators bez slodzes uzrāda spriegumu katrā sekcijā 2,1 V (kopumā 12,6 V), savukārt pilnīgi izlādēta akumulatora spriegums var nokrist pat līdz 10,5 V.

Svina – skābes akumulatoram piemīt šādas īpatnības:

- pēc enerģijas izlietošanas to var uzlādēt;
- akumulatora šķidrās elektrolīts ir atšķaidīta sērskābe, kas ir bīstama acīm, rokām, apģērbam, kā arī automobiļa metāla virsmām;
- akumulatora lādēšanas laikā no elektrolīta izdalās skābeklis un ūdeņradis. Šo gāzu maisījums ir sprāgstošs, tāpēc akumulatora lādēšanas laikā tuvumā nedrīkst rīkoties ar atklātu uguni vai smēķēt;
- svina savienojumi arī ir indīgi, tāpēc, rīkojoties ar akumulatoru, jāievēro vajadzīgā piesardzība;
- akumulatora ekspluatācijas laikā no tā izdalās gāzes (izņemot neredzamus akumulatorus), tāpēc ir nepieciešams tam periodiski pieliet destilētu ūdeni.

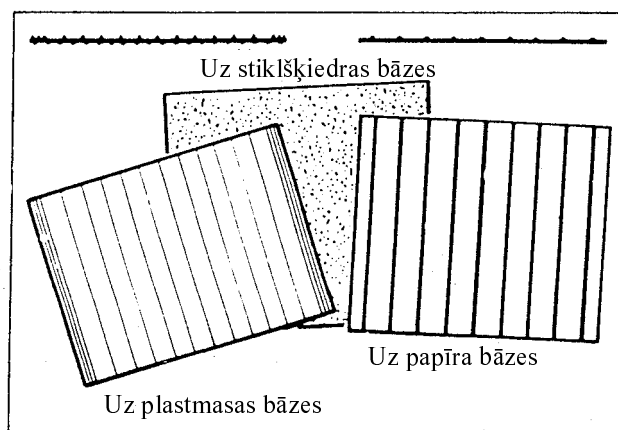
Akumulatorā aktīvai ķīmiskajai reakcijai, kuras rezultātā izdalās enerģija, nepieciešami divi dažādi vadītāji – plates, kuras iegremdētas strāvu vadošā šķīdumā – elektrolītā.

Plates izgatavo režģu veidā no svina ar antimona piejaukumu, un sekcijā tās ir vairākas. Režģi piepilda ar porainu aktīvu masu, kura sastāv galvenokārt no svina oksīda. Sagatavojot akumulatoru darbam, tajā iepilda elektrolītu – ķīmiski tīras sērskābes šķīdumu destilētā ūdenī. Starp sērskābi un svina platēm noris ķīmiska reakcija, kuras rezultātā plašu virsma pārklājas ar svina sulfāta kārtiņu.

Akumulatora uzlādes procesā elektroenerģija tiek pārveidota ķīmiskajā enerģijā un uzkrājas akumulatorā. Šajā procesā svina oksīds uz pozitīvajām platēm kļūst par svina dioksīdu (šokolādes krāsā), bet uz negatīvajām platēm – par poraino svinu (pelēka krāsā). Elektrolītā palielinās sērskābes koncentrācija, tā blīvums un līdz ar to akumulatora EDS.

Ja uzlādētam akumulatoram pievieno spuldzi, tad tajā plūst strāva un tā deg, kā rezultātā no elektrolīta izdalās ūdens, akumulatora plates saistās ar sērskābi un pārklājas ar svina sulfāta kārtiņu, bet elektrolīta blīvums un EDS samazinās. Šo procesu sauc par akumulatora izlādi.

Lai novērstu īsslēgumu akumulatorā, starp pozitīvajām un negatīvajām platēm ievieto izolācijas starplikas, kuras sauc par **separatoriem**. Separatorus agrāk izgatavoja no koka vai porainas gumijas, bet tagad tos izgatavo no mikroporainas plastmasas, papīra vai šo materiālu kombinācijas ar stikla šķiedru (131. attēls). Separatori ievietoti ar riņķveida pusēm pret pozitīvo plati, lai neaizkavētu elektrolīta piekļūšanu tās aktīvajai masai, jo ķīmiskie procesi tajā notiek intensīvāk.



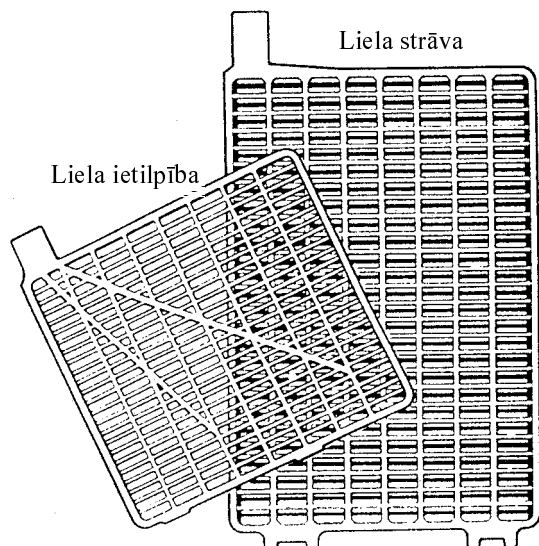
131. att. Separatori

Akumulatoru korpusu agrāk izgatavoja no ebonīta vai karbolīta, bet tagad to izgatavo no termoplastiska polipropilēna – viegla un izturīga materiāla, kurš ir arī caurspīdīgs, caur to ir ērti sekot līdz elektrolīta līmenim.

### 3.20. Akumulatoru baterijas konstrukcija

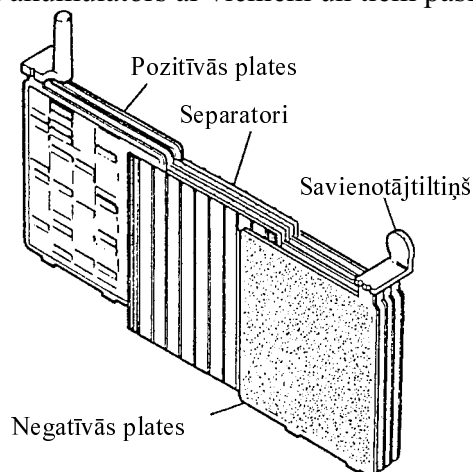
Bezapkopes akumulatoru plašu režģus izgatavo no svina un kalcija sakausējuma ar zemu antimona saturu, lai tādā veidā paaugstinātu “vārīšanās” spriegumu un destilētā ūdens zudumus. Bezapkopes akumulatoru plašu režģus izgatavo pilnīgi bez antimona vai arī ar ļoti zemu tā saturu, aizvietojojot to ar kalciju, alvu, kadmiju vai citiem elementiem.

Akumulatoru plašu režģi kalpo, lai noturētu aktīvo masu, pievadītu tai vai no tās aizvadītu strāvu (132. attēls).



132. att. Akumulatoru plašu režģi, neaizpildīti ar aktīvo masu

Lai samazinātu akumulatora gabarītus un nodrošinātu iespējami mazu iekšējo pretestību, nepieciešamo akumulatora plašu virsmas laukumu sekcijā sadala pa vairākām platēm, kuras saslēdz paralēli ar savienotājtiltiņu. Sekcijas tālāk slēdz savā starpā virknē ar savienojumu plāksni vai tapu veidā, pēdējās savienojot ar “+” vai “-” pieslēguma spaili. Agrāk, lai novērstu malējo pozitīvo plašu deformāciju, negatīvo plašu skaits sekcijā bija par vienu lielāks nekā pozitīvo plašu skaits (133. attēls). Tagad šī tendence ir mainījies – par vienu vienību pieaug pozitīvo plašu skaits, jo tad akumulators ar vieniem un tiem pašiem izmēriem var atdot lielāku strāvu.



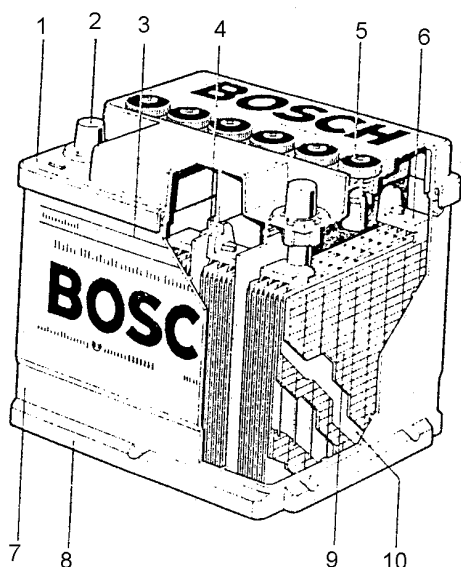
133. att. Akumulatora plašu komplektācija

Plašu režģus piepilda ar aktīvo masu, kas izgatavota no svina oksīda, ūdens un sērskābes. Sērskābei reaģējot ar svina oksīdu, rodas svina sulfāts, kas cementē aktīvo masu, padarot to daudz izturīgāku.

Separatorus ievieto starp pozitīvajām un negatīvajām platēm, lai tās nesaskartos. Separatori var būt vienkāršie un dubultie. Ja plates masā ir sintētiskā šķiedra, tad dubultos separatorus nelieto. Bezapkopes akumulatoros pozitīvās plates ievieto polietilēna mikroporizētos separatoros – aploksnēs un atbalsta tieši pret trauka dibenu, jo nav nepieciešama telpa nosēdumiem. Pēc tam



plates uzlādē (formē) un žāvē ar pārkarsētu tvaiku bez kontakta ar gaisu. Akumulatorus, kurus izgatavo šādā veidā, sauc par sausi uzlādētiem akumulatoriem. Sagatavojot ekspluatācijai, tajos iepilda elektrolītu un pēc tam tie ir (nav) papildus jāuzlādē (134. attēls).

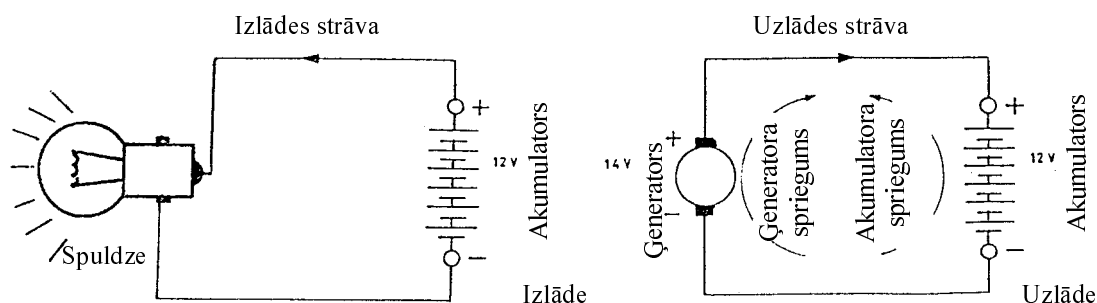


134. att. Akumulatora uzbūve:

- 1 – akumulatora vāks;
- 2 – izvadspaide;
- 3 – elektrolīta līmeņa atzīme;
- 4 – sekciju savienojums;
- 5 – aizgrieznis;
- 6 – savienotājtiltiņš;
- 7 – trauks;
- 8 – trauka dibens;
- 9 – plate;
- 10 – plastmasas separatori

### 3.21. Akumulatora uzlādēšana un izlādēšana

Akumulatoru uzlādējot, caur to plūst strāva, kuras virziens ir pretējs darba strāvai. Akumulatoru uzlādē ar līdzstrāvu, savienojot ģenerators “+” spaili ar akumulatora “+” spaili un ģenerators “-” spaili ar akumulatora “-” spaili (135. attēls). Ja akumulatora spriegums ir 12V, tad, lai piespiestu strāvu plūst pretējā virzienā, ir jāpieliek lielāks spriegums par 12V (apmēram 14÷15V) atkarībā no nepieciešamās lādēšanas strāvas un akumulatora iekšējās pretestības.



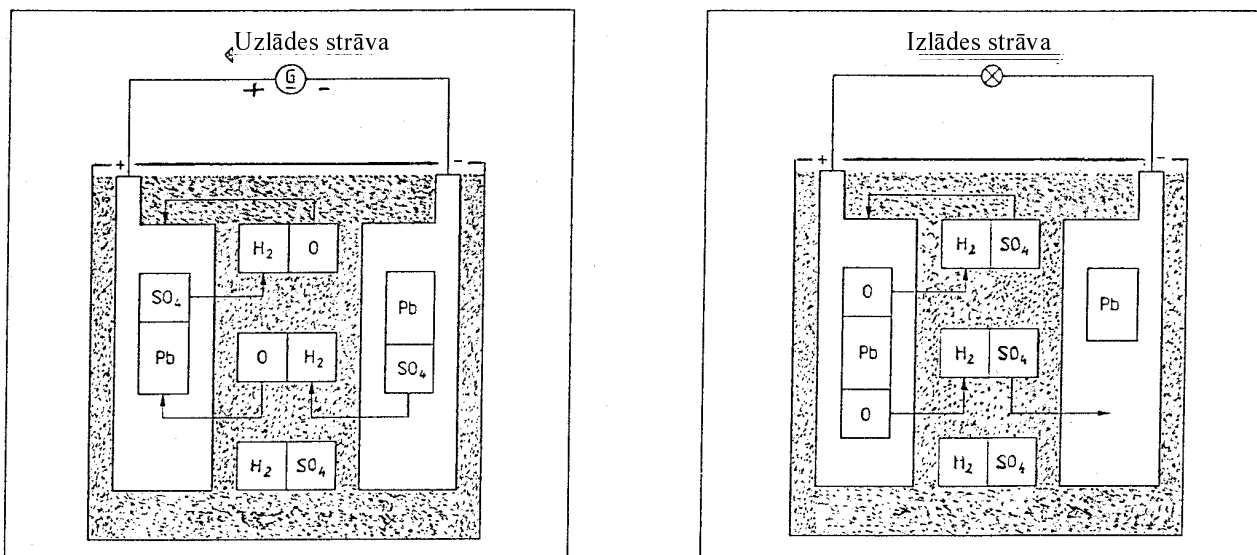
135. att. Akumulatora uzlādēšana un izlādēšana

Uzlādēta akumulatora shēmā (136. attēls) redzams, ka no ģenerators plūstošā lādēšanas strāva sadala elektrolītu. Elektrolītā skābeklis pārvietojas uz pozitīvo plati un svina sulfāts tajā pārvēršas svina dioksīdā. Abas plates atdod sulfātu, kas tālāk veido sērskābi.

Negatīvā plate pārvēršas porainā svinā. Tādā veidā ķīmisko reakciju iespaidā akumulatoru plates maina savu stāvokli, turklāt elektrolīta blīvums palielinās, jo plates saista ūdeni un izdala sērskābi.

Izlādes laikā strāva sadala skābi, sulfāts ķīmiski saistās ar plašu materiālu un veido uz tām svina sulfāta kārtiņu. Tādā veidā plates kļūst vienādas pēc sava ķīmiskā sastāva. Skābeklis izdalās no pozitīvās plates un tiek atgriezts elektrolītā, kur tas veido ūdeni. Sērskābes koncentrācija elektrolītā samazinās un līdz ar to samazinās arī elektrolīta blīvums. Ķīmisko reakciju radītās pārvērtības, kuras notiek akumulatora uzlādes un izlādes laikā, apkopotas 5. tabulā.

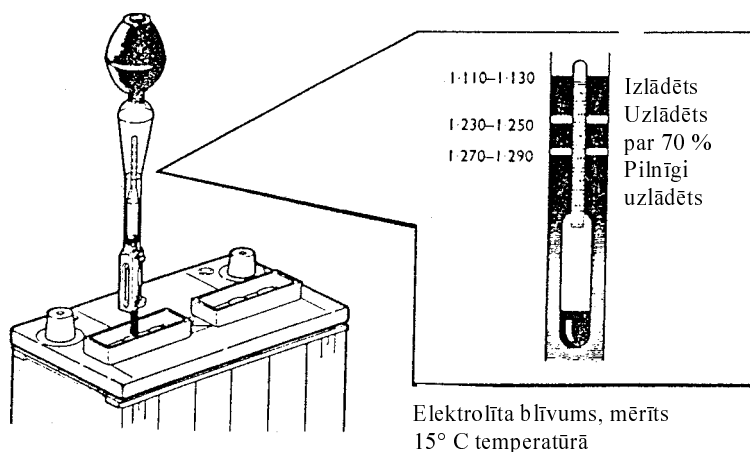
Akumulatora stāvoklis	Pozitīvās plates	Elektrolīts	Negatīvās plates
Pilnīgi uzlādēts	PbO <sub>2</sub> svina dioksīds	2H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sērskābe	Pb porainais svins
Pilnīgi izlādēts	PbSO <sub>4</sub> svina sulfāts	2H <sub>2</sub> O ūdens	PbSO <sub>4</sub> svina sulfāts



136. att. Svina – skābes akumulatora uzlādēšana un izlādēšana

No iepriekš teiktā var secināt, ka par akumulatora uzlādēšanas pakāpi var spriest pēc elektrolīta blīvuma (masas daudzums tilpuma vienībā), kuru var izmērīt ar elektrolīta blīvuma mērītāju (areometru).

Areometra darbības pamatā ir Arhimēda likums. Atkarībā no areometra tipa tajā var būt viens pludiņš (densimētrs) ar iedaļām (137. attēls) vai vairāki dažādas masas pludiņi. Elektrolīta blīvumu nolasa pret to iedaļu, kas sakrīt ar šķidruma līmeni, vai nosaka pēc smagākā uzpeldējušā pludiņa. Jāseko, lai pludiņš nebūtu pielipis pie stikla trauka sienām, atdūries pret tā augšdaļu vai nosēdies.

Elektrolīta blīvums, mērīts  
15° C temperatūrā

137. att. Areometra lietošana

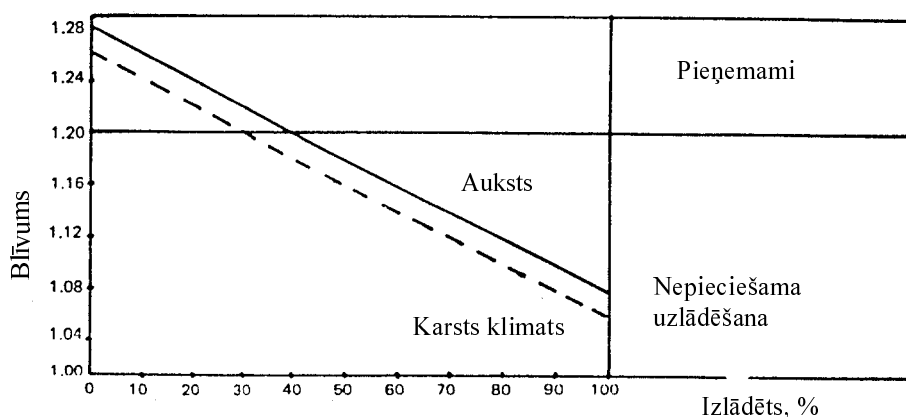
Akumulatorā elektrolīta blīvumu nedrīkst mērīt tūlīt pēc destilētā ūdens pieliešanas vai akumulatora intensīvas izlādes, kā arī, ja “vārās” elektrolīts un nav atjaunots tā līmenis, jo mērījumu rezultāti tad ir neprecīzi. Ja arī elektrolīts bija “vārījies”, tad pirms mērījumu nolāšanās jānogaida, kamēr no areometrā iesūktā elektrolīta būs izdalījušies visi gāzes pūslīši.

Vienlaikus ar elektrolīta blīvumu jāmēra arī tā temperatūra. SI sistēmā elektrolīta blīvumu mēra gramos uz kubikcentimetru ( $\text{g/cm}^3$ ) 25°C temperatūrā. Rajonos, kur gaisa temperatūra parasti nepārsniedz 25°C, elektrolīta blīvums dažādiem akumulatora stāvokļiem parādīts 6. tabulā.

6. tabula

Akumulatora stāvoklis	Blīvums, $\text{g/cm}^3$
Iepildāmais elektrolīts	1,26
Pilnīgi uzlādēts	1,27 ÷ 1,29
Uzlādēts par 70%	1,23 ÷ 1,25
Pilnīgi izlādēts	1,11 ÷ 1,13

138. attēlā ir parādīta elektrolīta blīvuma atkarība no akumulatora uzlādes pakāpes, nosacīti pieņemot, ka akumulators ir nesen iegādāts un atrodas labā stāvoklī.



138. att. Elektrolīta blīvuma atkarība no akumulatora uzlādes pakāpes

Elektrolīta izmērīto blīvumu koriģē, lai tas atbilstu 25°C temperatūrai. Ja temperatūra ir 18÷25°C, tad blīvumu nekoriģē, bet, ja tā ir zemāka, tad uz katriem 10°C no faktiskā densimetra rādījuma atņem 0,007 $\text{g/cm}^3$ ; ja augstāka, – šo vērtību pieskaita. Tā piemēram, ja elektrolīta blīvums 45°C temperatūrā bija 1,25  $\text{g/cm}^3$ , tad 25° temperatūrā

$$\text{blīvums} = 1,25 + (2 \times 0,007) = 1,264 \text{ g/cm}^3.$$

Klasiskās teorijas piekritēji iesaka vismaz reizi divos mēnešos, bet ziemā pat ik mēnesi, akumulatoru uzlādēt, lai kompensētu zudumus. Nedrīkst aizmirst, ka akumulatoru drīkst lādēt labi vēdināmās un ventilējamās telpās. Akumulatoru aizgriežņi jāizskrūvē, lai netraucētu gāzu izplūdi no trauka. Uzlādes laikā nedrīkst pieslēgt vai atslēgt akumulatoru, ja lādēšanas iekārta ieslēgta, kā arī pieslēgt akumulatoram slogdakšu vai citus patērētājus.

Ja uzlādes laikā akumulators atrodas uz automobiļa, tad tam ir jābūt atvienotam no sistēmas. Akumulatoru tūlīt pēc uzlādes nedrīkst uzstādīt automobilim. Akumulatoru uzstādot, vispirms pievieno startera “+” spaili un pēc tam masas “-“ spaili; to noņemot, rīkojas otrādi.

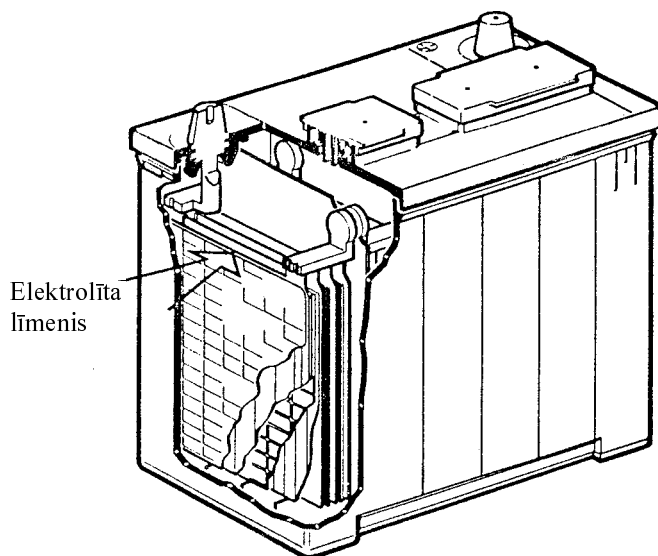
Akumulatora nepietiekamas lādēšanas vai sistemātiskas izlādes iemesli ir šādi:

- nepietiekami nospriegota ģenerators piedziņas siksna;
- nepietiekams sprieguma regulatora uzturētais spriegums;
- ģenerators suku nodilums vai cits ierosmes ķēdes pārtraukums;
- slikts kontakts akumulatora, ģenerators, sprieguma regulatora un vadu savienojumu vietās;
- strāvas noplūdes;
- palielināta pašizlāde;
- kāda patērētāja neizslēgšana u.tml.

Iespējamo strāvas noplūdi pārbauda, izslēdzot visus patērētājus (neaizmirstot atslēgt signalizāciju, ja tāda ir uzstādīta) un akumulatora ķēdē ieslēdzot miliampērmetru: vieglā automobiļa ķēdē pieļaujamā strāvas noplūde ir apmēram 1mA.

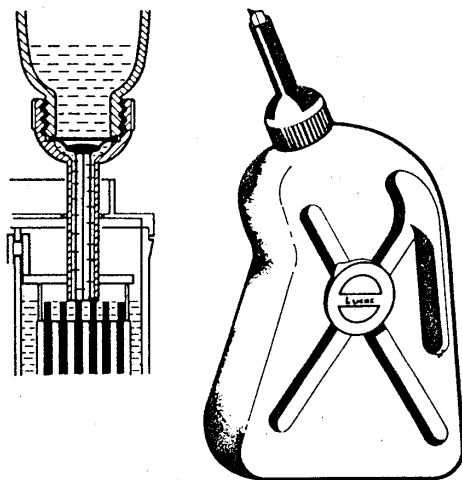
### 3.22. Elektrolīta līmeņa atjaunošana

Uzlādēšanas beigās strāva intensīvi sadala ūdeni skābeklī un ūdeņradī. Gāzes izdalās, bet ūdens daudzums elektrolītā samazinās. Elektrolīta koncentrācijas un līmeņa atjaunošanai akumulatora katrā sekcijā ir nepieciešams pieliet destilētu ūdeni tik daudz, lai elektrolīta līmenis būtu nedaudz virs aktīvo plašu augšējās malas (139. attēls), ievērojot atzīmes «MIN» un «MAX» uz tvertnes sienas.



139. att. Elektrolīta līmeņa uzturēšana akumulatorā

Dažreiz ūdens pieliešanai lieto speciālas pudeles (140. attēls), kas uzpildītas ar akumulatoriem piemērotu ūdeni. Pudeles kakliņā ir vārsts. Lai ielietu ūdeni, pudeles kakliņš līdz galam jāieliek sekcijas atverē un nedaudz jāuzspiež. Tad vārsts atveras un ūdens sāk izplūst līdz vajadzīgā līmeņa sasniegšanai, pēc tam ūdens padeve tiek automātiski pārtraukta. Ja iepildīšanas laikā pudeli nedaudz paceļ uz augšu, tad vārsts aizveras un ne pile ūdens neizlīst garām sekcijas atverei. Lai nesabojātu aktīvo plašu malas vai separatorus, iepildot ūdeni nedrīkst stipri spiest uz tām ar pudeles vārstu.



140. att. Pudele destilēta ūdens ieliešanai akumulatorā

Lai akumulators kalpotu ilgāk, jāievēro šādi nosacījumi:

- nedrīkst pieļaut, ka elektrolīta līmenis nenosedz akumulatora plates (tam ir jābūt vismaz  $10 \div 15$  mm virs separatora augšējās malas), jo tas izraisa plašu neatgriezenisko sulfatizāciju;
- lai akumulators priekšlaicīgi nenolietotos, vismaz reizi mēnesī jāpārbauda un vajadzības gadījumā jāpielej līdz vajadzīgam līmenim nepieciešamais destilētā ūdens daudzums. Mazapkopes akumulatoriem elektrolīta līmeni, kam jābūt  $5 \div 10$  mm virs aizsargsieta, pārbauda pēc  $12 \div 18$  mēnešiem vai pēc 15000 km nobraukuma.

### 3.23. Akumulatora parametri un izvēle

Viens no akumulatora būtiskākajiem parametriem ir tā **ietilpība**. Akumulatora marķējumā uzrādīta ietilpība atbilst elektrības daudzumam, ko iegūst, izlādējot akumulatoru 20 stundas ar noteiktu izlādes strāvu, kura sastāda 5% no nominālās ietilpības, līdz 10,5V spriegumam. Jo lielāka akumulatora ietilpība, jo lielāka ir tā jauda.

Palielinoties izlādes strāvai, piemēram, pieslēdzot starteri, iegūstamās enerģijas daudzums akumulatora izveidojuma un elektroķīmisko īpatnību dēļ būtiski samazinās.

Ja akumulatoru, kura ietilpība ir 50Ah, izlādē ar 5A stipru strāvu, tad izlāde teorētiski ilgs 10 stundas ( $5A \times 10h = 50Ah$ ). Praktiski tomēr ir savādāk: šādas ietilpības akumulators izlādēsies, apmēram jau pēc 8,6 stundām.

Akumulatora ietilpība ļauj arī aprēķināt akumulatora uzlādes laiku. Piemēram, lai pilnīgi uzlādētu 50Ah ietilpības akumulatoru, teorētiski būtu jālādē 10 stundas ar 5A stipru strāvu. Tā kā lādēšanas iekārtas lietderības koeficients nav 100%, aprēķināto ietilpību nāksies palielināt apmēram 1,3 reizes un minētā akumulatora pilnīgai uzlādēšanai būs nepieciešamas apmēram 13 stundas.

Akumulatora ietilpība nenosaka un nenorāda uzkrātās enerģijas atdeves ātrumu. Sastopami akumulatori ar lielu ietilpību, bet ar mazu izlādes laikā uzreiz atdodamo strāvu. Šādi akumulatori paredzēti ilgstošai nelielas jaudas elektrisko patērētāju barošanai, kad motors nedarbojas vai ilgstoši braucot specifiskos apstākļos, kad ģenerators jauda nav pietiekama patērētāju apgādei ar nepieciešamo enerģiju. Tādi akumulatori nav paredzēti lielas jaudas patērētāju energoapgādei, kas ir sevišķi aktuāli, iedarbinot aukstu motoru zemas temperatūras apstākļos, kad uzreiz un zināmu laika periodu nepieciešama liela strāva.

Pretēji aprakstītajam piemēram, ir arī akumulatori ar mazāku ietilpību, bet salīdzinoši lielāku izlādes strāvu. Tāpēc jāņem vērā arī akumulatora momentānā strāva, ko tas spēj atdot uzreiz. **Momentānā jeb aukstās iedarbināšanas strāva** ir svarīgākais akumulatora parametrs, kas norāda maksimālo no akumulatora uzreiz saņemto strāvu  $-18^{\circ}\text{C}$  temperatūrā līdz noteiktam laikam, kamēr spriegums uz akumulatora spailēm nesamazinās līdz minimālam līmenim. Pastāv arī vairāki standarti, kuri norāda gan šo laiku, gan arī minimālo spriegumu, piemēram, BS – Britu standarts, DIN – Vācu standarts, SAE – Amerikāņu standarts (7. tabula).

7. tabula

Standarts	Laiks, sekundēs	Minimālais spriegums, V
DIN	30	9,0
BS	60	8,4
SAE	30	7,2

Vislielāko skaitli dod SAE standarts, tāpēc ir svarīgi salīdzināt akumulatorus vienā standartā.

Akumulatoram šī strāva nekādā gadījumā nedrīkst būt mazāka par startera darbināšanai nepieciešamo strāvu. Šo parametru nekādā gadījumā nedrīkst ignorēt, iegādājoties jaunu akumulatoru. Jāņem vērā arī tas, ka  $-18^{\circ}\text{C}$  temperatūrā pat pilnīgi uzlādēta akumulatora jauda samazinās un tā sastāda vairs tikai apmēram 40% no akumulatora ietilpības  $27^{\circ}\text{C}$  temperatūrā, bet sabiezējušās eļļas un motora detaļu berzes dēļ vienlaikus palielinās arī motora iegriešanas pretestība pat līdz 210% (8. tabula).

Temperatūra, ° C	Akumulatora jauda, %	Motora pretestības moments, %
+27	100	100
0	65	155
-18	40	210
-29	18	268

Ja akumulatora aukstās iedarbināšanas jeb momentānā strāva izvēlēta par mazu, tad siltā laikā sākotnēji problēmas nejūt, bet zemās temperatūrās un vēl auksta motora iedarbināšanas laikā starteris motora kloķvārpstu kaut kā iegriež, taču vienlaikus samazinās arī spriegums, tādēļ pienācīgi nedarbojas aizdedzes sistēma un motors tā arī neiedarbojas (tieši motora iedarbināšanas laikā nepieciešama īpaši spēcīga dzirkstele).

Šī iemesla dēļ aukstās iedarbināšanas akumulatora strāva ir viens no tiem nedaudzajiem, parametriem, kuru izvēloties Latvijas apstākļiem, nevajadzētu stingri vadīties pēc automobiļu ražotāju un rokasgrāmatu datiem. Tie lielākoties doti Centrāleiropas maigajiem klimatiskajiem laika apstākļiem, bet Latvijas ziemām ir nepieciešami jaudīgāki akumulatori ar

- nedaudz lielāku ietilpību,
- lielāku momentāno strāvu. To apstiprina arī jaunu Rietumeiropā un citur ražoto automobiļu ekspluatācijas pieredze Latvijā, kad jau jauna automobiļa garantijas laikā bieži ir jānomaina akumulators. Nomainot to ar jaudīgāku, turpmāk sarežģītumu parasti nav. Tāpēc jāizvēlas akumulators ar vismaz 5 ÷ 10 ampērstundu lielāku ietilpību (nepārsniedzot pieļaujamos akumulatora izmērus).

Daudzi ražotāji uzrāda vēl vienu parametru – **akumulatora jaudas rezervi**. Tas ir laiks (minūtēs), cik ilgi akumulators spēj nodrošināt automobiļa elektrotīklu ar 25A strāvu, saglabājot spriegumu lielāku par 10,5V. Būtībā tas raksturo laiku, cik ilgi akumulators spēj nodrošināt minimāli nepieciešamo elektrisko patērētāju apmierinošu darbību, ja gadījumā no ierindas iziet ģenerators. Piemēram, akumulatora marķējumā: 12/88 (120) skaitlis 120 norāda, ka ģenerators atteikuma gadījumā vēl 2 stundas (120 minūtes) iespējama automobiļa turpmāka ekspluatācija, ja kopējā strāva patērētāju ķēdē nepārsniedz 25A.

Vācu izgatavotāji **akumulatorus marķē** ar rūpnīcas numuru piecciparu skaitļa veidā (11111), norādot: nominālo spriegumu (12V), ietilpību (60Ah) un aukstās iedarbināšanas strāvu (300A), piemēram: **11111 12V 60Ah 300A**.

Izvēloties akumulatoru, noteikti jāņem vērā tā izmērs un pievienošanas spaiļu novietojums, spaiļu forma un izmēri. Tagad agrāk ražotā akumulatora vietā iespējams izvēlēties tikpat lielu izmēru, bet lielākas jaudas akumulatoru. Izvēloties akumulatoru ar nepareizu spaiļu izvietojumu, pievienošanas vadu garums būs nepietiekams.

### 3.24. Vairāku akumulatoru vienlaicīga izmantošana

Divus **virknes slēgumā** saslēgtus akumulatorus izmanto sprieguma paaugstināšanai - no diviem 12V akumulatoriem iegūst 24V līdzstrāvas avotu. Virknes slēgumā saslēgtu akumulatoru kopējā ietilpība ir vienāda ar viena akumulatora ietilpību. Piemēram, virknes slēgumā savienojot divus 12V/70Ah akumulatorus, iegūst 24V/70Ah elektroenerģijas avotu.

Divus **paralēlā slēgumā** saslēgtus akumulatorus izmanto ietilpības (jaudas) palielināšanai. Akumulatoru paralēlā slēgumā spriegums nemainās.

Piemēram, savienojot paralēlajā slēgumā divus 12V/70Ah akumulatorus, iegūst 12V/140Ah elektroenerģijas avotu. Šajā gadījumā iegūtā lielākā kopējā ietilpība var nodrošināt automobiļa motora efektīvu iedarbināšanu un ilgstošu mazākas jaudas patērētāju barošanu.

Šādā veidā var slēgt akumulatorus tikai ar vienādiem parametriem.

### 3.25. Uzlādes strāva

Uzlādējot akumulatoru automobili, ģenerators sprieguma regulators automātiski regulē uzlādēšanas strāvu, kas ir atkarīga no slodzes, kā arī akumulatora lietošanas ilguma un stāvokļa.

Uzlādējot akumulatoru ar ārējo uzlādēšanas iekārtu, ir jāaprēķina un jāiestāda uzlādes strāva, kurai vajadzētu būt apmēram 0,1 līdz 0,3 no akumulatora ietilpības. Piemēram, pilnīgi izlādētam 36Ah ietilpības akumulatoram

- aprēķinātā ietilpība =  $36\text{Ah} \times 1,3 = 46,8\text{Ah}$ ;
- uzlādes strāva =  $0,1 \times 46,8 \approx 5\text{A}$ .

Uzlādes strāvu nevajadzīgi palielinot, samazinās akumulatora ietilpība. Ja elektrolīta temperatūra pārsniedz  $40^{\circ}\text{C}$ , tad uzlādes strāva jāsamazina vai uzlāde jāpārtrauc, lai temperatūra pazeminātos līdz  $30^{\circ}\text{C}$ .

Temperatūrai paaugstinoties, uzlādes strāva palielinās un siltums izdalās vēl intensīvāk. Pārāk stipra strāva veicina akumulatora plašu režģa koroziju un var izraisīt aktīvās masas noslīdēšanu, bet zema elektrolīta temperatūra sekmē plašu sulfatizāciju.

#### **Bezapkopes akumulatoru (maintenance free) uzlāde**

Šī tipa akumulatori attiecībā uz pārlādēšanu ir ļoti jutīgi. Veicot akumulatoru uzlādēšanu ārpus automobiļa, uzlādēšanas iekārtas spriegumam ideālā variantā ir jābūt 14,4V. Uzlādēšanas laikā akumulatora spriegums palielinās un uzlādēšanas process beigsies, kad spriegums uz akumulatora spailēm vairs nepalielināsies.

Uzlādējot bezapkopes akumulatorus, ir jāievēro šādi noteikumi:

- nekad neizmantojot ātrās uzlādes režīmu;
- nekad neizmantojot uzlādēšanas iekārtas režīmu, kad tās izejas spriegums kļūst lielāks par 15,8V;
- pārtraukt uzlādi, ja akumulators sāk izdalīt gāzi.

### 3.26. Pašizlāde

Pašizlāde ir akumulatora izlāde, kad visi patērētāji atslēgti. Palielinātu pašizlādi veicina

- netīrs, ar elektrolītu noliets trauks (pašizlāde var sastādīt diennaktī pat līdz 8% no akumulatora kapacitātes);
- netīrs elektrolīts, sevišķi ar dzelzs un vara piemaisījumiem, vai arī elektrolīts, kas pēc līmeņa vai blīvuma korekcijas nav sajaukts. Elektrolītam nedrīkst pievienot nedestilētu ūdeni, jo tas satur vārāmo sāli, hloru, dzelzi, slāpekli un citus piejaukumus, kas, nokļūstot elektrolītā, rada aktīvās masas sadrupšanu;
- akumulatora sagāšana, kā rezultātā nosēdumi iekļūst starp platēm un tās savieno.

Normālā pašizlāde diennaktī sastāda no 0,2 līdz 1 % no akumulatora kapacitātes, atkarībā no ekspluatācijas ilguma. Pašizlādes intensitāte strauji samazinās, samazinoties elektrolīta blīvumam un temperatūrai (9. tabula).

9. tabula

Uzlādes pakāpes samazināšanās mēnesī, %	4	5	11	18	30	50	75
Elektrolīta temperatūra, $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60

Par akumulatora palielinātu pašizlādi var liecināt gāzu pūslīšu izdalīšanās no elektrolīta plašu vietējo strāvu radītās elektrolīzes rezultātā.

Akumulatora pašizlāde ne tikai samazina uzlādēšanas pakāpi, bet arī tā ietilpību, jo vietējās strāvas veicina plašu sulfatizāciju.

Parastie paņēmieni pret pašizlādi ir periodiska un pastāvīga akumulatora papilduzlāde ar strāvu, kas ir apmēram vienāda ar pašizlādes strāvu, kuru ir iespējams noteikt kļūdu un meklējumu

ceļā. Pirmajā tuvinājumā var pieņemt pastāvīgās papilduzlādes strāvu, vienādu ar 0,001 daļu no akumulatora ietilpības, piemēram, akumulatoram ar 50Ah ietilpību pastāvīgās papilduzlādes strāvu aprēķina šādi:

$$50 \times 0,001 = 0,05\text{A} = 50\text{mA}.$$

Pastāvīgai papilduzlādei var izmantot 12 V uzlādēšanas ierīci, kurā virknē ar akumulatoru ieslēdz automobiļa 5W spuldzi, pat bez uzlādēšanas strāvas regulēšanas un kontroles līdzekļiem.

### 3.27. Sulfatizācija

Normālas izlādes laikā uz akumulatora platēm veidojas mikroskopiski svina sulfāta kristāliņi. Akumulatoru uzlādējot, tie pārvēršas svinā un skābes atlikumā. Ja akumulatoru ilgu laiku atstāj neuzlādētu, tad no šiem kristāliņiem veidojas jau lielāki balti kristāli, kas spējīgi aizsprostot poras un pārklāt plašu virsmu. Līdz ar to elektrolīta saskare ar plašu aktīvo masu pasliktinās, kā rezultātā akumulatora ietilpība samazinās, iekšējā pretestība palielinās, kas noved līdz paātrinātai elektrolīta sasilšanai uzlādes laikā.

Nelielu sulfatizāciju var novērst, veicot akumulatora ilgstošu uzlādi ar mazas uzlādes strāvu, taču smagākos gadījumos process ir neatgriezenisks.

Sulfatizāciju veicina

- akumulatora ilgstoša glabāšana bez uzlādes;
- liels elektrolīta blīvums;
- liela pašizlāde;
- plašu saskare ar gaisu;
- nepietiekama uzlāde ekspluatācijas laikā;
- netīrs elektrolīts u.tml.

Sulfatizācijas pazīmes:

- lielāks uzlādes spriegums un iekšējā pretestība;
- mazāks izlādes spriegums un ietilpība;
- uzlādes laikā strauji paaugstinās temperatūra, intensīvi izdalās gāzes, bet elektrolīta blīvums nepalielinās.

### 3.28. Īsslēgums

Sabojājoties separatoram un sadrūpot plašu aktīvajai masai, vispirms samazinās akumulatora ietilpība, tad darbības procesā krasi samazinās spriegums, līdz pēc kāda laika motoru nav iespējams iedarbināt bez papildu akumulatora pieslēgšanas.

Īsslēgumu veicinošie faktori ir šādi:

- pārāk ilga uzlāde pie sprieguma, lielāka par 15V, un par 30°C augstākā temperatūrā;
- elektrolīta sasaldēšana;
- regulāra ilgstoša izlāde ar maksimālo strāvu;
- asi triecieni, krasas vibrācijas, pārmērīgs sagāzums.

Ja bojāta kāda akumulatora sekcija, tad tajā var novērot mazāku elektrolīta blīvumu nekā citās sekcijās un samazinātu kopējo akumulatora spriegumu, jo ar kopīgu vāku nosegtām sekcijām atsevišķas sekcijas spriegumu nevar izmērīt. Akumulatoru uzlādējot ar ģeneratora vai uzlādēšanas ierīces palīdzību, bojātā sekcija pārmērīgi karst. Tā kā pārējām sekcijām ir jākompensē bojātās sekcijas darbs, tās ātrāk izlādējas, progresējoši nolietojas, līdz ar to nepieciešami jauni izdevumi.

Lai nepārslogotu akumulatoru, starteri nevajadzētu darbināt nepārtraukti ilgāk par 10 ÷ 15 sekundēm, pēc vismaz 40 ÷ 60 sekunžu ilgas pauzes un ne vairāk par 3 līdz 5 neveiksmīgiem mēģinājumiem.

Ļoti būtiski akumulatora kalpošanas ilgumu ietekmē stingrs tā nostiprinājums, jo akumulatori ir ļoti neizturīgi pret triecieniem un vibrācijām, piemēram, ātri var pārlūzt starpsekciju savienojumi, kas ir samērā plāni.

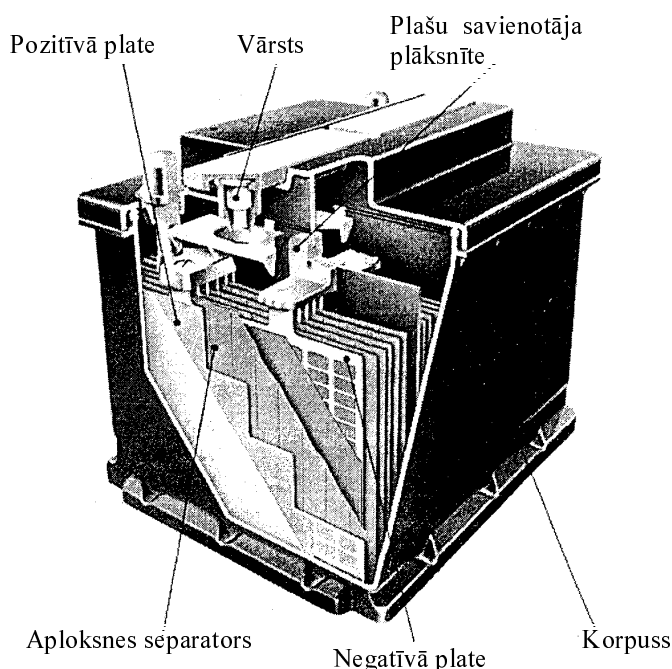


### 3.29. Bezapkopes akumulatori

Šī tipa akumulatori neprasa periodisku elektrolīta un tā līmeņa pārbaudi visā to ekspluatācijas periodā. Tas tiek panākts, izmantojot plašu izgatavošanā kalciju, lietojot mūsdienīgas tehnoloģijas un, galvenais, – nodrošinot precīzi 14,4V ģenerators izejas spriegumu jo, palielinoties uzlādes spriegumam, no elektrolīta sāks izdalīties gāzes, kas novedīs pie ūdens zudumiem.

Visi bezapkopes akumulatori ir apgādāti ar dažādas konstrukcijas vārstiem, kas paredzēti gāzu aizvadīšanai. Daži šī tipa akumulatori ir hermetizēti, un destilētā ūdens pieliešana vispār nav iespējama, jo iztvaikošana tajos notiek ļoti lēni. Citi akumulatori ir apgādāti ar destilētā ūdens pieliešanai paredzētām atverēm, lai neparedzētos gadījumos, kas saistās ar gāzu izdalīšanos, tomēr varētu līmeni papildināt (141. attēls).

Visbiežāk akumulatori sabojājas īsslēguma dēļ plašu apakšējā daļā, kas saistās ar to aktīvo masu nobīršanu. Bezapkopes akumulatorā arī šis trūkums ir novērsts, svina plati atsevišķi ievietojot mikroporizētā polietilēna separatorā – aploksnē. Šis materiāls ir absolūti inerts pret elektrolītu, un tas tiek izmantots, lai aizsargātu plātes no īsslēgumu izraisošās salipšanas mehānisko triecienu un ķīmiskas (tā sauktās plašu apaugšanas jeb ķīmiski aktīvās masas pieaugšanas) iedarbības rezultātā. Aktīvajai masai nobirstot, tā paliek separatora apakšā un īsslēgums ar blakus esošo plati vairs nav iespējams.



141. att. Bezapkopes FULMEN DURASTART akumulatori

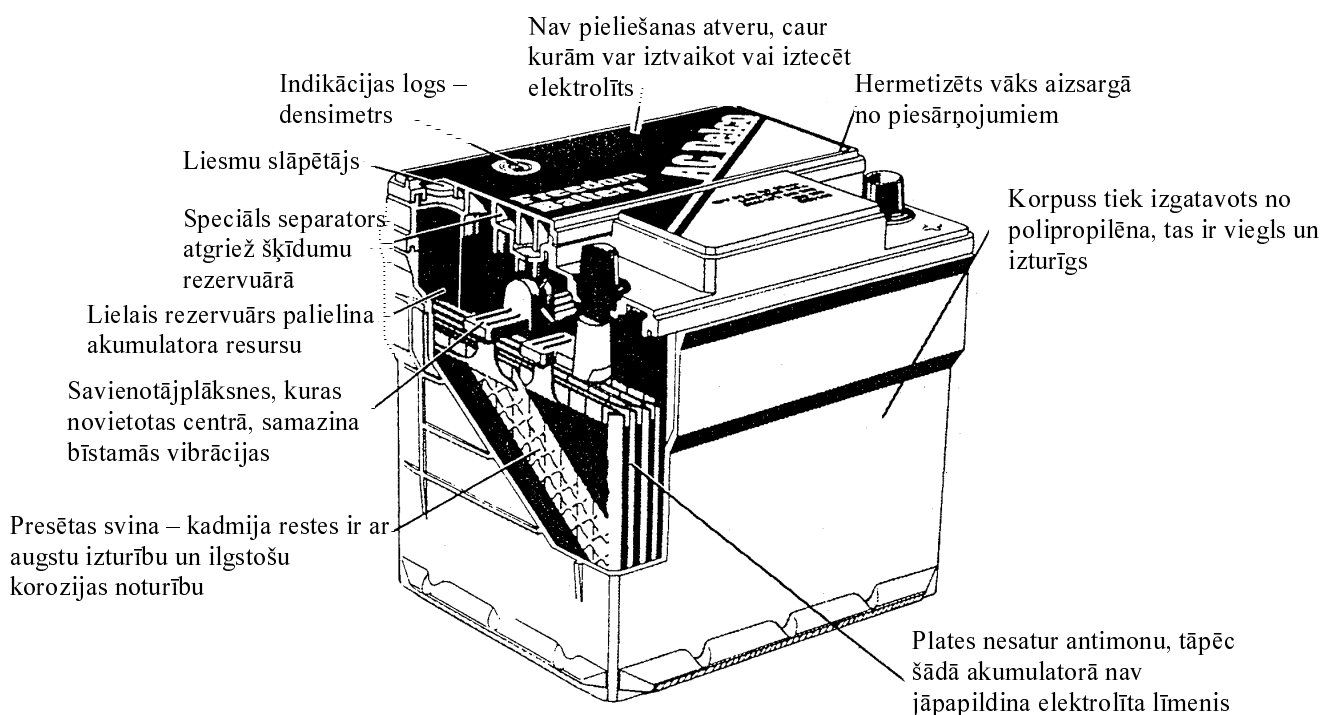
Otrs konstruktīvais jauninājums šajos akumulatoros ir tā saucamā multiplate – ļoti plānu, ar aktīvo masu pildītu plašu salikums, kas cieši nostiprinātas grupā. Šāda plašu konstrukcija salīdzinājumā ar parasto akumulatoru ļauj palielināt akumulatora atdodamo jaudu startera režīmā par 30%.

Citos šāda tipa akumulatoros tiek izmantots “elektrolīta rekombinācijas” efekts. Šādu akumulatoru plātes tiek atsevišķi ievietotas stiklšķiedras separatorā, kurš uzsūc visu elektrolītu tā, ka plašu malas pat paliek sausas. Akumulatora uzlādēšanas laikā, kad tas ir gandrīz pilnīgi uzlādēts, no pozitīvajām plātēm sāk izdalīties skābeklis; parastajā akumulatorā šajā pašā laikā uz negatīvajām plātēm sāk izdalīties ūdeņradis. Izveidojies skābeklis caur separatoru nokļūst uz negatīvajām plātēm, kuras ir piepildītas ar sērskābo svinu, un pārveido to tīrā svinā un skābē. Negatīvo plašu potenciāls nesasniedz to uzlādes līmeni, kad no tām sāk izdalīties ūdeņradis, tāpēc nerodas ūdens zudumi.

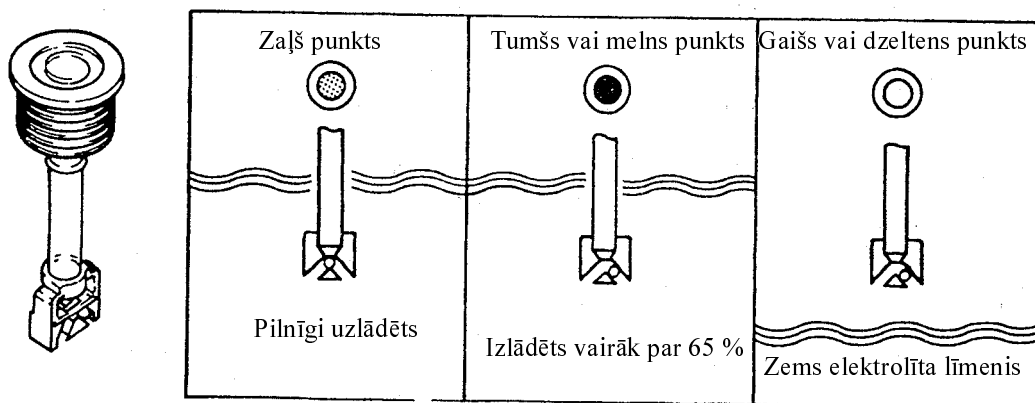
Akumulators ir hermetizēts, taču tas ir apgādāts arī ar drošības vārstu, caur kuru var izplūst liekās gāzes, kas var rasties neparedzētās situācijās.

142. attēls parādīts *AC Delco Freedom* bezapkopes akumulators, kura plašu izgatavošanā svina antimona vietā lieto tā saucamo kalcinēto svinu, tāpēc šādā akumulatorā ūdens elektrolīze norit vēl lēnāk un uzlādes (izlādes) procesos šie akumulatori kalpo ilgāk nekā tradicionālie. Gāzu veidošanās akumulatorā ir samazināta līdz minimumam, tas ir pilnīgi hermetizēts, ar poraina materiāla liesmu slāpētāju, caur kuru var noritēt "ieelpas" no atmosfēras. Speciāla separatora porās savāktie elektrolīta tvaiki kondensējoties atgriežas akumulatora aktīvajā vidē, neskarot elektroinstalāciju un spaiļes.

Akumulators ir apgādāts ar oriģinālu densimetru, kurš izveidots zaļas lodītes pludiņa formā un ir ievietots plastmasas caurulē (143. attēls). Pludiņu var novērot caur akumulatora vāka indikācijas logu – "actiņu". Ja akumulators ir uzlādēts un elektrolīta līmenis ir normas robežās, tad zaļais pludiņš ir redzams un "actiņa" ir zaļā krāsā. Ja pludiņš ir pazudis no redzamības zonas, tad "actiņa" paliek melnā krāsā un tas nozīmē, ka akumulators ir jāuzlādē. Ja "actiņa" kļūst caurspīdīga vai dzeltena, tad elektrolīta līmenis atrodas zem normas un akumulators ir jānomaina.



142. att. *AC DELCO FREEDOM* bezapkopes akumulators



143. att. *AC DELCO FREEDOM* akumulatora densimetrs

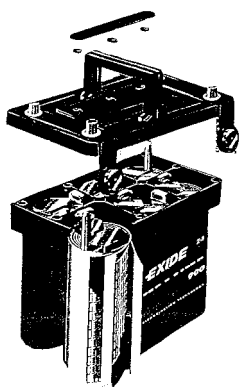
### 3.30. Akumulators spirālē

Akumulatoru izstrādē izmanto principā jaunu metodi. Plates ir izdevies satīt spirālveida ruļļos, ievietojot starp tiem plānu separatoru no stiklšķiedras un zīda izejvielas, kurš tiek piesūcināts ar elektrolītu. Plašu režģi ir izgatavoti no tīra svina un alvas sakausējuma, tādēļ akumulatora pašizlādēšanās ir ļoti niecīga. Pašas plates ir ļoti plānas, tāpēc to virsmas laukums ir par 50 ÷ 100% lielāks nekā parastam akumulatoram.

Īpašās konstrukcijas dēļ jaunā tehnoloģija ieguvusi nosaukumu *Spirall Cell* – spirāles elements. Jaunā akumulatora elementi praktiski ir sausi, jo skābe ir saistīta ar poraino separatoru un neiztecēs no tvertnes pat tās bojājuma gadījumā. Katrai sekcijai ir savs drošības vārsts, kas arī palielina drošību. Šīs konstrukcijas dēļ akumulators kļūst par pilnīgu bezapkopas akumulatoru.

Tāpat kā citi 12V akumulatori, arī jaunās konstrukcijas akumulatori sastāv no virknē savienotām sešām sekcijām. Katrā sekcijā ievietotas divas (viena pozitīvā un viena negatīvā) ļoti ciešos ruļļos satītas plates, starp kurām atrodas īpašas struktūras stiklšķiedras separators. Šāda konstrukcija ievērojami palielina akumulatora mehānisko izturību, tas labāk iztur vibrācijas (*EXIDE Maxxima 900* akumulatori 20 stundas spēj izturēt 30 ÷ 35Hz svārstības), kamēr pastiprinātie parastās konstrukcijas jeb *Heavy Duty* akumulatori pie šādām svārstībām sabrūk jau pēc 5 ÷ 7stundām. Tas ir ļoti būtiski ne tikai automobiļos, bet arī lauksaimniecības un mežsaimniecības mašīnās.

Lai gan katrā sekcijā ievietotas tikai divas plates, to kopējā darba virsma ir ievērojami lielāka nekā līdzvērtīga izmēra parastā akumulatora katrā sekcijā ievietotām 14 platēm kopā. Ar to arī izskaidrojama jaunās paaudzes akumulatoru ievērojami lielākā maksimālā strāva. Tieši akumulatora maksimālā strāva ir noteicošā (īpaši auksta motora iedarbināšanas brīdī), nevis ietilpība. Iespēju iegūt lielu strāvu veicina arī plašu režģa forma un izmantotais metāla sakausējums. Ja temperatūra ir 0°C, akumulatoru var 30 sekundēs izlādēt ar 800A strāvu līdz beigu spriegumam 7,2V, bet –30°C temperatūrā – 30 sekundēs ar 600A strāvu līdz beigu spriegumam 7,2V. Kā apgalvo akumulatoru ražotāji, to izgatavošanai lietotie sakausējumi samazina akumulatora pašizlādi tā neizmantošanas periodā. Traktoru var atstāt uz visu ziemu, akumulatoru nelādējot, mežsaimniecības tehnika var stāvēt lielā salā, nezaudējot akumulatora darbības spējas, jo elektrolīts nav brīvā veidā un akumulatoru sasaldēt nav iespējams. Akumulatora konstruktīvais izveidojums un ļoti tīru materiālu izmantošana plašu režģu izgatavošanai ļauj ievērojami samazināt akumulatora iekšējo pretestību, tāpēc akumulatori arī ātrāk uzlādējas. Pēc izlādes akumulatorus stundas laikā var uzlādēt līdz 80% no to ietilpības.



144. att. EXIDE MAXXIMA 900 akumulators

Vēl ļoti būtiska *EXIDE Maxxima 900* un citu jaunās paaudzes akumulatoru īpatnība ir tā, ka tajos praktiski nav “brīva” šķidra elektrolīta. Viss elektrolīts ir saistīts platēs un separatora materiāla īpašo šķiedru porās. Ja akumulatora korpuss kāda trieciena rezultātā pārplīst, elektrolīts praktiski neiztek un akumulators turpina darboties.

Tāpat kā citos neapkalpojamajos akumulatoros, arī *EXIDE Maxxima 900* akumulatoros to uzlādēšanai izmantots rekombinācijas princips, t.i., uzlādes laikā ūdens sadalīšanās rezultātā radušās gāzes (skābeklis un ūdeņradis) tiek pārvērstas atpakaļ ūdenī. Ja nepareizas akumulatora lādēšanas

rezultātā uzlāde notiek par strauju vai radušās gāzes kādu iemeslu dēļ nepārvēršas ūdenī, tad palielināta iekšējā spiediena ietekmē nostrādā drošības vārsts.

10. tabula

Parametrs	EXIDE <i>Maxxima 900</i>	Tradicionālie akumulatori
Spriegums, V	12	12
Ietilpība, Ah	50	50 ÷ 60
Izlādes strāva pie – 18°C, A	800	340 ÷ 400 (500max)
Svars, kg	17	18,5
Izmēri, mm	258×173×205	272×174×224

Atzinīgi jānovērtē arī universālais pievienošanas izvadu risinājums. Akumulatora virspusē izveidoti divi koniskas formas izvadu pāri, bet vienā sēnā – divas vītņotas izvadspaiļes. Tas nozīmē, ka šādu akumulatoru var pievienot jebkura automobiļa elektrotīklam, neatkarīgi no akumulatoram paredzētā plaukta jeb ligzdas izvietojuma, kā arī pozitīvo un negatīvo spaiļu stāvokļa.

## 4. ELEKTROSTARTERIS

### 4.1. Automobiļu motoru iedarbināšanas īpatnības

Motora droša iedarbināšana ir atkarīga no vairākiem konstruktīviem un ekspluatācijas faktoriem, pie kuriem var attiecināt saspiešanas pakāpi, darba tilpumu, cilindru skaitu un to izvietojumu, motora detaļu temperatūru, aizdedzes sistēmas regulēšanas parametrus (karburatormotoriem), degvielas aparatūras un degvielas īpašības zemās temperatūrās, motoreļļas viskozitātes un temperatūras raksturojumus, iedarbināšanas sistēmas jaudu un energoietilpību, iedarbināšanas palīgierīču esamību un efektivitāti utt.

Iekšdedzes virzuļmotori vienmērīgi sāk strādāt tikai tad, ja kloķvārpstas griešanās frekvence ir salīdzinoši augsta, tāpēc iedarbināšanas iekārtai jāiegriež kloķvārpsta ar tādu frekvenci, lai varētu sākties un notikt degmaisījuma uzliesmošana un sadegšana, kas veicinātu motora pāreju uz pastāvīga darba stabilu režīmu. Iedarbināšanas procesa raksturojums un prasības kloķvārpstas rotācijas frekvencei iedarbināšanas laikā karburatormotoriem un dīzeļmotoriem ir atšķirīgas.

Karburatormotoru iedarbināšanas frekvencei ir jābūt pietiekamai, lai nodrošinātu degmaisījuma veidošanu, veicinātu tā uzliesmošanu no elektriskās dzirksteles. Auksta benzīnatora iedarbināšanas laikā degvielas un iepļūdes kolektora zemās temperatūras un gaisa plūsmas pārvietošanās nelielā ātruma dēļ degmaisījuma veidošanā piedalās tikai benzīna viegli gaistošās frakcijas, tāpēc benzīna iedarbināšanas spējas novērtē pēc 10% frakcijas iztvaikošanas temperatūras, jo pārējā degvielas daļa nonāk cilindros pilienu veidā. Lai sagatavotu degmaisījumu uzliesmošanas robežās, motora iedarbināšanas laikā palielina degvielas padevi.

Samazinoties kloķvārpstas rotācijas frekvencei, ievērojami ilgāks kļūst degmaisījuma saspiešanas process, palielinās siltumatdeve uz aukstajām cilindra sienām un gāzu noplūde caur neblīvumiem virzuļa gredzenos un vārstos. Spiediens un temperatūra degmaisījuma saspiešanas beigās pazeminās, kas pasliktina tā uzliesmošanu un aizdegšanos. Degmaisījuma masas samazināšanās cilindru nepilnīgas papildīšanas dēļ samazina sadegšanas laikā izdalīto siltuma daudzumu un indicēto jaudu, ko motors attīsta iedarbināšanas laikā.

Degmaisījuma veidošanās pasliktināšanās iedarbināšanas laikā rada nepieciešamību palielināt elektriskās dzirksteles enerģiju. Iedarbināšanas režīmiem izvēlas optimālo aizdedzes apstādzes leņķi.

Dīzeļmotoros degmaisījuma sagatavošana ir stipri apgrūtināta, jo degvielas iesmidzināšana un sajaukšana ar gaisu notiek tieši cilindrā un daudzkārt īsākā laika posmā nekā karburatormotoros. Degmaisījuma aizdegšanās notiek degkamerā augstas temperatūras ietekmē. Tā kā degmaisījuma sagatavošanas process ir īss un nenotiek degmaisījuma piespiedu aizdedzināšana, tad dīzeļmotorus ir daudz grūtāk iedarbināt nekā karburatormotorus.

Degvielas iesmidzināšanas momentā temperatūrai cilindrā ir jābūt lielākai par tās pašuzliesmošanas temperatūru, lai pašuzliesmošanas aizkavēšanās periods, kas iedarbināšanas laikā ir nepieciešams degmaistījuma sagatavošanai un pirmsuzliesmošanas reakciju attīstībai, būtu pēc iespējas mazāks. Elektrostartera iedarbināšanas režīmā ar lielu kloķvārpstas rotācijas nevienmērīgumu krasi palielinās saspiešanas procesa ilgums, kas izsauc atbilstošu siltuma un spiediena noplūdi, samazina temperatūru un spiedienu cilindros saspiešanas takts beigās.

Degmaistījuma pietiekamai aizdedzināšanai vajadzīgo temperatūru un spiedienu dīzeļmotora cilindros nodrošina ar lielāku saspiešanas pakāpi un kloķvārpstas rotācijas frekvenci nekā karburatormotoros.

Minimālajai iedarbināšanas rotācijas frekvencei karburatormotoriem jābūt  $40 \div 85$  apgr/min, ja karburatorā ir palīgierīces iedarbināšanas atvieglošanai, un apmēram 200 apgr/min, ja šādu palīgierīču nav.

Minimālajai iedarbināšanas rotācijas frekvencei dīzeļmotoriem jābūt  $50 \div 200$  apgr/min, bet motoriem ar kvēlsvēcēm to var samazināt līdz 85 apgr/min.

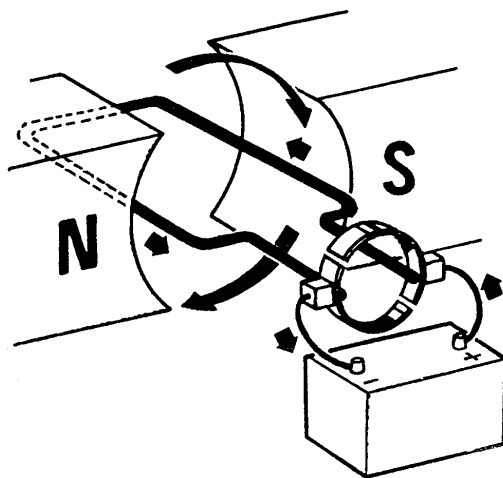
Minimālā iedarbināšanas rotācijas frekvence palielinās, pazeminoties gaisa temperatūrai un samazinoties eļļas viskozitātei, bet tā ievērojami samazinās, palielinoties motora cilindru skaitam un izmantojot iedarbināšanas palīgierīces.

## 4.2. Startera motora darbības princips

Automobiļu attīstības agrīnajā periodā, lai iedarbinātu motoru, vadītājs ar roku grieza iedarbināšanas kloķi. Motoru jaudām pieaugot, tos kļuva grūtāk iedarbināt, vairāk bija arī roku traumu, ko radīja kloķa atsitienu pārāgrās aizdedzes dēļ. 1912. gadā automobilis *Kadiljaks* tika aprīkots ar elektrisko starteri. Tomēr bija vēl jāpaiet ilgam laikam, līdz ar to tiktu apgādāti visi pārējie automobiļi.

Startera galvenais uzdevums ir, izmantojot akumulatoru, iegriezt kloķvārpstu motora iedarbināšanas laikā, bet, motoram uzsākot darbību patstāvīgi, mehāniski atvienoties no motora. Startera galvenās sastāvdaļas ir startera motors, pārvaldu mehānisms un vadības iekārtas. Startera motors, pārvaldu mehānisms un ieslēgšanas relejs ir apvienoti vienā agregātā, bet vadības iekārtas pārējās sastāvdaļas ir novietotas atsevišķi.

Startera motors ir līdzstrāvas elektromotors, kurš enerģiju saņem no akumulatora. Startera motora, analogi kā visu citu līdzstrāvas elektromotoru, galvenās sastāvdaļas ir stators ar ierosmes tinumu, enkurs ar enkura tinumu un kolektors ar sukām. Startera motora darbības pamatā ir fizikāla parādība, kad uz strāvas vadītāju, kas ievietots magnētiskajā laukā, iedarbojas elektromagnētiskais spēks – rodas magnētiskā lauka dinamiskā darbība (145. attēls).



145. att. Startera motora darbības princips

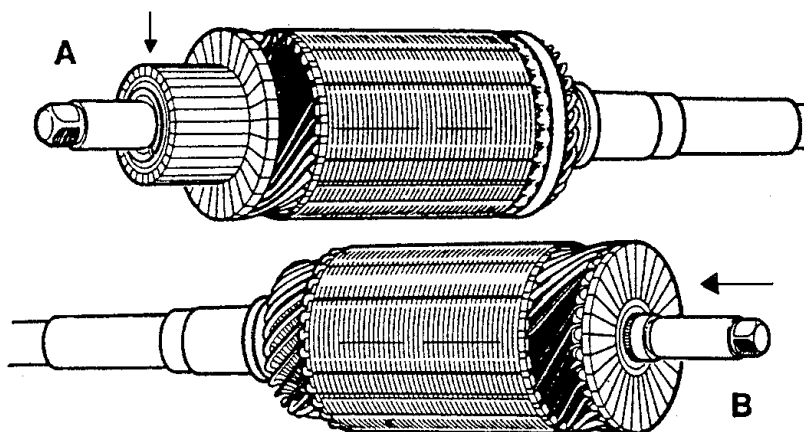
145. attēlā parādītais rāmītis ir enkura tinuma viens vijums, kas ievietots statora pastāvīgo magnētu magnētiskajā laukā un kolektors, kurš vienmēr liek strāvai caur enkura tinumu plūst vienā virzienā. Šim nolūkam kolektors tiek izgatavots sadalīta gredzena veidā, kuram strāvu pievada divas vara – grafitā sukā, kas tiek piespiestas pie kolektora ar nelielu atsperu palīdzību.

Tā kā enkura tinums ir pievienots akumulatora spailēm, tad pa to plūst strāva, kā rezultātā pastāvīgā magnēta magnētiskā lauka un enkura tinumā plūstošās strāvas magnētiskā lauka mijiedarbība rada elektromagnētisko griezes momentu, kas uztur enkuru rotācijas kustībā, kuras virzienu nosaka pēc kreisās rokas likuma.

Lai enkura griezes momenta darbības virziens, tinuma vadiem pārejot pretējas polaritātes polu zonā, neizmainītos, ir jāizmaina arī strāvas virziens enkura tinumā. Šo uzdevumu lieliski veic kolektors. Tādējādi startera motorā kolektors darbojas kā mehāniskis invertors, t.i., ierīce, kas akumulatora līdzstrāvu enkura tinumā pārveido maiņstrāvā.

Enkurs sastāv no vārpstas, serdes, tinuma un kolektora. Enkura serde ir cilindrisks ķermenis, kas saliekts no plānām, savstarpēji izolētām elektrotehniskā tērauda loksnēm, lai novērstu virpuļstrāvas, kas izsauc serdes papildu silšanu un rada nevēlamus jaudas zudumus. Enkura serdi nostiprina uz vārpstas. Enkura serdes ārējā virsmā parasti ir vaļējas rievas, kurās ievieto enkura tinumu, kas izveidots no izolēta vara vada. Enkura tinuma elements ir sekcija ar vienu vai vairākiem vijumiem, kuru gali noteiktā secībā ir pielodēti kolektora plāksnītēm.

Kolektoru saliek no vara plāksnītēm, kas savstarpēji izolētas ar mikanītu – presētu vizlas materiālu. Kolektoru nostiprina uz enkura vārpstas gala. Kolektora plāksnīšu skaits atbilst enkura tinuma sekciju skaitam, un tās var būt novietotas gan radiāli, gan arī aksiāli (146. attēls). Startera motors ar radiālu kolektoru ir īsāks un vieglāks, bet aksiālais suku novietojums ļauj palielināt startera darba drošumu un ekspluatācijas ilgumu, jo samazinās kolektora nodilums un līdz ar to arī kolektora izgatavošanai nepieciešamais deficīto materiālu patēriņš.

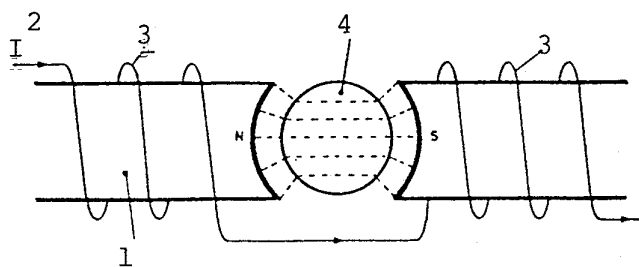


146. att. Startera motora enkuri ar radiālo un aksiālo kolektoru:

A – aksiālais kolektors; B – radiālais kolektors

Startera motoram darbojoties, kolektors kopā ar sukām izveido slīdošu kontaktu starp enkura tinumu un akumulatoru, kā arī elektrisku kontaktu ar ierosmes tinumu. Suku skaits atbilst galveno polu skaitam.

Statora galveno magnētisko lauku var radīt kā ar pastāvīgiem magnētiem, tā arī ar elektromagnētiem, kas izveidoti uz dzelzs serdes spoles veidā un kurus sauc par ierosmes spolēm jeb ierosmes tinumiem (147. attēls). Visas galveno polu ierosmes spoles saslēdz virknē, un to divus brīvos galus pieslēdz noteiktā veidā ierosmes tinumam un akumulatoram. Ierosmes tinuma uzdevums ir radīt magnētisko lauku ap enkura tinumu.



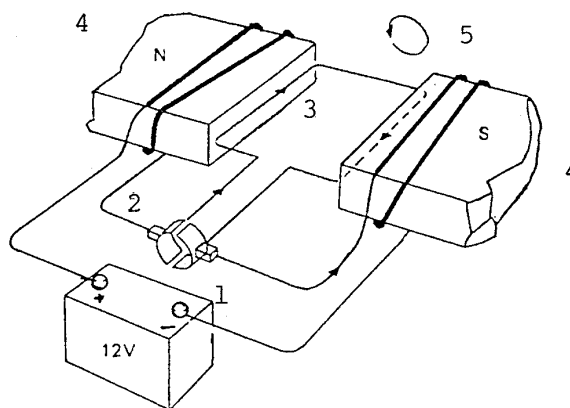
147.att. Statora galveno magnētisko lauku radīšana ar elektromagnētiem:

1 – magnēta pols; 2 – strāva; 3 – ierosmes tinums; 4 – magnētiskais lauks enkurā

Strāvai no akumulatora plūstot pa enkura un ierosmes tinumiem, ap tiem rodas magnētiskie lauki, kuru mijiedarbības rezultātā uz enkuru sāk darboties griezes moments un tas uzsāk rotācijas kustību. Enkura griezes moments ir atkarīgs no strāvas stipruma enkura un ierosmes tinumos.

Lietderīgi būtu atcerēties, ka

- enkura griezes moments ir atkarīgs no statora magnētiskā lauka indukcijas;
- statora magnētiskā lauka indukcija  $B$  ir vienāda ar ierosmes tinuma vijumu skaita  $n$  reizinājumu ar ierosmes strāvu  $I_{ie}$ . Šo parametru sauc par ampērvijumiem. Tātad nepieciešamo magnētisko lauku var radīt ar mazu strāvu un lielu vijumu skaitu vai lielu strāvu un mazu vijumu skaitu. Starteros parasti izmanto otru variantu – statora tinums izgatavots no masīva vara vada ar mazu vijumu skaitu un mazu pretestību, lai palielinātu strāvu tajā. Ierosmes tinumu saslēdz virknē ar enkura tinumu, lai pa tiem plūstu maksimālā strāva (148. attēls) ;
- enkura viena vijuma griezes moments ir vienāds ar magnētiskā lauka indukcijas  $B$  reizinājumu ar enkura strāvu  $I_{en}$ .



148. att. Līdzstrāvas motors ar virknes ierosmi:

1 – kolektors; 2 – sukas; 3 – enkurs; 4 – magnēta pols; 5 – rotācijas virziens

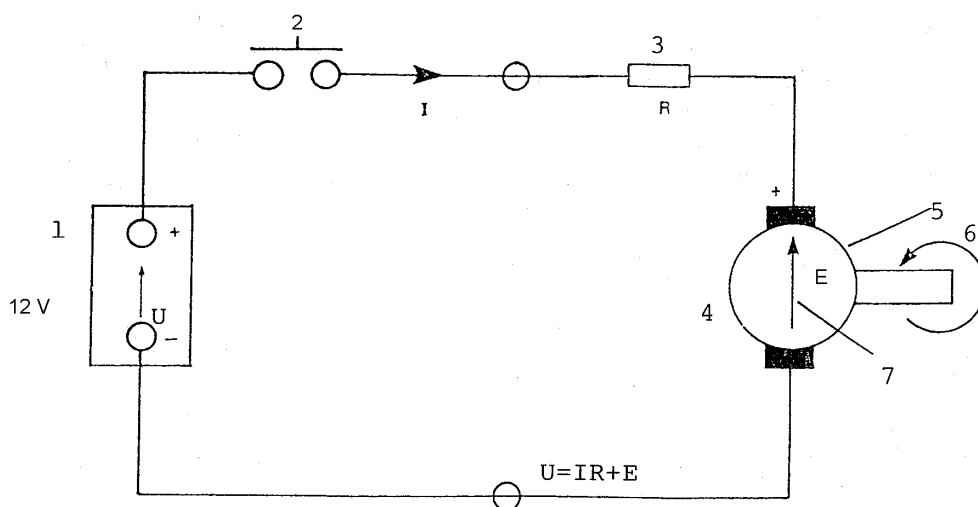
### 4.3. Startera motora rotācijas frekvence un griezes moments

Startera motora enkuram rotējot, tā tinumi šķeļ magnētiskā lauka indukcijas līnijas. Uz tiem iedarbojas griezes moments, un tajos inducējas arī pretelektrodzinējspēks, kas pēc labās rokas likuma ir vērsts pretī enkura strāvai un tātad arī akumulatora pieliktajam spriegumam. Motoram pieliktais spriegums izlīdzina pretelektrodzinējspēku un arī kompensē sprieguma kritumu enkura ķēdē:

$$U = E + IR.$$

Pretelektrodzinējspēks ir savdabīgs motora patērētās jaudas regulators, un tā vērtība ir tieši atkarīga no enkura rotācijas frekvences. Izsakoties vienkāršāk, enkura strāvas ietekmē motors

palielinās enkura rotācijas frekvenci tikmēr, kamēr pretelektrodzinājums kļūst vienāds ar pielikto spriegumu, bet precīzāk – pat nedaudz mazāks par pēdējo sakarā ar sprieguma zudumiem vados un suku kontaktos (149. attēls).



149. att. Startera motora darbība ar slodzi:

1 – 12V akumulators; 2 – ieslēgšanas slēdzis; 3 – enkura un ierosmes pretestība;  
4 – enkurs; 5 – starteris; 6 – startera griezes moments; 7 – pretelektrodzinājums

Startera griezes moments ir atkarīgs no diviem faktoriem: no magnētiskā lauka indukcijas un enkura strāvas lieluma, tāpēc virknes ierosmes motors ir izdevīgs tad, kad nepieciešams radīt lielu griezes momentu :

- ieslēdzot starteri, tā motors vēl negriežas un enkura tinumā pretelektrodzinājums neinducējas, tāpēc enkura palaišanas strāva ir ļoti liela, jo tā ir atkarīga tikai no akumulatora sprieguma un nelielās ierosmes, kā arī no enkura tinuma pretestības;
- lielā palaišanas strāva, kas reizē ir slodzes strāva, plūstot pa ierosmes tinumu, rada ap to spēcīgu magnētisko lauku;
- virknes ierosmes motora slodzei (enkura strāvai) palielinoties divas reizes, griezes moments pieaug četras reizes, tātad virknes ierosmes motoriem ir liels palaišanas moments.

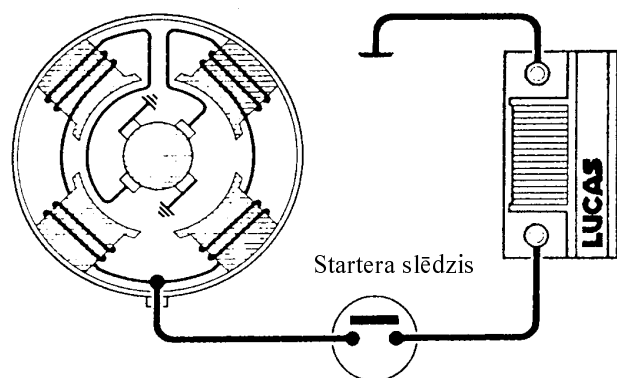
Iepriekš minēto iemeslu dēļ virknes ierosmes motorus izmanto starteros, kā arī visur tur, kur ātri jāiekustina un jāpaātrina lielas masas, piemēram, elektrokāros, autoiekrāvēja pacelāja piedziņai un citur.

Otra virknes ierosmes motora īpatnība: lai novērstu bīstamu enkura rotācijas ātruma pieaugumu, motoru nedrīkst palaist tukšgaitā, bet darba laikā tā slodze nedrīkst samazināties vairāk par 0,75 no nominālās vērtības.

#### 4.4. Jaudas pārvade

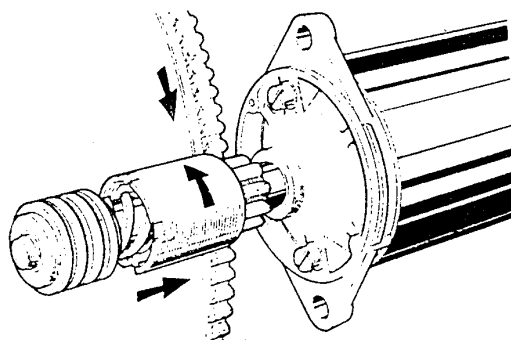
Jaudas pārvade starteros noris divās kārtās. Pirmajā kārtā notiek akumulatora enerģijas pārvade caur startera slēdzi uz startera tinumiem, un starteris sāk rotēt (150. attēls). Motora iedarbināšanas sākuma momentā, kad kloķvārpsta vēl ir nekustīga, starteris patērē maksimālo strāvu, kas sastāda vairākus simtus ampēru. Griezes moments šai brīdī ir maksimālais, un to sauc par iekustināšanas momentu. Pēc kloķvārpstas iekustināšanas startera slodze un patērētā strāva samazinās.





150. att. Startera ieslēgšanas ķēde

Otrajā kārtā notiek jaudas pārvade no rotējoša startera enkura uz kloķvārpstas spararatu. Lai piedzītu motora spararatu, starteris ir apgādāts ar speciālu sakabes mehānismu (151. attēls). Tas iedarbināšanas brīdī savieno startera vārpstu ar kloķvārpstas spararatu, bet pēc motora iedarbināšanas to automātiski atvieno no spararata, lai novērstu startera piedzīšanu ar lielu kloķvārpstas rotācijas ātrumu, kas var izsaukt avāriju.



151. att. Startera sakabes mehānisms

#### 4.5. Līdzstrāvas motoru ierosmes veidi

Apskatot starteru līdzstrāvas motorus, jārunā par šo motoru ierosmes veidu. Atkarībā no tā, kā ir savstarpēji savienoti enkura tinums ar ierosmes tinumu, izšķir četrus ierosmes veidus: virknes, paralēlo, jaukto ierosmi un ierosmi ar pastāvīgo magnētu.

**Paralēlā ierosme.** Ierosmes tinums ir slēgts paralēli enkura tinumam (152. attēls a). Tas sastāv no liela skaita maza šķērsriezuma vada vijumiem, tāpēc tam ir liela elektriskā pretestība. Šī ierosmes veida motoriem nav pārāk liels palaišanas moments. Paralēlās ierosmes līdzstrāvas motorus izmanto rūpniecībā. Starteros paralēlo ierosmi neizmanto.

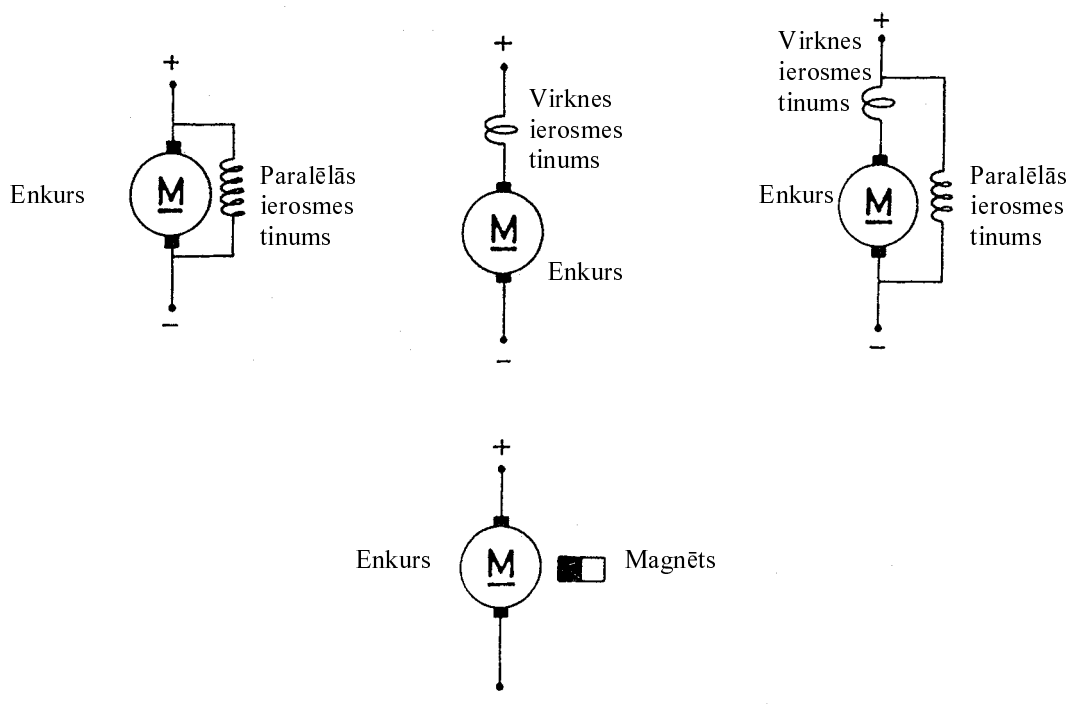
**Virknes ierosme.** Ierosmes tinums ar enkura tinumu ir slēgti virknē (152. attēls b). Virknes ierosmes īpatnība ir tā, ka ierosmes tinuma strāvas stiprums ir tāds pats kā enkura tinumam (virknes slēguma īpašība). Ierosmes tinums sastāv no neliela skaita liela šķērsriezuma vada vijumiem, tāpēc tam ir maza elektriskā pretestība. Virknes ierosmes motorus izmanto tad, ja vajadzīgs liels palaišanas moments un to palaišana un darbība tukšgaitā nenotiek, kas ir ļoti svarīgi startera motoriem.

**Jauktā ierosme.** Motoram ir divi ierosmes tinumi: virknes un paralēlais (152. attēls c). Jauktās ierosmes motors apvieno sevī virknes un paralēlās ierosmes motoru īpašības: lielu palaišanas momentu un pastāvīgu griešanās ātrumu. Jaukto ierosmi izmanto lielas jaudas startera motoros.

Jauktās ierosmes motora abi ierosmes tinumi tiek ieslēgti divos paņēmienos:

- ieslēdzot startera motoru, paralēlās ierosmes tinums sākumā tiek ieslēgts virknē ar enkura tinumu un izpilda balasta pretestības uzdevumu, līdz ar to strāva enkura tinumā tiek ierobežota un enkurs attīsta nelielu griezes momentu, kas nepieciešams laidēnai startera zobrata iebīdei paralēlās ierosmes sažobē ar motora spararatu;
- paralēlās ierosmes tinums tiek pieslēgts paralēli enkuram, bet virknes ierosmes tinums tiek saslēgts virknē ar enkuru.

Pēc motora iedarbināšanas startera zobrats atbrīvojas no sažobes ar motora spararatu un starteris atslēdzas no elektroenerģijas avota. Šajā pašā laikā inerces rezultātā rotējošā enkura tinumā inducējas strāva, kura izzūd paralēlās ierosmes tinumā un ar to startera enkura rotācija ātri apstājas, jo ir iedarbojies elektrobremžu efekts.



152. att. Līdzstrāvas motoru ierosmes shēmas:

a – paralēlā ierosme; b – virknes ierosme; c – jauktā ierosme; d – ierosme ar pastāvīgo magnētu

**Ierosme ar pastāvīgo magnētu.** Šim ierosmes veidam nav ierosmes tinuma, jo magnētisko lauku rada nevis elektromagnēts, bet pastāvīgais magnēts. Pēdējā laikā tos kā starterus lieto arvien plašāk, jo ir izstrādāti jauni, viegli magnētiskie materiāli. Priekšrocības salīdzinājumā ar elektromagnētiem:

- mazāka akumulatora slodze, jo nav jābaro ierosmes tinums;
- drošāki ekspluatācijā, jo nav iespējami nekādi ar ierosmi saistīti bojājumi.

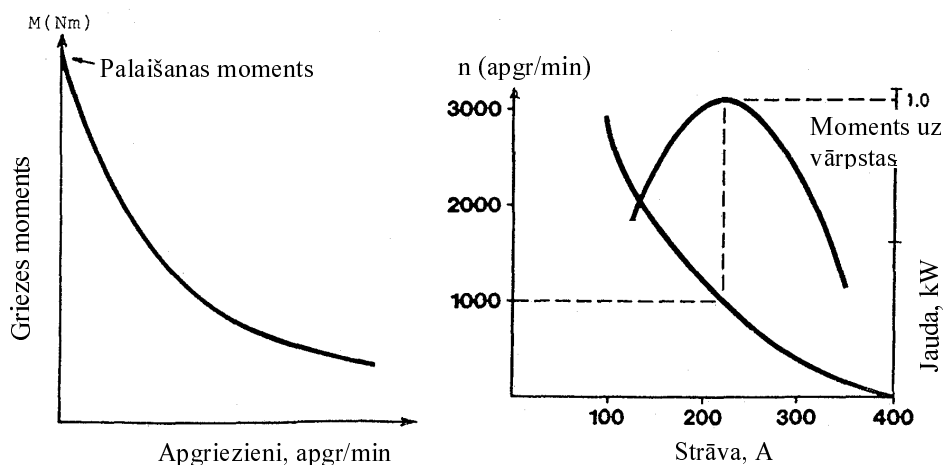
#### 4.6. Startera pārnesumskaitlis

Tipiskākās startera motoru rotācijas frekvences un momenta raksturlīknes ir parādītas 153. attēlā. No tām var secināt, ka motors maksimālo jaudu sasniedz, kad enkura rotācijas frekvence ir 1000 apgr./min.

Pieņemot, ka kloķvārpstas rotācijas frekvencei palaišanas laikā jābūt 100 apgr./min, var noteikt pārnesumskaitli no startera vārpstas uz kloķvārpstu:

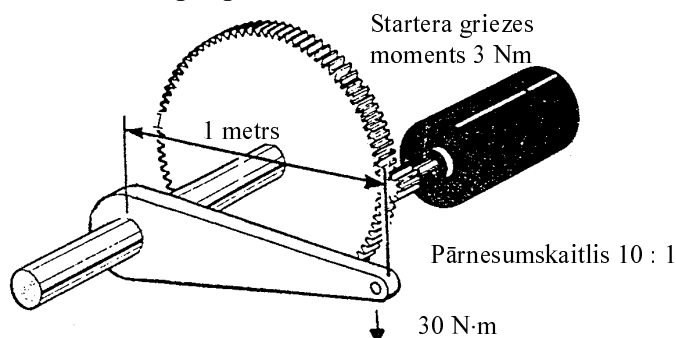
$$\text{Startera zobrata zobu skaits} : \text{spararata zobrata zobu skaits} = 1000 : 100 \text{ jeb } 10 : 1.$$

Ja pieņem, ka startera zobrata zobu skaits ir 9, tad spararata zobrata zobu skaitam ir jābūt 90, lai panāktu vēlamo kloķvārpstas rotācijas frekvenci un pārvalu varētu izpildīt ar vienu zobratu pāri.



153. att. Virknes ierosmes elektromotora raksturlīknes

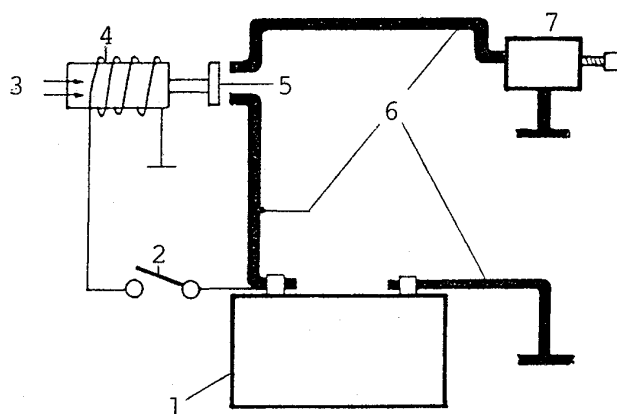
Pārnesumskaitlis starp starteri un kloķvārpstu tāpat ļauj palielināt griezes momentu, t.i., ar neliela izmēra starteri griezt kloķvārpstu. 155. attēlā parādīts, kā ar starteri, kura griezes moments sastāda 3 Nm, rada uz spararata griezes momentu 30 Nm, t.i., izmantojot spēka plecu. Pie pārnesumskaitļa 10 : 1, griezes moments tāpat palielinās 10 reizes.



154. att. Zobratu pārvada griezes momenta palielināšana

#### 4.7. Startera elektromagnēts

Tā kā starteris palaišanas laikā patērē no elektroenerģijas avota lielu strāvu, tad vadiem, kuri savieno akumulatoru ar starteri, ir jābūt pēc iespējas īsākiem un resnākiem. Šī iemesla dēļ startera apgāde ar elektrisko enerģiju parasti notiek, izmantojot distances vadības elektromagnētisko startera slēdzi. Elektromagnēta spoles (155. attēls) darbībai nepieciešama neliela strāva, kuras ķēdi var viegli saslēgt ar aizdedzes slēdzi. Pievadot strāvu vadības elektromagnēta spolei, ap to rodas magnētiskais lauks, kurš ievilk dzelzs serdi, kas savukārt saslēdz jaudīgus kontaktus, caur kuriem plūdis startera lielā strāva.

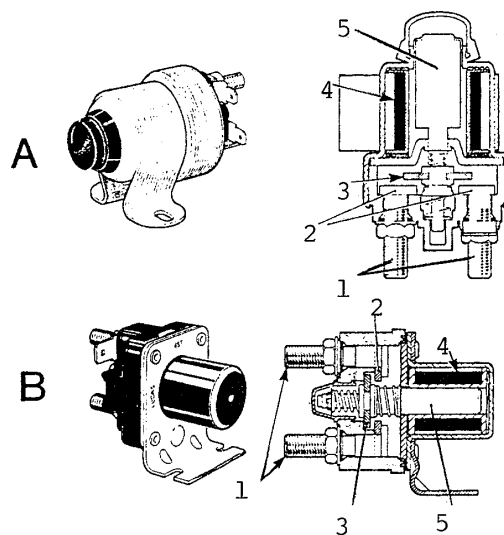


155. att. Startera ieslēgšanas ķēde:

1 – akumulators; 2 – aizdedzes slēdzis; 3 – dzelzs serde; 4 – elektromagnēts;  
5 – jaudas kontakti; 6 – masīvie vadi; 7 – starteris

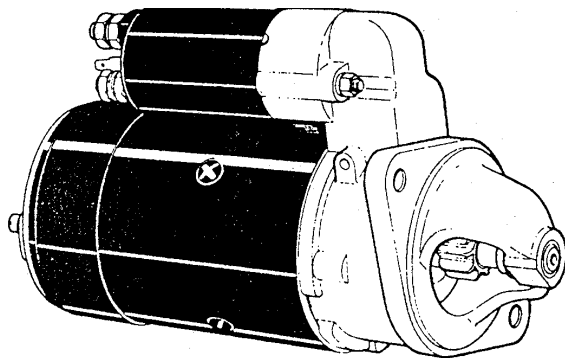
Izšķir divu tipu startera elektromagnētiskos slēdžus (156. attēls):

- atsevišķs elektromagnēts ar rokas vadības palaišanas pogu;
- elektromagnēts, kas iebūvēts starterī un kurš sākumā savieno startera zobratu ar spararata zobratu un tikai pēc tam ieslēdz startera barošanas ķēdi. Šāda tipa ierīci sauc par starteri ar priekšieslēgšanu (157. attēls).



156. att. Elektromagnētiskie slēdži:

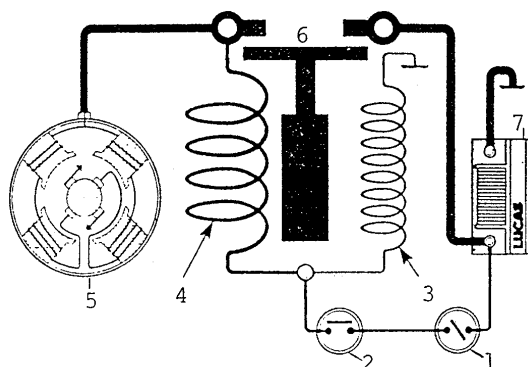
A – ar vadības pogu; B – bez vadības pogas;  
1 – spailes; 2 – nekustīgie kontakti; 3 – kustīgie kontakti; 4 – tinums; 5 – enkurs



157. att. Elektromagnētiskais slēdzis, kurš uzstādīts uz startera ar priekšieslēgšanu

## 4.8. Elektromagnētiskais slēdzis jeb ievilcējrelejs

Elektromagnētiskais slēdzis jeb ievilcējrelejs parasti sastāv no diviem paralēliem tinumiem: no ievilcējtinuma un noturošā tinuma, kā arī no serdes (enkura), uz kuras vienā galā nostiprināts kontaktdisks, kas noslēdz startera strāvas ķēdi (158. attēls).



158. att. Startera ieslēgšanas ķēde ar ievilcējreleju:

1 – aizdedzes slēdzis; 2 – startera slēdzis; 3 – noturošais tinums; 4 – ievilcējtinums;  
5 – starteris; 6 – kontaktdisks; 7 – akumulators

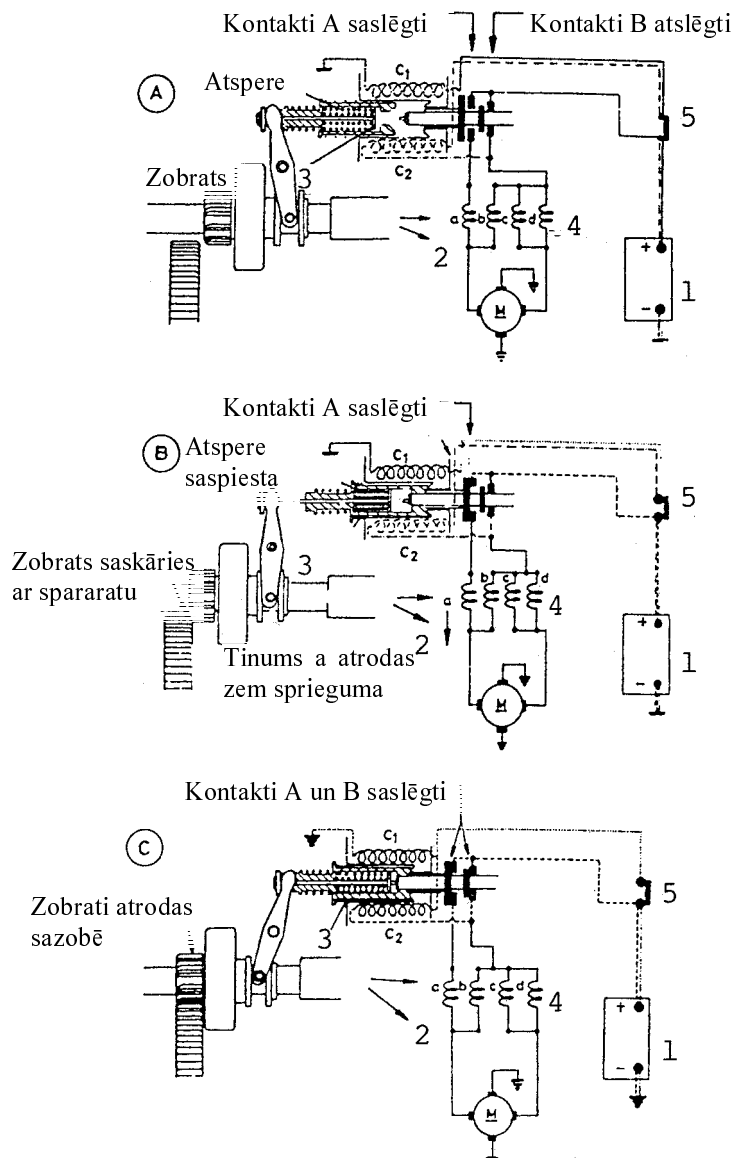
Ievilcējreleja darbībā izšķir trīs atšķirīgus darba posmos: ieslēgšanu, noturēšanu un izslēgšanu. Ieslēgšanas sākumā releja serde ir daļēji izbīdīta no tinumiem, kā tas ir parādīts 159. attēlā. To ievelkot, būs jāpārvar atsperes un berzes spēku pretestība. Pagriežot aizdedzes slēdzi stāvoklī *Start*, rodas nepieciešamais maksimālais spēks, kuru rada abu tinumu kopīgā darbība vienā virzienā, serde pievelkas un pārbīda ar vadības sviru pārvadmehānismu, līdz startera zobrats iebīdās sažobē ar sparrata zobratu, bet ar saviem spēka kontaktiem savieno starteri ar akumulatoru.

Spēka kontaktiem savienojoties, ievilcējtinums tiek saslēgts īsi, bet noturošais tinums paliek zem sprieguma un, noturot serdi pievilktā stāvoklī, neļauj tai atslēgt spēka kontaktus. Noturēšanas laikā darbojas arī berzes spēki sažobē, kas pretojas zobratu atvienošanai, tāpēc noturēšanai var izmantot tikai noturošo tinumu.

Motoram iedarbojoties, vadītājs atlaiž aizdedzes atslēgu un tā iziet no stāvokļa *Start*, noturošajā tinumā strāva neplūst, magnētiskais lauks izzūd un serde atsperes iedarbībā atgriežas sākuma stāvoklī, atslēdzot starteri no akumulatora. Serdei atgriežoties sākuma stāvoklī, startera zobrats tiek izvests no sažobes ar sparrata zobratu. Zobrata izbīdīšanu no sažobes paātrina tas, ka izslēgšanas sākumā strāvas plūšanas virziens ievilcējtinumā ir pretējs strāvas plūšanas virzienam noturošajā tinumā.

Automobiļos ar automātisko transmisiju startera ievilcējrelejs ir apgādāts ar papildierīci, kas neļauj ieslēgt starteri, ja ir ieslēgts pārnesums. Šo papildierīci sauc par startera bloķētājreleju, kuru ieslēdz ievilcējreleja ķēdē un kas ļauj ieslēgt starteri tikai tad, kad transmisijas darba režīmu selektors atrodas stāvoklī P (*park* – stāvēšana) vai N (*neutral* – neitrāls).

Viens no elektromagnētiskās piedziņas variantiem ir padot uz starteri samazinātu jaudu, kamēr startera zobrats nav iegājis pilnā sažobē ar sparrata zobratu. To panāk, sākumā ieslēdzot tikai vienu no četriem ierosmes tinumiem. Šāds ieslēgšanas veids novērš asu zobratu sitienu, kas var notikt, ja ieslēdz starteri ar pilnu jaudu (159. attēls).



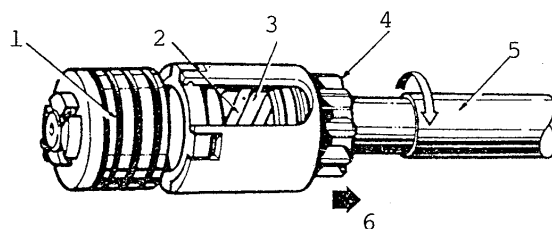
159. att. Elektromagnētiskās piedziņas variants ar pakāpenisku startera jaudas ieslēgšanu:

1 – akumulators; 2 – starteris; 3 – serde; 4 – ierosmes tinumi; 5 startera slēdzis

- Startera zobrats slīd uz sparrata zobrata pusi. Kontakts A ieslēdzas ātrāk kā kontakts B. Ierosmes tinumos strāva neplūst, starteris negriežas.
- Startera zobrats saskaras un ieiet sažobē ar sparrata zobratu (“zobs pret zobu”). Saslēdzas kontakts A, un startera enkurs sāk lēnām griezties, lai zobratu zobi ieietu sažobē. Strāva plūst tikai ierosmes tinumā a.
- Zobratī atrodas pilnīgā sažobē, abi kontakts saslēgti. Tinums  $C_2$  ir saslēgts īsi, tinums  $C_1$  notur serdi. Cauri visiem startera ierosmes tinumiem (a, b, c, d) plūst strāva, starteris attīsta maksimālo jaudu.

#### 4.9. Starteru sakabes mehānismi

Startera vārpstas galā ir izveidota lēzena vītne un uzskrūvēts startera sakabes zobrats. Starteri ieslēdzot, tā vārpsta sāk griezties, bet zobrats inerces dēļ paliek nekustīgs, tāpēc tas it kā sāk skrūvēties nost no vārpstas, un, pārvietojoties aksiālā virzienā, ieiet sažobē ar sparrata zobratu. Kamēr starteris griež motoru, tikmēr zobrats atrodas sažobē. Kad motors iedarbojas, tā rotācijas frekvence kļūst lielāka par startera rotācijas frekvenci, tāpēc zobrats atkal uzskrūvējas uz vārpstas, izejot no sažobes (160. attēls).

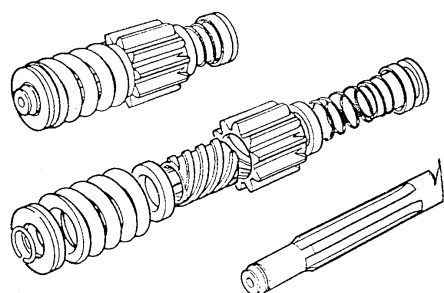


160. att. Inerces sakabes piemērs:

1 – buferatspere; 2 – ārējā vītne; 3 – startera vārpstas vītņotā daļa; 4 – sakabes zobrats; 5 – startera vārpsta; 6 – sakabes zobrata kustības virziens

Zobrata izejas ātrums no sazobes parasti ir samērā liels, jo motors ātri uzņem apgriezienus. Lai mīkstinātu trieciena spēku, vārpstas galā ir novietota atsperē.

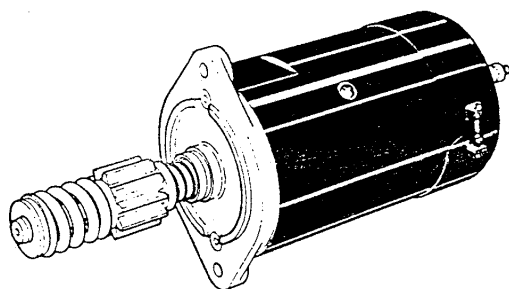
Praksē izmanto dažādus inerces sakabes veidus. Viens no tiem ir parādīts 161. attēlā. Kustīgs zobrats uzstādīts uz vītnes uznavas, kurai ir slīdrievu savienojums ar startera vārpstu. Uznavā var slīdēt pa vārpstu, atduroties atsperē, kas samazina triecienus.



161. att. S veida sakabe

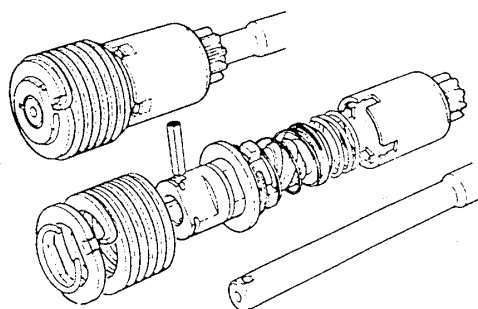
Sakabes zobrata kustība no vienas puses ir ierobežota ar atsperi un nekustīgu, stingru atbalstu, bet no otras puses – ar atbalstu galvenajā atsperē. Zobrata kustības ierobežojošā atsperē, kura ir novietota uz startera vārpstas gala, paredzēta, lai novērstu sakabes zobrata nejaušu ieeju sazobē ar spararata zobratu vibrāciju dēļ, kas rodas, motoram darbojoties.

Firmas *Lucas* starteris *M45G* ir izveidots ar nedaudz savādāku inerces sakabes veidu, kurā zobrats, ieejot sakabē, pārvietojas virzienā **uz starteri** (162. attēls).



162. att. Firmas *Lucas* starteris *M45G* un tā galvenie tehniskie dati:

- diametrs – 114,3mm;
- izmantošana – jaudīgos benzīna motoros;
- palaišanas moments – 27Nm pie strāvas 460A;
- enkura tinuma vijumu skaits – 37



163. att. *LUCAS ECLIPSE* sakabe, līdzīga amerikāņu variantam *BENDIX*

#### 4.10. Atstarpe starp zobvainagiem

Startera zobratam ir jāatrodas minimālā attālumā no sparrata zobrata, lai pēc iespējas ātri ieietu sažobē. 164. attēlā ir parādīta atstarpe starp startera un sparrata zobvainagiem (11. tabula).

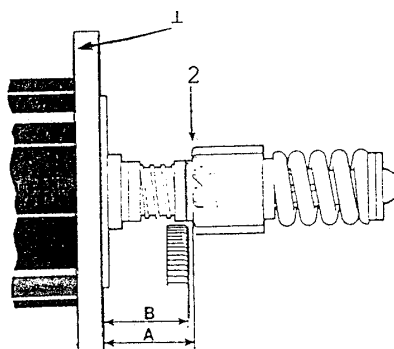
11. tabula

Sakabes veids	Atstarpe
<i>Eclipse</i>	1/8" ± 1/32"
Pārējie	7/32" collas

Lai pārbaudītu atstarpi, ir jāveic divi mērījumi:

- no zobrata gala līdz startera atlokam (164. att. izmērs A);
- no sparrata zobrata gala līdz startera atlokam (164. att. izmērs B).

$$\text{Atstarpe} = A - B$$



164. att. Atstarpe starp zobvainagiem:

1 – startera atloks; 2 – zobrata galavirsma; A – attālums līdz zobratam; B – attālums līdz sparratam

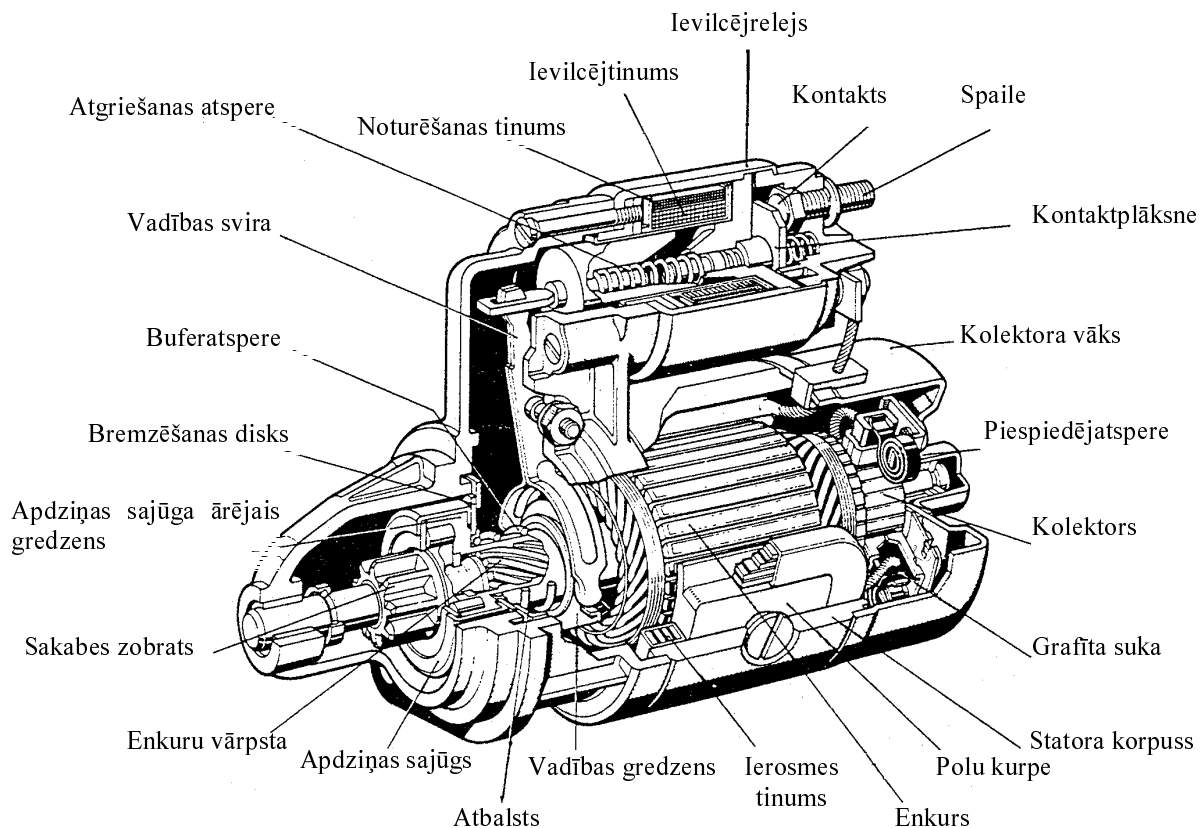
#### 4.11. Starteri ar elektromagnētisko vadību

Šī tipa starteros (165. attēls) sakabes zobrats ieiet sažobē ar sparrata zobratu pirms startera motora ieslēgšanas. Pēc motora iedarbināšanas zobrats neiziet no sažobes ar sparrata zobratu līdz tam laikam, kamēr vadītājs neatlaiž aizdedzes atslēgu. Tādējādi tiek nodrošināts, ka zobrats neizies no sažobes motora startēšanas laikā, rodoties dažiem atsevišķiem uzliesmojumiem cilindrā.

Vienmērīgāka un pilnīgāka zobratu ieešana sažobē un iziešana no tās ļauj samazināt to nodilumu un uzlabot motora iedarbināšanu.

Ja vadītājs pēc motora iedarbināšanas nekavējoši neizslēdz starteri, tā sabojāšanu novērš ar apdziņas sajūgu, kurš pārveda griezes momentu tikai no enkura vārpstas uz sakabes zobratu, bet ne otrādi.





165. att. Startera griezumš

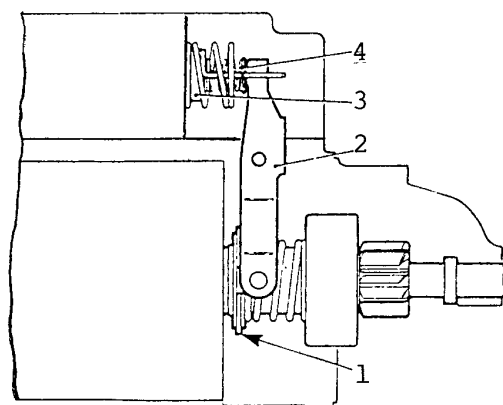
Startera elektromotora strāvas ķēdi noslēdz un sakabes zobratu sazobē ar sparrarata zobratu iebīda ievilcējrelejs, kas piestiprināts startera korpusam ar skrūvēm. Ievilcējreleja strāvas ķēdi noslēdz startera relejs, ko ieslēdz ar aizdedzes slēdzi.

Strāvai plūstot ievilcējreleja tinumos, rodas magnētiskais lauks, kas, ievēlot ievilcējreleja enkuru, ar vadības sviru pabīda pa enkura vārpstas slīdrievām vadības gredzenu kopā ar sakabes zobratu, līdz tas ieiet sazobē ar sparrarata zobratu.

Zobratiem iejot sazobē un ievilcējreleja enkuram pārvietojoties tālāk, enkura otrā galā nostiprinātais kontaktdisks noslēdz startera elektromotora strāvas ķēdi un startera enkurs sāk griezties. Pēc startera strāvas ķēdes noslēgšanas ievilcējreleja enkuru ievilkta stāvoklī noturēšanas tinuma strāvas radītais magnētiskais lauks, jo kontaktdisks šuntē ievilcējtinumu un strāva tajā neplūst. Startera enkura griezes moments tiek novadīts caur apdziņas sajūgu uz sakabes zobratu un tālāk uz motora sparraratu.

Dažreiz startera zobrata zobi var apstāties pret sparrarata zobrata zobiem un neieiet sazobē. Tad savā tālākā kustībā serde saspiež buferatsperi un noslēdz kontaktus, bet, kad enkurs sāk rotēt un startera zobrats pagriežas, buferatspere to iebīda sazobē ar sparrarata zobratu. Buferatspere palīdz startera zobratam ātri ieņemt savu darba stāvokli.

Atgriešanas releja atspere, kas ir novietota uz enkura serdes gala pie vadības sviras, nodrošina zobrata izeju no sazobes tikai pēc kontaktu atslēgšanās. Tādā veidā tiek novērsta startera "joņošanas" bīstamība, atslogojot tā vārpstu (166. attēls).

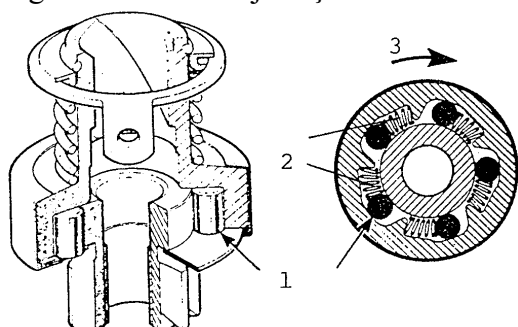


166. att. Startera sviras mehānisms:

1 – vadības gredzens; 2 – vadības svira; 3 – serde; 4 – atgriešanas atsperē

Pēc motora iedarbināšanas sakabes zobrata rotācijas frekvence kļūst lielāka par enkura rotācijas frekvenci. Šajā gadījumā apdziņas sajūga rullīši (167. attēls) pārtrauc enkura vārpstas savienojumu ar sakabes zobratu un neļauj motoram griezt starteri.

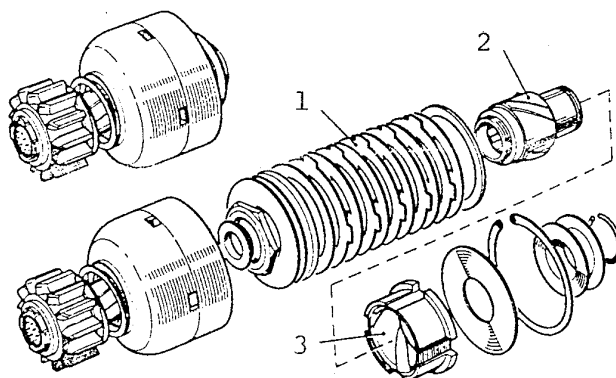
Rullīši ir piespiesti ar atsperēm enkura griešanās virzienā, tie noķīlējas starp sajūga dzīto un dzenošo posmu vai arī ļauj tiem brīvi griezties. Apdziņas sajūgs pārveda kustību tad, kad rullīši ir ieķīlājušies izgriezuma šaurākajā daļā.



167. att. Apdziņas sajūgs jeb rullīšu brīvrumba:

1 – rullīši;  
2 – atsperes;  
3 – kustības virziens

Atsevišķos gadījumos starteros uzstāda apdziņas sajūgu, kas sastāv no berzes diskiem un ir domāts startera aizsardzībai pret motora atpakaļsitiieniem. Šis pats sajūgs pasargā starteri no pārslodzēm tiešajā rotācijas virzienā, ja startera griezes moments  $2 \div 3$  reizes pārsniedz aprēķināto lielumu (168. attēls)



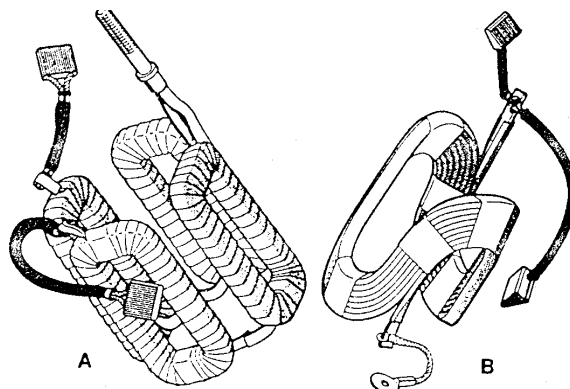
168.att. Apdziņas sajūgs ar berzes diskiem jeb berzes sajūgs:

1 – berzes diski; 2 – dzenošā uzmava; 3 – kustīgais posms

Berzes sajūga diskus saspiež tā dzenošā uzmava, pārvietojoties pa vītņveida rievām. Lieljaudas starteros apdziņas jeb berzes sajūga funkcijas veic mehānismi ar vītņveida vārpstām un centrālās ieliktņiem. Vītņveida vārpstas izmanto kopā ar apdziņas jeb berzes sajūgiem, lai atvieglotu pārvadmehānisma izslēgšanos.

## 4.12. Startera motoru konstrukcijas

Startera motora enkuri ar radiālo un aksiālo kolektoru tika apskatīti 4.2. nodaļā (146. attēls). Dažādas ierosmes tinumu konstrukcijas ir parādītas 169. attēlā.

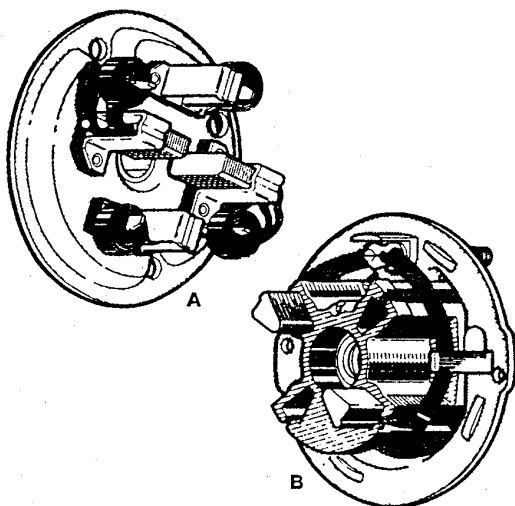


169. att. Ierosmes tinumi:

A – dalītās konstrukcijas ierosmes tinums; B – nedalītās konstrukcijas ierosmes tinums

169. attēlā A gadījumā parādīti dalītās konstrukcijas ierosmes tinumi, kas savā starpā saslēgti paralēli. B gadījumā nedalītās konstrukcijas ierosmes tinums aptver visu statoru un tam nav iekšēju savienojumu. Šī tinuma viens izvads ir savienots ar startera korpusu, bet pie otra izvada ir piestiprinātas divas sukas, kurām ir kontakts ar kolektoru (šajā gadījumā – ar radiālo).

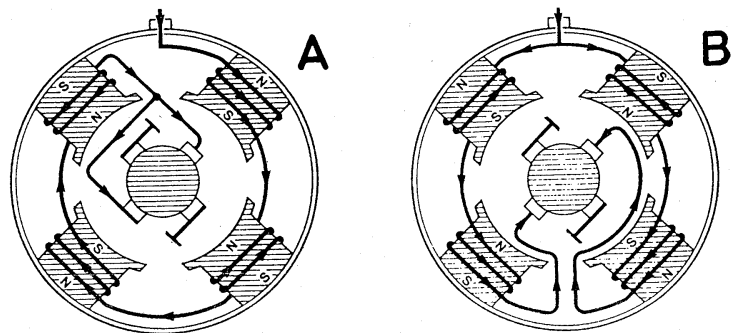
Startera sukas tiek novietotas kolektora pusē speciālā vākā – suku turētājā. 170. attēlā parādīti suku turētāji startera enkuriem ar radiālo un aksiālo kolektoru. Aksiālā kolektora četru suku turētājā divas sukas ir savienotas ar ierosmes tinumu un divas sukas – ar korpusu. Radiālā kolektora suku turētāja sukas ir pārklātas ar bakelītu.



170. att. Startera suku turētāji:

A – aksiālam kolektoram;  
B – radiālam kolektoram

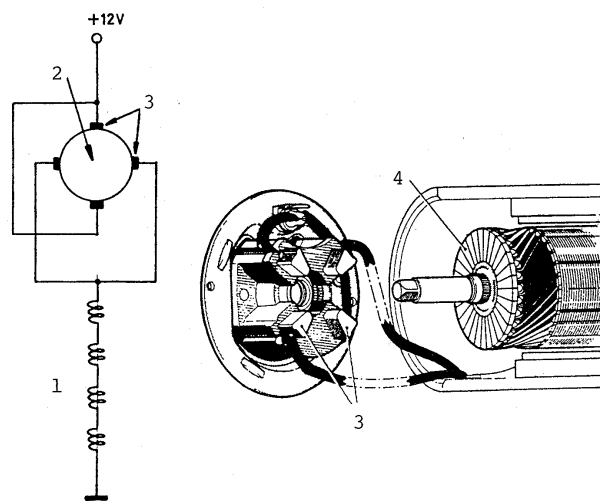
Jauktās ierosmes tinums tiek izveidots no četrām spolēm. Trīs ierosmes tinumu spoles ieslēdz virknē ar enkura tinumu, bet ceturto spoli, kas izgatavota no tievāka vara vada, – paralēli. Šāda jauktā ierosme samazina enkura rotācijas frekvenci tukšgaitā, kā arī apdziņas sajūga un gultņu dilšanu. 171. attēlā redzami startera virknes un virknes – paralēlā slēguma ierosmes tinumu iekšējie savienojumi. Runa ir tikai par ierosmes tinumu savienojumu savā starpā, proti, abos gadījumos enkurs savienots ar ierosmes tinumu virknē, t.i., starteris abos gadījumos paliek elektromotors ar virknes ierosmi.



171. att. Startera elektromotora iekšējie savienojumi:

A – ierosmes tinumu virknes savienojums; B – ierosmes tinumu virknes – paralēlais savienojums

Startera motora konstrukcija ar nedalīta izveidojuma ierosmes tinumu un radiālo kolektoru parādīta 172. attēlā.

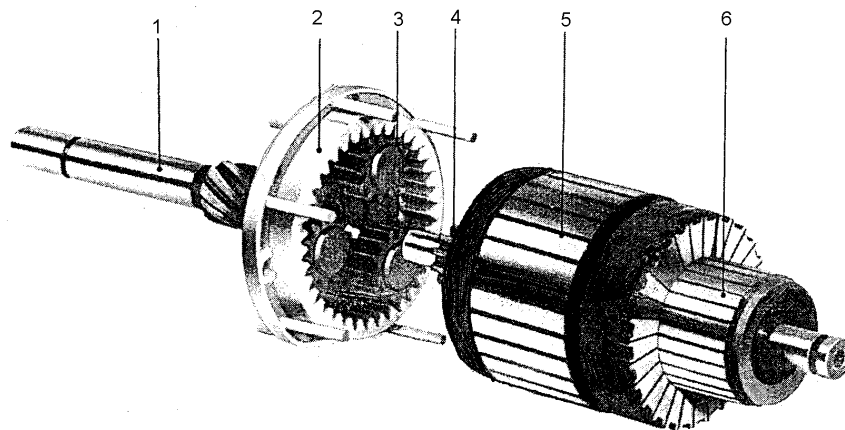


172. att. Starteris ar četriem nedalītas konstrukcijas ierosmes tinumiem un radiālo kolektoru:

1 – ierosmes tinumi; 2 – enkurs; 3 – sukas; 4 – kolektors

#### 4.13. Starteris ar pastāvīgo magnētu ierosmi un planetāro pārvadu

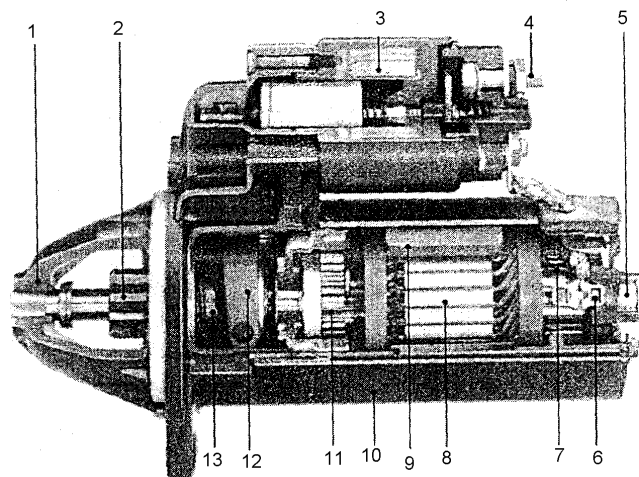
Strādājot elektromotoru pilnveidošanas jomā, ir izdevies radīt pietiekami vieglu startera konstrukciju ar ierosmi no pastāvīgiem magnētiem un planetāro pārvadu. 173. attēlā parādīts startera *BOSCH DW* enkurs un planetārais pārvads, kas sastāv no saules jeb centrālā zobrata, kurš nostiprināts uz enkura vārpstas, bet izejošā jauda tiek noņemta no planetārā pārvada vadrata, uz kura asīm novietoti brīvi rotējoši satelīti. Planetārā pārvada zobrati ar ārējiem zobiem izgatavoti no tērauda, bet vainagrats ar iekšējiem zobiem – no poliamīda kompaunda ar minerālu papildinājumiem, lai palielinātu nodilumizturību.



173. att. Startera motors ar planetāro pārvadu:

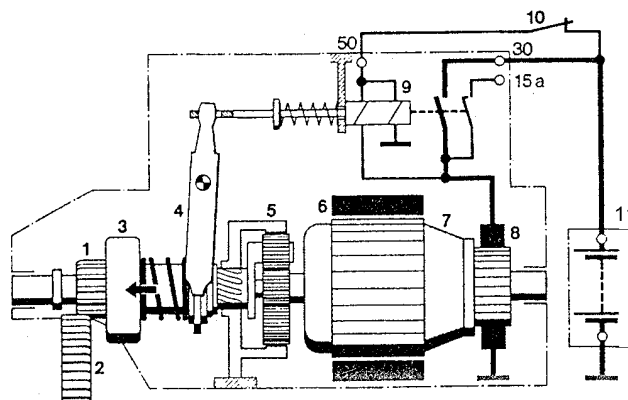
- 1 – planetārā pārvada vadrata vārpsta ar slīpām slīdrievām; 2 – planetārā pārvada vainagrats; 3 – satelīti;  
4 – saulesrats, kurš nostiprināts uz enkura vārpstas; 5 – enkurs; 6 – kolektors

Tāds starteris ir par 40% vieglāks nekā parastā izveidojuma starteris, un tas ir domāts motoriem, kuru tilpums nepārsniedz 5 litrus. Šāda startera griezumums ir parādīts 174. attēlā.



174. att. Startera BOSCH DW ar ierosmi no pastāvīgiem magnētiem un planetāro pārvadu griezumums:

- 1 – priekšējais vāks; 2 – sakabes zobrats; 3 – ievilcējrelejs; 4 – pieslēgspaide;  
5 – kolektora vāks; 6 – suku turētājs ar grafitu sukām; 7 – kolektors; 8 – enkurs, 9 – pastāvīgais magnēts;  
10 – korpusis; 11 – planetārais pārvads; 12 – vadības svira; 13 – sakabes zobrata piedziņa



175. att. Startera BOSCH DW ar ierosmi no pastāvīgiem magnētiem un planetāro pārvadu shēma:

- 1 – sakabes zobrats; 2 – spararata zobrats; 3 – apdziņas sajūgs; 4 – vadības svira; 5 – planetārais pārvads;  
6 – pastāvīgais magnēts; 7 – enkurs; 8 – kolektors ar grafitu sukām;  
9 – ievilcējrelejs ar ievilcējtinumu un noturošo tinumu; 10 – startera slēdzis; 11 – akumulators

Uz katra startera motora korpusa ir doti apzīmējumi, kas sniedz nepieciešamās ziņas par startera parametriem. Firmas *BOSCH* starteriem lieto šādus apzīmējumus:

**G F (R) 12V 0,6 kW,**

kur G – korpusa diametrs;

F – (vai B, D, E, G) – konstrukcijas tips;

R – (vai L) enkura griešanās virziens (R – pulksteņa rādītāju virzienā, L – pretēji pulksteņa rādītāju virzienam);

12V – startera motora nominālais spriegums volts;

0,6kW – startera motora nominālā jauda kilovatos.

#### **4.14. Startera pārbaude**

Ja startera darbībā rodas traucējumi, tad, nenoņemot to no automobiļa, jāveic vairākas pārbaudes. Akumulatoram ir jābūt pilnīgi uzlādētam. Šī nosacījuma izpildi pārbauda, ar areometru izmērot elektrolīta blīvumu vai ar slogdakšu nosakot spriegumu starp akumulatora spailēm. Pārbauda visu kontaktu stiprinājumus, īpašu uzmanību veltot pulverveida oksīdu nosēdumiem uz akumulatora spailēm. Nepieciešamības gadījumā kontakti un spaiļes jānotīra.

Ja, ieslēdzot starteri, dzirdams raksturīgs ievilcējreleja ieslēgšanās troksnis, bet starteris nedarbojas, tad tā releja un ievilcējreleja strāvas ķēdes ir darba kārtībā un bojājuma iemesls ir jāmeklē startera strāvas ķēdē. Jāpārbauda akumulatora un tā spaiļu stāvoklis, akumulatora vada pievienojums starterim, ievilcējreleja jaudas kontaktu stāvoklis, kā arī masas stiprinājuma drošums starp automobiļa korpusu un motoru. Ja minēto bojājumu nav, tad var būt netīrs vai bojāts startera kolektors, iesprūdušas vai nodilušas sukas, pārrāvums startera tinumos.

Ja, ieslēdzot starteri, motors griežas lēni, tas var norādīt uz bojājumiem akumulatorā vai starterī, pārmērīgiem sprieguma zudumiem vados vai savienojumos. Pārbauda spriegumu un sprieguma zudumus startera jaudas kontaktos. Līdz startera ieslēgšanai spriegumam uz startera ir jābūt vienādam ar akumulatora spriegumu, t.i., apmēram 12 V, bet startera ieslēgšanas laikā - 10 V robežās (elektrolīta temperatūra apmēram 20 °C). Spriegumu zudumiem savienojumos startera ieslēgšanas laikā ideālā variantā jāklūst vienādiem ar nulli, bet nekādā gadījumā tie nedrīkst būt lielāki par 0,25 V. Par 0,25 V lielāki sprieguma zudumi norāda uz kontaktu palielinātu pretestību, tāpēc šāds ievilcējrelejs netiek remontēts un to nomaina.

Ja nedarbojas ievilcējrelejs, tad pārbauda spriegumu uz tā tinumu vadības pieslēgspaiļes 50, kas nevar būt mazāks par 8 V. Ja spriegums uz šīs spaiļes ir mazāks, tad ir jāpārbauda startera ķēdē ietilpstošo vadu un savienojumu stāvoklis.

Savieno startera jaudas kontaktu pieslēgspaili ar ievilcējreleja tinumu pieslēgspaili. Startera ieslēgšanās šajā gadījumā liecina, ka nedarbojas palīgrelejs; tam var būt bojāti kontakti, pārrāvumi vai īssavienojums tinuma ķēdē.

Ja, savienojot startera strāvas un ievilcējreleja vadības pieslēgspaiļes, ievilcējrelejs neieslēdzas, tad ir bojāta ievilcējtinuma ķēde. Ja pārrāvums vai īsslēgums ir tikai noturētājtinumā, tad ievilcējrelejs gan periodiski ieslēdzas, gan izslēdzas, jo pēc ievilcējreleja ieslēgšanās strāva caur ievilcējtinumu vairs neplūst. Šāda periodiska pārtraukta ievilcējreleja darbība ir novērojama arī, kad ir zems akumulatora spriegums, jo noturētājtinumā plūstošā strāva nav pietiekama, lai tā elektromagnētiskais spēks noturētu ievilcējreleja enkuru ieslēgtā stāvoklī.

Ja starteris ieslēdzas un iedarbina motoru, bet neiziet no sazobes, radot ievērojamu troksni startera zonā, tad par iemeslu tam var būt sakābes zobrata vai vadības sviras ieķīlšanās.

## 4.15. Bojājumi un to novēršana

### *Startera iekļīšanās*

Dažreiz startera zobrats var palikt sazobē ar spararata zobratu. Tam par iemeslu var būt kā startera, tā spararata zobratu nodilums. Ja tas ir noticis, tad ieslēdz 4. vai 5. pārnesumu, neaizmirstot izslēgt aizdedzi, un mēģina pastumt automobili uz priekšu un atpakaļ. Parasti ar to pilnīgi pietiek, lai sakabes zobrats atgrieztos savā vietā.

Var arī mēģināt izkustināt startera vārpstu, pagriežot to ar atslēgu aiz vārpstas kvadrātveida gala (ja tāds ir izveidots un pieejams). Ja starterim nav izveidots vārpstas kvadrātveida gals, tad atlaiž startera korpusa savilkšanas skrūves un mēģina pabīdīt tā enkuru uz priekšu un atpakaļ. Ja arī tas nepalīdz, tad noņem starteri un veic startera un spararata zobratu detalizētu pārbaudi.

### *Sukas*

Noņemot starteri no automobiļa, vispirms jāatslēdz akumulators. Pēc tam noņem vāku no startera kolektora un izņem sukas no to turētāja. Tad izmēra suku augstumu. Ja tas ir mazāks par norādīto, tad sukas ir jānomaina.

### *Sakabes zobrata pārvads*

Netīrumi pārvadā palielina iekļīšanās iespēju, un sakabes zobrats slikti ieies vai vispār neieies sazobē. Pārvadu mazgā ar benzīnu vai metilspirtu, lietojot suku, kamēr tā detaļas sāk viegli pārvietoties. Startera enkura vārpstas galu viegli ieeļļo ar šķidru eļļu, slīdrietas atstājot sausas un tīras. Labu rezultātu dod darba virsmu ierīvēšana ar svinu. Šķidra vai konsistenta ziede uztvers ceļa putekļus, kas var izraisīt sajūga darbības traucējumus.

### *Gultņi*

Gultņu izdilums rada enkura vārpstas radiālo brīvkustību. Lai nomainītu gultņus, nepieciešams izņemt enkuru un izpresēt vecos ieliktnus. Tos nomaina ar jauniem metālkeramiskiem vai bronzas ieliktniem, kurus pirms ievietošanas ieeļļo ar motoreļļu.

### *Elektriskās ķēdes*

Starterī statora un enkura tinumi ir savienoti virknē. Strāva starterī plūst caur galveno spaili, pēc tam pa ierosmes tinumiem, tad caur suku un kolektoru ieplūst enkurā un pa tā tinumiem, caur otro kolektora suku pāri aizplūst uz masu.

Ierosmes tinumus izgatavo no alumīnija vai vara sloksnes. Pārbauda ierosmes tinumu izolāciju attiecībā pret startera korpusu. Pēc tam pārbauda ar megommetru pretestību starp galveno spaili un startera korpusu. Pretestībai ir jābūt bezgalīgai vai, atsevišķos gadījumos, ļoti lielai.

Firmas *LUCAS* starteros ar aksiālo kolektoru ierosmes tinuma viens gals ir savienots ar masu, kas jāievēro, izdarot pārbaudi.

Ja pārbaudes laikā konstatē ierosmes tinuma pārrāvumu, tad nepieciešams noņemt galveno polu kurpes kopā ar tinumiem. Tā kā polu kurpju skrūves parasti ir ļoti stipri pievilktas, tās noņem ar triecienskrūvgriezi. Parasti bojājuma vietu ir viegli noteikt pēc apdegušas izolācijas. Nedaudzos gadījumos tinumu izdosies salabot, nomainot bojāto sloksni. Pēc tam to nepieciešams aptīt ar izolācijas lentu un pārklāt ar laku.

### *Kolektors*

Rūpīgi apskata kolektora plāksnītes. Lodalvas pilieni uz enkura virsmas norāda uz to, ka enkurs ir bijis pārkarsēts. Enkura tinumus pie kolektora plāksnītēm iespējams pielodēt no jauna, sekojot līdzi tam, lai ar lodalva nenaslēgtu īsi blakus esošās plāksnītes.

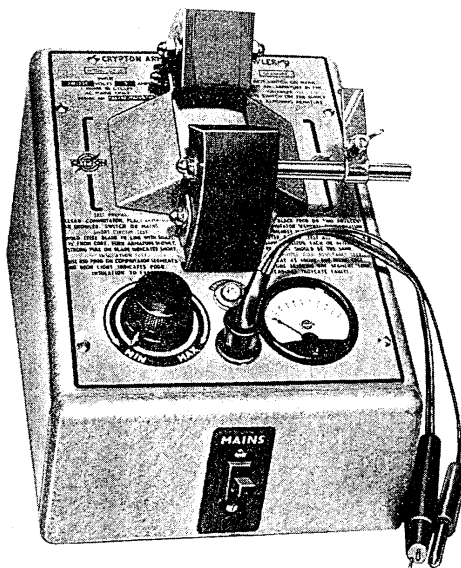
Mazus aksiālā kolektora defektus var novērst, lietojot smalko smilšpapīru, bet lielākus bojājumus var novirpot. Radiālā tipa kolektoru var nomazgāt ar metilspirtu, tam smilšpapīrs nav nepieciešams.

## **Enkurs**

Enkura bojājums var rasties, ja tiek pārsniegta tā rotācijas frekvence. Pats nopietnākais tāda veida bojājums notiek tad, ja centrālās spēku ietekmē enkura tinums tiek izsviests ārā no rievām. Remonts šādos gadījumos nav iespējams, tāpēc enkurs ir jānomaina.

Nav remontējams arī enkurs, kuram ir bojāta izolācija starp tinumiem un serdi.

Enkura tinuma īsslēgtos vijumus var atklāt ar speciālu ierīci (177. attēls). Ja enkuru ievieto ierīces V veida magnētavadā un ierīci ieslēdz, tad tā sāk ģenerēt mainīgu magnētisko lauku, kas iedarbojas uz enkura tinumiem. Enkura tinumi sāk darboties kā sekundārie transformatora tinumi, kuros inducējas sekundārās strāvas, pie kam lielākās sekundārās strāvas rodas tieši īsslēgtajos vijumos. To var samērā viegli atklāt, uzliekot uz enkura virsmas šauru tērauda plāksni, kas īsslēguma vietā sāks stipri vibrēt. Īsslēguma iemesls var būt metāla uzklāšanās vai grafīta pulvera nosēšanās no sukām, tāpēc var mēģināt nomazgāt un notīrīt īsslēguma vietu. Ja tas nepalīdz, tad nāksies bojāto enkuru nomainīt.



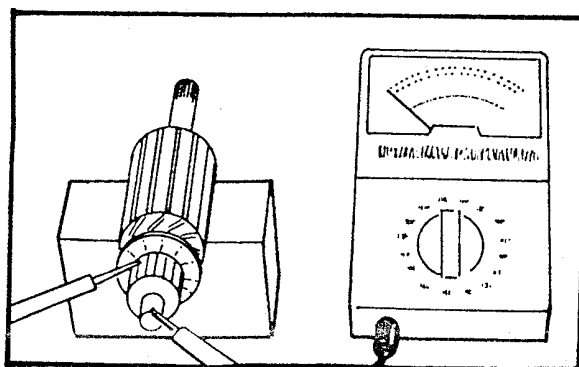
*176. att. Ierīce enkura īsslēgto vijumu noteikšanai*

Ja nav ierīces enkura īsslēgto vijumu noteikšanai, tad noteikt īsslēguma vietu enkura tinumā ir ļoti grūti tinuma nelielās pretestības dēļ. Dažreiz bojājuma vietu ir iespējams noteikt, enkuru vienkārši apskatot. Taču, ja acīmredzamu bojājumu nav, tad, lai izmērītu pretestību starp blakus esošām kolektora plāksnītēm, ir nepieciešams ļoti jutīgs ommetrs.

Enkura tinumā īsslēgtos vijumus ir iespējams noteikt ar apmēram 10A stipru strāvu. Pie enkura sukām pievada 10A strāvu un ar jutīgu voltmetru izmēra sprieguma zudumus uz atbilstošiem plāksnīšu pāriem. Izmērīto sprieguma lielumu atšķirība norādīs īsslēgto vijumu.

Izolāciju starp tinumu vijumiem un enkura serdi var pārbaudīt, izmantojot 6W kontrolspuldzi, ko slēdz virknē ar 12V akumulatoru, vai ar multimetra palīdzību, kuru ieslēdz ommetra režīmā (177. attēls).





177. att. Izolācijas pretestības pārbaude starp kolektoru un enkura vārpstu

Starp kolektora plāksnītēm un enkuru ir jābūt ļoti lielai pretestībai, tāpēc ommetram ir jāuzrāda pretestība, kura ir tuvu bezgalībai, bet kontrolspuldzei nav jādeg.

## 5. AIZDEDZES SISTĒMAS

### 5.1. Vispārīgs raksturojums

Augstspriegumu darba maisījuma aizdedzināšanai gāzu motorā pirmo reizi izmantoja francūzis Etjēns Lenuārs (*Etienne Lenoir*) 1860. gadā. Mūsdienu aizdedzes sistēmas prototipi ir radīti 20. gadsimta sākumā: vācu inženieris Roberts Bošs (*Robert Bosch*) 1901. gadā izstrādāja augstsprieguma magneto, 1908. gadā tika patentēta kontaktu tipa aizdedzes sistēma, bet amerikāņu inženieris Čārlzs Keterings (*Charles Kettering*) 1912. gadā izveidoja mehānisko kontaktu tipa aizdedzes sistēmu.

Aizdedzes sistēma ir viena no svarīgākajām motora sistēmām. Tās agregātu atteices noved līdz transporta līdzekļa kustības pārtraukšanai, bet kļūmes ietekmē motora darbības vienmērīgumu, ekonomiskumu un atgāzu toksiskumu. Dažāda rakstura bojājumu dēļ degvielas patēriņš var palielināties pat līdz 30%, bet aizdedzes sistēmas tehniskajai apkopei un tās agregātu profilaksei jāpatērē līdz 30% no minēto darbu apjoma motoram kopumā.

Aizdedzes sistēmas uzdevums ir nodrošināt degmaisījuma stabili aizdedzināšanu motora cilindros dažādos darba režīmos, dažādos motoru noslodzes un ekspluatācijas apstākļos. Šīs sistēmas darbības pamatā ir enerģijas uzkrāšana un elektriskās izlādes nodrošinājums starp aizdedzes sveces elektrodiem.

Aizdedzes sveces elektriskās izlādes enerģijai ir jābūt pietiekamai degmaisījuma aizdedzināšanai. Normāla degmaisījuma, kurā uz 1 kg benzīna ir 15 kg gaisa, aizdedzināšanai nepieciešamā dzirksteles enerģija sastāda 0,2 mJ. Degvielas aizdedzināšanai nepieciešamās enerģijas daudzumu ietekmē degmaisījuma sastāvs, spiediens cilindrā, motora darba režīms utt.

Iesildītam motoram degmaisījuma stabili aizdedzināšanai jau nepieciešama ap 5 mJ liela enerģija. Uzskata, ka motora stabili darbībai neatkarīgi no nosacījumiem un motora darbības režīmiem (motora iedarbināšana, darbība ar liesu degmaisījumu, strauja paātrinājuma režīmi, pilnas slodzes režīmi u.c.) nepieciešamajai dzirksteles enerģijai ir jābūt ar rezervi, ne mazākai kā 30 ÷ 100 mJ, reizēm pat 1 J vai vairāk.

Ir izveidotas tādas aizdedzes sistēmas, kuras spēj radīt pat 30MJ un lielāku enerģiju, kas nodrošina normālu motora darbību, tam darbojoties ar ļoti liesu degmaisījumu – atsevišķos režīmos tā gaisa pāruma koeficients  $\lambda = 3,33$  (*Toyota 2.0 l 16V DOHC* motors ar tiešo benzīna iesmidzināšanas sistēmu). Līdz šim uzskatīja, ka efektīvi var sadedzināt degmaisījumu, kura gaisa pāruma koeficients  $\lambda \leq 1,9$ .

Dzirkstelei nepieciešamo enerģiju uzkrāj aizdedzes spoles magnētiskajā laukā (induktīvā uzkrāšana) vai kondensatorā (kapacitīvā uzkrāšana). Pirmajā gadījumā augstspriegums inducējas, pārtraucot primāro ķēdi, otrajā – kondensatoram izlādējoties caur aizdedzes spoles primāro tinumu.

Aizdedzes sistēmai jānodrošina atkārtota enerģijas uzkrāšana ļoti īsā laika posmā: līdz 2000 un vairāk reižu minūtē. Četraktu četrcilindru motora aizdedzes sistēmai pie 4500 apgr/min jānodrošina 9000 augstsprieguma impulsu minūtē, bet astoņcilindru motoram – 18000 impulsu minūtē. Vienlaikus jānodrošina nepieciešamais dzirksteles degšanas ilgums – apmēram  $0,5 \div 2$  ms. Tāpēc mehānisko aizdedzes sistēmu detaļas strādā smagos apstākļos. Dzirksteles degšanas ilgumu būtiski ietekmē izmantotās enerģijas daudzums.

Aizdedzes sistēmas atšķiras pēc

- enerģijas uzkrāšanas veida;
- strāvas pārtraukšanas veida primārajā ķēdē;
- augstsprieguma impulsu sadalīšanas veida pa cilindriem;
- aizdedzes momenta regulēšanas veida;
- aizdedzes sistēmas radīto radiotraucējumu novēršanas veida.

## 5.2. Aizdedzes sistēmai izvirzāmās prasības

Aizdedzes sistēmai izvirza šādas prasības:

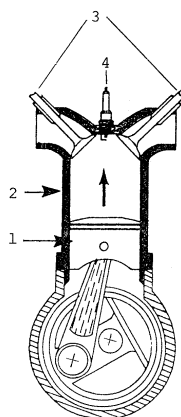
- spriegumam jānodrošina dzirksteles veidošanās starp aizdedzes sveces elektrodiem;
- dzirksteles enerģijai un temperatūrai jābūt pietiekamām, lai degmaisījums varētu uzliesmot;
- degmaisījums katrā cilindrā jāaizdedzina noteiktā, motora darba režīmam atbilstošā momentā.

Benzīnmotoros degmaisījuma aizdedzināšanai izmanto aizdedzes sveces. Aizdedzes sveces dzirkstelei degmaisījums jāaizdedzina tieši motora darba cikla noteiktā momentā tā, lai vēlamajā momentā degšanas spiediens cilindrā sasniegtu vislielāko vērtību.

Spriegums uz aizdedzes sveces elektrodiem sastāda  $5000V \div 30000V$  atkarībā no dažādiem faktoriem: degmaisījuma sastāva, degkambars konfigurācijas, kompresijas pakāpes, temperatūras un sveces stāvokļa.

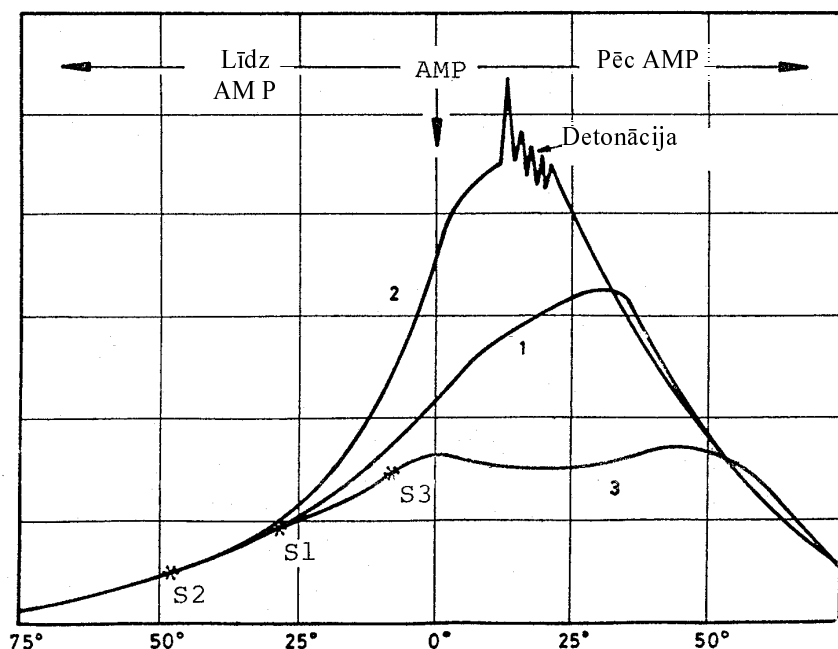
Augstas potenciālu starpības ietekmē starp sveces elektrodiem notiek benzīna tvaiku un gaisa maisījuma caursite, līdz ar to rodas lielas jaudas izlāde, kurā strāva plūst no pozitīvā centrālā elektroda uz negatīvo sānu elektrodu. Šīs izlādes temperatūra sastāda vairākus tūkstošus grādu, un tā ir pilnīgi pietiekama, lai aizdedzinātu degvielas un gaisa maisījumu, kas pēc tam turpina degt patstāvīgi.

Normālos apstākļos dzirkstelei jāveidojas jau tad, kad virzulis vēl nav sasniedzis augšējo maiņas punktu. Liesmas fronte, kas sākumā rodas aizdedzes sveces apgabalā, izplatās visā ar degmaisījumu aizpildītajā telpā. Tā kā degšanas process izbeidzas sekundes daļās, tad spiediens degkamerā sākumā intensīvi pieaug, bet pēc tam sāk samazināties (178. un 179. attēls).



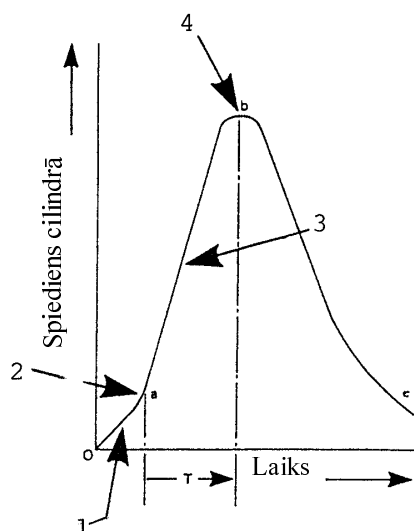
178. att. Degmaisījuma saspiešana:

- 1 – virzulis;
- 2 – cilindrs;
- 3 – vārsts;
- 4 – aizdedzes svece



179. att. Aizdedzes apsteidzes leņķis:

1 – pareiza aizdedzes iestatīšana punktā S1; 2 – agrā aizdedze punktā S2; 3 – vēla aizdedze punktā S3



180. att. Gāzu spiediens cilindrā:

- 1 – spiediena palielināšanās degmaisījuma saspiešanas rezultātā;
- 2 – aizdedzes moments;
- 3 – ievērojams spiediena palielinājums degmaisījumam sadegot;
- 4 – maksimālais spiediens

Tā kā degmaisījums neaizdegas momentāni, bet laiks no aizdedzes momenta līdz degšanas beigām ir apmēram 2 ms, tad svecei ir jārada dzirkstele jau līdz virzuļa augšējam maiņas punktam ar tādu aprēķinu, lai sadegšanas rezultātā radušos gāzu maksimālais spiediens cilindrā rastos brīdī, kad virzulis atrodas jau nedaudz aiz augšējā maiņas punkta.

Motora darba stacionārā režīmā aizdedzes apsteidzes leņķis ir  $30^\circ \div 40^\circ$  pēc kloķvārpstas pagrieziena leņķa. Aizdedzes apsteidzes leņķis ir kloķvārpstas pagrieziena leņķis no tās stāvokļa dzirksteles rašanās brīdī līdz stāvoklim, kad virzulis sasniedz augšējo maiņas punktu (179. attēls). Fiksēta aizdedzes apsteidzes leņķa vērtība ir derīga tikai motora noteiktiem apgriezieniem, tāpēc aizdedzes sistēmai ir jāsaturs ierīce, kas spētu mainīt apsteidzes leņķi atkarībā no motora apgriezieniem.

Moturu izmēģinājumi uz stenda ļauj noteikt optimālo apsteidzes leņķi pie jebkuriem motora apgriezieniem un slodzes. Jāņem vērā arī šādi faktori:

- izplūdes gāzu sastāvs jeb toksiskums;
- detonācija;
- ekonomiskums;
- vajadzība iegūt maksimālo jaudu motora izejā.

### 5.3. Degmaisījumu veidi un sastāvs

Atkarībā no degvielas un gaisa daudzuma attiecības degmaisījums var būt

- normāls;
- trekns un ļoti trekns;
- liess un ļoti liess.

Degmaisījuma sastāvam jāatbilst motora darbības režīmam. Iedarbinot aukstu motoru, degmaisījumam jābūt ļoti treknam ( $\lambda = 0,3 \div 0,4$ ), lai tas labi uzliesmotu, jo zemā temperatūrā degviela sliktāk iztvaiko un tās tvaiki kondensējas uz aukstajām iekārtu caurules un cilindra virsmām. Jo zemāka ir apkārtējās vides un motora temperatūra un sliktāka degvielas iztvaikošanas spēja, jo treknākam ir jābūt degmaisījumam.

Motoram strādājot tukšgaitā, kloķvārpstas nelielās rotācijas frekvences un zemās darba temperatūras dēļ degviela izsmidzinās samērā slikti. Lai nodrošinātu motoram stabilu darbību tukšgaitas režīmā, degmaisījumam jābūt treknam ( $\lambda = 0,5 \div 0,8$ ). Līdzīgi apstākļi veidojas arī tad, ja motora slodze ir neliela.

Pilnas slodzes režīmā motoram jāattīsta maksimālā jauda, tāpēc izmanto treknu degmaisījumu ( $\lambda = 0,9$ ), lai iegūtu vislielāko sadegšanas ātrumu. Paātrināšanas režīmā, kad strauji palielina motora kloķvārpstas rotācijas frekvenci, degmaisījumam jābūt treknākam, lai motoram būtu labs dinamiskums un tas nenoslāptu.

Vidējas slodzes režīmā, kad motoram nav jāattīsta maksimālā jauda, degmaisījumam jābūt liesam ( $\lambda = 1,15$ ), lai būtu mazs degvielas patēriņš un to ietaupītu.

### 5.4. Degmaisījuma sadegšanas ātrumu ietekmējošie faktori

Aizdedzinot degmaisījumu motora cilindrā, vispirms uzliesmo tās degvielas daļiņas, kuras atrodas tiešā sveces elektrodu tuvumā, pēc tam liesma izplatās tālāk, aptverot visu degkamerā esošo degmaisījumu.

Liesmas izplatīšanās jeb degmaisījuma sadegšanas ātrums stipri ietekmē motora darbību. Ja tas ir mazs, tad sadegšanas laiks ir ilgs un siltuma zudumi lieli, motors pārkarst un zaudē jaudu, bet degvielas patēriņš pieaug.

Normālā sadegšanas procesā degmaisījuma sadegšanas ātrums ir  $25 \div 35$  m/s. Sadegšanas ātrumu ietekmē

- degvielas īpašības;
- degmaisījuma sadegšanas kvalitāte;
- degmaisījuma sastāvs;
- kompresijas pakāpe;
- degkameronas forma;
- palikušo gāzu daudzums cilindrā u.c.

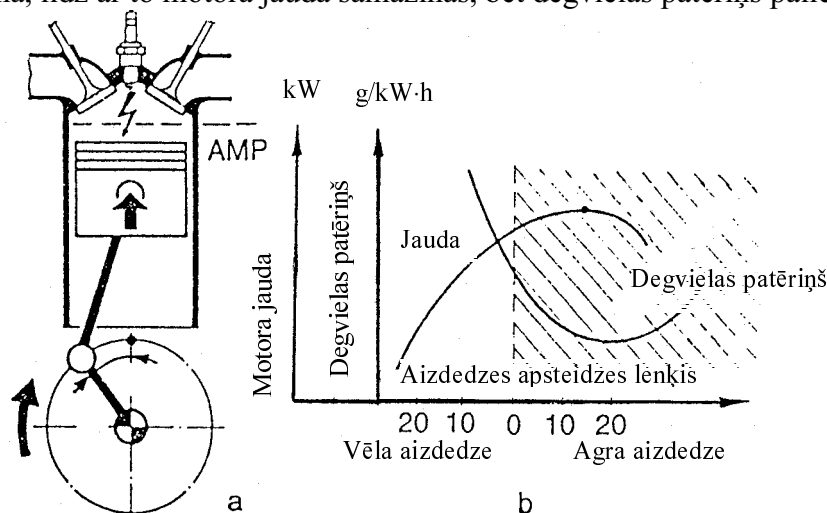
Teorētiski degmaisījuma pilnīga sadegšana var notikt, ja gaisa un degvielas attiecība ir 14,7: 1 (gaisa pārums koeficients  $\lambda = 1,0$ ). Slikti uzliesmo un deg gan pārlietu noliesināts, gan pārlietu bagātināts degmaisījums.

Degmaisījums ar gaisa pārums koeficientu  $\lambda = 0,9$ , t.i., faktiski ar 10% gaisa deficītu (trekns degmaisījums) ļauj iegūt no motora vislielāko jaudu. Šajā gadījumā degmaisījuma sadegšanas ātrums ir vislielākais, taču sadegšanas rezultātā rodas izplūdes gāzes ar nevēlamu tvana gāzes saturu un nesadegušiem oglekļa daļiņām. Degmaisījumam pievadot lieku gaisu, sadegšanas ātrums un motora jauda samazinās.

Optimālā gaisa un degvielas attiecība, kas ļauj iegūt samērā tīras izplūdes gāzes, ir aptuveni  $\lambda = 1,1$ . Motora jauda un degvielas patēriņš ir cieši saistīti ar degmaisījuma sadegšanas ātrumu pēc tā uzliesmošanas.

Aizdedzes momenta iestatīšanai ir vissvarīgākā nozīme degšanas procesa pareizā norisē. Šis moments ir jāizvēlas tāds, lai spiediens cilindrā sasniegtu maksimumu apmēram pēc  $12^\circ$  aiz augšējā maiņas punkta. Ja degmaisījumu aizdedzina par agru (agra aizdedze), tad tā sadegšana norisinās pārāk strauji un rodas detonācija. Tāds sadegšanas režīms ir bīstams motoram, un to nedrīkst pieļaut, jo detonācijas laikā spiediens cilindrā krasi pieaug, triecienvēda slodzes iedarbībā iespējama virzuļa un pirksta sagraušana, motors pārkarst un jauda samazinās.

Ja degmaisījumu aizdedzina par vēlu, tad tā sadegšanas process turpinās izplūdes takts laikā, līdz ar to sadegšanas ātrums ir lēns un spiediens cilindrā sasniedz maksimumu pārāk vēlu, tāpēc paaugstinās motora darba temperatūra, pārkarst izplūdes sistēmas detaļas, iespējama vārstu izdegšana, līdz ar to motora jauda samazinās, bet degvielas patēriņš palielinās (181. attēls).



181. att. Aizdedzes apsteidzes leņķis:

a – shēma; b – aizdedzes apsteidzes leņķa ietekme uz motora jaudu un degvielas patēriņu

### Degmaisījuma turbulence

Aizdegšanās momentā degmaisījums cilindrā pārvietojas virpuļu veidā. Šie virpuļi palīdz izplatīties liesmai pa visu degmaisījumu, un tas labāk sadeg, tāpēc degkammeras konstruē tādā veidā, lai nodrošinātu vēlamo gāzu virpuļu kustību.

Tiek izveidotas kompakta degkammeras ar cilindrisku, ķīļveida vai pussfērisku formu, kuras viegli atbrīvojamas no sadegšanas gāzēm un piepildāmas ar svaigu degmaisījumu. Šādās degkamerās degmaisījums sadeg ātri, kas ne tikai novērš detonāciju, bet arī samazina siltuma zudumus.

### Cilindra atbrīvošana no sadegšanas gāzēm

Izplūdes procesa laikā cilindrs tiek atbrīvots no sadegšanas gāzēm. Pilnīgi attīrīt cilindru no sadegšanas produktiem neizdodas, un tajā vienmēr atrodas zināms palikušo gāzu daudzums, kuras, sajaucoties ar ieplūstošo degmaisījumu vai gaisu, samazina liesmas izplatīšanās ātrumu un līdz ar to pazemina gāzu temperatūru degkamerā. No vides aizsardzības viedokļa šo faktu var uzskatīt par pozitīvu, jo, samazinoties sadegšanas temperatūrai, krasi samazinās arī slāpekļa oksīdu saturs izplūdes gāzēs.

Motoros var būt izveidota speciāla izplūdes gāzu recirkulācijas sistēma, kas daļu no tām novada atpakaļ uz ieplūdes kolektoru ar mērķi samazināt degšanas temperatūru un  $\text{NO}_x$  saturu atgāzēs. Tomēr eksistē palikušo gāzu noteikts pieļaujama daudzums, kuru var virzīt uz otrreizēju sadedzināšanu, jo pēc tā pārsniegšanas krasi pasliktinās degmaisījuma kvalitāte, samazinās pildījuma koeficients, samazinās motora jauda un strauji pieaug degvielas patēriņš. Optimālai atgāzu recirkulācijas vadībai visos motora režīmos veido atgāzu recirkulācijas sistēmas ar elektronisko vadību.

### ***Sprādzienvēda degšana***

Līdz momentam, kad rodas detonācija, var notikt vēl viena novirze degšanas procesā. Virzulim pārvietojoties uz augšējo maiņas punktu, gāzes, kas atrodas tālāk no aizdedzināšanas punkta (dzirksteles), tiek sildītas ar liesmas fronti, kura pārvietojas šo gāzu virzienā. Paaugstināta spiediena, gāzu un liesmas frontes pretplūsmas saskare ar augstas temperatūras gāzēm var radīt pārējās degmaisījuma daļas pašuzliesmošanos, kas izsauc krasu spiediena paaugstināšanos. Šī parādība pēc saviem simptomiem praktiski neatšķiras no detonācijas, taču tai ir pavisam cita fizikāla izcelsme.

### ***Detonācijas un sprādzienvēda degšanas kombinācija***

Detonācija un sprādzienvēda degšana rada motorā metālisku troksni, klauzdzienus. Tā notiek, motoram darbojoties ar pilnu slodzi. Tā kā daļa enerģijas tiek nelietderīgi tērēta trokšņa radīšanai un temperatūras paaugstināšanai, tad motora jauda samazinās. Ja šīs parādības turpinās ilgstoši, ir iespējama vārstu izdegšana, virzuļu sagraušana, par ko liecinās motora jaudas strauja samazināšanās un dūmošana.

Detonāciju un sprādzienvēda degšanu veicina šādi faktori:

- nepilnīga degkameras konstrukcija. Tai ir jānodrošina degkameras atdzesēšana, it sevišķi to vietu, kas atrodas tālāk no aizdedzes sveces, kā arī intensīva degmaisījuma savirpuļošana saspiešanas takts procesā;
- degmaisījuma sastāvs. Liesam degmaisījumam ir tieksme izraisīt detonāciju;
- degvielas oktānskaitlis. Motora kompresijas pakāpe ir cieši saistīta ar degvielas kvalitāti – motoros ar zemāku kompresijas pakāpi var izmantot degvielu ar mazāku oktānskaitli;
- aizdedzes moments. Agra aizdedze var izsaukt detonāciju.

### ***Detonācijas kontrole***

Lai no motora iegūtu vislielāko efektivitāti, aizdedzei jānotiek uz detonācijas veidošanās robežas. Šī mērķa sasniegšanai automobiļi tiek apgādāti ar detonācijas vadības sistēmu.

Sākoties detonācijai vai sprādzienvēda degšanai, degkameras zonā rodas spēcīgas vibrācijas, kuras tiek uztvertas ar speciāla mērpārveidotāja palīdzību. Motoram darbojoties, rodas plaša spektra dažādi klauzdzieni un vibrācijas, bet mērpārveidotājam ir jābūt spējīgam no šī plašā spektra izdalīt tikai detonācijai raksturīgo signālu. Detonācijas sākumā mērpārveidotāja signāls tiek padots uz elektronisko vadības bloku, un tas samazina aizdedzes apsteidzes leņķi.

Šāda sistēma parasti ir tikai daļa no kopējās motora vadības sistēmas.

### ***Pašuzliesmošana***

Degmaisījums var uzliesmot, saskaroties ar sakarsētām degkameras sienām. Pašuzliesmošana, tāpat kā detonācija, rada motorā metālisku troksni un spēji samazina motora jaudu.

Visbiežāk pašuzliesmošanas cēlonis ir uzdegumi vai piededži degkamerā. Tiem ir slikta siltumizolācija, tāpēc tie stipri sakarst un spēj aizdedzināt degmaisījumu, pirms to izdarīs aizdedzes svece.

Uzdegumu veidošanās parādības blakusefekts ir vēl tas, ka motors turpina darboties pat pēc aizdedzes izslēgšanas, jo kvēlojoši piededži spēj aizdedzināt degmaisījumu, pat aizdedzes svecei nedarbojoties.

Pieaugošās prasības izplūdes gāzu sastāvam ir sekmējušas tādu motoru izveidošanu, kuri darbojas ar paliesinātu degmaisījumu, kas dod mazāk izmešu. Lai novērstu motora darbību ar izslēgtu aizdedzi, ir paredzētas ierīces, kas, aizdedzi izslēdzot, pārtrauc degvielas padevi.

### ***Degšanas process un kaitīgie izmeši***

Darba maisījums, kas veidojas no noteikta daudzuma benzīna tvaikiem, gaisa un atliku gāzēm, pēc aizdedzināšanas ar aizdedzes sveci ne tikai rada cilindrā jaudu, kas tiek novadīta uz kloķvārpstu, bet arī izplūdes gāzes, kuras izplūst atmosfērā.

Sadegšana būtībā ir oglekļa un ūdeņraža oksidēšanās process motora cilindrā. Sadegšanai nepieciešamo skābekli iegūst no cilindrā iesūktā gaisa. Ja gaisa un benzīna attiecības degmaisījumā sastāda aptuveni 14,7:1, tad teorētiski ir jānotiek degvielas pilnīgai sadegšanai, kā rezultātā ir jāveidojas pilnīgi nekaitīgām vielām – ūdenim un ogļskābajai gāzei. Praktiski degmaisījuma veidošanās process nenotiek ideāli, tāpēc ogleklis un ūdeņradis pilnībā nespēj oksidēties un izplūdes gāzēs paliek oglekļa monoksīds (CO – tvana gāze), ogļūdeņraži un tīrs skābeklis.

Degvielas pilnīgu sadegšanu nav iespējams panākt, un nepilnīgas sadegšanas rezultātā palikušās kaitīgās vielas, kuras satur izplūdes gāzes, piesārņo atmosfēru. Izplūdes gāzēs kaitīgie piemaisījumi sastāda apmēram 1%, tajos ietilpst oglekļa oksīds (CO), ogļūdeņradis (CH) un slāpekļa oksīdi (NO<sub>x</sub>). Visu trīs minēto komponentu daudzums ir atkarīgs no degmaisījuma sastāva, taču to saturu nevar samazināt vienlaicīgi: samazinot CO un CH daudzumu, palielinās NO<sub>x</sub>, un otrādi.

**Slāpekļa oksīdiem (NO<sub>x</sub>)** nepiemīt ne smarža, ne garša, bet, savienojoties ar gaisa skābekli, tie rada slāpekļa dioksīdu NO<sub>2</sub> – sarkanbrūnu gāzi, kuras ieelpošana var radīt plaušu iekaisumu.

Savienojoties ar ūdeni, slāpekļa oksīdi veido slāpekļskābi, kas nonāk uz augsnes “skāba lietus” veidā.

**Ogļūdeņraži (CH)** ir naftas produktu – degvielas un eļļas – pārpalikumi, kas rodas, cilindrā nepilnīgi sadegot degmaisījumam. Tie vienmēr ir izplūdes gāzēs un, nokļūstot atmosfērā, apdraud veselību. Degvielai iztvaikojot no karburatora vai degvielas tvertnes, ogļūdeņraži var nokļūt atmosfērā tvaiku veidā.

**Oglekļa oksīds (CO)** ir ļoti bīstama gāze bez krāsas un smaržas. Nonākot elpošanas ceļos, tā bloķē asins eritrocītus un neļauj tiem pārnēsāt skābekli. Ja gāzes saturs gaisā ir 0,3 %, tas var izsaukt cilvēka nāvi pat 30 minūšu laikā.

**Svina savienojumi**, nokļūstot cilvēka organismā kopā ar gaisu, var radīt asinsķermenīšu, kaulu smadzeņu un nervu sistēmas bojājumus. Svins nav degvielas ražošanas izejviela, taču to pievieno degvielai piedevu veidā, lai paaugstinātu tās noturību pret detonāciju. Apmēram 75 % svina tiek iznesti no motora kopā ar izplūdes gāzēm, bet pārējo tā daļu uzņem motoreļļa.

### ***Katalītiskais izplūdes gāzu pārveidotājs***

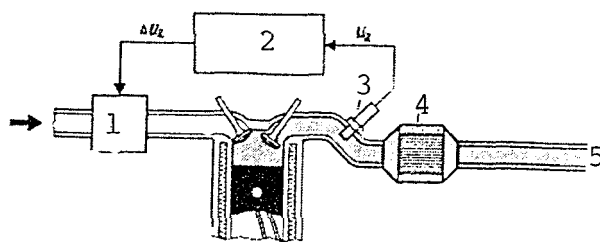
Kaitīgo vielu daudzumu izplūdes gāzēs var ievērojami samazināt, izmantojot katalītisko izplūdes gāzu pārveidotāju. Ir vairākas šo ierīču konstrukcijas, taču visvairāk lieto trīs komponentu pārveidotāju, jo tas ir paredzēts visu trīs kaitīgo piemaisījumu (CO, CH, un NO<sub>x</sub>) daudzuma samazināšanai izplūdes gāzēs.

Pārveidotājs, kuru sauc par katalizatoru, izpilda divus galvenos uzdevumus:

- CO un CH pārveido nekaitīgās vielās – ogļskābajā gāzē (CO<sub>2</sub>) un ūdenī (H<sub>2</sub>O);
- slāpekļa oksīdus NO<sub>x</sub> pārveido nekaitīgā vielā – slāpekli.

Katalizators var neutralizēt apmēram 90% kaitīgo vielu, bet, tikai izpildot divus nosacījumus:

- motora barošanai nedrīkst izmantot svina saturošu benzīnu, kas var pasliktināt vai vispār sabojāt pārveidotāja aktīvo elementu, kuri izgatavoti no cēlmetāla, neitralizējošās īpašības;
- nepieciešams stingri ievērot gaisa un degvielas proporciju attiecības 14,7 : 1 jeb  $\lambda = 1$ , kas prasa izmantot speciālu degmaisījuma sastāva vadības sistēmu pēc gaisa pāruma koeficienta  $\lambda$  (182. attēls).

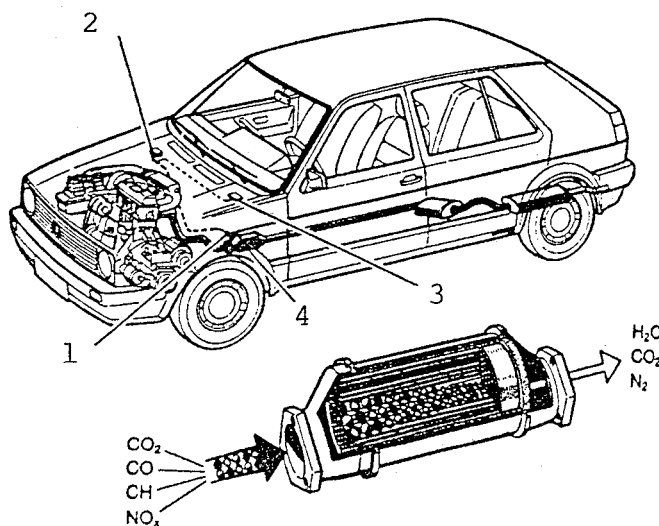


182. att. Gaisa pāruma koeficienta  $\lambda$  regulēšanas shēma ar katalizatoru:

1 – degmaisījuma veidošanas sistēma; 2 – elektroniskās vadības bloks; 3 – lambda zonde;  
4 – katalizators; 5 – izplūdes gāzes

Katalizatoru var izmantot arī bez degmaisījuma sastāva vadības sistēmas, bet tad tā efektivitāte, labākajā gadījumā, sastādīs 50 %.

Katalizatoram ir jāatrodas tādā izplūdes sistēmas vietā, kur izplūdes gāzu temperatūra ir no 400°C līdz 800°C (183. attēls). Katalizatorā pārveidošanas process sākas tikai tad, kad temperatūra ir augstāka par 250°C. Ja temperatūra paaugstinās virs 800°C, sākas katalizatora aktīvās masas un tās cēlmetālu pārklājuma termiskā novecošana.

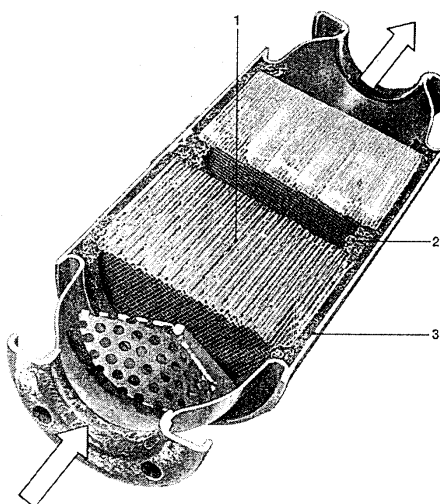


183. att. Katalizatora novietošanas vieta automobilī:

1 – lambda zonde; 2 – lambda zondes sildītājs; 3 – motora vadības bloks; 4 – katalizators

Katalizatora tipiska konstrukcija redzama 184. attēlā. Katalizators satur vienu vai vairākus keramikas blokus, kas izgatavoti no alumīnija un magnija silikāta, kurā atrodas vairāki tūkstoši caurplūdes kanāli, caur kuriem plūst izplūdes gāzes. Silikāta bloki pārklāti ar plānu alumīnija oksīda plēvi, ko no ārpuses sedz plāns cēlmetālu (rodija un platīna) slānis.



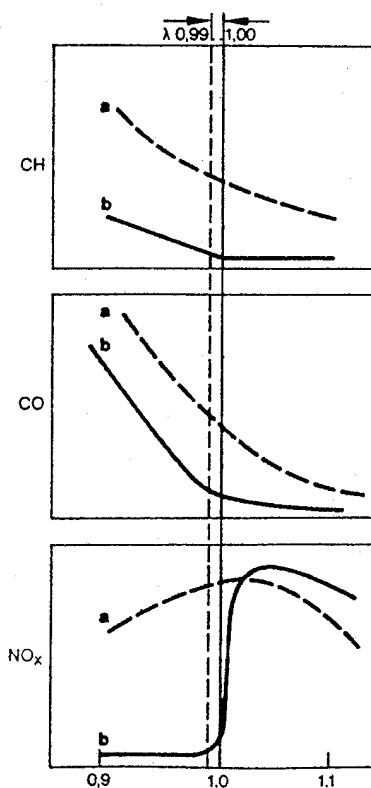


184. att. Katalizators :

1 – ar aktīvu materiālu pārklāta keramika; 2 – pildījums ar tērauda šķiedru;  
3 – katalizatora apvalks

Platīns palīdz oksidēt CO un CH, bet rodijs – slāpekļa oksīdiem sadalīties par slāpekli un skābekli. Katalizatorā cēlmetālu kopējā masa ir apmēram 3 grami.

Katalizatora darbības rezultāts parādīts 185. attēlā, kur var redzēt, ka praktiskā nepieciešamība prasa uzturēt degmaisījuma sastāvu pie  $\lambda = 1$ . Pat mazākā  $\lambda$  palielināšana degmaisījuma noliesināšanas virzienā noved pie slāpekļa oksīdu daudzuma palielināšanos izplūdes gāzēs. Gaisa pāruma koeficienta novirzes degmaisījuma bagātināšanas virzienā rada oglekļa oksīda un ogļūdeņraža satura paaugstināšanos.



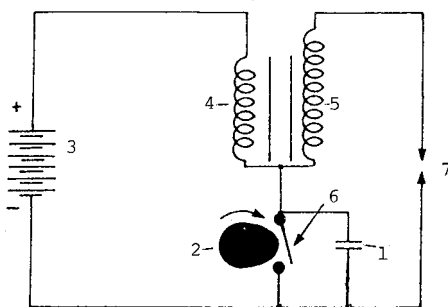
185. att. Kaitīgo vielu oglekļa oksīda (CO), slāpekļa oksīdu ( $NO_x$ ) un ogļūdeņražu (CH) saturs izplūdes gāzēs atkarībā no gaisa pāruma koeficienta  $\lambda$  :

a – bez katalizatora; b – ar katalizatoru

## 5.5. Aizdedzes sistēmu iedalījums

Pagājušā gadsimta pirmajos divdesmit gados automobiļos lietoja magneto aizdedzes sistēmu. Šajā sistēmā zemsprieguma elektroenerģijas avots, pārtraucējs, aizdedzes spole un sadalītājs apvienoti vienā kopējā elektriskā ierīcē – magneto. Magneto ir augstsprieguma ģenerators, kuru piedzen motors un tā darbībai nav nepieciešams akumulators. Tomēr automobiļa gaismas ierīču darbam akumulators bija nepieciešams, tāpēc vecā aizdedzes sistēma tika nomainīta ar progresīvāku – baterijas aizdedzes sistēmu.

Baterijas aizdedzes sistēma pirmoreiz tika patentēta 1908. gadā, un to izdarīja Keterings (C. F. Ketterig) no *Dayton Engineering laboratories Company (DELCO)*. Kā redzams 186. attēlā, tad ideju pēdējos 100 gados nav skārušas būtiskas izmaiņas.

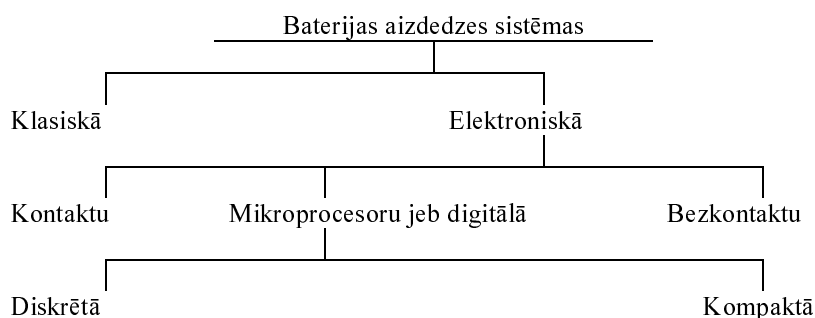


186. att. Baterijas klasiskā aizdedzes sistēma:

- 1 – kondensators; 2 – izciļņripi; 3 – akumulators; 4 – aizdedzes spoles primārais tinums;  
5 – aizdedzes spoles sekundārais tinums; 6 – pārtraucēja kontakti; 7 – aizdedzes svece

Sprieguma transformēšanai baterijas aizdedzes sistēmās izmanto aizdedzes spoli, kas mūsdienu aizdedzes sistēmās tiek apvienota ar elektronisko augstsprieguma bloku. Dzirksteles veidošanai nepieciešamo enerģiju var uzkrāt spoles magnētiskajā laukā (induktīvā uzkrāšana) vai kondensatorā (kapacitatīvā uzkrāšana). Elektronikas attīstība likvidēja Keteringa monopoltiesības, tāpēc aizdedzes sistēmas konstrukcijā pagājušā gadsimta pēdējos 20 gados tika ieviests daudz vairāk izmaiņu nekā iepriekšējos 80 gados.

Baterijas aizdedzes sistēmas ar vienu aizdedzes spoli un mehānisko pārtraucēju - sadalītāju pārsvarā sastopamas līdz 1980. gadu vidum ražotiem automobiļiem. Baterijas aizdedzes sistēmas ir visvienkāršākās un reizē arī visnepilnīgākās no visām aizdedzes sistēmām, tomēr to darba principu izpratnei ir svarīga nozīme vēl mūsdienās, kaut arī bateriju aizdedzes sistēmas sastāda tikai niecīgu daļu no visu aizdedzes sistēmu lielās grupas (187. attēls).



187. att. Aizdedzes sistēmu iedalījums

**Baterijas aizdedzes sistēmas pēc vadības veida** var iedalīt klasiskās un elektroniskās aizdedzes sistēmās.

**Elektroniskās aizdedzes sistēmas pēc vadības veida** iedala kontaktu, bezkontakta aizdedzes sistēmās un mikroprocesoru jeb digitālās aizdedzes sistēmās.

**Digitālās aizdedzes sistēmas pēc vadības veida** nosacīti var iedalīt diskrētās un kompaktās aizdedzes sistēmās. Digitālās aizdedzes sistēmas ar diskrēto vadību nepilnība ir tā, ka katra automobiļa motora modelim un modifikācijai nepieciešams savs elektronisks kontrolers ar dotajam motoram atbilstošu darbības vadības programmu. Tāpēc tika izveidotas kompaktās digitālās

aizdedzes sistēmas ar atgriezenisko saiti, kuras var izmantot automobiļu dažādu modeļu un modifikāciju motoru aizdedzes sistēmu vadībai.

**Elektroniskās kontaktu aizdedzes sistēmas** no klasiskām aizdedzes sistēmām galvenokārt atšķiras ar to, ka aizdedzes spoles primārā tinuma ķēdes vadības funkcijas tajās veic mehāniskā pārtraucēja kontakti kopā ar komutatoru.

**Elektronisko bezkontakta aizdedzes sistēmu** svarīgākā atšķirība no elektroniskām kontaktu aizdedzes sistēmām ir tā, ka aizdedzes spoles primārā tinuma ķēdes vadības funkcijas tajā veic nevis mehāniskais pārtraucējs, bet gan elektriskais impulsu mērpārveidotājs kopā ar komutatoru.

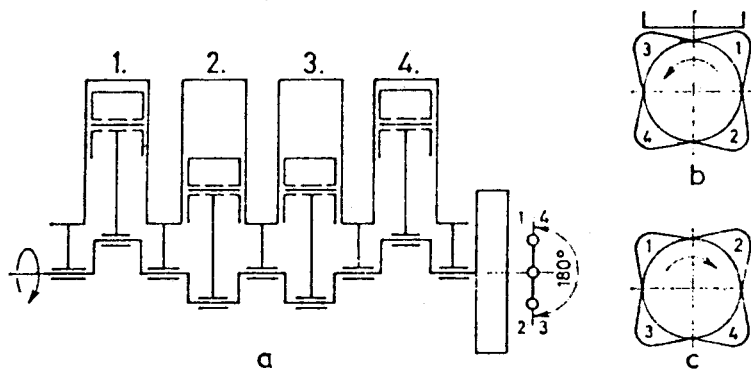
**Digitālās aizdedzes sistēmu** visbūtiskākā atšķirība no elektroniskām bezkontakta aizdedzes sistēmām ir tā, ka primārā tinuma ķēdes vadības funkcijas veic mikroprocesors – kontrollers ar komutatoru, kā arī aizdedzes momenta mehānisko regulēšanu un augstsprieguma impulsu mehānisko sadalīšanu aizstāj ar elektronisko jeb bezsadalītāja sadalīšanas metodi. Šajās aizdedzes sistēmās izmanto aizdedzes spoles ar diviem, četriem vai sešiem augstsprieguma izvadiem.

Visas šīs aizdedzes sistēmas tiks apskatītas turpmāk, bet svarīgi ir ievērot to apvienojošo pazīmi - visas šīs sistēmas satur aizdedzes spoli. Šī sistēmas detaļa ir palikusi bez būtiskām izmaiņām, bet atšķiras tikai tās konstruktīvais risinājums un pieslēgšanas veids.

## 5.6. Klasiskā aizdedzes sistēma

Aizdedzes sistēmu lieto degmaisījuma aizdedzināšanai motora cilindros ar elektriskās dzirksteles palīdzību, kas izveidojas starp aizdedzes sveces elektrodiem. Jaudīgas dzirksteles iegūšanai zemsprieguma strāva ar 12V spriegumu ir jāpārveido augstsprieguma strāvā ar 20 ÷ 30 kV spriegumu un šī strāva ir jāsadala pa motora cilindriem atbilstoši to darba secībai. Motora cilindru darba secība nozīmē darba taktu izkārtojumu motora dažādos cilindros. Tā ir atkarīga no cilindru novietojuma, kā arī kloķvārpstas un gāzu sadales vārpstas izveidojuma.

Četrcilindru motoram var būt viena no divām darba secībām: 1 – 3 – 4 – 2 vai 1 – 2 – 4 – 3 (188. attēls). Motora cilindrus V veida motoros skaita tādā pašā secībā kā vienrindas motoriem: vispirms skaita kreisās rindas, pēc tam – labās rindas cilindrus, skatoties tā kloķvārpstas gala virzienā, no kura noņem griezes momentu. Sešu un astoņu cilindru motoriem ir iespējamas vairākas cilindru darba secības, kas ir norādītas automobiļa tehniskajā dokumentācijā. Motora cilindru darba secība ir stingri jāievēro, pievienojot atpakaļ sveču vadus un ieregulējot aizdedzes momentu.



188. att. Motora cilindru darba secība:

a – virzuļu izvietojums četrcilindru vienrindas vertikālām motoram; b – darba secība 1-3-4-2; c – darba secība 1-2-4-3

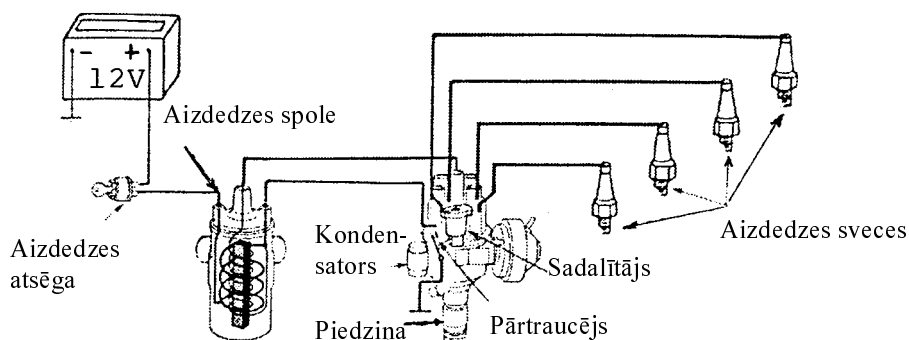
Klasiskās aizdedzes sistēmas galvenie elementi ir zemsprieguma strāvas avots, aizdedzes spole, zemsprieguma strāvas pārtraucējs, augstsprieguma strāvas sadalītājs, augstsprieguma aizdedzes sveces, zemsprieguma un augstsprieguma vadi.

Klasiskā aizdedzes sistēma sastāv no divām ķēdēm:

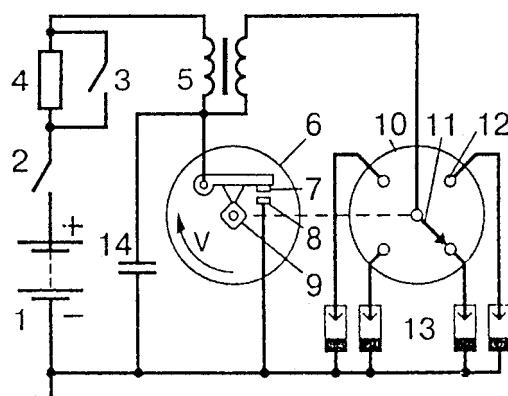
- primārās un
- sekundārās.

Primārās jeb zemsprieguma ķēdes galvenās sastāvdaļas ir akumulators, pārtraucēja kontakts un aizdedzes spoles primārais tinums. Aizdedzes sistēmas primārā ķēdē virknē ar aizdedzes spoles primāro tinumu slēdz papildu rezistoru jeb balasta pretestību, kas ierobežo strāvas stiprumu tajā.

Sekundārās jeb augstsprieguma ķēdes galvenās sastāvdaļas ir aizdedzes spoles sekundārais tinums, sadalītājs, sveču vadi un aizdedzes sveces.



189. att. Klasiskās aizdedzes izveidojums



190. att. Klasiskās aizdedzes sistēmas principiālā shēma:

- 1 – akumulators; 2 – aizdedzes slēdzis; 3 – startera releja jeb startera kontakti; 4 – papildrezistors;  
 5 – aizdedzes spole; 6 – pārtraucējs; 7 – pārtraucēja kustīgais kontakts;  
 8 – pārtraucēja nekustīgais kontakts; 9 – izcilņripa; 10 – sadalītājs; 11 – rotors;  
 12 – kontaktligzda sveces vada pievienošanai; 13 – aizdedzes sveces; 14 – kondensators

Klasiskās aizdedzes sistēmas izveidojums parādīts 189. attēlā, bet tās principiālā shēma – 190. attēlā.

### 5.6.1. Aizdedzes spole

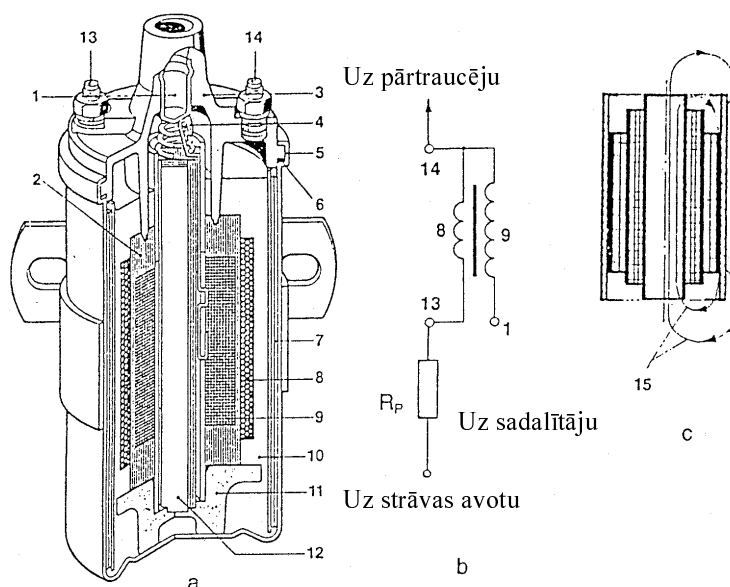
Aizdedzes spoli izmanto enerģijas uzkrāšanai un sprieguma pārveidošanai. Klasiskās aizdedzes sistēmās izmanto aizdedzes spoli ar nenoslēgtu magnētisko ķēdi (191. attēls), kurai ir divi tinumi: primārais un sekundārais. Abu tinumu gali ir kopēji, tie ir pievienoti aizdedzes spoles kopīgai spailei, kuras apzīmējums ir “-” vai CB, bet otrs primārā tinuma gals – spailei ar apzīmējumu “+” vai SW. Caur papildu rezistoru un aizdedzes slēdzi tas savienots ar elektroenerģijas avota “+” spaili. Sekundārā tinuma otrs gals pamatā ir izvadīts spoles centrā, un augstsprieguma vads to savieno ar sadalītāja rotoru (191. attēls b).

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

Izolācijas uzlabošanai vijumu kārtas vienu no otras atdala ar 2 ÷ 4 kondensatora papīra kārtām. Sekundārā tinuma izolēšanai no primārā tinuma izmanto ar laku piesūcinātu audumu un kabelpapīru. Primāro tinumu, kuru veido emaljēta vada (0,5 ÷ 0,9 mm) 220 ÷ 330 vijumi un kurš

spēj izturēt apmēram 3A stipru strāvu, cieši uztin uz sekundāram tinumam uzklāta izolācijas slāņa. Pēc būtības, spole ir sprieguma transformators ar transformācijas koeficientu apmēram  $60 \div 100 : 1$ . Lai nepieļautu magnētiskā lauka pārāk lielu izkliedi, spole ir ievietota magnētiska materiāla apvalkā.

Karbolīta vai cita dielektriķa materiāla vākā ir nostiprinātas spoles zemsprieguma un augstsprieguma izvadu spaiļes. Spoles hermētiskumu panāk, starp vāku un korpusu novietojot eļļas izturīgas gumijas blīvgredzenu. Spoles apakšējā daļā novietotais porcelāna izolators izolē sekundāro tinumu no korpusa. Brīvo telpu spoles iekšējā daļā piepilda ar transformatora eļļu (191. attēls a).



191. att. Aizdedzes spole:

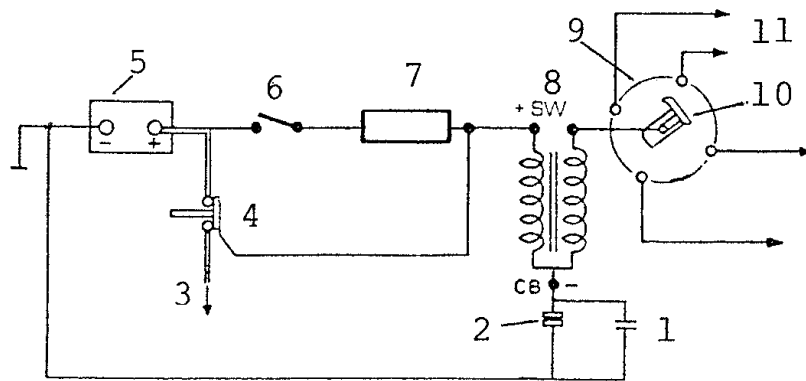
- a – spoles izveidojums; b – elektriskā slēguma shēma; c – magnētiskā ķēde;  
 1 – augstsprieguma izvada spaiļe; 2 – izolācijas slāņi; 3 – vāks; 4 – pievadspaiļe; 5 – apvalks; 6 – blīvgredzens;  
 7 – magnētivads; 8 – primārais tinums; 9 – sekundārais tinums; 10 – transformatora eļļa; 11 – izolators; 12 – serde;  
 13 un 14 – zemsprieguma izvadu spaiļes; 15 – magnētiskā lauka līnijas

### 5.6.2. Papildrezistors jeb variators

Motora iedarbināšanas brīdī strāva startera ķēdē var sasniegt līdz 700A un pat vairāk, kas būtiski samazina akumulatora spriegumu. Iedarbinot aukstu motoru, akumulatora spriegums samazinās pat līdz  $6 \div 8V$ . Šāds sprieguma kritums smagos motora iedarbināšanas apstākļos var radīt aizdedzes sistēmas atteici.

Vairumam aizdedzes sistēmu to elektriskajā ķēdē virknē ar spoles primāro tinumu ieslēdz papildrezistoru (192. attēls), kas izgatavots no niķeļa vai konstantāna stieples. Tā stiprināšanai pie spoles izmanto speciālu turētāju ar keramikas vai porcelāna izolatoru. Papildrezistors vēl vairāk samazinātu spriegumu, un tas novestu pie strāvas būtiskas samazināšanas aizdedzes spoles primārajā tinumā motora iedarbināšanas laikā. Strāvas samazināšanās aizdedzes spoles primārā tinuma vijumos noved pie sekundārā sprieguma samazināšanās. Tāpēc aizdedzes sistēmas un elektroiekārtas slēgumu izveido tā, lai motora iedarbināšanas brīdī apietu papildrezistoru. Šim nolūkam izmanto ievilcējreleja papildu kontaktu vai iedarbināšanas sistēmas papildu releja kontaktus.

Ieslēdzot aizdedzi un startējot, startera ievilcējreleja kontakti šuntē papildrezistoru, līdz ar to aizdedzes spoles primārais tinums ir pieslēgts pilnam akumulatora spriegumam. Līdzko motors tiks iedarbināts un vadītājs atlaidīs aizdedzes atslēgu, tā virknē ar spoles primāro tinumu atkal tiks ieslēgts papildu rezistors un sistēma darbosies tālāk ierastajā režīmā. Tādā veidā šī sistēma ļauj palielināt spriegumu uz aizdedzes spoles primāro tinumu tikai starta laikā (192. attēls).



192. att. Aizdedzes sistēmas shēma ar papildu rezistoru:

1 – kondensators; 2 – pārtraucējs; 3 – uz starteri; 4 – ievilcējreleja kontakti; 5 – akumulators; 6 – aizdedzes slēdzis; 7 – papildrezistors; 8 – aizdedzes spole; 9 – sadalītājs; 10 – rotors; 11 – uz svecēm

Papildrezistora jeb variatora pretestība parasti ir  $0,9 \div 1,9 \Omega$ , t.i., aptuveni vienāda ar aizdedzes spoles primāra tinuma pretestību. Variators paredzēts automātiskai strāvas regulēšanai primārajā tinumā, lai, mainoties kloķvārpstas rotācijas frekvencei, tiktu uzturēts aptuveni nemainīgs augstspriegums.

Rotācijas frekvencei samazinoties, pārtraucēja kontakti tiek savienoti ilgāk un strāva variatorā un primārajā tinumā plūst ilgāk, tāpēc variators vairāk sakarst un tā pretestība palielinās, bet primārā strāva samazinās un aizdedzes spole nepārkarst.

Ja rotācijas frekvence palielinās, tad pārtraucēja kontakti tiek savienoti īsāku laiku un strāva variatorā un primārajā tinumā plūst mazāk, līdz ar to variators mazāk sakarst un tā pretestība samazinās, ierobežojot mazāk strāvas caurplūdi. Tāpēc tiek saglabāts pietiekams augstspriegums arī tad, ja motora rotācijas frekvence ir liela. Daudzos automobiļos variatoru aizstāj ar atbilstošu pretestības vadu, ko izmanto spoles savienošanai ar aizdedzes slēdzi.

Sistēmai ar papildrezistoru ir šādas priekšrocības:

- palielinās auksta motora iedarbināšanas iespējas;
- aizdedzes spoles primārajam tinumam ir mazāka induktivitāte, līdz ar to palielinās strāvas pieauguma ātrums, kontaktiem saslēdzoties, un šāda shēma labāk darbojas, ja motora apgriezieni ir palielināti;
- samazinās spoles temperatūra un palielinās darbības efektivitāte, jo spole darbojas pie pussprieguma.

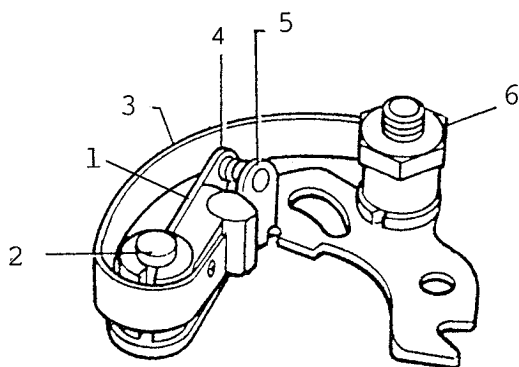
Daudzos franču firmu automobiļos lieto no temperatūras atkarīgu papildrezistoru, ko izgatavo no pusvadītāja materiāla, kuram ir neliela pretestība aukstā stāvoklī, t.i., motoru iedarbinot. Motoram uzsilstot, tā pretestība palielinās. Tādā veidā uz aizdedzes spoli tiek padots gandrīz viss akumulatora spriegums, motoru iedarbinot, bet pēc tam spriegums uz tās pakāpeniski samazinās.

### 5.6.3. Pārtraucējs

Pārtraucējs un sadalītājs ir apvienoti vienā agregātā, bet tie veic pilnīgi atšķirīgas funkcijas. Pārtraucēja pamatfunkcija ir zemsprieguma ķēdes vadība, t.i., aizdedzes spoles primārā tinuma pieslēgšana elektroenerģijas avotam un atslēgšana no tā, vadoties pēc motora kloķvārpstas apgriezieniem un motora noslodzes, tā nodrošinot dzirksteļizlādi starp svecēs elektrodiem un nepieciešamo aizdedzes momentu.

Uz pārtraucēja pamatnes ir nostiprināta kustīga sviriņa ar pārtraucēja kustīgo kontaktu un statnis ar pārtraucēja nekustīgo kontaktu (193. attēls). Kontaktus izgatavo no tērauda un pārklāj ar volframu, sudrabu saturošu sakausējumu u.tml.

Kontakti ir klasiskās aizdedzes sistēmas nedrošākais mezgls.



193. att. Pārtraucēja kontaktu bloks:

- 1 – kustīgā sviriņa;
- 2 – kontakta ass;
- 3 – plakanatspere;
- 4 – kustīgais kontakts;
- 5 – nekustīgais kontakts;
- 6 – pievadspaiļe

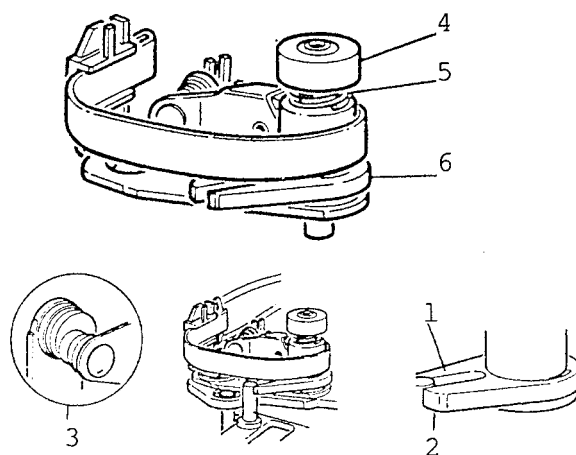
Darbības laikā kontakti tiek pakļauti triecieniem, erozijai, korozijai, tāpēc izmainās to virsmu ģeometriskā forma un kontaktu atstarpe, bet tas rada kontaktu saslēgtā stāvokļa ilguma izmaiņas un kļūmes aizdedzes sistēmas darbībā. Parasti starp pārtraucēja kontaktiem ieregulē  $0,35 \div 0,45$  mm lielu atstarpi.

Kustīgā sviriņa kopā ar kustīgo kontaktu šarnīrveidā ir nostiprināta uz ass un ar plakanatsperi piespiesta pie nekustīgam statnim piestiprinātā nekustīgā kontakta. Sviriņa ir elektriski izolēta no masas un, izmantojot pievadspaiļi un tai pievienotu vadu, savienota ar aizdedzes spoles primārā tinuma izvadu. Nekustīgais kontakts ir savienots ar masu.

Motora ekspluatācijas procesā ir ļoti svarīgi pareizi ieregulēt atstarpi starp pārtraucēja kontaktiem. Pareizi ieregulētai atstarpei ir jānodrošina pietiekams laiks tam, lai pēc kontaktu saslēgšanās aizdedzes spoles primārajā tinumā paspētu nostabilizēties aprēķinātā strāva. Lietas būtība: aizdedzes spolei piemīt induktivitāte, kas cenšas aizkavēt strāvas pieaugumu, līdzīgi tam kā inerces cenšas pretoties spāratarata iegriešanai no miera stāvokļa līdz uzdotiem apgriezieniem. Šī iemesla dēļ ir svarīgi, lai kontakti nepaliktu pārāk ilgi atvērtā stāvoklī, jo pretējā gadījumā kontaktu slēgtā stāvokļa ilgums būs nepietiekams. Kontakta slēgtā stāvokļa mērvienība ir kloķvārpstas pagrieziena leņķis, kura regulēšana noved pie atstarpes ieregulēšanas pārtraucēja kontaktiem atvērtā stāvoklī, t.i., aizdedzes apsteidzes leņķa regulēšanas. Atstarpes regulēšana, lietojot taustus, ir novecojis paņēmieni, jo motors ir jāapstādina (motoram darbojoties, kontaktu slēgtā stāvokļa leņķis inerces spēku ietekmē var izmainīties).

Pārtraucējā ir aizdedzes apsteidzes leņķa regulēšanas ierīces, pie kurām pieder centrālās regulators, vakuuma regulators, oktānkorektors. Ja pārtraucējs – sadalītājs ir aprīkots ar vakuuma regulatoru, tad pārtraucēja pamatni izveido kustīgu, lai tā var pagriezties. To nostiprina uz sadalītāja korpusā iepresēta lodīšu gultņa. Motora darbības laikā vakuuma regulatora stiepnis pagriež kontaktu pamatni ap sadalītāja asi.

Automobiļi *Austin Rover* un *Ford* ir apgādāti ar *Lucas* aizdedzes pārtraucējiem – sadalītājiem, kuriem ir slīdoši kontakti (194. attēls). Kustīgā kontakta bīdītāja pamatnē ir divi nelieli izciļņi, kuri atbalstās pret slīpu vadīklu, kas ir ievietota bīdītāja dakšveida piedziņā. Kad vakuuma regulatora stiepnis pagriež kontaktu pamatni, kustīgā kontakta bīdītāja izciļņi, slīdot pa vadīklu, piespiež bīdītāju un kustīgo kontaktu pacelties uz augšu, pie kam, kustīgais kontakts slīd pa liela izmēra nekustīgo kontaktu. Tāda relatīva kontaktu pārvietošanās veicina kontaktu pašattīrīšanos un novērš to eroziju.



194. att. Pārtraucējs ar slidošiem kontaktiem;

1 – dakša; 2 – atbalsta plāksnīte ar nekustīgu izcilni; 3 – izejas stāvoklis; 4 – vāciņš; 5 – atspere;  
6 – bīdītāja piedziņa

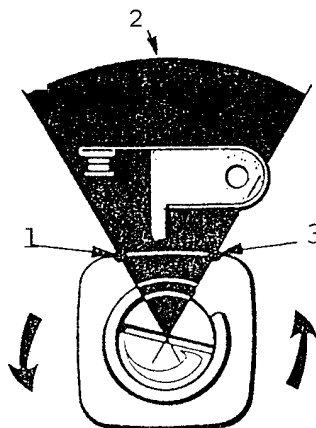
Uz sadalītāja piedziņas vārpstas gala tiek nostiprināta bukse ar izciļņu ripu. Bukse griežas kopā ar vārpstu, vienlaikus saglabājot iespēju pagriezties attiecībā pret vārpstu līdz  $20...30^\circ$ . Četraktu motoriem izciļņu ripas rotācijas ātrums ir uz pusi mazāks nekā kloķvārpstai. Pārtraucējam ar vienu kontaktu pāri izciļņu ripas izciļņu skaits ir vienāds ar motora cilindru skaitu. Izciļņu ripai griežoties, tās izciļņi viens pēc otra periodiski atvirza sviriņu kopā ar kustīgo kontaktu no nekustīgā kontakta un, atslēdzot aizdedzes spoles primāro tinumu no masas, pārtrauc zemsprieguma ķēdi. Izciļņu ripai turpinot griezties, izcilnis noskrien no sviriņas atbalsta un plakanatsperes ietekmē pārtraucēja kontakti saslēdzas, kā rezultātā cauri aizdedzes spoles primārajam tinumam plūst strāva.

Lai novērstu pārtraucēja kontaktu dzirksteļošānu un papildzinātu sprieguma impulsa laiku, primārajā ķēdē paralēli kontaktiem pievieno kondensatoru (izņemot pusvadītāju aizdedzes sistēmas). To piestiprina uz sadalītāja korpusa ārpusē vai nostiprina uz pārtraucēja kontaktu pamatnes iekšpusē.

Lai panāktu stabilu un vienmērīgu pārtraucēja mehānisma darbību, izciļņu ripas forma ir jāizveido tāda, lai nodrošinātu ātru kontaktu atslēgšanos un laidenu saslēgšanos. Tāds izveidojums samazina vibrācijas, bet ierobežo kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķi. Piemēram, četrcilindru motoram kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķis nepārsniedz  $54^\circ$  (kopējā cikla leņķis ir  $90^\circ$ ).

### **Kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķis**

Kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķis ir sadalītāja izciļņu ripas pagriezienu leņķis, kurā pārtraucēja kontakti atrodas slēgtā stāvoklī viena aizdedzes cikla laikā (195.attēls).

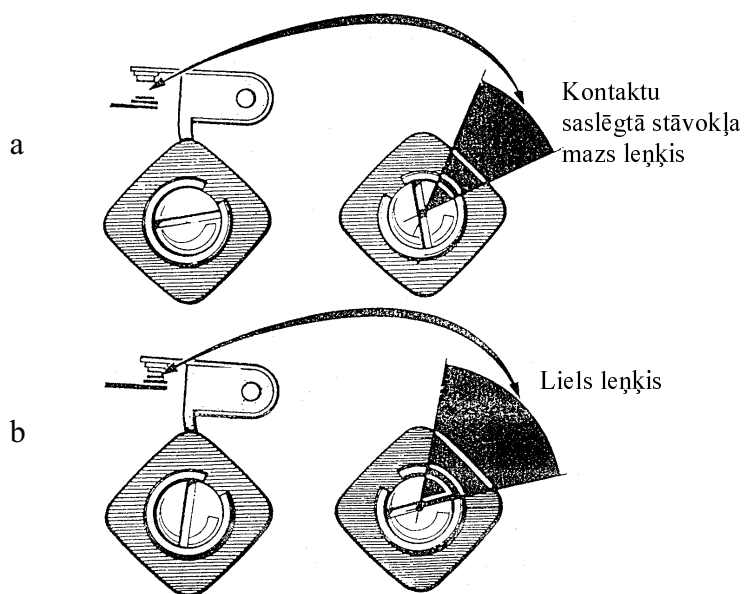


195. att. Regulējot atstarpi starp kontaktiem, maina to saslēgtā stāvokļa leņķi:

1 – kontaktu saslēgšanās; 2 – kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķis; 3 – kontaktu atvēršanās



Šī lieluma ieregulēšanai ir ļoti svarīga nozīme, jo tas ir vajadzīgais laiks, lai aizdedzes spoļē rastos pietiekami spēcīgs magnētiskais lauks. Kontakta atstarpes palielināšana noved pie leņķa samazināšanās, un otrādi (196. attēls).

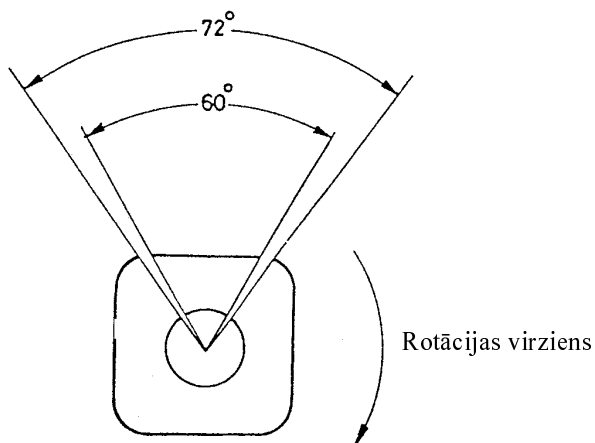


196. att. Aizdedzes leņķis:  
a – liela kontaktu atstarpe; b – maza kontaktu atstarpe

Ja kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķis ir pārāk mazs un pārtraucēja kontaktu atstarpe ir pārāk liela, tad aizdedzes spoļes primārajā tinumā strāva nespēj sasniegt vajadzīgo līmeni un aizdedzes sistēma (īpaši pie palielinātiem apgriezieniem) darbosies ar kļūmēm. Ja kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķis ir pārāk liels un pārtraucēja kontaktu atstarpe ir pārāk maza, tas var būt par cēloni kontaktu dzirksteļošanai un apdegšanai.

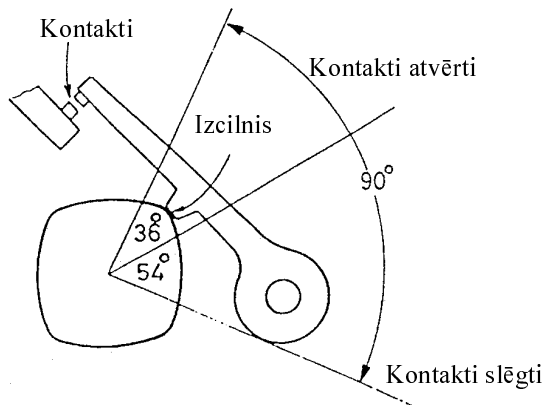
Kā kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķim, tā arī pārtraucēja kontaktu atstarpei ir jāatrodas robežās, kuras ir noteicis izgatavotājs. Ja abas šīs prasības vienlaicīgi izpildīt nevar, tas nozīmē, ka pārtraucējs ir bojāts.

Kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķa izmaiņa ir skaitliski vienāda ar aizdedzes apstāšanās leņķa izmaiņu (197. attēls). Ja, piemēram, kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķis regulēšanas rezultātā izmainījās par  $12^\circ$ , tad tas nozīmē, ka kontaktu atvēršanas punkts pārvietojas par  $6^\circ$  no izciļņu ripas pagrieziena leņķa, bet sadalītāja vārpstas pagrieziena leņķim par  $6^\circ$  atbilst kloķvārpstas pagrieziena leņķis par  $12^\circ$ . Tas nozīmē, ka pēc kontaktu regulēšanas ir jāregulē arī aizdedzes apstāšanās leņķis.



197. att. Mainoties kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķim, mainās arī aizdedzes apstāšanās leņķis

Kontaktu saslēgtā stāvokļa leņķi var izteikt ne tikai grādos, bet arī procentos no sadalītāja vārpstas pilna apgrieziena (198. attēls).



198. att. Kontakta saslēgtā stāvokļa leņķa izteikšana grādos

Četrcilindru motora izciļņripa ar četriem izciļņiem sadala sadalītārvārpstas pilnu apgriezianu četros vienādos sektoros, kurā katrs ir  $90^\circ$  ( $360^\circ : 4$ ). Attēlā parādītajā gadījumā kontakta saslēgtā stāvokļa leņķis ir  $54^\circ$ , bet kontakta atvērtā stāvokļa leņķis –  $36^\circ$ . Kontakta saslēgtā stāvokļa leņķi var izteikt procentos:

$$\frac{54^\circ}{90^\circ} \times 100\% = 60\% .$$

Lai atgrieztos pie leņķa mērvienībām, veic šādu pārrēķinu:

$$\frac{60\%}{100\%} \times 90^\circ = 54^\circ .$$

$54^\circ$  leņķis ir tipisks kontakta saslēgtā stāvokļa leņķis četrcilindru motoriem. Šo leņķi ieteicams izteikt procentos, jo tad tā lielums nav atkarīgs no motora cilindru skaita.

Precīzai kontakta saslēgtā stāvokļa leņķa mērīšanai ir izgatavoti speciāli aparāti. Rādījumi no mēraparāta skalas jānolasa uzmanīgi, jo viena skala ir domāta motoriem ar dažādu cilindru skaitu. Piemēram, ja aparāts parāda aizdedzes leņķi  $60\%$ , tad motoriem ar dažādu cilindru skaitu rezultāts grādos būs pilnīgi atšķirīgs:

- viencilindra motoram :  $60\% : 100\% \times 360^\circ = 216^\circ$ ;
- četrcilindru motoram :  $60\% : 100\% \times 90^\circ = 54^\circ$ ;
- sešcilindru motoram :  $60\% : 100\% \times 60^\circ = 36^\circ$ .

#### 5.6.4. Sadalītājs

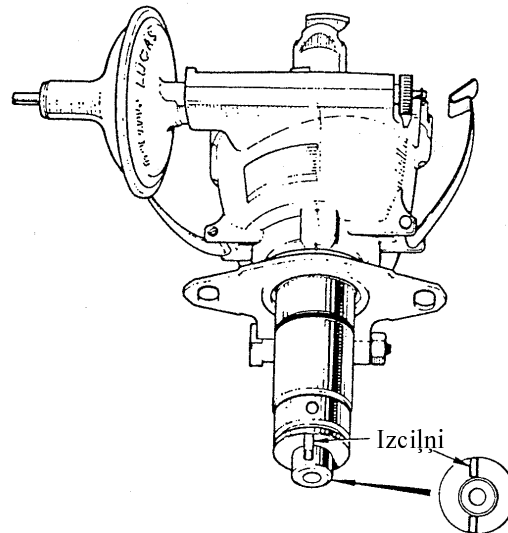
Sadalītājs veic klasiskās aizdedzes sistēmas vadības sistēmas un augstsprieguma strāvas impulsu sadalīšanu pa cilindriem atbilstoši motora darba secībai. Visbiežāk sastopami ir 4–, 6– vai 8– dzirksteļu, retāk 2–, 3– vai 5– dzirksteļu sadalītāji ar labo vai kreiso rotācijas virzienu.

Pārtraucējs sadalītājs apvieno šādas funkcijas:

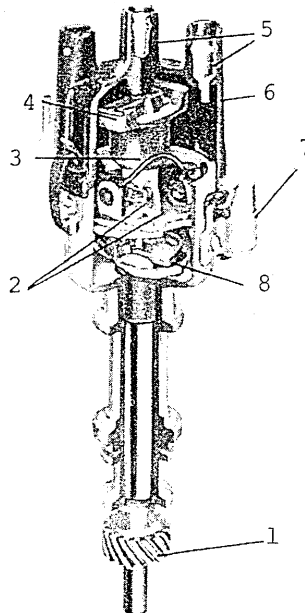
- pārvada pareizā secībā dzirksteli uz aizdedzes svečēm;
- vada aizdedzes spoles primārā tinuma pārtraukšanu un savienojumu;
- regulē aizdedzes apsteidzes leņķi atbilstoši motora apgriezieniem;
- regulē aizdedzes momentu atbilstoši motora noslodzei.

Vecāka izlaiduma motoriem sadalītāju parasti uzstāda vertikālā stāvoklī vai tuvu tam. To piedzen no apakšējās sadales (199. attēls) vai starpvārpstas (200. attēls), izmantojot zobratu pārvadu ar pārnese attiecību 1:1.

Jaunāka izlaiduma motoriem sadales vārpstu parasti uzstāda horizontāli, piedzenot tieši no motora galvā nostiprinātās sadales vārpstas aizmugurējā gala. V veida un opozitīvajiem motoriem sadalītāju uzstāda vertikāli un piedzen no sadales vārpstas ar pārnese attiecību 1:1 vai kloķvārpstas ar pārnese attiecību 2:1.



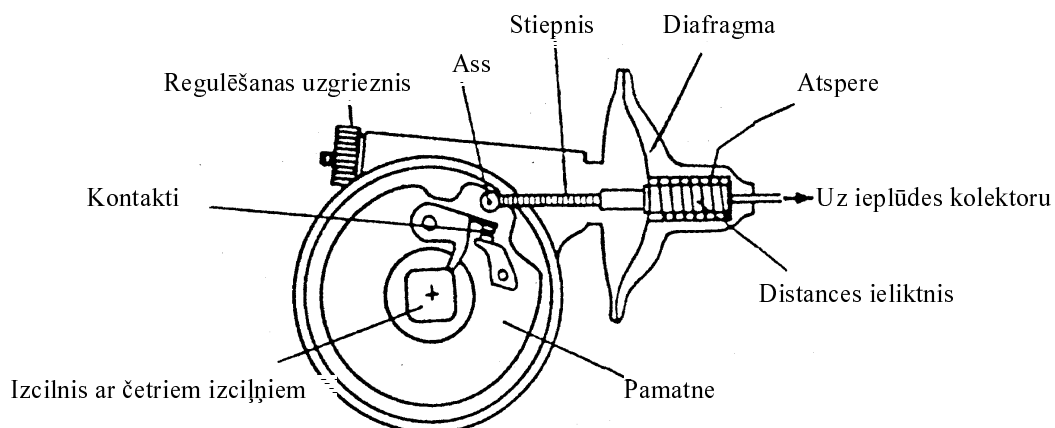
199. att. Pārtraucēja – sadalītāja piedziņa ar vārpstas piedziņas uznavu



200. att. Pārtraucēja – sadalītāja piedziņa, izmantojot zobratu pārvadu:

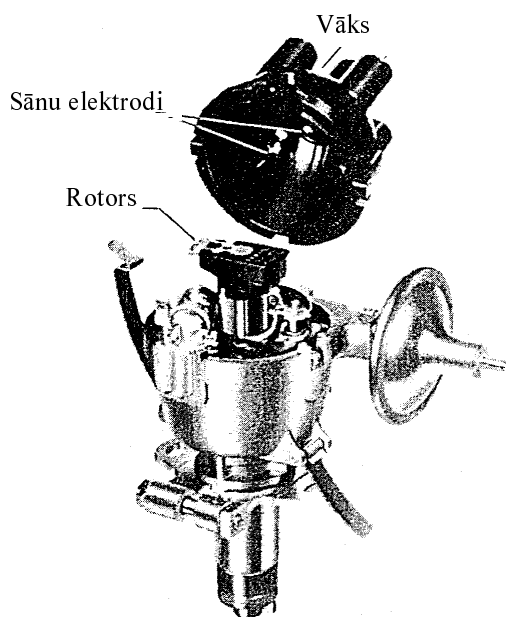
- 1 – piedziņas zobrats; 2 – pārtraucējs; 3 – rotors; 4 – centrālais elektrods;  
 5 – augstsprieguma vadu pieslēgšanas kontakti; 6 – nekustīgie kontakti; 7 – kondensators; 8 – centrālās regulators

Pārtraucēja kontakti samontēti uz pamatnes, kura noteiktās robežās var pagriezties ap izciļņu ripas asi. Kontaktu pamatnes pagriešanu izpilda vakuuma regulators (201. attēls), kas ar caurules palīdzību tiek savienots ar ievādes kolektoru.



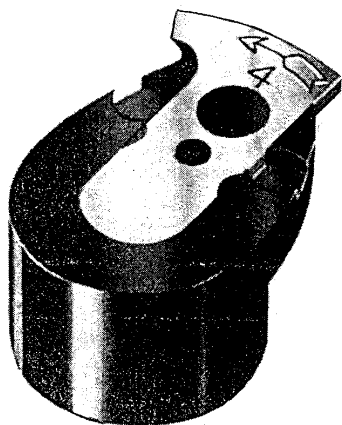
201. att. Vakuuma regulators

Pārtraucēja mehānismu, kas iebūvēts sadalītājā, darbina izciļņu ripa, kuras izciļņu skaits ir vienāds ar motora cilindru skaitu. Aizdedzes brīdī izciļņu ripas izcilnis, bīdot kustīgo sviriņu, atvieno kustīgo kontaktu no nekustīgā kontakta un pārtrauc zemsprieguma ķēdi aizdedzes spoles primārajā tinumā. Izcilnim aizgriežoties no kustīgās sviriņas, atsperes ietekmē kontakti savienojas un caur aizdedzes spoles primāro tinumu atkal plūst strāva. Kontakta atvērums ir atkarīgs no izciļņu ripas konfigurācijas un nekustīgā kontakta stāvokļa, kuru var nedaudz mainīt regulēšanas laikā.



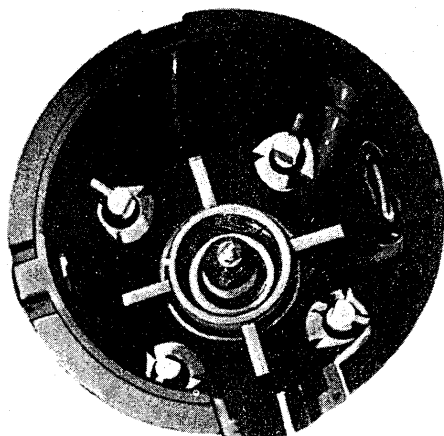
202. att. Sadalītāja rotors un vāks

Sadalītājs sastāv no rotora un vāka (202. attēls), kurus izgatavo no augstvērtīga karbolīta vai cita dielektriķa materiāla. Rotoru nostiprina uz piedziņas vārpstas vai uz tās nostiprinātās izciļņu ripas bukses gala stingri noteiktā stāvoklī. Tā virspusē iemontē kontaktplāksni augstsprieguma impulsu padevei no centrālā augstsprieguma vada uz attiecīgo sānu elektrodi (203. attēls).



203. att. Sadalītāja rotors

Izgatavošanas procesā vāka centrā ievieto centrālā augstsprieguma vada kontaktligzdu, bet malās regulāri pa aploci ievieto kontaktligzdas sveču vadu pievienošanai, kuru daudzums atbilst motora cilindru skaitam (204. attēls). Lai augstsprieguma vadiem būtu labs kontakts ar kontaktligzdām, vadu galiem ir pielodēti atspērīgi uzgaļi. Centrālajā kontaktligzdā no iekšpuses ievieto kontaktu stienīti, ko vākā ievietota atsperē piespiež pie rotora kontaktplāksnes, tā nodrošinot drošu kontaktu starp rotoru un centrālā augstsprieguma vada kontaktligzdu. Sadalītāja vāku pie pārtraucēja – sadalītāja korpusa nostiprina ar plakanatsperēm vai skrūvēm.



204. att. Sadalītāja vāks

Rotoram griežoties, tas pēc kārtas savieno centrālo kontaktu ar vienu no sānu kontaktiem, tādā veidā noslēdzot augstsprieguma ķēdi tā cilindra svecei, kurā dotajā brīdī atbilstoši motora darba secībai jānotiek degmaistījuma aizdedzināšanai.

### 5.6.5. Aizdedzes apstēdzes leņķa regulēšanas ierīces

Aizdedzes apstēdzes leņķa regulēšanas ierīces ir centrēdzes regulators, vakuuma regulators, oktānkorektors.

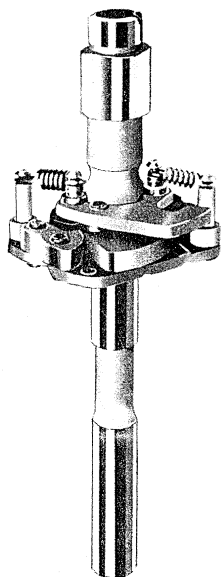
#### **Centrbēdzes regulators**

Motoru iedarbinot un tam darbojoties ar nelielu kloķvārpstas rotācijas frekvenci, virzuļa linerārais kustības ātrums ir neliels, tāpēc darbmaistījums ir jāaizdedzina tad, kad virzulis atrodas augšējā maiņas punktā. Kloķvārpstas rotācijas frekvencei palielinoties, palielinās arī virzuļa lineārais kustības ātrums, tāpēc darbmaistījums jāaizdedzina jau pirms augšējā maiņas punkta sasniegšanas, lai līdz darba gājiena sākumam tas paspētu pilnīgi sadegt. Aizdedzes apstēdzes leņķi iepriekš minētos gadījumos regulē ar pārtraucēja korpusā iebūvētu centrēdzes regulatoru.

Centrbēdzes regulators (205. attēls) automātiski maina aizdedzes apstēdzes leņķi, vadoties pēc motora kloķvārpstas rotācijas frekvences. Pie pārtraucēja piedziņas vārpstas cieši nostiprināta

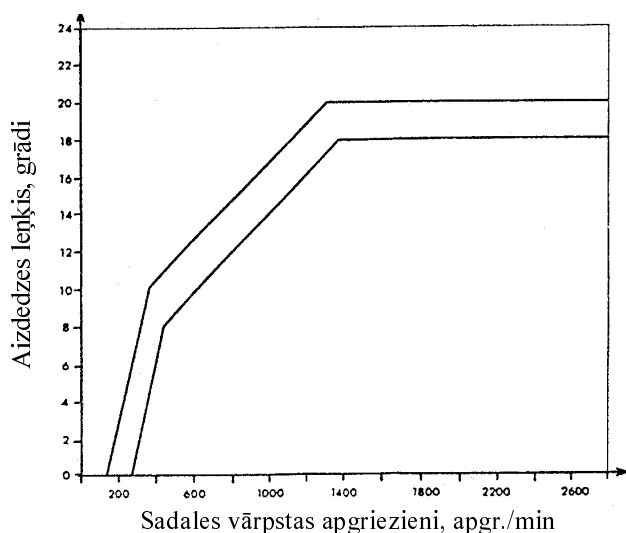
nekustīga atbalsta plāksne, uz kuras nostiprināti divi atsvari, kuri var pagriezties ap to rotācijas asīm. Abu atsvaru brīvie gali ir saistīti ar atsperēm savā starpā vai piesaistīti pie kontaktu atbalsta plāksnes.

Palielinoties kloķvārpstas apgriezieniem, palielinās arī pārtraucēja piedziņas vārpstas apgriezieni, tāpēc palielinās atsvaru centrālās spēki un, atsvariem paplešoties, tiek pagriezta pārtraucēja izciļņu ripa vārpstas griešanās virzienā, pārtraucēja kontakti atslēdzas ātrāk, līdz ar to palielinās aizdedzes apsteidzes leņķis. Kloķvārpstas apgriezieniem pēc tam samazinoties, notiek pretējais.



205. att. Aizdedzes apsteidzes leņķa centrālās regulators

Lai iegūtu nelineāru regulatora darba raksturlīkni, parasti izmanto divas dažādas atsperes ar dažādu stingumu. Vienu no tām (stingrāko atsperi) nostiprina ar nelielu brīv kustību, lai pie nelieliem apgriezieniem radītu straujāku aizdedzes momenta izmaiņu. Otru atsperi nostiprina ar nelielu nospirojumu, lai nepaātrinātu aizdedzes momentu motora iedarbināšanas un tukšgaitas režīma laikā, kad apgriezieni ir minimāli. Šāds izpildījums ļauj iegūt vēlami nelineāru aizdedzes momenta regulēšanas raksturlīkni (206. attēls – divas līnijas parāda regulēšanas pieļaujamās robežas).



206. att. Centrālās regulators regulēšanas raksturlīkne ar divām atsperēm

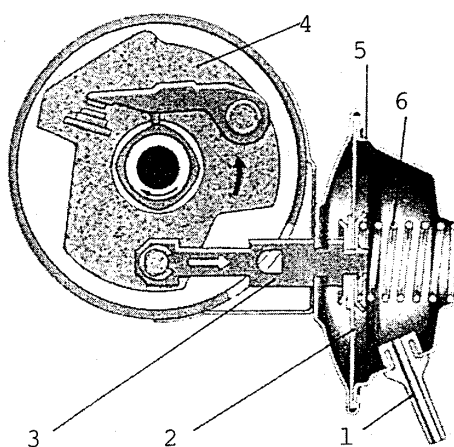
Sākumā tāds regulators ātri palielina aizdedzes apsteidzes leņķi apmēram par  $9^\circ$  pie pirmajiem 400 apg/min, kamēr atsvarus notur tikai viena atsperē. Pēc tam kad regulēšanā iesaistās otra atsperē, apsteidzes palielināšanās temps samazinās un, pārtraucēja piedziņas vārpstai, sasniedzot 1350 apgr/min, tas apstājas pavisam, kad aizdedzes apsteidzes leņķis ir palielinājies par  $18 \div 20^\circ$ . Šī raksturlīkne ir tipiska, taču dažādiem motoriem tā var būt atšķirīga.

### Vakuuma regulators

Lai panāktu darbmaisījuma pilnīgu sadegšanu cilindrā, centrālās regulators izmainīja aizdedzes apsteidzes leņķi atkarībā no motora rotācijas frekvences. Motora slodzei samazinoties, droseļvārstu pieverot, tiek ierobežota svaigā degmaisījuma ieplūde cilindrā, līdz ar to procentuāli palielinās atliku gāzu daudzums darbmaisījuma sastāvā, kas samazina tā sadegšanas ātrumu, tādēļ darbmaisījums ir jāaizdedzina ātrāk.

Motora slodzei palielinoties, droseļvārstu atverot, cilindra pildījums uzlabojas, līdz ar to darbmaisījuma sadegšanas ātrums palielinās un tas ir jāaizdedzina vēlāk. Šādos un līdzīgos motora darbības apstākļos ir jāpanāk papildus aizdedzes apsteidzes leņķa regulēšanas atkarība no motora noslodzes. To veic ar vakuuma regulatoru.

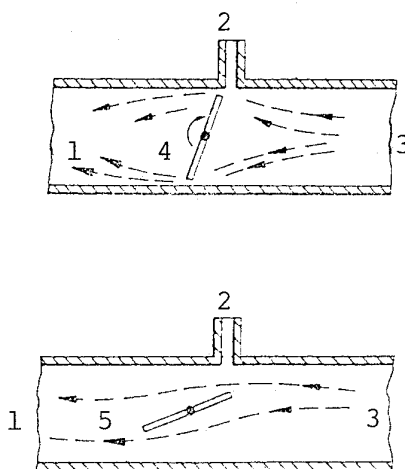
Vakuuma regulators sastāv no divdaļīga korpusa, starp kura abām daļām nostiprina elastīgu diafragmu, kura no vienas puses ir saistīta caur stieplni ar pārtraucēja kontaktu pamatni. No otras puses uz diafragmu iedarbojas atsperes. Atsperes telpa ir hermētiski noslēgta un veido regulatora vakuuma kameru, kuru vakuuma caurulīte savieno ar karburatora droseļvārsta telpu (207. attēls).



207. attēls. Apsteidzes leņķa vakuuma regulators:

- 1 – vakuuma caurulīte; 2 – diafragma; 3 – stieplnis; 4 – kustīga kontaktu pamatne;  
5 – vakuuma kamera; 6 – atsperes

Apsteidzes leņķa regulēšanai atkarībā no motora noslodzes izmanto sakarību, ka lielas slodzes gadījumā (droseļvārsts pilnīgi atvērts) retinājums samaisīšanas kamerā ir samērā neliels, bet ja slodze ir maza (droseļvārsts pievērts), tas palielinās (208. attēls).



208. att. Retinājums ieplūdes kolektorā:

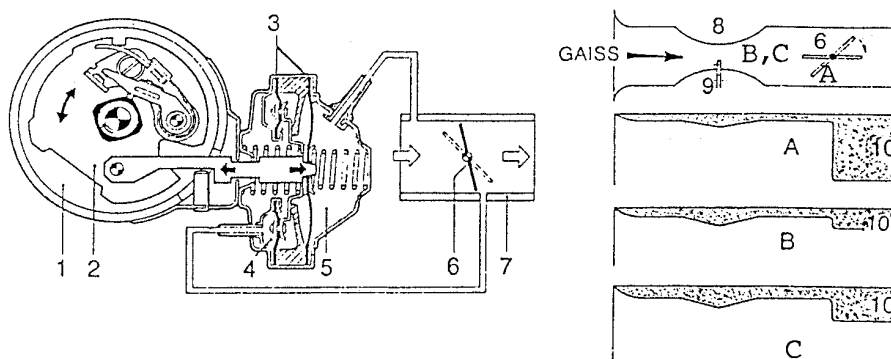
- 1 – ieplūdes kolektors; 2 – uz vakuuma regulatoru; 3 – no gaisa filtra;  
4 – droseļvārsts nedaudz atvērts – kolektorā liels retinājums; 5 – droseļvārsts pilnīgi atvērts – neliels retinājums

Vakuuma regulators darbojas šādos režīmos:

- tukšgaitā retinājums ieplūdes kolektorā ir liels, tā kā droseļvārsts ir gandrīz pilnīgi pievērts, taču vakuuma regulators ir atslēgts, jo droseļvārsts aizsedz vakuuma šļūtenes pievienošanas urbumu, kur retinājuma praktiski nav ;
- automobilim braucot ar pastāvīgu ātrumu pa līdzenu ceļu; motors darbojas ar nelielu slodzi, un droseļvārsts ir nedaudz atvērts, zem tā rodas retinājums, kā rezultātā vakuums iedarbojas uz vakuuma kameru, tāpēc diafragma pārvar atsperes spēku un izliecas, bet ar diafragmu saistītais stiepnis pagriež kontaktu pamatni pretēji pārtraucēja – sadalītāja rotācijas virzienam, tā padarot aizdedzes momentu agrāku;
- motora pilnīgas noslodzes gadījumā, vadītājam nospiežot akcelatora pedāli līdz galam, droseļvārsts pilnīgi atveras. Retinājums ieplūdes kolektorā pakāpeniski samazinās, un stiepnis diafragmas atsperes iedarbības rezultātā pagriež kontaktu pamatni piedziņas vārpstas virzienā.

Centrbēdzes un vakuuma regulatori darbojas neatkarīgi viens no otra, tāpēc faktiskais aizdedzes apsteidzes leņķis ir vienāds ar abu regulatoru iestatīto apsteidzes leņķu algebrisko summu. Ar centrālās un vakuuma regulatoriem aprīkots pārtraucējs – sadalītājs izmaina aizdedzes apsteidzes leņķi  $5^\circ \div 80^\circ$  robežās, ieskaitot sākotnējo apsteidzes leņķi  $5^\circ \div 10^\circ$ .

Tā kā tukšgaitas, palēninājuma un citos režīmos izplūdes gāzu toksiskuma samazināšanai nepieciešams ieregulēt vēlāku aizdedzi, tad izveidoti visrežīmu vakuuma regulatori, kuriem ir divas vakuuma kameras (209. attēls). Viena vakuuma kamera ir saistīta ar urbumu karburatora samaisīšanas kamerā droseļvārsta tuvumā – līdzīgi kā vienkameras vakuuma regulatoram. Otra vakuuma kamera ir saistīta ar ieplūdes kolektoru aiz droseļvārsta, t.i., tuvāk motoram. Vienlaikus abu urbumu rajonā retinājums ir dažāds. Taču dažādos motora darbības režīmos retinājuma atšķirība ir dažāda.



209. att. Vakuuma regulators ar divām vakuuma kamerām:

- 1 – pārtraucējs–sadalītājs; 2 – kontakta pamatne; 3 – diafragmas; 4 – papildu kamera; 5 – darba kamera;  
 6 – droseļvārsts; 7 – ieplūdes kolektors; 8 – difuzors; 9 – degvielas smidzinātājs; A, B, C – droseļvārsta atvērumi;  
 A – tukšgaitas un piespiedu tukšgaitas režīmos ar mazu droseļvārsta atvērumu;  
 B – mazas rotācijas frekvences un liela droseļvārsta atvēruma gadījumā;  
 C – pie lielas rotācijas frekvences un liela droseļvārsta atvēruma

Vakuuma regulatora izdarītā aizdedzes momenta korekcija ir proporcionāla iepriekš minētajai retinājuma starpībai:

- brīvgaitas minimālo apgriezīenu un piespiedu brīvgaitas režīmos, kā arī nobraucienos ar lielu ātrumu no kalna, kad droseļvārsts nedaudz atvērts, ieplūdes kolektorā aiz droseļvārsta veidojas liels retinājums, tāpēc vakuuma regulatora stiepnis pārvietojas pa kreisi un ieregulē vēlā aizdedzi;
- mazas rotācijas frekvences un droseļvārsta liela atvēruma gadījumā (kustību uzsākot vai pārvietojoties ar paaugstinātu pārnēsumu) ieplūdes kolektorā abu urbumu rajonā veido noteiktu retinājumu, kuru, pievadot vakuumkamerai, regulators paātrina aizdedzi;



- lielas rotācijas frekvences un droseļvārsta liela atvēruma gadījumā retinājums abās kamerās ir neliels, tāpēc pilnas slodzes režīmos aizdedzes momenta korekciju ietekmē tikai vakuuma regulatora atsperu elastības spēki un aizdedzes apsteidzes leņķi regulē tikai centrālās regulators.

Tādā veidā tiek regulēts aizdedzes apsteidzes leņķis, ņemot vērā gan motora slodzi, gan arī apgriezienus.

### ***Oktānkorektors***

Automobiļa ekspluatācijas periodā dažreiz kļūst nepieciešams mainīt aizdedzes apsteidzes leņķi degvielas oktānskaitļa neatbilstības dēļ. Šim nolūkam izmanto oktānkorektoru, kas sastāv no divām plāksnēm, no kurām viena piestiprināta pie motora bloka, bet otra – pie pārtraucēja–sadalītāja korpusa. Griežot korektora ekscentru, izmaina pārtraucēja – sadalītāja korpusa stāvokli pret izciļņu ripu vēlamā virzienā, tas ir  $\pm 10^\circ \div 12^\circ$  robežās.

### **5.6.7. Aizdedzes sveces**

Aizdedzes sveču uzdevums ir padot augstsprieguma strāvas impulsus motora cilindros, nodrošināt elektrisko izlādi starp sveces elektrodiem un vienlaikus nodrošināt sveces stiprināšanas vietas hermētiskumu. Sveču pareiza izvēle lielā mērā ietekmē aizdedzes sistēmas un motora vienmērīgu darbību.

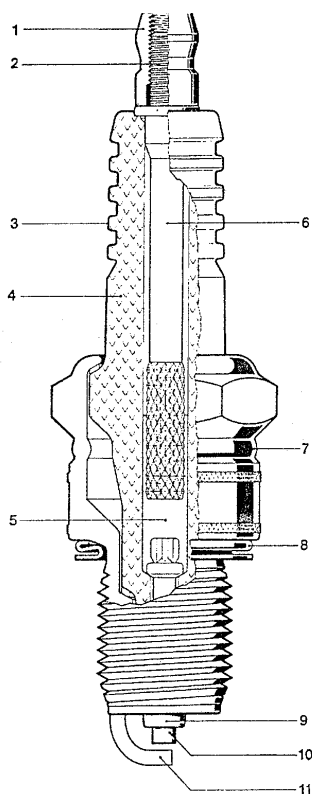
Aizdedzes sveces strādā ļoti smagos apstākļos – tās pakļautas gan lielām mehāniskām un termiskām slodzēm, gan elektriskai un ķīmiskai iedarbībai.

Dažādām sveces detaļām jāiztur augsta temperatūra un liela temperatūru starpība. Motora degkamerā temperatūra mainās  $70 \div 2700^\circ\text{C}$  robežās, bet motora nodalījumā  $40 \div 100^\circ\text{C}$  robežās. Izmantojot neatbilstošas sveces, detaļu nevienmērīga sasilšana var izraisīt termiska rakstura bojājumus, jo dažādu materiālu (metāla, keramikas u.c.) termiskās izplešanās koeficienti ir atšķirīgi.

To detaļu virsmas, kas vērstas pret degkameru, pakļautas līdz 10MPa liela gāzu spiediena iedarbībai. Spiedienam atbilstoša mehāniskā slodze jāiztur arī sveces un cilindru galvas urbuma vītnes vijumiem.

Sveces pakļautas augstsprieguma impulsu elektriskai un sadegšanas produktu ķīmiskai iedarbībai. Degmaisījuma nepilnīgas sadegšanas un neatbilstoša sastāva degmaisījuma lietošanas gadījumā uz sveces detaļām – izolatora, elektrodiem, korpusa – veidojas uzdegums, kas veicina strāvas noplūdi.

Motora ekspluatācijas laikā elektrodu erozijas nodiluma dēļ pakāpeniski izmainās atstarpe starp sveces elektrodiem: parasti līdz 0,015 mm/1000 km.



210. att. Aizdedzes svece:

- 1 – uzskrūvējams kontaktuzgalis;
- 2 – kontaktstieņa vītņes daļa;
- 3 – barjera strāvas noplūdei;
- 4 – izolators ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ );
- 5 – hermetizējoša masa;
- 6 – kontaktstienis;
- 7 – korpusis;
- 8 – blīvējošais un siltumatvadošais gredzens;
- 9 – centrālā elektroda izolators;
- 10 – centrālais elektrods;
- 11 – sānu elektrods

Aizdedzes svece (210. attēls) sastāv no tērauda korpusa ar vītņotu apakšējo sānu daļu un sānu elektrodu, izolatora ar centrālo elektrodu, kontaktstieni un elektrovadošu hermetizējošo masu, iekšējo virsmu blīvējošiem un siltumu novadošiem gredzeniem vai blīvējošās masas, uzgaļa augstsprieguma vada pievienošanai, paplāksnes sveces stiprināšanas vietas blīvēšanai.

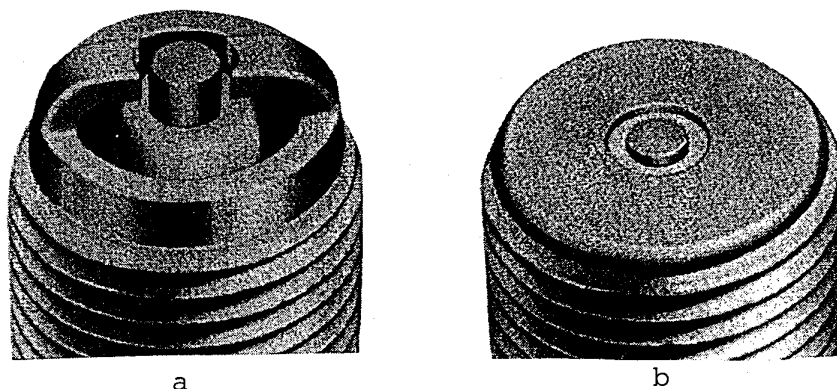
Sveces korpusu, kontaktuzgali, kā arī blīvējošo un siltumvadošo gredzenu parasti izgatavo no konstrukciju tērauda. Korpusā hermētiski nostiprināts izolators. Starp korpusa un izolatora koniskajām virsmām iestiprina blīvēgredzenu minētā mezgla blīvēšanai un siltuma novadīšanai. Izolators, centrālais elektrods un kontaktstienis veido neizjaucamu mezglu.

Strāvu vadošā hermetizējošā masa nodrošina noslēgtu elektrisko ķēdi starp kontaktstieni un centrālo elektrodu. Lai uzlabotu elektrisko kontaktu, kontaktstieņa apakšējo daļu izveido rievotu.

Izolatoru izgatavo no materiāla ar augstu mehānisko, elektrisko un karstuma noturību, kā arī ar labu siltumvadāmību. Izolatora izgatavošanai izmanto dažādus keramiskos materiālus – uralītu, borkorundu, sinoksālu, hilumīnu u.c., kas atšķiras galvenokārt ar alumīnija oksīda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  īpatsvaru tajos. Piemēram, uralītā  $\text{Al}_2\text{O}_3$  daudzums sastāda 75%, kristālkorundā – 98%, borkorundā – 95%. Pēdējam pievieno arī 0,16% bora oksīda. Lai samazinātu mitruma ietekmi un uzlabotu izolējošās īpašības, izolatora materiālu no ārpuses pārklāj ar glazūru.

Centrālā elektroda temperatūra var būt pat  $900^\circ\text{C}$ , bet sānu elektroda temperatūra sasniedz  $700^\circ\text{C}$ . Elektrodu materiālam jābūt karstumizturīgam, plastiskam, noturīgam pret koroziju un eroziju, ar labu siltumvadāmību. Centrālo elektrodu parasti izgatavo no hroma – titāna vai nihroma, sānu elektrodus – no niķeļa, mangāna vai cita sakausējuma stieples. Sānu elektrodu piestiprina pie sveces korpusa, lietojot kontaktmetināšanas paņēmieni.

Mūsdienīgiem motoriem un sporta automobiļiem, kuru sveces pakļautas īpaši lielām termiskām slodzēm, izmanto sveces ar vairākiem (diviem, trim vai pat četriem) sānu elektrodziem (211. attēls a). Jaudīgās aizdedzes sistēmas ļauj izmantot virsmizlādes sveces (211. attēls b), kurām vairs nav atsevišķu sānu elektrodu, bet to vietā izmanto sveces korpusa gala apakšējo virsmu un motora darbības laikā dzirkstele pārlec no centrālā elektroda uzreiz visos virzienos uz korpusa gala apakšējo sānu virsmu.



211. att. Aizdedzes sveču tipi:

a – ar vairākiem sānu elektrodiem; b – virsmizlādes svece

Lai motoros izmantotu minētās sveces, aizdedzes sistēmai obligāti nepieciešama ļoti liela jauda. Izmantojot šīs sveces iepriekšējās paaudzes mazjaudīgās aizdedzes sistēmās, augstsprieguma sprieguma impulss izkļiedējas pa daudzajiem sānu elektrodiem vai visu izlādes virsmu, radot ļoti vāju dzirksteli, kas, labākajā gadījumā, pārlec uz vienu no sānu elektrodiem vai vispār nepārlec.

Motoru darba parametri ir atšķirīgi, tāpēc katram modelim jāizvēlas visatbilstošākās sveces. Ja sveces ir izvēlētas pareizi, motora cilindros neiekļūst eļļa un aizdedzes sistēma ir pareizi noregulēta, tad arī pēc daudzu simtu kilometru nobraukšanas svecei ir tīri elektrodi un izolators, kas ir gaiši brūnā vai gaiši pelēkā krāsā, kas nozīmē, ka uz elektrodiem un sveces apakšējās daļas notiek visu tur nokļuvušo daļiņu pašsadedzšana jeb sveces pašattīrīšanās. Tas notiek, ja sveces izolatora apakšdaļas temperatūra ir  $500 \div 750 \text{ }^\circ\text{C}$ . Agrāk ražotajām svecēm siltuma novadīšanas spēju panāca, mainot sveces korpusa un izolatora garumu. Mūsdienu sveču ārējais izskats var būt mājīgs, jo siltuma novadīšanas uzlabošanai izmanto arī speciāla izveidojuma elektrodus.

Ja svece nespēj sakarst līdz optimālai temperatūrai, tad tā pakāpeniski aizsērē – sveces apakšējā daļa ātri vien pārklājas ar eļļas, kvēpu, uzdegumu un nesadedegušas degvielas paliekām, bet izolators un elektrodi paliek melnā krāsā. Visbiežāk tā notiek, ja nepareizi izvēlētas sveces. Bet tas nav vienīgais iemesls, sveču aizsērēšanu veicina arī citi apstākļi:

- pārāk treknis degmaisījums;
- pazemināta motora temperatūra (braukšana nelielos attālumos, bojāts dzesēšanas sistēmas termostats);
- aizdedzes sistēmas bojājumi (slikts augstsprieguma vadu stāvoklis u. c.);
- nelabvēlīgi braukšanas apstākļi;
- eļļas iekļūšana degkamerā;
- īsi prābraucieni u.c.

Ja pēc ilgākas braukšanas ar lielāku ātrumu sveces attīrās, tad vaina nav svecēs, bet kādā no iepriekš minētajiem apstākļiem. Svecei ievērojami aizsērējot, strāva noplūst pa netīrumu virsmu, bet dzirkstele starp elektrodiem kļūst vājāka vai nepārlec, tāpēc motors darbojas ar pārtraukumiem, to grūti iedarbināt.

Ja sveces siltumvadāmība ir nepietiekama un tā motora darbības laikā pārkarst (sakarst līdz  $800 \div 900 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrai), sākas degmaisījuma kvēlaizdedze jeb tā priekšlaicīga aizdedzināšana. Līdzko degmaisījums ieplūst cilindrā un saskaras ar pārkarstu sveces apakšdaļu, tas uzreiz uzliesmo, “negaidot” dzirksteli starp sveces elektrodiem. Svecēm pārkarstot, **saplaisā izolators, apkūst elektrodi**. Plaisas izolatorā piesūcas ar mitrumu un degvielas un eļļas atliekām, kas veicina strāvas noplūdi no centrālā elektroda uz masu. Tipiska šāda defekta izpausme ir nestabila motora darbība brīvgaitā. Pārkarstas sveces viegli atpazīt – tām izolatora apakšdaļa ir koši baltā krāsā. Kvēlaizdedzes dēļ pārkarst arī motors, samazinās tā jauda u.tml.

Sveču pārkaršanu var veicināt arī citi apstākļi:

- pārāk agrs aizdedzes moments;
- nepareizs degvielas aparātūras regulējums;
- nepietiekams motora dzeses šķidruma vai eļļas daudzums;
- neefektīva dzeses sistēmas darbība u.c.

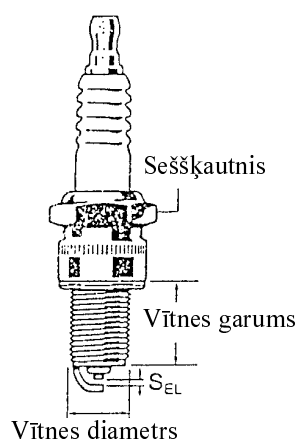
Aplūkojot izskrūvētas aizdedzes sveces, var spriest ne tikai par to tehnisko stāvokli un atbilstību konkrētam motoram, bet arī par motora vispārējo tehnisko stāvokli (izdilušas vārstu vadīklas vai izdiluši vārstu eļļas blīvslēgi, nodiluši vai salūzuši virzuļu gredzeni, aizsērējis gaisa filtrs, mazjaudīga elektriskā dzirkstele u.tml.). Ideālā gadījumā sveces izolatora **apakšdaļai jābūt sausai un pelēkbaltā vai gaiši brūnā krāsā.**

Biežāk sastopamie sveču defekti apkopoti 12. tabulā

12. tabula

Sveces un tās ārējā izskata raksturojums	Sveces tehniskā stāvokļa novērtējums vai motora iespējamie defekti
Normāla svece: gaiši pelēka vai pelēkbalta izolatora apakšējā daļa vai neliels uzdegums pelēkbrūnā krāsā	Atstarpe starp elektrodiem palielinās par 0,015 mm pēc 1000 km. Normāla degmaisījuma sadegšana, notiek sveces pašattīrīšanās. Motoram piemērota svece. Motors un aizdedzes sistēma labā tehniskā stāvoklī
Eļļaini elektrodi: elektrodi, centrālais izolators un korpusa apakšējā daļa pārklāti ar mitriem eļļas plankumiem un melnas krāsas uzdegumiem	Vāja dzirkstele, apgrūtināta dzirksteļu veidošanās, sveces darbība ar pārtraukumiem, kas noved pie aizdedzes sistēmas kļūmēm. Izdilušas vārstu vadīklas, vārstu eļļas blīvslēgi, nodiluši vai salūzuši virzuļu gredzeni, ieskrāpēts cilindrs, ilgstoši mēģinājumi iedarbināt motoru
Uzdegumu veidošanās: apakšējā daļa pārklāta ar sausiem, melniem kvēpveida uzdegumiem	Pārbagātināts degmaisījums, aizsērējis gaisa filtrs, slikta degvielas kvalitāte. Jāregulē karburators, jāpārbauda droseļvārsts, jānomaina gaisa filtrs
Pārkaršana: elektrodi tīri, centrālais izolators koši baltā (krīta) krāsā	Notiek kvēlaizdedze, un svece darbības laikā regulāri pārkarst. Pārbaudīt sveces atbilstību motoram, aizdedzes momentu, lietojamo degvielu (oktānskaitli), degmaisījuma sastāvu (pārliesināts)
Elektrodu bojājumi: nodeguši elektrodi	Notiek kvēlaizdedze, un svece darbības laikā regulāri pārkarst. Pārbaude tāpat kā pārkaršanas gadījumā, neaizmirstot gredzenus un vārstus

Galvenie sveču **konstruktīvie izmēri** ir korpusa vītņotās daļas diametrs un garums (212. attēls). Mehāniskās slodzes samazināšanas nolūkā, kā arī, lai uzlabotu siltuma novadīšanu, forsētiem motoriem ar augstu kompresijas pakāpi izmanto sveces ar garāku vītņoto daļu, tāpēc nedrīkst bojāto sveci aizstāt ar citu, kuras vītņotās daļas garums ir atšķirīgs.

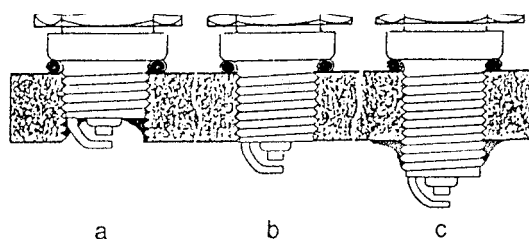


212. att. Aizdedzes sveces galvenie izmēri:

$S_{EL}$  – atstarpe starp elektrodiem

Sveces korpusa izmērus parasti piemeklē tā, lai to ieskrūvējot cilindru galvas urbumā, degkamerā nonāktu tikai sveces centrālā elektroda gals un sānu elektrods (213. attēls b). Uzstādot sveci ar mazāku vītņotās daļas garumu (213. attēls a), pasliktinās degmaisījuma aizdegšanās apstākļi, kā arī samazinās motora kompresijas pakāpe un motora jauda, palielinās degvielas patēriņš. Svece vairāk sakarst, jo mazāks ir tās un cilindru galvas kontakta laukums un samazinās tās dzesēšanas efektivitāte ar ieplūstošo degmaisījumu. Motoros ar augstu kompresijas pakāpi palielinās vītne mehāniskā noslodze. Ilgstoši izmantojot sveces ar nepietiekamu vītņotās daļas garumu, neizmantojot sveces stiprināšanas urbuma vītne daļa pārklājas ar uzdeguma daļiņām, līdz ar to var būt sarežģīti ieskrūvēt sveci ar paredzēta garuma vītne. Ieskrūvējot sveci ar pārlietu garu vītņoto daļu (213. attēls c), virzulis, ceļoties uz augšu, var atsisties pret sveces apakšgalu.

Ar laiku degkamerā esošā sveces vītne daļa pārklājas ar uzdegumu, un to ir ļoti grūti izskrūvēt. Lai atvieglotu sveces ieskrūvēšanu, tās korpusa ārpusē izveido īpaša izmēra (attālums starp paralēlajām skaldnēm – 16 vai 20,6 mm) seššķautni attiecīga izmēra svečatslēgas izmantošanai.



213. att. Sveces korpusa vītņotās daļas izvēle:

a – nepietiekami gara; b – normāla; c – pārlietu gara

Sveces svarīgākos konstruktīvos izmērus un izveidojuma īpatnības parasti iekļauj **sveces apzīmējumā**. Tā, piemēram, Krievijā ražotās sveces apzīmē šādi:

A 17 ДБТ,

kur A – vītne parametri ( $A = M 14 \times 1,25$ ;  $M = M 18 \times 1,5$ );

17 – sveces kvēlskaitlis (siltumraksturojums);

Д – korpusa vītņotās daļas garums

( $D = 19$  mm;  $H = 11$  mm; bez apzīmējuma = 12 mm);

B – izolatora apakšdaļa izvirzīta ārpus korpusa apakšgala;

T – izolatora – centrālā elektroda hermetizēšanai izmantots termocements.

Citas firmas izmanto pilnīgi atšķirīgus apzīmējumus, piem., NGK sveces apzīmē šādi:

BP 5E S -11,

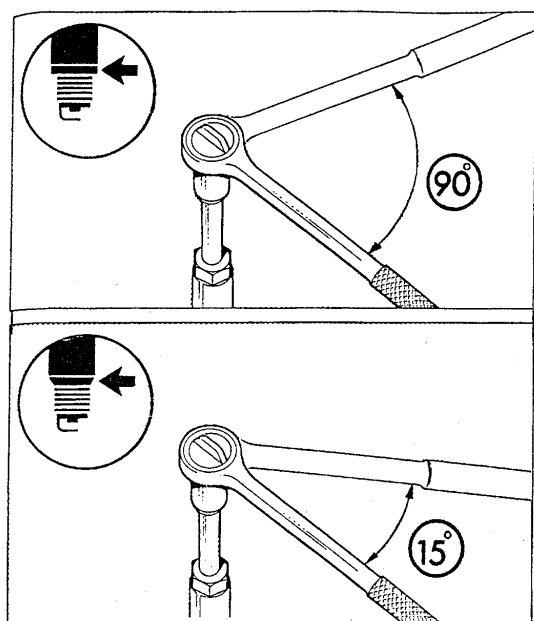
- kur B – vītnes diametrs (A = 18 mm; B = 14 mm; C = 10 mm; D = 12 mm);  
P – konstruktīvā izveidojuma īpatnības (P – ar izvirzītu izolatoru, R – rezistīvā svece, U – virsmizlādes svece u.c.);  
5 – siltumraksturojums (2 ÷ 13);  
E – korpusa vītņotās daļas garums (E = 19,0 mm; H = 12,7 mm);  
S – elektroda (-u) veids, izveidojums un skaits (S – standarta, Y – ar V veida centrālo elektrodu, V un VX – ar maza diametra dārgmetāla centrālo elektrodu, K – ar diviem sānu elektrodiem u. c.);  
11 – elektrodu atstarpe (11 = 1,1 mm; 9 = 0,9 mm; 10 = 1,0 mm; 13 = 1,3mm).

Izmantošanai speciāliem mērķiem (pilnīgākai radiotraucējumu slāpēšanai, darbam stipri piesārņotā vidē u.tml.) izgatavo ekranētas un hermetizētas sveces. Augstsprieguma vada drošu kontaktu ar sveces kontaktstieni nodrošina ar speciālas kontaktierīces palīdzību, bet hermētiskumu – ar gumijas blīvgredzenu. Virknē ar centrālo elektrodu bieži ievieto radiotraucējumus slāpējošo rezistoru.

Ieskrūvējot sveci cilindru galvas urbumos, ļoti svarīgi to pievilkt ar nepieciešamo spēku jeb griezes momentu.

Svecēm ar plakano blīvējošo virsmu un blīvgredzenu pievilšanas momentu izvēlas pēc sveces korpusa vītņotās daļas diametra (18 mm, 14 mm), cilindru galvas materiāla un tā, vai sveci ieskrūvē pirmoreiz vai atkārtoti. Parasti sveci ieskrūvē, kamēr blīvgredzens tiek piespiests pie cilindru galvas, pēc tam jaunu sveci pievelk, pagriežot vēl par 90° jeb ~ 1/4 apgrieziena (214. attēls), sveci ieskrūvē atkārtoti par 30° jeb ~ 1/12 apgrieziena. Minētās atšķirības izsauc paplāksnes paliekošā deformācija pirmajā pievilšanas reizē.

Svecēm ar konisku blīvējošo virsmu blīvējošo paplāksni neuzstāda. Tās vienmēr (gan ieskrūvējot pirmoreiz, gan atkārtoti) pievelk ar nemainīgu momentu jeb pagriezienu leņķi. Sveces ieskrūvē un pievelk ar roku, tad ar atslēgu pievelk vēl par 10...15° (214. attēls). Nekādā gadījumā tās nedrīkst "pārvilkt", jo tad sveces ir ļoti grūti atskrūvēt un visbiežāk tās tiek sabojātas.



214. att. Aizdedzes sveču pievilšana

Aizdedzes sveces ekspluatācijas laikā nolietojas, jo materiālu mehāniskā un termiskā izturība nav bezgalīga. Aizdedzes sveču apkope jāveic apmēram pēc katriem 5000 km un pēc zināma nobraukuma tās jānomaina. Parasti sveču darbmužs ir 10 000 ÷ 16 000 km. Ja nobraukts

lielāks attālums, tad jārēķinās, ka kāda no svecēm var sabojāties jebkurā brīdī, tāpēc ieteicams sveces mainīt pēc minētā nobraukuma arī tad, ja motors joprojām darbojas ļoti labi.

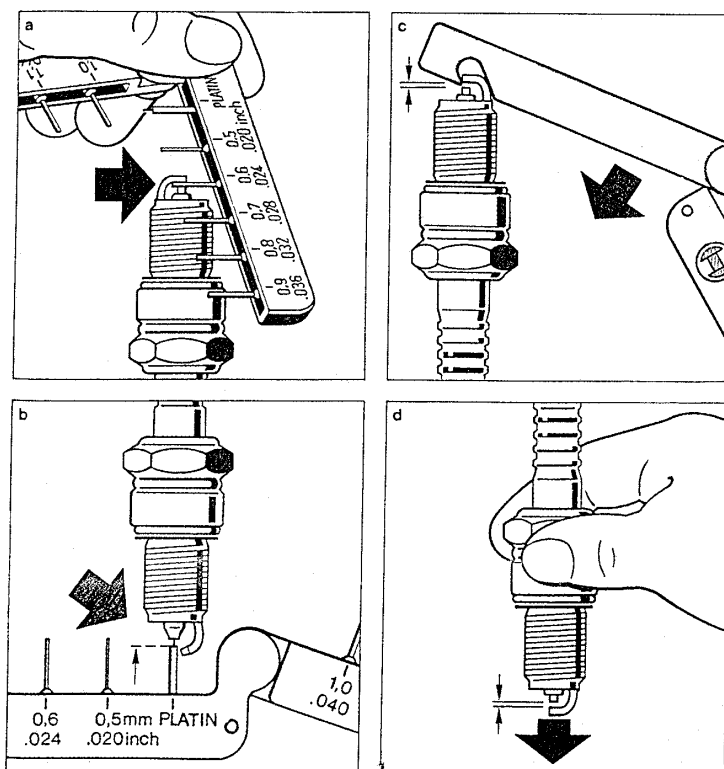
Dažiem automobiļiem sveču darbmūžs ir mazāks. Piemēram, daudziem ar elektronisko aizdedzes sistēmu aprīkotajiem automobiļiem, kam uzstādītas aizdedzes spoles ar vairākiem augstsprieguma izvadiem un augstsprieguma impulsu sadalīšanai pa cilindriem vairs neizmanto sadalītāju, starp aizdedzes sveču elektrodiem dzirksteles veidojas divreiz biežāk (pusi no tām degmaisījuma aizdedzināšanai nemaz neizmanto – tās ir t.s. liekās dzirksteles), tāpēc samazinās arī sveču resurss.

Apkopē ietilpst gan sveču elektrodu atstarpes mērīšana, gan elektrodu tīrīšana.

Šobrīd pastāv tendence palielināt atstarpi starp elektrodiem. Praktiski ir pierādīts, ka lielāka sveču elektrodu atstarpe ļauj uzlabot motora palaišanas parametrus un nodrošināt efektīvu aizdedzi, lietojot liesāku degmaisījumu. Par pieņemamu atstarpi starp elektrodiem uzskata  $0,6 \div 1,5\text{mm}$ . Automobiļos ar kontaktu aizdedzes sistēmu izmanto mazāko elektrodu atstarpi, bet automobiļos ar elektronu aizdedzes sistēmu – lielāko elektrodu atstarpi.

Atstarpi starp sveces elektrodiem mēra ar speciāliem taustiem. Jaunām aizdedzes svecēm, kuras vēl nav bijušas ekspluatācijā, elektrodu atstarpi var izmērīt arī ar plakanajiem taustiem, bet lietotām svecēm parasti izmanto apaļos taustus, jo sveces sānu elektroda masā, dzirksteles veidošanās vietā metāla erozijas rezultātā izveidojas iedobe un plakanā tausta lietošana ieviestu kļūdu.

Taustiem ir jābūt kalibrētiem – uz tiem ir jābūt dotiem skaitļiem, kas norāda, cik lielas elektrodu atstarpes mērīšanai konkrētais tausts ir domāts (215. attēls).



215. att. Aizdedzes sveču elektrodu atstarpes kontrole un mērīšana:

- a – elektrodu atstarpes mērīšana; b – elektrodu atstarpes kontrole svecēm ar platīna elektrodiem;
- c – atstarpes palielināšana starp sveces elektrodiem; d – atstarpes samazināšana starp sveces elektrodiem

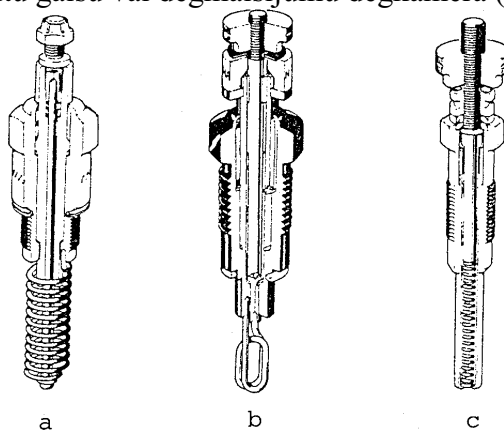
Aizdedzes sveču tīrīšanai vislabāk lietot speciālas, tieši šim nolūkam paredzētas ierīces. Parasti tajās izmanto abrazīvu materiālu (bieži – smiltis), kuru ar saspiesta gaisa strūklu virza uz sveces elektrodu atstarpi un izolatoru. Pēc apstrādes ar abrazīvu materiālu sveces jāizpūš ar saspiesta gaisa strūklu, lai notīrītu visas šī materiāla daļiņas. Šo procedūru vajadzētu veikt arī tad, ja

sveču tīrīšanai tika izmantota suka, jo uz sveces vai starp elektrodiem var palikt stieples gabaliņš, kas var sabojāt sveci vai pat nokļūt motora cilindrā.

Pirms sveces ieskrūvēšanas cilindra galvā izolators jānomazgā ar metilspirtu, lai uz tā virsmas nepaliktu eļļa, tauki vai citas vielas, kas varētu samazināt izolatora elektrisko pretestību. Tā kā aizdedzes sveču tīrīšana saistīta ar zināmu risku sveci sabojāt, tad dažas aizdedzes sveču ražotājfirmas neiesaka sveces tīrīt, bet nomainīt ar jaunām. Arī daudzi automobiļu apkopes un remonta uzņēmumi netērē laiku sveču tīrīšanai, bet apdegušās vai netīrās sveces nomaina ar jaunām.

### 5.6.8. Kvēlsveces dīzeļmotoriem

Dīzeļmotoriem nav nepieciešamas aizdedzes sveces degmaisījuma aizdedzināšanai, jo nepieciešamo temperatūru degvielas aizdedzināšanai panāk, saspiežot gaisu cilindrā, bet degvielu iesmidzina cilindrā kompresijas takts beigās. Kvēlsveces lieto auksta dīzeļmotora iedarbināšanas atvieglošanai, izmantojot uzsildītu gaisu vai degmaisījumu degkamerā (216. attēls).



216. att. Dīzeļmotoru kvēlsveces:

a – AG2 un CH2 tipa kvēlsveces; b – AG4 un CH4 tipa kvēlsveces;  
c – AG60 un CH60 tipa kvēlsveces

AG2 un CH2 tipa kvēlsveces domātas gaisa uzsildīšanai ieplūdes kolektorā. Tās ir konstruētas tā, lai nodrošinātu maksimāli ātri liela daudzuma gaisa uzsildī.

AG4 un CH4 tipa kvēlsveces paredzētas degmaisījuma uzsildīšanai ieplūdes kolektorā. Šo sveču sildelementiem ir samērā mazas pretestības, un tās darbojas ar 1V vai 2V spriegumu, tāpēc šāda tipa kvēlsveces slēdz savā starpā virknē, izmantojot papildu rezistoru.

AG60 un CH60 tipa kvēlsvecēm ir aizsargapvalks. Šo sveču sildelementu pretestība ir lielāka, un tās slēdz paralēli pie automobiļa akumulatora.

### 5.6.9. Augstsprieguma sveču vadi

Aizdedzes sistēmās izmanto galvenokārt triju veidu augstsprieguma vadus:

- parastos vadus ar metāla stiepli dzīslu;
- rezistīvos vadus jeb vadus ar sadalītu pretestību pa visu vada garumu;
- reaktīvos vadus.

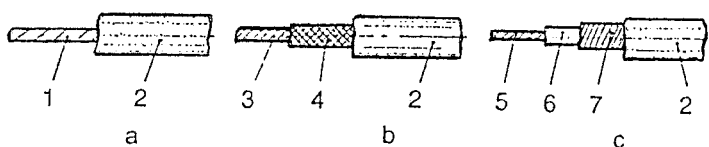
**Parastos vadus** (217. attēls a) lietoja agrāk projektētajās aizdedzes sistēmās. Izmantojot šos vadus, katrā aizdedzes sveces ķēdē obligāti jāuzstāda speciāls radiotraucējumus slāpējošs rezistors.

**Rezistīvie vadi** (217. attēls b) izveidoti no pamatdzīslas, kas izgatavota no sodrēju šķīdumā piesūcinātas kokvilnas auklas, kam uztiets kokvilnas vai kaprona pinums. No virspuses vadi pārklāti ar polivinilhlorīda vai gumijas izolējošu materiālu. Tie ir piemēroti darbam līdz  $150 \div 170^{\circ}\text{C}$  temperatūrā. To pretestība ir  $13 \div 23$  vai  $23 \div 35$  k $\Omega$ /m. Vadus ar mazāko pretestību izmanto, ja to



garums pārsniedz 300 mm. Lietojot šī tipa vadus, grūti panākt drošu kontaktu starp vada pamatdzīslu un kontaktuzgali.

**Reaktīvā vada** (217. attēls c) vidū ievietota lina diegu serde, pārklāta ar feroplasta (20% polivinilhlorīda plastikāta + 80% ferīta pulvera) slāni. Virs tā spirāles veidā cieši uztīta apmēram 0,12 mm dzelzs un niķeļa sakausējuma stieple. Vada izolācijai izmanto polivinilhlorīda plastikāta masu. Radiotraucējumus slāpē gan feroplasta slānis, gan stieples spirāle. Mūsdienās plaši lieto silikona vadus ar silikona un ferīta pamatdzīslu. Reaktīvajiem vadiem raksturīga liela pretestība, kas sastāda  $23 \div 35 \text{ k}\Omega/\text{m}$ . Tie atbilst visām ANO Eiropas Ekonomiskās Padomes izvirzītajām prasībām.



217. att. Augstsprieguma sveču vadi:

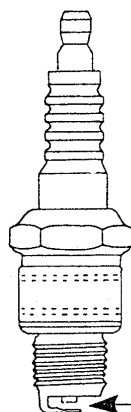
a – parastais vads; b – rezistīvais vads; c – reaktīvais vads; 1 – metāla stieplu dzīsla; 2 – izolācija; 3 – kokvilnas aukla; 4 – kaprona pinums; 5 – lina diegu vai silikona - ferīta serde; 6 – feroplasta slānis; 7 – stieple

### 5.6.10. Dzirksteles polaritātes pārbaude

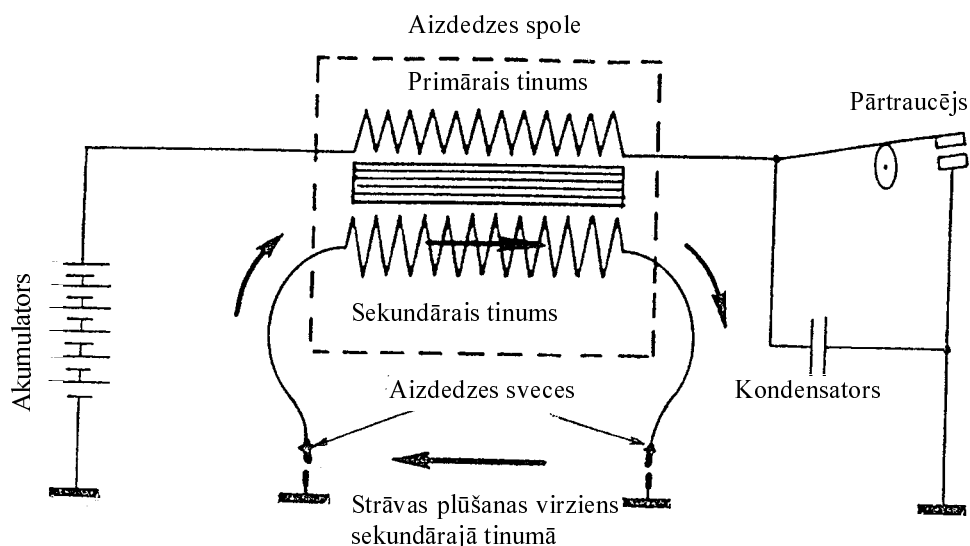
Aizdedzes sistēmas ir noslēgtas ķēdē tā, ka sveces centrālais, izolētais elektrods ir pozitīvs, bet sānu elektrods, kas ir savienots ar masu, – negatīvs. Elektroni, kas rada dzirksteli, izlido no negatīvā elektroda un pārlec uz pozitīvo. Dažādi metāli no saviem elektroniem šķiras dažādi – vieni vieglāk, citi grūtāk. Elektronu emisija palielinās, pieaugot temperatūrai.

Ar laiku elektrods, no kura tiek emitēti elektroni, samazina savu masu, jo tas ar katru dzirksteli zaudē nelielu daļu metāla. Labāk, ka nodilst centrālais, nevis sānu elektrods (218. attēls). Tomēr elektrodu polaritātes pārmaiņa stabilas dzirksteles veidošanai prasa palielināt spriegumu apmēram par 40%, jo pretējā gadījumā aizdedze darbosies ar pārtraukumiem.

Interesants risinājums izmantots divcilindru motorā *Citroen 2CV*, kur aizdedzes spoles sekundārais tinums ar abiem izvadiem ir pieslēgts pie divām svecēm uzreiz. 219. attēlā ir redzams, ka, aizdedzes spoles sekundārajā tinumā rodoties augstsprieguma impulsam, dzirkstele rodas abās aizdedzes svecēs, pie kam vienā no tām tā ir lieka, jo degmaisījums ir gatavs uzliesmot tikai vienā cilindrā.



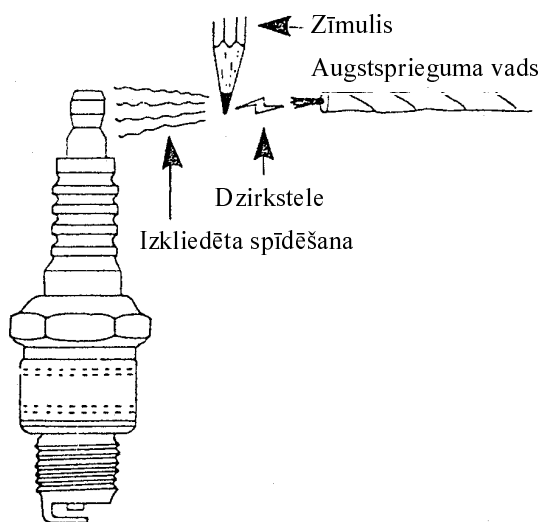
218. att. Sveces elektroda erozija pie pretējās polaritātes



219. att. Divu dzirksteļu sistēma divcilindru motorā CITROEN 2CV

No divām aizdedzes svecēm, kas darbojas vienlaicīgi, tikai vienai ir izdevīgākā polaritāte, tātad nākas sekot līdzī sveču stāvoklim, it sevišķi tās, kuras polaritāte ir pretēja. Šīs sistēmas priekšrocība ir tā, ka dotā tipa motoram nav vajadzīgs sadalītājs. Šī ideja tika izmantota, veidojot aizdedzes sistēmas ar lielāku cilindru skaitu.

Lai pārbaudītu aizdedzes spoles polaritāti klasiskajā aizdedzes sistēmā, var izmantot vienkāršu testu, novietojot starp aizdedzes sveces augstsprieguma vada galu un sveces uzskrūvējamo uzgali grafīta zīmuli (220. attēls).



220. att. Aizdedzes spoles polaritātes pārbaude

Ja aizdedzes spoles polaritāte ir tieša, tad dzirksteles veidošanās laikā starp zīmuļa grafīta galu un sveci rodas spīdēšana, bet ja polaritāte spolei ir pretēja, tad spīdēšana rodas starp zīmuļa grafīta galu un augstsprieguma vadu.

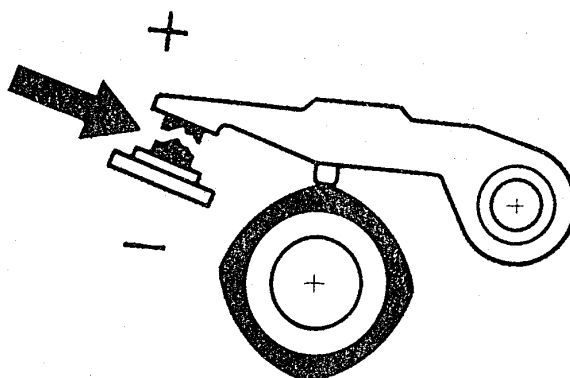
### 5.6.11. Aizdedzes sistēmas apkope

Mūsdienu aizdedzes sistēmas neprasa sevišķu uzmanību, tāpēc tikai retos gadījumos nepieciešams saeļlot un pieregulēt pārtraucēja – sadalītāja kustīgās detaļas, kā arī sekot elementu tīrībai.

Aizdedzes spole parasti ir novietota uz motora vai blakus tam un ar laiku tā var pārklāties ar netīrumiem. Netīrumi, sevišķi mitri, var radīt strāvas noplūdi no aizdedzes spoles tinumiem un izsaukt aizdedzes darbības traucējumus. Tāpēc aizdedzes spoli un vadus, it īpaši centrālo izolatoru, nepieciešams periodiski notīrīt no netīrumiem.

Bojājumus aizdedzes sistēmā var radīt aizdedzes spoles spaiļu kontaktu slikts stiprinājums vai to korozija. Dažādiem automobiļiem pārtraucēja kontaktu atstarpes pārbaude un regulēšana maz atšķiras. Vispārīgā gadījumā nepieciešams pagriezt motora kloķvārpstu līdz tam momentam, kamēr viens no izciļņu ripas izciļņiem atvienos un pilnīgi atvērs kontaktus.

Jāpārbauda pārtraucēja kontaktu stāvoklis (221. attēls) un atstarpe starp tiem. Lai apdeguši vai nelīdzeni kontakti saslēdzoties saskartos ar visu savu virsmu, tie ir jāpieslīpē ar īpašu kontaktu tīrīšanai paredzētu vīlīti vai smalku smilšpapīru. Netīri kontakti ir jānomazgā ar metilspirtu.



221. att. Pārtraucēja kontaktu metāla erozija

Veicot pārtraucēja kontaktu stāvokļa pārbaudi, var iegūt priekšstatu par visas aizdedzes sistēmas stāvokli kopumā:

- kontaktu metāla erozija un nolietojums: *normāls stāvoklis, kontakti jānomaina;*
- vienmērīgs, pelēks uzdegums uz kontaktu virsmas: *kontakta oksidēšanās nepietiekama spiediena dēļ (vāji nospriegota atspere) vai maza atstarpe;*
- kontakti ir stipri apdeguši, tie ir tumši zilā krāsā: *bojāts kondensators vai aizdedzes spole;*
- melns uzdegums uz kontaktiem vai apkārt tiem: *uz kontaktiem nokļūst eļļa.*

Ja kontaktu stāvoklis ir labs, atstarpi starp tiem var izmērīt ar plakana tausta palīdzību. Vairākumam automobiļu atstarpi starp kontaktiem rekomendē ieturēt robežās no 0,35 ÷ 0,45 mm, bet katram konkrētam automobilim nepieciešamie precīzi dati un konkrētās rekomendācijas ir dotas tehniskajā dokumentācijā.

Nekustīgais kontakts parasti ir nostiprināts uz pamatnes, kuru pie korpusa stiprina ar vienu vai divām skrūvēm. Atstarpes ieregulēšanai šīs skrūves ir nedaudz jāatlaiž un pamatne jāpārbīda vajadzīgajā virzienā. Ja atstarpe ieregulēta pareizi, vajadzīgā lieluma taustam ir jāiziet cauri kontaktiem ar nelielu berzi. Pēc regulēšanas atkal jāpievelk nostiprināšanas skrūves.

Līdzīgā veidā regulē *Ford (Motorkraft)*, *BOSCH* un *LUCAS* pārtraucēja kontaktus. *Hitachi* tipa pārtraucējos šim nolūkam ir paredzēta ekscentra skrūve, *Duceller* tipa pārtraucēji ir apgādāti ar speciālu regulēšanas skrūvi, kas atrodas korpusa ārpusē. Ir sastopami arī pilnīgi citas konstrukcijas pārtraucēji, piemēram, neizjaucamas kasetes veidā. Šādos pārtraucējos kontaktu atstarpes regulēšanai ir paredzēts speciāls urbums sadalītāja korpusā.

Lai samazinātu kustīgā kontakta kustīgās svirīņas nodilumu, pārtraucēja izciļņripa ļoti plānā kārtā jāpārklāj ar ziedi.

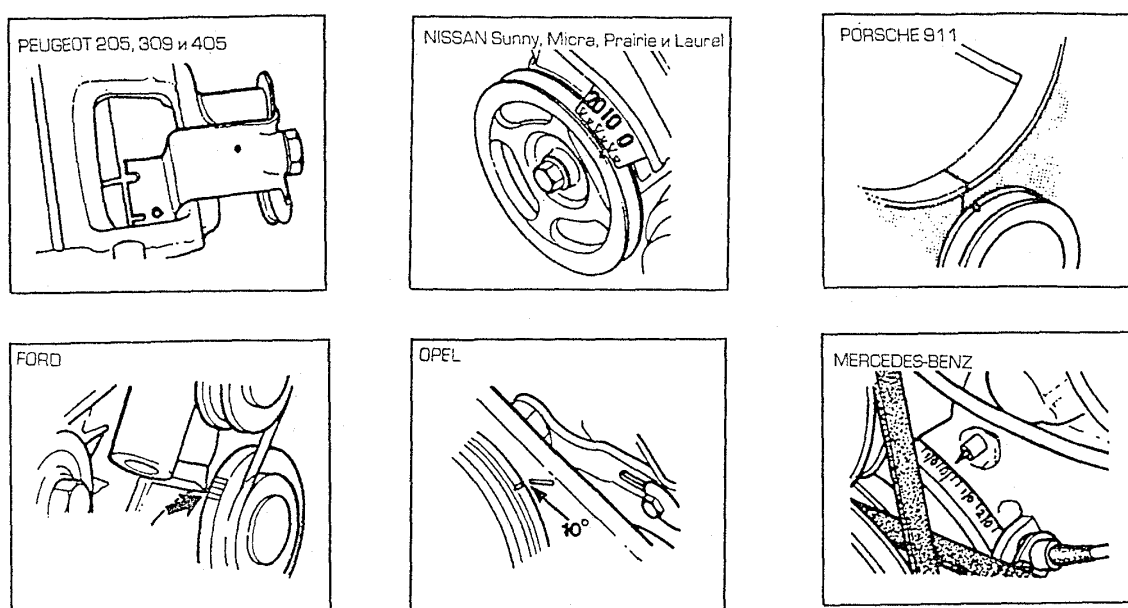
Noņem sadalītāja rotoru un uz piedziņas vārpstas uzpilda 2 ÷ 3 pilienus eļļas. Ar dažiem eļļas pilieniem ieziež arī centrālās regulatora mehānismu. Nedaudz eļļas iepilina pārtraucēja kustīgā kontakta locīklā.

Eļļojot pārtraucēja – sadalītāja detaļas, nedrīkst lietot pārāk daudz eļļas, jo tā var nokļūt uz kontaktiem un izsaukt aizdedzes pārtraukumus.

Augstsprieguma sveču vadiem periodiski jāpārbauda to uzgaļu stiprinājums. Kontaktus un vadu pieguļošās daļas kontaktu vietās nomazgā ar metilspirtu.

Aizdedzes iestatīšana ir nepieciešama tāpēc, lai nodrošinātu dzirksteles veidošanos cilindros tieši vajadzīgajā momentā. Izšķir divus iestatīšanas paņēmienus: statisko un dinamisko, izmantojot stroboskopu.

Jebkuram motoram uz sparrata vai kloķvārpstas skriemeļa ir atzīmes aizdedzes iestatīšanai (222. attēls). Šīs atzīmes jāsavieto ar norādēm uz cilindru bloka. Parasti šādas atzīmes ir divas: viena atbilst augšējam maiņas punktam (AMP), otra – rekomendējamam aizdedzes apstāšanās leņķim, kas parasti ir dažus grādus pirms AMP. Attālums starp šīm divām atzīmēm raksturo aizdedzes statisko iestatīšanu.



222. att. Aizdedzes iestatīšanas tipiskās atzīmes dažādu marku automobiļiem

Atzīmes parasti attiecas uz pirmo cilindru, bet par to ieteicams pārliedzināties automobiļa ekspluatācijas rokasgrāmatā. Cilindru skaitīšanu sāk no motora priekšpusē, taču daži izgatavotāji cilindru skaitīšanu sāk no sparrata puses. V veida motoru cilindru skaitīšanas veidu nepieciešams precizēt automobiļa ekspluatācijas rokasgrāmatā.

### **Aizdedzes momenta statiskā iestatīšana**

Pārliedzinās par to, ka virzulis pārbaudāmajā cilindrā kompresijas gājienā tuvojas augšējam maiņas punktam. Šai nolūkā izskrūvētās aizdedzes sveces vietā ieliek aizbāzni un ar atslēgu griež kloķvārpstu aiz skriemeļa stiprināšanas skrūves galvas, kamēr aizbāznis spiediena palielināšanās ietekmē tiek izspiests no ieskrūvēšanas urbuma.

Pārliedzinās par to, lai arī sadalītāja rotors norādītu uz nekustīgo kontaktu vākā, kas atbilst pirmajam cilindram. Nostāda virzuli pirmajā cilindrā augšējā maiņas punktā, ko panāk, lēni griežot kloķvārpstu līdz iestatīšanas atzīmes savietojamā, kā norādīts motora instrukcijā.

Atbrīvo sadalītāja vāka stiprinājumu, noņem vāku, pieslēdz indikatora spuldzi pie pārtraucēja 12V spaiļes un masas, tad ieslēdz aizdedzi.

Atbrīvo pārtraucēja – sadalītāja korpusa nostiprinājumu un lēnām griež korpusu, līdz iedegas indikatora spuldze, kas nozīmē, ka pārtraucēja kontakti tik tikko atveras. Šajā stāvoklī

nofiksē sadalītāja korpusu. Kloķvārpstu pagriež par pilniem diviem apgriezieniem un pārliedz vēlreiz par to, ka aizdedzes moments ir iestatīts pareizi.

Aizdedzes dinamisko iestatīšanu veic motora darbības laikā, šim nolūkam izmantojot stroboskopu, kurš tiek pieslēgts pie pirmā cilindra sveču vada un vienlaicīgi ar dzirksteli cilindrā dod īsu, bet spilgtu uzliesmojumu.

Ja stroboskopa spuldzes gaismu pavērš uz skriemeļa vai sparrata iestatīšanas atzīmēm, tad rodas iespaids, ka aizzīme stāv uz vietas. Motoram darbojoties brīvgaitā, ja ir atvienota vakuuma regulatora caurule, atzīmei ir jāsakrīt ar norādi. Ja šādas sakritības nav, tad atbrīvo sadalītāja stiprinājumu un, pagriežot tā korpusu, savieto aizzīmes. Pēc pārbaudes un regulēšanas pabeigšanas vakuuma regulatora caurulīti pievieno atpakaļ.

## 5.6.12. Pārbaudes

### 1. tests: **Kontaktu drošība**

Pārbauda augstsprieguma vadu uzgaļu kontaktu stāvokli. Vadus pievieno pie sadalītāja vāka un attiecīgajām svecēm.

### 2. tests: **Aizdedzes spoles darba pārbaude**

Izvelk no sadalītāja vāka centrālo vadu un tuvina to masai līdz apmēram 6 mm attālumam. Vadu vēlams turēt ar plakanknaiblēm, kurām ir izolēti rokturi.

Griežot motoru ar starteri, pārliedz, ka spole regulāri rada labu dzirksteli. Ja dzirksteles nav, tad traucējumi var būt sadalītājā, aizdedzes apstādzes regulēšanas sistēmā vai aizdedzes spolē un aizdedzes sistēmas vados.

Šo metodi neizmanto, pārbaudot elektroniskās aizdedzes sistēmas, jo augstsprieguma ķēdes pārrāvums var sabojāt sistēmas elektroniskos aparātus.

### 3. tests: **Pārtraucēja kontaktu pārbaude**

Ja, izpildot 2. testu, dzirkstele neparādās, tad pārbauda pārtraucēja kontaktu stāvokli un atstarpi starp tiem. Ja kontakti ir sliktā stāvoklī, tos nomaina.

### 4. tests: **Aizdedzes spoles sprieguma pārbaude**

Izmēra spriegumu uz aizdedzes spoles primārā tinuma barošanas spaiļes pie saslēgtiem pārtraucēja kontaktiem. Aizdedzes spolēm ar papildu rezistoru šim spriegumam ir jābūt apmēram 6V, bet spolēm bez papildu rezistora – vienādam ar akumulatora 12V spriegumu.

### 5. tests: **Papildu rezistora pārbaude**

Tikai aizdedzes spolēm ar papildu rezistoru: savieno aizdedzes spoles primārā tinuma negatīvo spaili (savienoto ar pārtraucēju) un masu ar pagaidu vadu, kuram galos ir "krokodila" tipa spaiļes. Izmēra spriegumu uz aizdedzes spoles pozitīvās spaiļes un mēģina pagriezt motoru ar starteri. Spriegumam ir jāpalielinās, jo startera ievilcējrelejs šuntē papildu pretestību. Ja tas nenotiek, tad pārbauda vadu, kas iet no spoles uz startera ievilcējreleju. Ja rodas nepieciešamība, tad 6 V aizdedzes spoles vietā var izmantot arī 12 V aizdedzes spoli bez papildu rezistora.

### 6. tests: **Bojājumu noteikšana pārtraucējā vai aizdedzes spolē**

Izmēra spriegumu uz aizdedzes spoles negatīvās spaiļes pie atvērtiem pārtraucēja kontaktiem. Voltmetram ir jāuzrāda akumulatora spriegums. Ja sprieguma nav, tad atvieno zemsprieguma vadu, kas iet uz pārtraucēju. Ja spriegums parādās – bojājums atrodas pārtraucēja zemsprieguma daļā; ja spriegums neparādās – aizdedzes spole var būt bojāta un tā būs jānomaina.

### 7. tests: **Pārtraucējs**

Ja 6. tests parādīja pārtraucēja iespējamo bojājumu zemsprieguma daļā, tad pārbauda tā vada stāvokli, kurš iet no aizdedzes spoles uz pārtraucēju. Pēc tam pārbauda, vai nav saslēgts ar masu pārtraucēja izolētais kontakts. Tas var notikt remonta laikā pēc nepareizas pārtraucēja montāžas, it sevišķi vecās konstrukcijas pārtraucējos ar plastmasas paplāksnēm.

#### 8. tests: **Kondensatora bojājuma noteikšana un pārbaude**

Aizdedzes spoles augstsprieguma vadu pietuvina masai un, atvienojot pārtraucēja kontaktu, pārlicinās, vai parādās dzirkstele. Ja dzirksteles nav, tad noņem un pārbauda kondensatoru.

Pārbaudes vajadzībām vislabāk samainīt aizdomīgo kondensatoru ar droši zināmu – nebojātu. Šim nolūkam lietderīgi izmantot vadu pāri, kuriem galos ir “krokodila” tipa spaiļes. Ja dzirkstele parādās, tas nozīmē, ka izmantotais kondensators ir bijis bojāts, ja dzirksteles nav arī šajā gadījumā – bojāta ir aizdedzes spole.

#### 9. tests: **Aizdedzes spole**

Aizdedzes spole var radīt traucējumus aizdedzes sistēmā, kas var notikt vāciņa ieplīsuma, primārā tinuma pārdegšanas, vai sekundārā tinuma izolācijas caursītes dēļ.

#### 10. tests: **Augstsprieguma ķēde**

Ja dzirkstele ir, bet motors nesāk darboties, tad veic augstsprieguma ķēdes papildu pārbaudi. Vispirms pārbauda sadalītāja rotoru, tam tuvinot aizdedzes spoles augstsprieguma vadu apmēram 3 mm attālumā no rotora misiņa plāksnes. Ātri atvieno un savieno pārtraucēja kontaktus. Ja dzirkstele pārlec vairāk kā vienu reizi, tas nozīmē, ka bojāta rotora izolācija.

#### 11. tests: **Sadalītāja vāks**

Sadalītāja vāks atsevišķos gadījumos var radīt augstsprieguma noplūdi vāka ieplīsuma dēļ. Veicot tā apskati dienasgaismā, augstsprieguma noplūdi var neievērot, bet to var pamanīt tikai tumsā, – darbinot starteri. Vislabākais vāka pārbaudes paņēmiens – to nomainīt ar nebojātu vāku.

#### 12. tests: **Augstsprieguma vadi**

Ne bieži, taču pilnīgi iespējams ir augstsprieguma vadu serdeņu iekšējais pārāvums. To var pārbaudīt ar ommetru, ņemot vērā, ka vada pretestība var būt līdz pat  $20\ 000\ \Omega$  (radiotraucējumu novēršanas ķēdēs). Augstsprieguma vadu stāvokli var ļoti labi tāpat novērot arī tumsā motora darbības laikā.

### 5.6.13. Klasiskās aizdedzes sistēmas trūkumi

Kaut arī klasiskās aizdedzes sistēmas ir kalpojušas automobiļiem vairāk nekā gadsimtu, no trūkumiem tajās pilnībā atbrīvoties nav izdevies. Galvenie trūkumi ir saistīti ar ražošanas rakstura grūtībām, nepietiekamu darba drošumu un apkalpošanas nepieciešamību.

Lai nodrošinātu augstās prasības motora drošai darbībai, pārtraucēja kustīgā sviriņa un izciļņu ripa tika izgatavotas ar sevišķu precizitāti. Taču pēc katriem pāris tūkstošiem kilometru nobraukuma bija nepieciešams pārregulēt pārtraucēja kontaktu atstarpi, lai kompensētu sviriņas un izciļņu ripas nodilumu, kā arī pārbaudītu kontaktu stāvokli, veiktu to tīrīšanu vai nomaiņu.

Lai iegūtu jaudīgāku dzirksteli, konstruktoriem nācās palielināt aizdedzes spoles primārā tinuma strāvu līdz maksimāli pieļaujamiem lielumiem, taču tajā pašā laikā kontaktu stabilam darbam ir nepieciešama pēc iespējas mazāka strāva.

Ja apgriezieni ir lieli, inerces spēki, kas iedarbojas uz pārtraucēja kustīgajām detaļām, var kļūt pietiekami lieli, lai atrautu kustīgo sviriņu no izciļņu ripas, kā rezultātā aizdedzes apstiepes leņķis samazinās un aizdedze sāk darboties ar pārtraukumiem.

Apkopojot iepriekš teikto, var norādīt šādus trūkumus:

- pārtraukumi aizdedzes sveces darbībā: augstā degmaisījuma saspiešanas pakāpe un svina piejaukumi benzīnā, kas palielina degvielas noturību pret detonāciju, negatīvi ietekmē sveču stāvokli;
- mehāniskie ierobežojumi: visas pārtraucēja – sadalītāja detaļu darba ātruma rezerves pēc būtības jau ir izsmeltas;
- nepieciešamība uzkrāt apmēram 30mJ enerģiju dzirksteles veidošanai ierobežo spoles aizdedzes sistēmas darba frekvenci līdz apmēram 400 dzirkstelēm sekundē,

t.i., uz vienu dzirksteli pienākas tikai 0,0025 sekundes. Tāda frekvence var būt nepietiekama liela ātruma daudzcilindru motora darbībai;

- sveču darba drošuma palielināšanai pie augstas saspiešanas pakāpes nepieciešamais spriegums uz sveces ir  $12 \div 30\text{kV}$ . Spriegumu palielināt nepieciešams arī, lai nodrošinātu motora darbību ar liesu degvielu un samazinātu izplūdes gāzu toksiskumu;
- pārtraucēja kontaktu bojāšanās un apdegšana sakarā ar to, ka caur tiem plūst liela strāva;
- aizdedzes sistēmas neprecīza darbība inerces spēku dēļ lielu rotācijas ātrumu diapazonā, kas noved pie kustīgā kontakta kustīgās sviriņas atrašanās no izciļņu ripas;
- aizdedzes sistēmas pārtraukumi un neprecīza darbība, kas saistās ar kontaktu nolietojumu un bojājumiem, vairs nav pieļaujama, jo daudzu valstu likumdošana pieprasa noturēt izplūdes gāzu sastāvu ļoti stingrās robežās, vismaz 80000 km nobraukuma diapazonā.

## 5.7. Elektroniskās aizdedzes sistēmas

### 5.7.1. Vispārīgs raksturojums

Termins *elektroniskās sistēmas* nozīmē, ka sistēmā tiek izmantotas pusvadītāju ierīces: diodes, tranzistori, tiristori un citi elementi elektroenerģijas plūsmu vadīšanai, pārslēgšanai, pastiprināšanai vai pārveidošanai.

Elektroniskās aizdedzes sistēmas sākotnēji bija samērā nedrošas, tās nebija piemērotas automobiļu smagajiem ekspluatācijas apstākļiem. Elektronikas ražošanas tehnoloģijām strauji attīstoties, pilnveidojās arī elektroniskās aizdedzes sistēmas. Kopš 1977. gada Amerikā visus automobiļus komplektē ar elektroniskajām aizdedzes sistēmām (Lielbritānijā, Japānā un Eiropā – no 80. gadu vidus), parasti tās ir elektroniskās bezkontakta aizdedzes sistēmas.

Mūsdienu elektroniskās aizdedzes sistēmās elektriskās izlādes jeb dzirksteles enerģiju iegūst, izmantojot

- elektronisko pastiprināšanu;
- kondensatora elektriskā lauka enerģiju;
- spoles magnētiskā lauka enerģiju.

Automobiļos izmanto dažādas elektroniskās aizdedzes sistēmas, kuras iedala trijās lielās grupās:

- elektroniskās aizdedzes sistēmās ar kontaktu vadību;
- elektroniskās aizdedzes sistēmās ar elektronisko bezkontakta vadību;
- mikroprocesoru aizdedzes sistēmās.

Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar kontaktu vadību savukārt iedala

- kontaktu – tranzistoru elektroniskās aizdedzes sistēmās;
- kontaktu – tiristoru elektroniskās aizdedzes sistēmās.

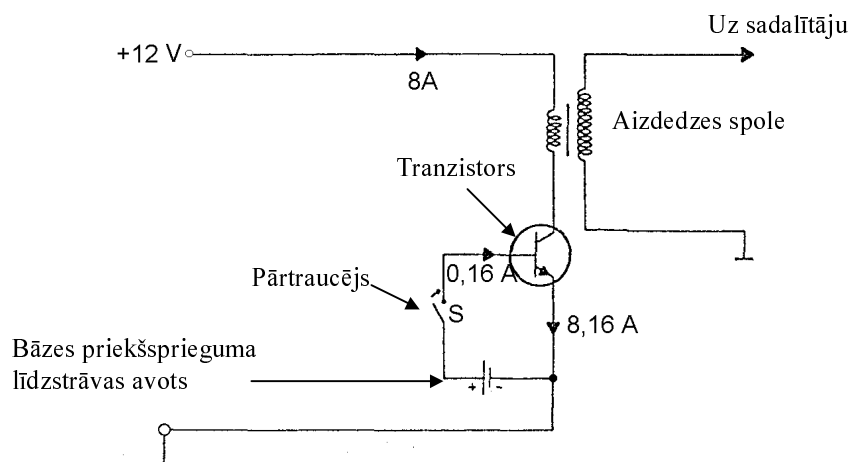
### 5.7.2. Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar kontaktu vadību

#### *Kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmas*

Vēsturiski kā pirmās no elektroniskajām aizdedzes sistēmām tika izveidotas induktīvās kontaktu–tranzistoru elektroniskās aizdedzes sistēmas, ar kuru palīdzību mēģināja uzlabot klasisko aizdedzes sistēmu, neizmainot tās galvenos principus. 1960. gadā *Joseph Lucas* izstrādāja pirmās elektroniskās aizdedzes sistēmas, kuras sāka izmantot sacīkšu automobiļos. 1962. gadā *General Motors* sāka lietot elektroniskās aizdedzes sistēmas *Pontiac* automobiļos.

Kontaktu–tranzistoru elektroniskās aizdedzes sistēmas var zināmā mērā uzskatīt par starpposmu pārejai no mehāniskajām kontaktu aizdedzes sistēmām uz elektroniskajām bezkontakta

aizdedzes sistēmām. Kontaktu–tranzistoru aizdedzes sistēmas no klasiskās kontaktu aizdedzes sistēmas galvenokārt atšķiras ar to, ka vadības funkcijas tajās veic tāpat pārtraucēja kontakti, bet kopā ar elektronisko vadības bloku, kuru sauc par komutatoru, un tā galvenais komutācijas elements ir tranzistors (223. attēls).



223. att. Tranzistora darbība slēdža režīmā

Komutatora izmantošana būtiski atvieglo pārtraucēja kontaktu darba apstākļus, jo šos kontaktus ieslēdz komutatora tranzistora bāzes ķēdē un izmanto tikai tranzistora darbības vadībai, kurš ir ieslēgts slēdža režīmā un darbojas, aizdedzes spoles primāro tinumu pieslēdzot akumulatoram vai atslēdzot no tā. Tagad cauri pārtraucēja kontaktiem neplūst visa primārā strāva, kura var sasniegt pat 8A, bet tikai neliela tās daļa (2%), t.i., tranzistora vadības strāva ir 0,16A. Tādā veidā tiek panākts, ka strāvas stiprums, kas plūst caur pārtraucēja kontaktiem, ir samazinājies apmēram 50 reizi. Tāpēc ekspluatācijas laikā neapdeg kontakti, samazinās eroziodilums un palielinās to darba ilgums. Tā kā caur pārtraucēja kontaktiem plūst ļoti maza strāva, tad paralēli pārtraucēja kontaktiem kondensatoru nepieslēdz.

223. attēlā parādītā shēma nav praktiski izmantojama dažu iemeslu dēļ:

- automobilī ir tikai viens līdzsprieguma avots, un nebūtu izdevīgi ievietot otru tikai aizdedzes sistēmas dēļ;
- lietojot tranzistoru, rodas cita problēma – ir ļoti svarīgi, lai aizdedzes spoles primārā tinuma magnētiskā lauka enerģija pēc dzirksteļizlādes aizdedzes svecē nākamai izlādei atjaunotos pēc iespējas ātrāk.

Magnētiskā lauka enerģiju ar strāvu un aizdedzes spoles primārā tinuma induktivitāti saista šāda sakarība:

$$W = \frac{L I^2}{2},$$

kur: W – magnētiskā lauka enerģija ( J );

L – aizdedzes spoles primārā tinuma induktivitāte ( H );

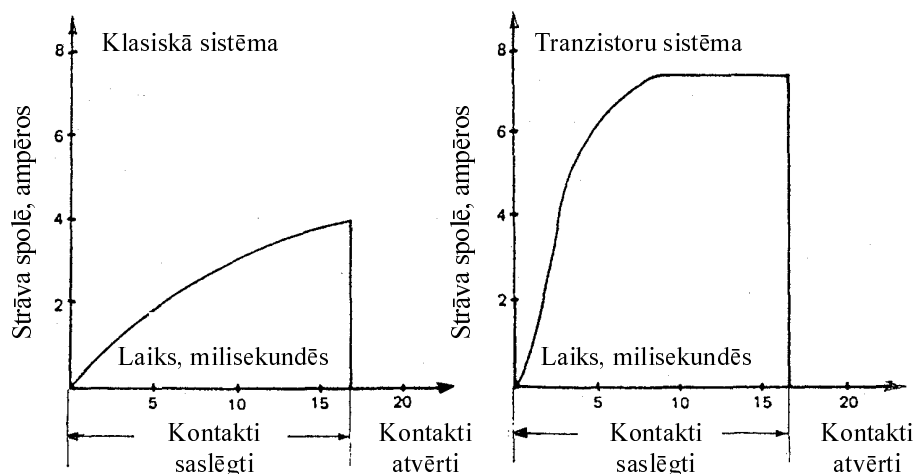
I – aizdedzes spoles primārajā tinumā plūstošās strāvas stiprums ( A ).

Spoles induktivitātei piemīt zināma inerce, tāpēc spolei ir vajadzīgs laiks, lai tajā atjaunotos strāva. Strāvas pieauguma vai atjaunošanās laiks aizdedzes spoles primārajā tinumā ievērojami kavē dzirksteļu veidošanās frekvenci, tāpēc ražotājiem nācās aizdedzes spoles primārajā tinumā strāvu palielināt no 3A līdz 8A. Tas ļāva samazināt spoles primārā tinuma vijumu skaitu, bet līdz ar to radās nepieciešamība palielināt spoles transformācijas koeficientu (kas izsaka primārā tinuma vijumu skaita un sekundārā tinuma vijumu skaita attiecību) no 1: 66 līdz 1: 250 un pat līdz 1:400.

Tātad, jo lielāka aizdedzes spoles primārā tinuma induktivitāte, jo ilgāks laiks ir vajadzīgs, lai tajā atjaunotos magnētiskā lauka enerģija. Savukārt spoles induktivitāte ir atkarīga no tinuma vijumu skaita: jo vairāk spolē vijumu, jo lielāka ir tās induktivitāte.



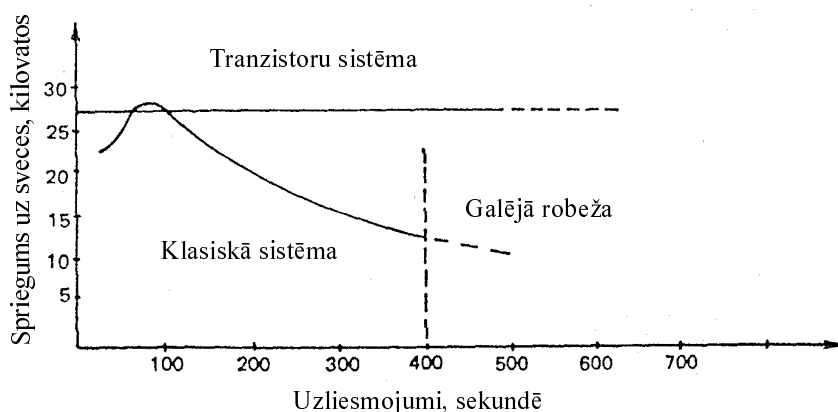
Lietojot tranzistorus, izdevās samazināt strāvas stiprumu pārtraucēja kontaktā, tāpēc radās iespēja samazināt arī aizdedzes spoles primārā tinuma vijumu skaitu, vienlaikus palielinot strāvas stiprumu ķēdē. Samazinoties vijumu skaitam, samazinājās arī pretestība un aktīvās jaudas zudumi aizdedzes spoles primārajā ķēdē. Līdz ar vijumu skaita samazināšanos samazinājās aizdedzes spoles primārā tinuma induktivitāte un laiks, kāds nepieciešams, lai tinumā atjaunotos magnētiskā lauka enerģija. 224. attēlā ir parādīts, kā pieaug strāvas stiprums primārajā tinumā klasiskajā aizdedzes sistēmā un kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmā.



224. att. Strāvas pieaugums aizdedzes spoles primārajā tinumā

Tātad, izmantojot tranzistoru, strāvas stiprums daudz ātrāk sasniedz savu maksimumu, nekā izmantojot tikai pārtraucēju. Strauji mainoties strāvas stiprumam aizdedzes spoles primārajā tinumā, tajā inducējas pašindukcijas spriegums, kas daudzkārt var pārsniegt borta tīkla spriegumu. Šis spriegums ir jo lielāks, jo lielāka ir tinuma induktivitāte, un tas var kļūt bīstams citiem elektriskās ķēdes elementiem, it sevišķi – elektroniskajām ierīcēm. Tas ir vēl viens no iemesliem, kāpēc jācenšas samazināt aizdedzes spoles primārā tinuma induktivitāti.

Laiks, kurā primārajā tinumā atjaunojas strāva, kamēr pārtraucēja kontakts ir saslēgts, nosaka maksimāli iespējamo dzirksteļu skaitu laika vienībā. Tāpēc bieži vien, automobilim braucot ar lielu ātrumu, dzirkstele rodas brīdī, kad strāvas stiprums un spriegums nav sasnieguši savu maksimālo vērtību. 225. attēlā redzamajā grafikā parādīta aizdedzes sprieguma atkarība no dzirksteļu skaita gan klasiskajā aizdedzes sistēmā, gan kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmā.



225. att. Klasiskās un kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmas raksturlīkņu salīdzinājums

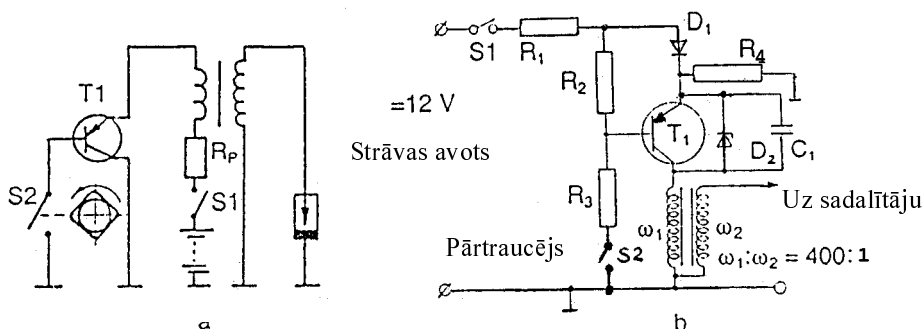
Izmantojot tranzistoru aizdedzes spoles primārā tinuma ķēdes pārtraukšanai, panāk, ka spriegums uz aizdedzes sveces praktiski nav atkarīgs no dzirksteļu frekvences, t.i., no automobiļa braukšanas ātruma. Klasiskās aizdedzes sistēmā pēc maksimālās dzirksteļu frekvences spriegums uz aizdedzes sveces praktiski samazinās 1,5 reizes. Pastāvot tik zēmam spriegumam, cilindra darbība

ir nestabila. Zemais spriegums nenodrošina arī pilnīgu degmaisījuma sadegšanu. Aizdedzes sveces ar zemu spriegumu sliktāk strādā, un tās ir bieži jātīra. Tas nozīmē, ka efektīvāka un ekonomiskāka darbība ir motoram ar elektronisko aizdedzes sistēmu.

Lai nodrošinātu tranzistora darba režīmu (223. attēls), tranzistoram jāpievada spriegums no diviem elektroenerģijas avotiem: viens līdzsprieguma avots ir jāpieslēdz tranzistora bāzei un emiteram, bet otrs - emiteram un kolektoram.

Reālās shēmās var lietot arī vienu līdzsprieguma avotu, vajadzīgā tranzistora režīma iegūšanai izmantojot papildu rezistorus. Šim nolūkam 226. attēlā parādīta praktiska shēma tranzistora barošanai ar vienu līdzstrāvas avotu - akumulatoru. Akumulatora pozitīvais pils pieslēgts caur rezistoru  $R_1$  emiteram, bet negatīvais - kolektoram ar aizdedzes spoles primārā tinuma starpniecību. Tranzistora bāzei nepieciešamo priekšspriegumu rada sprieguma dalītājs, kas sastāv no virknē saslēgtiem rezistoriem  $R_3$  un  $R_4$ . Šo rezistoru pretestības izvēlētas ar tādu aprēķinu, lai spriegums punktā starp rezistoriem atbilstu tranzistora bāzes spriegumam.

Paralēli tranzistoram ir ieslēgts stabilitrons, kas aizsargā to no pārāk liela aizdedzes spoles primārā tinuma pašindukcijas EDS, kas var rasties, pārtraucot augstsprieguma ķēdi (ja nokrīt sveču vads vai to noņem, aizdedzes sistēmas pārbaudes laikā "uz dzirksteli"). Kad EDS kļūst lielāks par stabilitrona caursites spriegumu, kas ir apmēram  $50 \div 60V$ , tad stabilitrons sāk vadīt strāvu, EDS uz tranzistora samazinās un tas tiek pasargāts no caursišanas. Aizdedzes spoles transformācijas koeficients šajā gadījumā ir 400.



226. att. Kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēma ar vienu tranzistoru:

a – principiālā shēma; b – vienkāršota elektriskā shēma; S1 – aizdedzes slēdzis; S2 – pārtraucēja kontakti

Kad pārtraucēja kontakts ir saslēgts, rezistori  $R_2$  un  $R_3$  veido sprieguma dalītāju, kas rada uz tranzistora bāzes atbilstošu spriegumu, kā rezultātā plūst bāzes strāva un tranzistors atveras. Strāva no akumulatora pozitīvās spaiļes caur aizdedzes spoles primāro tinumu plūst uz akumulatora negatīvo spaili pa ķēdi:

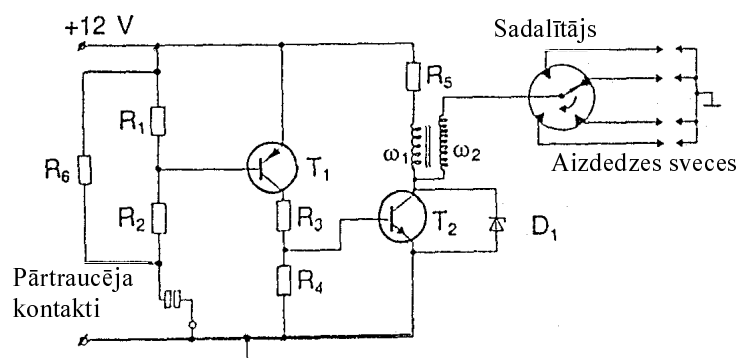
“+” spaiļe → aizdedzes slēdzis → rezistors  $R_1$  → diode  $D_1$  → tranzistora emiteris → tranzistora kolektors → primārais tinums → “-” spaiļe.

Pārtraucēja kontaktiem atveroties, strāva caur rezistoriem  $R_2$  un  $R_3$  neplūst un tranzistors ir aizvērts, bet neliela strāva plūst pa ķēdi:

“+” spaiļe → rezistors  $R_1$  → diode  $D_1$  → rezistors  $R_4$  → “-” spaiļe.

Pateicoties sprieguma kritumam uz diodes  $D_1$ , tranzistora emiteris kļūst negatīvs attiecībā pret bāzi apmēram par  $0,7V$ , kas ir pilnīgi pietiekami, lai tranzistors momentāni pārtrauktu aizdedzes spoles primārā tinuma strāvas ķēdi un sekundārajā tinumā inducētos aizdedzes dzirkstelei nepieciešamais spriegums.

Lai paātrinātu ieslēgšanas – atslēgšanas procesu, lieto divu tranzistoru shēmu (227. attēls). Šāda shēma nodrošina aizdedzes sistēmas drošu darbību arī zemā apkārtējās vides temperatūrā.



227. att. Kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēma ar diviem tranzistoriem

Tranzistors  $T_1$  tiek vadīts ar pārtraucēja kontaktu (līdzīgi kā 226. attēlā dotajā shēmā). Tranzistors  $T_1$  vada spēka tranzistoru  $T_2$ , kura kolektora ķēdē ieslēgts aizdedzes spoles primārais tinums. Tranzistors  $T_1$  ir p–n–p, bet tranzistors  $T_2$  – n–p–n tipa. Jāatceras, ka kopemitera slēgumā p–n–p tipa tranzistors ir atvērts tad, kad bāze ir negatīva attiecībā pret emiteru, bet n–p–n tranzistors, kad bāze attiecībā pret emiteru ir pozitīva.

Kad pārtraucēja kontakts ir saslēgts, tad strāva plūst caur rezistoriem  $R_1$  un  $R_2$ , kas veido sprieguma dalītāju. Sprieguma kritums uz rezistora  $R_2$  ir vienāds ar tranzistora  $T_1$  atvēršanai nepieciešamo bāzes spriegumu. Tranzistors  $T_1$  atveras, un strāva sāk plūst caur rezistoriem  $R_3$  un  $R_4$ . Sprieguma kritums uz rezistora  $R_4$  ir vienāds ar tranzistora  $T_2$  atvēršanai nepieciešamo bāzes spriegumu. Tranzistors  $T_2$  atveras, un strāva sāk plūst caur papildu rezistoru  $R_5$  un aizdedzes spoles primāro tinumu.

Kad pārtraucēja kontakts atveras, tranzistora  $T_1$  bāzes strāva pārtrūkst, tas aizveras, sprieguma kritums uz rezistora  $R_4$  kļūst vienāds ar nulli un arī tranzistors  $T_2$  aizveras. Strāva caur aizdedzes spoles primāro tinumu pārstāj plūst, bet sekundārajā tinumā inducējas spriegums, kuru sadalītājs novada uz attiecīgā cilindra aizdedzes sveci.

Aizdedzes brīdī primārajā tinumā inducējas dažus simtus voltu liels pašindukcijas EDS, kas ir bīstams tranzistoram  $T_2$ , jo var to caursist. Lai aizsargātu tranzistoru no pašindukcijas EDS, paralēli tam ir ieslēgts stabilitrons  $D_1$ . Kad spriegums kļūst lielāks par stabilitrona caursites spriegumu, caur to sāk plūst strāva. Tā plūst, līdz spriegums kļūst zemāks par stabilitrona  $D_1$  caursites spriegumu.

Rezistora  $R_6$  pretestība aizdedzes sistēmas darbības laikā nodrošina apmēram 250 mA stipru strāvu caur pārtraucēja kontaktu, kas ir nepieciešams, lai uz kontakta nenosētos netīrumi un nerastos korozija. Rezistors  $R_5$  ierobežo strāvu aizdedzes spoles primārajā tinumā.

Tā kā kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmām kontaktu atvēršanās brīdī raksturīgs krass primārās strāvas samazinājums un cauri kontaktiem plūst samērā neliela strāva, tad kondensatoru paralēli pārtraucēja kontaktiem neuzstāda, kā tas bija nepieciešams klasiskajā aizdedzes sistēmā.

Kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmām salīdzinājumā ar klasisko aizdedzes sistēmu ir šādas priekšrocības:

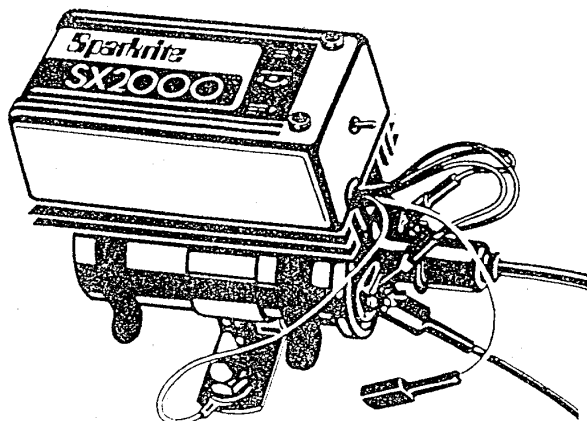
- gandrīz pilnīgi novērsta pārtraucēja kontaktu apdegšana un erozija, jo caur tiem plūst tikai tranzistora vadības strāva. Līdz ar to retāk ir jāregulē pārtraucēja kontaktu atstarpe, stabilāks ir aizdedzes apstieidzes leņķis, kā arī nedaudz samazinās degvielas patēriņš;
- palielināts sekundārais augstspriegums nodrošina lielāku dzirksteļizlādes enerģiju, kas atvieglo motora iedarbināšanu, uzlabo tā darbību mainīgas slodzes apstākļos, kas veicina darbmaitējuma pilnīgāku sadegšanu, līdz ar to samazinās toksisko gāzu izplūde apkārtējā vidē;
- samazinās aizdedzes sveču elektrodu elektroerozija kā rezultātā par 25 ÷ 30 % palielinās to darba mūžs.

Kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmai ir arī vairāki trūkumi:

- nepieciešama periodiska pārtraucēja apkope, jo kontaktu oksidēšanās vai saeļļošanās samazina sistēmas darba drošumu;
- kontakta atrašanās no izciļņu ripas, ja ir lieli rotācijas ātrumi;
- samērā liela pašizmaksa.

Kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmas uzlabojuma nākamais solis – atteikšanās no mehāniskiem kontaktiem.

Viena no elektronu ierīcēm, kas bija domāta klasisko aizdedzes sistēmu modernizācijai, ir aizdedzes bloks *Sparkrite 2000* (228. attēls). Dzirksteles veidošanai bloks izmanto gan aizdedzes spoles, gan arī kondensatora enerģiju, apvienojot sevī kā magnētiskā, tā elektriskā lauka enerģijas uzkrāšanas priekšrocības.



228. att. Aizdedzes bloks SPARKRITE 2000

Šī bloka izmantošana kopā ar klasiskās aizdedzes sistēmas elementiem ļauj palielināt aizdedzes sistēmas darba drošumu, strādājot tai ar liesu degmašijumu pie jebkurām slodzēm un ātrumiem. Kā priekšrocību var minēt arī to, ka elektronikas vai kāda cita bojājuma gadījumā ir iespējams izmantot klasisko aizdedzes sistēmu.

Izmantojot bloku *Sparkrite 2000*, aizdedzes sistēmas visas pārbaudes un sākuma iestatīšanas nepieciešams izpildīt pie noņemta bloka. Ja aizdedzes moments iestatīts pareizi, tad bloka pieslēgšana nekādi to neiespaidos un sistēma darbosies tālāk tikpat precīzi.

### ***Kontaktu – tiristoru elektroniskās aizdedzes sistēmas***

Automobiļos izmanto arī kapacitīvās kontaktu – tiristoru elektroniskās aizdedzes sistēmas, kurās nepieciešamās enerģijas uzkrāšanas funkcijas veic kondensators, bet izlādes funkcijas nodrošina aizdedzes spole, kas atšķiras no citu veidu aizdedzes sistēmas spolēm un darbojas kā impulsa transformators. Kapacitīvā kontaktu – tiristoru elektroniskā aizdedzes sistēma ir samērā jauna. To izmanto *Porsche* un citu speciālu automobiļu modeļos.

Ir svarīgi, lai enerģija, ko kondensators uzkrāj uzlādes procesā, būtu pietiekama aizdedzes sveces darbībai. Uzlādēta kondensatora enerģiju izsaka sakarība

$$W = \frac{C U^2}{2} .$$

Piemēram, ja kondensatoru, kura kapacitāte  $C = 2\mu\text{F}$ , uzlādē līdz 300 V spriegumam, tad kondensatora elektriskajā laukā iespējams uzkrāt  $W = 81\text{mJ}$  enerģijas, t.i., tikpat, cik induktīvās kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmas spoles magnētiskajā laukā.

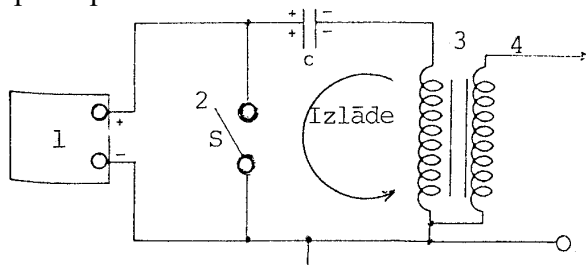
Kondensatora uzlādei izmanto elektronisko vadības bloku kā iemontētu impulsa ģeneratoru, kurš veic vairākas funkcijas. Tas sākumā pārveido 12V līdzspriegumu maiņspriegumā, tad to palielina līdz 400V un pēc tam ar taisngrieža palīdzību iegūto maiņspriegumu iztaisno 400V līdzspriegumā, jo kondensatoru uzlādēšanai parasti izmanto līdzspriegumu.

Kapacitīvās kontaktu – tiristoru elektroniskās aizdedzes sistēmas darbības princips redzams 229. attēlā. Kad slēdzis S ir atslēgts, tad ar speciālu lādēšanas ierīci kondensatoru uzlādē līdz 350 V spriegumam. Ja slēdzi S saslēdz, tad kondensators izlādējas caur aizdedzes spoles primāro tinumu.

Tā kā izlāde norit ļoti strauji, jo tinuma pretestība ir maza, tad aizdedzes spoles sekundārajā tinumā inducējas apmēram 40000 V liels spriegums, kas rada dzirksteļizlādi aizdedzes svecē. Kondensatora izlādes laiks ir ļoti mazs, tāpēc starp aizdedzes sveces elektrodiem rodas īsa, bet ļoti spēcīga dzirkstele.

Parasti šādās shēmās izmanto tiristoru. Tiristors atveras (slēdzis S tiek saslēgts), kad vadības elektrodam pievada signālu. Tiristors aizveras (slēdzis S tiek atslēgts), kad spriegums uz tā anoda un katoda kļūst gandrīz vienāds ar nulli. Lai tiristoru atkal atvērtu, nepieciešama atkal vāja strāva vadības elektroda ķēdē. Tiristora atvēršanas un aizvēršanas laiks ir ļoti īss, tāpēc šādās shēmās ir ļoti izdevīgi izmantot tiristoru kā bezkontakta elektronisku slēdzi.

Aplūkojot shēmu (229. attēls), var rasties jautājums, kāpēc tiristors nenaslēdz lādēšanas ierīces izeju īsi. Teorētiski tā arī notiktu, bet praktiski lādēšanas ierīces iekšējā pretestība ir tik liela, ka padara nenozīmīgu caur to plūstošo kondensatora izlādes strāvu salīdzinājumā ar kondensatora izlādes strāvu caur aizdedzes spoles primāro tinumu.



229. att. Kondensatoru aizdedzes sistēmas darbības princips:

1 – līdzstrāvas barošanas 350V avots; 2 – elektronu slēdzis; 3 – aizdedzes spole; 4 – uz svecēm

Kondensatora izlādes aizdedzes sistēmā dzirkstelei nepieciešamais augstspriegums atjaunojas apmēram 10 reižu ātrāk nekā klasiskajā aizdedzes sistēmā, un tam ir šādas priekšrocības:

- nenozīmīga kļūst augstsprieguma noplūde bojātas izolācijas gadījumā, jo strāva nepagūst caur bojājumu noplūst, kas praktiski pirms dzirksteles rašanās veido paralēlu zaru;
- straujā impulsa dēļ dzirkstele ir tik spēcīga, ka caursit pat apdegumu vai netīrumu kārtiņu, kas ekspluatācijas laikā ir sakrājušies uz aizdedzes sveces elektrodiem, tāpēc aizdedzes sveču darbmūžs kļūst ievērojami ilgāks, tas sasniedz 60000 km nobraukumu.

Īsais aizdedzes sprieguma atjaunošanās laiks ir par cēloni arī īsākam dzirksteles degšanas laikam ( $\sim 100 \div 300 \mu\text{s}$ ), kas ir pārāk īss, lai degmaisījums cilindrā pilnīgi sadegtu. Šo trūkumu daļēji var novērst, dzirksteli pagarinot, t.i., palielinot attālumu starp aizdedzes sveces elektrodiem. Lai realizētu šādu shēmu, ir nepieciešama lādēšanas ierīce, kuras izejā spriegums būtu 350 V kondensatora uzlādēšanai.

Sprieguma apgādi var atrisināt arī, izmantojot tranzistoru invertoru. Invertors ir elektroniska ierīce, kas līdzstrāvu pārveido maiņstrāvā.

Kondensatora izlādes jeb kontaktu – tiristoru elektroniskās aizdedzes sistēmas vienkāršota principiālā elektriskā shēma ar tranzistoru invertoru parādīta 230. attēlā. Invertors no akumulatora saņem 12V līdzspriegumu un pārveido to maiņspriegumā. Ar transformatoru maiņspriegums tiek paaugstināts līdz lielumam, kas nepieciešams dzirksteles radīšanai. Pēc tam augstspriegumu ar diodi taisngriež, lai varētu uzlādēt kondensatoru.

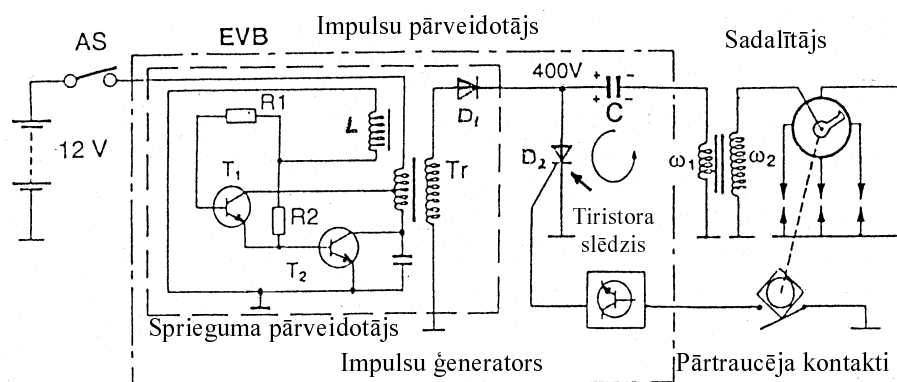
Tā kā droseles tinums L veido atgriezenisko saiti, tad invertora pārveidotajam maiņspriegumam ir sinusoidāla forma. Maiņsprieguma frekvence ir atkarīga no invertora transformatora primārā tinuma induktivitātes un kondensatora kapacitātes.

Lai invertora darbība neradītu radiotraucējumus, maiņsprieguma frekvence tiek ierobežota līdz 500 Hz. Tāpēc kontaktu – tiristoru elektroniskās aizdedzes sistēmas aprīko ar traucējumus slāpējošām pakāpēm, kurām papildu kondensatora pieslēgšana nav nepieciešama, tā ir pat aizliegta, jo var traucēt sistēmas drošu darbību vai to sabojāt.

Efektīvai aizdedzes sistēmas darbības vadībai uz tiristoru padodamam vadības impulsam ir jābūt pārveidotam taisnstūra impulsa formā. Lai nodrošinātu kondensatora ātru izlādi caur aizdedzes spoles primāro tinumu, izmanto īpašas spoles ar mazu induktivitāti un pretestību. Tās nav savstarpēji apmaināmas ar cita tipa aizdedzes sistēmām paredzētām aizdedzes spolēm.

Apskatīsim 230. attēlā parādītās kontaktu – tiristoru elektroniskās aizdedzes sistēmas vienkāršotās principiālās elektriskās shēmas darbību.

Ieslēdzot aizdedzes slēdzi, invertors, kurš sastāv no diviem tranzistoriem un transformatora ar dalītu primāro tinumu, pārveido no akumulatora saņemto līdzenspriegumu maiņspriegumā. Maiņspriegums no invertora izejas tiek pievadīts diodei  $D_1$ , kas maiņspriegumu iztaisno. Kamēr tiristors  $D_2$  ir aizvērts, strāva caur to neplūst un uzlādējas kondensators C.



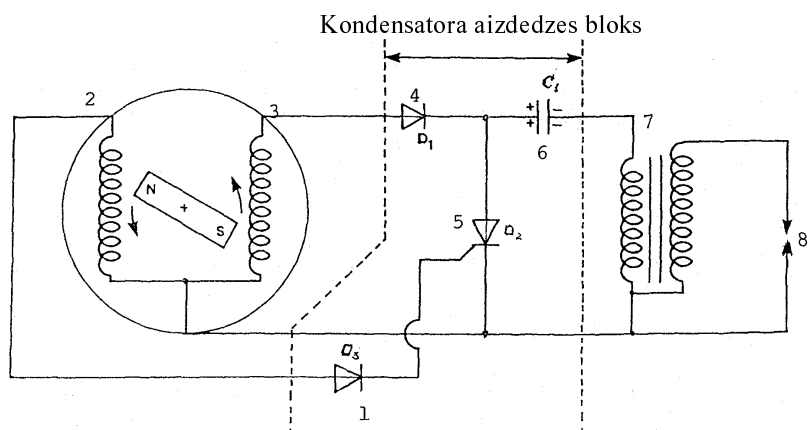
230. att. Kapacitīvā kontaktu – tiristoru aizdedzes sistēmas principiālā shēma

Brīdī, kad motora cilindrā jārodas elektriskajai dzirkstelei, tiristora vadības elektrodam tiek pievadīts vadības signāls no pārtraucēja kontakta un impulsu ģenerators, tiristors atveras un pārtrauc kondensatora uzlādi, realizējot tā strauju izlādi caur aizdedzes spoles primāro tinumu. Primārās strāvas straujā pieauguma dēļ spoles sekundārajā tinumā inducējas augstsprieguma impulss, kas izraisa dzirksteļizlādi aizdedzes svecē. Tiristoram atkal aizveroties, cikls sākas no jauna.

### **Magneto kapacitīvā aizdedzes sistēma**

Kapacitīvā aizdedzes sistēma ir sevišķi izdevīga motocikliem, zālesplāvējiem, malkas zāģiem un visām ierīcēm, kurās izmanto mazjaudas motorus. Tā kā šajās ierīcēs netiek izmantots akumulators, tad kondensatora uzlādēšanu veic magneto (231. attēls). Magneto kapacitīvā aizdedzes sistēma sastāv no impulsu ģenerators, kondensatoru aizdedzes bloka, aizdedzes spoles un sveces.

Firmas *Hitachi*, *Femsa* un *Motoplat* izlaiž magneto kapacitīvās aizdedzes sistēmas sērijas, kurām ir daudzas kopīgas pazīmes. Atkarībā no modeļa aizdedze sāk darboties, motoram sasniedzot 200 – 500 apgriezienus minūtē. Aizdedzes sistēmas darbu nosaka magneto savienojumu kvalitāte ar elektronisko bloku un aizdedzes elementiem uz motora.



231. att. Vienkāršota magneto kapacitīvā aizdedzes shēma:

1 – impulsu pārveidotājs; 2 – impulsu ģenerators spole; 3 – kondensatora uzlādēšanas spole; 4 – diode; 5 – tiristors; 6 – kondensators; 7 – aizdedzes spole; 8 – svece

### 5.7.3. Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar elektronisko bezkontakta vadību

#### Vispārīgs raksturojums

Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar elektronisko bezkontakta vadību vienkārši sauc arī par bezkontakta aizdedzes sistēmām, ietverot šajā apzīmējumā vairāku veidu elektroniskās aizdedzes sistēmas:

- sistēmas ar elektronisko bezkontakta jeb bezpārtraucēja vadību un augstsprieguma impulsu mehānisku sadalīšanu pa cilindriem;
- sistēmas ar elektronisko vadību, augstsprieguma impulsu statisko jeb bezsadalitāja sadalīšanu un aizdedzes momenta elektronisko regulēšanu.

Svarīgākā visu bezkontakta aizdedzes sistēmu atšķirība no kontaktu aizdedzes sistēmām ir tā, ka visnedrošākais mezgls – mehāniskais pārtraucējs tiek aizstāts ar elektrisko impulsu mērpārveidotāju. Mehāniskā pārtraucēja kontaktu arī var saukt par mērpārveidotāju, jo tas kontaktu saslēgšanu un atslēgšanu – mehāniskos signālus pārveido elektriskajos signālos, t.i., aizdedzes spoles sekundārā tinuma augstsprieguma impulsos. Bezkontakta mērpārveidotājam salīdzinājumā ar kontaktu mērpārveidotāju ir šādas priekšrocības:

- nav kontaktu nodiluma, brīvkustību, noviržu un līdz ar to palielinās precizitāte;
- aizdedzes apstieži var vadīt ar elektroniskām ierīcēm, kas ir precīzākas un kurām ir plašākas iespējas, salīdzinot ar mehāniskajiem regulatoriem;
- tiek novērsta dzirksteles enerģijas samazināšanās, palielinoties motora kloķvārpstas apgriezieniem.

Praksē visbiežāk izmanto elektromagnētiskos indukcijas, optiskos un Holla mērpārveidotājus (devējus). Minētos mērpārveidotājus, kuri vada aizdedzes sveces dzirkstelīzlādi, bieži vien sauc par impulsu vai signālu ģeneratoriem.

Elektromagnētisko mērpārveidotāju darbības pamatā ir mehāniskās enerģijas pārveidošana elektroenerģijā, līdzīgi kā maiņstrāvas ģeneratorā ar ierosmi no pastāvīgiem magnētiem.

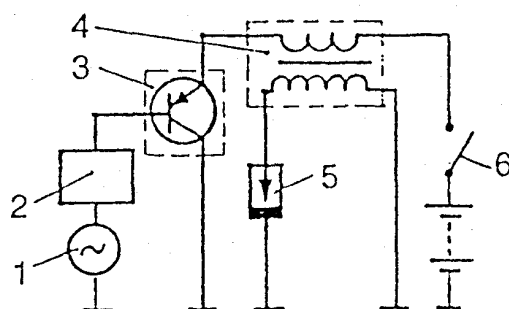
Optiskos mērpārveidotājos izmanto fotorezistorus, kas uz tiem krītošās gaismas izmaiņu ietekmē maina savu pretestību vai fotoelementus, kuri gaismas enerģiju pārvērš elektroenerģijā.

Holla mērpārveidotāju darbība pamatojas uz atsevišķu pusvadītāju spēju inducēt uz plakanas pusvadītāja plāksnītes pretējām malām elektrisko potenciālu, ja to pieslēdz enerģijas avotam un ievieto magnētiskajā laukā.

Impulsa ģenerators magnētisko vai optisko signālu pārveido elektriskajā signālā. Elektrisko signālu forma var būt ļoti dažāda. Visbiežāk izmanto zvanveida, zāģveida, trapecveida u.c. signālus. Iegūtie signāli (īpaši, ja motoram ir nelieli apgriezieni), ir samērā vāji, tāpēc tie tālāk nonāk pastiprinātājā, kas tos pastiprina, un tad tie vada aizdedzes spoles primārajā tinumā strāvas ķēdi. Ar magnētiskā lauka starpniecību signālu impulsus tālāk transformē aizdedzes spoles sekundārajā tinumā, no kurienes sadalītājs tos sadala pa aizdedzes svečēm.

Bezkontakta aizdedzes sistēmu attīstības un pilnveidošanas procesu nosacīti var iedalīt trijās paaudzēs.

**Pirmās paaudzes bezkontakta aizdedzes sistēmās** vadības funkcijas veic *elektriskais impulsu mērpārveidotājs un elektroniskais vadības bloks*, kā arī mehāniskie un vakuuma regulatori (232. attēls). Vienkāršākās bezkontakta aizdedzes sistēmas veic tos pašus uzdevumus, ko kontaktu un kontaktu – tranzistoru aizdedzes sistēmas, uzlabojot tikai to atsevišķos parametrus.



232. att. Bezkontakta aizdedzes sistēmas vienkāršota shēma:

- 1 – bezkontakta impulsu mērpārveidotājs; 2 – elektrisko impulsu pastiprinātājs; 3 – komutators;  
4 – aizdedzes spole; 5 – aizdedzes sveces; 6 – aizdedzes slēdzis

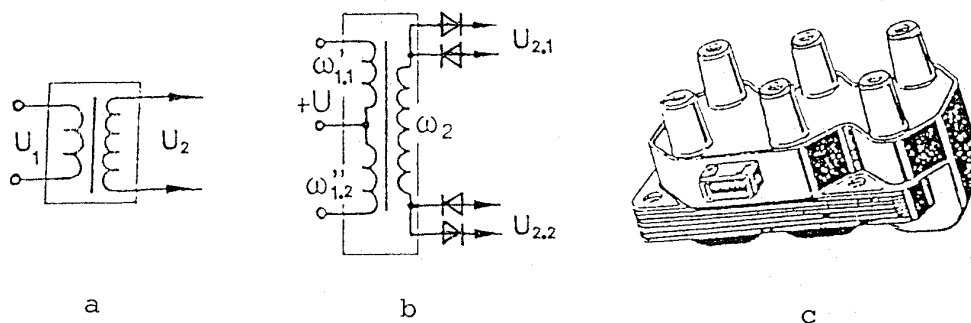
**Otrās paaudzes bezkontakta aizdedzes sistēmas ar regulējamu enerģijas uzkrāšanas laiku** aizdedzes spoles primārajā tinumā tika izstrādātas aizdedzes sistēmu pilnveidošanas gaitā. Tās pie jebkuriem motora apgriezieniem un līdz noteiktam akumulatora sprieguma samazinājumam nodrošina nepieciešamo enerģijas uzkrāšanas laiku aizdedzes spoles primārajā tinumā un vajadzīgā augstsprieguma inducēšanu spoles sekundārajā tinumā. Ja motora apgriezieni ir mazi vai vidēji, enerģijas uzkrāšanas laiks tiek samazināts, bet maksimālo apgriezienu diapazonā tas tiek palielināts, līdz ar to samazinās jaudas zudumi spolē un komutatorā, bet palielinās strāva un dzirksteles enerģija. Minēto uzdevumu izpildei kalpo speciāli komutatorā paredzēta enerģijas uzkrāšanas laika regulēšanas pakāpe.

**Trešās paaudzes bezkontakta aizdedzes sistēmām raksturīga aizdedzes momenta elektroniska regulēšana.** Vispilnīgākās no šīs paaudzes sistēmām ir digitālā izpildījuma sistēmas, kuru izveidojuma pamatā ir dažādas sarežģītības pakāpes mazgabarīta skaitļotāji un kuru darbība tiek vadīta pēc speciāli izstrādāta algoritma. Pēc informācijas (piemēram, motora noslodze, kloķvārpstas apgriezieni, motora temperatūra u.c.) apstrādes skaitļotājs nosaka optimālo aizdedzes leņķi.

Elektrisko augstsprieguma impulsu sadalīšanai pa motora cilindriem izmanto impulsu elektronisko jeb statisko sadalīšanas metodi, kuru sauc arī par bezsadalītāja metodi. Šo sistēmu visbūtiskākā atšķirība ir tā, ka tām nav nekādu mehānisko agregātu un mehānismu – ne mehāniskā pārtraucēja, ne mehāniskā augstsprieguma impulsu sadalītāja.

Augstsprieguma impulsu sadalīšanu veic komutators un kontrolers, vajadzīgā brīdī pārtraucot strāvas padevi attiecīgā cilindra (vai cilindru) aizdedzes spoļu primārajā tinumā. Šajās sistēmās izmanto aizdedzes spoles ar vienu, diviem, četriem vai sešiem augstsprieguma izvadiem (233. attēls).





233.att. Aizdedzes spoles ar vairākiem augstsprieguma izvadiem:

- a – elektriskā shēma ar diviem augstsprieguma izvadiem;
- b – elektriskā shēma ar četriem augstsprieguma izvadiem;
- c – elektriskā shēma ar sešiem augstsprieguma izvadiem

Vismodernākās aizdedzes sistēmas mērpārveidotāju informācijas apstrādei ir izveidotas ar specializētiem diskrētās darbības elektronu skaitļotājiem – mikroprocesoriem. Uz to bāzes radītās aizdedzes sistēmu vadības ierīces elektrotehniskajā literatūrā sauc par **kontrolleriem**.

Kontrollerus iespējams izmantot ne tikai automobiļa aizdedzes sistēmas, bet arī motoru degvielas padeves sistēmas un automātiskās transmisijas darbības vadībai, izmantojot vienus un tos pašus mērpārveidotājus.

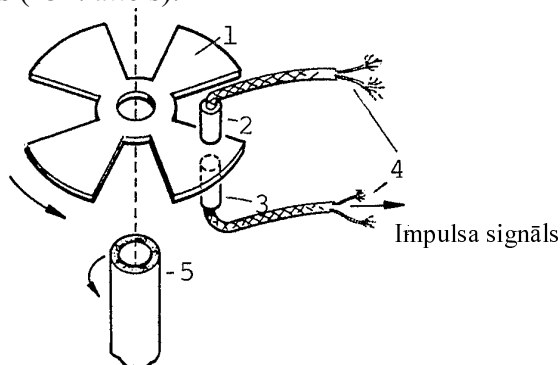
Piemēram, kontrollers no sava atmiņas bloka izvēlas optimālo aizdedzes momentu, degmaisījuma sastāvu un daudzumu, piespiedu tukšgaitas ekonomaizera elektromagnētiskā vārsta stāvokli, optimālo transmisijas pārnesumu un izstrādā nepieciešamos elektriskos vadības signālus minēto parametru vai darba režīmu nodrošināšanai.

Mikroprocesoru aizdedzes sistēmas nodrošina sarežģītu aizdedzes momenta diagrammu realizēšanu ar ļoti augstu precizitāti, jo to neietekmē apkārtējās vides temperatūras un citu ārēju faktoru izmaiņas, tā kā kontrollers izmanto darba procesu parametru kodētās vērtības.

### **Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar optisko mērpārveidotāju**

Optiskos mērpārveidotājus automobiļu aizdedzes sistēmās lietoja samērā neilgu laiku, parasti kontaktu tipa pārtraucēja mehānismu aizstāšanai ar bezkontakta mērpārveidotāju.

**BOSCH** optiskais mērpārveidotājs sastāv no rotējoša segmentveida diska, kas ir montēts uz sadalītāja ass un rotējot periodiski pārtrauc infrasarkanās gaismas staru, ko izstaro infrasarkanās gaismas diode un uztver fototranzistors (234. attēls).



234. att. Optiskais impulsa ģenerators:

- 1 – rotors; 2 – gaismas diode; 3 – fototranzistors; 4 – vadi; 5 – sadalītāja vārpsta

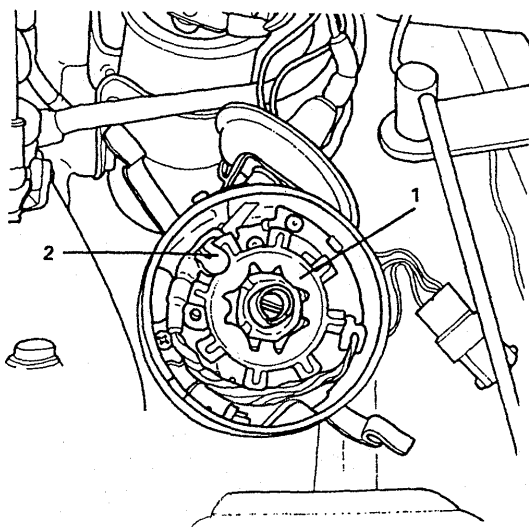
Aizdedzes momenta regulēšanas procesā centrālās regulācijas regulatori pagriež segmentveida disku papildus tā rotācijas virzienā, tādējādi izmainot diska un optiskā mērpārveidotāja savstarpējo stāvokli. Ja devējs – sadalītājs aprīkots vēl ar vakuuma regulatoru, tad regulatora stiepnis retinājuma ietekmē pagriež atbalstplāksni kopā ar gaismas diodi un fototranzistoru pretēji diska griešanās virzienam.

Segmentveida diskam izveidoti regulāri izgriezumi, kuru daudzums ir vienāds ar motora cilindru skaitu. Motora darbības laikā rotora sienīņu segmenti periodiski pārtrauc gaismas diodes gaismas staru iedarbību uz fototranzistoru. Laikposmā, kamēr gaisma apstaro fototranzistoru, strāva plūst caur indukcijas spoles primāro tinumu. Kad diska segments pārtrauc staru, fototranzistors uz vadības bloku nosūta impulsu, kas aizver jaudas tranzistoru un pārtrauc strāvu primārajā tinumā. Brīdī, kad strāva indukcijas spoles primārajā tinumā pārstāj plūst, sekundārajā tinumā inducējas augstsprieguma impulss, kas rada dzirksteļizlādi starp aizdedzes sveces elektrodiem.

Strāvas plūšanas ilgumu aizdedzes spoles primārajā tinumā nosaka motora segmentu un izgriezumu lielumu attiecība, kas parasti ir apmēram 66 % no kopējā cikla ilguma.

Ir izstrādāti vairāki šādu ierīču paveidi: dzirksteles vadība var notikt, atsedzot vai aizsedzot gaismas diodi.

235. attēlā parādīta ierīce ar optisko signālu ģeneratoru, kas ievietots sērijveida aizdedzes sadalītājā.



235. att. Aizdedzes sistēma ar optisko ģeneratoru:

- 1 – rotors;
- 2 – optiskā sistēma

Parasti šādi ģeneratori nodrošina nemainīgu enerģijas uzkrāšanas ilgumu pie mainīgiem motora apgriezieniem.

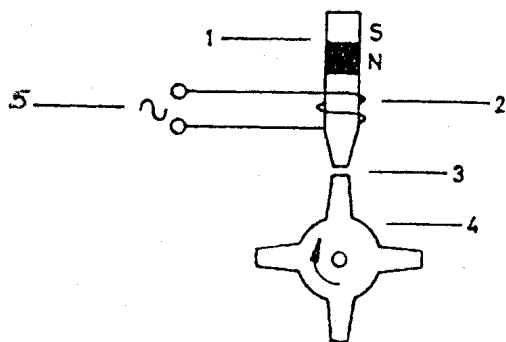
### ***Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar indukcijas mērpārveidotāju***

Ja spoli šķeļ mainīga magnētiskā lauka spēka līnijas, tad spoles vijumos inducējas EDS. Inducētā EDS jeb sprieguma lielums ir atkarīgs no

- magnētiskā lauka izmaiņas ātruma attiecībā pret spoli;
- spoles vijumu skaita;
- magnētiskā lauka izmaiņu virziena, t.i., magnētiskā lauka indukcija ap spoles vijumiem pieaug vai samazinās.

Šī parādība ir izmantota 236. attēlā redzamajā ierīcē – **indukcijas mērpārveidotājā**, ko izmanto aizdedzes sistēmās aizdedzes spoles primārā tinuma strāvas pārtraukšanai un dzirksteles radīšanai starp sveces elektrodiem.

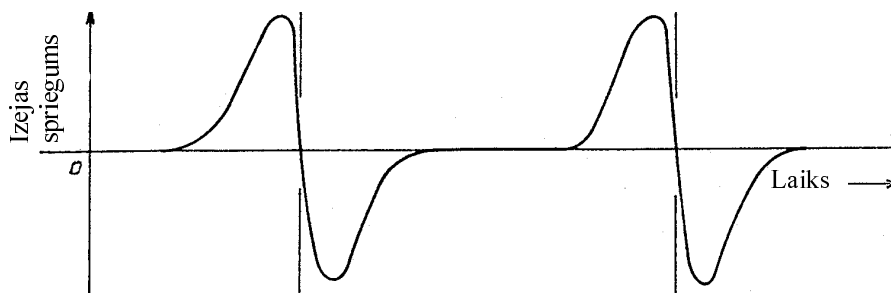
Dažādu indukcijas mērpārveidotāju konstruktīvais izveidojums ir nedaudz atšķirīgs, tomēr jebkurā gadījumā tie sastāv no rotora un statora. Rotors ir izveidots kā plakans metāla disks ar izciļņiem. Stators veidots no apaļas plāksnes ar simetriski un regulāri novietotiem pastāvīgā magnēta magnetizētiem metāla poliem, uz kuriem uztīts nekustīgs tinums, kas nostiprināts ap sadalītāja vārpstu. Rotora izciļņu un statora polu skaits ir vienāds ar motora cilindru skaitu.



236. att. Indukcijas mērpārveidotāja izveidojums:

- 1 – pastāvīgs magnēts;
- 2 – tinumi;
- 3 – gaisa sprauga;
- 4 – rotors;
- 5 – izejas spriegums

Kad disks ar izciļņiem rotē, tad, tā izciļņiem periodiski virzoties gar spolītēm ar serdi, mainās pastāvīgā magnēta radītā magnētiskā plūsma. Rotorā polam tuvojoties statora polam, pakāpeniski samazinās gaisa sprauga starp rotoru un statoru, līdz ar to izmainās arī magnētiskā plūsma. Vispēcīgākās magnētiskās plūsmas izmaiņas ir, izcilnim pieejot pie serdes un attālinoties no tās, bet poliem atrodoties tieši pretim, gaisa sprauga ir vismazākā – tikai apmēram 0,5mm. Mainīgai magnētiskajai plūsmai šķeļot statora tinuma vijumus, tajos inducējas mainīgs spriegums, kura frekvence un amplitūda ir proporcionālas motora apgriezieniem un cilindru skaitam (237. attēls).

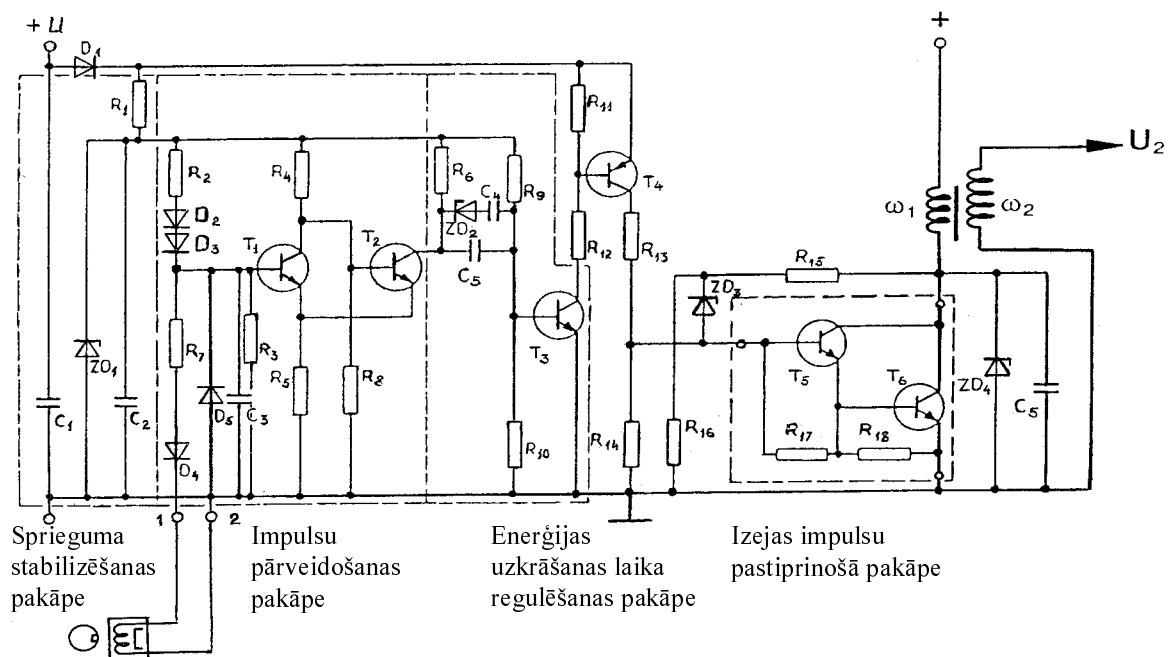


237. att. Indukcijas mērpārveidotāja izejas spriegums

Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar indukcijas mērpārveidotāju sastāv no aizdedzes slēdža, devēja – sadalītāja, elektroniskā vadības bloka jeb komutatora, papildrezistoru bloka, aizdedzes spoles un svecēm (238. attēls). Šo sistēmu galvenā atšķirība ir tā, ka pārtraucēja mehānisma vietā izmanto indukcijas mērpārveidotāju, tāpēc visu ierīci sauc par devēju – sadalītāju. Praktiski indukcijas mērpārveidotājs ir neliels maiņstrāvas ģenerators.

Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar indukcijas mērpārveidotāju darbību vada elektroniskais vadības bloks (EVB), realizējot nepieciešamo enerģijas uzkrāšanas laiku aizdedzes spoles primārajā tinumā, sākotnējo aizdedzes apstāšanās leņķi u.c. EVB tehniskā literatūrā dēvē arī par komutatoru.

Jebkura indukcijas mērpārveidotāja inducētā sprieguma amplitūda ir neliela, tāpēc EVB vispirms to pastiprina, bet pēc tam pārveido taisnstūrveida impulsa formā. Šo signālu EVB arī izmanto aizdedzes sistēmas darbības vadībai. Tāpat EVB regulē arī enerģijas uzkrāšanas laiku aizdedzes spoles primārajā tinumā un veic sprieguma stabilizēšanas funkcijas – nodrošina stabilu EVB darbību noteiktās sprieguma izmaiņu robežās.



238. att. Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar indukcijas mērpārveidotāju elektriskā shēma

**Sprieguma stabilizēšanas pakāpi** veido stabilitrons  $ZD_1$ , kondensatori  $C_1$ ,  $C_2$  un rezistors  $R_1$ , un tā nodrošina drošu EVB darbību  $8 \div 15V$  sprieguma robežās. Ja spriegums pārsniedz pieļaujamo vērtību, tad atveras stabilitrons  $ZD_1$ , kurš rada papildu sprieguma kritumu uz rezistora  $R_1$  un līdz ar to samazina spriegumu. Kondensators  $C_1$  kalpo palielinātu sprieguma impulsu samazināšanai tīklā, bet kondensators  $C_2$  paredzēts sprieguma pulsāciju novēršanai.

**Impulsu pārveidošanas pakāpē** mērpārveidotāja sinusoidālā impulsa pārveidošanai par taisnstūrveida impulsu visbiežāk izmanto Šmita trigeri, kuru veido tranzistori  $T_1$ ,  $T_2$ , diodes  $D_2 \div D_5$ , kondensators  $C_3$  un rezistori  $R_2 \div R_8$ .

Mērpārveidotāja izejas signālu pievada EVB spailēm 1 un 2. Šmita trigeru tranzistora  $T_1$  vadībai izmanto mērpārveidotāja negatīvos sprieguma impulsus, kurus pievada tranzistora  $T_1$  bāzei, bet pozitīvos sprieguma impulsus aiztur diode  $D_4$ .

Ja ieejas signāla no impulsu mērpārveidotāja nav, tad tranzistora  $T_1$  bāzei nepieciešamo priekšspriegumu rada sprieguma dalītājs, kas sastāv no virknē saslēgtiem rezistoriem  $R_2$  un  $R_3$ . Tranzistors  $T_1$  atveras, un tā kolektora spriegums aizver tranzistoru  $T_2$ . Tā kā strāva caur rezistoru  $R_6$  neplūst, tad tranzistora  $T_2$  kolektora spriegums uz kondensatoru  $C_5$ , kas reizē ir arī trigeru izejas spriegums, ir vienāds ar stabilizēto spriegumu.

Trigerim saņemot ieejas signālu no mērpārveidotāja un palielinoties mērpārveidotāja impulsa negatīvajam spriegumam  $U > -0,7 V$ , tranzistora  $T_1$  bāzes spriegums sasniedz aizveres spriegumu un tranzistors  $T_1$  aizveras, kā rezultātā samazinās tā kolektora spriegums, bet tranzistors  $T_2$  atveras. Tranzistoram  $T_2$  atveroties, tā kolektora ķēdē sāk plūst strāva, kas uz rezistora  $R_6$  rada sprieguma kritumu un samazina trigeru izejas spriegumu līdz minimumam.

Samazinoties mērpārveidotāja impulsa negatīvajam spriegumam un tam tuvojoties nulles līmenim, tranzistora  $T_1$  spriegums uz bāzes paaugstinās līdz  $-0,7 V$ , tranzistors  $T_1$  atveras, bet tranzistors  $T_2$  aizveras un spriegums trigeru izejā palielinās līdz barošanas spriegumam.

Pārejas kondensators  $C_3$  aiztur mērpārveidotāja izejas impulsa signāla līdzstrāvas sastāvdaļas nokļūšanu uz tranzistora  $T_1$  bāzi. Diodes  $D_2$  un  $D_3$  izmanto termokompensācijai, bet diode  $D_5$  novērš lielu negatīvu spriegumu impulsu nokļūšanu trigeru ieejā, kas var rasties motora lielas rotācijas frekvences dēļ.

**Enerģijas uzkrāšanas laika regulēšanas pakāpes** galvenais uzdevums ir nodrošināt aizdedzes spolē pietiekamu uzkrātās enerģijas daudzumu visos motora darbības režīmos, ieskaitot arī korekciju maksimālās rotācijas frekvences diapazonā. Šim uzdevumam aizdedzes spoles primārajā tinumā primārās strāvas plūšanas ilgumu regulē tranzistors  $T_3$ , bet tranzistoru  $T_2$ , rezistorus  $R_8$ ,  $R_9$  un kondensatoru  $C_5$  izmanto tranzistora  $T_3$  vadībai.

Nepieciešamo enerģijas uzkrāšanas laiku nosaka kondensatora  $C_5$  uzlādēšanas un izlādēšanas laiks. Kondensators  $C_5$  uzlādējas caur rezistora  $R_8$  un tranzistora  $T_3$  bāzes emitera ķēdi tad, kad tranzistors  $T_2$  ir aizvērts. Mazas motora rotācijas frekvences gadījumā, kad mērpārveidotāja izejas signāla amplitūda un frekvence ir neliela, kondensators  $C_5$  uzlādējas gandrīz līdz stabilizētajam spriegumam tā, ka kreisā plate ir lādēta pozitīvi, bet labā negatīvi. Kondensatora  $C_5$  uzlādes laikā tranzistors  $T_3$  ir atvērts.

Atveroties tranzistoram  $T_2$ , notiek dzirksteļizlāde un kondensators  $C_5$  sāk izlādēties caur tranzistora  $T_2$  kolektora emitera ķēdi un rezistoru  $R_5$  uz masu, bet tranzistors  $T_3$  aizveras. Pēc izlādes kondensators  $C_5$  momentāni atkal pārlādējas caur rezistoru  $R_9$  un tranzistoru  $T_2$ , mainot polaritāti uz kondensatora platēm pretēji. Līdz ar to tranzistora  $T_3$  bāzei tiek pievadīts pozitīvs spriegums, tāpēc tas atkal atveras un tiek noslēgta aizdedzes spoles primārā tinuma ķēde. Pēc kāda brīža tranzistors  $T_2$  aizveras un pārlādēšanas cikls ir noslēdzies.

Aizdedzes spoles primārās strāvas uzkrāšanās ilgumu regulē, izmainot tranzistora  $T_3$  atvēršanās ilgumu, ko nosaka sprieguma polaritātes izmaiņās ilgums uz kondensatora platēm tā pārlādēšanas laikā, ko savukārt ietekmē spriegums kondensatora iepriekšējās uzlādes beigās.

Piemēram, pieaugot motora apgriezieniem, samazinās kondensatora uzlādes laiks. Samazinoties uzlādes laikam, samazinās arī spriegums kondensatora uzlādes beigās un līdz ar to tas ātrāk pārlādēsies. Tas nozīmē, ka tranzistors  $T_3$  atvērsies ātrāk, arī aizdedzes spoles primārā tinuma ķēde tiks saslēgta ātrāk un enerģijas uzkrāšanās ilgums palielināsies.

Šādā veidā tiek nodrošināts pastāvīgs tranzistora  $T_3$  slēgtā stāvokļa ilgums jeb dzirksteles degšanas ilgums pat sešcilindru un astoņcilindru motoriem maksimālo apgriezienu diapazonā. Izmantojot kondensatoru  $C_4$  un stabilitronu  $ZD_2$ , tiek panākts, ka daudzcilindru motoriem maksimālo apgriezienu diapazonā dzirksteles degšanas ilgums nevienā gadījumā nav mazāks par 0,5 ms.

Tālāk izejas signāla pastiprināšanai tiek izmantota izejas impulsu pastiprinošā pakāpe, kas sastāv no vadības tranzistora  $T_4$  un pastiprinātāja ar Dārlingtona slēgumā saslēgtiem tranzistoriem  $T_5$  un  $T_6$ . Rezistori  $R_{11}$ ,  $R_{12}$ ,  $R_{13}$  un  $R_{14}$  veido sprieguma dalītājus, kas nodrošina nepieciešamo bāzes spriegumu attiecīgi tranzistoriem  $T_4$  un  $T_5$ . Stabilitrons  $ZD_3$  nodrošina tranzistora  $T_5$ , bet rezistori  $R_{17}$  un  $R_{18}$  – jaudas tranzistora  $T_6$  ātru atvēršanos tad, kad aizveras tranzistors  $T_3$ .

Aizveroties tranzistoram  $T_3$ , tranzistora  $T_4$  bāzei no barošanas avota spaiļes +U caur rezistoru  $R_{11}$  tiek pievadīts pozitīvs potenciāls un tas atveras. Aizveroties tranzistoram  $T_4$ , aizveras tranzistori  $T_5$  un  $T_6$ , momentāli pārtraucot strāvu aizdedzes spoles primārajā tinumā, bet sekundārajā tinumā inducējas augstspriegums.

Atveroties tranzistoram  $T_3$ , atveras tranzistors  $T_4$ . Tā izejas signāls caur rezistoru  $R_{13}$  tiek pievadīts tranzistora  $T_5$ , bāzei un arī tas atveras, kā rezultātā atveras tranzistors  $T_6$  un aizdedzes spoles primārajā tinumā sāk plūst strāva. Stabilitrons  $ZD_4$  aizsargā izejas pakāpi no liela pašindukcijas EDS aizdedzes spoles primārās strāvas pārtraukšanas brīdī, pārvēršot elektroenerģiju siltumenerģijā. Kondensators  $C_5$  veic impulsveida pārsprieguma novēršanas, kā arī radiotraucējumu slāpēšanas funkcijas.

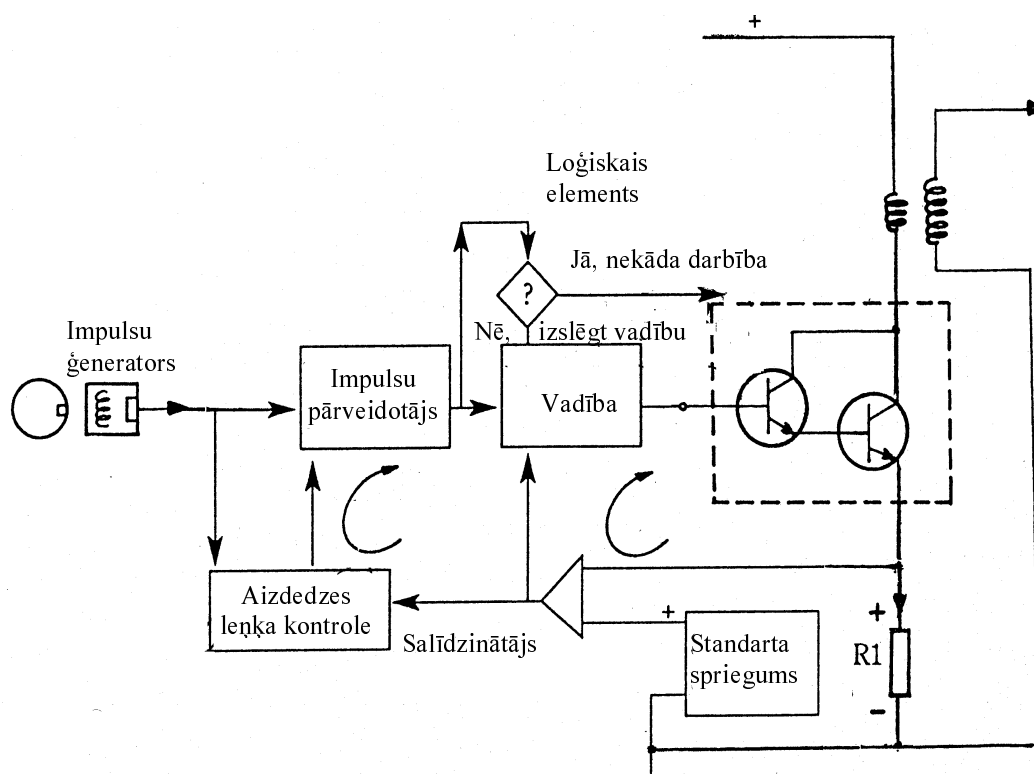
Parasti EVB visas minētās pakāpes tiek izgatavotas nevis diskrētā veidā, bet gan integrālā izpildījumā. Lai gan ir veikti uzlabojumi, aizdedzes sistēmas ar indukcijas impulsu mērpārveidotāju sevišķu pielietojumu nav guvušas indukcijas impulsu mērpārveidotāju nepilnību dēļ. Mainoties motora apgriezieniem, mainās mērpārveidotāja izejas sprieguma amplitūda un reizē ar to arī enerģijas uzkrāšanās ilgums. Līdz ar to, regulējot enerģijas uzkrāšanās ilgumu aizdedzes spolē pie dažādiem motora darbības režīmiem, jāievēro arī minētās parametru izmaiņas. Bez tam, indukcijas mērpārveidotājiem ir sarežģīta konstrukcija un tie ir samērā masīvi, kas palielina arī detaļu mehāniskās vibrācijas un inerci.

## Konstantas enerģijas sistēmas ar impulsu ģeneratoru

Termins *konstanta enerģijas sistēma* apzīmē tādu aizdedzes spoles primārā tinuma vadības sistēmu, kura nodrošina aizdedzes sveces augstu izlādes enerģiju neatkarīgi no motora darba nosacījumiem.

Aizdedzes vadības sistēmas tāpat kā komutatori tiek papildinātas ar iekārtu, kurai ir jāatslēdz strāva aizdedzes spoles primārajā tinumā, ja aizdedze ir ieslēgta, bet motors nedarbojas.

Kā jau iepriekš tika noskaidrots, tad ir ļoti svarīgi, lai pēc iespējas īsākā laikā aizdedzes spoles primārajā tinumā atjaunotos enerģija, kura tika patērēta dzirksteļizlādes laikā. Enerģijas saglabāšana un tās ātra atjaunošana ir viena no galvenajām tēmām, pie kuras neatlaidīgi strādā automobiļu ražotāji un projektētāji. Viens no risinājuma veidiem ir sprieguma atgriezenisko saišu izveidošana sistēmā, lai kontrolētu tās darbību. Blokhēma, kas redzama 239. attēlā, palīdz izprast konstantas enerģijas aizdedzes sistēmas darbības pamatprincipus.



239. att. Konstantas enerģijas sistēma ar impulsu ģeneratoru blokhēma

Elements, kurš koriģē strāvas stiprumu aizdedzes spoles primārajā tinumā, ir nelielas pretestības rezistors  $R_1$ , kas ieslēgts starp primāro tinumu un masu. Sprieguma kritums uz šī rezistora, kas ir tieši proporcionāls strāvas stiprumam ķēdē, tiek salīdzināts ar etalona sprieguma kritumu, kas atbilst optimālajai spoles primārā tinuma strāvai, kuras maksimālā vērtība ir  $8 \div 10$  A.

Ja faktiskais sprieguma kritums uz rezistora  $R_1$  ir mazāks par etalona sprieguma kritumu, tad šo spriegumu pozitīvā starpība tiek pievadīta Dārlingtona shēmas vadīšanai, kas liek pastiprinātājam palielināt strāvu aizdedzes spoles primārajā tinumā. Ja faktiskais sprieguma kritums uz rezistora  $R_1$  ir lielāks par etalona sprieguma kritumu, tad starpība uz vadības bloka tiek pievadīta ar “-” zīmi. Tas liek pastiprinātājam ierobežot strāvu aizdedzes spoles primārajā tinumā, kas turpinās līdz strāvas pārtraukšanai.

Aizdedzes spoles primārās strāvas ierobežošana pasargā aizdedzes sistēmas elementus no pārslodzes un vienlaikus koriģē aizdedzes sistēmas darbības nodrošināšanai nepieciešamo elektrisko jaudu, bet straujš strāvas pieaugums savukārt novērš aizdedzes sistēmas galveno parametru pasliktināšanos paātrinājuma režīmos, maksimālo apgriezīenu intervālā u.c. gadījumos.

Ar rombu 239. attēlā parādīta iekārta aizdedzes spoles primārā tinuma strāvas atslēgšanai, kad automobiļa motors nedarbojas, bet aizdedze ir ieslēgta. Ja impulsi no impulsu pārveidotāja tiek saņemti, tad ierīces izejā signāla nav, bet, impulsus nesaņemot (kas liecina par to, ka automobiļa motors nedarbojas), ierīces izejā parādās signāls, kurš atslēdz pastiprinātāju, un caur aizdedzes spoles primāro tinumu strāva vairs neplūst.

Automātiska aizdedzes spoles atslēgšana no elektroenerģijas avota, ja aizdedze ir ieslēgta un automobiļa motors nedarbojas, samazina akumulatora izlādi. Tagad, ja ir nejauši palikusi ieslēgta aizdedze, nav jābaidās no akumulatora izlādes un aizdedzes spoles pārkaršanas.

Ja nemaina enerģijas uzkrāšanas laiku aizdedzes spoles primārajā ķēdē, tad, pieaugot motora kloķvārpstas rotācijas frekvencei vai samazinoties akumulatora spriegumam, samazinās primārā tinuma radītais magnētiskais lauks un līdz ar to sekundārais augstspriegums. Lai tas nenotiktu, tad šajā sistēmā bez primārās srāvas ierobežošanas paredzēta arī enerģijas uzkrāšanās laika regulēšana.

Uz rezistora  $R_1$  primārajā ķēdē rodas pīķveida spriegums, kuram ir jo lielāka vērtība, jo mazāki ir motora apgriezieni. Šis spriegums tiek pievadīts salīdzinātājam, kas to salīdzina ar etalonsprieguma vērtību. Signāls salīdzinātāja izejā rodas tikai tad, kad pīķveida spriegums sasniedz vai pārsniedz etalonspriegumu.

Pie lieliem motora apgriezieniem pīķveida sprieguma vērtība nav liela, tāpēc salīdzinātāja izejas signāla ilgums ir mazs. Izzūdot salīdzinātāja izejas signālam, vadības sistēma atver pastiprinātāja tranzistorus un ieslēdz primāro tinumu tīklā. Enerģijas uzkrāšanas laiks aizdedzes spoles primārajā tinumā atbilst laikam, kad salīdzinātājam nav izejas signāla. Tātad salīdzinātāja izejas signāla laika samazināšanās relatīvi palielina enerģijas uzkrāšanas laiku, tādējādi stabilizējot tā absolūto vērtību.

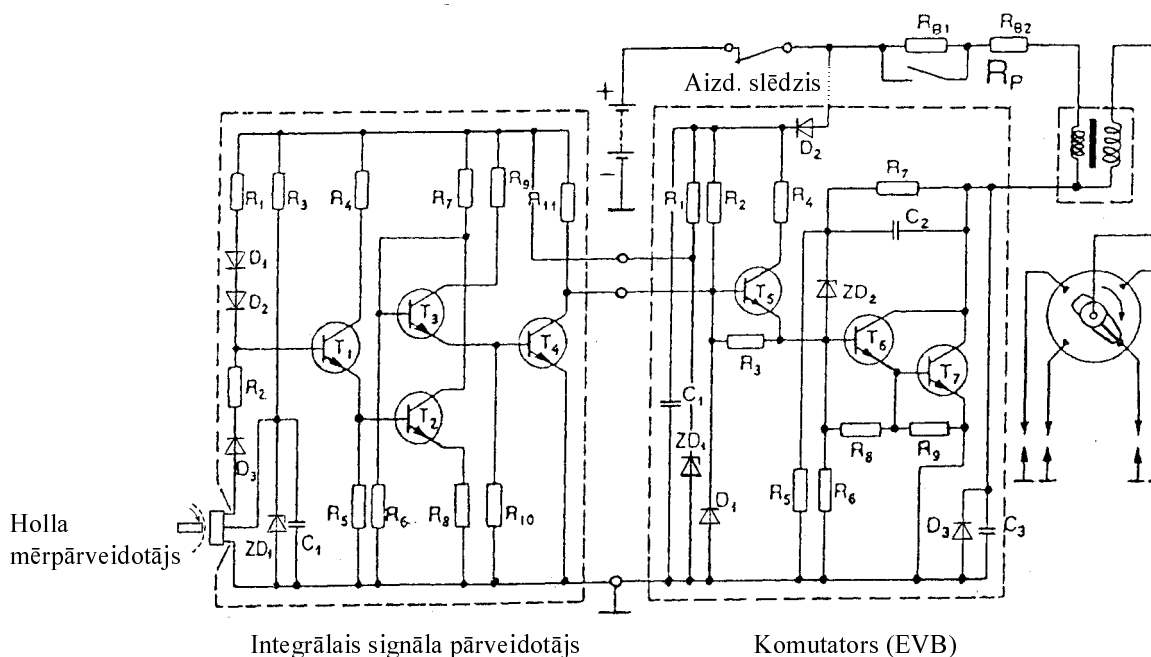
### ***Elektroniskās aizdedzes sistēmas ar Holla mērpārveidotāju***

Holla mērpārveidotāju aizdedzes sistēmas vadībai var izmantot tāpat kā indukcijas mērpārveidotāju, t.i., padot tā signālu uz impulsu pārveidotāju un tālāk, izmantojot to izejas pastiprinātāja vadībai, pieslēgt aizdedzes spoli elektroenerģijas avotam vai atslēgt no tā.

Kā Holla mērpārveidotāja trūkumu var minēt nemainīgu sākotnējo enerģijas uzkrāšanas laiku aizdedzes spoles primārajā tinumā, ko nosaka mērpārveidotāja rotora segmentu (sieniņu) un izgriezumu platumu attiecība – 70/30. Šis parametrs ekspluatācijas laikā neizmainās, un tas nav jāpārregulē, kā tas ir sistēmai ar mehāniskiem kontaktiem.

Holla mērpārveidotāja izejas signāls ir vājāks nekā indukcijas mērpārveidotājam, tāpēc to vispirms ir nepieciešams pastiprināt. Parasti pastiprinātāju izveido kopā ar impulsu pārveidotāju integrālajā izpildījumā un novieto sadalītāja korpusā. Šajā integrālajā shēmā tāpat cenšas iekļaut sprieguma stabilizatoru, kas novērš bortīkla sprieguma svārstības un kompensē temperatūras izmaiņu ietekmi uz mērpārveidotāja darbību.

Tā kā Holla mērpārveidotāja mainīgajam izejas signālam ir trapecveida forma, tad integrālā impulsu pārveidotāja – pastiprinātāja (240. attēls) tranzistors  $T_1$  mērpārveidotāja izejas signālu vispirms pastiprina un pēc tam pārveido taisnstūrveida formā. Signāla pārveidošanai izmanto slēgumu ar Šmita trigeri.



240. att. Elektroniskā aizdedzes sistēma ar Holla mērpārveidotāju

Darbības laikā, rotora segmentam izejot no mērpārveidotāja spraugas, strauji palielinās mērpārveidotāja izejas spriegums, kurš tiek salīdzināts ar etalonspriegumu, kurš rodas uz rezistora  $R_2$  un kas ir vienāds ar tranzistora  $T_1$  bāzes ieslēgšanās spriegumu.

Ja mērpārveidotāja izejas spriegums pārsniedz etalonspriegumu, tad tranzistors  $T_1$  atveras un tā pastiprinātais strāvas impulss tiek pievadīts tranzistora  $T_2$  bāzes elektrodam, kas nodrošina tā atvēršanos. Tranzistora  $T_2$  atvēršanās samazina strāvu tranzistora  $T_3$  bāzes jeb vadības ķēdē, un tas aizveras, bet līdz ar to aizveras arī tranzistors  $T_4$ , kā rezultātā impulsu pārveidotāja – pastiprinātāja izejā spriegums pieaug līdz maksimālam līmenim, ko tālāk pievada aizdedzes sistēmas EVB jeb komutatoram.

Ja mērpārveidotāja spraugā nokļūst rotora sienīņas segments, tad tā izejas spriegums strauji samazinās un līdz ar to aizveras tranzistori  $T_1$  un  $T_2$ . Tranzistora  $T_3$  vadības ķēdē caur rezistoriem  $R_6$  un  $R_7$  sāk plūst strāva, kā rezultātā tas atveras. Tranzistoram  $T_3$  atveroties, sāk plūst strāva caur rezistoriem  $R_9$  un  $R_{10}$ , kā arī tranzistora  $T_4$  vadības ķēdē un arī tas atveras, līdz ar to impulsu pārveidotāja – pastiprinātāja izejā spriegums ir tuvu nullei (nepārsniedz 0,5 V).

**Komutators** sastāv no enerģijas uzkrāšanas laika koriģēšanas, sprieguma stabilizēšanas, strāvas atslēgšanas, primārās strāvas ierobežošanas pakāpes un divām pamatpakāpēm:

- enerģijas uzkrāšanas regulēšanas pakāpes ar vadības tranzistoru  $T_5$  un
- izejas jeb galasignāla pastiprināšanas pakāpes ar Dārlingtona tranzistoriem  $T_6$  un  $T_7$ .

Komutatora nozīme ir sekojoša: vadības signāla padošanas brīdī komutatora ieejā, t.i., visā laika sprīdī, kamēr mērpārveidotāja spraugā atrodas rotora sienīņas segments, vadības tranzistors  $T_5$  ir atvērts un, nodrošinot strāvu galasignāla pastiprināšanas pakāpes tranzistoru  $T_6$  un  $T_7$  bāzes ķēdēs, atver arī tos. Tranzistoriem  $T_6$  un  $T_7$  atveroties, aizdedzes spoles primārajā tinumā notiek enerģijas uzkrāšanās, jo tajā sāk plūst strāva. Savukārt momentā, kad no mērpārveidotāja spraugas iziet rotora sienīņas segments, t.i., vadības signāla pārtraukšanas gadījumā komutatora ieejā, tranzistoriem  $T_6$  un  $T_7$  aizveroties, tiek pārtraukta aizdedzes spoles primārā tinuma ķēde, strāva tajā strauji izzūd un aizdedzes spoles sekundārajā tinumā inducējas augstspriegums.

Komutatora stāvas atslēgšanas pakāpe pēc noteikta laika aizdedzes sistēmā pārtrauc strāvas padevi, ja motors netiek iedarbināts, bet aizdedze ir palikusi ieslēgta.

Primārās strāvas ierobežošanas pakāpe pasargā sistēmu un tās agregātus no pārslodzes, kā arī vienlaikus ierobežo aizdedzes sistēmas darbības nodrošināšanai nepieciešamo jaudu.



Holla mērpārveidotāju konstrukcija ir samērā vienkārša un pietiekami droša, tiem ir nelieli izmēri un pieņemams svars, tie nodrošina nemainīgu vadības impulsu sēriju dažādos motora darbības režīmos un pietiekamu impulsu jaudu arī mazu apgriezīgu gadījumā, tāpēc šie mērpārveidotāji ir visplašāk izmantotie bezkontakta impulsu mērpārveidotāji elektroniskajās aizdedzes sistēmās.

#### **5.7.4. Digitālās aizdedzes sistēmas**

##### ***Vispārīgs raksturojums***

Mūsdienu automobiļos digitālajās aizdedzes sistēmās aizdedzes momenta regulēšanu un augstsprieguma impulsu sadalīšanu veic nevis mehāniski, bet gan elektroniski. Ieviešot šādas aizdedzes sistēmas, automobiļos kļūst lieki centrālās un vakuuma regulatori, izpaliek nepieciešamība pēc pārtraucēja – sadalītāja un līdz ar to nebeidz mehāniskie elementi.

Šajās aizdedzes sistēmās izmanto augstsprieguma impulsu bezkontakta sadalīšanu, tās ir aprīkotas ar dažādiem mērpārveidotājiem. To galvenā sastāvdaļa ir mikroprocesors, kas nosaka un izvēloties regulē aizdedzes momentu atkarībā no automobiļa dažādiem kustības apstākļiem un motora noslodzes, un šīs sistēmas sauc par digitālām aizdedzes sistēmām.

Digitālās aizdedzes sistēmas sāka izmantot jau 20. gs. 80. gadu beigās, bet tagad ar tām aprīko visus jaunus automobiļu modeļus, kuros motoru vadības sistēmas ne tikai nosaka un regulē nepieciešamo aizdedzes momentu, bet vienlaikus regulē arī citas motora vadības sistēmas.

Digitālās aizdedzes sistēmās mērpārveidotāji daudz precīzāk atspoguļo faktiskos motora darbības režīmus un ievēro automobiļa reālos kustības apstākļus: motora iedarbināšanu un iesildīšanu, izmantojamās degvielas kvalitāti un degmaisījuma veidošanu, automobiļa braukšanu no kalna un pret kalnu u.c.

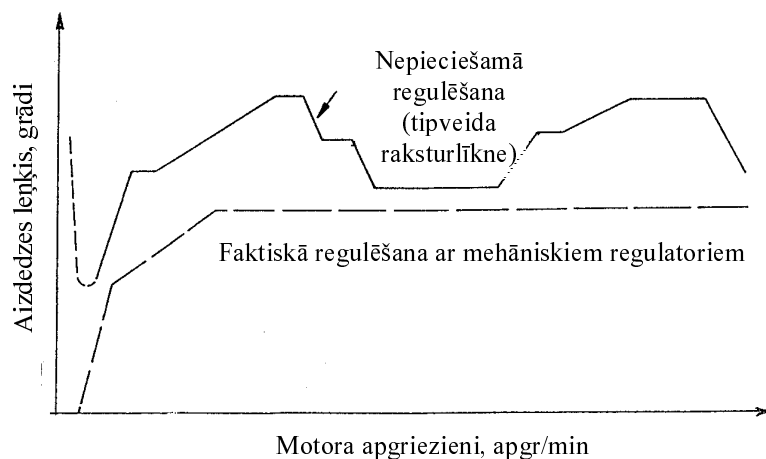
Digitālās aizdedzes sistēmas priekšrocības ir šādas:

- vienkārša ekspluatācija, jo mehānismu kustīgo detaļu skaits ir ievērojami samazināts;
- samazinās mehāniskās atteices, kas saistās ar centrālās un vakuuma regulatora mehānisko izdilu, izstiepumu, inertumu utt.;
- samazinās mehāniskās atteices, kas saistās ar sadalītāja rotora mehānisko nodilumu, kontaktu apdegumiem utt.;
- iespēja nodrošināt optimālu aizdedzes momentu praktiski visos motora darbības režīmos;
- iespēja iegūt lielāku motora jaudu un degvielas ekonomiju, nodrošinot motora darbību tuvu detonācijas robežai;
- iespēja krasi samazināt atgāzu toksiskumu.

##### ***Aizdedzes sistēmas parametri***

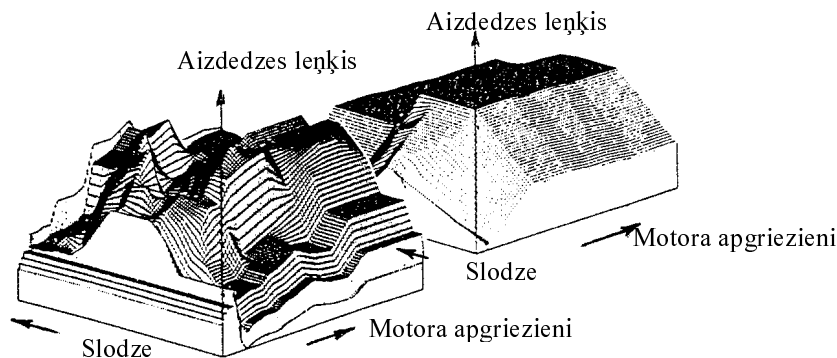
Izgatavojot jaunu motoru, konstruktori vienmēr veic tā tehniskās pārbaudes visos motora ātruma un slodzes režīmos. Katram ātruma un slodzes apvienojuma variantam tiek noteikta aizdedzes momenta optimālā vērtība un pēc iegūtajiem datiem tiek konstruēti atbilstoši grafiki.

Izvēloties katram motora darba režīmam optimālo aizdedzes momentu, papildus tiek ievēroti arī citi faktori: degvielas ekonomiskums, rezerve līdz detonācijas sliksnim, izplūdes gāzu sastāvs, griezes moments, motora temperatūra, kā rezultātā iegūst samērā sarežģīta reljefa virsmas grafikus.



241. att. Mehānisko regulatoru aizdedzes momenta raksturlīkne

241. attēlā grafiski mēģināts parādīt, kā aizdedzes moments ir jāregulē atkarībā no motora apgriezieniem un kā tas faktiski tiek regulēts, izmantojot centrālās un vakuuma regulatoru. Lai grafiskajā attēlojumā ietvertu vēl vienu motora parametru – noslodzi, ir jākonstruē trīsdimensiju grafiks (242. attēls), kura visi krustpunkti veido nevis plakni, bet gan virsmu.

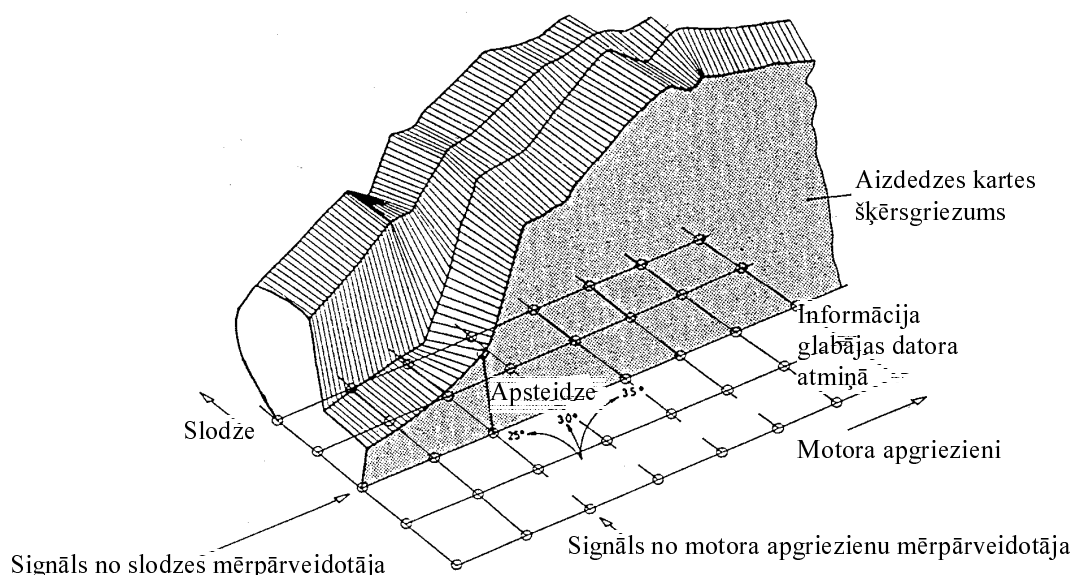


242. att. Aizdedzes momenta optimālās vērtības diagrammas (pa kreisi) salīdzinājums ar mehānisko regulatoru aizdedzes momenta diagrammu (pa labi)

Iegūtā grafika virsma atgādina apvidus topogrāfisko plānu, to var attēlot līdzīgi topogrāfiskajai kartei, tāpēc dažreiz to sauc arī par *aizdedzes karti*.

Izvēloties no aizdedzes momenta izmaiņu diagrammas jebkuru apgriezienu un noslodzes kombināciju punktu un velkot no tā uz augšu perpendikulāru taisni, iegūst taisnes un grafika virsmas krustpunktu, kurš tad arī norāda nepieciešamā aizdedzes momenta lielumu.

Ja motora aizdedzes diagrammas pamatnē atzīmē vienādus apgriezienu un noslodzes intervālus un pēc šiem intervāliem konstruē tīklu (243. attēls), tad šī tīkla jebkurai mezglam var noteikt atbilstošu aizdedzes momenta lielumu, kura vērtības var ierakstīt mikroprocesora atmiņā. Aizdedzes apmierinošai vadībai ir nepieciešams mikroprocesora atmiņā glabāt 1000 ÷ 4000 šādu vērtību.



243. att. Aizdedzes kartes uzglabāšana

Konstruktoriem nepieciešams aizdedzes karti papildināt ar motora darbības režīmu tukšgaitā – tukšgaitas apgriezienu uzturēšanai, kā arī maksimālās slodzes režīmā – maksimālo apgriezienu ierobežošanai. Lai iegūtu motora lielāku jaudu un panāktu efektīvu degvielas izmantošanu, motora darbības režīms tiek programmēts tā, lai tas darbotos tuvu detonācijas robežai, to nesasniedzot.

#### **Aizdedzes vadība ar mikroprocesoru**

Motora aizdedzes vadībai izmanto mikroprocesoru, kas ir pielāgots automobiļa darba apstākļiem. Mikroprocesora atmiņā ir ierakstīti lielumi no motora aizdedzes kartes, kā arī attiecīga programma šo lielumu apstrādei.

Motora darbības procesā mikroprocesors saņem informāciju par

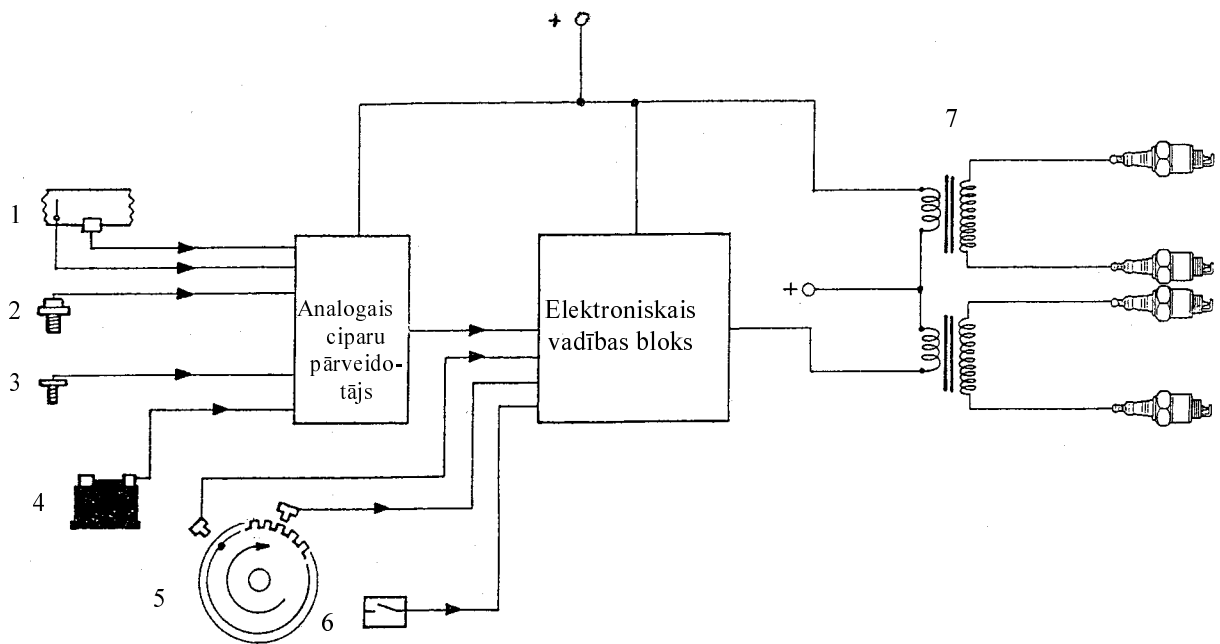
- motora apgriezieniem;
- motora noslodzi;
- dzesēšanas šķidruma temperatūru;
- detonāciju;
- kloķvārpstas leņķisko stāvokli;
- akumulatora spriegumu.

Mikroprocesors šo informāciju saņem no mērpārveidotājiem, kas izmērītos lielumus pārveido elektriskos signālos. Minētie signāli nepārtraukti izmainās, tāpat kā mainās to pārveidotie lielumi: apgriezieni, slodze, temperatūra, spiediens, spriegums u.c.

Nedaudzi signāli (piemēram, kloķvārpstas apgriezieni) nonāk mikroprocesorā jau gatavu impulsu veidā. Tomēr vairākums parametru (temperatūra, spriegums u.c.), kuriem ir nemainīga polaritāte un kuru vērtība nepārtraukti izmainās laikā, pirms nonākšanas mikroprocesora ieejā ir jāpārveido no analogās formas ciparu formā, izmantojot analogo – ciparu pārveidotāju.

Mikroprocesors šos saņemtus impulsus salīdzina ar atmiņā ieprogrammētām to vērtībām un atkarībā no salīdzināšanas rezultāta nosūta atpakaļ vadības signālu izpildu mehānismiem, kuri saņemto signālu ietekmē izmaina korigējamo vai regulējamo lielumu.

244. attēlā parādīta mikroprocesorā no mērpārveidotājiem ienākošā informācija.



244. att. Mikroprocesoru aizdedzes sistēmas blokshēma:

- 1 – spiediena un temperatūras mērpārveidotāji ieklūdes kolektorā; 2 – detonācijas mērpārveidotājs;  
 3 – dzesēšanas šķīduma temperatūras mērpārveidotājs; 4 – akumulatora spriegums;  
 5 – kloķvārpstas rotācijas frekvences un leņķiskā stāvokļa mērpārveidotājs;  
 6 – droseļvārsta stāvokļa mērpārveidotājs; 7 – aizdedzes spoles

### Slodze

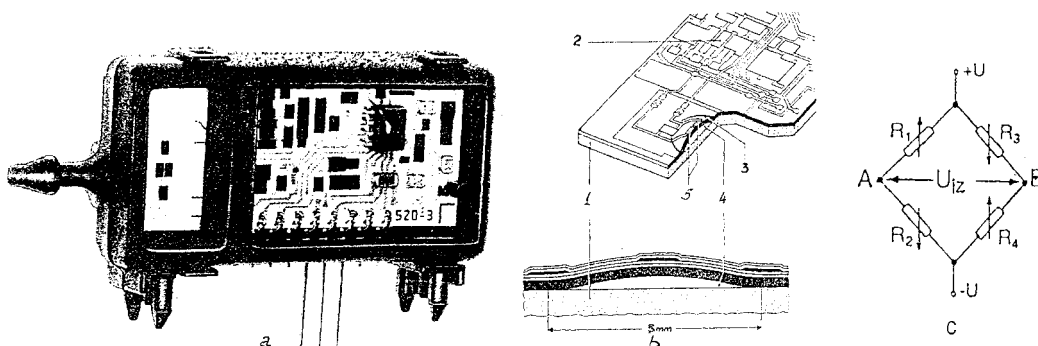
Informāciju par motora noslodzi parasti iegūst pēc retinājuma lieluma ieklūdes kolektorā. Retinājuma noteikšanai izmanto barometriskos mērpārveidotājus, membrānas vai kapacitīvo spiediena mērpārveidotāju.

Membrānas tipa spiediena mērpārveidotājam (245. attēls a) ir alumīnija oksīda keramikas pamatne, kurai piestiprināta alumīnija membrāna, izveidojot apmēram 5 mm diametrā nelielu kupolveida telpu, kas ir saistīta ar ieklūdes kolektoru (245. attēls b).

Joslas ārējā daļā membrānai ir piestiprināti savstarpēji perpendikulāri izvietoti četri plāni folijas tipa tenzorezistori, kuri savā starpā savienoti pēc tilta shēmas un pievienoti stabilizētam elektroenerģijas avotam (245. attēls c). Mainoties retinājumam, mainās membrānas izliekums un tenzorezistori, pakļaujoties stiepes vai spiedes slodzei, izmaina savu garumu, kā rezultātā mainās to pretestība un līdz ar to arī izejas spriegums.

Retinājumam palielinoties un membrānai ieliecoties, tilta atsevišķo zaru tenzorezistori  $R_1$  un  $R_4$  tiek saspiesti un to pretestības pieaug, bet tenzorezistori  $R_2$  un  $R_3$  tiek izstiepti un to pretestības samazinās, kā rezultātā spiediena mērpārveidotāja izejā (tilta spaiļes A un B) rodas spriegumu starpība, kas ir tieši proporcionāla pievadītā retinājuma lielumam. Tā kā iegūtais spriegums ir samērā neliels (apmēram 50 mV pie spiediena 80 kPa), tad to tālākai izmantošanai vēl pastiprina līdz dažu voltu lielumam.

Ja retinājums uz membrānu neiedarbojas, tad tilta visu četru tenzorezistoru pretestības ir vienādas un spiediena mērpārveidotāja izejā signāla nav.



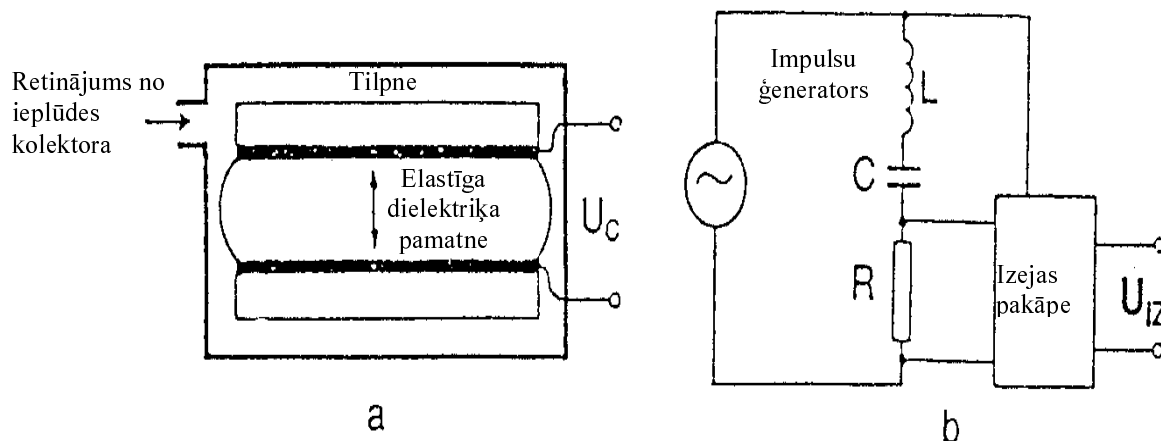
245.att. Membrānas tipa spiediena mērpārveidotājs:

a – vispārīgais izskats; b – konstruktīvais izveidojums; c – tilta slēgums; 1 – mērpārveidotāja pamatne ( $Al_2O_3$ ); 2 – signāla mērīšanas un pastiprināšanas shēma; 3 – diafragma; 4 – kupolveida telpa; 5 – tenzorezistori

Analogi ir izveidots arī otra veida membrānas pusvadītājtipa spiediena mērpārveidotājs, kas atšķiras no pirmā tipa tikai ar to, ka tam ir silīcija membrāna, kurai tāpat piestiprināti tilta slēgumā savienoti četri tenzorezistori.

Kapacitīvais spiediena mērpārveidotājs sastāv no daļēji noslēgtas cilindriskas tvertnes, kura savienota ar ieplūdes kolektoru, un kapacitatīvā pārveidotāja, kas sastāv no elastīga dielektriķa pamatnes, kurai abās pusēs piestiprināti kondensatora klājumi ar elektrodiem (246. attēls).

Pieaugot retinājumam ieplūdes kolektorā, samazinās spiediens cilindriskajā tvertnē, kā rezultātā palielinās attālums starp kondensatora klājumiem un līdz ar to arī mērpārveidotāja kapacitāte.



246. att. Kapacitīvais spiediena mērpārveidotājs:

a – konstruktīvais izveidojums; b – slēguma shēma

Lai noteiktu retinājuma lielumu, tiek izveidots svārstību kontūrs ar R, L un C elementiem, kuram pievada noteiktas amplitūdas mainīgas strāvas impulsus ar tādu frekvenci, kas atbilst svārstību kontūra rezonanses frekvencei pie atmosfēras spiediena. Atmosfēras spiediena svārstību kontūra kondensatoram un spolei pievada vienādus, bet dažādas polaritātes sprieguma impulsus, kā rezultātā izejas spriegums kļūst vienāds ar nulli.

Samazinoties retinājumam, samazinās arī kapacitāte, līdz ar to izmainās svārstību kontūra frekvence un uz rezistora R rodas sprieguma kritums, kura amplitūdas un frekvences izmaiņas izejas signāla veidā tiek novadītas uz analogo – ciparu pārveidotāju.

Ar motora noslodzi saistās arī gaisa patēriņš caur ieplūdes kolektoru. Papildu informāciju par gaisa patēriņu var iegūt, izmērot gaisa temperatūru, kas ļauj aprēķināt tā tilpumu. Šie dati galvenokārt tiek izmantoti degvielas iesmidzināšanas sistēmas vadībai.

Daudz lietderīgāk ir mērīt nevis ieplūstošā gaisa tilpumu, bet gan tā masu, jo, nosakot gaisa pāruma koeficientu jeb gaisa un degvielas attiecību, ir jāvadās tieši pēc masas vienībām un masa ir vienāda ar tilpuma un blīvuma reizinājumu.

Šim nolūkam var izmantot termoanemometrisko stieples tipa gaisa masas mērītāju, kas nosaka ieplūstošā gaisa masu tiešo mērījumu veidā. Mērītāja caurulē nostiprināta elektriski uzkaršēta (apmēram līdz 100°C) platīna stieple ar  $50 \div 100 \mu\text{m}$  diametru, kas ieslēgta vienā Vitstona tilta plecā. Jo spēcīgāka gaisa plūsma, jo zemāka uzkaršētās stieples temperatūra un līdz ar to arī mazāka tās pretestība, kas izjauc tilta līdzsvaru. Lai to atjaunotu, platīna stieple ir papildus jāsilta. Mērījuma precizitāti neietekmē ne gaisa blīvuma izmaiņas, ne tā plūsmas pulsācijas.

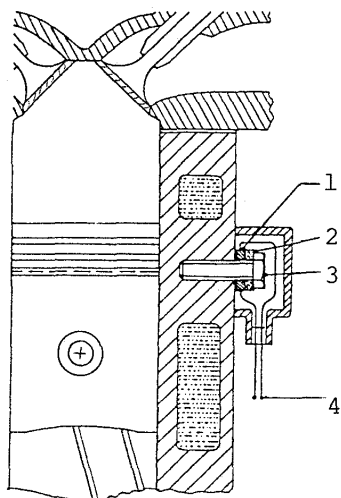
### **Detonācija**

Maksimālo motora jaudu un minimālo degvielas izlietojumu iespējams panākt, nodrošinot motora darbību tuvu detonācijas robežai, bet to nepieļaujot. Motors efektīvi darbojas tikai tad, ja cilindros maksimālais gāzu spiediens rodas  $10 \div 15^\circ$  robežās aiz augšējā maiņas punkta.

Lietojot neatbilstošu degvielu vai ieregulējot pārāk agru aizdedzi, gāzu maksimālais spiediens cilindrā krasi pieaug un savu maksimālo vērtību sasniedz jau pirms augšējā maiņas punkta. Detonācijas noteikšanai parasti izmanto detonācijas mērpārveidotājus.

Šim nolūkam motora bloka sānā uzstāda vienu vai vairākus detonācijas mērpārveidotājus. Četrcilindru motoriem parasti uzstāda vienu detonācijas mērpārveidotāju, ko novieto vidū starp diviem vidējiem cilindriem, bet daudzcilindru motoriem – vairākus detonācijas mērpārveidotājus, kurus novieto vidū starp katriem diviem blakus esošiem cilindriem vai cilindru grupām.

Detonācijas mērpārveidotājs faktiski ir paātrinājuma mērpārveidotājs, kurš darbojas pēc pjezoelektriskā pārveidojuma principa. Mērpārveidotāja konstrukcijas pamatā izmanto ar plastmasu pārklātu (termo aizsardzības nolūkos) kvarca plāksnīti, kura kalpo kā pjezoelements. Šī plāksnīte pie motora bloka tiek piespiesta no ārpuses ar masīvu disku, ko sauc par seismisko masu (247. attēls).



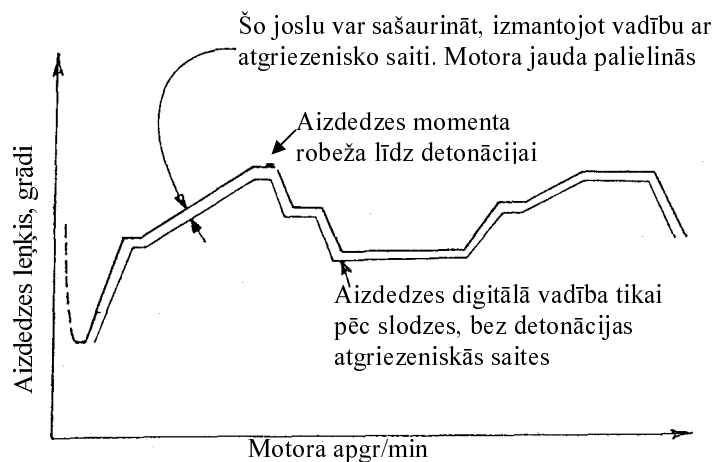
247. att. Detonācijas mērpārveidotājs ar pjezoelementu:

- 1 – pjezokristāls (kvarca plāksnīte, kas pārklāta ar plastmasu, lai pasargātu no pārkaršanas);
- 2 – seismiskais disks;
- 3 – mērpārveidotāja nostiprināšanas skrūve, kura tiek pievilkta ar noteiktu momentu;
- 4 – mērpārveidotāja izvadi

Pjezoelements ģenerē elektrisko spriegumu, kas ir proporcionāls mehāniskā sprieguma izmaiņām uz tā virsmas. Notiekot detonācijai, motora bloka vibrācijas sasniedz tādu lielumu, pie kura seismiskais disks, kas ir piespiests pie kvarca plāksnītes, sāk ar noteiktu frekvenci mehāniski iedarboties uz to, kā rezultātā izejā rodas mainīgs elektriskais spriegums. Tādā veidā iegūtie signāli no motora katra cilindra tiek pievadīti mikroprocesoram, kurš novērtē to līmeni, izdalot tieši detonācijai atbilstošus signālus, un attiecīgi tos pārveido, iepriekšēji nosakot katra cilindra vibrāciju vidējo līmeni.

Ja kādā no cilindriem aizdedzes brīdī detonācijas signāls pārsniegs sliekšņa līmeni, tad mikroprocesors, koriģējot aizdedzes momentu šajā konkrētajā cilindrā, padarīs to vēlāku par noteiktu leņķi (piemēram, par  $1,5^\circ$ ), līdz detonācija izzudīs. Process atkārtojas katram cilindram katrā ciklā.

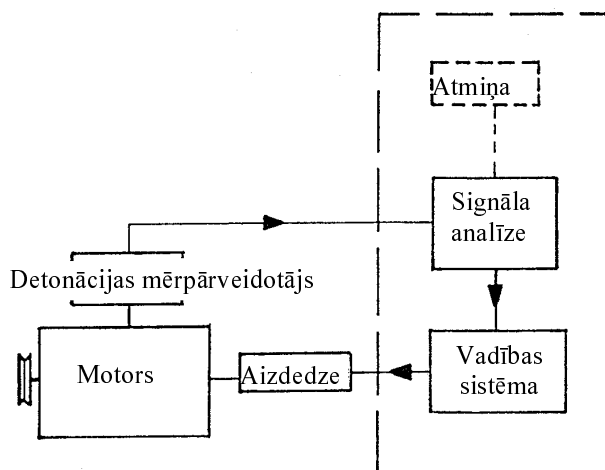
Ja detonācija izbeidzas, tad pēc tam katrā ciklā mikroprocesors pakāpeniski (piemēram, par  $1,0^\circ$ ) sāk palielināt arvien agrāku aizdedzes momentu, līdz tiek sasniegts optimālais aizdedzes moments, kāds ir paredzēts darba diagrammā. Līdz ar to katrs cilindrs tiek noregulēts individuāli darbam vislielākās efektivitātes režīmā, ko var panākt, motoram darbojoties tuvu detonācijas robežai (248. attēls).



248. att. Motora jaudas palielināšana, vadoties pēc detonācijas signāla

Detonācijas kontroles sistēmu var izveidot arī kā neatkarīgu sistēmu, kuras darbību iespējams apvienot ar elektronisko aizdedzes un/vai motora vadības sistēmas darbību.

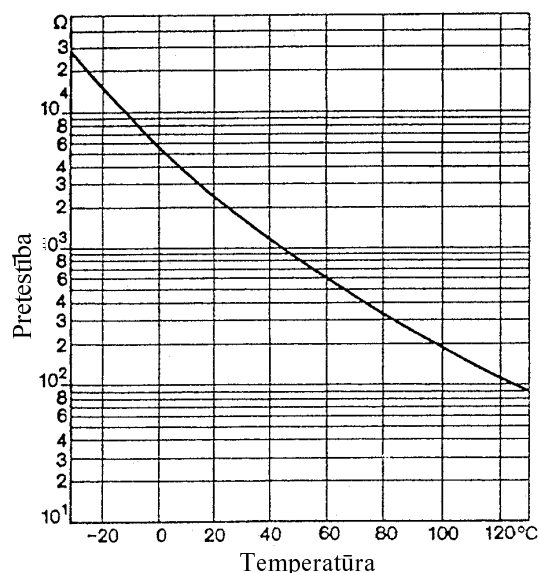
249. attēlā ir parādīta aizdedzes vadības blokhēma, vadoties pēc detonācijas signāla. Sistēmas bojājuma gadījumā (piemēram, mērpārveidotāja atteice vai vadu pārrāvums) vadības sistēma samazina apsteidzes leņķi līdz drošam līmenim, bet uz indikācijas paneļa iedegas signālspuldze, signalizējot par bojājumu.



249. att. Aizdedzes vadīšana, izmantojot detonācijas atgriezenisko saiti

### Motora temperatūra

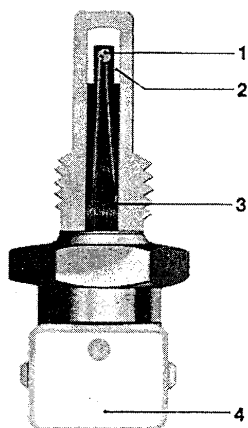
Motora temperatūras mērīšanai līdz  $200^\circ \text{C}$  diapazonā lieto termistoru temperatūras mērpārveidotājus. Termistors ir pusvadītāju rezistors ar tieši izteiktu negatīvu temperatūras koeficientu, kura darba temperatūra parasti atrodas robežās no  $-20^\circ \text{C}$  līdz  $130^\circ \text{C}$  (250. attēls).



250. att. Termistora temperatūras raksturlīkne

Motora, t.i., dzesēšanas šķidruma temperatūras mērīšanai temperatūras mērpārveidotāju, kas sastāv no kapsulas ar termistoru, ieskrūvē motora bloka dzesēšanas kanālā (251. attēls). Termistoram ir ļoti augsta jutība, tāpēc temperatūra tiek izmērīta ar precizitāti līdz 0,05°C.

Motora temperatūra ir proporcionāla dzesēšanas šķidruma temperatūrai. Ziemā, kad motors atdziest līdz apkārtējās vides temperatūrai, mērpārveidotāja pretestība ir vislielākā. Motoram darbojoties un tā dzesēšanas šķidrumam sasilstot, mērpārveidotāja pretestība samazinās.

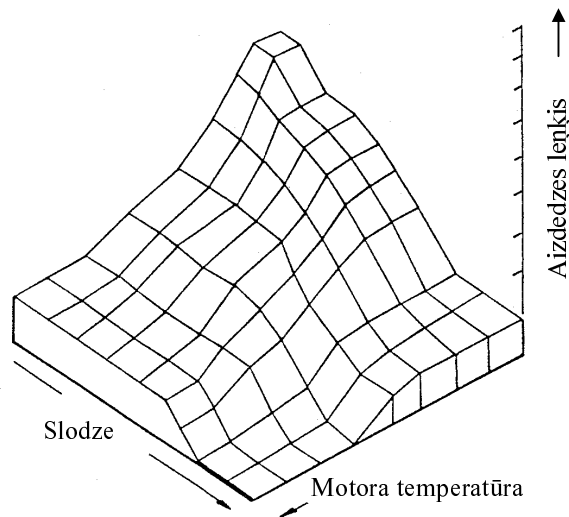


251. att. Temperatūras mērpārveidotājs ar termistoru:

- 1 – termistors;
- 2 – izolators;
- 3 – blīvējums;
- 4 – elektrisko izvadu kontakta spraudnis

Temperatūra tiek ievadīta mikroprocesorā kā papildu parametrs, kurš reizē ar motora apgrīzieniem un slodzi ļauj precizēt aizdedzes diagrammā dotajam motora darba režīmam nepieciešamo aizdedzes momentu (252. attēls), kas ir īpaši svarīgi maksimālās slodzes režīmos vai tuvu tiem, jo, paaugstinoties temperatūrai, palielinās arī detonācijas draudi.





252. att. Aizdedzes momenta diagramma atkarībā no temperatūras un slodzes

### Akumulatoru baterijas spriegums

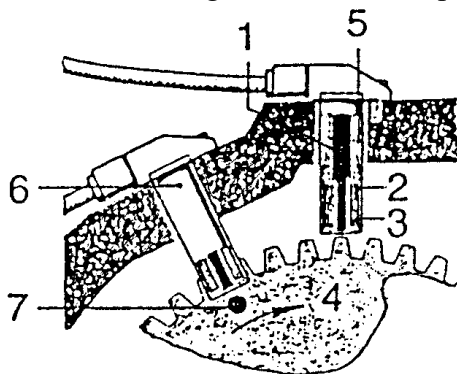
Tas ir papildu parametrs. Jo zemāka apkārtējās vides temperatūra, lielāka akumulatora baterijas izlādes strāva un ilgāks tās kalpošanas laiks, jo lielāks tajā ir sprieguma kritums. Minētie faktori sevišķi svarīgi ir auksta motora iedarbināšanas laikā.

Ja akumulatoru baterijas spriegums atšķiras no ieprogrammētā lieluma, tad aizdedzes spoles ieslēgšanas moments nobīdās uz priekšu vai atpakaļ, izlādes pastāvīgās jaudas sasniegšanai.

### Kloķvārpstas leņķiskais stāvoklis un rotācijas frekvence

Motora apgriezienus nosaka tieši pēc kloķvārpstas rotācijas frekvences, tā nodrošinot augstu mērījumu precizitāti, kas ir sevišķi svarīgi, nosakot detonācijas robežu, jo tādā veidā ir iespējams motoram attīstīt maksimālo jaudu, vienlaicīgi izslēdzot tam detonācijas iespēju.

Apgriezienu mērīšanai izmanto indukcijas mērpārveidotāju, kurš nostiprināts iepretim speciālam zobu diskam vai atsevišķos gadījumos – sparrata zobvainagam (253. attēls) un atbilstoši diska vai vainaga zobu skaitam pārvietojas gar indukcijas mērpārveidotāju vienā kloķvārpstas pagrieziena laikā, iegūstot noteiktu impulsu skaitu.



253. att. Indukcijas mērpārveidotāji:

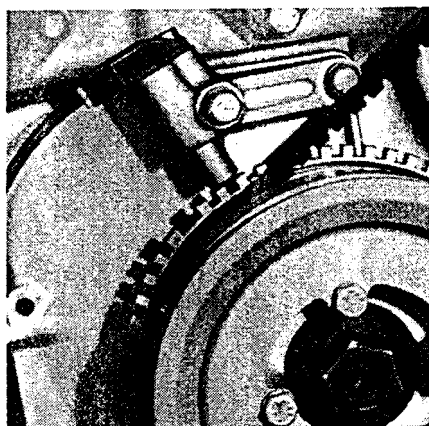
- 1 – pastāvīgais magnēts;
- 2 – spoles serde;
- 3 – tinums;
- 4 – speciāls zobu disks;
- 5 – kloķvārpstas leņķiskā stāvokļa mērpārveidotājs;
- 6 – kloķvārpstas rotācijas frekvences mērpārveidotājs;
- 7 – izcilnis vai lapa

Diska vai vainaga zobiem virzoties gar mērpārveidotāja pastāvīgā magnēta magnetizēto spoles serdi, kas izgatavota no feromagnētiski mīksta materiāla, mainās magnētiskā lauka intensitāte, kā rezultātā mērpārveidotāja spoles tinumā inducējas sprieguma impulss. Līdz ar to indukcijas mērpārveidotāja sprieguma impulsa skaits laika vienībā ir tieši proporcionāls motora apgriezieniem.

Vadības blokā tiek pievadīti sprieguma impulsi, pēc kuriem nosaka ne tikai motora apgriezienus, bet arī kloķvārpstas leņķiskā stāvokļa atskaites punkta novietojuma atzīmi. Parasti par tādu punkta novietojuma atzīmi pieņem  $90^\circ$  līdz cilindra augšējam maiņas punktam. Šis stāvoklis tiek ievadīts mikroprocesorā, izmantojot otru tāda paša tipa indukcijas mērpārveidotāju, kurš reaģē uz zobu diska tikai vienu speciālu izcilni. Tātad šis indukcijas mērpārveidotājs izdod tikai vienu sprieguma impulsu, kloķvārpstai apgriežoties vienu reizi, un tas norāda kā kloķvārpstas leņķisko

stāvokli, tā arī motora virzuļu stāvokli, piemēram, kad virzuļi 1. un 4. cilindrā atrodas augšējā maiņas punktā.

Bieži vien šie abi indukcijas mērpārveidotāji tiek apvienoti vienā, kas vienlaicīgi informē gan par motora apgrīzieniem, gan par kloķvārpstas leņķisko stāvokli. Mērpārveidotāja konstruktīvais risinājums nemainās, bet mainās zobu diska konstrukcija (254. attēls).



254. att. Apvienotais indukcijas mērpārveidotājs

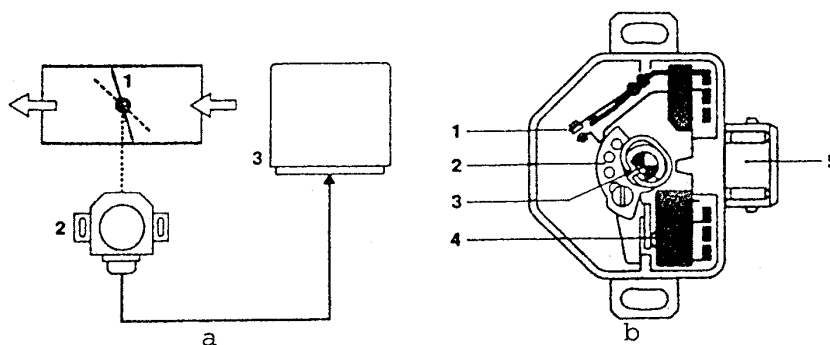
Zobu diska zobam virzoties gar mērpārveidotāja spoles serdi, mainās magnētiskā lauka intensitāte un mērpārveidotāja spoles tinumā inducējas sprieguma impulss. Impulsu skaits laika vienībā ir tieši proporcionāls kloķvārpstas rotācijas frekvencei. Iztrūkstošais zobs zobu diskā dod impulsu par kloķvārpstas leņķisko stāvokli.

Kā indukcijas mērpārveidotāja trūkumu var atzīmēt to, ka tā izejas elektriskais spriegums ir atkarīgs no kloķvārpstas rotācijas frekvences, tāpēc mazu rotācijas frekvenci pat neizdodas izmērīt.

### ***Droseļvārsta stāvokļa mērpārveidotājs***

Šis mērpārveidotājs informē elektronisko vadības bloku par to, ka droseļvārsts ir sasniedzis vienu no galējiem stāvokļiem – tukšgaitas vai pilnas slodzes.

Droseļvārstam atrodoties aizvērtā stāvoklī, saslēdzas tukšgaitas režīma slēdža kontakti, bet, tam sasniedzot noteiktu atvēruma leņķi, kas parasti sastāda  $\frac{3}{4}$  no pilna atvēruma, saslēdzas pilnas slodzes režīma kontakti.



255. att. Droseļvārsta stāvokļa mērpārveidotājs:

- a – shēma: 1 – droseļvārsts; 2 – mērpārveidotājs; 3 – vadības bloks;  
 b – droseļvārsta stāvokļa mērpārveidotāja sastāvdaļas: 1 – pilnas slodzes režīma slēdža kontakti; 2 – rotors;  
 3 – droseļvārsta pagrieziņa ass; 4 – tukšgaitas režīma slēdzis; 5 – kontaktspraudnis

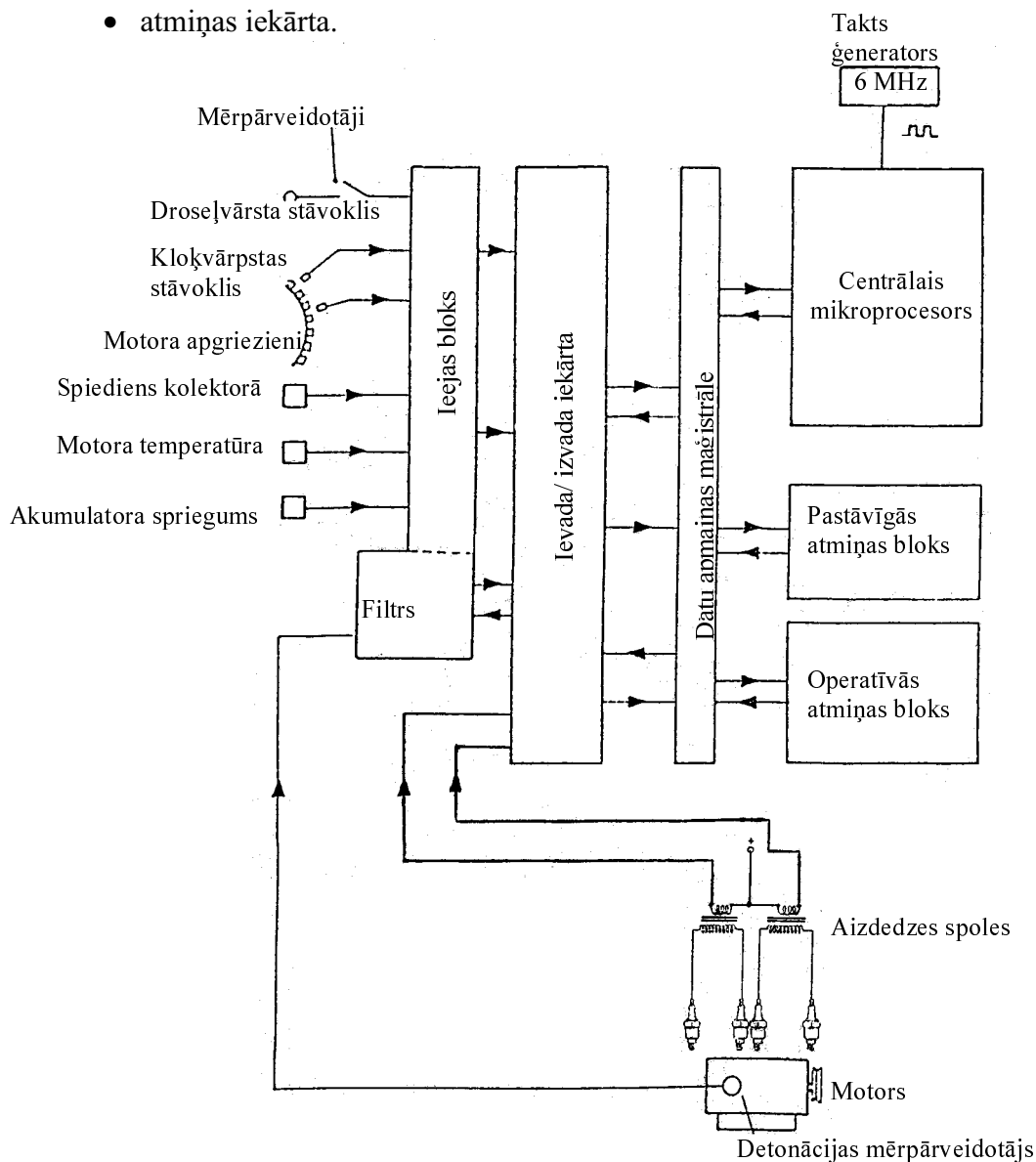
Elektroniskās vadības bloks, apstrādājot saņemtos sprieguma impulsus no visiem mērpārveidotājiem, nosaka motora apgrīzienus, tā temperatūru un droseļvārsta stāvokli. Atbilstoši šiem parametriem tas no sava atmiņas bloka izvēlas ne tikai optimālo aizdedzes apstādzes leņķi, bet arī vajadzīgo piespiedu tukšgaitas ekonomaizera elektromagnētiskā vārsta stāvokli un izstrādā vadības signālus divu aizdedzes spoļu un elektromagnētiskā vārsta darbības vadīšanai.

## Elektroniskais vadības bloks

Elektroniskā vadības bloka shēma parādīta 256. attēlā. Tajā ietilpst atsevišķi funkcionālie bloki, kurus savā starpā saista elektriskās līnijas jeb kanāli. Daļa no šiem kanāliem paredzēti no dažādiem mērpārveidotājiem pievadīto impulsu pārvadei, citi - vadības signāliem.

Elektroniskajā vadības blokā ietilpst šādi funkcionālie bloki:

- ieejas bloks;
- ievada/izvada iekārta;
- iekšējā datu māģistrāle;
- mikroprocesors;
- atmiņas iekārta.



256. att. Elektroniskā vadības bloka struktūras shēma

### Ieejas bloks

Ieejas bloks veic dažādu mērpārveidotāju signālu pārveidošanu un apstrādi. Analogie signāli, piemēram, akumulatora spriegums, motora temperatūra, spiediens kolektorā un citi tiek pārveidoti digitālā formā, izmantojot analogo – ciparu pārveidotāju (ACP).

### Ievada – izvada iekārta

Šī iekārta pieņem pievadītos signālus tajos momentos un tādā secībā, kādā tie tiek pievadīti, bet pēc tam datora mikroprocesors tos izvada tādā secībā un ar tādu ātrumu, kāds nepieciešams mikroprocesoram, jeb novada saņemto informāciju bloka operatīvajā atmiņā.

### ***Takts ģenerators***

Dators operē ar datiem kā laika funkcijām, tāpēc laika un laika intervālu noteikšanai tajā tiek izmantots precīzs kvarca impulsu ģenerators. Takts impulsu frekvence nosaka mikrop procesora ātrdarbību, tā ir visu laika diagrammu pamatā un sinhronizē mikrop procesora darbību.

### ***Datu apmaiņas maģistrāle***

Elektroniskā vadības bloka atsevišķos funkcionālos blokus savstarpēji saista plakanas formas kabeļi jeb kanāli. Pa kanāliem tiek pārraidīti dati, atmiņas adreses, kā arī vadības signāli. Datu apmaiņas maģistrāle nodrošina informācijas pārsūtīšanu starp jebkuriem iekšējiem elektroniskā vadības bloka elementiem.

### ***Centrālais mikroprocesors***

Datorā mikroprocesors signālu apstrādes laikā izpilda visas operācijas, kā matemātiskās (saskaitīšanu, atņemšanu, reizināšanu, dalīšanu), tā arī loģiskās (jā, nē, un, vai).

Elektroniskais vadības bloks vada operāciju izpildes gaitu, novirzot mikroprocesorā vajadzīgo informāciju vajadzīgajā momentā un aizsūtot aprēķinu rezultātus uz vajadzīgajām ierīcēm vai arī nepieciešamības gadījumā uzkrāj to atmiņas iekārtā tālākai izmantošanai.

### ***Pastāvīgās atmiņas bloks***

Mikroprocesors darbības laikā, veicot dažādas operācijas, izmanto tā atmiņā ieprogrammētās diagrammas, raksturlīknes, kodus, vadības programmas un citus salīdzinošos raksturlielumus no nemainīgās atmiņas bloka.

Minētos datus izgatavotājs ieprogrammē jau mikroprocesora izgatavošanas procesā. Šī informācija tiek saglabāta atmiņā pat, ja barošanas avots ir atslēgts. Tajā ekspluatācijas laikā nav iespējams ierakstīt nekādu jaunu informāciju.

Nemainīgās atmiņas blokā ietilpst arī pārprogrammējamie un izdzēšamie bloki, kurus var izmantot izgatavotājs vai tā pārstāvis ieprogrammētās informācijas atjaunošanai vai izmaiņai.

### ***Operatīvās atmiņas bloks***

Operatīvās atmiņas jeb saņemtās informācijas fiksēšanas un nolasīšanas blokā nepārtraukti ievada mērpārveidotāju pārveidotos signālus un aprēķinu starprezultātus, lai tālāk tos izmantotu vadības signālu veidošanai.

Šajā atmiņas blokā tiek uzkrāti arī tie aprēķinātie mērpārveidotāju signāli, kas acumirkļī netiek izmantoti.

Aizdedzes izslēgšanas gadījumā visa ievadītā tekošā informācija operatīvās atmiņas blokā ikreiz tiek izdzēsta.

### ***Borta datora darbība***

Informācija par motora darba režīmu raksturlīknēm glabājas datora atmiņā tabulu veidā, kuras sauc par darba tabulām. Šīs tabulas iegūst no trīsdimensiju aizdedzes momenta izmaiņu apvienotās diagrammas. Darba tabulas var sastādīt ar datoru, izmantojot dažādu parametru kombināciju (apgriezieni, spiediens kolektorā, motora temperatūra, akumulatora spriegums u.c.).

Katra no šīm darba tabulām uzrāda savu aizdedzes leņķa vērtību. Lai noteiktu nepieciešamā leņķa vērtību, visi rezultāti tiek salīdzināti.

Ieslēdzot barošanu, mikroprocesors nosūta kodētu bināro adresi, kas norāda, uz kuras atmiņas daļu tas attiecas. Pēc tam tiek nosūtīts vadības signāls, kurš norāda informācijas plūsmas secību un virzienu uz mikroprocesoru vai no mikroprocesora.

Mikroprocesora darbības laikā tiek ģenerētas bināro impulsu sērijas, ar kuru palīdzību notiek informācijas nolasīšana no atmiņas, tās dekodēšana un izpilde. Aritmētisko, loģisko un transporta operāciju izpildes programmas tāpat ir ieprogrammētas atmiņā.

Un visbeidzot, elektroniskais vadības bloks dod komandu aizdedzes sistēmas komutatoram, lai tas ieslēgtu vai izslēgtu aizdedzes spoli.

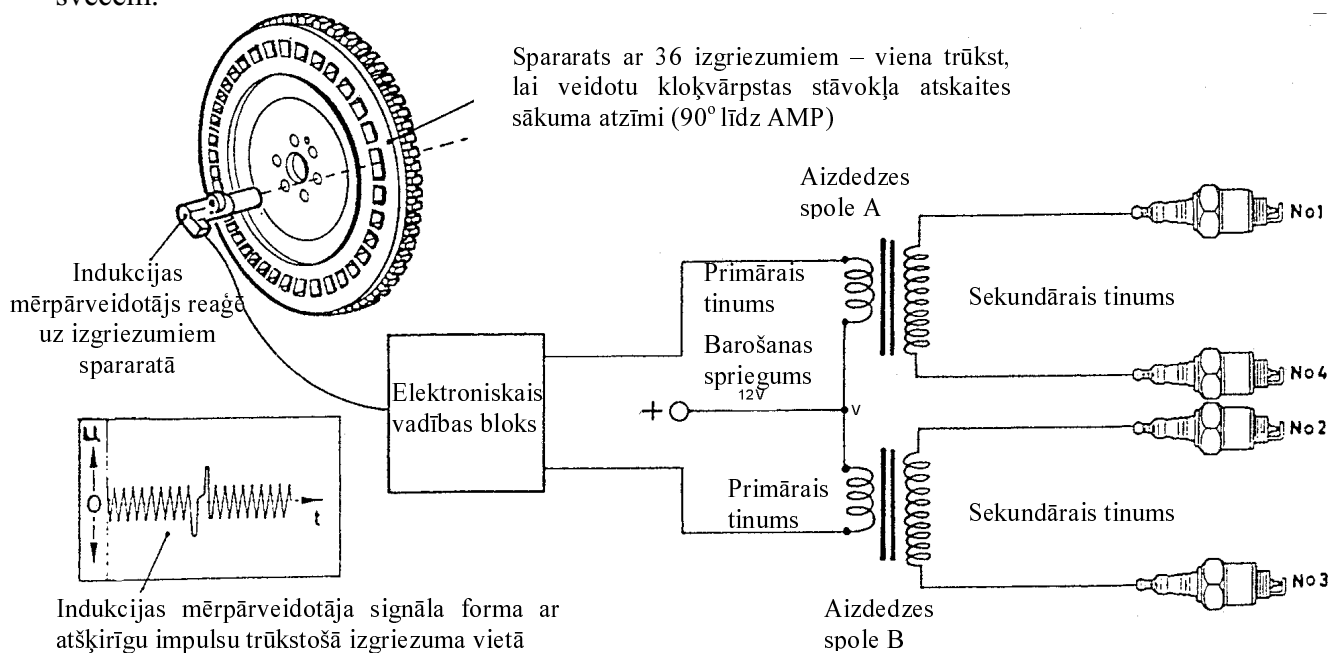
Sistēmās bez detonācijas mērpārveidotāja vadības sistēma aizdedzes momentu izvēlas tā, lai detonāciju nepieļautu, t.i., ar zināmu rezervi līdz detonācijas sliksnim, kura lielums ir ieprogrammēts datora atmiņā. Šie nosacījumi ir attiecināmi arī uz jaunu motoru, taču šajā gadījumā nebūs ietverti motora darba apstākļi, kurus rada detaļu nolietojums, izmantojamā degviela un citi faktori.

### **Digitālā bezsadālītāja aizdedzes sistēma**

Četrcilindru motoram digitālā bezsadālītāja aizdedzes sistēmā mehānisko kontaktu ierīci, (sadālītāju) var aizvietot ar divām divu izvadu aizdedzes spolēm, izmantojot bezkontakta bezsadālītāja paņēmieni.

Šāda tipa aizdedzes sistēma tika izstrādāta *Ford* automobiļiem (*Escort, Orion*). Aizdedzes sadalīšana pa cilindriem šeit tiek panākta, izmantojot divas augstsprieguma aizdedzes spoles, kuru abi izvadi savienoti ar dažādu cilindru svečēm. Šī ideja agrāk tika izmantota divcilindru *Citroen 2CV* un *Visa* automobiļu motoros, bet vēlāk, lietojot aizdedzes elektronisko vadību, kļuva iespējama arī četrcilindru motoros.

Atbilstoši no mikroprocesora saņemtajiem vadības signāliem vienā vai otrā aizdedzes spoles komutatora kanālā veidojas primārās strāvas impulsi un tiek pārtraukta primārās strāvas ķēde. Augstspriegumu no katras aizdedzes spoles sekundārā tinuma pievada divu cilindru aizdedzes svečēm.



257. att. *Automobiļa Ford digitālā bezkontakta aizdedzes sistēma*

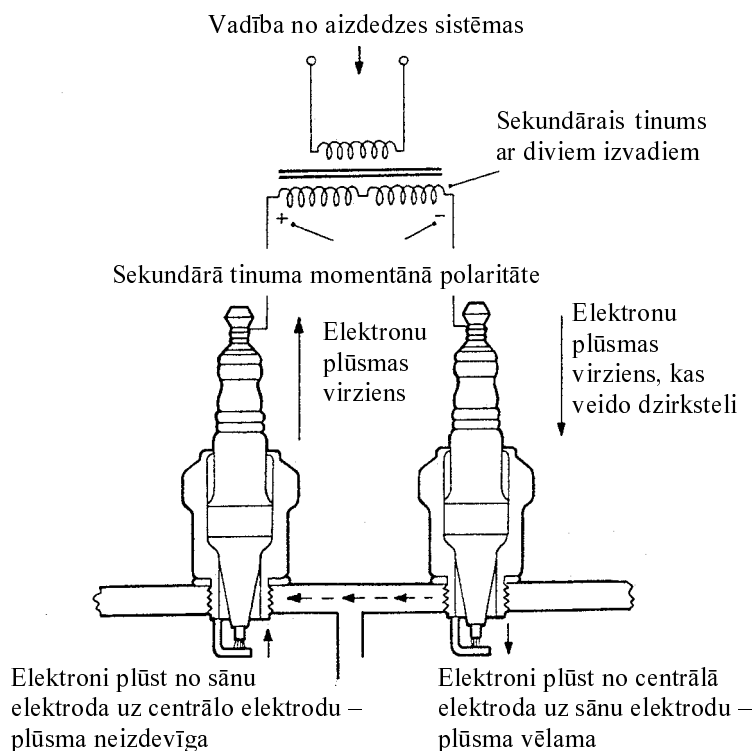
Motora vienas sveces dzirksteļizlāde rodas tajā cilindrā, kurā beidzas degmaisījuma saspiešanas takts, bet otras sveces dzirksteļizlāde notiek atkal tajā cilindrā, kurā beidzas izplūdes takts. Pirmā svece aizdedzina darba degmaisījumu, un šajā cilindrā notiek darba gājiens, bet otra sveces dzirkstele nerada neko, jo dzirksteļizlāde notiek izplūdes gāzēs (257. attēls).

Tā kā katrā aizdedzes spoles sekundārajā tinumā ir ieslēgtas divas sveces, tad sekundārā tinuma spriegumam tiek izvērzītas paaugstinātas prasības: tam ir jābūt pietiekami lielākam par divu sveču elektrodu atstarpju caursītes spriegumu, lai nodrošinātu to dzirksteļizlādes.

Automobiļa *Ford* aizdedzes sistēmā aizdedzes spoles sekundārā tinuma spriegums ir vismaz 37 000V, kas ir pilnīgi pietiekami, lai vienlaicīgi uzturētu dzirksteļizlādi abās svečēs.

Jāpievērš uzmanība arī tam, ka šajā gadījumā dzirkstelei ir vēlama polaritāte tikai vienā aizdedzes svecē, bet otrā tā ir neizdevīga. Ideālā variantā centrālajam elektrodam ir jābūt pozitīvam, bet sānu elektrodam – negatīvam.

Šajā gadījumā, kad abas sveces ir ieslēgtas virknē, tikai vienai aizdedzes svecei būs vēlamā polaritāte, bet otrai – neizdevīgā polaritāte (258. attēls), kurā elektroni plūdis no sānu elektroda uz centrālo elektrodu, kā rezultātā sveces nāksies mainīt pēc katriem 20000 km, jo cilindru darba kārtība ir parastā: 1 – 2 – 4 – 3 un motorā izmantotās sveces arī ir parastās, bet dzirksteļizlāde notiek divas reizes biežāk.



258. att. Sveču slēgums digitālā bezkontakta aizdedzes sistēmā

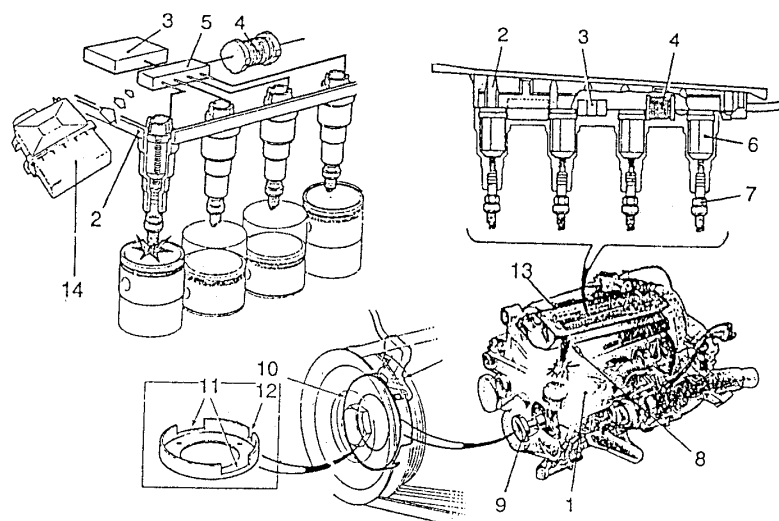
Mikroprocesoram sabojājoties, aizdedzes sistēma iestata  $10^\circ$  nemainīgu apstāšanās leņķi pirms augšējā maiņas punkta, kas dod iespēju motoram darboties, kamēr radīsies iespēja to saremontēt. Pie pilnas motora noslodzes, kā arī augstas gaisa temperatūras ieplūdes kolektorā procesors samazina aizdedzes apstāšanās leņķi, lai novērstu detonāciju. Aizdedzes apstāšanās leņķa lielumu šajā gadījumā dators nosaka, salīdzinot faktiskos lielumus ar ieprogrammētajiem.

Digitālās bezsadalītāja diskretās aizdedzes sistēmās ar augstsprieguma impulsu bezkontakta sadalīšanu izmanto aizdedzes spoles ne tikai ar diviem, bet arī ar četriem vai sešiem augstsprieguma izvadiem.

### Digitālā bezsadalītāja kompaktā aizdedzes sistēma

Kompaktā aizdedzes sistēmā nav ne sadalītāja, ne augstsprieguma vadu, kas savieno aizdedzes spoli ar aizdedzes svecēm, bet visi pārējie elementi un funkcionālie bloki ir tādi paši kā digitālajā bezsadalītāja diskretā aizdedzes sistēmā ar augstsprieguma impulsu bezkontakta sadalīšanu. Kompaktās aizdedzes sistēmas priekšrocība ir tā, ka dzirksteļizlāde notiek tikai motora vienā cilindrā un aizdedzes spole atrodas virs katras aizdedzes sveces.

Katra aizdedzes svece ir ieskrūvēta motora bloka galvā, un uz tās tiek nostiprināts hermētisks aizdedzes sistēmas modulis, kas sastāv no aizdedzes spoles ar izvadiem uz aizdedzes elektroniskā vadības blokā, kurš ir saistīts ar mērpārveidotājiem, sprieguma pārveidotāju, kā arī motora elektronisko vadības bloku (259. attēls).



259. att. Digitālā bezsadalītāja kompaktā aizdedzes sistēma:

- 1 – motors; 2 – hermetizēts aizdedzes sistēmas modulis; 3 – elektroniskais tiristoru vadības bloks;  
 4 – sprieguma pārveidotājs; 5 – izejas pakāpe; 6 – aizdedzes spole; 7 – aizdedzes svece;  
 8 – temperatūras mērpārveidotājs; 9 – kloķvārpstas stāvokļa mērpārveidotājs; 10 – mērpārveidotāja rotors;  
 11 – lieli izgriezumi; 12 – mazais izgriezums; 13 – spiediena mērpārveidotājs;  
 14 – motora un automātiskās transmisijas elektroniskais vadības bloks

Tā kā kompaktās aizdedzes sistēmā aizdedzes momentu, aizdedzes cilindru un motora apgriezienus nosaka pēc kloķvārpstas leņķiskā stāvokļa un rotācijas frekvences, tad motora priekšgalā pie kloķvārpstas skriemeļa nostiprināts Holla mērpārveidotājs un rotējošs rotors, kurā izveidoti trīs izgriezumi: divi lieli un viens mazs.

Rotors uz kloķvārpstas ir nostiprināts tā, ka tā pirmo lielo izgriezumu izmanto 1. un 4. cilindra, bet otro lielo izgriezumu – 2. un 3. cilindra vadībai; mazais izgriezums paredzēts atskaites sākumam.

Motoram darbojoties un cilindra virzulim kompresijas takts laikā pārvietojoties uz augšu, darba degmaisījums tiek saspīests, temperatūra cilindrā paaugstinās un degmaisījuma gāzveida elektriskā pretestība samazinās, bet strāva aizdedzes sveces ķēdē palielinās.

Aizdedzes elektroniskais vadības bloks, izanalizējot strāvas lielumu katra cilindra aizdedzes sveces ķēdē, precīzē to cilindru, uz kuru jāpadod augstsprieguma impulss un jāveido dzirksteļizlāde.

Tiristoru elektroniskais vadības bloks, kas vadības signālu aizdedzes momenta un citu parametru aprēķināšanas uzsākšanai parasti saņem apmēram  $120^\circ$  pirms attiecīgā cilindra virzulis sasniedz augšējo maiņas punktu, nodrošinot lielu darbības ātrumu, ļauj panākt stabilu motora darbību arī pie lieliem apgriezieniem un rada iespēju vienas dzirksteles vietā iegūt citu citai sekojošu dzirksteļu virkni.

Daudzdzirksteļu degmaisījuma aizdedzināšana nodrošina

- degvielas palieku un kvēpu sadedzināšanu uz aizdedzes sveces elektrodiem;
- nesadegušās degvielas smagāko frakciju sadedzināšanu;
- motora stabilu darbību jebkurā režīmā.

Aizdedzes elektroniskais vadības bloks motora noslodzes noteikšanai izmanto spiediena mērpārveidotāju ieplūdes kolektorā, bet detonāciju motora cilindros nosaka pēc jonizācijas strāvas lieluma starp aizdedzes sveces elektrodiem.

Kompaktās aizdedzes sistēmas aizdedzes spoles lielais sekundārais spriegums, kura maksimālā vērtība pārsniedz 40 kV, ļauj

- palielināt atstarpi starp aizdedzes sveces elektrodiem līdz  $0,9 \div 1,5$  mm;
- izmantot virsmizlādes aizdedzes sveces;
- ievērojami palielināt dzirksteļizlādes jaudu.

## 6. SIGNALIZĀCIJAS IERĪCES UN STIKLA TĪRĪTĀJI

### 6.1. Vispārīgs raksturojums

Automobiļa signalizācijas sistēmā ietilpst gaismas un skaņas signalizācijas ierīces. Gaismas signalizācijas ierīces izveido aktīvas un pasīvas, bet skaņas signalizācijā izmanto vibrācijas vai pneimatiskas ierīces.

Aktīvām gaismas signalizācijas ierīcēm (signāllukturiem) ir savs gaismas avots, bet pasīvās gaismas signalizācijas ierīces (atspīdņi) izmanto tikai atstarotu gaismu.

Elektriskās vibrācijas skaņas signalizācijas ierīces lieto ar diskveida vai spirālveida rezonatoru (ar gliemežnīcas formas tauri vai bez tās). Pēc skaņas rakstura tās iedala trokšņa un tonālās signalizācijas ierīcēs; bet elektropneimatiskajās signalizācijas ierīcēs gaiss, no kameras izplūstot caur vienu vai vairākām gaisa taurēm, iesvārsta tajās ievietotas membrānas, tādējādi radot ļoti spēcīgu un patīkamu skaņu.

Automobiļa signalizācijas sistēmā ietilpst gaismas virzienrāži, gaismas avārijas signalizators, bremzēšanas gaismas signalizators, gaismas vai skaņas durvju nepilnīgas aizvēšanas signāls, pazīšanas gaismas signalizators, gaismas un skaņas braukšanas priekšrocības signalizators un arī pretzādzības signalizatori.

Gabarītgaisma, kontūrgaisma un stāvgaisma norāda automobiļa gabarītus sliktas redzamības apstākļos.

### 6.2. Gaismas virzienrāži, tajos izmantoto pārtraucēju veidi

Lai brīdinātu citus transporta līdzekļu vadītājus un gājējus par automobiļa braukšanas virziena maiņu, kustības uzsākšanu vai pabeigšanu, izmanto gaismas virzienrāžus.

Gaismas virzienrāžu lukturus novieto automobiļa priekšā, aizmugurē un sānos. To gaismai ir jābūt dzeltenā krāsā, bet mirgošanas frekvencei – no 1 līdz 2 reizēm sekundē. Amerikāņu ražotajos automobiļos gaismas virzienrāžu lukturu gaisma ir sarkanā krāsā.

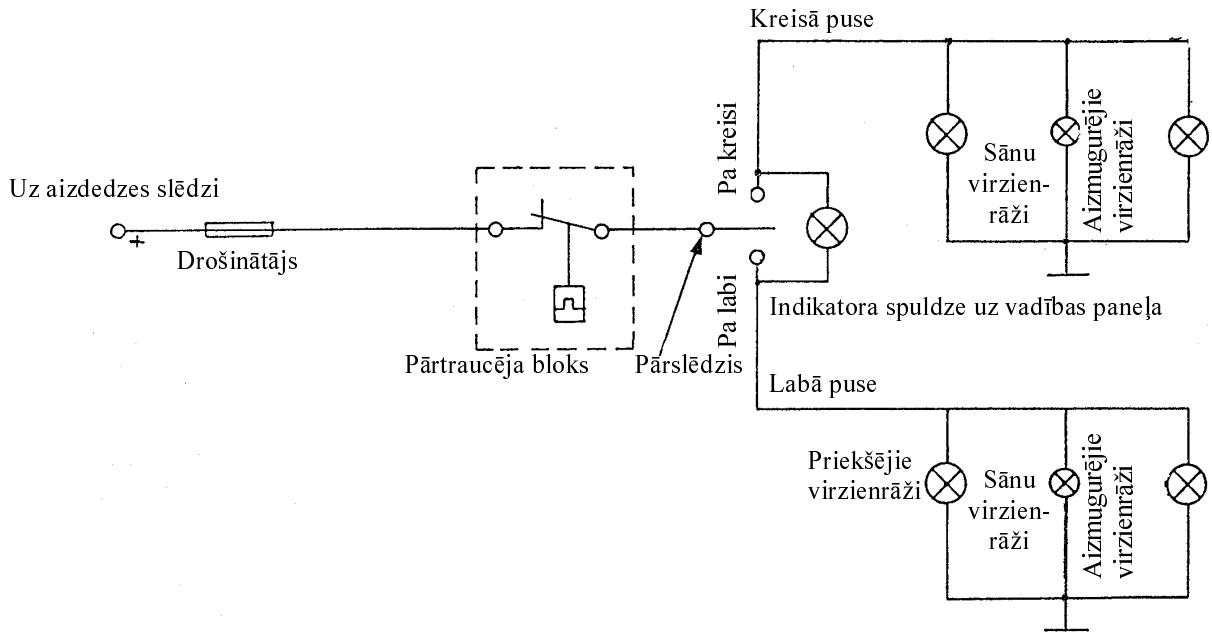
Automobiļa kabīnē vadītājam izdevīgā vietā atrodas gaismas virzienrāžu lukturu ieslēgšanas un spuldžu bojājumu indikators – mirgojoša kontrolspuldze, kuras mirgošanas frekvencei ir jāsakrīt ar ārējo lukturu gaismas mirgošanas frekvenci. Ja kāda no gaismas virzienrāžu lukturu spuldzēm izdeg vai tai rodas slikts kontakts ar masu, tad kontrolspuldzes mirgošanas frekvence mainās.

Automobiļa priekšējo un aizmugurējo gaismas virzienrāžu lukturu spuldžu jauda ir  $15 \div 36$  W, bet sānu atkārtotāju lukturos tā ir ne mazāka par 5 W.

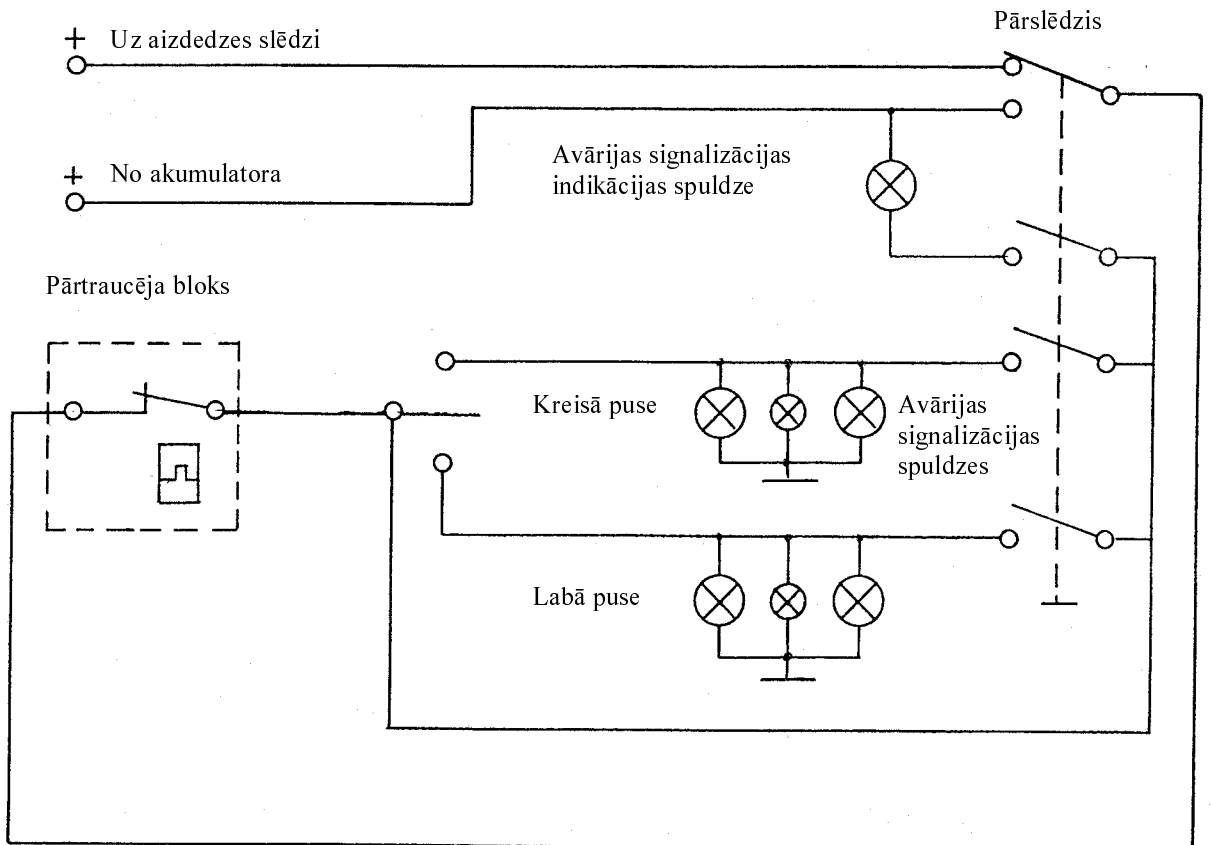
Automobiļa piespiedu apstāšanās vai avārijas apstāšanās gadījumā ir jāparedz iespēja ieslēgt visu virzienrāžu lukturu gaismas mirgojošā režīmā, ko sauc par *gaismas avārijas signalizāciju*. To ieslēdz ar atsevišķu slēdzi automobiļa salonā.

260. attēlā parādīta gaismas virzienrāžu principiālā shēma, bet 261. attēlā dota arī gaismas avārijas signalizācijas principiālā shēma.





260. att. Gaismas virzienrāžu principiālā shēma



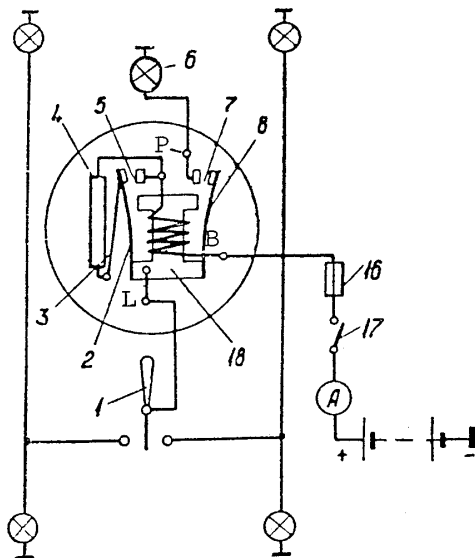
261. att. Avārijas signalizācijas un virzienrāžu elektriskā shēma

Lai gaismas virzienrāžu lukturu vai avārijas signalizācijas gaisma būtu labi saredzama jebkuros laika apstākļos, virzienrāžu ķēdē ir ieslēgts automātisks pārtraucējs, kas rada mirgojošu lukturu gaismu. Automobiļos parasti lieto trīs veidu pārtraucējus:

- elektromagnētiskos;
- bimetāliskos;
- elektroniskos pārtraucējus.

### 6.2.1. Elektromagnētiskais pārtraucējs

Gaismas virzienrāža elektromagnētiskais pārtraucējs sastāv no cilindriska korpusa, kurā ievietots elektromagnēts ar diviem atsperu tipa enkuriem, no kuriem viens ir nofiksēts nospriegotā stāvoklī ar stīgu – stīgu un diviem kontaktu pāriem (262. attēls).



262. att. Elektromagnētiskais pārtraucējs:

- 1 – virzienrāžu pārslēdzis;
- 2 un 8 – enkuri;
- 3 – stīga;
- 4 – rezistors;
- 5 un 7 – kontakti;
- 6 – indikācijas spuldze;
- 16 – drošinātājs;
- 17 – aizdedzes slēdzis;
- 18 – elektromagnēts

Ja virzienrāžu pārslēdzis atrodas vidējā stāvoklī, tad pārtraucēja kontakti ir atvienoti un tas nedarbojas.

Pārvietojot pārslēdzi pa labi vai pa kreisi, attiecīgās puses virzienrāžu lukturu spuldzes tiek ieslēgtas akumulatoru baterijas strāvas ķēdē, kura noslēdzas caur pārtraucēja elektromagnēta tinumu, ierobežojošo rezistoru, stīgu un kreisās puses atsperu tipa enkuru. Strāvai magnetizējot pārtraucēja elektromagnēta serdi, tā pievelk labās puses atsperu tipa enkuru un labās puses kontaktu pāris (palīgkontakts) ieslēdz strāvas ķēdē arī kontrolspuldzi.

Tā kā strāvas ķēdē ieslēgts ierobežojošais rezistors, tad tā pretestība izraudzīta ar tādu aprēķinu, lai sākumā attiecīgās puses virzienrādītāja lukturu spuldzes nedegtu vai degtu ar puskvēli. Pēc neilga laika, kad stīga strāvas siltuma ietekmē pagarinās, elektromagnēts pievelk arī kreisās puses enkuru, kurš saslēdz kreisās puses kontaktu pāri (galvenais kontakts), kas ierobežojošo rezistoru saslēdz īsi, un lukturu spuldzes sāk degt ar pilnu kvēli.

Pēc kreisās puses kontaktu saslēgšanās strāva caur ierobežojošo rezistoru un stīgu vairs neplūst, stīga atdzīst saraujas un kreisās puses kontaktus atkal atvieno, kā rezultātā strāva caur elektromagnēta tinumu samazinās un kontakti atsperes ietekmē atgriežas sākuma stāvoklī, bet cikls sākas no jauna.

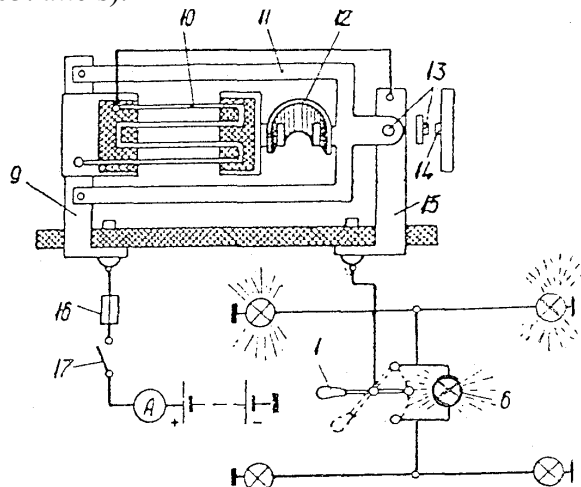
Tā pārtraucēja kontakti saslēdzas un atslēdzas ar frekvenci  $70 \div 90$  pulsācijas/min, kas rada gaismas virzienrāžu lukturu spuldžu un kontrolspuldzes mirgošanu.

Ja kāda no spuldzēm izdeg, tad strāva ķēdē var samazināties pat tiktāl, ka palīgkontakts nesaslēgsies un kontrolspuldze nemirgos.

Aplūkotais gaismas virzienrāžu elektromagnētiskais pārtraucējs nedod iespēju darbināt virzienrāžus arī avārijas signalizācijas režīmā.

### 6.2.2. Bimetāliskais pārtraucējs

Gaismas virzienrāžu bimetāliskais pārtraucējs sastāv no cilindriskā korpusa, kurā ievietota bimetāla plāksne ar diviem kontaktiem, no kuriem viens ir kustīgs, bet otrs nekustīgs (263. attēls).



263. att. Bimetāliskais pārtraucējs:

- 1 – virzienrāža pārslēdzējs; 6 – indikācijas spuldze;
- 9 un 15 – balsti; 10 – bimetāla plāksne;
- 11 – rāmītis; 12 – atspere; 13 un 14 – kontakti;
- 16 – drošinātājs; 17 – aizdedzes slēdzis

Kad bimetāliskais pārtraucējs nedarbojas, tā kontakti ir atvienoti. Tāpēc, ieslēdzot gaismas virzienrāžus, strāva plūst caur bimetāla plāksni, kurai piemīt zināma pretestība, līdz ar to virzienrāžu lukturu spuldzes deg ar puskvēli.

Strāva bimetāla plāksni sasilda, tā izliecas un savieno pārtraucēja kustīgo kontaktu ar nekustīgo, kā rezultātā tiek izslēgta no ķēdes bimetāla plāksne un līdz ar to strāvas ķēde noslēdzas caur rāmīti un kontaktiem, tāpēc strāva krasi pieaug un virzienrāžu lukturu spuldzes deg ar pilnu kvēli.

Pārtraucēja kontaktiem saslēdzoties, strāva pa bimetāla plāksni vairs neplūst, atdziestot tā atliecas savā sākuma stāvoklī, kontakti atkal atvienojas un cikls sākas no jauna.

Tādā veidā pārtraucēja kontakti saslēdzas un atslēdzas ar frekvenci  $70 \div 90$  pulsācijas/min, kas rada gaismas virzienrāžu lukturu spuldžu un kontrolspuldzes gaismas nepārtrauktu mirgošanu.

Aplūkotais gaismas virzienrāžu bimetāliskais pārtraucējs, tāpat kā elektromagnētiskais pārtraucējs, nedod iespēju darbināt virzienrāžu lukturus arī avārijas signalizācijas režīmā.

### 6.2.3. Elektroniskais pārtraucējs

Elektroniskajiem pārtraucējiem salīdzinājumā ar cita tipa pārtraucējiem ir šādas priekšrocības:

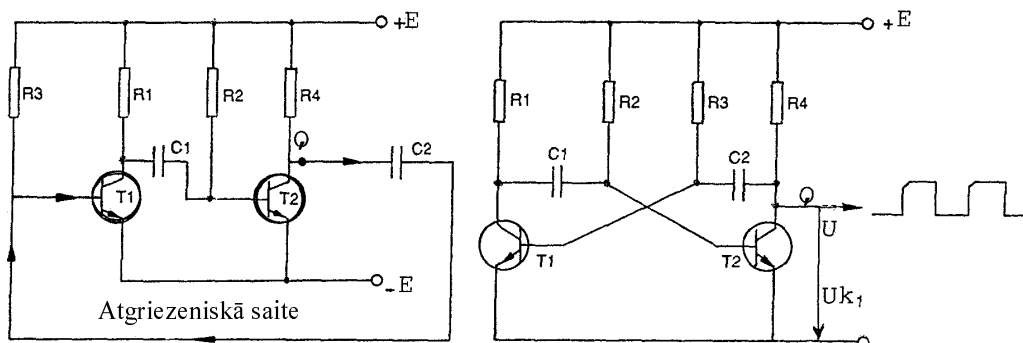
- tie darbojas ievērojami stabilāk plašā temperatūras diapazonā kā gaismas virzienrāžu, tā arī gaismas avārijas signalizācijas režīmā;
- gaismas virzienrāžu lukturu spuldzēm ir konstanta mirgošanas frekvence, kas nav atkarīga no ķēdē ieslēgto spuldžu jaudas;
- ir iespēja skaņas veidā vai vizuāli informēt vadītāju par spuldžu bojājumiem (piemēram, vadības paneļa kontrolspuldzes mirgošana ar dubultfrekvenci);
- ir iespēja palielināt mirgošanas frekvenci gaismas avārijas signalizācijas režīmā.

Šī tipa pārtraucēja darbībā izmanto multivibratoru, t.i., relaksācijas ģeneratoru, lai ģenerētu taisnstūrim tuvas formas spriegumu impulsus *ieslēgts – izslēgts* jeb *viens – nulle*, izmantojot kondensatoru uzlādes un izlādes procesus.

Multivibratora shēmā izmanto tranzistorus, tiristorus, operacionālos pastiprinātājus un citus elementus. Multivibrators var darboties kā pašerosmes, tā arī palaišanas režīmā.

Multivibratora izveidojuma pamatā ir divpakāpju tranzistoru rezistorpastiprinātājs ar pozitīvu atgriezenisko saiti, kura pirmās pakāpes izejas spriegums tiek pievadīts otrās pakāpes ieejai, bet otrās pakāpes izejas spriegums – pirmās pakāpes ieejai, kura izveidojums attēlots 264. attēlā.

Šāda pozitīva atgriezeniska saite, kuru sauc par pilnu līdzsaiti, izsauc lēcienveidīgu pirmās pakāpes tranzistora atvēršanu un otrās pakāpes tranzistora aizvēršanu, bet pēc noteikta laika tā izraisa tādu pašu aizvērtā tranzistora atvēršanu un atvērtā tranzistora aizvēršanu utt.

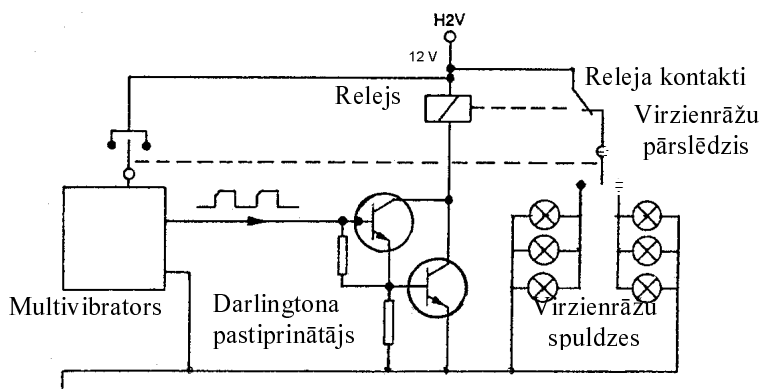


264. att. Divpakāpju tranzistoru rezistorpastiprinātāja ar pilnu līdzsaiti jeb multivibratora shēma

Pārtraucējā izmanto kolektora – bāzes saišu pašierosmes simetrisko multivibratori ar p – n – p vai n – p – n tipa tranzistoriem, kura attiecīgie simetriskie elementi ir vienādi:  $T_1 = T_2$ ,  $R_1 = R_4$ ,  $R_2 = R_3$  un  $C_1 = C_2$ .

Multivibratora shēma satur divus tranzistorus, kas strādā slēdža režīmā. Tie pēc kārtas aizveras un atveras. Tranzistoru  $T_1$  un  $T_2$  pārslēgšanos no viena stāvokļa otrā izraisa shēmā ielēgto kondensatoru  $C_1$  un  $C_2$  spriegumu maiņa, tiem izlādējoties un uzlādējoties. Multivibratora izejas signālus var noņemt gan no rezistora  $R_1$ , gan no rezistora  $R_4$ .

Šajā gadījumā izejas signāls  $U_{K1}$  tiek noņemts no rezistora  $R_4$  punktā Q, kurā sprieguma formas līkne atgādina gandrīz taisnstūrveida impulsus. Iegūtais izejas signāls tiek padots tālāk uz Darlingtona pastiprinātāja ieeju, bet par tā slodzi izmanto gaismas virzienrāžu spuldžu ieslēgšanas releja tinumu (265. attēls).



265. att. Multivibratora un Darlingtona jaudas pastiprinātāja principiālā shēma

Pārvietojot pārslēdzi pa labi vai pa kreisi, attiecīgās puses virzienrāža lukturu spuldzes tiek ieslēgtas akumulatoru baterijas ķēdē. Vienlaicīgi akumulatoru baterijas strāvas ķēdē tiek ieslēgts multivibrators, kas sāk ģenerēt taisnstūrveida sprieguma impulsus, kurus tālāk pievada pastiprinātāja vadībai.

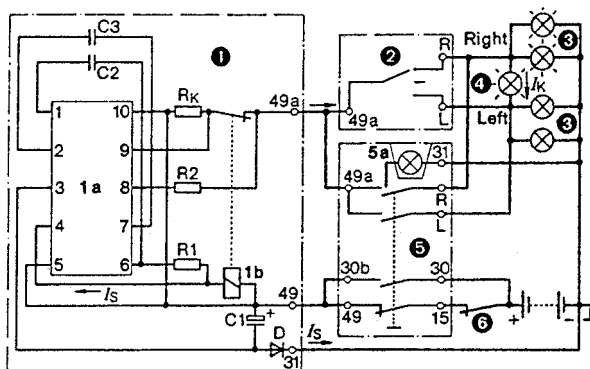
Pastiprinātāja izejā tranzistoriem atveroties, to izejas ķēdē sāk plūst strāva, nostrādā gaismas virzienrāžu spuldžu ieslēgšanas relejs. Tā kontakti noslēdz virzienrāžu akumulatoru baterijas strāvas ķēdi un attiecīgās puses virzienrāžu lukturu spuldzes iedegas.

Sprieguma impulsam samazinoties, tranzistori aizveras un strāva neplūst releja ķēdē, tā kontakti atslēdzas un virzienrāžu lukturu spuldzes nodziest.

Elektromagnētiskā releja izmantošana virzienrāžu spuldžu ieslēgšanai atsevišķos gadījumos ir izdevīgāka nekā tranzistoru vadība, jo

- ieslēdzot virzienrāžu lukturu spuldzes, ķēdē rodas pīķveida slodze, kas pakāpeniski samazinās, palielinoties spuldžu kvēldiega pretestībai, kvēldiegam uzkarstot. Piemēram, ieslēgšanas brīdī 21 W spuldze patērē 3,63 A, bet, kvēldiegam uzkarstot, – tikai 1,95 A;
- uz saslēgta releja kontaktiem rodas samērā mazi sprieguma zudumi – apmēram 0,1 V, bet, izmantojot tranzistoru, tie būtu apmēram 1 V, kas radītu ievērojamus jaudas zudumus.

Elektroniskā pārtraucēja reālā shēma no multivibratora un pastiprinātāja principiālās shēmas atšķiras ar to, ka tajā izmanto integrālo shēmu ar ārējiem R–C svārstību kontūriem (266. attēls).



266. att. Gaismas virzienrāžu un gaismas avārijas signalizācijas elektroniskais pārtraucējs (pārslēdža stāvoklis atbilst labā pagrieziena ieslēgšanai):

- 1 – gaismas virzienrāžu un gaismas avārijas signalizācijas elektroniskais pārtraucēja bloks;  
 1a – integrālā shēma; 1b – spuldžu ieslēgšanas– izslēgšanas relejs; 2 – gaismas virzienrāžu pārslēdzis;  
 3 – gaismas virzienrāžu spuldzes; 4 – gaismas virzienrāžu kontrolspuldze;  
 5 – gaismas avārijas signalizācijas slēdzis; 5a – gaismas avārijas signalizācijas kontrolspuldze; 6 – aizdedzes slēdzis

Integrālās shēmas papildu iespējas:

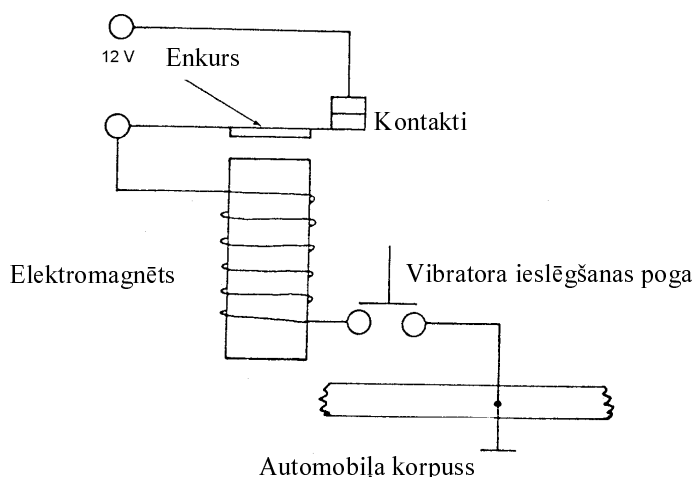
- tajā ir izveidots sprieguma regulators, kas nodrošina konstantu spuldžu mirgošanas frekvenci elektroenerģijas avota sprieguma svārstību diapazonā no 9 līdz 15 V;
- uz salīdzināšanas pakāpi tiek padota potenciālu starpība no ierobežojošā rezistora  $R_K$ , kura pretestība ir  $30\text{M}\Omega$  un kurš ir ieslēgts gaismas virzienrāžu spuldžu ķēdē. Ja kāda no spuldzēm sabojājas, tad sprieguma kritums uz rezistora  $R_K$  samazinās divas reizes. Tā kā šis rezistors ir paralēli slēgts kontūram  $R_1 - C_2$ , kas nosaka mirgošanas frekvenci, tad mirgošanas frekvence arī palielinās divas reizes. Šis ir viens no vienkāršākajiem paņēmieniem, kā kontrolēt gaismas virzienrāžu spuldžu kvēldiegu stāvokli;
- kondensatori  $C_1$  un  $C_3$  nogludina sprieguma pulsācijas pārtraucēja releja tinumā un nodrošina aizsardzību pret radiotraucējumiem;
- diode  $D$  aizsargā integrālo shēmu no bojājumiem, kas var rasties pretējas polaritātes elektroenerģijas avota pieslēgšanas gadījumā.

## 6.3. Skaņas signālierīces

### 6.3.1. Vibrācijas trokšņa signālierīces

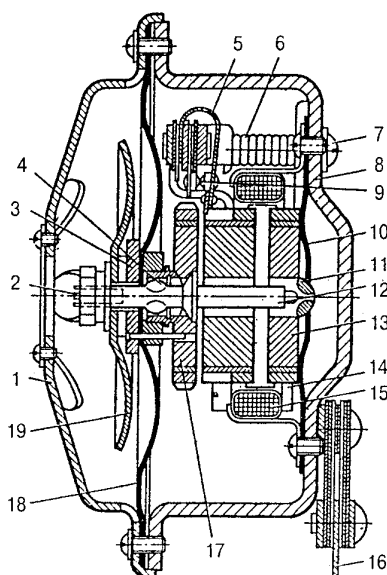
Elektriskās vibrācijas skaņas signalizācijas ierīču darbības pamatā ir membrānas svārstības. Nospiežot skaņas signalizācijas slēdzi, ierīces elektromagnēta spoles tinumā sāk plūst strāva, kuras radītais magnētiskais lauks pievelk enkuru kopā ar tam piestiprinātu membrānu un kustīgu pārtraucēja kontaktu. Kontaktiem atslēdzoties, strāva elektromagnēta spoles tinumā tiek pārtraukta, magnētiskais lauks izzūd, enkurs atgriežas izejas stāvoklī, pārtraucēja kontakti atkal savienojas un

process atkārtojas no jauna, izraisot membrānas mehāniskās svārstības, kuras rada noteiktas frekvences skaņu.



267. att. Elektriskā vibratora darbības shēma

Vibrācijas trokšņa signālierīces ir vienkāršas pēc konstrukcijas un ar samērā nelielu ( $40 \div 60$  W) jaudu. To darbības frekvence ir  $200 \div 400$  Hz, un tām ir diskveida rezonators (268. attēls). Tā kā tik zemas frekvences skaņas signālu var bieži noslāpēt citas skaņas, tad izmanto arī skaņas signālu 2000 Hz diapazonā.



268. att. Vibrācijas trokšņa signālierīce:

- 1 – aizsargvāks ar izgriezumiem; 2, 7 – regulēšanas skrūve; 3 – atsperpaplāksne; 4 – ķīļizcilnis;
- 5 – pārtraucēja atspere; 6 – regulēšanas skrūves atspere; 8 – korpuss; 9 – pārtraucēja kontakti;
- 10 – centrējošā atspere; 11 – ass balsts; 12 – ass; 13 – elektromagnēta serde; 14 – kondensators;
- 15 – elektromagnēta tinums; 16 – balstenis; 17 – enkurs; 18 – membrāna; 19 – diskveida rezonators

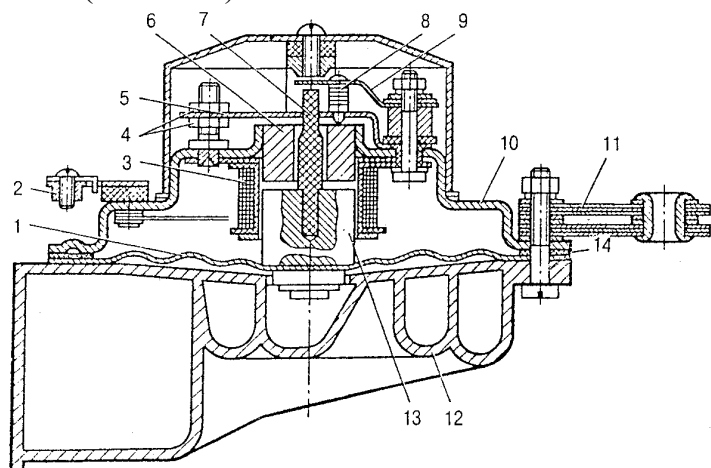
Signālierīces uzbūve un darbība ir zināmā mērā analoga elektriskā vibratora uzbūvei. Lai vibrācijas trokšņa signālierīcēs samazinātu kontaktu dzirksteļošanu, paralēli tiem pieslēdz rezistoru vai kondensatoru.

Signālierīces darbības laikā vibrācijas no membrānas tiek novadītas uz diskveida rezonatoru. Signāla skanēšanas toņa augstums un skaņas izstarošanas vajadzīgais frekvenču diapazons ir atkarīgs no membrānas un rezonatora vibrācijas frekvences. Signāla skaņas kvalitāti regulē ar regulēšanas skrūvi 7, kas atrodas uz korpusa 8 ārējās malas. Regulēšanas skrūve izmaina pārtraucēja kontaktu 9 stāvokli attiecībā pret enkuru 17.

Membrāna 18 tiek saspiesta ar skrūvēm pa perimetru starp korpusu 8 un aizsargvāku 1, bet centrālajā daļā tā ir stingri saistīta ar enkuru 17. Izvēloties attiecīgo regulēšanas paplākšņu biezumu starp korpusu un membrānu, regulē atstarpi starp enkuru un serdi. No atstarpes lieluma starp enkuru un serdi ir atkarīgs signāla skaļums, tonis un arī patērējamā strāva.

### 6.3.2. Vibrācijas tonālās signālierīces

Vibrācijas tonālās signālierīces darbības princips neatšķiras no vibrācijas trokšņa signālierīces darbības principa, bet konstruktīvā risinājuma būtiska atšķirība ir tā, ka skaņas pastiprināšanai kalpo nevis diskveida rezonators, bet gan spirālveida rezonators, kas izveidots taures formā (269. attēls).



269. att. Vibrācijas tonālā signālierīce:

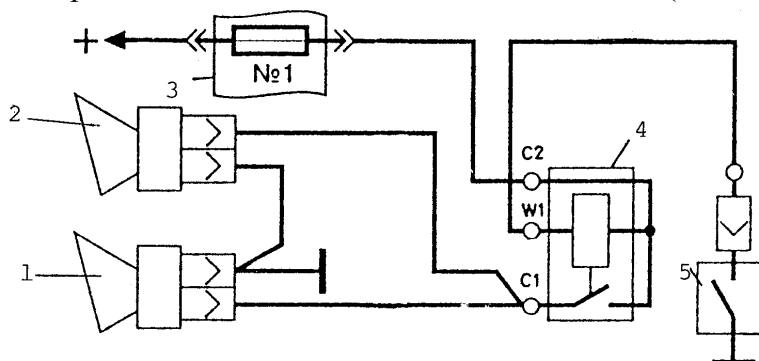
- 1 – membrāna;
- 2 – elektromagnēta tinuma izvads;
- 3 – elektromagnēta tinums;
- 4 – regulēšanas uzgriežņi;
- 5 – nekustīgā kontakta plāksne;
- 6 – elektromagnēta serde;
- 7 – atbalsttapa;
- 8 – kontakti;
- 9 – kustīgā kontakta atspere;
- 10 – korpuss;
- 11 – balstenis;
- 12 – spirālveida rezonators jeb taure;
- 13 – enkurs;
- 14 – regulēšanas paplākšne

Tonālās signālierīces skaņas tonis (augstums), stiprums un tembrs ir atkarīgi no membrānas biezuma, diametra un rezonatora formas izmēriem. Tā, piemēram, signālierīce ar biezāku membrānu un īsāku tauri dod skaņu ar augstāku toni.

Tonālās signālierīces skaņas toni var regulēt, izmantojot uzgriežņus 4 un regulēšanas paplākšnes 14. Piemēram, palielinot spraugas platumu starp elektromagnēta serdi 6 un enkuru 13, skaņas signāla tonis pazeminās.

Kustības troksni vislabāk pārklāj un apdzenamā automobiļa salonā ir labi dzirdami tie tonālie signāli, kuru frekvenču spektrs atrodas 1800 ÷ 3550 Hz diapazonā.

Parasti izmanto vairākas paralēli savienotas un ar 65 ÷ 100 Hz frekvences starpību dažādos toņos noskaņotas tonālās signālierīces, kas, skanot kopā, dod akordsignālu. Tā kā katra tonālā signālierīce patērē apmēram 7,5 A strāvu, tad elektroenerģijas avotam tās pieslēdz ar releja palīdzību, lai samazinātu caurplūstošo strāvu caur stūresratā iebūvēto slēdzi (270. attēls).

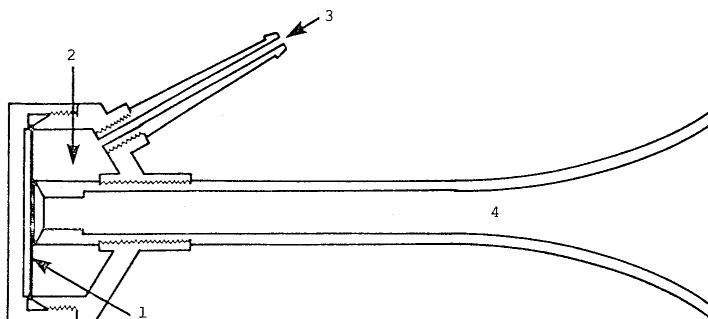


270. att. Tonālo signālierīču ieslēgšanas shēma:

- 1 – tonālā signālierīce ar augstu toni; 2 – tonālā signālierīce ar zemu toni; 3 – drošinātājs;
- 4 – ieslēgšanas relejs; 5 – signālierīces ieslēgšanas poga uz stūresrata

### 6.3.3. Pneimatiskās signālierīces

Gaiss no kompresora (vai gāze no balona) tiek padots ar spiedienu gaisa kamerā, kuras izplūdes kanālu nosedz membrāna (271. attēls). Spiedienam sasniedzot vajadzīgo lielumu, gaiss izplūst pa gaisa tauri, atspiežot un iesvārstot membrānu. Gaisa spiedienam samazinoties, membrāna noslēdz tā izplūdes kanālu un cikls var atkārtoties.



271. att. Pneimatiskā signālierīce

1 – membrāna; 2 – gaisa kamera; 3 – gaiss no kompresora vai gāze no balona; 4 – gaisa taure

Pneimatiskās signālierīces patērē apmēram 100 W lielu jaudu, un tās pēc ieslēgšanas dod signālu ar lielāku nokavēšanos nekā vibrācijas signālierīces. Pneimatiskajās signālierīcēs, izmantojot speciālu gaisa vārstu, var iegūt mainīga toņa signālu – melodiju.

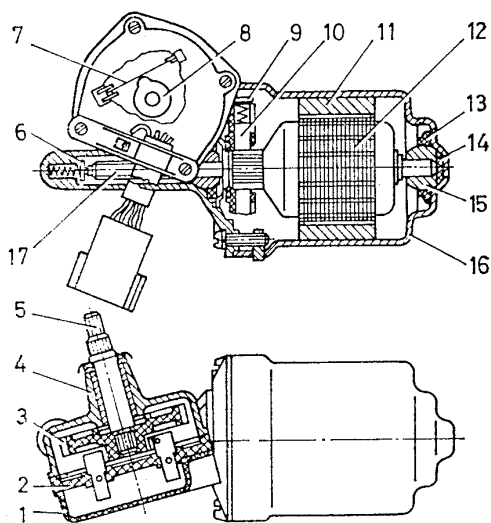
### 6.4. Stikla tīrītāji un mazgātāji

Automobilis atbilstoši Ceļu satiksmes noteikumiem ir jāaprīko ar darba kārtībā esošiem stikla tīrītājiem. Automobilim uzstāda priekšējā un aizmugurējā loga stikla tīrītājus, kā arī optisko bloku stikla tīrītājus. Stikla tīrīšanu var veikt

- tikai ar tīrītājiem;
- ar tīrītājiem un mazgātājiem;
- tikai ar mazgātājiem.

Tehnisko noteikumu minimālās prasības attiecībā uz stikla tīrītājiem nosaka, ka ir jābūt vismaz vienam stikla tīrītājam ar vienu slotiņu un stikla mazgātāju.

Parasti izmanto stikla tīrītāju ar divām slotiņām un vairāku ātrumu elektropiedziņu, kas sastāv no elektromotora ar reduktoru (272. attēls) un kloķa – kļāņa mehānisma (273. attēls).



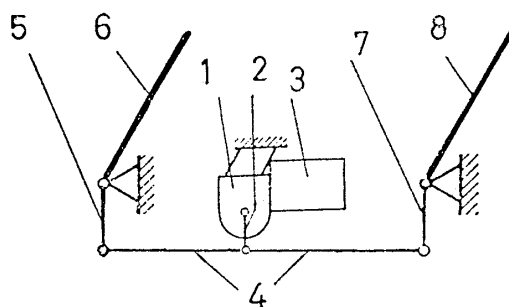
272. att. Stikla tīrītāja elektromotors ar reduktoru (motorreduktors):

- 1 – vāks; 2 – kontaktu panelis;
- 3 – gliemežrats; 4 – reduktora korpusis;
- 5 – reduktora vārpsta;
- 6 – elektromotora enkura vārpstas pēda;
- 7 – divpozīciju galaslēdža kustīgais kontakts;
- 8 – gliemežrata izcilnis;
- 9 – suku turētājs;
- 10 – suka;
- 11 – pastāvīgā magnēta pols;
- 12 – enkurs;
- 13 – filca gredzens;
- 14 – balstplāksne;
- 15 – gultnis; 16 – korpusis; 17 – gliemezis

Gliemeža motorreduktora konstruktīvo risinājumu nosaka tajā ietilpstošā elektromotora īpatnējā konstrukcija, kura enkura vārpsta ir pagarināta un nobeidzas ar gliemezi. Gliemežpārvads



samazina elektromotora rotācijas frekvenci un palielina griezes momentu atbilstoši pārnesumskaitlim, kā arī izmaina rotācijas plakni. Kloķa – klaņa mehānisms pārveido reduktora vārpstas rotācijas kustību tīrītāja slotiņu turp – atpakaļ kustībā pa stiklu.



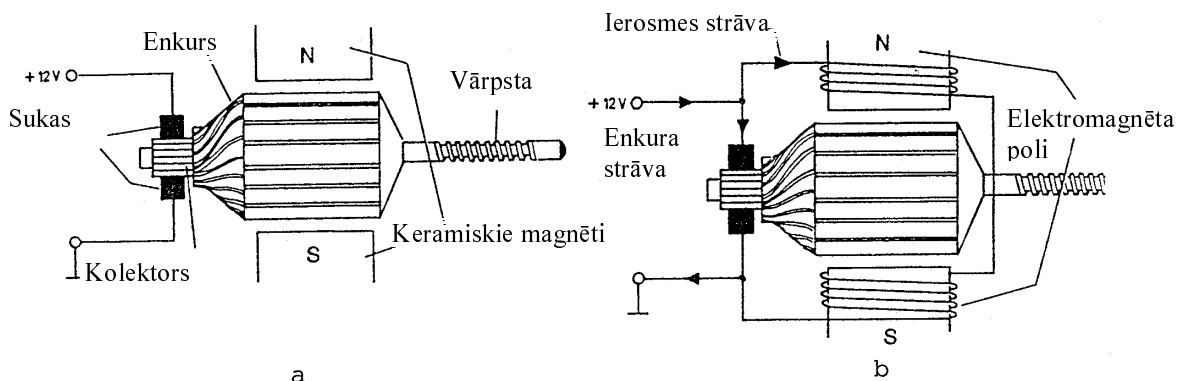
273. att. Stikla tīrītājs:

1 – reduktors; 2 – kloķis; 3 – elektromotors; 4 – klaņi; 5 un 7 – sviras; 6 un 8 – slotiņas

Stikla tīrītājiem var būt 1 ÷ 3 dažādi darba režīmi: tikai viens darba ātrums, divi darba ātrumi vai tīrīšana ar pārtraukumiem un divi darba ātrumi. Stikla tīrītāju darba režīmu maiņai izmanto pārslēdzus un elektromagnētiskos vai elektroniskos relejus.

Stikla tīrītāju vadību parasti apvieno ar mazgātāju vadību, izmantojot daudzfunkcionālo pārslēdzi pie stūresrata. Ieslēdzot stikla mazgātājus, automātiski ieslēdzas stikla tīrītāji netīrumu notīrīšanai. Mazgātājus izslēdzot, tīrītāji vēl kādu laiku strādā, bet pēc tam tie arī izslēdzas.

Automobiļos stikla tīrītāju piedziņai izmanto elektromotorus ar pastāvīgo magnētu ierosmi vai ar paralēlo elektromagnētisko ierosmi (274. attēls).

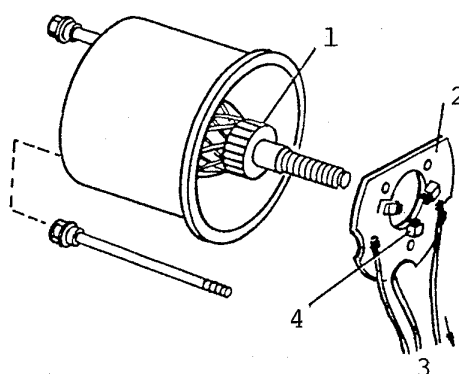


274. att. Elektromotori stikla tīrītāju piedziņai:

a – ar pastāvīgo magnētu ierosmi; b – ar elektromagnētisko ierosmi

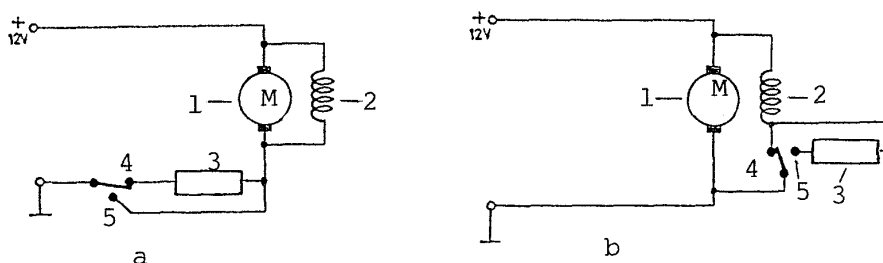
Elektromotorus ar elektromagnētisko ierosmi nomaina elektromotori ar pastāvīgo magnētu ierosmi, kas saistās ar jaunu magnētisko materiālu izveidošanu un ražošanu. Pastāvīgos magnētus izgatavo no speciālas metālkeramikas. Pastāvīgo magnētu lietošana uzlabo un vienkāršo elektromotoru konstrukciju, samazina elektroenerģijas patēriņu un palielina ekspluatācijas drošumu.

Elektromotori ar pastāvīgo magnētu ierosmi ir vienātruma un divātrumu. Vienātruma elektromotoros elektroenerģijas pievadīšanai izmanto divas sukas, kuras tiek novietotas viena otrai pretī radiāli vai aksiāli. Divātrumu elektromotori ir apgādāti ar trijām sukām (275. attēls), pie kam papildu suka ir novietota noteiktā leņķī pret vienu no sukām un tā ir šaurāka par abām pārējām. Spriegumu uz papildus suku pievada tikai tad, kad jāiegūst lielāka elektromotora rotācijas frekvence.



275. att. Divātrumu elektromotora ar pastāvīgu magnētu ierosmi un suku novietojums:  
1 – kolektors; 2 – trīs suku turētāji; 3 – vadi uz slēdži; 4 – papildu suka ātruma palielināšanai

Elektromotoriem ar elektromagnētisko ierosmi divātrumu režīmu var panākt, ieslēdzot papildu rezistoru enkura vai paralēlās ierosmes ķēdē (276. attēls).



276. att. Stikla tīrītāju paralēlās ierosmes elektromotoru rotācijas frekvences regulēšana:

a – ieslēdzot papildu rezistoru enkura ķēdē; b – ieslēdzot papildu rezistoru ierosmes ķēdē

Ieslēdzot papildu rezistoru enkura ķēdē, samazinās enkura tinumam pievadītais spriegums un līdz ar to arī caur to plūstošā strāva, kā rezultātā samazinās elektromotora rotācijas frekvence. Tomēr šim regulēšanas paņēmienam ir arī trūkumi:

- samazinoties barošanas spriegumam, samazinās elektromotora jauda, kas var kļūt par iemeslu elektromotora bojājumam spēcīga lietūs vai blīva sniega snigšanas gadījumā;
- tā kā papildu rezistors tiek ieslēgts enkura ķēdē, kurā plūst samērā liela strāva, tad papildu rezistorā rodas ievērojami enerģijas zudumi, kas samazina elektropiedziņas efektivitāti.

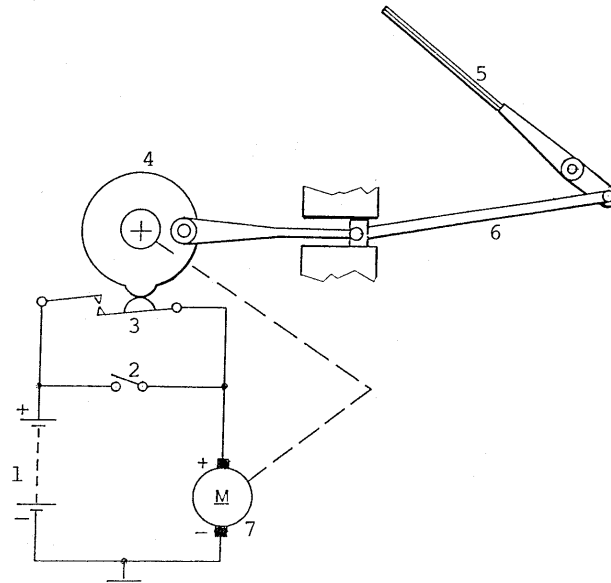
Ieslēdzot papildu rezistoru paralēlās ierosmes ķēdē, samazinās strāvas stiprums ierosmes tinumā un līdz ar to arī strāvas radītā magnētiskā lauka plūsma, kā rezultātā palielinās elektromotora rotācijas frekvence. Tā kā strāva ierosmes tinumā ir daudzkārt mazāka par strāvu enkura tinumā, tad enerģijas zudumi papildu rezistorā šajā gadījumā ir ievērojami mazāki.

Stikla tīrītāju piedziņas elektromotoru parasti pieslēdz vienam ar aizdedzes slēdži saistītam drošinātājam. Tādā veidā to ir iespējams ieslēgt tikai tad, kad ir ieslēgta aizdedze.

#### 6.4.1. Stikla tīrītāju slotiņu novietošana, tās apstādinot

Vadītājs nevar izslēgt stikla tīrītāju piedziņu precīzi tad, kad slotiņas atrodas loga stikla vienā malā. Automobiļiem stikla tīrītāju piedziņas atslēgšanas gadījumā slotiņas automātiski atgriežas izejas stāvoklī.

277. attēlā parādīts, ka elektromotors izslēgsies tikai tad, kad stikla tīrītāja slotiņa atgriezīsies izejas stāvoklī un atslēgsies galaslēdža kontakti.

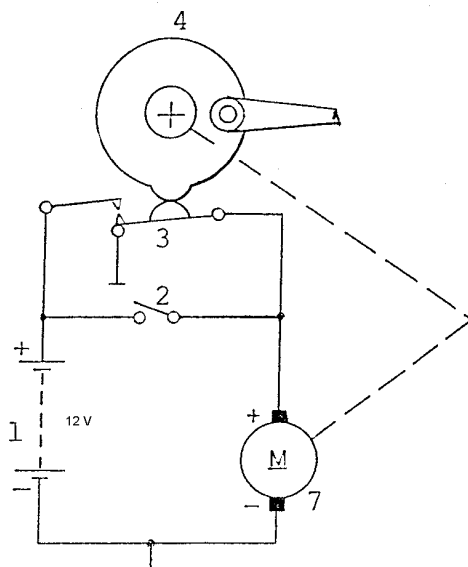


277. att. Stikla tīrītāju slotiņu apstādināšana, izmantojot galaslēdzi:

1 – akumulators; 2 – stikla tīrītāja slēdzis; 3 – galaslēdzis; 4 – gliemežrata izcilnis;  
5 – slotiņas novietošanas stāvoklis; 6 – klanis; 7 – elektromotors

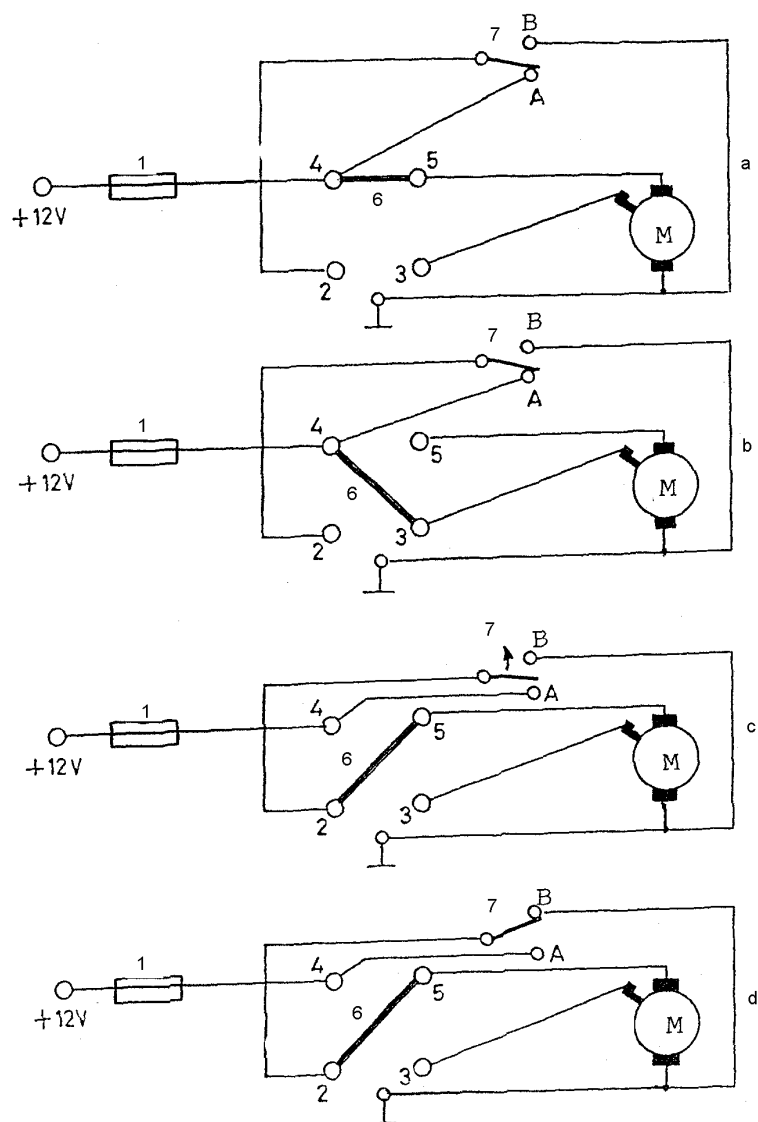
Stikla tīrītāju slotiņas ne vienmēr izdodas nekavējoši apstādināt vajadzīgajā vietā. Piemēram, stikla tīrītāju elektromotoram uzsilstot, samazinās berze vai priekšējais stikls lietus laikā kļūst mitrs un, slotiņām nesastopot pretestību, to virzes ātrums var pieaugt tiktāl, ka tās nespēj savlaicīgi apstāties tām paredzētajā vietā.

Šī uzdevuma atrisināšanai izmanto rekuperatīvo bremzēšanu (278. attēls). Paralēli vadītāja stikla tīrītāju ieslēgšanas slēdzim, ar kuru viņš ieslēdz piedziņas elektromotoru, ir ieslēgts galaslēdzis, ko darbina gliemežrata izcilnis un kura kustīgais kontakts savieno elektromotora pozitīvo spaili ar masu. Elektromotoram darbojoties un tā enkuram rotējot magnētiskajā laukā, tajā inducējas EDS. Tā kā enkurs tiek savienots ar masu, tad EDS ir vērsts pretim tā rotācijai, kas krasi samazina enkura rotācijas frekvenci, un elektromotors praktiski momentāni apstājas.



278. att. Elektromotora rekuperatīvā bremzēšana

279. attēlā parādīta stikla tīrītāju divātrumu elektromotora ieslēgšanas shēma ar rekuperatīvo bremzēšanu un slotiņu automātisku apstādināšanu. Stikla tīrītāju piedziņas zobrata aizmugurē novietots divpozīciju galaslēdzis ar kontaktiem A un B, kuri izvietoti tā, ka gliemežrata izcilnis vispirms pārtrauc kontaktu A, pēc tam kādu laiku abi kontakti ir atvērti, tad saslēdzas kontakts B.

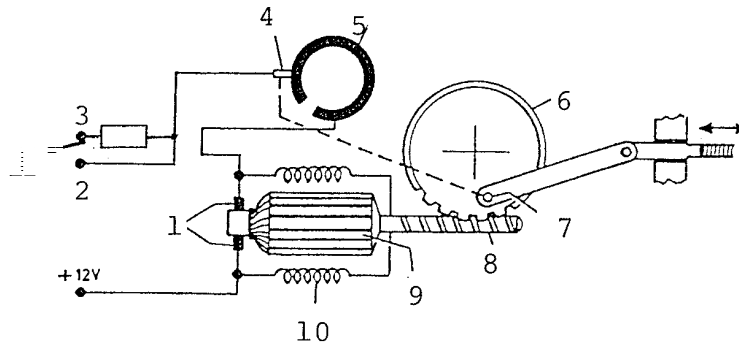


279. att. Stikla tīrītāju divātrumu elektromotora slēguma shēma:

- 1 – drošinātājs; 2, 3, 4 un 5 – pārslēdža kontakti; 6 – trīs pozīciju pārslēdzis; 7 – galaslēdzis;  
 A un B – galaslēdža kontakti; a – stikla tīrītāju darbība normāla ātruma režīmā;  
 b – stikla tīrītāju darbība palielināta ātruma režīmā;  
 c – stikla tīrītāja izslēgšanas pirmā fāze: kontakti A un B ir atvērti;  
 d – stikla tīrītāja izslēgšanas otrā fāze: kontakti B saslēdzas, un elektromotors apstājas rekuperatīvās  
 bremzēšanas iespaidā

Vadītājam izslēdzot stikla tīrītājus, tiek saslēgti savā starpā kontakti 2 un 5 un strāva turpina plūst caur elektromotoru, izmantojot saslēgto kontaktu A. Brīdī, kad stikla tīrītāju slotiņas tuvojas apstāšanās vietai, gliemežrata izcilnis pārtrauc kontaktu A un elektromotors samazina apgriezienus, pie kam šajā fāzē strāva caur elektromotoru neplūst. Ja elektromotors tomēr pietiekami ātri nesamazina savu ātrumu, tad tālākā gliemežrata kustība saslēdz kontaktu B, līdz ar to tiek ieslēgta rekuperatīvā bremzēšana un elektromotora enkurs pārtrauc rotācijas kustību.

Elektromagnētiskās ierosmes elektromotoriem stikla tīrītāju automātiska slotiņu novietošana tiek panākta, izmantojot mehānisku slēdzi. Šim nolūkam reduktora vāka iekšpusē novieto strāvu nevadošu disku, uz kura nostiprina misiņa gredzenu ar nelielu izgriezumu, pa kuru slīd atspērīgs kontakts, kas ir savienots ar kloķa – klaņa mehānismu (280. attēls). Izslēdzot stikla tīrītājus, to elektromotors tupina darboties līdz tam laikam, kamēr kontakts sasniegs izgriezumu misiņa gredzenā un izslēgs elektromotoru, slotiņas sasniegs savu novietojuma vietu loga malā, lai netraucētu redzamību.



280. att. Elektromagnētiskās ierosmes stikla tīrītāju divātrumu elektromotora slēguma shēma:

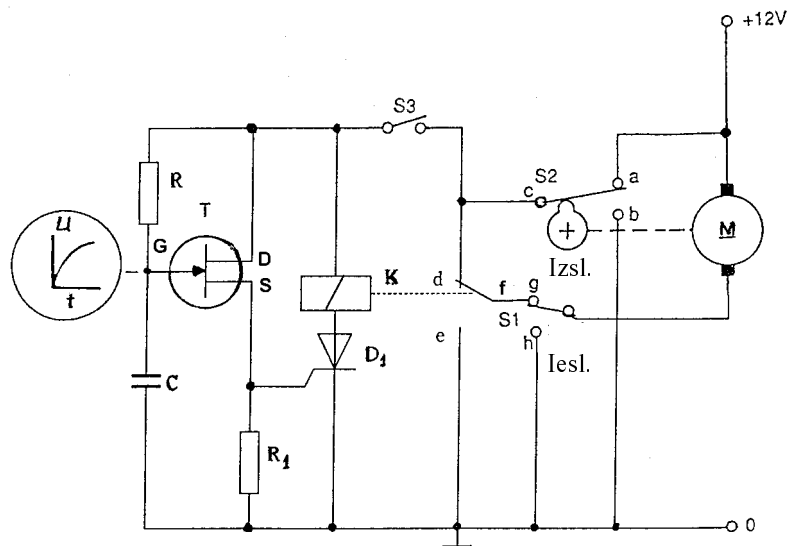
1 – sukas; 2 un 3 – kontakti; 4 – rotējošs atsperīgs kontakts; 5 – misiņa gredzens; 6 – gliemežrats; 7 – klanis; 8 – gliemezis; 9 – enkurs; 10 – ierosmes tinums

Stikla tīrītājus ar elektromagnētiskās un pastāvīgā magnēta ierosmes elektromotoriem darbina nepārtrauktas un pārtrauktas darbības režīmos. Stikla tīrītāju darbība pārtrauktas darbības režīmā parasti ir nepieciešama tad, ja līst ļoti smalks vai rets lietus, ja ir mitrs asfalts vai ceļš un logs it kā apraso vai tiek samērā blīvi nošķiests, tā aprūtinot vadītājam redzamību.

#### 6.4.2. Stikla tīrītāju lietošana pārtrauktas darbības režīmā

Pārtrauktas darbības režīmu var panākt, ieslēdzot elektromotora ķēdē elektromagnētisku bimetāla vai elektronisku pusvadītāju pārtraucēju, kas ik pēc brīža uz neilgu laiku ieslēdz stikla tīrītājus.

Bimetāliskā pārtraucēja darbības cikla frekvence ir  $9 \div 20$  cikli minūtē. Elektroniskā pārtraucēja intervāli starp ieslēgšanas periodiem ir apmēram  $4 \div 6$  sekundes, un to lielumu nosaka svārstību kontūra RC laika konstante, kas ir atkarīga no kondensatora C izlādēšanās laika (281. attēls), ja pārtrauktas darbības režīma slēdzis  $S_3$  ir ieslēgts.



281. att. Stikla tīrītāju darbība pārtrauktas darbības režīmā:

$S_1$  – galvenais slēdzis;  $S_2$  – slotiņu automātiskās novietošanas slēdzis;  $S_3$  – pārtrauktas darbības ieslēgšanas slēdzis

Ieslēdzot pārtrauktas darbības režīma slēdzi  $S_3$ , notiek kondensatora C uzlādēšanās, līdz ar to spriegums uz tā pieaug pēc eksponentes likuma. Tam sasniedzot noteiktu lielumu  $U$ , tiek atvērts lauktranzistors T. Ķēdē sāk plūst strāva, radot uz rezistora  $R_1$  spriegumu kritumu, kas tiek padots uz tiristora vadības elektrodi un atver tiristoru  $D_1$ . Tiristoram  $D_1$  atveroties, ieslēdzas

elektromagnētiskais relejs. Tā enkuram pievelkoties, atslēdzas kontakti f – d un saslēdzas kontakti f – e.

Ja stikla tīrītāju galvenais slēdzis S1 vēl atrodas ieslēgtā stāvoklī, tad elektromotors tiek pieslēgts 12V spriegumam un stikla tīrītāji sāk darboties pārtrauktas darbības režīmā.

Tā kā lauktranzistors T tagad vada strāvu, tad kondensators C sāk caur to izlādēties, līdz ar to spriegums uz lauktranzistora aizvara G samazinās un lauktranzistors aizveras. Līdzko strāva caur rezistoru R<sub>1</sub> neplūst, tiristors D<sub>1</sub> aizveras, elektromagnētiskais relejs K atslēdzas un tā kontakts pārslēdzas no stāvokļa e stāvoklī d. Stikla tīrītāja motors nesaņem spriegumu un apstājas.

Normālā režīmā stikla tīrītāji darbojas, ja slēdzis S1 ir pārslēgts stāvoklī h. Lai izslēgtu stikla tīrītājus, slēdzis S1 ir jāpārslēdz no stāvokļa h stāvoklī g. Šajā gadījumā stikla tīrītāju elektromotors turpina vēl griezties, līdz galaslēdža S2 gliemežrata izcilnis pārslēdz tā kontaktus stāvoklī a. Līdz ar to elektromotora enkurs izrādās saslēgts īsi un notiek rekuperatīvā bremsēšana, kā rezultātā motors ļoti ātri apstājas.

Citās konstrukcijās svārstību kontūra R – C vietā tiek izmantots multivibrators, kurš uz elektromagnētisko releju padod vadības impulsus ar noteiktu intervālu. Visā pārējā shēma neatšķiras no iepriekš apskatītās.

Stiklu tīrīšanai izmanto kombinēto stiklu mazgāšanu ar tai sekojošu stiklu notīrīšanu, kam ir jānotiek šādā secībā:

- stiklu mazgāšana, t. i., vadītājs ieslēdz mazgāšanas ierīci;
- pirms ieslēdz stikla tīrītājus, nepieciešama apmēram vienu līdz divas sekundes ilga aizture, lai netīrumi uz stikla samitrinātos un vieglāk atdalītos no tā;
- stikla tīrīšana, ieslēdzot stikla tīrītājus;
- mazgāšanas ierīce darbu pārtrauc, t. i., vadītājs to izslēdz;
- stikla tīrītāji vēl kādu laiku darbu turpina līdz pilnīgai stikla notīrīšanai (apmēram 5 cikli), tad tie apstājas.

Atsevišķos automobiļu modeļos vienlaicīgi ar stikla mazgāšanu un tīrīšanu notiek arī automobiļu priekšējo lukturu mazgāšana un tīrīšana.

Stikla mazgātāji sastāv no nelielas mazgāšanas šķidrums tvertnes, sūkņa ar elektropiedziņu un sprauslām, kas savā starpā ir savienoti ar lokanām, caurspīdīgām plastmasas caurulītēm. Izmanto rotorsūkņus vai centrālās sūkņus. Lai mazgātājos varētu izmantot tikai ūdeni arī ziemas apstākļos, tajos var būt iebūvēti elektriskie sildītāji vai ierīkota apsildīšana no dzesēšanas sistēmas.

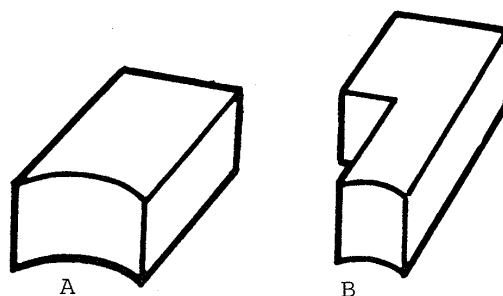
Mazgātājos izmanto nelielas jaudas elektromotoru ar pastāvīgo magnētu ierosmi un centrālās sūkni. Elektromotors ar sūkni var būt novietots tieši mazgāšanas šķidrums tvertnē (tilpums 2 vai 4 litri) vai atsevišķā vietā. Lielākā tilpuma tvertne ir paredzēta stiklu un lukturu mazgātājam. Caurulītēs, kuras savieno sūkni ar sprauslām, tiek ievietoti vārsti, kas pēc sūkņa izslēgšanas novērš šķidrums izplūdi no caurulītēm.

Sūknis ir apgādāts ar ieplūdes vadā ievietotu filtru. Sūknis ir konstruēts tā, lai tas varētu strādāt temperatūras diapazonā no –20°C līdz +80°C, ja tvertne ir pildīta ar nesasalstošu šķidrums.

Tipiskos ekspluatācijas apstākļos (strāva 2,8 A, spriegums 13,5 V) sūkņa ražīgums pie 1,7 bar spiediena ir 0,74 l/min. Mazgātāju elektropiedziņas ieslēgšanai izmanto releju, kas mazgātājus ieslēdz uz noteiktu laiku.

#### 6.4.3. Stikla tīrītāju ekspluatācija

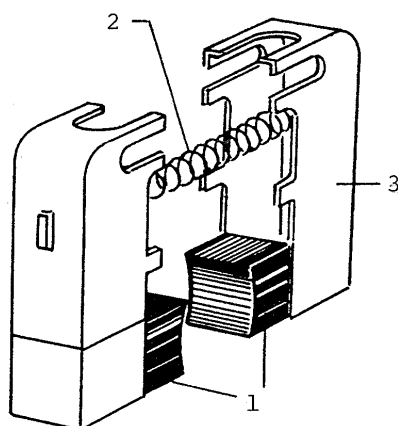
Stikla tīrītāju motori parasti ir ievietoti hermētiskā korpusā un bojājums gadījumos tos neremontē. Rezerves daļas šāda veida elektromotoriem neražo. Remonta vajadzībām varētu izmantot detaļas no līdzīgiem elektromotoriem. Visbiežākais stikla tīrītāju bojājums ir suku nodilums, to minimālais augstums nedrīkst būt mazāks par 5 mm. Palielināta ātrums sukai nedrīkst pieļaut, ka nodilst tās šaurākā daļa (282. attēls).



282. att. Stikla tīrītāju elektromotora sukas:

A – normāla ātruma suka; B – palielināta ātruma suka

Elektromotoriem ar pastāvīgā magnēta ierosmi sukas atrodas plastmasas korpusā, bet elektromotoriem ar elektromagnētisko ierosmi – suku turētājā, un tās tiek piespiestas pie kolektora ar atsperu palīdzību (283. attēls).



283. att. Elektromagnētiskās ierosmes elektromotora sukas :

1 – sukas; 2 – piespiedējatspere; 3 – suku turētājs

Elektromotora enkuru bojājumu gadījumā neatjauno. Ja apskatē konstatē, ka ir apdegusi izolācija vai kolektors ir galīgi nolietojies (tas tiek izgatavots no ļoti plānām vara plāksnītēm), tad enkurs ir jānomaina. Elektromotora izjaukšanas darbi ir jāizpilda rūpīgi, tie ir atkarīgi no elektromotora konstrukcijas īpatnībām, tomēr jebkurā gadījumā ir jāseko tam, lai netiktu sabojāti galaslēdža vadi. Pirms galaslēdža noņemšanas ir jāatzīmē tā kontaktu stāvoklis, lai to varētu pareizi salikt. Jāpārbauda arī enkura aksiālā brīvkustība, kurai nevajadzētu pārsniegt 0,25 mm. Dažos elektromotoros aksiālo brīvkustību regulē ar regulēšanas paplāksnēm, bet citos – ar speciālu regulēšanas skrūvi, kuru nodrošina ar pretuzgriezni.

Rūpīgi pārbauda zobratu pārvalu un pārliacinās, vai nav pārlieku izdiluši tā zobi, vai pārvalds pietiekamā daudzumā piepildīts ar konsistentu ziežvielu un vai zobrati atrodas kontaktā ar ziedi. Eksploataācijas procesā zobrati ziežvielā izveido brīvu telpu, kas aptver zobratus un faktiski ziežviela tiem nepieskaras.

Ja gliemežreduktoru nomaina ar jaunu, tad jāpārliacinās, vai tā tips atbilst stikla tīrītāju mehānismam, jo leņķis, pa kuru pagriežas stikla tīrītāju slotiņas, ir atkarīgs no piedziņas vārpstas stāvokļa. Šo leņķi apzīmē ar skaitli, kuru iesit gliemežratā (piemēram, 130°).

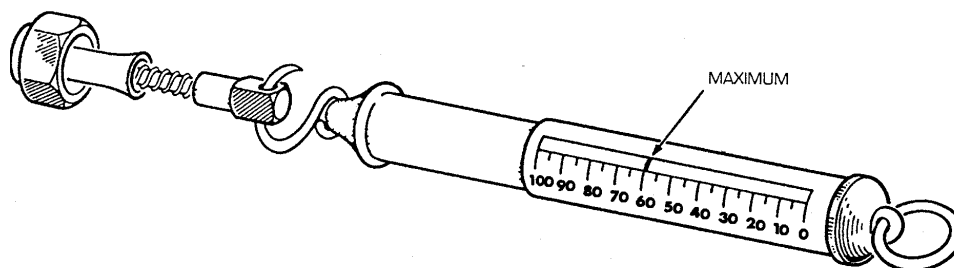
Uzstādot jaunu gliemežreduktoru, ļoti svarīgi ir ievērot, lai pareizi tiktu uzliktas visas uz zobrata novietojamās (īpaši – gofrētās) paplāksnes. Saliekot piedziņu, visas kustīgās detaļas ir jāieziež ar ziežvielu, ko rekomendē izgatavotājs.

### **Stikla tīrītāju darbības traucējumi, to novēršana**

**Elektromotora neieslēgšanās.** Viens no visvairāk iespējamiem iemesliem šajā gadījumā var būt slēdža bojājums vai elektromotora vadu īsslēgums uz korpusu. Dažreiz elektromotors atslēdzas pārslodzes (piemēram, slotiņām pārvietojoties pa sausu stiklu) vai arī zema sprieguma dēļ. Šādos gadījumos ir jāpieregulē slotiņu apstāšanās slēdzis.

**Slotiņas nepārvietojas vai pārvietojas pārāk lēni.** Viens no iespējamiem bojājumu iemesliem var būt lokanā pārvada pārmērīga piesārņotība ar netīrumiem vai iekļīlēšanās šarnīros. Otrajā gadījumā pārliecinās, vai stieņņi netrinas gar automobiļa virsbūvi.

Ja izmanto zobstieņa piedziņas mehānismu, tad tā pārbaudei nepieciešams noņemt gliemežreduktora vāku un atvienot zobstieni no piedziņas mehānisma. Pēc tam mēģina kustināt zobstieni uz priekšu un atpakaļ, skatoties, vai pārvietojas arī slotiņas. Šim nolūkam vajadzīga neliela (apmēram 25 N) piepūle (284. attēls). Ja nepieciešamais spēks ir daudzkārt lielāks, tad atvieno slotiņu sviras, izvelk zobstieni un ieziež to.



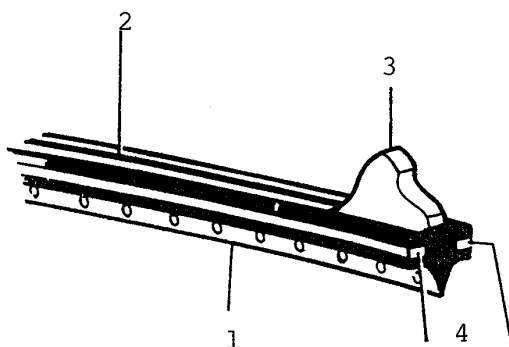
284. att. Stikla tīrītāju berzes spēka mērīšana piedziņas mehānismā

**Pārmērīgi nolietojies zobstienis un zobrats.** Zobstieņa un zobrata pārmērīgs nolietojums rada slotiņu brīvkustību, piemēram, kustības apakšējā punktā tās var aizķerties aiz vējstikla blīvējuma vai arī izdarīt nepilnas kustības pa stiklu. Atsevišķos gadījumos slotiņas var vispār apstāties, kaut gan ir dzirdams, ka piedziņas elektromotors darbojas ar pilniem apgriezieniem. Zobrati sviru piedziņā darbojas tikai ierobežotā sektorā, tāpēc, pagriežot tos par pus apgriezieni uz vienu vai otru pusi, ir iespējams paildināt to ekspluatācijas laiku.

Ja sviru piedziņas zobrati ir pārmērīgi nolietoti, tad tos ir nepieciešams nomainīt. Piedziņas zobratu stiprinājuma uzgrieznis atrodas stikla tīrītāju sviru aizmugurē.

**Stikla tīrītāju slotiņas** nolietojas pakāpeniski, un lēmums par to nomaiņu var rasties tikai tad, kad to darba efektivitāte ir ievērojami samazinājusies. Par to liecina netīrumu izkļiedēšana pa vējstiklu, bojātas darba virsmas malas, kā arī tas, ka uz stikla rodas laukumi, kurus vispār slotiņas neaizskar.

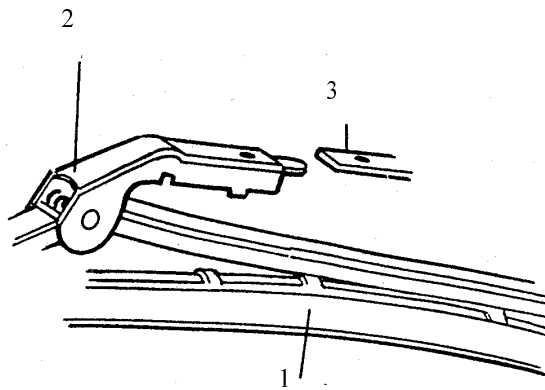
Stikla tīrītāju slotiņas ieteicams nomainīt katru gadu, var nomainīt arī tikai to gumijas ieliktnus. Ja ekonomisku apsvērumu dēļ izvēlas tikai gumijas ieliktna nomaiņu, tad jāpārliecinās, ka slotiņas metāliskā daļiņa ir labā stāvoklī. Tapas un to urbumi var būt tik ļoti nolietoti, ka var izraisīt stikla tīrītāju neefektīvu darbību. Iegādājoties tikai slotiņas gumijas ieliktni, kopā ar to nepieciešams iegādāties arī metāliskās sānu slīdes, jo tās nodrošina slotiņas darba virsmas labu kontaktu ar stiklu (285. un 286. attēls).



285. att. Slotiņas konstrukcija:

- 1 – darba virsma;
- 2 – vidējā stiprības sija;
- 3 – atbalsts,
- 4 – montāžas rievās





286. att. Slotiņas pievienošanas veids:

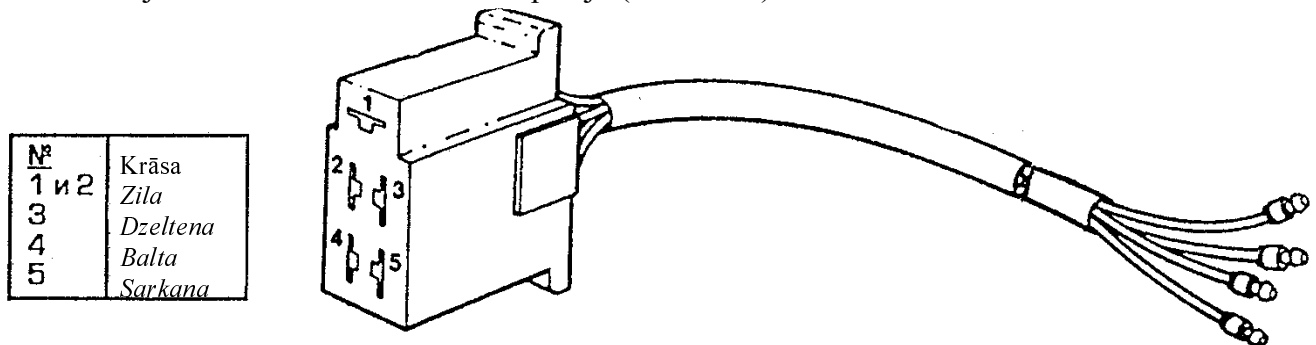
1 – slotiņa; 2 – atsperīga svira; 3 – pievienošanas plāksne

Stikla tīrītāju sviru piespiedējatsperes laika gaitā atslābst. Atsperu piespiešanas spēku noregulē rūpnīcas apstākļos. Ja to piespiešanas spēks ir pārāk liels, pastiprinās slodze uz elektromotoru, bet ja tas ir mazs, samazinās stikla tīrītāju darbības efektivitāte.

Intensīva stikla tīrītāju vibrācija var rasties tāpēc, ka ir zaudēta paralelītāte starp stiklu un stikla tīrītāju sviru. Lai to pārbaudītu, ir jānoņem slotiņa un jāpārbauda sviru un stikla paralelītāte. Nepieciešamības gadījumā sviras var nedaudz pieliekt.

#### 6.4.4. Stikla tīrītāju elektromotoru pārbaude

Automobiļos elektroapgādes vadi parasti ir apvienoti spraudkontakta savienojumos. Pārbaudes vajadzībām rekomendē izveidot pāreju (287. attēls).



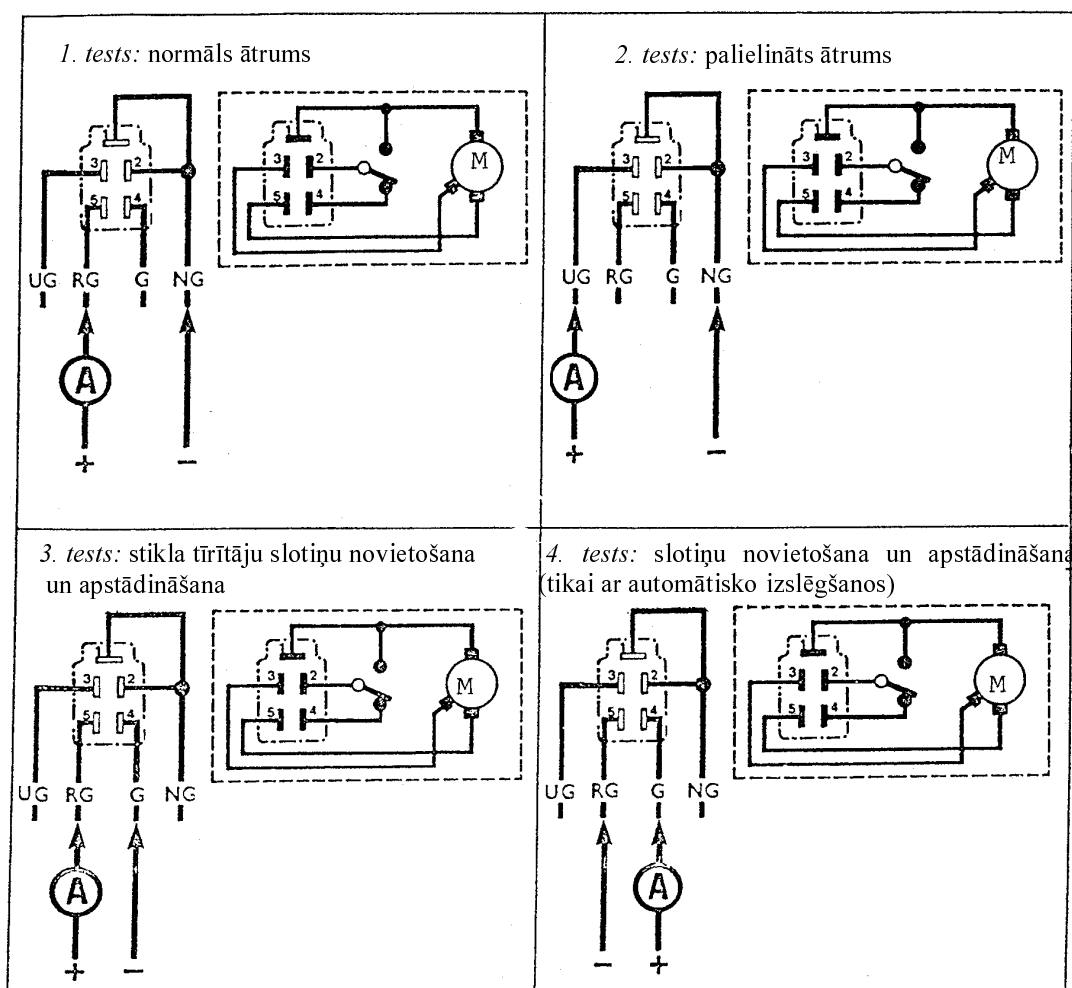
287. att. Elektromotora pārbaudes pārejas izveidošana Lucas sistēmas stikla tīrītājam

Elektromotora pārbaudes vajadzībām to atvieno no elektroapgādes spraudkontakta un izveido pārbaudes shēmu, izmantojot ampērmetru (288. attēls) un veicot pārbaudes testus.

Izvēloties ampērmetru, ir jāievēro, ka darbības laikā elektromotors patērē 2 ÷ 4 A stipru strāvu.

13. tabula

Testa Nr.	Akumulatoru baterijas		Elektromotora tips	Darbība
	pozitīvā spaile	negatīvā spaile		
1. tests	Sarkans/zaļš	Brūns / zaļš	Visi tipi	Elektromotors sāk darboties ar normālu ātrumu
2. tests	Zils/zaļš	Brūns / zaļš	Tikai divu ātrumu elektromotoriem	Elektromotors griežas ar paaugstinātiem apgriezieniem
3. tests	Sarkans/zaļš	Zaļš	Tikai elektromotoriem ar automātisku izslēgšanos	Motors griežas līdz novietošanas stāvoklim un tad izslēdzas
4. tests	Zaļš	Sarkans / zaļš	Tikai elektromotoriem ar automātisku izslēgšanos	Motors pārvieto sviras apstādināšanas stāvoklī un apstājas



288. att. Stikla tīrītāju elektromotoru pārbaudes testi (vadu krāsas attiecas uz Lucas sistēmu):

G – zaļa, N – brūna, R – sarkana, U – zila

1. tests: normāls ātrums;

2. tests: palielināts ātrums; barošanas spriegums 12V;

3. tests: stikla tīrītāju slotiņu novietošana un apstādinašana (tikai elektromotoriem ar automātisku izslēgšanos); pārslēdzim ir jāatrodas stāvoklī "ieslēgts". Ja elektromotors negriežas, tad slotiņas atrodas galējā stāvoklī. Atvieno barošanu un pievieno elektromotoru tā, kā parādīts 1. testā, tam dodot iespēju pārbīdīt slotiņas no novietošanas vietas, tad atkārti 3. testu;

4. tests: shēma dota pretējam griešanās virzienam. Ja elektromotors negriežas, tad slotiņas atrodas galējā stāvoklī. Atvieno barošanu un pievieno elektromotoru tā, kā parādīts 1. testā, tam dodot iespēju pārbīdīt slotiņas no novietošanas vietas, tad atkārti 3. testu.

Visi testi tiek izpildīti uz mitra stikla.

### Papildu pārbaude

Ļoti svarīgi ir ievērot pieslēgšanas polaritāti. Ja, izpildot iepriekšējos testus, elektromotors kādā no tiem nedarbojās, tas nozīmē, ka elektromotors ir bojāts. Ja elektromotors ir darba kārtībā, tad bojājums var būt galaslēdzī vai automobiļa instalācijā.

Ja pārbaudes laikā strāva elektromotora ķēdē pārsniedz 4 A, tad noņem stikla tīrītāju sviras un slotiņas un pārbaudi atkārti. Ja arī tagad strāvas stiprums nesamazinās, tas liecina par pārmērīgu berzi sviru piedziņas mehānismā. Šajā gadījumā atvieno piedziņu no elektromotora un atkārti pārbaudi. Ja strāva paliek iepriekšējā līmenī, tas liecina par elektromotora bojājumu. Šim nolūkam jāpārbauda sviru pārvietošanas spēks, kas nedrīkst pārsniegt 25 N, pretējā gadījumā ir jāizjauc piedziņa un jānovērš paaugstinātas pretestības cēlonis.

## 7. APGAISMOŠANAS SISTĒMA

### 7.1. Vispārīgs raksturojums

Automobiļa apgaismošanas sistēmas uzdevums ir

- apgaismot vadītājam ceļu, braucot uz priekšu vai atpakaļgaitā;
- norādīt automobiļa gabarītmērus braucot vai stāvēt;
- izgaismot numura zīmi, salonu, motora un kravas nodalījumu;
- signalizēt par automobiļa piespiedu apstāšanos avārijas gadījumā;
- izgaismot ar pārnēsājamo lukturi remontējamo vietu automobilī.

Apgaismošanas sistēmā ietilpst

- gaismas ierīces;
- mehānismi gaismas ierīču stāvokļa un darba režīmu izmaiņai;
- elektriskie tīkli;
- komutācijas un aizsardzības aparātūra.

Gaismas ierīces pēc uzdevuma iedala

- apgaismes ierīcēs;
- gaismas signālierīcēs.

Gaismas signālierīces iedala

- aktīvās – lukturīši ar savu gaismas avotu;
- pasīvās – atstarotāji, kas signalizē ar atstarotu gaismu.

1958. gadā grupa Eiropas valstu parakstīja savstarpēju vienošanos par transporta līdzekļu aprīkojuma un agregātu oficiālas atzīšanas noteikumiem. Eiropas valstīs, kuras ietilpst Eiropas Ekonomiskajā padomē, pieņemtas vienotas tehniskās prasības automobiļu gaismas ierīcēm. Optisko signalizācijas ierīču uzstādīšanu automobiļos reglamentē Noteikumi 76/ 756.

Visu izstrādāto transporta līdzekļu apgaismes ierīču un citu agregātu atbilstību pieņemtajiem Noteikumiem nosaka speciālās laboratorijās pēc apstiprinātas procedūras. Ja pārbaudāmā ierīce atbilst izvirzītajām prasībām, tad tai tiek piešķirts atbilstošs sertifikāts un noteikta parauga oficiāli apstiprināts marķējums.

Daudzās valstīs pieņemtas arī papildu prasības, kuras nosaka, ka automobilim ir jābūt aprīkotam ar divām priekšējām un divām aizmugurējām sarkanām gabarītgaismām, diviem aizmugurējiem sarkanas gaismas atstarotājiem, bremzēšanas signālgaismu, numura zīmes apgaismojuma gaismu, tuvo gaismu un, ja ātrums pārsniedz 40 km/h, tad arī ar tālo gaismu.

Vairākās valstīs izmanto baltas krāsas priekšējās gabarītgaismas, bet Francijā lieto dzeltenas krāsas priekšējās gabarītgaismas.

Lielbritānijā pieņemts, ka priekšējiem lukturiem jāatrodas vienādā augstumā un, ja spuldžu jauda pārsniedz 7W, jānodrošina gaismas stara korekcijas iespējas, lai neapžilbinātu pretim braucošos vadītājus.

Abiem priekšējiem lukturiem ir jābūt viena tipa un vienas jaudas, tiem ir jāatrodas vienādā attālumā no automobiļa centra.

Pakaļējo gabarītgaismu lukturu spuldžu jaudas nevar būt mazākas par 5W. Parasti pakaļējie lukturi tiek aprīkoti ar sarkanām gaismas atstarojošām prizmām, kas palielina kustības drošību, ja izdeg kāda no spuldzēm.

Automobilim ir jābūt aprīkotam ar diviem bremzēšanas sarkanas signālgaismas lukturiem. Katra luktura spuldzes jaudai ir jābūt 21W.

Automobiļiem obligāti ir arī dzeltenas gaismas priekšējie un aizmugurējie virzienrāžu lukturi ar katras spuldzes jaudu ne mazāku par 21W, un sānu virzienrāžu atkārtotājlukturi ar katras spuldzes jaudu ne mazāku par 5W. Atkārtotājlukturu un automobiļa pazīšanas zīmju lukturu gaismai ir jābūt oranžā krāsā.

Visi automobiļi tiek apgādāti ar atpakaļgaitas gaismas lukturiem. To maksimālais skaits ir divi, un katra luktura spuldzes jauda parasti nav mazāka par 21 W. Šie lukturi parasti ieslēdzas vienlaicīgi ar atpakaļgaitas ieslēgšanu pārnesumkārbā un izslēdzas, izslēdzot atpakaļgaitu.

Labāka efekta iegūšanai visas spuldzes, kas tiek uzstādītas automobiļa aizmugurē, tiek apvienotas divos bloklukturos, kurus novieto automobiļa kreisajā un labajā pusē. Tas dod iespēju izmantot lielāka izmēra iekšējos reflektorus – atstarotājus.

Izkliedētāji, kas aizsargā atstarotāju un spuldzi no apkārtējās vides iedarbības, kā arī veic atstarotās gaismas kūļa pārdalīšanu un izkliedēšanu telpā, tiek izgatavoti no optiski caurspīdīga materiāla.

Nepieciešamā gaismas kūļa formēšanu panāk ar dažādiem uz atstarotāja iekšējās virsmas izveidotiem optiskiem elementiem – lēcām un prizmām. Cilindriskās lēcas nodrošina gaismas kūļa izkliedi vienā vai novirzīšanu citā plaknē. Sfēriskās lēcas izkliedē kūli abās plaknēs, bet elipsoidālās lēcas ļauj iegūt dažādus izkļiedes leņķus savstarpēji perpendikulārās plaknēs. Prizmas nodrošina gaismas plūsmas virziena maiņu.

Visu gaismas ierīču spuldzes vienmēr savieno paralēli, tāpēc strāva tīklā ir vienāda ar strāvu summu, kuru patērē visas tīklā ieslēgtās spuldzes.

Tālās gaismas papildlukturiem ir jāieslēdzas un jāizslēdzas vienlaicīgi ar tālās gaismas pamatlukturiem, tāpēc ka tie ir jāizslēdz, tuvojoties pretim braucošam transportam. Tālās gaismas lukturus to lielās jaudas dēļ ieslēdz, izmantojot relejus.

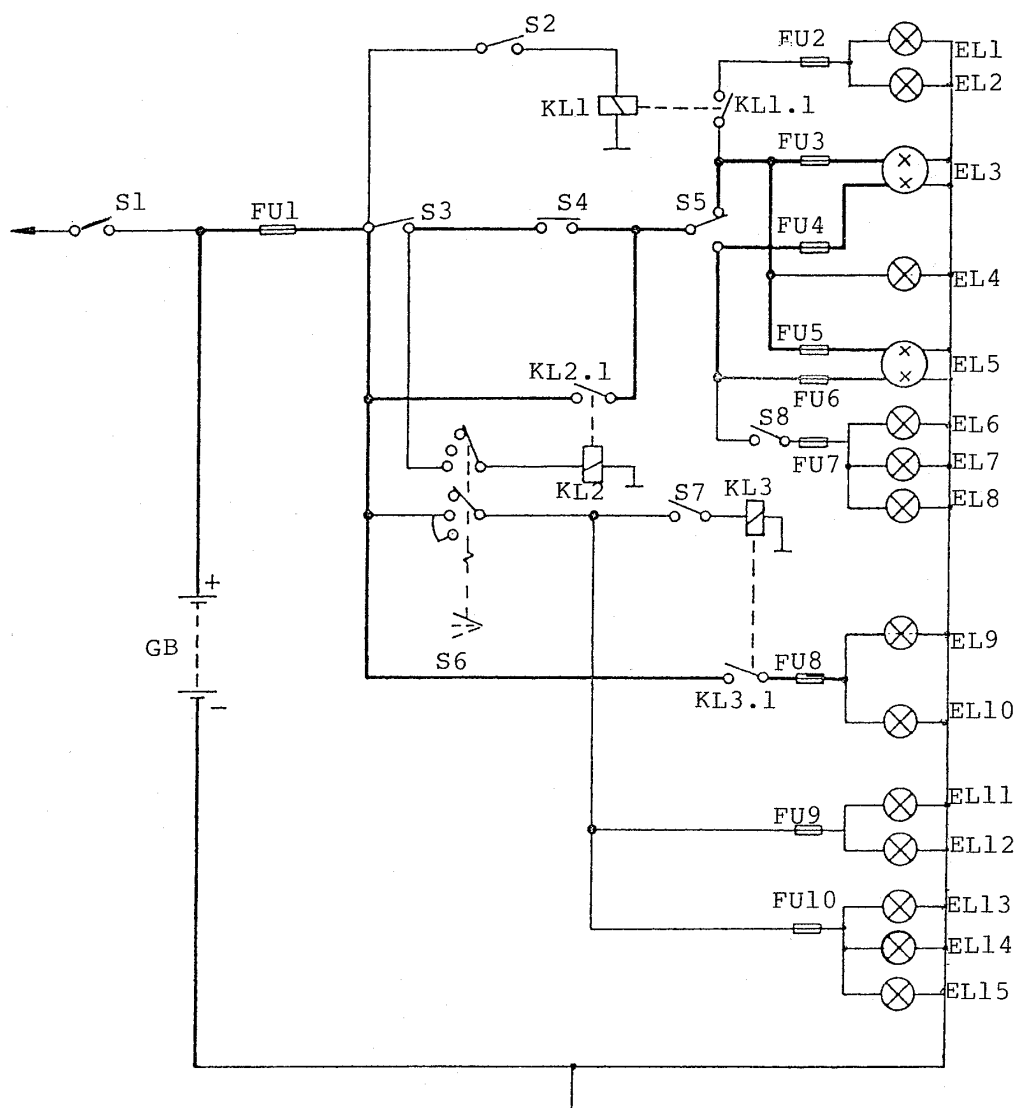
Papildus obligātajām gaismas ierīcēm uzstāda ierīces ar aizmugurējām miglas, atvērto durvju, stāvgaismām un citām gaismām. Intensīva apgaismojuma aizmugurējos miglas lukturus atļauts ieslēgt tikai sliktas redzamības apstākļos. Tiem ir jāieslēdzas vienlaicīgi ar tuvo gaismu. Uz kontrolmēraparatūras vai vadības paneļa ir jāatrodas aizmugurējo miglas lukturu ieslēgšanas indikatoram.

## 7.2. Apgaismes ierīču slēgumu shēmas

Apgaismes ierīču slēgumu shēmas kalpo, lai parādītu

- elektriskās ķēdes un to aptuvenās atrašanās vietas automobiļī;
- elektriskās ķēdes elementus - spuldzes, slēdzus, drošinātājus, relejus un norādītu to aptuvenās atrašanās vietas;
- elektriskos savienojumus, nenorādot elementu konkrētās atrašanās vietas.

289. attēlā parādīts spuldžu un slēdžu kopējais izvietojums. Slēdži ir novietoti uz vadības paneļa vai citā vadītājam viegli sasniedzamā vietā. Ar slēdžu palīdzību tiek ieslēgtas un atslēgtas spuldzes, kā arī pārslēgtas tuvās un tālās gaismas.



289. att. Kopējā elektriskā shēma apgaismes ierīču pieslēgšanai:

- GB – akumulatoru baterija; FU – kūstošie drošinātāji; KL – elektomagnētiskie releji; S1 – startera slēdzis; S2 – papildlukturu slēdzis; S3 – aizdedzes slēdzis; S4 – tālās gaismas īslaicīgas ieslēgšanas slēdzis; S5 – tuvās un tālās gaismas pārslēdzis; S6 – priekšējo lukturu un gabarītlukturu pārslēdzis; S7 – priekšējo miglas lukturu slēdzis; S8 – aizmugurējo miglas lukturu slēdzis; EL1 – papildu kreisais lukturis; EL2 – papildu labais lukturis; EL3, EL5 – galvenie lukturi: augšējais kontakts – tālās gaismas, apakšējais kontakts – tuvās gaismas; EL4 – signālspludze par tālās gaismas lukturu ieslēgšanu; EL6 – aizmugurējais kreisais miglas lukturis; EL7 – aizmugurējais labais miglas lukturis; EL8 – signālspludze par miglas lukturu ieslēgšanu; EL9 – priekšējais kreisais lukturis; EL10 – priekšējais labais miglas lukturis; EL11 – priekšējais kreisais gabarītlukturis; EL12 – aizmugurējais kreisais gabarītlukturis; EL13 – priekšējais labais gabarītlukturis; EL14 – aizmugurējais labais gabarītlukturis; EL15 – numura apgaismojums

Daudzas spuldzes ir ar samērā lielām jaudām, tāpēc tās tiek ieslēgtas ķēdē nevis tieši, bet izmantojot relejus, lai samazinātu slodzi uz slēdžu kontaktiem. Šāda slēguma gadījumā lielākā strāva plūdis nevis caur slēdža, bet gan caur releja kontaktu, jo ar slēdža palīdzību tiek ieslēgts relejs. Automašīnās relejus izmanto samērā plaši, bieži vien tos novieto kopā ar drošinātājiem atsevišķā mezglā, kuru sauc par montāžas bloku jeb drošinātāju bloku.

Drošinātāji aizsargā apgaismes ierīču elektriskās ķēdes no īsslēguma strāvām, kas daudzkārt pārsniedz nominālās strāvas. Shēmā, kas parādīta 289. attēlā, ievietoti individuālie drošinātāji, kas aizsargā galveno lukturu katras spuldzes ķēdi. Izdegot vienam drošinātājam vai vienai spuldzei, pārējās spuldzes turpina darboties, tādējādi mazinot avārijas situācijas rašanās iespēju.

Cits šīs problēmas risinājums ir bimetalisko drošinātāju lietošana. Bimetaliskais drošinātājs sastāv no bimetāla plāksnītes ar spoli, pa kuru plūst spuldzes barošanas strāva. Īsslēguma gadījumā,

kad spole pārmērīgi sasilst, bimetāla plāksnīte izliecas un pārtrauc spuldzes barošanas ķēdi. Pēc ķēdes pārtraukšanas, bimetāla plāksnītei atdziestot, kontakti atkal saslēdzas un spuldze iedegas.

Ja īsslēgums ķēdē vēl ir saglabājies, tad pēc neilga brīža bimetāla plāksnīte atkal izliecas un pārtrauc spuldzes ķēdi.

### 7.3. Optiskie elementi

Pēc konstruktīvā risinājuma vissarežģītākie un ar visstingrākajām tiem izvirzītām prasībām ir priekšējie apgaismojuma lukturi, kas ir starmeša tipa gaismas ierīces un sastāv no šādiem elementiem:

- optiskā;
- stiprināšanas;
- regulēšanas elementa.

Optiskais elements sastāv no spuldzes, atstarotāja un izkliedētāja.

Pēc konstruktīvām īpatnībām un izgatavošanas tehnoloģijas izšķir vairākus lukturu optisko elementu veidus:

- hermētiskos;
- hermetizētos;
- izjaucamos optiskos elementus.

Hermētiskie neizjaucamie optiskie elementi tiek izgatavoti no stikla, piepildīti ar inerto gāzi. Tajos ir iestiprināts viens vai vairāki nenomaināmi kvēldiegi, kuriem jau izgatavošanas procesā ir iespējams precīzi fokusēt spuldzes kvēldiegu. Tiem labi saglabājas atstarojošā virsma, bet, kvēldiegam pārdegot, jāmaina viss optiskais elements.

#### 7.3.1. Spuldzes

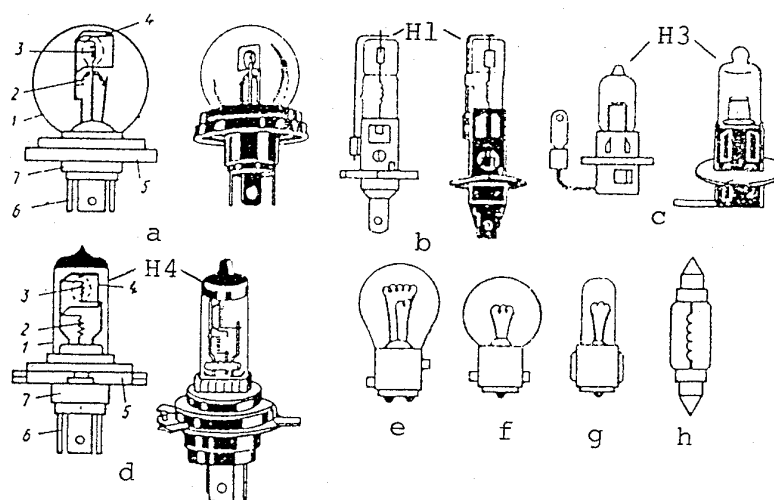
Galvenie spuldžu raksturojošie lielumi ir

- nominālais spriegums (V) – atkarīgs no automobiļa borta tīkla sprieguma, kādam paredzēta spuldze – 12 vai 24V ;
- jauda (W) – nosaka spuldzes nozīmi;
- gaismas plūsma (lm) – raksturo spuldzes summāro gaismas plūsmas starojuma enerģiju visos virzienos, to mēra lūmenos, un tā ir atkarīga no kvēldiega materiāla, darba temperatūras, kā arī no spuldzes kalpošanas laika;
- gaismas atdeve (lm/W) – svarīgākais spuldzes ekonomiskuma rādītājs;
- kalpošanas ilgums (h) – raksturo spuldzes darbības laiku līdz kvēldiega pārdeģšanai.

14. tabula

Spuldžu parametri	Parastās spuldzes	Prožektoru spuldzes	Halogēnās spuldzes	Signāl-lukturu spuldzes	Ksenona spuldzes
Jauda, W	35 ÷ 50	līdz 80	60 ÷ 130	3 ÷ 30	līdz 50
Gaismas plūsma, lm	600 ÷ 1200	nav norādīts	1300 ÷ 2200	2050	līdz 50 ÷ 70
Gaismas atdeve, lm/W	8 ÷ 15	līdz 20	15 ÷ 27	4 ÷ 18	līdz 30 ÷ 40
Kalpošanas ilgums, h	100 ÷ 200	100 ÷ 200	100 ÷ 250	līdz 1800	2000 ÷ 2500

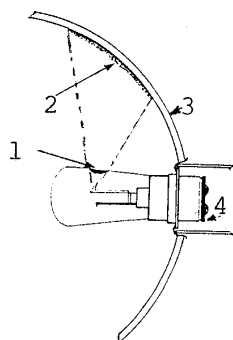
Automobiļu apgaismes sistēmā lieto parastās kvēlspuldzes, kas sastāv no pamatnes jeb cokola, stikla kolbas, viena vai vairākiem atsevišķi ieslēdzamiem volframa kvēldiegiem, to turētājiem jeb elektrodiem. Atsevišķu kategoriju spuldzēm gaismas staru novirzīšanai vēlamā virzienā vēl izmanto ekrānu (290. attēls). Caur spuldzes kvēldiegu plūstošā strāva uzkaršē to apmēram līdz 2300 ÷ 2400° C, un tas izstaro spilgtu gaismu.



290. att. Automobiļu kvēlspuldžu veidi:

a – galvenajiem lukturiem ar Eiropas asimetrisko ceļa apgaismojumu; b – H1 kategorijas halogēnspuldzes; c – H3 kategorijas halogēnspuldzes; d – H4 kategorijas halogēnspuldzes; e – divu kvēldiega spuldze; f – viena kvēldiega spuldze; g – pirkstspuldze; h – sofitspuldze; 1 – stikla kolba; 2 – tālās gaismas kvēldiegs; 3 – tuvās gaismas kvēldiegs; 4 – ekrāns; 5 – pamatnes atloks; 6 – kontakti; 7 – pamatne

Volframa kušanas temperatūra ir  $3370^{\circ}\text{C}$ . Volframa kvēldiega temperatūru paaugstinot virs  $2400^{\circ}\text{C}$ , pieaug spuldzes gaismas atdeve, bet samazinās tās kalpošanas ilgums, jo volframs intensīvi iztvaiko un kvēldiega stieple kļūst arvien tievāka. Bez tam, iztvaikojošais volframs uz stikla kolbas sienām veido tumšus nosēdumus, kas samazina gaismascaurlaidību (291. attēls).



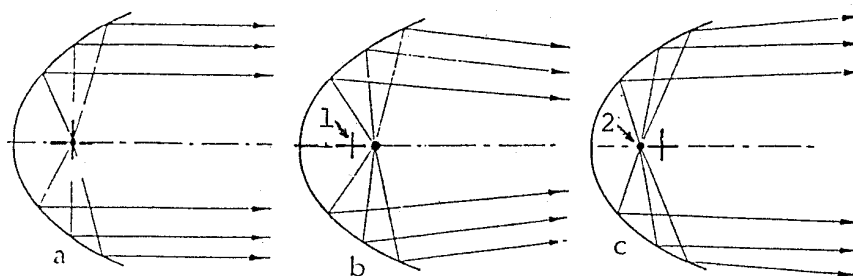
291. att. Gaismascaurlaidības samazināšanās volframa iztvaikošanas rezultātā:

1 – volframa tumša nosēduma plankums;  
2 – ēna uz atstarotāja;  
3 – atstarotājs

Lai sakarsētais volframs nestātos ķīmiskā reakcijā ar gaisa skābekli, gaiss no stikla balona tiek izsūkņēts un tā vietā balons tiek piepildīts ar inertiem gāzi, visbiežāk – argonu vai ksenonu. Šis paņēmieni spuldzes izgatavošanas tehnoloģijā palielina tās lietderības koeficientu un kalpošanas ilgumu.

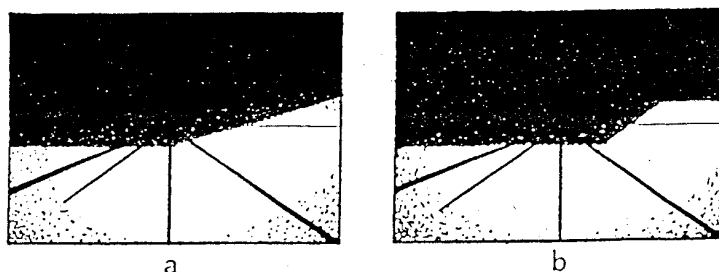
Lai palielinātu gaismas starojuma intensitāti un samazinātu siltumapmaiņu starp sakarsēto kvēldiegu un gāzi, kā arī samazinātu volframa kvēldiega iztvaikošanu vai emisiju, spuldzes kvēldiegs tiek izveidots spirāles veidā. Kvēldiegs var būt taisna vai izliekta U vai V veida cilindra formā. To nostiprina spuldzes garenvirzienā vai šķērsvirzienā. Svarīgs ir kvēldiega novietojums attiecībā pret atstarotāju un izkļiedētāju.

Spuldzes kvēldiega novietojums nosaka gaismas staru kūļa formu un virzienu. Attiecīgi orientējot kvēldiega stāvokli, gaismas starus iespējams novirzīt vajadzīgajā virzienā. Ja kvēldiegs novietots paraboloida formas atstarotāja fokusā, iegūst koncentrētu, optiskai asij paralēli vērstu gaismas staru kūli (292. attēls).



292. att. Kvēldiega novietojuma ietekme uz gaismas sadalījuma raksturu:  
 a – tālās gaismas kvēldiega novietojums; b – tuvās gaismas kvēldiega novietojums;  
 c – miglas gaismas kvēldiega novietojums; 1 – atstarotāja fokuss; 2 – tālās gaismas kvēldiegs

Tā kā spuldzes kvēldiegs ir telpisks ķermenis un atstarotāja forma nav ideāla, visi gaismas stari netiek koncentrēti absolūti paralēlā staru kūlī, bet tas ir nedaudz izkļaidēts. Attiecīgi nobīdot kvēldiegu no fokusa, gaismas starus iespējams novirzīt vajadzīgajā virzienā, piemēram, asimetriskai tuvajai gaismai – uz leju un uz tuvākās ceļa nomales pusi (293. attēls). Tāpēc katra tipa lukturī drīkst ievietot tikai attiecīgās kategorijas spuldzi.



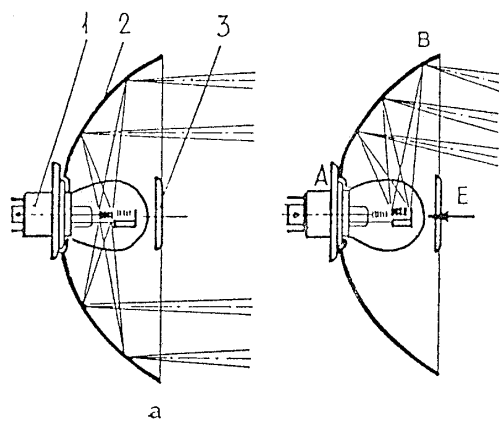
293. att. Ceļa apgaismojums, izmantojot asimetrisko Eiropas tipa tuvo gaismu ar labās puses transporta kustības virzienu:  
 a – pastāvošā Eiropas tipa gaisma; b – perspektīvā Eiropas tipa gaisma

Eiropas tipa tuvajai gaismai izveidots no augšas norobežots gaismas staru kūlis ar krasi raksturīgu gaismu norobežojošo līniju, kas transporta kustības virzienā labajā pusē vērsta  $15^\circ$  leņķī uz augšu. Zona, kas atrodas zem gaismu norobežojošās līnijas, tiek ļoti spilgti apgaismota, bet zona, kura atrodas virs gaismu norobežojošās līnijas praktiski netiek apgaismota. Šāds risinājums ir pieņemts tāpēc, lai tuvā gaisma neapžilbinātu pretīm braucošo vadītāju acis.

Perspektīvā Eiropas tipa gaismas variantā gaismas norobežojošā līnija ir pakāpjveida, kas mazina pa priekšu braucošā transporta stiklu un atpakaļskata spoguļu apgaismojumu, lai neapžilbinātu vadītāju acis.

Priekšējo galveno lukturu spuldzēm ir divi kvēldiegi: viens – tālajām gaismām, otrs – tuvajām gaismām. Tuvās gaismas kvēldiegs parasti ir novietots priekšā tālās gaismas kvēldiegam. Parasti pirms un zem tuvās gaismas kvēldiega ir novietots necaurspīdīgs smalks ekrāns, kas atstaro gaismu un novirza to uz reflektora vienu malu tā, lai atstarojoties no tā, gaismas stars tiktu virzīts uz leju (294. attēls).





294. att. Asimetriskās Eiropas tipa gaismas veidošanas princips:

a – tālā gaismā; b – tuvā gaismā; 1 – spuldze; 2 – paraboliskais atstarotājs; 3 – necaurspīdīgs ekrāns

Volframa kvēldiega kvēlspuldžu ekspluatācijas laiks ir atkarīgs no diviem faktoriem: barošanas sprieguma un vibrācijas. Tā, piemēram, barošanas spriegumam paaugstinoties tikai par 5%, spuldzes darbmužs samazinās par 50%, tāpēc ir svarīgi noregulēt sprieguma regulatora izejas spriegumu vajadzīgā lielumā.

Tā kā apgaismes spuldzes ir stingri iestiprinātas patronās, tad, mainot spuldzes, ļoti svarīgi ir precīzi un stingri tās nostiprināt. Ja spuldze patronā nav cieši nostiprināta, tad, automobilim braucot, vibrācijas dēļ spuldze var zaudēt kontaktu ar strāvu pievadošiem vadiem un nodzist, kas tumšajā diennaktī laikā var izraisīt avārijas situāciju.

**Halogēnspuldzes no parastām kvēlspuldzēm atšķiras** ar 1,2 ÷ 2,0 reizes lielāku gaismas atdevi, citādāku gaismas spektru, stikla kolbu formu un izmēriem, uz to kolbām neveidojas arī nosēdumi.

Visbiežāk par halogēnu izmanto jodu. Pievienojot inertajai gāzei joda tvaikus, samazinās volframa iztvaikošana no sakarsušā (3000 ÷ 3300°C) kvēldiega. Joda molekulas piesaista volframa atomus, kuri ir pametuši kvēldiega virsmu. Saistītie volframa atomi nespēj aizklūt tālu no kvēldiega. Kvēldiegam atdziestot, tie atgriežas atpakaļ un nosēžas uz tā virsmas.

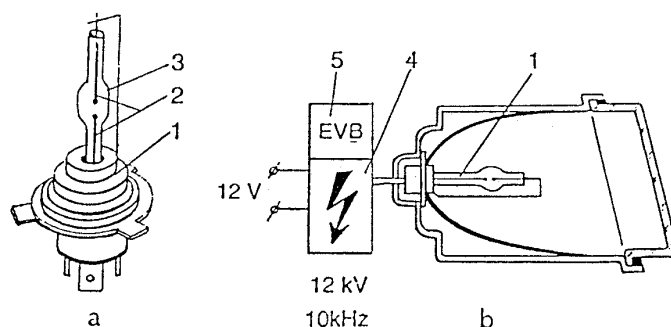
Volframa nevienmērīgas nosēšanās dēļ spuldzes darbmužs tomēr nav bezgalīgs. Halogēnspuldžu izdegšanas galvenais iemesls ir ļoti lielā strāva to iedegšanas laikā. Kvēldiegam pakāpeniski sakarstot, tā pretestība palielinās un strāva ķēdē pakāpeniski samazinās līdz nominālai vērtībai. Lai novērstu straujo strāvas palielināšanos tūlīt pēc halogēnspuldzes ieslēgšanas, ieteicams lietot elektroniskos strāvas ierobežotājus, kurus ieslēdz spuldžu elektriskajā ķēdē.

Lai realizētu halogēno ciklu un nodrošinātu tam nepieciešamo darba temperatūru, spuldzēm lieto maza izmēra cilindriskas kolbas no karstumizturīga kvarca stikla. Kvēldiega elektrodus izgatavo no molibdēna, jo tā termiskās izplešanās koeficients ir praktiski tāds pats kā kvarcam. Kvēldieģus parasti izgatavo taisna cilindra veidā, lai volframs pēc iztvaikošanas uz tiem nosētos vienmērīgākā slānī.

Izmantojot lukturus ar halogēnspuldzēm, jāievēro vairāki būtiski nosacījumi:

- uz halogēnspuldžu stikla sieniņu virsmām nedrīkst būt jebkādi netīrumi vai svešķermeņi. Spuldzes stikla kolbu nedrīkst aiztikt ar kailām rokām – uz stikla palikušās taukvielas un sviedru daļiņas izraisa tās sieniņu nevienmērīgu sakaršanu, kā rezultātā spuldze var saplīst, tāpēc pirms lietošanas aukstu, vēl nesakarsušu spuldzi vēlams notīrīt ar metilspirtā samērcētu tamponu un pēc tam nožāvēt;
- atšķirībā no parastajām spuldzēm, halogēnspuldžu darbmužu samazina ne tikai palielināts, bet arī nepietiekams borta tīkla spriegums. Pazemināta sprieguma gadījumā samazinās spuldzes darba temperatūra un tiek traucēta halogēnā cikla norise, kā rezultātā no volframa kvēldiega iztvaikojušās metāla mikrodaļiņas nosēžas uz kvarca stikla kolbas sieniņām (kā parastās kvēlspuldzēs) un kvēldieģis ātrāk pārdeg.

Eiropas vadošās elektrotehniskās un automobiļu būvniecības kompānijas, no 1987. gada strādājot pie kopēja projekta, ir radījušas kvalitatīvi augstvērtīgākas jaunas konstrukcijas automobiļu lukturu spuldzes – **ksenona (lokizlādes) spuldzes** (295. attēls).



295. att. Ksenona (lokizlādes) spuldzes:

a – konstruktīvais izveidojums; b – elektriskā shēma; 1 – lokizlādes spuldze; 2 – elektrodi; 3 – kvarca kolba; 4 – impulsu pārveidotājs; 5 – elektroniskais vadības bloks

Ksenona lokizlādes spuldzes gaismas avots ir augstsprieguma lokizlāde, kas notiek nelielā kvarca stikla kolbā starp diviem volframa elektrodiem. Kolbas tilpums nepārsniedz ķiršu kauliņa izmērus. Tā zem spiediena ir piepildīta ar ksenonu, šķidru dzīvsudrabu un nelielā daudzumā ar halogēnu savienojumiem.

Spuldzes darbības vadībai izmanto elektronisko vadības bloku (EVB), kas apvienots ar augstsprieguma strāvas pārveidotāju. Spuldzes elektrodiem dažu milisekunžu intervālā pievada 12 kV spriegumu, kā rezultātā sākas lokizlādes process starp abiem spuldzes elektrodiem un strauji samazinās spuldzes elektriskā pretestība. Spuldzes kolba ātri uzkarst, dzīvsudrabs un halogēnie savienojumi iztvaiko, bet EVB veic strāvas ierobežošanas funkcijas un pasargā kolbu un spuldzes elektrodus no pārkaršanas.

Spuldzes stabilas darbības periodā tās elektrodiem tiek pievadīti maiņstrāvas impulsi ar 10 kHz frekvenci. Salīdzinot ar parastajām halogēnajām spuldzēm, ksenona spuldzes izdala mazāk siltuma, vienlaicīgi nodrošinot lielāku gaismas atdevi un spilgtāku gaismu.

Halogēno 55 W spuldžu gaismas plūsma ir apmēram 1000 ÷ 1550 lm, bet ksenona 42 W spuldžu – vairāk nekā 3000 lm. Pie 35 W enerģijas patēriņa to gaismas atdevi ir divas reizes lielāka nekā parastai 65 W halogēnspuldzei. Izstarotās gaismas spektrs ir tuvāks dienasgaismas spektram – salīdzinot ar tradicionālā izveidojuma kvēlspuldzēm, ksenona spuldžu izstarotajai gaismai ir nedaudz izteikta zilgana nokrāsa. Izmantojot minētās spuldzes, redzamības attālumu iespējams palielināt aptuveni 1,7 reizes, bet gaismas kūļa platumu – 1,8 reizes.

Ksenona spuldzēm ir ievērojami lielāks darbības mūžs – apmēram 2000 ÷ 2500 darba stundu. Tas nozīmē, ka tās praktiski var kalpot visu automobiļa ekspluatācijas laiku.

Mazāks izstarotā siltuma daudzums dod iespēju luktura atstarotāju izgatavot no lētākiem polimēru materiāliem ar zemāku karstumnoturību. Minētā iemesla dēļ pieļaujama ksenona spuldžu darbība, realizējot izlādes procesus vienlaicīgi starp vairākiem elektrodiem (iespējama spuldzes darbība vienlaikus divos darba režīmos). Tāpēc lukturi ar šīm spuldzēm nodrošina labāku un vienmērīgāku gaismas sadalījumu gan automobiļa tuvumā, gan ievērojamā attālumā no tā.

Spuldzes tipa apzīmējums jeb indekss sastāv no burtiem un skaitļiem, piemēram:

(R2) A 12– 45+ 40; (H4) AKT 12– 60+ 55.

Starptautiskā apzīmējuma burti un skaitļi iekavās norāda spuldzes kategoriju: R2 – parastā spuldze galvenajiem lukturiem, H4 – halogēnspuldze galvenajiem lukturiem.

Krievijā un NVS valstīs ražoto spuldžu apzīmējumā burti un skaitļi norāda

A – automobiļu;

KГ – kvarca, halogēnā;

12 – spuldzes nominālais spriegums 12 V;

45 + 40 vai 60 + 55 – tālās un tuvās gaismas kvēldiega jauda vatos.

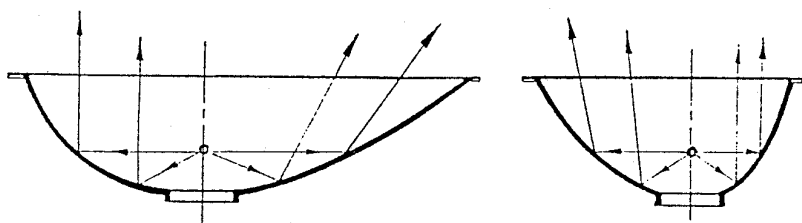
### 7.3.2. Atstarotāji

Tradicionālās konstrukcijas lukturu atstarotājiem visbiežāk ir aptuvena paraboloīda forma. Liela nozīme ir atstarotāja virsmas īpašībām un kvalitātei. Tam ir jābūt ar iespējami augstāku atstarošanas koeficientu. Izvirzītās prasības spēj nodrošināt spoguļvirsmas, alumunizētās un citas metalizētās virsmas pēc īpašas apstrādes.

Atstarotājus izgatavo no tērauda, stikla vai polimēru materiāliem un vakuumā pārklāj ar plānu alumīnija slāni, veicot attiecīgu pirmapstrādi un pēcapstrādi. Tērauda atstarotājus pirms metāla slāņa uznešanas pulē un pārklāj ar laku vai speciālu plēvi, kas pasargā pamatmateriālu no rūšēšanas. Stikla un plastmasas atstarotājus speciāli neapstrādā, jo tie nerūsē. Pēc alumīnija slāņa uznešanas atstarotāju virsmu pārklāj ar kvarca aizsargslāni, kas aizsargā atstarotāja slāņa virsmu no ārējās vides iedarbības.

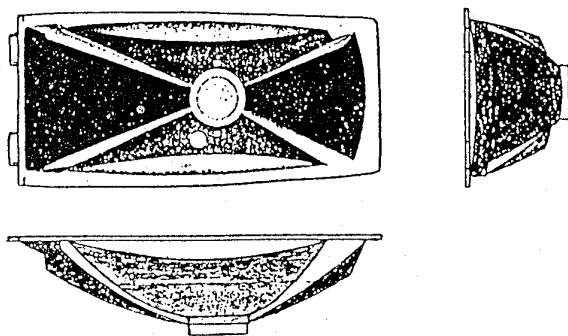
Hermētiski noslēgtu jeb hermētisko lukturu atstarotājiem aizsargslāņa funkcijas veic optiskā elementā iepildīta inerta gāze. Šādi izgatavoti atstarotāji atstaro  $80 \div 90\%$  krītošās gaismas.

No gaismas sadalījuma pilnveidošanas viedokļa, mērķtiecīgi ir izveidot asimetriskas formas atstarotājus. Tos izveido tā, lai vertikālā un horizontālā virzienā attālumi no optiskā elementa fokusa līdz atstarotāju virsmām būtu atšķirīgi. Tas dod iespēju gaismas starus pēc to atstarošanas orientēt vajadzīgajā virzienā (296. attēls).



296. att. Asimetriskas formas atstarotāji

Arvien plašāk (firma *Lucas* u.c.) lieto daudzfokusu atstarotājus (297. attēls). Tie izveidoti no vairākiem savstarpēji savienotiem paraboloīdu segmentiem. Paraboloīdiem ir atšķirīgi fokusa attālumi, bet tie savstarpēji ir izvietoti tā, lai fokusi atrastos vienā punktā.

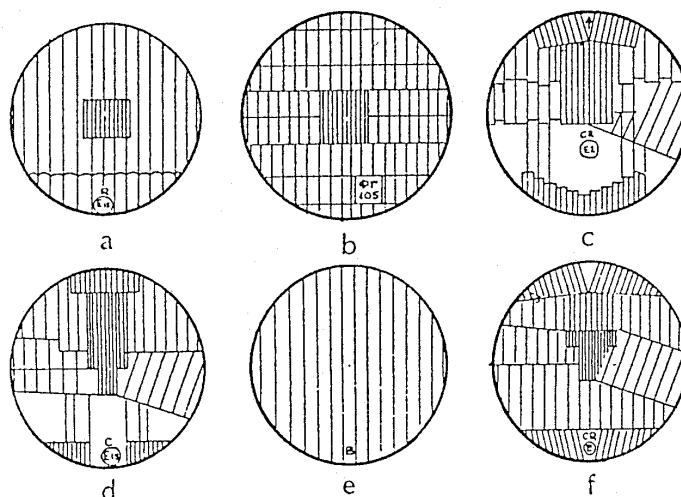


297. att. Daudzfokusu atstarotāji

Gaismas stari, kas atstarojas no atstarotāja segmentiem ar mazāku fokusa attālumu, labāk apgaismo ceļu pašā automobiļa priekšā un nelielā attālumā no tā, kā arī ceļa nomales. Dziļākie segmenti jeb ar lielāku fokusa attālumu nodrošina labu redzamību lielākā attālumā. Daudzfokusu atstarotāji mērķtiecīgi ļauj samazināt lukturu augstumu (vertikālo izmēru), kas jūtami uzlabo automobiļa aerodinamiskos rādītājus.

### 7.3.3. Izklieētāji

Izklieētāji (298. attēls) aizsargā atstarotāju un spuldzi no apkārtējās vides iedarbības, kā arī veic atstarotās gaismas kūļa pārdalīšanu un izklieētāšanu telpā. Tos izgatavo no optiski caurspīdīga materiāla.



298. att. Izkliedētāji:

a – tālās gaismas lukturim; b – Amerikas tipa tālās – tuvās gaismas lukturim;  
c un f – Eiropas tipa tālās un tuvās gaismas lukturim; d – Eiropas tipa tuvās gaismas lukturim; e – miglas lukturim

Vissarežģītākie izkliedētāji ir Eiropas tipa asimetrisko tuvo gaismu lukturiem un lukturiem ar savienotu tuvo un tālo gaismu (298. attēls c, d, f). Pēdējiem jānodrošina abu gaismu atbilstība pastāvošiem normatīviem – jākorrigē gaismas sadalījums gan vertikālā, gan horizontālā plaknē.

Izkliedētājus izgatavo no stikla masas. To virsmai jābūt gludai, lai neradītu nevēlamu gaismas izkliedēšanu un zudumus.

Lai atvieglotu izkliedētāju izgatavošanu, lielākoties ASV un Japānā ražotiem automobiļiem (*Mercury, Honda*) reizēm izgatavo sarežģītākas formas atstarotājus no termoizturīgas plastmasas, tā panākot gaismas kūļa koncentrāciju un iepriekšēju sadalījumu nepieciešamos virzienos.

**Prožektoru izkliedētājus** izgatavo no abpusēji gluda stikla, lai saglabātu koncentrētu, taisni uz priekšu vērstu, neizkliedētu gaismas staru kūli.

**Miglas lukturi** atšķiras no pārējiem lukturiem galvenokārt ar izkliedētāja formu (298. attēls e), bet dažkārt arī ar tā krāsu. Miglas lukturiem parasti izmanto caurspīdīgus bezkrāsainus vai dzeltenus izkliedētājus ar regulāri izvietotām vertikālām cilindriskām lēcām, lai veidotu horizontālā plaknē izvērstu gaismas staru kūli.

## 7.4. Lukturu veidi un apzīmējumi

**Tradicionālās (klasiskās) konstrukcijas lukturos** vēlamo gaismas sadalījumu panāk ar atstarotāja, izkliedētāja un spuldzes konstruktīvo īpatnību palīdzību. Tie ir vienkārši un vieglāk izgatavojami.

Lukturus, kuru konstrukcijā izmanto hermētiski neizjaucamus optiskos elementus, dēvē par **lukturiem – spuldzēm**.

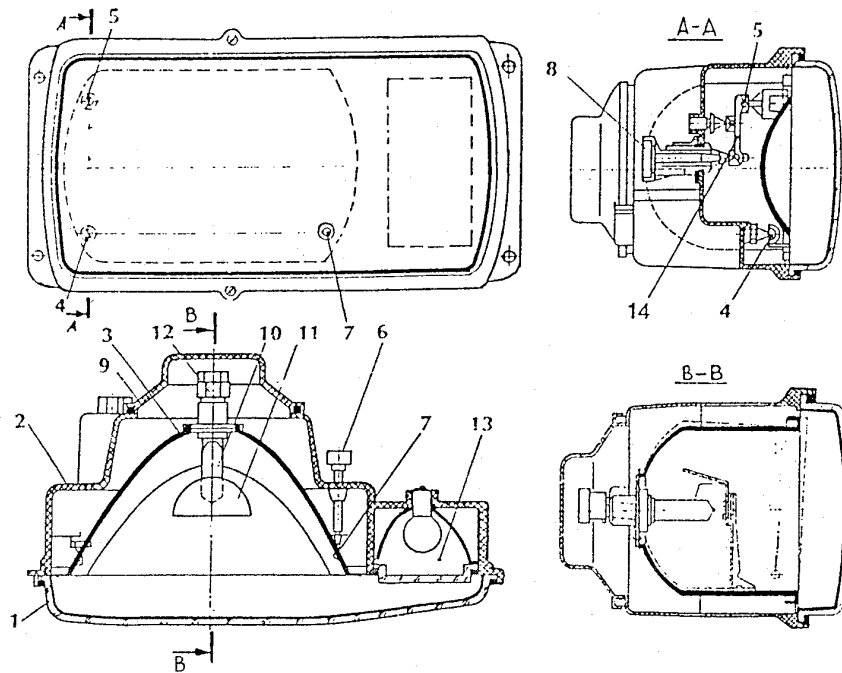
Lukturiem – spuldzēm ir divas būtiskas priekšrocības:

- precīza kvēldiega orientācija atstarotājā;
- mazāk izteikta volframa iztvaikošanas ietekme uz luktura gaismas atdevi, salīdzinot ar hermetizētajiem un izjaucamajiem optiskajiem elementiem, kuros uzstāda nomaināmas kvēlspuldzes.

Šiem lukturiem ir arī būtiski trūkumi:

- tie ir dārgāki;
- pārdegot kvēldiegam vai saplīstot izkliedētāja stiklam, lukturi zaudē darbības un tie jānomaina ar jauniem.

Astoņdesmitajos gados plaši sāka lietot **optiskos blokus apvienotos lukturos jeb bloklukturos** (299. attēls). To izmantošana ļāva nedaudz samazināt apgaismes un gaismas signalizācijas sistēmas ierīču komplekta izmaksas, kā arī uzlaboja automobiļa izskatu un aerodinamiskās īpašības.



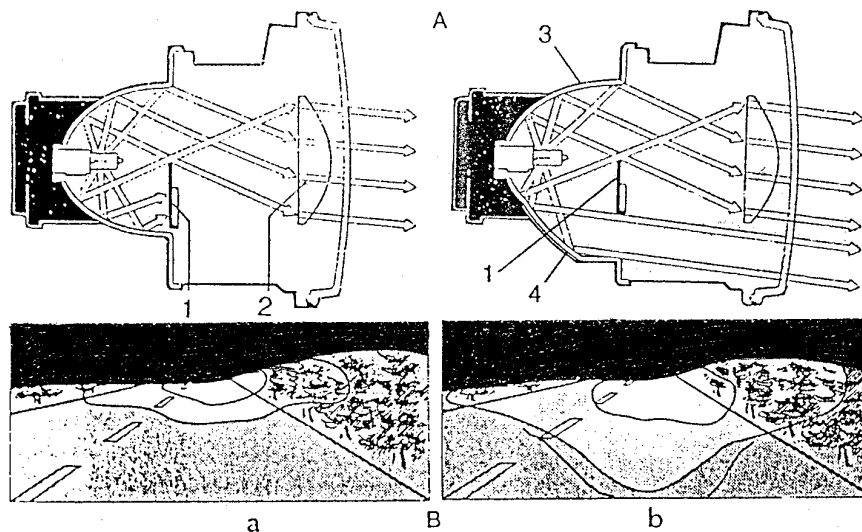
299. att. Bloklukturis:

1 – izkledētājs; 2 – korpuss; 3 – atstarotājs; 4 – nekustīgais lodveida atbalsts;  
 5 un 7 – kustīgais lodveida atbalsts; 6 un 8 – regulēšanas rokturis; 9 – noņemams vāks;  
 10 – tālās-tuvās gaismas spuldze; 11 – tiešo staru ekrāns; 12 – spraudkontakts; 13 – gabarītgaismas lukturis; 14 – svira

Blokluktura korpusam piestiprināts izkledētājs 1 (299. attēls). Atstarotāja 3 stiprināšanai izmantoti trīs lodveida atbalsti 4, 5 un 7. Viens no tiem (4) ir nekustīgs, bet divi (5 un 7) – pārvietojami. Pārvietojot atbalstu 5, iespējams pagriezt atstarotāju ap horizontālo asi, kas iet caur atbalstu 4 un 7 centriem. Izmantojot atbalsta 7 regulēšanas rokturi 6, atstarotāju iespējams pagriezt pa vertikālo asi, kas iet cauri atbalstu 4 un 5 centriem. Regulēšanas roktura 8 vietā iespējams uzstādīt no salona vadāmu luktura stāvokļa regulēšanas ierīci.

Līdzīgi kā taisnstūrveida lukturiem, bloklukturiem regulēšanas procesā tiek izmainīts tikai atstarotāja stāvoklis, bet izkledētājs un korpuss paliek nekustīgi.

**Projektortipa lukturiem** (300. attēls) ir principiāli atšķirīgs izveidojums. Tos izstrādā un izgatavo vairākas firmas, kā *HELLA*, *BOSCH* un citas.

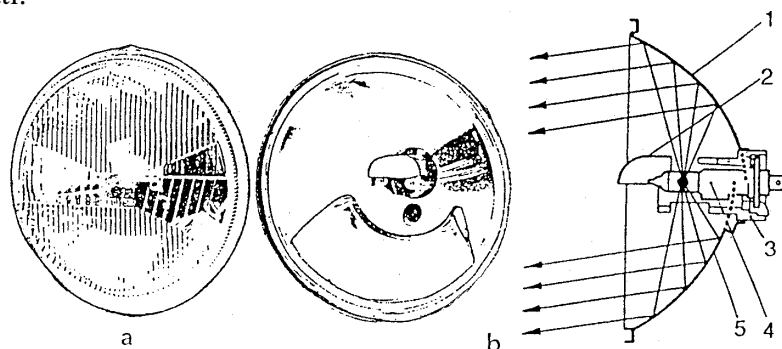


300. att. Projektortipa lukturis:

a – ar elipsoidālu atstarotāju; b – lukturis ar poliellipsoidālo atstarotāju; 1 – ekrāns; 2 – lēca;  
 3 – atstarotājs; 4 – papildu atstarotājs

Vēlamo gaismas sadalījuma efektu tajos panāk ar ekrāna, lēcas, atstarotāja un izkliedētāja palīdzību. Tiem parasti ir elipsoīda formas atstarotājs, vienā no tā fokusiem novietots gaismas avots – spuldzes kvēldiegs. Visa no atstarotāja virsmas atstarotā gaismas plūsma koncentrējas otrā fokusā. Tā plaknē vertikāli novietots gaismas necaurspīdīgs īpašas formas ekrāns, kas veido Eiropas tipa tuvajai gaismai raksturīgo izteikto gaismu norobežojošo līniju. Galīgo gaismas staru sadalījumu telpā panāk ar lēcu izkliedētāju. Sfērisko lēcu izgatavo no speciāla optiskā stikla, veicot ļoti precīzu apstrādi, lai iegūtu nepieciešamo formu un materiāla struktūru. Lai uzlabotu ceļa apgaismojumu pašā automobiļa priekšā, izveidoti lukturi ar polielipsoidāliem atstarotājiem (300. attēls b). Šiem lukturiem ir raksturīgi nelieli izmēri (to atstarotāju virsmas laukums parasti nepārsniedz  $28 \text{ cm}^2$ ) un liela gaismas atdeve. Parastiem lukturiem līdzvērtīgu gaismas parametru nodrošināšanai nepieciešama četras reizes lielāka atstarotāja darba virsma. Projektortipa lukturus visbiežāk izmanto kā čertlukturu optiskās sistēmas *tuvās gaismas* lukturus.

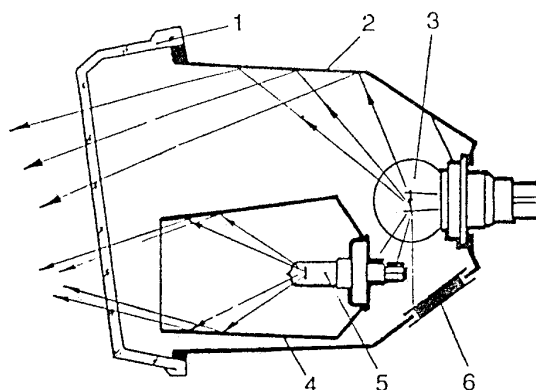
Firma *BOSCH* piedāvā vēl citas interesantas konstrukcijas *tuvās gaismas* lukturus (301. attēls). Tajos izmanto H1 kategorijas vienkvēldiega halogēnspuldzi un īpašas formas izkliedētāju. Atšķirībā no tradicionālās konstrukcijas Eiropas tipa lukturiem, *tuvās gaismas* režīmā tiek izmantota visa atstarotāja darba virsma, arī apakšējā daļa, kas izveidota ar atšķirīgu liekuma rādiusu, lai visi uz to krītošie gaismas stari pēc atstarošanās tiktu vērsti virzienā uz leju. Līdzīgi kā lukturiem ar polielipsoidālo atstarotāju, no atstarotāja apakšējās daļas atstarotie gaismas stari uzlabo apgaismojuma kvalitāti.



301. att. *Tuvās gaismas* lukturis ar īpašas formas atstarotāju:

a – ārējais izskats; b – konstruktīvais izveidojums: 1 – atstarotājs, 2 – tiešo staru ekrāns, 3 – pamatne, 4 – spuldze, 5 – atstarotāja apakšējā daļa ar atšķirīgu liekuma rādiusu

*SEV “MARCHALL” dubultlukturi* (302. attēls) sastāv no vienā lukturī apvienotiem diviem atstarotājiem un divām kvēlspuldzēm. Lielais atstarotājs un parastā kvēlspuldze paredzēti *tuvās gaismas*, mazais atstarotājs un halogēnā spuldze – tālās gaismas veidošanai. Mazā atstarotāja aizmugurējā virsma lielā mērā aiztur *tuvās gaismas* spuldzes kvēldiega uz leju izstarotos starus, tā samazinot no luktura izejošo uz augšu vērsto gaismas staru intensitāti.



302. att. *Dubultlukturis* SEV Marchall:

1 – izkliedētājs; 2 – lielais atstarotājs; 3 – *tuvās gaismas* spuldze; 4 – mazais atstarotājs; 5 – tālās gaismas halogēnā spuldze; 6 – vāks

Dubultlukturi ar hermetizētiem un izjaucamiem optiskiem elementiem ir

- lētāki par hermētiskajiem lukturiem (lukturiem – spuldzēm);
- drošāki ekspluatācijā – nelielu plaisu vai ieplīsumu gadījumā tie nezaudē darbības.

Šiem lukturiem ir arī vairāki trūkumi. Luktura izstarotās gaismas sadalījumu un orientāciju apkārtējā vidē pamatā nosaka kvēldiega novietojums optiskajā elementā, taču spuldžu konstruktīvo izmēru neatbilstības un citu noviržu dēļ bieži vien kvēldieģus novietot paredzētajā vietā nav iespējams, tādēļ izmainās gaismas sadalījuma raksturs.

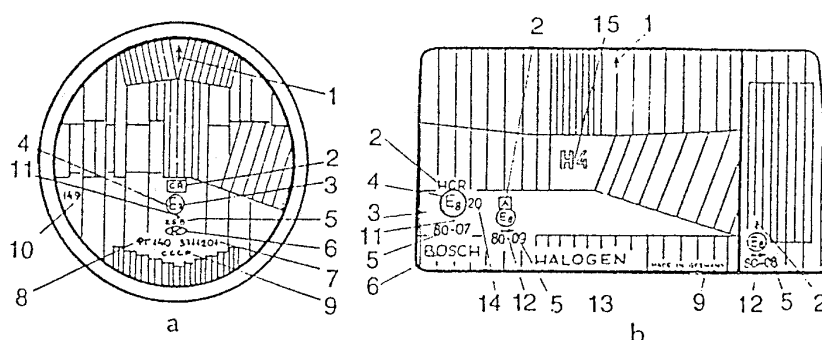
Visu nepieciešamo informāciju par konkrēto lukturi sniedz tā marķējums jeb apzīmējums. Parasti šī informācija atrodama uz luktura izkliedētāja stikla. Apzīmējumi var būt atvasināti no franču vai angļu valodas attiecīgo vārdu pirmajiem burtiem vai veidoti no brīvi izvēlētiem starptautiskā mērogā saskaņotiem apzīmējumiem.

303. attēlā redzamā galvenā luktura marķējuma apzīmējumā E<sub>2</sub> burts E norāda, ka tas ir Eiropas tipa lukturis, bet skaitlis 2 apzīmē pieņemtu tās Eiropas valsts kārtas numuru, kas pārbaudījusi luktura atbilstību ANO EEP noteikumiem: 1 – Vācija, 2 – Francija, 3 – Itālija, 4 – Holande, 5 – Zviedrija, 6 – Beļģija, 7 – Ungārija, 8 – Čehija, 9 – Spānija, 10 – Serbija, 11 – Lielbritānija, 12 – Austrija, 17 – Somija, 19 – Rumānija, 20 – Polija utt.

Pēc 303. attēla a apzīmējumiem var spriest, ka tas ir tuvās un tālās gaismas Krievijā ražots 3711.201 markas lukturis, kura izkliedētāja izgatavošanai izmantots puansons Nr.149. Luktura atbilstība EEP prasībām pārbaudīta Francijā un tā reģistrācijas numurs ir 258.

Optiskā elementa aizmugurē vēl papildus norādīts atbilstošās spuldzes tips, konkrētā gadījumā – A12 – 45 + 40 vai A24 – 59 + 50.

Līdzīgi atvasina arī citus iespējamus lukturu un signāllukturu apzīmējumus: HSCR – tuvās un tālās gaismas lukturis ar hermētisku optisko elementu un halogēno spuldzi; 1 – priekšējais virzienrāžu gaismas signāllukturis; A – priekšējais gabarītgaismas signāllukturis u.tml.



303. att. Lukturu un signāllukturu apzīmēšana:

- a – apaļais galvenais lukturis; b – bloklukturis ar savienotu gabarītgaismu un virzienrāžu gaismu;
- 1 – luktura augša (↑);
  - 2 – tuvās un tālās gaismas (CR) lukturis ar halogēno (H) spuldzi;
  - 3 – valsts (2 – Francija, 8 – Čehija), kura noteikusi luktura atbilstību EEP prasībām;
  - 4 – Eiropas tipa (E) lukturis; 5 – luktura reģistrācijas numurs; 6 – izgatavotāju uzņēmuma firmas zīme;
  - 7 un 8 – luktura marka; 9 – valsts, kurā reģistrēts izgatavotāju uzņēmums;
  - 10 – izkliedētāja izgatavošanā izmantotā puansona numurs;
  - 11 – labās puses kustībai paredzētais lukturis (bez apzīmējuma);
  - 12 – lielākā gaismas izkliedes vērsta virziena (→) un signāllukturu norāde;
  - 13 – spuldzes tips (HALOGEN); 14 – luktura gaismas stipruma kontrolskaitlis (20);
  - 15 – lukturī uzstādītās spuldzes kategorija (H4)

## 7.5. Lukturu uzstādes pārbaude un regulēšana

Pareizi noregulēta luktura gaismas kūlis vienmēr vērsts nedaudz uz leju. Gaismas staru noliekumu pret horizontu izsaka procentos, un tā lielumu nosaka lukturu augstums no brauktuves virsmas. Automobiļiem lukturu noliekumu pret horizontu parasti norāda automobiļa lietošanas instrukcijā vai arī lukturu tuvumā motora nodalījumā: vieglajiem automobiļiem tas ir  $1 \div 1,5 \%$ , kravas automobiļiem un autobusiem – apmēram 3%.

**Eiropas tipa tālās un tuvās gaismas lukturus** (CR, HCR) pārbauda un regulē pēc tuvās gaismas. Četrlikturu optiskajai sistēmai atsevišķi jāpārbauda un jāregulē gan ārējie tuvās gaismas (C, HC) lukturi, gan iekšējie tālās gaismas (R, HR) lukturi.

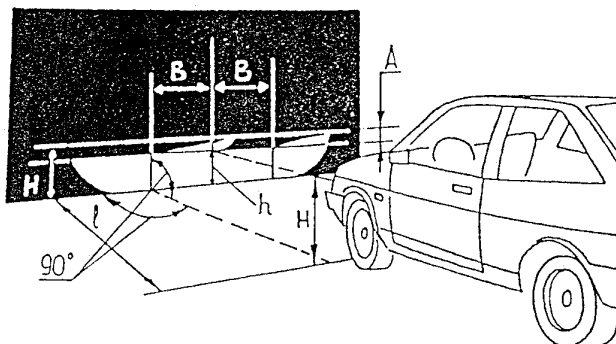
**Amerikas tipa lukturus** pārbauda un regulē pēc tālās gaismas.

Praksē izmanto vairākas lukturu stāvokļa pārbaudes un regulēšanas metodes. Lai pārbaudes rezultāti būtu ticami un regulēšana pareiza, jāveic nepieciešamie sagatavošanas darbi:

- automobilis jānovieto uz līdzenas, horizontālas pamatnes ar cietu segumu;
- vadāmie riteņi jānostāda taisnvirziena kustībai atbilstošā stāvoklī;
- jāpārbauda un nepieciešamības gadījumā jākorrigē gaisa spiediens automobiļa riepās;
- pirms pārbaudes vēlams pašūpot automobiļa priekšdaļu, lai visi balstiekārtas elementi ieņemtu normālu darba stāvokli;
- ja automobilis nav aprīkots ar distances vadības lukturu stāvokļa koriģēšanas ierīci, tad vēlams automobili noslogot tā, kā to izmanto vairumā gadījumu.

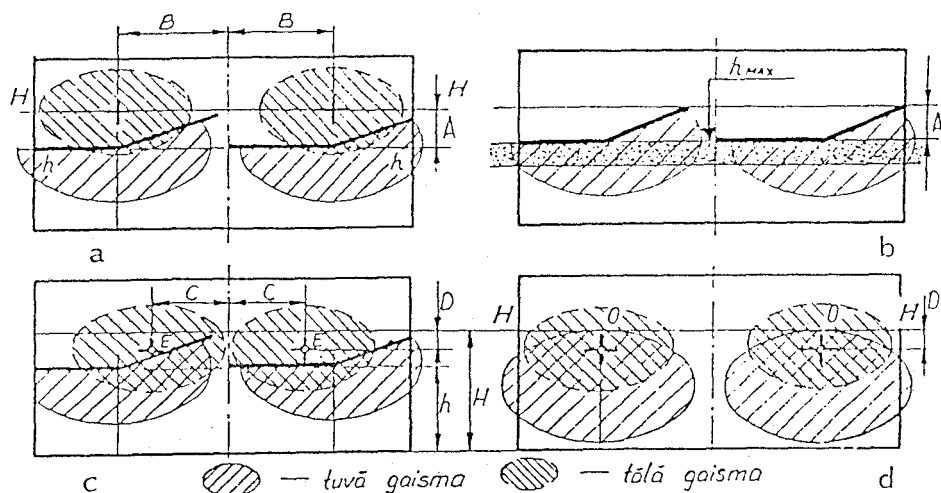
Lai panāktu kvalitatīvu gaismas ierīču stāvokļa pārbaudi un regulējumu, jāizmanto pārbaudes ekrāns vai optiskās pārbaudes ierīces – **optiskās kameras**.

Pārbaudes ekrāns parādīts 304. attēlā. Automobili parasti novieto 5 m attālumā no ekrāna perpendikulāri tam (305. attēls) un ieslēdz pārbaudāmā luktura vajadzīgo gaismu.



304. att. Luktura stāvokļa pārbaude un regulēšana, izmantojot pārbaudes ekrānu





305. att. Lukturu stāvokļa pārbaudes ekrāns:

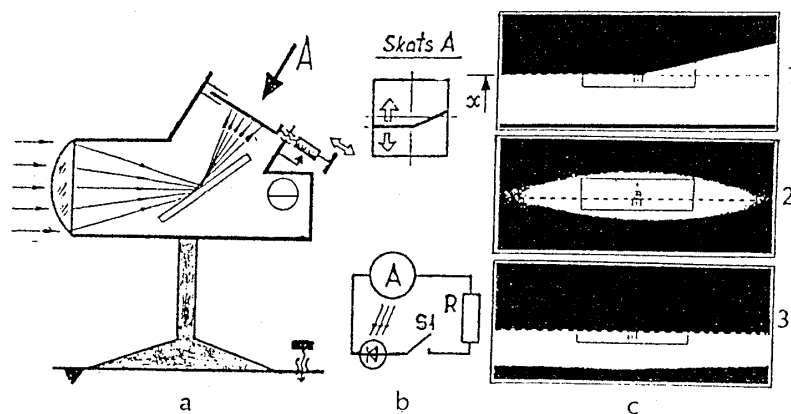
- a – Eiropas tipa divlukturu sistēmas tuvās un tālās gaismas lukturu pārbaudes ekrāns;
- b – miglas lukturu pārbaudes ekrāns;
- c – Eiropas tipa četrlukturu sistēmas lukturu pārbaudes ekrāns;
- d – Amerikas tipa tuvās un tālās gaismas lukturu pārbaudes ekrāns;
- A – gaismas kūļu noliekums pret horizontu, mm;
- B – lukturu centru attālums no automobiļa viduslīnijas;
- C – četrlukturu sistēmas iekšējo lukturu centru attālums no automobiļa viduslīnijas;
- D – četrlukturu sistēmas iekšējo – tālās gaismas lukturu (arī Amerikas tipa lukturu) gaismas kūļu noliekums pret horizontu, mm

Eiropas tipa tuvās (C, HC), kā arī tuvās un tālās (CR, HCR) gaismas lukturus pārbauda pēc tuvās gaismas. Katru lukturu pārbauda atsevišķi, pārējos aizklājot ar necaurspīdīgu ekrānu. Pareiza luktura stāvokļa gadījumā tā radītajiem gaismas kūļiem ekrāns jāizgaismo, kā parādīts 305. attēlā a. Eiropas tipa luktura tuvās gaismas norobežojošajai līnijai (vienlaikus arī kūļa augšējai robežai) jāsakrīt ar attiecīgā vietā uzziņmēto laužto līniju uz ekrāna.

Amerikas tipa tuvās un tālās gaismas lukturus regulē pēc tālās gaismas ar tādu aprēķinu, lai tālās gaismas kūļu centri būtu vērsti punktos O (305. attēlā d). Tuvās gaismas režīmā kūļu augšējā robeža nedrīkst būt augstāk par līniju H–H.

Līdzīgi regulē Eiropas tipa četrlukturu optiskās sistēmas tālās gaismas lukturus, vēršot gaismas kūļu centrus ar maksimālo gaismas stiprumu punktos E (305. attēls c). Pareizi noregulētu miglas lukturu gaismas kūļu augšējā robeža nedrīkst būt augstāk par tādā pašā augstumā novietotu un noregulētu tuvās gaismas lukturu gaismu norobežojošās līnijas horizontālo daļu (305. attēls b).

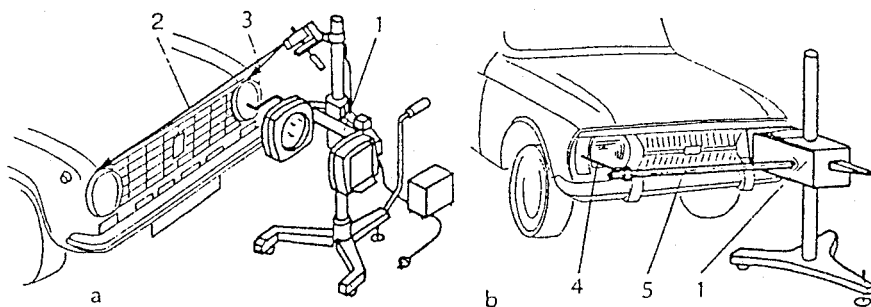
Pārbaudot lukturu stāvokli ar kontroles ekrāna palīdzību, darbu veikšanai nepieciešama liela platība. Izmantojot optiskās lukturu pārbaudes ierīces – optiskās kameras (306. attēls), šo platību iespējams samazināt līdz minimumam.



306. att. Optiskās kameras konstruktīvais izveidojums un darbības princips:

a – optiskā shēma; b – elektriskā shēma; c – lukturu pārbaude pēc gaismas kūļa un ekrāna ierīces skatlodziņā;  
1 – Eiropas tipa tuvās gaismas pārbaude; 2 – tālās gaismas pārbaude; 3 – miglas gaismas pārbaude

Optisko kameru darbības princips (306. attēls) pamatojas uz lukturu radītā gaismas kūļa koncentrāciju ar savācējlēcas palīdzību. Dažādu marķu optiskās kameras atšķiras galvenokārt ar principu, pēc kāda ierīces optisko asi orientē attiecībā pret automobili un tā lukturiem. Dažām optiskajām kamerām papildus uzstāda fotoelektrisku mērīšanas iekārtu, ko izmanto tuvās un tālās gaismas stipruma noteikšanai. Par atskaites bāzi optisko kameru orientācijai parasti izmanto automobiļa priekšējo vai pakaļējo riteņu asi, automobiļa simetrijas asi vai arī uz virsbūves divus simetriski izvietotus punktus. Pareizu ierīces orientāciju panāk, izmantojot atbalststienus – distancerus (307. attēls b) vai elektrooptisko metodi (307. attēls a). Mērierīci iespējams orientēt pietiekami precīzi arī bez minētajām papildierīcēm.



307. att. Optisko kameru orientēšanas paņēmieni:

a – elektrooptiskais; b – mehāniskais: 1 – optiskā kamera; 2 un 3 – gaismas stari;  
4 – atbalststienis; 5 – šķērsstienis

Sagatavošanas darbi, izmantojot optisko kameru, ir tādi paši, kā lietojot iepriekš aprakstītās metodes. Pārbaudes tehnoloģija, izmantojot optisko kameru, parasti ir šāda:

- ierīces optisko asi novieto vienādā augstumā ar luktura optisko asi;
- ar optiskās kameras telpiskā stāvokļa orientēšanas ierīci vai bez tās panāk, lai sakristu optiskās kameras un luktura optiskās asi.

Eiropas tipa lukturi ieslēdz tuvās gaismas režīmā un pēc tā gaismas kūļa attēla atrašanās vietas uz mērierīces ekrāna (attiecībā pret gaismu norobežojošās līnijas kontūru) un gaismas stipruma spriež par luktura stāvokļa atbilstību normatīviem un derīgumu tālākai ekspluatācijai.

Ja lukturu gaismas kūļi apgaismo pārbaudes ekrānu vai optiskās ierīces skatlodziņu neatbilstošās vietās, jāveic lukturu stāvokļa regulēšana, virzot gaismas kūļus vajadzīgajā virzienā.

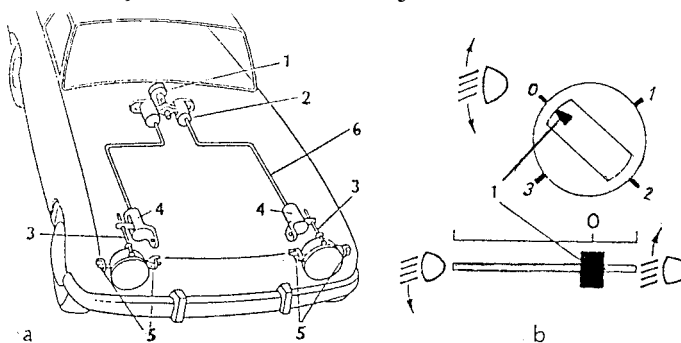
**Lukturu regulēšanu** veic ar regulēšanas skrūvēm vai rokturiem (299. attēls, 8 un 6) no motora nodalījuma puses (daļai taisnstūrveida lukturu un bloklukturu – *FORD Scorpio*; *OPEL Rekord* u. c.). Regulēšanu veic atsevišķi vertikālā un horizontālā plaknē. Ja lukturis padodas regulēšanai, tad, pagriežot regulēšanas skrūves uz vienu vai otru pusi, tas izmaina savu stāvokli telpā. Bloklukturiem izmainās tikai atstarotāja stāvoklis, bet pats lukturis (tā korpuss un izkļiedētājs) paliek nekustīgs.

Diemžēl pat pareiza un rūpīga lukturu regulēšana nenovērš pretimbraucošo vadītāju acu īslaicīgas apžilbināšanas iespēju, jo, automobilim ieskrienoties un bremzējot, to dažādi noslogojot vai braucot pa nelīdzenu ceļu, notiek gaismas kūļa svārstības vertikālā plaknē. Lukturu stāvokļa (noliekuma) izmaiņai vertikālā plaknē, gaismas kūļu svārstību daļējai vai pilnīgai novēršanai ir izstrādātas mehāniskas (ar trosu vai stiepņu piedziņu), elektromehāniskas un hidrauliskas, manuālas un automātiskas **lukturu stāvokļa koriģēšanas ierīces**.

Visvienkāršākā ir *mehāniska* gaismas kūļa noliekuma izmaiņa, ar roku iestatot luktura atstarotāju vienā no diviem iespējamiem stāvokļiem (līdzīgi kā pārslēdzot atpakaļskata spogulīti apžilbināšanas gadījumā).

308. attēlā parādīta *hidrauliskā* lukturu stāvokļa koriģēšanas iekārta ar rokas vadību. Parasti lukturu regulēšanas rokturi (299. attēls) savieno ar hidrauliskās lukturu stāvokļa izmaiņšanas iekārtas darba cilindra stiepni 3 (308. attēls a). Stiepņa pārvietošanās rezultātā tiek izmainīts lukturu noliekums pret horizontu. Pagriežot uz vadības paneļa novietoto vadības rokturi 1, tiek pārvietoti galveno cilindru virzuļi un izmainīts šķidruma spiediens galvenajos cilindros 2 un darba cilindros 4. Izmainītais šķidruma spiediens darba cilindros pārvieto virzuļus un ar stiepņiem par noteiktu leņķi pagriež lukturus.

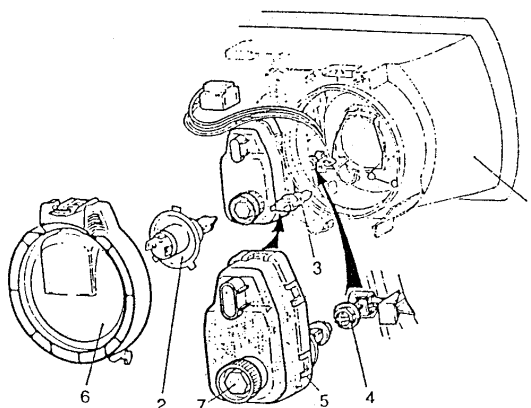
Ja ar vadības rokturi samazina šķidruma spiedienu sistēmā, tad darba cilindra stiepni atspēru ietekmē pagriež lukturus pretējā virzienā. Hidrokorektora vadības rokturiem ir četri fiksēti stāvokļi: 0, 1, 2 un 3 (308. attēls b). Dažādi noslogojot automobili, hidrokorektora vadības rokturis jāiestāda tajā stāvoklī, kas norādīts automobiļa lietošanas instrukcijā.



308. att. Lukturu regulēšana ar hidrokorektoru:

a – hidrosistēmas izveidojums; b – hidrokorektora vadība; 1 – vadības rokturis;  
2 – galvenie cilindri; 3 – stiepņi; 4 – darba cilindri; 5 – lukturu lodveida atbalsti; 6 – cauruļvadi

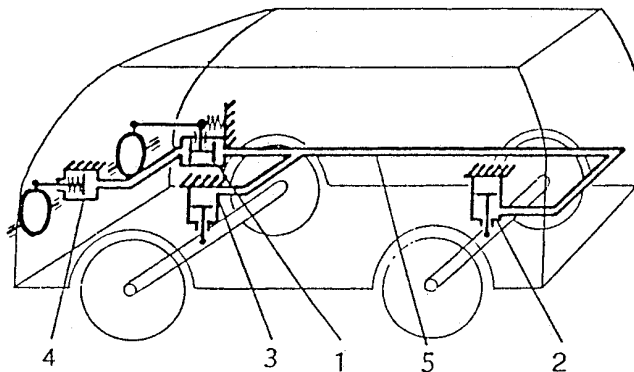
309. attēlā parādīta *elektromehāniskā* lukturu stāvokļa koriģēšanas iekārta, kurā lukturu gaismas kūļa noliekumu izmaiņa tiek panākta ar elektromotora palīdzību.



309. att. Elektromehāniskais lukturu regulators:

1 – lukturis; 2 – spuldze; 3 – gabarītgaismas spuldze; 4 – lukturu regulēšanas skrūve; 5 – elektromotors;  
6 – noņemams vāks; 7 – regulēšanas rokturis

Minētās distances vadības iekārtas var būt gan manuāli, gan automātiski vadāmas. Viena no *automātiskajām* lukturu stāvokļa koriģēšanas iekārtām parādīta 310. attēlā. Vadības cilindru virzulīši savienoti ar automobiļu priekšējo un aizmugurējo tiltu, bet vadības cilindri cieši piestiprināti pie automobiļa virsbūves, tāpēc, mainoties attālumam no virsbūves līdz tiltiem (mainoties automobiļa noslodzei un kustības režīmam), darba cilindri attiecīgi izmaina lukturu stāvokli.



310. att. Automātiska lukturu stāvokļa izmaiņšana:

1 un 4 – darba cilindri; 2 un 3 – vadības cilindri; 5 – cauruļvadi

Automobiļiem, kuriem uzstādītas no salona vadāmas lukturu stāvokļa izmaiņas ierīces, pirms lukturu regulēšanas korektora vadības rokturis jāiestata attiecīgā stāvoklī, kas norādīts automobiļa vai hidrokorektora lietošanas instrukcijā, parasti –stāvoklī “0” (308. attēls b).

## Literatūra

- Blīvis J., Gulbis V. Traktori un automobiļi.- Rīga: Zvaigzne,1991
- Grunte U. Elektrotehnika.- Rīga: Jumava, 2000
- Ozoliņš J. Vispārīgā elektrotehnika ar elektronikas pamatiem.- Rīga: MK, 1989
- Pēks L. Spēkratu elektroiekārta.- Jelgava: LLU, 1986
- Tomariņš K., Zablovskis E. Radioelektronika.- Rīga: Zvaigzne, 1985
- Tranter T. Automobile electrical & electronic systems.- 1989
- Vilciņš J., Vilciņš R. Vieglais automobilis.- Rīga: Avots, 1986
- Zalcmanis G., Vonda Ē. Automobiļu lukturi un apgaismes sistēmas.- Rīga: RTU, 1995
- Zalcmanis G. Automobiļu aizdedzes sistēmas.- Rīga: RTU, 1997
- Прохорский А.А. Основы автоматики и телемеханики.- М.: Транспорт, 1988
- Резник А.М. Электрооборудование автомобилей.- 1990
- Сергеев А.Г., Ют В.Е. Диагностирование электрооборудования автомобилей.- 1987
- Тимофеев Ю.Л., Ильин Н.М. Электрооборудование автомобилей.- 1987
- Трантер А. Руководство по электрическому оборудованию автомобилей.- 2000
- Чижков Ф.П., Акимов С.В. Электрооборудование автомобилей.-1999