









**KURKIME ATEITĮ DRAUGE!**

## **AUTOMOBILIŲ REMONTININKO RENGIMAS**

Vilnius, 2008

UDK 629.113(474.5)

Au 76

**Konsultavo:**

Saugirdas Pukalskas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas

**Recenzavo:**

Giedrius Garbinčius, Vilniaus Gedimino technikos universitetas;

Vitalijus Marininas, UAB „Servista ir Ko“;

Romualdas Obuchovičius, UAB „Autokurtas“;

Virginijus Remeikis, Tauragės profesinio rengimo centras;

Kazys Riauba, Alytaus kolegija;

Mindaugas Smolskas, VšĮ Daugų technologijos ir verslo mokykla

Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerijos  
rekomenduota profesiniam mokymui(si) 2008-08-13 Nr. 5

Parengta Europos Sąjungos ir Lietuvos Respublikos lėšomis, įgyvendinant projektą  
Nr. BPD2004-ESF-2.4.0-01-04/0132 „Mokymo-mokymosi priemonių profesiniam  
mokymui atnaujinimo modelio kūrimas“

Projekto vykdytojas:

Profesinio mokymo metodikos centras

Projekto partneris:

Vilniaus siuvėjų ir automechanikų mokykla

ISBN 978-9955-748-22-9

ISBN 978-9955-748-19-9

© Profesinio mokymo metodikos centras, 2008

---

## **Pirmoji knyga**

*Viktoras Kasulaitis*

KONSTRUKCINĖS IR EKSPLOATACINĖS MEDŽIAGOS

*Nijolė Piliponienė*

TECHNINIAI MATAVIMAI

*Vytautas Statkus*

ŠALTKALVYSTĖ

*Tadas Klevas*

SUVIRINIMAS IR LITAVIMAS

*Arvydas Tilindė*

ŽMOGAUS SAUGA IR EKOLOGIJA

---

## **Antroji knyga**

*Valdas Jurevičius, Leonidas Nanevičius*

AUTOMOBILIO VARIKLIS

---

## **Trečioji knyga**

*Petras Kaikaris*

AUTOMOBILIO TRANSMISIJA

*Apolinaras Bružas*

AUTOMOBILIO VAŽIUOKLĖ, VAIRAS IR STABDŽIAI

*Arvidas Basakirskas, Albertas Mačiulis*

AUTOMOBILIO TECHNINĖ PRIEŽIŪRA

---

## **Ketvirtoji knyga**

*Romualdas Butkevičius, Alfredas Rimkus*

AUTOMOBILIO ELEKTROS ĮRANGA, ELEKTRONINĖS VALDYMO SISTEMOS



# AUTOMOBILIŲ REMONTININKO RENGIMAS

4 KNYGA

---

Romualdas Butkevičius, Alfredas Rimkus

## AUTOMOBILIO ELEKTROS ĮRANGA, ELEKTRONINĖS VALDYMO SISTEMOS

---



# PRATARMĖ

Aktualus ir vis dar neišspręstas profesinio mokymo ir mokymosi priemonių klausimas paskatino imtis iniciatyvos parengti vadovėlį „Automobilių remontininko rengimas“.

Šis vadovėlis parengtas įgyvendinant Europos socialinio fondo projektą „Mokymo-mokymosi priemonių profesiniam mokymui atnaujinimo modelio kūrimas“. Kartu su vadovėlių parengtos ir jį papildančios mokiniams bei mokytojams svarbios mokymo ir mokymosi priemonės – užduočių rinkinys, mokytojo knyga ir plakatai.

Šis mokymo ir mokymosi priemonių komplektas paremtas naujomis technologijomis ir atitinka profesinio rengimo standarte numatytus kompetencijos reikalavimus. Tai pirmas didelis žingsnis siekiant aprūpinti besimokančiuosius susisteminta, kompleksine informacija, sukurti jiems patrauklią mokymosi aplinką ir palengvinti darbą profesijos mokytojams.

Šis mokymo ir mokymosi priemonių komplektas skirtas profesinės mokyklos mokiniams, siekiantiems įgyti automobilių remontininko ar automobilių elektros įrenginių remontininko kvalifikaciją, tačiau gali būti naudingas ir kitiems automobilių transporto eksploatacijos, techninės priežiūros ir remonto specialistams.

Skyriuje **Konstruktinės ir eksploatacinės medžiagos** nagrinėjama metalų, jų lydinių ir nemetalinių medžiagų sandara bei savybės, žymėjimas, panaudojimas automobiliams ir kitose srityse, aptariami metalų ir jų lydinių terminio, termocheminio apdorojimo būdai, jų taikymas. Taip pat apibūdinamos eksploatacinės medžiagos – aušinimo sistemų skysčiai, hidraulinė sistemų skysčiai, alyvos ir tepalai, automobilių degalai, kiti eksploataciniai skysčiai, pateikiamos rekomendacijos, kaip tinkamai parinkti ir naudoti šias medžiagas eksploatuojant automobilius, atliekant techninę priežiūrą ir remontuojant.

Skyriuje **Techniniai matavimai** supažindinama su pagrindinėmis sąvokomis, dažniausiai naudojamais matavimo vienetais, paklaidų atsiradimo priežastimis, matavimo metodais ir reikalavimais, aprašomi universalieji matavimo įrankiai ir prietaisai. Taip pat supažindinama su pakeičiamumo ir sąlaidų rūšimis, sąlaidų parinkimu ir sistemomis, detalių tikslumu ir šurkščiu.

Skyrius **Šaltkalvystė** padės išmokti šaltkalvystės operacijų: žymėjimo, kirtimo, lenkimo, lyginimo, pjovimo, dildymo, gręžimo, sriegimo sriegikliais ir sriegpjovėmis, kniedijimo, pritrynimo. Supažindinama su pagrindiniais įrankiais ir jų naudojimo galimybėmis. Taip pat aprašomi mechanizuoti šaltkalvių įrankiai, šaltkalviško apdorojimo pavyzdžiai.

Skyriuje **Suvirinimas ir litavimas** nagrinėjami suvirinimo, pjovimo ir litavimo būdai apdorojant įvairius metalus, jų lydinius, keramines medžiagas, stiklą, plastikus ir kitas automobilius gaminant ir remontuojant naudojamas medžiagas. Pateikiami pagrindiniai reikalavimai ir technologijos, kaip jungti tam tikrų savybių medžiagas įvairiose terpėse.

Skyriuje **Žmogaus sauga ir ekologija** pateikiamos darbų vykdymo saugumo organizacinės priemonės, supažindinama su darbo higiena ir sanitarija, darbuotojo sauga, priešgaisrinė sauga, aptariamoms individualios apsaugos priemonės bei aplinkos apsauga.

Skyriuje **Automobilio variklis** pateikiami variklių sandaros, veikimo ir remonto pagrindai. Išnagrinėti variklio dujų skirstymo mechanizmo, alkūninio švaistiklio mechanizmo, maitinimo sistemos, tepimo sistemos, aušinimo sistemos, uždegimo sistemos konstrukcijos ypatumai ir jų veikimo principai.

Skyriuje **Automobilio transmisija** aprašoma, kaip veikia automobilio sankabos, pavarų dėžės, skirstymo dėžės, kardaninės pavaros, diferencialas; taip pat supažindinama su jų konstrukcija. Vadovėlyje nurodomi transmisijos agregatų, mechanizmų techninės priežiūros darbai, dažniausiai pasitaikantys gedimai ir jų požymiai.

Skyriuje **Automobilio važiuoklė, vairas ir stabdžiai** nagrinėjama šiuolaikinių automobilių pakabos, vairavimo įrenginių ir stabdžių sandara, tipai, konstrukcijos ir veikimas.

Skyriuje **Automobilio techninė priežiūra** supažindinama su automobilio priežiūros periodiškumu, pagrindiniais automobilio diagnostikos principais, su variklio mechanizmų ir sistemų, elektros įrenginių, transmisijos, važiuoklės ir stabdžių sistemų pagrindiniais techninės priežiūros ir diagnostikos darbais. Taip pat supažindinama su prietaisais ir įrenginiais, naudojamais automobilio techninei priežiūrai ir diagnostikai atlikti.

Skyriuje **Automobilio elektros įranga, elektroninės valdymo sistemos** pateikiami pagrindiniai elektrotechnikos dėsniai, elektrinių ir elektroninių elementų veikimo pagrindai, elektrinių dydžių matavimo ir komponentų patikros taisyklės. Išnagrinėtos automobilio elektros tiekimo, paleidimo, apšvietimo, kitų elektros sistemų sandara ir veikimas, jų elementų jungimo schemas. Pateikti variklio transmisijos, važiuoklės, valdymo įrenginių, pasyviojo saugumo, multipleksinio duomenų perdavimo elektroninių valdymo sistemų konstrukcijos ypatumai ir darbo principai.



# TURINYS

## AUTOMOBILIO ELEKTROS ĮRANGA, ELEKTRONINĖS VALDYMO SISTEMOS

<b>1. Elektrotechnikos pagrindai</b> .....	17
1.1. Pagrindiniai elektros grandinės dėsniai .....	17
1.1.1. Elektros srovė .....	17
1.1.2. Įtampa .....	18
1.1.3. Laidininko elektrinė varža .....	18
1.1.4. Elektros srovės grandinė .....	19
1.1.5. Omo dėsnis .....	20
1.1.6. Kirchhofo dėsniai .....	21
1.1.7. Elektros darbas ir galia .....	22
1.1.8. Elektros imtuvų jungimas .....	23
1.2. Magnetizmas, elektromagnetinė indukcija, saviindukcija .....	24
1.2.1. Magnetizmas .....	24
1.2.2. Elektromagnetinė jėga. Elektromagnetinė indukcija .....	26
1.2.3. Saviindukcija .....	30
1.3. Elektriniai ir elektroniniai elementai .....	31
1.4. Elektrinių dydžių matavimas ir komponentų patikra .....	47
1.4.1. Elektrinių dydžių matavimas .....	47
1.4.2. Elektrinių ir elektroninių elementų tikrinimas .....	50
<b>2. Akumuliatorių baterija</b> .....	55
2.1. Akumuliatorių baterijos sandara ir žymėjimas .....	55
2.2. Akumuliatorių baterijos veikimas .....	59
<b>3. Generatorius</b> .....	63
3.1. Kintamosios srovės generatoriaus sandara, veikimas, srovės lyginimas .....	63
3.1.1. Kintamosios srovės generatoriaus veikimo principas .....	63
3.1.2. Srovės lyginimas .....	68
3.1.3. Generatoriaus srovės grandinės .....	68
3.2. Generatoriaus įtampos reguliavimas .....	70
<b>4. Paleidimo sistema</b> .....	73
4.1. Paleidimo sistemos sandara ir veikimas .....	73
4.1.1. Bendrosios žinios .....	73
4.1.2. Starterio variklio veikimas, sandara ir elektros grandinės .....	73
4.2. Starterių tipai, sandara ir veikimas .....	77
<b>5. Apšvietimo ir signaliniai įtaisai</b> .....	84
5.1. Apšvietimo žibintai .....	84

5.1.1. Apšvietimo sistemos .....	84
5.1.2. Apšvietimo įtaisai .....	87
5.2. Papildomi žibintai .....	97
5.3. Signaliniai įtaisai .....	98
5.4. Garso signalas .....	99
<b>6. Jutikliai .....</b>	<b>102</b>
6.1. Slėgio jutikliai .....	103
6.2. Atskiros vakuuminės kameros slėgio jutikliai .....	105
6.3. Sistemoje „Common Rail“ naudojami slėgio jutikliai .....	106
6.4. Poslinkio jutikliai .....	106
6.4.1. Magnetorezistiniai sūkių ir fazės jutikliai .....	107
6.4.2. Strypiniai Holo jutikliai .....	107
6.5. Induktyvieji sūkių ir padėties jutikliai .....	110
6.6. Pusiau diferenciniai su trumpai jungta vija poslinkio jutikliai .....	111
6.7. Akceleratoriaus pedalo padėties poslinkio jutikliai .....	112
6.8. Kampiniai Holo principu veikiantys akceleratoriaus pedalo poslinkio jutikliai .....	113
<b>7. Uždegimo sistemos (US) .....</b>	<b>114</b>
7.1. Bendrosios žinios .....	114
7.1.1. Pramušimo įtampa $U_z$ .....	115
7.1.2. Kibirkšties energija $E$ .....	117
7.1.3. Uždegimo paskuba .....	118
7.2. Uždegimo sistemų vystymosi raida. Veikimo principas .....	120
7.3. Tranzistorinės uždegimo sistemos .....	124
7.4. Elektroninės ir mikroprocesorinės uždegimo sistemos .....	129
7.4.1. Išėjimo pakopos su aukštosios įtampos rite su daugeliu išvadų .....	135
7.4.2. Individualaus statinio paskirstymo išėjimo pakopos .....	137
7.4.3. Išėjimo pakopos su įsotinamuoju uždegimo transformatoriumi .....	139
7.4.4. Daugiakibirkštės uždegimo sistemos .....	140
7.5. Uždegimo sistemų komponentai .....	141
7.5.1. Aukštosios įtampos laidininkai. Radijo trukdžiai .....	141
7.5.2. Automobilių uždegamosios žvakės. ....	142
7.5.2.1. Automobilių uždegamosios žvakės sandara .....	143
7.5.2.2. Šilumos charakteristika .....	147
7.5.2.3. Uždegamųjų žvakių ženklavimas .....	153
7.5.2.4. Uždegamųjų žvakių pakeičiamumas .....	153
7.6. Aukštosios įtampos uždegimo ritės (AĮUR) .....	156
7.6.1. Bendrosios žinios .....	156
7.6.2. Klasikinės uždegimo ritės konstrukcija ir parametrai .....	157
7.6.3. Elektroninių uždegimo sistemų uždegimo ritės .....	160
7.6.4. Mikroprocesorinių uždegimo sistemų uždegimo ritės .....	162

<b>8. Oto variklių maitinimo sistemų elektroninis valdymas</b> .....	170
8.1. Nenutrūkstamo benzino įpurškimo sistemos .....	171
8.1.1. Bendrosios žinios .....	171
8.1.2. „K-Jetronic“ .....	171
8.1.3. „K-Jetronic“ komponentai .....	172
8.1.4. „K-Jetronic“ su lambda reguliavimo kontūru .....	175
8.1.5. „KE-Jetronic“ .....	177
8.2. Periodinio įpurškimo sistemos .....	180
8.2.1. Bendrosios žinios .....	180
8.2.2. „D-Jetronic“ .....	180
8.2.3. „L-Jetronic“ .....	182
8.2.4. „LH-Jetronic“ .....	185
8.3. Centrinio įpurškimo sistema „Mono-Jetronic“ .....	187
8.4. Dujinių automobilių maitinimo sistemos .....	190
8.5. Kombinuotos įpurškimo sistemos .....	191
8.5.1. Įpurškimo sistema „M-Motronic“ .....	192
8.5.2. Turbininio įpurškimo panaudotomis dujomis sistema „M-Motronic“ .....	195
8.5.3. Įpurškimo sistema „ME-Motronic“ .....	196
8.6. Įpurškimo sistema „MED-Motronic“ .....	197
8.7. Akumuliatorinė tiesioginio benzino įpurškimo sistema .....	201
<b>9. Dyzelinių variklių elektroninis valdymas</b> .....	207
9.1. Skirstomųjų didelio slėgio degalų siurblių valdymas .....	207
9.1.1. Dyzelinių variklių maitinimo sistemų tipai ir ypatumai .....	207
9.1.2. Didelio slėgio degalų siurblys su ašiniu plunžeriu .....	209
9.1.3. Skirstomasis degalų siurblys su spinduliniais plunžeriais .....	218
9.2. Individualių didelio slėgio degalų siurblių valdymas .....	219
9.3. Akumuliatorinės maitinimo sistemos „Common Rail“ valdymas .....	223
9.4. Dyzelinių variklių paleidimo lengvinimo būdai ir įtaisai .....	230
<b>10. Automatinių pavarų dėžių elektroninis valdymas</b> .....	234
10.1. Programinis APD pavarų perjungimo valdymas .....	234
10.2. Automatinės pavarų dėžės valdymo principinė elektros schema .....	240
10.3. Belaipės diržinės transmisijos valdymas .....	243
<b>11. Automobilių stabilumo elektroninio valdymo sistemos</b> .....	246
11.1. Stabdžių antiblokavimo sistemų elektroninis valdymas .....	246
11.2. Automobilio traukos kontrolės elektroninis valdymas .....	250
11.3. Automobilio stabilumo elektroninis valdymas .....	251
<b>12. Automobilio pasyviojo saugumo sistema</b> .....	260

<b>13. Greičio palaikymo sistema</b> .....	262
13.1. Bendrosios žinios .....	262
13.2. CC sistemos valdymo algoritmas .....	262
<b>14. Multipleksinės duomenų perdavimo sistemos</b> .....	264
14.1. Duomenų perdavimo sistema „CAN-Bus“. Pagrindai .....	264
14.2. Duomenų perdavimas šviesolaidžiu sistema MOST .....	272
<b>15. Alternatyvūs atsinaujinantys energijos šaltiniai. Automobilis su elektros pavara</b> ..	277
<b>16. Automobilio elektros įrangos schemų žymėjimas</b> .....	283
16.1. Automobilio elektros schemų tipai .....	283
16.2. Automobilio elektros įrangos schemų žymėjimas .....	285
<b>Literatūros sąrašas</b> .....	300
<b>Priedai</b> .....	301

Romualdas Butkevičius, Alfredas Rimkus

---

# AUTOMOBILIO ELEKTROS ĮRANGA, ELEKTRONINĖS VALDYMO SISTEMOS

---

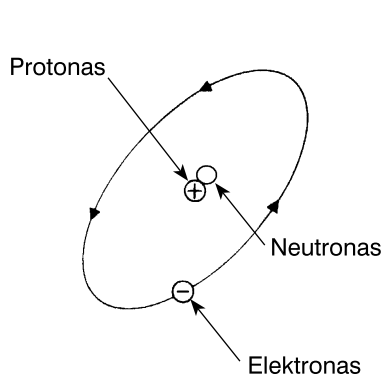


# 1. ELEKTROTECHNIKOS PAGRINDAI

## 1.1. Pagrindiniai elektros grandinės dėsniai

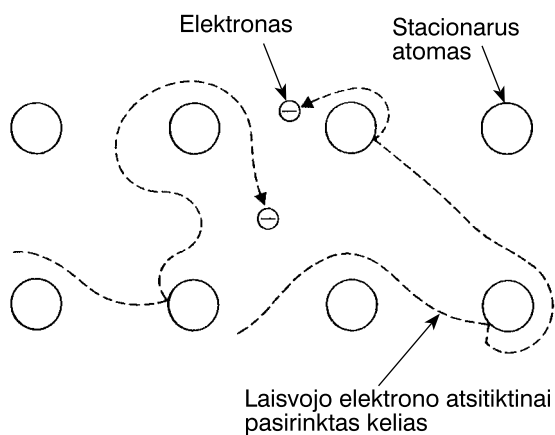
### 1.1.1. Elektros srovė

Elektros srovė yra kryptingas elektros krūvių (elektronų) judėjimas laidininke. Elektronai išlaisvinami iš išorinio metalo atomo sluoksnio (1.1 pav.; 1.2 pav.). Kryptingas elektronų judėjimas (metaluose) atsiranda veikiant elektriniam laukui (įtampai) (1.3 pav.).



Vandenilis

1.1 pav. Vandenilio atomas



Varis

1.2 pav. Laisvųjų elektronų judėjimas

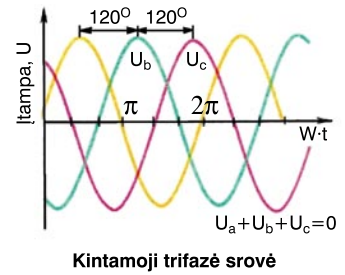
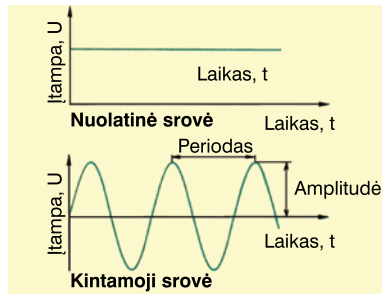
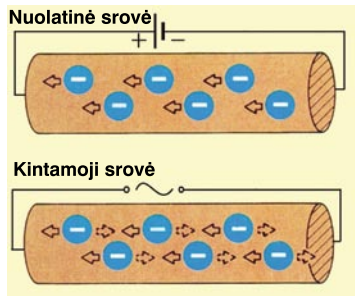
Elektros srovės stipris parodo, koks elektros krūvis prateka laidininko skerspjūviu per laiko vienetą. Elektros srovės stipris žymimas raide  $I$ , o matavimo vienetas – A (amperas).

$$I = \frac{Q}{t}; \quad (1.1)$$

čia  $Q$  – elektros krūvis, C (kulonas); elektrono krūvis  $-16,021892 \cdot 10^{-20}$  C;  
 $t$  – laikas, s.

Jei elektros srovė visą laiką teka viena kryptimi, ji vadinama nuolatine elektros srove. Jei srovės kryptis ir didumas ilgainiui keičiasi, ji vadinama kintamąja elektros srove (1.3 pav.). Buitiniame elektros tinkle naudojama periodinė kintamoji srovė kinta (keičia tekėjimo kryptį) 100 kartų per sekundę (dažnis 50 Hz). Kintamoji srovė gali būti vienfazė (įtampa perduodama nuliniu ir faziniu laidininkais) ir trifazė (įtampa perduodama trimis faziniais laidininkais). Trifazę srovę gamina trifazis kintamosios srovės generatorius ir ją sudaro trys laiko atžvilgiu perstumtos kintamosios srovės.

Kintamąją srovę galima transformuoti (keisti įtampą), išlyginti (paversti nuolatine).



1.3 pav. Nuolatinė ir kintamoji elektros srovė

### 1.1.2. Įtampa

Darbo  $A$ , atlikto perkėlus krūvį tarp dviejų elektrinio lauko taškų, ir to krūvio didumo  $Q$  santykis vadinamas potencialų skirtumu arba įtampa tarp šių taškų. Elektros įtampa žymima  $U$ , matavimo vienetas – V (voltas):

$$U = \frac{A}{Q}. \quad (1.2)$$

Elektros įtampa (elektrovaros jėga) sukelia elektros srovės tekėjimą. Elektrovaros jėga (EVJ) žymima  $E$ , matavimo vienetas – voltas. EVJ gaunama iš įtampos šaltinių ir įtampos gamintojų, pvz., baterijų, generatorių. Įtampos šaltinio gnybtai vadinami poliais (pvz., baterijose). Esant nuolatinėi įtampai poliai išlaiko pastovų poliškumą. Teigiamasis polius (+) lieka teigiamas, o neigiamasis (–) – neigiamas (pvz., baterijose). Esant kintamajai įtampai poliškumas nuolat kinta. Nuolatinė įtampa sukelia nuolatinę elektros srovę, kintamoji įtampa – kintamąją elektros srovę.

### 1.1.3. Laidininko elektrinė varža

Laidininko savybė priešintis tekančiai srovei vadinama jo elektrine varža. Elektrinės varžos ženklas  $R$ , o matavimo vieneto ženklas  $\Omega$  (omas).

Kiekvienas elektros imtuvas yra elektrinė varža. Elektrinės varžos dydis priklauso nuo laidininko: medžiagos, skerspjūvio ploto, ilgio, temperatūros. Elektrinės varžos dydis gali būti apskaičiuojamas taip:

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A}; \quad (1.3)$$

čia  $l$  – laidininko ilgis, m;

$A$  – skerspjūvio plotas,  $\text{mm}^2$ ;

$\rho$  – medžiagos specifinė elektrinė varža,  $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ , esant  $20^\circ\text{C}$ .

Specifinė elektrinė varža yra 1 m laidininko varža, kurio skerspjūvio plotas  $1 \text{ mm}^2$ , esant



20 °C. Medžiagų elektros laidumo ypatybės yra skirtingos. Specifinė varža kinta, kintant laidininko temperatūrai. Didėjant temperatūrai, metalų varža didėja. Atšaldytų iki temperatūros, artimos absoliučiajam nuliui (273 °C), daugelio medžiagų varža artėja prie nulio (superlaidumas).

Pagal specifinę varžą medžiagos yra skirstomos į laidininkus, nelaidininkus ir puslaidininkius.

**Laidininkai** yra medžiagos, kurios gerai praleidžia elektros srovę, taigi turi mažą specifinę elektrinę varžą, pvz., varis, aliuminis, kiti metalai ir jų lydiniai, anglis, elektrolitai. (Kai kurių metalų specifinis laidumas, esant 20 °C temperatūrai: sidabro – 0,0162  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ; vario – 0,0185  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ; aliuminio – 0,0282  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ; geležies – 0,13–0,3  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ; švino – 0,21  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ; nichromo – 1  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ).

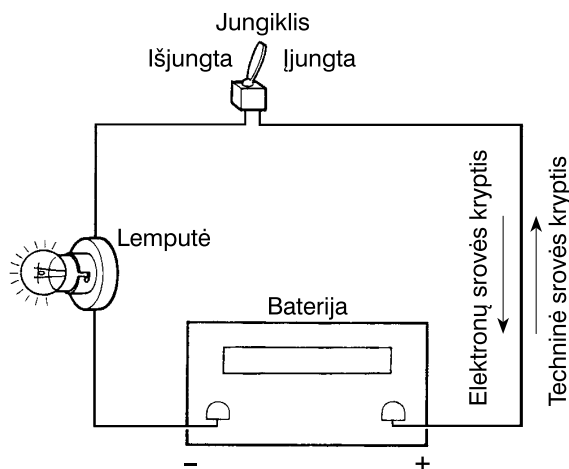
**Nelaidininkai** (izoliatoriai, dielektrikai) yra medžiagos, kurios elektros srovės nepraleidžia arba praleidžia labai mažai, taigi jų specifinė varža aukšta, pvz., porcelianas, guma, alyva, dujos.

**Puslaidininkiai** yra medžiagos, kurių specifinės elektrinės varžos dydis yra tarp laidininkų ir nelaidininkų, pvz., germanis, silicis, selenas. Puslaidininkių, sumaišytų su kitomis medžiagomis (pvz., aliuminiu, arsenu), specifinė varža pasikeičia taip, kad jie gali būti naudojami gaminti elektrinių schemų elementams (pvz., diodams, tranzistoriams).

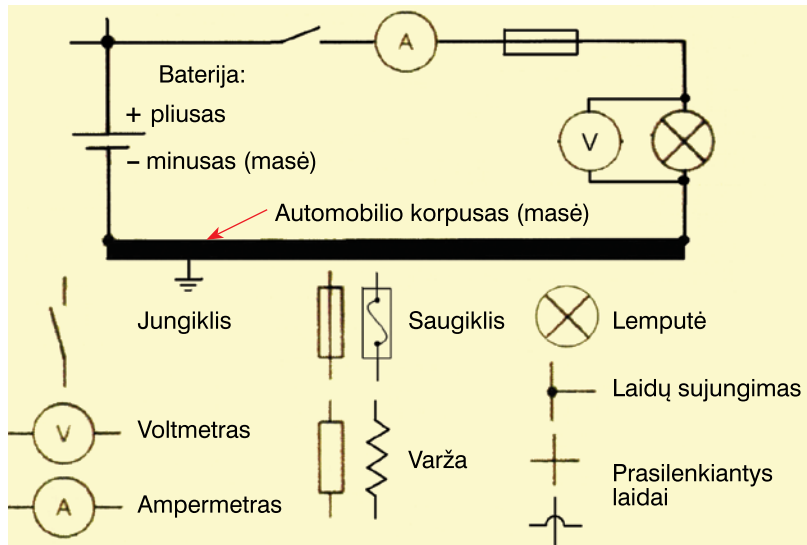
#### 1.1.4. Elektros srovės grandinė

Elektros grandinės skirstomos į paprastasias ir sudėtingąsias. Paprastąją elektros srovės grandinę sudaro vienas EVJ šaltinis (arba keli vienoje grandinės šakoje, pvz., baterija), elektros imtuvai (pvz., signalinė lemputė) ir elektros laidai (laidininkai). Elektros srovė gali tekėti tik uždaroje elektros grandinė.

Elektros grandinė elektronai juda nuo neigiamojo elektros šaltinio poliaus per imtuvą iki teigiamojo poliaus (elektronų srovės kryptis). Techninė srovės kryptis yra iš teigiamojo į neigiamąjį polių. Taip klaidingai manė elektros srovių sąveikos dėsnius tyrinėjęs Amperas, ir schemose buvo paliktas toks žymėjimas (1.4 pav.).



1.4 pav. Elektronų ir techninė srovės tekėjimo kryptys uždarojoje elektros grandinėje



1.5 pav. Elektros grandinės pagrindiniai sutartiniai ženklai

Elektros grandinėms (elektrinėms jungtims) vaizduoti naudojamos standartizuotos jungimo schemas ir sutartiniai ženklai (1.5 pav.). Automobiliuose įtaisyta vieno laidininko sistema. Šioje sistemoje yra tik vienas laidas – nuo įtampos šaltinio iki įtampos imtuvo. Grįžtamoji srovė teka per metalinę automobilio konstrukciją. Ji žymima kaip masė.

### 1.1.5. Omo dėsnis

Tyrinėjant uždarają elektros grandinės dalį nustatyta, kad įtampos  $U$  ir srovės  $I$  santykis, esant pastoviai varžai  $R$ , yra pastovus (Omo dėsnis):

$$\frac{U}{I} = \text{const.} \quad (1.4)$$

Tai reiškia, kad srovės stipris proporcingai kinta, kintant įtampai. Įtampos ir nuo jos priklausančios srovės santykis (koeficientas) yra varža  $R$ .

$$R = \frac{U}{I}. \quad (1.5)$$

Šią priklausomybę galima užrašyti taip:

$$U = R \cdot I. \quad (1.6)$$

Iš formulės matyti, kad, tekant srovei grandinės dalimi, joje gaunamas elektrinių potencialų skirtumas, tai yra įtampos kritimas, arba tiesiog įtampa.

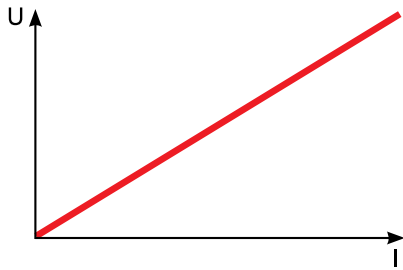
Omo dėsnis teigia, kad nuolatinė srovė, tekanti grandinės dalimi, yra tiesiog proporcinga tos grandinės dalies įtampai  $U$  ir atvirkščiai proporcinga jos varžai  $R$ :

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1.7)$$

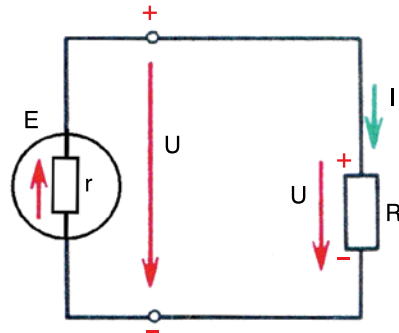


Iš Omo trikampio galima nustatyti visas Omo dėsnio priklausomybes.

Priklausomybė  $U = f(I)$  vadinama voltamperine charakteristika. Kai imtuvo  $R = const$ , jos grafinis vaizdas yra tiesė (1.6 pav.), toks imtuvas vadinamas tiesiniu. Praktikoje gausu netiesinių imtuvų, kurių varža priklauso nuo srovės, įtampos, temperatūros ir kt.



1.6 pav. Tiesinio imtuvo ( $R = const$ ) voltamperinė charakteristika



1.7 pav. Elementarioji grandinė

Pritaikius Omo dėsnį elementariajai grandinei, sudarytai iš energijos šaltinio, imtuvo ir juos jungiančių laidų (1.7 pav.), galima parašyti:

$$I = \frac{E}{R + r}; \quad (1.8)$$

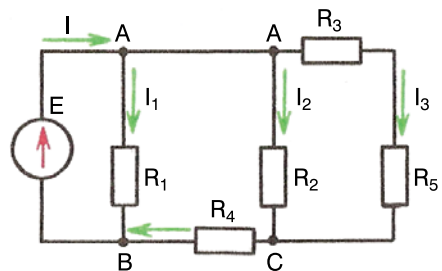
čia  $E$  – energijos šaltinio elektrovara, V;  
 $r$  – energijos šaltinio vidinė varža,  $\Omega$ ;  
 $R$  – imtuvo varža.

Iš čia:  $E = R \cdot I + r \cdot I$ . Pritaikę priklausomybę  $R \cdot I = U$ , gauname:  $E = U + r \cdot I$ . Tad elektros energijos šaltinio EVJ yra lygi imtuvo įtampos ir įtampos kritimo šaltinyje dėl jo vidinės varžos sumai. Imtuvui tiekiamą įtampą  $U = E - r \cdot I$ . Stiprėjant srovei grandinėje, šaltinio tiekiamą įtampą krinta.

### 1.1.6. Kirchhofo dėsniai

Šaka yra grandinės dalis, kuria teka ta pati srovė. Trijų ar daugiau šakų (laidų) sujungimo vieta yra vadinama mazgu.

1.8 pav. parodyta šakota grandinė, kurią sudaro penkios šakos ir trys mazgai: A, B ir C.



1.8 pav. Šakotos elektros grandinės pavyzdys

Kontūru vadinama uždaroji grandinės dalis, kurią apėjus, sugrįžtama į tą patį tašką. Pvz., kontūrai:  $AR_2CR_4BEA$ ,  $AR_3R_5CR_2A$  ir kiti.

**I Kirchofo dėsnis.** Srovių, įtekančių į mazgą, suma lygi ištekančių iš šio mazgo srovių sumai. Taigi elektros grandinės mazgo algebrinė srovių suma lygi nuliui.

Teigiamosiomis laikysime sroves, ištekančias iš mazgo, o neigiamosiomis – įtekančias. Pvz., mazge A:

$$-I + I_1 + I_2 + I_3 = 0; \quad \sum I = 0. \quad (1.9)$$

**I Kirchofo dėsnis.** Elektros grandinės uždaryjame kontūre elektrovaros jėgų algebrinė suma lygi įtampos kritimų visose kontūro varžose sumai:

$$\sum E = \sum R \cdot I. \quad (1.10)$$

Kai kontūre nėra EVJ šaltinio:

$$\sum U = 0. \quad (1.11)$$

Kontūro apėjimo kryptis pasirenkama pagal laikrodžio rodyklę. EVJ laikoma teigiamąja, kai sutampa su kontūro apėjimo kryptimi. Įtampos kritimas  $I \cdot R$  laikomas teigiamuoju, kai srovės kryptis varžoje sutampa su kontūro apėjimo kryptimi.

### 1.1.7. Elektros darbas ir galia

Elektros atliktas darbas yra lygus įtampos, srovės stiprio ir srovės tekėjimo laiko sandaugai.

$$W = U \cdot I \cdot t; \quad (1.12)$$

čia  $W$  – elektros darbas,  $W \cdot s$ ;

$U$  – įtampa,  $V$ ;

$I$  – srovės stipris,  $A$ ;

$t$  – laikas,  $s$ .

Panaudojus Omo dėsnį galima parašyti dar dvi darbo formules:


$$W = I^2 \cdot R \cdot t; \quad W = \frac{U^2 \cdot t}{R}. \quad (1.13)$$

Elektros darbo vienetas yra vatsekundė ( $W \cdot s$ ) = 1J (džaulis). Kiti galimi elektros darbo dydžiai yra vatvalandė  $W \cdot h = 3600 W \cdot s$  ir kilovatvalandė  $kW \cdot h = 3\,600\,000 W \cdot s$ .

Elektros galia – tai darbas, atliktas per laiko vienetą.

$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I. \quad (1.14)$$

Galios vienetas yra vatas. Tai galia, kai per sekundę atliekamas 1 džaulio darbas.  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ . Didesnis matavimo vienetas yra  $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$  (kilovatas).

Iš galingumo trikampio  galima nustatyti visas elektros galios priklausomybes.

## 1.1.8. Elektros imtuvų jungimas

### Nuoseklusis imtuvų jungimas

**Nuoseklusis jungimas** – tai toks elektros energijos imtuvų jungimas į grandinę, kai sudaroma neišsiskojusi grandinė ir per imtuvus teka vienodo dydžio srovė  $I_B$  (1.9 pav.).

$$I_B = I_1 = I_2 = I_3. \quad (1.15)$$

Jeigu lyginamos išmatuotos įtampos, tai gaunama, kad grandinės atskirų dalių įtampų arba įtampos kritimų suma lygi grandinės bendrai įtampai  $U_B$ :

$$U_B = U_1 + U_2 + U_3. \quad (1.16)$$

Nuosekliai sujungus, bendra grandinės varža  $R_B$  lygi atskirų imtuvų varžų sumai:

$$R_B = R_1 + R_2 + R_3. \quad (1.17)$$

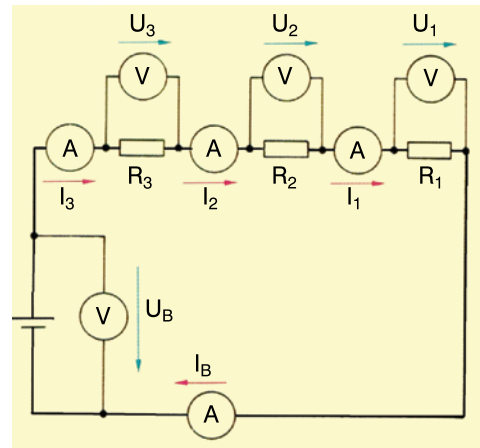
Visos grandinės galia yra lygi atskirų nuosekliai sujungtų imtuvų galių sumai:

$$P_B = P_1 + P_2 + P_3. \quad (1.18)$$

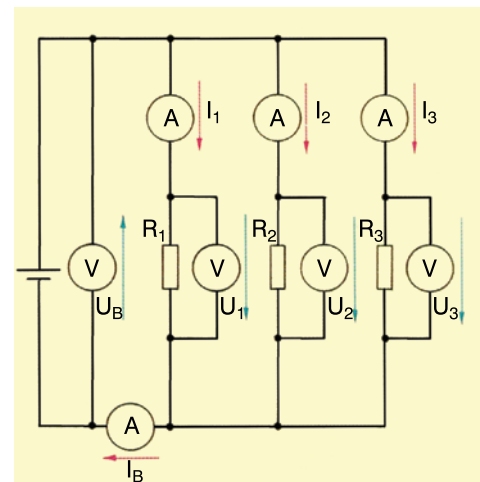
### Lygiagretusis imtuvų jungimas

Jeigu keli elektros energijos imtuvai įjungti tarp tų pačių mazgų taip, kad įtampa tarp jų jungimo taškų yra vienoda ir lygi  $U_B$ , tai toks imtuvų jungimas vadinamas lygiagrečiuoju (1.10 pav.).

$$U_B = U_1 = U_2 = U_3. \quad (1.19)$$



1.9 pav. Nuoseklusis elektros imtuvų jungimas



1.10 pav. Lygiagretusis elektros imtuvų jungimas

Grandinės bendras srovės stipris apskaičiuojamas pagal I Kirchhofo dėsnį. Esant lygiagrečiajam jungimui, bendras srovės stipris  $I_B$  lygus dalinių srovių, tekančių imtuvais, sumai:

$$I_B = I_1 + I_2 + I_3. \quad (1.20)$$

Esant lygiagrečiajam jungimui, bendra varža  $R_B$  apskaičiuojama:

$$\frac{1}{R_B} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}. \quad (1.21)$$

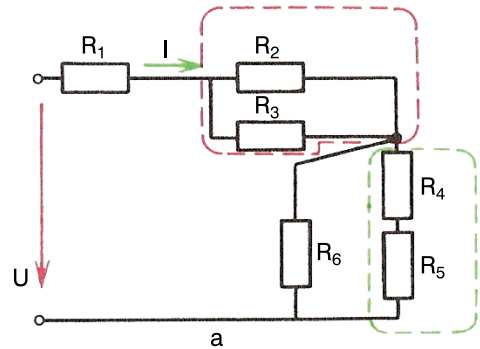
Lygiagrečiai sujungtų imtuvų bendra grandinės varža visada mažesnė negu mažiausia imtuvo varža.

Visos grandinės galia yra lygi atskirų šakų galių sumai  $P_B$ :

$$P_B = P_1 + P_2 + P_3. \quad (1.22)$$

Lygiagrečiai sujungti imtuvai veikia nepriklausomai vienas nuo kito. Priešingai yra nuosekliojo imtuvų jungimo atveju – išjungus vieną imtuvą, grandinė nutrūksta, todėl kiti imtuvai energijos negauna. Elektros lemputės, elektros varikliai ir kiti energijos imtuvai automobilyje jungiami lygiagrečiai. Nuoseklusis jungimas naudojamas tik tais atvejais, kai šaltinio įtampa yra didesnė už imtuvų vardinę įtampą.

Paprastosios elektros grandinės, kuriose imtuvai jungiami ir nuosekliai, ir lygiagrečiai, vadinamos mišriai sujungtų imtuvų grandinėmis (1.11 pav.). Pritaikius nuosekliojo ir lygiagrečiojo jungimo taisykles, šią grandinę galima paversti elementariąja, kurioje yra tik vienas ekvivalentinis šaltinis ir vienas ekvivalentinis imtuvas.



1.11 pav. Mišrusis elektros imtuvų jungimas

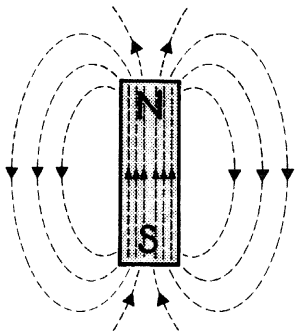
## 1.2. Magnetizmas, elektromagnetinė indukcija, saviindukcija

### 1.2.1. Magnetizmas

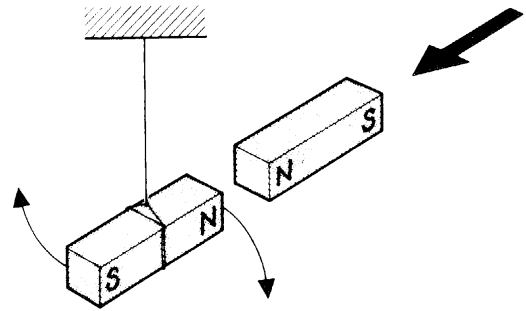
#### Nuolatinis magnetizmas

**Nuolatiniais magnėtais** vadinami magnetai, kurie ilgai išlaiko magnetinį veikimą. Magnetinio veikimo esmė yra ta, kad magnetai, pagaminti iš medžiagų, turinčių geležies, nikelio ir kobalto, sukuria magnetinę traukos jėgą. Traukos jėga prasiskverbia pro kitas medžiagas. Magnetinės medžiagos dar vadinamos feromagnetėmis medžiagomis. Kai fe-

romagnetę medžiagą traukia magnetas, ji įmagnetinama. Feromagnetės medžiagos, kurios įmagnetintos ilgai išlaiko savo magnetizmą, vadinamos kietamagnetėmis, o tos, kurios greitai praranda magnetizmą, – minkštamagnetėmis. Magnetuose yra šiaurės (N) ir pietų (S) poliai (1.12 pav.).



1.12 pav. Stiebelio formos magneto magnetinio lauko linijos



1.13 pav. Magneto polių sąveika

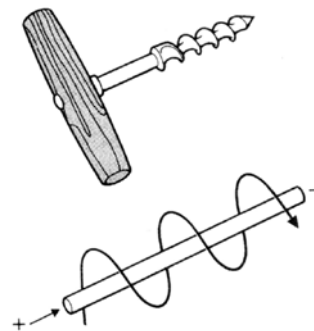
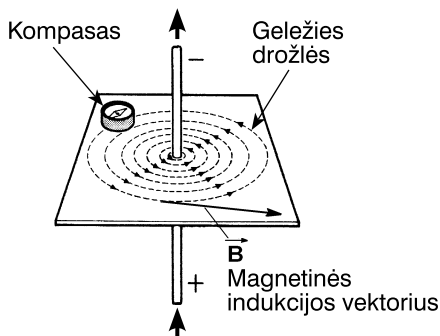
Nevienvardžiai magneto poliai vienas kitą traukia. Vienvardžiai magneto poliai vienas kitą stumia (1.13 pav.).

Magnetinį veikimą galima parodyti geležies drožlėmis ant stiklo plokštelės. Geležies drožlės rodo, kaip sklinda magnetinis laukas. Lauko linijos išsidėsto erdvėje aplink magnetą ir tęsiasi magnete. Magnetinio lauko linijos yra uždaros. Lauko linijos magneto išorėje eina iš šiaurės poliaus į pietų, o viduje – iš pietų į šiaurės polių. Lauko linijų tankis, taip pat ir magnetinis veikimas, didžiausias yra apie polių.

## Elektromagnetizmas

**Elektromagnetais** vadinami **magnetai**, kurių magnetizmą sukelia tekanti elektros srovė.

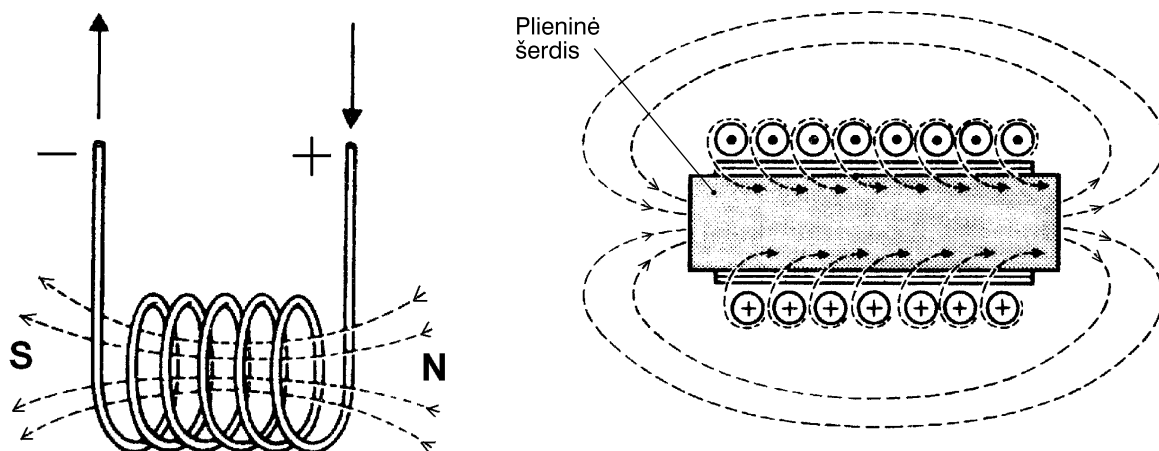
Kitaip nei nuolatiniai magnetai, elektromagnetai išlieka magnetiški tol, kol teka srovė. Srovei tekant laidininku, aplink jį susidaro magnetinis laukas. Magnetinio lauko linijos sklin-da apskritimu aplink laidininką (1.14 pav.). Lauko linijų kryptis priklauso nuo srovės krypties ir nustatoma taikant grąžto taisyklę: jei grąžto slenkamojo judesio kryptis sutampa su srovės kryptimi laide, tai magnetinių linijų aplink laidą kryptis sutampa su grąžto rankenėlės sukimosi kryptimi.



1.14 pav. Laidininko, kuriuo teka srovė, magnetinio lauko jėgų linijos (grąžto taisyklė)

Svarbiausias dydis, apibūdinantis magnetinio lauko kryptį ir intensyvumą kiekviename jo taške, yra magnetinės indukcijos vektorius  $\vec{B}$ . Jį galima nubraižyti kaip liestinę magnetinio lauko linijai nagrinėjamame taške.

Nuosekliai sujungus laidininkų kilpas (vijas), gaunama ritė arba apvija. Atskirų vijų laukai susijungia į vieną bendrą lauką. Šiuo atveju, jeigu grąžto rankenėlės sukimosi kryptis sutampa su vijomis tekančios srovės kryptimi, tai grąžto slenkamojo judesio kryptis sutampa su magnetinių linijų ritės viduje kryptimi (1.15 pav.). Elektromagnetų poliškumas keičiamas, sukeičiant elektros gnybtus, t. y. keičiant srovės tekėjimo kryptį.



1.15 pav. Ritės ir elektromagneto magnetinio lauko linijos

Kuo didesnis ritės vijų skaičius ir kuo stipresnė srovė, tuo didesnis ritės magnetinis veikimas. Magnetinį veikimą taip pat sustiprina į ritės vidų įstatyta minkštamagnetė šerdis. Srovei tekant rite, šerdis tampa magnetu ir taip sustiprina ritės magnetinį lauką. Ritės magnetinio lauko stipris priklauso nuo ritės šerdies medžiagos, vijų skaičiaus ir srovės stiprio. Kadangi ritės šerdis gaminama iš minkštamagnetės medžiagos, išjungus srovę ji beveik visiškai praranda magnetizmą.

## 1.2.2. Elektromagnetinė jėga. Elektromagnetinė indukcija

Vienalytis magnetinis laukas veikia tiesų laidą, kuriuo teka srovė  $I$ , elektromagnetine jėga  $F$ :

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha ; \quad (1.23)$$

čia  $F$  – laidą veikiančioji elektromagnetinė jėga, N;

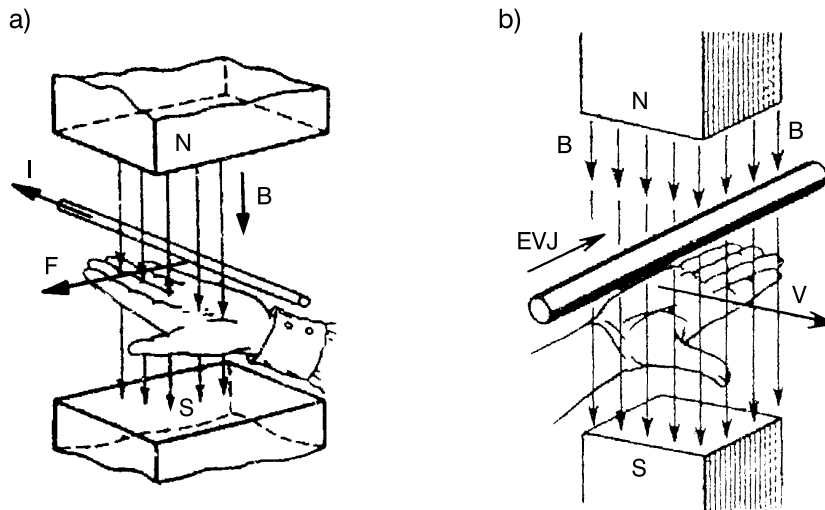
$B$  – magnetinė indukcija, T;

$I$  – laidu tekanti srovė, A;

$l$  – magnetiniame lauke esančios laido dalies ilgis, m;

$\alpha$  – kampas tarp laido ir magnetinės indukcijos vektoriaus  $B$ .





1.16 pav. Elektromagnetizmo dėsniai:

a – elektromagnetinės jėgos krypties nustatymas taikant kairiosios rankos taisyklę;  
 b – indukuotosios srovės krypties nustatymas taikant dešinėsios rankos taisyklę

Elektromagnetinės jėgos kryptis nustatoma taikant kairiosios rankos taisyklę: jeigu kairiosios rankos delną laikysime taip, kad magnetinės indukcijos vektorių įtė į jį, keturi ištiesiti pirštai sutaptų su laidu tekančios srovės kryptimi, tai atlenktas stačiu kampu į šoną nykštys rodys laidą veikiančios elektromagnetinės jėgos kryptį (1.16 pav.). Elektros variklio rotorius apvijose sukuria elektromagnetinė jėga priverčia sukis elektros variklį.

Jei elektros laidininke (ritėje), kintant ją kertančio elektrinio lauko stipriui, generuojama elektros įtampa, tai vadinama elektromagnetine indukcija. Kad įtampa būtų generuojama, magnetinis laukas turi kirsti ritę.

Generuojamos elektros įtampos dydis priklauso nuo:

- ritės vijų skaičiaus;
- magnetinio lauko stiprio;
- magnetinio lauko kitimo greičio.

$$E = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha ; \quad (1.24)$$

čia  $E$  – elektromagnetinės indukcijos EVJ, V;

$B$  – lauko magnetinė indukcija, T (tesla);

$l$  – laido ilgis, m;

$v$  – laido judėjimo greitis, m/s;

$\alpha$  – kampas tarp laido ir magnetinių jėgų linijų.

Indukuotosios elektrovaros kryptis nustatoma pagal dešinėsios rankos taisyklę: jei dešinėsios rankos delnas ištiesiamas taip, kad magnetinės linijos įtė į jį, ištiesias į šoną nykštys rodytų laido judėjimo kryptį, tai ištiesiti keturi pirštai parodo indukuotosios srovės kryptį (1.16 pav.).

Veikiant indukuotajai srovei, srovė, atsirandanti kontūre (ritėje), teka tokia kryptimi, kad jos sukurtas magnetinis srautas priešinasi kontūrą kertančio magnetinio srauto kitimui

(Lenco dėsnis). Induktyvumas veikia panašiai kaip smagratis, besipriešinantis bet kokiam greičio pasikeitimui.

Skiriami tokie elektromagnetinės indukcijos principai:

- generatoriaus principas;
- transformatoriaus principas.

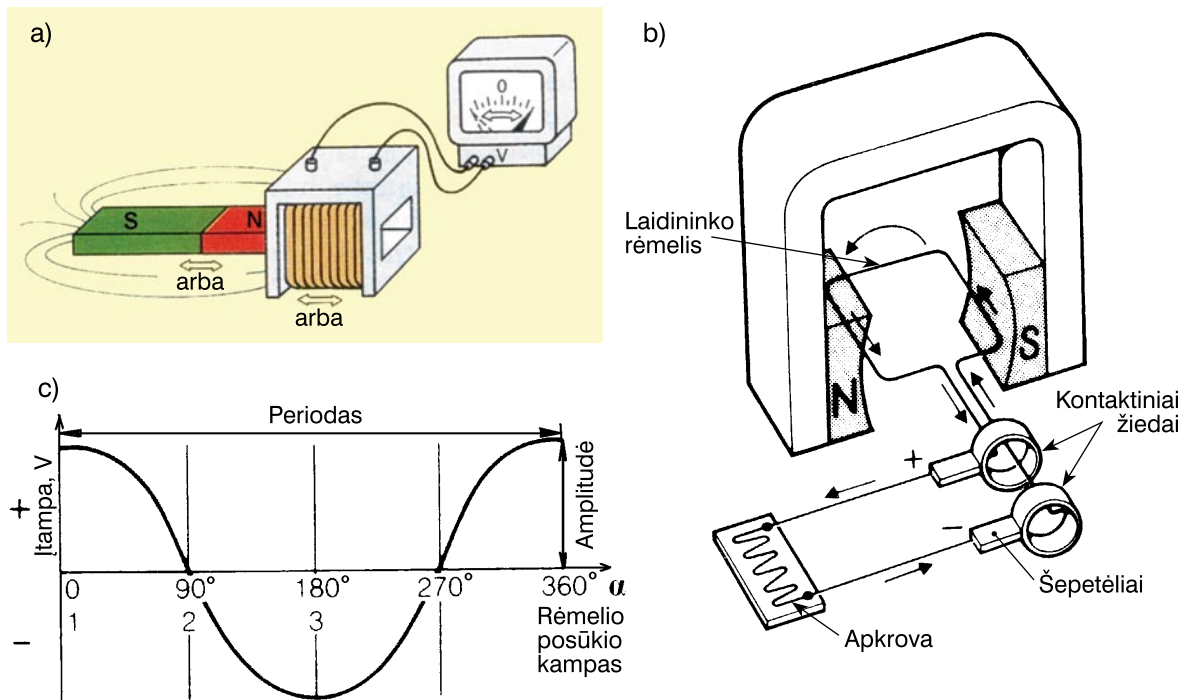
## Generatoriaus principas

Generatoriaus principu įtampa generuojama judant magnetui arba ritei vienas kito atžvilgiu. Keičiasi ritę kertančio magnetinio lauko stipris – generuojama kintamoji įtampa (1.17 pav.). Generuojama įtampa padidėja: padidinus ritės vijų skaičių, naudojant stipresnį magnetą, didinant magneto arba ritės judėjimo greitį.

Įtampai gaminti gali būti naudojamas besisukantis laidininko rėmelis. Jame generuojama įtampa kinta pagal sinuso dėsnį (1.24 formulė), o apibūdinama amplitudine (aukščiausia) verte ir kitimo periodu  $T$  (laiko tarpas, per kurį kartojasi srovės vertė). Srovės dažnis  $f$  yra dydis, atvirkščiai proporcingas periodui:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (1.25)$$

Dažnio vienetas yra hercas (Hz).



1.17 pav. Kintamosios įtampos gavimas generatoriaus principu:  
*a – magnetas juda ritės atžvilgiu; b – besisukantis rėmelis; c – kintamosios periodinės sinusoidinės srovės grafikas*

## Transformatoriaus principas

Transformatorius yra statinis elektromagnetinis įtaisas, skirtas kintamosios srovės elektros energijos parametrams keisti nekeičiant jos dažnio. Transformatoriaus veikimas yra pagrįstas jo dviejų ar daugiau apvijų abipuse indukcija.

Pagal transformatoriaus principą, keičiant tekančios srovės stiprį, jo elektromagnetinė (pirminė) apvija sukuria kintamąjį magnetinio lauko srautą. Kintantis elektromagnetinis laukas kerta antrinę transformatoriaus apviją ir joje indukuojama kintamoji įtampa (1.18 pav.).

Transformatoriuje abi apvijos uždėtos ant vienos bendros feromagnetės šerdies, surinktos iš plonų transformatorinio plieno lakštų, padengtų karščiui atspariu laku (tai sumažina sūkurines sroves, šerdies kaitimą). Pirmoji apvija vadinama pirmine, o antroji – antrine.

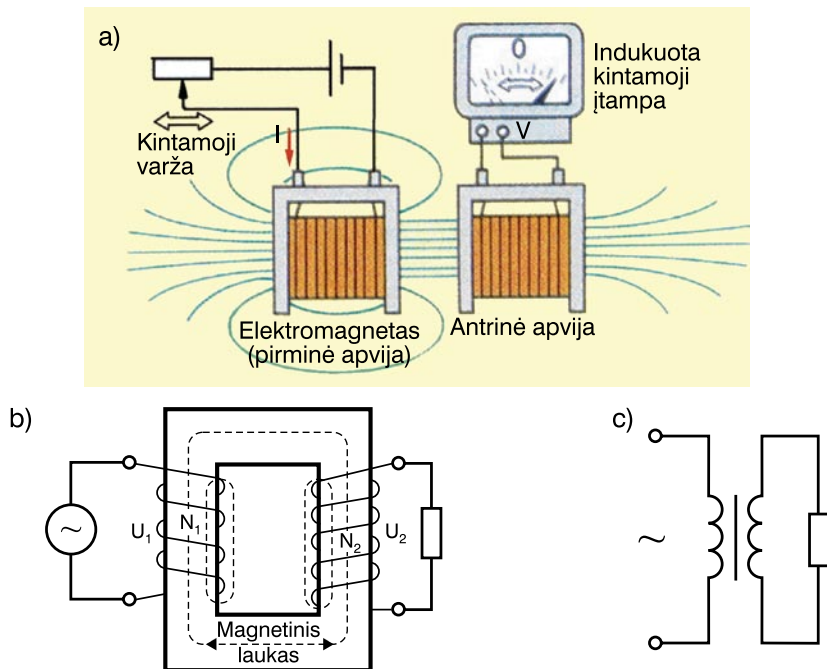
Prijungus pirminę apviją prie kintamosios įtampos (~), ja teka kintamoji srovė. Dėl to pirminės apvijos magnetinis laukas, kertantis antrinės apvijos šerdį, nuolat keičia savo stiprį bei kryptį ir antrinėje apvijoje generuojama to paties dažnio kintamoji įtampa.

Įtampa  $U$  transformatoriaus apviose proporcinga vijų skaičiui  $N$ :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (\text{transformatoriaus lygtis}). \quad (1.26)$$

Antrinės įtampos dydis:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}. \quad (1.27)$$



1.18 pav. Transformatoriaus principas ir veikimo schema:

*a* – transformatoriaus veikimo principas; *b* – transformatoriaus veikimo schema;

*c* – transformatoriaus sutartinis grafinis žymėjimas

Kuo daugiau antrinės apvijos vijų, tuo aukštesnė antrinė įtampa. Transformatoriaus pirminės ir antrinės apvijų įtampų santykis vadinamas transformacijos koeficientu  $k$ .

$$k = \frac{U_1}{U_2}. \quad (1.28)$$

Padidinus įtampą  $U_2$  ( $U_2 > U_1$ ), galima perduoti tą pačią galią, kai laidininku teka silpnesnė srovė ( $I_2 < I_1$ ). Dėl to sumažėja linijos nuostolių galia. Linijai galima naudoti mažesnio skerspjūvio laidus.

Prie pirminės apvijos prijungus nuolatinę įtampą (–), antrinėje apvijoje įtampa atsirastik išjungiant ir išjungiant nuolatinę srovę.

### 1.2.3. Saviindukcija

Reiškinys, kai dėl apvijos srovės kitimo toje pačioje apvijoje susikuria EVJ, vadinamas **saviindukcija**. Dėl saviindukcijos srovės įjungimo ir išjungimo momentu pirminėje transformatoriaus apvijoje gaunama įtampa (saviindukcijos įtampa).

Įjungus nuolatinę srovę, pirminėje apvijoje atsiranda magnetinis laukas. Kadangi magnetinio lauko atsiradimo momentu keičiasi jo stipris, įtampa generuojama ne tik antrinėje, bet ir pirminėje apvijoje. Ši saviindukcijos įtampa nukreipta prieš maitinimo įtampą. Dėl to magnetinio lauko susidarymas lėtėja.

Išjungus nuolatinę srovę, magnetinis laukas nyksta. Dėl to vėl susidaro saviindukcijos įtampa, tačiau jos kryptis dabar sutampa su maitinimo įtampos kryptimi. Tai sukelia kontaktų kibirkščiavimą.

Saviindukcijos įtampa visada nukreipta taip, kad ji priešinasi ją sukėlusiam reiškiniui (magnetinio lauko susidarymui arba nykimui). Tai vadinama Lenco dėsniumi. Dėl saviindukcijos įtampos poveikio magnetinio lauko stipris srovės įjungimo momentu kinta lėčiau nei išjungimo momentu.

Antrinės įtampos dydis, gaunamas pirminėje apvijoje išjungus nuolatinę srovę, yra didesnis nei apskaičiuotas pagal transformatoriaus lygtį. Pastaroji tinka tik kintamajai srovei, kuri didėja ir mažėja lėtai, apskaičiuoti. Išjungus nuolatinę srovę, ji mažėja daug greičiau negu kintamoji. Dėl to magnetinio lauko stipris kinta greičiau, taip gaunama daug aukštesnė saviindukcijos įtampa.

Automobilio uždegimo ritę (kaip ir transformatorių) sudaro pirminė ir antrinė apvijos. Antrinėje apvijoje yra apie 100 kartų daugiau vijų negu pirminėje. Pagal transformatoriaus lygtį, pirminėje apvijoje kintant 12 V įtampai, antrinėje apvijoje turi susidaryti įtampa  $U_2 = 12 \text{ V} \cdot 100 = 1200 \text{ V}$ . Kad patikimai būtų pramuštas uždegamosios žvakės tarpelis, reikia 10 000–17 000 V. Ši aukštoji įtampa gaunama nutraukus nuolatinę pirminės apvijos srovę ir greitai kintant ritės magnetinio lauko stipriui.

Dėl didelės saviindukcijos įtampos (maždaug 400 V) pirminėje apvijoje tarp jungiklio kontaktų šoka kibirkštis. Tai akivaizdus ženklas, kad saviindukcijos įtampos pirminėje apvijoje sukurta saviindukcijos srovė teka ta pačia kryptimi kaip ir nuolatinė srovė. Saviindukcijos srovė (kibirkštis) sulėtina magnetinio lauko stiprio kitimą, todėl sumažėja antrinė

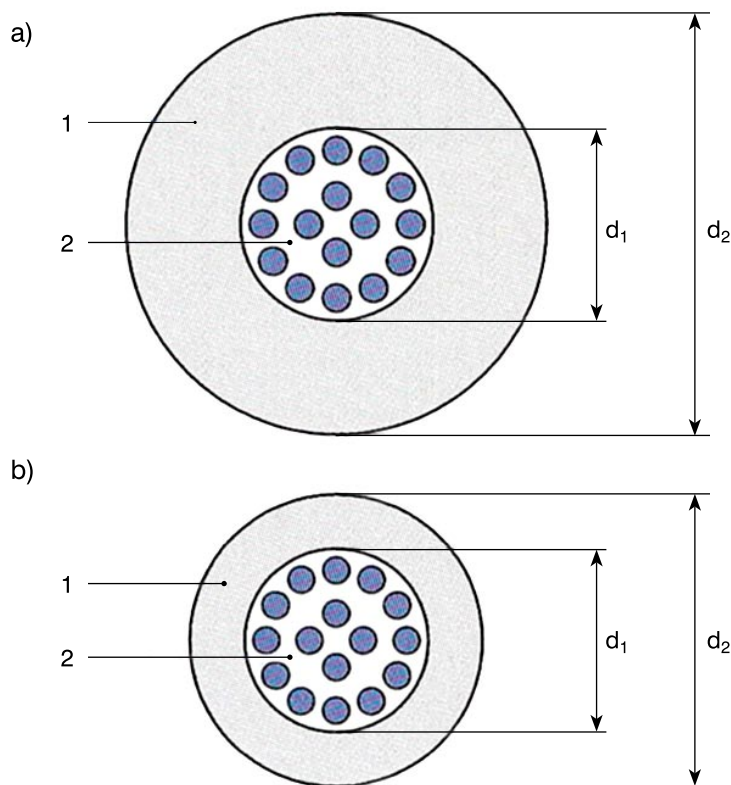
įtampa. Siekiant greičiau nutraukti srovės tekėjimą pirminė kontaktinės uždegimo sistemos uždegimo ritės apvija, lygiagrečiai su kontaktais montuojamas kondensatorius, kuriame sukauptas dėl saviindukcijos susidaręs elektros krūvis. Šiuolaikinėse elektroninėse uždegimo sistemose pirminė srovė įjungiamo ir išjungiamo tranzistoriais. Pirminėje uždegimo ritės apvijoje srovė nutraukiama greitai ir antrinėje apvijoje indukuojama uždegimui pakankama įtampa.

### 1.3. Elektriniai ir elektroniniai elementai

#### Laidai

Elektros energija iš srovės šaltinio vartotojui perduodama laidininkiais. Žemajai įtampai automobilyje naudojami daugiagyvsiai vario laidai su polichlorvinilo (PVC) izoliacija. Jie yra atsparūs vibracijai, naftos produktų, didelių temperatūros pokyčių poveikiui (1.19 pav.).

Nustatant laidininko skerspjūvį reikia atsižvelgti į leidžiamąjį įtampos kritimą ir srovės tankį laidininke. Kai laidai ilgi, esant mažam skerspjūvio plotui ir blogam sujungimų kontaktui, grandinėje susidaro žymus įtampos kritimas. Esant per dideliame srovės tankiui, laidas įkaista, lydosi izoliacija.



1.19 pav. Laidas su standartinio storio izoliacija FLY (a) ir su plona izoliacija FLRY (b):  
1 – izoliacija; 2 – tam tikro skerspjūvio laidas

Įtampos kritimas laidininke:

$$\Delta U = I \cdot R_l; \quad (1.29)$$

čia  $I$  – srovės stipris grandinėje, A;  
didėjant srovei, įtampos kritimas didėja;  
 $R_l$  – linijos laidų varža,  $\Omega$ .

Laidininko varža gali būti apskaičiuojama:

$$R_l = l \cdot \rho_l; \quad (1.30)$$

čia  $\rho_l$  – laidininko 1 m varža,  $\frac{m\Omega}{m}$  (1.2 lentelė).

Laidų skerspjūvį neverta parinkti pernelyg didelį, nes padidės kaina, svoris, sumažės laidų lankstumas. Atsižvelgiant į rekomenduojamą didžiausią įtampos kritimą ( $\Delta U_{vl}$ ) laidininke (1.1 lentelė), laido skerspjūvio plotas apskaičiuojamas:

$$A = \frac{I \cdot \rho \cdot l}{\Delta U_{vl}}; \quad (1.31)$$

čia  $A$  – laido skerspjūvio plotas,  $mm^2$ ;  
 $\rho$  – specifinė elektrinė varža,  $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ , esant 20 °C;  $\rho_{\text{vario}} = 0,0185 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ ;  
 $l$  – laidininko ilgis, m.

1.1 lentelė. Rekomenduojami didžiausi įtampos kritimai (esant nominaliajai įtampai)

Laidininko tipas	Rekomenduojamas didžiausias įtampos kritimas teigiamajame laide $\Delta U_{vl}$ , V		Leidžiamas įtampos kritimas visoje grandinėje $\Delta U_{vg}$ , V	
	12	24	12	24
<b>Nominalioji įtampa <math>U_N</math>, V</b>				
<b>Apšvietimo laidininkai</b> nuo šviesos jungiklio 30 kontakto				
iki lempų <15 W, priekabos šakutės lizdo	0,1	0,1	0,6	0,6
iki lempų >15 W	0,5	0,5	0,9	0,9
priekinių žibintų	0,3	0,3	0,6	0,6
<b>Akumulatoriaus krovimo kabelis</b> nuo generatoriaus (B+) iki akumulatoriaus	0,4	0,8		
<b>Valdymo kabelis</b> nuo generatoriaus iki įtampos regulatoriaus (D+, D-, DF)	0,1	0,2		
<b>Starterio pagrindinis kabelis</b>	0,5	1,0		
<b>Starterio valdymo kabelis</b> nuo starterio jungiklio iki starterio 50 kontakto	1,5	2,2	1,9	2,8
<b>Kiti valdymo kabeliai</b> nuo jungiklių iki relijų ir pan.	0,5	1,0	1,5	2,0

1.2 lentelė. Automobilio elektros laidai (variniai) ir jų saugikliai

Laido skerspjūvis A, mm <sup>2</sup>	Apytikris atskirų gyslų skaičius	Didžiausioji 1 m varža ρ <sub>l</sub> , esant 20 °C, mΩ/m	Laido skersmuo d <sub>1</sub> , mm	Nominalus izoliacijos storis, mm		Išorinis skersmuo d <sub>2</sub> , mm		Didžiausioji leidžiamoji pastovioji srovė, A, esant aplinkos temperatūrai		Saugiklio didžiausioji srovė, A	Saugiklio su plokščiaisiais kontaktais spalva
				FLY	FLRY	FLY	FLRY	30 °C	50 °C		
0,35	12	52	0,9		0,25		1,4	4		5	švs. ruda
0,5	16	37,1	1,1	0,6	0,3	2,3	1,6	6		7,5	ruda
0,75	24	24,7	1,3	0,6	0,3	2,5	1,9	8		10	raudona
1	32	18,5	1,5	0,6	0,3	2,7	2,1	19	13,5	15	mėlyna
1,5	30	12,7	1,8	0,6	0,3	3,0	2,4	24	17,0	20	geltona
2,5	50	7,60	2,2	0,7	0,35	3,6	3,0	32	22,7	30	žalia
4	56	4,71	2,8	0,8	0,4	4,4	3,7	42	29,8	40	
6	84	3,14	3,4	0,8	0,4	5,03	4,3	54	38,3	50	
10	80	1,82	4,5	1,0		6,5		73	51,8	70	
16	126	1,16	6,3	1,0		8,3		98	69,6	100	
25	196	0,743	7,8	1,3		10,4		129	91,6	125	
35	276	0,527	9,0	1,3		11,6		158	112	150	
50	396	0,368	10,5	1,5		13,5		198	140	200	
70	360	0,259	12,5	1,5		15,5		245	174	250	
95	475	0,196	14,8	1,6		18,0		292	207		
120	608	0,153	16,5	1,6		19,7		344	244		

Apskaičiuotas skerspjūvio plotas apvalinamas iki artimiausio didesnio standartinio skersmens. Dėl mažo mechaninio atsparumo, atskiro, mažesnio kaip 1 mm<sup>2</sup> skerspjūvio plo- to, laidininko naudoti nerekomenduojama.

Tekant srovei laidininku, kurio varža  $R_l$ , elektringosios dalelės susiduria su medžiagos atomais ir molekulėmis bei atiduoda joms savo kinetinę energiją, todėl laidininkai įkaista. Šilumos kiekis (džauliais), kurį tekanti srovė per laiką  $t$  išskiria laidininke:

$$W = I^2 \cdot R_l \cdot t. \quad (1.32)$$

Didėjant laidो temperatūrai, didėja laido ir aplinkos temperatūros skirtumas, todėl lai- do temperatūra kyla lėčiau. Pasiekus tam tikrą laido temperatūrą, susidaro pusiausvyra tarp šilumos, kurią išskiria srovė, ir šilumos, atiduodamos aplinkai. Nuo to momento laido tem- peratūra nebekinta ir vadinama nusistovėjusiaja temperatūra. Laidams leidžiama didžiausioji darbinė temperatūra +105 °C, esant didžiausiajai aplinkos temperatūrai +70 °C. Srovė, kuriai tekant pasiekiami nusistovėjusioji leidžiamoji temperatūra, vadinama didžiausiaja leidžia- mąja pastoviaja laido srove.



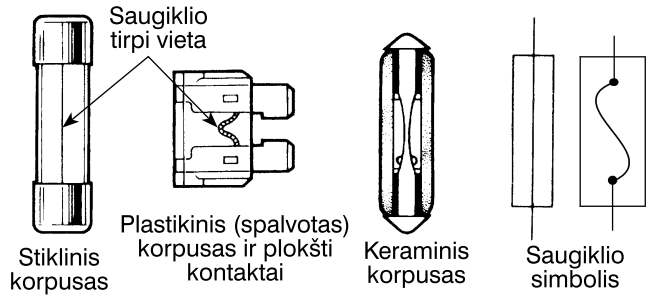
Kad laidininko temperatūra neviršytų leidžiamosios, ribojamas srovės tankis  $S$  laide (esant trumpalaikiai apkrovai  $S < 30 \text{ A/mm}^2$ ):

$$S = \frac{I}{A}. \quad (1.33)$$

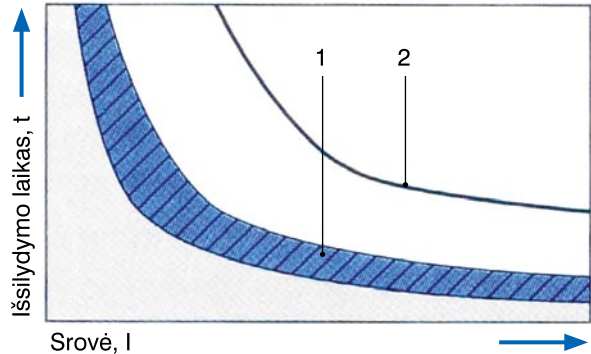
Esant pastoviai apkrovai, laido skerspjūvis parenkamas pagal 1.2 lentelės duomenis. Laidas parenkamas tokio skerspjūvio, kad didžiausioji leidžiamoji pastovioji laido srovė būtų lygi arba didesnė už apskaičiuotąją darbo srovę.

### Saugikliai

Elektros grandinių apsaugai naudojami lydieji ir bimetaliniai saugikliai. Į grandines jie jungiami nuosekliai. Lydieji saugikliai (stikliniai, keraminiai, su plokščiaisiais kontaktais) yra sudaryti iš korpuso ir įdėklo (1.20 pav.). Dažniausiai jie montuojami saugiklių bloke, specialiuose laikikliuose, tačiau ne gamykloje montuojant papildomą įrangą gali būti naudojami papildomi saugikliai. Grandinėje įvykus perkrovai ar trumpajam jungimui, saugiklio įdėklas įkaista iki lydymosi temperatūros ir išsilydo. Srovės ir laiko grafike (1.21 pav.) matyti, kad saugiklis išsilydo greičiau, nei laidas įkaista iki kritinės temperatūros. Grandinė nutrūksta, bet įrenginiai ir laidininkas nesudega. Saugikliai, kaip ir laidų skerspjūvis, parenkami pagal numatytą didžiausiąją srovę. Pvz.,  $1,0 \text{ mm}^2$  skerspjūvio laidui rekomenduojamas  $15 \text{ A}$  lydisis saugiklis. Saugikliai yra sutartinės spalvos (1.2 lentelė). Ji priklauso nuo nominaliosios srovės.

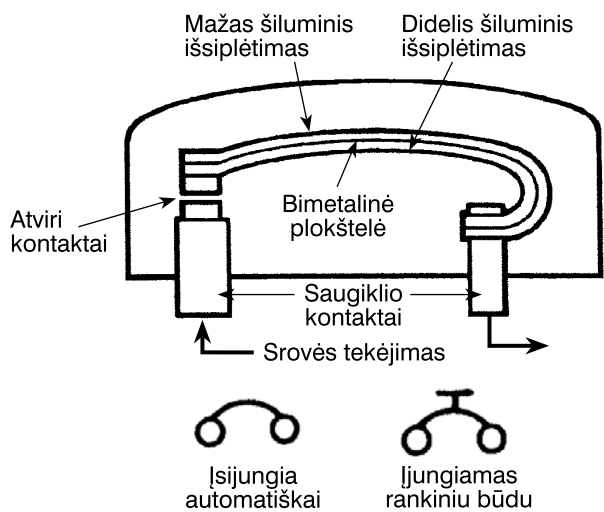


1.20 pav. Lydieji saugikliai



1.21 pav. Saugiklio ir laido išsilydymo charakteristikos:

- 1 – saugiklio charakteristika;
- 2 – laido charakteristika



1.22 pav. Bimetaliniai saugikliai ir jų žymėjimas elektros schemose



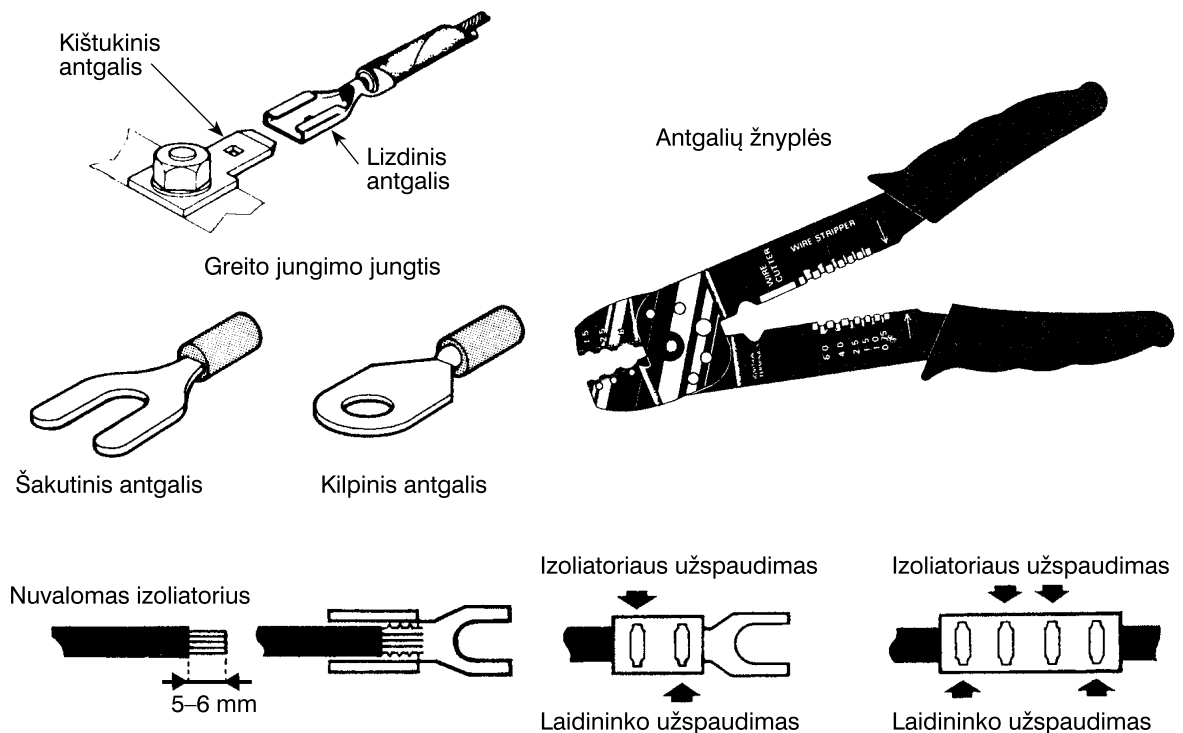
Kabeliams, einantiems per automobilio korpusą, apsaugoti naudojamos lydžiosios jungtys, kurios sudėga įvykus trumpajam jungimui.

Bimetaliniai saugikliai taip pat atjungia grandinę įvykus perkrovai ar trumpajam jungimui, bet jie yra netirpūs, o atsijungia įkaitus ir išsilenkus bimetalinei plokštei (1.22 pav.). Vienkartinis bimetalinis saugiklis vėl įjungiamas nuspaudus mygtuką, o daugkartinis išsijungia automatiškai, ataušus bimetalinei plokštei (po 30–180 s).

## Jungtys

Elektros laidai automobiliuose dažniausiai montuojami pynėse, o prijungimas prie įrenginių gali būti atliekamas atskirais laidais. Norint užtikrinti gerą laidų prijungimo kontaktą, jų galuose tvirtinamos specialios įvairių tipų kontaktinės plokštelės arba jungtys (1.23 pav.).

Patikimiausias elektros laidų prijungimo būdas yra litavimas (kaip flusą reikia naudoti kanifoliją, bet ne litavimo rūgštį). Prie laidų tvirtinant kontaktinius antgalius, nuo reikiamo laido galo turi būti gerai nuvalyta izoliacija; tvirtinant antgalį, specialiomis replėmis turi būti užspaustas ir laidininkas, ir izoliacija. Naudojamos daugiakontaktės jungtys gali būti sujungiamos tik vienu būdu (kad nebūtų sukeistas poliškumas). Dėl blogo jungties kontakto (didelės varžos) jame krinta įtampa, kontaktas kaista. Kad to būtų išvengta, kontaktai turi būti švarūs, sausi (naudojamos hermetiškos jungtys), oksiduoti kontaktai valomi arba keičiami (kontaktus gaminant, jie padengiami oksidacijai atsparia medžiaga). Prijungus akumulatoriaus kontaktinius gnybtus, nuo oksidacijos juos galima apsaugoti užtepus techninio vazelino.



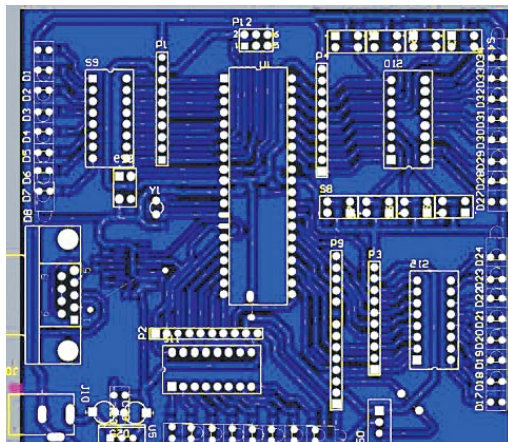
1.23 pav. Automobilio elektros laidų tipiniai kontaktiniai antgaliai ir jų montavimas

Laidų išvadai žymimi (pvz.: 1 – uždegimo ritės žemoji įtampa (+); 30 – išvadas (+) iš akumuliatorių baterijos; 15 – išvadas (+) iš uždegimo spynos; 31 – baterijos neigiamasis išvadas (-); 50 – starterio valdymas) pagal DIN 40719 standartą. Taip galima paprastai ir patikimai prijungti laidus remontuojant arba keičiant elektros įrenginius. Išvadų žymėjimas nėra identiškas laidų žymėjimui schemose. Įvairūs automobilių gamintojai įvairiose valstybėse naudoja skirtingus standartus. Laidų izoliacija yra sutartinės spalvos (16.5 lent.), o jų galai gali būti numeruojami.

Prietaisų skydeliuose elektros instaliacija atliekama ant spausdintinės plokštės (1.24 pav.).

Ant izoliuotos plokštės iš abiejų pusių išdėstyti elektros srovei laidūs takeliai, prie kurių lituojamos detalės ar lizdai, skirti įvairiems elementams. Tipinis spausdintinės plokštės gedimas – pažeistas takelis arba kontaktas. Šiuos gedimus galima pašalinti litavimu.

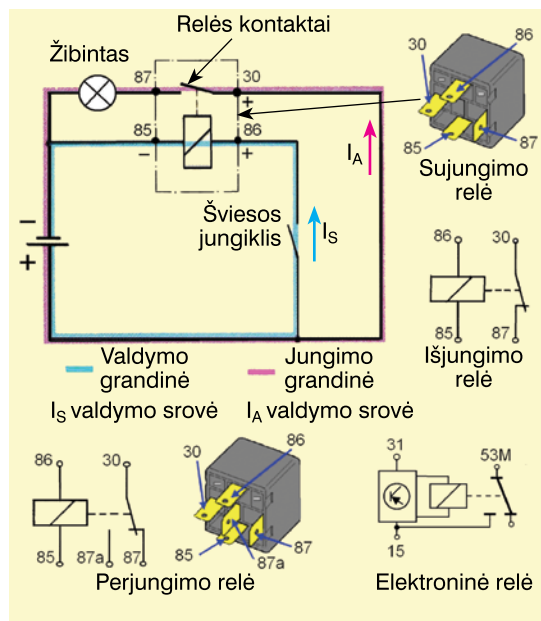
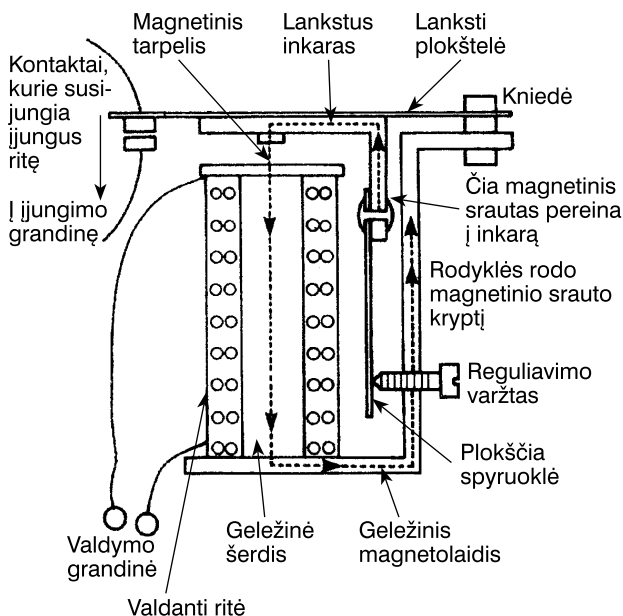
Taip pat naudojami aukštosios įtampos, ekranuoti (nuo elektromagnetinio spinduliavimo) ir šarvuoti (nuo mechaninio poveikio) laidai.



1.24 pav. Spausdintinė plokštė

## Relės

**Rėlių paskirtis** – įjungti ir išjungti elektros imtuvų (pvz., žibintų) grandines, kuriomis teka didelė srovė, valdymui naudojant žymiai mažesnę srovę. Tai leidžia sumažinti valdymo grandinės laidų skerspjūvį, jungikliu tekančią srovę, jo matmenis (1.25 pav.).



1.25 pav. Elektromagnetinės relės grandinė, konstrukcija, schemas ir žymėjimas

Relės – tai elektromagnetiniai jungikliai. Kad relė sujungtų grandinę, ją reikia įjungti. Jungikliu įjungiama relės rite tekanti srovė (valdymo srovė). Ritės elektromagnetinė jėga pritraukia inkarą ir sujungia relės kontaktus. Tada per kontaktus į imtuvus teka darbo srovė. Nutraukus valdymo srovės tekėjimą relės rite, spyruoklė atitraukia inkarą į pradinę padėtį. Kontaktai atjungiami ir elektros imtuvai išjungiami.

Relė turi valdymo grandinę ir jungimo grandinę. Srovės stipris relės valdymo grandinėje turi būti kuo mažesnis, kad būtų maži energijos nuostoliai relėje (valdymo galia). Relė silpna valdymo srove (pvz., 0,2 A) įjungia stiprią darbo srovę (pvz., 10A apšvietimo įtaisuose). Kadangi valdymo srovė silpna, jungikliai neturi būti galingi, ilgiau veikia. Jungimo grandinėje naudojami didesnio skerspjūvio laidai ir tai sumažina įtampos nuostolius grandinėje.

Automobiliuose dažniausiai būna tokie relių tipai:

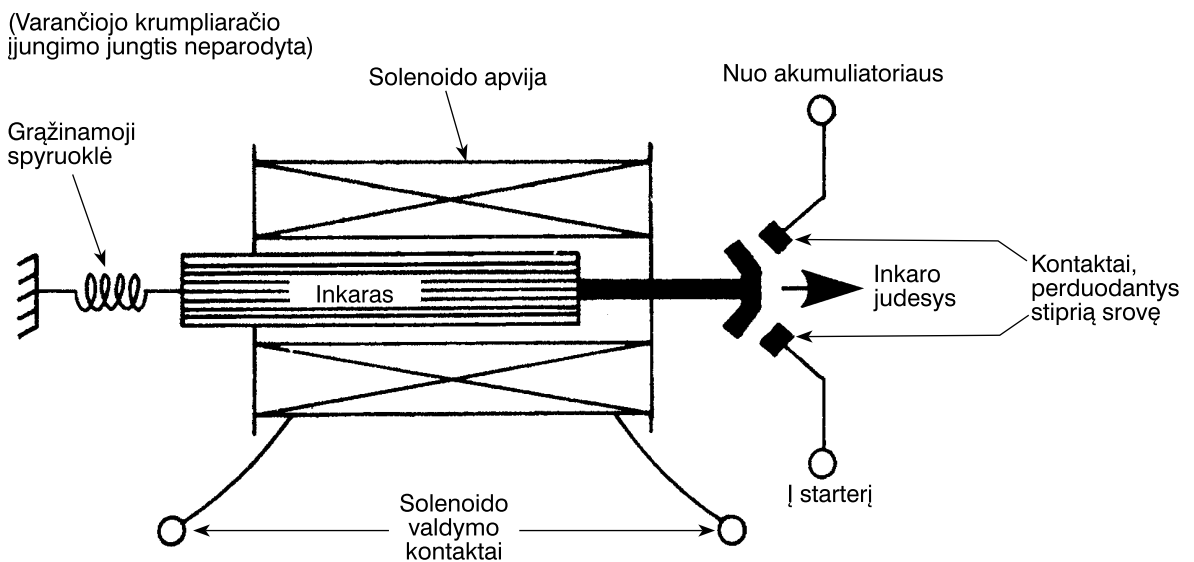
- relė su atviraisiais kontaktais (sujungimo); rambybės būsenos kontaktai yra atverti; ji įjungia, pvz., žibintus ir garsinį signalą;

- relė su uždariaisiais kontaktais (išjungimo); rambybės būsenos kontaktai yra uždari; ji naudojama, pvz., automatiškai įjungti (išjungti) rūko žibintams, kai įjungiamas tolimasis apšvietimas;

- relė su perjungiamaisiais kontaktais naudojama kaip perjungiamoji relė.

Esant specialioms reikalavimams, visi relių tipai gali turėti keletą sujungimo ir išjungimo kontaktų. Naudojant elektronines grandines, galima uždelsti relių įjungimą ir išjungimą (pvz., dyzelinio variklio kaitinamųjų žvakių relė).

Relės funkciją gali atlikti ir solenoidas (pvz., starterio įjungimo relė) (1.26 pav.). Jo veikimas pagrįstas tuo, kad kai solenoido apvija teka valdymo srovė, apvijoje įtaisytas metalinis inkaras stengiasi užimti vidurinę padėtį. Jėga, kuria solenoido inkaras įtraukiamas į ritę, yra pakankama, kad sujungtų starterio krumpliaratį su smagračio krumpliais ir taip pat sujungtų kontaktus, kuriais nuo akumulatoriaus į starterio variklį perduodama stipri srovė.



1.26 pav. Starterio solenoido schema

## Varžos

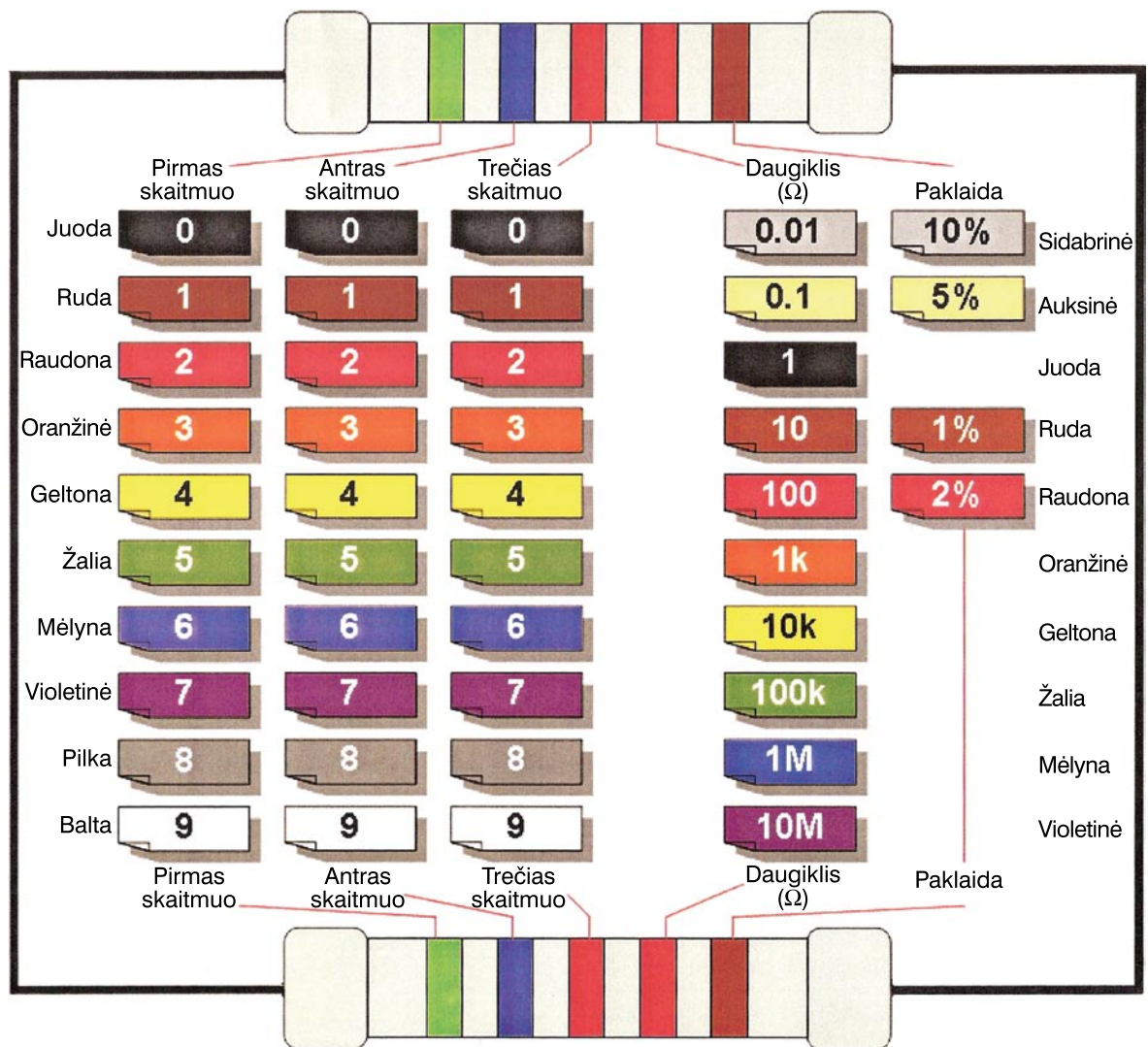
Varžų paskirtis – elektrinėje grandinėje keisti srovės stiprį ir įtampą.

Dažniausiai naudojamos tokios varžos:

- Nuolatinės varžos;
- Mechanškai keičiamos varžos;
- Nuo temperatūros priklausančios varžos.

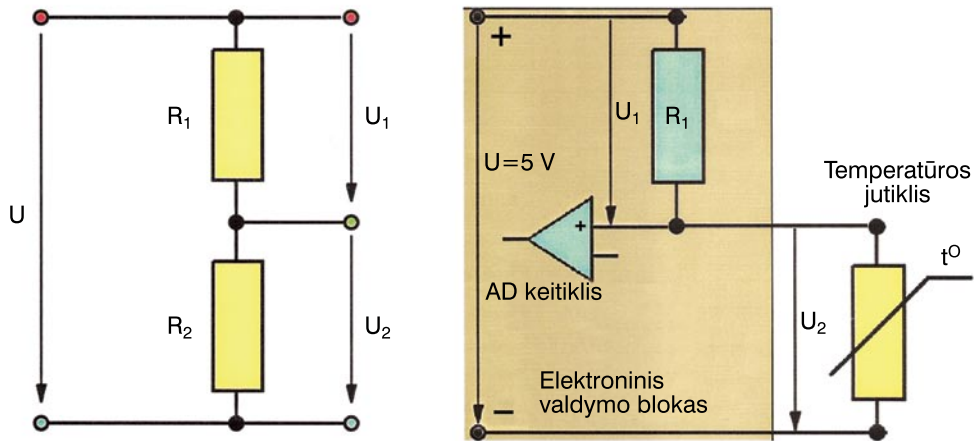
Nuolatinės varžos dydis užrašomas ant detalės arba nurodomas sutartiniu spalviniu kodu (1.27 pav.). Varžos riboja srovės stiprį grandinėje (pvz., uždegimo sistemoje).

Nuosekliai sujungus varžas gaunamas įtampos dalytuvas (1.28 pav.). Įtampa  $U_2$  yra kei-



1.27 pav. Varžų spalvinis kodavimas





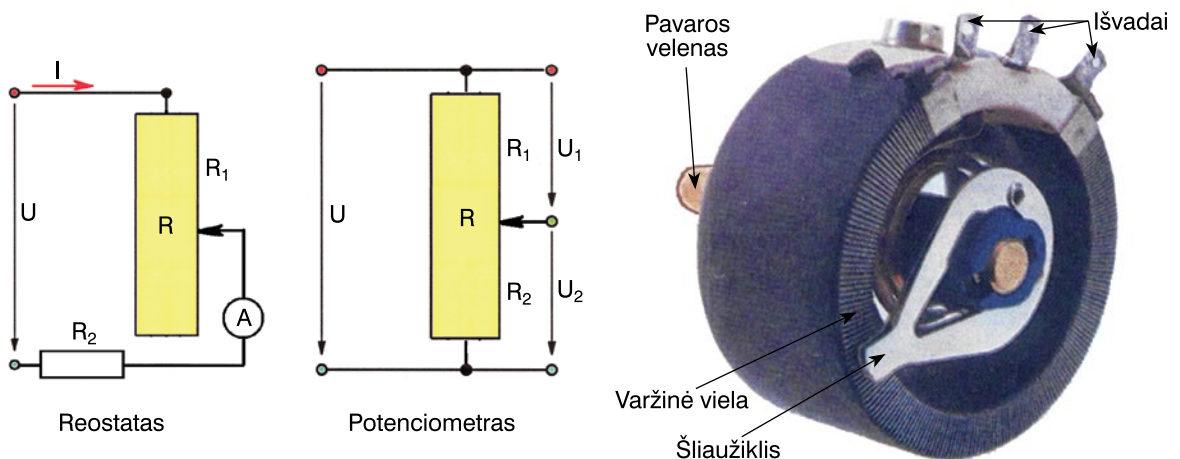
1.28 pav. Įtampos dalytuvas ir jo naudojimas elektroniniame valdymo bloke

čia priklausomai nuo dalytuvo varžų santykio. Neapkrauto dalytuvo įtampa apskaičiuojama naudojantis Omo dėsnium:

$$U_2 = \frac{R_2 \cdot U}{R_1 + R_2} \quad (1.34)$$

Įtampos dalytuvo principas naudojamas perduoti įtampos signalą iš kintamosios varžos jutiklio (pvz., temperatūros jutiklio) į elektroninio valdymo bloko (EVB) analoginį skaitmeninį (AD) keitiklį. Kintant temperatūros jutiklio varžai  $R_2$ , EVB gauna tam tikrą įtampos signalą.

Mechaniškai keičiamos varžos turi judantį šliaužiklį (1.29 pav.). Keičiant šliaužiklio padėtį, keičiasi varžinės vielos arba varžinio sluoksnio ilgis, o kartu ir varžos dydis. Keičiamos varžos rezistorių (reostatą) įjungus nuosekliai su imtuvu į grandinę, reostatu reguliuojamas srovės stipris grandinėje. Reostato kraštinius gnybtus prijungus prie srovės šaltinio, tarp vieno kraštinio gnybto ir šliaužiklio gaunama reguliuojama įtampa (potenciometro schema). Juo galima keisti, pvz., prietaisų skydelio apšvietimo intensyvumą. Reostatai taip pat naudo-

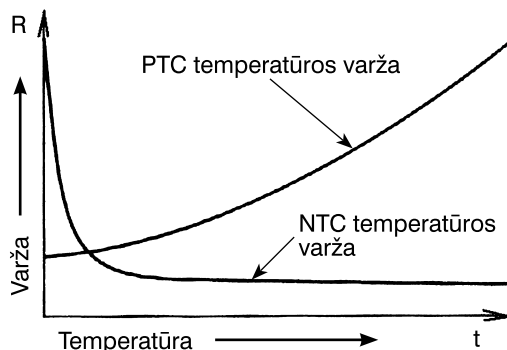


1.29 pav. Mechanškai keičiamos varžos

jami kaip jutikliai įsiurbiamo oro srauto matuoklio arba droselio sklendės atidarymo kampui matuoti.

Nuo temperatūros priklausančios varžos (termistoriai) skirstomos į teigiamojo ir neigiamojo temperatūros varžos koeficiento varžas. Jos gali būti naudojamos kaip jutikliai temperatūrai matuoti.

Teigiamojo temperatūros koeficiento varžos – tai varžos, kurios šaltos gerai praleidžia elektros srovę, t. y. joms šylant, jų varža didėja. Jos dar žymimos PTC (1.30 pav.). Tai dauguma metalų. Pvz., naudojant nikelį, matuojamų temperatūrų diapazonas:  $-60$ – $+320$  °C. Neigiamojo temperatūros varžos koeficiento varžos – tai varžos, kurios karštos gerai praleidžia elektros srovę, t. y. joms auštant, varža didėja. Jos dar žymimos NTC. Tai dauguma puslaidininkių. Temperatūros matavimo ribos:  $-40$ – $+850$  °C. Abu varžų tipai naudojami, pvz., oro, aušinamojo skysčio ir alyvos temperatūrai matuoti.

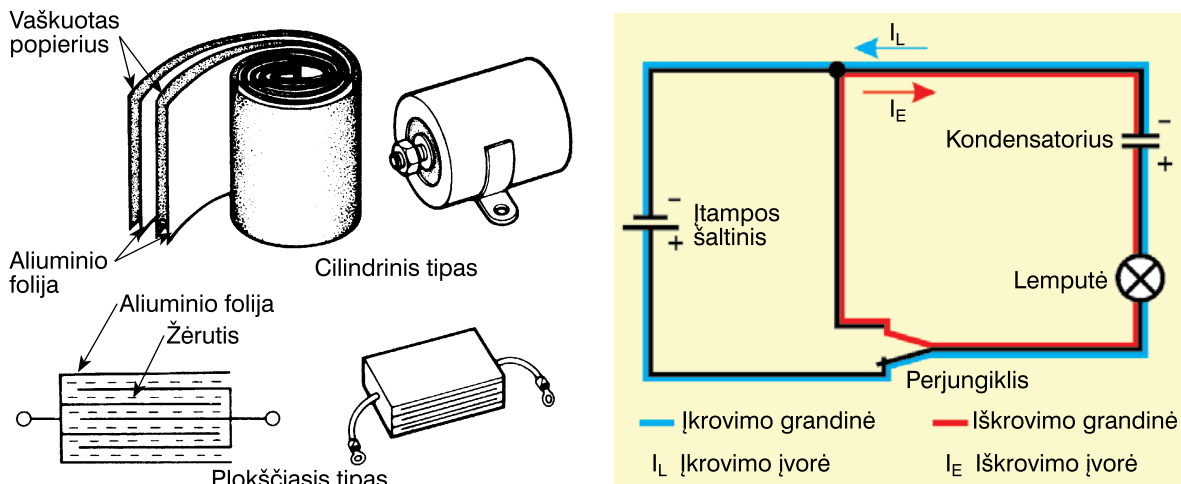


1.30 pav. Temperatūros varžų charakteristikos

## Kondensatoriai

**Kondensatorių paskirtis** – kaupti ir vėl atiduoti elektros energiją. Kondensatorių sudaro dvi viena priešais kitą esančios plokštelės, viena nuo kitos izoliuotos elektriškai (1.31 pav.). Tarpant vietą plokštelės (folijos) susukamos ir įstatomos į korpusą, kuris dažnai yra antrasis išvadas (pvz., uždegimo sistemos kondensatorius). Plačiai naudojami ir keraminiai kondensatoriai.

Kondensatoriaus veikimo principą galima pademonstruoti šiuo pavyzdžiu (1.31 pav.). Sujungus įkrovimo grandinę, lemputė trumpai blyksteli. Veikiant įtampos šaltiniui, įkrovimo srovė  $I_L$  teka iš kondensatoriaus neigiamosios plokštelės į teigiamąją. Kondensatorius įkraunamas. Tarp įkrauto kondensatoriaus plokštelių susidaro elektros įtampa. Ji yra tokio pat dy-



1.31 pav. Kondensatorių tipai, sandara ir veikimas

džio, kaip ir kondensatoriui įkrauti naudojamo įtampos šaltinio įtampa. Sujungus iškrovimo grandinę, lemputė vėl trumpai blyksteli. Iškrovimo srovė  $I_E$  teka iš teigiamosios kondensatoriaus plokštelės į neigiamąją. Kondensatorius iškraunamas. Tarp iškrauto kondensatoriaus plokštelių įtampos nėra.

Į grandinę įjungus ampermetrą, galima įrodyti, kad iškrovimo srovė nukreipta prieš įkrovimo srovę.

Skirtingi kondensatoriai gali sukaupti skirtingus elektros energijos kiekius. Ši kaupimo geba priklauso nuo kondensatoriaus dydžio ir tipo. Kondensatoriaus kaupimo geba vadinama elektrine talpa.

$$C = \frac{Q}{U}; \quad (1.35)$$

čia  $C$  – kondensatoriaus elektrinė talpa, F (faradai);

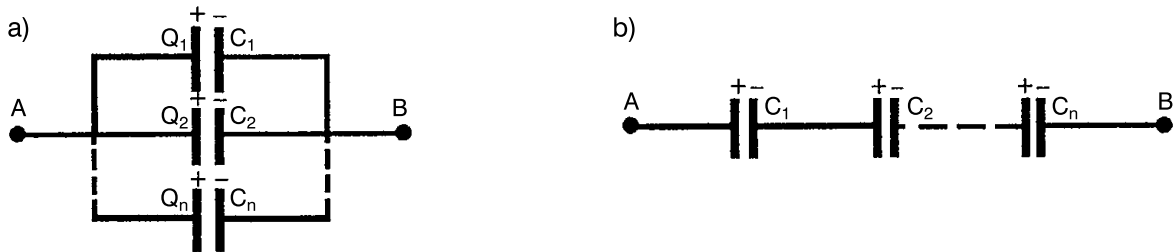
$Q$  – sukauptas krūvis, C (kulonai);

$U$  – įtampa (potencialų skirtumas), V.

Kadangi 1 F (faradas) yra labai didelis dydis, dažniau naudojami mažesni matavimo vienetai:  $1 \mu\text{F} = 10^{-6}$  F (mikrofaradas),  $1 \text{nF} = 10^{-9}$  F (nanofaradas),  $1 \text{pF} = 10^{-12}$  (pikofaradas).

Kontaktinės uždegimo sistemos kondensatoriaus talpa  $\approx 0,3 \mu\text{F}$ , jis pritaikytas 500 V įtampai.

Kondensatoriai gali būti sujungti į bateriją lygiagrečiai ir nuosekliai (1.32 pav.).



1.32 pav. Kondensatorių lygiagretusis (a) ir nuoseklusis (b) jungimas

Kondensatoriai jungiami lygiagrečiai, kai norima elektrinę talpą padidinti. Tokios baterijos talpa:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n. \quad (1.36)$$

Kondensatoriai jungiami nuosekliai, kai norima elektrinę talpą sumažinti ar išvengti kondensatorių gedimo. Tokios baterijos talpa apskaičiuojama pagal formulę:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}. \quad (1.37)$$

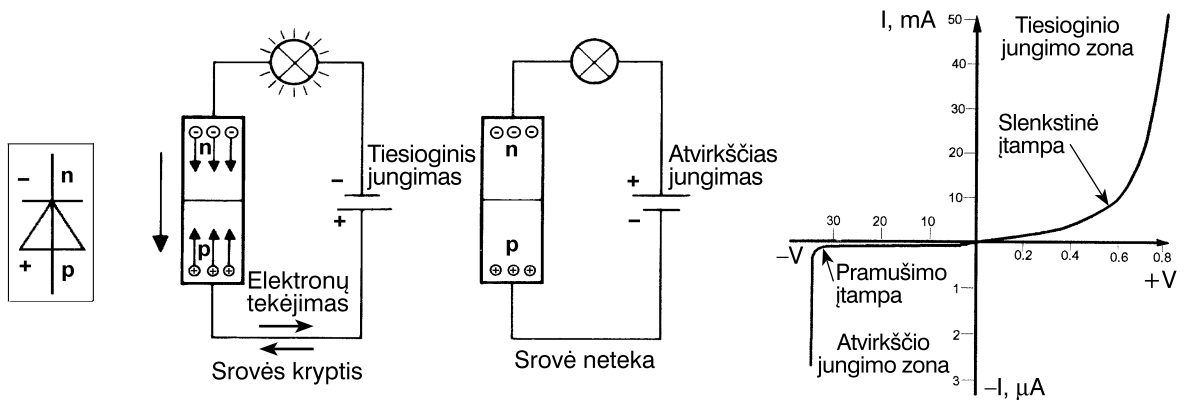
Galimas ir mišrusis kondensatorių jungimas. Taip pat naudojami kintamosios talpos kondensatoriai.

## Diodai

**Diòdų paskirtis** – elektros srovę praleisti viena kryptimi, o priešinga kryptimi ją blokuoti. Diodai dažniausiai gaminami iš puslaidininkių medžiagų: silicio ir germanio. Grynos puslaidininkės medžiagos puslaidininkiams gaminti netinka, todėl į jas įmaišoma kitų medžiagų. Tikslingas kitų medžiagų, pvz., boro, indžio arba fosforo, įterpimas į puslaidininkes medžiagas vadinamas legiravimu. Legiruojuojant gaunami du puslaidininkių medžiagų tipai:

- $n$  puslaidininkiai ( $n$  zona), kuriuose vyrauja laisvieji elektronai ir kuriems būdingas elektroninis laidumas (perneša neigiamąjį krūvį);
- $p$  puslaidininkiai ( $p$  zona), kurių kristalinėje gardelėje trūksta elektrono ir kuriems būdingas skylinis laidumas (perneša teigiamąjį krūvį).

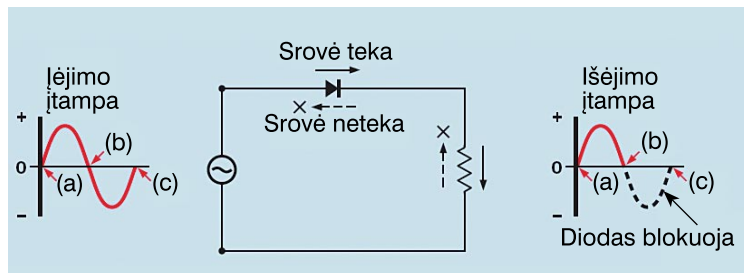
$p$  ir  $n$  zonų seka sudaro  $p$ - $n$  sandūrą (1.33 pav.). Ji yra elektros srovės užtvaras ir vadinama užtvariniu sluoksniu. Veikiant įtampai, užtvarinis sluoksnis gali išnykti arba padidėti. Diodas yra laidus, kai teigiamasis įtampos šaltinio polius prijungtas prie  $p$  zonos, o neigiamasis – prie  $n$  zonos.



1.33 pav. Diodų veikimas nuolatinės srovės grandinėje

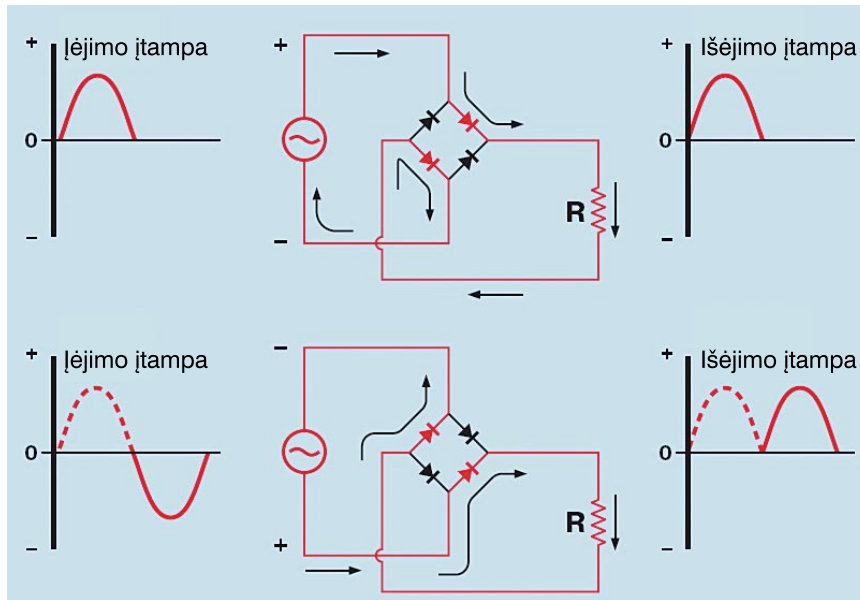
Diodų veikimą galima palyginti su vožtuvo veikimu. Norint panaikinti diodo užtvarinį sluoksnį praleidimo kryptimi, reikia nustatyti tam tikro dydžio įtampą. Silicio diodų ji lygi maždaug 0,6 V, germanio diodų – 0,2 V, t. y. per silicio diodą srovė pradės tekėti tik tada, kai prijungta įtampa viršys maždaug 0,6 V (slenkstinė įtampa).

Puslaidininkiniai diodai ypač tinka kintamajai įtampai išlyginti. Kintamąją išorinio maitinimo tinklo įtampą reikia išlyginti, kai, pvz., akumuliatorių baterijų įkrovimo įtaisas turi tiekti nuolatinę įtampą, reikalingą akumuliatorių baterijai įkrauti. Į kintamosios įtampos grandinę įjungus vieną diodą, jis praleidžia teigiamąjį kintamosios įtampos pusbangį, vyksta vienpusis lyginimas (1.34 pav.). Gaunama pertrūkstamai pulsuojanti nuolatinė įtampa.



1.34 pav. Vienpusis kintamosios įtampos lyginimas





1.35 pav. Dvipusis kintamosios įtampos lyginimas

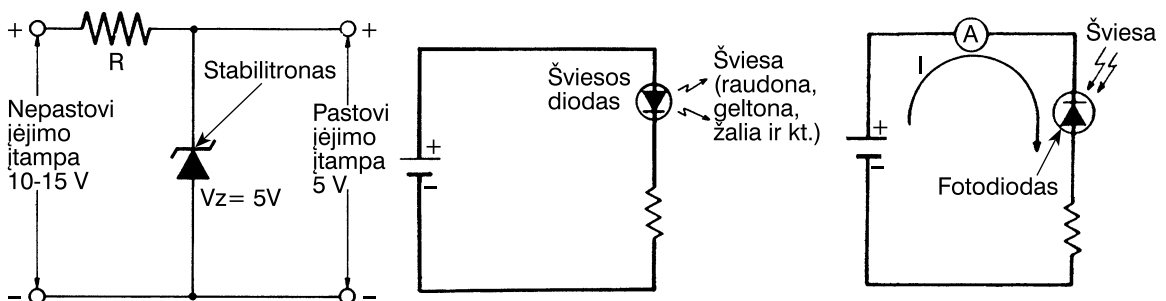
Kad abu kintamosios įtampos pusbangiai būtų nukreipti viena kryptimi, naudojama dvipusio lyginimo grandinė – diodinis tiltelis iš keturių diodų (1.35 pav.). Tiltelyje du diodai įjungti praleidimo, o du – užtvėrimo kryptimi. Generatoriui pakeitus srovės kryptį, diodų paskirtis pasikeičia ir neigiamasis srovės pusbangis taip pat praleidžiamas, bet vartotojui jis nukreipiamas ta pačia kryptimi, kaip ir pirmasis pusbangis. Esant dvipusiam lyginimui išnaudojami abu kintamosios įtampos pusbangiai. Gaunama pulsuojanči nuolatinė įtampa.

Be lyginimo diodų, naudojami ir specialios paskirties diodai (1.36 pav.):

- **Stabilitronas** naudojamas įtampai stabilizuoti. Jis jungiamas taip, kad  $p-n$  sandūra tektų atgalinę srovę. Prijungtas prie didesnės už pramušimo įtampą (pvz.,  $V_z = 5\text{ V}$ ), stabilitronas palaiko nustatytą įtampą.

- **Šviesos diodas** spinduliuoja šviesą, kai per jį srovė teka tiesiogine kryptimi. Jis šviečia esant mažai įtampai (3 V), naudoja mažai energijos, skleidžia mažai šilumos ir tinkamas ilgai naudoti.

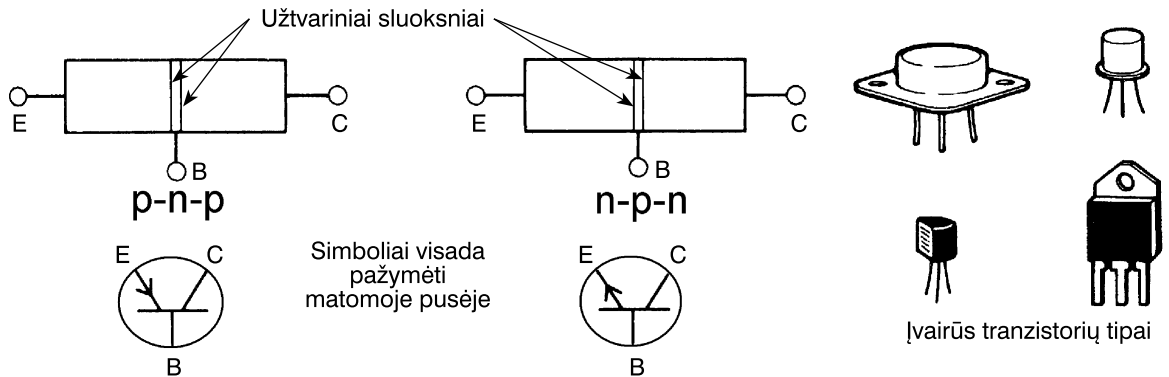
- **Fotodiodas** – tai optiniam spinduliavimui jautrus diodas. Prie jo prijungiama atgalinė srovė. Pro fotodiodą praleidžiamos srovės stipris proporcingas ant fotodiodo krinčiai šviesai.



1.36 pav. Specialios paskirties diodai

## Tranzistoriai

Tranzistorių paskirtis – junginėti arba sustiprinti srovę ar įtampą. Tranzistoriai sudaryti iš trijų puslaidininkių sričių. Pagal tai, kaip šios sritys išdėstytos, tranzistoriai skirstomi į *p-n-p* ir *n-p-n* tranzistorius (1.37 pav.). Tranzistoriuje susidaro dvi *p-n* sandūros ir du užtvariniai sluoksniai. Viduryje esanti bazė yra labai plona (maždaug 0,01 mm). Tranzistoriai turi tris išvadus, kurie vadinami baze B (pagrindas), emiteriu E (išsiunčia) ir kolektoriumi C (surenka). Rodyklė sutartiniame ženkle rodo techninę srovės kryptį.

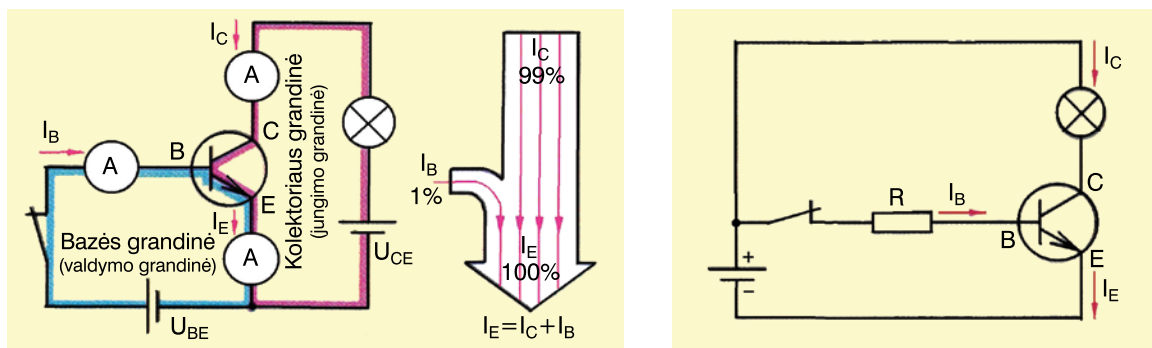


1.37 pav. Tranzistorių sandara ir simboliai

Pagal veikimo principą tranzistorių galima palyginti su rele. Bazės grandinė atitinka valdymo grandinę, o kolektoriaus grandinė – jungimo grandinę. Kad tranzistorius sujungtų grandinę, jį, kaip ir relę, reikia įjungti. Tik relėje yra kontaktai, o tranzistorius veikia kaip bekontaktis jungiklis.

*n-p-n* tranzistorius praleidžia kolektoriaus grandinės elektros srovę  $I_C$  iš kolektoriaus į emiterį, kai, įjungus valdymo srovę  $I_B$  (bazė gauna teigiamąjį potencialą emiterio atžvilgiu), panaikinamas užtvarinis sluoksnis tarp bazės ir emiterio (1.38 pav.). Antrąjį užtvarinį sluoksnį tada panaikina tekanti bazės srovė  $I_B$  ir įtampa tarp kolektoriaus ir emiterio ( $U_{CE}$ ). Tranzistorius gali veikti ir su vienu srovės šaltiniu, bazės srovę ribojant varža  $R$ .

*p-n-p* tranzistorius atsidaro, kai bazė gauna neigiamąjį potencialą emiterio atžvilgiu ir iš emiterio į bazę teka valdymo srovė  $I_B$ . Tada tranzistoriaus jungimo grandinės srovė  $I_C$  teka iš emiterio į kolektorių.



1.38 pav. *n-p-n* tranzistoriaus grandinė (bendras emiteris)

Tranzistorius junginėjamas per bazę. Išjungus jungiklį, tranzistorius užsidaro. Užtvarinį sluoksnį tarp bazės ir emiterio panaikina maža įtampa (silicio tranzistoriaus slenkstinė įtampa apytiksliai lygi 0,6 V). Atitinkamai maža yra ir bazės valdymo srovė (10–1000 kartų mažesnė už kolektoriaus srovę). Išmatavus ir tarpusavyje palyginus sroves  $I_B$ ,  $I_E$  ir  $I_C$ , gaunama:

$$I_E = I_C + I_B. \quad (1.38)$$

Tranzistorinio jungiklio privalumai: jungia stiprias sroves, nekibirkščiuoja, nedyla, maži matmenys.

Kolektoriaus ir bazės srovių santykis vadinamas srovės stiprinimu. Tranzistoriai, kaip stiprintuvai, gali sustiprinti ne tik nuolatinę srovę, bet ir nuolatinę įtampą bei kintamąją įtampą ir srovę.

Tranzistoriai, kad neperkaistų, aušinami specialiais radiatoriais.

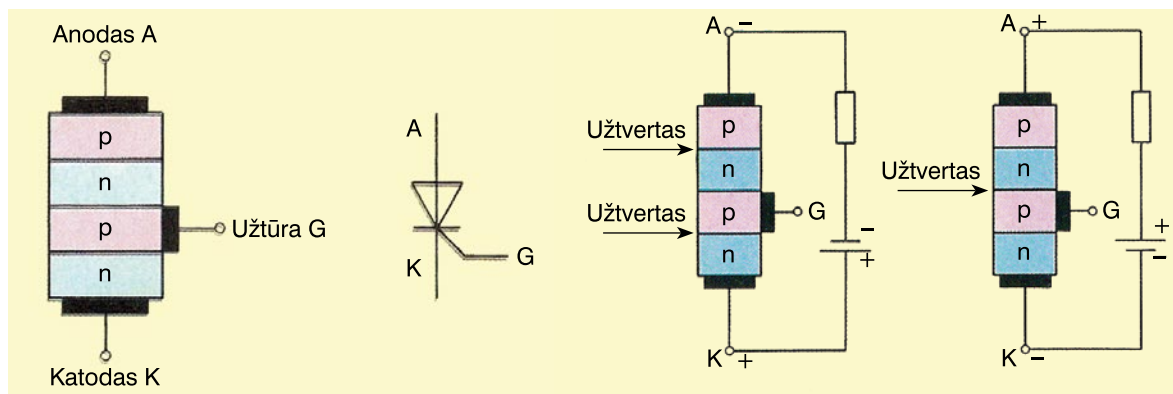
**Fototranzistoriai** – tai dvipoliai tranzistoriai, kuriems valdyti naudojamas šviesai jautrus bazės sluoksnis. Į tranzistorių nukreiptas šviesos srautas bazės sluoksnyje sukuria papildomus krūvininkus, kurie valdo (atidaro) kolektoriaus srovę. Fototranzistoriai yra jautresni už fotodiodus.

## Tiristoriai

**Tiristoriais** vadinami puslaidininkiniai elementai, kuriuose yra trys ar daugiau  $p-n$  sandūrų (1.39 pav.). Jie gali būti tik dviejų stabilių būsenų: arba laidūs, arba nelaidūs elektros srovei. Tiristorių paskirtis – junginėti stiprias sroves (šimtai amperų) ir aukštas įtampas (šimtai ar tūkstančiai voltų) ir tokiu būdu junginėti dideles elektrines galias.

Įjungus tiristorių į grandinę atgaline kryptimi, srovė neteka, nes panaikinamas tik vidurinis užtvarinis sluoksnis. Įjungus tiristorių į grandinę tiesiogine kryptimi, lieka vidurinis užtvarinis sluoksnis. Prie šios užtūros prijungus valdymo įtampą, pradeda tekėti srovė, kuri panaikina vidurinį užtvarinį sluoksnį. Tiristorius atsiveria ir srovė teka iš anodo į katodą.

Po to, kai valdymo (uždorio) srovė atidaro tiristorių, tolesnis valdymo srovės pokytis tiristoriui poveikio neturi, jis lieka nuolat atidarytas. Išjungti tiristorių galima tik sumažinus

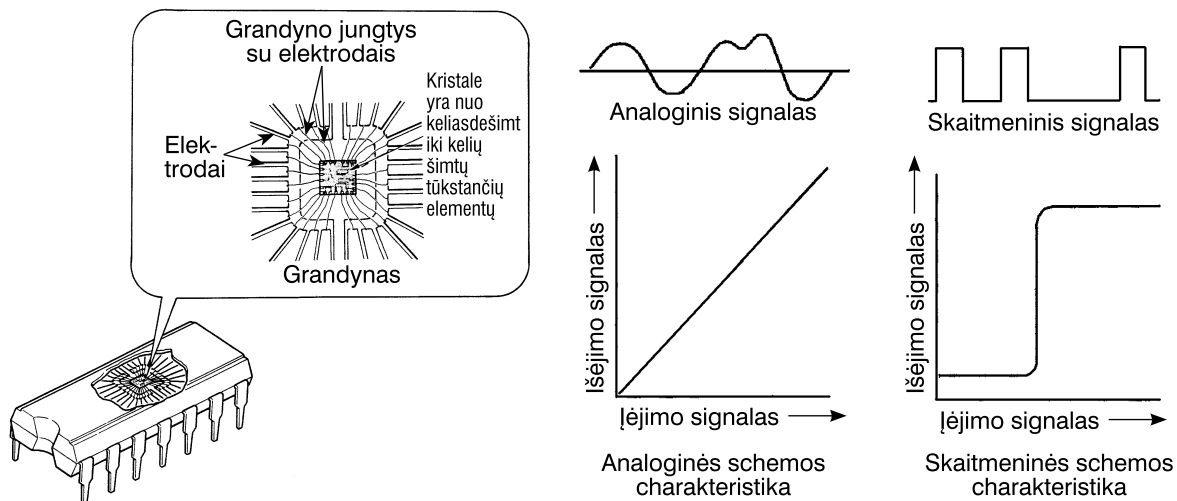


1.39 pav. Tiristoriaus sandara ir jungimo variantai

įtampą tarp anodo ir katodo beveik iki nulio. Šie elementai naudojami automobilio tirstorinėje (kondensatorinėje) uždegimo sistemoje, elektroniniame posūkio rodyklės pertraukiklyje.

## Integriniai grandynai

Tai mikroelektronikos gaminiai, sudaryti iš daugelio miniatiūrinių elementų, kurie atlieka elektronikos elementų (laidininkų, rezistorių, kondensatorių, diodų, tranzistorių ir kt.) ir jų schemų funkcijas. Šie nedalomi elementai sukuriama tiksliai legiruojant tam tikras silicio plokštelės (kristalo) zonas (1.40 pav.). Viename kristale gali būti integruota nuo kelių dešimčių iki kelių šimtų tūkstančių elementų.



1.40 pav. Integrinis grandynas

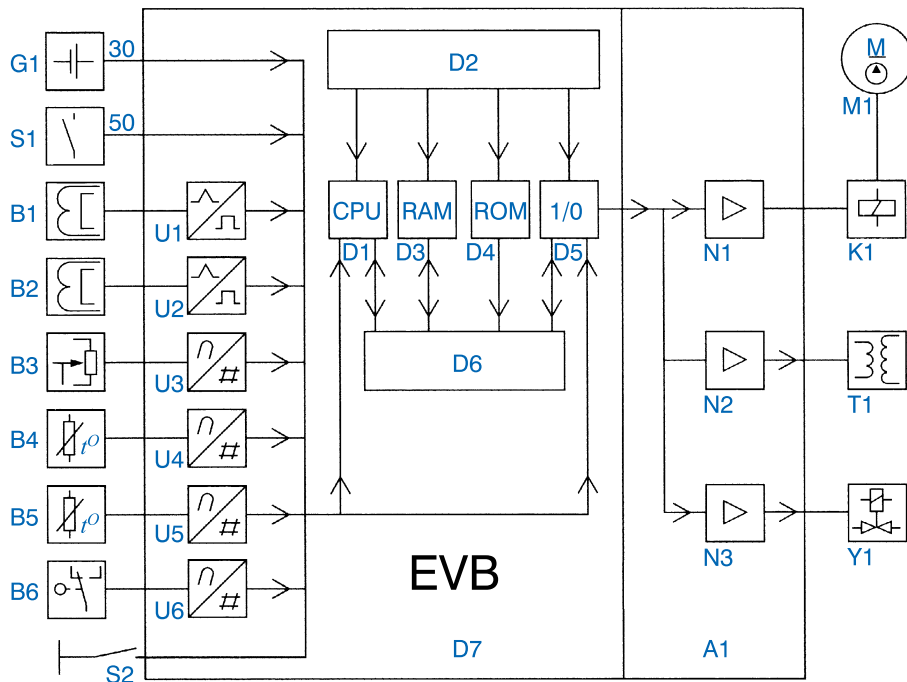
Grandynai skirstomi į analoginius, skaitmeninius ir mišrius.

Analoginiai grandynai apdoroja analoginius (pastoviai ir tolygiai besikeičiančius laiko atžvilgiu) signalus. Tai stabilizuotos įtampos ar srovės šaltiniai, stiprintuvai, perjungikliai ir panašiai.

Skaitmeniniai signalai pertrūksta kinta laiko atžvilgiu (signalas įjungtas – 1 arba išjungtas – 0). Skaitmeniniai grandynai sudaromi iš loginių elementų, kurie apdoroja gaunamus signalus.

## Mikrokompiuteriai

Automobiliuose naudojamų elektroninių valdymo blokų (EVB) paskirtis – apdoroti jutiklių tiekiamus signalus ir naudojant atmintyje saugomas charakteristikas optimaliai valdyti numatytus įrenginius visais darbo režimais. EVB sudaro įvedimo įrenginiai (analoginiai skaitmeniniai keitikliai), mikrokompiuteris (centrinis procesorius, atminties įrenginiai, išvedimo blokas) ir išvedimo įrenginiai (galinės pakopos) (1.41 pav.). Galinės pakopos pavyzdys – uždegimo ritės komutatorius.



1.41 pav. „Motronico“ valdymo sistemos EVB struktūrinė schema:

A1 – stiprinimo blokas (galinė pakopa); B1 – variklio sukimosi greičio jutiklis; B2 – veleno padėties jutiklis; B3 – įsiurbiamo oro kiekio matuoklis; B4 – įsiurbiamo oro temperatūros matuoklis; B5 – variklio temperatūros jutiklis; B6 – droselinės sklendės padėties jutiklis; D1 – mikroprocesorius; D2 – gautų duomenų perdavimo magistralė; D3 – operatyvinė atmintis; D4 – pastovi atmintis; D5 – įvedimo ir išvedimo blokas; D6 – duomenų perdavimo magistralė; D7 – mikrokompiuteris; G1 – automobilio akumuliatorių baterija; K1 – benzino siurblio relė; M1 – elektrinis benzino siurblys; N1, N2, N3 – komutatoriai; S1 – uždegimo jungiklis; S2 – programos selektorius; T1 – uždegimo ritė; U1 ir U2 – impulsų generatoriai; U3, U4, U5, U6 – analoginiai skaitmeniniai keitikliai; Y1 – benzino purkštuvus

## 1.4. Elektrinių dydžių matavimas ir komponentų patikra

### 1.4.1. Elektrinių dydžių matavimai

#### Įtampos matavimas

Gedimą elektros grandinėje galima nustatyti vienu iš šių būdų:

- matuojant atskirų elektrinių komponentų varžą (komponentą reikia atjungti nuo grandinės);
- matuojant sroves, tekančias elektros grandinėse (prieš matavimą grandinę reikia nutraukti);
- matuojant įtampą (įtampos kritimą) grandinėje (grandinės nutraukti nereikia).

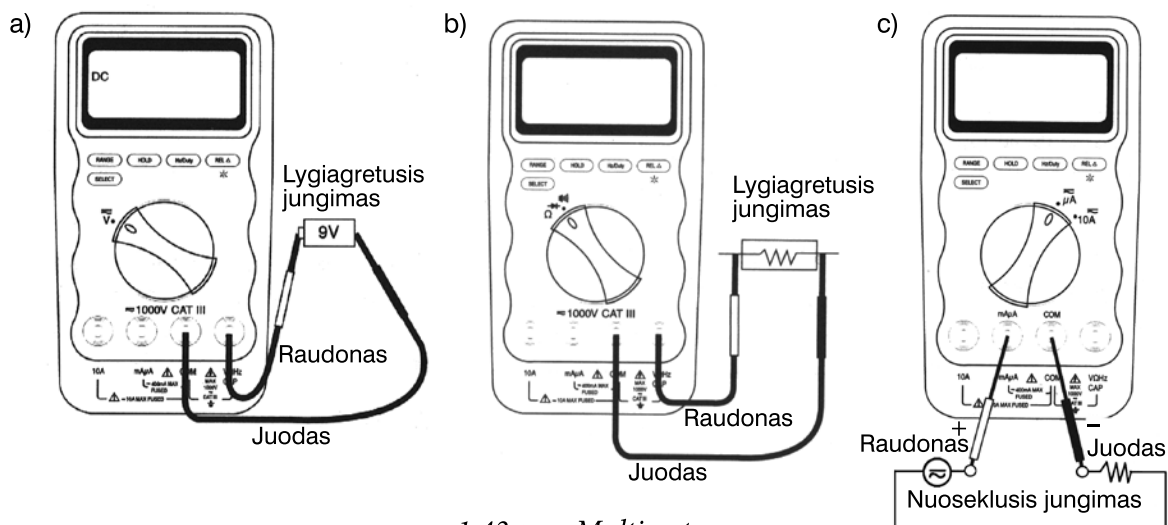


Aktyvus įtampos indikatorius

1.42 pav. Kontroliniai indikatoriai. Įtaisas prisijungti prie laidininko

Ar į atskirus automobilio elektros grandinės taškus ateina įtampa, galima patikrinti kontroliniu indikatoriumi (1.42 pav.). Seno tipo prietaise indikacijos elementas yra kaitrinė 12 V elektros lemputė. Šiuo metu indikatorius dažniausiai būna šviesos diodas. Tai susiję su tuo, kad, tikrinant šiuolaikinių automobilių įvairias valdymo grandines, patartina nesudaryti didelės apkrovos, nes galima sugadinti EVB elementus. Pastaruoju metu plačiai naudojami aktyvūs indikatoriai. Prietaise esančiu jungikliu į testerio smaigalį galima papildomai tiekti teigiamąjį arba neigiamąjį potencialą ir taip tikrinti įvairius automobilio elektrinės schemos komponentus. Prietaise yra elektrinė apsauga nuo trumpojo jungimo. Kad nebūtų pažeisti elektronikos elementai, elektroninės įrangos diagnostiką ir remontą atliekančiam žmogui rekomenduojama įžeminti automobilio kėbulą.

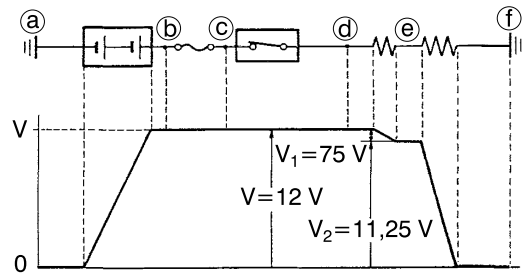
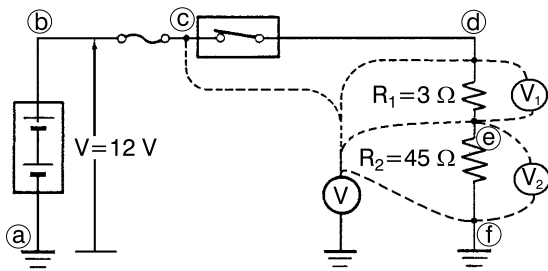
Elektros įrangai remontuoti dažnai naudojamas multimetras. Jis skirtas matuoti pagrindiniams elektriniams dydžiams (1.43 pav.) – įtampai, varžai, srovei. Prietaisas gali atlikti diodų ir tranzistorių tikrinimo, talpumo, temperatūros matavimo funkcijas. Multimetras, skirtas automobiliams remontuoti, be pagrindinių elektrinių dydžių, dar dažnai papildomai gali matuoti impulsinio signalo trukmę, dažnį, variklio sūkius.



1.43 pav. Multimetras:

a – įtampos matavimas; b – varžos matavimas; c – srovės stiprio matavimas





1.44 pav. Įtampos kritimo grandinės taškuose matavimas

Matavimo rezultatai pateikiami skystųjų kristalų skaitmeniniame indikatoriuje. Kai kurių firmų multimetruose yra ne tik skaitmeninė, bet ir analoginė matavimo rezultatų indikacija.

Nuolatinė įtampa matuojama naudojant voltmetrą (multimetrą), įjungus funkciją  $\overline{V}$  (DC). Kintamoji įtampa matuojama įjungus funkciją  $\widetilde{V}$  (AC). Voltmetras prijungiamas prie dviejų grandinės taškų, tarp kurių matuojama įtampa. Prie įtampos šaltinių ir imtuvų voltmetras visada jungiamas lygiagrečiai su jais (1.9 pav., 1.10 pav.). Įtampos kritimas grandinėje gali būti matuojamas kiekvieno komponento atskirai arba atskiruose taškuose (1.44 pav.).

Įtampos kritimas įjungtos grandinės elementuose apskaičiuojamas taip:

– grandinės varža:

$$R = R_1 + R_2 = 3 + 45 = 48 \Omega;$$

– grandine tekanti srovė:

$$I = U/R = 12/48 = 0,25 \text{ A};$$

– įtampos kritimas grandinės elementuose:

$$U_1 = R_1 \cdot I = 3 \cdot 0,25 = 0,75 \text{ V};$$

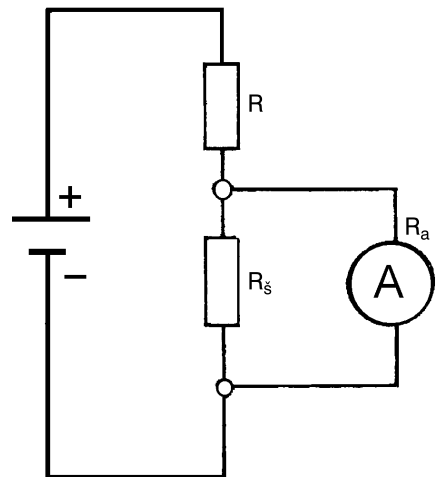
$$U_2 = R_2 \cdot I = 45 \cdot 0,25 = 11,25 \text{ V}.$$

Išmatavus įtampą (įtampos kritimą) grandinėje, galima nustatyti: grandinės nutrūkimo vietą, trumpąjį jungimą, varžos padidėjimą ar sumažėjimą.

### Srovės matavimas

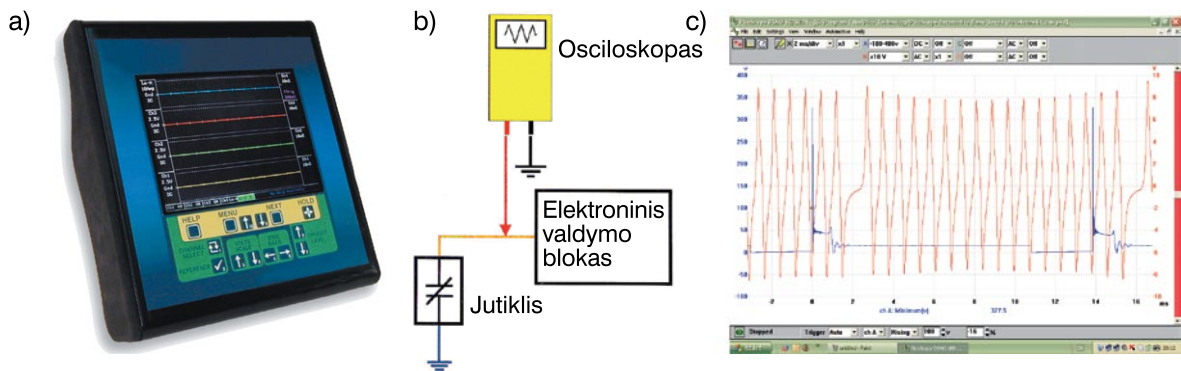
Srovės dydis matuojamas ampermetru (multimetru, įjungus ampermetro funkciją). Ampermetras jungiamas nuosekliai (1.9 pav.). Jo vidinė varža yra maža, todėl niekada negali būti jungiamas lygiagrečiai su imtuvu, nes, įvykus trumpajam jungimui, prietaisas gali sugesti. Ampermetro negalima jungti lygiagrečiai su srovės šaltiniu.

Jeigu ampermetru, skirtu silpnoms srovėms, reikia išmatuoti daug stipresnę srovę, tai lygiagrečiai su juo prijungiama varža  $R_s$  (šuntas) (1.45 pav.). Jeigu šunto varža 9 kartus mažesnė už ampermetro apvijos varžą  $R_a$ , tai 90% srovės tekės šuntu ir tik 10% – ampermetru. Šiuo atveju prietaiso matavimo ribos išsiplės 10 kartų.



Srovės replės

1.45 pav. Stiprių srovių matavimas ampermetru su šuntu arba srovės replėmis



1.46 pav. Elektrinių signalų matavimas osciloskopu:

a – osciloskopas; b – osciloskopo prijungimas; c – grafinis vaizdas osciloskopo ekrane

Labai stipriai srovei (pvz., starterio grandinės 100–250 A) matuoti gali būti naudojamas ampermetras su induktyviuoju jutikliu – srovės replės. Jomis apgaubiamas laidininkas, kuriame matuojamas srovės stipris, o jas prijungiant, grandinės nutraukti nereikia.

Labai greitai kintančius elektrinius dydžius patogiau matuoti osciloskopu (1.46 pav.). Prietaiso ekrane užfiksuoja signalo grafinis vaizdas. Vienu metu gali būti fiksuojami keli signalai (atskirais kanalais), o grafinis vaizdas pateikiamas viename ekrane.

## Varžos matavimas

Elektros imtuvo varžos dydis ( $\Omega$ ) matuojamas ommetru (multimetru, įjungus ommetro funkciją). Kai varža matuojama tiesiogiai, imtuvas turi būti atjungtas nuo srovės grandinės, o ommetras sujungtas lygiagrečiai su imtuvu ar tikrinama grandine. Matuojant varžą, tarp matavimo laidų būna įtampa, kuri gali perjungti diodus bei tranzistorius. Kad to būtų išvengta, atliekant matavimus schemose, reikia matuoti 40 M $\Omega$  diapazonu.

Varža gali būti matuojama netiesiogiai – be ommetro. Tai pasiekama išmatavus srovės, kuri teka per imtuvą, stiprį  $I$  ir įtampos  $U$  kritimą imtuve. Tada pagal Omo dėsnį apskaičiuojama imtuvo varža  $R = U/I$ .

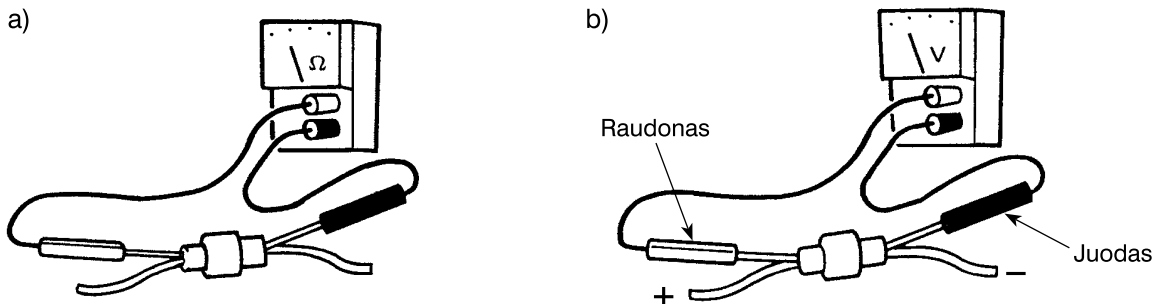
## 1.4.2. Elektrinių ir elektroninių elementų tikrinimas

### Saugikliai

Saugiklius galima patikrinti įvairiais būdais:

- apžiūrėti, ar neišsilydęs lydusis elementas;
- kontroline lempa patikrinti, ar saugikliu teka srovė;
- varžą išmatuoti ommetru;
- kontroliniu indikatoriumi patikrinti, ar prieš saugiklį ir už jo yra įtampa;
- voltmetru išmatuoti įtampą grandinės taške prieš saugiklį ir už saugiklio arba įtampos kritimą saugiklyje.





1.47 pav. Kontaktų tikrinimas:  
*a – varžos matavimas; b – įtampos kritimo matavimas*

## Kontaktai

Sujungti kontaktai tikrinami:

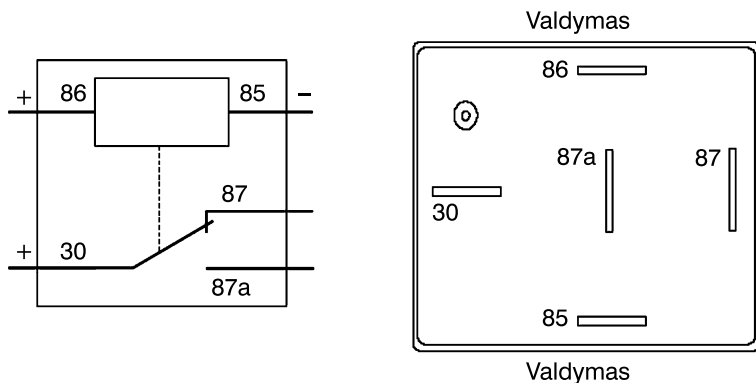
- matuojama kontakto varža (1.47 pav.); mažos galios grandinėse varža neturi būti didesnė nei  $0,5 \Omega$ ;
- matuojamas įtampos kritimas įjungtos grandinės kontaktuose; įtampos kritimas kontaktuose ir laidininkuose neturi viršyti leidžiamojo (1.1 lentelė).

## Relės

Prieš tikrinant reles rekomenduojama susipažinti su automobilio elektros įrangos schema, kadangi relės būna įvairių modifikacijų ir įvairių prijungimo schemų (1.25 pav.; 1.48 pav.).

Žemiau aprašytos tikrinimo procedūros tinka elektromechaninėms (ne elektroninėms) relėms tikrinti:

- Daugelyje relių yra keturi kontaktai: du valdymo grandinės kontaktai (paprastai plokštesni) ir du apkrovos grandinės kontaktai (storesni). Turint elektros įrangos schemą, galima tiksliai sužinoti relės schemą. Ši schema gali būti pateikta ir ant relės korpuso.
- Nuimti relę ir patikrinti sujungimą tarp jėgos kontaktų. Sujungimo relės jėgos kontaktai neturi būti sujungti, išjungimo relės jėgos kontaktai turi būti sujungti.
- Jungiamaisiais laidais prie relės valdymo kontaktų prijungti akumuliatoriaus įtampą. Re-



1.48 pav. Perjungimo relė

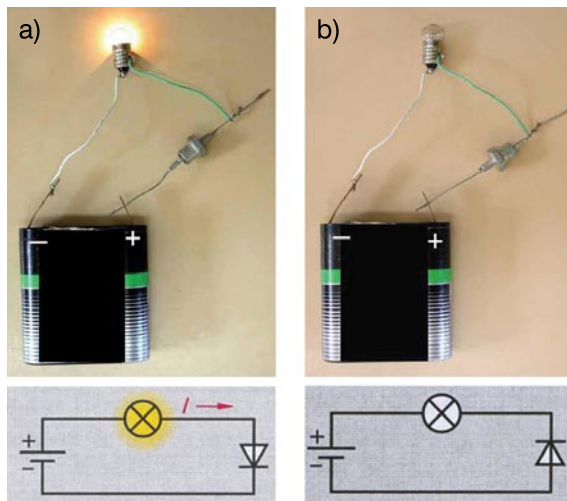
lėje turi pasigirsti trakstelėjimas – susijungia (arba atsijungia) jėgos kontaktai. Kai kurioms relėms svarbu poliškumas, todėl jeigu relė nepradeda veikti, reikia pakeisti prijungimo poliškumą.

- Jeigu relė neatitinka šių reikalavimų, ji turi būti pakeista.
- Jeigu relėje yra trys kontaktai, pagal schemą reikia patikrinti, kam jie skirti. Paprastai trijų kontaktų relėje yra įžemintas korpusas arba išorinis įžeminimas.
- Relėse, kurių įžemintas korpusas, vienas iš valdymo kontaktų sujungtas su mase, todėl būtinas geras kontaktas su automobilio kėbulu. Jų patikra tokia pat kaip relių su dviem kontaktais.

## Diodai

Tikrinant diodus reikia įsitikinti, kad detalė tiesiogine kryptimi praleidžia srovę, o priešinga kryptimi nepraleidžia. Tai galima patikrinti:

- kontroliniu indikatoriumi su energijos šaltiniu, diodą prijungus vienu ir kitu poliškumu (1.49 pav.);
- ommetrą prijungus vienu ir kitu poliškumu ir išmatavus varžą. Multimetre reikia įjungti diodo tikrinimo funkciją „ $\nabla$ “, nes reikalinga ne žemesnė kaip slenkstinė (silicio diodui – 0,6 V) įtampa;
- kontroliniu indikatoriumi arba voltmetru patikrinus įtampą prieš ir už diodo, detalę įjungus į grandinę tiesiogine ir priešinga kryptimi.



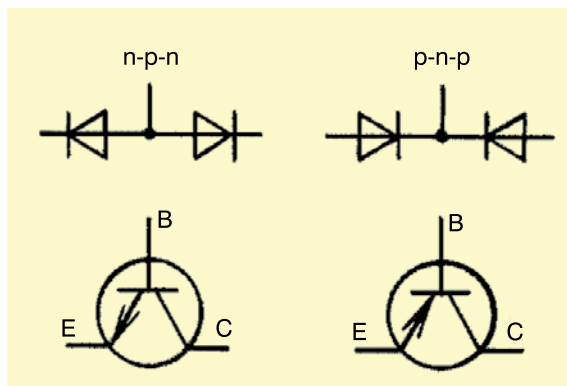
1.49 pav. Diodo patikra kontroline lempute ir energijos šaltiniu:  
a – tiesioginis jungimas;  
b – atvirkščiasis jungimas

## Tranzistoriai

Tranzistorius galima tikrinti kaip du sujungtus diodus (1.50 pav.). Tikrinti reikia ommetru kiekvieną tranzistoriaus diodą atskirai.

## Kondensatoriai

Kondensatorius tikrinamas multimetru, kuriame yra kondensatoriaus talpumo matavimo funkcija. Jeigu prietaise šios funkcijos nėra, ommetru reikia pamatuoti kondensatoriaus varžą. Kondensatoriaus varža turi būti  $\infty\Omega$ .



1.50 pav. Tranzistorių diodiniai modeliai

## PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE

1. Kas yra elektros srovė? Kaip ji atsiranda?
2. Išvardykite nuolatinės ir kintamosios srovės skirtumus.
3. Kaip suprantate, kas yra elektros įtampa?
4. Nuo ko priklauso laidininko varža?
5. Paaiškinkite sąvoką *specifinė varža*.
6. Paaiškinkite laidininko, nelaidininko ir puslaidininkio skirtumus.
7. Užrašykite Omo dėsnį.
8. Kam lygi suma srovių, įtekančių į grandinės mazgą?
9. Kaip nustatoma imtuvo elektros galia?
10. Kokia srovė teka per nuosekliai sujungtus imtuvus?
11. Kokia įtampa yra tarp lygiagrečiai sujungtų imtuvų?
12. Ar nutrūksta grandinė, išjungus vieną lygiagrečiai įjungtą imtuvą?
13. Ar nutrūksta grandinė, išjungus vieną nuosekliai įjungtą imtuvą?
14. Kas yra nuolatinis magnetas?
15. Kokios jėgos susidaro tarp magnetų polių?
16. Kas yra elektromagnetas?
17. Paaiškinkite elektromagnetizmo principą.
18. Kaip galima pakeisti elektromagneto poliškumą?
19. Nuo ko priklauso elektromagneto magnetinio lauko stipris?
20. Nuo ko priklauso laidininką veikianti elektromagnetinė jėga?
21. Kas yra elektromagnetinė indukcija?
22. Nuo kokių dydžių priklauso laidininke gaunama (indukuojama) įtampa?
23. Aprašykite generatoriaus veikimo principą.
24. Aprašykite transformatoriaus veikimo principą.
25. Aprašykite saviindukcijos procesą.
26. Nuo kokių dydžių priklauso uždegimo ritės antrinė įtampa?
27. Į ką reikia atsižvelgti nustatant laidininko skerspjūvį?
28. Koks yra elektros grandinės saugiklio veikimo principas?
29. Kokiu būdu užtikrinamas geras elektros laidų ir jungčių sujungimo kontaktas?
30. Kokio tipo varžos dažniausiai naudojamos?
31. Aprašykite reostato ir potenciometro veikimo principą.
32. Kuo skiriasi teigiamojo ir neigiamojo temperatūros koeficiento varžos?
33. Aprašykite kondensatoriaus paskirtį ir veikimą.
34. Aprašykite diodo sandarą ir veikimo principą.
35. Kokio dydžio turi būti įtampa, kad silicio diodas taptų laidus?
36. Kokių privalumų turi dvipusis lyginimas palyginti su vienpusiu?
37. Aprašykite tranzistoriaus sandarą ir veikimo principą.
38. Aprašykite tiristoriaus paskirtis ir veikimo principą.
39. Kokie elementai sudaro elektroninio valdymo bloką (EVB) ir kokia jų paskirtis?
40. Kokiais būdais galima nustatyti elektros grandinės gedimą?

41. Kokias funkcijas gali atlikti kontrolinis įtampos indikatorius?
42. Aprašykite multimetro funkcijas.
43. Kaip turi būti jungiamas voltmetras prie įtampos šaltinio ir prie imtuvo?
44. Kodėl ampermetro negalima jungti lygiagrečiai su imtuvu ir srovės šaltiniu?
45. Paaiškinkite, kodėl ampermetras rodo tą patį srovės stiprį prieš imtuvą ir už jo.
46. Kokių būdu matuojami greitai kintantys elektriniai signalai?
47. Aprašykite tiesioginį ir netiesioginį imtuvo varžos matavimą.
48. Aprašykite, kokiais būdais galima patikrinti saugiklį.
49. Aprašykite, kokiais būdais galima patikrinti sujungimo kontaktą.
50. Kokios yra relės tikrinimo procedūros?
51. Aprašykite, kokiais būdais galima patikrinti diodą.
52. Paaiškinkite, kodėl būtinos papildomos apsaugos priemonės, kai dirbama su elektros įrenginiais.

## 2. AKUMULIATORIŲ BATERIJA

### 2.1. Akumuliatorių baterijos sandara ir žymėjimas

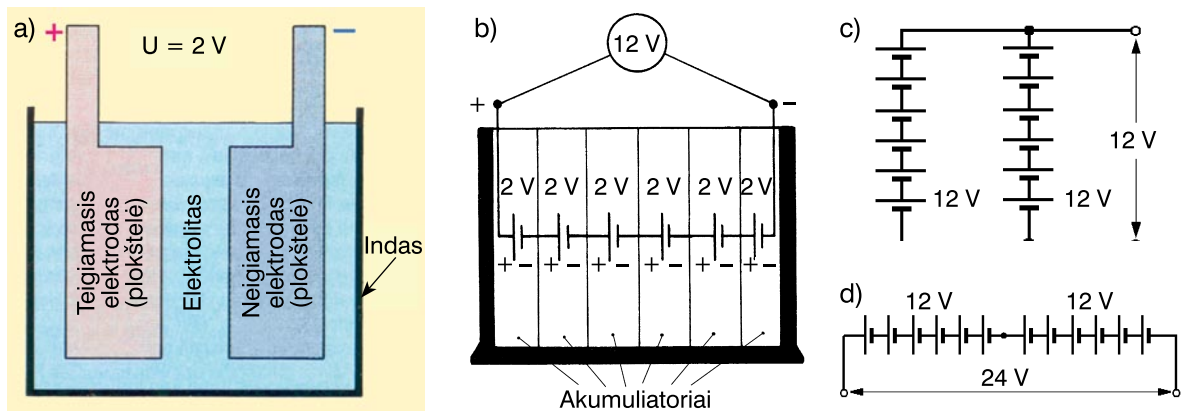
#### Baterijos sandara

Automobiliuose naudojamų rūgštinių švino akumuliatorių baterijų paskirtis:

- tiekti varikliui paleisti reikalingą elektros energiją;
- neveikiant varikliui energija aprūpinti įjungtus elektros imtuvus;
- kaupti akumuliatorių baterijai įkrauti tiekiamą elektros energiją.

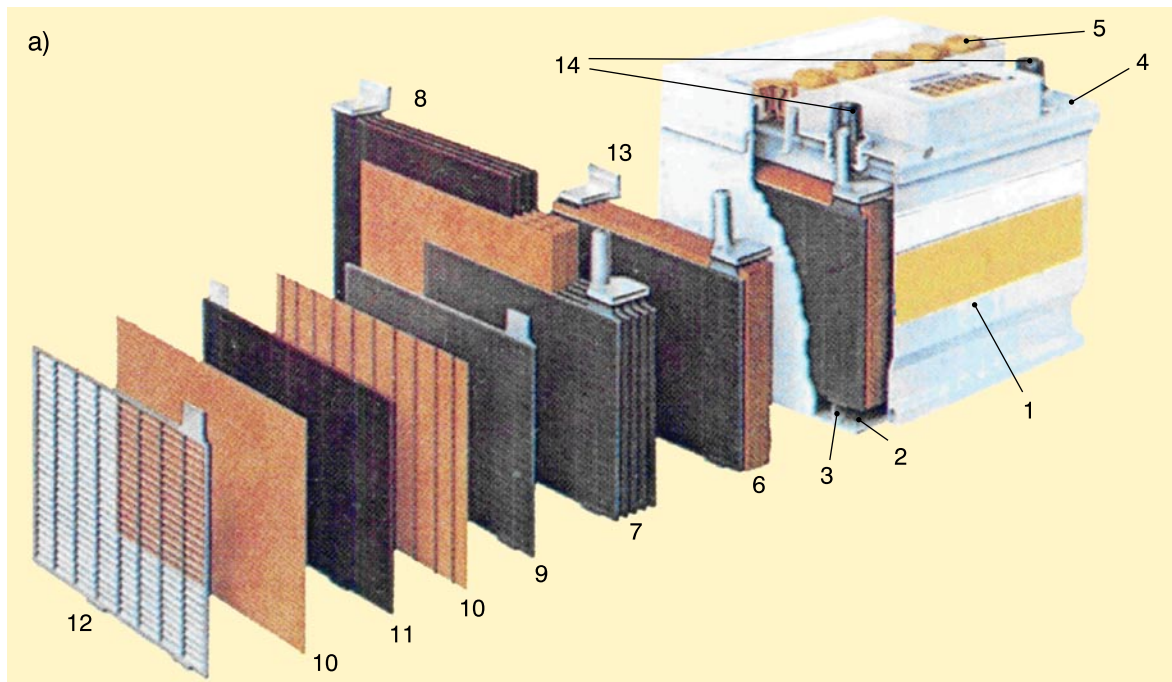
Akumuliatorių bateriją sudaro keli (3; 6; 12) nuosekliai sujungti akumulatoriai, kurių kiekvienas tiekia apie 2 V įtampos elektros energiją. Akumuliatorių sudaro indas, kuriame elektrolitu užpiltas teigiamųjų ir neigiamųjų elektrodų blokas (2.1 pav.).

Indas (1) (2.2 pav.) gaminamas iš elektrai nelaidžios ir rūgščiai atsparios medžiagos (ebonito ar specialaus plastiko). Kiekvienam akumuliatoriui pertvara atskirtas skyrius su šiukšlių ertme (2) tarp apačioje esančių briaunų (3). Tarp šių briaunų kaupiasi nuo plokštelių nubyrejusios švino dalelės. Plokštelių bloką (6) sudaro pakaitomis sudėtos neigiamosios (7) ir teigiamosios plokštelės (8), atskirtos skyrikliais (10). Nuo plokštelių skaičiaus priklauso akumulatoriaus talpa. Kadangi teigiamosios plokštelės išsikraunant akumuliatoriui linkusios deformuotis, kad padidėtų stabilumas, plokštelių blokas prasideda ir baigiasi neigiamąja plokštele. Plokštelių pagrindą sudaro švininis rėmelis (12). Rėmeliai užpildyti vadinamąja aktyviaja mase. Ji sudaryta iš supresuotų švino miltelių, sumaišytų su atskiesta sieros rūgštimi. Naudojant tokį mišinį kuo daugiau švino dalyvauja cheminėse reakcijose, vykstančiose bateriją įkraunant ir jai išsikraunant. Plokštelių bloko vienodo poliškumo plokštelių komplektai tarpusavyje sujungti jungtimis (13), o tarpelementine jungtimi (16) sujungti su kito bloko priešingo poliškumo plokštelių komplektu. Iš kraštinių blokų išvesti išvariniai gnybtai



2.1 pav. Akumulatoriaus sandara ir akumuliatorių jungimas į bateriją:  
a – akumulatorius; b – akumuliatorių baterija; c – lygiagrečiai sujungtos akumuliatorių baterijos; d – nuosekliai sujungtos akumuliatorių baterijos

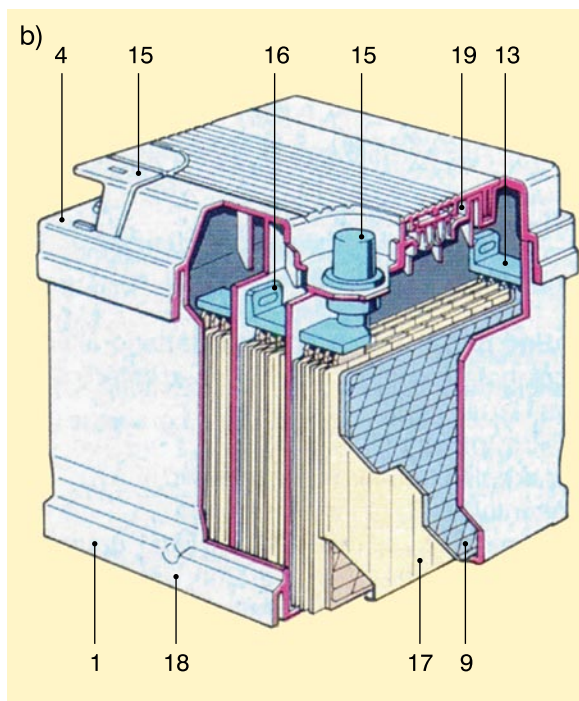




2.2 pav. Akumuliatorių baterijos elementai ir sandara:

a – retai prižiūrimoji akumuliatorių baterija; b – neprižiūrimoji akumuliatorių baterija;

- 1 – indas su pertvaromis;  
 2 – šiukšlių ertmė; 3 – indo briauna;  
 4 – dangtelis; 5 – kamščiai; 6 – plokštelių blokas;  
 7 – neigiamųjų plokštelių komplektas;  
 8 – teigiamųjų plokštelių komplektas;  
 9 – neigiamoji plokštelė;  
 10 – skyrikliai; 11 – teigiamoji plokštelė;  
 12 – švininis rėmelis; 13 – plokštelių jungtis;  
 14 – gnybtai; 15 – gnybto dangtelis;  
 16 – tiesioginė tarpelementinė jungtis;  
 17 – į skyriklį įstatyta teigiamoji plokštelė;  
 18 – dugno briauna; 19 – ventiliacijos kanalas



(14). Kad prijungiant akumuliatorių nebūtų sumaišyti gnybtai, teigiamojo gnybto skersmuo yra didesnis negu neigiamojo, o poliai žymimi ant dangtelio. Baterijos indas uždengiamas hermetišku dangteliu (4), kuriame gali būti įtaisyti kamščiai (5) elektrolitui užpildyti ir patikrinti, ventiliacijos kanalas (19), įkrovimo indikatorius.

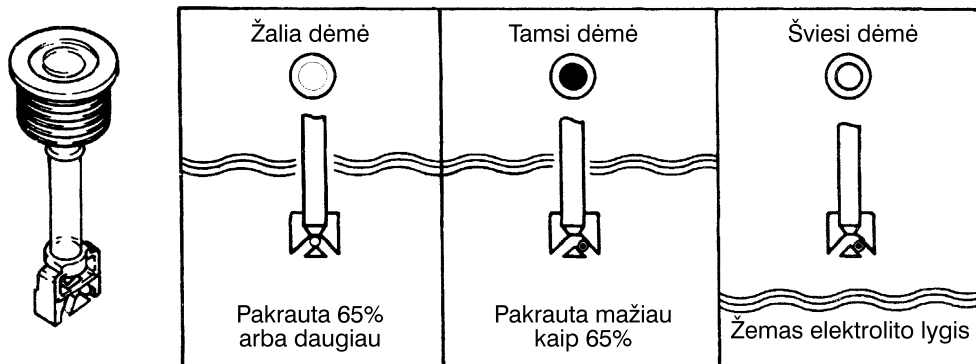
Plokštelių blokas užpilami elektrolitu, sudarytu iš 35–40% sieros rūgšties ( $H_2SO_4$ ) ir distiliuoto vandens ( $H_2O$ ) tirpalo, kurio tankis – 1,26–1,28 g/cm<sup>3</sup>.

## Akumuliatorių baterijų tipai

- Prižiūrimosios baterijos skyriai yra su atskiru dangteliu su kamščiu. Dangtelį galima nuimti ir pakeisti plokštelių bloką. Tarpelementinės jungtys tarp sekcijų sumontuotos išorėje, todėl skyrius galima tikrinti atskirai.

- Retai prižiūrimosios baterijos yra su bendru nenuimamu dangteliu su atskirų skyrių kamščiais. Tarpelementinės jungtys sumontuotos po dangteliu. Tai sumažina akumulatoriaus matmenis, svorį ir išsikrovimo dėl dangtelio užterštumo tikimybę. Prižiūrimosios ir retai prižiūrimosios akumuliatorių baterijos gali būti tiekiamos sausai įkrautos. Šių baterijų plokštelės būna įkrautos, tačiau akumulatorius neužpildytas elektrolitu ir todėl ilgiau savaime neišsikrauna. Prieš pradėdant naudoti sausai įkrautą akumuliatorių reikia užpildyti  $1,28 \text{ g/cm}^3$  tankio elektrolitu. Po 20 minučių jis būna tinkamas naudoti.

- Neprižiūrimosios akumuliatorių baterijos nuo retai prižiūrimųjų išoriškai skiriasi tuo, kad neturi kamščių. Šių atsisakyta todėl, kad nereikia matuoti ir koreguoti elektrolito lygio. Plokštelių rėmeliai gaminami ne iš švino ir stibio lydinio, o iš švino ir kalcio lydinio. Tai labai sumažina išsikrovimą ir vandens sąnaudas. Vietoj plokštelių pavidalo skyriklių naudojami voko arba plėvelės pavidalo skyrikliai (plastikinis apvalkalas) ir išskrintančios švino dalelės negali trumpai sujungti teigiamųjų ir neigiamųjų plokštelių – nebereikalinga šiukšlių ertmė. Todėl esant tokio pat dydžio indui, plokštelės gali būti didesnės, atitinkamai didesnė akumuliatorių baterijos talpa ir paleidimo galia. Baterijos dangtelyje gali būti įtaisytas įkrovimo indikatorius (areometras) (2.3 pav.).



2.3 pav. Akumuliatoriuje įmontuotas areometras

- Didelės stárterio srovės akumuliatoriai naudojami automobiliuose su dyzeliniu varikliu, nes šiems varikliams reikalinga didelė paleidimo galia. Akumuliatorių baterijose, kurios gali būti tiek retai prižiūrimosios, tiek visiškai neprižiūrimosios, teigiamosios plokštelės įstatytos į voko formos skyriklius ir jų paviršiai yra didesni. Neigiamosios plokštelės gaminamos plonesnės, todėl tame pačiame tūryje telpa daugiau plokštelių. Esant tokiems pat matmenims, talpa padidėja apie 10%, o paleidimo galia – iki 50%.

- Cilindriniai („Optima“) akumuliatoriai – naujo tipo. Juos sudaro teigiamieji ir neigiamieji juostiniai elektrodai, atskirti mikroporinio pluošto separatoriaus ir susukti į cilindrą (2.4 pav.). Elektrodai įmirkomi rūgštiniame elektrolite. Atskiri akumuliatoriai nuosekliai sujungiami į vieną bateriją ir tiekia reikiamo dydžio įtampą. Pagrindiniai baterijos privalumai:

maži matmenys, didelė talpa ir starterio srovė, atsparumas temperatūros svyravimams, smūgiams ir vibracijai, ilgaamžiškumas, greitesnis įkrovimas.

### Akumuliatorių baterijos žymėjimas

Ant kiekvienos akumuliatorių baterijos yra jų tipą nurodantys ženklai.

Pavyzdys: 55519 12 V 60 Ah, 420 A (EN). Čia 55519 – tipo numeris; 12 V – nominalioji įtampa; 60 Ah – vardinė talpa; 420 A – šalto variklio paleidimo (starterio) srovė; EN – standartas, pagal kurį atliekamas šaltojo paleidimo bandymas.

Tipo numeris teikia informaciją apie baterijos formas ir jos tvirtinimą automobilyje.

Akumuliatorių baterijos nominalioji įtampa lygi nuosekliai sujungtų akumuliatorių skaičiaus ir jų nominaliosios įtampos sandaugai. Akumuliatorių baterijos, sudarytos iš šešių akumuliatorių, vardinė įtampa lygi:  $6 \times 2 \text{ V} = 12 \text{ V}$ .

Akumuliatoriaus baterijos talpa rodo, kokį elektros kiekį gali sukaupti ir tiekti akumuliatorių baterija, kol baterijos įtampa nukris iki 10,8 V (vieno akumuliatoriaus iki 1,8 V), esant elektrolito temperatūrai 20 °C. Talpa žymima raide C, o jos matavimo vienetas – Ah (ampervalandė). Ji skaičiuojama taip:

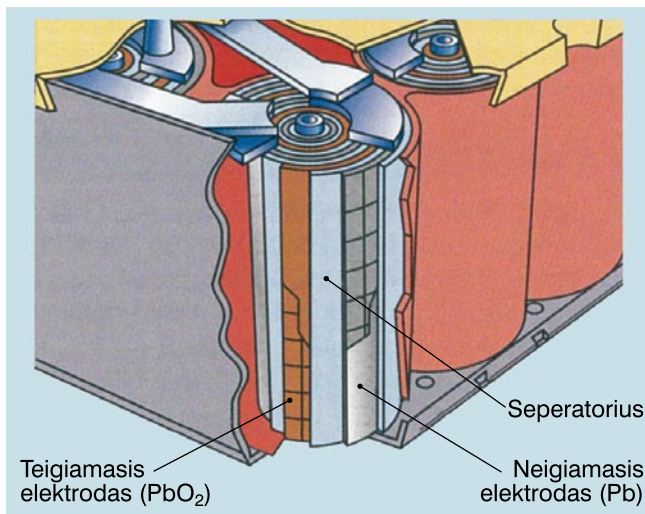
$$C = I \cdot t; \quad (2.1)$$

čia C – talpa, Ah;  
I – srovės stipris, A;  
t – laikas, h.

Jeigu 60 Ah talpos akumuliatorių iškrautume 3 A srove, tai teoriškai iškrovimas truktų 20 h. Iš tiesų akumuliatorius išsikraus greičiau. 60 Ah talpos akumuliatorius, kraunamas 6 A stiprio srove, teoriškai turėtų pasikrauti maždaug per 10 h, tačiau praktiškai jis pakraunamas maždaug per 13 h.

Akumuliatorių baterijos talpa priklauso nuo iškrovimo srovės stiprio, elektrolito temperatūros ir tankio, akumuliatorių baterijos senumo.

**Starterio srovė** – tai akumuliatorių baterijos pajėgumo paleisti variklį, esant žemai temperatūrai, matas. Žymėjime nurodyti skaičiai rodo srovės stiprį, kurį akumuliatoriaus baterija gali tiekti mažiausiai 30 sekundžių, esant –18 °C temperatūrai, o jos akumuliatorių įtampa nenukrinta žemiau kaip 1,8 volto. Po 150 sekundžių trunkančio iškrovimo akumuliatorių įtampa dar turi būti lygi mažiausiai 1,0 V. Šios normos yra skirtingos. Tai priklauso nuo standarto (EN; DIN; SAE ir kiti).



2.4 pav. Cilindriniai akumuliatoriai



Akumuliatorių baterijas sujungus nuosekliai, jų nominalioji įtampa susideda (2.1 pav.). Vienodos įtampos akumulatorius sujungus lygiagrečiai, bendra įtampa nepakinta, bet padidėja baterijos talpa.

Akumuliatorių baterijos veikimo laikas priklauso nuo priežiūros, darbo sąlygų, išsikrovimo dydžio, teigiamųjų plokštelių apkrovos, visiškų iškrovų skaičiaus, automobilio generatoriaus tiekiamos įtampos, perkrovų.

## 2.2. Akumuliatorių baterijos veikimas

### Akumuliatorių įkrovimas

Kai akumuliatorių baterija įkraunama, joje cheminėmis reakcijomis kaupiama generatoriaus arba kroviklio atiduodama elektros energija. Akumulatorius kraunamas nuolatine srove, kurios įtampa didesnė už nominaliąją. 12 V nominaliosios įtampos akumuliatoriui įkrauti reikia 14–16 V. Įkrovimo srovė turi būti priešingos krypties, nei teka akumulatoriaus darbo srovė (prie akumulatoriaus + jungiamas generatoriaus +).

Iki akumulatoriaus įkrovimo abi jo plokšteles sudaro baltas švino sulfatas ( $\text{PbSO}_4$ ) (2.5 pav., a). Įkraunant akumuliatorių, veikiant prijungtai nuolatinei įtampai, elektronai paimami iš teigiamosios plokštelės ir pernešami į neigiamąją plokštelę (2.5 pav., b). Teka įkrovimo srovė  $I_e$ . Dėl to švino sulfatas ant abiejų plokštelių išskaidomas į šviną (Pb) ir rūgšties liekaną ( $\text{SO}_4$ ). Rūgšties liekana pereina į elektrolitą ir ten suskaido vandens molekulę į vandenilį ( $\text{H}_2$ ) ir deguonį (O). Rūgšties liekana jungiasi su vandeniliu ir susidaro sieros rūgštis ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Deguonis juda prie teigiamosios plokštelės, ten susijungia su švinu ir sudaro švino oksidą ( $\text{PbO}_2$ ). Neigiamosios plokštelės švinas daugiau su niekuo nesijungia. Kai akumulatorius įkrautas, teigiamąją plokštelę sudaro tamsiai rudas švino dioksidas, o neigiamąją plokštelę – grynas pilkas švinas (2.5 pav., c). Toliau kraunant įkrautą akumuliatorių vandenilis garuoja (elektrolitas verda) ir susidaro pavojingas sprogušis dujų mišinys.

Kai akumulatorius įkraunamas, vyksta cheminės reakcijos:

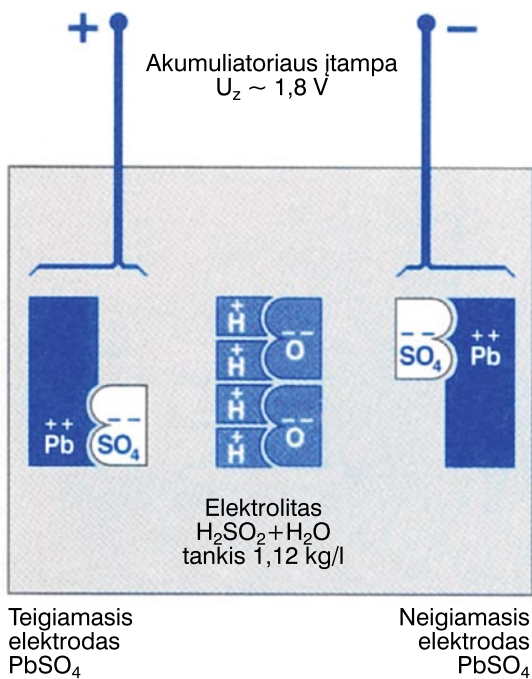
- teigiamoji plokštelė:  $\text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{O} + \text{elektros energija} \rightarrow \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- neigiamoji plokštelė:  $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{elektros energija} \rightarrow \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}$ ;
- Bendra įkrovimo reakcijos lygtis:  $2\text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{įkrovimas} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb} + \text{PbO}_2$ .

Akumulatoriaus įkrovimo metu vandens kiekis elektrolite mažėja, o rūgšties – didėja. Kadangi sieros rūgšties tankis didesnis už vandens tankį, akumuliatorių įkraunant elektrolito tankis didėja iki 1,27–1,29 g/cm<sup>3</sup>. Įkrauto akumulatoriaus tiekiamą įtampa išauga iki 2,4 V ir šešių sekcijų neapkrautos baterijos įtampa gali siekti 14,5 V. Tačiau įtampa greitai krinta ir yra apie 2,1 V (baterijos 12,6 V).

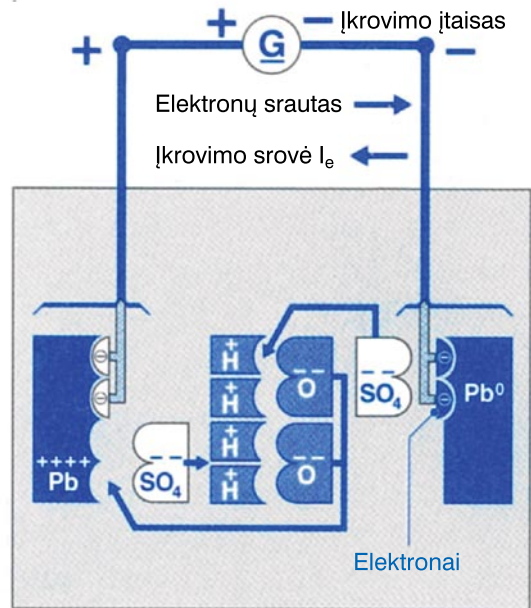
### Akumulatoriaus iškrovimas

Iškraunant cheminės reakcijos vyksta priešinga kryptimi, išskiriama sukaupta elektros energija. Akumulatoriaus iškrovimas prasideda tada, kai tarp abiejų jo polių sujungiama elektros grandinė. Akumuliatorių iškraunant elektronų srautas elektros imtuvais teka iš nei-

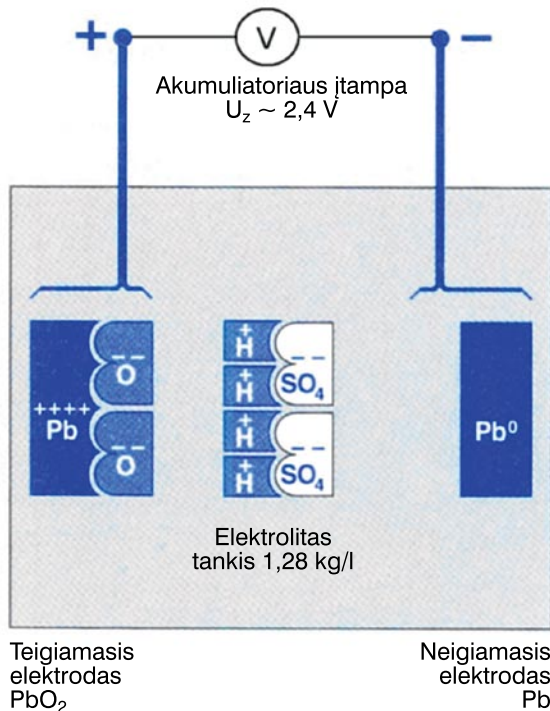
a) iškrautas akumulatorius



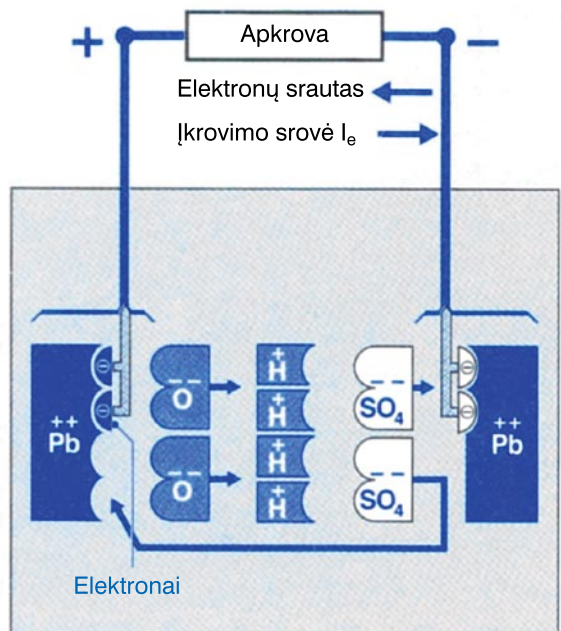
b) akumulatoriaus įkrovimas



c) įkrautas akumulatorius



d) akumulatoriaus iškrovimas



2.5 pav. Akumuliatorių iškraunant ir įkraunant vykstantys procesai

giamojo poliaus į teigiamąjį (2.5 pav., d). Dėl to teigiamosios plokštelės švino dioksidas skyla į šviną ir deguonį. Deguonis pereina į elektrolitą, vėl jungiasi su sieros rūgšties vandeniliu ir sudaro vandenį. Teigiamosios ir neigiamosios plokštelių švinas susijungia su rūgšties liekana ir vėl sudaro švino sulfatą.

Esant iškrautam akumuliatoriui, teigiamąsias ir neigiamąsias plokšteles vėl sudaro baltas švino sulfatas.

Akumuliatorių iškraunant vykstančios cheminės reakcijos:

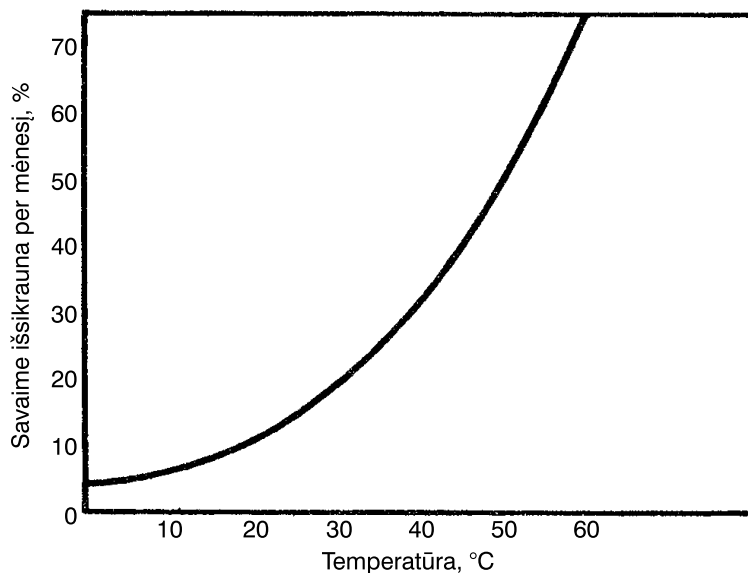
- teigiamoji plokštelė:  $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2 - \text{elektros energija} \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- neigiamoji plokštelė;  $\text{Pb} + \text{SO}_4 - \text{elektros energija} \rightarrow \text{PbSO}_4$ ;
- bendros iškrovimo reakcijos lygtis:  $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{iškrovimas} \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Akumuliatorių iškraunant elektrolite mažėja sieros rūgšties, o daugėja vandens, elektrolito tankis mažėja (iki 1,25–1,10 g/cm<sup>3</sup>), akumuliatoriaus įtampa sumažėja iki 1,8–1,6 V. Šešių sekcijų baterijos įtampa krinta iki 10,8 V.

### Akumuliatorių baterijos išsikrovimas ir sulfatavimasis

Akumuliatorių baterija ilgai išsikrauna ir nenaudojama. Baterijos išsikrovimo greitis lygus 0,1–1% talpos per dieną. Tai priklauso nuo elektrodų sudėties, prieš kiek laiko ji įkrauta, aplinkos temperatūros.

Jei akumuliatorių baterija ilgai būna iškrauta, iškraunant susidarę maži švino sulfato kristalai susijungia į didelius kristalus. Tokius didelius švino sulfato kristalus labai sunku vėl išardyti. Tokia baterija vadinama sulfatuota. Jei sulfatavimasis nedidelis, akumuliatorių bateriją galima įkrauti mažo stiprio srove (maždaug 0,2 A), specialiais įkrovimo ciklais.



2.6 pav. Akumuliatorių baterijos išsikrovimas

## **PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE**

1. Kokia automobilio akumuliatorių baterijos paskirtis?
2. Aprašykite retai prižiūrimųjų, neprižiūrimųjų ir didelės starterio srovės akumuliatorių baterijų skirtumus.
3. Kokie yra cilindrinė akumuliatorių „Optima“ ypatumai?
4. Paaiškinkite sąvoką *akumuliatorių baterijos talpa*.
5. Nuo ko priklauso akumuliatorių baterijos talpa?
6. Ką parodo akumulatoriaus starterio srovė?
7. Aprašykite procesus, vykstančius iškraunant akumuliatorių.
8. Kokios akumuliatorių baterijos vadinamos sausai įkrautomis?
9. Paaiškinkite akumuliatoriuje įmontuoto elektrolito tankio matuoklio areometro sandarą ir veikimo principą.
10. Iš ko sudarytos iškrauto ir įkrauto akumulatoriaus neigiamosios ir teigiamosios plokštelės?
11. Kaip įkraunant ir iškraunant keičiasi akumuliatorių baterijos elektrolito tankis?
12. Kas vyksta išsikraunant ir sulfatuojuantis akumuliatorių baterijai?

# 3. GENERATORIUS

## 3.1. Kintamosios srovės generatoriaus sandara, veikimas, srovės lyginimas

### 3.1.1. Kintamosios srovės generatoriaus veikimo principas

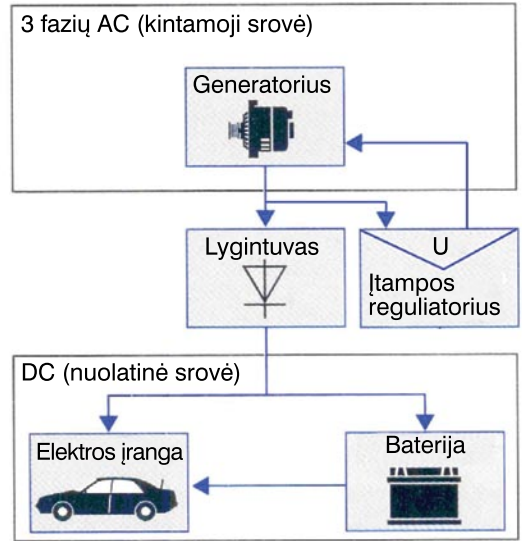
Generatoriaus paskirtis – veikiant varikliui, automobilio įjungtus elektros imtuvus aprūpinti elektros energija ir įkrauti akumuliatorių bateriją (3.1 pav.).

Generatoriaus tiekiamą elektros srovę  $I_G$ , A:

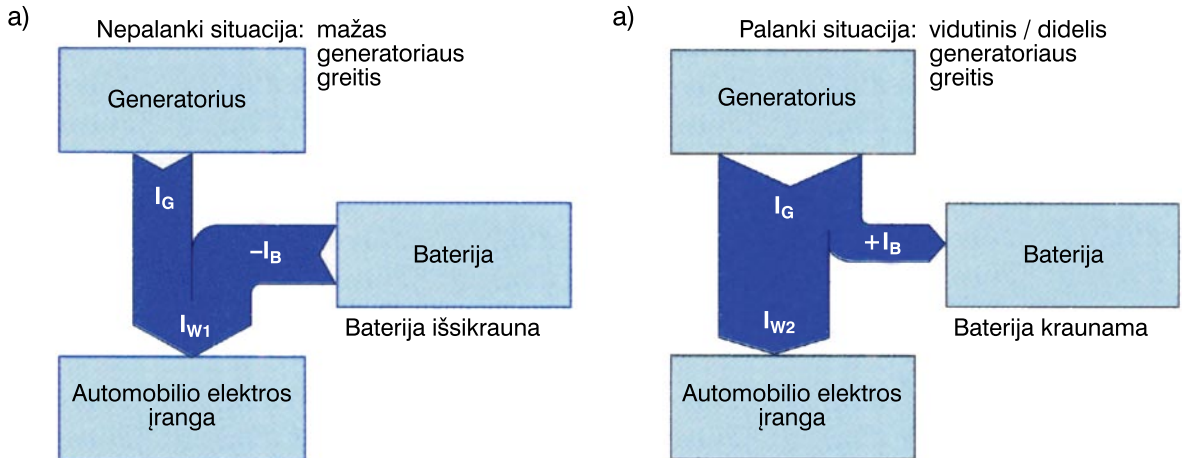
$$I_G = I_W + I_B; \quad (3.1)$$

čia  $I_W$  – elektros įrangos vartojama srovė, A;  
 $I_B$  – akumuliatoriaus įkrovimo srovė, A.

Generatoriui per lėtai sukantis arba sugedus, gaminamos energijos gali nepakakti elektrą naudojančioms automobilio prietaisams aprūpinti elektros energija ir įkrauti akumuliatorių baterijai (3.2 pav.). Tokiu atveju naudojama akumuliatorių baterijos energija, o prietaisų skyde lyje dega baterijos krovimo indikatorius lempu- tė (3) (3.11 pav.).



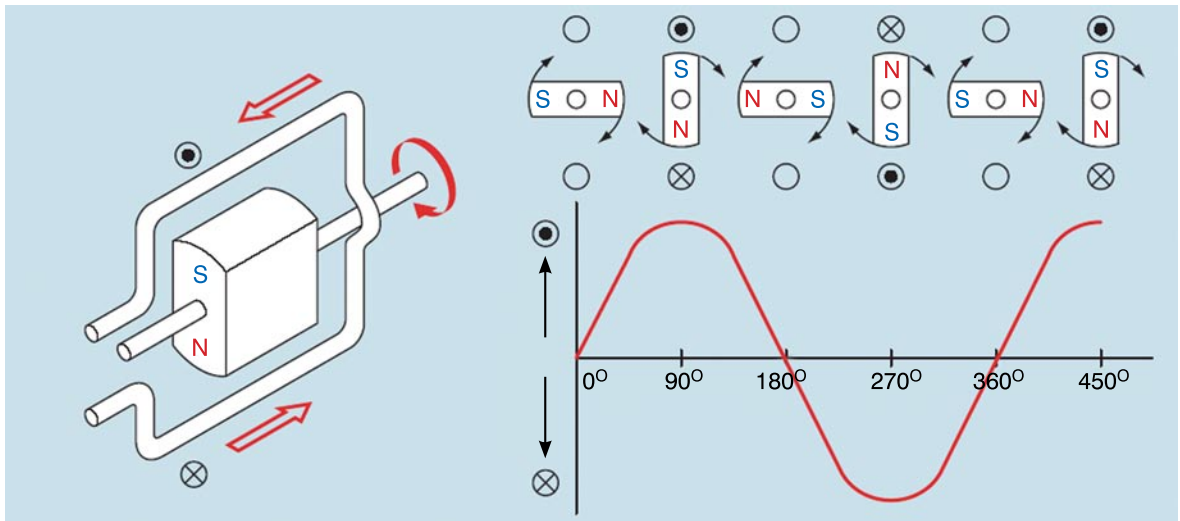
3.1 pav. Elektrą naudojančių automobilio prietaisų aprūpinimas srove



3.2 pav. Srovės balansas:

a – mažas generatoriaus sukimo greitis; b – pakankamas generatoriaus sukimo greitis



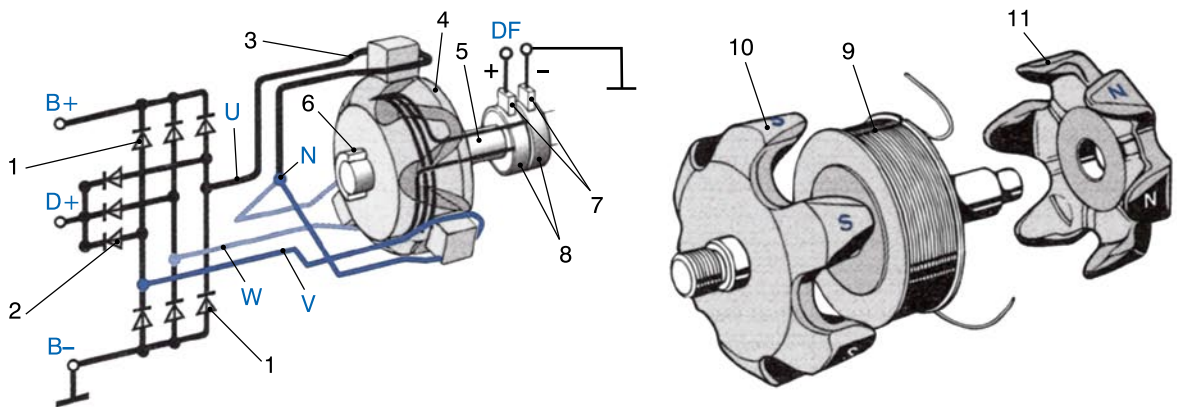


3.3 pav. Įtampos generavimas

Generatoriuje įtampą generuoja elektromagnetinė indukcija (generatoriaus principas – 3.3 pav.). Tai vyksta dėl kintamojo magnetinio lauko, kuris kerta laidininko apviją. Generatoriai gali būti nuolatinės ir kintamosios srovės. Šiuolaikiniuose automobiliuose naudojami kintamosios srovės generatoriai, nes jie yra efektyvesni ir pigesni už nuolatinės srovės generatorius.

Automobilių generatoriuose magnetinį lauką sukuria besisukantys elektromagnetai (polių antgaliai su žadinimo apvijomis). Gaunamos įtampos kryptis (poliškumas) keičiasi rotorui pasisukus  $180^\circ$ . Gaunama kintamoji įtampa. Automobilio elektros imtuvams reikalinga nuolatinė įtampa, todėl generuojamą kintamąją įtampą reikia išlyginti. Norint elektros imtuvus ir akumuliatorių bateriją apsaugoti, kad nesugestų (nuo per didelės įtampos), generatoriuje įmontuotas įtampos reguliatorius turi išlaikyti nustatytą generatoriaus tiekiamą įtampą.

Automobiliuose dažniausiai naudojamas lenktapulis kintamosios srovės generatorius (3.4 pav.). Jis taip vadinamas dėl rotoriaus sandaros.



3.4 pav. Lenktapulio kintamosios srovės generatoriaus principinė schema:

1 – galios diodai; 2 – žadinimo diodai; 3 – statoriaus apvija; 4 – lenktapulis rotorius su žadinimo apvija; 5 – rotoriaus velenas; 6 – guolis; 7 – angliniai šepetėliai; 8 – kolektoriaus žiedai; 9 – žadinimo apvija; 10, 11 – rotoriaus S ir N poliai

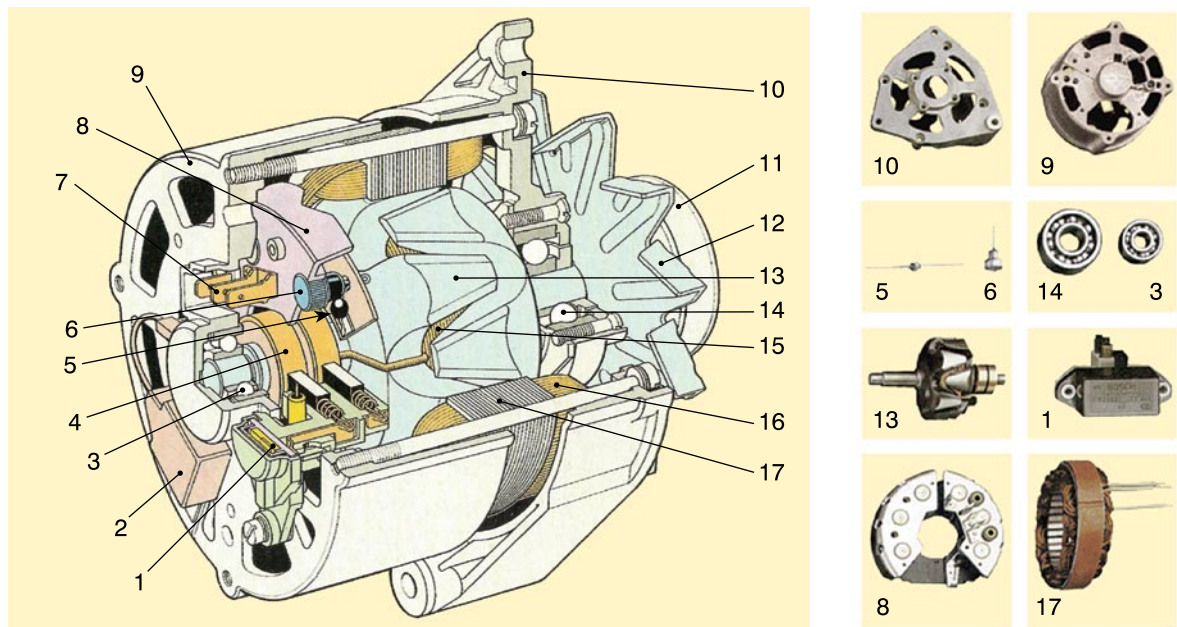
Generatoriaus pagrindinės dalys yra: lenktapolis iš dviejų dalių sudarytas rotorius (10) (S) ir (11) (N) su viduje sumontuota žadinimo apvija (9) bei kolektoriaus žiedais (8); prie kolektoriaus žiedų spaudžiami du angliniai šepetėliai (7); statorius, kuriame sumontuotos trys apvijos (3) (trys fazės) ir rotoriaus veleno guoliai (6); prie statoriaus apvijų prijungti šeši galios (1) ir trys žadinimo diodai (2).

Trys statoriaus apvijos išdėstytos 120° kampu ir sujungtos žvaigždine jungtimi. Apvijų išvadiniai laidai žymimi raidėmis U, V, W, o neutralė (bendras trijų apvijų sujungimo taškas) – N. Apvijų išvadiniai laidai sujungti su lygintuvo grandine.

3.5 paveiksle pateikta lenktapolio trifazio kintamosios srovės generatoriaus sandara.

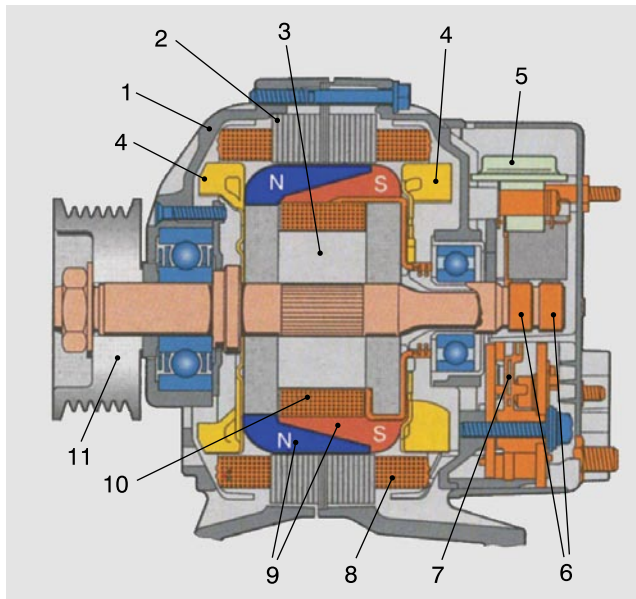
Prie galinio generatoriaus dangtelio (9) pritvirtintas įtampos reguliatorius (1) ir kištukinės jungtys (7) (B+ ir D+), kuriomis generatorius prijungiamas prie automobilio elektros tinklo (akumuliatorių baterijos, imtuvų) bei baterijos krovimo indikatorius lempučių. Aušintuvuose (8) įtvirtinti šeši galios (6) ir trys žadinimo diodai (5), nes lygindami srovę diodai įkaista ir juos reikia aušinti. Pavaros pusėje, ant rotoriaus veleno, pritvirtintas ventiliatorius (12) ir generatoriaus diržinės pavaros skriemulys (11). Lenktapolis kintamosios srovės generatorius, kaip ir visi kintamosios srovės generatoriai, gali būti sukamas abiem kryptimis. Sukimo kryptis priklauso nuo ventiliatoriaus tipo.

Automobiliuose gali būti naudojami įvairių konstrukcijų kintamosios srovės generatoriai. 3.6 paveiksle pateiktas kompaktinis generatorius. Ant jo rotoriaus (3) ašies iš abiejų



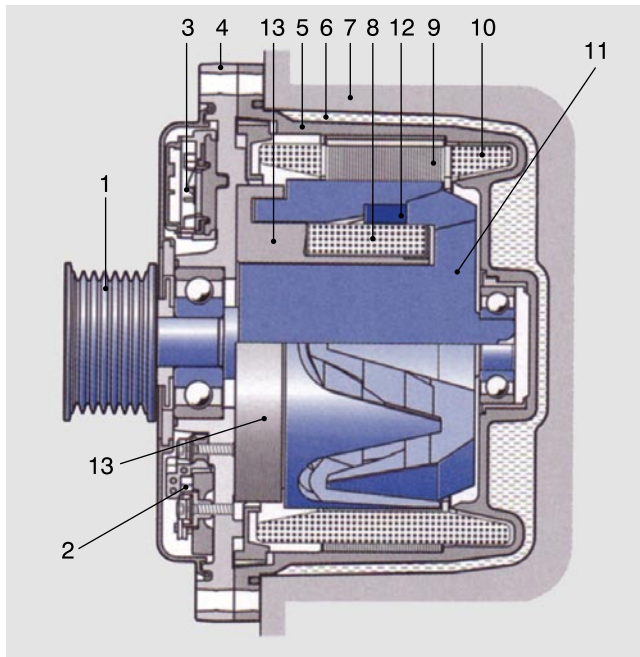
3.5 pav. Lenktapolio kintamosios srovės generatoriaus sandara:

1 – įtampos reguliatorius su angliniais šepetėliais laikikliuose; 2 – kondensatorius apsaugai nuo trukdžių; 3 – guolis; 4 – kolektoriaus žiedas; 5 – žadinimo diodas; 6 – galios diodas; 7 – kištukinės jungtys B+, D+; 8 – aušintuvas; 9 – galinis dangtelis; 10 – priekinis dangtelis; 11 – skriemulys; 12 – ventiliatorius; 13 – lenktapolis rotorius; 14 – guolis; 15 – žadinimo apvija; 16 – statoriaus apvija; 17 – statorius



3.6 pav. Trifazis kintamosios srovės kompaktinis generatorius:

1 – korpusas; 2 – statorius; 3 – rotorius; 4 – ventiliatorius; 5 – įtampos reguliatorius;  
6 – kolektoriaus žiedai; 7 – diodai; 8 – trifazė statoriaus apvija; 9 – rotoriaus poliai;  
10 – žadinimo apvija; 11 – skriemulys



3.7 pav. Skysčiu aušinamas trifazis kintamosios srovės kompaktinis generatorius be šepetėlių:

1 – skriemulys; 2 – lygintuvas; 3 – įtampos reguliatorius; 4 – tvirtinimo jungė;  
5 – aliumininis korpusas; 6 – aušinamasis skystis; 7 – aušinimo ertmė variklio bloke;  
8 – nejudama žadinimo apvija; 9 – statorius; 10 – trifazė statoriaus apvija; 11 – lenktapulis  
rotorius; 12 – antimagnetinis tarpinis žiedas; 13 – laidusis elementas



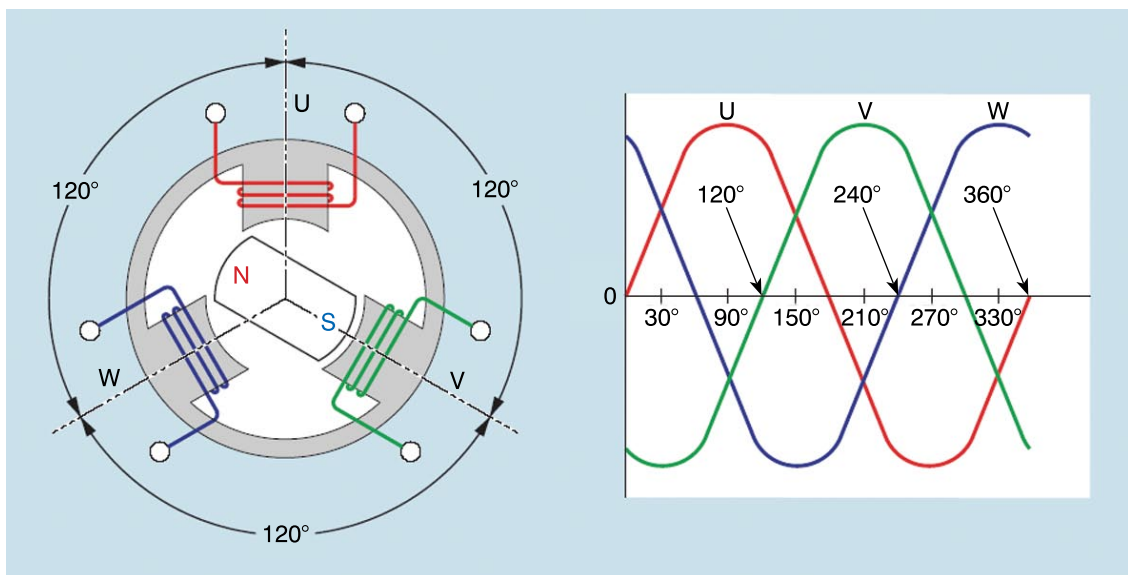
rotoriaus pusių įtaisyti du ventiliatoriai (4), todėl pagerėja generatoriaus aušinimas, sumažėja keliamas triukšmas. Nepasikeitus matmenims, generatoriaus galia padidėja 10–12%. Rotoriaus kontaktiniai žiedai (6), šepečių laikikliai, įtampos reguliatorius (5) kartu su lygintuvų bloku (7) iškelti į išorę, dėl to sumažėja generatoriaus korpusas ir kontaktinių žiedų skersmuo, guolis patenka į oro srautą, – tai pagerina jo aušinimą. Tai pailgina žiedų, šepečių ir guolių veikimo laiką. Generatoriaus pavarą sudaro elastingas figūrinis platus dirželis ir sumažinto skersmens skriemulys, dėl to generatoriaus rotoriaus sūkių skaičius padidėja iki 3,5 karto ir generuojamos įkrovimo srovės pakanka varikliui veikiant tuščiąja eiga.

Kai kurie kompaktinės klasės generatoriai yra aušinami variklio aušinimo sistemos (3.7 pav.). Tai leidžia padidinti generatoriaus galią. Dar viena šio generatoriaus konstrukcinė ypatybė yra ta, kad rotoriaus žadinimo apvija (8) nesisuka ir yra įmontuota tarp lenktapolio rotoriaus (11) polių ir ašies. Į žadinimo apviją srovė tiekama tiesiai iš įtampos reguliatoriaus. Nereikalingi kontaktiniai žiedai ir šepetėliai, kurie generatoriuje yra labiausiai dylančios detalės. Magnetinis laukas iš žadinimo apvijos per laidųjį elementą (13) įmagnetina rotoriaus polių. N ir S poliai atskirti antimagnetiniu tarpiniu žiedu.

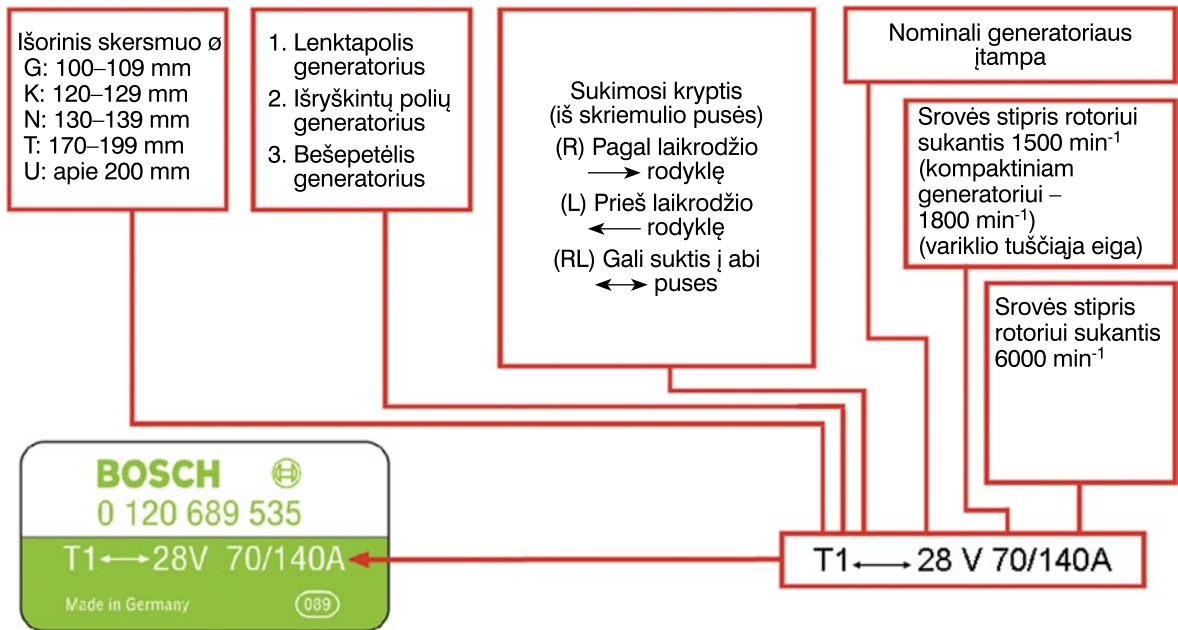
Galimi ir kiti generatorių konstrukciniai variantai. Generatoriai gali būti sukomplektuoti kartu su hidrauliniu arba vakuuminiu siurbliu.

Sukantis rotoriaus elektromagnetui, kiekvienoje statoriaus apvijoje (U, V ir W) generuojama kintamoji įtampa. Visas tris kintamąsias įtampas pavaizdavus vienoje koordinačių sistemoje matyti, kad trys kintamosios srovės generatoriuje sukuriamos kintamosios įtampos (fazės) ir yra perstumtos viena kitos atžvilgiu. Kai rotorius yra dviejų polių, šis perstūmimas lygus  $120^\circ$  (3.8 pav.). Naudojant dvylikos polių lenktapolių rotorius, gaunamas  $20^\circ$  perstūmimas.

Prie šių trijų gautų įtampų prijungus kintamosios srovės elektros variklį, trimis jo statoriaus apvijomis tekės kintamosios srovės ir variklio rotorius bus sukamas statoriuje besisukančiu magnetiniu lauku. Automobilio prietaisams, naudojantiems nuolatinę srovę, kintamąją srovę reikia išlyginti.



3.8 pav. Trijų fazių įtampų kitimas



3.9 pav. Automobilių generatorių žymėjimas (firma „BOSCH“)

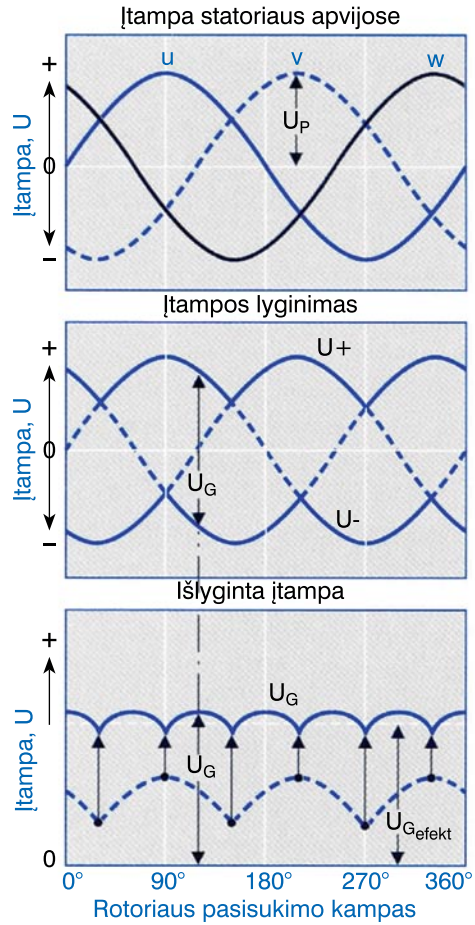
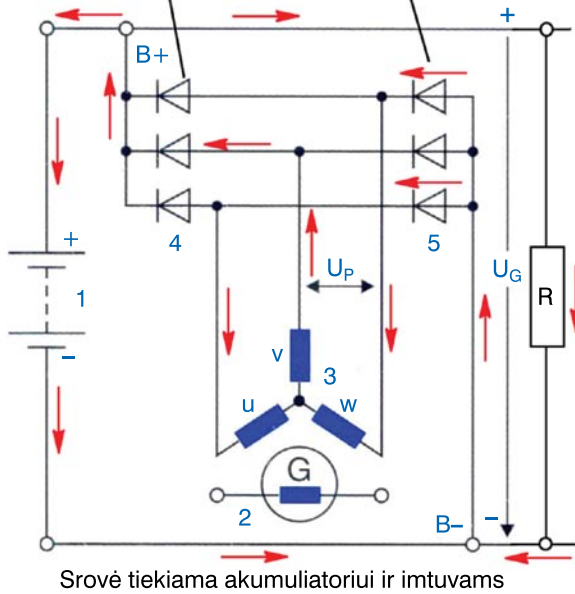
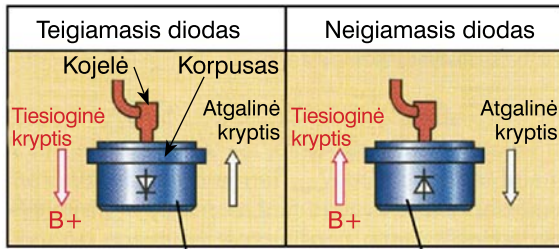
Automobilių generatorius gamina įvairios firmos. Generatoriaus žymėjime nurodomi generatoriaus baziniai matmenys (statoriaus išorinis skersmuo), pagrindiniai elektriniai ir kiti parametrai (3.9 pav.).

### 3.1.2. Srovės lyginimas

Generatoriaus trys kintamosios įtampos lyginamos trifaziu dvipusiu lygintuvu – tilteliu (3.10 pav.). Tokioje grandinėje prie kiekvienos statoriaus apvijos (3) (U, V ir W) prijungti du galios diodai. Diodai apvijų pradžias jungia vieną su kita. Trys diodai (4) sudaro teigiamąjį polių ir trys – neigiamąjį (5). Teigiamojo diodo neigiamasis išvadas yra jo korpusas, o neigiamojo – diodo kojelė. Neigiamojo diodo – priešingai. Diodų korpusas tvirtinamas aušintuve. Iš teigiamųjų ir neigiamųjų diodų praleidžiamų įtampos pusbangių susidaro gaubtinės. Teigiamosios ( $U_+$ ) ir neigiamosios ( $U_-$ ) įtampų gaubtinės lygintuvo tiltelyje nukreipiamos viena kryptimi ir paverčiamos lengvai banguojančia nuolatine teigiamąja įtampa  $U_G$ , kurios vidutinę defektinę vertę  $U_{G \text{ efekt.}}$  galima išmatuoti multimetru.

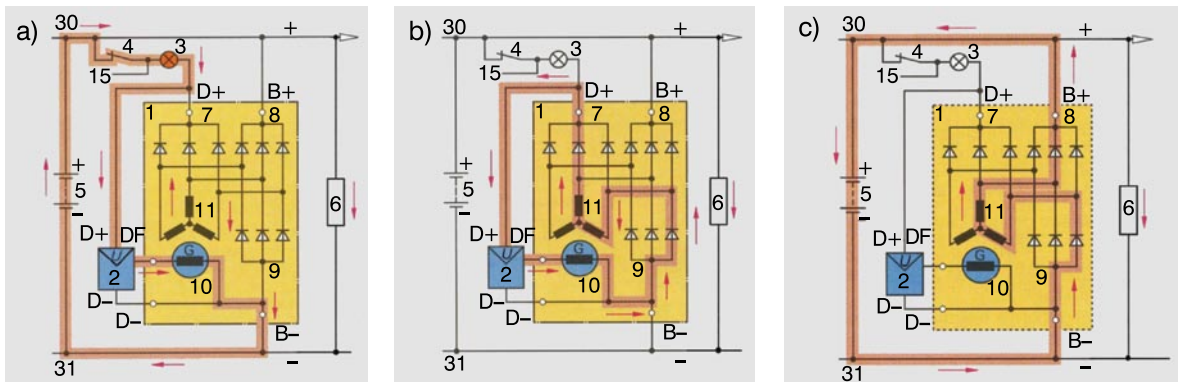
### 3.1.3. Generatoriaus srovės grandinės

**Pradinio žadinimo grandinės srovė** iš akumuliatorių baterijos (5) (3.11 pav., a) teigiamojo poliaus teka per degimo jungiklį (4), baterijos krovimo indikatorius lemputę (3), šepetėlius, kolektorių, žadinimo apviją (10), įtampos reguliatorių (2) ir grįžta į baterijos neigiamąjį polių.



3.10 pav. Trifazės įtampos lyginimas trifaziu tilteliu:

1 – akumuliatorių baterija; 2 – žadinimo apvija; 3 – statoriaus apvija; 4 – teigiamieji diodai; 5 – neigiamieji diodai



3.11 pav. Kintamosios srovės generatoriaus srovės grandinės:

a – pradinio žadinimo grandinė; b – žadinimo grandinė; c – galios grandinė; 1 – generatorius; 2 – įtampos reguliatorius; 3 – baterijos krovimo indikatoriaus lemputė; 4 – degimo jungiklis; 5 – akumuliatorių baterija; 6 – elektros srovės imtuvai; 7 – žadinimo diodai; 8 – teigiamieji diodai; 9 – neigiamieji diodai; 10 – žadinimo apvija, 11 – statoriaus apvijos

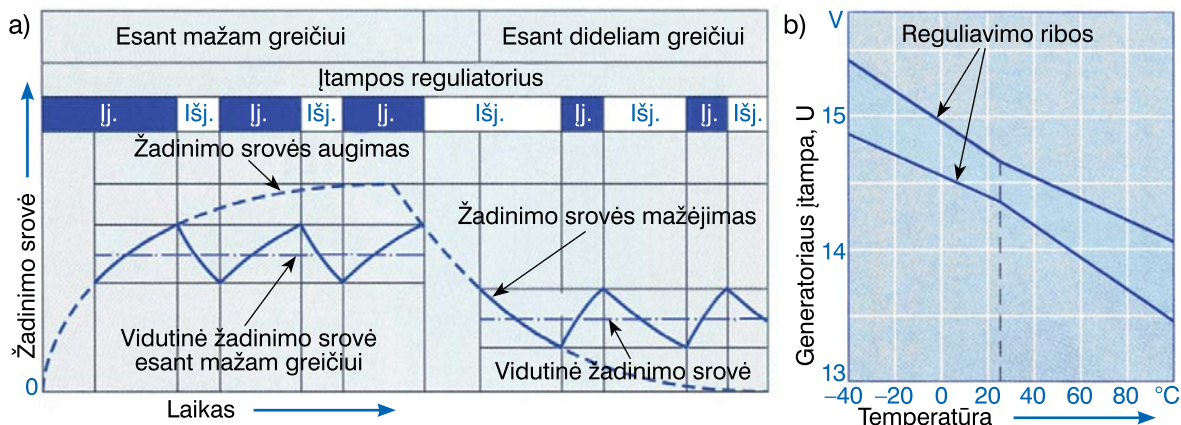
Kintamosios srovės generatoriaus pradinis žadinimas būtinas, nes rotoriaus liekamojo įmagnetinimo nepakanka, kad, esant mažiems rotoriaus sukiamams, statoriaus apvijose būtų galima gauti diodams atverti reikalingą įtampą (slenkstinė įtampa). Pradinio žadinimo srovė sukuria žadinimo apvijų magnetinį lauką ir gaunama pakankama įtampa, galinti sužadinti generatorių. Generatoriaus žadinimo srovė pradinio žadinimo grandine teka tol, kol generatorius gali susižadinti pats. Pradinio žadinimo srovė nutraukiama, kai generatoriaus įtampa susilygina su akumuliatorių baterijos įtampa arba ją viršija. Tada tarp generatoriaus gnybtų D+ ir B+ nebelieka įtampos skirtumo. Baterijos krovimo indikatorius lemputė (3) užžęsta, nes ja nebeteka srovė. Perdegus krovimo indikatorius lemputei, nutraukiama generatoriaus pradinio žadinimo grandinė.

**Žadinimo grandinės srovė** sukuria ir palaiko reikalingo stiprio rotoriaus magnetinį lauką. Iš statoriaus apvijų (11) tekančią žadinimo srovę išlygina trys žadinimo (7) ir trys neigiamieji diodai (9) (3.11 pav., b). Iš žadinimo diodų srovė teka per D+ jungtį, įtampos reguliatorių (2), šepetėlius, kolektoriaus žiedus, rotoriaus žadinimo apviją (10) ir iš ten per neigiamuosius diodus (9) grįžta vėl į statoriaus apvijas.

**Galios grandinės srovė** įkrauna akumuliatorių bateriją ir maitina visus kitus elektros imtuvus. Galios srovė teka iš statoriaus apvijų (11) (žvaigždinis jungimas) į teigiamuosius diodus (8), o iš jų – į elektros imtuvus (6) (3.11 pav., c). Iš imtuvų srovė teka toliau per automobilio masę (31) į neigiamuosius (9) diodus ir vėl į statoriaus apvijas.

### 3.2. Generatoriaus įtampos reguliavimas

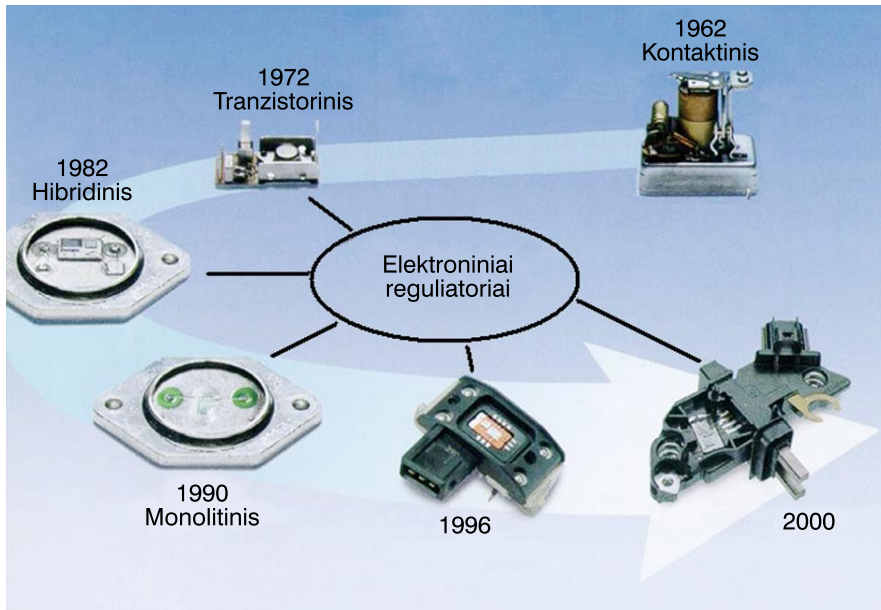
Didėjant generatoriaus sukimosi dažniui, didėja tiekiamą įtampa. Generatoriaus įtampa reguliuojama įtampos reguliatoriumi. Įtampos reguliatoriaus paskirtis – išlaikyti nustatytą generatoriaus įtampą, nesvarbu, koks sukčių dažnis ir apkrova. Generatoriaus įtampa reguliuojama įjungiant ir išjungiant žadinimo srovę, tai yra keičiant žadinimo magnetinį lauką. Kol generatoriaus įtampa yra žemesnė už nustatytą reguliavimo įtampą, pvz., 14 V, žadinimo srovės stipris nekeičiamas. Generatoriaus įtampai viršijus reguliavimo įtampą, pvz., 14,5 V,



3.12 pav. Žadinimo įtampos reguliavimas:

a – žadinimo srovės keitimas; b – įtampos reguliatoriaus temperatūros charakteristika





3.13 pav. Kintamosios srovės generatoriaus įtampos reguliatorių kaita

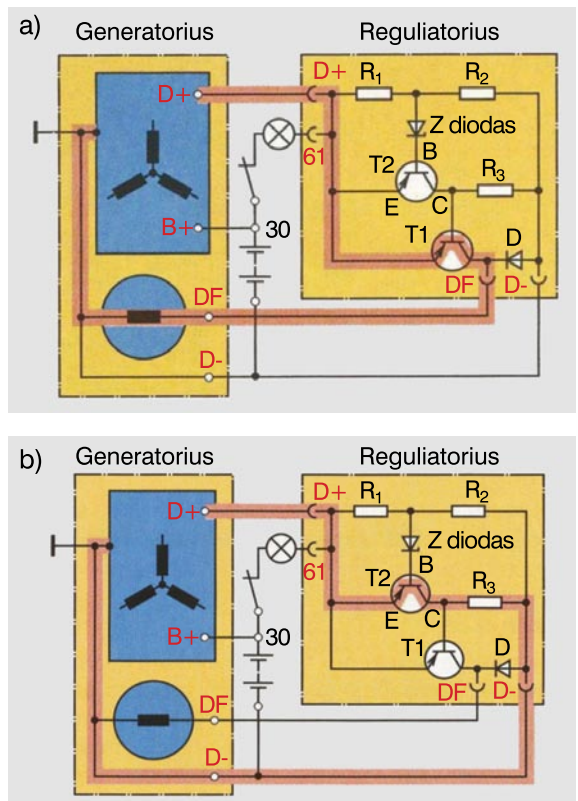
žadinimo srovė nutraukiama (3.12 pav., a). Generatoriaus įtampai nukritus žemiau reguliavimo įtampos, žadinimo srovė vėl įjungžiama. Paskui procesas kartojamas.

Įtampos reguliatoriaus reguliuojama generatoriaus įtampa gali būti keičiama atsižvelgiant į aplinkos temperatūrą (3.12 pav., b), pvz., nukritus temperatūrai iki  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , generatoriaus įtampa padidinama iki 15 V.

Žadinimo grandinės srovė gali būti išjungžiama ir įjungžiama mechaniškai – rele (kontaktiniu įtampos reguliatoriumi) arba elektroniškai (elektroniniu reguliatoriumi) (3.13 pav.). Kontaktiniai įtampos reguliatoriai montuojami automobilio variklio skyriuje, prie kėbulo, o elektroniniai reguliatoriai dažniausiai įstatomi į generatorių arba tvirtinami prie jo.

Elektroniniame reguliatoriuje yra tranzistorinė grandinė, todėl jis dar vadinamas tranzistoriniu reguliatoriumi. Tranzistorinis reguliatorius reguliuoja generatoriaus įtampą įjungdamas žadinimo srovę ir ją išjungdamas (3.14 pav.).

Paprastame tranzistoriniame reguliato-



3.14 pav. Generatoriaus įtampos reguliavimas elektroniniu reguliatoriumi:  
a – žadinimo srovė įjungta;  
b – žadinimo srovė išjungta

riuje žadinimo srovę junginėja vadinamasis galios tranzistorius (T1). Valdymo tranzistorius (T2) valdo galios tranzistorių. Valdymo tranzistorių valdo vadinamasis Z diodas (stabilitronas). Jis turi savybę, esant nustatytai įtampai (Z įtampai), praleisti srovę užtvėrimo kryptimi.

Žadinimo srovė teka, kai galios tranzistorius T1 yra atviras, tai yra tada, kai valdymo tranzistorius T2 uždarytas. Tada tarp T1 bazės ir emiterio susidaro tranzistoriui atverti būtina įtampa (mažiausiai 0,6 V). T2 uždarytas, nes Z diodas neleidžia per T2 tekėti bazės ir emiterio srovei.

Žadinimo srovė išjungiamą, kai generatoriaus įtampa pasiekia reguliavimo įtampą. Tada ši įtampa atveria Z diodą. Per tranzistorių T2 teka bazės ir emiterio srovė ir jis atsiveria, o tranzistorius T1 užsidaro, nes įtampa tarp T1 bazės ir emiterio nukrinta žemiau 0,6 V. Generatoriaus įtampai nukritus žemiau reguliavimo įtampos, Z diodas užsidaro, užsidaro ir T2, o T1 vėl įjungia žadinimo srovę.

Įtampos reguliatoriuje šie procesai nuolat kartojasi dideliu dažniu, todėl tarp generatoriaus gnybtų B+ ir D– nusistovi silpnai pulsuojanti įtampa. Varžos R1 ir R2 nustato įtampą ties Z diodu. R2 riboja T2 bazės ir emiterio srovę. R3 riboja T2 kolektoriaus ir emiterio srovę ir T1 bazės bei emiterio srovę. Tarp DF ir D– įjungtas diodas D saugo tranzistorius nuo žadinimo apvijos saviindukcijos įtampų. Saviindukcijos įtampa visada susidaro išjungiant žadinimo srovę. Tada tuščios veiklos diodas D praleidžia šią srovę.

Elektroninio regulatoriaus privalumai, palyginti su kontaktiniu:

- nedyla, todėl nereikalinga priežiūra;
- žadinimo srovės perjungimai greitesni ir tikslesni;
- galima junginėti stiprią srovę;
- nejautrūs smūgiams ir vibracijai;
- didelis patikimumas;
- maži matmenys.

## **PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE**

1. Aprašykite generatoriaus paskirtį.
2. Paaiškinkite generatoriaus veikimo principą.
3. Nuo ko priklauso generatoriuje sukuriamos įtampos dydis?
4. Kodėl generatoriuje gaunama kintamoji įtampa?
5. Kodėl kintamąją įtampą reikia išlyginti?
6. Kodėl reikia reguliuoti generatoriaus įtampą?
7. Kokie yra kintamosios srovės kompaktinio generatoriaus privalumai?
8. Kokie yra kintamosios srovės bešepetėlio generatoriaus privalumai?
9. Kokie parametrai nurodomi generatoriaus žymėjime?
10. Kam reikalingas pradinis kintamosios srovės generatoriaus žadinimas?
11. Aprašykite įtampos reguliavimo principą.
12. Naudodamiesi grandinės schema, paaiškinkite tranzistorinio įtampos reguliatoriaus sandarą ir veikimo principą.
13. Išvardykite elektroninio įtampos reguliatoriaus pranašumus, palyginti su kontaktiniu reguliatoriumi.

## 4. PALEIDIMO SISTEMA

### 4.1. Paleidimo sistemos sandara ir veikimas

#### 4.1.1. Bendrosios žinios

Variklio paleidimo sistemos paskirtis – sukti vidaus degimo variklio alkūninį veleną reikiamu paleidimo sūkių dažniu. Mažiausias Oto variklių paleidimo sūkių dažnis lygus 60–100 sūk./min., dyzelinio variklio – 80–250 sūk./min. (tai priklauso nuo degiojo mišinio ruošimo būdo ir nuo to, ar yra paleidimo palengvinimo įtaisai (dyzeliniuose varikliuose), ar jų nėra). Paleidžiant variklį, alkūninio veleno sukimui priešinasi trintis variklio sujungimo vietose, kompresija cilindruose, pagalbinais mechanizmais ir inercijos jėgos. Lengvojo automobilio varikliui paleisti reikia 1–3 kW galios. Reikalingą elektros energiją tiekia akumuliatorių baterija.

Automobilių varikliams paleisti naudojami elektriniai starteriai. Dažniausiai variklis sukamas ant smagračio uždėtu krumpliuotuoju vainiku, su kuriuo sukabinamas starterio pavaros krumpliaratis. Dėl didelio perdavimo santykio tarp mažo starterio krumpliarčio ir smagračio krumpliuotojo vainiko (10:1–20:1) starteriui reikalingas mažas sukimo momentas esant dideliame sūkių dažniui. Pvz., starterio varikliui sukantis 1000 sūk./min. greičiu ir esant perdavimo skaičiui 10, alkūninis velenas suksis  $1000/10=100$  sūk./min., sukimo momentas bus padidinamas 10 kartų. Veikdamas šiuo režimu starteris alkūniniam velenui perduos didžiausią galią (4.6 pav., a).

Pagrindinis paleidimo sistemos konstrukcinis elementas yra elektrinis starteris (4.1 pav.), kuris sudarytas iš:

- nuolatinės srovės elektros variklio;
- įjungimo relės;
- pavaros.

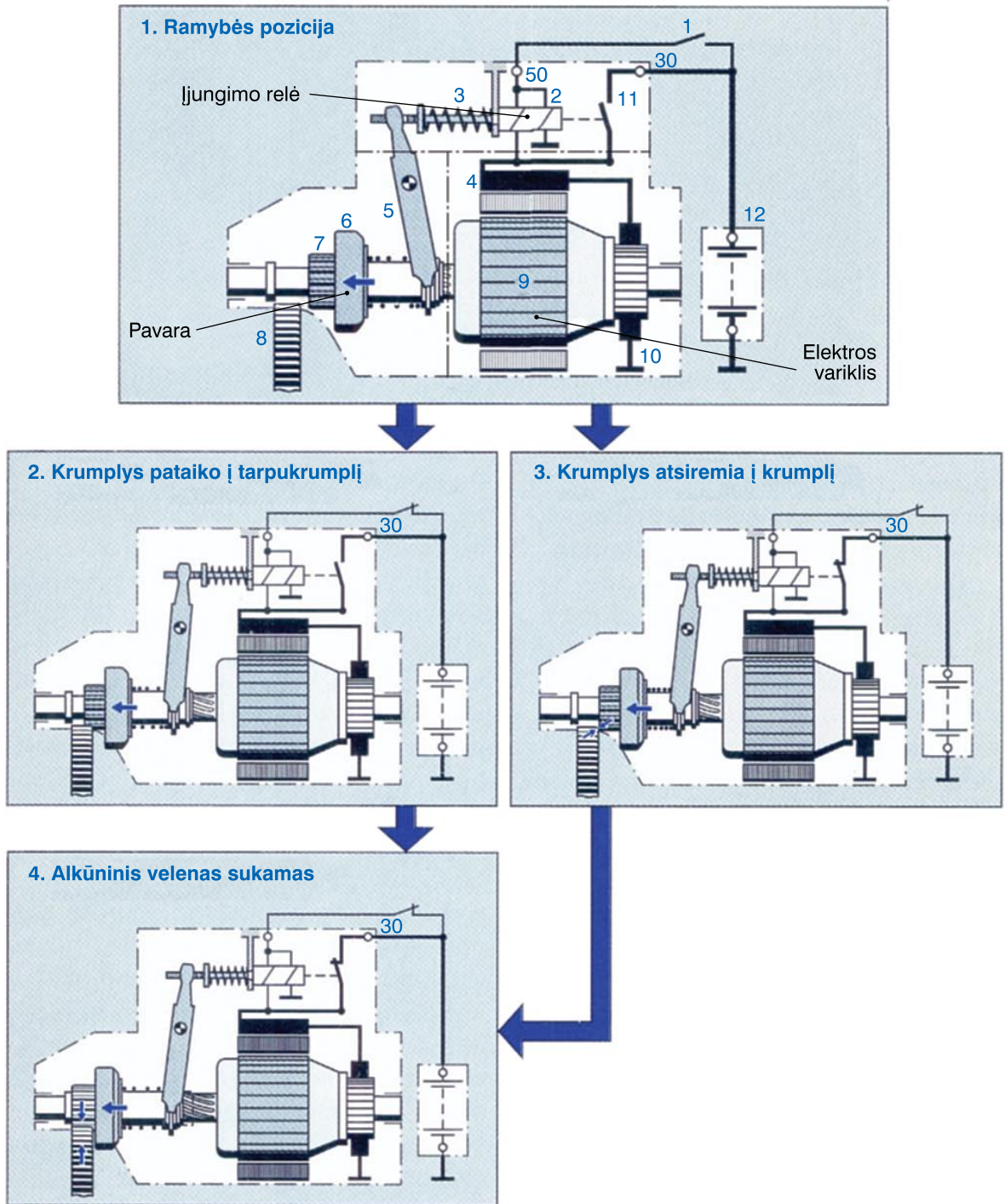
Įjungus paleidimo jungiklį (1), įjungimo relė (2) ir įjungimo svirtis (5) starterio krumpliaratį (7) sujungia su smagračio krumpliuotuoju vainiku (8) arba šie krumpliarčiai atsiremia vienas į kitą (4.1 pav.). Relės kontaktai (11) įjungia starterio elektros variklį, nesujungti krumpliarčiai sujungiami ir per pavarą sukamas variklio alkūninis velenas. Varikliui pradėjus veikti, starterio krumpliaratis atjungiamas.

#### 4.1.2. Starterio variklio veikimas, sandara ir elektros grandinės

##### Starterio variklio veikimo principas ir sandara

Starterio elektros variklio veikimo principas remiasi sukuriama elektromagnetine jėga (1.16 pav.). Jei magnetiniame lauke per laidininką teka srovė, tai atsiradusi elektromagnetinė jėga laidininką stumia skersai magnetinio lauko. Šis jėgos poveikis vadinamas variklio principu.





4.1 pav. Starterio sandara ir veikimo principas:

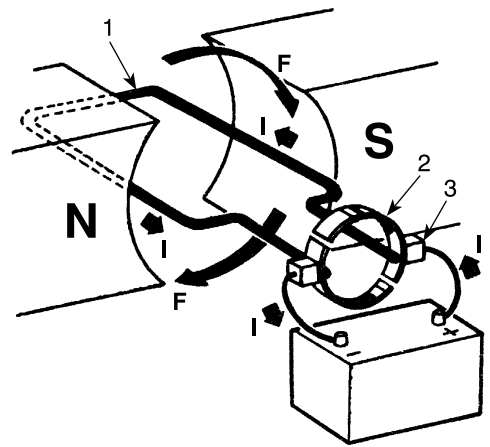
- 1 – paleidimo jungiklis; 2 – įjungimo relė; 3 – grąžinimo spyruoklė; 4 – žadinimo apvija;  
 5 – įjungimo svirtis; 6 – ritininė vienakryptė mova; 7 – krumpliaratis; 8 – smagračio krumpliųvainikis; 9 – rotorius; 10 – kolektorius; 11 – kontaktų tiltelis;  
 12 – akumuliatorių baterija

Elektromagnetinės jėgos dydis priklauso nuo:

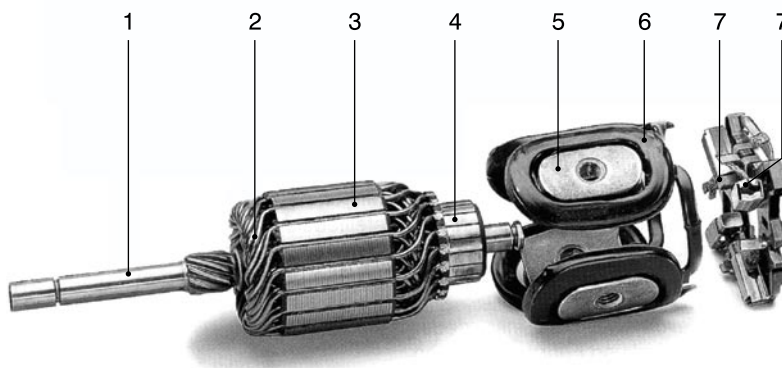
- magnetinio lauko stiprio;
- laidininku tekančios srovės stiprio;
- magnetiniame lauke esančio laidininko ilgio.

Laidininko rėmelį (paprasčiausią elektros variklį) magnetiniame lauke veikia sukamasis judesys (4.2 pav.). Laidininko rėmelis sukamas todėl, kad srovės kryptys kairėje ir dešinėje dalyse yra priešingos, todėl ir jėgų  $F$  kryptys priešinguose šonuose yra priešingos. Šios jėgos sukuria elektros variklio sukimo momentą. Laidininko rėmelio sukimo momentas yra didžiausias, kai laidininko rėmelis stovi išilgai magnetinio lauko linijų. Sukimo momentas lygus nuliui, jei rėmelis stovi skersai magnetinio lauko linijų. Norint sukimą tęsti, tuo momentu reikia pakeisti jėgų kryptis pakeičiant srovės kryptį. Tai atlieka kolektorius (padalytas žiedas). Elektros srovė į kolektorių tiekama per anglinius šepetėlius. Dėl laidininko rėmelio (rotoriaus) inercijos jis nesustoja ir, pakeitus srovės kryptį, sukasi toliau. Naudojant kelis laidininko rėmelius, gaunamas didelis bendras sukimo momentas ir tolygus sukimasis. Laidininkų galai prijungiami prie kolektoriaus plokštelių pagal tam tikrą schemą.

Starterio korpuse (polių korpuse) pritvirtinti polių antgaliai (5) su žadinimo apvijomis (6) – elektromagnetai arba nuolatiniai magnetai (4.3 pav.). Korpuse ant guolių sukasi velenas, ant kurio sumontuotas rotorius. Rotorių (3) (inkarą) sudaro skardinių plokštelių paketas su rotoriaus apvijomis (laidininko rėmeliai) (2). Rotoriaus apvijų pradžios ir galai prijungti prie ant veleno pritvirtinto kolektoriaus (4) plokštelių. Angliniai šepetėliai (7), spyruokliuojančiai įstatyti į laikiklius, slysta kolektoriumi. Šiais angliniais šepetėliais srovė teka į rotoriaus apviją ir atgal, o besisukantis kolektorius perjungia srovę į reikiamas apvijas. Anglinių šepetėlių skaičius dažniausiai lygus polių antgalių korpuse skaičiui.



4.2 pav. Paprasčiausias elektros variklis:  
1 – laidininko rėmelis; 2 – kolektorius;  
3 – šepetėlis



4.3 pav. Starterio elektros variklis:

1 – rotoriaus velenas; 2 – rotoriaus apvija; 3 – rotorius; 4 – kolektorius; 5 – poliaus antgalis;  
6 – žadinimo apvija; 7 – šepetėliai

Siekiant sumažinti rotoriaus ilgį, kai kuriuose starterių modeliuose vietoje būgninio tipo kolektoriaus naudojamas galinis kolektoriaus plokštelių išdėstymas (4.4 pav.).

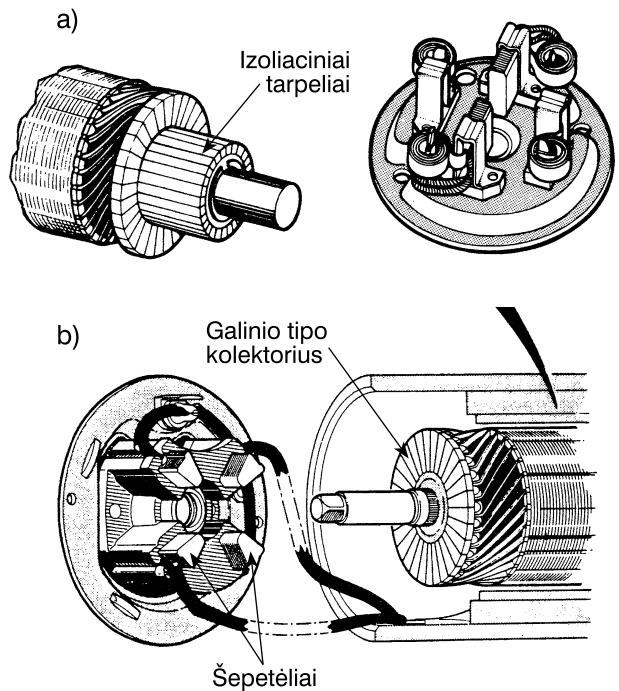
### Starterio variklio elektros grandinės

Starterio varikliai pagal rotoriaus ir žadinimo apvijų sujungimo pobūdį gali būti žadinami šiais būdais:

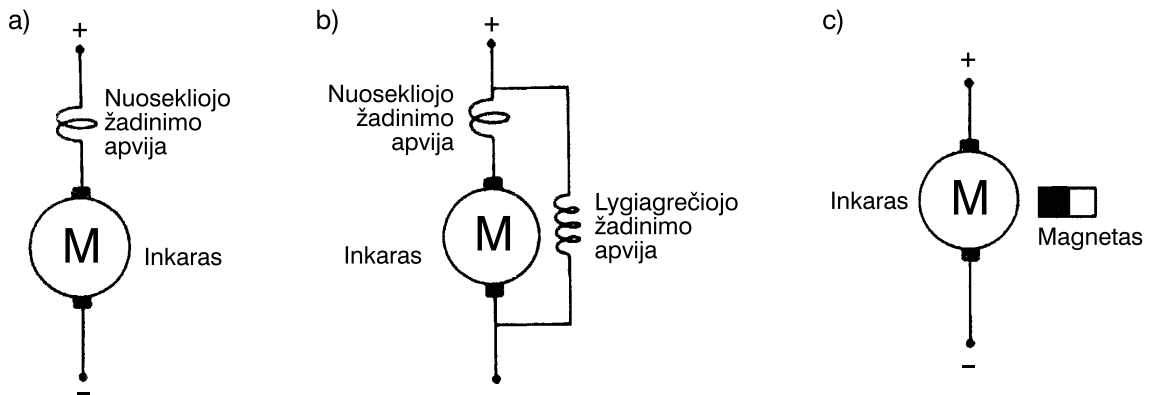
1. **Nuosekliuoju žadinimu** (4.5 pav., a). Varikliuose žadinimo ir rotoriaus apvijos sujungtos nuosekliai (viena pasukui kita), todėl jomis teka ta pati srovė. Dėl to paleidimo pradžioje susidaro didelis sukimo momentas, kuris krinta didėjant sukimosi greičiui. Tokia charakteristika ideali įsukti alkūninių veleną. Šis būdas naudojamas lengvųjų automobilių starteriuose.

2. **Mišriuoju žadinimu** (4.5 pav., b). Varikliuose yra dvi žadinimo apvijos, iš kurių viena prijungiama lygiagrečiai, o kita – nuosekliai. Įjungus lygiagrečiąją apviją, įvyksta lėtas krumpliaraičių sukabinimas ir nedidelis pradinis sukimo momentas. Susikabinus krumpliaraičiams įjungiama ir nuoseklioji žadinimo apvija, dėl to sukuriama reikalingas didelis sukimo momentas. Naudojant šį žadinimo būdą sukuriama didesnis sukimo momentas.

3. **Nuolatinė žadinimo nuolatinė magnetų** (4.5 pav., c). Žadinimui naudojant nuolatinės magnetus, supaprastėja starterio sandara ir sumažėja matmenys bei svoris. Šio tipo starteriuose montuojama tarpinė planetinė pavara, kuri labai padidina sukimo momentą.

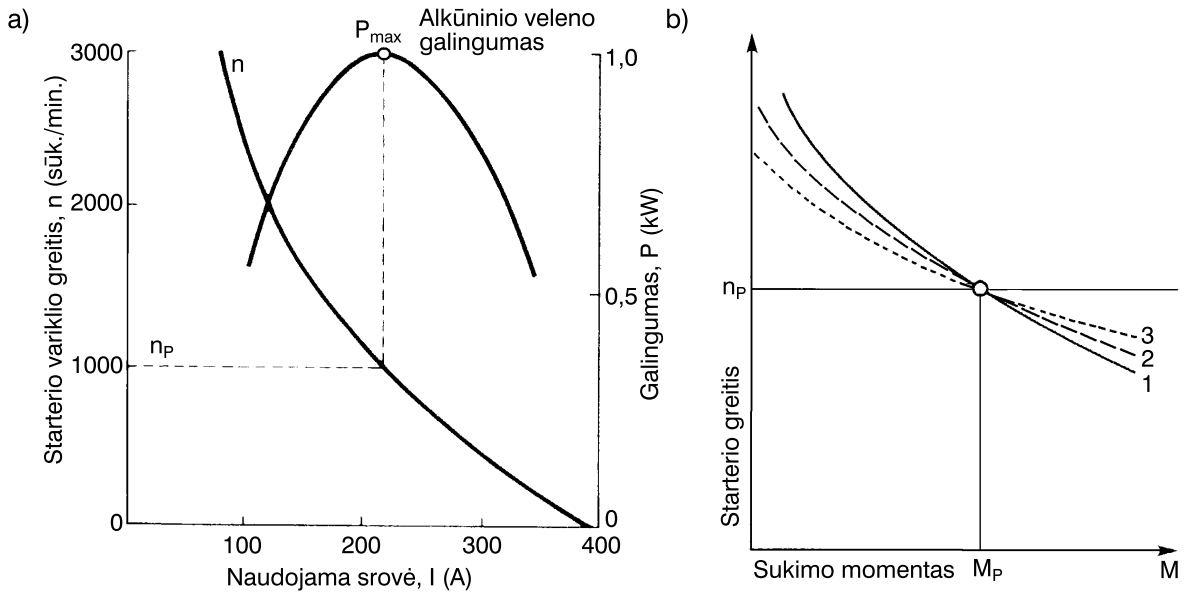


4.4 pav. Kolektorių tipai ir angliukų laikikliai: a – būgninis; b – galinis



4.5 pav. Starterio elektros variklio žadinimo būdai:

a – nuoseklusis žadinimas; b – mišrusis žadinimas; c – nuolatinis žadinimas nuolatinė magnetu



4.6 pav. Starterių charakteristikos:

- a* – nuosekliojo žadinimo elektros variklio sukimosi greičio ir galingumo charakteristika;  
*b* – įvairių žadinimo būdų variklių charakteristikos; 1 – nuoseklusis žadinimas;  
 2 – mišrusis žadinimas; 3 – nuolatinis žadinimas nuolatinio magnetu

Nuo žadinimo būdo priklauso starterių charakteristikos. 4.6 pav. b pateiktose charakteristikose elektros varikliai didžiausiąjį galingumą  $M_p$  išvysto esant tam tikriems sūkiams  $n_p$ . Esant vienodam didžiausiajam sukimo momentui, didžiausią pradinį sukimo momentą išvysto nuosekliojo žadinimo varikliai.

## 4.2. Starterių tipai, sandara ir veikimas

Starterio krumpliaratis su smagračio krumpliuotuoju vainiku gali būti sujungiamas įvairiais būdais. Tam tikro būdo naudojimas priklauso nuo reikalingos starterio galios, sukimosi greičio ir sujungimo bei atjungimo patikimumo reikalavimų. Galimi įvairūs starterių įjungimo mechanizmų tipai:

- sraigtinė pavara;
- pavara su sraigtinio svirtiniu įjungimo mechanizmu;
- pastumiamas inkaras;
- stumiantis įjungimo mechanizmas.

Lengvųjų automobilių paleidimo sistemose dažniausiai būna įmontuoti starteriai su sraigtinio svirtiniu įjungimo mechanizmu. Tokie starteriai gaminami su tarpine pavara arba be jos ir su nuosekliojo arba nuolatinio žadinimo elektros varikliu.



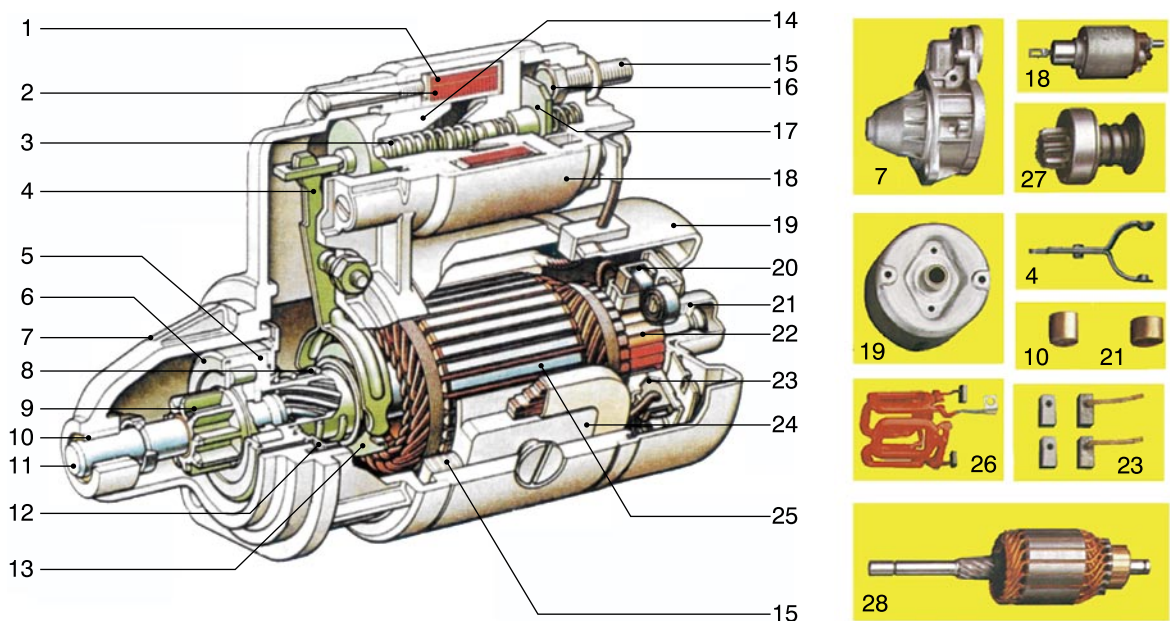
## Starteris su sraigtniu svirtiniu įjungimo mechanizmu be tarpinės pavaros

Starterio pavaros krumpliaratis (8) su ritinine vienakrypte mova (6) gali slankioti ašine kryptimi rotoriaus veleno (10) didelio žingsnio sraigtnėmis išdrožomis (4.7 pav.). Ant vienakryptės movos varančiosios įvorės (5) uždėtas kreipiamasis žiedas (13), per kurį pavara pastumiama ašine kryptimi, ir spyruoklė (8), grąžinanti pavarą į pradinę padėtį. Žiedas sukabinas su įjungimo svirties (4), kurią pasuka įjungimo relė (18), šakute.

Įjungimo relė sujungia starterio pavaros krumpliaratį su smagračio krumpliuotoju vainiku ir juos atjungia bei įjungia ir išjungia starterio elektros variklį (4.8 pav.).

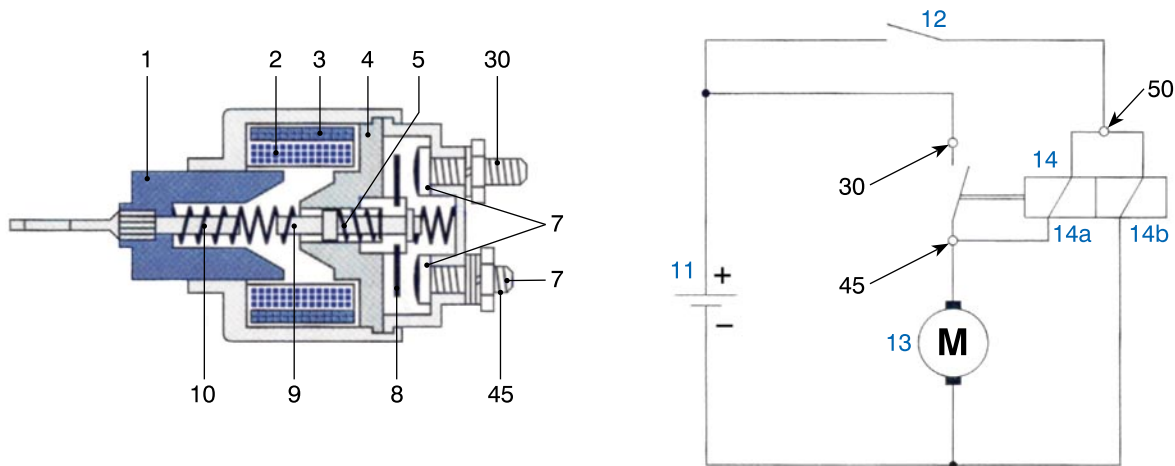
Įjungus paleidimo jungiklį (12), elektros srovė teka per įjungimo relės įtraukimo (2) ir laikymo apvijas (3). Įtraukiamas relės inkaras (1) ir pasukama su inkaru sujungta įjungimo svirtis, nugalint grąžinimo spyruoklės (10) jėgą. Starterio žadinimo ir rotoriaus apvijoms srovė dar netiekama.

Pasisukdama įjungimo svirtis (4) pastumia varančiąją vienakryptę movą (6) ir krumpliaratį (9) smagračio krumpliuotojo vainiko link (4.7 pav.). Įvorė (5), slinkdama veleno (11) didelio žingsnio išdrožomis, kartu lėtai sukasi. Sukamasis judesys palengvina krumpliaraičių sukabinimą.



4.7 pav. Starterio su sraigtniu svirtiniu įjungimo mechanizmu sandara:

1 – laikymo apvija; 2 – įtraukimo apvija; 3 – grąžinimo spyruoklė; 4 – įjungimo svirtis su šakute; 5 – varančioji įvorė; 6 – ritininė vienakryptė mova; 7 – priekinis starterio dangtis; 8 – spyruoklė; 9 – krumpliaratis; 10 – priekinė įvorė; 11 – rotoriaus velenas su sraigtnėmis išdrožomis; 12 – atrama; 13 – kreipiamasis žiedas; 14 – inkaras; 15 – jungiamasis varžtas; 16 – kontaktas; 17 – kontaktų tiltelis; 18 – įjungimo relė; 19 – guolių korpusas; 20 – šepetėlio spyruoklė; 21 – galinė įvorė; 22 – kolektorius; 23 – anglinis šepetėlis; 24 – polių korpusas; 25 – rotorius; 26 – žadinimo apvija; 27 – vienakryptė mova su varančiąja įvore ir krumpliaraičiu; 28 – rotorius, sumontuotas ant veleno



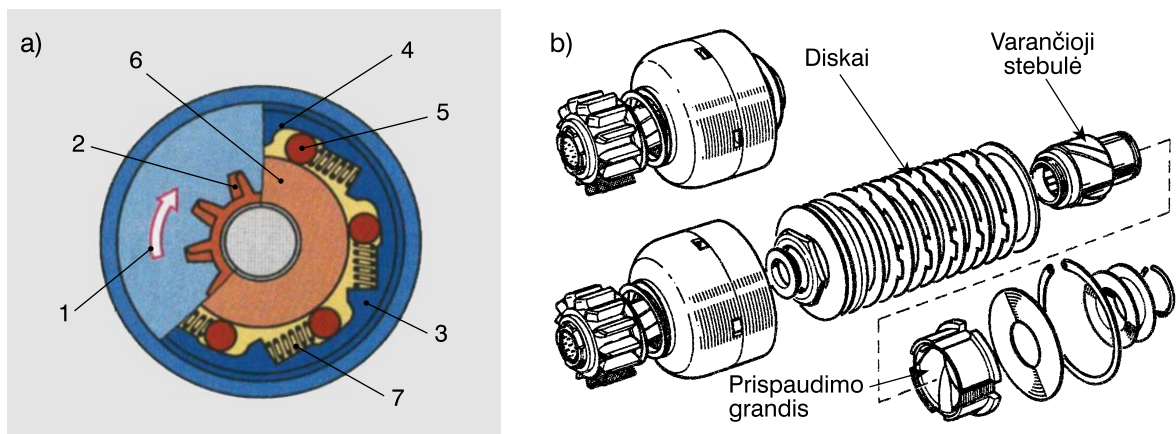
4.8 pav. Įjungimo relės sandara ir jungimo schema:

1 – inkaras; 2 – įtraukimo apvija; 3 – laikymo apvija; 4 – elektromagneto šerdis; 5 – kontaktų spyruoklė; 6 – kontaktai; 7 – jungiamasis varžtas; 8 – kontaktų tiltelis; 9 – inkaro kotas; 10 – grąžinimo spyruoklė; 11 – akumuliatorius; 12 – starterio jungiklis; 13 – starterio elektros variklis; 14 – įjungimo relė; 14a – įtraukimo apvija; 14b – laikymo apvija; 30 – akumuliatorių baterijos teigiamasis potencialas (+); 45 – starterio elektros variklio išvadas; 50 – starterio valdymo relės išvadas

Jei krumpliaračiai sukabinami nekliudomai, įjungimo relės (18) kontaktų tiltelis (17) įjungia srovę žadinimo (26) ir rotoriaus (25) apvijoms tiesiai iš akumuliatoriaus. Starteris sukamas. Kai starteris įjungtas, relės kontaktų tiltelis trumpai sujungia įtraukimo apvijas (2) ir starterio elektros varikliu teka stipresnė srovė – išvystomas didesnis sukimo momentas. Inkariui išlaikyti pakanka laikymo apvijos (1) sukurtos elektromagnetinės jėgos.

Jei įjungiant starterį krumpliaračio krumplys atsiremia į krumpliuotojo vainiko krumply, įjungimo svirtis su kreipiamuoju žiedu suspausdami spyruoklę juda toliau, kol kontaktų tiltelis įjungia srovę. Rotorius, o kartu ir krumpliaratis, pradeda sukintis. Pasisukus krumpliaračiui, jo krumplys atsisuka ties krumpliuotojo vainiko tarpkrumpliu, ir suspausta spyruoklė juos sujungia. Starteris įsijungia ir per krumpliaratį ir smagračio krumpliuotąjį vainiką suka alkūninį veleną.

Užvedus variklį, jis suka starterio krumpliaratį. Jį ir rotoriaus veleną jungianti ritininė vienakryptė mova turi atjungti rotoriaus veleną nuo starterio krumpliaračio (4.9 pav., a). Movos varančiojoje įvorėje (3), sujungtoje su rotoriaus velenu, vidinėje pusėje padarytos pleišto formos išpjovos (4), į kurias įdėti ritinėliai (5). Spyruoklės (7) stumia ritinėlius į siauresnę tarpelio tarp varančiosios įvorės išpjovų ir krumpliaračio stebulės (6) dalį ir, starteriui sukant variklį, tarpusavyje fiksuoja varančiąją ir varomąją movos dalis. Kai variklis užvedamas, greitai sukamas pavaros krumpliaratis nuridena ritinėlius į platesnę plyšio dalį ir starterio rotorius atjungiamas nuo pavaros krumpliaračio. Mova apsaugo starterio rotoriaus apvijas ir kolektorių, kad jų nesugadintų dideli sūkių dažniai (išcentrinės jėgos). Tačiau starterio krumpliaratis lieka sukabinatas tol, kol išjungiamas paleidimo jungiklis ir nutraukiama įjungimo relės išlaikymo apvijos srovė. Krumpliaratį atkabina įveržta starterio pavaros spyruoklė ir įjungimo relės inkaro grąžinimo spyruoklė.



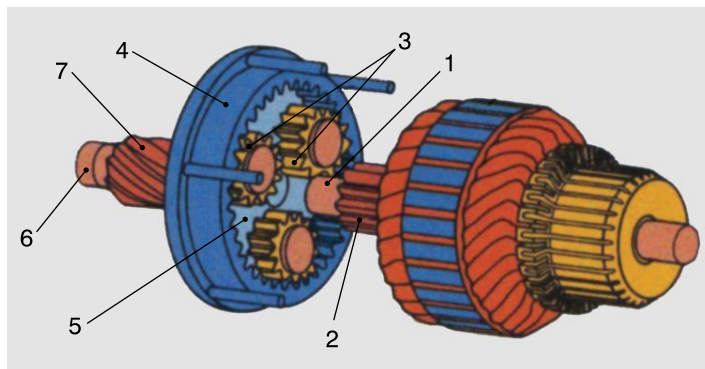
4.9 pav. Laisvosios eigos movos:

*a* – ritininė (vienakryptė); *b* – plokštelinė (diskinė); 1 – gaubtas; 2 – krumpliaratis; 3 – varančioji įvorė; 4 – pleišto formos išpjovos; 5 – ritiniai; 6 – krumpliaračio stebulė; 7 – spyruoklė

Starteriuose taip pat naudojamos plokštelinės laisvosios eigos movos (4.9 pav., b) (didesniuose ir galingesniuose starteriuose), inercinės movos, krumpliaratinės movos. Plokštelinėje movoje esantys diskai suspaudžiami, kai starteris suka variklio smagratį. Tarp diskų atsiradusi trinties jėga perduoda reikiamą sukimo momentą. Užvedus variklį, krumpliaratis sukasi greičiau už rotorius, movos diskai pasilenka išdrožiniuose grioveliuose, atsilaisvina ir neperduoda sukimo momento rotoriumi.

### Starteris su tarpine planetine pavara ir nuolatinio žadinimo elektros varikliu

Vis dažniau naudojamas starterio elektros variklis, kuris žadinamas nuolatinio magneto (4.11 pav.). Kad būtų padidintas starterio sukimo momentas, įmontuojama tarpinė pavara – papildomas žeminamasis planetinis reduktorius. Šio tipo starterio įjungimo mechanizmo veikimo principas yra panašus į starterio be tarpinės pavaros.



4.10 pav. Starterio tarpinė pavara (planetinis reduktorius):

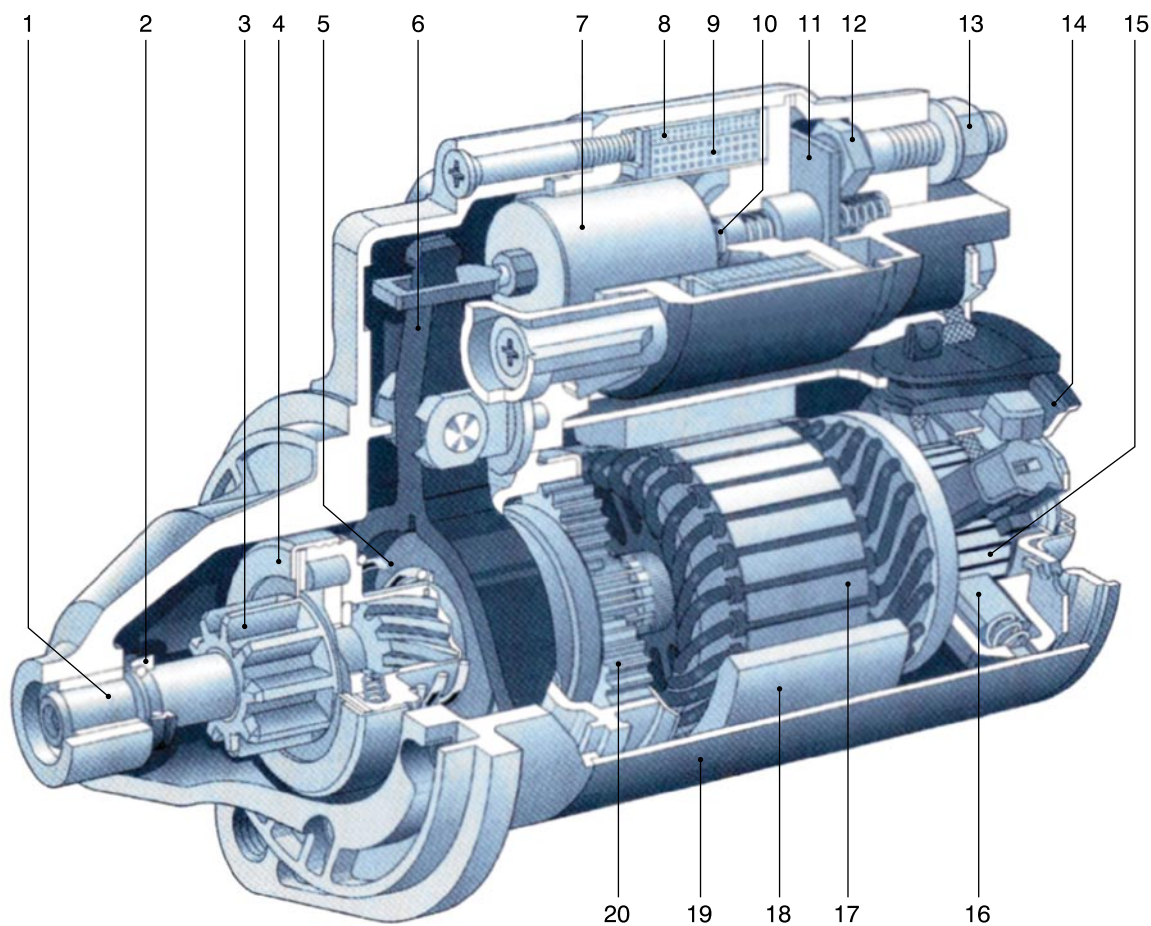
1 – rotoriaus velenas; 2 – centrinis krumpliaratis; 3 – palydoviniai krumpliaračiai; 4 – vainikinis krumpliaratis; 5 – vediklis; 6 – varomasis velenas; 7 – išdrožos



Tarpinę pavarą sudaro planetinė pavara (4.10 pav.). Pavara yra įtaisyta starterio korpusė, tarp elektros variklio (rotoriaus) veleno (1) ir varomojo veleno (6), ant kurio sumontuota ritininė vienakryptė mova. Pavaros centrinis krumpliaratis (2) kietai sujungtas su rotoriumi. Vainikinis krumpliaratis (4) įtvirtintas statoriaus korpusė. Planetinės pavaros vediklis (5) sujungtas su varomuoju velenu.

Iš rotoriaus sukimo momentas perduodamas centriniu krumpliaraičiu, palydovais (3), vedikliu, varomuoju velenu ir vienakrypte mova. Starterio su tarpine pavara rotorius sukasi didesniu sūkių dažniu ir sukuria mažesnę sukimo momentą negu starterio be tarpinės pavaros. Sūkių dažnį sumažina planetinė pavara, kartu padidindama sukimo momentą.

Starteris, kurio pavara tarpinė, o žadinimas – nuolatinis, būna iki 40% mažesnis ir lengvesnis, negu tos pačios galios nuosekliojo žadinimo starteris be tarpinės pavaros.



4.11 pav. Starterio su sraigtniu svirtiniu įjungimo mechanizmu, tarpine pavara ir nuolatiniu magnetu sandara:

1 – varomasis velenas; 2 – atraminis žiedas; 3 – krumpliaratis; 4 – ritininė vienakryptė mova; 5 – kreipiamasis žiedas; 6 – įjungimo svirtis; 7 – inkaras; 8 – laikymo apvija; 9 – įtraukimo apvija; 10 – grąžinimo spyruoklė; 11 – kontaktų tiltelis; 12 – kontaktas; 13 – elektrinė jungtis; 14 – kolektoriaus apsauginis dangtelis; 15 – kolektorius; 16 – anglinis šepetėlis; 17 – rotorius (inkaras); 18 – nuolatinis magnetas; 19 – statoriaus korpusas; 20 – planetinė pavara



## ***PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE***

1. Kokia vidaus degimo variklio paleidimo sistemos paskirtis?
2. Koks yra mažiausias variklio paleidimo greitis?
3. Iš kokių pagrindinių konstrukcinių elementų sudarytas starteris?
4. Aprašykite starterio įjungimo ir variklio paleidimo procesą.
5. Koku tikslu starteryje naudojamas galinis kolektoriaus plokštelių išdėstymas?
6. Kokie galimi starterio variklio žadinimo būdai, jų privalumai ir trūkumai?
7. Kokie naudojami starterių įjungimo ir sukimo momento perdavimo mechanizmai?
8. Aprašykite starterio įjungimo relės paskirtis ir veikimą.
9. Kokia ritininės vienkryptės movos paskirtis?
10. Kokie yra starterių su tarpine pavara sandaros ir veikimo ypatumai?
11. Palyginkite nuosekliojo žadinimo starterių ir nuolatinio žadinimo nuolatinio magnetu starterių sandarą.
12. Koku tikslu starteris ir generatorius gali būti sujungti į vieną elektrinę mašiną?
13. Kokie parametrai nurodomi starterio žymėjime?

# 5. APŠVIETIMO IR SIGNALINIAI ĮTAISAI

## 5.1. Apšvietimo žibintai

### 5.1.1. Apšvietimo sistemos

Teisiniais normatyvais reglamentuojama:

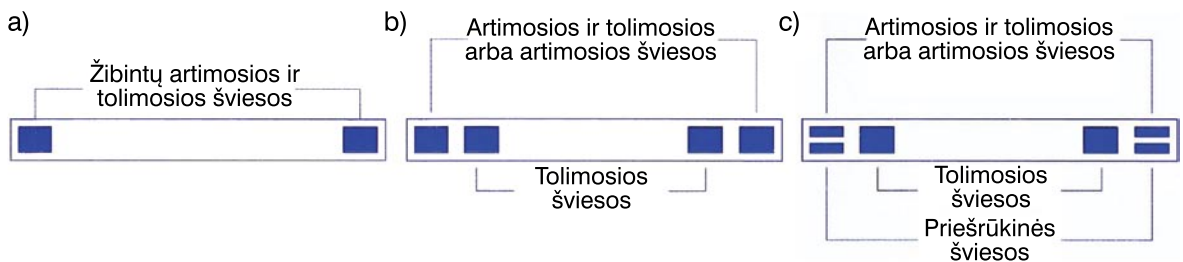
- apšvietimo ir signalinių įtaisų tipas ir skaičius;
- mažiausias gabaritinių žibintų atstumas nuo kitų žibintų ir kelio;
- apšvietimo ir signalų stipris, signalų dažnis ir grandinių sudarymo reikalavimai.

Automobilyje įmontuojami privalomi ir gali būti papildomi žibintai (5.1 pav.).

Automobiliai turi turėti du arba keturis į priekį šviečiančius apšvietimo žibintus (5.2 pav.). Jie turi būti reguliuojami ir taip pritvirtinti, kad padėtis atsitiktinai negalėtų pasikeisti. Tolimajam ir artimajam apšvietimui kiekvienoje automobilio pusėje įmontuojamas vienas bendras žibintas su dviejų siūlelių lemputė (du universalūs žibintai) arba artimasis ir tolیمasis apšvietimas įrengiamas atskiruose keturiuose žibintuose (du artimųjų arba universalūs ir du tolimųjų šviesų žibintai).



5.1 pav. Automobilio žibintai



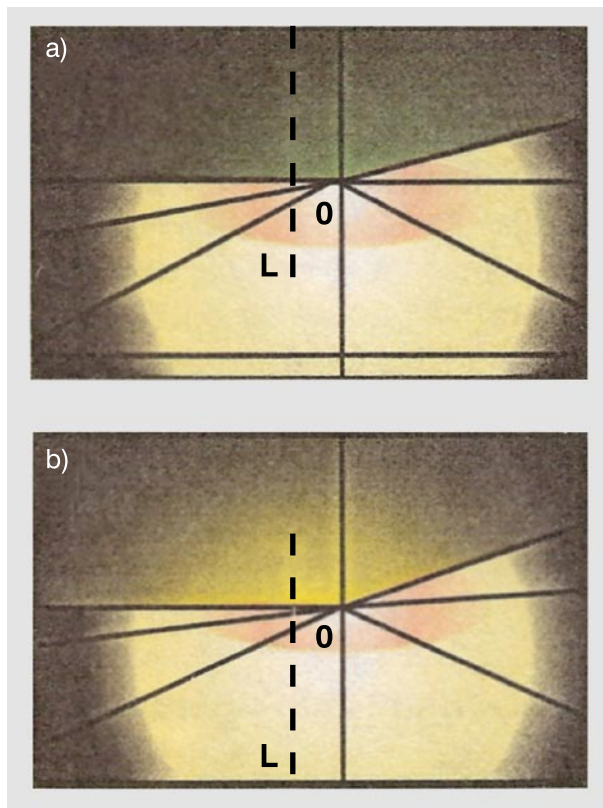
5.2 pav. Artimojo ir tolimojo apšvietimo žibintų sistemos:  
a – du žibintai; b – keturi žibintai; c – šeši žibintai



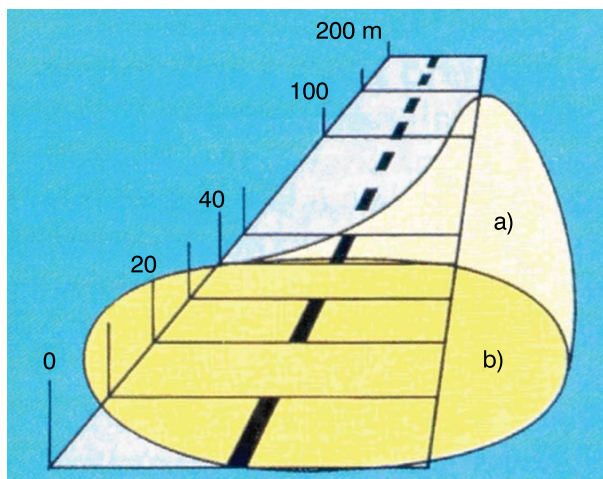
Artimosios šviesos žibintai įmontuojami arčiau gabaritinių žibintų, o tolimosios šviesos – arčiau automobilio centro. Prietaisų skydelyje deganti mėlyna signalinė lemputė turi informuoti, kad įjungtas tolimasis apšvietimas.

Standartais aprobuotos dvi artimojo apšvietimo sistemos: Europos ir amerikietiška (5.3 pav.). Europos standarto (EEC) žibintai ant sklaidytuvo žymimi simboliais  $\text{E1}$  arba  $\text{E1}$ . Simbolyje už raidės eina žibinto sudėtinės dalies tipo patvirtinimą suteikusios valstybės skiriamasis skaičius ar raidės (pvz.: Vokietija – 1; Prancūzija – 2; Italija – 3; Jungtinė Karalystė – 11; Aėrija – IRL ir t. t.). Artimųjų šviesų žibintai žymimi raide C, tolimųjų – R. Papildomi ženklai: PL – šviesos sklaidytuvas pagamintas iš plastiko; H – žibintas su halogenine lempute; S – šviesos šaltinis su optiniu elementu, pagamintu kaip nedalomas gaminy; D – žibintas su ksenoniniu šviesos šaltiniu; → – žibintas skirtas eismui kaire puse; ↔ – žibintas skirtas eismui abiem kelio pusėmis. Atsižvelgiant į žibintų konstrukciją, galimi įvairūs žymų deriniai. Amerikietišką apšvietimo sistemą patvirtina ant žibinto užrašyti SAE arba DOT standarto ženklai.

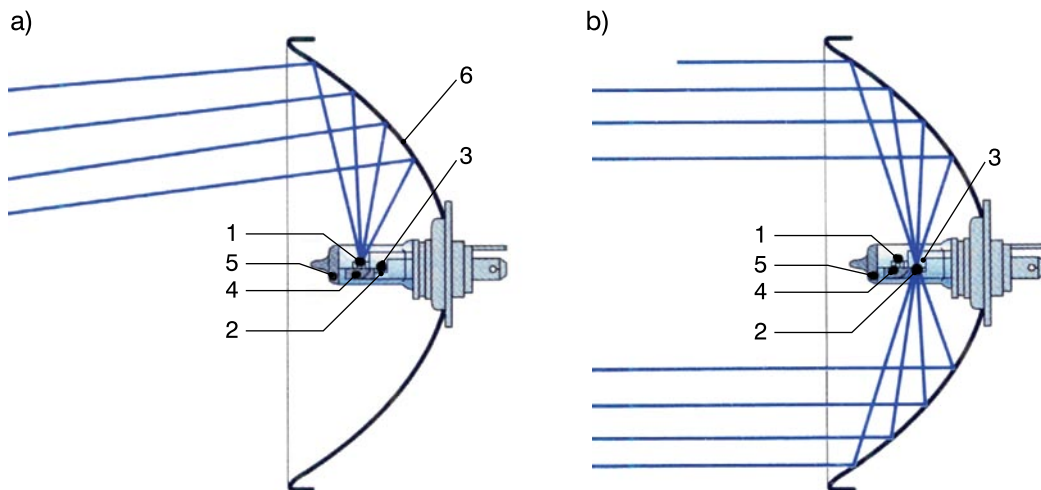
Kad artimųjų šviesų spinduliai nekintų, jie nukreipiami žemyn ( $10\text{--}15\text{ cm}/10\text{ m} \approx 1\text{--}1,5\%$ ), šviečia žemiau atvažiuojančio transporto vairuotojo akių lygio ir apšviečia apie 50 m kelio (5.4 pav.). Apšvietimui pagerinti Europos sistemoje šviesos spindulys taip pat nukreipiamas tam tikru kampu į viršų dešinėje pusėje (esant kairės pusės eismui – kairėje kelio pusėje) ir dešinę (kairę) kelio pusę bei kelkraštį apšviečia didesniu atstumu (iki 150 m). Tokia šviesa vadinama Europos asimetrine. Amerikietiškoje artimojo apšvietimo sistemoje spindulys nukreipia-



5.3 pav. Artimoji žibinto šviesa kontroliniame ekrane:  
*a* – šviesa pagal Europos standartą;  
*b* – šviesa pagal amerikietišką standartą;  
*L* – reflektoriaus ašinė linija; *O* – šviesos dėmės centras



5.4 pav. Kelio apšvietimas artimąja šviesa:  
*a* – asimetrinė (Europos standarto) šviesa;  
*b* – simetrinė šviesa



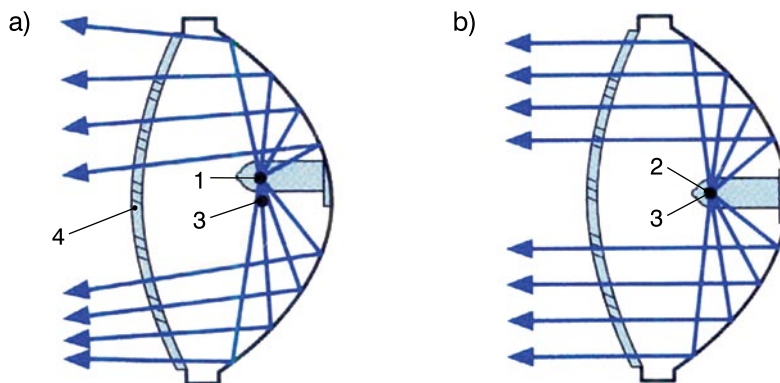
5.5 pav. Artimojo (a) ir tolimojo (b) apšvietimo šviesa Europos sistemoje:  
 1 – artimojo apšvietimo siūlelis; 2 – tolimojo apšvietimo siūlelis; 3 – optinis židinis;  
 4 – ekranas; 5 – šviesai nelaidus diskas; 6 – reflektorius

mas žemyn ir gali būti pasukamas į dešinio kelkraščio pusę (esant dešinės pusės eismui). Pasukus šviesos spindulį taip pat gaunama asimetrinė šviesa, bet apšviečiamas mažesnis atstumas.

Tolimajam ir artimajam apšvietimui žibinte gali būti naudojama viena universali dviejų kaitinimo siūlelių lempa arba dvi atskiros lempos.

Dviejų siūlelių lempoje siūleliai įtaisomi į bendrą lempos kolbą ir išdėstomi vienas kito atžvilgiu griežtai nustatytu atstumu (5.5 pav.). Taip gaunamas būtinas dviejų taškinių šviesos šaltinių išsidėstymas žibinto reflektoriuje jo optinio židinio (3) atžvilgiu.

Euròpos asimetrinės apšvietimo sistemos artimosios šviesos siūlelis (1) būna įtaisytas virš optinės žibinto ašies, prieš optinį židinį (3) (5.5 pav., a). Iš priekio jį dengia šviesai nelaidus diskas (5), o iš apačios,  $15^\circ$  iš kairės (žiūrint iš vairuotojo vietos), nupjautas (arba pasuktas) šešėlinis ekranas (4). Šviesos spinduliai atsimuša į viršutinę bei kairiąją reflektoriaus (6)



5.6 pav. Artimojo (a) ir tolimojo (b) apšvietimo šviesa amerikietiškoje sistemoje:  
 1 – artimojo apšvietimo siūlelis; 2 – tolimojo apšvietimo siūlelis; 3 – optinis židinis;  
 4 – sklaidytuvas

dalį ir nukreipiami žemyn ir dešinėje kelio pusėje  $15^\circ$  kampu toliau į priekį. Galutinę optinę šviesos spindulio korekciją atlieka sklaidytuvas.

Tolimosios šviesos kaitinamasis (2) siūlelis Europos sistemoje išdėstomas reflektoriaus optinio židinio centre (3) ir šviesos srauto ašyje pridengtas šviesai nelaidžiu disku (5) (5.5 pav., b). Iš optinio židinio nuo reflektoriaus (6) atsispindėjusi šviesa sklinda siauru pluoštu tiesiai.

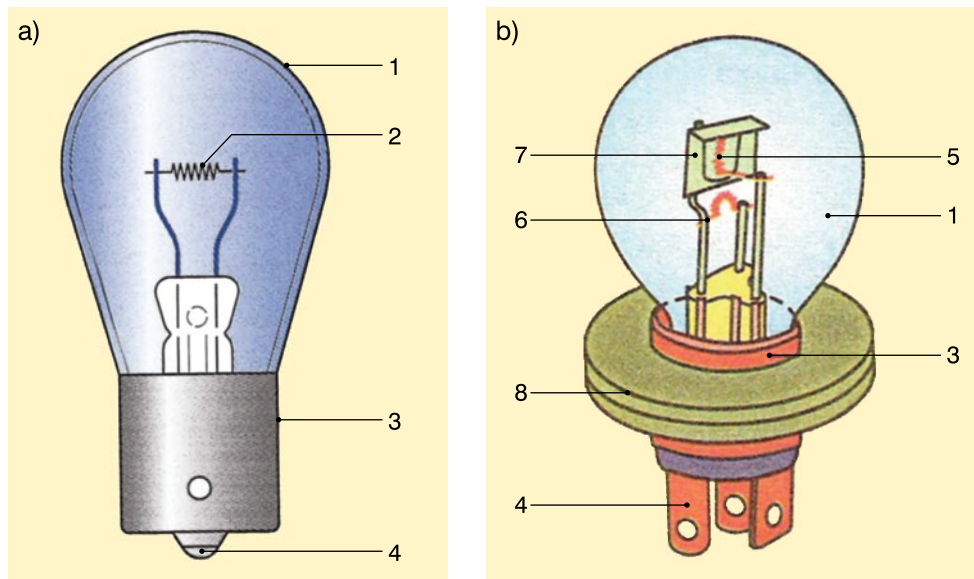
Amerikietiškoje sistemoje paprastai naudojami keturi žibintai. Artimųjų šviesų žibinto kaitinimo siūlelis (1) perstumiamas pirmyn, aukštyn ir į kairę optinio židinio (3) atžvilgiu (5.6 pav., a). Spindulys išsiplečia, nukrypsta žemyn ir į dešinę. Tolimosios šviesos kaitinamasis siūlelis (2) išdėstomas reflektoriaus optinio židinio centre ir šviesa sklinda tiesiai (5.6 pav., b).

## 5.1.2. Apšvietimo įtaisai

### Elektros lempos

Plačiausiai naudojami automobilių žibintų šviesos šaltiniai – elektros lempos su kaitinimo siūleliu. Pačios paprasčiausios lemputės yra su vienu volframinės vielos siūleliu, kuris sumontuotas silikatinio stiklo kolboje, iš kurios išsiurbtas oras. Siūlelio galai kontaktinio virinimo būdu privirinti prie nikelinų strypelių, kurie yra lempos siūlelio išvadai (5.7 pav., a). Lemputei žibant volframinės vielos siūlelis įkaitinamas maždaug iki  $2700^\circ\text{C}$ .

Bet kurios elektros lempos pagrindinis parametras yra šviesos srauto spinduliavimas,



5.7 pav. Automobilio žibintų lempos:

a – vieno siūlelio; b – dviejų siūlelių; 1 – lempos kolba; 2 – volframinės vielos siūlelis; 3 – cokolis; 4 – elektrinė jungtis; 5 – artimosios šviesos siūlelis; 6 – tolimosios šviesos siūlelis; 7 – šešėlinis ekranas; 8 – tvirtinimo diskas

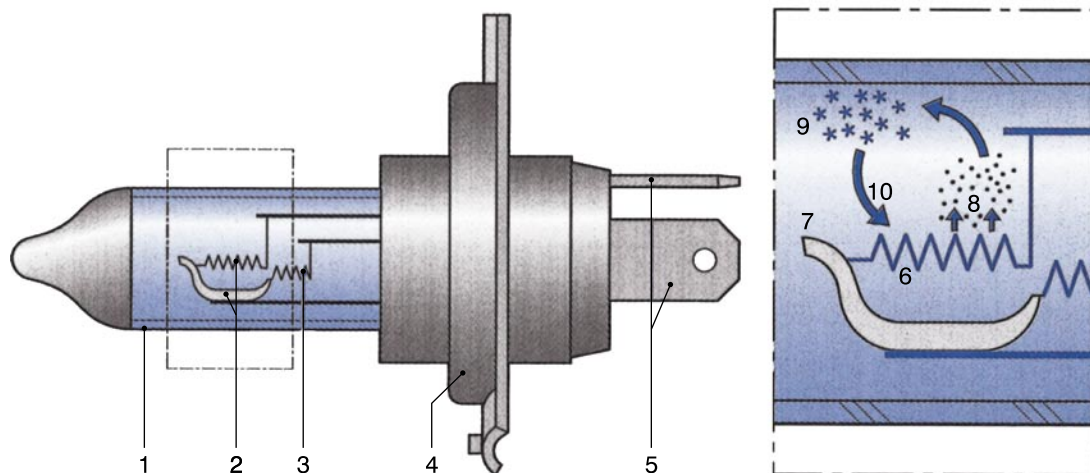


charakterizuojantis lempos fotometrinių naudingumo koeficientą. Šviesos srauto spinduliavimas matuojamas šviesos srauto (liumenais) ir galios (vatais) santykiu. Volframinės vielos siūlelio šviesos spinduliavimas siekia 10–18 Lm/W.

Paprastos, ne didesnės kaip 25 W galios, kaitrinės lempučių dažniausiai naudojamos išoriniuose signaliniuose žibintuose. Universaliuose pagrindiniuose žibintuose naudojamos dviejų siūlelių elektros lempos (5.7 pav., b). Jų pagrindinis skirtumas nuo mažos galios signalinių lempų yra tas, kad abu kaitinimo siūleliai labai tiksliai tvirtinami cokolio fiksuojamais atžvilgiais.

Pačios efektyviausios lempos su kaitinimo siūleliu yra halogeninės lempos. Halogeninė lempa (5.8 pav.) – tai miniatiūrinė kvarcinė cilindrinė kolba (1) (skersmuo 10–17 mm, aukštis 16–34 mm), užpildyta inertinių dujų ir halogeno garų mišiniu. Joje yra volframinės vielos kaitinimo siūlelis (6). Paprastoje kaitrinėje lemposje volframas, garuodamas aukštoje temperatūroje iš siūlelio paviršiaus, nusėda ant stiklinės kolbos vidinio paviršiaus. Dėl to kolba patamsėja ir pablogėja lempos šilumos apykaita su oru. Lempos veikimo laikas sparčiai mažėja ir ji perdega. Halogeninėje lemposje vyksta grįžtamasis procesas – volframas, nusėdęs ant kolbos paviršiaus, grįžta atgal ant kaitinimo siūlelio. Kolba mažai patamsėja per visą lempos veikimo laiką. Grįžtamajam procesui labai svarbu, kad siūlelio temperatūra būtų ne mažesnė kaip 1400 °C, o kolbos temperatūra – ne mažesnė kaip 700 °C. Grįžtamasis ciklas apsaugo kaitinimo siūlelį nuo perdegimo ir leidžia padidinti jo veikimo temperatūrą iki 3400 °C. Lempos šviesos srautas padidėja daugiau kaip pusantro karto (iki 22–26 Lm/W). Lempos veikimo laikas – iki 400 val. Halogeninės lempos, kaip ir paprastos kaitrinės lempos su kaitinimo siūleliu, gali būti su vienu arba dviem kaitinimo siūleliais.

Naujos kartos „Litronico“ (*Licht electronic*) tipo apšvietimo žibintuose įtaisytos elektronškai valdomos ksenoninės lempos, kurių šviesos šaltinis – elektros iškvos dujos. Kseno-

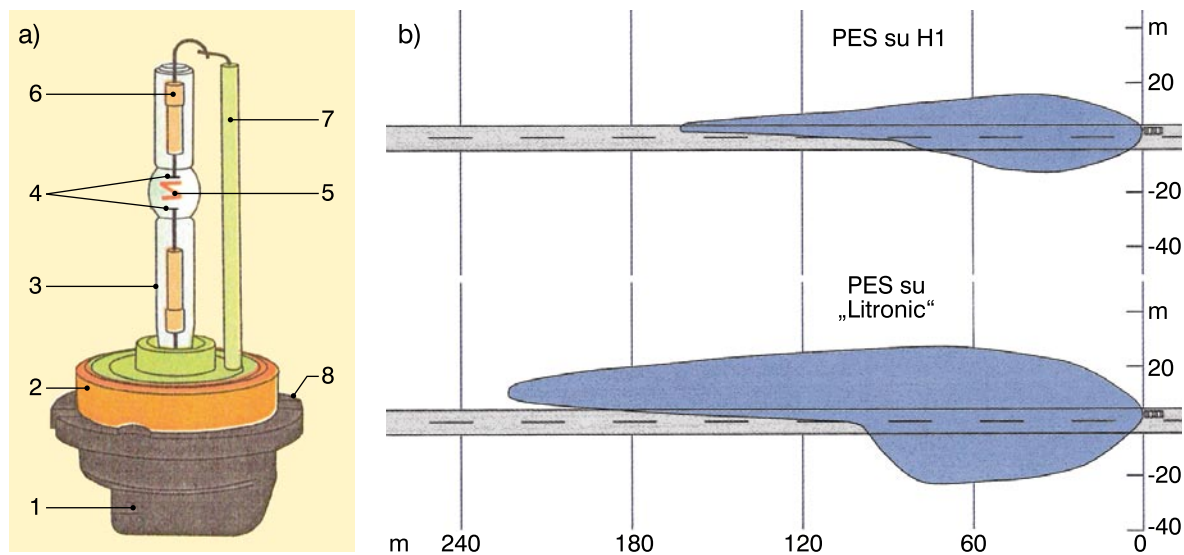


5.8 pav. Tolimojo ir artimojo apšvietimo (dviejų siūlelių) halogeninė lempa H4:  
 1 – kolba su šešėliniu dangteliu; 2 – artimojo apšvietimo siūlelis su šešėliniu ekranu;  
 3 – tolimojo apšvietimo siūlelis; 4 – tvirtinimo diskas; 5 – elektrinė jungtis; 6 – volframinės vielos siūlelis; 7 – halogeninių dujų užpildas; 8 – garuojantis volframas; 9 – volframo reakcija su halogenais; 10 – volframo nuosėdos

ninės lempos neturi kaitinimo siūlelio (5.9 pav., a), dėl to jų švietimo laikas ypač ilgas (iki 3000 val.). Lempos strypiniai elektrodai (6) įtaisyti ilgame kvarciniame vamzdelyje (3) su rutulio formos centrine dalimi (5). Centrinės dalies tūris – 0,7–0,9 cm<sup>3</sup>. Vamzdelis užpildytas inertinėmis ksenono dujomis ir jo švytėjimo spektras baltas su silpnu žaliai žydrų atspalviu. Tokia šviesa ypač efektyvi, nes ji artima saulės spindulių šviesai. Šviesos srauto stiprį ir spalvą nulemia lanko degimo temperatūra. Kai šviesos šaltinio temperatūra apie 5000 °C, jis skleidžia 3200 Lm baltos šviesos srautą. Kylant temperatūrai šviesa darosi melsva, bet jos stipris mažėja. Pasiėkus 12 000 °C šviesos šaltinio temperatūrą, jis skleidžia 2000 Lm mėlynos šviesos srautą.

Dujų išlydžio lempai uždegti reikalinga aukštosios įtampos (15–23 kV) iškrova (srovės stipris 2,5–3 A), kurią sukuria uždegimo grandinė (3) (5.15 pav.). Užsidegus elektros lankui, elektroninis valdymo blokas palaiko 0,35–0,45 A elektros lanko srovę ir lempa šviečia stabiliai, maitinama iš 100 V įtampos 400 Hz keitiklio, naudojančio 12 V įtampą. Jei automobilio tinklo įtampa staiga sumažėja, dujų išlydžio lempa gali užgesti, bet ji tuoj pat iš naujo automatiškai uždegama. Tokios lempos naudoja mažiau elektros energijos, mažiau kaista ir skleidžia didesnę šviesos srautą (iki 90 Lm/w). Tai leidžia naudoti mažesnę reflektorių ir sumažinti žibinto matmenis – taigi ir pagerinti automobilio aerodinamiką. Ksenoninės lempos geriau apšviečia kelią. Pavyzdžiui, 35 W dujų išlydžio lempa šviečia tris kartus ryškiau už 55 W halogeninę lempą (5.9 pav., b).

Informacija apie automobilių įvairių konstrukcijų elektros lempas pateikta 5.1 lentelėje. Keičiant žibintų lempas, reikia žinoti, kad beveik visos jos gaminamos orientuojantis į žibintų tipą. Tai reiškia, kad net vienodos galios ir konstrukcijos lempų cokoliai ir tvirtinimai



5.9 pav. Sistemos „Litronic“ ksenoninės dujų išlydžio lempa ir jos artimųjų šviesų srauto privalumai:



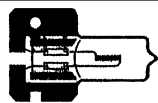
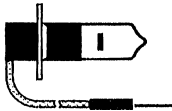

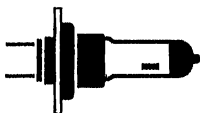
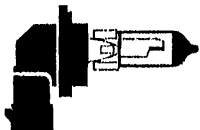
a – ksenoninė dujų išlydžio lempa; b – šviesos srautų palyginimas; 1 – aukštosios įtampos cokolio jungtis; 2 – cokolis; 3 – kvarcinis vamzdelis; 4 – elektrodai; 5 – lempos švietimo zona; 6 – lempos strypinis elektrodas kvarciniame vamzdelyje; 7 – aukštosios įtampos srovės laidas keraminiame izoliatoriuje; 8 – fiksatorius

gali būti skirtingi. Kita vertus, skirtingų elektrinių ir matmenų parametrų lempos gali būti su vienodais cokoliais. Tarptautinės taisyklės ir normos (R37) nerekomenduoja keisti žibintų lempų į nežinomo tipo lempas, t. y. tam tikro tipo žibintui turi būti naudojamos tam tikro tipo elektros lempos.

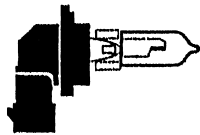

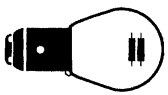





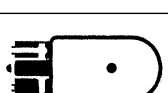
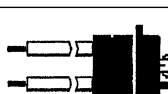


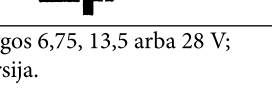
Prognozuojama, kad halogenines ir ksenonines automobilių lempas pakeis puslaidininkiniai prietaisai – šviesos diodai. Jau dabar jie naudojami galiniuose žibintuose. Šviesos diodai turi daug privalumų: užima mažai vietos, ilgas jų eksploatavimo laikas (apie 10 000 val.), greitai įsijungia, naudoja mažiau energijos, juos galima sujungti į grupes ir kiekvieną grupę atskirai kontroliuoti. Žibintais su šviesos diodais galima nustatyti optimalų šviesos srauto tolių ir stiprį, o visa tai valdyti kompiuteriu, sujungtu su vaizdo kamera, stebinčia iš priekio atvažiuojančias mašinas.

Yra sukurti šviesos diodų žibintai, kurie priklausomai nuo važiavimo greičio ir vairo pasukimo kampo keičia šviesos srauto intensyvumą ir kryptį. Žibinto optiniai lęšiai gaminami iš specialaus plastiko. Artimosioms šviesoms skirti penki lęšiai, tolimąjį apšvietimą parūpina dvi lęšių grupės, dar dvi grupės sukuria gabaritines šviesas. Papildomas blokas, sudarytas iš keturių šviesos diodų grupių, skirtas signalinėms šviesoms.

5.1 lentelė. Automobilių elektros lempų charakteristikos

Naudojimas	Kategorija	Nominalioji įtampa, V	Nominalioji galia, W	Šviesos srautas, Lm	IEC (cokolio) tipas	Išorinis vaizdas
Artimosios ir tolimosios šviesos žibintai	R2	6 12 24	45/40 <sup>1)</sup> 45/40 55/50	600 (min.) 400–550 <sup>1)</sup>	P 45 t–41	
Rūko žibintai, artimosios ir tolimosios šviesos keturių žibintų sistemai	H1	6 12 24	55 55 70	1350 <sup>2)</sup> 1550 1900	P 14,5 e	
Prancūzijos standarto artimosios šviesos, tolimosios šviesos žibintai	H2	6 12 24	55 55 70	1300 <sup>2)</sup> 1800 2150	X 511	
Rūko žibintai, papildomi žibintai	H3	6 12 24	55 55 70	1050 <sup>2)</sup> 1450 1750	PK 22s	
Artimosios ir tolimosios šviesos žibintai	H4	12 24	60/55 75/70	1650 1000 <sup>1), 2)</sup> 1900/1200	P 43 t–38	
Artimosios ir tolimosios šviesos keturių žibintų sistemai, rūko žibintai (nuo 1992 m.)	H7	12	55	1500 <sup>2)</sup>	PX 26 d	
Artimosios šviesos keturių žibintų sistemai	HB4	12	55	110	P 22 d	

## 5.1 lentelės tęsinys

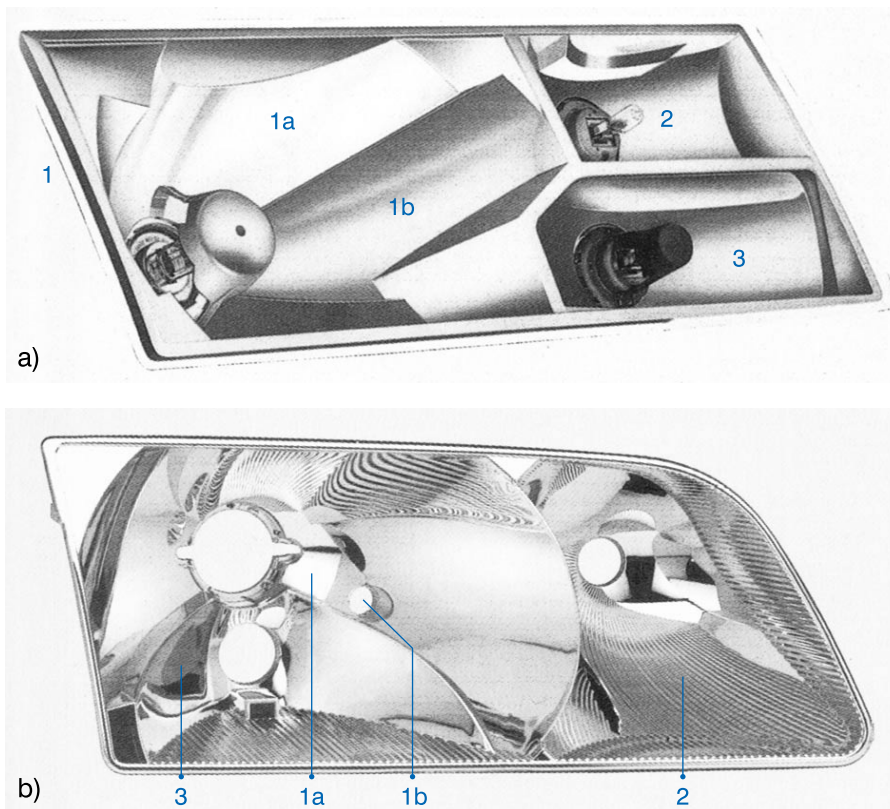
Naudojimas	Kategorija	Nominalioji įtampa, V	Nominalioji galia, W	Šviesos srautas, Lm	IEC (cokolio) tipas	Išorinis vaizdas
Tolimosios šviesos keturių žibintų sistemai	HB3	12	60	1900	P 20 d	
Stabdymo signalas, mirksintis signalas, galinis rūko žibintas, atbulinės eigos žibintas	P21W PY21W <sup>6)</sup>	6 12 24	21	460 <sup>3)</sup>	BA 15 s	
Stabdymo signalas	P21/5W PY21W <sup>6)</sup>	6 12 24	21/5 <sup>4)</sup> 21/5 21/5	440/35 <sup>3), 4)</sup> 440/35 440/40 <sup>3)</sup>	BAY 15 d	
Priekinis ir galinis gabaritiniai žibintai	R5W	6 12 24	5	50 <sup>3)</sup>	BA 15 s	
Galinis gabaritinis žibintas	R10W	6 12 24	10	125 <sup>3)</sup>	BA 15 s	
Numerio ženklų apšvietimo lempa, galinis gabaritinis žibintas	C5W	6 12 24	5	45 <sup>3)</sup>	SV 8,5	
Atbulinės eigos žibintas	C21W	12	21	460 <sup>3)</sup>	SV 8,5	
Priekinis gabaritinis žibintas	T4W	6 12 24	4	35 <sup>3)</sup>	BA 9 s	
Priekinis gabaritinis žibintas, numerio ženklų apšvietimo lempa	W5W	6 12 24	5	50 <sup>3)</sup>	W 2,1×9,5 d	
Priekinis gabaritinis žibintas, numerio ženklų apšvietimo lempa	W3W	6 12 24	3	22 <sup>3)</sup>	W 2,1×9,5 d	
Artimosios šviesos keturių žibintų sistemai (nuo 1991 m.)	D1S	85 12 <sup>5)</sup>	35 Apytiksl. 40 <sup>5)</sup>	3200	PK 32 d-2	
Artimosios šviesos keturių žibintų sistemai (nuo 1994 m.)	D2S	85 12 <sup>5)</sup>	35 Apytiksl. 40 <sup>5)</sup>	3200	PK 32 d-2	
Artimosios šviesos keturių žibintų sistemai (nuo 1996 m.)	D2R	58 12 <sup>5)</sup>	35 Apytiksl. 40 <sup>5)</sup>	2800	PK 32 d-3	

<sup>1)</sup> Artimosios ir tolimosios šviesos; <sup>2)</sup> Techninės sąlygos 6,3, 13,2 arba 28 V; <sup>3)</sup> Techninės sąlygos 6,75, 13,5 arba 28 V; <sup>4)</sup> Pagrindinis – papildomas – kaitinimo siūlelis; <sup>5)</sup> Su balastine varža; <sup>6)</sup> Geltonos šviesos versija.

## Pagrindinių žibintų sandara

Klasikinio žibinto dalys yra: elektros lempa, reflektorius ir sklaidytuvas (5.5 pav.). Reflektorius štampuojamas iš plieninės skardos. Jo vidinis paviršius lakuojamas. Lako paviršius poliruojamas ir padengiamas aliuminiu. Sklaidytuvo stiklas apsaugo žibinto vidų nuo atmosferos poveikio ir paskirsto šviesos srautą reikiamomis kryptimis. Sklaidytuvas gaminamas iš specialaus presuoto stiklo arba plastiko ir dažniausiai klijuojamas prie reflektoriaus arba žibinto korpuso.

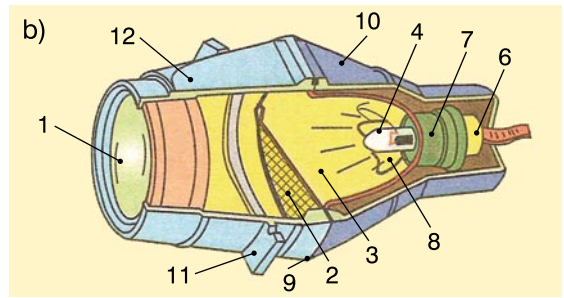
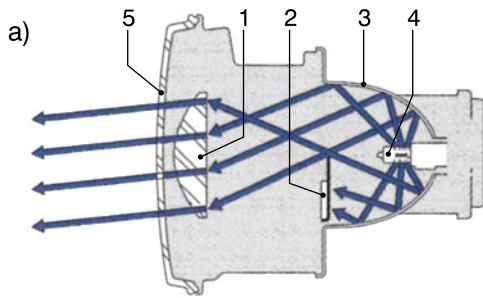
Apvalūs ir stačiakampiai žibintai su dviejų siūlelių elektros lempa ir bendru reflektoriumi artimajai ir tolimajai šviesai nėra racionalūs. Šių žibintų tolimosios šviesos srautas per daug plačiai išskleistas horizontaliai, o artimosios šviesos srautui dėl ekranavimo šešėlio būdingas griežtas kontrastinis perėjimas nuo tamsios į šviesią dalį. Kontrastinis kelio apšvietimas, esant dideliam automobilio greičiui, blogai veikia vairuotoją, jo akys greitai pavargsta, o dėmesys yra įtemptas. Siekiant pagerinti artimojo kelio apšvietimo kokybę, gaminami žibintai su daugiažidiniu reflektoriumi (5.10 pav.). Tai toks reflektorius, kurio tūrinėje erdvėje yra keletas parabolinių reflektorių su skirtingais židinio nuotoliais, bet jų optiniai židiniai yra bendrame taške. Daugiažidinis žibintas yra siauras, išlenktas ir asimetrinis centrinio šviesos srauto kryptčiai. Papildomas reflektorius pagerina artimajį ir šoninį apšvietimą.



5.10 pav. Daugiažidinis daugiafunkcis reflektorius:

*a – laiptuotasis; b – belaiptis; 1 – daugiažidinis reflektorius; 1a – pagrindinis artimųjų šviesų reflektorius; 1b – pagalbinis reflektorius; 2 – tolimųjų šviesų reflektorius; 3 – rūko šviesų reflektorius*





5.11 pav. Spindulių kelias elipsoido pavidalo artimojo apšvietimo žibinte PES:

a – PES žibintas; b – PES žibinto sandara;

c – PES-plus žibintas su žiedo pavidalo reflektoriumi;

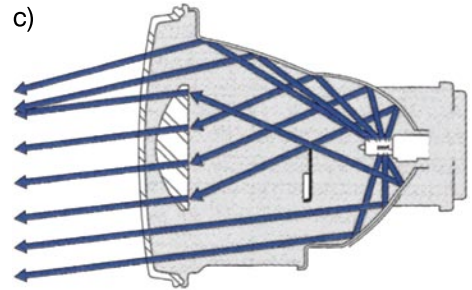
1 – lęšis; 2 – ekranas; 3 – reflektorius; 4 – H1 lempa;

5 – sklaidytuvas; 6 – kontaktas su laidu; 7 – lempos

lizdas; 8 – reflektoriaus korektorius; 9 – korpuso

sujungimas; 10 – korpuso užpakalinė dalis;

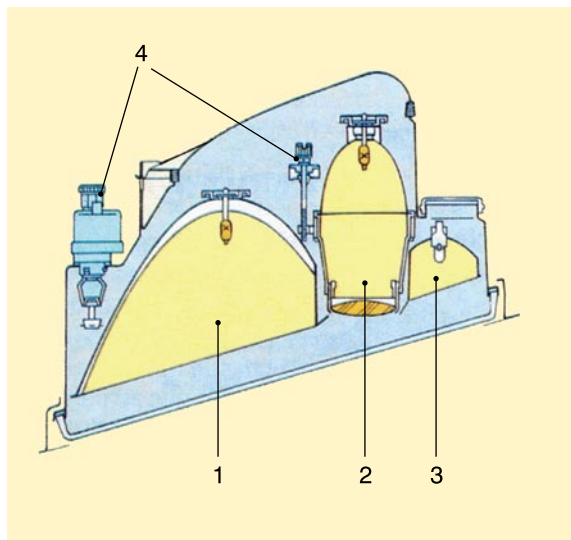
11 – korpusas; 12 – korpuso priekinė dalis



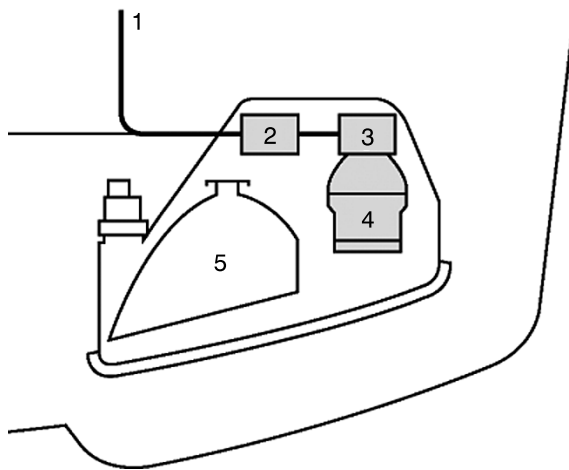
Priekinio apšvietimo efektyvumas padidinamas ir žibintų aukštis sumažinamas elipsoidiniais žibintais PES (*Poly-ellipsoid system*) (5.11 pav.). Tokiuose žibintuose įtaisyta pagilintas mažo skersmens elipsoidinis reflektorius (3), kuris gali tilpti aptakaus automobilio priekinėje dalyje. Į žibintą įsukama vieno siūlelio halogeninė lempa H1 (4). Lempos kaitinimo siūlelis yra reflektoriaus optiniame židinyje. Šviesos spindulį suformuoja elipsoidinis reflektorius, koreguojamas parabolinių veidrodžių sistema (8), ir fokusuoja optinis lęšis (1). Artimųjų šviesų spindulys nukreipiamas žemyn ekranu (2). Spindulį galutinai koreguoja apsauginio stiklo – sklaidytuvo (5) – optika. Artimosios ir tolimosios šviesos elipsoidiniai žibintai gaminami atskirai. PES žibintai gali būti montuojami į bendrą bloką su standartiniais tolimojo apšvietimo žibintais, bendras bloko aukštis neviršija 80 mm. Naudojant šio tipo žibintus padidėja apšvietimo nuotolis, geresnis šviesos paskirstymas, didesnis žibinto naudingumo koeficientas. Pagal elipsoido sistemą gaminami ir rūko žibintai.

Naudojant ilgus elipsoidinius ir daugiažidinius reflektorius galima pagaminti monoblokinius priekinius žibintus su bendru apsauginiu stiklu, kurie yra mažų vertikalių matmenų ir efektyvaus šviesos srauto. Tokia konstrukcija palengvina apsauginio stiklo plovimą ir valymą automobiliui važiuojant. Monobloke įtaisomi ne tik pagrindiniai, bet ir kiti žibintai bei šviesos signaliniai įtaisai (gabaritinės šviesos, rūko žibintai, posūkių rodikliai). Taip monoblokas tampa daugiafunkciu priekiniu žibintu. Čia naudojamos vieno siūlelio lempos, kiekvienas reflektorius specialia kompiuterine programa apskaičiuotas ir pagamintas taip, kad žibintai šviestų efektyviausiai, mažiausiai akintų priešpriešiais važiuojančiuosius. Daugiafunkciams žibintams pagaminta halogeninė vieno siūlelio elektros lempa H7. Ši lempa patikimesnė, naudoja mažiau elektros energijos (45 W) nei jos prototipas – lempa H1 (55 W). Lempa H7 gali būti naudojama artimajai ir tolimajai šviesai.

Daugiafunkciame priekinių žibintų monobloke gali būti montuojami įvairių tipų žibintai ir papildomi įrenginiai. Galimi įvairūs artimojo apšvietimo variantai: elipsoidiniu žibintu su halogenine lempa (5.12 pav.); ksenonine dujų išlydžio lempa (5.13 pav.) ir kiti.



5.12 pav. Daugiafunkcis žibintų monoblokas su elipsoidiniu artimojo apšvietimo žibintu:  
 1 – tolیمasis apšvietimas halogenine lempa;  
 2 – artimasis apšvietimas elipsoidiniu žibintu su halogenine lempa; 3 – gabaritinė šviesa;  
 4 – apšvietimo reguliavimo varžtai



5.13 pav. Daugiafunkcis žibintų monoblokas su „Litronico“ sistema:  
 1 – į automobilio elektros sistemą;  
 2 – „Litronico“ elektroninis valdymo blokas; 3 – uždegimo sistema; 4 – artimasis apšvietimas ksenonine dujų išlydžio lempa;  
 5 – tolیمasis apšvietimas halogenine lempa

Tolimųjų ir artimųjų šviesų lempos įjungiamos per reles. Šių relių valdymo srovė teka per žibintų šviesų jungiklį. Tolimąsias šviesas trumpam galima įjungti jungikliu. Kai įjungiamos tolimosios šviesos, užsidega mėlynos spalvos signalinė lemputė. Žibintų grandinės apsaugotos saugikliais.

## Apšvietimo reguliavimas

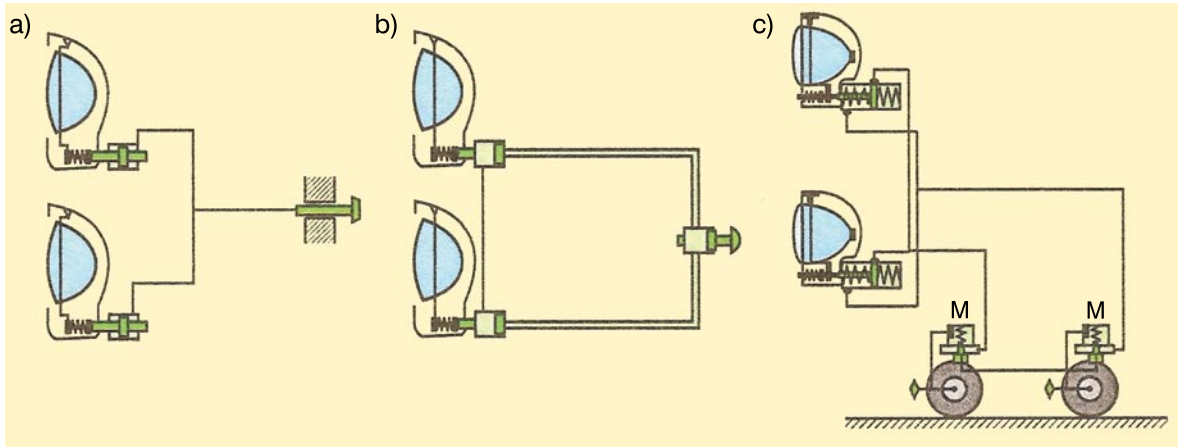
Atliekant apšvietimo sistemos techninę priežiūrą yra tikrinami ir reguliuojami artimojo ir tolimojo apšvietimo žibintai. Žibintai reguliuojami reguliavimo varžtais (4) (5.12 pav.).

Kad, kintant automobilio tiltų apkrovai, nebūtų akinami priešpriešiais važiuojančių transporto priemonių vairuotojai ir užtikrinamas geras kelio apšvietimas, automobilyje gali būti įrengtas žibintų apšvietimo nuotolio reguliavimo mechanizmas. Apšvietimo nuotolis reguliuojamas rankiniu būdu arba automatiškai (5.14 pav.).

Rankinio reguliavimo sistema nesusijusi su automobilio pakaba ir apšvietimo nuotolį koreguoja vairuotojas rankenėle (reguliavimo ratuku), esančia automobilio salone. Padidėjus ar sumažėjus automobilio tiltų apkrovai (keičiasi pakabos suspaudimas), šviesos srautas pakyla arba nusileidžia, ir rankiniu būdu papildomai reguliuojama žibintų padėtis. Reguluojama mechanine, hidrauline, pneumatine arba elektrine pavara.

Automatinė apšvietimo nuotolio reguliavimo sistema yra susijusi su automobilio pakaba, todėl vairuotojas šio proceso nereguliuoja (5.14 pav., c; 5.16 pav.). Jei automobilyje yra automatinė pakabos lygio reguliavimo sistema, apšvietimo nuotolio reguliavimas nereikalingas, nes palaikoma vienoda pakabos padėtis (pakaba „nenusėda“) ir apšvietimo nuotolis nekinta.

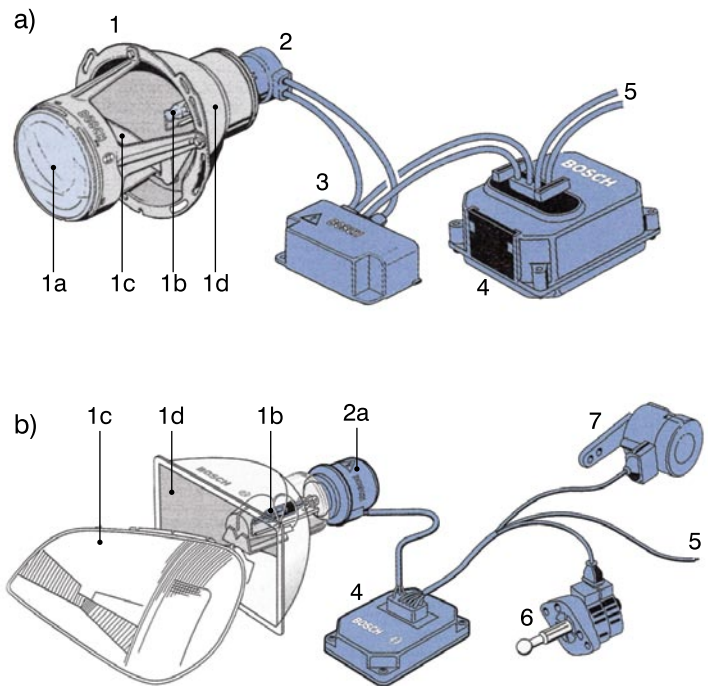




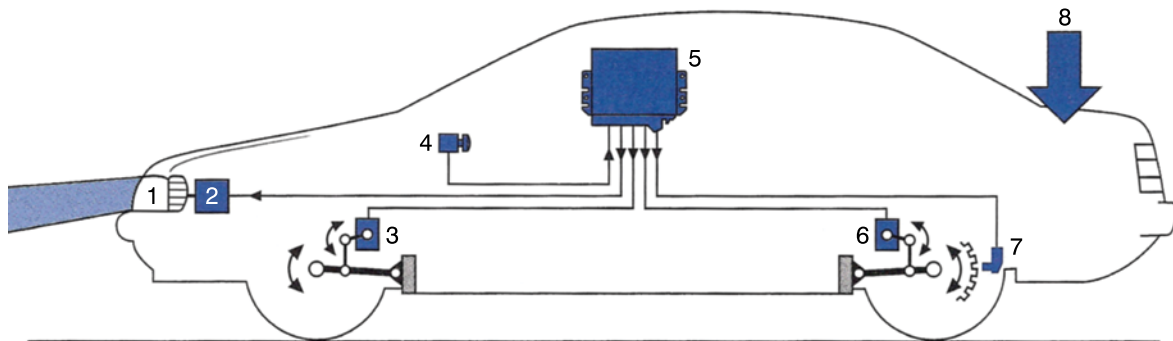
5.14 pav. Artimojo apšvietimo nuotolio reguliavimo būdai:  
 a – mechaninis rankinis; b – hidraulinis rankinis; c – mechaninis automatinis

Į aukštos klasės automobilių daugiafunkčių žibintų monoblokus integruojamas „Litronico“ (elektroniniu būdu valdoma švieša) žibintas (5.15 pav.) su ksenonine lempa (5.9 pav., a).

„Litronico“ sistema ne tik pagerina šviesos kokybę, bet gali turėti ir šviesos spindulio elektroninio (automatinio) reguliavimo funkciją. Tai atliekama pakreipiant žibinto reflektorių reikiama kryptimi jo padėties korektoriaumi – žingsniniu elektros varikliu (6) (5.15 pav., b). 5.16 paveiksle pavaizduota žibintų padėties korektoriaus elektroninio valdymo sistema. Pakabose įmontuoti padėties jutikliai (3, 6), automobilio greičio jutikliai (7) siunčia signalus į elektroninį valdymo bloką (EVB) (5). Pagal iš jutiklių gautus duomenis EVB siunčia žibinto padėties korektoriaus valdymo signalą ir elektrinė pavara (2) pakelia arba nuleidžia žibinto (1) šviesos srautą. Sistema gali atlikti automatinio prisitaikymo prie



5.15 pav. „Litronico“ apšvietimo sistemos:  
 a – „Litronico“ 2 (PES) sistema; b – „Litronico“ 4 sistema; 1 – žibintas; 1a – lęšis; 1b – ksenoninė lempa; 1c – ekranas; 1d – reflektorius; 1e – sklaidytuvas; 2 – elektrinė jungtis; 2a – jungtis su uždegimo sistema; 3 – uždegimo sistema; 4 – elektroninis valdymo blokas; 5 – į automobilio elektros sistemą; 6 – žingsninis variklis; 7 – pakabos padėties jutiklis

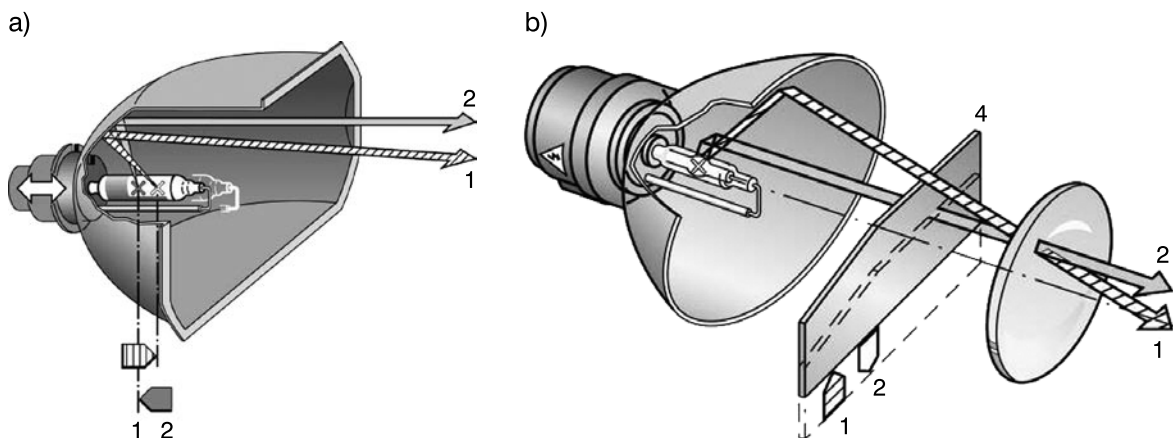


5.16 pav. Artimojo apšvietimo nuotolio reguliavimas elektroniniu būdu valdoma elektros pavarą:

1 – žibintas; 2 – elektrinė pavarą; 3 – priekinės pakabos padėties jutiklis; 4 – šviesų jungiklis; 5 – elektroninio valdymo blokas; 6 – galinės pakabos padėties jutiklis; 7 – automobilio greičio jutiklis; 8 – kroviny

automobilio greičio funkcija: didėjant greičiui didinamas apšvietimo nuotolis. Automobilyje gali būti įrengta sistema, padėties korektoriumi pasukanti artimųjų žibintų šviesas pagal vairo pasukimą.

Modifikuotose „Litronic“ sistemose „Bi-Litronic Reflection“ (5.17 pav., a) vienas žibintas šviečia dviem režimais – trumposiomis (1) ir ilgosiomis (2) šviesomis. Ksenoninės lempos kolba, valdoma elektrinės pavaros (3), juda išilgai savo ašies, yra dviejų darbinių padėčių, kurios atitinka standartinės halogeninės lempučių H-4 trumpąsias ir ilgąsias šviesas. Šviesos perjungiamos tolygiai, be pertrūkio. Sistemoje „Bi-Litronic Projection“ su elipsoidiniu žibintu (5.17 pav., b) įmontuotas valdomas ekranas (4), kurį pakėlus šviečia artimosios šviesos, o nuleidžiant tolygiai įjungiamos tolimosios šviesos. Sistema „Bi-Litronic“ gali keisti apšvietimo nuotolį. Tai priklauso nuo automobilio greičio.



5.17 pav. Artimasis ir tolیمasis apšvietimas biksenoniniu žibintu:

a – sistema „Bi-Litronic Reflection“; b – sistema „Bi-Litronic Projection“; 1 – artimoji šviesą; 2 – tolیمoji šviesą; 3 – elektrinė pavarą; 4 – ekranas

## 5.2. Papildomi žibintai

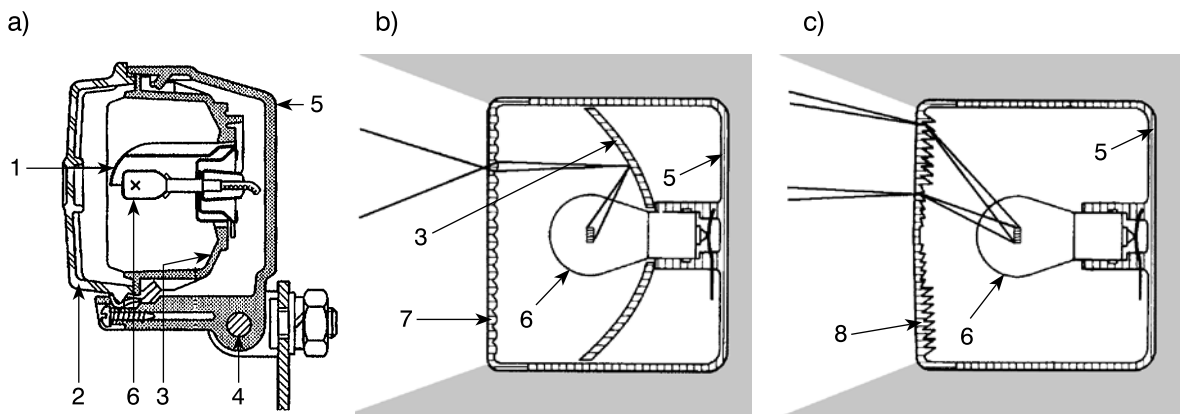
### Gabaritiniai, galiniai, numerio ženklų apšvietimo žibintai

Automobilyje turi būti du baltos šviesos priekiniai ir du raudonos šviesos galiniai gabaritiniai žibintai. Jei priekiniai pagrindiniai žibintai nutolę nuo automobilio išorinio krašto ne daugiau kaip 400 mm, pakanka į žibintus įsuktų gabaritinės šviesos lempučių (5.12 pav.). Gabaritinės lemputės turi nuolat degti, taip pat ir esant įjungtiems tolimojo ar artimojo apšvietimo žibintams. Jei galinių žibintų elektros grandinėje naudojami saugikliai, kiekvienam žibintui turi būti skirtas atskiras saugiklis. Be galinių žibintų, papildomai turi būti du raudoni atšvaitai. Ant priekabų turi būti trikampiai atšvaitai. Galinis numerio ženklas turi turėti tokį apšvietimo įtaisą, kad visi numerio ženklai būtų matomi iš 20 m atstumo.

### Rūko, atbulinės eigos ir papildomi žibintai

Automobilio priekyje gali būti įtaisyti du baltos arba šviesiai geltonos spalvos rūko žibintai. Jei rūko žibintai tvirtinami toliau negu 400 mm nuo automobilio išorinio krašto, jie turi būti taip įjungiami į elektros grandinę, kad šviestų tik kartu su artimojo apšvietimo žibintais. Rūko, kaip ir tolimųjų šviesų, žibintuose šviesos šaltinis išdėstytas žibinto optiniame židinyje ir sklinda tiesiai. Sklaidytuvas šviesos srautą išplečia, o specialus ekranas uždengia kylantį šviesos srautą (5.18 pav., a). Rūko žibintai gaminami ir pagal elipsoido (PES) sistemą (5.11 pav.). Priekiniai rūko žibintai reguliuojami taip pat, kaip ir pagrindiniai.

Automobiliuose turi būti vienas arba du galiniai rūko žibintai. Kadangi jų šviesos stipris didelis (naudojamoji galia lygi 21 W), jie turi būti tvirtinami >100 mm atstumu nuo stabdymo signalinių žibintų. Galiniai rūko žibintai turi įsijungti tik kartu su tolimojo apšvietimo, artimojo apšvietimo arba priekiniais rūko žibintais. Jei yra priekiniai rūko žibintai, galinių rū-



5.18 pav. Žibintai:

a – rūko žibintas; b – žibintas su refleksine optika; c – žibintas su Frenelio lęšiu;  
1 – ekranas; 2 – sklaidytuvas; 3 – reflektorius; 4 – vertikalaus reguliavimo ašis; 5 – korpusas;  
6 – lempa; 7 – sklaidytuvas su šviesos dispersija; 8 – Frenelio lęšis

ko žibintą galima išjungti atskirai nuo priekinių. Kad rūko žibintai įjungti, rodo geltona signalinė lemputė.

Automobilyje gali būti papildomi žibintai, pagerinantys matomumą, sukuriama tolimųjų šviesų žibintais. Papildomų žibintų konstrukcija panaši į rūko žibintų.

Automobilyje turi būti vienas arba du atbulinės eigos (baltos spalvos) žibintai. Jie apšviečia kelią už automobilio ne didesniu kaip 10 m atstumu ir turi būti taip prijungti, kad negalėtų degti važiuojant pirmyn ir ištraukus uždegimo raktelį.

## 5.3. Signaliniai įtaisai

### Stabdymo signaliniai įtaisai

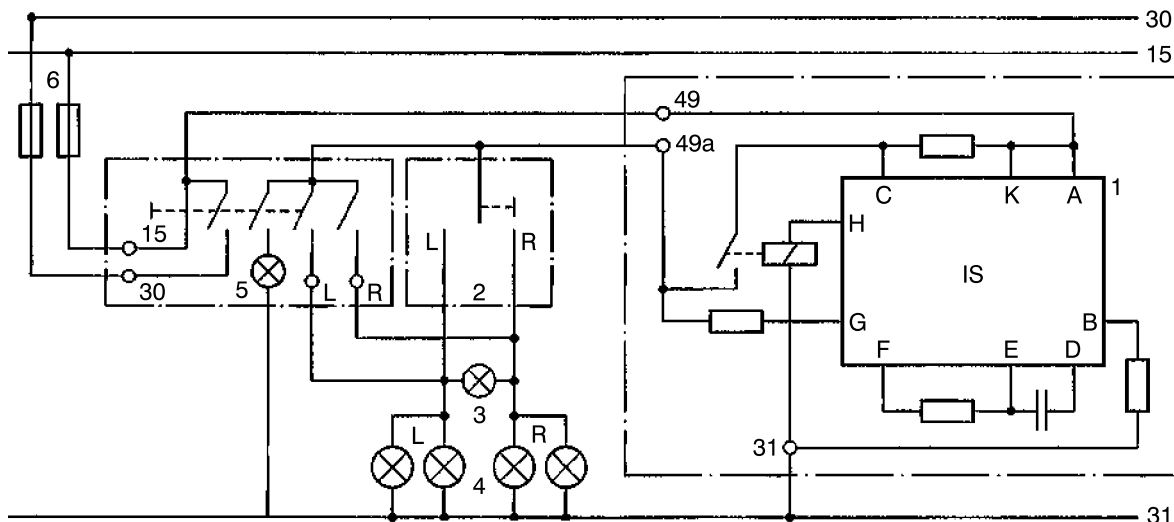
Signalinių įtaisų paskirtis – įspėti kitus eismo dalyvius, parodyti važiavimo krypties keitimą ir parodyti, kad automobilis stabdomas. Automobiliuose turi būti du (leidžiami du papildomi) raudonos šviesos galiniai stabdymo signaliniai žibintai, užsidegantys įjungus darbinį stabdžius. Jie turi aiškiai šviesti naktį ir dieną. Jei stabdymo signaliniai žibintai įtaisomi arti galinių gabaritinių žibintų, jie turi šviesti šviesiau nei pastarieji. Automobiliuose turi būti du stabdymo signaliniai žibintai, o dar vienas arba du gali būti papildomai įtaisyti aukščiau pagrindinių. Stabdymo signaliniai žibintai įsijungia nuspaudus stabdžių pedalą. Šių žibintų jungiklis įjungiamas arba mechanškai, arba hidrauliškai.

Automobilių šviesos signalizacijos įtaisų konstrukcija labai įvairi. Jie derinami prie automobilio išorės. Signaliniuose žibintuose paprastai yra reflektorius (3) ir dispersinis sklaidytuvas (7), kuris tolygiai išsklaido šviesą (5.18 pav., b). Vietoje sklaidytuvo gali būti naudojamas Frenelio lęšis (8), kuris šviesos srautą nukreipia reikiama kryptimi (5.18 pav., c). Dažniausiai šviesos prietaisai jungiami į blokus (5.1 pav.). Žibintų bloko plastikiniame korpuse supresuotos kelios signalinių žibintų sekcijos. Kombinuoto žibinto sklaidytuvas liejamas vientisas iš skirtingų spalvų plastiko.

### Posūkio rodiklis, įspėjamoji šviesos signalizacija

Posūkio rodiklių sujungimo elektros schemeje yra posūkių jungiklis (2), mirksėjimo signalų pertraukiklis (1), kairiosios L ir dešinėsios R (priekinės, galinės bei šoninės) mirksinčiosios signalizacijos lempos (4), posūkių rodiklio signalinė lemputė (3), įspėjamosios šviesos signalizacijos jungiklis su indikatoriaus lempute (5) ir lydieji saugikliai (6) (5.19 pav.). Įjungus automobilio pagrindinį (degimo) jungiklį, (15) laidu sistema gauna 12 V įtampos maitinimą. Perjungikliu įjungus kairės ar dešinės pusės posūkių signalizaciją, mirksi atitinkamos posūkių rodiklių lempos. Įjungus avarinės signalizacijos jungiklį, mirksi visos kairės ir dešinės pusės signalizacijos lempos. Apie veikimą informuoja mirksinti raudona signalinė lemputė. Avarinės įspėjamosios signalizacijos veikimas nepriklauso nei nuo posūkio jungiklio, nei nuo pagrindinio jungiklio padėties, nes signalizacijos grandinės tiesiogiai prijungtos prie maitinimo iš akumulatoriaus (30 laidas).

Automobiliuose turi būti geltonai šviečiantys (pagal JAV standartą – gale raudoni) po-



5.19 pav. Mirksinčiosios šviesos posūkių rodikliai ir įspėjamosios šviesos signalizacijos sistema:

1 – elektroninis pertraukiklis; 2 – posūkių jungiklis; 3 – posūkių rodiklio signalinė lemputė; 4 – posūkių rodiklio lempos; 5 – įspėjamosios šviesos signalizacijos jungiklis su indikatoriaus lempute; 6 – lydieji saugikliai; 15 – išvadas (+) iš uždegimo spynos; 30 – akumuliatorių baterijos teigiamasis išvadas (+); 31 – baterijos neigiamasis išvadas (masė); 49 – pertraukiklio įvadas; 49a – išvadas

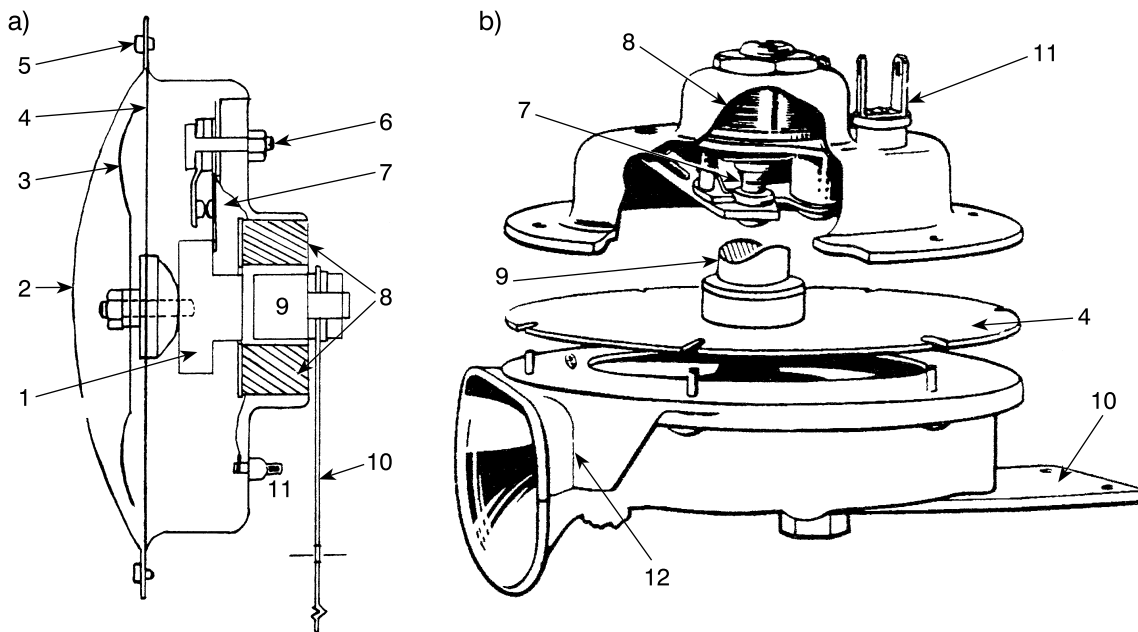
sūkių rodikliai, kurie turi mirkstelėti  $90 \pm 30$  mirksnių per minutę. Posūkių rodiklio lempos švietimo laikas turi sudaryti 30–60% mirksėjimo periodo. Vairuotojui turi būti suprantamai signalizuojama, kad posūkių rodiklis veikia gerai. Tai atliekama optiniu (posūkių rodiklio signaline lempute) arba akustiniu būdu. Vienai lempai perdegus, likusios lempos turi generuoti signalinę šviesą. Padidėjęs posūkių rodyklės pertraukiklio mirksnių dažnis įspėja, kad nedege posūkių rodyklės lempa.

Posūkių rodyklės impulsus sukuria pertraukiklis. Termomagnetinis posūkių rodyklės pertraukiklis nebenaudojamas, nes jo mirksnių dažnis priklauso nuo įtampos, aplinkos temperatūros ir apkrovos. Šių trūkumų neturi elektroninis posūkių rodyklės pertraukiklis.

## 5.4. Garso signalas

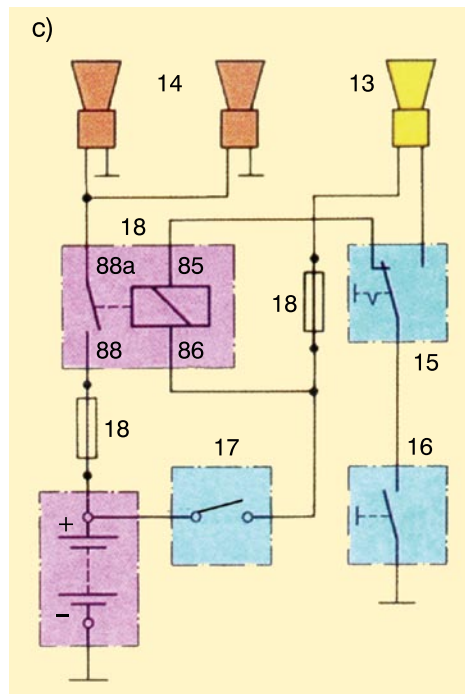
Automobiliuose privalo būti **garso signalas**. Leidžiama įrengti ir kelis garso signalus, tačiau jie turi būti taip sujungti, kad vienu metu galėtų veikti tik vienas. Naudojami garso signalai (sirenos), skleidžiantys vieno tono arba harmoningą daugiatonį garsą. Besikeičiančio tono signalus naudoti draudžiama. Vibracinio garso signalo (13) (5.20 pav.) veikimo principo esmė ta, kad nuspaudus garso signalo mygtuką (16), signalo elektromagnetas (8) traukia inkaro plokštelę (4), kuri atsitrenkia į magneto šerdį (9) ir atjungia pertraukiklio kontaktus (7). Nutraukiama srovės grandinė ir inkaro plokštelė grįžta į pradinę padėtį. Pertraukiklis





5.20 pav. Automobilio garso signalų sandara ir jungimo schema:

- a – vibracinis signalas; b – aukšto tono garso signalas;  
 c – signalų jungimo schema; 1 – magnetinė šerdis;  
 2 – apsauginis gaubtas; 3 – virpamoji membrana;  
 4 – inkaro plokštelė; 5 – dangtelio žiedas;  
 6 – reguliavimo varžtas; 7 – pertraukiklio kontaktai;  
 8 – apvija; 9 – magneto šerdis; 10 – tvirtinimo gembė;  
 11 – prijungimo gnybtas; 12 – plastikinis garsintuvas;  
 13 – vibracinis signalas; 14 – aukšto tono garso signalai;  
 15 – perjungiklis; 16 – garso signalo jungiklis;  
 17 – uždegimo jungiklis; 18 – relė;  
 85, 86, 88, 88a – relės kontaktai



susijungia ir procesas prasideda iš naujo. Kartu su inkaro plokštele virpamoji membrana (3) virpina orą ir taip sukelia garsą.

Aukšto tono garso signalo veikimo principas toks pat, tik jo didesnė galia. Kadangi jį galima naudoti tik už gyvenviečių ribų, automobilyje turi būti ir normalus garso signalas. Perjungus perjungiklį (15), signalo mygtukas per relę (18) vietoj vibracinio garso signalo gali įjungti aukšto tono garso signalą (14). Signalų membrana priverčiama virpėti elektromagnetiniu būdu. Sraigtiniame garsintuve (12) gaunamas skardus, melodingas fanfarų skambesys.



## ***PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE***

1. Kokios galimos pagrindinių žibintų sistemos?
2. Aprašykite Europos standarto ir amerikietiškos artimojo apšvietimo sistemų skirtumus.
3. Kodėl naudojamos dviejų kaitinimo siūlelių lempos?
4. Kokiais būdais orientuojamas artimųjų šviesų spindulys?
5. Kokia yra elektros lempų su kaitinimo siūleliu sandara ir veikimo ypatumai?
6. Kokie yra halogeninių lempų veikimo ypatumai ir privalumai?
7. Kokie ksenoninių lempų veikimo ypatumai, privalumai ir trūkumai?
8. Kokie žibintų su šviesos diodais veikimo ypatumai ir privalumai?
9. Ką reikia žinoti keičiant žibintų elektros lempas?
10. Kokie žibintų su daugiažidiniu reflektoriumi privalumai?
11. Aprašykite PES žibintų ypatumus.
12. Aprašykite daugiafunkcio žibintų monobloko su „Litronico“ sistema sandarą.
13. Kodėl būtina reguliuoti apšvietimo nuotolį ir kokiais būdais tai gali būti atliekama?
14. Išvardykite priekinių ir užpakalinių gabaritinių žibintų sandaros ir įjungimo reikalavimus.
15. Išvardykite priekinių ir užpakalinių rūko žibintų sandaros ir įjungimo reikalavimus.
16. Aprašykite posūkio rodiklio ir įspėjamosios šviesos signalizacijos veikimą.
17. Aprašykite vibracinio garso signalo veikimo principą.

## 6. JUTIKLIAI

Šiuolaikinis automobilis – sudėtingas techninis įrenginys, kuriame integruota daug tarpusavyje susietų kontrolės, reguliavimo ir valdymo sistemų. Jutiklis yra sistemos komponentas, kuriuo nustatomi (matuojami) darbiniai automobilio parametrai: temperatūra, slėgis, sūkliai, dujų kiekis, jų sudėtis ir pan. Jais taip pat fiksuojami uždaviklių signalai, kurių tam tikrose situacijose pageidauja vairuotojas (droselinės sklendės padėtis, vairo posūkio kampas ir pan.). Kontroliuojamas fizikinis dydis keičiamas patogiu (dažniausiai elektriniu) signalu, tinkamu kitiems įrenginiams valdyti. Automobilio parametrai – temperatūra, slėgis, sūkliai, droselinės sklendės eiga ir kt. – virsta varžos, įtampos ar srovės atitikmeniu. Ši informacija (signalas) naudojama automobilio kontrolės, reguliavimo ir valdymo sistemose.

Jutikliai gaminami vis sudėtingesni, didėja jų matavimo tikslumo, stabilumo ir greitai eigiškumo reikalavimai, nuo jų labai priklauso automobilio valdymo kokybė. Šalia paprastų jutiklių, pateikiančių analoginį signalą, naudojami jutikliai su elektroniniu keitikliu, kuris šį signalą transformuoja į skaitmeninį.

Didinant šiuolaikinių variklių galią, ekonomiškumą ir ekologiškumą, ilgėja jutiklių sąrašas. Žemiau pateikti parametrai (fiziniai dydžiai), kurie matuojami automobilyje:

1.  $p$  – slėgis (išsiurbiamo oro, pripučiamo oro, recirkuliuojamų deginių (degalų degimo produktų), degalų magistralėje, alyvos ir kt.).

2.  $s$  – eiga (poslinkis), atstumas (oro matuoklio sklendės, droselinės sklendės, akceleratoriaus pedalo, purkštuvo adatos, plūdės degalų bake, įpurškimo paskubos movos, iki kliūtis, iki priekyje važiuojančio automobilio ir kt.).

3.  $n$  – sukimosi greitis (alkūninio veleno, paskirstymo veleno, rato).

4.  $T$  – temperatūra (oro išsiurbimo trakto pradžioje, įpučiamo oro prieš ir po aušintuvo veikimo, recirkuliuojamų dujų prieš ir po aušintuvo veikimo, degalų, aušinamojo skysčio, alyvos tepimo sistemoje ir kt.).

5. Dujų sudėtis ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_2$  ir kt.).

6.  $m$  – masė (išsiurbiamo oro, degalų ir kt.).

7. Smūgio jėga, triukšmo lygis, vibracija, kietųjų dalelių kiekis deginiuose dūmingumui nustatyti ir kt.

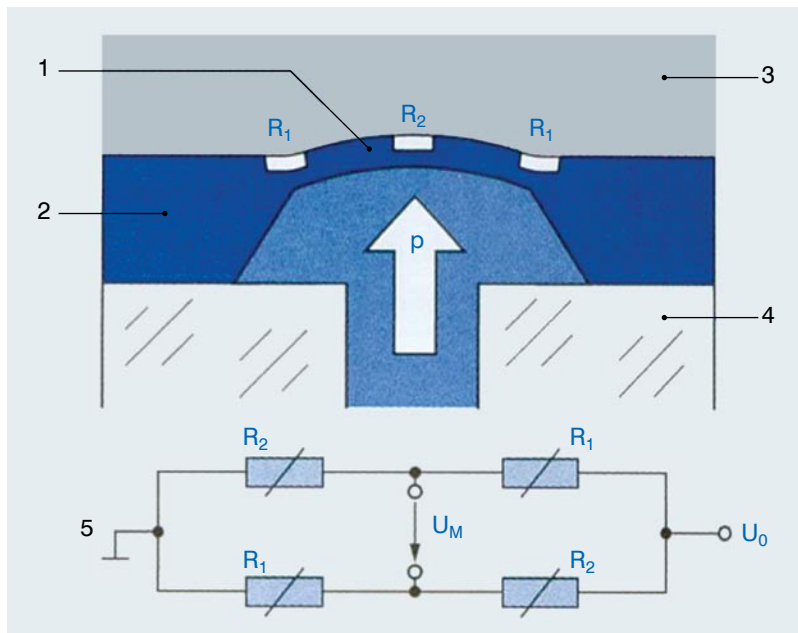
Šis sąrašas nėra galutinis, jis nuolat papildomas naujais jutikliais. Atsiranda poreikis papildomai matuoti naujų reguliavimo sistemų parametrus. Įvairių fizinių dydžių matavimams atlikti būtini jutikliai, kurių veikimo principai ir konstrukcijos labai įvairios. Šalia senesnės kartos automobilyuose naudotų paprastos konstrukcijos kontaktinių, potenciometrinių, induktyviųjų, Holo jutiklių, naudojami sudėtingi aukštadažniai ar lokaciniu principu veikiantys įtaisai.

## 6.1. Slėgio jutikliai

Matuojamas slėgis  $P$  spaudžia membraną (1) (6.1 pav.). Schemoje naudojamas Uitstono matavimo tiltelis. Tai – keturi pagal tiltelinę schemą sujungti rezistoriai. Keičiantis bet kuriam iš rezistorių, proporcingai keičiasi ir išėjimo įtampa  $U_M$ . Jei rezistoriai lygūs ar patenkinama sąlyga  $R_1R_1 = R_2R_2$ , tai išėjimo įtampa  $U_M = 0$ . Tada tiltelis laikomas subalansuotu. Slėgiui nustatyti naudojama membrana su difuziniu būdu joje suformuotais keturiais tenzorezistoriais (rezistoriai, kurių varža priklauso nuo mechaninio poveikio). Veikiama slėgio membrana linksta (10–1000 mikrometrų), tiltelis išsibalansuoja. Išėjimo įtampa yra proporcinga slėgiui. Kompaktiškumo tikslais viename mazge integruojami temperatūros ir slėgio jutikliai. Šiais jutikliais matuojamas:

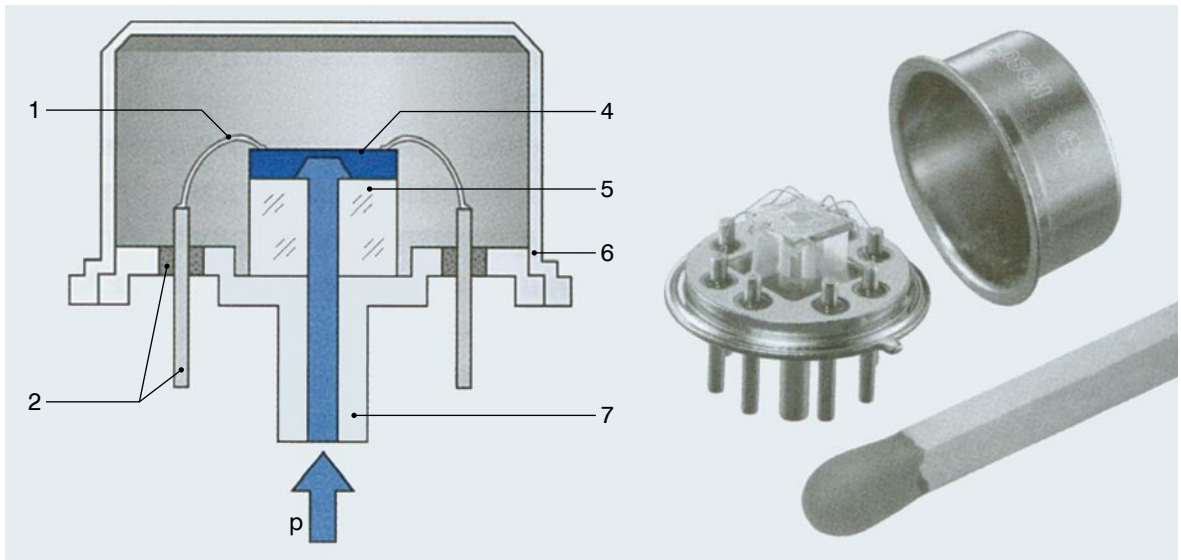
Matavimo aplinka	Matavimo diapazonas
Įsiurbimo vamzdžio slėgis	250 kPa 2,5 bar
Atmosferos slėgis	60–115 kPa 0,6–1,15 bar
Tepalo slėgis	50–1000 kPa 0,5–10,0 bar

Tiltelinės matavimo schemas, palyginti su daliklinėmis, yra jautresnės. Stiprindami gautą jų išėjimo signalą galime atlikti temperatūros duomenų kompensaciją ir išlyginti charakteristikas (linearizacija). Tokio jutiklio išėjimo įtampa yra standartizuota ir kinta nuo 0 iki 5 V (6.4 pav.).



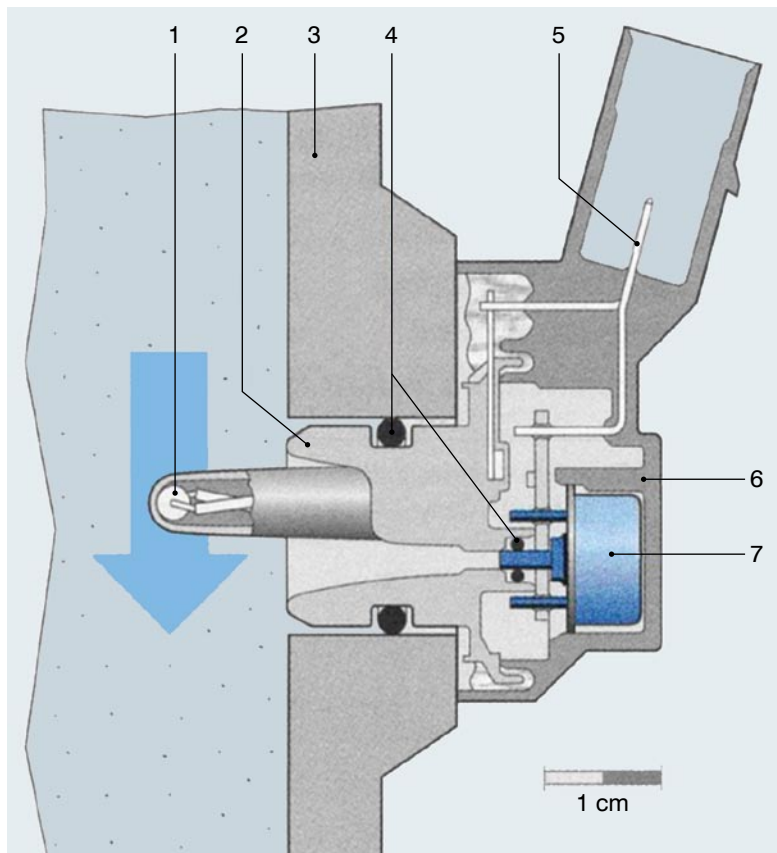
6.1 pav. Matavimo elementas:

1 – membrana; 2 – silicio kristalas; 3 – vakuumas; 4 – stiklas; 5 – Uitstono matavimo tiltelis;  $P$  – matuojamas slėgis;  $U_0$  – maitinimo įtampa;  $U_M$  – matuojama įtampa;  $R_1$  – gniuždomieji tenzorezistoriai;  $R_2$  – tempiamieji tenzorezistoriai



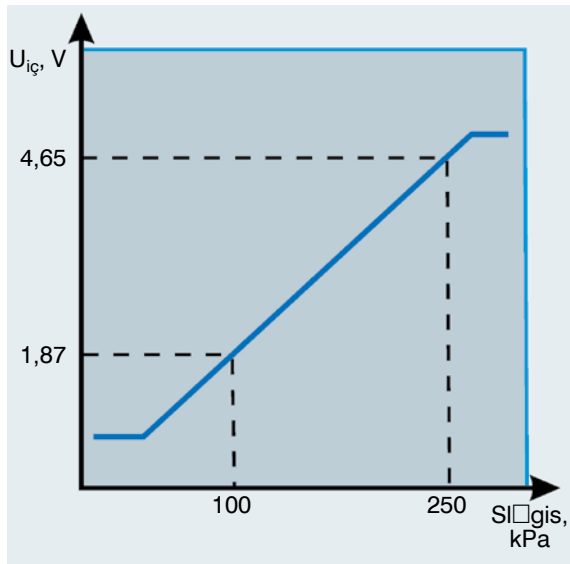
6.2 pav. Slėgio jutiklio konstrukcija ir bendras vaizdas:

1, 3 – išvadai; 2 – vakuumas; 4 – matavimo elementas; 5 – stiklinis pagrindas; 6, 7 – korpusas

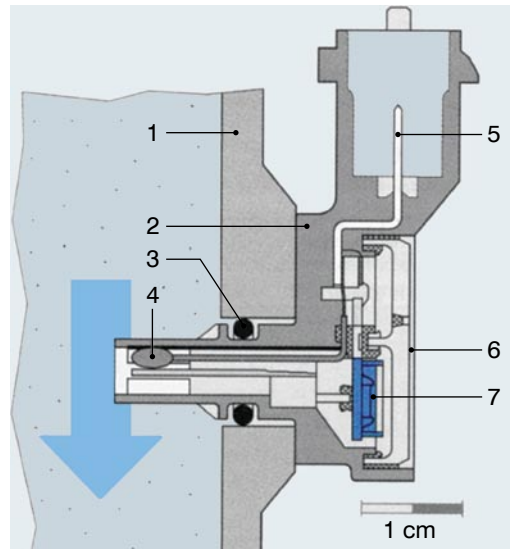


6.3 pav. Integruotas temperatūros ir slėgio jutiklis:

1 – temperatūros jutiklis; 2, 6 – jutiklio korpusas; 3 – korpusas;  
4 – tarpinė; 5 – jungtis; 7 – slėgio jutiklis



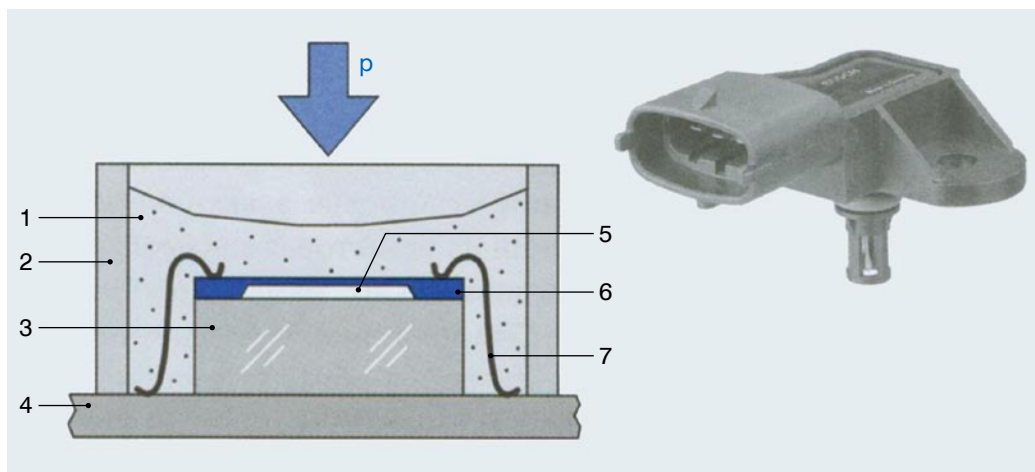
6.4 pav. Slėgio jutiklio išėjimo įtampos priklausomybė nuo slėgio



6.5 pav. Integruotas slėgio ir temperatūros jutiklis su atskira vakuumine kamera:  
 1 – įsiurbimo vamzdžio sienelė;  
 2, 6 – korpusas; 3 – tarpinė; 4 – temperatūros jutiklis; 5 – jungtis; 7 – matavimo elementas

## 6.2. Atskiros vakuuminės kameros slėgio jutikliai

Atskirės vakuuminės kameros slėgio jutikliai yra paprastesnės konstrukcijos (juos patogiau montuoti įsiurbimo vamzdyje) (6.6 pav.). Matavimo tiltas su tenzorezistoriais montuojamas ant silicio pagrindo, jis yra apsaugotas gelio sluoksniu ir tvirtinamas ant stiklinio



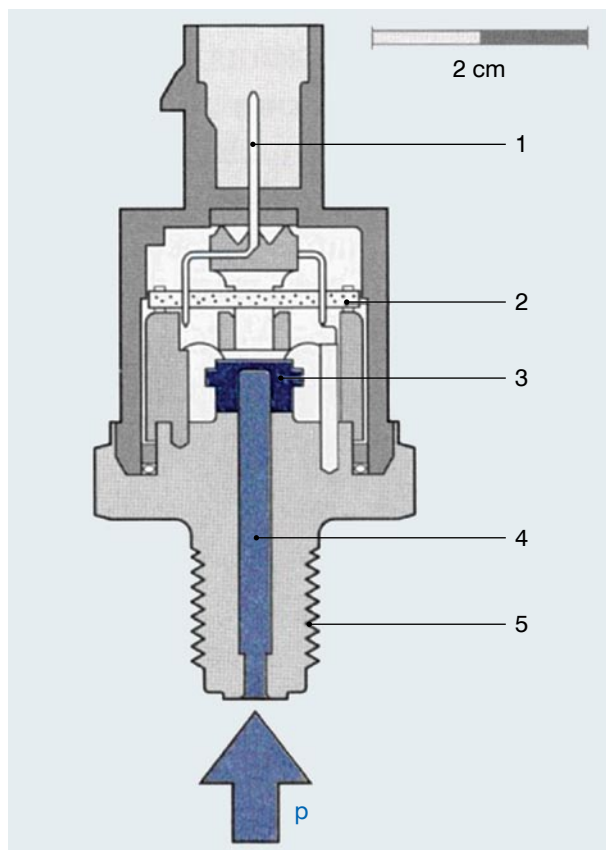
6.6 pav. Atskiros vakuuminės kameros slėgio jutiklio konstrukcija ir bendras vaizdas:  
 1 – apsauginis gelio sluoksnis; 2 – apsauginio sluoksnio korpusas; 3 – stiklinis cokolis; 4 – keraminis pagrindas; 5 – vakuuminė kamera; 6 – matavimo elementas; 7 – išvadai; P – matuojamas slėgis

cokolio. Vakuumas sudaromas atskiroje kameroje tarp matavimo elemento ir cokolio. Šis jutiklis nuo anksčiau nagrinėto jo skiriasi tuo, kad slėgis matavimo tiltelį veikia iš kitos pusės. Šie slėgio jutikliai gali būti su integruotais temperatūros jutikliais.

### 6.3. Sistemoje „Common Rail“ naudojami slėgio jutikliai

Šie jutikliai skirti matuoti aukštam slėgiui „Common rail“ ir „MED Motronico“ tipo akumuliatorinėse maitinimo sistemose (6.7 pav.). Jų matavimo tikslumui ir stabilumui keliami griežtesni reikalavimai, nes tai turi labai didelę įtaką variklio galiai, dujų emisijai, triukšmo lygiui. Matavimo tikslumas viso darbo metu turi būti ne mažesnis kaip 2%.

Jutiklio konstrukcija artima analogiškiems slėgio matuokliams, tik Uitstono matavimo tiltelis iš tenzorezistorių yra užgarintas ant plieninės membranos. Matavimo diapazoną nulemia šios membranos storis. Kuo ji storesnė, tuo didesniems slėgiams matuoti skirtas jutiklis. Matuojant 1500 bar slėgį membrana išlinksta iki 20 mikrometrų. Gauta netiesinė jutiklio charakteristika stiprintuvu ištiesinama. Iš jautraus elemento gautas (0–80) mV išėjimo signalas sustiprinamas iki standartinio 0–5 V lygio. Pagal tai valdymo blokas iš duomenų matricos nustato akumuliatoriuje esančių degalų slėgį.



6.7 pav. Aukšto slėgio jutiklis:

- 1 – jungtis; 2 – stiprintuvas; 3 – plieninė matavimo membrana su tenzorezistoriais;
- 4 – aukšto slėgio kanalas; 5 – tvirtinimo sriegis;
- P – matuojamas slėgis (2000 bar ir daugiau)

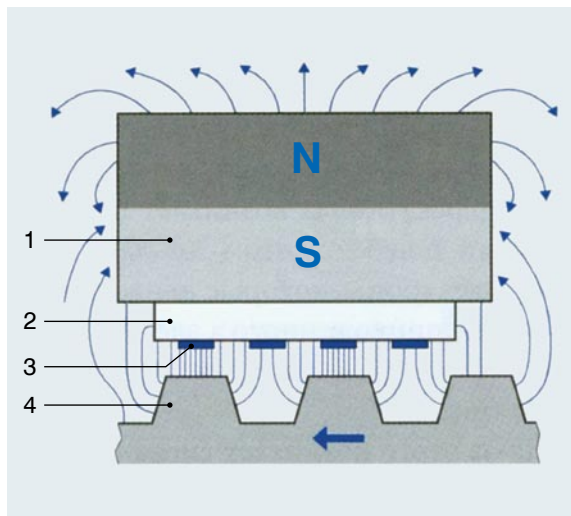
### 6.4. Poslinkio jutikliai

Šios paskirties jutiklių automobilyje daugiausia. Jie teikia informaciją apie linijinį ar spindulinį automobilio mechanizmų, atskirų komponentų pasislinkimą vienas kito atžvilgiu. Pvz., oro matuoklio, droselinės sklendės ar akceleratoriaus pedalo, alkūninio, paskirstymo velenų padėtyr ir kt. Turint signalą apie poslinkį ir analizuojant, koku greičiu tai įvyko, galima nustatyti judėjimo (pasislinkimo) greitį, velenų sūkius ir kt.



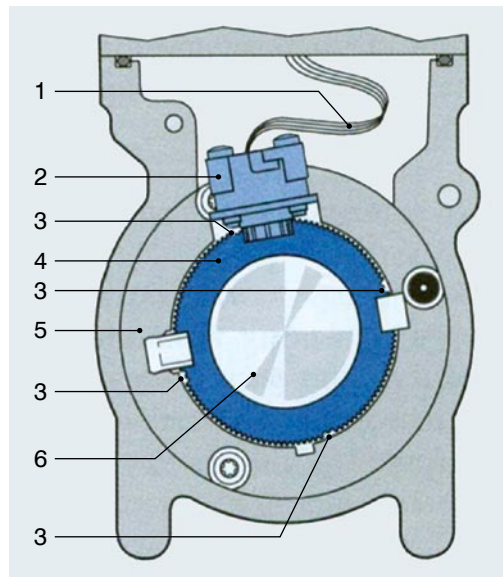
### 6.4.1. Magnetorezistiniai sūkių ir fazės jutikliai

Tikrasis skirstomojo veleno sukimosi dažnis yra vienas iš pagrindinių duomenų, pagal kurį nustatoma aukšto slėgio siurblių elektromagnetinių vožtuvų atidarymo trukmė ir paskuba. Jutiklis nustato dantytos poveržlės (su 120 krumplių), tvirtinamos ant siurblio pavaros veleno, padėtį. Tarp krumplių yra tolygiai išdėstomos žymės, kurių skaičius atitinka



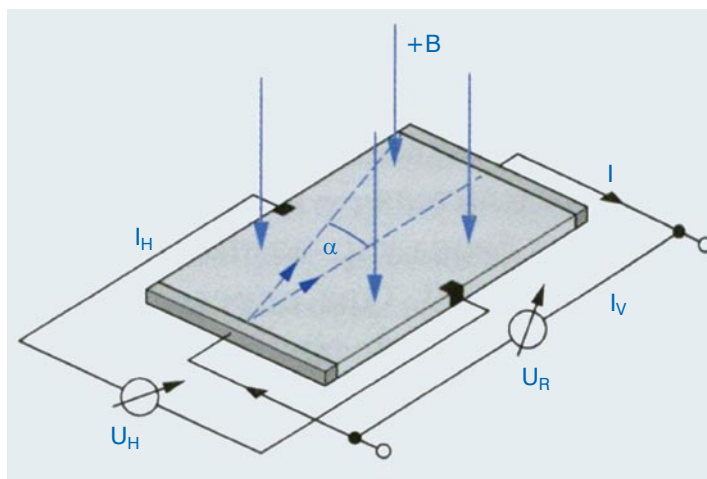
6.8 pav. Magnetorezistinis jutiklis:

- 1 – nuolatinis magnetas; 2 – feromagnetinis antgalis; 3 – magnetorezistorius;
- 4 – krumpliai



6.9 pav. Magnetorezistinio veleno sūkių ir padėties matuoklio konstrukcija:

- 1 – lankstus kabelis; 2 – sūkių ir padėties jutiklis;
- 3 – padėties sektorius; 4 – krumpliaratis;
- 5 – tvirtinimo žiedas; 6 – pavaros velenas



6.10 pav. Holo jutiklio jautrusis elementas (puslaidininkė plokštelė)

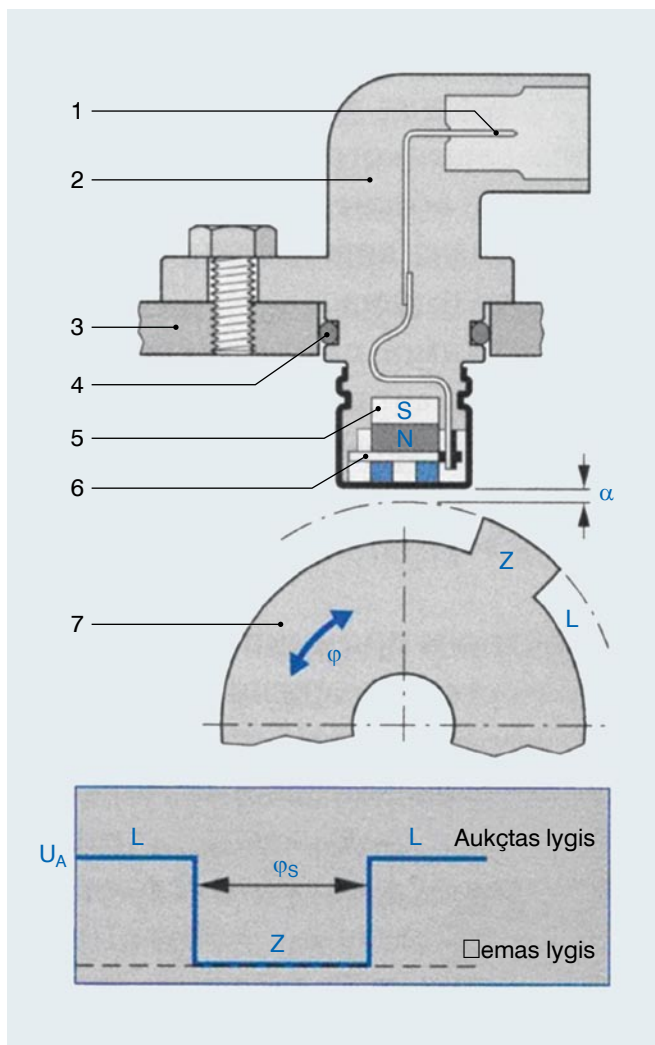
cilindrų skaičių. Matavimui naudojamas dvigubas diferencinis magnetorezistinis jutiklis (rezistoriai, kurių varža priklauso nuo magnetinio lauko poveikio, juose panaudojamas Holo efektas). Keturi dvigubo tiltelio rezistoriai yra sujungti į vieną matavimo schemą.

### 6.4.2. Strypiniai Holo jutikliai

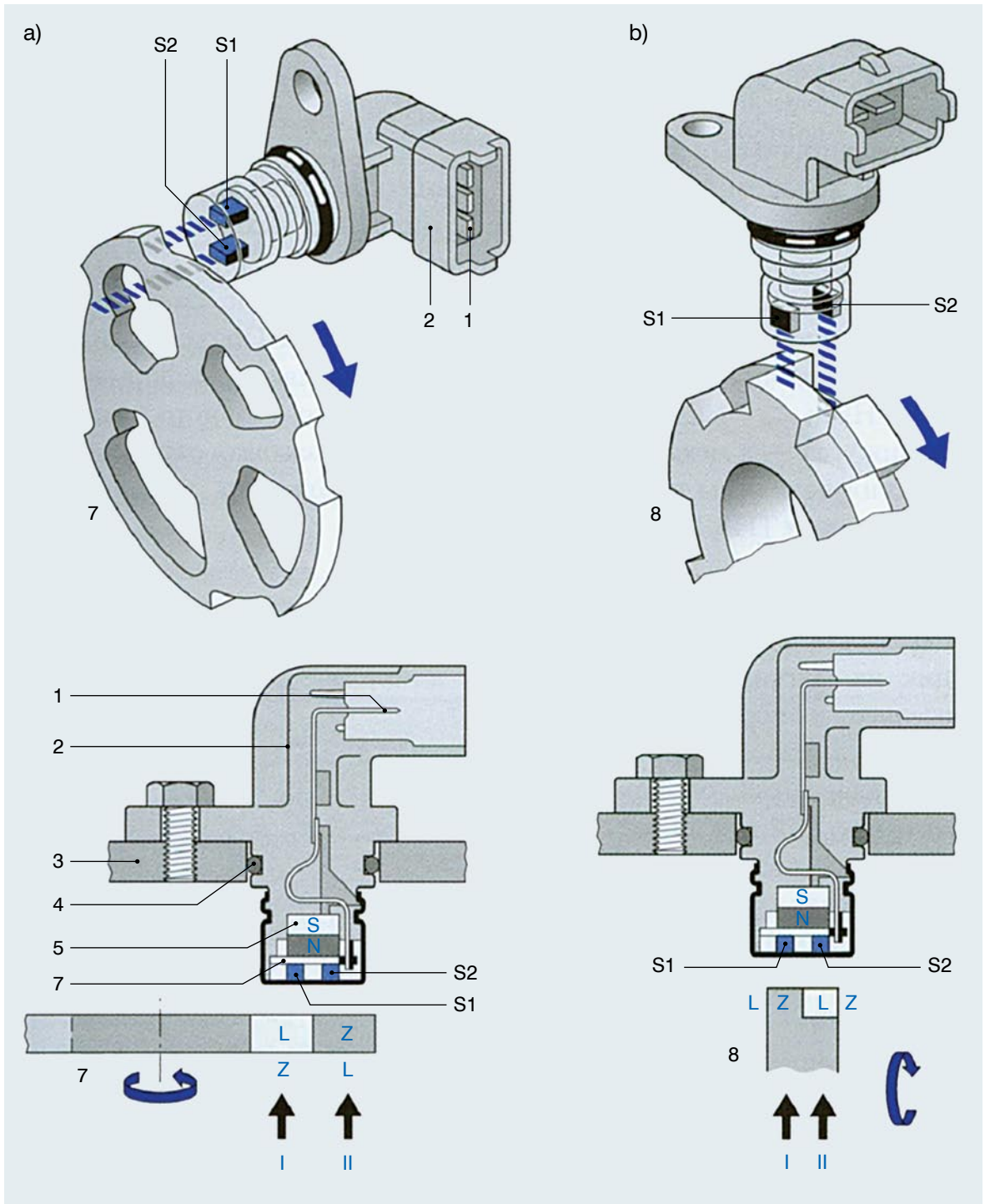
Esama įvairių Holo jutiklių konstrukcijų. Visų jų veikimas paremtas tuo, kad puslaidininke plokštelyje tekant srovei  $I$  (6.10 pav.) ir paveikus ją magnetine indukcija  $B$ , tarp priešingų briaunų atsiranda įtampa  $U_H$ . Ši įtampa gali būti naudojama įvairių įtaisų sūkiams ar poslinkiams matuoti (uždegimo sistemose kibirkšties momentui nustatyti, greičių dėžėje automobilio greičiui nustatyti, akceleratoriaus modulyje pedalo padėčiai nustatyti ir kt.).

Kai Holo jutiklis naudojamas sūkiams matuoti, impulsinį diską iš feromagnetinės medžiagos (7) (6.11 pav., sektoriai arba kiaušymės) suka skirstomasis velenas. Matuoklyje esanti Holo plokštelė su integruotu grandynu (6) įtvirtinta tarp rotoriaus (7) ir nuolatinio magneto (5). Kai magnetinis laukas išilgai kerta Holo elementą (sektorių  $L$ ), generuojama įtampa. Praeidamas sektorių  $Z$  magnetinis laukas keičia kryptį (ekranuoja), įtampa sumažėja. Generuota Holo EVJ yra milivoltų dydžio, nepriklauso nuo sūkių, čia pat sustiprinami ir suformuojami stačiakampiai impulsai.

Kai reikia didesnio tikslumo, naudojami diferenciniai strypiniai fazės jutikliai, kurie mažiau jautrūs oro tarpelio keitimuisi, atsparūs temperatūros pokyčiams. Šiuose jutikliuose įtaisyti du Holo elementai –  $S_1, S_2$ , tvirtinami prieš spindulinį arba plokštuminį obturatorių (6.12 pav.).



6.11 pav. Holo strypinis fazės jutiklis:  
 1 – jungtis; 2 – korpusas; 3 – tvirtinimo sienelė;  
 4 – tarpinė; 5 – nuolatinis magnetas;  
 6 – Holo plokštelė su integruotu grandynu;  
 7 – impulsinis diskas;  $\alpha$  – oro tarpas;  
 $\varphi$  – posūkio kampas

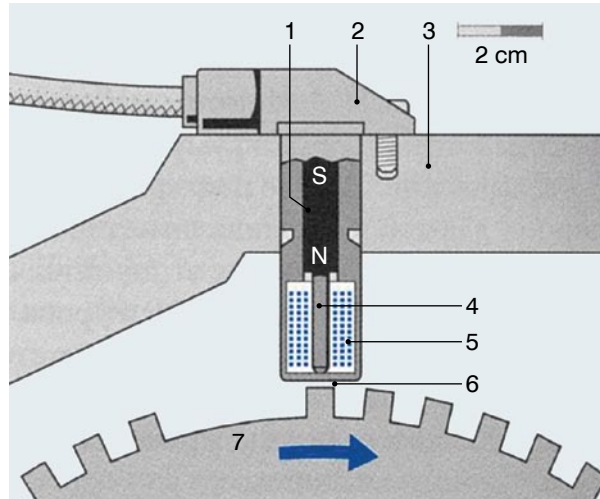


6.12 pav. Holo strypiniai diferenciniai fazės jutikliai:

*a* – aksialinis dviejų takelių obtiuratorius; *b* – spindulinis dviejų takelių obtiuratorius;  
 1 – jungtis; 2 – korpusas; 3 – tvirtinimo sienelė; 4 – tarpinė; 5 – nuolatinis magnetas;  
 6 – diferencinė schema su elementais S1 ir S2; 7, 8 – dviejų takelių obtiuratorius;  
 I – pirmasis takelis; II – antrasis takelis

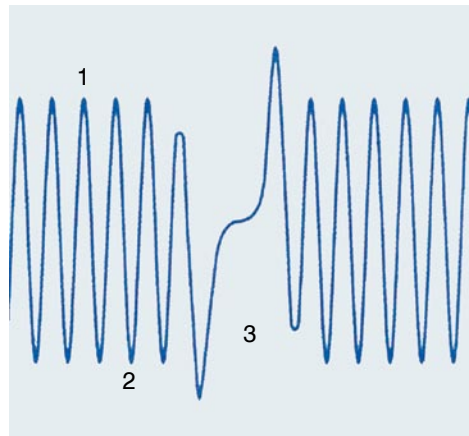
## 6.5. Induktyvieji sūkių ir padėties jutikliai

Šie jutikliai (6.13 pav.) yra gana dažnai naudojami. Jie yra generatoriaus tipo ir tinka sūkiams, poslinkiams, padėčiai matuoti (alkūninio veleno sukimosi greičio ir padėties, rato stebulės sukimosi greičio ir kt.). Jutikliai montuojami prieš metalinį dantytą krumpliaratį (palikus nuo jo nedidelį tarpelį). Jutiklio apvija (5) suvyta ant magnetolaidžio (4) ir nuolatinio magneto (1). Sukantis velenui, keičiasi magnetinio lauko stipris. Magnetinio lauko kitimas sukelia nuo kelių mV iki 100 V EVJ atsiradimą apvijoje. Naudojant specialios konstrukcijos krumpliaratčius, pagal gautą signalą vienu jutikliu galima išmatuoti sūkius ir nustatyti veleno padėtį (6.14 pav.).



6.13 pav. Induktyvusis veleno sūkių ir padėties jutiklis:

1 – nuolatinis magnetas; 2 – korpusas; 3 – tvirtinimo apkaba, korpusas; 4 – magnetolaidžio antgalis; 5 – ritė; 6 – oro tarpelis; 7 – krumpliaratinis diskas su padėties sektoriumi



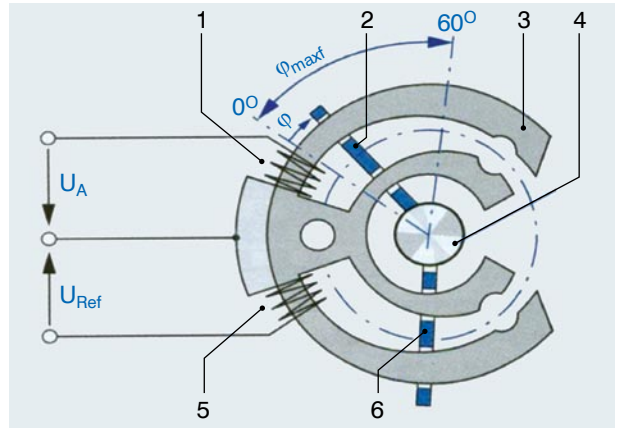
6.14 pav. Veleno sūkius ir padėtį matuojančio induktyviojo jutiklio signalas:

1, 2 – signalas nuo krumplių veleno sukimosi greičiui nustatyti;  
3 – signalas nuo padėties sektoriaus veleno padėčiai nustatyti



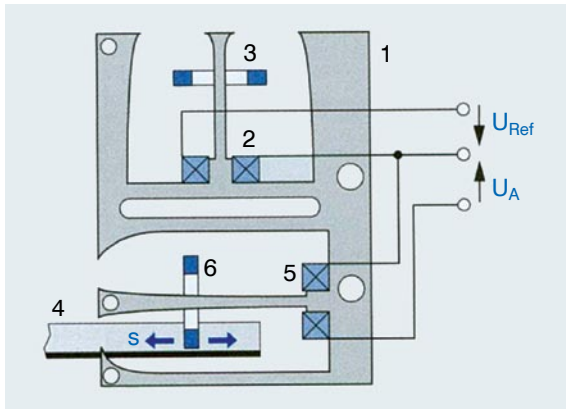
## 6.6. Pusiau diferenciniai su trumpai jungta vija poslinkio jutikliai

Šio tipo jutikliai (6.15–6.17 pav.) naudojami tiksliems įtaisų tiesiniams ir spinduliniams poslinkiams matuoti ir nustatyti aukšto slėgio degalų siurbliuose. Linijiniai išėjimo duomenys gaunami pusiau diferenciniu jutikliu. Jį sudaro magnetolaidis, ant kurio tvirtinamos dvi apvijos ir dvi trumpai jungtos vijos. Jas vadina atitinkamai – matavimo ir atramine. Prie trumpai jungtos matavimo vijos tvirtinamas matuojamasis dydis, per matuojamąją apviją teka pastovaus dydžio kintamoji srovė. Trumpai jungtos vijos ekranuoja susidarantį magnetinį lauką, tačiau judant matavimo vijai, proporcingai poslinkiui keičiasi įtampų santykis  $U_A/U_{Ref}$ .



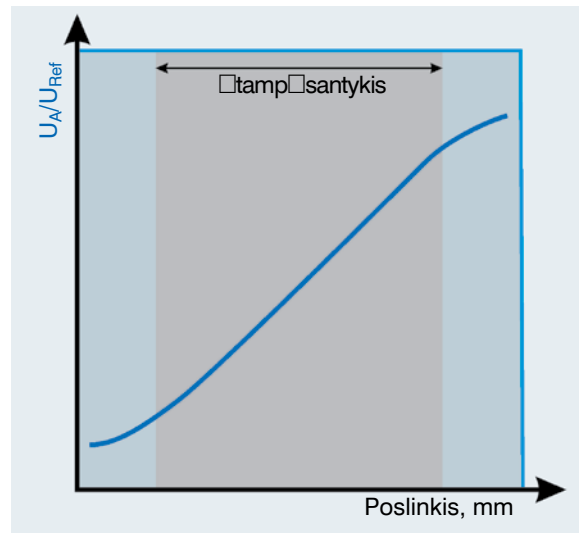
6.15 pav. Spindulinio poslinkio jutiklis (aukšto slėgio degalų siurbliuose):

- 1 – matavimo ritė; 2 – trumpai jungta matavimo vija; 3 – magnetolaidis;
- 4 – ASDS skirstomasis velenas; 5 – atraminė apvija; 6 – trumpai jungta atraminė vija;
- $\varphi_{max}$  – ASDS skirstomojo veleno pasisukimo diapazonas;  $\varphi$  – matuojamas kampas;
- $U_A$  – išėjimo įtampa;  $U_{Ref}$  – atraminė įtampa



6.16 pav. Tiesinio poslinkio jutiklis:

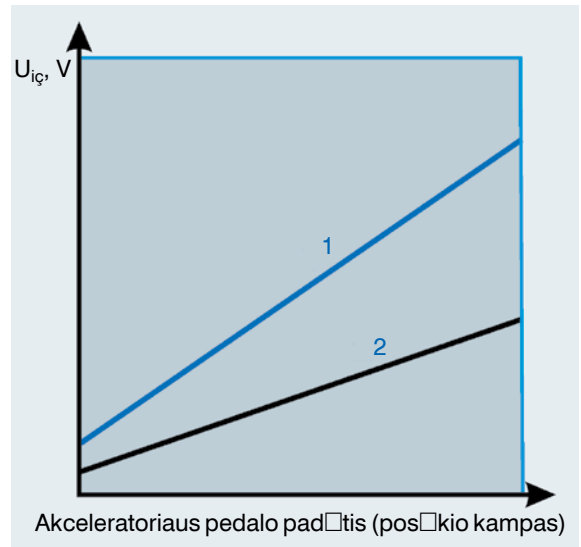
- 1 – magnetolaidis; 2 – atraminė apvija;
- 3 – trumpai jungta atraminė vija;
- 4 – ASDS krumpliaštiebis-slankiklis;
- 5 – matavimo apvija; 6 – trumpai jungta matavimo vija; S – kreipiamosios eiga;
- $U_A$  – išėjimo įtampa;
- $U_{Ref}$  – atraminė įtampa



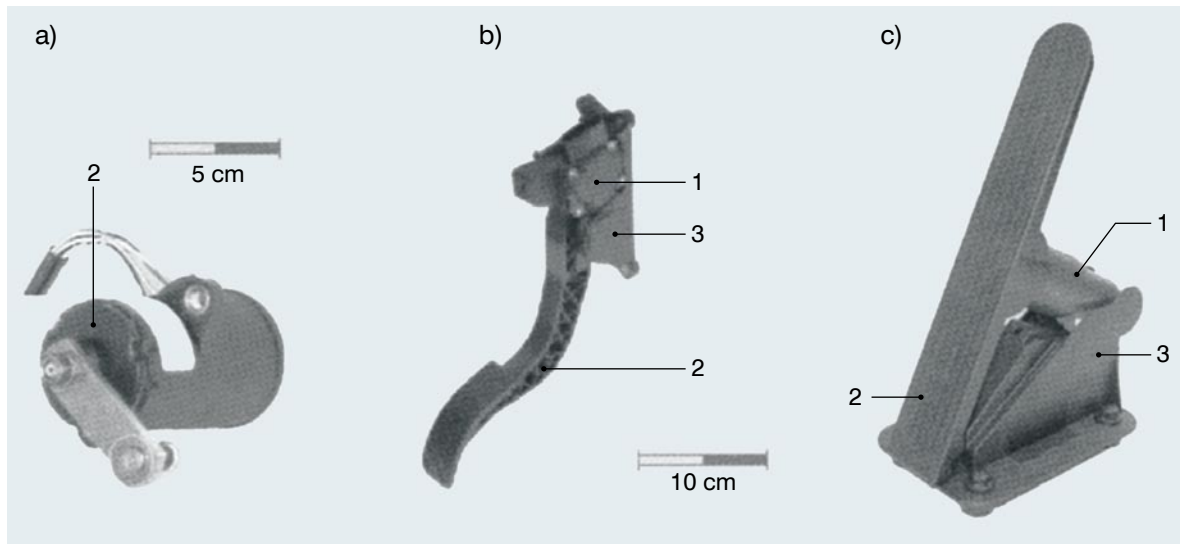
6.17 pav. Pusiau diferencinio su trumpai jungta vija jutiklio išėjimo įtampos priklausomybė nuo poslinkio

## 6.7. Akceleratoriaus pedalo padėties poslinkio jutikliai

Senesnės kartos automobiliuose vairuotojas, spausdamas akceleratoriaus pedalą, per mechaninę pavarą (trosą) keitė droselinės sklendės ar aukšto slėgio degalų siurblio slankiklio padėtį. Elektroninėje valdymo sistemoje atsisakoma mechaninio ryšio, jutiklis akceleratoriaus pedale valdymo blokui perduoda atitinkamą elektrinį signalą apie pastarojo poslinkį ar kampinę padėtį. Įtaise yra grandinių konstrukcija, joje gali būti naudojami potenciometriniai arba Holo principu veikiantys jutikliai. Patikimumui padidinti naudojamos atsarginės sistemos, t. y. du lygiagrečiai veikiantys jutikliai. Dubliuojantis jutiklis, palyginti su pagrindiniu, tiekia perpus mažesnę įtampą.



6.18 pav. Akceleratoriaus grandinės potenciometrinių jutiklių (pagrindinio ir dubliuojančiojo) išėjimo signalo priklausomybė nuo pedalo padėties: 1 – pagrindinio jutiklio išėjimo įtampa, 2 – rezervinio jutiklio išėjimo įtampa



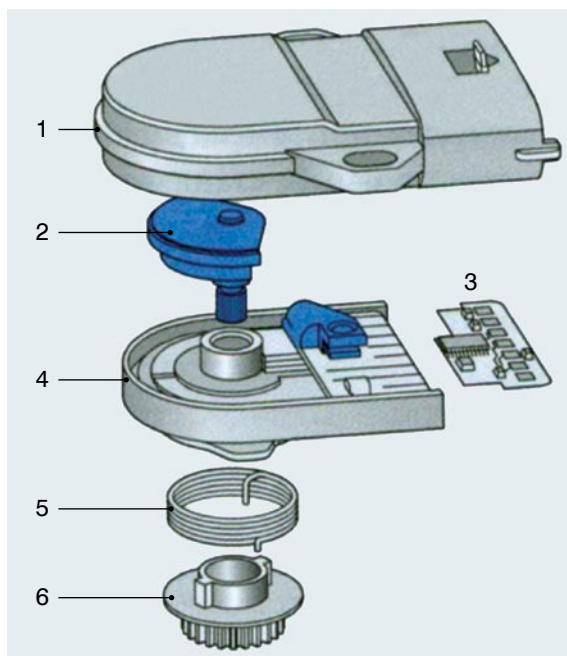
6.19 pav. Pedalo konstrukcijos: 1 – jutiklis; 2 – akceleratoriaus pedalas; 3 – pedalo sistema; a – atskiras jutiklis; b – pakabinamoji sistema; c – tvirtinama prie grindų sistema



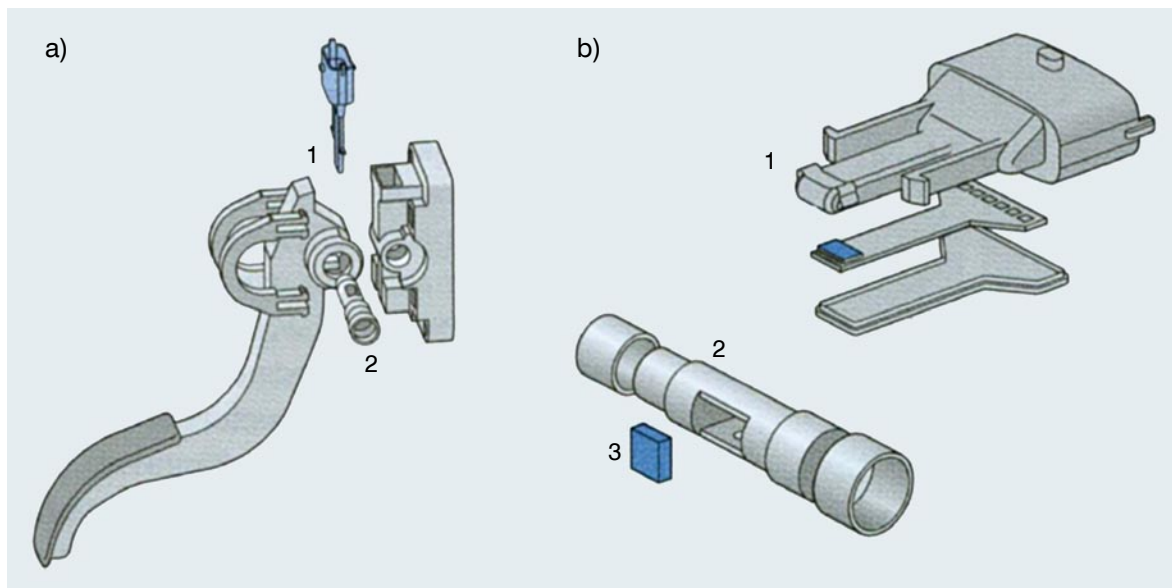
## 6.8. Kampiniai Holo principu veikiantys akceleratoriaus pedalo poslinkio jutikliai

Šių jutiklių veikimas pagrįstas judamojo magneto matavimo principu. Matavimo sektoriaus dydis yra iki  $90^\circ$ . Sukant rotorių (1) magnetinis srautas užsidaro per polių (2), du magnetolaidžius (3) ir ašį (6). Pagal tai, kokia rotoriaus kampinė padėtis, didesnio ar mažesnio intensyvumo magnetinis srautas kerta abu magnetolaidžius su juose esančiu Holo jutikliu. Tokia konstrukcija matavimo diapazone pateikia absoliučiai tiesinę jutiklio išėjimo signalo charakteristiką.

Galima kita, paprastesnė konstrukcija – čia magnetas apie Holo jutiklį juda lanku. Matavimo signalas gaunamas artimas sinusiniam. Kad būtų pailginta linijinė charakteristikos dalis, Holo kristalas tvirtinamas ne lanko centre, o šiek tiek šone. Gautas signalas pakankamai linijinis  $180^\circ$  sektoriuje.



6.20 pav. Akceleratoriaus pedalo kampinio poslinkio Holo jutiklio konstrukcija:  
1, 4 – korpusas; 2 – rotorius; 3 – integruotas grandynas su Holo jutikliu;  
5 – grąžinimo spyruoklė; 6 – pavaros krumpliaratis



6.21 pav. Akceleratoriaus pedalo konstrukcija:  
a – pedalo konstrukcija; b – pedalo konstrukcijos detalės; 1 – Holo jutiklis; 2 – ašis;  
3 – magnetas

## 7. UŽDEGIMO SISTEMOS (US)

### 7.1. Bendrosios žinios

Uždegimo sistemà uždegamas degusis mišinys vidaus degimo variklio kameroje. Benzininiame Oto variklyje degusis mišinys užsiliepsnoja nuo lankinio išlydžio iškroviklyje – žvakėje. Dyzeliniame – savaime nuo įkaitusio suslėgto oro. Eksperimentuojama degųjų mišinį uždegti lazerio spinduliu.

Uždegimo sistemos paskirtis – garantuoti sklandų ir stabilų degimo procesą, ekonomišką ir ekologišką variklio veikimą. Tik tada, kai šis procesas vyksta kokybiškai, visa degaluose sukaupta energija efektyviai išnaudojama automobilio slenkamajam judesiui gauti.

Šių tikslų siekiama visomis automobilio valdymo sistemomis, tačiau uždegimo sistema bene labiausiai nulemia degimo proceso kokybę, pageidaujamą rezultatą.

Oto variklio uždegimo sistemą sudaro:

1. Žemosios įtampos srovės šaltinis (akumulatorius, generatorius).
2. Pertraukiklis (mechaninis, elektroninis padėties ir poslinkio jutiklis).
3. Valdymo blokas (mechaninis, elektroninis, mikroprocesorinis).
4. Aukštosios įtampos ritė (1, 2, 4, 6, 8 aukštosios įtampos išvadų).
5. Paprasti arba išskirstytų parametrų aukštosios įtampos laidai (jų gali ir nebūti).
6. Įvairių konstrukcijų uždegamoji žvakė.
7. Aukštosios įtampos skirstytuvas (mechaninis, elektroninis).

Pagal šių įrenginių tipus uždegimo sistemos gali būti **magnėtinės** ir **batėrinės** su daugybe konstrukcijos ir schemos modifikacijų.

Magnetinės uždegimo sistemos veikia be akumulatorinės baterijos. Energiją joms tiekia veikiantis variklis ir vidinis elektros generatorius (generatoriui reikalingą energiją suteikiame įsukdami jį virvute).

Baterinėse uždegimo sistemose elektros energiją tiekia akumulatorius ir generatorius kartu. Jie veikia lygiagrečiai (per paleidimo fazę energiją tiekia akumulatorius, o abiem veikiant – tas šaltinis, kurio įtampa didesnė). Šie maitinimo šaltiniai – tai 6, 12, 24 ar 48 V įtampos dydžio akumuliatorių baterijos, kurių įtampa transformuojama (keičiama) į 15–35 kV dydžio įtampą, reikalingą degiamam mišiniui uždegti. Atliekama tai per tarpinį induktyvųjį ar talpinį energijos kaupiklį. Jame būtinas energijos kiekis iš pradžių kaupiamas elektriniame arba magnetiniame lauke, kad vėliau reikiamu momentu (vienu ar keliais trumpais impulsais) energija kibirkšties pavidalu patektų į žvakės tarpelektrodinį tarpelį. Ši veiksmų seka su mažais, ne esminiais skirtumais būdinga visoms Oto variklių uždegimo sistemoms.

Dyzeliniame variklyje degiamam mišiniui uždegti, t. y. jam suspausti naudojama dalis jau veikiančio variklio energijos, o baterija kaip energijos šaltinis veikia tik variklio užvedimo momentu.

Dažniausiai Oto variklyje naudojama degimo kamera su viena žvake, o uždegimo sistema generuoja tik vieną kibirkštį – iškrovą. Tačiau yra automobilių modelių, kuriuose degimo kameroje naudojamos dvi žvakės, ar patikimiau degalams uždegti formuojamas „kibirkščių

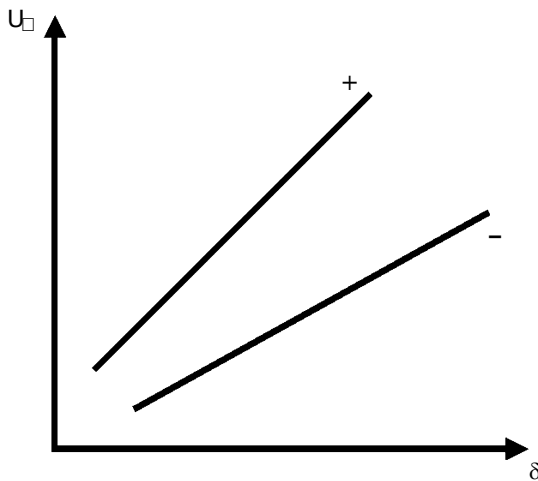
paketas“ – keli vienas paskui kitą vykstantys išlydžiai. Tokios daugiakibirkštės ar dviejų žvakių uždegimo sistemos yra sudėtingesnės, tačiau pagerėja degimo procesas. Galima manyti, kad jų vis daugės.

Oto variklio uždegimo sistema privalo:

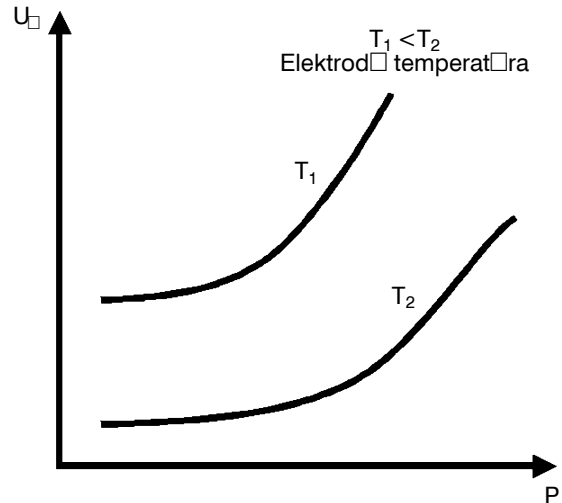
1. Generuoti pakankamo dydžio pramušimo įtampą ( $U_z$ ) tarpeliui tarp žvakės elektrodų pramušti.
2. Kad stabiliai veiktų uždegimo sistema, išgauti pakankamos energijos  $E$  kibirkštį.
3. Kibirkštį įžiebtį tam tikru procesui tinkamu momentu – stūmokliui artėjant prie viršutinio galinio taško (uždegimo paskuba).
4. Nespinduliuoti į aplinką radijo trikdžių.
5. Veikti ekonomiškai ir patikimai.

### 7.1.1. Pramušimo įtampa $U_z$

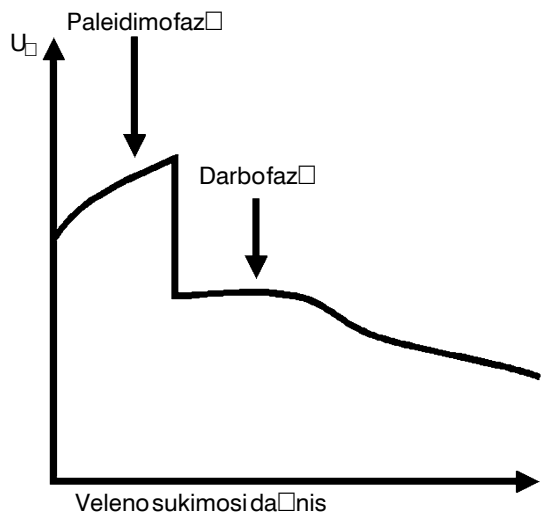
Tai yra minimali įtampa, kurios sukurto elektros lauko pakanka tarpeliui tarp elektrodų jonizuoti, kad susidarytų elektros lankas. Pramušimo įtampos dydis labai priklauso nuo aplinkos, kurioje vyksta lankinis išlydis, t. y. slėgio kameroje  $P$ , temperatūros  $T$  ir tarpelio tarp žvakės elektrodų  $\delta$ .



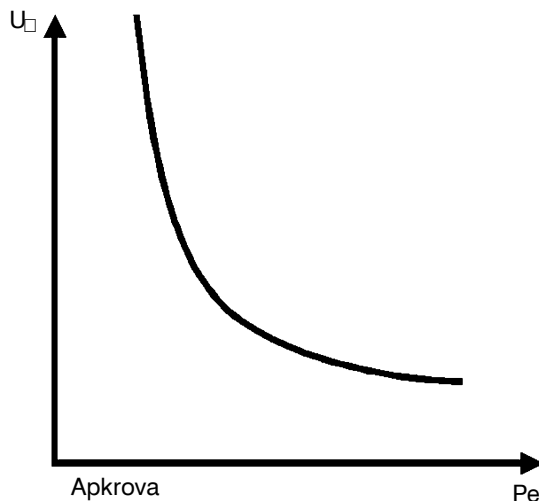
7.1 pav. Pramušimo įtampos priklausomybė nuo tarpo tarp elektrodų ir elektrodo potencialo ženklo (+ ar -). Didėjant tarpui tarp žvakės elektrodų pramušimo, įtampa didėja. Ji didėja esant teigiamajam žvakės centriniam elektrodai.



7.2 pav. Pramušimo įtampos priklausomybė nuo slėgio kameroje ir elektrodų temperatūros. Pramušimo įtampa didėja, didėjant slėgiui kameroje ar esant šaltesniems elektrodams.



7.3 pav. Pramušimo įtampos priklausomybė nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio (paleidimo ir veikimo fazėse). Didėjant alkūninio veleno sukiamam, pramušimo įtampa mažėja.



7.4 pav. Uždegimo įtampos priklausomybė nuo apkrovos. Apkrovai didėjant, pramušimo įtampa mažėja.

Grafikai (7.1, 7.2, 7.3, 7.4 pav.) rodo sudėtingą termoelektrinį procesą, vykstantį degimo kameroje. Mažesnės pramušimo įtampos pakanka, kai:

1. Mažesnis tarpelis tarp elektrodų.
2. Esant neigiamajam žvakės centriniam elektrodai.
3. Esant mažesniai slėgiui cilindre.
4. Esant karštesniems elektrodams.

Varikliui veikiant įvairiais darbo režimais, kinta pramušimo aplinka ir sąlygos.

Siekiant greitai uždegti mišinį, į žvakių elektrodus generuojama 15–35 kV įtampa, kuri 1,5–2 kartus viršija minimalią pramušimo įtampą  $U_z$ . Tokia atsarga nulemia gerą degiojo mišinio uždegimą, esant pačioms nepalankiausioms sąlygoms. Nustatyta, kad esant 1 mm tarp-elektrodiniam tarpeliui ir 6,5–9 Pa suslėgimo laipsniui, paleidžiant šaltą variklį reikia 15–20 kV, o veikiant įkaitusiam pakanka 10–15 kV dydžio aukštosios įtampos.

Svarbus ir uždegimo įtampos impulso fronto augimo greitis. Jei jis pakankamai didelis, rečiau pasireiškia žalingas žvakės kontaktų apanglėjimo šuntuojamasis poveikis. Paprastai jis svyruoja (300–800 V/ms). Šiuo požiūriu uždegimo sistemos su talpiniais energijos kaupikliais yra pranašesnės. Jų uždegimo impulso priekinio fronto statumas yra daug didesnis už induktyviuosius kaupiklius naudojančias uždegimo sistemas.

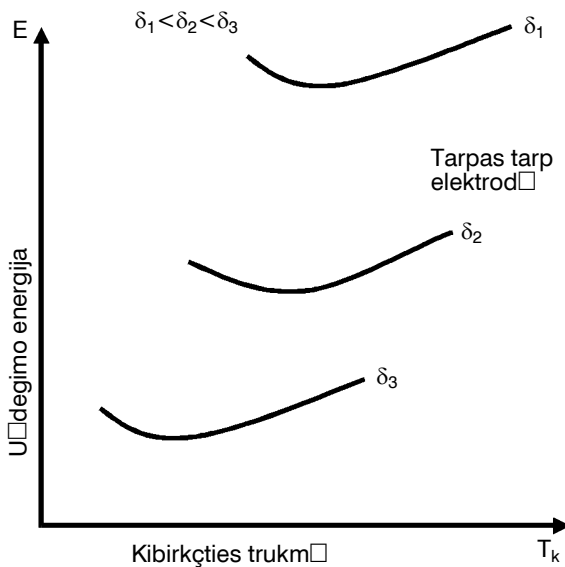
Kibirkšties degimo laikas svyruoja: sistemose su induktyviuoju energijos kaupikliu – nuo 0,3–5 ms, su talpiniu – 0,1 ms.

## 7.1.2. Kibirkšties energija E

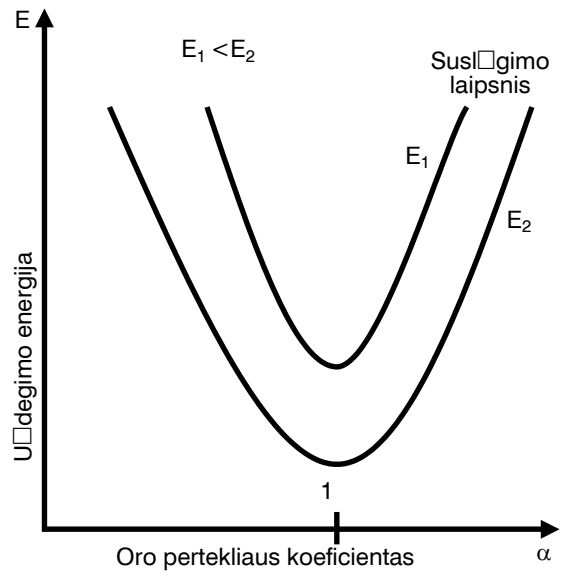
Norint kokybiškai, stabiliai ir patikimai uždegti degųjų mišinį, kibirkštis turi būti pakankamos energijos. Reikalingas energijos kiekis sukaupiamas (akumuliuojamas) uždegimo sistemos kaupiklyje. Jis parenkamas pagal mišinio sudėtį, tankį, temperatūrą ir tarpelį tarp žvakės elektrodų (7.5 pav.). Kai variklis šaltas, didinant suspaudimo laipsnį (7.6 pav.) ar tarpelektrodinį tarpelį, naudojant ne stochiometrinės sudėties degalus, tenka didinti ir uždegimo kibirkšties energiją. Kai variklis išilęs, mišiniui uždegti pakanka mažesnės energijos kibirkšties. Praktiškai parenkama minimali energijos kibirkštis, bet tinkanti visiems variklio veikimo režimams. Energijos kiekis Oto variklio degimo kameroje mišiniui uždegti svyruoja nuo 10 iki 50 mJ.

Paleidžiant šaltą variklį sunaudojama 15–50 mJ, o jam veikiant pakanka 10–15 mJ energijos kiekio. Tiesioginio įpurškimo varikliuose patikimam degimo procesui gauti kibirkšties energiją tenka didinti iki 100 mJ. Mat intensyviai sukuriuojant degalams, esant didesniai slėgiui kameroje, kibirkštis gali būti nupūsta ir sunkiau ją įžiebtį, todėl jos šaltinis turi būti galingesnis. Geri rezultatai gaunami naudojant kintamosios srovės daugiakibirkštes uždegimo sistemas.

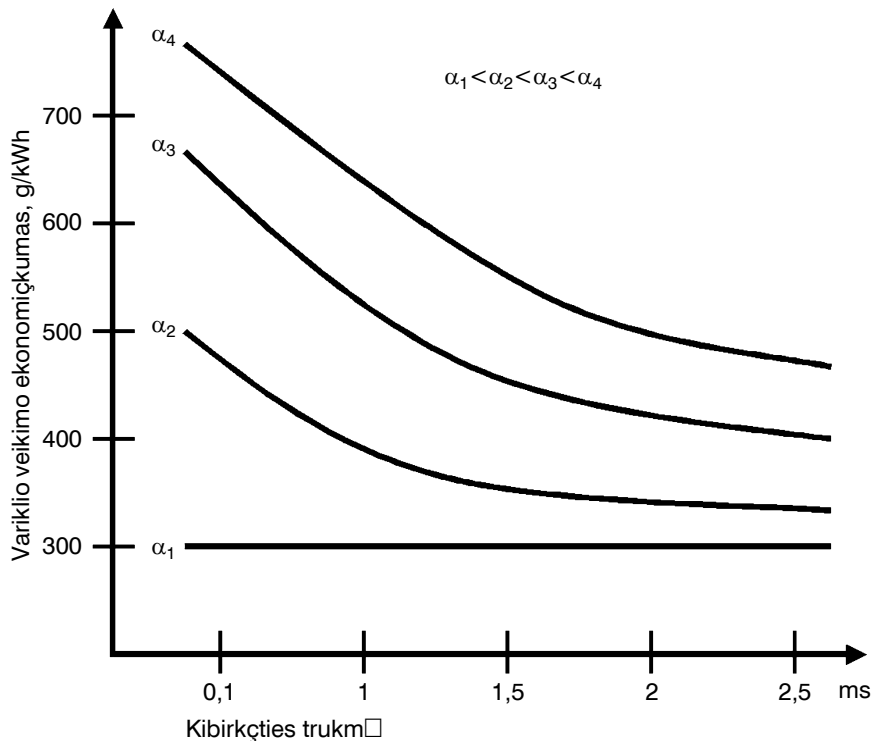
Galingesnę kibirkštį gausime, jei didinsime jos įtampą, srovę ir trukmę.



7.5 pav. Mišinio uždegimo energijos priklausomybė nuo kibirkšties trukmės ir tarpelio tarp žvakės elektrodų. Mažinant tarpą tarp elektrodų, mišiniui uždegti reikia daugiau energijos.



7.6 pav. Mišinio uždegimo energijos priklausomybė nuo mišinio sudėties ir suslėgimo laipsnio. Esant vienodam oro pertekliaus koeficientui, kibirkšties energijos reikės daugiau, kur mažesnis suslėgimo laipsnis.



7.7 pav. Variklio ekonomiškumo priklausomybė nuo kibirkšties trukmės ir mišinio sudėties. Ilgiau trunkanti kibirkštis uždega liesesnius mišinius.

### 7.1.3. Uždegimo paskuba

Alkūninio veleno padėtis iki viršutinio galinio taško įžiebiant kibirkštį, išreikšta posūkio laipsniais, vadinama **paskubės kampū**, arba **uždegimo paskuba**. Šis kampas nėra pastovus visiems variklio darbo režimams. Uždegimo sistemos uždavinys – keičiantis sūkiams, apkrovai, temperatūrai, vykstant detonaciniams reiškiniams pasirinkti tinkamo dydžio uždegimo paskubą. Jau seniausiuose automobiliuose naudoti vienokio ar kitokio tipo paskubos kampo reguliatoriai (rankiniai ar automatiniai ir mechaniniai). Visi jie paskubos kampą keitė pagal du pamatinius variklio veikimo režimo parametrus – apkrovą ir sūkius. Šiuolaikiniuose varikliuose, komplektuojamuose su elektroniniais valdikliais, paskubos kampas, be klasikinės priklausomybės, dar yra keičiamas ir dėl kitų veikimo rodiklių.

Kai kuriais atvejais konstrukcijai supaprastinti ar atsiradus neesminių uždegimo sistemos gedimų, nepaisydami ekonomiškumo, paskubos kampą galime fiksuoti vidutinės vertės dydžio ir varikliui veikiant nekeisti. Varikliai, naudojantys mikroprocesorines uždegimo sistemas, turi avarinį veikimo režimą – kelionėje atsiradus uždegimo sistemos nesklaidumams, toliau veikia nekintamu paskubos kampu ir galima nuvažiuoti iki artimiausios techninės priežiūros stoties.

Didžiausia variklio galia pasiekama, kai didžiausias deginių slėgis kameroje yra stūmokliui atitolus  $12^\circ$  nuo viršutinio galinio taško.

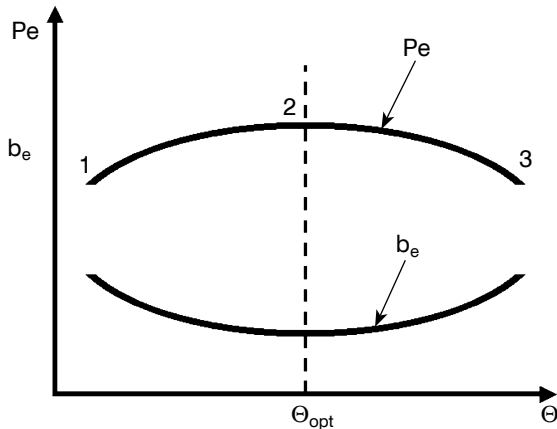


Keičiantis alkūninio veleno sūkiams nuo 0 iki 6000 sūk./min., o kibirkšties degimo laikui nuo 0,1–5 ms, degųjų mišinį tenka uždegti stūmokliui artėjant prie viršutinio galinio taško 0–50° ruože (kai kuriais specifiniais atvejais paskubos kampas gali būti ir neigiamasis).

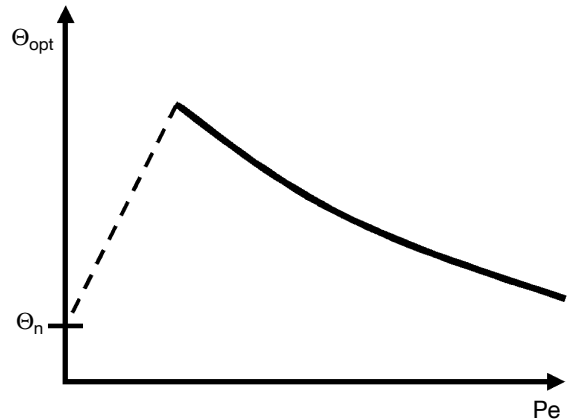
Degųjų mišinį uždegus per anksti, besiplečiančios dujos stabdo alkūninio veleno sukimąsi, per vėlai – silpnai jį suka. Abiem atvejais pereikvojama degalų.

Bendrais bruožais išnagrinėti mišinio degimo ypatumai ir būtinos sąlygos šio proceso kokybei būdingi abiejų tipų varikliams ir jų uždegimo sistemoms.

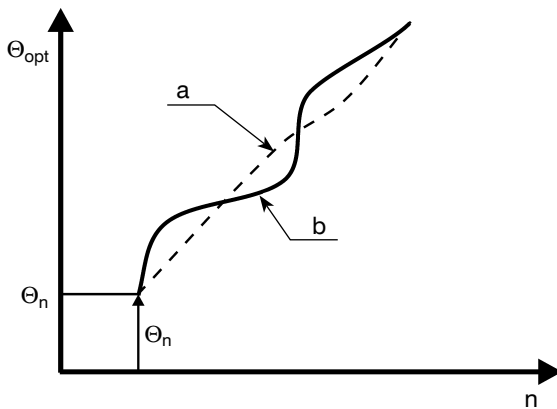
Degųjų mišinį reikia padegti patikimai ir laiku. Nuo to, kaip tai bus atlikta, labai priklauso variklio galia, ekonomiškumas, ekologiškumas.



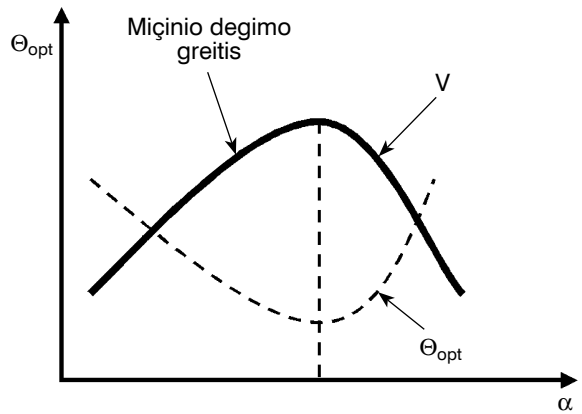
7.8 pav. Paskubos kampo įtaka variklio galiai  $P_e$  ir degalų sąnaudoms  $b_e$



7.8.1 pav. Paskubos kampo priklausomybė nuo apkrovos  $P_e$



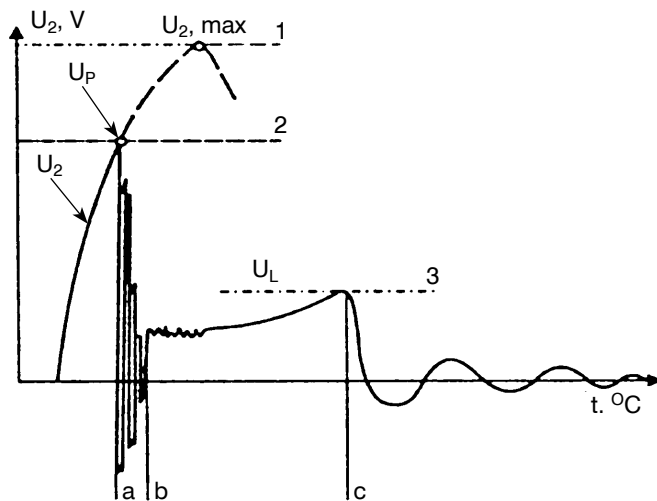
7.8.2 pav. Paskubos kampo priklausomybė nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio  $n$ . Kreivė  $a$  – taip reikia reguliuoti. Kreivė  $b$  – taip reguliuoja mechaninis vakuuminis ir išcentrinis reguliatoriai.



7.8.3 pav. Paskubos kampo priklausomybė nuo oro pertekliaus koeficiento  $\alpha$



kuojasi elektrovara. Kai srovė  $I_1$  pasiekia didžiausią vertę (kada magnetinio lauko pokytis per laiko vienetą didžiausias), pertraukiklio kontaktai atsidarą. Staiga nykstantis magnetinis laukas indukuoja aukštąją įtampą antrinėje transformatoriaus apvijoje. Ji pagal eiliškumą mechaniniu skirstytuvu nukreipiama į reikiamą cilindro žvakę. Kondensatorius C apsaugo pertraukiklio P kontaktus nuo pernelyg didelio kibirkščiavimo, o kraudamasis nuo indukuojamos EVJ (apie 200–300 V), pagreitina magnetinio lauko mažėjimą, kartu didindamas aukštąją įtampą apvijoje  $W_2$ .



7.11 pav. Aukštosios įtampos formavimo ciklas uždegimo sistemoje

Šis keliais pamatiniais elektro-

technikos dėsniais besiremiantis aukštosios įtampos sudarymo principas ir veiksmų seka tin-ka daugumai uždegimo sistemų. Išimtį sudaro tik su talpiniu kaupikliu ar magnetolaidžio įsotinio principu veikiančios uždegimo sistemos (esant talpiniam kaupikliui, reikalingas kibirkščiai energijos kiekis sukaupiamas kondensatoriaus elektriniame lauke, kondensatorius gali būti įkraunamas iki 300–400 V įtampos).

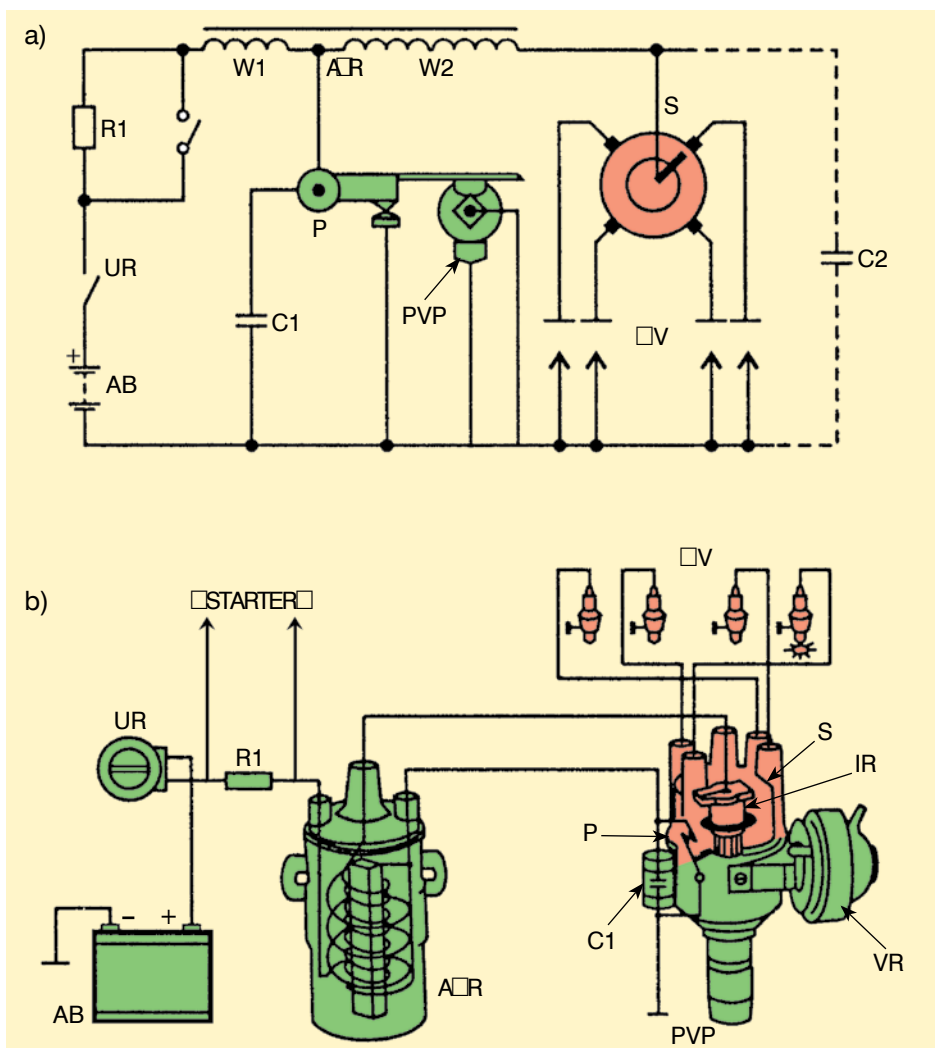
Aukštosios įtampos formavimo ciklas uždegimo sistemoje vyksta taip: kai srovė  $I_1$  (7.10 pav.) pirminėje uždegimo ritės apvijoje nutraukiama, magnetinis laukas greitai mažėja. Dėl to antrinės apvijos įtampa  $U_2$  padidėja iki pramušimo įtampos  $U_p$  (7.11 pav.), tarp žvakės elektrodų įvyksta kibirkštinė iškrova. Energija, sukaupta kibirkščiai sudaryti, pasiskirsto talpinėje ir induktyviojoje fazėje (terpėje). Iškvrovos pradžioje vyksta talpinė (sritis a–b), o po to – induktyvioji (sritis b–c) fazė. Vykstant talpinės fazės iškvrovos ciklui, naudojama energija, kurią sukaupė pirminės ir antrinės apvijos išskirstyta talpa. Kadangi šiuo metu kibirkštis kelias stipriai jonizuotas ir turi mažą varžą, srovė gali išaugti iki kelių dešimčių ar net šimtų amperų. Talpinės fazės trukmė maža, baigiasi po 1–3 mikrosekundžių, po to seka induktyvioji iškvrovos fazė. Ji yra baigiančių degių dujų rusenančio išlydžio pavidalo, t. y. uždegimo ritėje likusio po talpinės fazės magnetinio lauko energija. Induktyviosios fazės trukmė daug didesnė už talpinę ir lygi kelioms milisekundėms. Rusenančio išlydžio srovė neviršija dešimčių miliamperų. Uždegimo sistemoje su induktyviuoju kaupikliu talpinės fazės energija 5–15 mJ, o induktyviosios – 50–100 mJ.

Mišinys normaliai veikiančio variklio kameroje užsiliepsnoja talpinėje fazėje, kai uždegamosios žvakės kibirkštis temperatūra yra didžiausia (apie 10 000 K). Induktyviosios fazės parametrai (trukmė, energija) daro didesnę įtaką degimui ir variklio charakteristikoms (galiai, ekonomiškumui, toksiškumui). Talpinė fazė yra pirminis mišinio uždegimo veiksnys, užtikrinantis vidaus degimo variklio darbo stabilumą ir uždegimo momento valdymo tikslumą.

Talpinė fazė, kurioje generuojami aukšto dažnio virpesiai, yra pagrindinis radijo truk-

džių skleidimo šaltinis. Pasibaigus lankiniam išlydžiui, dar likusi nepanaudota energija sukelia gęstančius svyravimus, kurie didesnės įtakos uždegimo sistemos veikimui neturi.

Kitas kibirkšties formavimo ciklas prasideda aukštosios įtampos ritės įjungimu ir nedidelės saviindukcijos EVJ atsiradimu pirminėje apvijoje. Tai savo ruožtu sukelia nedidelės (1–2 kV) įtampos atsiradimą ir antrinėje apvijoje. Šio nepageidaujamo reiškinio pasekmėms panaikinti sistemose su elektroniniu skirstytuvu antrinėje aukštosios įtampos ritės apvijoje naudojami užtveriantys diodai. Esant mechaniniam rotaciniam aukštosios įtampos skirstytuvui šis žalingas reiškinys nepageidaujamų pasekmių nesukelia, nes tuo metu skriejikas būna atjungtas ir ši įtampa į žvakės neperduodama.



7.12 pav. Kontaktinė (baterinė) uždegimo sistema:

a – elektrinė schema; b – konstrukcija; AB – akumuliatorių baterija; UR – paleidimo raktelis;

R1 – apribojimo rezistorius; AİR – aukštosios įtampos ritė su W1 pirmine ir W2 antrine apvijomis; P – pertraukiklis; C1 – kondensatorius; S – skriejikas; IR – išcentrinis reguliatorius;

VR – vakuuminis reguliatorius; ŽV – žvakės; PVP – paskirstymo veleno pavara;

C2 – AİR talpa tarp vijų

Nors ir pasibaigia lankinis išlydis (kibirkštis), tarpelektrocinė erdvė kuri laiką yra pakankamai jonizuota, joje daug krūvininkų. Jei būtų sudaryta papildoma matavimo grandinė, tai jonizacinės srovės forma, jos spektras atspindėtų reiškinius kameroje vykstant degimui. Naujų modelių automobiliuose tai išnaudojama detonaciniais reiškiniais nustatyti ir pagal tai reguliuojamas paskubos kampas.

Dabar magnetinės uždegimo sistemos išlikusios senesnės kartos traktoriuose, mopeduose, žoliapjovėse, medžio pjovimo pjūkluose – ten, kur nepatogu naudoti akumuliatoriaus baterijas. Jos patobulintos ir nors neturi stacionaraus maitinimo šaltinio, yra valdomos elektroniniu būdu.

Daugiau kaip penkiasdešimt metų sėkmingai naudota, gavusi klasikinės vardą, dabar dėl mažos galios ir patikimumo retai naudojama yra **kontaktinė ir baterinė** uždegimo sistema (7.12 pav.).

Ją sudaro aukštosios įtampos ritė, pertraukiklis P su skirstytuvu S, uždegamosios žvakės ŽV, aukštosios įtampos laidai, vakuuminis ir išcentrinis paskubos kampo mechaniniai reguliatoriai.

Šios sistemos energijos šaltinis yra automobilio elektros tinklo įtampa, o valdymo signalų šaltinis – mechaninė pavara, sujungta su variklio alkūniniu ar paskirstymo velenu. Veikimo principas artimas magnetinei uždegimo sistemai. Tik čia srovę pirminėje aukštosios įtampos ritės apvijoje sukuria akumuliatoriaus baterija. O vakuuminio, išcentrinio reguliatorių ir pavaros kumštelių momentinis tarpusavio išsidėstymas yra šio proceso jutiklis ir valdiklis. Šiais įtaisais tam tikru laiku pirminė aukštosios įtampos ritės apvija prijungiama prie akumuliatoriaus baterijos kibirkščiai reikalingai energijai sukaupti ir tinkamu momentu atjunginama, kai tą kibirkštį reikia sužadinti. Svarbu tai, kad srovės tekėjimo laikas būtų optimalus (nei per trumpas, nei per ilgas). Trumpai tekant srovei, nesukaupiamas reikalingas energijos kiekis – kibirkštis būna silpna, blogiau uždegami degalai, mažėja išvystoma variklio galia, didėja degalų sąnaudos. Ilgai tekant pirminei srovei, be reikalo eikvojama elektros energijos tiekimo sistemos galia, didėja degalų sąnaudos, aukštosios įtampos ritė kaista, o kai kuriais atvejais gali ir sudegti.

Šie aukštosios įtampos ritės veikimo ypatumai lieka nepakitę visoms uždegimo sistemoms. Kaip ir kiti unikalūs Č. Keteringo atradimai: uždegimo ritė, aukštosios įtampos skirstytuvai, aukštosios įtampos elektrokibirkštinis iškroviklis – žvakė – iš esmės mažai pasikeitė. Bandymai juos pakeisti kol kas nėra labai sėkmingi (pvz., aukštosios įtampos pjezogeneratoriai, vienkontaktės ar puslaidininkės uždegamosios žvakės su paviršine švytinčia iškrova ir kt.).

1 priede pateiktas SAAB koncerno rekomenduotas uždegimo sistemos modelis su vieno išvado žvake bloko galvutėje ir masės elektrodu stūmoklyje.

Iš klasikinės baterinės kontaktinės uždegimo sistemos išsirutuliojo daugybė techniškai tobulesnių sistemų.

Pirmiausia mechaniniai pertraukikliai pakeisti bekontaktiais, imta naudoti aukštosios įtampos ritės su daugeliu išvadų ir su integruotais uždegimo blokais, atsisakyta aukštosios įtampos laidų, pritaikyti elektroniniai aukštosios įtampos skirstytuvai ir daugiafunkciai paskubos kampo reguliatoriai.

### 7.3. Tranzistorinės uždegimo sistemos

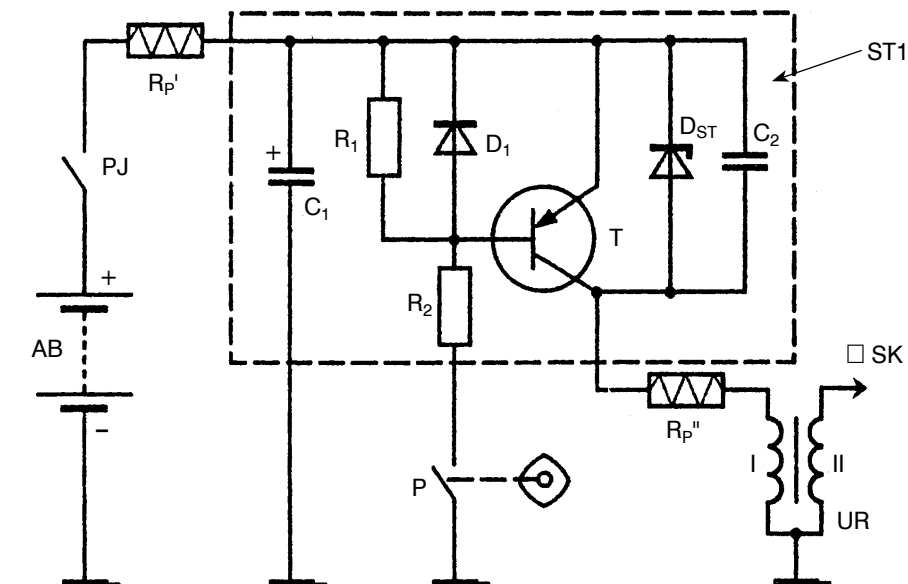
Tranzistorinės uždegimo sistemos yra dviejų rūšių: **kontaktinės tranzistorinės** (7.13 pav.) ir **bekontaktės tranzistorinės** (7.15 pav.).

Kontaktinėje tranzistorinėje uždegimo sistemoje aukštosios įtampos ritės pirminės apvijos srovę komutuoja tranzistorius, veikiantis šioje schemoje kaip jautrus, geras jungiklis (įjungia, išjungia). Jis valdomas ankstesnės konstrukcijos mechaniniu pertraukikliu, per kurį dabar teka nedidelė tranzistoriaus valdymo srovė ir jis mažiau kibirkščiuoja. Tranzistoriaus kolektoriaus, taip pat ir uždegimo ritės, pirminės apvijos srovė gali būti padidinta iki 10–11 A, tuo tarpu kontaktinėje ji buvo 2–4 A.

Kai pertraukiklis P atviras (7.13 pav.), tranzistorius T uždarytas, per uždegimo ritės pirminę apviją srovė neteka. Užsidarius kontaktams, tranzistorius atsidaro, dabar per pirminę apviją tekant srovei, magnetiniame lauke kaupiama energija kibirkščiai. Vėl atsidarius kontaktams, srovė nutrūksta. Nykstant magnetiniam laukui, antrinėje apvijoje indukuojama aukštoji įtampa. Kibirkšties sudarymo veiksmų eiga yra analogiška daugumai uždegimo sistemų.

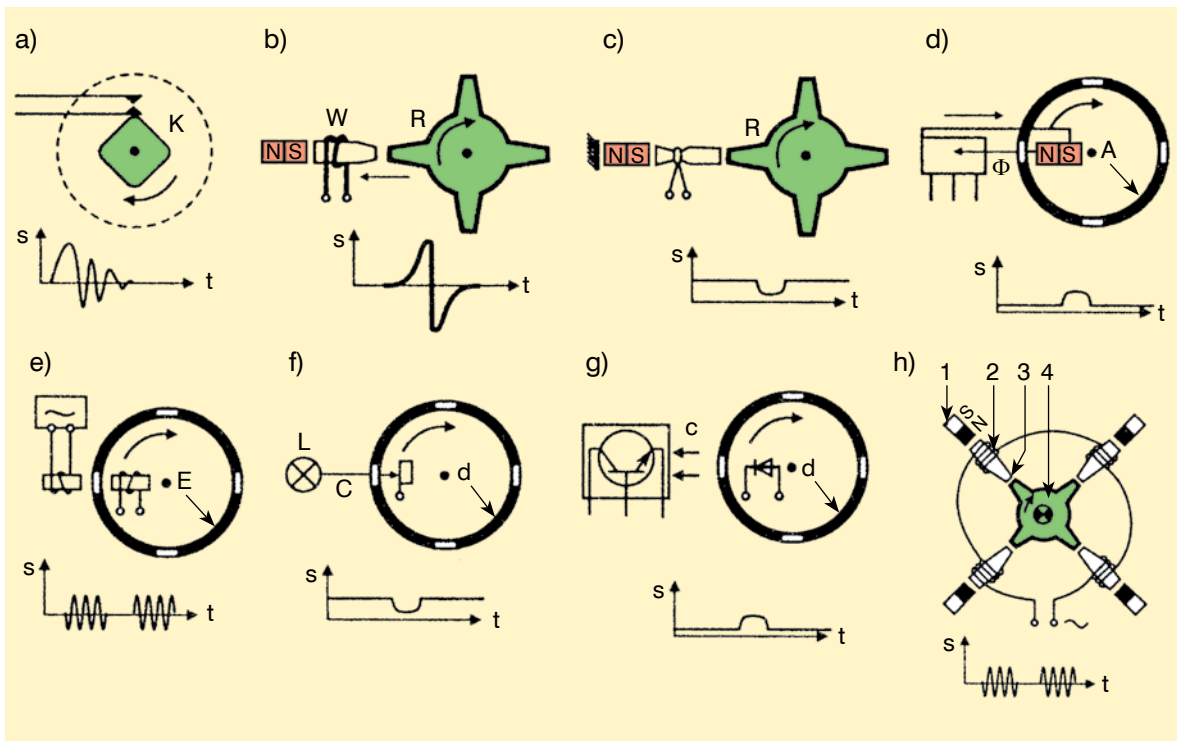
Kontaktinė tranzistorinė schema tobulinama, mechaninis pertraukiklis P keičiamas bekontaktiu. Įmontuojamos tobulesnės aukštosios įtampos ritelės, jungimo schemos. Jomis ribojamas srovės dydis, energijos kaupimo laikas ir t. t.

Kaip bekontaktiai pertraukikliai ir jutikliai su mechanine pavara nuo variklio alkūninio ar paskirstymo velenų buvo naudojami magnetoelektriniai, induktyvieji, elektromagnetiniai generatoriaus, parametriniai, optoelektroniniai ir kiti mechaninio sukimosi keitimo į elektrinius signalus keitikliai (7.14 pav.). Jais, nesvarbu, koks tipas, atliekamos tos pačios funkcijos: suformuojamas signalas S elektroninei schemai (komutatoriui), kuriuo momentu reikia sužadinti kibirkštį. Jei dar naudojamas mechaninis paskubos kampo reguliavimas, tai kibirkšties sužadavimo momentas yra reguliuojamas pagal variklio sukisius ir apkrovą.



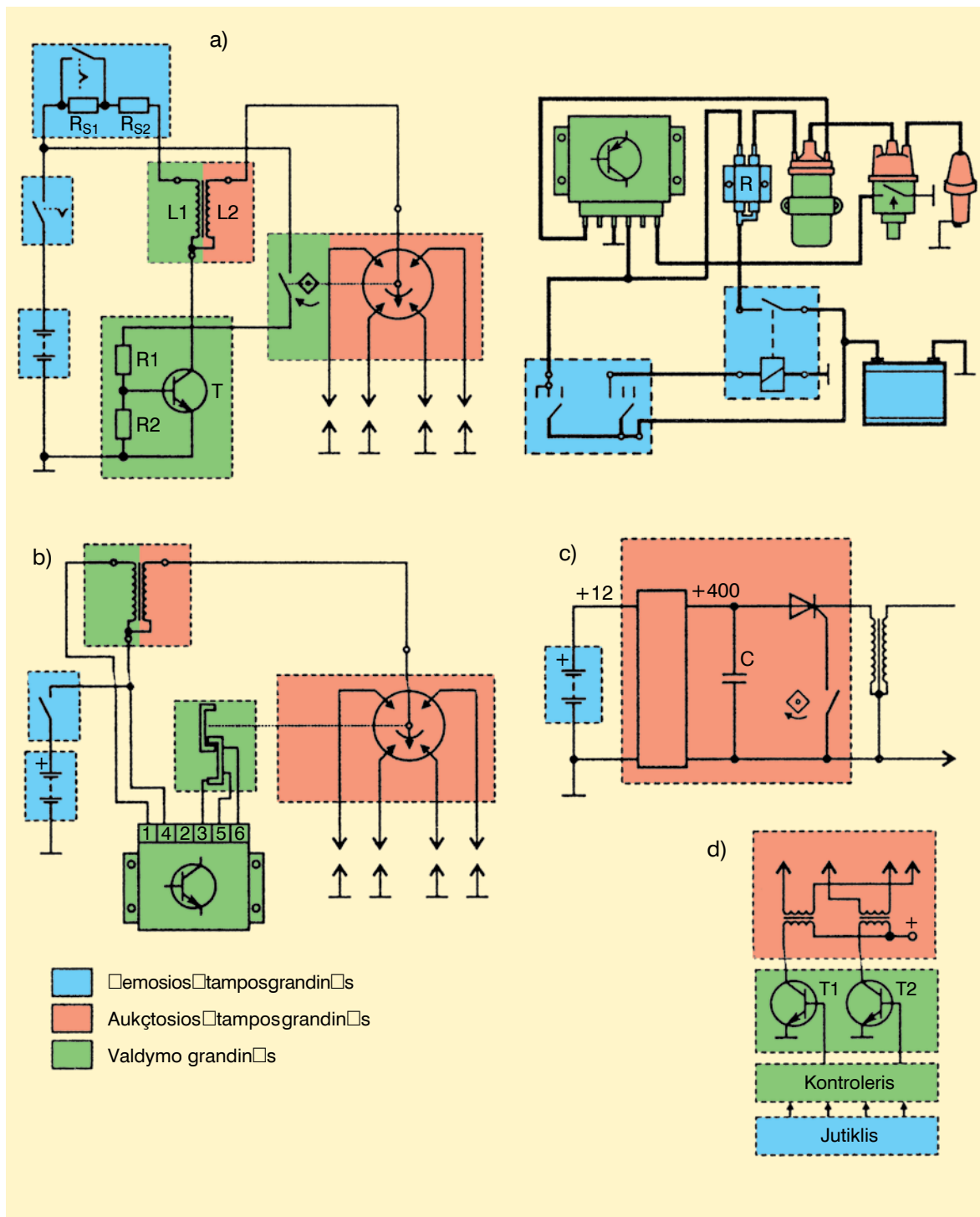
7.13 pav. Tranzistorinės kontaktinės uždegimo sistemos principinė elektrinė schema (BOSCH)





7.14 pav. Uždegimo sistemų pertraukikliai:

*a – mechaninis pertraukiklis (kontaktinė pora) baterinėse, kontaktinėse tranzistorinėse ir kontaktinėse tiristorinėse uždegimo sistemose. Formuoja uždegimo momentą kontaktų atsidarymu (plaktuku K). Trūkumas – signalo nestabilumas; b – magnetoelektrinis jutiklis. Veikimo principas – vienetinio impulso generavimas tuo momentu, kai magnetinis srautas užsidaro per rotorių R ir jutiklio apvijosse W indukuojama įtampa. Trūkumas – negalima gauti stabilaus signalo esant mažiems sukiamams; c – ferorezistorinis jutiklis. Veikimo principas – ferorezistoriaus elektrinės varžos kitimas, kintant nuolatinio magneto magnetiniam srautui  $\Phi$ . Trūkumas – signalo priklausomybė nuo temperatūros; d – Holo jutiklis. Labiausiai paplitęs VDV sukimosi dažnio jutiklis šiuolaikinėse elektroninėse uždegimo sistemose. Veikimo principas – nuolatinio magneto NS magnetinio srauto nutraukimas feromagnetiniu atenuatoriumi (slopintuvu) A. Trūkumas – sudėtinga gamybos technologija. Pranašumas – signalo parametrų stabilumas kintant VDV sukimosi dažniui; e – VDV sukimosi dažnio elektrogeneratoriaus jutiklis. Veikimo principas – aukšto dažnio elektromagnetinio lauko nutraukimas metaliniu ekranu E. Trūkumas – sudėtinga schema. Pranašumas – VDV sukimosi greičio skaitmeninis skaičiavimas; f – VDV sukimosi dažnio fotoelektrinis jutiklis. Veikimo principas – šviesos srauto C nutraukimas optiniu atenuatoriumi B. Trūkumas – lemputės L užteršimas ir perdegimas (mažas patikimumas). Pranašumas – paprastumas; g – optoelektroninis jutiklis. Veikimo principas – šviesos srauto S tarp optinės poros (šviesos diodo ir fototranzistoriaus) nutraukimas. Trūkumas – optinio kanalo užsiteršimas. Pranašumas – galimybė panaudoti šviesos srauto dažninę moduliaciją; h – generatoriaus jutiklis su dažnine moduliacija. Veikimo principas – generatoriaus autovirpesių nutraukimas. Trūkumas – sudėtingas. Pranašumas – signalo amplitudė nepriklauso nuo rotoriaus (4) sukimosi dažnio.*



7.15 pav. Tranzistorinės uždegimo schemas:  
 a – kontaktinė tranzistorinė; b – bekontaktė puslaidininkė su Holo jutikliu; c – kontaktinė tiristorinė su talpiniu energijos kaupikliu (žr. 2 priedą); d – su elektroniniu skirstytuvu ir aukčtosios įtampos rite su dviem išvadais

7.15 paveiksle pateiktos dažniausiai naudotų kontaktinių tranzistorinių ir bekontaktių tranzistorinių uždegimo sistemų schemas.

Struktūriškai uždegimo sistemos yra panašios. 7.16 paveiksle pateikta bekontaktės su induktyviuoju jutikliu ir mechaniniais paskubos kampo reguliatoriais (vakuuminis ir išcentrinis) uždegimo sistemos principinė schema.

Esant nuliniam ir neigiamajam jutiklio L signalui,  $VT_1$  užsidaro, o  $VT_2$ ,  $VT_3$  atsidaro, per AĮR pirminę apviją pradeda tekėti srovė ir magnetiniame lauke kaupiama energija kibirkščiai.

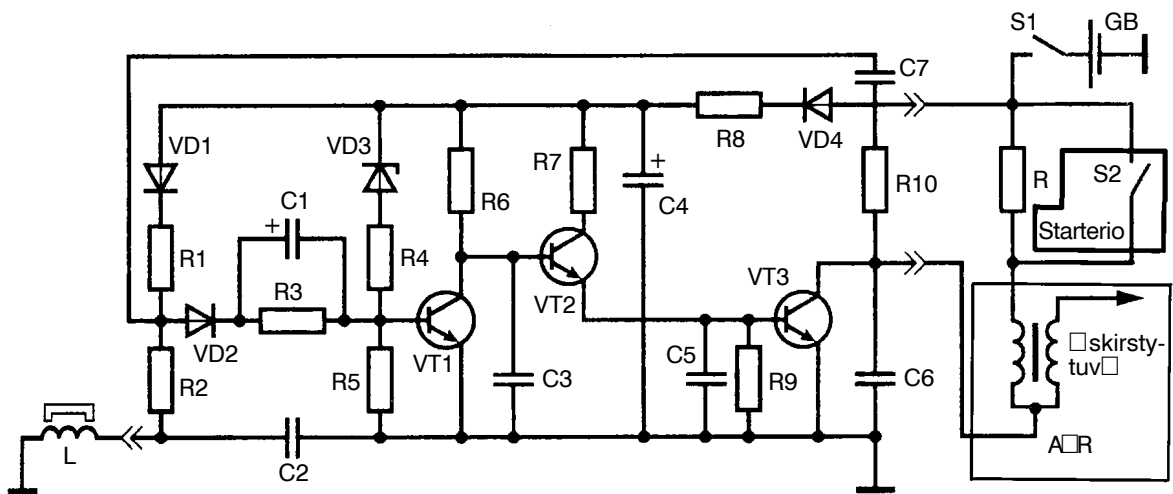
Esant teigiamajam jutiklio signalui, jis per  $R_2$ ,  $VD_2$ ,  $R_3$  atidaro  $VT_1$ . Sumažėjus  $VT_1$  kolektoriaus įtampai, užsidaro  $VT_2$  ir  $VT_3$ , srovė per AĮR pirminę apviją nutrūksta, o antrinėje apvijoje prasideda įprastinis aukštosios įtampos formavimo ciklas.

Modernizuojami ir bekontaktių tranzistorinių uždegimo sistemų elektroniniai komutatoriai. Pirmieji veikė neribodami aukštosios įtampos ritės pirminės srovės amplitudės. Juose aukštosios įtampos impulso amplitudė antrinėje uždegimo ritės apvijoje, kaip ir kontaktiniame uždegime, priklausė nuo variklio sukimosi dažnio ir elektros tinklo įtampos. Pasitaikydavo galinės pakopos tranzistoriaus perkaitimo atvejų, o tai mažino sistemos patikimumą.

Komutatorius su neribota amplitude pakeitė ribotos amplitudės komutatoriai, kuriuose induktyviojo kaupiklio įkrovimo srovę riboja pats išėjimo tranzistorius (tam tikru intervalu, pvz., iki 8 A dydžio), dėl to jis neperkaista, o kintant maitinimo įtampai, kartu stabilizuojama įkrovimo srovė ir aukštosios įtampos amplitudė.

Nors ir apribojus galinio tranzistoriaus srovę, daug šilumos energijos išsiskiria kolektoriaus ir emiterio sandūroje – ši dėl to kaista, mažėja uždegimo sistemos patikimumas. Šis trūkumas pašalintas įdiegus energijos kaupimo laiko elektroninį reguliatorių, kuris reguliuoja srovės tekėjimo induktyviajame kaupiklyje laiką. Taip atsirado komutatoriai su programiniu kaupimo laiko reguliatoriumi, o vėliau – dar tobulesni komutatoriai su adaptaciniu reguliavimu. Greta pagrindinės laiko reguliavimo funkcijos, jie stabilizuoja kaupiklio įkrovimo srovės didumą, veikiant įvairiems destabilizuojantiems veiksniams.

Bekontaktiai elektroniniai uždegimo sistemų komutatoriai skiriasi savo elektrine prin-

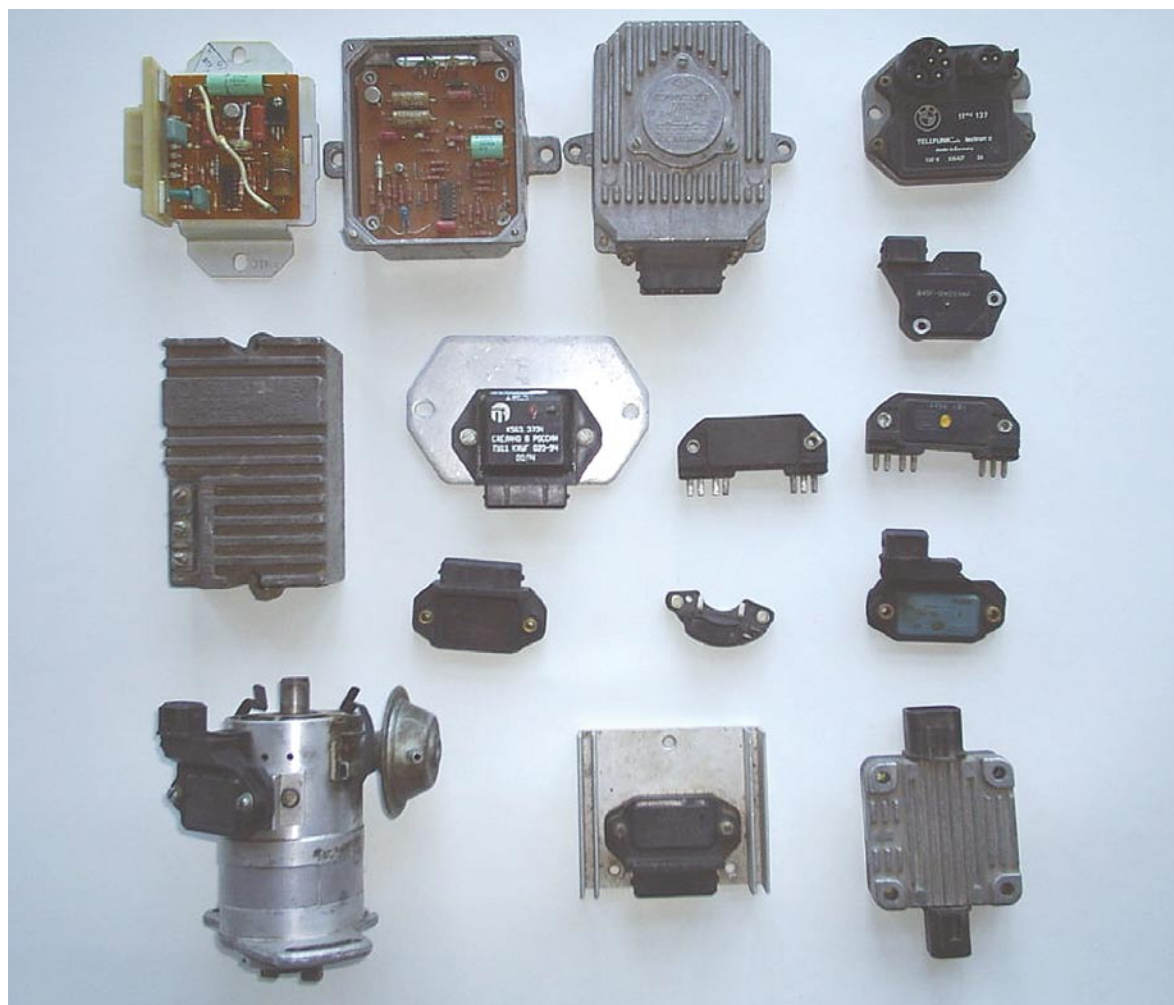


7.16 pav. Bekontaktės tranzistorinės su magnetoinduktyviuoju jutikliu uždegimo sistemos principinė schema

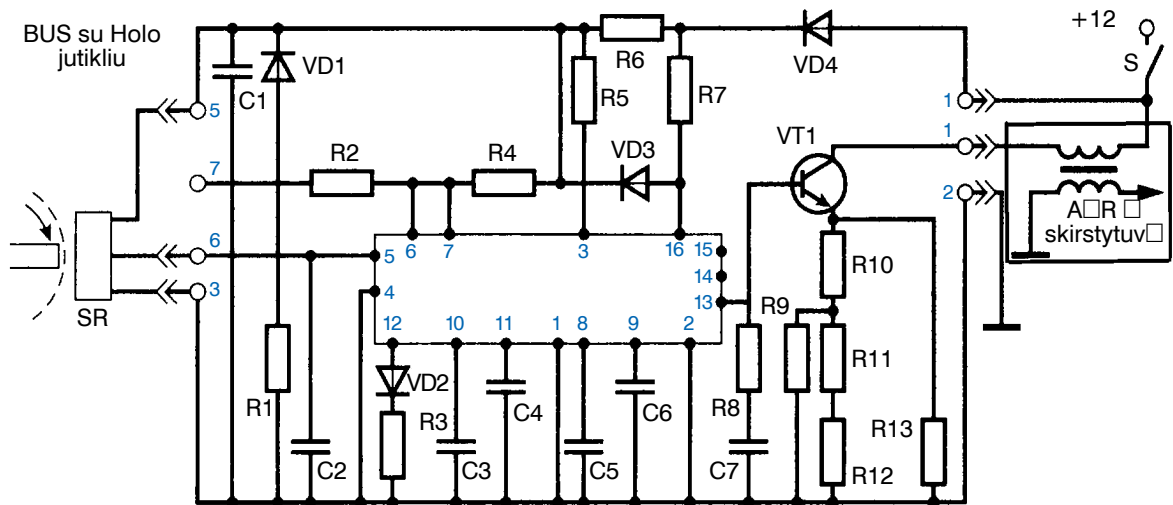
cipine schema, gamybos technologija ir konstrukcija (7.17 pav.). Pradžioje naudotas analogiškes iš diskretinių elementų schemas pakeitė analoginiai ar skaitmeniniai integriniai grandynai, gaminami pagal plėvelinę ar puslaidininkę technologijas.

Struktūriškai schemas mažai pakito. Holo principu (7.18 pav.) veikiantis jutiklis ir pertraukiklis su schema, valdymo bloku, mechaniniu paskubos kampo reguliatoriumi dažnai montuojami skirstytuvo korpuse. Komutatorius formuoja srovės impulso formą pirminėje uždegimo ritės apvijoje ir įtampos  $U_2$  augimo greitį, bet uždegimo momento formavimui įtakos neturi. Uždegimo momentą nustato elektromechaninis įrenginys (išcentrinis ir vakuuminis reguliatoriai).

Mechaninis rotacinis aukštosios įtampos skirstytuvas, mechaninis paskubos kampo reguliavimas, paskubos kampo priklausomybė tik nuo apkrovos ir greičio – tai pagrindiniai senesnės kartos bekontaktųjų tranzistorinių uždegimo sistemų trūkumai. Iš jų išsirutuliojo elektroninės ir mikroprocesorinės, neturinčios mechaninių reguliavimo komponentų, sistemos. Tam, kad jos funkcionuotų, reikalinga papildoma alkūninio veleno sukčių ir padėties, variklio temperatūros, detonacijos ir kt. jutiklių informacija.



7.17 pav. Įvairių modelių uždegimo sistemų blokai



7.18 pav. Bekontaktės uždegimo sistemos su Holo jutikliu schema

## 7.4. Elektroninės ir mikroprocesorinės uždegimo sistemos

Išnagrinėtos uždegimo sistemos (kontaktinės, kontaktinės tranzistorinės, bekontaktės) dabar retai naudojamos, o aukštos klasės lengvuosiuose automobiliuose nuo XX a. dešimtojo dešimtmečio retai pasitaiko. Jas pakeitė ketvirtosios kartos uždegimo sistemos su elektroniniais skirstytuvais ir loginiais skaičiavimo įrenginiais. Tokios sistemos skirstomos į elektronines ir mikroprocesorines. Palyginti su ankstesnėmis uždegimo sistemomis, joms būdinga:

1. Jų valdymo įrenginiai yra diskretinio veikimo principo elektroniniai skaičiavimo blokai, pagaminti pagal mikroelektronikos technologiją (universaliosios ir didžiosios integrinės schemos). Jie elektroniniu būdu (7.19 pav.) valdo uždegimo momentą ir kibirkšties galią.

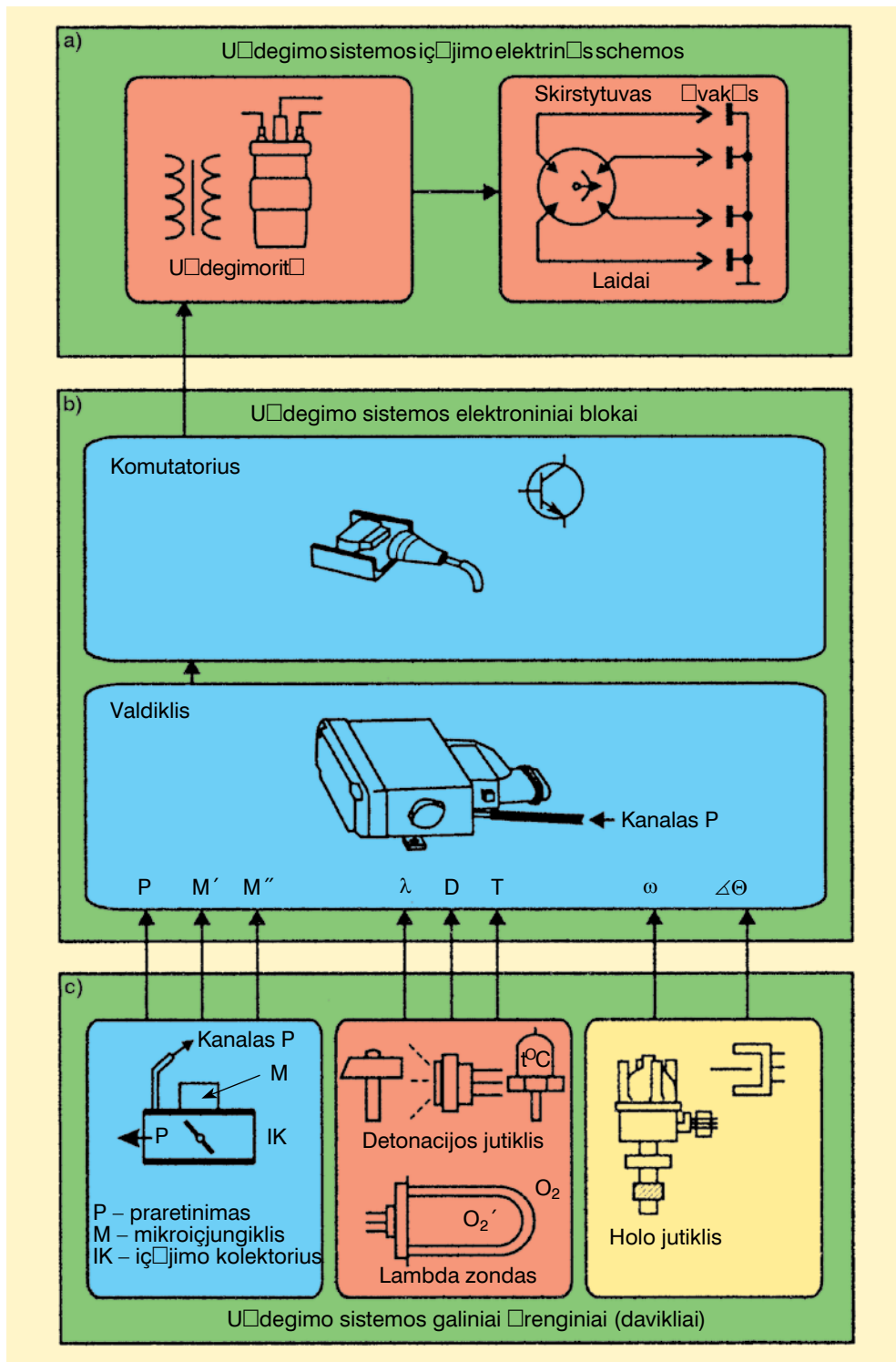
2. Šios sistemos patikimesnės, praplėtos jų elektroninio valdymo funkcijos. Į automobilio uždegimo sistemą įdiegta savidiagnostika.

3. Šių sistemų išėjimo pakopos yra daugiakanalės (2, 4, 6, 8 kanalai – pagal variklio cilindų skaičių), kartu vykdančios ir aukštosios įtampos elektroninio skirstytuvo funkcijas.

Kaip skaitmeninių, elektroninių uždegimo sistemų pavyzdys 7.20 paveiksle pateikta dr. Chartingo uždegimo sistema. Ją nuo alkūninio veleno valdo smagračio jutiklis. Panaudotas aukštosios įtampos elektroninis skirstytuvas ir aukštosios įtampos ritė su dviem išvadais.

Schema paleidžiama signalu iš  $J_3$ , t. y. starto komanda, po kurios iš  $J_4$  gaunami impulsai skaičiuojami dviem skaitikliais, pagrindiniu (6) ir pagalbiniu (9). Tarkim, laiką (1 ms) skaitikliai skaičiuoja abu kartu, po to pagrindinis stabdomas, o pagalbinis skaičiuoja toliau iki tam tikro skaičiaus, pvz.,  $n = 40$  (lentelėje 131 p. per 1 ms abu skaitikliai priskaičiavo po 10 impulsų). Pagalbinis skaitiklis, priskaičiavęs jam skirtą 40 impulsų skaičių, stabdomas, ir paleidžiamas pagrindinis, kuris irgi skaičiuoja iki tam tikro skaičiaus, pvz.,  $n = 50$ . Pasiekus šį skaičių, komanda „stop“ perduodama valdymo blokui, kad su šiuo impulsu (ant šio krumplio) reikia įžiebtį kibirkštį.





7.19 pav. Elektroninių uždeigimo sistemų komponentai:  
 a – išejimo elektrinės schemas; b – elektroniniai blokai; c – įėjimo įrenginiai (jutikliai);  
 P, M', M'' – signalai iš droselio sklendės jutiklių; λ, D, T – signalai iš variklio deguonies,  
 detonacijos ir temperatūros jutiklių; ω, P, θ – signalai iš Holo jutiklio



Skaitiklis	1 ms	n = 40	N = 50	Kibirkštis nuo 80 krumplio
Pagrindinis	10		40	
Pagalbinis	10	30		

Paanalizavus lentelės duomenis nesunku įsitikinti, kad keičiantis alkūninio veleno sukimosi greičiui ar variklio apkrovai, keičiasi ir kibirkšties padavimo momentas – panašiai kaip būdavo ankstesnėse, mechaninėse uždegimo sistemose, tik tai šioje sistemoje tai atliekama elektroniniu būdu.

Didesniam paskubos kampo tikslumui gauti šiuos skaičiavimus elektroninis blokas atlieka virtualiame alkūninio veleno smagratyje, kuriame „elektroninių krumplių“ skaičius šešiskart didesnis negu realiame.

Elektroninės uždegimo sistemos yra didesnio tikslumo, stabilumo ir patikimumo. Paskubos kampą galima keisti ir dėl kitų variklio veikimo parametrų.

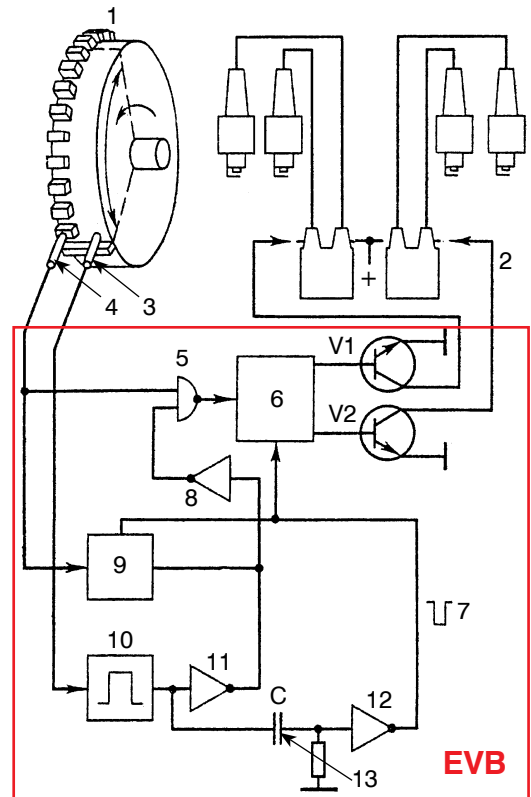
Elektroninės ir mikroprocesorinės uždegimo sistemos skiriasi viena nuo kitos pagrindinio uždegimo signalo formavimo būdu.

Elektroninėje uždegimo sistemoje pagrindinis uždegimo signalas formuojamas, keičiant įėjimo jutiklių informaciją ir taikant impulsinį būdą, kai kontroliuojamas procesas pateikiamas jo vyksmo laiku, kuris vėliau pakeičiamas atitinkamu elektriniu impulsu. Tokiu būdu elektroninės uždegimo sistemos valdiklis turi elektroninį chronometrą ir yra valdomas analoginiu signalu.

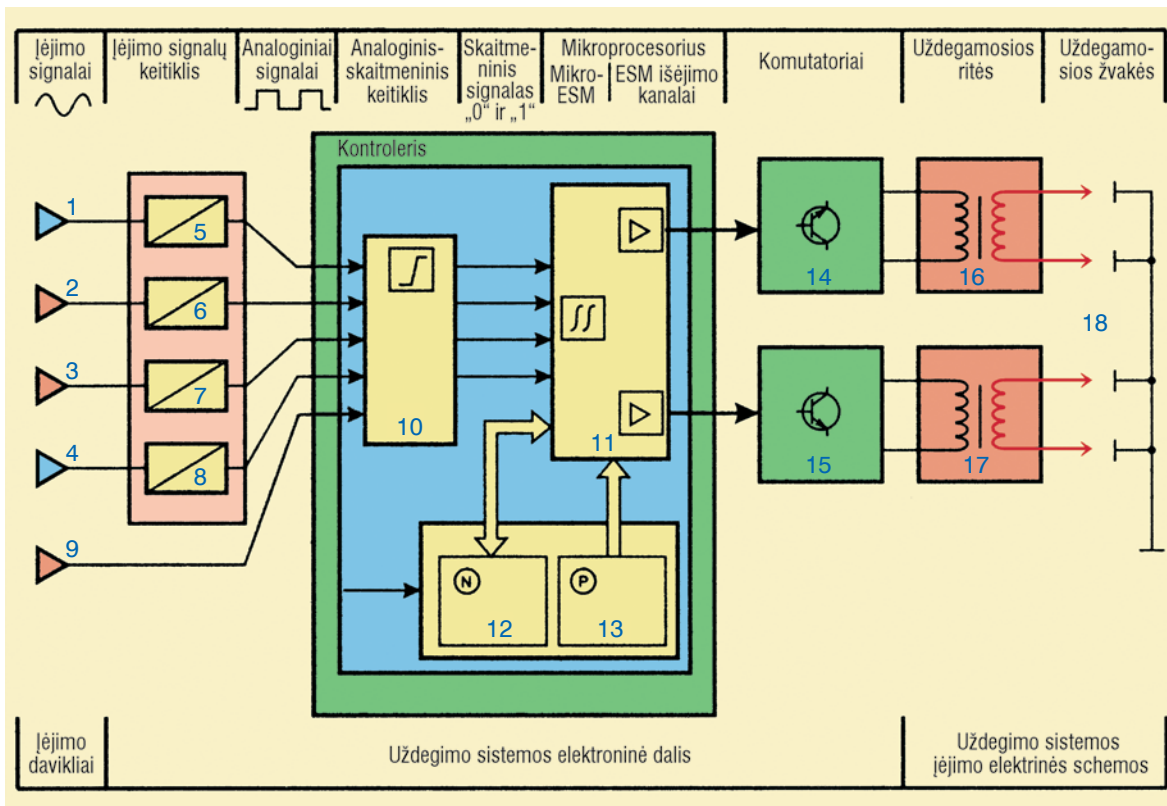
Mikroprocesorinės uždegimo sistemos uždegimo signalui formuoti naudoja skaitmeninį impulsinį keitimą, proceso parametrai pateikiami ne laiko trukme, bet elektrinių impulsų skaičiumi.

Elektroninio skaičiuotuvo funkciją atlieka skaitmeninis impulsinis mikroprocesorius, kuris veikia su stabilizuotos amplitudės ir trukmės elektriniais impulsais. Dėl to tarp mikroprocesoriaus ir įėjimo jutiklių yra analoginių signalų keitimo į skaitmeninius keitiklis. Skirtingai nuo elektroninės, mikroprocesorinės uždegimo sistemos veikia pagal iš anksto paruoštą vidaus degimo variklio valdymo programą. Duomenims saugoti ir apdoroti naudojamos pastovioji ir operatyvioji atmintys.

Mikroprocesorinės uždegimo sistemos gali



7.20 pav. Skaitmeninė elektroninė dr. Chartingo uždegimo sistema:  
 1 – alkūninio veleno smagratys;  
 2 – AĮR su dviem išvadais; 3 – alkūninio veleno padėties jutiklis J3; 4 – alkūninio veleno sukimosi greičio jutiklis J4;  
 5 – paleidimo schema; 6 – pagrindinis skaitiklis; 7 – impulsas „nuliui“ nustatyti; 8, 11, 12 – keitikliai;  
 9 – pagalbinis skaitiklis; 10 – laiko matuoklis; 13 – diferencijavimo grandis



7.21 pav. Mikroprocesorinės uždegimo sistemos struktūrinė schema:

1–4 – jėjimo jutikliai; 5–8 – neelektrinių dydžių keitimo į analoginius elektrinius signalus keitikliai; 9 – absoliutaus slėgio jutiklis; 10 – ASK; 11 – mikroprocesoriaus integralinė schema; 12 – operatyvioji atmintis N; 13 – pastovioji atmintis P; 14, 15 – komutatoriai; 16, 17 – dviejų išėjimų uždegimo ritės; 18 – uždegamosios žvakės

būti savarankiškos (atskira uždegimo sistema), tačiau dabartiniuose varikliuose jos vis dažniau integruojamos į viso variklio ir automobilio valdymo sistemą. Daugumos jutiklių teikiama informacija yra „kolektyvinio naudojimo“, skirta visoms sistemoms.

Kiekvienos konstrukcijos varikliui valdymo programa paruošiama laboratorijose atliekant eksperimentinius tyrimus. Bandymų stende imituojami visi galimi variklio veikimo režimai, esant įvairioms galimoms aplinkos sąlygoms. Kiekvienam eksperimentiniam taškui parenkamas ir registruojamas optimalus uždegimo paskubos kampas, purkštuvų veikimo režimai, pripūtimo slėgis ir kt. Gaunamas didelis uždegimo momentų kampų rinkinys – visuma, kurioje kiekvienai situacijai galima rasti optimalų sprendimą. Pateikiama matricinė ir grafinė tokios visumos uždegimo paskubos kampo charakteristika, joje būna iki 1000–4000 fiksuotų taškų.

Trimatės charakteristikos koordinatės įvedamos į mikroprocesoriaus pastoviąją atmintį ir vėliau naudojamos, nustatant uždegimo paskubos kampą konkrečiai variklio veikimo situacijai. Taip sudaryta paskubos duomenų matrica (7.22 pav.), palyginti su mechaniniu vakuiniu ir išcentrinu reguliatoriumi (7.12 pav.), yra tiksliau adaptuota prie besikeičiančių variklio veikimo sąlygų: didina variklio galią, mažina degalų sąnaudas ir kenksmingų deginių emisiją į aplinką.

$\Theta$  – ankstinimo kampas

6400	32	32	35	38	45	40	46	46	46	50	54	56	56	56	56	
5800	32	32	35	38	45	40	46	46	46	50	54	56	56	56	56	
5200	32	32	35	38	45	40	46	46	46	50	54	56	56	56	56	
4600	32	32	35	38	45	40	46	46	46	50	54	56	56	56	56	
4000	31	31	35	38	45	48	48	46	46	50	54	56	56	56	56	
3400	30	30	35	38	45	48	48	48	50	50	50	50	50	50	46	
2800	26	27	31	35	41	36	36	36	36	36	36	36	36	40	45	
2600	24	25	27	33	37	24	24	24	24	24	24	24	24	40	40	
2400	23	24	26	31	35	23	23	23	23	23	23	23	23	40	35	
2200	22	23	25	30	35	22	22	22	22	22	22	22	22	40	30	
2000	21	22	23	28	33	21	21	21	21	21	21	21	21	32	21	
1800	19	20	21	28	31	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19	
1600	18	18	19	23	27	17	17	17	17	17	17	17	17	18	18	
1400	16	16	17	20	23	14	14	14	14	14	14	14	14	16	16	
1200	14	14	15	17	20	14	12	10	10	10	10	10	14	14	15	
1000	12	12	13	14	16	13	10	10	10	10	12	15	15	15	15	
800	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	15	15	15	15	15	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75

p – praretinimas (kPa)

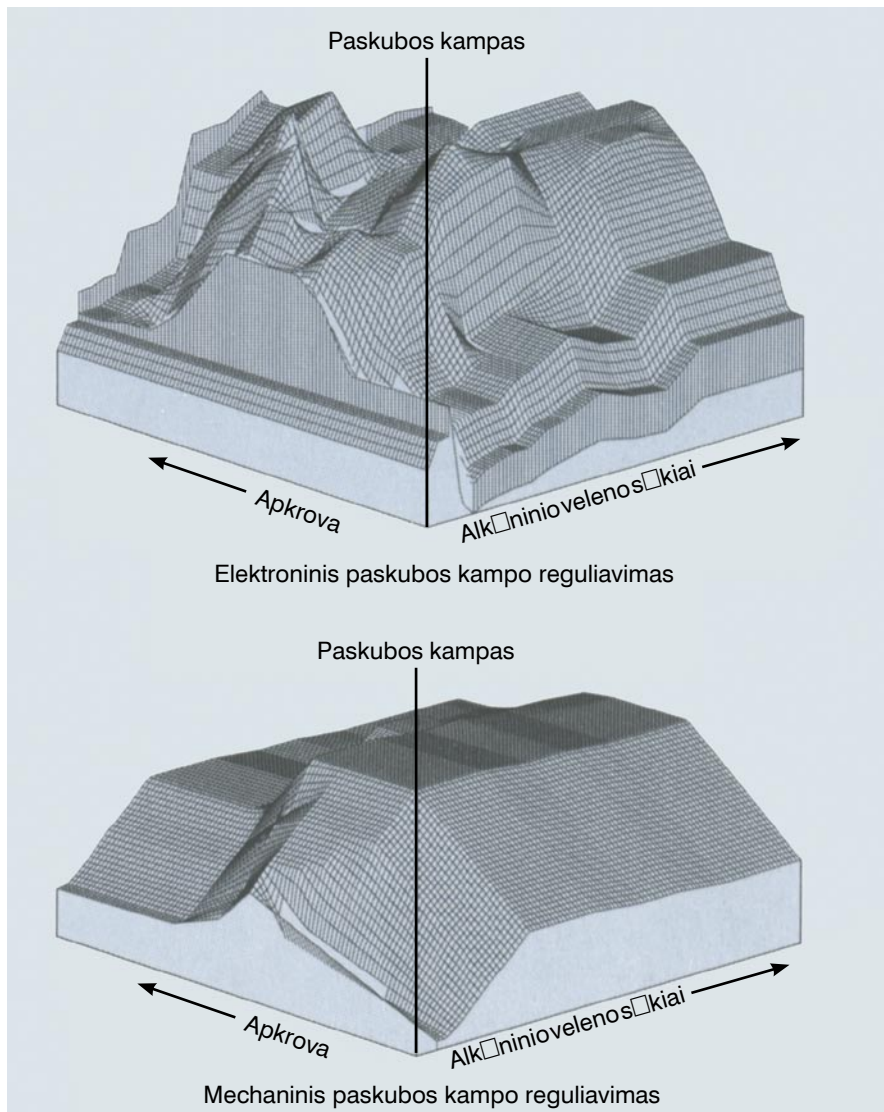
7.22 pav. Trimatės uždegimo sistemos matricinė diagrama: pagal ją, jei  $h = 2600$ ,  $P = 15$ , paskubos kampas  $\Theta = 33^\circ$

Elektroniniai paskubos reguliatoriai ne tik tiksliau išlaiko pamatinius principus, kampo priklausomybę nuo sūkių ir apkrovos, bet ir yra geriau adaptuoti prie dinamiškai besikeičiančių variklio veikimo sąlygų. Alkūninio veleno padėties jutikliu informavus valdymo bloką, kad iki VGT liko 50 ar 90 laipsnių (tai priklauso nuo valdymo algoritmo), pagal apkrovos ir sūkių jutiklių duomenis nustatoma paskubos kampo vertė šioje veikimo situacijoje. Toliau mesnis kampo koregavimas jau atliekamas pagal papildomų jutiklių signalus (detonacijos, temperatūros, droselinės sklendės padėties ir kt.). Taip valdomas kiekvienas cilindras vykstant kiekvienam ciklui.

Elektroniniai ir mikroprocesoriniai uždegimo sistemų valdymo blokai, be funkcinių, schematinių ir techninių panašumų, turi ir konstrukcinių skirtumų:

- Elektrėninis valdymo blėkas yra savarankiškas konstrukcinis mazgas. Į jo įėjimą perduodami signalai iš uždegimo sistemos, o išėjime galios pakopa (tranzistoriniu raktu) yra komutuojama pirminės aukštosios įtampos ritės srove. Paskubos kampas automatiškai reguliuojamas elektroniniu būdu.

- Mikroprocesorinėje uždegimo sistėmoje visos valdymo funkcijos integruotos į automobilio centrinę kompiuterį ir atskiro uždegimo sistemos valdymo bloko gali nebūti. Čia įėjimo jutiklių funkcijas vykdo variklio kompleksinės sistemos automatinio valdymo universalūs jutikliai. Pagrindinis uždegimo signalas patenka į sistemos išėjimo pakopos elektroninį komutatorių tiesiai iš centrinio kompiuterio.



7.23 pav. Mechaninio ir elektroninio paskubos kampo reguliavimo diagramos

Nors elektroninė ir mikroprocesorinė uždegimo sistemos gerokai skiriasi, jų išėjimo pakopų valdymo įrenginių scheminė ir konstrukcinė sandara vienoda.

Kai kiekviena uždegamoji žvakė daugiacylinđriame vidaus degimo variklyje kibirkščiai sudaryti energiją gauna atskiru kanalu, toks paskirstymas vadinamas statiniu arba daugiakanaliu.

Klasikiniame skirstytuve aukštosios įtampos energija komutuojama mechaniniu būdu. Dėl kontaktų gamybos netikslumo ir netolygaus jų dėvėjimosi galima 2–3 laipsnių alkūninio veleno pasisukimo kampo, kibirkšties perdavimo į atskirus cilindrus asimetrija. Toks nukrypimas mažina uždegimo sistemos stabilumą ir šiuolaikiniame variklyje yra neleistinas.

Elektroninėse ir mikroprocesorinėse uždegimo sistemose kibirkšties uždegimo momento formavimas atliekamas 0,3–0,5° tikslumu kiekvienam cilindru atskirai. Mechaniniai aukštosios įtampos skirstytuvai netinka, nes yra netikslūs. Kibirkšties komutacija ir perdavi-



mas vykdomas žemame potencialiniame lygyje, t. y. pirminėse aukštosios įtampos ritės apvijose. Galimos kelios tokių aukštosios įtampos ričių konstrukcijos ir jungimo schemas. Komutuoja pats valdymo blokas.

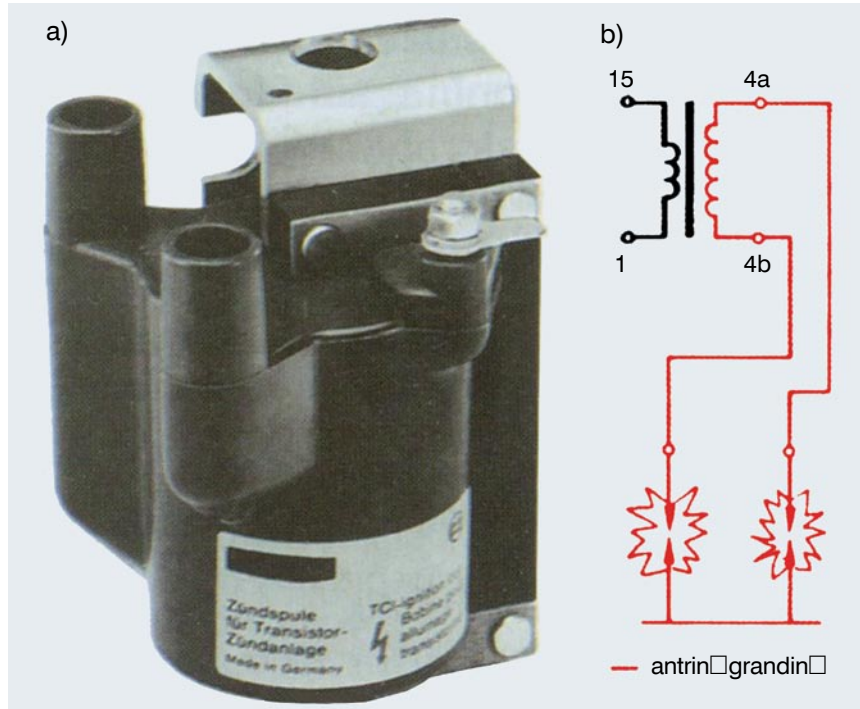
Daugiakanalės galinės pakopos dabar techniškai tobuliausios, naudojamos naujų modelių automobiliuose.

### 7.4.1. Išėjimo pakopos su aukštosios įtampos rite su daugeliu išvadų

Daugiakanalėse energijos paskirstymo uždegimo sistemose gali būti naudojamos vieno, dviejų, keturių, šešių ar aštuonių aukštosios įtampos išvadų uždegimo ritės.

Uždegimo sistemoje, kur naudojamas aukštosios įtampos mechaninis skirstytuvas, išsikraunant kaupikliui gaunamos dvi kibirkštys: viena pagrindinė (darbinė) uždegamojoje žvakėje ir kita pagalbinė – tarp skirstytuvo skirstiklio (skriejiko) ir vieno iš skirstytuvo kontaktų. Pagalbinės kibirkšties energija skirstytuve prarandama nenaudingai. Ji degina kontaktus, pasireiškus erozijai, prireikia dažnos techninės priežiūros, todėl stengiamasi ją išnaudoti, perkliant į antrą uždegamąją žvakę (nuosekliai sujungiant su pirmąja per cilindro bloko galvutės masę). Tam reikia turėti aukštosios įtampos ritę su dviem išvadais, kurioje abu antrinės apvijos išvadai yra aukštavolčiai ir pritaikyti dviem žvakėms prijungti (7.24 pav.).

Vienu metu kibirkštis susidaro abiejose uždegamosiose žvakėse. Viena yra aukštosios įtampos (12–20 kV) ir uždega degųjų mišinį cilindre, kur yra suspaudimo takto pabaiga



7.24 pav. Aukštosios įtampos ritė su dviem aukštosios įtampos išvadais dviem žvakėms prijungti: a – bendras vaizdas; b – prijungimo schema

(darbinė kibirkštis), kita (3–5 kV) – žemosios įtampos cilindre, kur yra išmetimo taktas (tuščiosios eigos kibirkštis). Savaiminis aukštosios įtampos perskirstymas iš bendros antrinės apvijos tarp dviejų uždegamųjų žvakų yra rezultatas skirtingų sąlygų, kurioms esant susidaro kibirkštis. Suspaudimo takto pabaigoje, prieš susidarant darbinei kibirkščiui, mišinio temperatūra palyginti maža (200–300 °C), o slėgis didelis (10–12 atm). Tokiomis sąlygomis pramušimo įtampa tarp žvakės elektrodų – didžiausia. Išmetimo takto pabaigoje, kur kibirkštis susidarymas vyksta panaudotų dujų aplinkoje, pramušimo įtampa mažiausia, nes temperatūra aukšta (800–1000 °C), o slėgis mažas (2–3 atm). Aukštajai įtampai paskirstyti, naudojant aukštosios įtampos ritę su dviem išvadais, beveik visa aukštosios įtampos kibirkštis energija tenka darbinei žvakei, prarandama tik apie 3 kV aukštosios įtampos. Palyginti su mechaniniu skirstytuvu, gaunami mažesni aukštosios įtampos nuostoliai.

Galimas dviejų (7.25 pav.), trijų ar keturių ričių su dviem išvadais komponavimas viename mazge, naudojamos įvairios konstrukcijos, kuriose nenaudojami aukštosios įtampos laidai. Ritės komponuojamos viename mazge atskirais magnetolaidžiais. Tokioje aukštosios įtampos ritėje turime aštuonis aukštosios įtampos išvadus ir ją galime naudoti aštuonių cilindrų varikliuose. Aukštosios įtampos formavimas ir jos paskirstymas žvakėms yra analogiškas kaip ir ritės su dviem išvadais. Galimi keli šių ričių apvijų jungimo variantai.

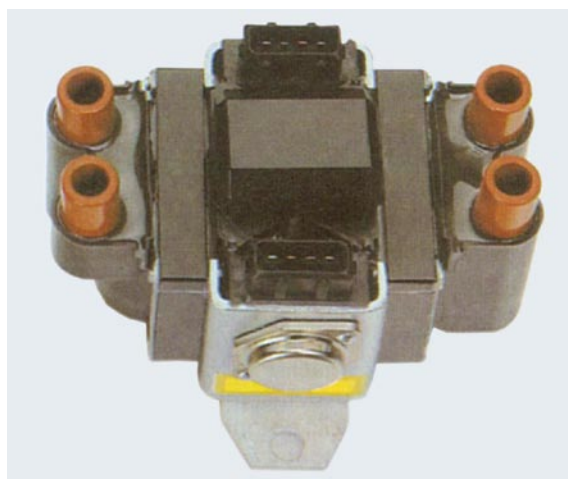
Elektroninėse, skirtingai nei mechaninėse, uždegimo sistemose negalima nustatyti pradinio paskubos kampo. Paleidžiant variklį ir pereinamaisiais momentais uždegimo sistema palaiko bazinį 10 laipsnių paskubos kampą.

Aukštosios įtampos ritės įjungimo laikas uždegimo sistemoje yra formuojamas pastovios kibirkštis galios principu, t. y. aukštosios įtampos ritės pirminėje apvijoje tekanti srovė nepriklauso nuo variklio veikimo režimo. Srovės tekėjimo laikas (4–5 ms) yra pastovus visiems veikimo režimams. Suprantama, kad šį laiką išreiškę alkūninio veleno pasisukimo laipsniais, įvairiais variklio veikimo režimo atvejais gausime skirtingas kampo vertes.

Mikroprocesorinių uždegimo sistemų aukštosios įtampos ritės, kad greitai sukauptų pakankamai energijos, daromos su mažesne pirminės apvijos varža. Uždegimo sistemos stiprintuvai galinėje pakopoje palaiko pirmąją pastovaus dydžio aukštosios įtampos ritės srovę (apie 8 A). Variklio veikimas įvairiais režimais tampa stabilesnis, kibirkštis dydis ir galia nepriklauso nuo alkūninio veleno sukūčių. Modernios uždegimo sistemos turi saviagnostikos sistemą, kuri:

1. Nurodo gedimus aukštosios įtampos ritės schemoje.
2. Nurodo sinchronizacijos paklaidas.
3. Fiksuoja EVB duomenų perdavimo paklaidas ir kt.

Jei variklis yra keturių cilindrų, tai reikės dviejų ričių su dviem išvadais arba vienos keturių išvadų ritės. Jei variklis šešių cilindrų, reikia trijų ričių su dviem išvadais.



7.25 pav. Aukštosios įtampos ritė su keturiais aukštosios įtampos išvadais keturioms žvakėms prijungti

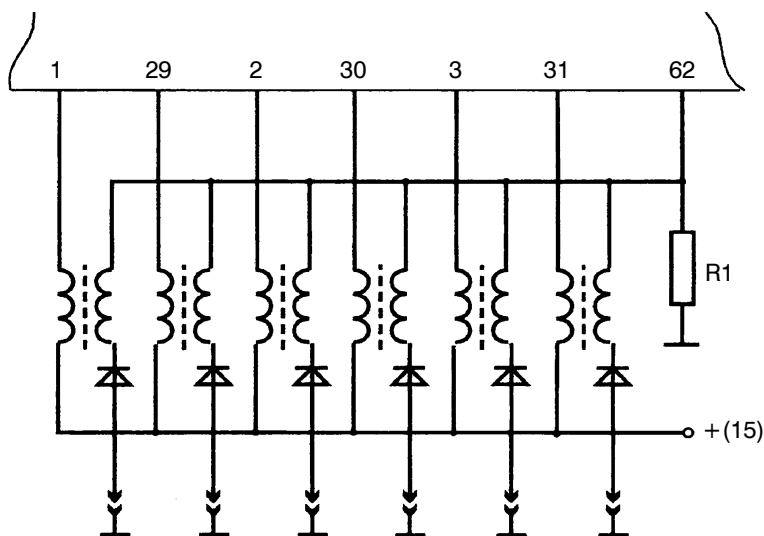


Uždegimo sistemose su aukštosios įtampos ritėmis su dviem išvadais vienoje žvakėje kibirkštis eina iš centrinio elektrodo į masės šoninį elektrodą, o antroje žvakėje – priešinga kryptimi (vertinant jonizuotų krūvininkų judėjimo kryptį). Centrinis elektrodas smailus ir karštesnis už šoninį, todėl kibirkštis susidaro lengviau, reikia mažiau energijos. Dėl to žvakės, veikiančios tiesiogine kryptimi, pramušimo įtampa yra truputį mažesnė (1,5–2kV), palyginti su žvake, įjungta atbuline kryptimi. Pastebimas netolygus elektrodų susidėvėjimas. Esant dideliame antrinės įtampos atsargos koeficientui, tai nėra reikšminga, tačiau kad tolygiau veiktų, automobilių gamintojai rekomenduoja kas 10 000 km ridos keisti žvakes vietomis.

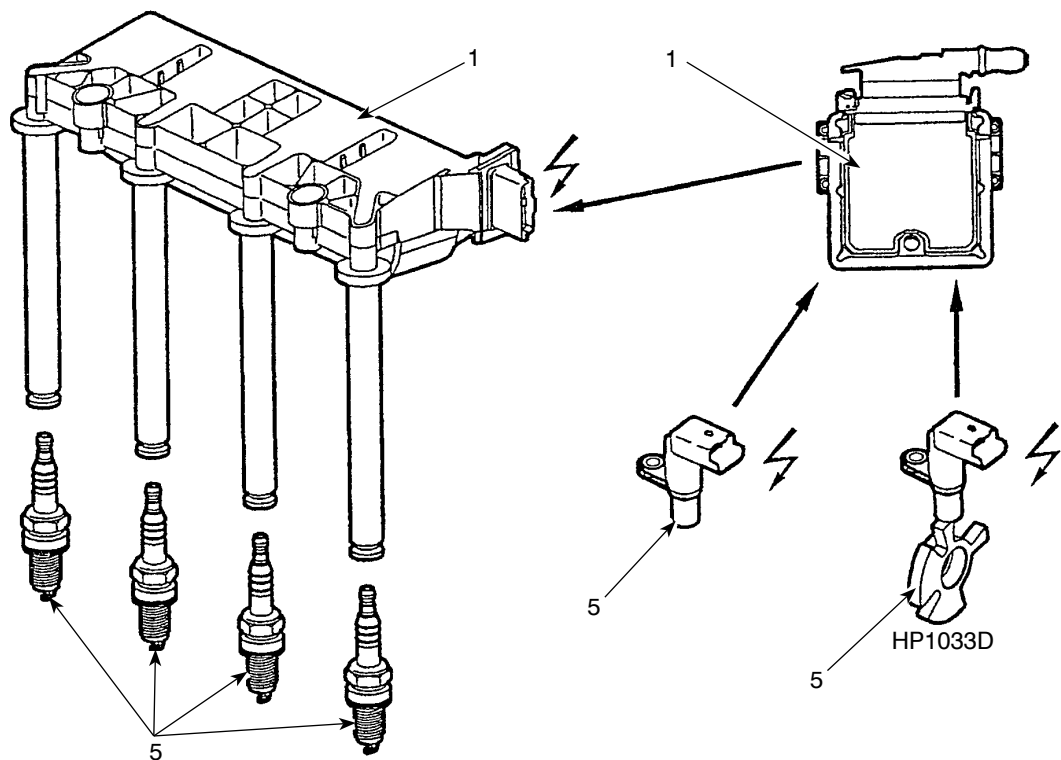
## 7.4.2. Individualaus statinio paskirstymo išėjimo pakopos

Sparčiai plinta automobilių modeliai su individualiomis uždegimo ritėmis kiekvienai uždegamajai žvakei. Aukštosios įtampos ritę ir žvakę sujungus į vieną elektros grandinę, atsiranda galimybė tobuliau valdyti degimo procesą, nes:

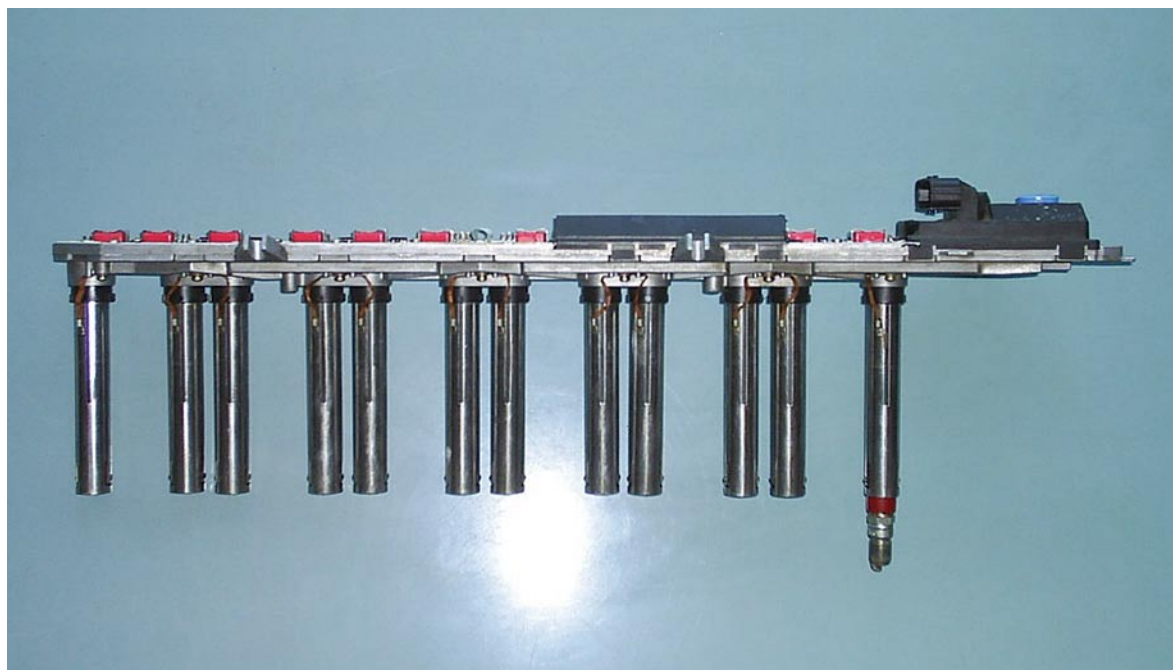
- lengviau reguliuoti paskubos kampą kiekvienam cilindru atskirai;
- vienas aukštosios įtampos ritės išvadas per matavimo rezistorių įžeminamas (yra galimybė, matuojant jonizacijos srovę (7.26 pav.), stebėti procesus degimo kameroje, tiksliai nustatyti detonacinių reiškinių atsiradimo laiką, dar jiems neprasidėjus, imtis priemonių, kad tai neįvyktų, veikti labai arti detonacijos ir nedetonuoti);
- esant reikalui, galima laiku išjungti dalį cilindrų;
- yra galimybė degimo procesą kameroje, jos įkrovos dydį reguliuoti pagal šiai situacijai reikalingą variklio sukimo momentą;
- galima kokybiška ir patikima savidiagnostika bei rezervavimas.



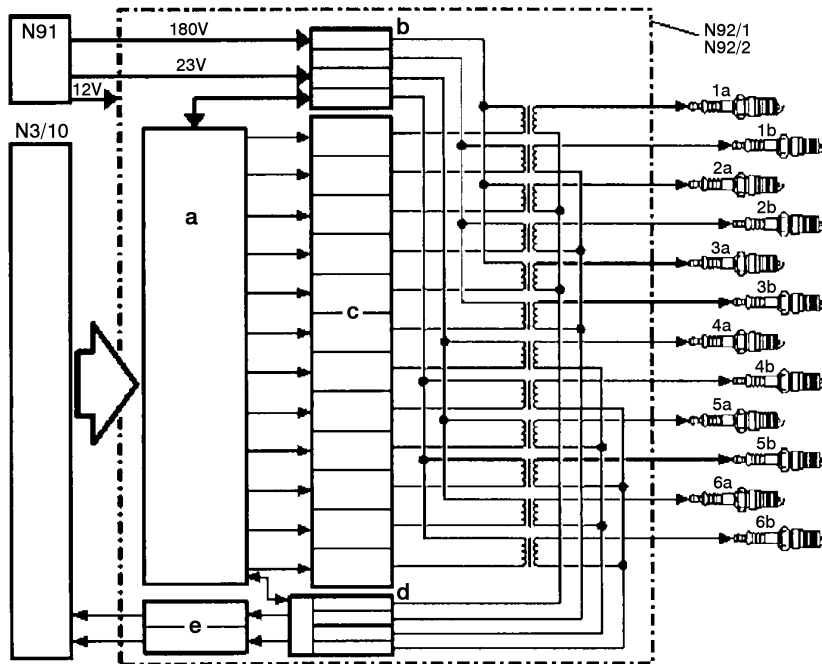
7.26 pav. „Siemens MS40“ (BMW 320i, 325i) uždegimo sistemos galinės pakopos schema: 1, 29, 2, 30, 3, 31 – komutacinių kanalų išėjimai; 62 – jonizacinės srovės signalo įėjimas. Įtampos kritimas rezistoriuje R1 rodo jonizacinės srovės dydį.



7.27 pav. Firmos „Renault“ uždegimo sistemos variantas:  
 1 – keturių aukštosios įtampos išvadų aukštosios įtampos ritė; 2 – valdymo blokas;  
 3 – skirstomojo veleno padėties jutiklis; 4 – alkūninio veleno sūkių jutiklis



7.28 pav. „Mercedes 600“ automobilio uždegimo sistemos konstrukcija



7.29 pav. „Mercedes 600“ automobilio uždegimo sistemos struktūrinė schema:  
*a* – uždegimo blokas; *b* – maitinimo šaltinis – stabilizatorius; *c* – uždegimo sistemos galinė pakopa; *d* – jonizacijos (kibirkšties lanko) srovės matuoklis; *e* – keitiklis su analoginiu kodu; N92/1, N92/2 – uždegimo sistema; N3/10 – centrinis valdymo blokas; N91 – maitinimo šaltinis; 1a–1b...6a–6b – žvakės degimo kameroje

Naudojamos įvairios individualaus aukštosios įtampos paskirstymo įrangos konstrukcijos ir schemas (7.27, 7.28 pav.).

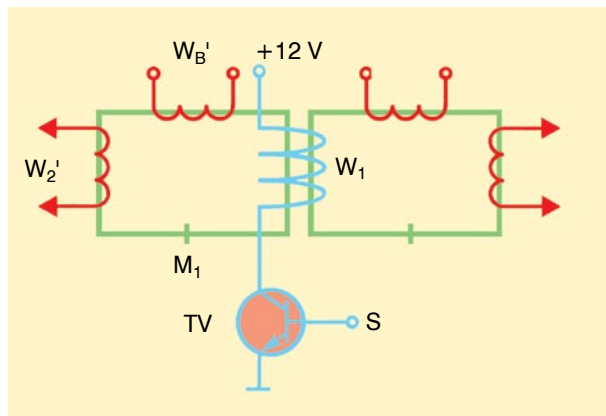
„Mercedes 600“ automobilyje naudojamos 24 aukštosios įtampos ritės po dvi žvakes į kiekvieną cilindrą (7.29 pav.). Dviejų žvakių vienam cilindru uždegimo sistema turi šiuos privalumus:

1. Mažiau išmetama kenksmingų išmetamųjų dujų.
2. Padidėja variklio galia.
3. Du kibirkšties židiniai degimo kameroje skirtingu laiku nulemia tolygesnį mišinio degimo plėtimąsi.
4. Esant vieno kanalo gedimui, sistema gali veikti avariniu režimu.

### 7.4.3. Išėjimo pakopos su išotinamuoju uždegimo transformatoriumi

Uždegimo sistemose galima naudoti aukštosios įtampos rites su įvairiais lygiais išotinama magnetolaidžio šerdimi (7.30 pav.). Jei transformatoriaus magnetolaidis išotinamas, tai jo transformacijos koeficientas staigiai krinta ir energija iš vienos apvijos į kitą neperduodama. Šis reiškinys sudarė prielaidą sukurti aukštosios įtampos ritę, kurios veikimas nesutampa su klasikinės aukštosios įtampos ritės veikimo principu.

Toks uždegimo transformatorius yra su dviem magnetolaidžiais –  $M_1$  ir  $M_2$ , kuriuos gaubia bendra pirminė apvija  $W_1$ . Kiekviename magnetolaidyje yra atskira valdymo apvija ( $W'_B$  ir  $W''_B$ ) ir atskiros dviejų išėjimų antrinės apvijos ( $W'_2$  ir  $W''_2$ ). Kada valdančiąja apvija  $W'_B$  teka srovė, pakankama įšotinti šerdžiai  $M_1$ , o apvijoje  $W''_B$  srovės nėra, tai aukštoji įtampa susidaro tik antrinėje apvijoje  $W''_2$ . Jei būtų išjungta srovė valdančioje apvijoje  $W'_B$  ir paleista sotinimo srovė per apviją  $W''_B$ , tai būtų įšotinama šerdis  $M_2$  ir aukštoji įtampa transformuojama tik apvijoje  $W'_2$ .



7.30 pav. Uždegimo sistemos išėjimo pakopa su įšotinamuoju transformatoriumi

Uždegimo sistemos su įšotinamuoju transformatoriumi labai patikimos, mažų matmenų, svorio, bet pramonė jų masiškai dar negamina. Tokio transformatoriaus magnetolaidžio šerdis gaminama toroido formos iš aukštos kokybės elektrotechninio plieno – permalojaus. Šio tipo aukštosios įtampos ričių gamybos technologija sudėtingesnė ir savikaina didesnė. Informacija apie šio tipo uždegimo sistemas skurdi, sunku prognozuoti, ar jos plačiai paplis.

#### 7.4.4. Daugiakibirkštės uždegimo sistemos

Kai kuriais atvejais, ypač veikiant žemaisiais sūkais, kai vienos kibirkšties energijos nepakanka kokybiškai uždegti degiamam mišiniui arba norima itin padidinti sistemos patikimumą, gali būti naudojamos elektroniniu požiūriu sudėtingesnės daugiakibirkštės uždegimo sistemos. Šiam tikslui naudojamos aukštosios įtampos ritės ir uždegimo sistemos, kurių energijos kaupimo laikas labai trumpas, kad po pirmos kibirkšties dar liktų laiko suformuoti kelias iškrovas tame pat degimo proceso cikle. Signalą daugiakibirkštei iškrovai formuoja pats valdymo blokas.

Analogiškiems tikslams gali būti naudojamos dvi uždegamosios žvakės vienoje degimo kameroje arba iškrovai sudaryti naudojama kintamoji įtampa. Tuomet kibirkštis formuojama įjungiant ir išjungiant pirminę apviją. Čia abu energijos kaupimo principai – indukcinis ir talpinis – pritaikomi kartu. Šios sistemos yra brangios, tad naudojamos rečiau.

#### **PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE**

1. Išvardykite, kokius žinote degalų uždegimo būdus.
2. Paaiškinkite skirtingų uždegimo sistemų veikimo principus.
3. Išvardykite, kokius žinote uždegimo sistemų pertraukiklius.
4. Paaiškinkite uždegimo sistemų parametrus.
5. Išvardykite, kokio tipo jutikliai naudojami uždegimo sistemose.

## 7.5. Uždegimo sistemų komponentai

### 7.5.1. Aukštosios įtampos laidininkai. Radijo trukdžiai

Aukštosios įtampos laidininkais jungiame uždegimo sistemos galines pakopas su skirstytuvais ir žvakėmis. Laidai – mažo patikimumo elementai, veikiantys sunkiomis sąlygomis. Dažnai pasitaikantys gedimai verčia tobulinti aukštosios įtampos skirstymą.

Praktiškai uždegimo sistemose su mechaniniais skirstytuvais aukštosios įtampos laidininkų ilgis siekia 20–60 cm. Elektros kibirkšties iškrovos momentu jais ir visais kitais aukštosios įtampos ritės antrinės grandinės elementais (žvakės, skirstytuvai) teka aukšto dažnio aukštosios įtampos srovė. Ilgi laidai lyg antenos spinduliuoja radijo trukdžius (trukdžius spinduliuoja bet koks kibirkščiujantis įrenginys: mechaniniai skirstytuvai, jungikliai, elektros variklių kolektoriai, žvakės ir kt.). Išspinduliavimo spektras platus (baltas), jis gali kenkti aplinkiniams radijo įrenginiams, taip pat tapti paties automobilio valdymo mikroprocesorinių sistemų nestabilaus veikimo priežastimi (tai žalingiausia). Nėra patikimų ir visapusiškų priemonių trukdžiams nuslopinti, todėl tenka ieškoti kompromisinių metodų šio nepageidaujamo reiškinio poveikio padariniams sumažinti. Tai:

1. Aukštosios įtampos laidų, žvakių, uždegimo ričių ir aukštosios įtampos skirstytuvų ekranavimas (uždegimo sistemų elementai uždengiami metaliniu šarvu, sumažinančiu trikdžių spinduliavimą į aplinką).

2. Aukštosios įtampos laidų su išskirstytais parametrais naudojimas (varža, induktyvumas).

3. Trukdžius gesinančių rezistorių naudojimas (žvakėse, skirstytuve).

Ekranuojant uždegimo sistemas, didėja aukštosios įtampos nuostoliai, tenka didinti antrinės įtampos atsargos koeficientą, sistema tampa sudėtinga ir nepatogi.

Aukštosios įtampos laidininkai su išskirstytais parametrais mažiau patikimi, sudėtinga jų gamybos technologija, jie yra brangūs.

Trukdžius gesinantys rezistoriai sugeria dalį aukštosios įtampos energijos.

Gamintojas savo nuožiūra pasirenka jam priimtinausią trukdžių slopinimo būdą. Žinotina, kad radijo trukdžius mažinančių priemonių naudojimas blogina uždegimo sistemos techninius rodiklius. Kibirkšties degimo laikas trumpėja iki 20%, o energija – iki 50%, gali atsirasti kibirkšties praleidimų, todėl nenuostabu, kad atsiranda vis daugiau automobilių modelių, kuriuose atsisakoma mechaninių skirstytuvų, aukštosios įtampos laidų – pačių radijo trukdžių skleidimo šaltinių. Jei dar naudojami aukštosios įtampos laidai, tai jie gali būti:

1. Laidai su laidžia vidine gysla turi 0,018–0,019  $\Omega/m$  varžą ir naudoja iki 15–25 kV uždegimo įtampos, montuojami su trukdžius gesinančiais rezistoriais (pasitaiko retai).

2. Laidai su išskirstytais parametrais gaminami iš sintetinės virvutės, impregnuotos suodžių suspensija, o lankstumui ir atsparumui padidinti apsaugomi kaproniniu apvalkalu ir polichlorviniline izoliacija. Laido varža – 15–40 k $\Omega/m$ , tinka dirbti iki 30 kV.

3. Laidai su išskirstyta reaktyvine varža gaminami iš geležies ir nikelio lydinio vielos, užvyniotos ant lankstaus feroplastinio pagrindo – magnetolaidžio. Atsirandantys radijo truk-

džiai akumuliuojami (klimpsta) laide ir mažiau sklinda į aplinką. Laido varža – 2–5 k $\Omega$ /m, skirti dirbti iki 40 kV.

Kai kurios firmos efektyviam radijo trukdžių slopinimui gamina didesnės išskirstytos varžos aukštosios įtampos laidus. Tačiau pernelyg didelės varžos laidai ar jų neatitikimas gali trukdyti stabiliam darbui.

Kai naudojamos individualios aukštosios įtampos ritės kartu su žvakėmis, jų kiekviename lizde statomi 4–10 k $\Omega$  dydžio radijo trukdžius gesinantys rezistoriai, mažinantys spinduliavimo kontūro kokybę, o kartu ir spinduliavimo laipsnį. Tokie rezistoriai gali būti montuojami ir prie mechaninio skriejiko kontakto (jei toks yra).

Aukštosios įtampos laidininkams atskirti naudojamas spalvinis ženklavimas. Šviesiai rudi arba šviesaus atspalvio laidai yra žemos ominės varžos, raudoni arba rožiniai turi išskirstytą varžą  $2000 \pm 200 \Omega/m$ ; mėlynos spalvos –  $2550 \pm 250 \Omega/m$ . Kitos firmos aukštosios įtampos laidininkus ženklina tekstu išilgai laido, kurio turinį sužinome iš tam skirto katalogo.

Bet kuris radijo trukdžių gesinimo būdas blogina uždegimo sistemos pagrindinius kibirkšties rodiklius. Sunkėja šalto variklio paleidimas žiemą, ypač kai laidininkai padengti šerkšnu. Trūkumams pašalinti naujuose automobiliuose naudojama mechaninė aukštosios įtampos laidininkų, uždegamųjų žvakių apsauga nuo purvo ir drėgmės. Laidininkai dedami į apsauginį vamzdelį arba uždengiami plastikiniu dangteliu kartu su žvakėmis.

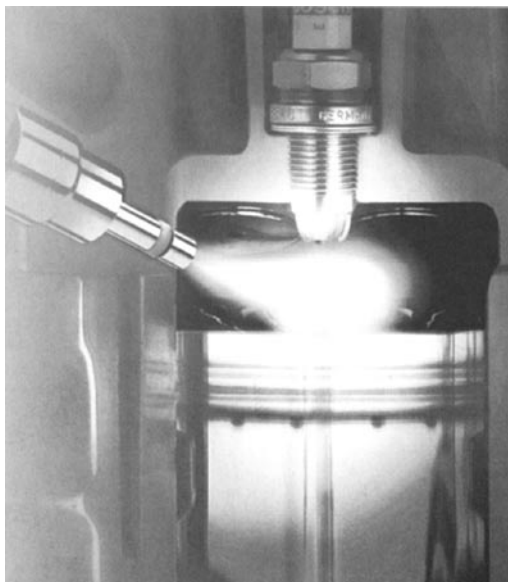
### 7.5.2. Automobilių uždegamosios žvakės

Elėktros kibirkštinė žvakė yra svarbus automobilių uždegimo sistemos komponentas. Nuo jos konstrukcijos tobulumo ir teisingo parinkimo daug priklauso vidaus degimo variklio veikimo kokybė. Pagal veikimo principą žvakės skirstomos į žvakes su kibirkštiniu oro tarpu, puslaidininkes, erozines ir kombinuotas. Bet kurios konstrukcijos uždegamoji žvakė yra greitai veikianti kibirkštinė kuro mišinio vidaus degimo variklio cilindruose uždegimo priemonė. Daugiausia naudojamos uždegamosios žvakės su oro tarpu – jų didesnis patikimumas, nesudėtinga konstrukcija ir gamybos technologija.

#### Elektros kibirkšties iškrova. Ypatumai

Uždegamojoje žvakėje kibirkštį sukelia aukštoji įtampa, kuriai reikalingą energiją sukaučia uždegimo sistemos energijos kaupiklis – uždegimo ritė ar kondensatorius. Kai tik tarp žvakės elektrodų susidaro potencialų skirtumas, lygus tarpo pramušimo įtampai, tarp elektrodų įvyksta elektros kibirkšties iškrova (kibirkštis) (7.31 pav.).

Pramušimo įtampos didumas priklauso nuo žvakės parametrų (elektrodų medžiagos ir



7.31 pav. Degimo kameros vaizdas



formos, oro tarpo tarp elektrodų didumo, centrinio elektrodo potencialo ženkle), parametru, charakterizuojančių darbinio mišinio užsidegimo sąlygas degimo kameroje (slėgio kibirkšties susidarymo momentu, darbinio mišinio ir elektrodų temperatūros, mišinio sudėties ir judėjimo greičio kibirkšties susidarymo zonoje), uždegimo sistemos išėjimo pakopos parametru (aukštosios įtampos tarp žvakės kontaktų augimo greičio).

Energija, sukaupia kaupiklyje, išskiriama tarp žvakės elektrodų elektros kibirkšties pavidalu. Elektros kibirkštis, kurios kanalo spindulys 0,2–0,6 mm, yra stiprus šilumos ir jonizavimo šaltinis, nors egzistuoja tik 0,3–5 ms, tačiau pasiekia aukštą, iki 10 000 K, temperatūrą.

### 7.5.2.1. Automobilių uždegamosios žvakės sandara

7.32 paveiksle pateikta labiausiai paplitusi automobilių uždegamosios žvakės konstrukcija. Jos pagrindinės dalys: korpusas (7), izoliatorius (3) ir elektrodai (10, 11).

Žvakės korpusas turi išorinį sriegį (9) ir šešiabriaunę galvutę (6) žvakės raktui. Korpuso atraminis paviršius gali būti plokščias arba kūginis. Pirmuoju atveju tarp cilindro bloko galvutės ir žvakės dedamas sandarinimo žiedas (8), kuris gali būti nuimamas arba nenuimamas. Žvakės su kūginiu atraminiu paviršiumi geresnė hermetizacija, naudojama mažesnė įsukimo jėga, nereikalingas sandarinimo žiedas.

Korpuso viduje yra izoliatorius (3) – svarbiausias žvakės elementas. Žvakės izoliatoriaus medžiaga turi turėti didelį mechaninį ir elektrinį atsparumą, geras antikoroazines savybes, didelę tūrinę ir paviršinę varžą, būti atspari temperatūrai, neabsorbuoti vandens ir turėti didelį šilumos laidumą. Žvakės kokybė ir charakteristikos daugiausia priklauso nuo izoliatoriaus medžiagos. Šiuo metu kibirkštinių žvakių izoliatoriai gaminami iš korundo keramikos, turinčios apie 95% aliuminio oksido ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Į keramikos sudėtį įeina mineraliniai priedai (silicis, kalcis, magnis, kobaltas ir niobio oksidas), gerinantys izoliatoriaus pagrindines charakteristikas ir suteikiantys jam žydrą spalvą.

Hermetiškumą tarp izoliatoriaus ir žvakės korpuso užtikrina sandarinimo žiedai (15, 16, 19). Sandarinimo žiedai (15 ir 16) pagerina šilumos laidumą per korpusą į cilindro bloko galvutę. Izoliatoriaus apatinė dalis (3) pereina į kūgį (13). Kai kurių tipų žvakėse izoliatoriaus kūgis išsikišęs už korpuso – dėl to kuro mišinys lengviau patenka į žvakės elektrodų (10, 11) tarpą, o apatinė izoliatoriaus dalis geriau aušinama įsiurbiamu degiuoju mišiniu. Izoliatoriaus viršutinės dalies viduje yra kontaktinė galvutė (23), o apatinėje dalyje – centrinis elektrodas. Centrinis elektrodas ir kontaktinė galvutė izoliatoriuje hermetizuojama šilumai laidžiu stiklo hermetiku (17).

Kibirkštinė iškrova tarp uždegamosios žvakės elektrodų yra radijo trukdžių šaltinis. Jiems slopinti tarp centrinio elektrodo ir kontaktinės galvutės gali būti įdėtas trukdžius slopinantis rezistorius (anglinis strypelis arba rezistorinis hermetikas). Jei tokios žvakės naudojamos variklyje, tuomet aukštosios įtampos laidininkai būna be trukdžius slopinančių priemonių. Trukdžius slopinantis rezistorius mažina elektrodų eroziją.

Elektrodų medžiaga turi būti atspari korozijai, erozijai, karščiui ir turėti gerą šilumos laidumą. Patenkinamas savybes turi lydiniai su didele nikelio ir chromo koncentracija. Be to, nikelis aukštoje temperatūroje pagerina kibirkštinio tarpo jonizaciją ir kartu mažina pramu-

šimo įtampą. Tačiau primaišius į kurą antidetonacinių priedų (pvz., tetraetilšvino), padidėja elektrodų su nikelio priemaiša korozija. Šiuo požiūriu geresnis lydinys su chromo priemaiša. Centriniam elektrodams gaminti naudojamas chromtitaninis plienas.

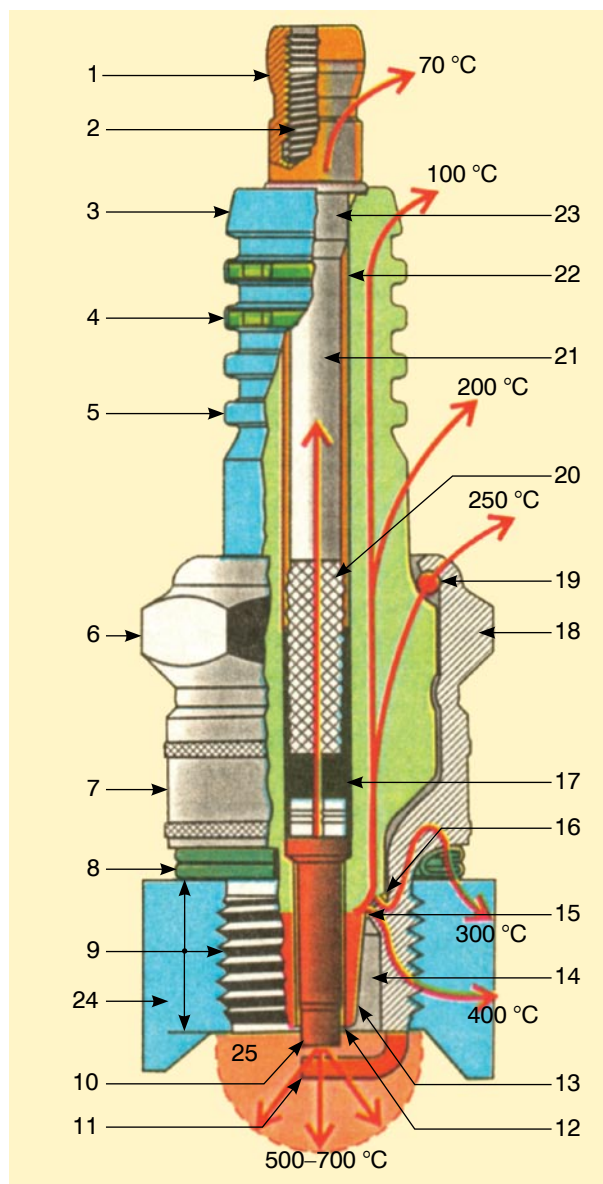
Šiuolaikiniuose forsuočiuose varikliuose naudojamos žvakės, kurių centrinis elektrodas pagamintas iš vario, padengto nikelio ir chromo apvalkalu. Varinė šerdis yra laidesnė šilumai, o apvalkalas garantuoja elektrodo patvarumą.

Sportinių forsuočių automobilių variklių uždegamosios žvakės gaminamos su sidabrinu centriniu elektrodu. Sidabras yra pats geriausias šilumos laidininkas, todėl elektrodas gali būti plonesnis ir degusis mišinys geriau patenka į kibirkštinį tarpą, o variklis veikia stabiliau. Tačiau tokios žvakės brangios ir dirba trumpiau.

Šiuolaikinėse uždegamosiose žvakėse tarp centrinio elektrodo ir izoliatoriaus yra ilgas oro kanalas (12). Toks oro tarpas, plečiantis centriniam elektrodai, apsaugo izoliatorių

7.32 pav. Elektros kibirkšties uždegamoji žvakė:

- 1 – kontaktinis gaubtelis; 2 – sriegis gaubteliui; 3 – centrinio elektrodo keraminis izoliatorius; 4 – firmos ženklas;
- 5 – izoliatoriaus briauna; 6 – žvakės rakto veržlė; 7 – žvakės korpusas;
- 8 – sandarinimo žiedas; 9 – korpuso sriegis ir jo ilgis; 10 – centrinis elektrodas;
- 11 – šoninis (masės) elektrodas; 12 – oro tarpas tarp centrinio elektrodo ir keraminio izoliatoriaus; 13 – keraminio izoliatoriaus šilumos kūgis (suknelė); 14 – ertmė degiajam mišiniui; 15, 16 – šilumos ir fiksavimo žiedai; 17 – šilumai ir elektrai laidus stiklo hermetikas; 18 – korpuso kūnas; 19 – centruojantis šilumos žiedas;
- 20 – centrinio elektrodo briaunotoji dalis (fiksatorius); 21 – kontaktinės galvutės srovei laidi arba rezistorinė dalis; 22 – oro tarpas; 23 – kontaktinė galvutė;
- 24 – bloko galvutės kūnas (cilindro dangtelis); raudonos linijos – šilumos srautų iš korpuso izoliatoriaus kryptys;
- 25 – pradinio užsiliepsnojimo zona

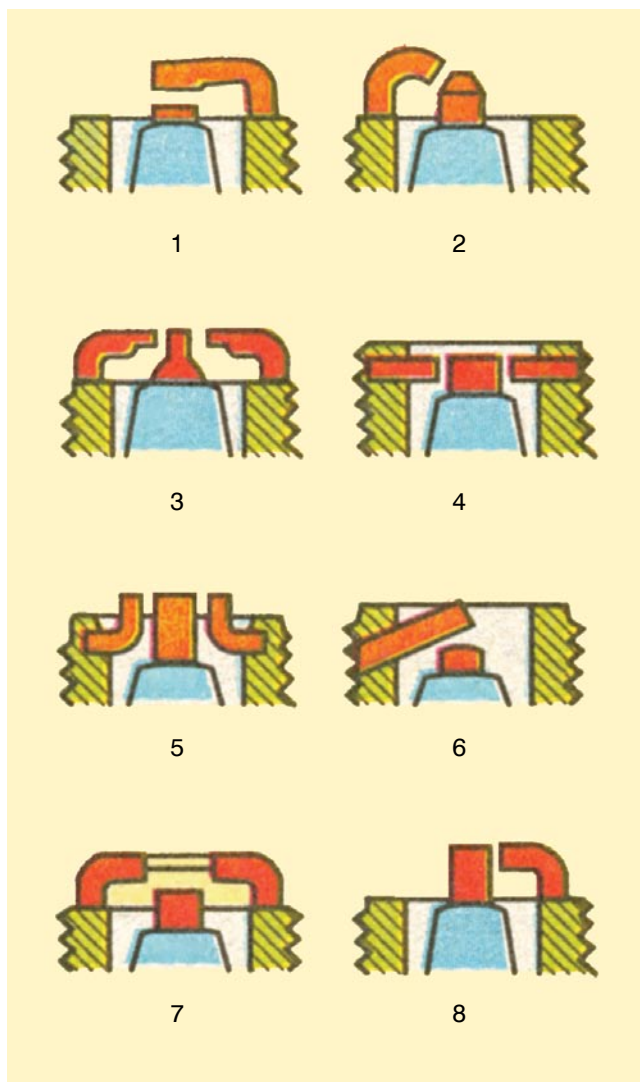


nuo skilimo. Vykstant degimui centrinis elektrodas plečiasi ne tik dėl aukštos temperatūros poveikio degimo kameroje, bet ir dėl cheminės reakcijos tarp elektrode esančio nikelio ir sieros. Vykstant cheminei reakcijai aukštoje temperatūroje, susidaro sieros nikelis, padidinantis centrinio elektrodo skersmenį. Tačiau šis oro tarpas blogina šilumos apykaitą iš pačios karščiausios centrinio elektrodo dalies ir lemia žvakės šilumos charakteristiką.

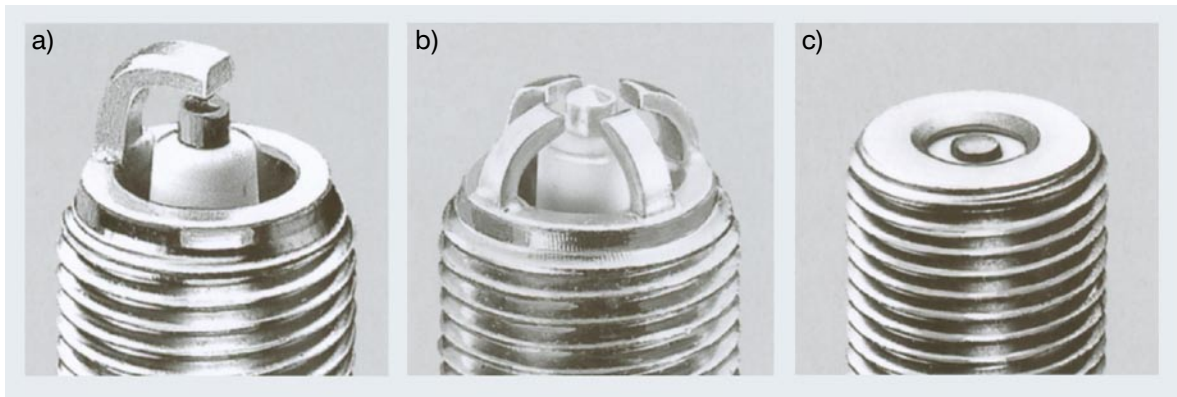
Gerų eksploatacinių savybių yra uždegamosios žvakės su platinos elektrodu, kuris su lydomas su keraminiu izoliatoriumi. Jose nereikalingas oro tarpas (12). Dėl didelio korozinio ir erozinio atsparumo platininis centrinis elektrodas daromas labai plonas. Tai gerina mišinio patekimą į kibirkštinį tarpą ir garantuoja jo patikimą užsiliepsnojamą. Maži platininio centrinio elektrodo matmenys ir nusmailintas šoninis elektrodas, taip pat katalizatorinės platinos savybės sumažina pramušimo įtampą tarp elektrodų. Žvakės su centriniu platininiu elektrodu pasižymi patikimu kibirkšties susidarymu visą tarnavimo laiką ir geromis paleidimo savybėmis. Tačiau šios žvakės labai brangios (4–5 kartus brangesnės už paprastas žvakes).

Masės elektrodas (11) mikrokontaktinio virinimo būdu privirinamas prie žvakės korpuso krašto. Jis gaminamas iš nikelio ir mangano lydinio. Šis lydinys patikimai susilydo su plieniniu žvakės korpusu.

Uždegamosios žvakės eksploatacinės charakteristikos pagerėja, jeigu masės elektrodas, kaip ir centrinis, turi varinę šerdį. Tokios žvakės su elektrodų varinėmis šerdimis pradėtos gaminti 1988 metais firmos „Champion“ ir vadinamos „Double Copper“. Kibirkšties susidarymui palengvinti ir ilgaamžiškumui padidinti žvakėse daromi keli šoniniai elektrodai (žr. 7.33 pav. 3, 4, 5, 7). Žvakės eksploataciniams parametrams, elektrodų šilumos laidumui, degiojo mišinio patekimui į kibirkštinį tarpą, elektrodų patvarumui, pramušimo įtampai didelę įtaką turi masės (šoninių) elektrodų forma. Daugiausia paplitusios vienos masės elektrodo žvakės, tačiau esama žvakių, kuriose masės elektrodai yra įvairių formų: kabliuko, poriniai suploti, šoniniai įleisti, žiediniai, tangentiniai, pasaginiai, šoniniai vienetiniai ir kt. (žr. 7.34 pav.).



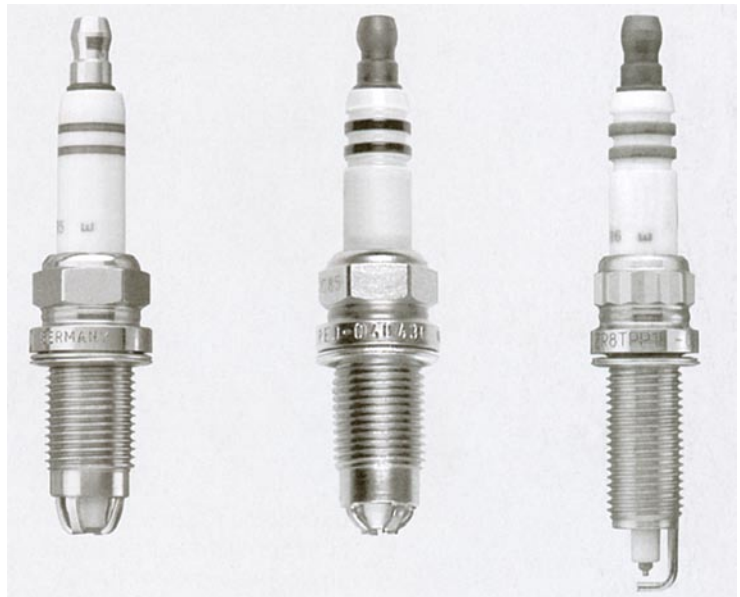
7.33 pav. Uždegamųjų žvakių šoninių elektrodų formos



7.34 pav. Galimos žvakių masės elektrodų konstrukcijos:  
*a – kabliuko formos masės elektrodas; b – poriniai suploti masės elektrodai;*  
*c – žiediniai masės elektrodai*

Nuo elektrodų formos priklauso kibirkštinio tarpo rūšis ir kibirkšties trajektorija. Elektrodų skerspjūvio forma gali būti įvairi: skritulinė, stačiakampė, trikampė ir kt. Šoninių elektrodų paviršiuje gali būti griovelėlių arba ašinių skylučių, tai pagerina elektrodų nusivalymą.

Tarp žvakės elektrodų nustatomas būdingas konkrečiam variklio tipui oro tarpelis. Variklių su elektronine uždegimo sistema šis tarpelis yra 0,7–1,2 mm dydžio. Ankstesnės konstrukcijos varikliuose su klasikine uždegimo sistema – 0,5–0,8 mm. Netinkamai nustatytas tarpo dydį, pablogėja automobilio variklio veikimo rodikliai, padidėja degalų sąnaudos, kenksmingesnės tampa išmetamosios dujos. Varikliuose, dirbančiuose su liesuoju darbiniumi mišiniu, reikalingas didesnis tarpas tarp žvakės elektrodų. Padidėjus tarpui, didėja kibirkštinio tarpo pramušimo įtampa, todėl kibirkšties praleidimui išvengti tenka didinti aukštosios įtampos atsargos koeficientą. Jei oro tarpas tarp elektrodų per mažas, tai didėja jo pasidengimo nuodegomis tikimybė, juntami kibirkšties praleidimo ciklai. Tai labai blogina variklio ekonomiškumą, kenkia katalizatoriui. Pvz., šešių cilindrų variklyje neveikiant vienai žvakei, degalų sunaudojimas gali padidėti iki 25%.



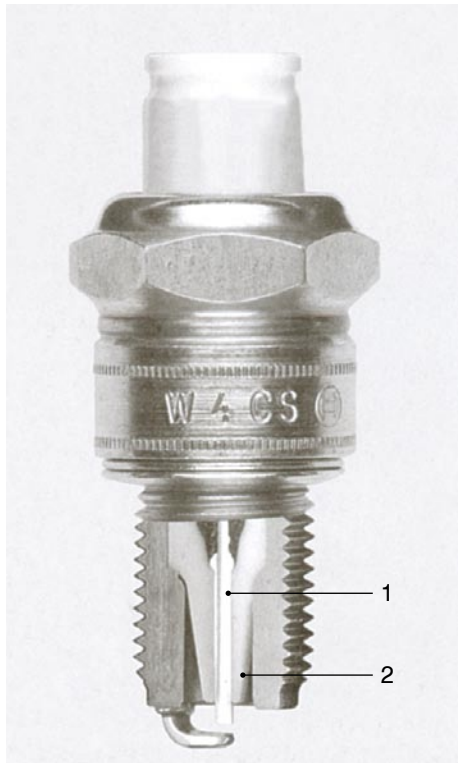
7.35 pav. Tiesioginio įpurškimo sistemų įprastinės žvakės su paviršiniu išlydžiu, su centriniu platininiu elektrodu ir oriniu išlydžiu bei platininiu centriniu elektrodo padengimu



pav.) ir pan.), į kiekvieną cilindrą dedama po dvi žvakės.

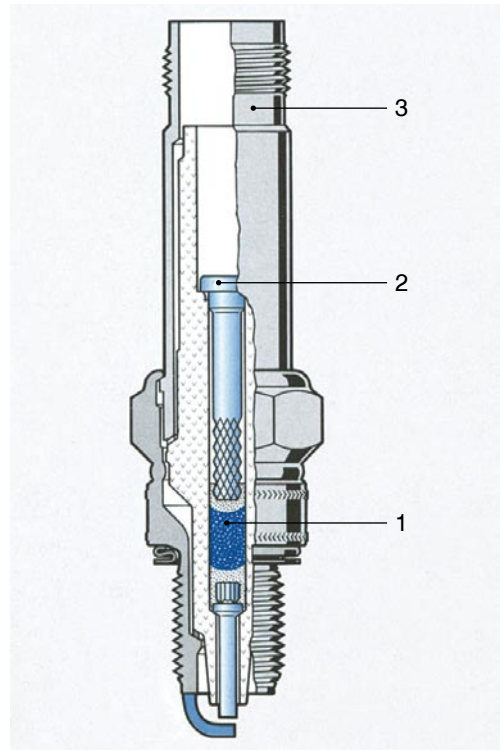
Benzininiuose tiesioginio įpurškimo automobilių varikliuose, įvertinant degimo specifiką, naudojamos tam geriau pritaikytos žvakės (7.35 pav.):

1. Kad degimo židinytys būtų centre, pailginama kameros apatinė dalis.
2. Intensyviai sukuriuojantis degimo mišinys gali numušti elektros lanką, todėl reikalinga galios atsarga jam išsaugoti (kibirkšties galia – apie 100 mJ).



7.36 pav. Sportinių ir lenktyninių automobilių didžiausiųjų apkrovų režimu veikiančios žvakės:

- 1 – sidabrinis centrinis elektrodas;
- 2 – trumpas izoliatorius



7.37 pav. Visiškai ekranuotos žvakės specialios paskirties automobiliams:  
1 – trukdžių gesinimo rezistorius;  
2 – aukštos įtampos jungtis; 3 – ištisinis ekranas

### 7.5.2.2. Šilumos charakteristika

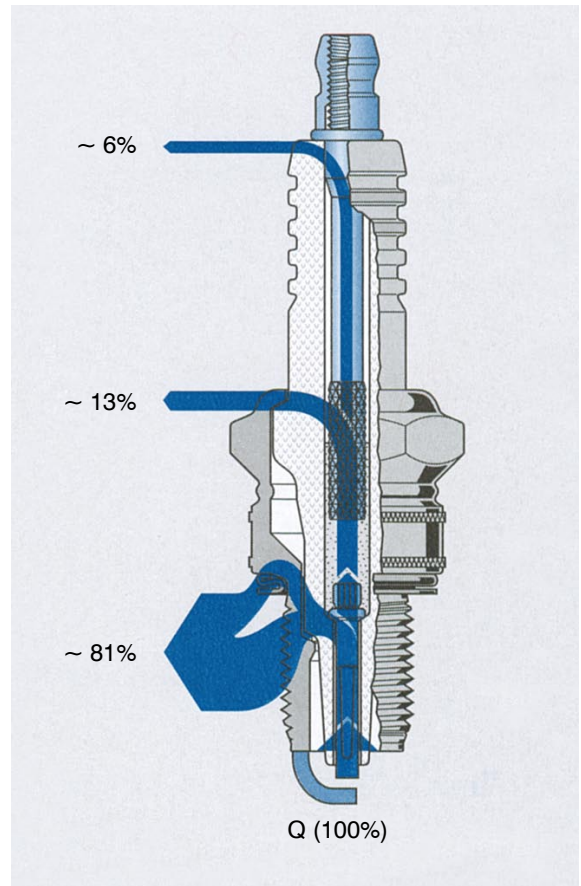
Automobilio variklio elektros kibirkšties uždegamoji žvakė veikia labai sunkiomis sąlygomis. Ji patiria kompleksą cikliškai plačiai kintančių, pasikartojančių mechaninių, šilumos ir elektros apkrovų. Be to, uždegamosios žvakės detales chemiškai veikia kuro mišinys, degimo produktai ir variklio tepalas.

7.38 pav. pateikta elektros kibirkšties žvakės šilumos nukreipimo schema.

Variklio žvakę veikia temperatūrų svyravimai nuo  $-60$  iki  $+3000$  °C. Izoliatoriaus šilumos kūgis ir elektrodai įkaista iki vidutinės temperatūros. Ne visai sudegus degiajam

mišiniui ir variklio tepalui patekus į degimo kamerą, ant izoliatoriaus šilumos kūgio susidaro aukštajai įtampai pakankamai laidus nuodegų sluoksnis, šuntuojantis žvakės kibirkšties tarpą. Nuo šuntuojamojo nuodegų poveikio varža sumažėja iki 0,5–1 mΩ (šaltos ir švarios uždegamosios žvakės izoliatoriaus varža 500–10 000 mΩ), aukštosios įtampos ritės antrinėje apvijoje, be kibirkšties srovės, susidaro nuotėkio srovė. Nuotėkio srovė dar prieš pramušant kibirkštinį tarpą žvakėje sukelia įtampos kritimą antrinėje grandinėje. Dėl to įtampa tarp žvakės elektrodų mažėja ir gali pasidaryti lygi arba mažesnė už pramušimo įtampą, o kibirkštis susidarys su pertrūkiaisi arba visai išnyks. Srovės nuotėkis gali vykti ir per izoliatoriaus šoninį paviršių, jei jis užterštas arba drėgnas. Nuodegų, drėgmės ir nešvarumų kenksmingą įtaką galima sumažinti padidinus nuotėkio srovės kelią. Tam pailginamas šilumos kūgis, o jo išorė daroma briaunota ir įtaisoma į apsauginį gaubtą. Izoliatoriaus šilumos kūgiui įkaitus iki 400–500 °C, nuodegos nuo paviršiaus atskyla savaimė. Ši temperatūra vadinama žvakės nusivalymo temperatūra. Kad šilumos kūgis greitai įkaistų iki nusivalymo temperatūros, jis turi būti pakankamai ilgas. Kita vertus, varikliui veikiant visa apkrova, šilumos kūgio ir elektrodų temperatūra neturi viršyti 850–900 °C.

Antraip degusis mišinys gali užsiliepsnoti (kaitrinis uždegimas) nuo labai įkaitusių uždegamosios žvakės dalių (kaitrinis uždegimas gali įvykti ne tik dėl nuodegų ant žvakių, bet ir dėl nuodegų ant kitų degimo kameros dalių). Kaitrinis uždegimas įvyksta prieš atsirandant kibirkščiai žvakėje. Jam būdingas staigus temperatūros ir slėgio padidėjimas degimo kameroje. Degiojo mišinio degimas tampa nevaldomas, variklio galia mažėja, o jo perkaitimas gali sukelti stūmoklių, vožtuvų, alkūninio veleno lūžius, žvakės izoliatoriaus suirimą ir elektrodų išdegimą. Kad žvakė nepasidengtų nuodegomis ir neprasidėtų kaitrinis uždegimas, jos šilumos kūgio temperatūra turi būti 400–900 °C. Ši temperatūra beveik visoms žvakėms vienoda ir vadinama žvakės darbinės šilumos riba. Tačiau varikliai skiriasi galia, naudojamo benzino rūšimi, suspaudimo laipsniu. Kuo labiau forsuotas variklis, tuo daugiau šilumos išsiskiria degimo kameroje ir, kad žvakės neperkaistų, intensyviau turi vykti šilumos nukreipimas. Pagrindinis šilumos kiekis (apie 80%) išeina per centrinį elektrodą (7.38 pav.) ir izoliatoriaus šilumos kūgį. Toliau viena šilumos srauto dalis išeina per šilumos žiedą ir korpuso srieginę dalį, o kita – per korpuso atraminį paviršių ir tarpiklį. Todėl kad



7.38 pav. Elektros kibirkšties žvakės šilumos nukreipimo schema



nebūtų peržengta žvakės darbinės šilumos riba, skirtingiems varikliams reikia naudoti skirtingų šilumos charakteristikų žvakes.

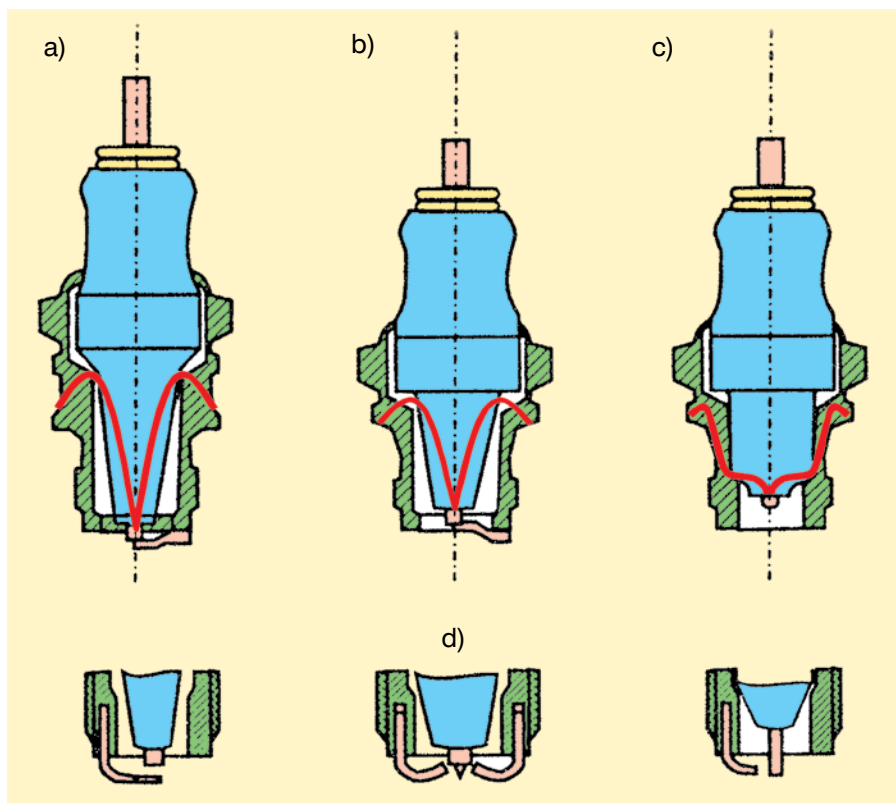
Kol kas nėra bendro uždegamosios žvakės šilumos charakteristikos apibūdinimo. Dažniausiai uždegamosios žvakės šilumos charakteristika nusakoma kaitrinio skaičiumi.

Įvairių firmų pagamintų uždegamųjų žvakių kaitrinių skaičių eilė nėra normuota, skaičių eilutės nesuderintos ir skirtingo žingsnio.

Vokiečių firmos naudoja trupmeninius skaičius. Skirtingų firmų kaitrinių skaičių didėjimo kryptis irgi skirtinga. Rūsijoje, Prancūzijoje, Japonijoje naudojamos didėjančios eilutės – nuo karštų iki šaltų. Vokietijoje, JAV, Anglijoje – mažėjančios. Todėl visos pakeičiamumo lentelėje pateiktos prielaidos yra tik rekomendacinio pobūdžio. Geriausia, kai naudojamos žvakės modelis atitinka gamintojo rekomenduojamą.

Uždegamosios žvakės kaitrinis skaičius yra sąlyginis, nusako žvakės sugebėjimą veikti specialiame etaloniniame variklyje be kaitrinio uždegimo. Rūsijoje gaminamų žvakių kaitrinis skaičius yra vienas iš skaičių eilutės: 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26. Jis proporcingas vidutiniam indikaciniam slėgiui, kuriam esant atliekant bandymą prasideda kaitrinis uždegimas.

Kai kurios firmos kaitrinio skaičiumi laiko dydį, proporcingą laikui, kuriam baigiantis žvakė, veikianti specialiame bandymų variklyje, sukelia kaitrinį uždegimą. Kartais įvairių ti-



7.39 pav. Skirtingų kaitrinių skaičių uždegamųjų žvakių formos:  
a – karšta žvakė; b – vidutinio kaitrinio skaičiaus žvakė; c – šalta žvakė;  
d – įvairūs elektrodai

pų žvakėms įvertinti naudojamas uždegamosios žvakės santykinis kaitrinis skaičius. Šis rodiklis lygus šilumos kūgio ilgio (mm) ir kaitrinio skaičiaus sandaugai.

Rečiau šilumos charakteristika apibūdinama pagal šilumos skaičių, kuris lygus variklio galios (AG) ir izoliatoriaus apatinės dalies paviršiaus ploto (cm<sup>2</sup>) santykiui. Tokia charakteristika vadinama uždegamosios žvakės šilumos įtampa.

Konkrečios uždegamosios žvakės šilumos charakteristika priklauso nuo jos centrinio elektrodo ir centrinio izoliatoriaus šilumos laidumo, nuo izoliatoriaus šilumos kūgio ploto, formos ir kt. (7.39 pav.). Žvakės šilumos charakteristika keičiama keičiant izoliatoriaus šilumos kūgio ilgį ir jo lietimosi su žvakės korpusu plotą.

Žvakė, skirta mažų sūkių varikliams ir vidutiniam šilumos režimui, turi ilgą šilumos kūgį, jos izoliatorius gauna didelį šilumos kiekį ir įkaista iki 600–700 °C. Tokia žvakė vadinama karštąja.

Aukšto suspaudimo laipsnio greitaeigio variklio, kuris veikia esant aukštesnėms temperatūroms, žvakė turi trumpą, įgilintą į korpusą šilumos kūgį. Nors dėl to sunkiau degiamam mišiniui patekti į uždegimo sritį, tačiau sutrumpėja šilumos nuotėkio kelias. Izoliatorius gauna mažiau šilumos ir būna geriau aušinamas (vidutinė izoliatoriaus įkaitimo temperatūra neviršija 500–600 °C). Tokia žvakė vadinama šaltąja. Ji veikia be kaitrinio uždegimo, tačiau dėl trumpo šilumos kūgio joje greičiau pasireiškia žalingas nuodegų šuntuojamasis poveikis.

Šiuolaikiniai lengvųjų automobilių varikliai yra labai galingi, todėl uždegamųjų žvakių darbinės šilumos diapazonas turi būti platesnis. Dėl to padidinamas centrinio elektrodo laidumas šilumai, naudojant varinę šerdį, padengtą karščiui atspariu apvalkalu. Pagerėjus laidumui šilumai, galima pailginti šaltosios žvakės izoliatoriaus šilumos kūgį. Tai užtikrina patikimą žvakės nusivalymą varikliui veikiant tuščiąja eiga ar esant mažoms apkrovoms ir daro ją mažiau jautrią nuodegų šuntuojamajam poveikiui bei kaitriniam uždegimui.

Lentelėje pateiktos kaitrinių skaičių eilutės pagal uždegamųjų žvakių šilumos charakteristikos nustatymo būdą. Tas eilutes sudaro gamintojai. Kaitrinis skaičius būtinai nurodomas žvakės žymenyje.

7.1 lentelė. Uždegamųjų žvakių kaitrinių skaičių eilutės

Firma, šalis	Kaitrinis skaičius
	Karštoji žvakė, šaltoji žvakė
Rusija	8 11 14 17 20 23 26
„Beru“, „Bosch“ (Vokietija)	13 12 11 10...3 2 1 09 08 07 06
„Champion“ (Anglija)	25 24 23.....3 2 1
„AC Delco“ (JAV)	9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
„Eyquem“ (Prancūzija)	30 32 42 52 58 62 72 82 96
NGK (Japonija)	2 4 5 6.....12 13 14

Variklio degimo kameroje degusis mišinys geriau užsiliepsnoja, jei įsukta į cilindrų bloko galvutę žvakė stovi taip, kad šoniniai elektrodai, atsidarius įsiurbimo vožtuvui, netrukdo

degiajam mišiniui patekti į kibirkštinį tarpą. Tokią žvakės padėtį galima nustatyti iš anksto padarius žymas ant žvakės korpuso ir bloko galvutės. Žymos turi atitikti optimalią žvakės padėtį išsiurbimo vožtuvo atžvilgiu. Paprasčiausia tai padaryti, kai žvakė yra su vienu šoniniu elektrodu. Tinkamai įsukus žvakę, degimo kameros sienelės mažiau pasidengia nuodegomis, variklis stabiliau veikia tuščiaja eiga, mažiau naudoja degalų, o jo galia šiek tiek padidėja.

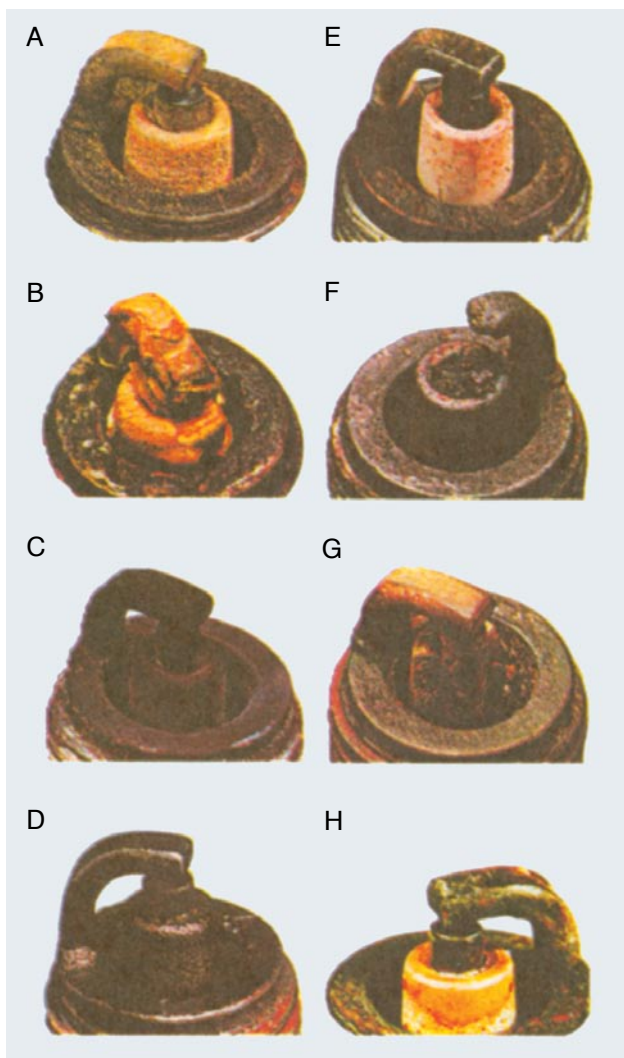
Žvakių oro tarpas matuojamas apvaliu tarpmačiu – jis turi praeiti esant nedideliame pasipriešinimui. Plokščias tarpmatis dėl elektroerozijos šoniniuose masės elektroduose (susidaro išėmos) rodo oro tarpo matavimo paklaidą. Ši paklaida gali sudaryti 40–60%, todėl nustatant oro tarpą į tai reikia atsižvelgti.

Kibirkštinių uždegamųjų žvakių pagrindiniai gedimai – nepakankamas korpuso ir centrinio elektrodo hermetiškumas, elektrodų susidėvėjimas (išdegimas), izoliatoriaus šilumos kūgio suirimas, nuodegų susidarymas ant šilumos kūgio paviršiaus.

Daugumą uždegamųjų žvakių gedimų galima nustatyti jas apžiūrint. Pavyzdžiui, žvakės hermetiškumo praradimą rodo tamsios nuosėdos ant izoliatoriaus paviršiaus. Išsukus žvakę iš cilindro bloko galvutės, pagal elektrodų susidėvėjimo pobūdį ir izoliatoriaus šilumos kūgio būklę galima spręsti ne tik apie žvakės, bet ir apie variklio techninę būklę. Neveikiančios žvakės visa vidinė dalis pasidengia drėgnomis nuodegomis, o pati žvakė, veikiant vidaus degimo varikliui, neįkaista aukščiau bloko galvutės vidutinės temperatūros. Ilgai veikusios žvakės atrodo taip (7.40 pav.):

\* A – normali būklė. Izoliatoriaus šilumos kūgis silpnai padengtas nuodegomis, kurių spalva nuo pilkai geltonos, šviesiai rudos iki pilkai baltos. Elektrodai neapdege, korpuso galas švarus. Galima tvirtinti, kad degusis mišinys paruoštas ir uždegimo momentas uždegimo sistemoje nustatytas be priekaištų, kibirkštis pastovi. Žvakės kaitrinis skaičius parinktas tinkamai. Variklis ir jo sistemos veikia normaliai.

\* B – nuosėdos ant izoliatoriaus ir elektrodų. Aiškios nuosėdos ant elektrodų, izoliatoriaus šilumos kūgio ir žvakės korpuso gali būti puraus šlako pavidalo, lengvai atskiriamos.



7.40 pav. Žvakės formos pakitimai, atsiradę dėl įvairių variklio veikimo sąlygų

Pagrindinė priežastis – priemaišos degaluose arba tepale, kurios nenumatytos pagal veikimo sąlygas. Kaitrinis skaičius parinktas tinkamai. Jei žvakės nuvalymas neduoda rezultatų, ją reikia pakeisti.

\* C – žvakė padengta juodomis nuodegomis. Izoliatoriaus šilumos kūgis, elektrodai ir korpuso žiedas padengti matinėmis juodomis nuodegomis. Priežastys – gedimas variklio maitinimo sistemoje (karbiuratoriuje arba kuro įpurškimo sistemoje), per riebus mišinys, oro filtro užterštumas; karbiuratoriaus paleidimo įrenginio gedimas arba per ilgas variklio paleidimo procesas, vyrauja pervežimai trumpais nuotoliais, per šalta žvakė. Galimos pasekmės: kibirkšties nepastovumas, šaltas variklis sunkiai paleidžiamas, sunaudojama daugiau degalų. Jei žvakė parinkta teisingai, tai ją nuvalius ir suregulavus oro tarpą, taip pat pašalinus variklio sistemų gedimus, ją vėl galima naudoti.

\* D – tepaluota žvakė. Izoliatoriaus šilumos kūgis, elektrodai ir žvakės korpusas padengti blizgančiu tepalo sluoksniu arba tankiomis tepalo nuosėdomis. Priežastys: sulūžęs tepalo žiedas, labai susidėvėję variklio cilindrai ir stūmokliai, per daug tepalo karteryje, blogos vožtuvų tepalo tarpinės, dvitakčiuose varikliuose per didelis tepalo kiekis degijame mišinyje. Žvakėms pasidengus tepalu, susidaro kibirkšties pertrūkiai, sunku užvesti variklį arba jo visiškai neina užvesti. Prieš valant žvakę reikia ją nuplauti stipria benzino srove.

\* E – perkaitinta žvakė. Perkaitinta žvakė panaši į normalią žvakę, tik nebūna nuodegų ant šilumos kūgio ir elektrodų. Šį gedimą geriausiai rodo stiprus išorinės izoliatoriaus dalies perkaitimas. Jei izoliatorius baltas ir ant jo nėra nuodegų, vadinasi, žvakė perkaitusi dėl ankstyvo degimo, per lieso mišinio, papildomo oro įsiurbimo į variklio cilindrą, naudojant žemo oktaninio skaičiaus benzina, kai nėra žvakės (su plokščiu atraminiu paviršiumi) sandarinio žiedo, sugedus variklio aušinimo sistemai, susidarius nuodegoms ant stūmoklio dugno ir cilindro galvutės arba naudojant karštąją žvakę. Perkaitintą žvakę reikia pakeisti, nes vėliau išdegs elektrodai.

\* F – elektrodų išdegimas. Elektrodų aptirpimas (ypač centrinio), ištirpusio metalo pėdsakai ant izoliatoriaus šilumos kūgio, sustingę metalo rutuliukai ant korpuso žiedo liudija apie ypač perkaitintą žvakę ir kaitrinį uždegimą. Priežastys tos pačios, kaip ir perkaitintos žvakės atveju. Saugant variklį, automobilis neekspluatuojamas, kol nepanaikintos kaitrinio uždegimo priežastys.

\* G – izoliatoriaus šilumos kūgio suirimas. Izoliatoriaus šilumos kūgio atskilimai ar įtrūkimai. Šis gedimas pastebimas per ilgai naudojant žvakes. Priežastys gali būti nuolatinė variklio detonacija, žvakės perkaitimas, centrinio elektrodo išsiplėtimas nuo aukštos temperatūros arba korozijos, oro kanalo tarp centrinio elektrodo ir izoliatoriaus pasidengimas nuodegomis, mechaniniai pažeidimai neatsargiai elgiantis su žvake. Pastebėtina, kad detonacija variklyje atsiranda dėl ankstyvo degimo, kaitrinio uždegimo perkaitinus variklį arba naudojant ne to oktaninio skaičiaus benzina. Variklio veikimas, kai atsiranda detonacija, neleistinas, būtina šalinti šio reiškinio priežastis.

\* H – elektrodų metalizacija. Naudojant benzina su antidetonaciniais priedais, kurių pagrindas – švino druskos, sutrumpėja žvakės veikimo laikas (nuo 5000 iki 10 000–15 000 km ridos). Taip yra todėl, kad centrinis ir šoninis elektrodai pasidengia nepasišalinančiais žalsvais švino junginiais. Pastebėjus netolygų uždegimo sistemos veikimą, tokias žvakes reikia pakeisti.

### 7.5.2.3. Uždegamųjų žvakių ženklimas

Uždegamųjų žvakių ženklimas suteikia informacijos, kokias pasirinkti uždegamąsias žvakes ir kaip jas eksploatuoti tam tikrame variklyje. Tai informacija apie korpuso sriegio matmenis, šilumos charakteristiką, konstrukcijos ypatumus ir kt.

Pasauliniėje praktikoje nėra bendro uždegamųjų žvakių ženklavimo. Kiekviena firma tai daro savaip. Kai kurios firmos savo uždegamąsias žvakes ženklina pagal naudojimo sritis (automobilinės, motociklinės, aviacinės ir t. t.).

### 7.5.2.4. Uždegamųjų žvakių pakeičiamumas

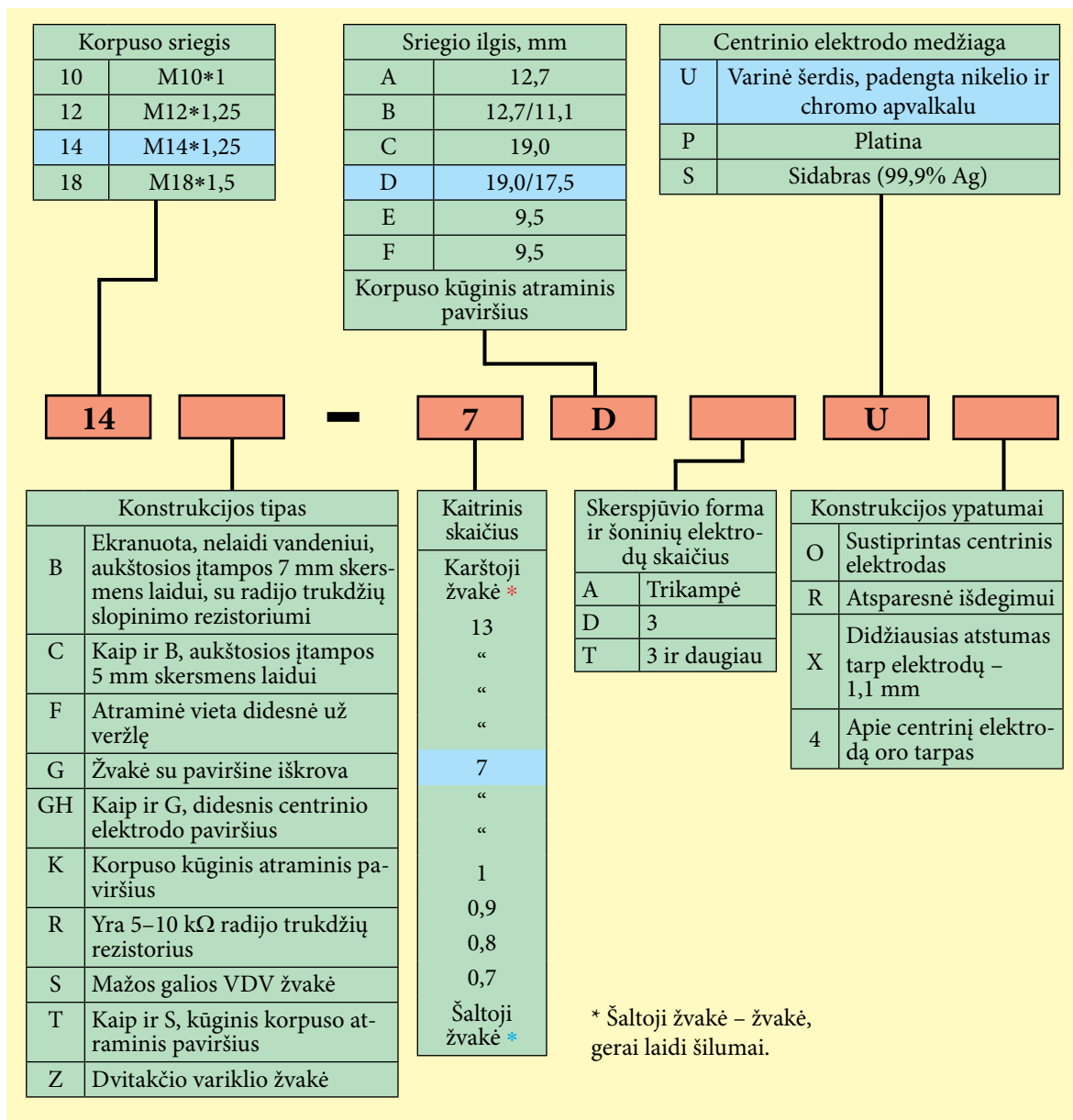
Praktikoje dažnai tenka keisti vieno gamintojo uždegamąsias žvakes kitomis. Toks pakeitimas galimas, jei pasirinktų žvakių charakteristikos yra panašios, vienodi jų konstrukcijos matmenys (7.2 lentelė).

Uždegamosios žvakės korpuso sriegio ilgis turi atitikti cilindro bloko galvutės sriegio ilgį. Jei žvakės korpuso sriegio ilgis didesnis, tai žvakė būna išlindusi į degimo kamerą ir gali susidurti su stūmokliu. Sriegis, esantis degimo kameroje, apdega, žvakė perkaista ir ją keičiant sunku arba iš viso neįmanoma jos išsukti.

Jei sriegio ilgis mažesnis, tai žvakės kibirkštinis tarpas būna cilindro bloko galvutės vi-

7.2 lentelė. Panašios keičiamosios žvakės (firma, šalis gamintoja, jos žymėjimo sistema)

Rusija	Vokietija		Anglija			JAV			Pranc.	Italija	Japonija	
	Beru	Bosch	Champion	Lodge	KLG	Motor-Craft	Auto lite	AC Delco	Eyquem	Marelli	NGK	Nippon Denco
M8T	18-10AU	M10AC	D16			BT10		C86		CW2N	A6	
A11	14-10A	W10AC	L86C	CN	F20	AE6	416	45F		CW4N	B4H	W14F-U
A13H	14-7AU	W9ACO	L90C		FA50	A47C		43F		CW3N	B5HS	
A14B	14-8B	W8BC	L92YC		F55P	AE42	275	43FS	C32S	F7NC	BP5HS	W14FP
A14D	14-8C	W8CC	N5C	HBLN	FE70	AG3	394	44X	60L	CW5L	B5ES	W16ES
A14DB	14-8DU	W8DC	N11YC			AG52	55	43XLS	C52LS	CW6LP	BP5ES	W16EP
A17B	14-7BU	W7BC	L12Y	CNY	MT65P	AE32	274	42FS	C42S	F6NC	BP6HS	W20FP
A17D	14-7C	W7CC	N4C	HLN	FE75	AG2		C44XL		CW6L	B6ES	
A17DB A17DB-10	14-7DU, 14-7D	W7DC	N9YC	HLNY	FE65P FE55P	AG252	53	42XLS	C62LS	F7LC	BP6ES	W20EP
A17DBP	14R-7DU	WR7DC	RN9YC			AGR22C		CR42 XLS	RC62LS	F7LCR	BPR6ES	W20EPR
A17B	14S-7F	WS7F	RC18Y					CS42S			BPM6A	
A20D	14-6CU	W5CC	N7Y	2HLN	FE85P	AG4		43XL		CW7L	B7ES	W20ES
A23	14-5AU	W5AC	L82C		FE80	AE2		42F	C62	CW7N	B8HS	
A23B	14-5B	W5BC	L82YC					41XL		CW8NP	BP7HS	W22EP
A26DB		W3DC	N59G	SHL NY		AG901 RAC				CW9L	B9EV	



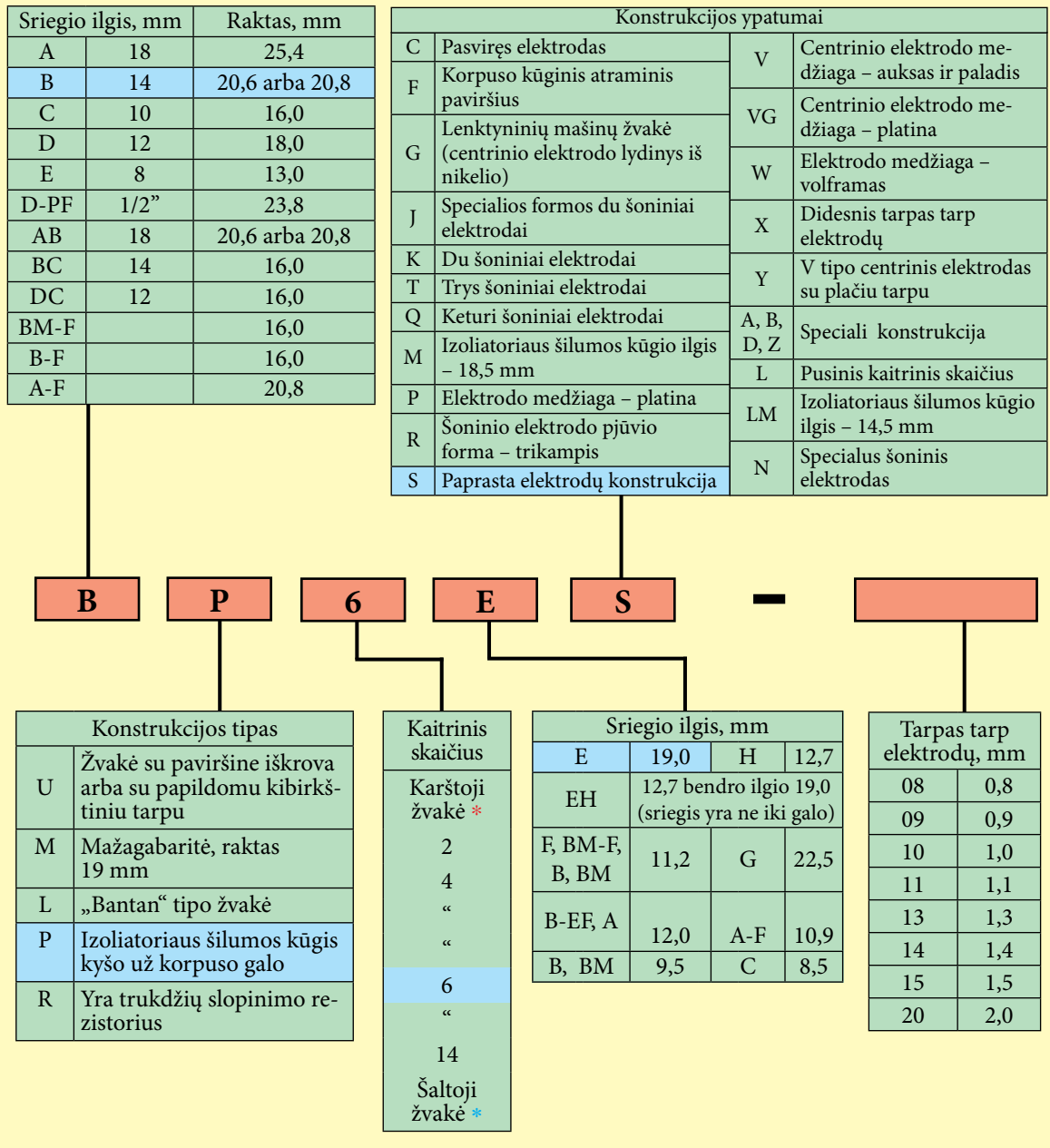
7.41 pav. Firmos „Beru“ (Vokietija) uždegamųjų žvakių ženklinimo sistema

duje ir pablogėja degiojo mišinio užsiliepsnojimo sąlygos, žvakės nusivalymo temperatūra nepakankama ir ji pasidengia nuodegomis, cilindro bloko galvutės sriegiai apdega.

Sriegio ilgio negalima kompensuoti sandarinimo žiedais. Tai pablogintų hermetizaciją, būtų pažeista temperatūros pusiausvyra ir žvakės veikimas taptų neprognozuojamas.

Naudojant kitos modifikacijos žvakes, reikia atkreipti dėmesį į kibirkštinio tarpo dydį, izoliatoriaus šilumos kūgio padėtį korpuso galo atžvilgiu, korpuso atraminio paviršiaus tipą. Jei pagal išvardytus požymius žvakė pasirinkta tinkamai, o variklis techniškai tvarkingas, tai eksploatuojant žvakes tereikia koreguoti kibirkštinio tarpo didumą, kuris natūraliai kinta žvakei veikiant. Naujai pritaikytą žvakę rekomenduojama išbandyti veikiant varikliui (ilgas





7.42 pav. Firmos NGK (Japonija) uždegamųjų žvakių ženklinimo sistema

variklio veikimas didžiausią apkrova ar tuščiąja eiga, esant pačioms nepalankiausioms sąlygoms, neturi sukelti kaitrinio degimo padarinių). Kaitrinis degimas pasireiškia detonacijos reiškinio atsiradimu. Jei variklis neturi atskiriamojo vožtuvo tuščiosios eigos kanale arba priverstinės tuščiosios eigos sistemos, tai išjungus variklį rakteliu ir vėl greitai, po 2–3 s, įjungus degimą, jei jo veikimas nenutrūksta, tai liudija apie detonacinius reiškinis (kaitrinį uždegimą).

Benzino rūšis turi atitikti rekomenduojamą tam variklio tipui. Variklio sistemos turi

veikti sklandžiai. Po bandymo žvakės reikia išsukti ir atidžiai apžiūrėti. Tinkamai pasirinkta veikianti žvakė turi būti panaši į pateiktą pavyzdįje (7.40 pav. A).

Didesnio suspaudimo laipsnio varikliuose (>10) uždegamųjų žvakių tarpas yra didinamas iki 1,1–1,3 mm. Jos privalo būti laidžios šilumai (šaltos žvakės). Be to, žvakės, veikiančios su elektroninėmis uždegimo sistemomis, ir tos, kurių didesnis antrinės įtampos atsargos koeficientas, turi būti atsparesnės aukštosios įtampos pramušimui ir aukštai temperatūrai. Šių žvakių elektrodai bimetaliniai, t. y. variniai, padengti chromnikelio sluoksniu, arba platininiai, o izoliatorių paviršius briaunotas. Šio tipo varikliuose žvakių modelio (tipo) kaitaliojimas nerekomenduojamas.

## **PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE**

1. Uždegamųjų žvakių paskirtis, tipai, konstrukcija.
2. Kibirkšties susidarymo eiga.
3. Kibirkšties parametrai.
4. Uždegamųjų žvakių kaitrinis skaičius. Žvakių pakeičiamumas.
5. Techninės priežiūros darbai. Technologija.

## **7.6. Aukštosios įtampos uždegimo ritės (AĮUR)**

Uždegimo ritė – būtina bet kurios automobilių elektros kibirkšties uždegimo sistemos dalis. Jų konstrukcija ir techniniai rodikliai labai įvairūs.

### **7.6.1. Bendrosios žinios**

Labiausiai paplitusios uždegimo sistemos su induktyviaisiais energijos kaupikliais. AĮUR – tai impulsinis aukštinantis, turintis kelias jungimo schemas, transformatorius arba autotransformatorius.

Kaip induktyvusis energijos kaupiklis, uždegimo ritė turi sukurti reikiamo didumo magnetinį lauką (turėti pakankamo dydžio induktyvumą). Induktyvumui padidinti naudojama feromagnetinė šerdis – magnetolaidis, o kad jis neprisotintų arba prisotintų (tai priklauso nuo momentinės darbo situacijos), imamasi atitinkamų konstrukcinių ir scheminių sprendimų. Uždegimo ričių pirminės apvijos induktyvumas 5–10 mH. Didžiausias pirminės apvijos srovės stipris 3–4 A. Tokie uždegimo ritės parametrai tinka kontaktinei, baterinei uždegimo sistemai, joje pirminė srovė negali viršyti 3–4 A (jei toliau didinama srovė, intensyviai dėvisi pertraukiklio kontaktinė pora, galimas ritelės perkaitimas).

Ritėje, kurios induktyvumas  $L_r = 10$  mH,  $I_1 = 4$  A, ir NVK praktiškai neviršijant 50%, galima sukaupti apie 40 mJ elektromagnetinės energijos ( $W_r = 0,5 L_r I^2$ ).

Atrodytų, to užtenka, kad uždegimo sistema veiktų esant bet kuriam variklio darbo režimui. Tačiau didėjant variklio sukiamams, ar kai daugiau cilindų, pertraukimo srovė kontaktų poroje dėl didelio ritės induktyvumo nespėja pasiekti savo didžiausiosios vertės

$I_1 = U_B/R_1 = 4 \text{ A}$  ( $U_B$  – automobilio tinklo įtampa,  $R_1$  – uždegimo ritės pirminės apvijos varža), ir kaupiama induktyvumo ritėje energija pradeda sparčiai mažėti. Dėl to kaupiklis neįsikrauna iki reikiamos vertės ir uždegimo sistemos antrinė (išėjimo) įtampa, galingumas mažėja. Kontaktinėje uždegimo sistemoje antrinės įtampos atsargos koeficientas labai žemas (ne daugiau kaip 1,2). Didinant uždegimo ritės pirminės apvijos induktyvumą daugiau nei 10–11 mH, padidinti sukauptos energijos (kontaktinėje uždegimo sistemoje) nepavyks, nes dėl to pailgėja pirminės srovės didėjimo laikas ir esant dideliems variklio sūkiams srovė nespėja pasiekti reikiamos vertės. Mažinant kaupiklio induktyvumą, pirminės srovės didėjimo greitis proporcingai didėja, o pirminės apvijos aktyvioji varža mažėja. Todėl, mažinant pirminės apvijos induktyvumą, pertraukimo srovę galima padidinti iki 9–15 A ir valdyti šią srovę, keičiant energijos kaupimo laiką. Sukauptos energijos kiekis gali padidėti iki 80–100 mJ. Toks sukauptas energijos kiekis tinka naujiems tiesioginio įpurškimo modelių automobiliams. Visa tai galima įgyvendinti, pakeitus uždegimo ritės pirminės apvijos kontaktinę porą į tranzistorinį raktą (elektroninį komutatorių). Dabar, esant energijos pertekliui, sukauptam uždegimo ritėje, galima reguliuoti kaupimo laiką, siekiant palaikyti pertraukimo srovę griežtai nurodytose ribose. Tai stabilizuoja uždegimo sistemos parametrus, esant bet kokiems variklio veikimo režimams, ir pagerina šalto variklio užvedimo sąlygas, sumažėjus automobilio tinklo įtampai.

Aukštosios įtampos ritė – tam tikras aukštinamasis impulsinis transformatorius su dviem apvijomis – pirmine ir antrine, – užvyniotas ant bendros magnetolaidžio šerdies. Šerdis pagaminta iš minkštamagnečio elektrotechninio plieno. Pirminę apviją sudaro mažai vijų, o antrinę – labai daug plono laido vijų (transformacijos koeficientas 1:50, 1:200). Uždegimo sistemose su induktyviuoju energijos kaupikliu pirminė apvija jungiama tiesiog į automobilio elektros tinklą. Srovė, tekėdama pirmine apvija (magnetolaidyje ir abiejose uždegimo ritės apvijose), sukuria stiprų magnetinį lauką. Šio lauko jėgų linijos kerta abiejų apvijų vijas. Srovės grandinės nutraukimo momentu ritės magnetiniame lauke susikaupusi elektromagnetinė energija staiga mažėja, dėl to abiejose uždegimo ritės apvijose indukuojasi indukuotoji srovė. Šios srovės dydis proporcingas sukaupto magnetinio lauko indukcijai, jos mažėjimo greičiui ir apvijų vijų skaičiui. Kadangi antrinę apviją sudaro labai daug vijų, tai joje indukuota EVJ yra labai didelė (šiuolaikinėse ritėse iki 35 000 V) ir yra pakankama atsarga žvakės kibirkštiniui tarpui pramušti. Pirminėje apvijoje indukuotoji srovė neviršija 500 V.

Uždegimo ritės konstrukcija ir parametrai priklauso nuo uždegimo sistemos, kurioje ji veikia, tipo.

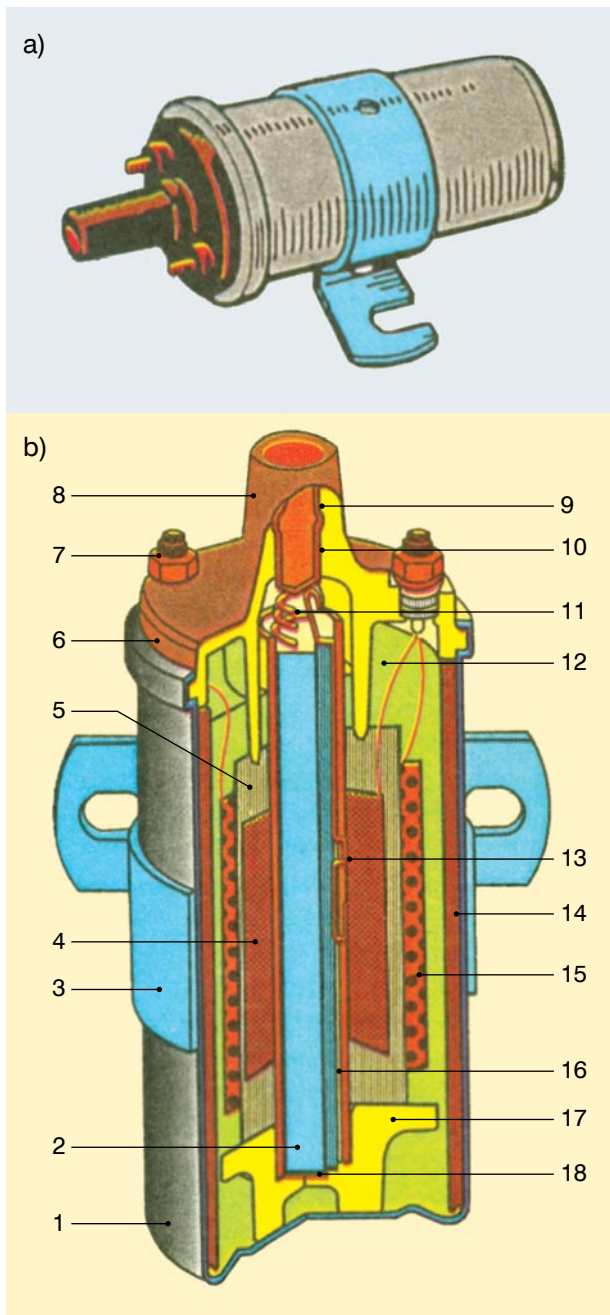
### 7.6.2. Klasikinės uždegimo ritės konstrukcija ir parametrai

Klasikinės baterinės uždegimo sistemos uždegimo ritė yra elektrinis autotransformatorius su atvira magnetine grandine ir dideliu pirminės apvijos induktyvumu.

Ritės (7.43 pav.) šerdis (2) surinkta iš 0,35–0,5 mm storio elektrotechninio plieno plokštelių, izoliuotų viena nuo kitos nuodegomis arba laku. Kartais šerdis gaminama kaip atkai-tintos plieninės vielos paketas. Ant šerdies užmontas izoliacinis vamzdelis (16), o ant jo apvyniota antrinė apvija (4). Kiekvienas antrinės apvijos sluoksnis izoliuojamas kabelių popie-

7.43 pav. Klasikinės konstrukcijos uždegimo ritė:

- a – išorinis vaizdas; b – ritės pjūvis;  
 1 – ritės apsauginis gaubtas (korpusas);  
 2 – centrinis strypas (magnetolaidžio M šerdis); 3 – tvirtinimo apkaba;  
 4 – antrinė apvija W2; 5 – antrinės apvijos tarpsluoksninė izoliacija (kabelių popierius); 6 – ritės viršutinis plastikinis dangtelis; 7 – pirminės apvijos galo išvadas (gnybtas –); 8 – centrinio aukštosios įtampos išėjimo (AI) izoliacinis lizdas; 9 – aukštosios įtampos išėjimo fiksuojantis kontaktas; 10 – pirminės apvijos pradžios ir antrinės apvijos galo (gnybto B) išėjimas; 11 – strypo su kontaktu (9) elektrinė jungtis (spyruoklė ir kontaktinė plokštelė);  
 12 – izoliacinis šilumai laidus užpildas (transformatorinė alyva); 13 – vienas iš variantų antrinės apvijos pradžios jungties su magnetolaidžio šerdimi;  
 14 – išorinis magnetolaidis (minkštamagnečio plieno lakštas);  
 15 – pirminė apvija W1; 16 – izoliacinis vamzdelis; 17 – keraminė izoliacinė atrama; 18 – vienas iš variantų antrinės apvijos pradžios jungties su magnetolaidžio šerdimi



riumi (5), o tarp aukštosios įtampos sluoksnių yra 2–3 mm tarpai, kad apsaugotų vijas nuo elektrinio pramušimo. Pirminė apvija (15) vyniojama ant antrinės. Ritės korpusas (1) štampuojamas iš lakštinio plieno arba aliuminio. Korpuso viduje, prie jo sienelių, įdėtas išorinis magnetolaidis (14), pagamintas iš atkaitinto elektrotechninio plieno juostų. Tai plati juostinė vija apie ritę, atskirta popieriniu izoliatoriumi ir vienu tašku sujungta su korpusu. Tai ritės magnetinio lauko ekranas.

Ritės apvijų jungtis tokia: antrinės apvijos pradžia sujungta su aukštosios įtampos išėjimu. Antrinės apvijos galas ir pirminės apvijos pradžia sujungti vienas su kitu ir prijungti

prie gnybto (10) (gnybtas B). Pirminės apvijos galas sujungtas su gnybtu (7) (gnybtas –), besijungiančiu su pertraukikliu.

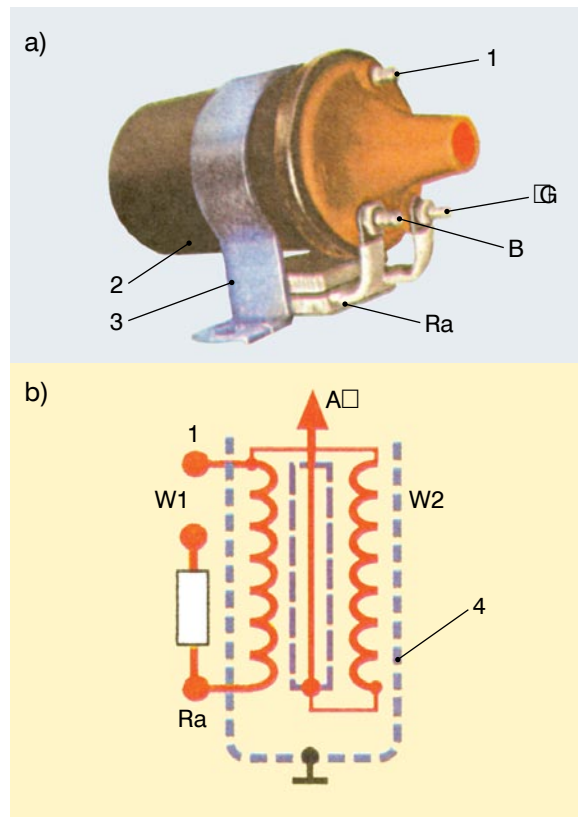
Minėtas sujungimas uždegimo ritėse atliekamas be papildomo rezistoriaus.

Aukštosios įtampos išėjimas iš uždegimo ritės yra aukštavoltis, pritaikytas stipriam elektriniam laukui atlaikyti. Antrinės apvijos pradžia turi aukštą potencialą ir sujungta su centru magnetolaidžio strypu (2) (taškas 13 arba 18, pav. 7.43). Toliau per strypą (2) ir elektrinę jungtį (11) antrinės apvijos aukštoji įtampa patenka į uždegimo ritės centrinio aukštosios įtampos išėjimo (8) kontaktą (9). Taigi magnetolaidžio centrinis strypas ir ant jo suvyniota antrinė apvija – uždegimo ritės aukštosios įtampos šerdis, esanti gana toli nuo korpuso. Kad šerdis būtų tvirtai užfiksuota korpuse, bet neturėtų su juo elektrinio kontakto, apačioje įdėta keraminė izoliacinė atrama (17), o iš viršaus korpusas užvalcuotas plastikiniu izoliaciniu dangteliu (6). Žemo potencialo pirminė apvija, labai kaitanti nuo pirminės srovės, būna užvyniota ant antrinės ir arčiau apsauginio gaubto (ritės korpuso). Kadangi tuštuma tarp korpuso ir apvijų užpildyta transformatorine alyva (arba kitu šilumai laidžiu užpildu) (12), tai tokios konstrukcijos ne tik geras elektrinis bei mechaninis atsparumas, bet ir geras šilumos laidumas su automobilio mase per apsauginį gaubtą.

Taip realizavus vidinę elektrinę izoliaciją ir natūralų uždegimo ritės aušinimą, pailginamas ritės eksploatacijos laikas ir patikimumas. Uždegimo ritė prie automobilio kėbulo tvirtinama apkaba (3).

Kai kurios uždegimo ritės turi papildomą rezistorių (7.44 pav.), kuris dedamas po tvirtinimo apkaba keraminiame izoliatoriuje. Tokių uždegimo ričių apvijų sujungimo schema kitokia. Pirminės W1 ir antrinės W2 apvijų bendras taškas sujungtas ne su gnybtu B (tinklo įtampos +), o per gnybtą (1) su pertraukikliu (tinklo įtampos –).

Be to, pirminės apvijos galas prijungtas prie papildomo gnybto IG ir toliau per papildomą rezistorių Rp – prie gnybto B. Šitai papildomas rezistorius su pirmine apvija būna sujungtas nuosekliai ir apvija gauna mažesnę 7–8 V įtampą. Varikliui veikiant automobilio



7.44 pav. Uždegimo ritė su papildomu rezistoriumi:

- a – išorinis vaizdas; b – ritės elektrinė schema; Ra – 1Ω papildomas rezistorius keraminiame izoliatoriuje; B – tinklo įtampos gnybtas; 1G – įjungimo gnybtas; A1 – aukštosios įtampos išėjimas; 1 – gnybtas jungčiai su pertraukikliu; 2 – ritės korpusas; 3 – tvirtinimo apkaba; 4 – magnetinis ekranas korpuso viduje



tinklo įtampa yra lygi 12–14 V. Dalis įtampos tenka šiam papildomam rezistoriui. Užvedant variklį, kai akumuliatorių baterijos įtampa sumažėja, papildomas rezistorius trumpuoju jungimu sujungiamas starterio įjungimo relės pagalbiniais kontaktais arba starterio įjungimo papildomosios relės kontaktais (tai priklauso nuo automobilio modelio), ir taip susidaro uždegimo ritės pirminės apvijos būtina 7–8 V darbo įtampa.

Papildomas rezistorius daromas iš konstantaninio ar nikelinio laido. Jis atlieka variatoriaus vaidmenį. Variatoriaus varžos kitimas priklauso nuo per jį tekančios srovės stiprio: kuo stipresnė srovė, tuo aukštesnė variatoriaus temperatūra ir didesnė jo varža. Pirminės srovės stipris priklauso nuo variklio alkūninio veleno sukimosi dažnio. Esant mažiems dažniams, kai pirminės srovės stipris jos nutraukimo momentu spėja pasiekti didžiausią vertę, variatoriaus varža taip pat didžiausia. Padidėjus sukimosi dažniui, pirminės srovės stipris sumažėja, variatoriaus temperatūra ir varža taip pat sumažėja. Kadangi antrinė įtampa priklauso nuo pertraukimo srovės pirminėje apvijoje, tai variatorius sumažina antrinę įtampą, kai sūkių dažnis mažas, ir padidina, kai sūkių dažnis didelis. Tai iš dalies pašalina kontaktinės uždegimo sistemos trūkumą – antrinės įtampos mažėjimą, didėjant sūkiams. Jei papildomas rezistorius pagamintas iš konstantano, jis neturi variacinių savybių. Papildomas rezistorius gali būti ir atskirtas nuo uždegimo ritės. Kai kuriuose automobiliuose papildomo rezistoriaus nebūna, todėl juose naudojami pagerintų paleidimo savybių akumuliatoriai, t. y. užvedant variklį jų įtampa mažėja nežymiai.

Uždegimo ritė, kaip aukštinaamasis transformatorius, charakterizuojama vijų skaičiumi apvijose. Pagal tai, koks ritės tipas ir paskirtis, pirminės apvijos vijų skaičius svyruoja nuo 180 iki 330, o antrinės – nuo 18 000 iki 26 000. Laido skersmuo: pirminės apvijos – 0,53–0,86 mm, o antrinės – 0,07–0,095 mm. Uždegimo ričių be papildomo rezistoriaus pirminės apvijos varža  $R_1$  – 2,9–3,4  $\Omega$ . Jei uždegimo ritė jungiama per papildomą rezistorių, tai pirminės apvijos varža sumažinama iki 1,5–2,1  $\Omega$ . Papildomo rezistoriaus varža – 0,9–1,9  $\Omega$ . Antrinės apvijos varža  $R_2$  gali būti kelių dešimčių k $\Omega$ . Pirminės apvijos su induktyviuoju energijos kaupikliu induktyvumas  $L_1$  yra 6–11 mH. Uždegimo sistemose su talpiniu energijos kaupikliu uždegimo ritės pirminės apvijos induktyvumas gali būti daug mažesnis (iki 0,1 mH). Antrinės apvijos induktyvumas  $L_2$  lygus kelioms dešimtims H.

Kontaktinių uždegimo sistemų ričių:

- didžiausia antrinė įtampa 18–20 kV;
- antrinės įtampos augimo greitis 200–250 V/ $\mu$ s;
- kibirkštinės iškvrovos fazės suminė trukmė 1,1–1,5 ms;
- kibirkštinės iškvrovos energija 15–20 mJ.

### 7.6.3. Elektroninių uždegimo sistemų uždegimo ritės

Kontaktinėse tranzistorinėse ir tranzistorinėse uždegimo sistemose uždegimo ritės pirminės srovės nutraukimą atlieka ne mechaninis pertraukiklis, bet jėgos tranzistorius, todėl pirminę srovę  $I_1$  galima padidinti iki 10–15 A. Čia naudojamos kitų parametrų ir naujos konstrukcijos uždegimo ritės. Jų pirminė apvija yra mažesnės varžos ir induktyvumo, didesnio transformacijos koeficiento.



Ilgai elektroninių uždegimo sistemų ritės buvo gaminamos su elektriškai atskirtomis apvijomis – taigi su transformatoriniu ryšiu. Pagal šią schemą vienas iš antrinės apvijos galų jungiamas su ritės korpusu, t. y. su automobilio mase. Buvo manoma, kad naudojant apvijų transformatorinę jungimo schemą galima išvengti komutatoriaus išėjimo tranzistoriaus perkrovos papildomu įtampos impulsu, kuris susidaro pirminėje apvijoje, uždegimo sistemos antrinės apvijos grandinėje, vykstant iškrovai. Bet šitaip tik tada, kai ritės korpusas patikimai kontaktuoja su automobilio mase. Tačiau oksidacija, kuri labai dažnai pasitaiko variklį eksploatuojant, pablogina šį kontaktą ir komutatoriaus jėgos tranzistorius pažeidžiamas. Todėl dabartinėse kontaktinėse tranzistorinėse ir tranzistorinėse uždegimo sistemose uždegimo ritės gaminamos su autotransformatorinėmis apvijų jungimo schemomis.

Šių ričių pirminės apvijos varža maža ir ji jungiama su maitinimo šaltiniu per papildomą rezistorių. Kartais naudojamas dviejų rezistorių blokas. Tada vienas iš rezistorių pastoviai jungiamas į mažos varžos pirminę apviją pirminės grandinės srovei apriboti, o antrasis – kaip klasikinėse kontaktinėse uždegimo sistemose – atlieka variatoriaus funkcijas.

Uždegimo ritės, skirtos veikti su tranzistoriniu raktu, vartoja daug elektros. Todėl jei automobilyje yra įrengta elektroninė uždegimo sistema, tai sugedus generatoriui ir naudojant tik akumuliatorių, galima nuvažiuoti vos keletą dešimčių kilometrų. Esant kontaktinei uždegimo sistemai, akumulatoriaus galios pakaks iki šimto kilometrų ridos.

Kontaktinės tranzistorinės ir tranzistorinės uždegimo sistemos ritės yra klasikinės konstrukcijos ir gaminamos pagal tradicinę technologiją: užpildytos alyva, su atviruoju magnetolaidžiu metaliniame korpuse. Nuo kontaktinės uždegimo sistemos ričių jos skiriasi tik apvijų duomenimis. Dėl pirminės apvijos laidų didesnio skersmens ir didesnio antrinės apvijos vijų skaičiaus jose vario vijoms gaminti sunaudojama 1,2–1,3 karto daugiau, negu kontaktinės sistemos ritės vijoms. Kontaktinių tranzistorinių ir tranzistorinių uždegimo sistemų išorinės savybės panašios į kontaktinės uždegimo sistemos ričių savybes, tačiau jų antrinės įtampos augimo greitis mažesnis (100–200 V/ms) ir jos jautriau reaguoja į žvakių apdegimą.

Didelės energijos elektroninėse uždegimo sistemose su normuotu kaupimo laiku (pirminės srovės tekėjimo laikas) naudojamos uždegimo ritės yra analogiškos konstrukcijos kaip anksčiau nagrinėtos: jų apvijų sujungimo schema autotransformatorinė, magnetolaidis atviras. Kadangi šios ritės išgauna didesnę antrinę įtampą (iki 35 kV), jų izoliacija atitinkamai sustiprinta. Žinotina, kad pagrindiniai šio tipo aukštosios įtampos ritės veikimo ypatumai yra:

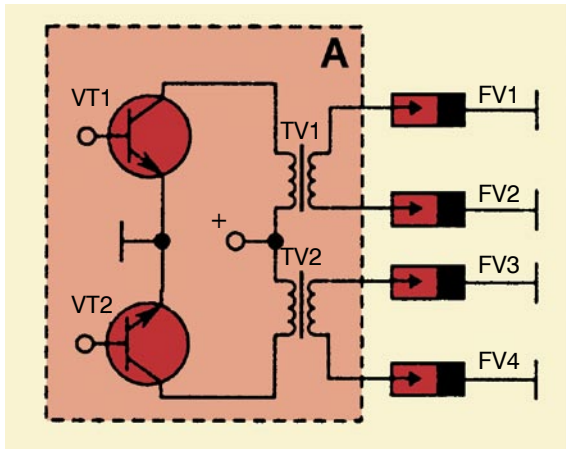
- pirminės srovės impulsų trukmė formuojama taip, kad galios nuostoliai ritėje ir komutatoriaus jėgos tranzistoriuje būtų mažiausi;
- pirminės srovės tekėjimo laikas priklauso nuo variklio alkūninio veleno sukimosi dažnio ir maitinimo įtampos;
- pirminės srovės impulsų amplitudė apribota iki 6,5–10 A ir priklauso nuo elektroninio komutatoriaus tipo;
- neveikiant varikliui, bet esant įjungtam degimui, uždegimo ritės pirminėje apvijoje srovės nėra.

Uždegimo ričių, naudojamų elektroninėse normuoto energijos kaupimo laiko sistemoje, konstrukcinis ypatumas tas, kad jos yra su specialiu apsauginiu vožtuvu aukštosios įtampos dangtelyje. Šis vožtuvas atsidaro, kai padidėjus temperatūrai padidėja alyvos slėgis. Vož-

tuvo atsidarymas yra avarinė situacija, kai sugenda elektroninio komutatoriaus energijos kaupimo laiko valdymo sistema. Tada pirminės srovės tekėjimo laikas padidėja, ritė stipriai kaista ir alyvos slėgis labai padidėja. Vožtuvas apsaugo ritę nuo sprogdimo. Atsidarius vožtuvui, ritę reikia keisti. Šiose ritėse nėra papildomo rezistoriaus, o uždegimo sistemos išėjimo charakteristikų stabilumas variklį paleidžiant (sumažėjus įtampai iki 6–7 V) užtikrinamas sumažinus pirminės apvijos varžą (0,4–0,5 Ω).

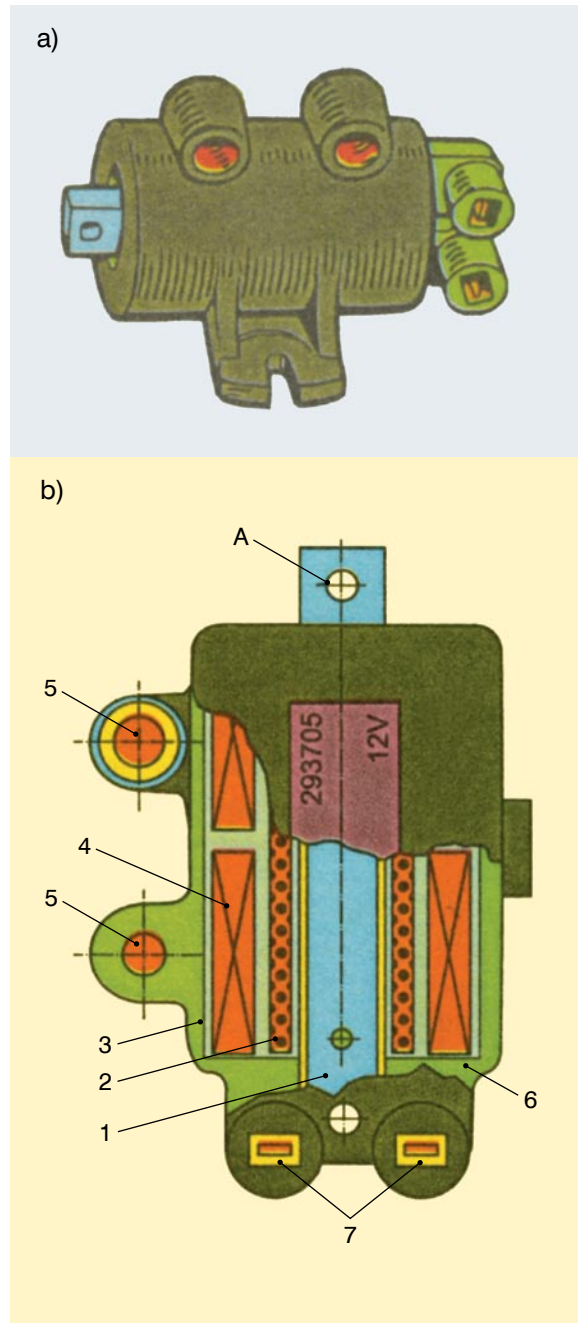
#### 7.6.4. Mikroprocesorinių uždegimo sistemų uždegimo ritės

Mikroprocesorinėse uždegimo sistemose su induktyviuoju energijos kaupikliu aukštosios įtampos impulsų paskirstymas į variklio cilindrus vykdomas elektroniniu skirstytuvu pirminėje apvijoje, pritaikant dviejų ar



7.45 pav. Keturių cilindrų variklio uždegimo sistemos išėjimo pakopa:

A – dviejų kanalų elektroninio valdymo bloko galinė pakopa; VT1, VT2 – komutatoriaus tranzistoriai; TV1, TV2 – uždegimo ritės; FV1–FV4 – žvakės



7.46 pav. Dviejų išėjimų uždegimo ritė su atviruoju magnetolaidžiu:  
a – išorinis vaizdas; b – ritės pjūvis;  
1 – magnetolaidis M su tvirtinimo kiauryme A;  
2 – pirminė apvija W1; 3 – korpusas;  
4 – antrinė apvija W2; 5 – aukštosios įtampos išvadai; 6 – polipropileno užpildas;  
7 – žemosios įtampos išvadai

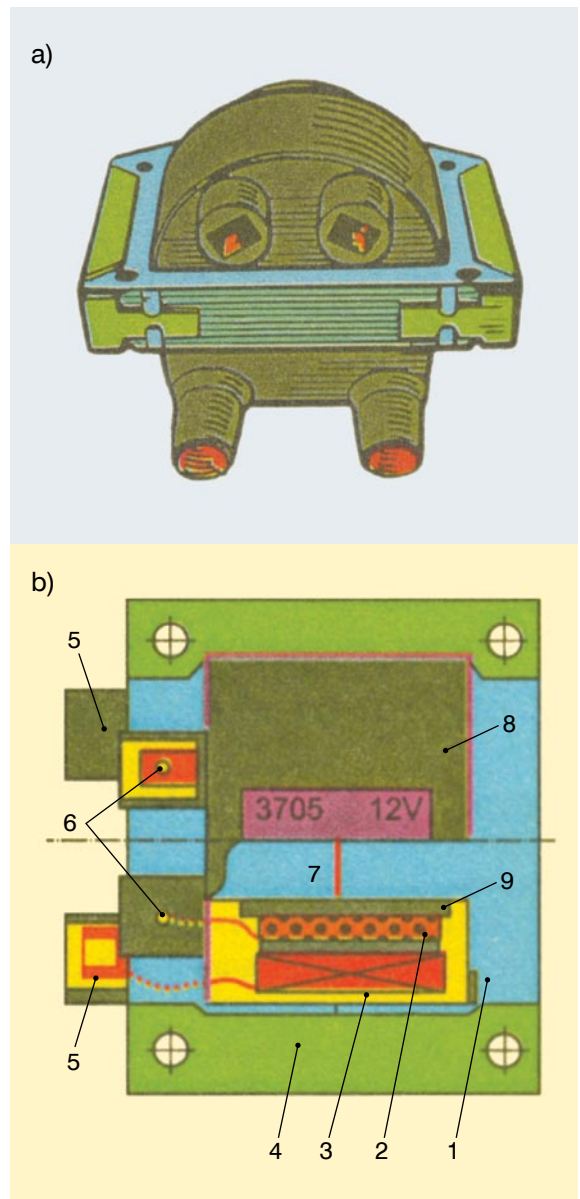
keturių aukštosios įtampos išvadų uždegimo rites. Toks būdas vadinamas statiniu paskirstymu ir gali būti pritaikytas varikliuose su lyginiu cilindrų skaičiumi (2, 4, 6, 8...).

7.45 paveiksle pavaizduota keturių cilindrų variklio uždegimo sistemos išėjimo pakopa, kurioje panaudotos dvi AĮ ritės su dviem išvadais (jos gali būti pagamintos skyrium arba bendrame korpuse kartu su valdymo bloko galine pakopa).

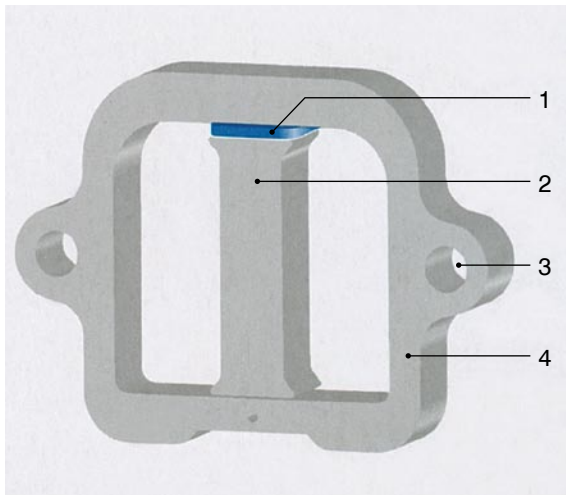
Kad degiojo mišinio užsiliepsnojimo cilindruose tvarka atitiktų variklio veikimo eilę (1243 ar 1342), pirmoji žvakė sugrupuota su ketvirtąja, o antroji – su trečiąja. Esant tokiam žvakių sujungimui, darbinės kibirkštys susidaro cilindruose suspaudimo takto pabaigoje, o tuščios kibirkštys – išmetimo takto pabaigoje. Darbo kibirkštys uždega degųjį mišinį, o tuščiosios kibirkštys išsikrauna panaudotų dujų aplinkoje. Pirmosios dviejų išėjimų uždegimo ritės buvo pagamintos pagal tradicines vieno išėjimo rites su atviruoju magnetolaidžiu ir alyva užpildytu metaliniu korpusu. Jos yra didesnės, sunkesnės ir dabar nebenaudojamos – pakeistos sausosiomis, kuriose vietoj alyvos – dielektriko – pritaikytos naujos, atsparios aukštosios įtampos poveikiui izoliacinės polimerinės medžiagos.

Dviejų išėjimų uždegimo ritė, pavaizduota 7.46 paveiksle, yra su atviruoju magnetolaidžiu ir dviejų sekcijų antrine ir pirmine apvijomis. Antrinė apvija vyniojama virš pirminės, tai garantuoja aukštosios įtampos išėjimų patikimą izoliaciją. Pirminė apvija aušina ma per centrinį magnetolaidžio strypą, kuris kyšo į išorę ir turi tvirtinimo kiaurymę. Ritės apvijos įmirkytos kompaunde ir aplietos polipropilenu. Iš polipropileno pagamintas korpusas, aukštosios ir žemosios įtampos išėjimų lizdai. Paveiksle 7.47 pavaizduota dviejų išėjimų uždegimo ritė su uždaru magnetolaidžiu.

Dažniau naudojamos uždegimo ritės-transformatoriai, t. y. dviejų išėjimų uždegimo

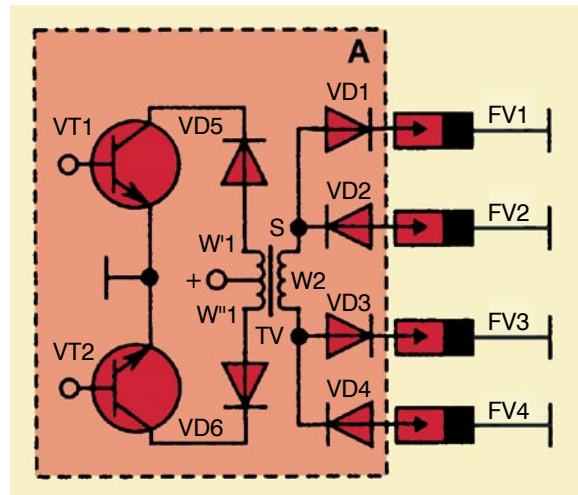


7.47 pav. Dviejų išėjimų uždegimo ritė su uždaru magnetolaidžiu:  
 a – išorinis vaizdas; b – ritės pjūvis;  
 1 – uždarusis magnetolaidis  $M$  su oro tarpu;  
 2 – pirminė apvija  $W1$ ; 3 – antrinė apvija  $W2$ ;  
 4 – korpusas (su magnetolaidžio jungiamaisiais elementais); 5 – aukštosios įtampos išvadai; 6 – žemosios įtampos išvadai; 7 – oro tarpas centriniame magnetolaidyje; 8 – polipropileno užpildas; 9 – plastikinis karkasas



7.48 pav. Kompaktinės uždegimo ritės magnetolaidžio konstrukcija:

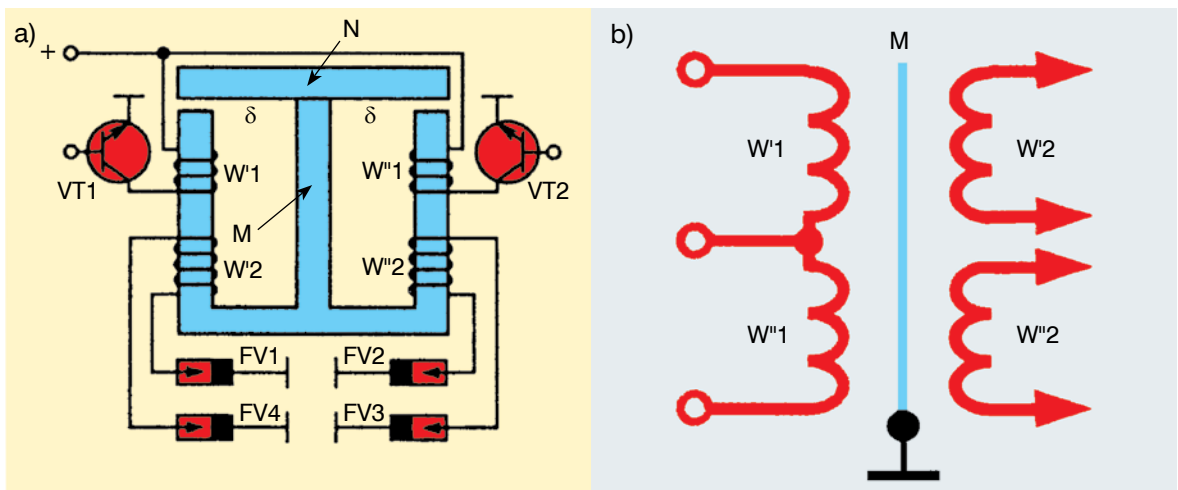
1 – nemagnetinės medžiagos tarpelis arba nuolatinis magnetas; 2 – I pavidalo magnetolaidžio strypo dalis; 3 – tvirtinimo ausis; 4 – O pavidalo magnetolaidžio dalis



7.49 pav. Keturių išėjimų ritės su komutuojančiais aukštosios įtampos diodais elektrinė schema:

VD1–VD4 – aukštosios įtampos diodai; A – išėjimo pakopa; TV – uždegimo ritės transformatorius

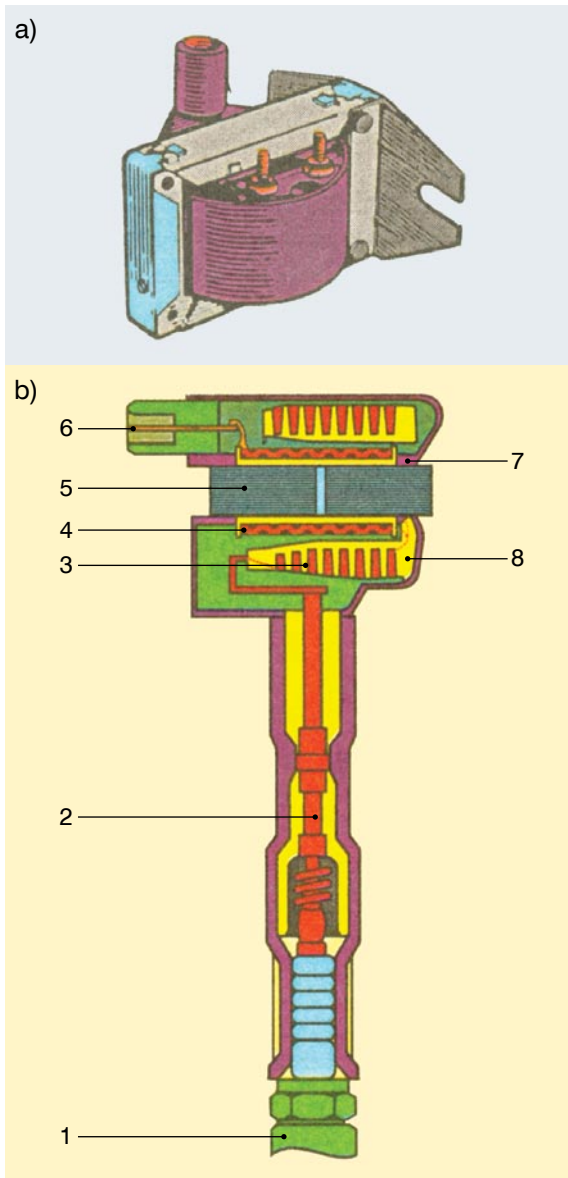
ritės su uždaruojiu magnetolaidžiu (7.47 pav.), kur kad magnetolaidis, esant stipriems magnetiniams laukams, neišisotintų, jame paliekamas nemagnetinės medžiagos tarpelis arba nuolatinis magnetas (1). Tokiose ritėse antrinė apvija (3) yra su karkasine, sekcine apvija, mažinančia jos talpą ir gerinančia antrinės apvijos izoliaciją. Ritė yra plastikinio karkaso (9), kuriame vyniojamos apvijos ir užliejamos epoksidiniu kompaundu (8). Taip magnetolaidis, apvijos, išvadai su-



7.50 pav. Keturių išėjimų uždegimo ritė su dviem oro tarpais magnetolaidyje:

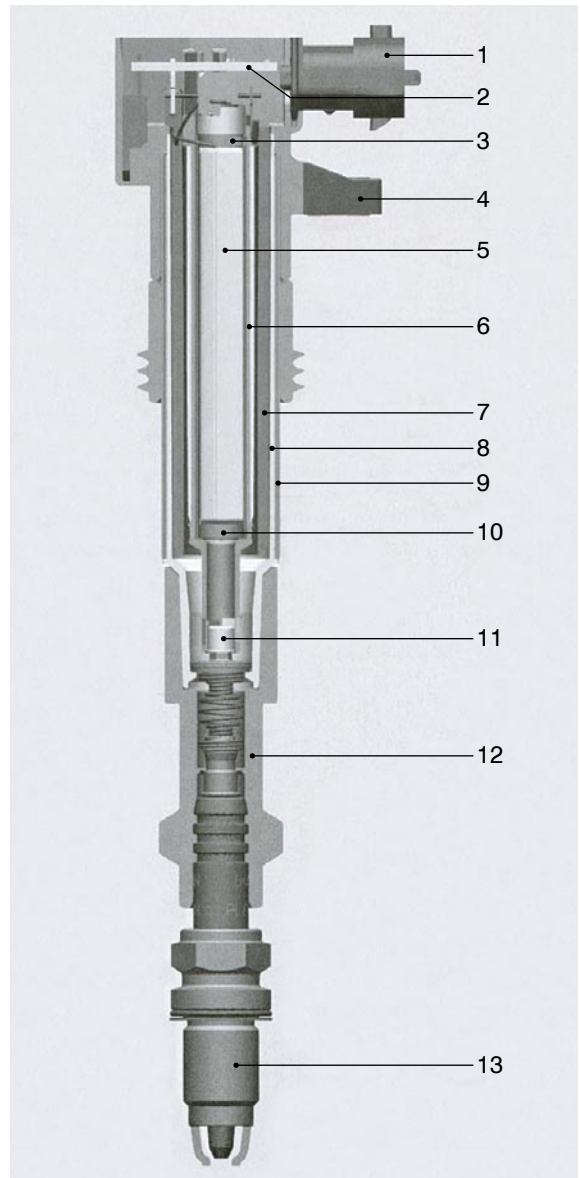
a – ritės įjungimo schema; b – ritės elektrinė schema; VT1, VT2 – dviejų kanalų valdymo bloko galinės pakopos tranzistoriai; W1, W2 – pirminė ir antrinė apvijos;  $\delta$  – oro tarpai; FV1–FV4 – uždegamosios žvakės; M – magnetolaidis; N – magnetolaidžio jungas





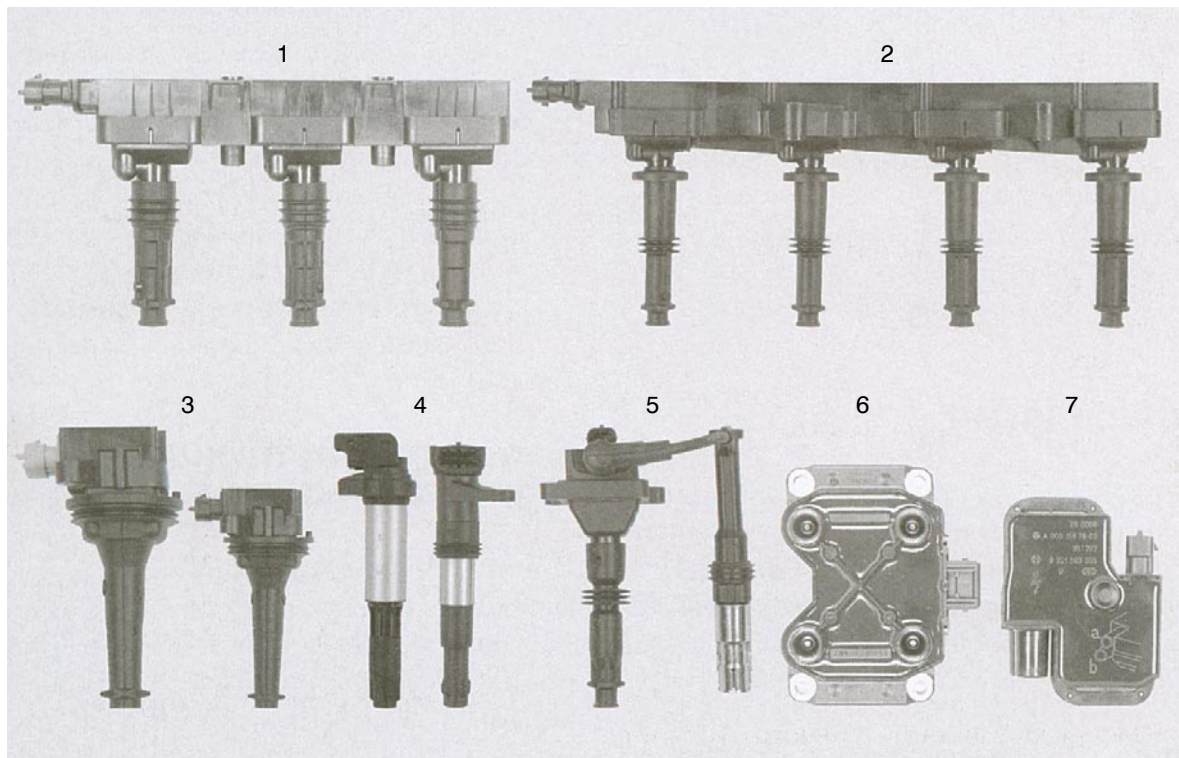
7.51 pav. Vieno išėjimo uždegimo ritė:  
 a – rusiška uždegimo ritė su induktyviuoju energijos kaupikliu; b – BOSCH uždegimo sistema su induktyviuoju energijos kaupikliu;

- 1 – uždegamoji žvakė;
- 2 – aukštosios įtampos išėjimas;
- 3 – daugiasekinė antrinė apvija;
- 4 – pirminė apvija; 5 – magnetolaidžio šerdis;
- 6 – žemosios įtampos išėjimas;
- 7 – išorinis polipropileno sluoksnis;
- 8 – antrinės apvijos izoliacinis karkasas



7.52 pav. Individualaus aukštosios įtampos paskirstymo galinės pakopos grandinės konstrukcija:

- 1 – jungtis; 2 – spausdintinė plokštė su galinės pakopos valdymo schema; 3, 10 – nuolatinis magnetas; 4 – tvirtinimo ausis; 5 – strypinis magnetolaidis; 6 – antrinė apvija; 7 – pirminė apvija; 8 – korpusas; 9 – ritelės tvirtinimo korpusas; 11 – aukštosios įtampos įtvaras;
- 12 – silikoninis apsauginis sluoksnis;
- 13 – uždegamoji žvakė. Tuštumos užpildytos aukštajai įtampai atsparia derva.



7.53 pav. Dažniausiai naudojamos aukštosios įtampos ričių (AĮR) konstrukcijos: 1 – trijų AĮR su vienu išvadu uždegimo sistema; 2 – keturių AĮR su vienu išvadu uždegimo sistema; 3, 4 – AĮR su vienu išvadu; 5 – AĮR su dviem išvadais; 6 – keturių išvadų, dviejų magnetolaidžių AĮR; 7 – AĮR su dviem išvadais

daro tvirtą monolitinę tūrinę konstrukciją, kuriai būdingas didelis mechaninis, elektrinis ir klimatinis atsparumas. Ritės šerdis (1) surinkta iš plonų elektrotechninio plieno lakštų. Šerdis yra su dviem simetriškomis pusėmis, kurias sujungiant centriniame strype susidaro 0,3–0,5 mm tarpas, mažai veikiantis aukštinamojo transformatoriaus pirminės apvijos induktyvumą.

Esant uždaram magnetolaidžiui, sumažėja ritės matmenys ir masė, padidėja energijos perdavimo NVK, sumažėja vario ir elektrotechninio plieno sąnaudos, pagerėja kibirkštinės iškvos parametrai, atpinga gamyba.

Kai kuriose mikroprocesorinėse uždegimo sistemose naudojamos keturių išėjimų uždegimo ritės, kurias sudaro dvi dviejų išėjimų ritės, surinktos ant bendro magnetolaidžio. Tokie konstrukcijoje bendras elementas yra magnetolaidžio centrinis strypas, o du oro tarpai  $\delta$  apsaugo abi apvijas nuo tarpusavio poveikio. Šių tarpų dydis gali siekti 1–2 mm, tai didina magnetolaidžio magnetinę varžą, gaunamas patikimesnis kanalų atskyrimas (7.50 pav.).

Daugiau paplitusios keturių išėjimų ritės su aukštąją įtampą komutuojančiais diodais schemas. Jos turi dvi priešprieša užvyniotas pirmines ir vieną antrinę apvijas. Antrinės įtampos poliškumą nulemia tai, kokia pirminė apvija yra darbinės būsenos, per kurią iš jų bus nutraukiama srovė. Jeigu taške S (7.49 pav.) įtampa teigiamoji, tai atsidaro aukštosios įtampos diodai VD1, VD4 ir atitinkamuose variklio cilindruose susidarys kibirkštinės iškvos (darbinė ir tuščioji). Antroji pirminė apvija suvyniota priešinga kryptimi ir, nutraukiant joje sro-



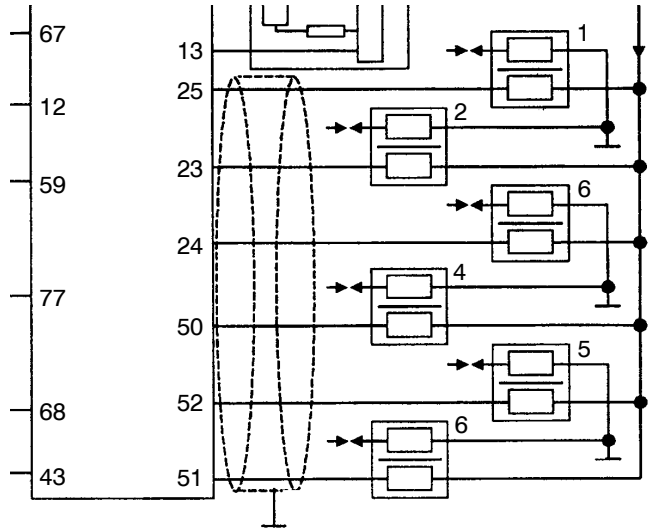
vę, antrinės įtampos poliškumas taške S pasikeis į neigiamąjį. Tada kibirkštinės iškvos susidarys variklio cilindruose su žvakėmis FV2 ir FV3. Siekiant patikimiau apsaugoti pirmines apvijas nuo tarpusavio poveikio, prie žemosios įtampos išėjimų prijungiami atskiriantys diodai VD5, VD6.

Uždegimo sistemų su dviejų ar keturių AĮ išėjimų ritėmis bendras trūkumas yra aukštosios įtampos impulsų skirtingas poliškumas automobilio masės atžvilgiu suporuotose uždegamosiose žvakėse. Dėl to pramušimo įtampos asimetrija žvakėse gali skirtis 1,5–2 kV.

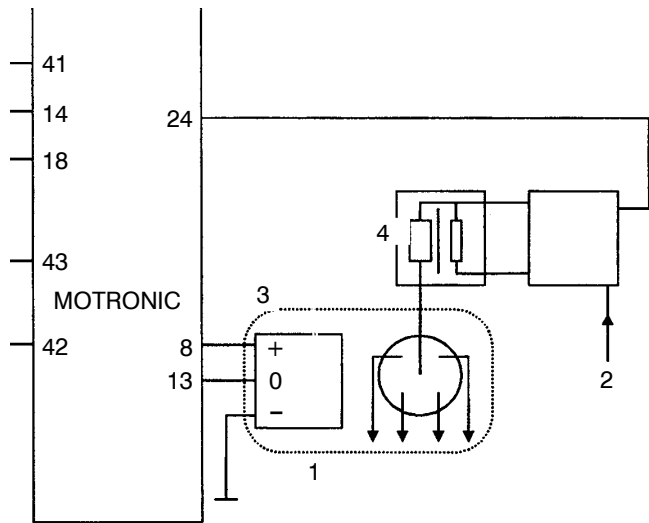
Uždegimo sistemose su talpiniu energijos kaupikliu uždegimo ritė atlieka vieną funkciją – ji veikia kaip aukštosios įtampos impulsų transformatorius. Galima gerokai mažinti jos matmenis, gaminti individualias uždegimo rites kiekvienai žvakei atskirai ir montuoti viename korpuse. Tokioje uždegimo sistemoje nėra aukštosios įtampos laidų, skirstytuvo, paties trukdžių šaltinio. Mikroprocesorinėms uždegimo sistemoms su induktyviuoju energijos kaupikliu gaminamos vieno išėjimo uždegimo ritės su uždaruoju magnetolaidžiu, vadinamieji uždegimo transformatoriai.

Šiuolaikinės elektroninės ar mikroprocesorinės uždegimo sistemos su induktyviaisiais energijos kaupikliais yra gerų, užtikrinančių sklandų degimo procesą, parametrų:

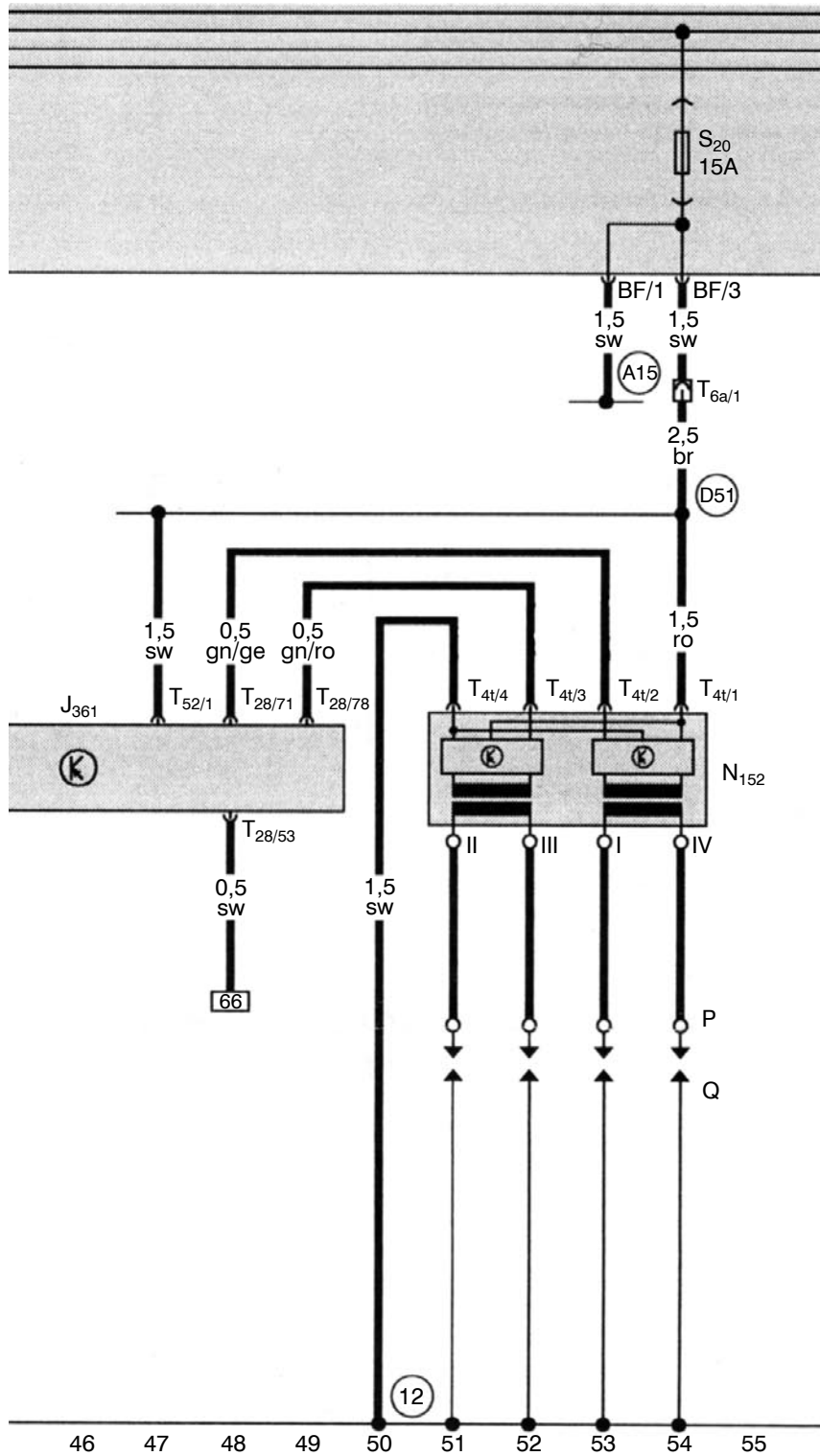
- didžiausia antrinė įtampa 29–35 kV;
- aukštosios įtampos augimo greitis  $\geq 700$  V/ms;
- kibirkštinės iškvos suminė trukmė 2,0–2,5 ms;



7.54 pav. Šešių cilindrų variklio mikroprocesorinė uždegimo sistema: kiekvienam cilindruvi skirta atskira aukštosios įtampos ritė (1, 2, 3, 4, 5, 6); elektroninis skirstytuvas, išvadai (25, 23, 24, 50, 52, 51)



7.55 pav. Keturių cilindrų variklio mikroprocesorinė uždegimo sistema: 1 – mechaninis rotacinis aukštosios įtampos skirstytuvas; 2 – galinė uždegimo sistemos pakopa; 3 – Holo jutiklis; 4 – viena aukštosios įtampos ritė su vienu išvadu



7.56 pav. Keturių cilindrų variklio mikroprocesorinė uždegimo sistema. Naudojamos dvi aukštosios įtampos ritės su dviem išvadais.

- kibirkštinės iškvovos energija 80–100 mJ;
- kibirkštinės iškvovos srovė 80–115 mA;
- energijos kaupimo laikas 1,5–4,0 ms;
- srovė pirminėje aukštosios įtampos ritės apvijoje 6,5–15 A.

Gera aukštosios įtampos ir kibirkštinės iškvovos parametų kokybė atitinka griežtėjančius automobilių eksploatacijos ekonomiško, ekologiško reikalavimus.

Didinant antrinės įtampos augimo greitį, uždegimo sistema būna mažiau jautri nuodegų šuntuojamam poveikiui.

Aukštosios įtampos rites gamina įvairios automobilių gamybos firmos. Skiriasi jų konstrukcijos, naudojamos medžiagos, techniniai parametrai. Nors veikimo principas toks pat, bet keičiant rites, būtina palyginti techninius duomenis. Negalima keisti skirtingų uždegimo sistemų aukštosios įtampos ričių, pvz., kontaktinės uždegimo sistemos ritė neveiks bekontaktėje sistemoje ir atvirkščiai, nes jų savybės yra skirtingos.

Keičiant uždegimo ritę, jos vieton pasirenkama tokios pat konstrukcijos nauja, ne daugiau kaip 20–30% besiskirianti techniniais veikimo parametrais.

7.54–7.56 paveiksluose pateiktos dažniau naudojamos uždegimo sistemų galinės pakopos.

### ***PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE***

1. Vieno, dviejų, keturių išvadų aukštosios įtampos ričių konstrukcijos ypatumai.
2. Aukštosios įtampos ričių parametrai. Patikros technologija.
3. Kokie aukštosios įtampos ričių parametrai nulemia kibirkšties galią?
4. Kokie aukštosios įtampos ričių parametrai nulemia aukštosios įtampos dydį antrinėje apvijoje?
5. Aukštosios įtampos ričių pakeičiamumas.

## 8. OTO VARIKLIŲ MAITINIMO SISTEMŲ ELEKTRONINIS VALDYMAS

Šiuo metu gaminamuose automobiliuose degiajam mišiniui paruošti naudojamos įpurškimo sistemos. Yra automobilių, kuriuose įmontuotos įvairios skirtingu metu pagamintos įpurškimo sistemos. Visos jos iš oro ir degalų (benzino, dyzelinio kuro, spirito, dujų) ruošia degųjų mišinį. Kuo geriau pasirenkama tinkama darbo situacijai įpurškimo sistema, degiojo mišinio sudėtis, kuo tiksliau dozuojiama, išpurškiama, sumaišoma ir išgarinama oro sraute, tuo naudingiau sudega degalai. Techniškai tobula maitinimo sistema ir jos valdymas padidina variklio ekonomiškumą, galią, automobilio ekologiškumą.

Degusis mišinys gali būti paruošiamas dviem būdais: išoriniu (karbiuratoriniuose, dujiniuose ar benzininiuose varikliuose su įpurškimu į įsiurbimo kolektoriaus zoną) ir vidiniu (dyzeliniuose varikliuose ir tiesioginio įpurškimo benzininiuose varikliuose).

Maitinimo sistemos, ruošiančios degalus įpurškimu, daugeliu savo komponentų ir techninių rodiklių yra panašios. Pagrindinis kriterijus pasirenkant mišinio sudėtį, įpurškiamų degalų kiekį yra variklio apkrova, sūkių dažnis. Valdymo sistema pagal šiuos parametrus generuoja situacijai tinkantį reguliavimo signalą, uždegimo sistemai – paskubos kampą, purkštuvams – veikimo trukmę, dujų kiekį recirkuliacijai, pripūtimo laipsnį ir kt. Kiti variklio parametrai vertinami, kai jų įtaka yra labiausiai lemiamą. Pvz., temperatūra – variklį paleidžiant, o droselio sklendės padėtis – esant didžiausiosioms apkrovoms ir pan.

Degiojo mišinio sudėty apibūdina oro pertekliaus koeficientas  $\lambda$  (lambda). Tai mišinio sudėtyje esančio ir degimo procese dalyvaujančio oro kiekio santykis su oro kiekiu, teoriškai reikalingu visiškai sudeginti degalams. Nustatyta, kad 1 kg dyzelinių degalų sudeginti reikia ~ 14,45 kg, o benzinui ~ 14,7 kg oro. Pagal tai degusis mišinys gali būti:

1. Normalusis, arba stochiometrinis, kai  $\lambda = 1$ , t. y. kada mišinyje yra teorinis oro kiekis, reikalingas visiškai sudeginti benzinui (maitinimo valdymo sistema, veikiama grįžtamojo ryšio  $\lambda$  signalo, stengiasi ruošti šios sudėties mišinį, taip mažinama kenksmingų išmetamųjų dujų emisija, paprastėja jų tolesnis kenksmingumo pašalinimas).

2. Riebusis, kai  $\lambda < 1$ , t. y. mišinyje oro yra mažiau, negu reikia visiškai sudeginti degalams.

3. Liesasis, kai  $\lambda > 1$ , kai oro yra daugiau, negu reikia visiškai sudeginti mišiniui.

Homogeniniu mišiniu vadinami degalai, kurių visas tūris yra vienalytis, tolygus. Tokie mišiniai ruošiami karbiuratoriumi arba įpurškimu į įsiurbimo kolektoriaus zoną. Kai degalus purškia tiesiogiai į kamerą, mišinys kurį laiką gali būti sluoksninės struktūros. Sluoksninę struktūrą galima gauti purškiant papildomomis sklendėmis įsiurbimo kolektoriuje ar suteikus kamerai ir stūmokliams specifinę formą.

Benzininiuose varikliuose dėl padidėjusio degimo greičio didžiausia galia gaunama, kai į cilindrus įsiurbiamas 5–15% pariebintas mišinys ( $\lambda = 0,95–0,85$ ). Kai  $\lambda < 0,6$ , mišinys neužsiliepsnoja, tai yra jo viršutinė koncentracinė riba. Paliesinus mišinį iki 20% ( $\lambda = 1,1–1,2$ ), variklis veikia ekonomiškiausiai. Kai  $\lambda > 1,3$ , mišinys taip pat nebeužsidega. Ši sudėtis vadinama apatine koncentracine riba.

Šie teiginiai patvirtina prieštaravimą tarp galios, ekonomiško, ekologiško rodiklių. Valdymo sistemomis stengiamasi kiek galima optimizuoti automobilio parametrus, rasti tarp daugybės dažnai prieštarų procesų ir jiems valdyti skirtų reguliatorių tinkamą sprendimą.

## 8.1. Nenutrūkstamo benzino įpurškimo sistemos

„K-Jetronic“, „KE-Jetronic“ (vok. *kontinuierlich* – nenutrūkstamas, angl. *jet* – srovė).

### 8.1.1. Bendrosios žinios

Tai mechaninės arba elektromechaninės įpurškimo sistemos, kuriose purkštuvais nenutrūkstamu srautu degalai purškiami į įsiurbimo kolektorių. Įpurškiamų degalų kiekis ir sudėtis nustatoma pagal įsiurbiamo oro kiekį, alkūninio veleno sukčius ir kt. Mechaninis siurbiamo oro matuoklis ir dozatorius yra pagrindiniai degalų sudėties reguliavimo komponentai. Darbiniai purkštuvai yra mechaniniai, jie atsidaro esant 3,5 bar slėgiui ir, nesvarbu, kokia įsiurbimo vožtuvų padėtis, purškia degalus į įsiurbimo kolektoriaus zoną, kur jis maišosi su oru, garuoja, o atsidarius vožtuvams patenka į degimo kameras. Benzino siurblys, akumuliatorius, slėgio reguliatorius dozatoriuje su skirstytuvu palaiko pastovų sisteminių 5 bar slėgį. Variklį paleidžiant degalai riebinami papildomu elektromechaniniu paleidimo purkštuvu. Jo veikimo trukmę, vertinant variklio išilimą, nustato šiluminis jungiklis. Pirmieji šios sistemos modeliai buvo mechaniniai, tačiau vėliau buvo pritaikyta elektroninė įranga su lambda zondo uždaruojų reguliavimo kontūru.

### 8.1.2. „K-Jetronic“

Degalai iš bako (1) (8.1 pav.) išcentrinio ritininiu siurbliu (4) tiekiami į degalų akumuliatorių (3). Per smulkų apsauginį filtrą (2) degalai patenka į dozatoriaus su skirstytuvu (12) apatinius diferencinius vožtuvus. Slėgio reguliavimo vožtuvas (14) sistemoje palaiko pastovų (apie 4,8 bar) slėgį, degalų perteklius grąžinamas į baką. Darbiniai mechaniniai purkštuvai, pagal tai, koks modelis, atsidaro esant 2,8–3,5 bar slėgiui. Jie veikia švytuodami dideliu dažniu (apie 200 Hz), todėl gerai išpurškia degalus į įsiurbimo kolektoriaus zoną. Elektromagnetinio tipo šalto paleidimo purkštuvus (8) maitinamas sisteminiu slėgiu. Jo veikimo laiką nustato šiluminis jungiklis (6).

Pagrindinis valdymo rodiklis yra oro kiekio matuoklio svirties padėtis, nulemianti įpurškiamų degalų kiekį. Pagal tai, kokia droselinės sklendės padėtis (kiek dešine koja spaudžiamas akceleratoriaus pedalas) ir koks stūmoklių sudarytas išretėjimas įsiurbimo vamzdyje, oro matuoklio diskas kartu su skirstytuve esančiu reguliavimo plunžeriu užima šiam veikimo režimui būdingą padėtį, kuri ir nustato tiekiamų į purkštuvus degalų kiekį. Kad įpurškiamų degalų kiekis priklausytų tik nuo dozatoriaus plunžerio (ir oro matuoklio svirties padėties), viršutinėse diferencinių vožtuvų kameroje slėgis automatiškai palaikomas 0,1 bar žemesnis už sisteminių (slėgis tarp plunžerio apatinio ir viršutinio droselių varikliui veikiant išlieka pastovus ir nepriklauso nuo pratekančių degalų kiekio).

Valdymo slėgis virš plunžerio gaunamas droseliuojant sisteminių slėgį, kuris veikiant varikliui kinta 0,5–4,7 bar. Valdymo slėgio reguliatorius (13) riebinama degųjų mišinį paleidžiant šaltą variklį ir jam dirbant didžiausiomis apkrovomis. Degalų perteklius grąžinamas į baką per papildomą vožtuvą (16).



Didesnis degiojo mišinio kiekis, ypač užvedant šaltą variklį, gaunamas papildomo oro kiekio vožtuvu (11). Tuščiosios eigos sūkliai nustatomi reguliavimo sraigtu (9).

Senesnės K-*Jetronic* kartos maitinimo sistemose naudojama kontaktinė uždegimo sistema su mechaniniu paskubos kampo ir mechaniniu aukštosios įtampos skirstytuvu. Naujesniuose modeliuose naudojamos bekontaktės uždegimo sistemos su induktyviaisiais ar Holo jutikliais.

Sistema patikima, ilgą laiką naudojama, gaminama skirtingų firmų, todėl turi įvairių konstrukcijos modifikacijų.

### 8.1.3. „K-*Jetronic*“ komponentai

**Elektrinis benzino siurblys** (4) (8.1 pav.). Įpurškimo sistemose įmontuojami išcentriniai benzino siurbliai, sukami nuolatinės srovės kolektorinio su nuolatiniais magnetais elektros variklio. Siurblys ir variklis sumontuojami viename korpuse (4), tekantys degalai aušina variklio rotoriaus apvijas. Siurblys gali būti benzino bake arba šalia jo. Kai kuriuose modeliuose naudojami du siurbliai, iš kurių vienas įtaisomas bake.

Siurblių įjungia tam skirta relė. Ji tuoj pat išjungia variklį, kai nesisuka alkūninis velenas. Taip sumažinama gaisro tikimybė nelaimingo atsitikimo atveju.

Siurblio išsvystomas slėgis siekia iki 5,5 baro. Jį sukelia rotoriaus išėmose išdėstyti ritinėliai (3), kurie besisukdami išcentrinės jėgos yra prispaudžiami prie korpuso sienelių. Šie ritinėliai lyg sandarikliai platėjančioje dalyje užgriebia benzina, toliau sukdamiesi spaudžia jį į siaurėjančią ertmę ir į sistemą. Siurblio našumas, t. y. tiekiamas benzino kiekis, yra didesnis negu sunaudojimas variklyje, todėl degalai nuolat cirkuliuoja ratu. Šiame rate nesusidaro oro degusis mišinys, tai ir gaisro ar sprogo pavojaus nėra.

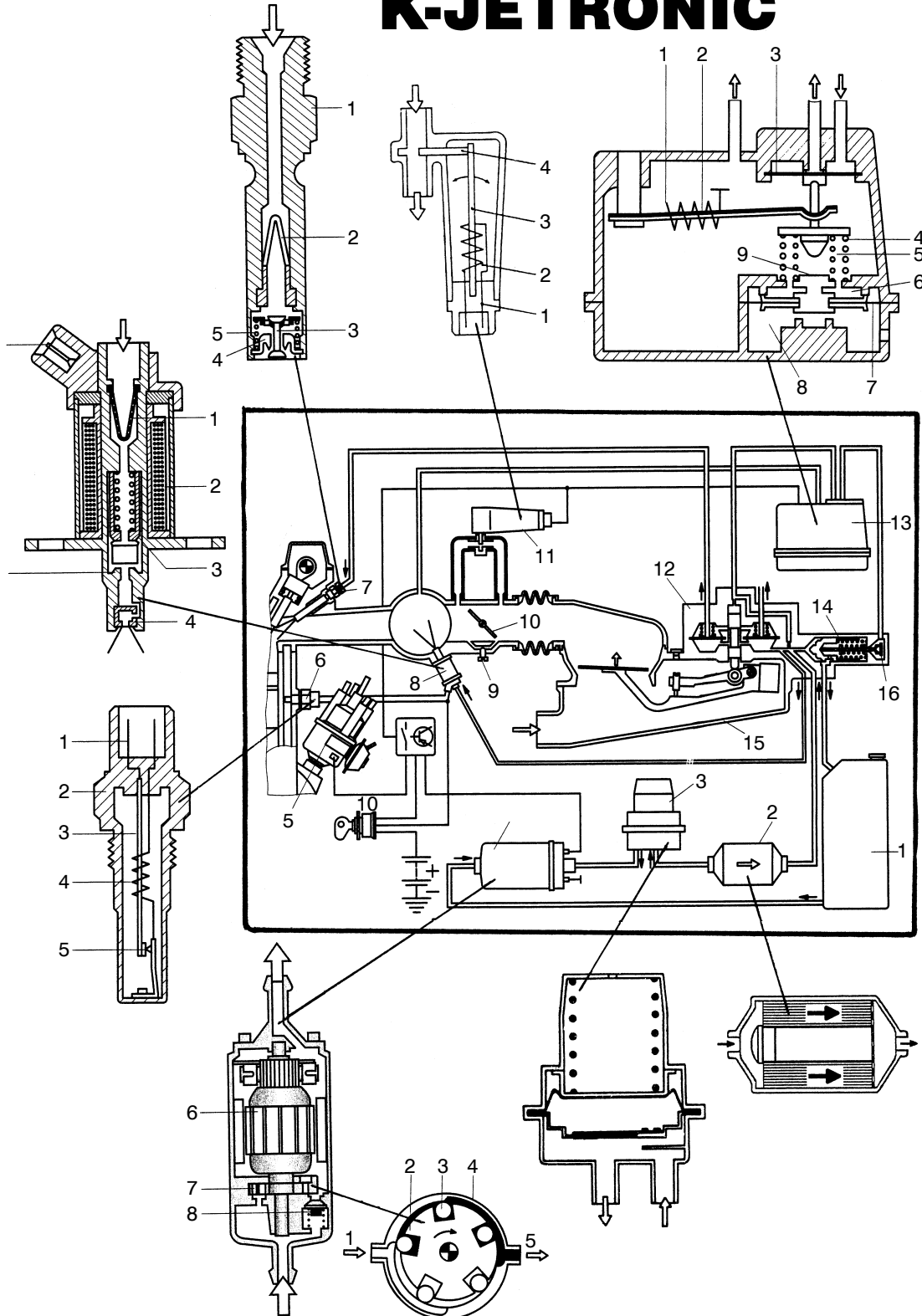
*Galimi variklio darbo nesklandumai dėl benzino siurblio gedimo: sunkiai arba išvis neįmanoma užvesti variklio, nestabilus darbas tuščiąja eiga, sumažėjęs galingumas, gęsta.*

**Degalų akumuliatoriai** (3). Degalai iš siurblio tiekiami į akumuliatorių, kuris slo-

8.1 pav. Benzino įpurškimo sistemos „K-*Jetronic*“ schema:

1 – degalų bakas; 2 – filtras; 3 – degalų akumuliatorius; 4 – benzino siurblys su elektrine pavara (1, 5 – įėjimo ir išėjimo kanalai, 2 – variklio rotorius, 3 – ritinėliai, 4 – korpusas, 6 – variklio rotorius, 7 – siurblys, 8 – slėgio ribojimo vožtuvas); 5 – aukštosios įtampos skirstytuvai, pertraukiklis, vakuuminis ir išcentrinis paskubos kampo reguliatoriai; 6 – šiluminis jungiklis (1 – jungtis, 2 – korpusas, 3 – bimetalinė plokštelė, 4 – kaitinimo spiralė, 5 – atjungimo kontaktai); 7 – hidraulinis darbinis purkštuvai (1 – korpusas, 2 – filtras, 3 – adata, 4 – adatos lizdas, 5 – spyruoklė); 8 – šaltojo paleidimo elektromagnetinis purkštuvai (1 – filtras, 2 – apvija, 3 – elektromagneto inkaras, 4 – purkštukas, 5 – vožtuvas, 6 – jungtis); 9 – tuščiosios eigos sūklių reguliavimo sraigtas; 10 – droselinė sklendė; 11 – papildomo oro sklendė (1 – jungtis, 2 – kaitinimo spiralė, 3 – bimetalinė plokštelė, 4 – sklendis); 12 – dozatorius su skirstytuvu; 13 – valdymo slėgio reguliatorius (1 – kaitinimo spiralė, 2 – bimetalinė plokštelė, 3 – vožtuvo membrana, 4, 5 – spyruoklės, 6, 8 – viršutinė ir apatinė kameros, 7 – membrana, 9 – spyruoklės atrama); 14 – slėgio (redukcinis) reguliavimo vožtuvas; 15 – oro kiekio matuoklis; 16 – papildomas vožtuvas

# K-JETRONIC



8.1 pav. Benzino įpurškimo sistemos „K-Jetronic“ schema

pina slėgio svyravimus. Kai variklis išjungtas ir siurblys neveikia, išsitiesdama spyruoklė palaiko liekamąjį slėgį sistemoje. Taip išvengiama benzino garų kamščių, palengvinamas kitas variklio paleidimas.

Membrana akumulatoriaus korpusą dalija į dvi dalis. Varikliui veikiant dalis, kuri sujungta su siurbliu, veikiama degalų slėgio, prisipildo benzino, skirianti diafragma pasislenka iki atramos ir spyruoklė suspaudžiama. Tokia akumulatoriaus būseną yra visą variklio veikimo laiką.

**Filtrai** (2). Sudarytas iš metalinio korpuso ir jame esančio popierinio filtravimo elemento, sulaikančio mechanines priemaišas, vandenį. Rekomenduojama jį keisti kas 40 000 kilometrų automobilio ridos.

**Šiluminis jungiklis** (6). Šalto paleidimo purkštuvų veikimo trukmę nustato šiluminis jungiklis (6). Kaitinama spirale (4) šildo bimetalinę plokštelę (3), kuri išsilenkdama kontaktais (5) atjungia purkštuvų maitinimą. Šio proceso trukmę nustato bimetalinės plokštelės standumas, kaitinimo srovės dydis ir bendra variklio temperatūra. Esant  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  paleidimo purkštuvai veikia apie 20 sekundžių. Jei variklis pakankamai karštas, paleidimo purkštuvai gali ir neišjungti.

*Galimi variklio veikimo nesklaidumai dėl šiluminio jungiklio gedimo: nestabilus variklio veikimas tuščiaja eiga, neįmanoma variklio užvesti.*

**Šaltojo paleidimo elektromagnetinis purkštuvai** (8). Norint sklandžiai užvesti šaltą variklį, būtinas degalų riebinimas. Tai vykdo elektromagnetinis paleidimo purkštuvai. Tekant srovei per purkštuvų apviją (2), veikiamas magnetinės jėgos, nugalėdamas spyruoklės jėgą, pasislenka inkarėlis (3), vožtuvas (5) atsidaroma ir degalai sraigtiniu purkštuku (4) įpurškiami į įsiurbimo vamzdį.

*Galimi variklio veikimo nesklaidumai dėl šalto paleidimo elektromagnetinio purkštuvų gedimo: didelės degalų sąnaudos, sunkiai arba išvis neįmanoma paleisti šaltą variklį.*

**Hidraulinis darbo purkštuvai** (7). Purkštuvų sudaro korpusas (1) su filtru (2). Adata (3) pasislenka lizde (4), nugalėdama spyruoklės (5) jėgą, kai slėgių skirtumas tarp sistemos ir išretėjimo įsiurbimo vamzdyje pakyla iki 2,8–3,5 bar. Vožtuvas atsidarinėja cikliška dideliu greičiu, todėl degalų purškimas vyksta beveik nuolat. Švytuodama adata gerina degalų išpurškimą ir maišymą su oru.

*Galimi variklio veikimo nesklaidumai dėl darbinio purkštuvų gedimo: nestabilus variklio veikimas tuščiaja eiga, sunkiai arba išvis neįmanoma jo užvesti.*

**Papildomo oro sklendė** (11). Šia sklende yra padidinamas oro, o kartu ir degiojo mišinio kiekis, paleidžiant šaltą variklį. Kai uždaryta droselinė sklendė, oro srauto, kuris prasisunkia per sklendę ir tuščiosios eigos reguliavimo kanalą, nepakanka stabiliam variklio veikimui. Sudaromas lygiagretus, priklausomas nuo variklio įšilimo, reguliuojamas oro kanalas papildomo oro sklende (11). Sklendėje kaitinimo spirale (2) šildoma bimetalinė plokštelė (3), ji išlinkdama sklandžiu (4) keičia papildomo oro srautą. Šio proceso trukmė priklauso nuo bimetalinės plokštelės išlinkimo greičio. Esant šaltam varikliui kanalo pralaidumas didžiausias, šylant mažėja ir įšilus jis visiškai uždaromas. Vožtuvas tvirtinamas prie variklio, nuo kurio yra šildomas.

*Galimi variklio veikimo nesklaidumai dėl šalto paleidimo papildomo oro sklendės gedimo: sunkiai arba išvis neįmanoma užvesti, gęsta tik užvedus, nestabiliai veikia tuščiaja eiga.*

**Valdymo slėgio reguliatorius** (13). Varikliui veikiant įvairiais režimais, benzino do-

zavimą reguliuoja valdymo slėgis. Keičiantis slėgiui virš benzino skirstytuvo plunžerio, keičiasi ir įpurškiamų degalų kiekis. Regulatorius tvirtinamas prie variklio bloko ir nuo jo yra šildomas. Kai variklis šaltas, regulatoriaus bimetalinė plokštelė (2), nugalėdama spyruoklės pasipriešinimą, išgaubia membraną (3) žemyn, sujungdama valdymo kanalą su baku, tada valdymo slėgis sumažėja, plunžeris kyla į viršų, degusis mišinys riebinamas. Šildant variklį bimetalinė plokštelė linksta į viršų ir membrana (3) tiesdamasi mažina benzino nutekėjimą į baką, valdymo slėgis didėja, reguliavimo plunžeriui yra sunkiau pakilti, degusis mišinys liešinamas. Esant didžiausiajai variklio apkrovai, po papildoma (7) membrana slėgis labai sumažėja, tuomet atsipalaiduoja vidinė spyruoklė (5), valdymo slėgis mažėja, plunžeris kyla į viršų, degalai riebinami.

#### 8.1.4. „K-Jetronic“ su lambda reguliavimo kontūru

Pražūtingai didėjanti aplinkos tarša verčia tobulinti variklio valdymo sistemas. Kad automobilis būtų kiek galima ekologiškesnis ir mažiau terštų aplinką, buvo sukurti *K-Jetronic* modeliai, kuriuose įmontuotas elektroninis valdymo blokas su lambda reguliavimo kontūru, t. y. galutinė degiojo mišinio sudėtis, be klasikinio reguliavimo, dar koreguojama pagal išmetamųjų dujų sudėtį (8.2 pav.). Lambda jutiklis, matuojantis deginiuose likusio deguonies kiekį, valdymo blokui teikia informaciją apie deginamo degiojo mišinio sudėtį. Jei buvo naudotas stochiometrinės sudėties degusis mišinys, tuomet paprastais trikomponenčiais kataliziniais deginių neutralizatoriais nesudėtingai ir efektyviai pašalinamas deginių kenksmingumas.

Elektroninis valdymo blokas (18) pagal lambda jutiklio (12) signalą per impulsinį vožtuvą (11) atsidarant purkštuvui vykdo nuolatinę degiojo mišinio sudėties korekciją. Lambda reguliavimo kontūras verčia maitinimo sistemą veikti stochiometrinės sudėties degiuoju mišiniu. Tais darbo režimais, kai pagal variklio veikimo pobūdį (paleidimo didžiausiosios apkrovos režimai) būtinas kito santykio degusis mišinys, lambda signalo tenka nepaisyti.

#### Komponentai

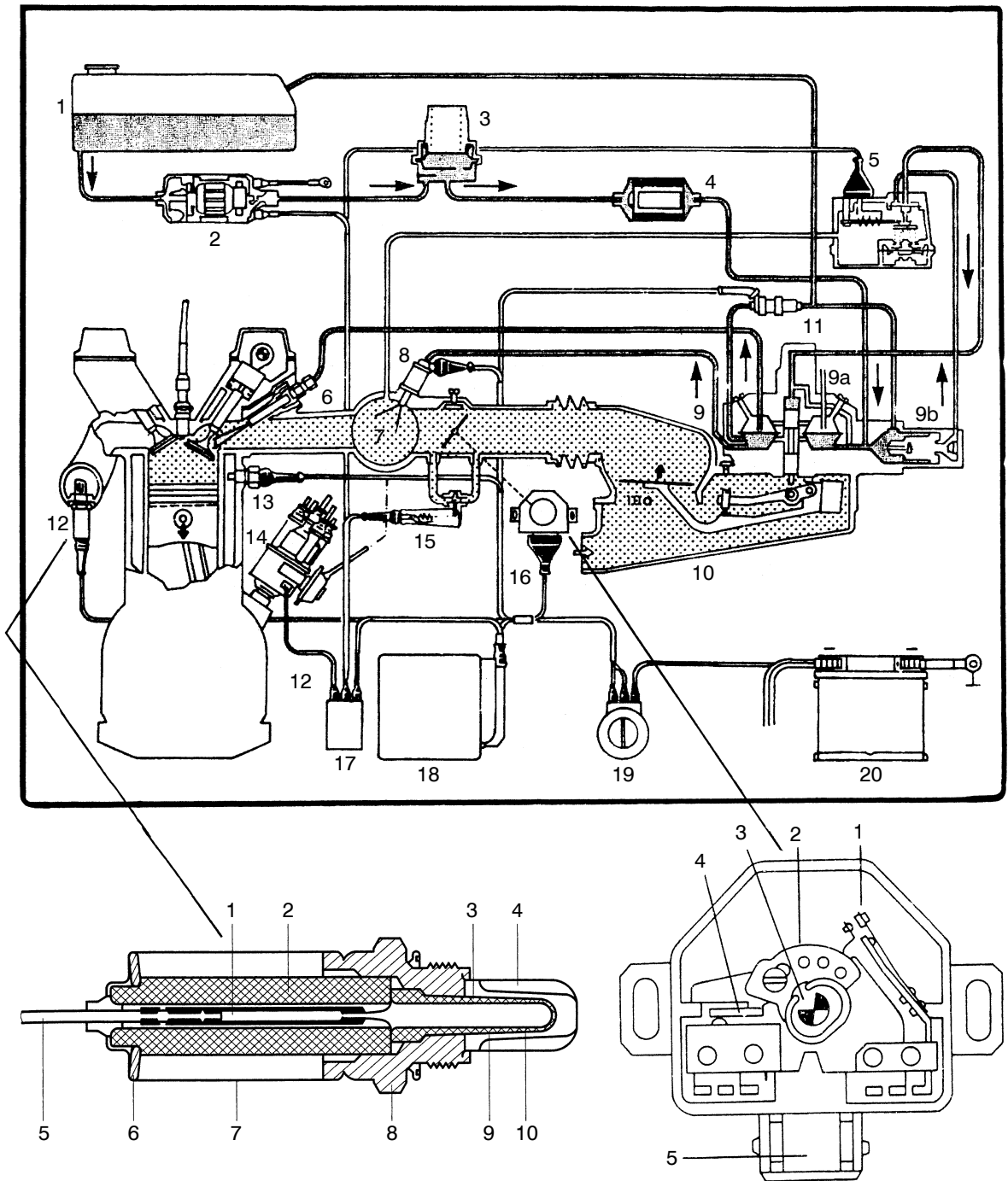
**Droselinės sklendės padėtiės jutiklis** (16). Droselinės sklendės jutiklis (16) teikia informaciją valdymo blokui apie pastarosios padėtį (kontaktinis jutiklis (4) informuoja, kad yra tuščiosios eigos režimas, jutiklis (1) – kad yra didžiausioji apkrova). Tarpinę droselinės sklendės padėtį valdymo blokas supranta kaip dalinę apkrovą.

Pagal droselinės sklendės padėties jutiklio signalą valdymo blokas sužino, kokių režimu veikia variklis. Pavyzdžiui, stabdant varikliu, kai dideli alkūninio veleno sūkliai, o droselinė sklendė uždaryta, valdymo blokas nutraukia degalų tiekimą į purkštuvus ir tuo labai sumažina teršalų emisiją. Ir tik kai sūkliai tampa artimi tuščiajai eigai, švelniai, pamažu variklis užvedamas.

Paveikus jutikliui (1), t. y. atsiradus didžiausiajai apkrovai, valdymo blokas atlieka degiojo mišinio riebinimą.

*Galimi variklio veikimo nesklandumai dėl droselinės sklendės jutiklio gedimo: nestabiliai variklis veikia tuščiąja eiga, sumažėjusi variklio galia.*

# K-JETRONIC



8.2 pav. Įpurškimo sistema „K-Jetronic“ su lambda reguliavimu

**Lámbda zòndas** (12). Pagal tai, kiek liko deguonies išmetamosiose dujose, tiekia valdymo blokui signalą, kurio dydis šuoliškai kinta nuo 100 mV, esant liesajam mišiniui, iki 900 mV, kai mišinys riebus. Valdymo blokas pagal lambda zondo įtampą keičia purkštuvų atidarymo trukmę, t. y. degiojo mišinio sudėtį. Reguliavimo kontūru stengiamasi ruošti stochiometrinės sudėties degųjų mišinį, kuriame oro pertekliaus koeficientas būtų lygus 1.

### 8.1.5. „KE-Jetronic“

Tai elektromechaninė degalų įpurškimo sistema (8.3 pav.). Ją valdo elektrohidraulinis slėgio reguliatorius (8). Elektroninis valdymo blokas (17), gaudamas iš jutiklių didesnę informacijos kiekį apie variklio veikimo ypatybes, tiksliau dozuoja degalus. Nuo sistemos „K-Jetronic“ skiriasi tuo, kad slėgio reguliatoriaus (5), dozatoriaus su skirstytuvu (7) konstrukcijoje ir veiklai nenaudojamas valdymo slėgio reguliatorius. Mišinio sudėtis koreguojama elektrohidraulinio slėgio reguliatoriumi (8).

Ant įsiurbiamo oro matuoklio disko svirtelės primontuotas potencimetrinis poslinkio jutiklis, formuojantis signalus apie oro matuoklio disko padėtį.

### Komponentai

**Temperatūros jutiklis** (16). Sistemoje naudojamas neigiamojo temperatūros koeficiento, aušinamojo skysčio puslaidininkis temperatūros jutiklis (16) (temperatūrai didėjant, jo varža mažėja). Valdymo blokas pagal jutiklio varžos pokytį elektrohidraulinio reguliatoriumi keičia valdymo slėgį dozatoriuje (skirstytuve), o kartu ir degiojo mišinio sudėtį.

*Galimi variklio veikimo nesklandumai dėl temperatūros jutiklio gedimo: sunkiai užvedamas šaltas variklis, pernelyg riebus arba per liesas degusis mišinys, padidėjęs toksiškumas.*

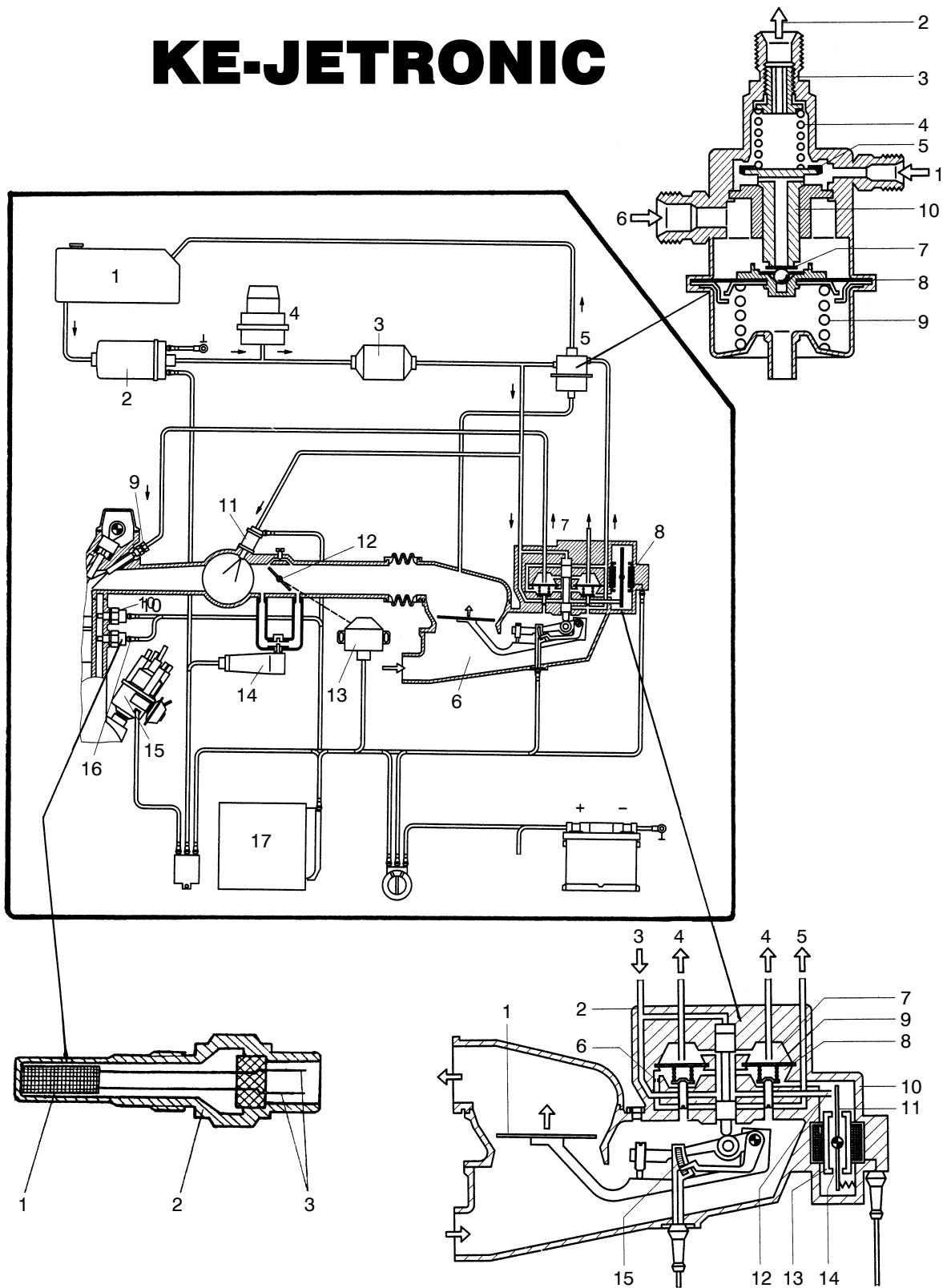
**Sistemos slėgio reguliatorius** (5). Benzinas iš siurblio kanalu (6) spaudžia iki atramos

8.2 pav. Įpurškimo sistema „K-Jetronic“ su lambda reguliavimu:

- 1 – degalų bakas; 2 – benzino siurblys su elektrine pavara; 3 – degalų akumuliatorius;
- 4 – filtras; 5 – valdymo slėgio reguliatorius – termoreguliatorius; 6 – hidraulinis darbinis purkštuvas; 7 – įsiurbimo kolektorius; 8 – šalto paleidimo elektromagnetinis purkštuvas;
- 9 – dozatorius su skirstytuvu; 9a – degalų skirstytuvas; 9b – slėgio reguliatorius;
- 10 – oro matuoklis; 10a – matavimo sklendė; 11 – impulsinis vožtuvas;
- 12 – lambda zondas (1, 5 – laidai, 2 – keraminis žiedas, 3 – jautrus elementas,
- 4 – apsauginis dangtelis, 6 – tvirtinimo žiedas, 7 – apsauginis žiedas, 8 – korpusas,
- 9 – išorinis neigiamasis platininis elektrodas, 10 – vidinis teigiamasis platininis elektrodas);
- 13 – šiluminis jungiklis; 14 – pertraukiklis su aukštosios įtampos skirstytuvu;
- 15 – šalto veikimo papildomo oro sklendė; 16 – droselinės sklendės padėties jutiklis
- (1 – didžiausiosios apkrovos jutiklis, 2 – kumštelis, 3 – ašis, 4 – tuščiosios eigos režimo jutiklis,
- 5 – jungtis); 17 – valdymo relė; 18 – centrinis valdymo blokas; 19 – paleidimo spyna;
- 20 – akumuliatoriaus baterija



# KE-JETRONIC



8.3 pav. Įpurškimo sistema „KE-Jetronic“

membraną (8). Jei degalų slėgis didėja toliau, išsilenkdama membrana atidaro vožtuvą (7) ir degalų perteklius kanalu (2) gražinamas į baką. Kanalu (1) į baką gražinamas degalų perteklius iš dozatoriaus su skirstytuvu. Kai variklis išjungiamas ir slėgis nukrinta, vožtuvas (7) užsidaro, atbulinis vožtuvas (5) kurį laiką dar lieka atviras, kol spyruoklė (9) prispaudžia jį prie lizdo, todėl slėgis sistemoje nukrinta ir purkštuvai sandariai uždaromi.

**Dozatorius su skirstytuvu** (7) nuo „K-Jetronic“ skiriasi tuo, kad slėgių skirtumas tarp viršutinių ir apatinių diferencinių vožtuvų kamerų sudaro 0,2 bar. Slėgis apatinėse kamerose, kartu ir degiojo mišinio sudėtis, reguliuojama elektrohidrauliniu reguliatoriumi (regulatorius sukonstruotas kaip atskira sistema ir pritvirtintas prie dozatoriaus su skirstytuvu). Elastingas sklandis (11) įtvirtintas tarp elektromagneto polių. Tekant srovei per apviją, sklandis keičia įtekančių į apatines diferencinių vožtuvų kameras degalų kiekį (slėgį), kuris per droselį (6) gražinamas į baką. Diferenciniais vožtuvais keičiamas skirtumas tarp sistemos slėgio ir slėgio viršutinėse kamerose, todėl keičiasi ir įpurškiamų degalų kiekis. Jei srovė per elektrohidraulinio regulatoriaus apviją neteka, ruošiamas stochiometrinės sudėties degusis mišinys. Jei sklandis (11) atitolsta nuo purkštuko (12), slėgis apatinėse diferencinių vožtuvų kameroje padidėja, membrana (8) labiau išlinksta aukštyn ir mažiau degalų patenka į purkštuvus, – taip mišinys liesinamas.

Valdymo blokas, surinkęs iš jutiklių informaciją, nustato ir keičia pagal variklio veikimo situaciją srovės stiprį regulatoriaus apvijoje.

Užvedant šaltą variklį, degusis mišinys riebinamas paleidimo purkštuvu. Jo veikimo trukmę nustato šiluminis jungiklis. Šalto variklio sūkius didina papildomo oro sklendė (15). Šie reguliavimai yra analogiški „K-Jetronic“ sistemai. Tačiau „KE-Jetronic“ sistemoje esant tuščiajai eigai, šaltam varikliui ir didžiausiosioms apkrovoms, tinkami degalai ruošiami elektroniniu valdymo bloku, keičiant srovę elektrohidraulinio slėgio regulatoriaus apvijoje. Keičiant srovę regulatoriaus apvijoje, galimas degalų tiekimo nutraukimas purkštuvams. Tada keičiama srovės tekėjimo kryptis apvija, sklandis (11) atitraukiamas, slėgis kameroje (8) susilygina su sisteminiu ir membrana (9) spyruokle nutraukia degalų tiekimą purkštuvams (kai stabdoma varikliu, ar esant neleistinai dideliems sūkiams).

### 8.3 pav. Įpurškimo sistema „KE-Jetronic“:

1 – degalų bakas; 2 – benzino siurblys su elektrine pavara; 3 – filtras; 4 – degalų akumuliatorius; 5 – slėgio reguliatorius; (1 – iš dozatoriaus stiprintuvo, 2 – į baką, 3 – reguliavimo sraigtas, 4, 9 – spyruoklės, 5 – atbulinis vožtuvas, 6 – iš degalų siurblio, 7 – vožtuvas, 8 – membrana, 10 – įvorė); 6 – oro kiekio matuoklis; 7 – dozatorius su skirstytuvu; 8 – elektrohidraulinis slėgio reguliatorius (1 – oro kiekio matavimo diskas, 2 – korpusas, 3 – degalų įtekėjimo kanalas, 4 – į purkštuvus, 5 – į slėgio reguliatorių, 6 – droselis, 7, 8 – viršutinė ir apatinė kameros, 9 – membrana, 10 – elektrohidraulinio slėgio regulatoriaus korpusas, 11 – sklandis, 12 – purkštukas, 13 – magnetolaidis, 14 – oro tarpelis, 15 – oro kiekio matuoklio potenciometrinis padėties jutiklis); 9 – darbiniai hidrauliniai purkštuvai; 10 – šiluminis jungiklis; 11 – elektromagnetinis paleidimo purkštuvus; 12 – droselinė sklendė; 13 – droselinės sklendės jutiklis; 14 – papildomo oro sklendė; 15 – pertraukiklis su mechaniniu aukštosios įtampos skirstytuvu; 16 – temperatūros jutiklis (1 – puslaidininkis temperatūrai jautrus elementas, 2 – korpusas, 3 – jungtis); 17 – elektroninis valdymo blokas

## 8.2. Periodinio įpurškimo sistemos

### 8.2.1. Bendrosios žinios

Tai įpurškimo sistemos, kuriose degalai purkštuvais purškiami periodiškai, nustatytos trukmės porcijomis į įsiurbimo vožtuvų zoną arba tiesiogiai į degimo kamerą. Sistemos privalumai yra nenutrūkstamas įpurškimas ir tikslus elektroninis valdymas. Periodinis įpurškimo principas naudojamas visuose dabar gaminamuose automobiliuose, jis visiškai išstūmė nenutrūkstamo įpurškimo sistemas.

Senesnės kartos automobiliuose buvo labiausiai išpopuliarėjusios įvairių modifikacijų L, LH, „LE-Jetronic“ maitinimo sistemos, dabar – M, ME, „MED-Motronic“.

Išskirtinis bruožas yra tas, kad šiose sistemose, tiekiant degimo mišinį kameroms, realizuojamas degalų kiekio ir sudėties individualaus dozavimo principas, labiausiai tinkantis konkrečiai situacijai (tai reiškia, kad techniškai tobula valdymo sistema kiekvienam degimo ciklui kameroje paruošia ir tiekia tinkamiausią degųjų mišinį). Tai įgyvendinama valdymo bloke apdorojant didesnę jutikliais perduodamą informacijos kiekį apie variklio darbą, o pritaikantysis valdymo algoritmas sugeba vertinti variklio susidėvėjimą ir taip jį ilgiau eksploatuoti, nebloginant bendrųjų automobilio charakteristikų.

### 8.2.2. „D-Jetronic“

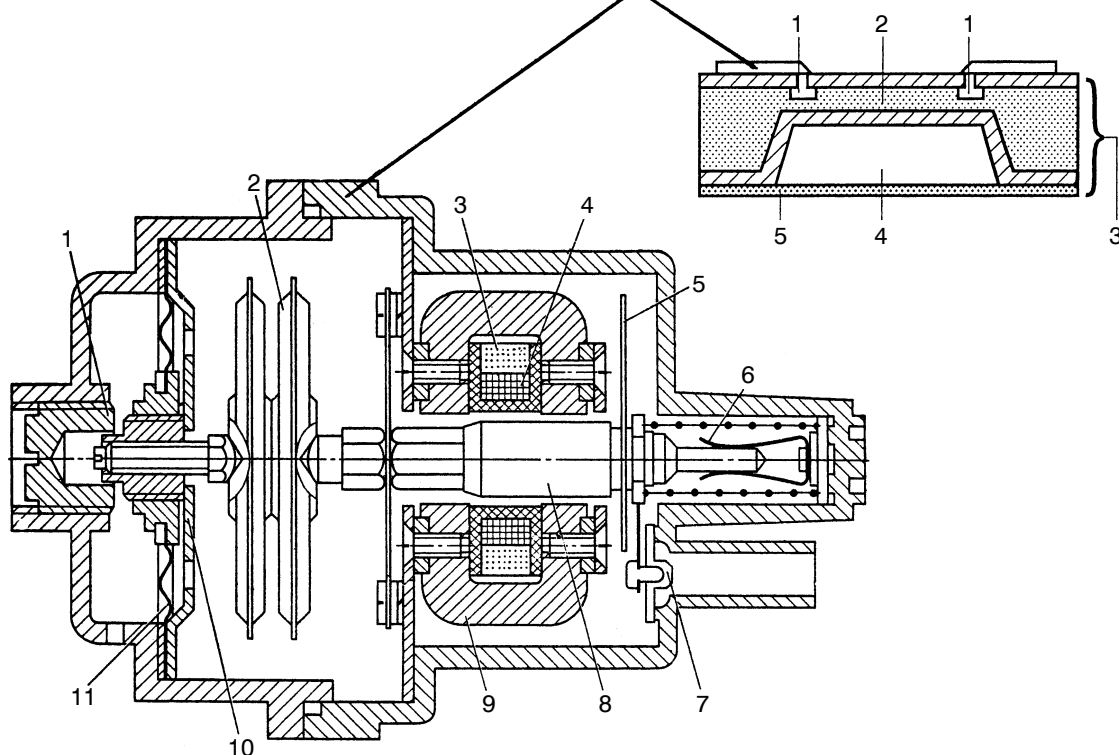
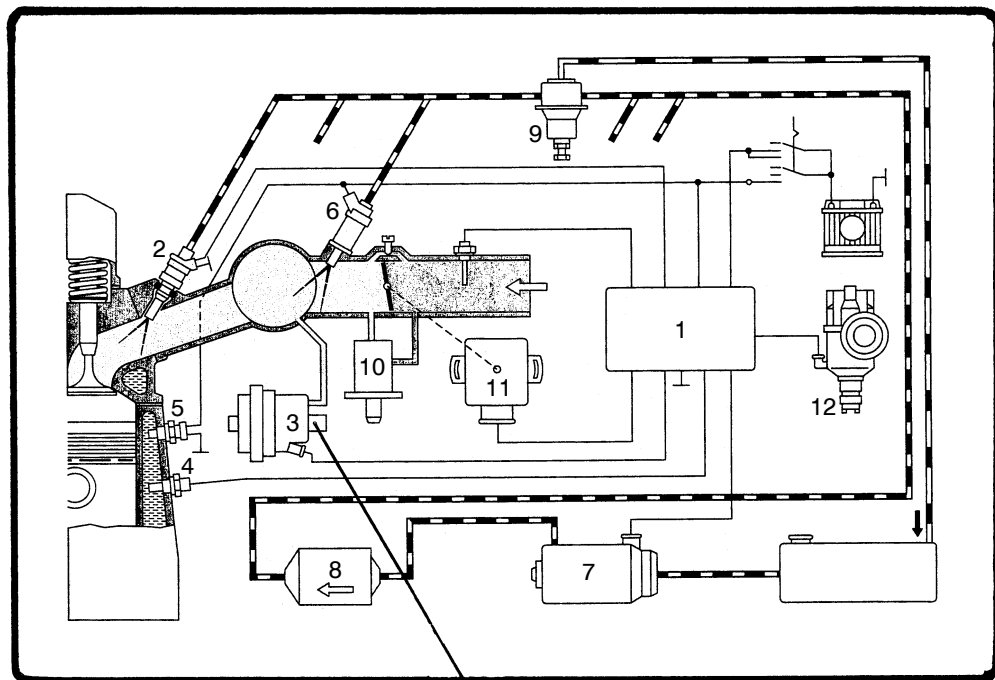
Sistema, kurios veikimas, skirtingai nuo daugelio kitų, grindžiamas ne įsiurbiamo oro tūrio ar masės matavimu, o droselinės sklendės padėties ir slėgio matavimu įsiurbimo vamzdyje. Pagal tai valdymo blokas nustato reikalingų įpurkšti degalų kiekį. Tai pirmoji istorijoje įpurškimo sistema, kurioje įmontuotas elektroninis valdymo blokas. Slėgio jutiklis, matuojantis slėgį įsiurbimo vamzdyje, perduoda informaciją valdymo blokui kaip variklio apkrovos matą. (Nors slėgis įsiurbimo kolektoriuje – pirminis parametras, jis tiksliau nusako variklio apkrovą negu jo pasekmė – įsiurbtas oras. Dėl savo matavimo sudėtingumo sistema nėra masiškai paplitusi.)

„D-Jetronic“ įpurškimo sistemoje (8.4 pav.) valdymo blokas (1) gauna signalus iš slėgio jutiklio įsiurbimo kolektoriuje (3) apie įsiurbiamo oro temperatūrą (13), aušinamojo skysčio

8.4 pav. Įpurškimo sistema „D-Jetronic“:

- 1 – elektroninis valdymo blokas; 2 – purkštuvas; 3 – slėgio jutiklis
- (1 – pjezoelementai, 2 – diafragma, 3 – pagrindas, 4 – vakuumo kamera,
- 5 – apsauginė diafragma arba 1 – didžiausiosios apkrovos ribotuvas,
- 2 – aneroidinės kameros, 3 – antrinė apvija, 4 – apvija, 5 – plokščia spyruoklė,
- 6 – amortizatorius, 7 – vožtuvas, 8 – plieninis inkaras, 9 – magnetolaidis,
- 10 – ribotuvas, 11 – membrana); 4 – aušinimo skysčio temperatūros jutiklis;
- 5 – šiluminis jungiklis; 6 – paleidimo purkštuvas; 7 – benzino siurblys
- su elektrine pavara; 8 – filtras; 9 – degalų slėgio reguliatorius;
- 10 – papildomo oro vožtuvas; 11 – droselinės sklendės potenciometrinis padėties
- jutiklis; 12 – pertraukiklis, aukštosios įtampos mechaninis skirstytuvas
- ir mechaniniai paskubos kampo reguliatoriai; 13 – įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis

# D-JETRONIC



8.4 pav. Įpurškimo sistema „D-Jetronic“

temperatūrą (4), droselinės sklendės padėtį (11), alkūninio veleno sūkius ir įpurškimo momento pradžią (iš uždegimo sistemos, pertraukiklio su aukštosios įtampos skirstytuvu). Pagal šią informaciją valdymo bloke suformuojamas įpurškimo pradžios ir trukmės signalas.

Siurblys su slėgio regulatoriumi sistemoje palaiko pastovų slėgį. Pavyzdyje (8.4 pav.) pateiktas sistemos modelis su paleidimo purkštuvu, kurį valdo šiluminis jungiklis (5). Galimi variantai be paleidimo purkštuvo, kai blokas (1) paleidimo režimą valdo pagal atskirą šalto paleidimo algoritmą (programą).

## Komponentai

**Slėgio jutiklis** (3). Senesnės kartos sistemose naudojami elektromagnetiniai slėgio matuokliai su induktyviuoju keitikliu. Hermetiniame korpuse matuojamu slėgiu stegiamos dvi aneroidinės kameros (2), prie kurių pritvirtintas plieninis inkaras (8) keičia jutiklio apvijos induktyvumą. Pagal tai valdymo bloke (1) formuojamas atitinkantis variklio apkrovą purkštuvų atidarymo trukmės signalas.

Naujesnės kartos slėgio matuokliuose naudojami tenzoelementai ar pjezoelementai, pritvirtinti ant matuojamu slėgiu lenkiamos diafragmos – membranos. Pagal šių deformuojamųjų elementų parametrų pasikeitimą nustatomas matuojamas slėgis.

### 8.2.3. „L-Jetronic“

Degalai siurbliu (2) (8.5 pav.) per filtrą (3) tiekiami į skirstymo vamzdį, kuriame slėgio regulatorius (6) palaiko 2,5–3,0 bar pastovų slėgį. Darbiniai purkštuvai jungiami prie skirstymo vamzdžio ir cikliškai (kas 180°) atsidarinėja valdymo bloko nustatytos trukmės stačiakampės formos impulsais. Esant pastoviam įpurškimo slėgiui, degalai dozuojami keičiant purkštuvų atidarymo impulsų trukmę.

*8.5 pav. Įpurškimo sistema „L-Jetronic“.*

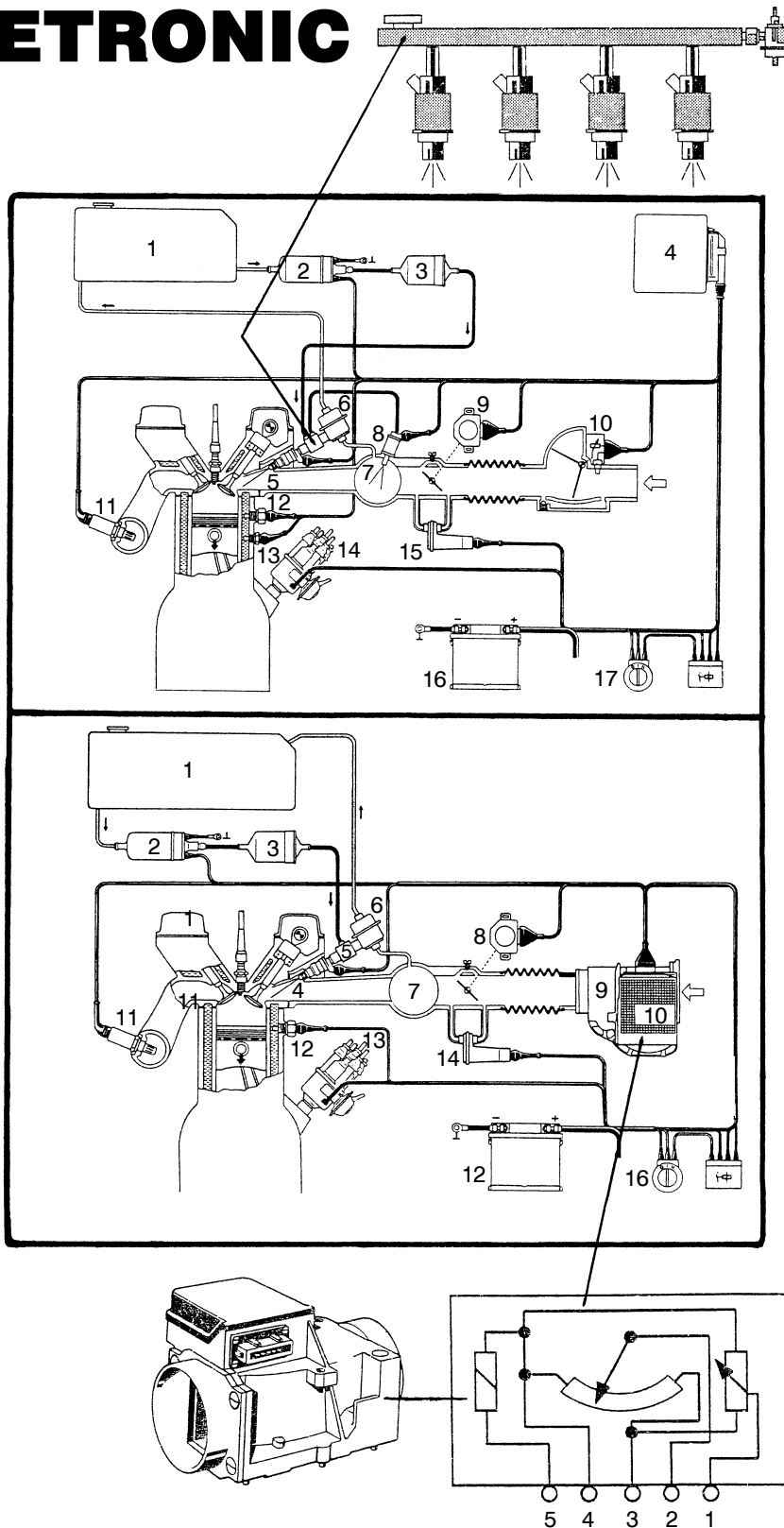
*Schema paveikslu viršuje su paleidimo purkštuvu:*

*1 – degalų bakas; 2 – benzino siurblys su elektrine pavara; 3 – filtras; 4 – elektroninis valdymo blokas; 5 – darbinis purkštuvus; 6 – slėgio regulatorius; 7 – įsiurbimo kolektorius; 8 – paleidimo purkštuvus; 9 – droselinės sklendės padėties jutiklis; 10 – mechaninis sparninio tipo su potenciometrinio ir temperatūros jutikliais įsiurbto oro masės matuoklis; 11 – lambda zondas; 12 – šiluminis jungiklis; 13 – aušinamojo skysčio temperatūros jutiklis; 14 – pertraukiklis su mechaniniu aukštosios įtampos skirstytuvu; 15 – papildomo oro sklendė; 16 – akumulatorinė baterija; 17 – paleidimo spyna.*

*Schema paveikslu apačioje – be paleidimo purkštuvo:*

*1 – degalų bakas; 2 – benzino siurblys su elektrine pavara; 3 – filtras; 4 – darbinis purkštuvus; 5 – skirstymo vamzdis; 6 – slėgio regulatorius; 7 – įsiurbimo kolektorius; 8 – droselinės sklendės padėties jutiklis; 9, 10 – oro matuoklis (potenciometrinis poslinkio ir puslaidininkis temperatūros jutikliai); 11 – lambda zondas; 12 – aušinamojo skysčio temperatūros jutiklis; 13 – pertraukiklis su mechaniniu aukštosios įtampos skirstytuvu; 14 – papildomo oro sklendė; 15 – akumulatorinė baterija; 16 – paleidimo spyna*

# L-JETRONIC



8.5 pav. Įpurškimo sistema „L-Jetronic“



Paplito įvairių modifikacijų „L-Jetronic“ įpurškimo sistema su mechaniniu įsiurbto oro tūrio matuokliu, „LH-Jetronic“ su įkaitintos vielės arba plėvelės oro masės matuokliu, LU-Jetronic su ultragarsiniu oro masės matuokliu.

Senesnės kartos modeliuose dar naudojami paleidimo purkštuvai, kai jų nėra, darbiniai purkštuvai valdomi šalto variklio paleidimo programa.

Pagrindinis parametras, pagal kurį nustatomas vykstant ciklui įpurškiamo benzino kiekis, yra įsiurbiamo oro kiekis. Jis matuojamas oro matuokliu (10). Jame oro srovė, perėjusi filtrą, atlenkia matuoklio sklendę, kuri suspaudžia ją laikančią spyruoklę. Sklendės pasisukimo kampas matuoklio potenciometru paverčiamas elektriniu signalu. Pagal šio signalo dydį valdymo blokas nustato šiam momentui reikalingą įpurškiamo benzino kiekį. Valdymo blokas generuoja reikalingos trukmės purkštuvu atidarymo impulsą. Purkštuvai atsidaro du kartus per vieną alkūninio veleno sūkį, purškia degalus porcijomis, po pusę vienam ciklui reikalingo kiekio. Absoliutinėms degalų sąnaudoms nustatyti ciklo sąnaudas reikia padauginti iš alkūninio veleno sūkių. Degalai iš dalies kondensuojasi, kai įsiurbimo vožtuvai uždari, ir patenka į degimo kamerą pastariesiems atsidarius.

## Komponentai

**Benzino skirstymo vamzdis** (5). „L-Jetronic“ sistemose purkštuvai prijungiami prie skirstomojo tiekimo vamzdžio, kurio tūris parenkamas toks, kad būtų daug didesnis už benzino kiekį, įpurškiamą per vieną ciklą. Taip visiems purkštuvams benzinas tiekiamas vienodu slėgiu. Vamzdžio gale įmontuojamas benzino slėgio reguliatorius. Slėgiui viršijus nustatytą ribą, atsidaro reguliatoriaus vožtuvas, ir benzino perteklius grąžinamas atgal į baką. Reguliatorius palaiko pastovų slėgių skirtumą tarp slėgio skirstymo vamzdyje ir įsiurbimo kolektoriuje.

**Ūro kiekio matuoklis** (10). „L-Jetronic“ sistemoje naudojamas sklendinio (sparninio) tipo mechaninis oro tūrio matuoklis su potenciometriniu poslinkio ir puslaidininkiu temperatūros jutikliu. Siurbiamo oro srautas atlenkia matuoklio sklendę ir tuo pačiu metu pasuka potenciometro šliaužiklį. Išmatuota įtampa yra proporcinga momentiniam variklio įsiurbtam oro kiekiui (tūriui). Pagal tai ir įsiurbto oro temperatūrą (signalas iš temperatūros jutiklio) valdymo blokas nustato įsiurbto oro masę. Oro masė yra pagrindinis įpurškiamų degalų rodiklis, nustatant purkštuvų atidarymo trukmes. Sklendė sujungta su slopinimo kamera, kuri iš dalies slopina staigius oro srauto pokyčius, mažina variklio darbinės vibracijos poveikį matavimo tikslumui. Sklendės forma ir potenciometro perdavimo charakteristika parenkamos taip, kad tarp įsiurbto oro kiekio ir matuoklio išėjimo signalo susidarytų logaritminė priklausomybė. Taip matuoklis tampa jautrus esant mažiems oro srautams ir jo pokyčiams (kai droselinė sklendė atlenkiama mažu kampu) ir mažai reaguoja, kai droselinė sklendė visai atvira.

*Galimi variklio veikimo nesklendumai dėl oro matuoklio jutiklio gedimo: tik užvestas variklis tuoj pat gęsta, nestabiliai veikia tuščiąja eiga, sumažėjusi variklio galia, padidėjęs degalų sąnaudos, įjungus bet kokią pavarą variklis gęsta, netinkamas CO kiekis išmetamosiose dujose, sumažėjęs variklio jautrumas.*

## 8.2.4. „LH-Jetronic“

### Komponentai

**Įsiurbiamo oro mėsės matuoklis.** Šio modelio įpurškimo sistemose (8.6 pav.) naudojami kelių tipų šiluminiai oro mėsės matuokliai. Tai įkaitintos vielelės, įkaitintos plėvelės ar įkaitintos plėvelės su termorezistoriais matuokliai.

Senesnės kartos automobiliuose buvo naudojami įkaitintos vielelės matuokliai. Tai 100 mikrometrų storio platininė vielelė, pritaikoma įsiurbimo vamzdyje prieš droselį ir elektroninės valdymo sistemos kaitinama iki 150°C temperatūros. Tekantis oro srautas šią vielelę aušina, valdymo sistema stengiasi išlaikyti pirminę vielelės temperatūrą. Kuo šaltesnis ar didesnis oro srautas, tuo tam sunaudojama daugiau energijos. Sunaudotos energijos kiekis yra proporcingas pratekančiai oro masei. Pagal tai valdymo blokas generuoja reikalingos trukmės purkštuvų atidarymo signalą. Varikliui veikiant, vielelė pasidengia apnašomis ir sumažėja matavimo tikslumas. Norint sugrąžinti matavimo tikslumą, išjungus variklį vielelė trumpam įkaitinama iki 1000 °C, apnašos nudega ir matavimas vėl tampa tikslus.

Paprastesnė yra oro mėsės matuoklio konstrukcija, kur matavimo elementui naudojama įkaitinta plėvelė. Ji yra priešingoje plokštelės pusėje, nekontaktuoja su matuojamo oro srautu ir yra apsaugota nuo teršalų, todėl nereikalinga nudeginimo funkcija.

Tikslesniam oro mėsės matavimui (matuojamas ne tik siurbiamas oras, bet ir įvertinama atsispindėjusi banga) naudojama kaitinama plokštelė su dviem srauto kryptimi suformuotais termorezistoriais. Pagal šių rezistorių varžų pasikeitimą galima tiksliai nustatyti siurbiamo ir atspindinčio oro srautus, t. y. tikrąją kameras užpildančią oro masę.

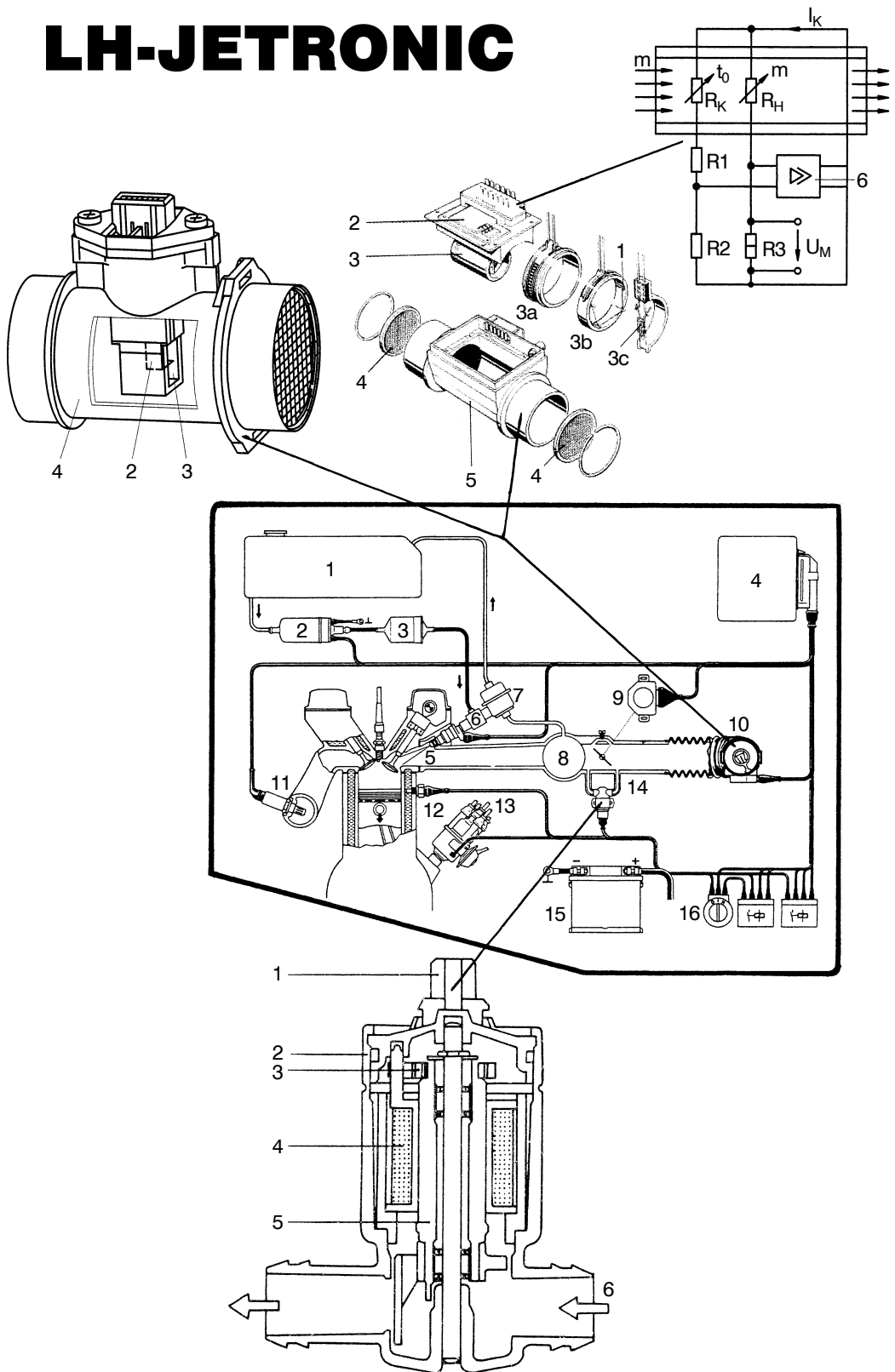
**Tuščiosios eigės reguliatorius (14).** Vietoje papildomo oro tiekimo vožtuvo su bimetaliu elementu, reguliuojančiu tik išylant, sistemoje gali būti įmontuotas elektroniškai valdomas pasukamos sklendės vožtuvas. Šis vožtuvas visose variklio veikimo situacijose, jei tik droselinė sklendė uždara, palaiko tuščiosios eigos sūkius. Pasukamas vožtuvas valdomas 100 Hz stačiakampiais impulsais, kurių plotį ir apėjimo kanalo pralaidumą keičia valdymo blokas. Keičiantis degalų kiekiui, kinta ir tuščiosios eigos sūkliai.

*Dėl tuščiosios eigos sūkių reguliatoriaus gedimo galimas nestabilus variklio veikimas tuščiąja eiga.*

## 8.3. Centrinio įpurškimo sistema „Mono-Jetronic“

Elektroninę įpurškimo sistemą sudaro vienas ar du purkštuvai, tvirtinami prieš droselinę sklendę. Ji dar vadinama centrinio įpurškimo sistema (8.7 pav.), purškiančia degalus į bendrą įsiurbimo kolektorių, kur jie vėliau pasiskirsto į cilindrus, analogiškai kaip karbiuratoriniuose varikliuose. Valdymo bloko pastoviojoje atmintyje saugoma purkštuvų valdymo duomenų matrica, kurioje įvertinti variklio veikimo režimai: paleidimas, pašildymas,

# LH-JETRONIC



8.6 pav. Įpurškimo sistema „LH-Jetronic“

tuščioji eiga, išibėgėjimas, aplinkos sąlygos ir kt. Naudojami jutikliai, matuojantys variklio veikimo parametrus, kurie teikia pakankamai duomenų, kad būtų teisingai pasirinktas valdymo signalas.

Degalai purškiami žemu slėgiu – 0,01–0,1 MPa. Sistema naudojama nedidelės galios varikliuose. Pagrindinis mazgas – įpurškimo įtaisas – įmontuojamas įsiurbimo trakte, virš droselinės sklendės. Jis sudarytas iš dviejų dalių – hidraulinės ir droselinės. Hidraulinę dalį sudaro elektromagnetinis purkštuvas, sistemos slėgio reguliatorius ir įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis. Droselinėje dalyje yra droselinė sklendė, jos pavara reversinis variklis ir padėties poslinkio potenciometrinis jutiklis.

Elektrinis benzino siurblys (2), įmontuotas benzino bake (1), per filtrą (3) tiekia benzina į įpurškimo įtaisą. Pastovų slėgį sistemoje palaiko slėgio reguliatorius (4). Purkštuvas (5) išpurškia benzina į siurbiamo oro srovę virš droselio (9). Reikalingas išpurškimui benzino kiekis nustatomas valdymo bloke (dozuojamas purkštovo atidarymo laiku), jis yra proporcingas variklio apkrovai. Nustatant purkštovo atidarymo trukmę, pagrindiniai duomenys yra alkūninio veleno sūkliai ir droselinės sklendės padėtis (pateiktoje sistemoje nėra oro srauto matuoklio, tačiau yra modelių, kur jie naudojami). Tikslesniam įpurškiamo benzino kiekiui nustatyti valdymo blokas vertina aušinamojo skysčio, įsiurbiamo oro temperatūrą, deguonies kiekį išmetamosiose dujose. Tuščiosios eigos sūkliai reguliuojami droselio elektrine pavara.

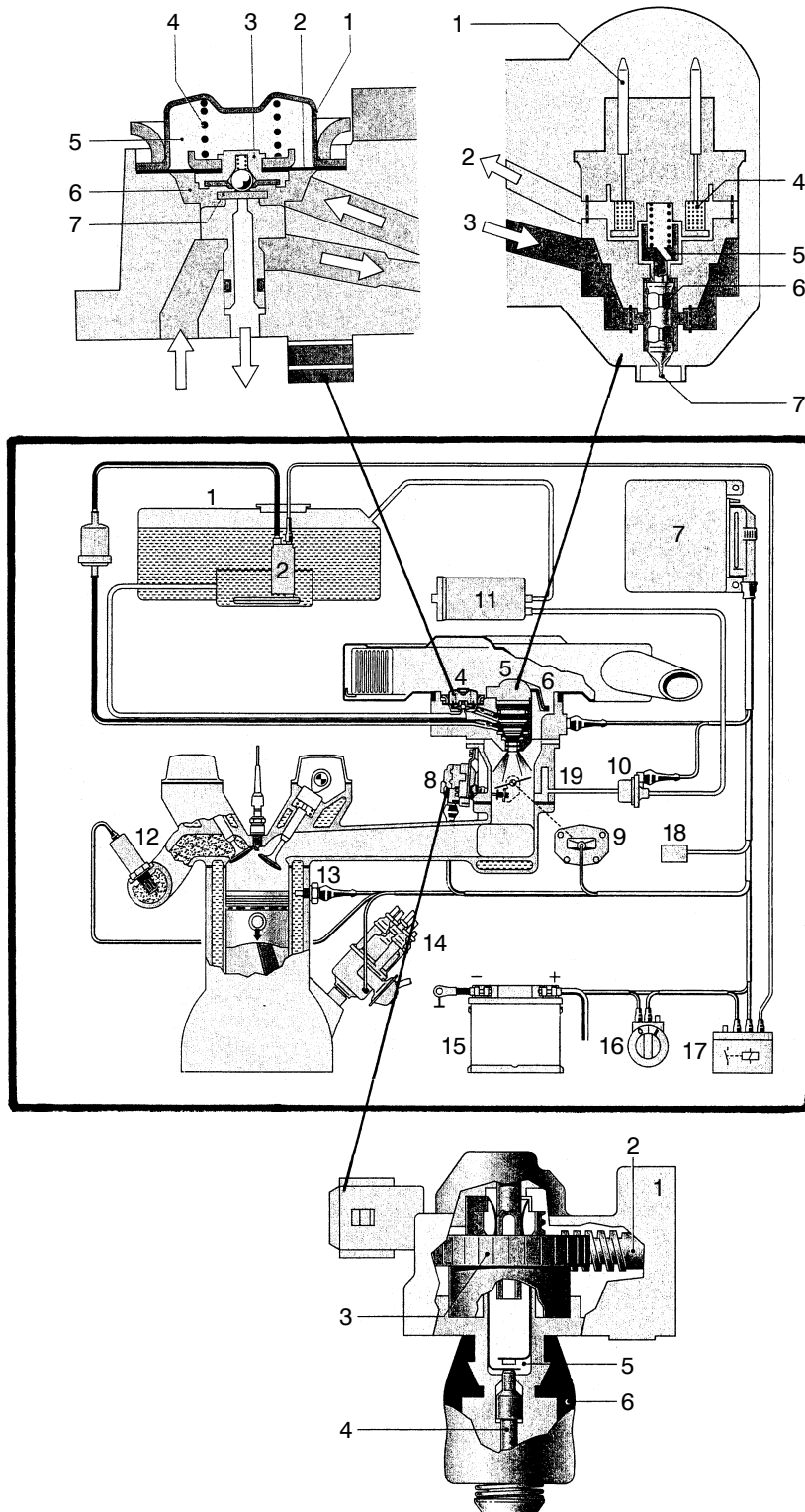
## Komponentai

**Slėgio reguliatorius** (4). Regulatorius privalo palaikyti pastovų 100 kPa slėgio skirtumą tarp degalų magistralės ir purkštovo. „Mono-Jetronic“ sistemoje slėgio reguliatorius įkomponuotas į centrinio įpurškimo įrangos hidraulinę schemą. Viršutinės kameros (5) spyruoklė (4) laiko prispaudusi diafragmą (2). Esant pusiausvyrai, slėgių skirtumas tarp apa-

### 8.6 pav. Įpurškimo sistema „LH-Jetronic“:

- 1 – degalų bakas; 2 – benzino siurblys su elektrine pavara; 3 – filtras;  
4 – elektroninis valdymo blokas; 5 – purkštuvas; 6 – benzino skirstymo vamzdis;  
7 – slėgio reguliatorius; 8 – įsiurbimo vamzdis; 9 – droselinės sklendės kontaktinis poslinkio jutiklis; 10 – šiluminis įsiurbiamo oro masės matuoklis.  
(Įkaitintos plėvelės: 1 – korpusas; 2 – plėvelinis kaitrinis matavimo elementas;  
3 – matavimo kanalas. Įkaitintos vielės: 1 – platininė matavimo vielė Rh; 2 – valdymo blokas; 3 – vamzdelis; 3a – precizinis matavimo rezistorius R3; 3b – matavimo rezistoriaus laikiklis; 3c – temperatūros jutiklis Rk; 4 – apsauginis tinklelis; 5 – matuoklio korpusas;  
6 – stiprintuvas; m – įsiurbiamo oro masė; Ik – kaitinimo srovės stipris; Um – išėjimo signalas); 11 – lambda zondas; 12 – puslaidininkis variklio temperatūros jutiklis;  
13 – mechaninis uždegimo paskubos kampo reguliatorius ir aukštosios įtampos skirstytuvas;  
14 – tuščiosios eigos sūklių reguliatorius (1 – jungtis; 2 – korpusas; 3 – spyruoklė; 4 – apvija;  
5 – rotorius; 6 – reguliuojamo oro srauto kanalas); 15 – akumuliatorinė baterija;  
16 – paleidimo spyna.

# MONO-JETRONIC



8.7 pav. Įpurškimo sistema „Mono-Jetronic“

tinės (6) ir viršutinės (5) kameros yra 100 kPa. Jei tik degalų slėgis viršys šį skirtumą (spyruoklės jėgą), vožtuvo lizdas (7) pasikels ir degalų perteklius bus grąžinamas į baką. Per ventiliacinį kanalą (1) viršutinėje kameroje (5) palaikomas darbinis purkštuvo slėgis. Vožtuvo lizdo (7) eiga priklauso nuo tiekiamų ir įpurkštų degalų kiekio. Spyruoklės (4) įvarža, diafragmos (2) plotas parinkti taip, kad plačiame tiekiamų ir sunaudojamų degalų diapazone būtų gaunamas pastovus įpurškiamų degalų slėgis. Išjungus variklį, degalų tiekimas nutrūksta, siurblio ir regulatoriaus vožtuvai užsidaro, sistemoje kurį laiką išlieka pastovaus slėgio degalai. Tai mažina oro kamščių susidarymo tikimybę ir gerina pakartotinių užvedimų trumpam sustojus.

**Purkštūvas (5).** Sistemoje naudojamas elektromagnetinis purkštūvas. Kol į purkštūvo apviją (4) per jungtį (1) įtampa nepatenka, adata (6) su antgaliu (7) spyruokle elektromagneto inkaru (5) laiko uždarytą purškimo kanalą. Tiekiant per jungtį (1) maitinimo įtampą ir apvija tekant srovei, susidaręs magnetinis laukas apie 0,06 mm (tai priklauso nuo purkštūvo tipo) pakelia adatą (6). Susidariusiu žiediniu kanalu antgalis (7) gerai išsklaido purškiamus degalus. Purkštūvo veikimo ciklas sinchronizuojamas su uždegimo sistema, t. y. kiekvienai aukštosios įtampos kibirkščiai tenka vienas įpurškimo impulsas. Esant pakankamai aukštam purkštūvų veikimo dažniui, didelę reikšmę turi jų greitaieigiškumas. Nedidelė inkaro ir adatos masė, tinkamai parinkta elektromagnetinė apvijos grandinė duoda galimybę šių purkštūvų atidarymo ir uždarymo laiką sumažinti iki 1 ms ir tiksliai dozuoti degalus net esant labai mažam jų kiekiui.

**Elektrinis droselinės sklendės reguliatorius (8).** Esant tuščiajai eigai elektrinė droselinės sklendės pavara valdymo strypu (4) reguliuoja įsiurbiamo oro kiekį, t. y. keičia droselio padėtį. Strypą stumdo per sliekinę pavara reversinė nuolatinės srovės variklio pavara. Valdymo strypo (4) gale kontaktinis jutiklis (5) informuoja valdymo bloką, kad variklis veikia tuščiaja eiga.

#### 8.7 pav. Įpurškimo sistema „Mono-Jetronic“:

- 1 – degalų bakas; 2 – benzino siurblys su elektrine pavara; 3 – degalų filtras;
- 4 – slėgio reguliatorius (1 – ventiliacijos kanalas, 2 – diafragma, 3 – atrama, 4 – spyruoklė, 5 – viršutinė kamera, 6 – apatinė kamera, 7 – vožtuvo lizdas);
- 5 – purkštūvas (1 – jungtis, 2 – degalų grąžinimo kanalas, 3 – tiekiamų degalų kanalas, 4 – purkštūvo apvija, 5 – purkštūvo selenoido inkaras, 6 – vožtuvo adata, 7 – purkštūvo antgalis); 6 – siurbiamo oro temperatūros jutiklis; 7 – elektroninis valdymo blokas; 8 – elektrinis droselinės sklendės reguliatorius (1 – pavaros įtaiso korpusas, 2 – sliekas, 3 – sliekratis, 4 – valdymo strypas, 5 – tuščiosios eigos kontaktai, 6 – guminė apsaugos rankovė); 9 – droselinės sklendės padėties jutiklis; 10 – anglinio absorberio prapūtimo vožtuvas; 11 – benzino garų bake anglinis absorberis;
- 12 – lambda zondas; 13 – aušinamojo skysčio temperatūros jutiklis; 14 – mechaninis uždegimo paskubos kampo reguliatorius ir aukštosios įtampos skirstytuvai;
- 15 – akumuliatorinė baterija; 16 – paleidimo spyna; 17 – degalų siurblio valdymo relė;
- 18 – diagnostikos jungtis; 19 – centrinio įpurškimo sistema.



## 8.4. Dujinių automobilių maitinimo sistemos

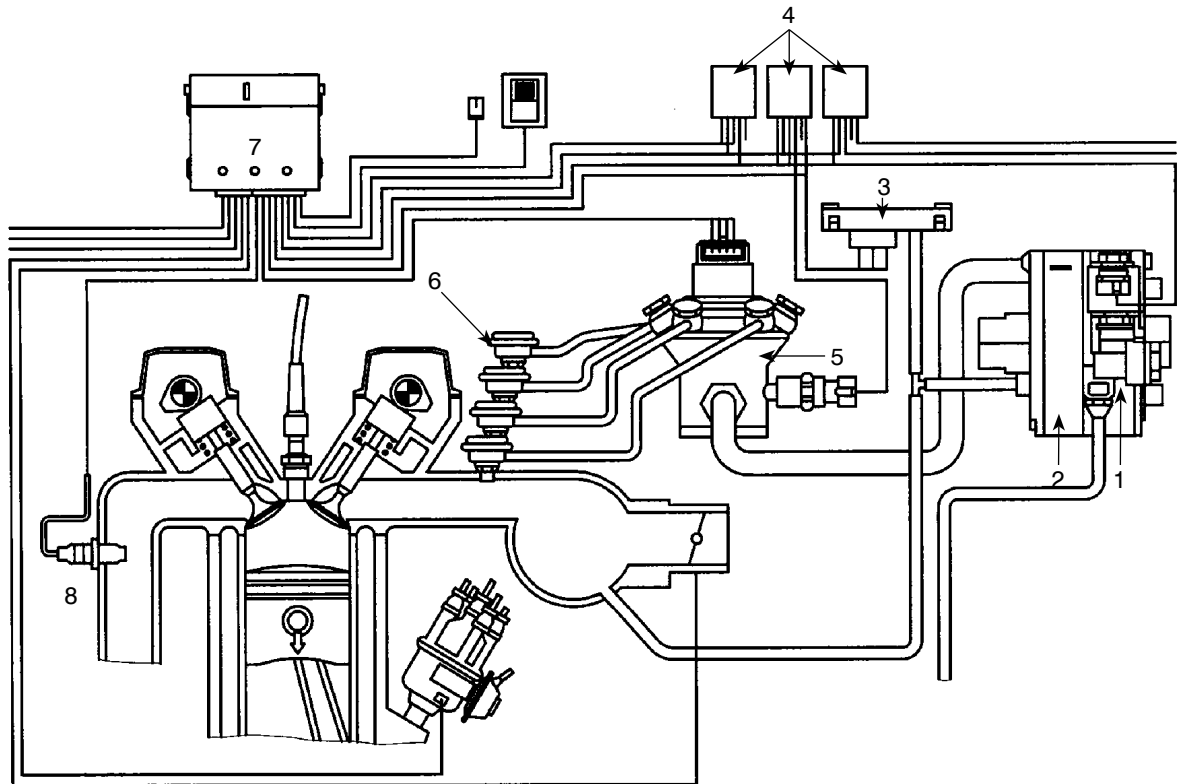
Dideli pigių gamtinių ir naftos dujų išteklių skatina jų kaip alternatyvių degalų naudojimą vidaus degimo varikliuose.

Naudojant dujinius degalus būna mažesnė variklio galia, didesnis automobilio svoris, griežtesni degalų bako saugumo reikalavimai, dėl aukšto dujinių degalų oktaninio skaičiaus, mažesnio deginių toksiškumo, mažesnio triukšmingumo, lengvesnio variklio veikimo (dujos nenuplauna nuo cilindro sienelių alyvos, gerėja tepimas, rečiau keičiama alyva, filtrai) dujinės ar kombinuotos maitinimo sistemos tampa vis populiareesnės.

Degalams dujinėse maitinimo sistemose naudojamos suskystintos naftos dujos ar suslėgtos gamtinės dujos.

Suskystintas naftos dujas sudaro propano ir butano dujų mišinys. Jų saugojimas priklauso nuo procentinės sudėties ir natūralios aplinkos temperatūros 2–20 bar slėgio balionuose. Šios dujos gaunamos iš anglies arba perdirbant naftą.

Gamtinės dujos arba metanas saugomi 160–200 bar slėgio balionuose. Jos skystėja –160 °C temperatūroje.



8.8 pav. Daugiataškė dujų įpurškimo sistema:

- 1 – dujų vožtuvas; 2 – dujų slėgio reduktorius; 3 – slėgio jutiklis; 4 – relės;  
5 – dujų skirstytuvas; 6 – purkštuvai; 7 – elektroninis valdymo blokas; 8 – lambda zondas

Be pagrindinių dujų, nedideliais kiekiais yra įmaišoma kitų komponentų, tačiau tai didesnės įtakos degimo procesui neturi.

Dujinių degalų maitinimo sistemų įranga modernizuota ne kartą. Šiuo metu naujuose automobiliuose naudojamos ketvirtos, penktos kartos daugiataškės (8.8 pav.) elektroninės sistemos.

Maitinimo sistemos, naudojančios dujinius degalus, yra panašios ir mažai skiriasi nuo tradicinių įpurškimo sistemų. Skiriasi tik degalų, t. y. dujų, benzino ar dyzelino, tiekimo traktai.

## 8.5. Kombinuotos įpurškimo sistemos

### Bendrosios žinios

Tobulinant variklį pastebėta, kad valdymo sistemas tikslinga stambinti. Imta naudoti didesnio pajėgumo mikroprocesorius, kuriuose sujungiamos kelios valdymo grandys. Tai pavadinimą „Motronic“ gavę blokai, valdantys uždegimo, įpurškimo sistemas ir su jomis susijusias pripūtimo, panaudotų dujų recirkuliacijos, benzino bako ventiliacijos, lambda reguliavimo ir kt. posistemas. Toks valdymo blokas koordinuoja visą automobilio funkcionavimą. Nuo to priklauso, kaip veikia variklis, pakaba, transmisija ir kt. Daugybė posistemų turi savo valdymo ir vykdymo įtaisus, kurie bendroje sistemoje ko-kybiškiau, su mažesnėmis sąnaudomis atlieka viso automobilio valdymą (galia, ekonomiškumas, ekologija, sauga, komfortas). Naudojama daug „Motronico“ sistemos modifikacijų (M1–M7), atsiranda naujų reguliavimo grandžių, tobulesnių, tiksliau valdomų modelių.

„Motronico“ sistemoms būdinga tai, kad valdoma pagal iš anksto paruoštą ir mikroprocesoriaus pastoviojoje atmintyje saugomą valdymo algoritmą. Mikroprocesorinė sistema, gavusi iš variklio veikimą stebinčių jutiklių signalą, daugeliu atvejų jau turi paruoštą valdymo signalą vykdymo įtaisui (jį reikia tik pasiimti iš duomenų matricos ir sustiprinti galios stiprintuve). Tai yra bazinė vertė. Norint didesnio valdymo tikslumo, ji koreguojama (tikslinama), atsižvelgiant į konkrečią variklio veikimo situaciją. Pavyzdžiui, purkštuvo veikimo trukmė užvedant variklį koreguojama pagal tikrąją variklio temperatūrą ir pan.

Panašiai atliekama valdymo sistemos komponentų diagnostika. Mikroprocesoriaus atmintyje saugomi visų įtaisų galimi ribiniai veikimo parametrai. Jie atliekant diagnostiką nuolat lyginami su realiais, gaunamais iš variklio. Jei pastebimas neatitikimas (pvz., įsiurbiamo oro temperatūra pasiekė 70 °C), vairuotojui perduodamas signalas apie gedimą (indikatoriaus lemputė, monitoriaus ekrane ar garso sintezatoriumi), kuris lygiagrečiai įrašomas į atmintį diagnostikams. Jei gedimas ne esminis, netrikdantis iš esmės automobilio veikimo, pereinama į avarinį režimą („šlubuok namo“) ir galima tęsti kelionę iki artimiausios techninės priežiūros stoties.

### 8.5.1. Įpurškimo sistema „M-Motronic“

Tai sistema su tradiciniu mechaniniu droselinės sklendės valdymu. Į ją integruotos benzino bako ventiliacijos, keičiamosios įsiurbimo trakto geometrijos, panaudotų dujų recirkuliacijos, papildomo oro pripūtimo į išmetimo traktą posistemės (8.9 pav.).

**Benzino bako ventiliacijos sistema** skirta apriboti benzino bake atsirandančių degalų garų patekimą į atmosferą. Jie akumuliuojami aktyvuotosios anglies absorberyje ir naudingai sudeginami varikliui veikiant. Degalų garai iš bako (32) sugeriami aktyvuotąja anglimi absorberyje (1). Dėl įsiurbimo trakto išretėjimo garai įsiurbiami drauge su tiekiamu oru ir sudeginami kameroje. Procesą valdo valdymo blokas (21), atidarinėjantis anglies prapūtimo oro vožtuvą (2) ir recirkuliacijos vožtuvą (3). Anglis šitaip regeneruojama ir būna pajėgi nuolat akumuliuoti degalų garus.

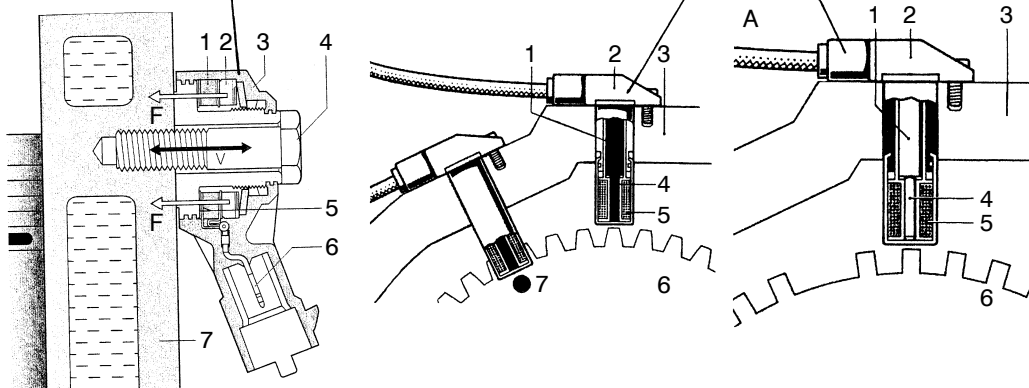
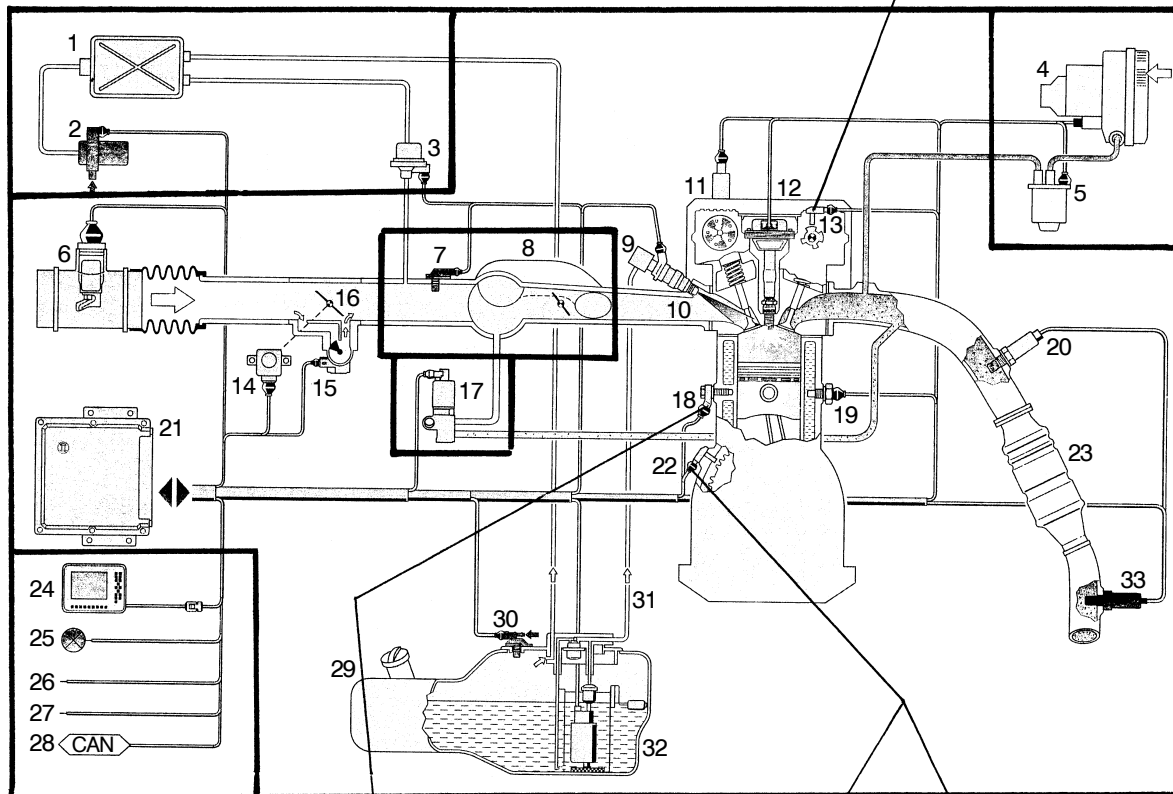
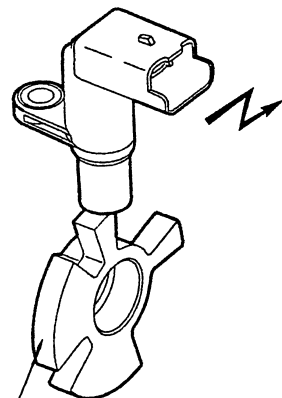
**Keičiamosios įsiurbimo trakto geometrijos sistema.** Keičiant įsiurbimo trakto geometriją, galima panaudoti degiojo mišinio sklidimo įsiurbimo vamzdzio ypatumus. Keičiant jo ilgį ar storį, galima gauti degiojo mišinio pripūtimo efektą, tam tikslui nenaudojant kompresoriaus. Vertinant variklio sūkius ir apkrovą, geometriją keičia valdymo blokas, pasukantis tam skirtas sklendes įsiurbimo vamzdyje (8). Tai didina degiojo mišinio įkrovos dydį cilindre, o kartu – variklio galią bei sukamąjį momentą.

**Panaudotų dujų recirkuliacijos sistema.** Variklio veikimas liesuoju degiuoju mišiniu didina temperatūrą degimo kameroje. Tai savo ruožtu didina azoto oksidų kiekį deginiuose. Kad variklis veiktų ekonomiškai, o kartu deginiuose sumažėtų azoto oksidų, dalis panaudotų dujų gražinama į degimo kamerą. Jei gražinamų dujų kiekis tiksliai pa-

8.9 pav. Įpurškimo sistemos „M-Motronic“ schema:

- 1 – anglinis absorberis; 2 – degalų bako hermetiškumo diagnostikos sistema;
- 3 – degalų garų recirkuliacijos vožtuvas; 4 – papildomo oro siurblys; 5 – papildomo oro vožtuvas; 6 – oro masės matuoklis su integruotu temperatūros jutikliu; 7 – slėgio įsiurbimo vamzdyje jutiklis; 8 – keičiamosios geometrijos įsiurbimo vamzdis; 9 – degalų rampa;
- 10 – purkštuvai; 11 – paskirstymo veleno fazių reguliatorius; 12 – uždegamoji žvakė su aukštosios įtampos rite; 13 – fazės jutiklis; 14 – potenciometrinis droselinės sklendės padėties jutiklis; 15 – tuščiosios eigos sūkių reguliatorius; 16 – droselinė sklendė;
- 17 – panaudotų dujų recirkuliacijos vožtuvas; 18 – detonacijos jutiklis; 19 – aušinamojo skysčio temperatūros jutiklis; 20 – lambda zondas (prieš katalitinį neutralizatorių);
- 21 – valdymo blokas; 22 – alkūninio veleno sūkių jutiklis; 23 – trikomponentis katalitinis neutralizatorius (galimas variantas su dviem – pagrindiniu ir pagalbinu – katalitinais neutralizatoriais); 24 – diagnostikos sistema; 25 – gedimų indikatorius lemputė;
- 26 – automobilio apsaugos sistemos valdymo sąsaja; 27 – transmisijos valdymo sąsaja (galimas variantas per CAN jungtį); 28 – CAN sistemos sąsaja; 29 – degalų bakas;
- 30 – degalų bako slėgio jutiklis; 31 – degalų tiekimo vamzdis; 32 – degalų tiekimo sistema, sudaryta iš siurblio, filtro ir slėgio reguliatoriaus; 33 – lambda zondas (už katalitinio neutralizatoriaus)

# M-MOTRONIC



8.9 pav. Įpurškimo sistemos „M-Motronic“ schema

sirenkamas ir reguliuojamas, variklio galia pernelyg nesumažėja, o kameros temperatūra krinta, sumažėja degalų sąnaudos (kai mišiniai liesesni). Neleistinai padidinus grąžinamų deginių kiekį, ilgėja degimo procesas, sutrinka uždegimo sistemos ir viso variklio darbas. Atskirais veikimo momentais naujojoje įkrovoje grąžinamų dujų kiekis gali siekti iki 30% (dalis senų deginių dėl vožtuvų veikimo ciklų sanklotos lieka kameroje). Recirkuliuojamų deginių kiekį vožtuvu (17) pagal variklio apkrovą ir sūkius reguliuoja valdymo blokas (21).

**Papildomo oro pripūtimo sistemà.** Paleidus variklį didėja nesudegusių angliavandenilių (CH) kiekis deginiuose. Jiems pakartotinai sudeginti į išmetimo vamzdį trumpai tiekama papildomo oro. Šis degimas pagreitina ir katalitinio neutralizatoriaus išilimą iki darbinės 300 °C temperatūros. Papildomai oro tiekia siurblys (4), jo darbą vožtuvu (5) valdo valdymo blokas (21).

**Ryšio sistemà.** „M-Motronico“ sistemoje gali būti automobilio ryšio valdiklis (CAN). Per sistemos sąsają palaikomas ryšys su kitomis elektroninėmis automobilio valdymo sistemomis (transmisijos, ABS ir kt. valdymo blokais).

## Komponentai

**Detonacinis jutiklis** (18). Jame naudojamas mechaniniams virpesiams jautrus pjezokristalas. Valdymo blokas analizuoja šio jutiklio signalo spektrą ir, jei jame aptinkama detonaciniam degimui charakteringų virpesių, uždegimo paskubos kampas keičiamas tol, kol virpesiai išnyksta. Paskubos kampas keičiamas tame cilindre, kuriame vyksta detonacinis degimas.

**Paskirstymo veleno fázės jutiklis** (13). Įvairiems variklio veikimo režimams keičiant paskirstymo veleno spindulinę padėtį alkūninio veleno atžvilgiu, galima naudingiau išnaudoti degalų energiją, t. y. padidinti sukamąjį momentą ir sumažinti deginių toksiškumą. Reguluojant paskirstymo veleno fazes, alkūninio veleno pasisukimas ir vožtuvų darbinė eiga nebūna stabilūs visame darbo diapazone, o kinta pagal variklio veikimo pobūdį.

**Alkūninio veleno padėtiės ir sūkių jutiklis** (22). Variklio reguliavimo sistemos valdomos pagal apkrovą ir sūkius. Tiksliausiai sūkliai matuojami nustatant juos pagal alkūninį veleną. Galimos kelios matavimo schemas.

Pirma, sūkliai ir padėčiai nustatyti išnaudojamas alkūninio veleno smagračio krumpliaratis. Tuomet reikalingi du induktyvieji jutikliai. Vienas iš jų užfiksuoja signalą nuo krumplių, o valdymo bloke pagal impulsų dažnį yra nustatomas alkūninio veleno sukimosi greitis. Kitas jutiklis nurodo alkūninio veleno padėtį pagal papildomą kaištį smagratyje ir formuoja vienetinį signalą kas 360°.

Antra, sūkliai ir padėčiai nustatyti naudojamas tam skirtas matavimo krumpliaratinis diskas, neturintis vieno krumplio. Vienas induktyviojo jutiklio suformuotas signalas turės informaciją apie alkūninio veleno sukimosi greitį ir padėtį.

## 8.5.2. Turbininio įpurškimo panaudotomis dujomis sistema „M-Motronic“

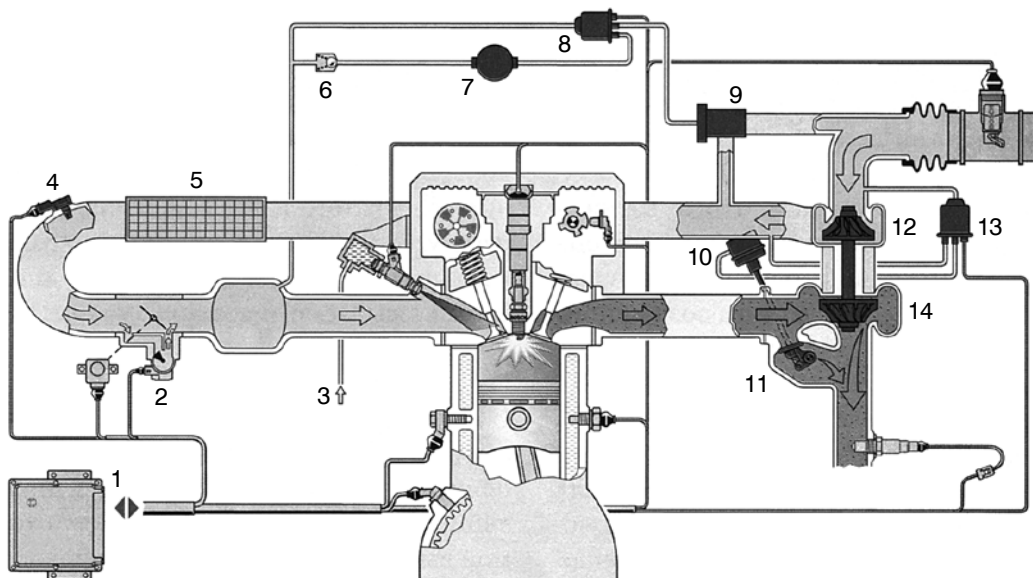
Priverstinis, didesniu negu atmosferiniu slėgiu degimo kameros užpildymas degiuoju mišiniu yra vienas iš būdų variklio galiai ir sukamajam momentui padidinti. Naudojami įvairūs pripūtimo būdai, kuriais degusis mišinys suslegiamas ir taip padidinama jo masė.

8.10 pav. pateiktas turbininis modelis, pripūtimui naudojantis dar likusią panaudotose dujose energiją (temperatūra, slėgis). Šis pripūtimo būdas plačiausiai taikomas praktikoje.

Turbokompresorius įmontuotas išmetimo kanale, jo turbiną (14) suka panaudotos dujos. Turbina suka kompresorių (12), kuris suslegia išsiurbiamą orą. Aušintuvas (5) sumažina slėgiant padidėjusią oro temperatūrą. Taip kompresoriumi ir aušintuvu padidinamas bendras degimo mišinio kiekis kameroje.

Tuo atveju, kada uždara droselinė sklendė (2), kompresoriui apsaugoti ir triukšmui sumažinti sumontuotas aplankos kanalas, kurio pralaidumą reguliuoja oro grąžinimo vožtuvas (9).

Pripūtimo slėgį, atsižvelgiant į variklio veikimo režimą, būtina reguliuoti. Pavyzdžiui, kai sūkia dideli ir iš variklio reikalaujama didelio sukimo momento, gausus išmetimo dujų srautas gali neleistinai padidinti turbinos sūkius ir taip perkrauti variklį. Tuo momentu pripūtimo slėgio reguliavimo vožtuvas (10), keisdamas apėjimo kanalo (11) pralaidumą, sumažina turbiną sukančių dujų srautą, sukimo greitį ir pripūtimo slėgį. Pneumatinis pripūtimo reguliavimo vožtuvas (10) yra valdomas elektromagnetiniu vožtuvu (13). Jį kintančios trukmės stačiakampės formos impulsais valdo valdymo blokas.



8.10 pav. Turbininio įpurškimo sistema „M-Motronic“:

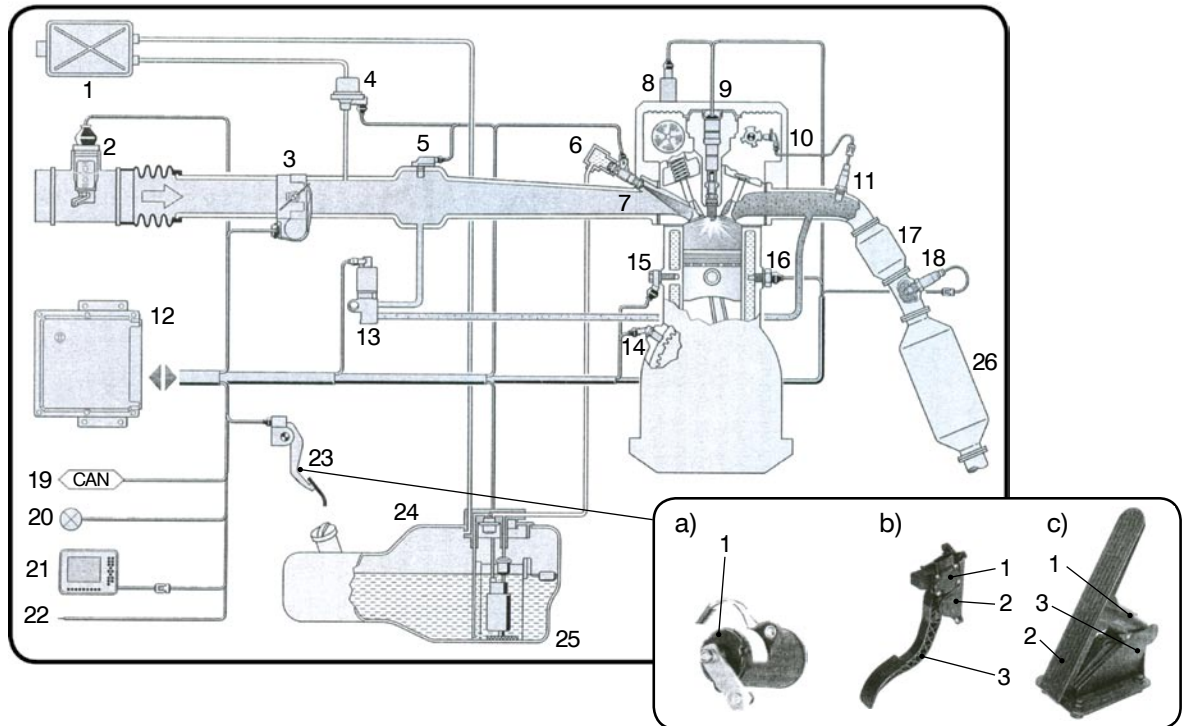
- 1 – variklio EVB; 2 – droselinė sklendė, jos padėties jutiklis ir tuščiosios eigos sūkių reguliatorius; 3 – degalai; 4 – pripūtimo slėgio ir temperatūros jutiklis; 5 – oro aušintuvas; 6 – atbulinis vožtuvas; 7 – vakuumo akumuliatorius; 8 – elektromagnetinis vožtuvas; 9 – oro grąžinimo vožtuvas; 10 – pripūtimo slėgio reguliavimo vožtuvas; 11 – apėjimo kanalas; 12 – kompresorius; 13 – elektromagnetinis vožtuvas; 14 – turbina



### 8.5.3. Įpurškimo sistema „ME-Motronic“

Joje atsisakyta mechaninio ryšio – pavaros tarp akceleratoriaus pedalo ir droselinės sklendės (8.11 pav.). Vairuotojas, nuspausdamas akceleratoriaus pedalą (23), akceleratoriaus padėties poslinkio jutikliu suformuoja analoginį signalą ir siunčia jį valdymo blokui (12) – taip lyg išreiškia savo pageidavimą. Valdymo bloke šis signalas analizuojamas ir generuojamas šiai situacijai tinkamas elektrinės droselinės sklendės (3) reguliavimo (atidaryti ar uždaryti) signalas tam, kad variklis išvystytų reikiamą sukamąjį momentą (patenkinėtų vairuotojo pageidavimą).

## ME-MOTRONIC



8.11 pav. Įpurškimo sistema „ME-Motronic“:

- 1 – anglinis absorberis; 2 – termoaniometrinio tipo oro masės ir temperatūros jutiklis;  
3 – elektroninė droselinė sklendė (EGAS); 4 – degalų garų recirkuliacijos vožtuvas;  
5 – slėgio įsiurbimo vamzdyje jutiklis; 6 – degalų rampa; 7 – purkštuvas; 8 – paskirstymo veleno fazių reguliatorius; 9 – uždegamoji žvakė su aukštosios įtampos rite; 10 – skirstymo veleno fazės jutiklis; 11 – lambda zondas (prieš pagrindinį katalitinį neutralizatorių); 12 – elektroninis valdymo blokas; 13 – panaudotų dujų neutralizacijos vožtuvas; 14 – alkūninio veleno sūkių jutiklis; 15 – detonacijos jutiklis; 16 – variklio temperatūros jutiklis; 17 – papildomas trikomponentis katalitinis neutralizatorius; 18 – lambda zondas (už neutralizatoriaus); 19 – CAN sąsaja; 20 – gedimų indikatorius; 21 – diagnostikos sistemos sąsaja; 22 – automobilio apsaugos sistemos valdymo sąsaja; 23 – akceleratoriaus sistema su padėties jutikliu; 24 – degalų bakas; 25 – degalų tiekimo sistema, sudaryta iš siurblio, filtro ir slėgio reguliatoriaus; 26 – pagrindinis trikomponentis katalitinis neutralizatorius

Variklio veikimo valdymas pagal reikalingą sukamąjį momentą yra išskirtinis „ME-Motronico“ bruožas. Šios sistemos įdiegimas atveria plačias galimybes toliau tobulinti automatinį automobilio greičio reguliavimą, traukos reguliavimo sistemą, antiblokavimo sistemą ir kt.

Naudojant elektroninį droselinės sklendės valdymą, reikalingas valdymo tikslumas ir patikimumas. Griežtai neleistinas savaiminis (vairuotojui nepageidaujant) automobilio greičio kitimas. Patikimumui padidinti valdymo blokas, be pagrindinio procesoriaus, turi papildomą. Abu procesoriai kontroliuoja vienas kitą.

**Panaudotų dujų neutralizavimas.** Deginių kenksmingumas „ME-Motronico“ sistemoje pašalinamas panašiai kaip ir „M-Motronico“ sistemoje. Gali būti naudojami du trikomponentiniai katalitiniai neutralizatoriai: pagrindinis (26) ir papildomas (17), du lambda zondai prieš katalizatorių (11) ir už katalizatoriaus (18), taip pat papildomas oro pripūtimas į išmetimo traktą, kad katalizatorius įkaistų greičiau.

**Akceleratoriaus pedalo poslinkio jutiklis (23).** Naudojami potenciometriniai arba Holo tipo poslinkio jutikliai (a konstrukcijoje – atskiras jutiklis; b, c – akceleratoriaus pedalo sistema) (8.11 pav.).

## 8.6. Įpurškimo sistema „MED-Motronic“

### **Benzininiai tiesioginio įpurškimo varikliai (GDI, *Gasoline direkt injektion*)**

#### **Bendrosios žinios**

Įpurškimo sistemos benziniuose ir dyzeliniuose varikliuose turi daug bendrų bruožų. Panašūs jų valdymo principai, naudojama analogiška įranga. Ypač tai pastebima akumuliatorinėje įpurškimo sistemoje. Iš pradžių ji naudota dyzeliniams varikliams, vėliau buvo pritaikyta benziniams tiesioginio įpurškimo varikliams. Jose naudojamas aukšto slėgio skirstymo vamzdis – akumuliatorius (bendra magistralė), kuriam degalus tiekia du tam skirti siurbliai. Dyzeliniuose varikliuose darbinis slėgis akumuliatoriuje sudaromas 1500–2000 bar, benziniuose – 50–150 bar. Tai pasiekama aukšto slėgio siurbliu, kuriam iš bako degalus tiekia žemo slėgio (1,5 bar) siurblys. Pastarojo konstrukcija ir veikimas panašūs kaip netiesioginio įpurškimo benzino siurblio. Žemo slėgio siurblys dažniausiai montuojamas degalų bake. Aukšto slėgio siurbliai būna plunžeriniai, sukamąjį judesį jie gauna nuo skirstymo veleno. Jų veikimo režimas gali būti dvejopas: arba nuolat tiekti degalus į bendrą magistralę ir akumuliatorių, nevertinant suvartojimo, arba tiekti degalus pagal suvartojimo poreikį.

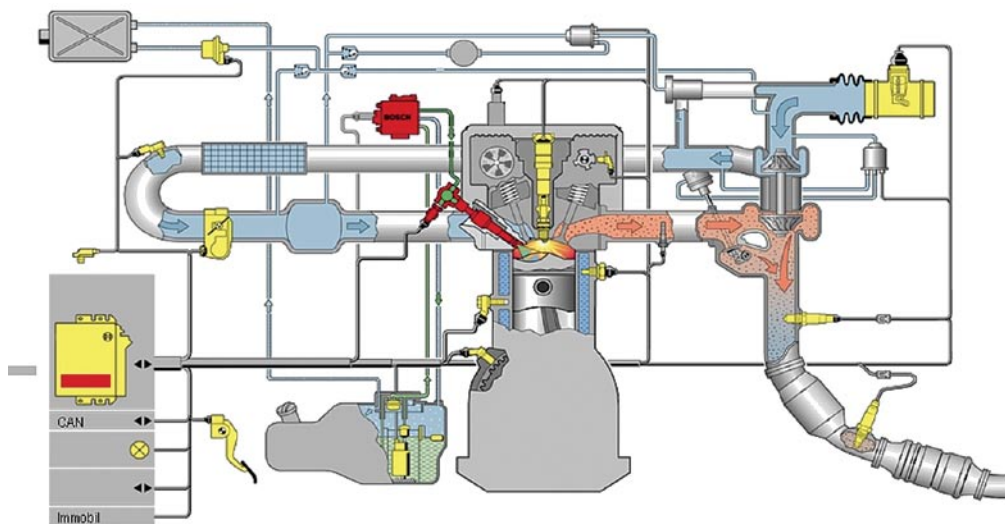
Akumuliatorinėms įpurškimo sistemoms būdinga:

1. Stabilus, nepriklausantis nuo variklio sūkių ir įpurškiamų degalų kiekio, slėgis skirstymo vamzdyje ir akumuliatoriuje.
2. Galimybė rinktis degalų slėgio dydį akumuliatoriuje (taip pat ir įpurškimo), taip lengviau prisitaikyti prie variklio veikimo sąlygų, ruošiant ir dozuojant degųjį mišinį.
3. Galimybė darbo ciklo metu atidaryti purkštuvus neribotą skaičių kartų (praktiškai naudojant iki 7 kartų per ciklą) ir purkšti degalus bet kuriuo momentu. Tai švelnina degimo

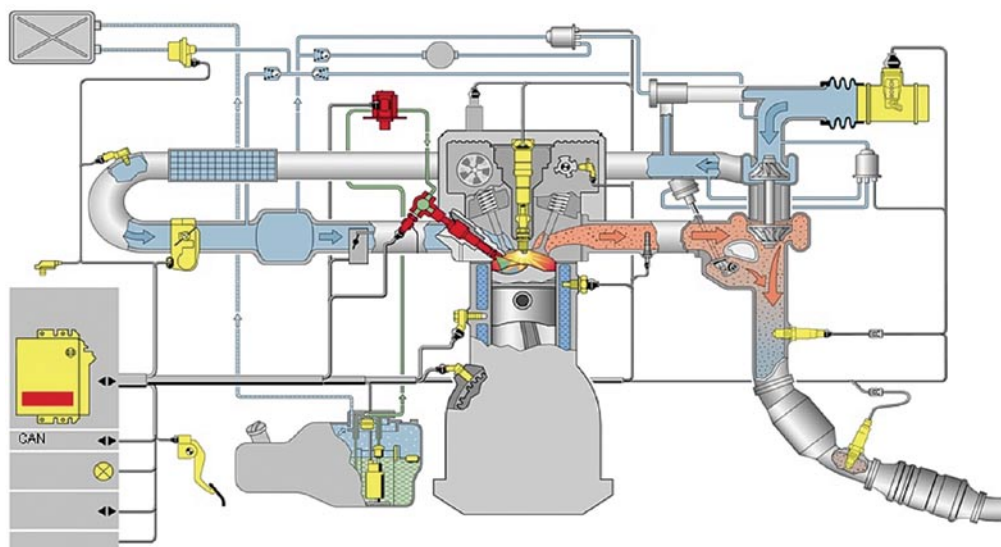
procesą, neiškyla sprogimo pavojus, sumažėja skleidžiamas triukšmas. Purkštuvo veikimas nėra siejamas su kitais įtaisais ir jų veikimo režimais (kumštelio profilis, sūčiai, veleno padėtis ir pan.). Įpurškiant dideliu slėgiu, kameroje susidaro garų pavidalo degalų debesis, jis greit ir gerai susimaišo su oru, nereikia papildomo laiko jiems garinti. Pateiktos (pav. 8.12; 8.13; 8.14) kelios tiesioginio įpurškimo schemos. Jose yra benzininių ir dyzelinių variklių maitinimo schemų komponentai.

Tiesioginis benzino įpurškimas maitinimo sistemose naudojamas seniai ir tik šių sistemų sudėtingumas stabdė platų panaudojimą. Pastaruoju metu išstobulinius elektroninį valdymą, vėl grįžtama prie atmetos ir užmirštos sistemos.

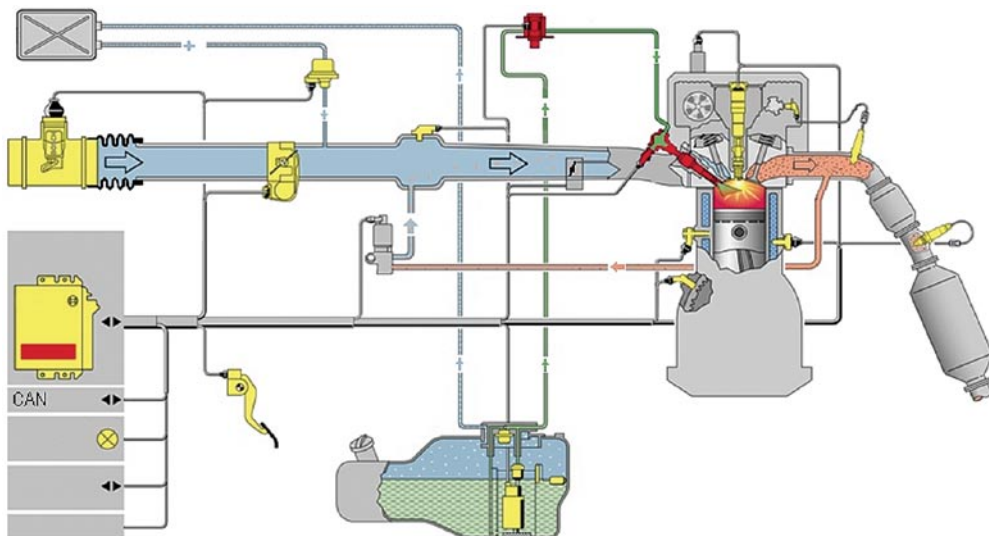
Tradicinėse benzino įpurškimo sistemose degusis mišinys paruošiamas įsiurbimo vamzdyje, įsiurbimo vožtuvo zonoje. Tiesioginio įpurškimo varikliuose degusis mišinys sumaišomas pačioje degimo kameroje. Benzinas ir oras tiekiami į degimo kamerą skirtin-



8.12 pav. Tiesioginis benzino įpurškimas MED



8.13 pav. Tiesioginis benzino įpurškimas MED



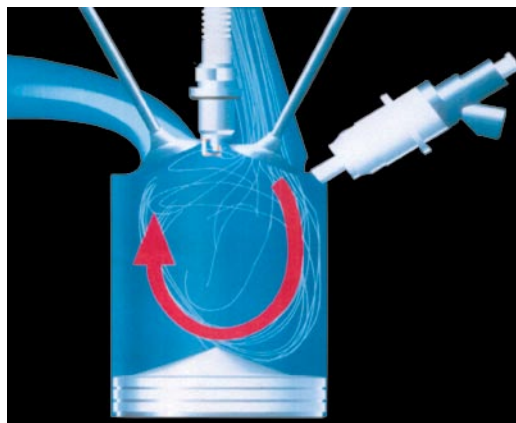
8.14 pav. Tiesioginis benzino įpurškimas MED

gais kanalais. Oras tiekiamas įsiurbimo vamzdžiu ir reguliuojamas droseline sklende, degalai – purkštuvais, reguliuojant jų atidarymo trukmę. Aukšto slėgio benzino siurblys pakelia slėgį iki darbinio dydžio. Purkštuvai degalus purškia vieną ar keliskart per įsiurbimo arba suslėgimo taktą.

Praktikoje naudojamos įvairių modifikacijų tiesioginio benzino įpurškimo schemas (8.12–8.14 pav.).

Kai reikalingas kokybiškas vienalytis mišinys, kad pakaktų laiko jam susidaryti, benzinas purškiamas suslėgimo takto pradžioje ar net jį įsiurbiant.

Varikliui veikiant su sluoksninio pobūdžio mišiniu, benzinas purškiamas suslėgimo pabaigoje ar net vykstant plėtimuisi. Dėl beveik vertikalios įsiurbimo trakto pasiekama, kad oro ir purškiamo benzino srautai iš pradžių nesusimaišytų (8.15 pav.). Oro ir benzino srautai pasiskirsto taip, kad uždegamosios žvakės zonoje susidaro pakankamai riebus degusis mišinys, pajėgus nuo kibirkšties užsidegti. Kameros pakraščiuose benzino būna labai mažai arba išvis nebūna. Esant tokiam degalų pasiskirstymui ir geram aušinimui kameroje, slegiami jie nėra linkę savaime užsidegti, t. y. detonuoti. Suslėgimo laipsnį galima didinti ir gauti aukštesnį variklio naudingo veikimo koeficientą. Šio tipo varikliai gali veikti, kai degalų ir oro santykis net 1:40, ir pagal ekonomiškumą priartėti prie dyzelinių variklių. Jų degalų suvartojimas, palyginti su tokios pat litrinės galios įpurškimo įsiurbimo vamzdžiu benziniais varikliais, mažesnis iki 20%. Šie varikliai mažiau teršia aplinką toksiškomis išmetamosiomis dujomis.

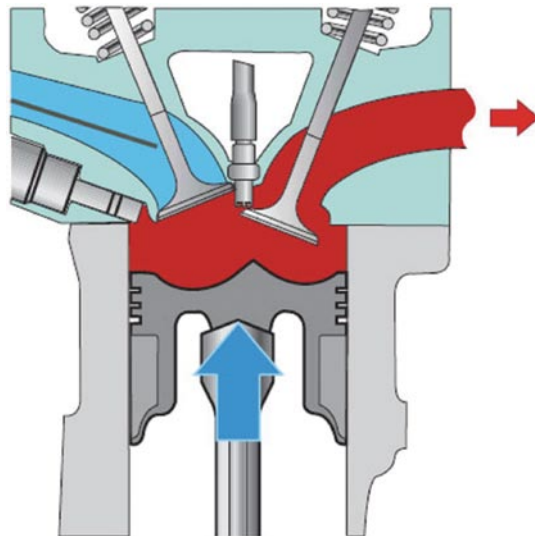


8.15 pav. Oro ir benzino srautai tiesioginio įpurškimo variklio degimo kameroje





8.16 pav. Tiesioginio benzino įpurškimo variklio stūmoklis



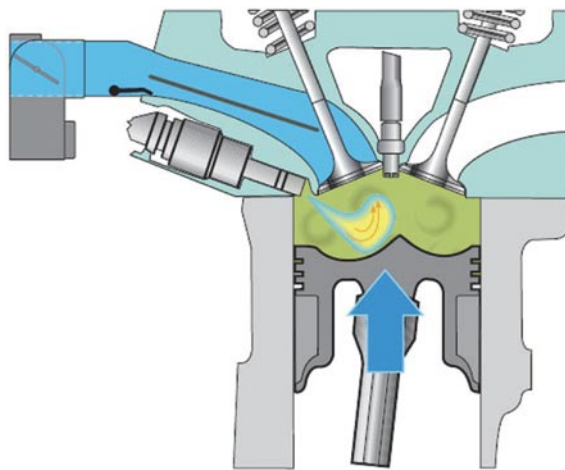
8.17 pav. Tiesioginio benzino įpurškimo variklio išmetimo ciklas. Įprastinis, nesiskiriantis nuo kitų variklių panaudotų dujų pašalinimas.

Šiems varikliams būdinga tai, kad ilgai veikiant liesesniais mišiniais, didėja azoto oksidų emisija. Todėl prireikia sudėtingesnio išmetimo trakto, toksiškų dujų kenksmingumo pašalinimo įrangos.

Tiksli oro srauto masė matuojama ultragarsiniu Karmano matuokliu.

8.18 pav. iliustruoja variklio veikimą, esant mažoms apkrovoms. Degalai purškiami koncentruotai suslėgimo takto pabaigoje. Įduba ir pakilimas stūmoklyje nukreipia degalų bangą uždegamosios žvakės link. Susidaro sluoksninis degusis mišinys – prie žvakės riebus, o toliau nuo jos – liesėjantis. Kai stūmoklis priartėja iki tinkamos paskubos kampo vertės ir kameroje pasiekiamas reikiamas suslėgimo laipsnis, žvakė, atsidūrusi beveik stūmoklio ilduboje, kibirkštimi įžiebia degimo židinį, o šis plinta į kameros periferiją. Šiuo režimu gaunamas didžiausias ekonominis efektas, galima dirbti labai liesos (1:30, 1:40) sudėties mišiniu.

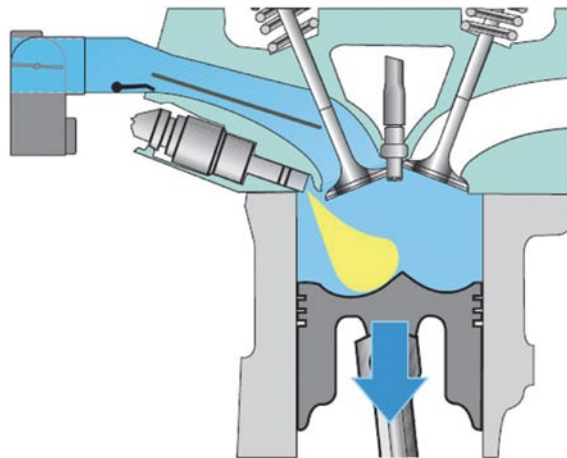
Nežymiai padidėjus variklio apkrovoms (8.19 pav.), nedidelis degalų kiekis plačiu kūgiu purškiamas stūmokliui slenkant žemyn. Stūmoklio forma daro menką įtaką purškiamiems degalams, bet intensy-



8.18 pav. Variklio veikimas labai liesu degiuoju mišiniu (esant nedidelėms apkrovoms)

viai sūkuriant orui susidaro kokybiškas degusis mišinys. Beveik vertikalus įsiurbimo kanalas ir šalto oro srautas gerai aušina ir užpildo kamerą. O spaudžiant liesąjį mišinį, detonacijos pavojus nekyla, todėl suspaudimo laipsnį galima didinti iki 12,5 vertės. Ekonominis efektyvumas priklauso tik nuo padidėjusio suslėgimo laipsnio.

Esant didžiausiosioms apkrovoms, reikalingas didesnis sukimo momentas, nes įveikiant pasipriešinimą sūčiai sumažėja ir jėgos reikia daug. Vykstant įsiurbimui įpurškiamas nedidelis degalų kiekis, kameroje susidaro vientisas liesasis (1:60) mišinys, kuris slėgiamas negali savaime užsiliepsnoti (8.19 pav.). Pagrindinė degalų dozė įpurškiama suslėgimo pabaigoje. Kameroje susidaro riebusis mišinys (1:12), kuris ir išvysto didelį sukimo momentą (8.18 pav.).



8.19 pav. Variklio veikimas padidėjus apkrovai (didinant greitį ar atsiradus didesniai pasipriešinimui)

## 8.7. Akumuliatorinė tiesioginio benzino įpurškimo sistema

Šia sistema (8.20 pav.) iš bako (26), kuriame yra žemo slėgio siurblys, filtras, slėgio reguliatorius, degalai 3–5 bar slėgiu tiekiami į aukšto slėgio siurblių (3). Šis degalus akumuliatoriuje (10) suslegia iki 50–120 bar. Aukšto slėgio jutikliu (9) matuojamas slėgis akumuliatoriuje, o reguliatorius jį palaiko, degalų perteklius grąžinamas į baką. Degalai aukšto slėgio purkštuvais (14) reikiamos trukmės impulsais ir darbo režimui tinkamu momentu purškiami tiesiai į degimo kamerą.

### Komponentai

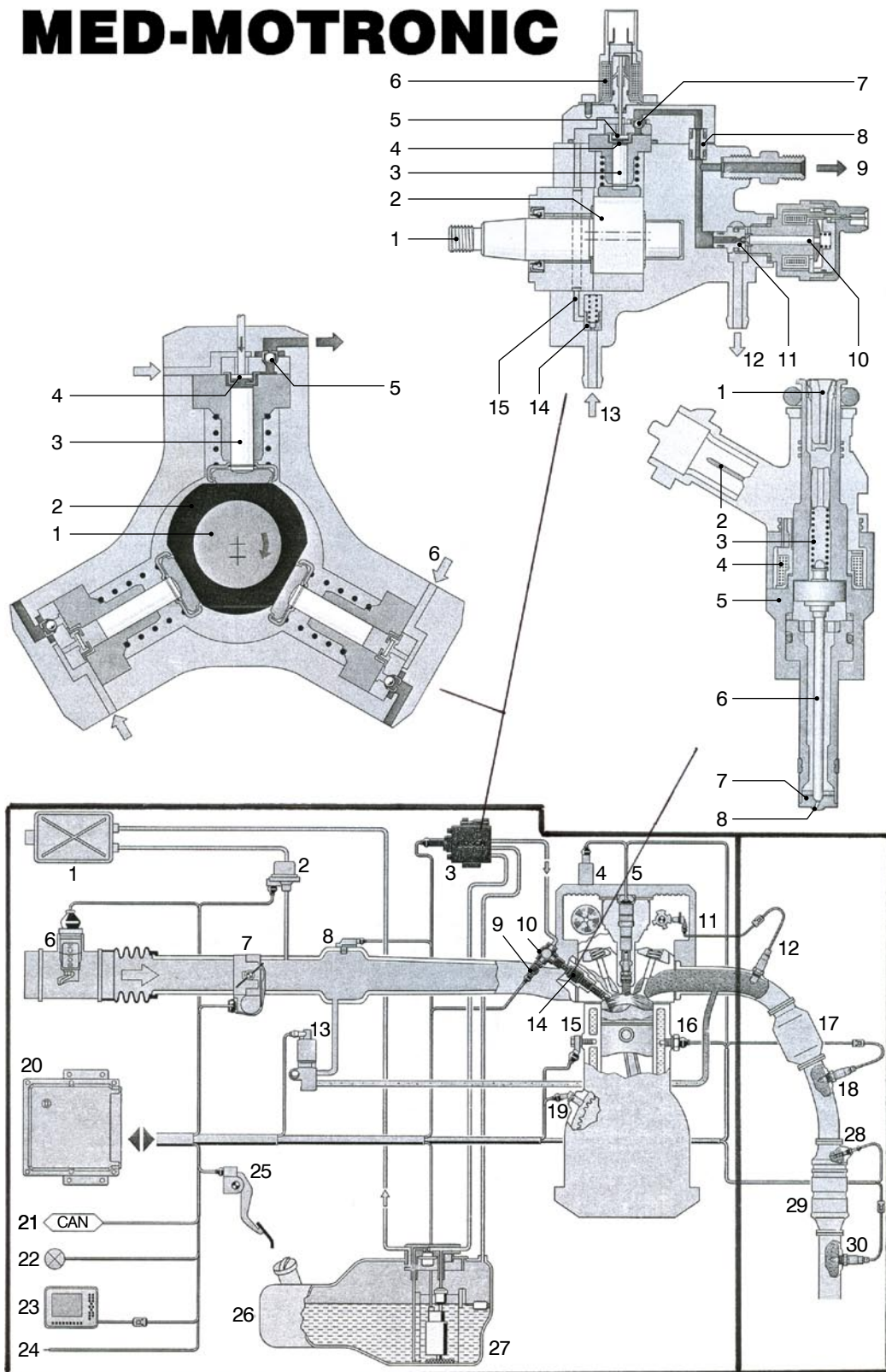
**Áukšto slėgio siurblys (3).** Firma „Bosch“ naudoja analogiškus aukšto slėgio siurblius kaip ir dyzeliniuose varikliuose „Common rail“ sistemoje. Tai vieno ar trijų plunžerių siurbliai su moduline konstrukcija. Slenkamąjį ar sukamąjį judesį jie gauna nuo skirstomojo veleno. Jis magistralėje palaiko pastovų, priklausantį nuo variklio apkrovos, degalų slėgį.

**Áukšto slėgio purkštūvas (14).** Elektromagnetinis purkštūvas tiekia degalus dozudamas. Tai yra tarpinis elementas tarp aukšto slėgio magistralės ir degimo kameros. Juo ir specifine stūmoklio galvute kameroje sudaromas vientisas ar sluoksniuotas degiojo mišinio debesis.

Tiesioginio įpurškimo purkštūvai, palyginti su purkštuvais įsiurbimo kolektoriuje, veikia sunkesnėmis sąlygomis. Tai aukštesnis įpurškimo slėgis ir temperatūra, mažesnė



# MED-MOTRONIC

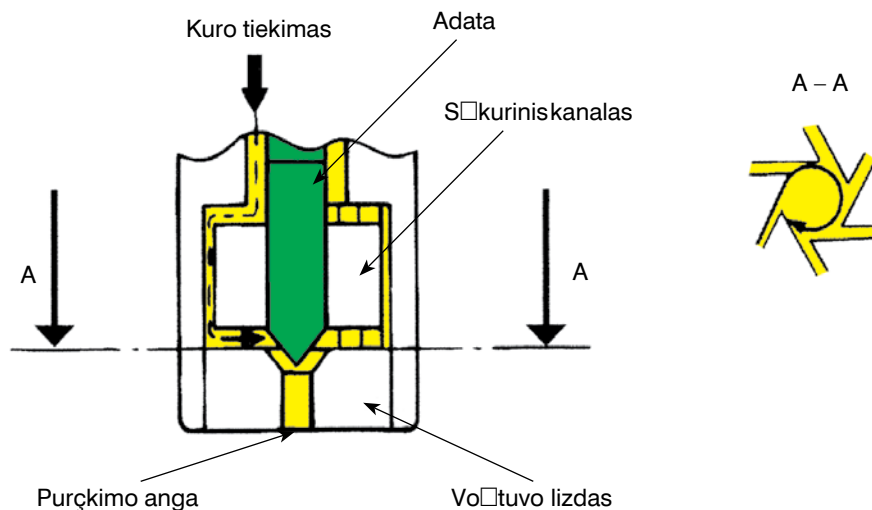


8.20 pav. Tiesioginio įpurškimo sistema „MED-Motronic“

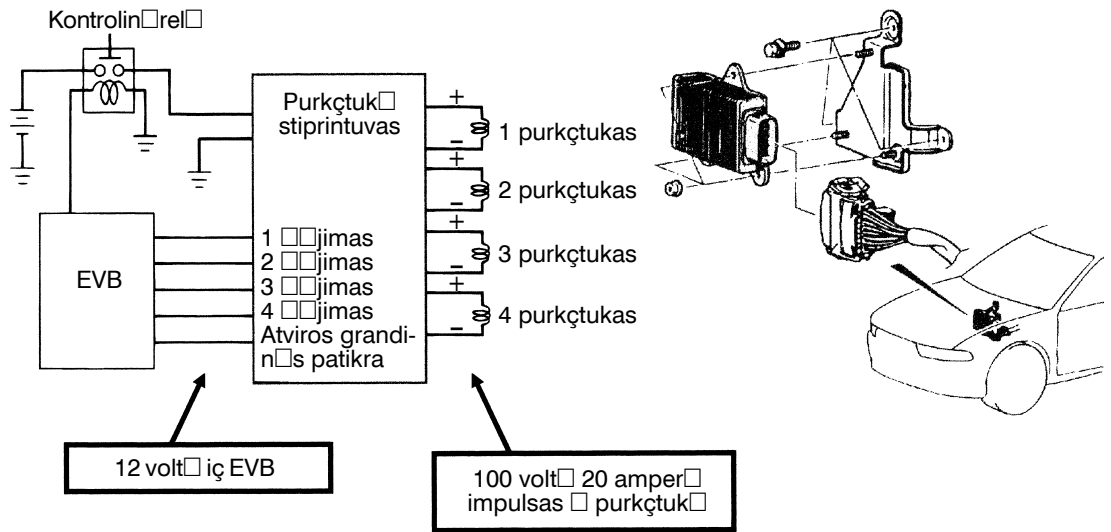
8.20 pav. Tiesioginio įpurškimo sistema „MED-Motronic“:

- 1 – anglinis absorberis; 2 – regeneravimo vožtuvas; 3 – HDP2 tipo aukšto slėgio siurblys su elektroniniu tiekiamų degalų kiekio reguliatoriumi; 4 – paskirstymo veleno fazės jutiklis; 5 – uždegimo sistemos galinės pakopos sistema (aukštosios įtampos ritė su žvake); 6 – plėvelinis termoaniometrinis įsiurbiamo oro masės matuoklis su integruotu temperatūros jutikliu; 7 – elektroninės droselinės sklendės sistema EGAS (su droselinės sklendės poslinkio padėties jutikliu); 8 – įsiurbimo kolektoriaus slėgio jutiklis; 9 – degalų slėgio jutiklis; 10 – aukšto slėgio degalų akumuliatorius; 11 – paskirstymo veleno fazės jutiklis; 12 – lambda zondas (prieš papildomą katalitinį neutralizatorių); 13 – panaudotų dujų recirkuliacijos vožtuvas; 14 – aukšto slėgio purkštuvai; 15 – detonacijos jutiklis; 16 – variklio temperatūros jutiklis; 17 – papildomas katalitinis neutralizatorius; 18 – lambda zondas už papildomo neutralizatoriaus; 19 – alkūninio veleno sūkių jutiklis; 20 – variklio valdymo blokas; 21 – CAN sistemos sąsaja; 22 – gedimų indikatorius; 23 – diagnostikos sąsaja; 24 – automobilio apsaugos sistemos valdymo sąsaja; 25 – akceleratoriaus pedalo sistema su padėties poslinkio jutikliu; 26 – degalų bakas; 27 – žemo slėgio degalų sistema (siurblys, filtras, slėgio reguliatorius); 28 – panaudotų dujų temperatūros jutiklis; 29 – pagrindinis katalitinis neutralizatorius su NOx kaupikliu; 30 – lambda zondas (už pagrindinio neutralizatoriaus)

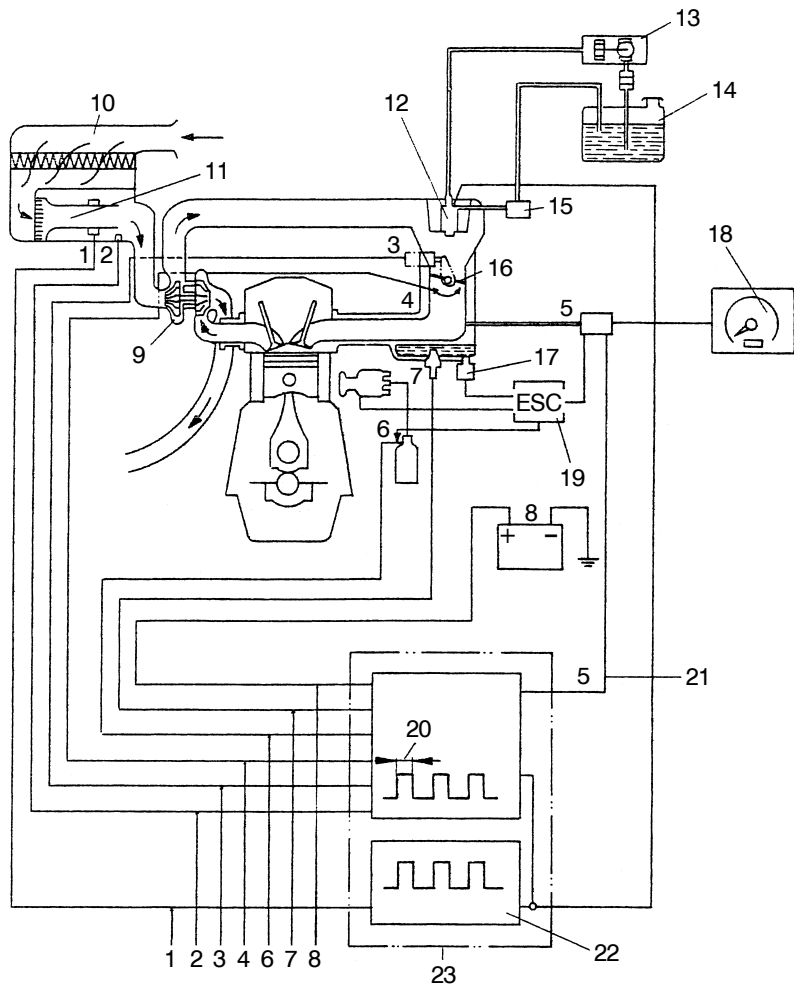
purškimo trukmė, agresyvesnis deginių poveikis. Valdymo blokas, nustatęs įpurškimo trukmę ir suformavęs signalą, perduoda jį į purkštuvų valdymo galios pakopą, kur generuojamas 50–100 V vykdymo impulsas purkštuvui atsidaryti, t. y. jo elektromagnetui paveikti. Aukštoji įtampa pagreitina purkštuvo atsidarymą ir įpurkštų degalų kiekis mažiau priklauso nuo purkštuvo atsidarymo ir užsidarymo trukmių. Atsidarius purkštuvui, maitinimo įtampa sumažinama iki minimalios 7 V ribos, reikalingos palaikyti atviram purkštuvui.



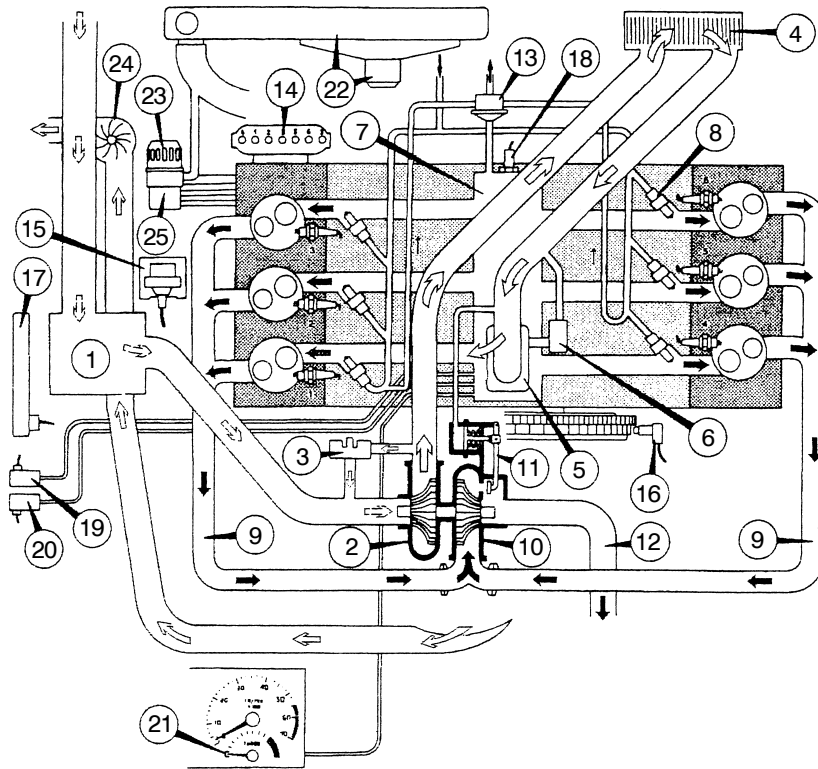
8.21 pav. Aukšto slėgio purkštuko konstrukcija



8.22 pav. Purkštukų valdymo bloko galinė pakopa. Joje 12 V pakeičiama 100 V 20 A impulsu



8.23 pav. Benzino įpurškimo sistema ECI. Automobiliai „Mitsubishi“



8.24 pav. Benzino įpurškimo sistema „Renix“. Automobiliai „Renault“:

- 1 – oro filtras; 2 – kompresorius; 3 – oro grąžinimo vožtuvas; 4 – įsiurbiamo oro aušintuvas;  
 5 – droselinės sklendės sistema; 6 – elektromagnetinis tuščiosios eigos sūkių reguliavimo vožtuvas; 7 – įsiurbimo kolektorius; 8 – purkštuvas; 9 – išmetimo kolektorius; 10 – turbina;  
 11 – pripūtimo slėgio reguliatorius; 12 – išmetimo vamzdis; 13 – degalų slėgio reguliatorius;  
 14 – elektroninis aukštosios įtampos skirstytuvas; 15 – aukštosios įtampos ritė ir uždegimo sistema; 16 – alkūninio veleno sūkių ir padėties jutiklis; 17 – uždegimo ir įpurškimo valdymo sistema „Motronic“; 18 – detonacijos jutiklis; 19 – pripūtimo slėgio jutiklis;  
 20 – avarinis didžiausiojo pripūtimo jungiklis; 21 – pripūtimo slėgio rodiklis (indikatorius);  
 22 – aušinimo radiatorius su ventiliatoriumi; 23 – tepalo filtras; 24 – karšto oro ventiliatorius;  
 25 – tepalo ir oro aušintuvas

8.23 pav. Benzino įpurškimo sistema ECI. Automobiliai „Mitsubishi“

(angl. *Electronic control of injection* – elektroninis įpurškimas):

- 1 – ultragarsinio Karmano oro masės matuoklio impulsai; 2 – įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis; 3 – tuščiosios eigos jutiklis; 4 – droselinės sklendės padėties jutiklis; 5 – pripūtimo slėgio jutiklis; 6 – alkūninio veleno sūkių jutiklis; 7 – aušinamojo skysčio temperatūros jutiklis;  
 8 – akumuliatoriaus įtampa; 9 – turbokompresorius; 10 – oro filtras; 11 – Karmano oro masės matuoklis; 12 – purkštuvai; 13 – degalų siurblys; 14 – degalų bakas; 15 – degalų slėgio reguliavimo vožtuvai; 16 – droselinė sklendė; 17 – detonacijos jutiklis; 18 – pripūtimo slėgio rodiklis (indikatorius); 19 – elektroninė uždegimo sistema ESC; 20 – analoginis skaitmeninis keitiklis (impulsų formuotuvai); 21 – pripūtimo slėgis; 22 – impulsų formuotuvai;  
 23 – mikroprocesorius

## **PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE**

1. Išvardykite degalų įpurškimo sistemos privalumus.
2. Išvardykite maitinimo sistemos elementus, kurie pasikartoja visose įpurškimo sistemose.
3. Išvardykite maitinimo sistemos elementus, būdingus tik pasirinktai įpurškimo sistemai (K, KE, D, „L-Jetronic“, „Mono“, M, ME, „MED-Motronic“).
4. Išvardykite perspektyviausias įpurškimo sistemas. Pagrįskite tai.
5. Palyginkite benzininio ir dyzelinio variklių maitinimo sistemas. Raskite panašumų ir skirtumų. Pagrįskite tai.
6. Išvardykite pateiktos automobilio „Mitsubishi“ maitinimo schemos elementus (8.23 pav.). Nurodykite jų paskirtį. Radę jums nežinomą elementą, patikslinkite jo pavadinimą pagal pateiktą sąrašą.
7. Išvardykite pateiktos automobilio „Renault“ maitinimo schemos elementus (8.24 pav.). Nurodykite jų paskirtį. Radę jums nežinomą elementą, patikslinkite jo pavadinimą pagal pateiktą sąrašą.



# 9. DYZELINIŲ VARIKLIŲ ELEKTRONINIS VALDYMAS

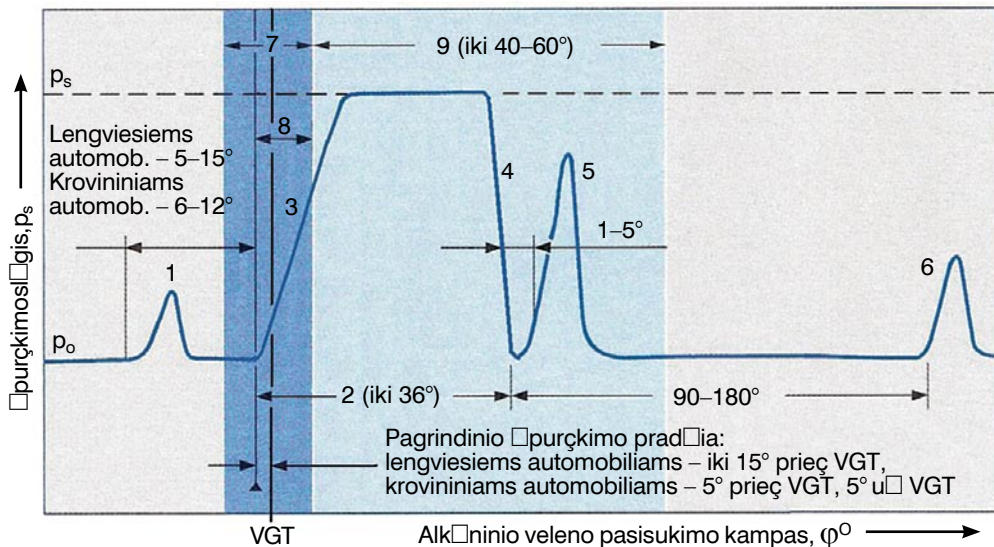
## 9.1. Skirstomųjų didelio slėgio degalų siurblių valdymas

### 9.1.1. Dizelinių variklių maitinimo sistemų tipai ir ypatumai

Dyzeliniams varikliams keliami vis didesni reikalavimai – dėl išmetamųjų dujų kiekio, keliamo triukšmo, degalų sąnaudų. Mechanškai valdomi variklių didelio slėgio degalų siurbliai taip pat turi atitikti naujus standartus, todėl juose įdiegiamos elektronikos valdomos dyzelių maitinimo sistemos. 9.1 lentelėje pateikti pagrindinių dyzelių variklių maitinimo sistemų tipai ir konstrukcijos ypatumai.

Degalų tiekimo (įpurškimo) sistema turi daugiausia įtakos darbinio mišinio paruošimo kokybei. Tai lemia lyginamąsias degalų sąnaudas, variklio galingumą, išmetamųjų dujų sudėtį, keliamą triukšmą. Darbinio mišinio paruošimui turi įtakos degalų įpurškimo pradžios momentas (įpurškimo paskuba), įpurškimo eiga (įpurškimų kiekis ir trukmė), įpurškimo slėgis, įpurškimo kryptis, kiekis ir kokybė.

Tradicinės dyzelių maitinimo sistemos turi tik vieną – pagrindinę – degalų įpurškimo fazę, įpurškiant neišlaikomas pastovus degalų slėgis ir įpurškimo kokybę. Pritaikius elektroninį sistemos valdymą, galima atlikti ir išankstinį bei papildomus degalų įpurškimus, išlaikyti optimalų įpurškimo slėgį (9.1 pav.).



9.1 pav. Degalų įpurškimo dyzeliniame variklyje eiga (maitinimo sistema „Common Rail“):  
1 – išankstinis įpurškimas; 2 – pagrindinis įpurškimas; 3 – intensyvus slėgio augimas;  
4 – staigus slėgio kritimas; 5 – ankstyvas papildomas įpurškimas; 6 – vėlyvas papildomas įpurškimas; 7 – iš anksto įpurškto degalų kiekio degimo trukmė; 8 – pagrindinio įpurškto degalų kiekio užsiliepsnojimo gaišaties periodas; 9 – pagrindinio įpurškto degalų kiekio degimo trukmė;  $p_s$  – įpurškimo slėgis;  $p_0$  – purkštuko atsidarymo slėgis

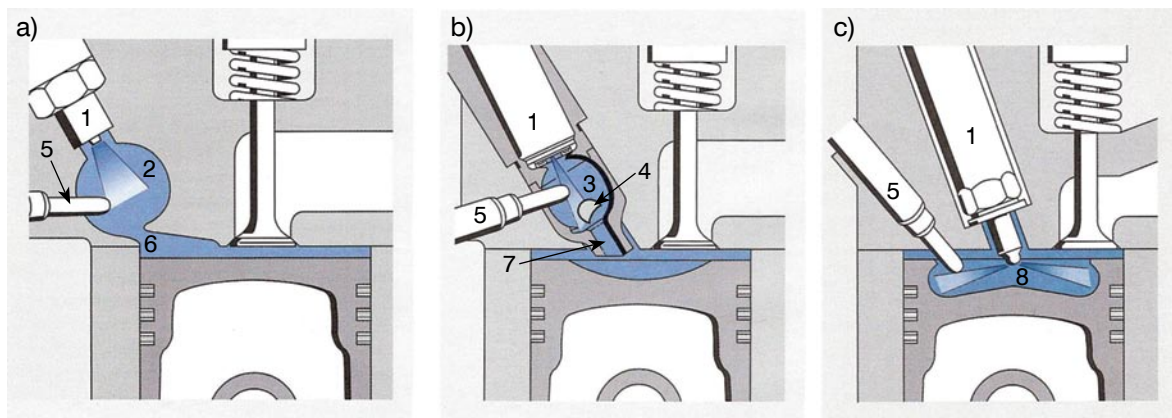


9.1 lentelė. Dyzelinių variklių maitinimo sistemų charakteristikos (firma „Bosch“)

Įpurškimo sistema	Naudojimas	Įpurškimo parametrai			Reguliuojamas	Variklio parametrai			
		Didžiausioji ciklinė degalų porcija, mm <sup>3</sup>	Didžiausias įpurškimo slėgis, bar	PI – išankstinis įpurškimas; PO – papildomas įpurškimas		DI – tiesioginis degalų įpurškimas; IDI – įpurškimas į papildomą degimo kamerą	Cilindrų skaičius	Didžiausieji alkūninio veleno sukčiai, stūk./min.	Didžiausioji cilindro galia, kW
<b>Sekciniai didelio slėgio degalų siurbliai</b>									
M	P, O	60	550	-	m, em	IDI	4...6	5000	20
A	O	120	750	-	m	DI/IDI	2...12	2800	27
MW	P, N, O	150	1100	-	m	DI	4...8	2600	36
P3000	N, O	250	950	-	m, em	DI	4...12	2600	45
P7100	N, O	250	1200	-	m, em	DI	4...12	2500	55
P8000	N, O	250	1300	-	m, em	DI	6...12	2500	55
P8500	N, O	250	1300	-	m, em	DI	4...12	2500	55
H1	N	240	1300	-	em	DI	6...8	2400	55
H1000	N	250	1350	-	em	DI	5...8	2200	70
P10	S, O	800	1200	-	m, em, h	DI/IDI	6...12	2400	140
ZW(M)	S, O	900	950	-	m, em, h	DI/IDI	4...12	2400	160
P9	S, O	1200	1200	-	m, em, h	DI/IDI	6...12	2000	180
CW	S, O	1500	1000	-	m, em, h	DI/IDI	6...10	1800	200
<b>Skirstomojo tipo didelio slėgio degalų siurbliai su ašiniais plunžeriais</b>									
VE..F	P	70	350	-	m	IDI	3...6	4800	25
VE..F	P	70	1250	-	m	DI	4...6	4400	25
VE..F	N, O	125	800	-	m	DI	4, 6	3800	30
VP37 (VE..EDC)	P	70	1250	-	em	DI	3...6	4400	25
VP37 (VE..EDC)	O	125	800	-	em	DI	4, 6	3800	30
VP30 (VE..MV)	P	70	1400	PI	Mv	DI	4...6	4500	25
VP30 (VE..MV)	O	125	800	PI	Mv	DI	4, 6	2600	30
<b>Skirstomojo tipo didelio slėgio degalų siurbliai su spinduliniais plunžeriais</b>									
VP44 (VR)	P	85	1950	PI	Mv	DI	4, 6	4500	25
VP44 (VR)	N	175	1500	-	Mv <sup>41</sup>	DI	4, 6	3300	50
<b>Didelio slėgio degalų siurbliai su purkštuvais</b>									
UIS P1	P	60	2050	PI	Mv	DI	5	4800	25
UIS 30	N	160	1600	-	Mv	DI	8	4000	35
UIS 31	N	300	1600	-	Mv	DI	8	2400	75
UIS 32	N	400	1800	-	Mv	DI	8	2400	80
<b>Individualūs didelio slėgio degalų siurbliai-purkštuvai su vamzdeliais</b>									
PF(R)	O	13...120	450...1150	-	m, em	DI/IDI	bet koks	4000	30
PF(R) didelių matmenų	P, N, O, S	150...18000	800...1500	-	m, em	DI/IDI	bet koks	2000	1000
UPS 12	N	180	1600	-	Mv	DI	8	2400	35
UPS 20	N	250	1800	-	Mv	DI	8	3000	80
UPS (PF..MV)	S	3000	1600	-	Mv	DI	6...20	1000	450
<b>Akumuliatorinės sistemos „Common Rail“</b>									
CR 1- kartos	P	100	1350	PI,PO	Mv	DI	3...8	4800	30
CR 2- kartos	P	100	1600	PI,PO	Mv	DI	3...8	5200	30
CR	N, S	400	1400	PI,PO	Mv	DI	6...16	2800	200

Išankstinis įpurškimas sutrumpina pagrindinio degalų kiekio užsiliepsnojimo gaisaties periodą ir slėgio priaugis degimo pradžioje nėra labai intensyvus. Tai sumažina variklio triukšmą, degalų sąnaudas, NO<sub>x</sub> ir CH kiekį išmetamosiose dujose. Papildomas ankstyvas įpurškimas įvyksta dar degant pagrindiniam darbiniam mišiniui, todėl papildomai sudegina suodžių dalelių ir sumažina jų emisiją. Papildomas vėlyvas įpurškimas vyksta darbo eigos pabaigoje arba per išmetimo taktą ir išmetamosiose dujose atsiranda tiksliai dozuotas degalų kiekis, kuris ne sudega, o išgaruoja. Degalų garai kartu su deginiais patenka į NO<sub>x</sub> neutralizatorių ir paskatina šių oksidų neutralizaciją. Vėlyvas papildomas įpurškimas gali palaikyti aukštą deginių temperatūrą, o tai reikalinga suodžių filtro regeneracijai.

Dyzelinuose varikliuose su padalytomis degimo kameromis pakanka mažesnio įpurškimo slėgio (iki 450 bar) (9.2 pav., a, b), nes vyksta intensyvus oro sukuriavimas. Įpurškiant degalus tiesiogiai į degimo kamerą (9.2 pav., c), reikalingas 800–1400 bar slėgis. Išgaunant didesnę įpurškimo slėgį (iki 2500 bar lengvuosiuose ir iki 1800 bar kroviniuose automobiliuose), pagerinama degimo kokybė, sumažinamas dūmingumas.



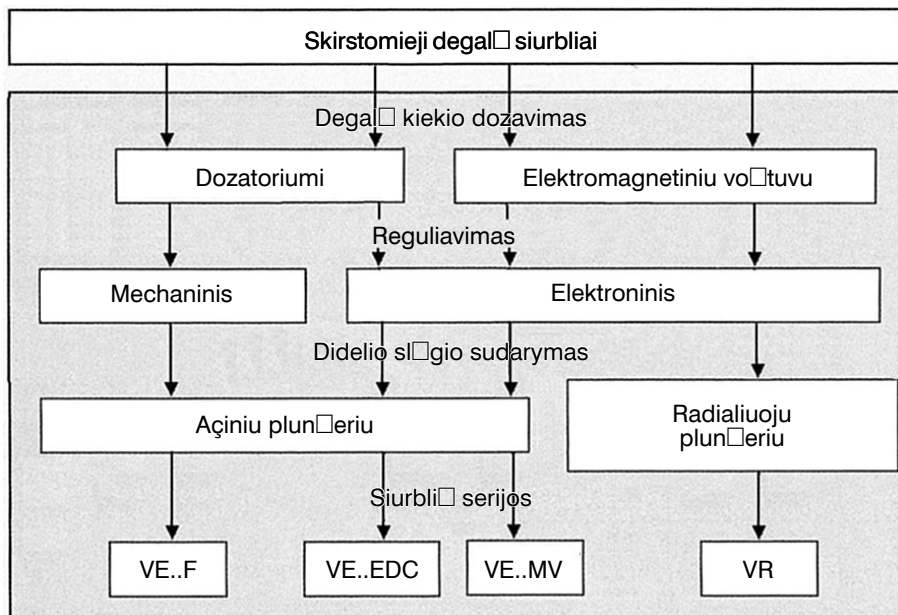
9.2 pav. Dyzelinio variklio degiojo mišinio įpurškimo būdai:

a – įpurškimas į sukurinę kamerą; b – įpurškimas į prieškamerę; c – tiesioginis įpurškimas į degimo kamerą stūmoklio dugne; 1 – purkštuvus; 2 – sukurinė kamera; 3 – prieškamerė; 4 – nukreipiamasis paviršius; 5 – kaitinamoji žvakė; 6 – tangentiškai nukreiptas jungiamasis kanalas; 7 – jungiamasis kanalas; 8 – W formos išpjova cilindre

### 9.1.2. Didelio slėgio degalų siurblys su ašiniu plunžeriu

Lengvuosiuose ir mažo krovimo komerciniuose automobiliuose naudojama daug įvairių skirstomųjų didelio slėgio degalų siurblių (9.3 pav.).

Skirstomuosiuose siurbliuose didelis dyzelinų degalų slėgis gali būti sudaromas dviem būdais: ašiniu plunžerio judesiu arba spindulinių plunžerių judesiais. Besisukantis centrinis skirstomasis plunžeris atidaro ir uždaro skirstymo skyles ir iš skirstymo kanalo suslėgti degalai reikiamu momentu tiekiami į atskirus purkštuvus.

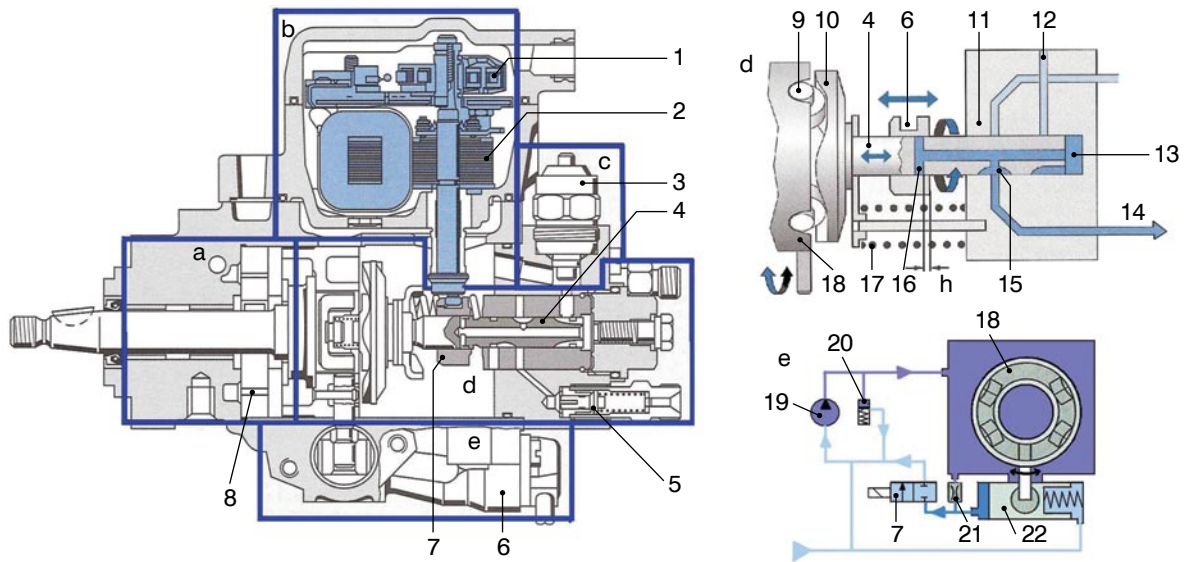


9.3 pav. Skirstomųjų didelio slėgio degalų siurblių įvairovė

### Elektroninis skirstomasis degalų siurblys

Didelio slėgio degalų siurblyje su ašiniu plunžeriu (4) (9.4 pav.) įpurškiamų degalų kiekis dozuojamas dozatoriumi (6), kuris valdomas mechaniškai (serija „Bosch“ VE..F) arba elektroniniu reguliatoriumi (2) (serija VE..EDC). Mechaninis išcentrinis reguliatorius mechaniškai sujungtas su akceleratoriaus pedalu ir pagal tai, kokia akceleratoriaus padėtis, variklio sūkių, oro pripūtimo slėgis, reguliuoja dozatoriaus padėtį. Kai reguliavimas elektroninis, dozatoriaus padėtis valdoma elektromagnetiniu dozatoriaus valdymo mechanizmu (b) pagal iš EVB gaunamus valdymo signalus. Dozatorių stumiant degalų tiekimo kryptimi, plunžerio praleidimo kanalas (16) išlaikomas uždarytas, kai plunžerio eiga (aktyvi eiga h) didesnė ir į purkštuvus tiekiamas didesnis degalų kiekis. Dozatorių pastūmus prieš degalų suspaudimo plunžeriu kryptį, aktyvi plunžerio eiga sumažėja, praleidimo kanalas atsidaro anksčiau ir įpurškiamas mažesnis degalų kiekis.

Įpurškimo momentas reguliuojamas pasukant žiedą su ritinėliais (18), per kuriuos rieda kartu su plunžeriu besisukantis kumštelinis diskas (10). Ritinėlių žiedą pasukus pagal plunžerio sukimosi kryptį, plunžerio suspaudimo eiga prasideda vėliau, pasukus prieš – anksčiau, o įpurškimas yra vėlinamas arba ankstinamas. Ritinėlių žiedą valdo įpurškimo momento nustatymo stūmoklis (22). Kai reguliavimas mechaninis, stūmoklį valdo degalų slėgis, esantis siurblio viduje. Didėjant siurblio (variklio) sūkiams, degalų tiekimo siurblys sukuria didesnę slėgį, o šis, nugalėdamas spyruoklės pasipriešinimą, pastumia įpurškimo momento nustatymo stūmoklį ir paankstina įpurškimą. Elektroninis įpurškimo momentas valdomas ir įpurškimo momento nustatymo stūmokliu. Dyzeliniai degalai iš siurblio pro drošelį (21) patenka į stūmoklio darbinį cilindrą, kur jo slėgį moduliuoja įpurškimo mo-



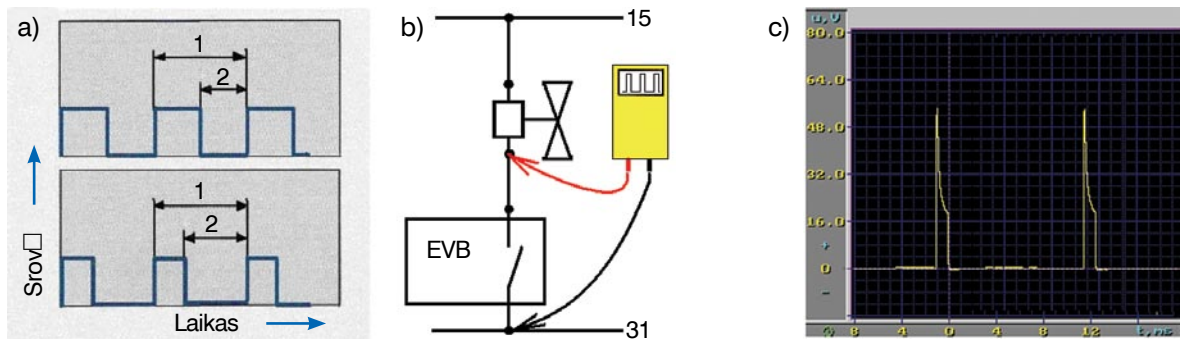
9.4 pav. Elektroninis skirstomasis degalų siurblys su ašiniu plunžeriu ir dozatoriumi (serija „Bosch“ VE..EDC):

- a – degalų tiekimo siurblys; b – degalų kiekio dozavimo mechanizmas;  
 c – degalų tiekimo nutraukimo vožtuvas; d – didelio slėgio degalų siurblys-skirstytuvas;  
 e – įpurškimo momento reguliatorius; 1 – dozatoriaus eigos potenciometas su temperatūros jutikliu; 2 – elektromagnetinis pasukamas dozatoriaus valdymo mechanizmas;  
 3 – elektromagnetinis degalų tiekimo nutraukimo vožtuvas; 4 – skirstomasis plunžeris;  
 5 – slėgio vožtuvas; 6 – dozatorius; 7 – įpurškimo momento reguliatoriaus elektromagnetinis vožtuvas; 8 – plokštelinis degalų tiekimo siurblys su slėgio reguliavimo vožtuvu;  
 9 – ritinėlis; 10 – kumštelinis diskas; 11 – skirstytuvo korpusas; 12 – degalų tiekimo kanalas;  
 13 – didelio slėgio kamera; 14 – degalų tiekimas į purkštuvą; 15 – plunžerio skirstymo kanalas; 16 – plunžerio praleidimo kanalas; 17 – plunžerio grąžinimo spyruoklė;  
 18 – ritinėlių žiedas; 19 – degalų tiekimo siurblys; 20 – slėgio reguliavimo vožtuvas;  
 21 – droselis; 22 – įpurškimo momento nustatymo stūmoklis;  
 h – aktyvi skirstomojo plunžerio eiga

mento reguliatoriaus elektromagnetinis vožtuvas (7) pagal valdymo signalus iš EVB. Esant ilgiau atidarytam elektromagnetiniam vožtuvui, slėgis sumažėja ir stūmoklis pasislenka, pasukdamas ritininį žiedą įpurškimo vėlinimo kryptimi. Visiškai uždarius vožtuvą, padidėja slėgis į įpurškimo momento nustatymo stūmoklį ir įpurškimas paankstinamas.

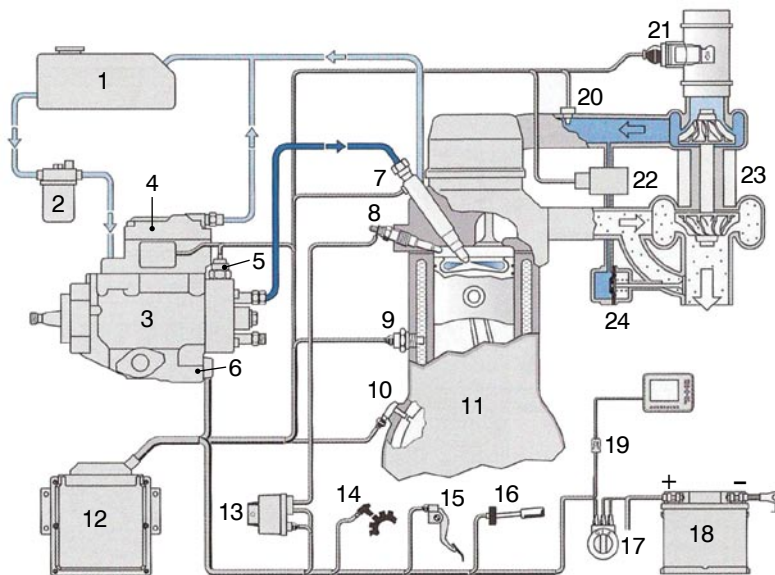
Degalų kiekio ir įpurškimo momento valdymo kontūrų elektromagnetiniai vykdymo mechanizmai valdomi elektros srove. Prireikus nuosekliai keisti elektromagneto jėgą arba atidarinėti vožtuvą, EVB įjungia arba išjungia srovės tiekimą elektromagnetui. Srovės stipris valdomas keičiant įjungtos ir išjungtos padėčių trukmės santykį (9.5 pav.). Šis valdymo būdas vadinamas impulsų pločio moduliacija. Įjungtos padėties trukmės (2) dalis visoje periodo (1) trukmėje vadinama kintamuoju impulso užpildos koeficientu ir matuojama procentais. Impulsų periodas išlieka pastovus, tik moduluojamas impulsų laikas. Valdymo blokas skirtingoms laiko trukmėms elektromagneto neigiamąjį gnybtą sujungia su mase.





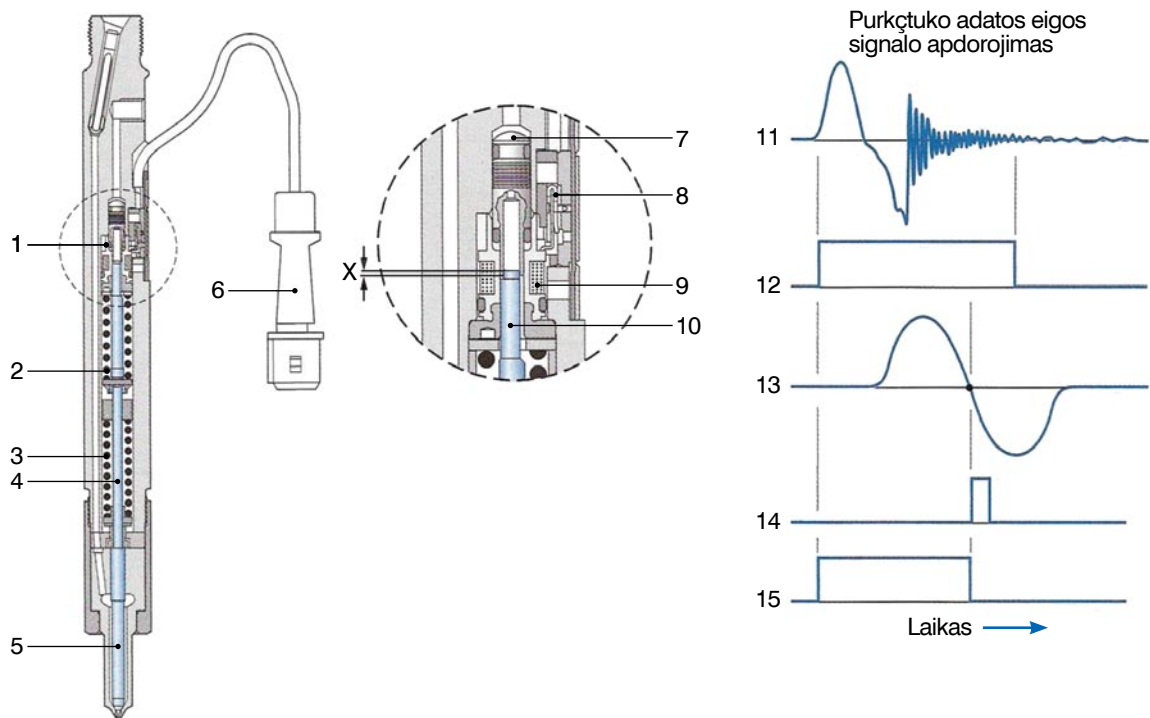
9.5 pav. Kintamojo impulsų užpildos koeficiento signalas:

a – moduliuojamo signalo grafinis vaizdas; b – osciloskopo jungimo schema; c – signalo vaizdas osciloskopo ekrane; 1 – impulsų periodas (išlieka pastovus); 2 – moduliuojamas (keičiamas) impulsų laikas, priklausantis nuo įjungtos kontaktų padėties; 15 – išvadas (+) iš uždegimo spynos; 31 – baterijos neigiamasis išvadas (masė)



9.6 pav. Dyzelinio VDV degalų tiekimo sistema su elektronškai valdomu skirstomuoju degalų siurbliu su ašiniu plunžeriu ir dozatoriumi (serija „Bosch“ VE..EDC):

1 – degalų tiekimo magistralė; 2 – degalų filtras; 3 – skirstomasis siurblys; 4 – degalų kiekio dozavimo elektromagnetinis valdymo mechanizmas; 5 – elektromagnetinis sustabdymo vožtuvas; 6 – įpurškimo momento reguliatoriaus elektromagnetinis vožtuvas; 7 – purkštuvus su adatos padėties jutikliu; 8 – kaitinamoji žvakė; 9 – aušinamojo skysčio temperatūros jutiklis; 10 – alkūninio veleno sukimosi greičio jutiklis; 11 – dyzelinis variklis su tiesioginiu degalų įpurškimu; 12 – variklio EVB; 13 – kaitinamųjų žvakių įjungimo laiko valdymo blokas; 14 – automobilio greičio jutiklis; 15 – akceleratoriaus pedalo jutiklis; 16 – automobilio greičio reguliavimo papildomi elementai; 17 – paleidimo raktelis (įjungia kaitinamąsias žvakes ir starterį); 18 – akumuliatorių baterija; 19 – diagnostikos jungtis; 20 – oro temperatūros jutiklis; 21 – įsiurbiamo oro masės matuoklis; 22 – oro pripūtimo slėgio jutiklis ir elektropneumatinis keitiklis; 23 – turbokompresorius; 24 – pneumatinė valdymo kamera



9.7 pav. Degalų purkštukas su adatos eigos jutikliu:

1 – purkštuko adatos eigos jutiklis; 2, 3 – spyruoklė; 4, 10 – strypas; 5 – purkštuko adata; 6 – jungtis; 7 – krepiamoji įvorė; 8 – kontaktas; 9 – jutiklio ritė; 11 – adatos eigos jutiklio signalas; 12 – pakeistas adatos eigos jutiklio signalas; 13 – veleno sukimosi greičio induktyviojo jutiklio signalas; 14 – pakeistas veleno sukimosi greičio induktyviojo jutiklio signalas; 15 – suformuotas įpurškimo pradžios signalas; X – strypo eiga

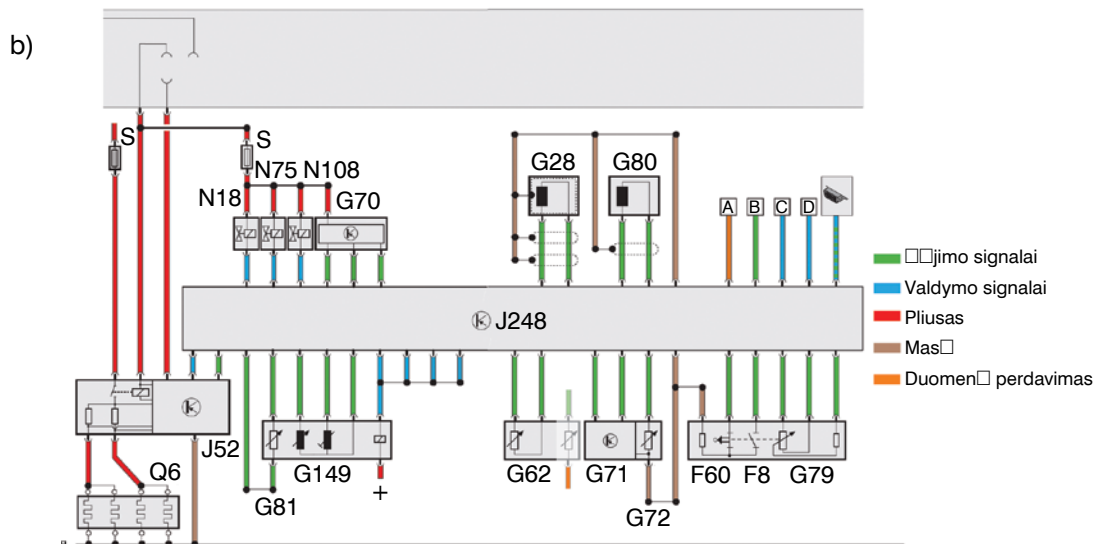
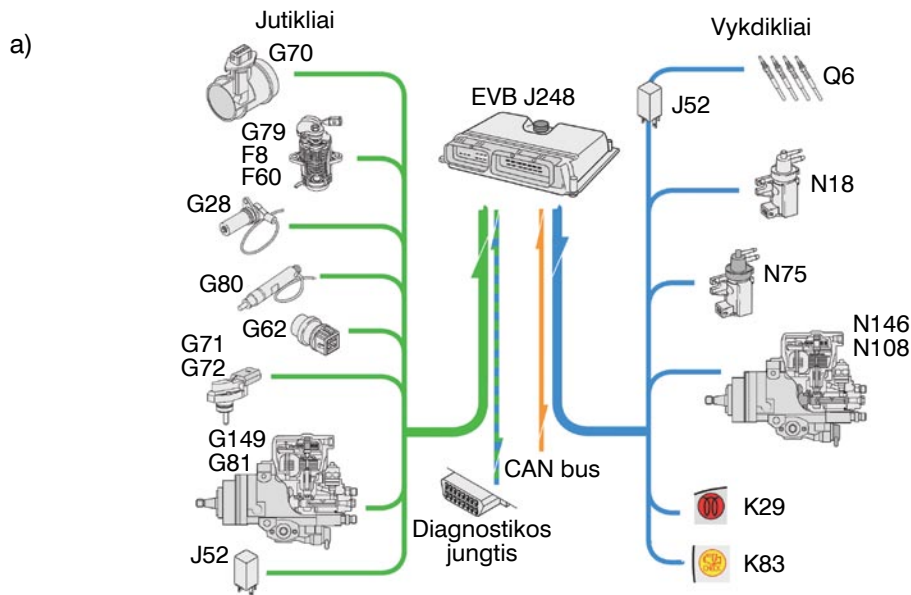
Trumpas impulso laikas (užpildos koeficientas) sukuria mažesnę efektyvią srovę, ilgesnis laikas – didesnę srovę.

Degalų kiekio ir įpurškimo momento valdymo impulsų laiką (impulsų užpildos koeficientą) pagal atmintyje esantį algoritmą nustato variklio EVB, įvertindamas gaunamus signalus iš šių jutiklių: akceleratoriaus pedalo padėties (15), veleno sukimosi greičio (10), veleno padėties, įsiurbto oro masės matuoklio (21), slėgio įsiurbimo vamzdyje (22), variklio temperatūros (9), oro temperatūros (20), degalų temperatūros, stabdžių ir sankabos pedalų padėties ir kitų (9.6 pav.).

Įpurškimo momento nustatymo kontūras turi grįžtamąjį ryšį iš purkštuko (pirmo cilindro) adatos eigos jutiklio (1) (9.7 pav.), kurio signalas papildomai koreguoja šio kontūro darbą. EVB taip pat valdo oro pripūtimo slėgį (grįžtamasis ryšys iš pripūtimo slėgio jutiklio) ir deginių recirkuliaciją.

Variklio elektroninio valdymo sistemos schema ir elementų tarpusavio ryšiai pateikti 9.8 paveiksle.





9.8 pav. Dyzelinio VDV degalų tiekimo sistemos su elektronškai valdomu skirstomuoju degalų siurbliu su ašiniu plunžeriu ir dozatoriumi elektroninio valdymo schema (serija „Bosch“ VE..EDC):

a – struktūrinė schema; b – elektrinė schema; F8 – „kick down“ jungiklis; F60 – laisvosios eigos jungiklis; G28 – variklio veleno sukimosi greičio jutiklis; G62 – variklio temperatūros jutiklis; G70 – oro masės matuoklis; G71 – slėgio įsiurbimo kolektoriuje jutiklis; G72 – įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis; G79 – akceleratoriaus padėties jutiklis; G80 – purkštuko adatos eigos jutiklis; G81 – degalų temperatūros jutiklis; G149 – dozatoriaus padėties jutiklis; J52 – kaitinamųjų žvakių relė; J248 – variklio EVB; N18 – deginių recirkuliacijos elektromagnetinis vožtuvas; N75 – pripūtimo slėgio valdymo elektromagnetinis vožtuvas; N108 – įpurškimo momento reguliatoriaus elektromagnetinis vožtuvas; N146 – dozatoriaus valdymo elektromagnetinis vožtuvas; Q6 – kaitinamosios žvakės; K29 – kaitinamųjų žvakių veikimo lempa; K83 – savidiagnostikos lempa (MIL); S – saugikliai

## Oro tiekimo sistema

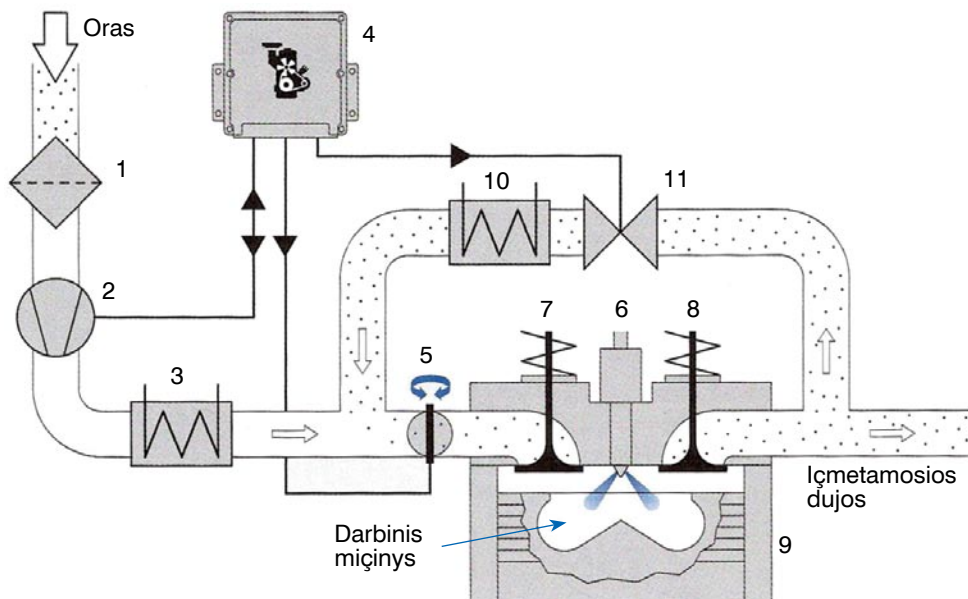
Dyzelinio variklio oro tiekimo sistema tobulinama, įrengiant oro pripūtimo ir išmetamųjų dujų recirkuliacijos sistemas, kurias valdo variklio EVB (9.9 pav.). Oro pripūtimas gerina cilindų pripildymą. Tai didina variklio galią, mažina degalų sąnaudas. Kai oro pripūtimas valdomas, labai padidėja sukimo momentas ir esant mažiems sūkiams. Deginių recirkuliacija (EGR) sumažina jų toksiškumą. Naujos kartos varikliuose įdiegiamos dujų skirstymo elektroninio reguliavimo sistemos, kurios valdo vožtuvų fazes (atidarymą ir uždarymą) ir pagerina cilindų pripildymą varikliui veikiant įvairiais režimais.

Pripūtimas būna turbininis arba mechaninis. Turbokompresoriai gali būti valdomi, o jų konstrukciniai variantai yra tokie:

- su deginių praleidimo vožtuvu;
- su keičiamąja turbinos geometrija;
- su droseliuojamąja turbina.

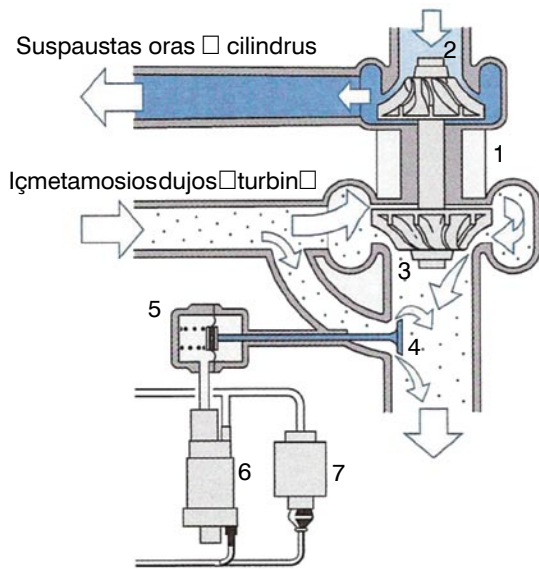
Turbokompresorius su deginių praleidimo vožtuvu, esant didelei variklio apkrovai, dalį išmetamųjų dujų praleidžia pro šį vožtuvą (4) (9.10 pav.). Varikliui veikiant mažais sūkiams, praleidimo vožtuvas uždaromas ir turbinos sukuriama slėgis išauga. Vožtuvą valdo elektropneumatinis keitiklis (6), kuris sujungia valdymo kamerą (5) su vakuuminiu siurbliu (7). Galimas ir elektromagnetinis valdymas. Kai valdymo sistema sugenda, deginių praleidimo vožtuvas būna atidarytas.

Turbokompresorius su keičiamąja turbinos geometrija taip pat leidžia reguliuoti kompresoriaus sukuriamą oro srautą, o kartu ir slėgį. Pasukamos kreipiamosios plokštelės (2)



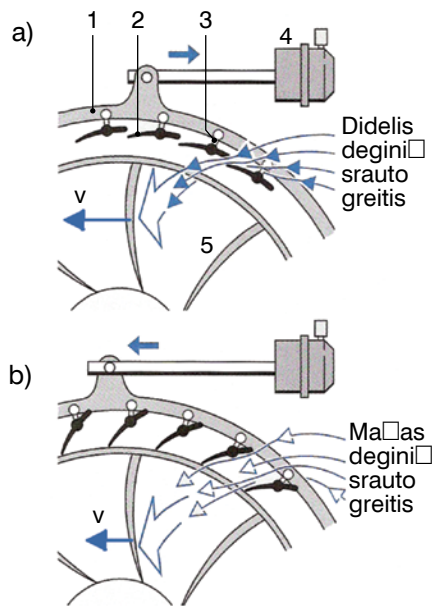
9.9 pav. Dyzelinio VDV oro tiekimo sistemos funkcinė schema:

1 – oro filtras; 2 – oro pūstuvus su tarpiniu aušinimu; 3 – oro aušintuvus; 4 – variklio elektroninis valdymo blokas; 5 – oro sūkuriavimo reguliavimo sklendė; 6 – degalų purkštuvus; 7 – įsiurbimo vožtuvas; 8 – išmetimo vožtuvas; 9 – variklio cilindras; 10 – aušintuvus; 11 – išmetamųjų dujų recirkuliacijos (EGR) vožtuvas



9.10 pav. Turbokompresorius su deginių praleidimo vožtuvu:

1 – turbinos korpusas; 2 – kompresorius;  
3 – turbina; 4 – praleidimo vožtuvas;  
5 – valdymo kamera; 6 – pripūtimo slėgio elektropneumatinis keitiklis; 7 – vakuuminis siurblys



9.11 pav. Turbokompresorius su keičiamąja turbinos geometrija:

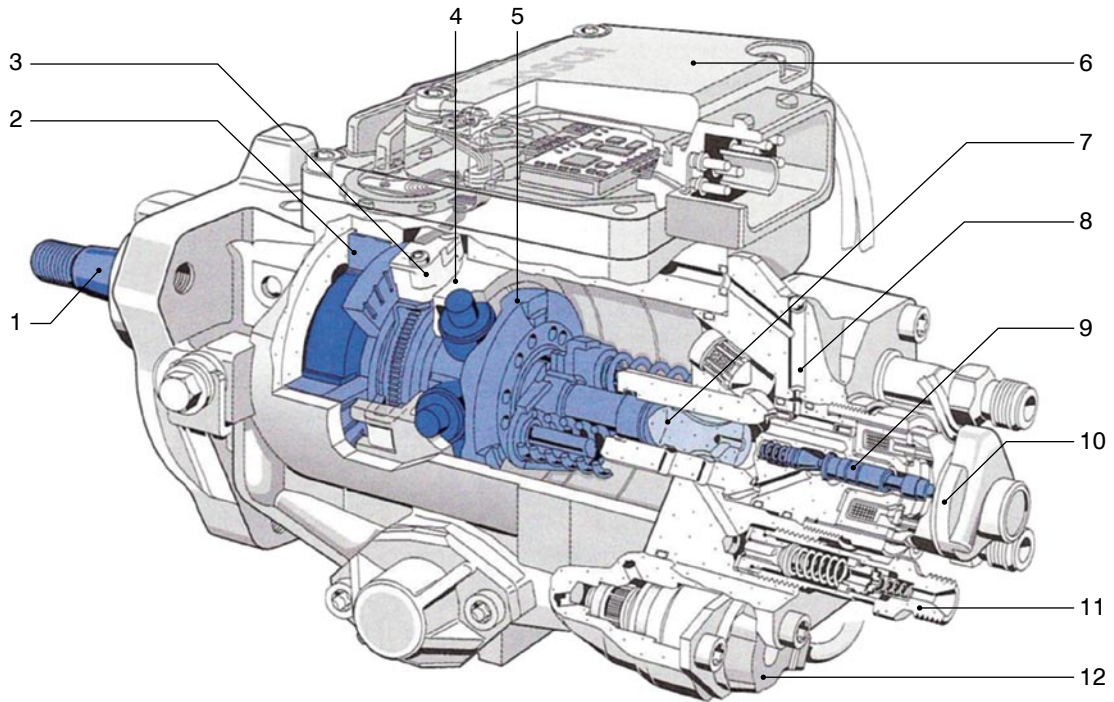
1 – valdymo žiedas; 2 – kreipiamosios plokštelės; 3 – valdymo svirtis;  
4 – pneumatinis valdymo cilindras;  
5 – turbinos sparnuotė; v – turbinos greitis

keičia kanalų, pro kuriuos išmetamosios dujos veržiasi ant turbinos sparnuotės (5), skerspjūvį. Esant mažai variklio apkrovai, deginiai, praleidžiami pro mažą skerspjūvį, pasiekia didelį greitį ir kompresorius, sukamas dideliu greičiu, sukuria didesnę slėgį (9.11 pav., a). Išaugus variklio galiai ir pripūtimo slėgiui, išmetamųjų dujų tekėjimo skerspjūvis padidinamas ir srauto greitis į turbinos sparnuotę sumažėja, apribojamas pripūtimo slėgis (9.11 pav., b). Taip, esant tam pačiam deginių srautui, galima padidinti arba sumažinti turbinos pripūtimo slėgį. Pradžioje angos tarp kreipiamųjų plokštelių yra labiausiai atsidariusios. Plokštelių valdymo žiedas stumdomas pneumatiniu cilindru (4) arba elektros varikliu pagal EVB komandą. Kreipiamųjų plokštelių padėtis fiksuojama jutikliu.

## Elektromagnetinis skirstomasis siurblys

Skirstomasis degalų siurblys su ašiniu plunžeriu ir didelio slėgio elektromagnetiniu dozavimo vožtuvu (serija „Bosch“ VE..MV) (9.12 pav.) atitinka aukštesnius ekologijos ir degalų ekonomijos reikalavimus. Siurblyje elektromagnetinis vožtuvas (10) pakeičia dozatorių ir didesniu tikslumu valdo įpurškimo pradžią ir pabaigą, dozuoja degalų porciją. Degalai įpurškiami iki 1400 bar slėgiu ir yra galimybė prieš pagrindinį įpurškimą atlikti išankstinį įpurškimą.

Siurblyje, plunžerio skirstytuvo ašyje, įmontuojamas didelio slėgio dozavimo vožtuvas (10), sudarytas iš korpuso, adatos (9) ir elektromagneto, sujungto su degalų siurblio elektroninio valdymo bloku (6). Šis EVB išdėstytas ant siurblio viršutinio dangtelio ir sujungtas su variklio EVB. Siurblyje tarp degalų tiekimo siurblio (2) ir ritinėlių žiedo (4) sumontuotas pa-



9.12 pav. Skirstomasis degalų siurblys su ašiniu plunžeriu ir didelio slėgio elektromagnetiniu dozavimo vožtuvu (serija „Bosch“ VE..MV):

- 1 – siurblio pavaros velenas; 2 – degalų tiekimo siurblys su slėgio reguliavimo vožtuvu;
- 3 – pavaros veleno padėties kampo jutiklis; 4 – ritinėlių žiedas; 5 – kumštelinis diskas;
- 6 – degalų siurblio EVB; 7 – plunžeris su skirstytuvu; 8 – degalų tiekimo kanalas;
- 9 – elektromagnetinio vožtuvo adata; 10 – didelio slėgio elektromagnetinis dozavimo vožtuvas;
- 11 – slėgio vožtuvas; 12 – įpurškimo momento regulatoriaus elektromagnetinis vožtuvas

varos veleno padėties kampo induktyvusis jutiklis (3), kuris siunčia signalus į siurblio EVB. Tai garantuoja tikslų įpurškimo momento valdymą. Didelio slėgio siurblio degalų suslėgimo pradžia valdoma nustatant siurblio kumštelinio disko (5) padėtį. Kumštelinio disko padėtį valdo įpurškimo momento regulatoriaus elektromagnetinis vožtuvas (12), pagal EVB siunčiamus kintamojo impulsų užpildos koeficiento signalus.

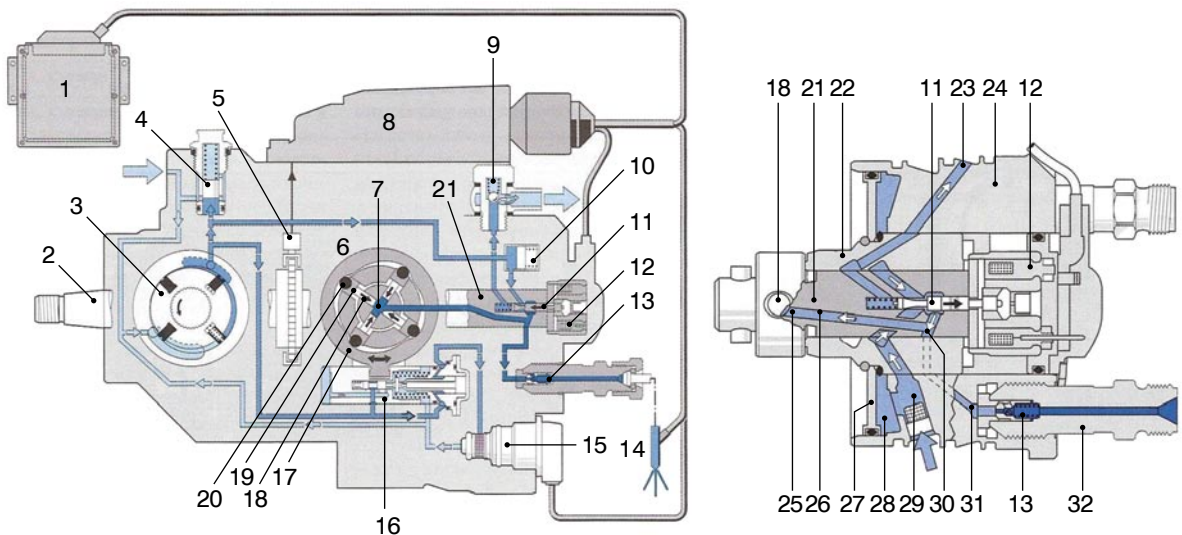
Degalai iš mažo slėgio degalų tiekimo siurblio (2) tiekiami į prieš plunžerį su skirstytuvu (7) esančią didelio slėgio kamerą per skirstytuvo korpuse esantį kanalą (8) ir atidarytą didelio slėgio elektromagnetinio vožtuvo adatą (9). Plunžeriui judant degalų suspaudimo kryptimi ir uždarius elektromagnetinį dozavimo vožtuvą (10), degalai suslegiami iki didelio slėgio ir plunžeriu su skirstytuvu pro slėgio vožtuvą (11) nukreipiami į purkštuvą. Vyksta degalų įpurškimas. Didelio slėgio elektromagnetinį vožtuvą uždaro elektros impulsai, valdomi EVB. Elektromagnetas uždaro vožtuvą EVB vieną iš vožtuvo kontaktų sujungus su mase. Vožtuvo elektromagnetu teka srovė, nes pliusas į vožtuvą prijungtas per relę, kuri įjungžiama įjungus degimą. Valdymo blokui nutraukus srovės tekėjimą, spyruoklė atidaro dozavimo vožtuvą – įpurškimas nutraukiamas. Degalų įpurškimo pradžios momentą ir kiekį EVB nustato pagal iš jutiklių gaunamus duomenis.



### 9.1.3. Skirstomasis degalų siurblys su spinduliniais plunžeriais

Lengvuosiuose ir krovininiuose automobiliuose naudojami skirstomieji didelio slėgio degalų siurbliai su spinduliniais plunžeriais (serija „Bosch“ VR), kuriuose degalai į purkštuvus skirstomi rotoriumi (21), o dozuojami didelio slėgio elektromagnetiniu dozavimo vožtuvu (12) (9.13 pav.). Įpurškimo slėgis siekia iki 1950 bar (tiesioginis įpurškimas). Elektromagnetiniu didelio slėgio dozavimo vožtuvu galima trumpam nutraukti įpurškimo fazę, padalijus ją į dvi dalis: išankstinę ir pagrindinę įpurškimą (9.14 pav., b). Siurblio darbą valdo siurblio EVB (8), kuris CAN ryšiu sujungtas su variklio EVB (1).

Plokštelinis mažo slėgio degalų tiekimo siurblys (3) pro kanalą siurblio korpuse (26), atidarytą vožtuvo adatą (11) ir skirstomojo rotoriaus kanalą (25) tiekia degalus į didelio slėgio siurblio slėgio kamerą (7). Degalų tiekimo slėgis atstumia spindulinius plunžerius (18) vieną nuo kito. Didelį degalų slėgį sukuria šių plunžerių poros, kai juos vieną kito link spaudžia stūmikliai (19), kurių ritinėliai, sukantis siurbliui, rieda kumštiniu disku (17). Slegiamų degalų perteklius iš didelio slėgio kameros pro atidarytą didelio slėgio elektromagnetinio

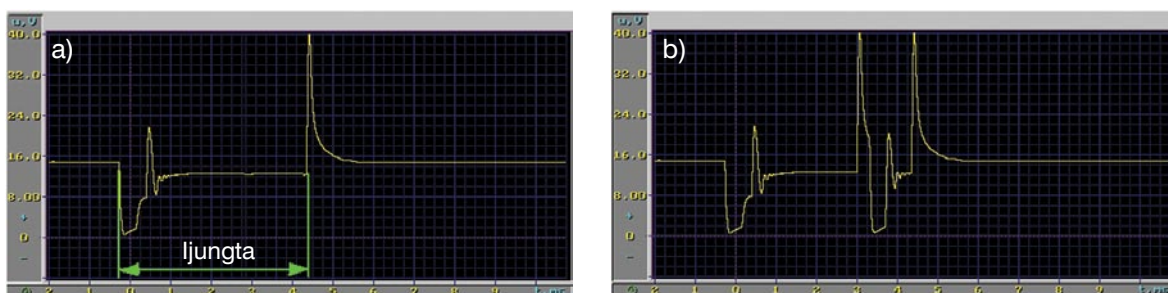


9.13 pav. Skirstomasis degalų siurblys su spinduliniais plunžeriais ir didelio slėgio elektromagnetiniu dozavimo vožtuvu (serija „Bosch“ VR):

- 1 – variklio EVB; 2 – siurblio pavaros velenas; 3 – degalų tiekimo siurblys; 4 – slėgio reguliavimo vožtuvas; 5 – pavaros veleno padėties kampo jutiklis; 6 – didelio slėgio degalų siurblys su spinduliniais plunžeriais (pasuktas 90°); 7 – didelio slėgio kamera; 8 – siurblio EVB; 9 – praleidimo vožtuvas; 10 – degalų slėgio akumuliatorius; 11 – vožtuvo adata; 12 – didelio slėgio elektromagnetinis dozavimo vožtuvas; 13 – slėgio vožtuvas; 14 – purkštuvai; 15 – įpurškimo momento reguliatoriaus elektromagnetinis vožtuvas; 16 – įpurškimo momento nustatymo stūmoklis; 17 – kumštinis diskas; 18 – spindulinis plunžeris; 19 – stūmiklis; 20 – ritinėlis; 21 – skirstomasis rotorius; 22 – skirstytuvo įvorė; 23 – degalų nupylimo kanalas; 24 – jungė; 25 – didelio slėgio kameros kanalas; 26 – žiedinis degalų įleidimo kanalas; 27 – akumuliuojamoji membrana; 28 – slėgio akumuliatoriaus ertmė; 29 – mažo slėgio kamera; 30 – skirstomasis kanalas; 31 – išleidimo kanalas; 32 – antgalis



dozavimo vožtuvo adatą (11) per nupylimo kanalą (23) nuteka į degalų baką. Degalų suslėgimo fazėje uždaroma elektromagnetinio didelio slėgio vožtuvo adata, degalų slėgis pakyla ir degalai iš slėgio kameros pro skirstomojo rotorius kanalą (30) ir per išleidimo kanalą (31) nukreipiami į purkštuvą. Suslėgtų degalų tiekimas į purkštuvą nutraukiamas atidarius elektromagnetinio didelio slėgio vožtuvo adatą. Degalai patenka į slėgio akumulatoriaus ertmę (28) su akumuliuojančia membrana (27), iš kur vėl grįžta į didelio slėgio siurblių. Šiuo vožtuvu variklis sustabdomas. Degalų įpurškimo pradžią ir pabaigą, o kartu ir įpurškimo trukmę elektromagnetiniu dozavimu vožtuvu valdo siurblio EVB. Tai priklauso nuo apkrovos, veleno sukimosi greičio, variklio temperatūros, pripūtimo slėgio ir kitų parametrų. EVB tiekiant valdymo srovę (įjungus masę) į elektromagneto apviją, didelio slėgio vožtuvo adata uždaroma ir vyksta degalų įpurškimas (9.14 pav.). Įpurškimas trunka variklio EVB algoritme tam tikram veikimo režimui nustatytą laiką. Nutraukus valdymo srovės tekėjimą, spyruoklė atidaro dozavimo vožtuvą – įpurškimas nutraukiamas.



9.14 pav. Skirstomojo degalų siurblio su spinduliniais plunžeriais didelio slėgio elektromagnetinio dozavimo vožtuvo valdymo oscilograma:  
*a – vienos dalies įpurškimas varikliui veikiant tuščiąja eiga (~5 ms); b – dviejų dalių įpurškimas (išankstinis ir pagrindinis)*

Didelio slėgio siurblio su spinduliniais plunžeriais degalų suslėgimo pradžia valdoma nustatant siurblio kumštelinio disko (17) padėtį. Kumštelinio disko padėtį valdo įpurškimo momento nustatymo stūmoklis (16), kurio padėtį koreguoja įpurškimo momento reguliatoriaus elektromagnetinis vožtuvas (15), pagal EVB siunčiamus kintamojo impulsų užpildos koeficiento signalus (9.5 pav.). Variklio EVB taip pat valdo oro pripūtimo slėgį ir deginių recirkuliaciją.

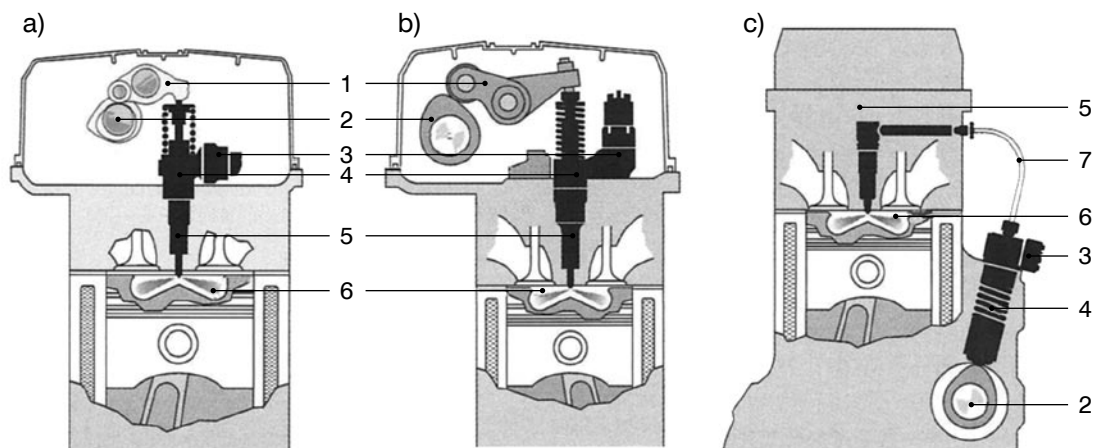
## 9.2. Individualių didelio slėgio degalų siurblių valdymas

Išskiriami du individualių įpurškimo sistemų tipai (9.15 pav.):

- Siurblys-purkštuvas (serija „Bosch“ UIS);
- Siurblys-vamzdelis-purkštuvas (serija „Bosch“ UPS).

Elektroniškai valdomos sistemos siurblys-purkštuvas ir siurblys-vamzdelis-purkštuvas sudarytos iš keturių atskirų blokų:

- mažo slėgio kontūras (tiekia degalus reikiamu intensyvumu);
- didelio slėgio kontūras (sukuria reikiamą slėgį ir įpurškia degalus į degimo kamerą);



9.15 pav. Individualios didelio slėgio degalų įpurškimo sistemos:

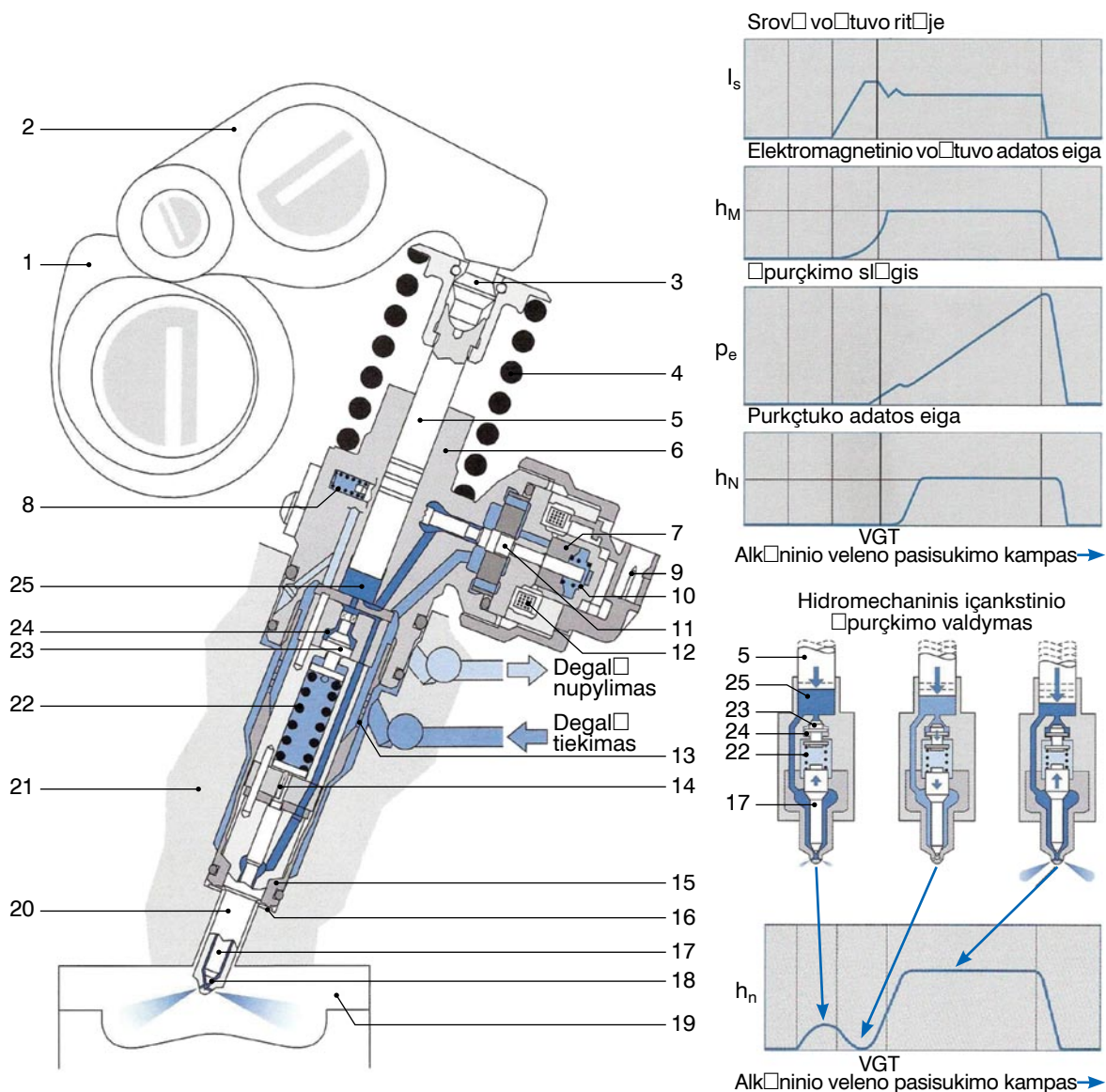
a – siurblys-purkštuvas (lengvajam automobiliui); b – siurblys-purkštuvas (krovininiam automobiliui); c – siurblys-vamzdelis-purkštuvas; 1 – svirtis; 2 – dujų skirstymo veleno kumštelis; 3 – didelio slėgio elektromagnetinis vožtuvas; 4 – individualus didelio slėgio degalų siurblys; 5 – purkštuvas; 6 – degimo kamera; 7 – didelio slėgio degalų vamzdelis

- elektroninio reguliavimo sistema (dozuoja įpurškiamų degalų kiekį ir reguliuoja įpurškimo momentu. Į ją įeina EVB, jutikliai ir vykdymo mechanizmai);
- oro tiekimo ir deginių šalinimo sistema (vienija oro tiekimą, deginių recirkuliaciją ir jų apdorojimą).

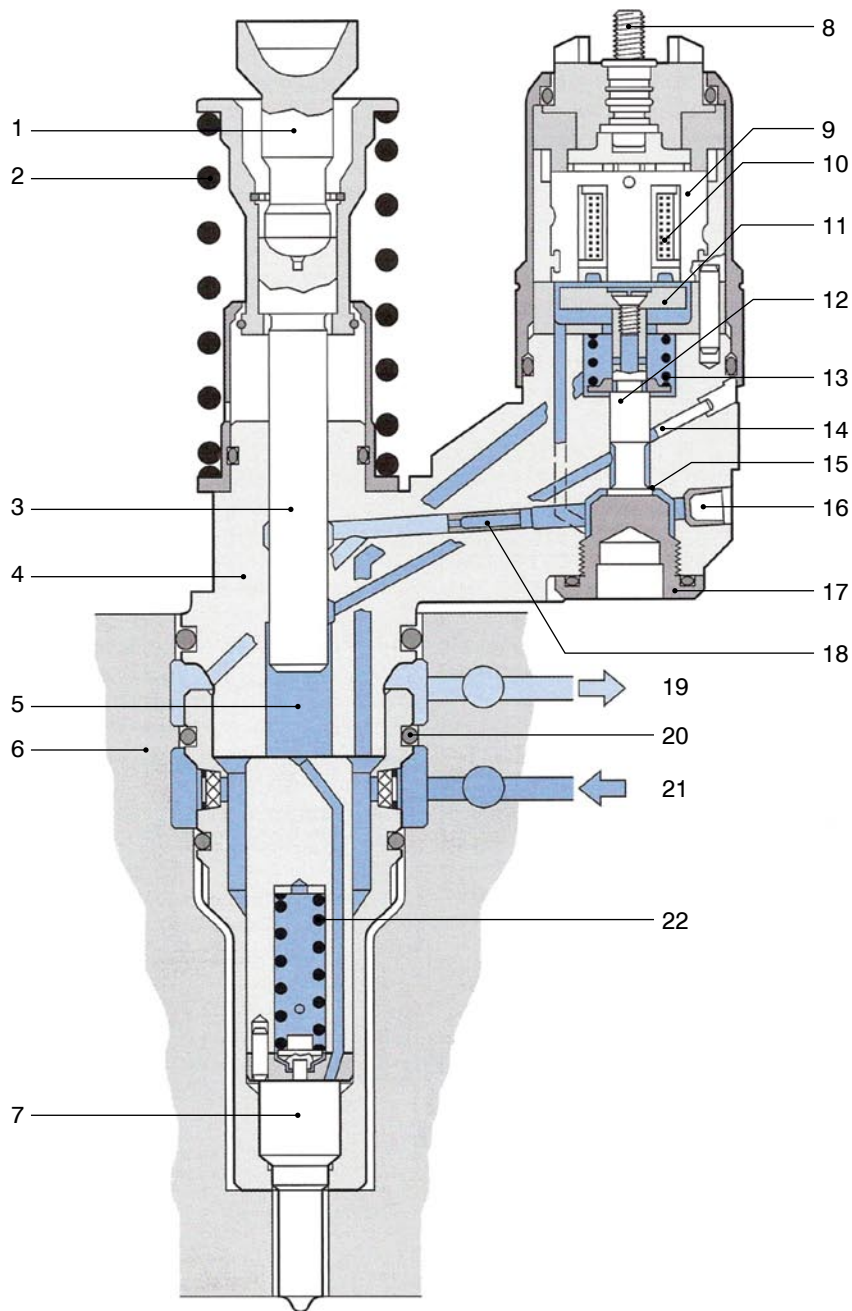
Modulinė atskirų maitinimo sistemos elementų konstrukcija individualias įpurškimo sistemas leidžia pritaikyti prie įvairių variklio konstrukcijų.

Sistema siurblys-purkštuvas pasiekia iki 2050 bar įpurškimo slėgį ir yra pritaikyta tiesiogiai įpurškėti degalams. Šios sistemos degalų siurblys ir purkštuvas sujungti į vieną junginį ir neturi didelio slėgio magistralės, o tai leidžia išvystyti didelį įpurškimo slėgį ir tiksliai jį valdyti. Sistema naudojama ir lengvuosiuose (9.16 pav.), ir krovininiuose (9.17 pav.) automobiliuose. Lengvuosiuose automobiliuose prieš pagrindinį įpurškimą atliekamas išankstinis degalų įpurškimas. Siurblys-purkštuvas montuojamas cilindro bloko galvutėje (21) tiesiogiai virš kiekvieno cilindro (9.16 pav.). Galvutėje yra degalų tiekimo ir nupylimo kanalai. Variklio skirstymo velenas turi atskirą kumštelį (1) didelio slėgio degalų siurblio plunžeriui (5) nuspausti. Siurblio-purkštuvo korpusas (6) kartu yra ir plunžerio įvorė. Kumšteliui tiesiogiai ar per svirtį (2) spaudžiant plunžerį, plunžerinės poros slėgio kameroje (25) slegiami degalai. Degalų suspaudimo pradžios momentą ir trukmę valdo elektromagnetinis didelio slėgio vožtuvas. Kai elektromagnetinio vožtuvo adata (11) uždaroma, hermetizuojama didelio slėgio kamera, slegiamų degalų slėgis išauga ir atidaro purkštuką – degalai purškiami į degimo kamerą (19). Atidarius elektromagnetinį vožtuvą, degalai teka atgal į mažo slėgio degalų tiekimo sistemą, jų slėgis purkštuke krinta, įpurškimas nutraukiamas. Esant atidarytam slėgio vožtuvui ir plunžeriui kylant, degalai iš tiekimo kanalo užpildo slėgio kamerą. Elektromagnetinį vožtuvą valdo variklio EVB – ji reikiamu momentu įjungia ir išjungia valdymo srovę. Tai priklauso nuo elektroninėje atmintyje esančios degalų įpurškimo charakteristikos. Pagrindiniai įvertinami jutiklių parametrai: akceleratoriaus pedalo eiga, alkūninio veleno pasisukimo

kampas, skirstymo veleno sukimosi greitis, oro slėgis išsiurbimo kolektoriuje, oro, aušinamojo skysčio ir degalų temperatūra, automobilio greitis. Esant dalinėms apkrovoms gali būti nu-traukiamas degalų tiekimas į atskirus cilindrus.



9.16 pav. Lengvojo automobilio siurblys-purkštuvas (sistema „Bosch“ UIS P1):  
 1 – pavaros kumštelis; 2 – svirtis; 3 – sferinis antgalis; 4 – grąžinimo spyruoklė;  
 5 – plunžeris; 6 – korpusas; 7 – elektromagneto inkaras; 8 – elektromagnetinio vožtuvo spyruoklė; 9 – kontakto jungtis; 10 – išlyginamoji spyruoklė; 11 – vožtuvo adata;  
 12 – elektromagneto ritė; 13 – degalų tiekimo skylutės – filtras; 14 – hidraulinė atrama;  
 15 – purkštuko veržlė; 16 – sandarinimo poveržlė; 17 – purkštuko adata; 18 – purkštuko adatos lizdas; 19 – degimo kamera; 20 – surinktas purkštukas; 21 – cilindrų bloko galvutė;  
 22 – purkštuko spyruoklė; 23 – akumulatoriaus plunžerinis vožtuvas; 24 – akumuliuojamasis tūris; 25 – plunžerinės poros didelio slėgio kamera



9.17 pav. Krovinio automobilio siurblys-purkštuvas (sistema „Bosch“ UIS):

- 1 – sferinis antgalis; 2 – grąžinimo spyruoklė; 3 – plunžeris; 4 – siurblio-purkštuvo korpusas;  
 5 – plunžerinės poros didelio slėgio kamera; 6 – cilindų bloko galvutė;  
 7 – purkštukas; 8 – kontakto jungtis; 9 – elektromagneto magnetolaidis; 10 – elektromagneto ritė;  
 11 – elektromagneto inkaras; 12 – didelio slėgio degalų vožtuvo adata; 13 – vožtuvo atidarymo spyruoklė; 14 – didelio slėgio kanalas; 15 – vožtuvo darbinis paviršius; 16 – mažo slėgio kanalo kamštis; 17 – vožtuvo adatos atrama; 18 – droselis; 19 – degalų nupylimo kanalas; 20 – sandarinimo žiedas; 21 – degalų tiekimo kanalas; 22 – purkštuko spyruoklė



Išankstinis įpurškimas valdomas hidromechaniniu būdu. Uždarius didelio slėgio elektromagnetinį degalų vožtuvą, degalų slėgis pakelia purkštuvą (17) ir pradamas išankstinis įpurškimas (apie 1,5 mm<sup>3</sup> degalų). Toliau kylant slėgiui, atsidaro didelio slėgio sistemoje esantis dvigubas hidroakumuliatoriaus (24) vožtuvas (23), laikinai nukrinta slėgis, purkštuko adata užsidaro ir įpurškimas laikinai nutraukiamas. Iš siurblio toliau tiekiant degalus, jų slėgis vėl išauga iki 2050 bar (UIS P2 sistemoje – 2500 bar), nes užsipildžius akumuliuojančiam tūriui, užsidaro hidroakumuliatoriaus vožtuvas, vėl atsidaro purkštuvai ir vyksta pagrindinis įpurškimas.

Išankstinis įpurškimas gali būti atliekamas ir tada, kai įpurškiant trumpai nutraukiamas srovės tiekimas į elektromagnetinį vožtuvą.

Modulinė degalų įpurškimo sistema siurblys-vamzdelis-purkštuvai naudojama kroviniuose automobiliuose (9.15 pav., c). Pagrindinis skirtumas nuo sistemos siurblys-purkštuvai yra tas, kad didelio slėgio degalų siurblys (4) su purkštuvu (5) jungia trumpas didelio slėgio degalų vamzdelis (7). Degalų siurbliui tvirtinami prie variklio bloko. Kiekvieno siurblio plunžeris per ritininį stūmiklį tiesiogiai sujungtas su atskiru dujų skirstymo veleno kumšteliu (2). Atidarytas elektromagnetinis vožtuvas (3) leidžia plunžerinės poros didelio slėgio kamerą iš tiekimo kanalo užpildyti degalais. Degalai į purkštuvą tiekiami (iki 1800 bar slėgiu), kai kumštelis spaudžia plunžerį ir elektromagnetas uždaro didelio slėgio vožtuvą. Pagal gaunamus signalus EVB sinchronizuoja degalų įpurškimą į kiekvieną cilindrą. Padėties jutikliai įtaisyti ant alkūninio veleno ir ant skirstomojo veleno. Variklio sukimosi greitis ir apkrova (akceleratoriaus padėtis), variklio aušinamojo skysčio, oro ir degalų temperatūra, turbokompresoriaus slėgis ir kiti duomenys nulemia įpurškiamų degalų kiekį ir įpurškimo momentą. Variklio valdymas koreguojamas CAN ryšiu gaunama informacija iš ABS, ASR, automatinės pavarų dėžės EVB ir kitų sistemų.

### **9.3. Akumuliatorinės maitinimo sistemos „Common Rail“ valdymas**

Sistema „Common Rail“ (CR) naudojama lengvųjų ir krovinių automobilių dyzeliniuose varikliuose (9.18 pav.). Degalai tiesiogiai įpurškiami į degimo kamerą (iki 1600 bar). Skirtingai nei maitinimo sistemos su plunžeriniais didelio slėgio degalų siurbliais, CR sistema, pagal tai, kokios eksploatacijos sąlygos, gali reguliuoti įpurškimo slėgį, užtikrinti išankstinį ir papildomą įpurškimą (9.1 pav.). Tai leidžia padidinti variklio lyginamąją galią, sumažinti degalų sąnaudas, keliamą triukšmą, išmetamųjų dujų toksiškumą.

CR sistema susideda iš mažo ir didelio slėgio degalų tiekimo kontūrų, variklio elektroninio valdymo sistemos ir oro tiekimo bei deginių išmetimo sistemų. Didelio slėgio degalų tiekimo kontūrą sudaro didelio slėgio siurblys (17), degalų akumuliatorius (26) ir purkštuvai (29), juos jungia didelio slėgio vamzdeliai (18). EVB atskirai valdo visus sistemos junginius.

„Common Rail“ sistemos spindulinis didelio slėgio degalų siurblys (9.19 pav.), varomas dyzelinio variklio, užtikrina reikalingą slėgį degalų akumuliatoriuje. Tai nepriklauso nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio ir degalų sąnaudų.

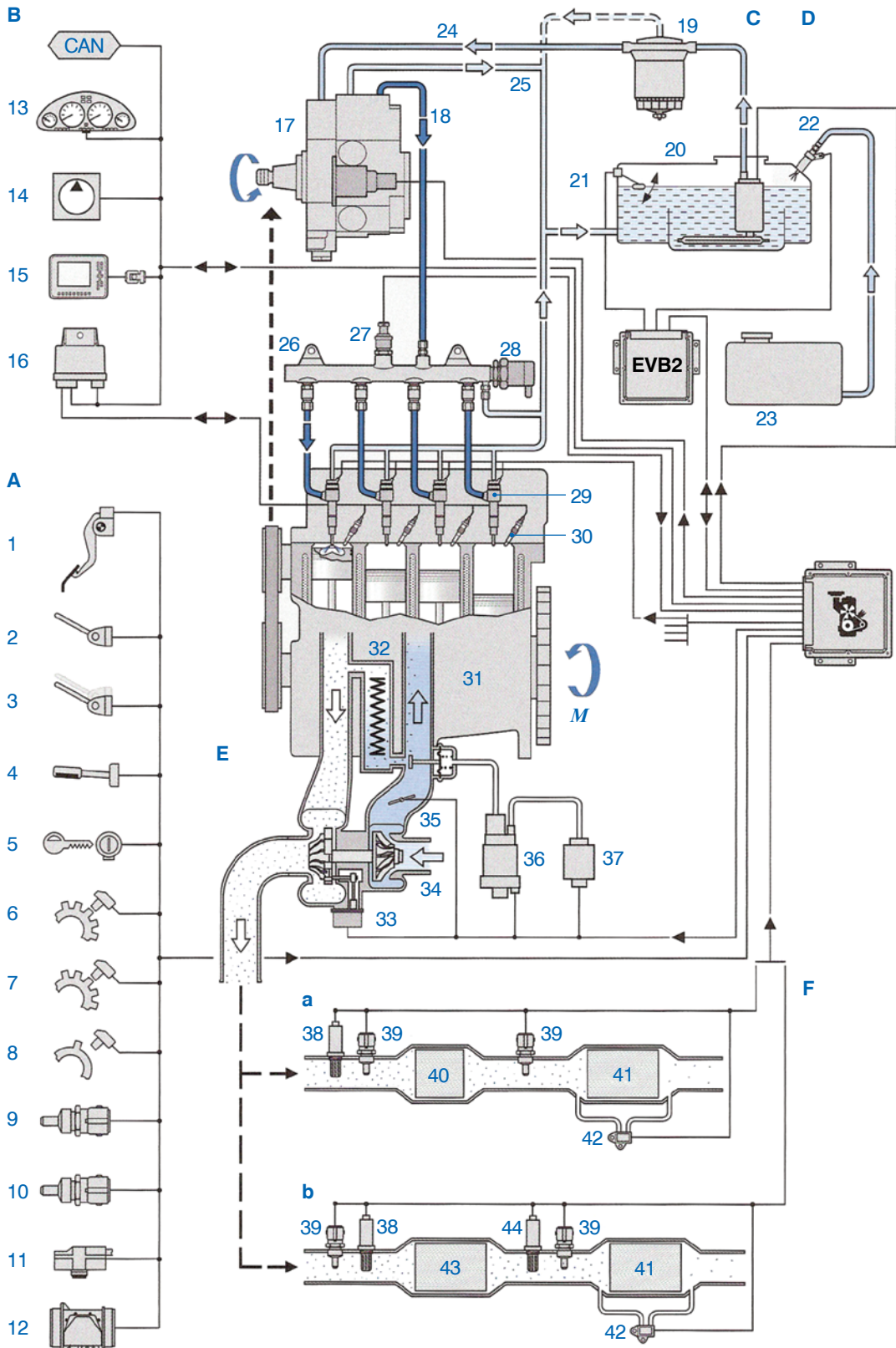


Iš mažo slėgio degalų tiekimo sistemos (1) per apsauginį vožtuvą (2) degalai patenka į siurblio mažo slėgio kanalą (3). Vienam iš siurblio plunžerių (6) leidžiantis (įsiurbimas), kameroje virš jo sumažėja slėgis ir pro atsidariusį įleidimo vožtuvą (8) iš mažo slėgio kanalo į didelio slėgio kamerą (7) priteka degalų. Plunžeriui pradėjus kilti, įleidimo vožtuvas užsidaro, slėgis kameroje virš plunžerio kyla ir, kai degalai pasiekia didelio slėgio akumuliatoriuje palaikomą slėgį, atsidaro išleidimo vožtuvas (10). Toliau kylant plunžeriui, degalai tiekiami į didelio slėgio magistralę (11), o pasiekus viršutinį tašką, slėgis kameroje sumažėja ir išleidimo vožtuvas užsidaro. Didelio slėgio degalų siurblys turi tris plunžerines poras, išdėstytas 120° kampu viena kitos atžvilgiu. Plunžerius kilnoja pavaros veleno ekscentrikas (4) per žiedą (5), o gražinimo spyruoklė nuleidžia. Varikliui veikiant tuščiaja eiga arba daline apkrova, siurblio našumas per didelį ir suslėgti degalai pro atidarytą elektromagnetinį slėgio reguliavimo vožtuvą (12) nukreipiami į nupylimo magistralę (16). Norint sumažinti energijos nuostolius siurblyje, esant mažoms apkrovoms, atjunginama viena plunžerio sekcija. Tai atlieka EVB, įjungdamas srovę plunžerio sekcijos atjungimo elektromagnetinio vožtuvo (9) grandinėje ir elektromagnetu laikydamas atidarytą įleidimo vožtuvą.

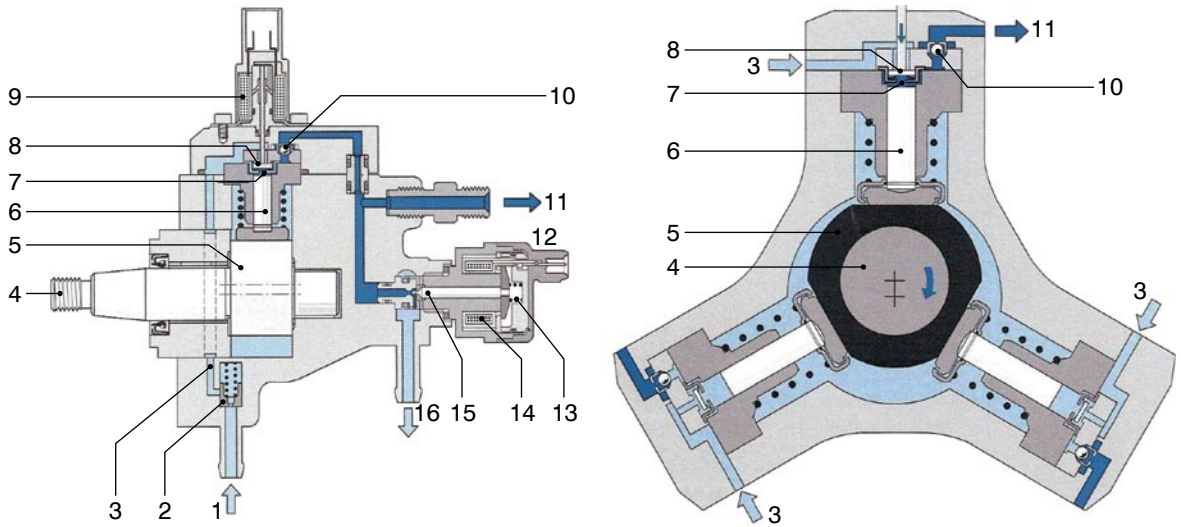
Didelio slėgio degalų siurblyje sumontuotas elektromagnetinis slėgio reguliavimo vožtuvas yra valdomas EVB siunčiamais elektros srovės (kintamojo impulsų užpildos koeficiento) signalais. Kai vožtuvo elektromagnetu srovė neteka, vožtuvą uždarytą laiko tik spyruoklė

*9.18 pav. Lengvojo automobilio variklio degalų įpurškimo sistema „Common Rail“:*

- A – jutikliai ir vykdymo mechanizmai; B – sąsajos; C – degalų tiekimo mažo slėgio kontūras; D – papildomos sistemos; E – oro tiekimo sistema; F – deginių išmetimo ir valymo sistema;*  
*1 – akceleratoriaus padėties jutiklis; 2 – sankabos išjungimo jutiklis; 3 – stabdžių jutiklis;*  
*4 – automobilio greičio regulatorius; 5 – starterio ir kaitinamųjų žvakių jungiklis;*  
*6 – automobilio greičio jutiklis; 7 – alkūninio veleno sukimosi greičio jutiklis (induktyvusis);*  
*8 – dujų skirstymo veleno sukimosi greičio jutiklis (induktyvusis arba Holo);*  
*9 – aušinamojo skysčio temperatūros jutiklis; 10 – įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis;*  
*11 – oro slėgio įsiurbimo kolektoriuje jutiklis; 12 – įsiurbiamo oro masės matuoklis;*  
*13 – prietaisų skydelis (degalų sąnaudų, veleno sukimosi greičio rodiklis ir t. t.);*  
*14 – kondicionieriaus valdymas; 15 – diagnostikos jungtis; 16 – kaitinamųjų žvakių valdymas;*  
*17 – didelio slėgio degalų siurblys; 18 – didelio slėgio magistralė; 19 – degalų filtras su išleidimo vožtuvu; 20 – degalų bakas su rupaus valymo filtru ir mažo slėgio degalų tiekimo siurbliu; 21 – degalų lygio rodiklis; 22 – papildomas dozavimas; 23 – papildomas bakas;*  
*24 – mažo slėgio degalų tiekimo vamzdelis; 25 – degalų nupylimo vamzdeliai;*  
*26 – didelio slėgio degalų akumuliatorius; 27 – slėgio akumuliatoriuje jutiklis; 28 – slėgio ribojimo vožtuvas; 29 – purkštuvai; 30 – kaitinamoji žvakė; 31 – dyzelinis variklis;*  
*32 – recirkuliuojančių deginių aušintuvas; 33 – pripūtimo slėgio regulatorius;*  
*34 – turbokompresorius (su kintamąja turbinos geometrija); 35 – reguliavimo sklendė;*  
*36 – deginių recirkuliacijos elektropneumatinis keitiklis; 37 – vakuuminis siurblys;*  
*38 – plačiajuostis lambda (deguonies) zondas; 39 – išmetamųjų dujų temperatūros jutiklis; 40 – oksidacinis išmetamųjų dujų neutralizatorius; 41 – suodžių filtras;*  
*42 – slėgio kritimo jutiklis; 43 – akumuliuojantis NO<sub>x</sub> neutralizatorius; 44 – plačiajuostis lambda arba NO<sub>x</sub> jutiklis*



9.18 pav. Lengvoji automobilio variklio degalų įpurškimo sistema „Common Rail“

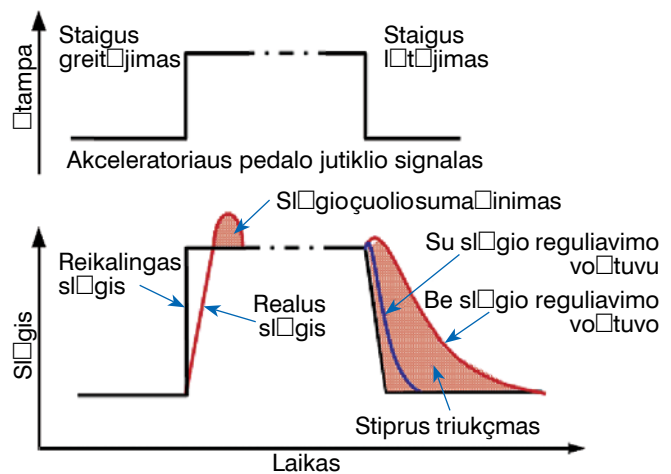


9.19 pav. Sistemos „Common Rail“ didelio slėgio degalų siurblys:

1 – mažo slėgio degalų tiekimas; 2 – apsauginis vožtuvas; 3 – mažo slėgio kanalas; 4 – pavaros veleno ekscentrikas; 5 – ekscentriko žiedas; 6 – plunžeris; 7 – didelio slėgio kamera; 8 – įleidimo vožtuvas; 9 – elektromagnetinis plunžerio sekcijos atjungimo vožtuvas; 10 – išleidimo vožtuvas; 11 – į didelio slėgio akumuliatorių; 12 – slėgio reguliavimo vožtuvas; 13 – vožtuvo spyruoklė; 14 – elektromagnetas; 15 – inkaras su rutuliniu vožtuvu; 16 – į degalų nupylimo magistralę

(13), kuri įveržiama taip, kad palaikytų apie 100 bar degalų slėgį. Elektromagnetu tekant srovei, jo veikimo jėga papildo vožtuvo spyruoklės jėgą ir inkaras spaudžia rutulinį vožtuvą (15), mažindamas degalų pratekėjimo skerspjūvį. Kai degalų didelio slėgio į rutulinį vožtuvą jėga prilygsta bendrai elektromagneto (14) ir spyruoklės jėgai, slėgio reguliavimo vožtuvas užima pastovią padėtį, palaikydamas pastovų slėgį. 1 kHz taktiniu dažniu moduluojamas (kintamojo impulsų užpildos koeficiento) valdymo srovės impulsas nesukelia didesnės amplitudės vožtuvo inkaro judesių, kurie sukeltų neleistinus slėgio svyravimus degalų akumuliatoriuje. Degalų akumuliatoriuje įmontuojamas slėgio jutiklis (27), o didžiausias sistemai leidžiamas degalų slėgis ribojamas mechaniniu slėgio ribojimo vožtuvu (28) (9.18 pav.).

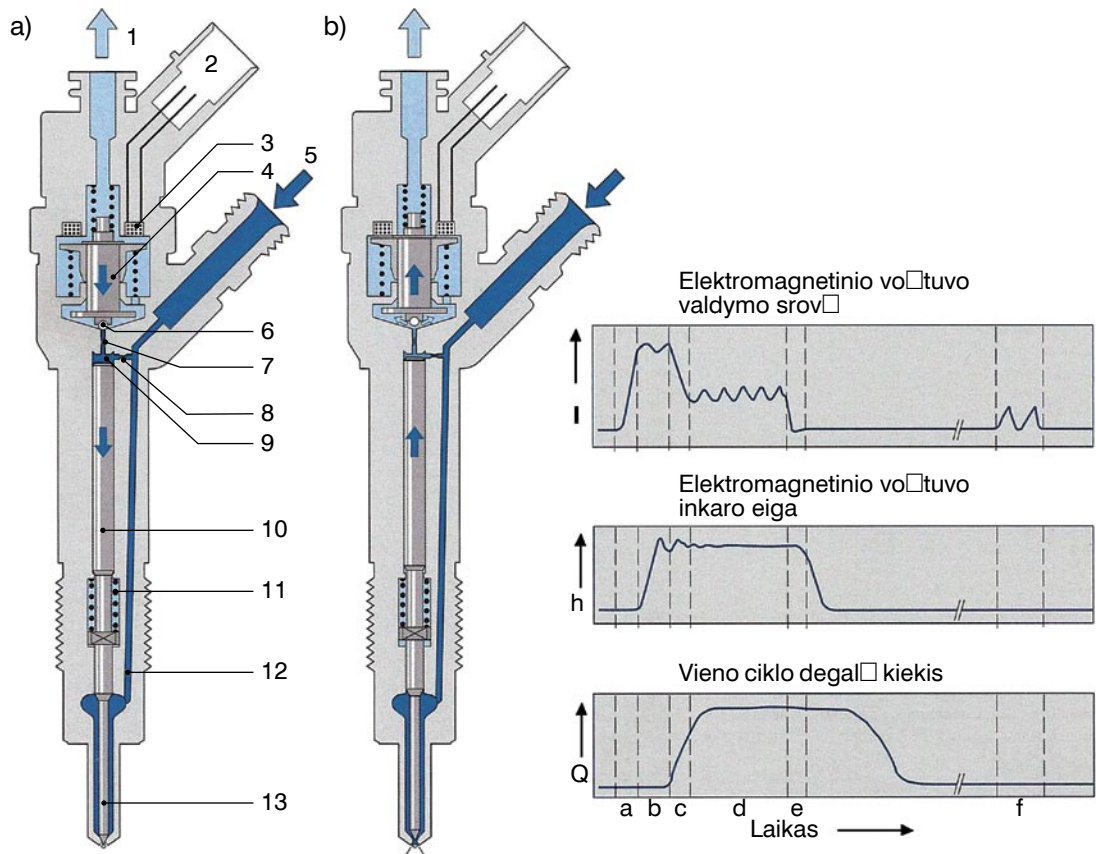
Elektromagnetinis slėgio reguliavimo vožtuvas gali būti įmontuotas ir degalų akumuliatoriuje. Tai padeda geriau kontroliuoti slėgį, slopina slėgio pulsaciją ir sumažina maitinimo sistemos keliamą triukšmą (9.20 pav.).



9.20 pav. Degalų slėgio reguliavimas „Common Rail“ degalų akumuliatoriuje įmontuotu elektromagnetiniu vožtuvu

Degalų tiesioginis įpurškimas į degimo kamerą vykdomas elektroniškai valdomais purkštuvais. EVB valdo degalų įpurškimo pradžios momentą ir kiekį. Purkštuvai gali būti valdomi elektromagnetiniu vožtuvu arba pjezoaktyvatoriumi. Elektromagnetas arba pjezoaktyvatorius purkštuvą valdo ne tiesiogiai, o per hidraulinę sistemą, naudodamas didelį degalų slėgį.

Elektromagnetinis purkštuvai (9.21 pav.) sudarytas iš trijų funkcinų blokų: elektromagnetinio vožtuvo, hidraulinio stiprintuvo ir purkštuko. Degalai iš didelio slėgio magistralės (5) per tiekimo kanalą (12) tiekiami į purkštuką ir pro degalų įtekėjimo droselį (8) į purkštuko valdymo kamerą (9). Esant uždarytam elektromagnetiniam vožtuvui, iš valdymo kameros pusės valdymo plunžerį (10) veikianti hidraulinė jėga ir purkštuko adatos (13) uždarymo spyruoklės (11) jėga būna didesnė už degalų slėgio jėgą, veikiančią adatos kūgį iš apačios, ir purkštukas būna uždarytas. Įjungus vožtuvo elektromagneto (3) maitinimą, inkaras (4) pakeliamas ir atsidaro rutulinis vožtuvas (6). Per atidarytą vožtuvą pro nupylimo droselį (7) degalai iš valdymo kameros išteka į nupylimo magistralę (1), o pro ma-



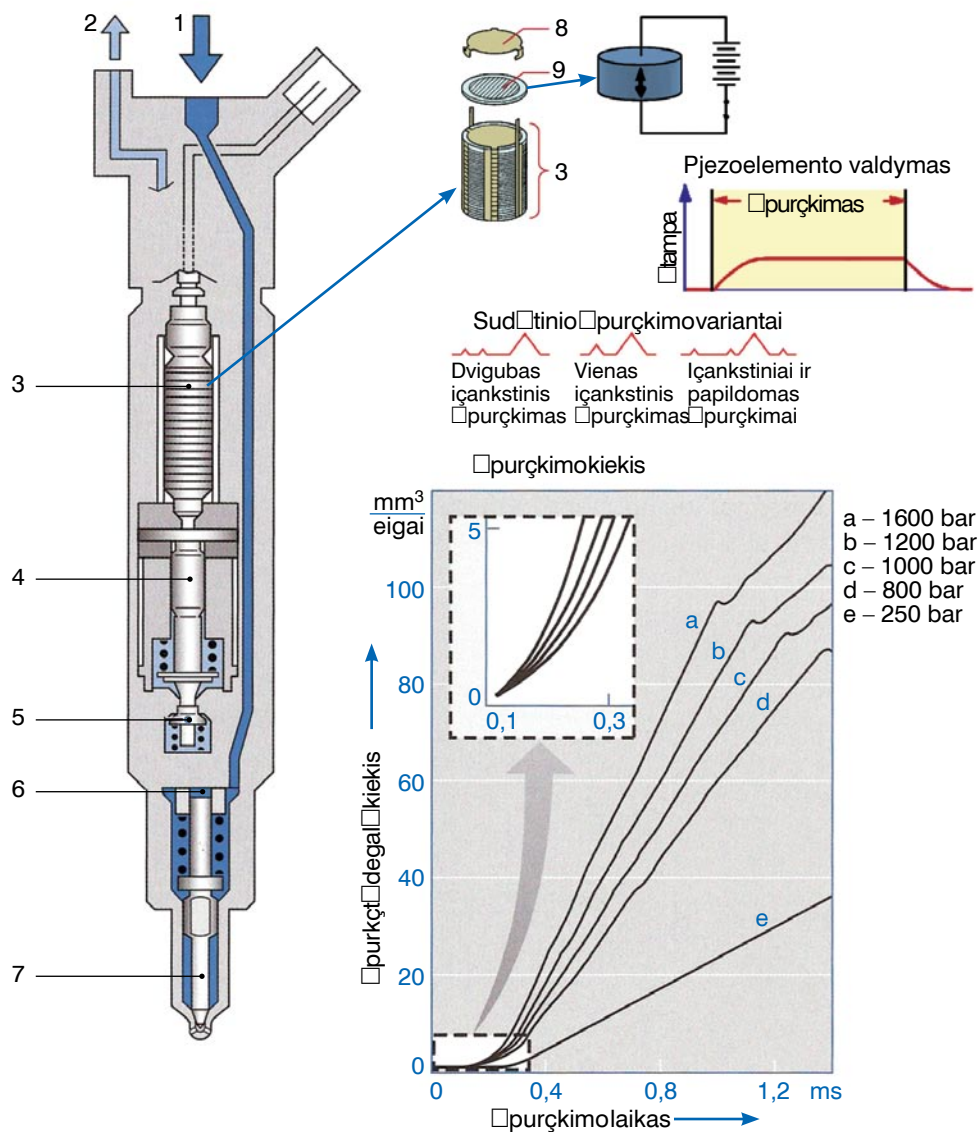
9.21 pav. Elektromagnetiniu vožtuvu valdomas purkštuvai „Common Rail“:

a – purkštuvai uždarytas; b – įpurškimas; 1 – degalų nupylimo magistralė; 2 – purkštuko vožtuvo elektrinio valdymo jungtis; 3 – elektromagneto ritė; 4 – elektromagneto inkaras; 5 – didelio slėgio magistralė; 6 – rutulinis vožtuvas; 7 – degalų nupylimo droselis; 8 – degalų įtekėjimo droselis; 9 – valdymo kamera; 10 – valdymo plunžeris; 11 – spyruoklė; 12 – degalų tiekimo kanalas; 13 – purkštuko adata



žesnio pralaidumo įtekėjimo droselį (8) jų priteka mažiau ir degalų slėgis valdymo kameroje nukrinta. Valdymo plunžerį iš viršaus veikianti hidraulinė jėga sumažėja, didelis degalų slėgis pakelia purkštuko adatą ir prasideda degalų įpurškimas. Nutraukus srovės tiekimą purkštuvu elektromagnetui, spyruoklė nuspaudžia inkarą ir uždaro rutulinį vožtuvą. Valdymo kameroje degalų slėgis išauga ir per valdymo plunžerį kartu su purkštuko spyruokle uždaro purkštuko adatą – įpurškimas nutraukiamas.

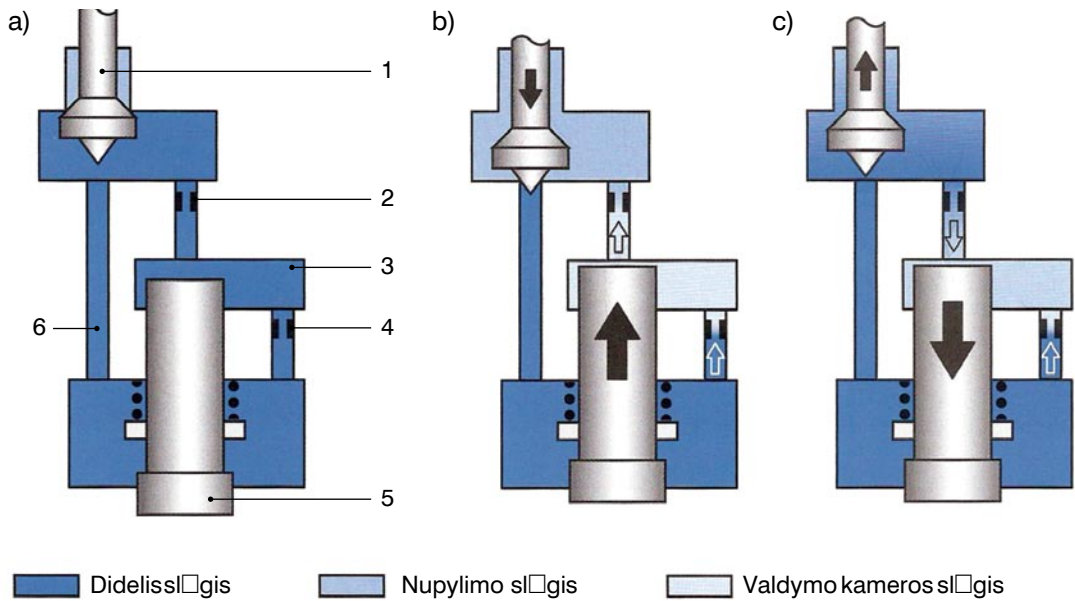
Elektromagnetinio vožtuvo atidarymo pradžioje iš specialaus kondensatoriaus perduodamas 100–150 V įtampos impulsas ir tiekiami stipresnė ( $\approx 20$  A) srovė. Tai užtikrina didelį



9.22 pav. Pjezoelektrinis „Common Rail“ purkštuvus.

1 – didelio slėgio magistralė; 2 – degalų nupylimo magistralė; 3 – pjezoaktyvatoriaus sistema; 4 – stūmiklis; 5 – valdymo vožtuvas; 6 – valdymo kamera; 7 – purkštuko adata; 8 – elektrodas; 9 – pjezelementas



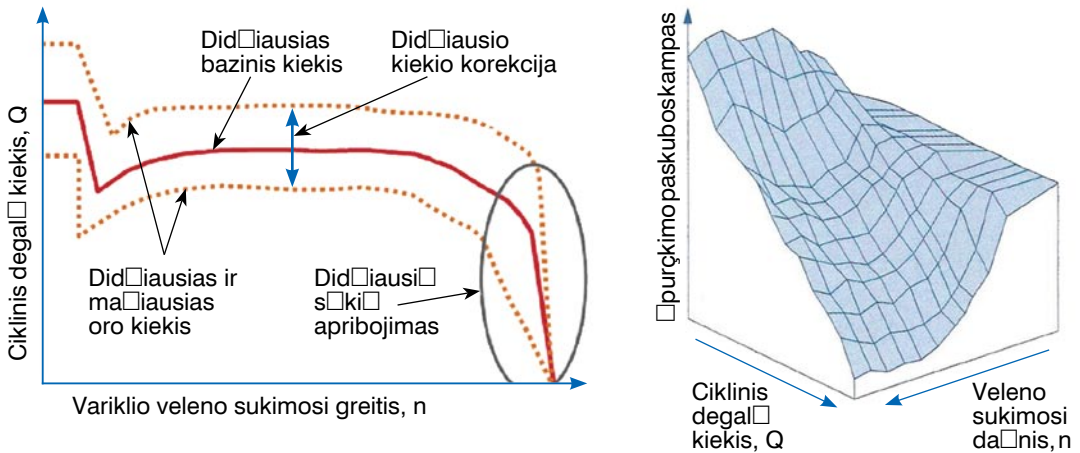


9.23 pav. Pjezoelektrinio purkštuvo valdymas:

a – purkštukas uždarytas; b – purkštuko adata atidaroma; c – purkštuko adata uždaroma;  
 1 – valdymo vožtuvas; 2 – ištekėjimo purkštukas; 3 – valdymo kamera; 4 – pritekėjimo purkštukas; 5 – purkštuko adata; 6 – apėjimo kanalas

atidarymo greitį. Vėliau srovė sumažinama iki išlaikymo srovės ( $\approx 12$  A). Įpurkštų degalų kiekis proporcingas purkštuvo elektromagnetinio vožtuvo įjungimo laikui ir degalų slėgiui didelio slėgio akumuliatoriuje. Įpurškimo slėgis priklauso nuo variklio darbo režimo.

Pjezoaktyvatoriumi valdomi purkštuvai (9.22 pav.) atidaromi ir uždaromi greičiau už elektromagnetinius purkštuvus. Į pjezoaktyvatorių (3) perdavus įtampą, jo ilgis padidėja ir per stūmiklį (4) atidaro valdymo vožtuvą (5). 9.23 paveiksle matyti, kad pro ištekėjimo purkštuką (2) ir pro atidarytą valdymo vožtuvą (1) degalai išteka iš valdymo kameros (3) ir slėgis



9.24 pav. Degalų įpurškimo reguliavimo charakteristikos

virš purkštuko adatos (5) sumažėja. Iš apačios purkštuko adatos kūgį veikiantis didelis degalų slėgis pakelia adatą – vyksta įpurškimas. Atjungus įtampą, pjezoaktyvatoriaus ilgis grįžta į pradinę padėtį, užsidaro valdymo vožtuvas. Pro pritekėjimo (4) ir ištekėjimo (2) purkštukus į valdymo kamerą greitai priteka dyzelino, slėgis valdymo kameroje išauga, purkštuko adata uždaroma ir įpurškimas nutraukiamas. Naudojant šio tipo purkštuvus atliekami išankstiniai ir papildomas degalų įpurškimai. Šiuolaikinėse „Common Rail“ sistemose įpurškimas gali būti padalytas į 7 degalų porcijas. Naudojant pjezoelektrinius purkštuvus degalų sąnaudos sumažinamos iki 20%.

Degalų įpurškimas valdomas remiantis EVB duomenų kaupikliuose įrašytais reguliavimo charakteristikomis (9.24 pav.), kurios koreguojamos pagal įvairius parametrus (pvz.: apkrovą, oro kiekį, aušinamojo skysčio temperatūrą, oro pripūtimo slėgį ir kitus).

## 9.4. Dyzelinių variklių paleidimo lengvinimo būdai ir įtaisai

Dyzelinius variklius paleisti yra sunkiau nei benzininius, nes dyzelinas užsidega įpurškiantis į greitai suspaustą įkaitusį orą. Variklių paleidimą palengvina didesnio sukimo dažnio ir galingesnis starteris bei suslegiamo oro pašildymo įrenginiai. Didelio litražo dyzeliniuose varikliuose dar pašildomas įsiurbiamas oras arba papildomai įpurškiama lengvai užsiliepsnojantių degalų.

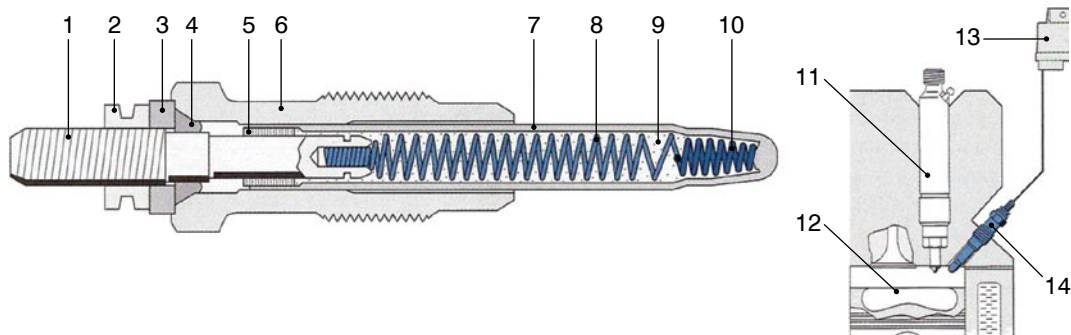
Pašildymo įrenginių su kaitinamosiomis žvakėmis paskirtis – paleidžiant šaltą dyzelinį variklį pašildyti suspaudžiamą orą. Kaitinamosios žvakės privalomos dyzeliniuose varikliuose su padalytomis degimo kameromis (prieškamerėmis ir sūkurinėmis kameromis) (9.2 pav.). Žvakės būtinos, nes didelis prieškamerės ir sūkurinės kameros paviršių plotas paima didelę dalį suspaudus orą išsiskiriančios šilumos, todėl nepasiekiamas įpurkštam dyzelinui užsiliepsnoti reikalinga užsidegimo temperatūra. Pašildymo įrenginiai padidina oro temperatūrą cilindre tiek, kad būtų galima užvesti variklį (ne mažiau kaip 250 °C). Kaitinamosios žvakės naudojamos ir tiesioginio dyzelino įpurškimo varikliuose (pakaitina, kai variklio temperatūra < 0 °C).

Oro pašildymo įrenginys būna įjungtas tik trumpai prieš paleidimą ir per paleidimą. Elektronika valdomi pašildymo įrenginiai tam tikrą laiką šildo ir varikliui pradėjus veikti (iki 3 min.). Taip galima sumažinti vadinamųjų mėlynųjų dūmų susidarymą ir galimą degalų neužsidegimą varikliui išylant.

Pašildymo įrenginiuose kaitinamieji elementai yra spiralinės arba stiebelinės kaitinamosios žvakės (9.25 pav.). Įkaitęs stiebelinės žvakės stiebelis (7) ne tik šildo orą degimo kameroje, bet ir išgarina ant jo patekusius degalus, o aplink žvakę susidaręs degusis mišinys užsiliepsnoja ir uždega visą degimo kameroje esantį degųjų mišinį.

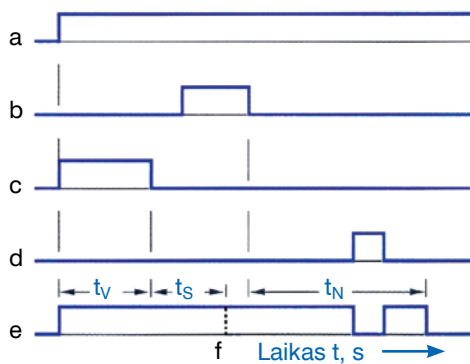
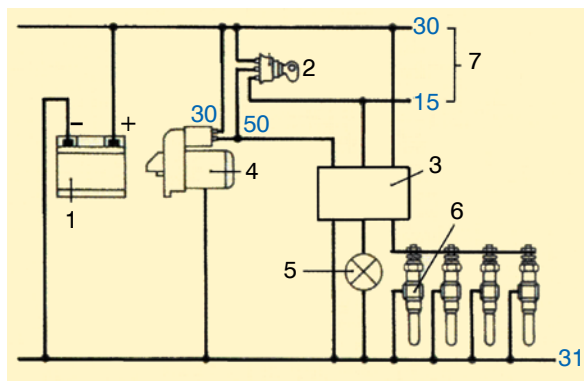
Stiebelinės kaitinamosios žvakės dažniausiai būna vienapolės. Vadinasi, antrasis elektrinis gnybtas yra žvakės korpusas (6) ir per jį jungiamasi su mase. Stiebelinės kaitinamosios žvakės jungiamos lygiagrečiai (9.26 pav.). Šio jungimo privalumas, palyginus su nuoseklia spiralinių kaitinamųjų žvakių jungimu, yra tas, kad sugedus vienai žvakei, kaitinimo srovės grandinė nenutraukiama ir variklį galima paleisti.

Kaitinamoji žvakė greitai (per 4–10 s) įkaista iki būtinos 850 °C temperatūros. Žvakės kaitinimo stiebelyje (7) įtaisyta reguliavimo spiralė (8) (PTC varža – kylant temperatūrai,



9.25 pav. Stiebelinės kaitinamosios žvakės sandara ir montavimas tiesioginio įpurškimo dyzeliniame variklyje:

- 1 – kontaktinis varžtas; 2 – jungiamoji veržlė; 3 – izoliavimo žiedas; 4 – dvigubas sandarinimas; 5 – kaitintuvo sandarinimas; 6 – plieninis korpusas; 7 – kaitinamasis vamzdelis; 8 – termoreguliacinė spiralė; 9 – keraminis užpildas; 10 – kaitinamoji spiralė; 11 – dyzelino purkštuvas; 12 – degimo kamera; 13 – žvakės kaitinimo laiko valdymo blokas; 14 – kaitinamoji žvakė



9.26 pav. Tipinė kaitinamųjų žvakių jungimo schema ir jų veikimo procesas:

- 1 – akumuliatorių baterija; 2 – starterio ir kaitinamųjų žvakių jungiklis; 3 – kaitinimo laiko valdymo blokas; 4 – starteris; 5 – signalinė lempa; 6 – kaitinamosios žvakės; 7 – kiti elektros srovės vartotojai; 15, 30, 31, 50 – laidininkų žymėjimas; a – starterio ir kaitinamųjų žvakių jungiklis; b – starteris; c – signalinė lempa; d – apkrovos jungiklis; e – kaitinamųjų žvakių įjungimo laikas; f – dyzelinio variklio paleidimas;  $t_V$  – išankstinio kaitinimo laikas;  $t_S$  – pasiruošta paleisti;  $t_N$  – paleidus tęsiamas kaitinimas

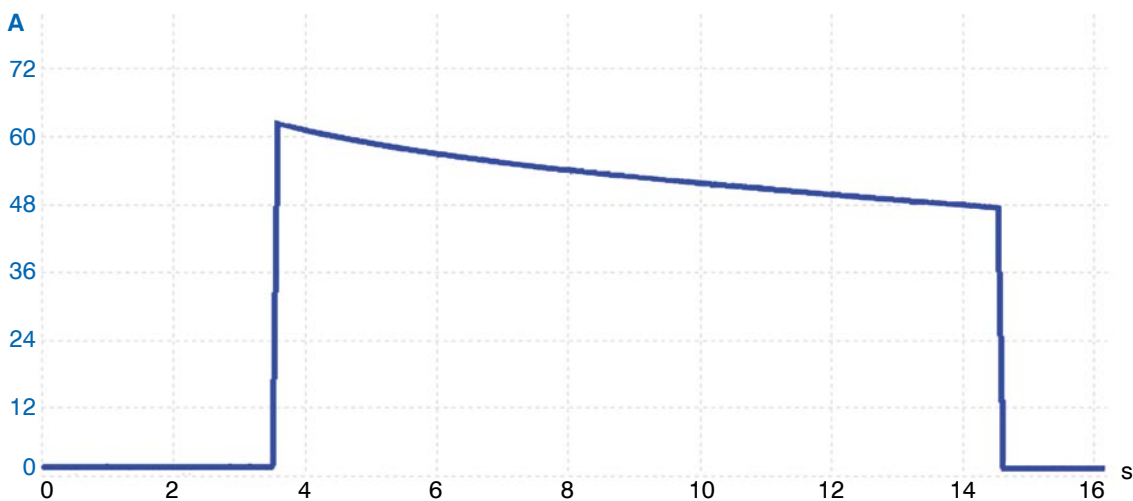
varža didėja) automatiškai riboja kaitinimo srovę (temperatūrą) ir tai pailgina žvakės eksploatavimo laiką.

Pašildymo įrenginį valdo kaitinimo trukmės valdymo įtaisas, kuris:

- parūpina mažiausią būtiną kaitinimo trukmę prieš paleidžiant ir paleidus variklį;
- išjungia kaitinimą, jei paleidimo procesas nevyksta (apsauginis išjungimas);
- išjungia pašildymo įrenginį, kai jame įvyksta trumpasis jungimas arba prie įėjimo gnybtų būna per didelė įtampa;
- signalizuoja, jeigu neveikia kaitinamaoji žvakė.

Kaitinamųjų žvakių valdymo blokas įjungia srovę į kaitinamąsias žvakes per galingą re-  
lę. Kartu užsidega signalinė lempa, kuri gęsta, kai žvakės pasiekia variklio užvedimui pakan-  
kamą temperatūrą. Papildomas kaitinimas po variklio užvedimo turi mažiau įtakos variklio  
dūmingumui ir triukšmingumui išilimo fazėje.

Kaitinamųjų žvakių darbą galima tirti neišsukus jų iš variklio bloko galvutės ir neat-  
jungus srovės tiekimo laidininko. Srovės replėmis ir osciloskopu tam tikrą laiką matuojama  
į nuosekliai sujungtas žvakes tekanti srovė (5.27 pav.). Pavyzdžiui, keturios kaitinamosios  
žvakės, kurių kiekvienos galia 150 W, kaitinimo metu naudoja apie 600 W. Žvakės nuosekliai  
prijungtos prie 12 V įtampos ir grandine turi tekėti  $600/12 = 50$  A srovė. Laikui bėgant, dėl  
didėjančios žvakių reguliavimo spiralės varžos ir krintančios akumuliatoriaus įtampos, srovė  
turi nežymiai silpnėti (9.27 pav.). Jeigu srovė pačioje kaitinamųjų žvakių įjungimo pradžio-  
je bus 25% mažesnė už apskaičiuotą, galima daryti išvadą, kad viena iš žvakių yra perdegusi.  
Atliekant tyrimą išmatuojamas ir žvakių kaitinimo laikas.



9.27 pav. Kaitinamųjų žvakių veikimo tyrimas

### **PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE**

1. Išvardykite dyzelinių variklių maitinimo sistemų tipus.
2. Kokius pagrindinius dyzelinio variklio maitinimo sistemos parametrus reguliuoja elektroninio valdymo sistema?
3. Kaip elektroniniu būdu valdomas įpurškiamų degalų kiekis skirstomojo tipo didelio slėgio degalų siurblyje su ašiniu plunžeriu?
4. Aprašykite įpurškimo momento reguliavimą elektroniniu būdu valdomame skirstomojo tipo didelio slėgio degalų siurblyje.
5. Kokia purkštuko adatos padėties jutiklio paskirtis?
6. Paaiškinkite elektroninio valdymo signalo su kintamuoju impulsų užpildos koeficientu ypatumus.

7. Kokius variklio oro tiekimo sistemos parametrus gali reguliuoti elektroninio valdymo sistema?
8. Kaip elektroniniu būdu valdomas degalų įpurškimas skirstomajame degalų siurblyje su ašiniu plunžeriu ir didelio slėgio elektromagnetiniu dozavimo vožtuvu?
9. Kokie yra individualių įpurškimo sistemų tipai ir jų privalumai?
10. Kaip valdomas degalų tiekimas didelio slėgio degalų siurblyje su purkštuvu?
11. Kokiais būdais gali būti atliekamas išankstinis įpurškimas degalų siurblyje su purkštuvu?
12. Kokie yra akumuliatorinės maitinimo sistemos „Common Rail“ ypatumai ir privalumai?
13. Kokiais būdais reguliuojamas degalų slėgis „Common Rail“ degalų akumuliatoriuje?
14. Aprašykite elektromagnetiniu vožtuvu valdomo „Common Rail“ purkštuvo sandarą ir veikimą.
15. Aprašykite pjezoelektrinio „Common Rail“ sistemos purkštuvo veikimo ypatumus.
16. Kodėl dyzeliniams varikliams reikalingi oro pašildymo įrenginiai?
17. Kodėl pašildymas kaitinamosiomis žvakėmis tęsiamas paleidus dyzelinį variklį?
18. Kuo pranašesnis kaitinamųjų žvakių jungimas lygiagrečiai?
19. Kaip neardant galima įvertinti kaitinamųjų žvakių veikimą?





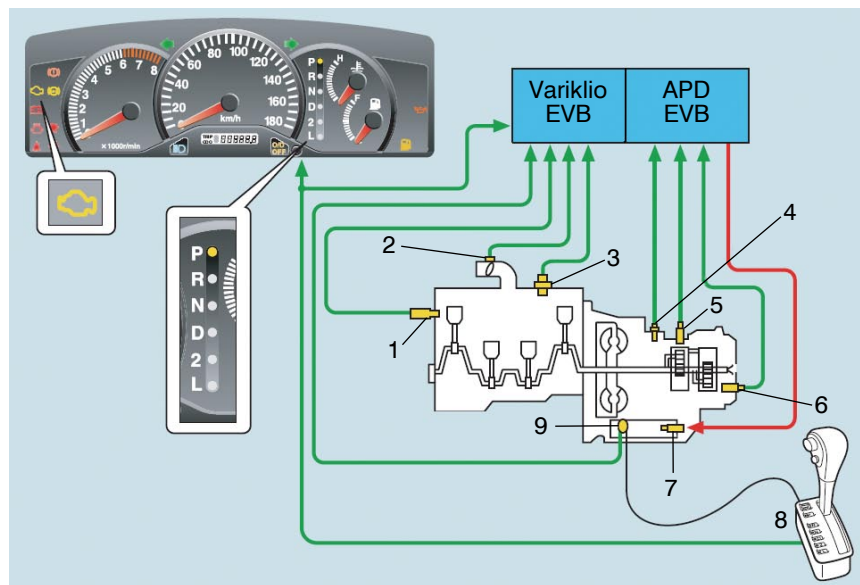
EVB (10) iš pavarų valdymo svirties jutiklio (11) gauna informaciją, kokią pavarą įjungė vairuotojas, ir siunčia valdymo signalus į elektrohidraulinį pavarų valdymo mechanizmą (9). Pagal gautus valdymo signalus valdymo mechanizme esantys elektromagnetiniai vožtuvai nukreipia tiekiamą skystį iš elektrohidraulinio (2) siurblio slėgio akumulatoriaus (3) į hidraulinius cilindrus. Cilindrų hidrauliniai stūmokliai valdymo svirtiniu mechanizmu (7) valdo (pastumia, pasuka) MPD pavarų perjungimo veleną (6). Valdymo veleno padėtis (įjungta pavara) fiksuojama potenciometrinio jutiklio (8), kuris perduoda informaciją į EVB. Sankaba taip pat valdoma elektrohidrauliniu būdu. Sankabos pedalo padėties jutiklio signalas perduodamas į EVB, kuris valdo sankabos darbinio cilindro (4) elektromagnetinį vožtuvą. MPD valdymas yra suderintas su sankabos padėtimi, variklio veleno sukiais.

Pagrindinis klasikinės mechaninės transmisinės pavaros trūkumas – esant individualiam valdymui neišvengiamos vairuotojo klaidos ir netikslumai. Todėl automobiliuose pradėta naudoti automatinė pavarų dėžė (APD), kuri perjungia pavaras be vairuotojo pastangų.

Lengvųjų automobilių automatinės pavarų dėžės skirstomos į laiptines su planetiniu reduktoriumi (10.2 pav.) ir belaiptes CVT (*Continuously variable transmission* – „nuolat keičiamas perdavimo skaičius“) su diržine (10.7 pav.) arba frikcine pavara.

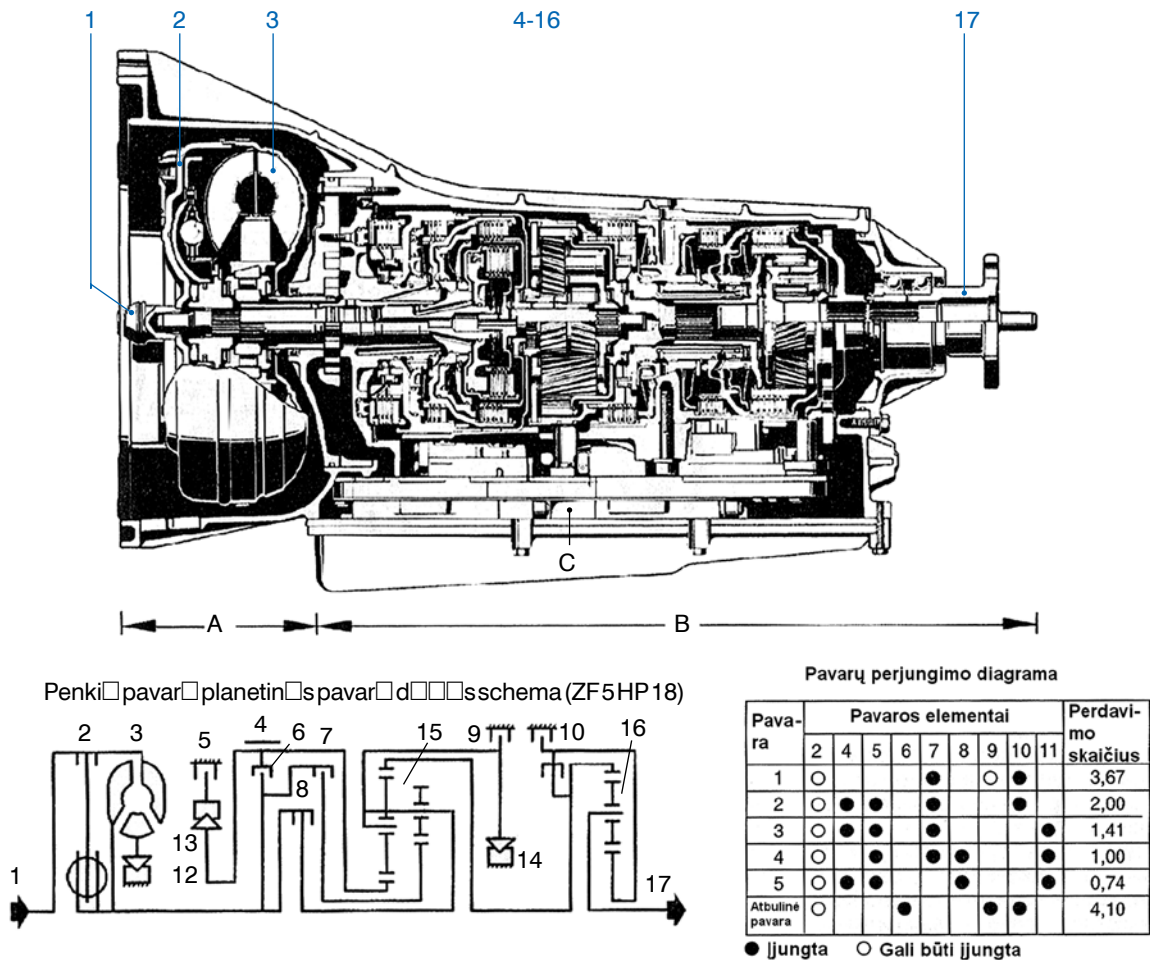
### Automatinės planetinės pavarų dėžės veikimas

Lengvųjų automobilių APD sudaro hidrodinaminis transformatorius A, laiptinio perjungimo planetinis reduktorius B ir frikciniai įrenginiai (stabdžių juostos arba diskai, daugiadiskės sankabos, movos ir jų hidraulinės pavaros (4–11)) (10.3 pav.). Dėžės viduje taip pat



10.2 pav. Lengvojo automobilio automatinės pavarų dėžės valdymas:

1 – alkūninio veleno greičio jutiklis; 2 – droselio padėties jutiklis; 3 – variklio temperatūros jutiklis; 4, 5, 6 – sukimosi greičio jutikliai; 7 – elektromagnetiniai vožtuvai; 8 – APD pavarų valdymo svirties padėties jutiklis; 9 – starterio blokavimo jungiklis



10.3 pav. Elektronškai valdoma automatinė planetinė pavarų dėžė:

A – hidrotransformatorius su blokavimo mova; B – penkių laiptų planetinis mechanizmas; C – elektrohidraulinis pavarų dėžės valdymas; 1 – varantysis velenas; 2 – blokavimo mova; 3 – hidrotransformatorius; 4 – juostinis stabdys; 5–11 – daugiadiskiai frikciniai įrenginiai ir stabdžiai; 12, 13, 14 – laisvosios eigos mechanizmai; 15, 16 – planetiniai mechanizmai; 17 – varomasis velenas

sumontuotas hidraulinis siurblys, palaikantis reikiamą alyvos slėgį hidrauliniame transformatoriuje, maitinantis hidraulinę valdymo ir tepimo sistemas.

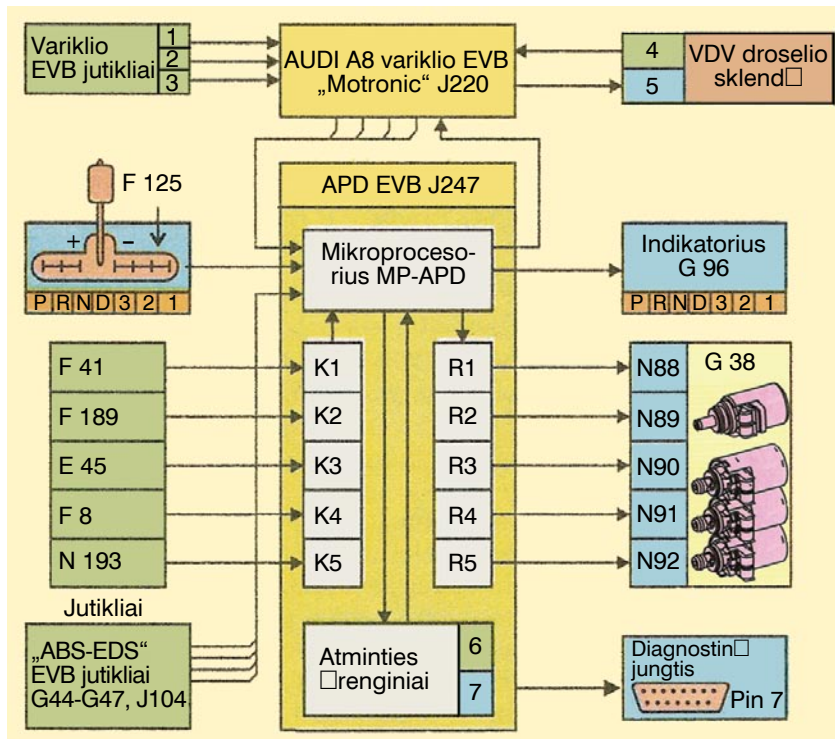
Automatinį pavarų perjungimą atlieka elektromagnetinių vožtuvų blokas C, kuris sumontuotas planetinio reduktoriaus apačioje. Vožtuvus valdo pavarų dėžės elektroninio valdymo bloko (APD EVB) elektriniai signalai.

APD EVB įėjimo signalai, kurių visuma formuoja elektromagnetinių vožtuvų veiksmų (perjungimų) seką, yra šie (10.4 pav.):

- APD pavarų valdymo svirties padėtis (iš daugiafunkcio perjungiklio jutiklio F125);
- programų perjungiklio padėtis (jei toks yra);
- rankinio aukštesnės ar žemesnės pavaros įjungimo „Tiptronic“ jutiklio F189 (jei toks yra);

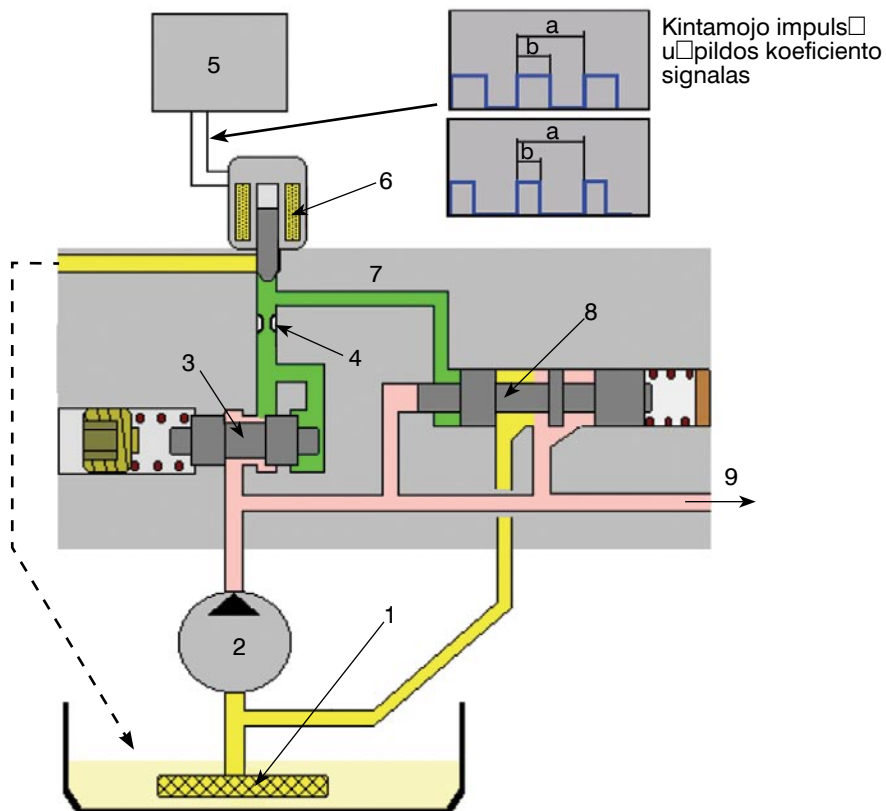
- VDV alkūninio veleno sukimosi dažnis (iš alkūninio veleno greičio jutiklio 1);
- APD antrinio (išėjimo) veleno sukimosi dažnis arba automobilio judėjimo greitis (iš ratų greičio jutiklių G44–G47);
- staigaus akceleratoriaus nuspaudimo „Kick down“ F8 jutiklio;
- droselinės sklendės padėtis ir jos poslinkio greitis (iš droselinės sklendės padėties jutiklio 4);
- VDV apkrova (iš variklio apkrovos jutiklio 3);
- VDV temperatūra (iš variklio temperatūros jutiklio 2);
- alyvos temperatūra APD (iš APD alyvos temperatūros jutiklio);
- starterio blokavimo kontaktai.

Jeigu automobilyje yra elektroninės variklio valdymo ir hidraulinių stabdžių valdymo sistemos, tai dalis APD valdymo signalų gaunama ir iš šių sistemų. Pavyzdžiui, iš ABS sistemos naudojami ratų greičio jutiklių signalai automobilio vidutiniam judėjimo greičiui apskaičiuoti arba APD antrinio veleno sukimosi dažniui nustatyti. Iš variklio valdymo sistemos į APD EVB patenka signalai apie VDV sūkių dažnį ir apkrovą, taip pat signalai apie droselinės sklendės padėtį ir poslinkio greitį.



10.4 pav. Automatinės pavarų dėžės funkcinė schema („Audi A8-018“):

1 – alkūninio veleno greičio jutiklis; 2 – variklio temperatūros jutiklis; 3 – variklio apkrovos jutiklis; 4 – droselio padėties jutiklis; 5 – droselio sklendės pavara; 6 – programų atminties įrenginiai; 7 – gedimų atminties įrenginiai; K1–K5 – signalų keitikliai; R1–R5 – elektromagnetinių vožtuvų įjungimo relės; G38 – elektromagnetinių vožtuvų ir jutiklių (elektrohidraulinio valdymo) blokas pavarų dėžės antrinio veleno sūkių dažniui reguliuoti; kiti APD valdymo sistemos komponentai pateikti 10.1 lentelėje



10.5 pav. Alyvos slėgio valdymas:

1 – filtras; 2 – alyvos siurblys; 3 – slėgio reguliavimo vožtuvas; 4 – droselis; 5 – EVB;  
 6 – linijos slėgio reguliavimo elektromagnetinis vožtuvas; 7 – reguliavimo slėgis;  
 8 – linijos slėgio reguliavimo vožtuvas; 9 – linijos slėgis

Automatinės pavarų dėžės valdymo elektromagnetiniai vožtuvai iš EVB gauna elektrinius valdymo signalus, kurie vožtuvus visai uždaro ar atidaro, arba kintamojo impulsų užpildos koeficiento signalai priverčia elektromagnetinį vožtuvą užimti tam tikrą padėtį ir praleisti tam tikrą alyvos kiekį (10.5 pav.).

### Programinis pavarų perjungimo valdymas

APD elektromagnetinių vožtuvų bloko G38 (10.4 pav.) pagrindinė funkcija yra valdyti daugiadiskes sankabas bei stabdžius ir šitaip nustatyti reikiamą planetinių reduktorių perdavimo skaičių ir sukimosi kryptį. Lengvųjų automobilių automatinėse pavarų dėžėse yra 3, 4, 5 arba 6 pavaros pirmyn ir viena atgal. Tuo užtikrinamas optimalus automobilio judėjimo režimas.

Automobilio judėjimo dinamika ir kartu APD veikimas labai priklauso nuo kelio sąlygų ir vairavimo manieros, kurią pasirenka vairuotojas. Pavyzdžiui, važiuojant užmiestyje, vairuotojas perjunginėja mechaninės pavarų dėžės pavaras sklandžiai, didina automobilio greitį lėtai ir tolygiai, aukštesnę pavarą jungia pagal spidometro duomenis (pirmoji pavana



– iki 20 km/h, antroji – iki 40 km/h, trečioji – iki 60 km/h, ketvirtoji – iki 80 km/h, penktoji – ne daugiau kaip 100 km/h). Tokią judėjimo programą galima realizuoti ir automatiškai, jei analogiškas valdymo algoritmas būtų įvestas į APD EVB pastoviąją atmintį. Tada APD sklandžiai didins automobilio greitį ir pasiekus 20 km/h greitį pirmoji pavara automatiškai bus perjungta į antrąją ir t. t. Toks judėjimo režimas vadinamas ekonomiškuoju ir į APD EVB atmintį įvedamas kaip pirmasis.

Vairuotojui skubant ir netaupant degalų, automobilio greitis didinamas intensyviai, pavara perjunginėjant esant didžiausiesiems VDV sūkiams. Toks judėjimo režimas vadinamas sportiniu ir taip pat gali būti užprogramuotas elektroninėje atmintyje. Sudarant APD valdymo programas, tarp ekonominės ir sportinės į APD EVB atmintį įrašomos dar kelios tarpinės standartinės programos. Vidutinės klasės automobiliuose vairuotojas specialiu programų perjungikliu gali pasirinkti penkias programas ir tada APD dirbs griežtai pasirinktos programos režimu. Aukštos klasės automobiliuose programų perjungiklio nėra, nes programos perjungiamos automatiškai. Čia sudaromas dešimties darbinių dinaminų programų paketas (SP1–SP10), iš kurių pirmosios penkios (SP1–SP5) yra standartinės (nuo ekonominės SP1 iki sportinės SP5) ir dar penkios – specialiosios. SP6 skirta VDV, APD ir katalizatoriui pašildyti, SP7 – APD perjungti į režimą „Tiptronic“. Programos SP8, SP9, SP10 skirtos APD darbui važiuojant kalnuotomis vietovėmis. Pavyzdžiui, programa SP8 neleidžia perjungti į aukštesnę pavarą, jei automobilis juda nuokalne. Jei tada bus stabdoma stabdžiais, tai programa perjungia APD į žemesnę pavarą ir atlieka papildomą stabdymą varikliu. Judant į kalną, programa SP10 parenka optimalų judėjimo greitį žemesne pavara, tad nereikia dažnai perjunginėti pavarų.

APD valdymo sistemai perjungti iš vienos valdymo programos į kitą be vairuotojo pagalbos papildomai naudojami signalai apie droselinės sklendės padėtį ir judėjimo greitį (iš variklio elektroninio valdymo sistemos variklio droselinės sklendės padėties jutiklio), taip pat signalai apie automobilio pagreitį ir apie priekinio ir galinio tiltų ratų sukimosi dažnių skirtumą (iš stabdžių ABS sistemos jutiklių).

Bet kuriuo momentu vairuotojas gali perjungti APD iš automatinio valdymo į aktyvaus individualaus valdymo režimą „Tiptronic“. Tam naudojama pavarų perjungimo svirtis, bet tada automatinio pavarų perjungimo (DSP) režimas nerealizuojamas.

APD valdymo svirtis turi ne vieną, o du judėjimo takelius.

Pirmajame (pagrindiniame) takelyje svirtis fiksuojama septyniose standartinėse pozicijose:

- 1 – galima aukščiausia pirmoji pavara;
- 2 – galima aukščiausia antroji pavara;
- 3 – galima aukščiausia trečioji pavara;
- D – važiavimas pirmyn;
- N – neutrali padėtis: varantieji ratai atjungti nuo variklio;
- R – atbulinė eiga;
- P – stovėjimas.

Į antrąjį (papildomą) takelį svirtis gali būti pervesta tik iš pagrindinio takelio pozicijos D. Tam svirtis palenkama į dešinę ir fiksuojama. Papildomame takelyje svirtis gali judėti pirmyn (+) ir atgal (–) be fiksacijos. Svirčiai perėjus į papildomą takelį, įjungiamas režimas

„Tiptronic“. Tuomet lengvu svirties stumtelėjimu į priekį įjungiamą aukštesnę pavarą. Veikiant priešinga kryptimi (atgal), APD perjungiamą į žemesnę pavarą.

Forsuotai didinant automobilio greitį „Tiptronic“ režimu, APD perjungimas į aukštesnę pavarą atliekamas tik rankiniu būdu, kitu svirties stumtelėjimu pirmyn. Bet atbulinis pavarų perjungimas (į žemesnę), mažinant automobilio greitį, vyksta automatiškai.

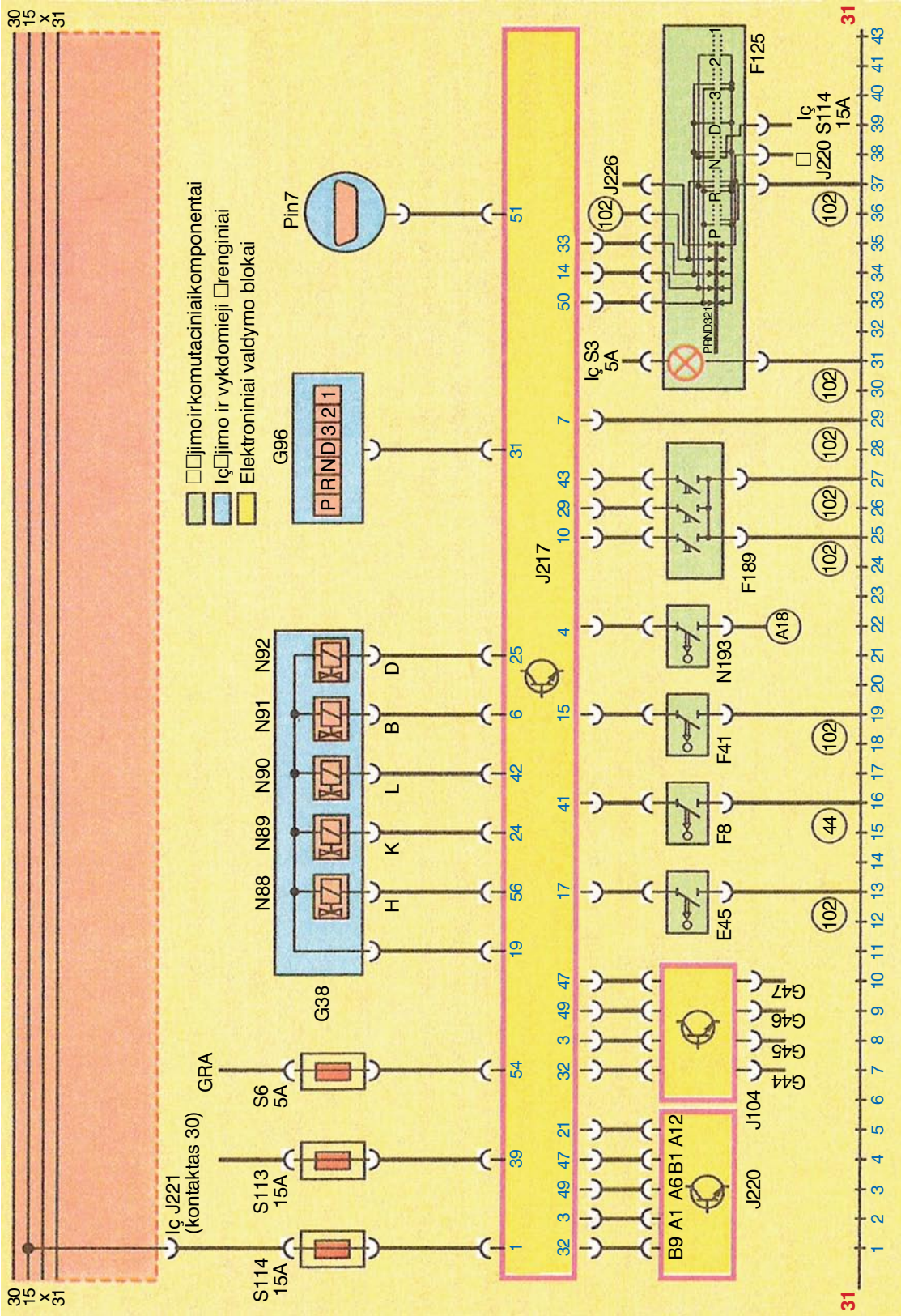
## 10.2. Automatinės pavarų dėžės valdymo principinė elektros schema

10.6 paveiksle pavaizduota automobilio „Audi A8“ (018 modelio) automatinės pavarų dėžės valdymo principinė elektros schema. Ją papildė 10.1 lentelė, kurioje nurodyta komponentų specifikacija.

Principinė elektros schema funkcionuoja taip:

- Jei daugiafunkcis perjungiklis F125 yra padėtyje P arba N, tai variklį galima paleisti starteriu. Visose kitose padėtyse starteris yra užblokuotas.
- Pašildžius VDV ir APD, automobilis gali judėti pirmyn, svirtį pastačius padėtyje 1, 2, 3 arba D, o atgal – padėtyje R.
- Jei svirtis yra padėtyse 1, 2 arba 3, tai APD perjunginėja pavaras tik iki nustatytos pavaros ir atgal.
- Visi pavarų perjungimai realizuojami elektromagnetinių vožtuvų bloku G38. Blokas valdomas elektriniais signalais iš APD EVB (J217).
- Naudojami signalai iš ABS-EDS EVB (J104) apie ratų sukimosi dažnį (jutikliai G44–G47).
- APD EVB (J217) ir variklio „Motronic“ EVB (J220) blokai nuolat keičiasi informacija, taip laiku ir kokybiškai realizuodami APD pavarų perjungimą ir variklio sukimo momento valdymą.
- Režimu „Tiptronic“ APD veikia pagal programą SP7 ir užtikrina momentinį pavarų perjungimą.
- APD svirties padėtis indukuojama prietaisų skydelyje G96 ir rodykle, esančia svirties pagrindiniame takelyje.
- Programų perjungiklis ir parinktos darbinės programos indikatorius šioje schemoje nenaudojamas.
- APD gedimams diagnozuoti įmontuota diagnostikos jungtis Pin7. EVB mikroprocesorius diagnozuoja visus įėjimo signalus siunčiančius įrenginius ir jutiklius bei vykdomo elektromagnetinius vožtuvus.

Pažymėtina, kad APD turi mažesnę mechaninį naudingumo koeficientą, palyginti su MPD, nes yra dideli nuostoliai hidrodinaminiam transformatoriuje. Bet dėl optimalaus pavarų perjungimo APD gali sumažinti degalų sąnaudas važiuojant miesto ciklu, mažesnę taip išmetamųjų dujų emisiją. Variklis ir transmisija apsaugomi nuo atsitiktinių perkrovų dėl netinkamų vairuotojo veiksmų perjungiant pavaras. Pagrindinis APD pranašumas yra tai, kad važiuoti būna patogiau, automobilį paprasta valdyti.



10.6 pav. „Audi A8-018“ automatinės pavarų dėžės valdymo principinė elektrinė schema

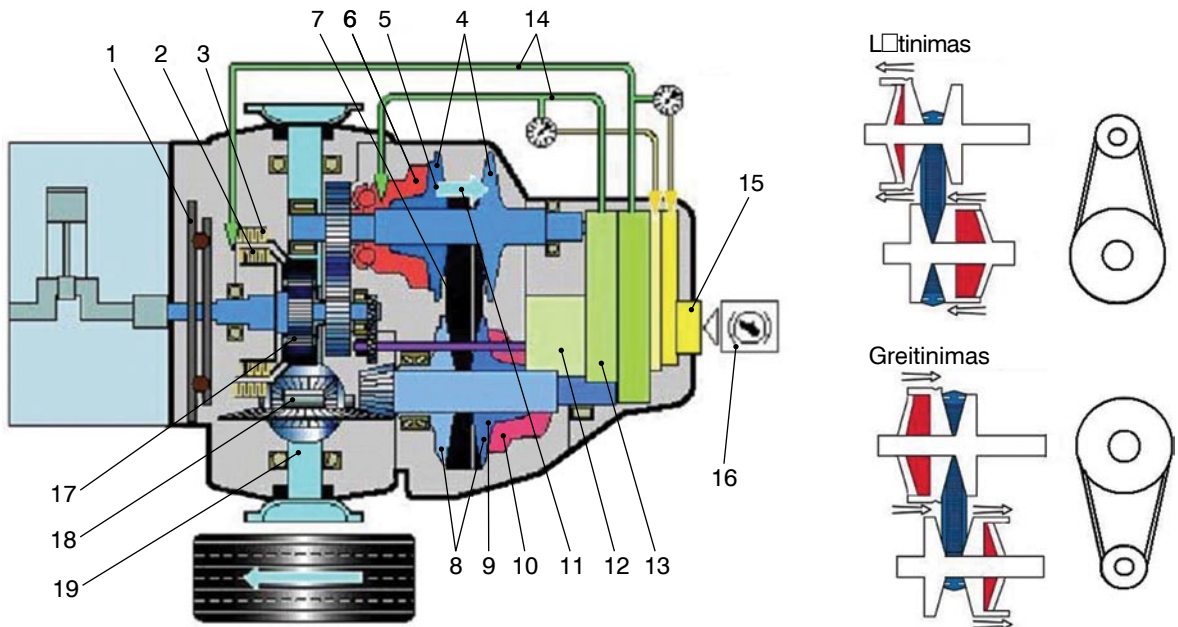
10.1 lentelė. „Audi A8-018“ automatinės pavarų dėžės valdymo sistemos komponentai

<b>Žymėjimas</b>	<b>Komponento pavadinimas</b>	<b>Pozicijos Nr.</b>
E45	Stabdžių jungiklis	13
F8	„Kick down“ jungiklis	16
F41	Atbulinės eigos jungiklis	19
F125	Daugiafunkcis jungiklis	31–43
F189	„Tiptronic“ jungiklis	25–27
G38	Elektromagnetinių vožtuvų ir jutiklių (elektrohidraulinio valdymo) blokas pavarų dėžės antrinio veleno sūkių dažniui reguliuoti	11–21
G44	Galinio dešiniojo rato sukimosi dažnio jutiklis	7
G45	Priekinio dešiniojo rato sukimosi dažnio jutiklis	8
G46	Galinio kairiojo rato sukimosi dažnio jutiklis	9
G47	Priekinio kairiojo rato sukimosi dažnio jutiklis	10
G96	Ijungtos pavaros rodiklis	26–30
J104	ABS su EDS valdymo blokas	7–10
J217	Automatinės pavarų dėžės valdymo blokas	1–43
J220	„Motronico“ valdymo blokas	1–5
J221	EVB „Motronico“ srovės relė	4
J226	Starterio blokavimo ir atbulinės eigos žibinto įjungimo relė	37
N88	1 elektromagnetinis vožtuvas	13
N89	2 elektromagnetinis vožtuvas	15
N90	3 elektromagnetinis vožtuvas (hidrotransformatoriaus blokavimas)	17
N91	4 elektromagnetinis vožtuvas (pavarų perjungimo slėgio reguliatorius)	19
N92	5 elektromagnetinis vožtuvas (linijos slėgio reguliatorius)	21
N193	Trinties movų elektromagnetinis vožtuvas	22
S6	Saugiklis saugiklių bloke	7
S113	APD valdymo bloko saugiklis	4
S114	Automatinės pavarų dėžės saugiklis	1
44	Kontaktas su mase: priekinis stovas kairėje apačioje	16
102	Jungtis su korpusu pavarų dėžės laidų komplekte	Žr. schemą



## 10.3. Belaipės diržinės transmisijos valdymas

Belaipčiu būdu keičiamo perdavimo skaičiaus pavarų dėžėje (CVT) sukimo momentą perduoda trapecinis plieninis diržas, kuris jungia du padalytus keičiamo darbinio skersmens kūginius skriemulius. Skriemulio darbinis skersmuo keičiamas ašine kryptimi hidrauliniu cilindru stumdant judamąją skriemulio pusę. Tokia pavara dar vadinama variatoriumi (10.7 pav.). Varančiajam kūginiam skriemuliui (4) nustačius mažiausią darbinį skersmenį, o varomajam (8) – didžiausią, gaunamas didžiausias perdavimo skaičius – didesnis sukimo momentas. Varančiojo skriemulio skersmenį didinant, o varomojo – mažinant, perdavimo skaičius ir sukimo momentas mažinamas, greitis – didinamas. CVT pavarų dėžė valdoma elektrohidrauline sistema. Hidraulinio siurblio (12) sukuriama slėgis valdomas elektromagnetiniais vožtuvais (13) pagal pavarų dėžės EVB (15) komandas. Keičiant kūginių skriemulių darbo skersmenis, į vieno skriemulio hidraulinio valdymo cilindrą (10) tiekiami suslėgti alyva ir skriemulio diskai suspaudžiami – skriemulio darbo skersmuo padidėja; iš antrojo skriemulio hidraulinio cilindro (6) alyva išleidžiama, kūginiai diskai nutolsta vienas nuo kiti – darbo skersmuo sumažėja. Taip keičiamas antrinio skriemulio sukimosi (ir automobi-



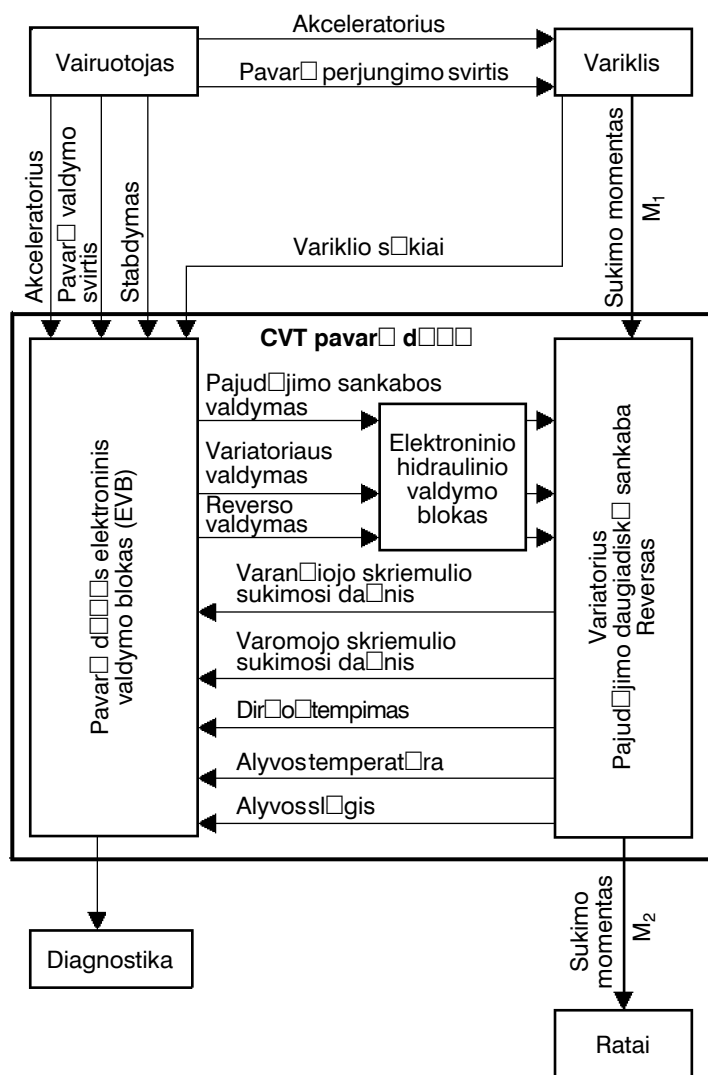
10.7 pav. Automatinė pavarų dėžė su diržiniu variatoriumi (CVT):

- 1 – smagratis; 2 – pajudėjimo iš vietos daugiadiskė sankaba; 3 – atbulinės eigos stabdys;
- 4 – varantysis skriemulys; 5 – varančiojo skriemulio slankusis diskas; 6 – varomojo skriemulio hidraulinis cilindras; 7 – plieninis diržas; 8 – varomasis skriemulys;
- 9 – varomojo skriemulio slankusis diskas; 10 – varomojo skriemulio hidraulinis cilindras;
- 11 – slankiojo skriemulio eiga; 12 – hidraulinis siurblys;
- 13 – hidraulinių elektromagnetinių vožtuvų blokas; 14 – hidrauliniai kanalai;
- 15 – elektroninis blokas; 16 – stabdžio jutiklis; 17 – planetinis reduktorius;
- 18 – diferencialas ir pagrindinė pavara; 19 – rato pusašis



lio) greitis, palaikant optimalų variklio veikimo režimą. Pavarų dėžėje taip pat sumontuotas atbulinės eigos mazgas, pagrindinė pavara su diferencialu (18), pajudėjimo iš vietos mechanizmas (daugiadiskė sankaba (2) arba blokuojamasis hidrottransformatorius). Naujos kartos automobilių („Audi A6“ 2,8) variatorių „Multitronic“ perdavimo skaičiaus keitimo ribos siekia nuo 6:1 iki 0,4:1. Tai leidžia atsisakyti hidrottransformatoriaus ir naudoti alyva aušinamą daugiadiskę sankabą, o tai padidina variatoriaus naudingumo koeficientą ir pagerina automobilio dinamiškumą.

Elektronikos hidrauliškai valdoma daugiadiskė sankaba veikia be jokių trūkčiojimų automobiliui pradėdant važiuoti, nes turi vadinamąją valdomojo praslydimo funkciją. Trūkčiojimo efektas yra pašalintas elektroniškai reguliuojant variklio sūkius. Taip pat elektroniškai bloke įdiegta dinaminė kontrolės programa (DRP, *Dynamic control program*), kuri analizuoja vairuotojo veiksmus ir važiavimo sąlygas, išrenka atitinkamą galios perdavimo schemą (10.8 pav.). Normaliomis kelio sąlygomis valdymo sistema parenka tinkamiausią perdavimo



10.8 pav. Belpaitės transmisijos (CVT) elektrohidraulinio valdymo schema

režimą ir, esant poreikiui, skirtingai nuo įprastų automatinių dėžių, visi perdavimo santykio pokyčiai vyksta tolygiai ir be jokių automobilio trūkčiojimų. Taip pat elektroninis valdymo blokas įvertina kelio nuokalnę ar įkalnę ir automatiškai padidina variklio sūkius arba juos sumažina. Optimalus transmisijos perdavimo skaičiaus reguliavimas užtikrina geriausius automobilio dinamiškumo ir degalų ekonomiško rodiklius.

„Multitronic“ variatoriuje yra rankinio valdymo funkcija. Yra nustatyti šeši fiksuoti perdavimo skaičiai, kuriuos vairuotojas gali mechaniškai (kaip „Tiptronic“ tipo APD) pavarų svirtimi ar jungikliais ant vairo (tai priklauso nuo pasirinktos modifikacijos) perjungti norimą pavarą. Net ir toks laipsniškas pavaros perjungimas vyksta tolygiai ir be pastebimų trūkčiojimų.

### ***PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE***

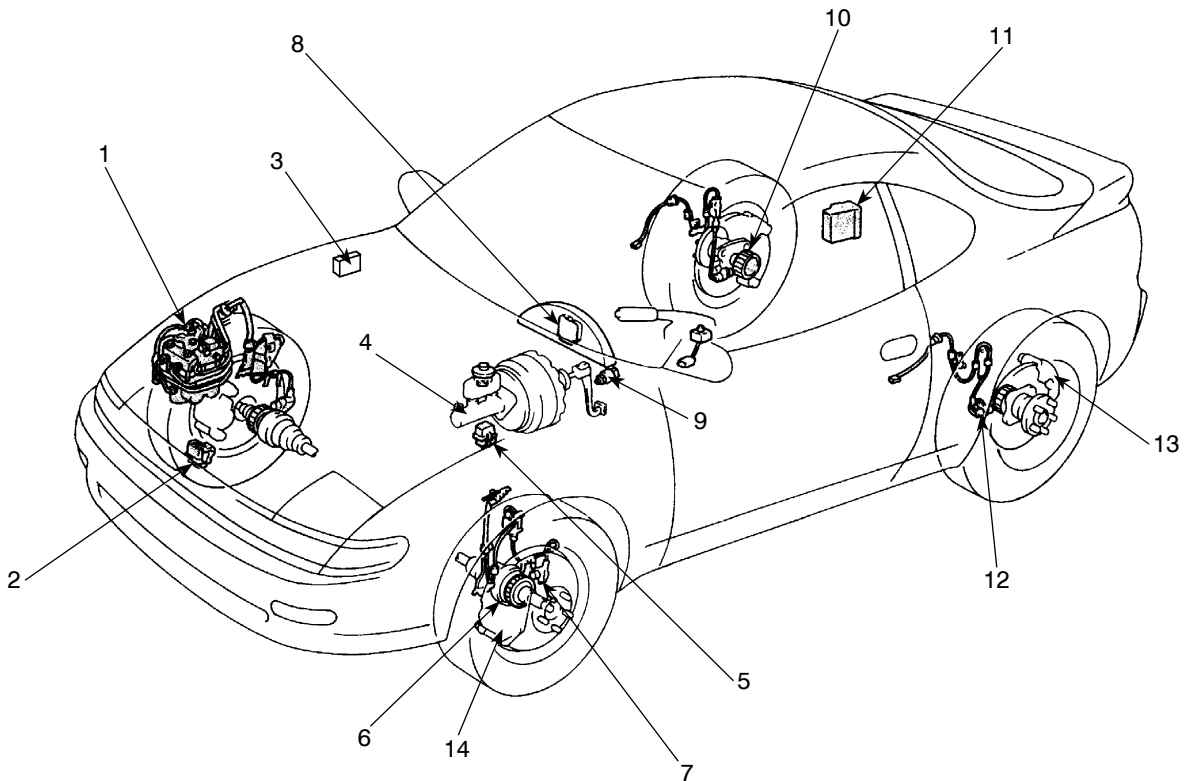
1. Kokie galimi mechaninės pavarų dėžės valdymo būdai?
2. Aprašykite automobilio automatinės pavarų dėžės sandarą.
3. Kokius jėgimo signalus gauna automatinės pavarų dėžės elektroninis valdymo blokas?
4. Koku būdu vykdomas APD automatinis pavarų perjungimas?
5. Kokios galimos APD valdymo standartinės pozicijos?
6. Koks yra „Tiptronic“ valdymo režimo principas?
7. Išvardykite APD privalumus ir trūkumus.
8. Koku būdu keičiamas belaiptės diržinės pavarų dėžės (CVT) perdavimo skaičius?
9. Kokie pagrindiniai junginiai sudaro CVT pavarų dėžę?
10. Kokiais jėgimo signalais EVB valdo CVT pavarų dėžę?

# 11. AUTOMOBILIŲ STABILUMO ELEKTRONINIO VALDYMO SISTEMOS

## 11.1. Stabdžių antiblokavimo sistemų elektroninis valdymas

Stabdžių antiblokavimo sistema (ABS) registruoja kiekvieno rato sukimosi greitį ir pagal gautą informaciją automatiškai koreguoja stabdymo jėgą (hidraulinį slėgį) atskirai kiekvieno rato stabdžių cilindre (11.1 pav.). Šitaip suvienodinami visų keturių ratų sukimosi greičiai stabdant, ratai neslysta, o tai padidina automobilio judėjimo stabilumą, sumažina stabdymo kelių staigiai stabant.

11.3 paveiksle pavaizduota ABS sistemos principinė elektrinė schema, kurios jungiamasis komponentas yra elektroninis valdymo blokas (EVB). Jo elementai įtaisyti hermetiniame gaubte, kuris tvirtinamas automobilio salone arba bagažinėje. ABS EVB struktūrinė schema



11.1 pav. ABS sistemos komponentų išdėstymas automobilyje:

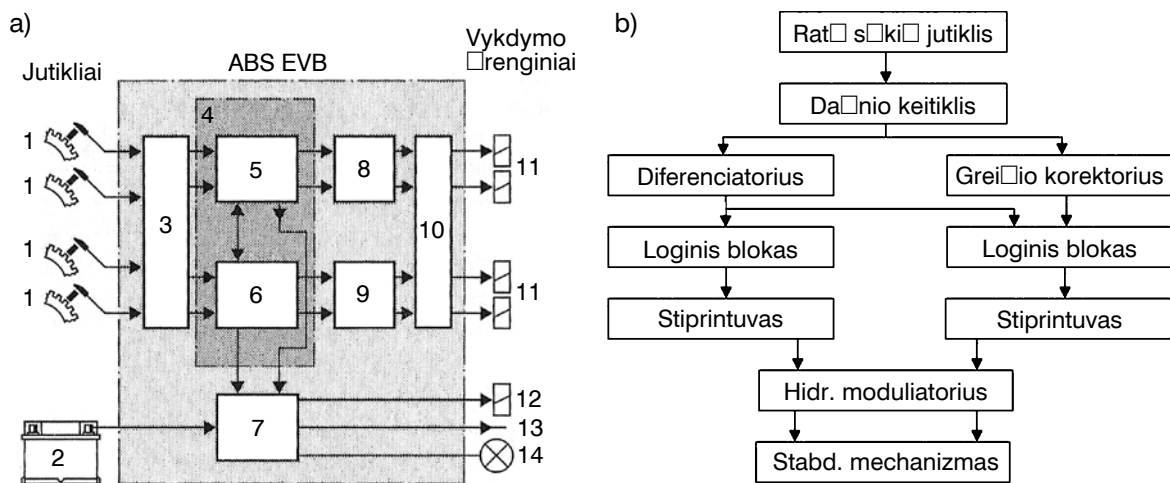
- 1 – ABS hidraulinio modulatoriaus mazgas; 2 – hidraulinio modulatoriaus valdymo relė;
- 3 – ABS EVB; 4 – pagrindinis stabdžių cilindras su vakuuminio stabdžių stiprintuvu;
- 5 – ABS kontrolės diagnostikos jungtis; 6 – priekinio rato jutiklio rotorius; 7 – rato sukimosi greičio jutiklis (priekinis); 8 – ABS kontrolės signalinė lempa; 9 – ABS sistemos pedalo išjungiklis; 10 – užpakalinio rato jutiklio rotorius; 11 – lėtėjimo jutiklis (4WD sistemai);
- 12 – užpakalinio rato sukimosi greičio jutiklis; 13 – užpakalinių diskinių stabdžio apkaba;
- 14 – priekinių diskinių stabdžių apkaba

pavaizduota 11.2 paveiksle, a. Iš ratų sukimosi greičio jutiklių (1) į elektroninį valdymo bloką nuolat teikiama informacija, ji skaitmeniniu būdu apdorojama įėjimo pakopoje (3), sulyginama su mikroprocesorių (5, 6) atmintyje esančia valdymo programa ir gaunamos loginės komandos. Šios, apdorotos išėjimo blokuose (8, 9) ir sustiprintos galinėje pakopoje (10), siunčiamos į vykdymo įrenginius – hidraulinio modulatoriaus mazgo elektrohidraulinius vožtuvus (11). Vožtuvai skirti valdyti slėgiui atskirų ratų stabdžių darbinuose cilindruose. Skaitmeninis blokas (4) sudarytas iš dviejų identiškų mikroprocesorių, kurie veikia lygiagrečiai (1+2 ir 3+4 kanalai) ir „stebi“ vienas kitą. Esant vienodiems įeinantiesiems signalams, išeinantieji signalai taip pat turi būti vienodi. Signalų nesutapimai identifikuojami kaip klaidos, o tada ABS gali išsijungti ir užsidegs signalinė lemputė (14). Klaidos fiksuojamos ir gavus netinkamų parametrų signalus iš jutiklių bei vykdymo mechanizmų. Klaidos išsaugomos EVB atmintyje ir gali būti perskaitytos diagnostikos prietaisu (skeneriu).

11.4 paveiksle pateiktas ABS hidraulinio modulatoriaus su trijų pozicijų elektrohidrauliniu vožtuvu funkcionavimo modelis vienam ratui. Pagal tai, koks stabdymo režimas, sistema gali būti tokių būsenų:

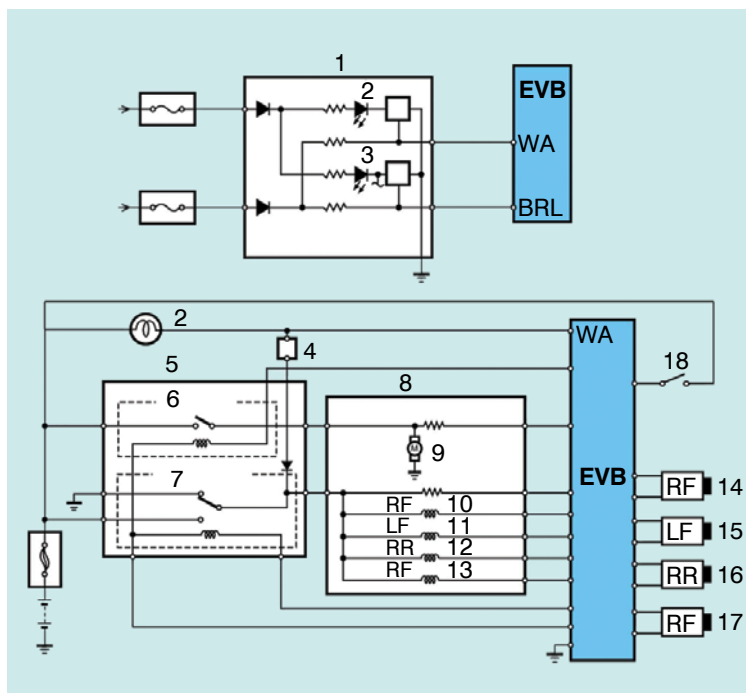
- Stabdymo be ABS (11.4 pav., a). Į hidraulinio modulatoriaus (3) elektrohidraulinio vožtuvo apvijas (6) ir elektrohidraulinį siurbį (4) iš EVB signalai neperduodami. Slėgis iš pagrindinio stabdžių cilindro (1) tiesiogiai perduodamas į darbinį cilindrą (8).

- Slėgio sumažinimas (11.4 pav., b), stabdymo jėgos mažinimas. Į elektrohidraulinį vožtuvą tiekiami 5 A stiprio srovė. Vožtuvas uždaro skysčio tekėjimą iš pagrindinio į darbinį cilindrą ir atidaro ištekėjimą iš darbinio cilindro į hidraulinį akumuliatorių (7). Į siurbį tiekiant 12 V įtampą, skystis iš hidraulinio akumulatoriaus perpumpuojamas į pagrindinį cilindrą.



11.2 pav. ABS elektroninio valdymo schema:

a – ABS EVB struktūrinė schema; b – ABS valdymo schema; 1 – ratų sukimosi greičio jutikliai; 2 – akumulatoriaus baterija; 3 – įėjimo pakopa; 4 – skaitmeninis blokas; 5, 6 – mikroprocesoriai; 7 – įtampos stabilizatorius; 8, 9 – išėjimo blokai; 10 – galinė pakopa; 11 – elektrohidrauliniai vožtuvai; 12 – apsauginės relės; 13 – stabilizuota baterijos įtampa; 14 – signalinė lemputė



11.3 pav. ABS sistemos principinė valdymo schema:

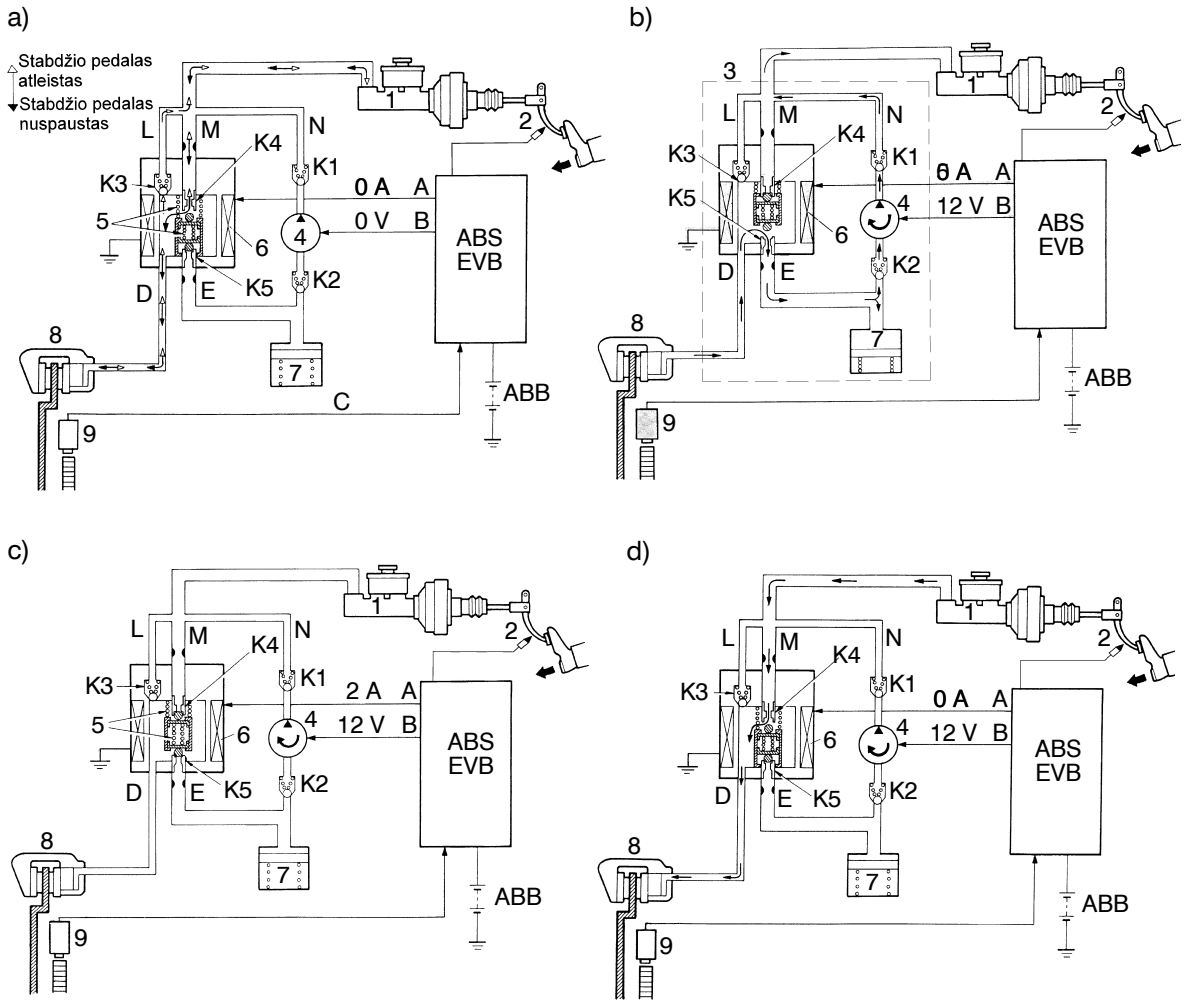
- 1 – prietaisų skydelis; 2 – ABS indikatoriaus lemputė; 3 – stabdžių indikatoriaus lemputė;  
 4 – serviso jungtis; 5 – ABS valdymo relė; 6 – variklio relė; 7 – elektromagnetinių vožtuvų relė;  
 8 – ABS modulatorius; 9 – hidraulinis siurblys; 10, 11, 12, 13 – hidraulinio modulatoriaus elektromagnetiniai vožtuvai; 14, 15, 16, 17 – ratų sukimosi greičio jutikliai;  
 18 – „stop“ signalo jungiklis

- Slėgio palaikymas (11.4 pav., c). Į elektrohidraulinių vožtuvų tiekiamas 2 A stiprio srovė. Vožtuvas užima tarpinę padėtį ir uždaro skysčio tekėjimą iš pagrindinio į darbinį cilindrą ir ištekėjimą iš darbinio cilindro į hidraulinį akumuliatorių. Į siurblį perduodama 12 V įtampa.

- Slėgio didinimas (11.4 pav., d). Į hidraulinio modulatoriaus elektrohidraulinių vožtuvų srovė netiekiamas. Į siurblį perduodama 12 V įtampa ir jis tiekia skystį į darbinį stabdžių cilindrą.

ABS sistema gali turėti įvairių konstrukcinių ir valdymo ypatumų. 11.5 paveiksle pateikta ABS sistema su dviem padėčių elektrohidrauliniams vožtuvams (7, 8, 9, 10). Į sistemą integruota pagalbinė sistema „Brake Assist“ (BA), kuri aktyvuojasi, kai vairuotojas staigiai stabdo. Pagal stabdžių pedalo paspaudimo greitį sistema atpažįsta, ar yra būtina staigaus sustabdymo situacija. Jei taip, atidaromas BA elektromagnetinis vožtuvas (5), iš hidraulinio siurblio (15) pakyla skysčio slėgis stabdžių sistemoje ir aktyvuojama visa stiprinimo jėga. BA elektromagnetinis vožtuvas gali būti įmontuotas stabdžių vakuuminiame stiprintuve ir jį įjungus stiprintuvas veikia didžiausią jėga. Vairuotojui atleidus pedalą, tai įvertinama (pedalo atleidimo jutiklio-BA sistemos išjungikliu) ir BA elektromagnetinis vožtuvas vėl uždaromas. ABS sistema veikia kartu, jeigu veikiant BA sistemai ratai pradeda slysti.

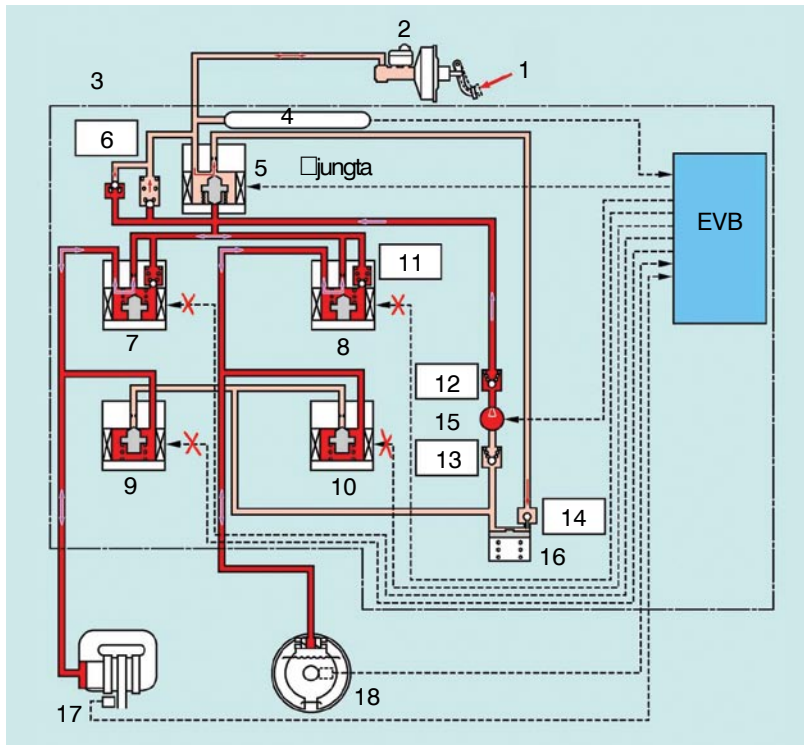




11.4 pav. ABS sistemos hidraulinio modulatoriaus su trijų pozicijų elektrohidrauliniu vožtuvu funkcionavimo modelis (vienam ratui):

- a – stabdymas be ABS; b – slėgio mažinimas; c – slėgio palaikymas; d – slėgio didinimas;
- 1 – pagrindinis stabdžių cilindras; 2 – ABS sistemos pedalinis išjungiklis (jutiklis);
- 3 – ABS hidraulinio modulatoriaus mazgas; 4 – elektrohidraulinis siurblys;
- 5 – grąžinimo spyruoklė; 6 – elektrohidraulinio vožtuvo apvijos; 7 – hidraulinis akumuliatorius; 8 – rato stabdžių cilindras; 9 – rato sukimosi greičio jutiklis;
- A ir B – kontaktai; C – rato sukimosi dažnio jutiklio signalas; D, E, L, M, N – kanalai;
- ABS EVB – ABS elektroninis valdymo blokas;  $K_1, K_2, K_3$  – atbulinio veikimo redukciniai vožtuvai;  $K_4$  ir  $K_5$  – uždorio vožtuvai

ABS sistemų eksploatacijos patirtis didėja, sistemos toliau tobulinamos, joms ir papildomoms sistemoms padedant galima realizuoti daugelį automobilio traukos kontrolės bei judėjimo stabilumo valdymo būdų.



11.5 pav. Stabdymo pagalbinės sistemos BA veikimo schema:

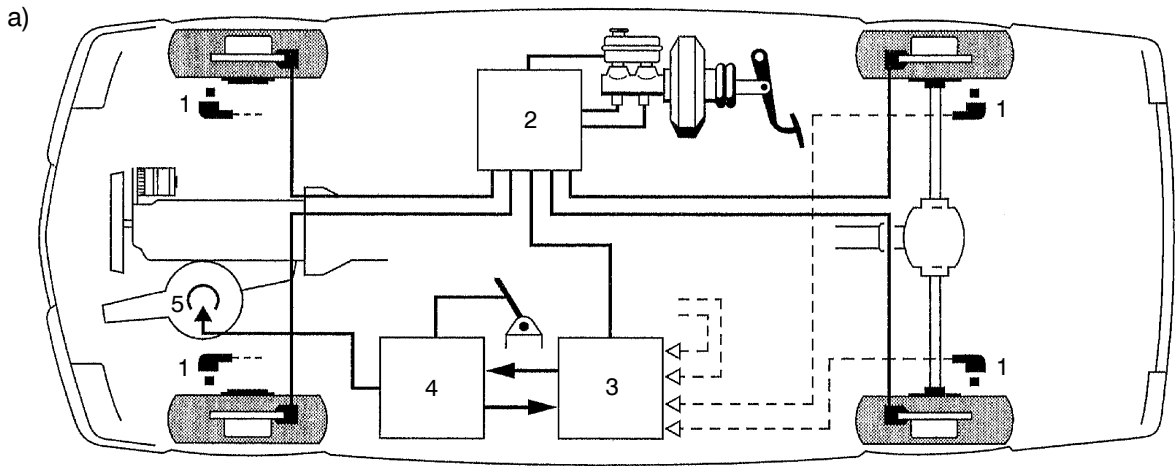
1 – staigus stabdymas; 2 – pagrindinis stabdžių cilindras; 3 – ABS, BA, TRC (traukos kontrolės sistemos), VSC (judėjimo stabilumo sistemos) slėgio moduliatorius; 4 – slėgio jutiklis; 5 – BA sistemos įjungimo vožtuvas; 6 – apsauginis vožtuvas; 7, 8 – slėgio išlaikymo vožtuvas; 9, 10 – slėgio mažinimo vožtuvas; 11, 12, 13, 14 – atbulinis vožtuvas; 15 – hidraulinis siurblys; 16 – slėgio akumuliatorius; 17, 18 – rato greičio jutiklis

## 11.2. Automobilio traukos kontrolės elektroninis valdymas

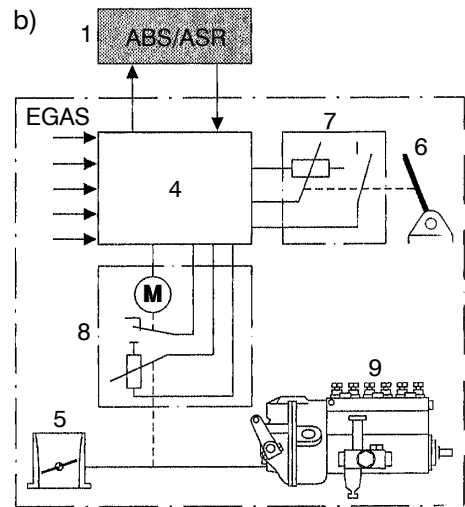
Automobilio traukos kontrolė gali būti vykdoma į ABS sistemą integravus papildomas sistemas:

- Vārančiojo tilto diferencinė elektroninio blokavimo sistema (EDS). Diferencinė blokavimas realizuojamas automatiškai to varančiojo rato pristabdymu, kuris dėl prabuksavimo pradeda sukis greičiau už kitus. Tai atlieka ABS sistema, kurios sudėtyje yra didelio slėgio hidraulinis siurblys.

- Vārančiųjų rātų antibuksavimo sistema ASR (*Antriebs Schlupf Regelung*) arba kitaip – TRC (*TRaction control system*) išlaisvina vairuotoją nuo variklio sūkių kontrolės automobiliui pradedant judėti ir išbėgėjant, palaiko automobilio stabilumą ir didžiausią greitį. Per didelis akceleratoriaus pedalo nuspaudimas neutralizuojamas pristabdant buksuojančius varančiuosius ratus ir valdant variklio sukimo momentą. Ratai pristabdomi ABS sistema. Variklio sukimo momentas gali būti valdomas įvairiai: valdant droselinę sklendę, įpurškiamų degalų kiekį, uždegimo paskubos kampą.



11.6 pav. ABS/ASR 2I (firma „Bosch“) sistema:  
 a – ABS/ASR sistemos junginių išdėstymas  
 automobilyje; b – variklio galingumo  
 valdymo sistema (EMS); 1 – ratų sukimosi  
 greičio jutikliai; 2 – ABS/ASR hidraulinis  
 moduliatorius; 3 – ABS/ASR valdymo blokas;  
 4 – EGAS valdymo blokas; 5 – droselinė sklendė;  
 6 – akceleratoriaus pedalas; 7 – akceleratoriaus  
 pedalo jutiklis; 8 – servomotoras; 9 – dyzelio  
 didelio slėgio degalų siurblys



„Me-Motronico“ sistemoje mechaninis ryšys tarp akceleratoriaus pedalo (6) ir droselinės sklendės (5) (arba dyzelinio variklio didelio slėgio degalų siurblio (9)) pakeistas elektroniniu valdymu EGAS. Jutiklis (7) akceleratoriaus pedalo padėtį paverčia elektriniu signalu, jis perduodamas į EGAS valdymo bloką (4), o iš čia perduodama valdymo įtampa į droselinės sklendės servomotorą (8) (arba dyzelio degalų siurblių) (11.6 pav.). Iš ten pat gaunama ir grįžtamoji informacija apie jų padėtį. EGAS blokas keičiasi informacija ir su ABS/ASR (3), ir su „Motronico“ valdymo blokais. Standartinis ABS hidraulinis moduliatorius papildomas ASR sekcija. Tai leidžia kartu su EGAS funkcija atlikti ir buksuojančių ratų trumpalaikį stabdymą automobilio darbiniais stabdžiais.

### 11.3. Automobilio stabilumo elektroninis valdymas

ABS ir TRC sistemos užtikrina automobilio stabilumą jį stabdant ir jam įsibėgėjant, o automobilio stabilumo elektroninis valdymas reguliuoja automobilio skersinę dinamiką (11.7 pav.). Tai sistema, galinti ištaisyti vėlyvo arba netinkamo stabdymo bei netinkamo elgesio su

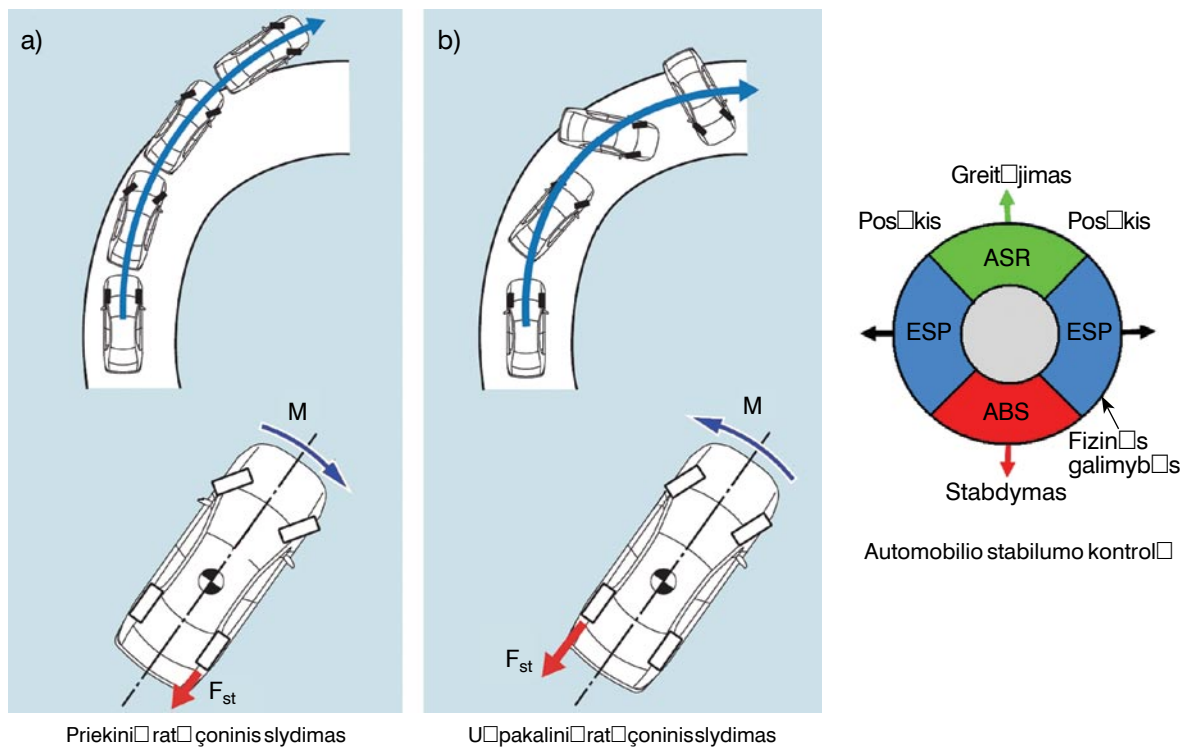
vairu klaidas ir labai prisideda prie aktyvaus eismo saugumo. Skirtingi automobilių gamintojai automobilio stabilumo elektroninio valdymo sistemą vadina skirtingai: „Audi“, „Volkswagen“, „Mercedes-Benz“, „Daimler Chrysler“ – ESP (*Electronic stability program*); BMW – DSC (*Dynamic stability control*); „Lexus“, „Toyota“ – VSC (*Vehicle skid control*) ir t. t.

ESP sistema neleidžia šoninių jėgų veikiamam automobiliui nukrypti nuo reikiamo kurso:

- Priekiniams ratams dėl šoninio slydimo kryptant nuo kurso, ESP sistemos valdymo blokas, įvertinęs iš jutiklių gautus duomenis ir apskaičiavęs stabdymo jėgą  $F_{st}$  bei trukmę, trumpam pristabdo užpakalinį ratą, esantį vidinėje posūkio pusėje (11.7 pav., a). Likę trys ratai inercinių jėgų arba transmisijos perduodamomis varomosiomis jėgomis varo automobilį ir pristabdytas ratas tampa koregavimo momento  $M$  centru – t. y. ašimi, apie kurią pasukamas automobilio kėbulas iki numatyto kurso.

- Užpakaliniams ratams dėl šoninio slydimo kryptant nuo kurso, trumpam pristabdomas priekinis ratas posūkio išorėje (11.7 pav., b). Pristabdytasis ratas vėl tampa koreguojančio momento centru – savotiška ašimi, apie kurią likusių trijų varomųjų ratų stumiamas kėbulas pasukamas tiek, kad automobilis sugrįžtų iki numatyto kurso. Gali būti naudojamos ESP valdymo programos, pagal kurias gali būti pristabdomi arba papildomai varomi ir kiti ratai.

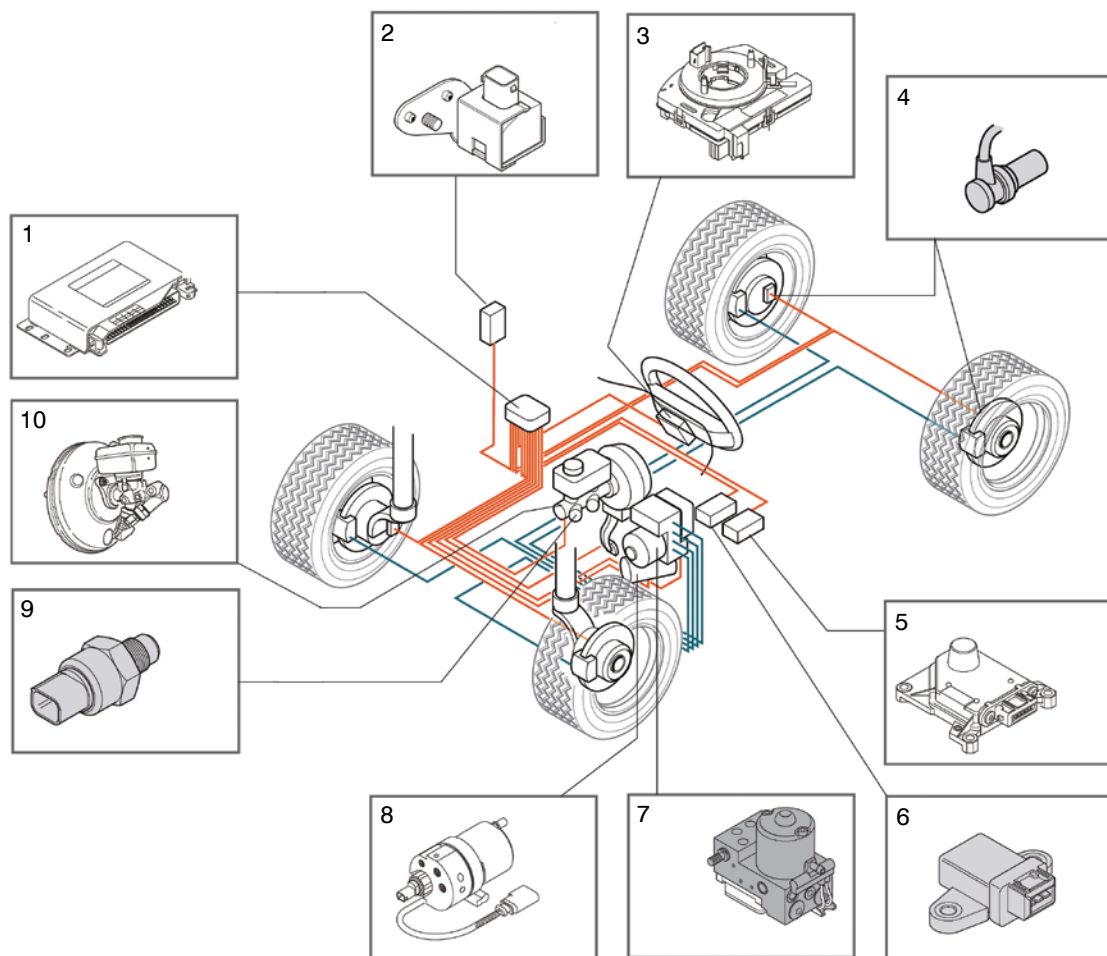
Stabdymo impulsai veikia žaibiškai ir trunka tik kelias šimtąsias sekundės dalis. Juos valdo ESP sistemos elektroninis valdymo blokas (1) (11.8 pav.), kuris iš jutiklio (girome-



11.7 pav. Automobilio stabilumo valdymas:

$F_{st}$  – ESP sistemos stabdomi ratai;  $M$  – sukurtas korekcinis momentas, kuriuo automobilis grąžinamas į reikiamą kursą

tro) (5) gauna informaciją apie tai, ar automobilis pasisuko apie savo vertikaliąją ašį (ne nuo vairo pasukimo). Kiti jutikliai teikia informaciją apie momentinį (esamą) slėgį hidraulinėje stabdžių sistemoje (9), vairo padėtį (pasukimo kampą) (3), automobilio greitėjimą (2), ratų sukčius (4). Naujausių kartų ESP sistemos turi jutiklį, kuris fiksuoja automobilio pasisukimą apie išilginę ašį, ši sistema laiku pastebi ir sumažina apvirtimo grėsmę.



11.8 pav. Automobilio stabilumo elektroninė valdymo sistema:

- 1 – elektroninis valdymo blokas; 2 – išilginio judėjimo pagreičio jutiklis; 3 – vairo pasukimo kampo jutiklis; 4 – ratų sukimosi greičio jutikliai; 5 – pasisukimo apie vertikaliąją ašį (girometrinis) jutiklis; 6 – skersinio pagreičio jutiklis; 7 – hidraulinis modulatorius; 8 – didelio slėgio hidraulinis siurblys; 9 – stabdžių hidraulinio slėgio jutiklis; 10 – pagrindinis stabdžių cilindras su vakuuminiu stiprintuvu

Papildomos ESP funkcijos:

- atlieka ABS ir TRC funkcijas. Vykdamas TRC ir ESP stabdymą, pasikeičia duomenimis CAN ryšiu (15 skyr.) su variklio ir pavarų dėžės valdymo blokais;
- kai vykdo ESP funkciją, daro įtaką variklio sukimo momento valdymui;
- turi integruotą BA sistemos valdymą;



- tiesiogiai arba per CAN ryšį aprūpina kitas valdymo sistemas apdorotu automobilio greičio signalu ir ratų sūkių signalais;

- CAN ryšiu tiekia informaciją prietaisų skydeliui į kontrolinę ABS lemputę – ji užsidega, kai ABS sistemoje atsiranda klaidų; įspėjamąją ESP lemputę – ji informuoja apie ESP poveikį ir mirksi atsiradus stabdymo impulsams ir esant variklio sukimo momento mažinimui; informuoja apie stabdžių skysčio nepakankamą lygį, apie stabdžių trinkelį frikcinių antdėklų susidėvėjimą, apie stovėjimo (rankinio) stabdžio padėtį, apie klaidas sistemoje;

- per prietaisų skydelį įspėja vairuotoją apie oro slėgio sumažėjimą vienoje iš padangų. Tai nustatoma tarpusavyje lyginant ratų sūkius;

- ESP turi integruotą loginę valdymo dalį vairuojamųjų ratų pasukimo momentui reguliuoti (PML sistema esant elektrohidrauliniam vairo stiprintuvui). Vis plačiau naudojami elektriniai vairo stiprintuvai.

ESP sistema išjungiamą nuspaudus mygtuką su užrašu „ESP“ prietaisų skydelyje, o įjungiamą dar kartą paspaudus tą patį mygtuką. Paleidžiant variklį ESP sistema aktyvuojama automatiškai.

ESP sistemą rekomenduojama išjungti šiais atvejais: norint išjudinti automobilį, užstrigusį giliame sniege arba biriamame grunte; važiuojant su grandinėmis ant ratų, tikrinant automobilį ant dinamometrinio stendo.

## **Elektriniai vairo stiprintuvai**

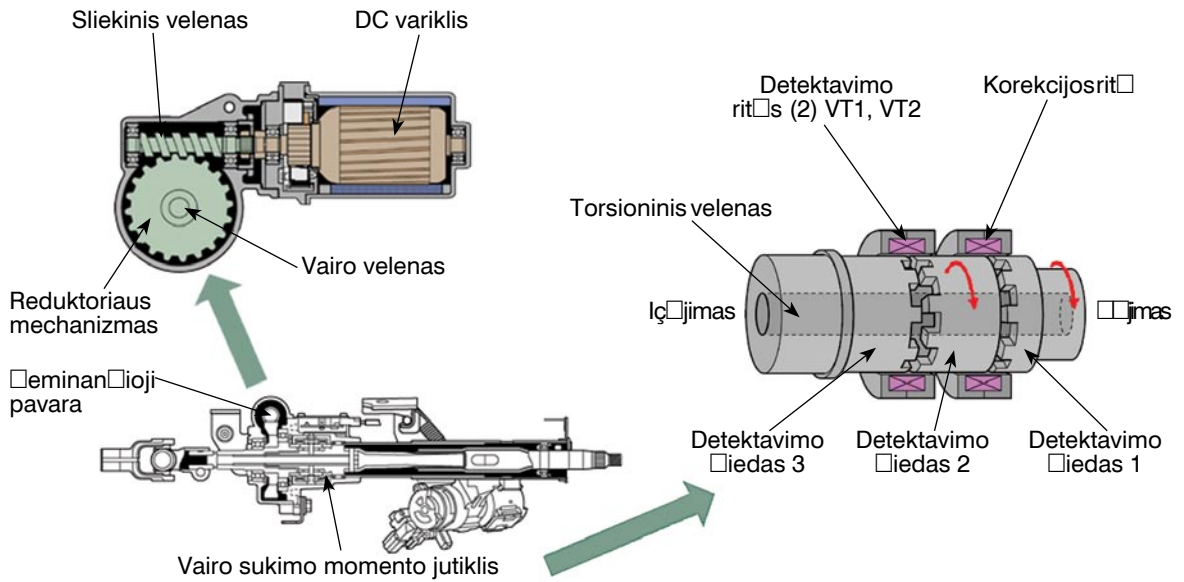
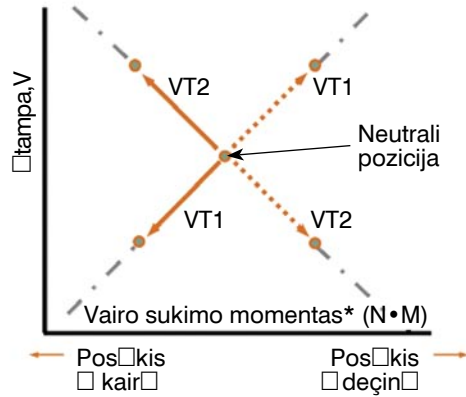
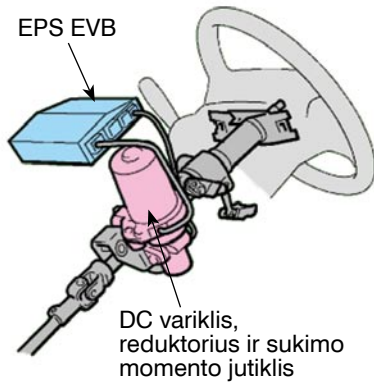
Elektriniai vairo stiprintuvai EMPS/EPS (*Electric motor power steering*) gali būti primontuojami:

- ant vairo veleno (11.9 pav.);
- ant vairo krumpliastiebio (11.10 pav.).

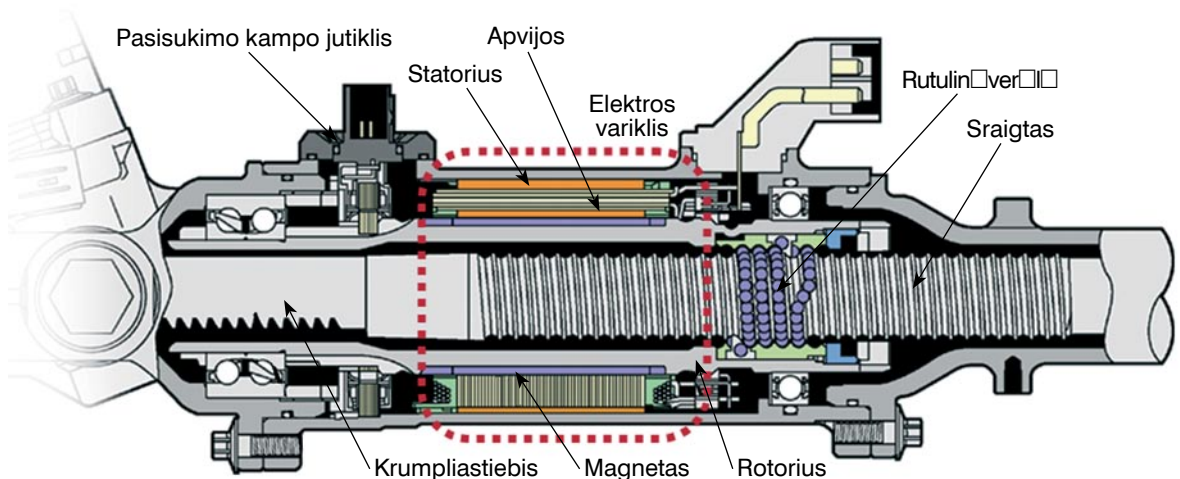
EPS ant vairo veleno užfiksuoja veleno sukimo momentą susisukus tarp įėjimo ir išėjimo velenų esančiam torsioniniam (susisukančiam) strypui. Vairo sukimo momentas yra proporcingas elektrinių signalų iš detektavimo (padėties nustatymo) ričių VT1 ir VT2 skirtumui. Įtampų skirtumas atsiranda, nes prie įėjimo ir išėjimo velenų pritvirtinti detektavimo žiedai pasisuka ričių atžvilgiu. Elektros variklis (nuolatinės srovės, 12V) per sliekinį reduktorių pagal išmatuoto vairo sukimo momentą padeda sukti vairo veleną. Korekcijos ritė skirta nustatyti vairo sukimo momento jutiklio darbui.

Elektrinio vairo stiprintuvo ant vairo krumpliastiebio elektros variklis turi tą patį sukimosi centrą, kaip ir ant krumpliastiebio sraigto esanti rutulinė veržlė. Rutulinė veržlė sujungta su elektros variklio rotoriumi, o rotorius, sukdamas rutulinę veržlę, stumdo sraigą kartu su vairo krumpliastiebiu ir padeda vairuoti ratus. Elektros variklio naudojama įtampa – 27–42 V.

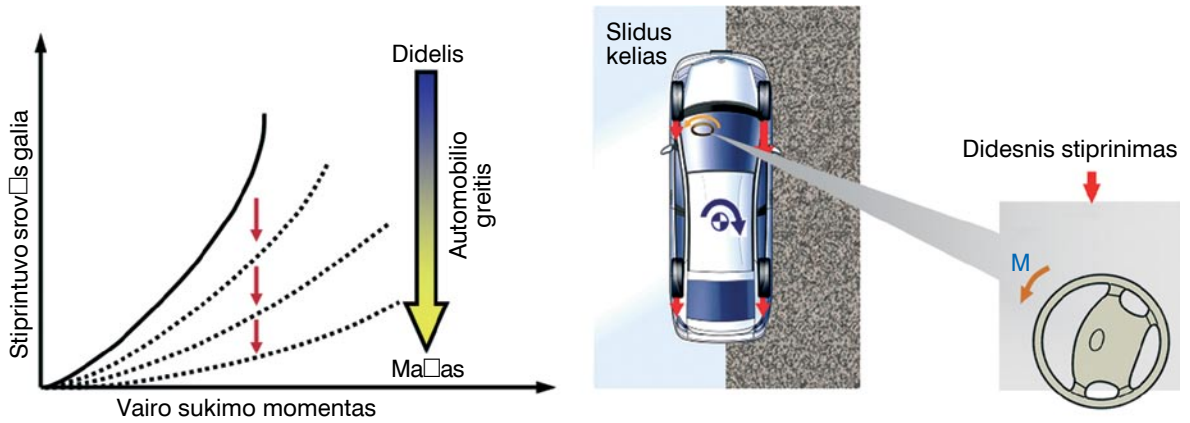
EPS sistema reguliuoja vairo sukimo momento stiprinimą. Tai priklauso nuo automobilio važiavimo greičio ir nuo kelio sąlygų. Automobiliumi stovint arba važiuojant mažu greičiu, vairo sukimo momentas stiprinamas labiausiai ir tai padidina automobilio manevringumą (11.11 pav.). Didėjant automobilio greičiui, mažinama stiprintuvo elektros variklio srovės galia, mažėja vairo sukimo momentas, automobilis tampa stabilesnis kelyje. Automobilio ratams užvažiavus ant kelio su nevienodu sukibimo su keliu arba riedėjimo pasipriešinimo koeficientu, taip pat pučiant stipriam šoniniam vėjui, EPS išlaiko numatytą automobilio ju-



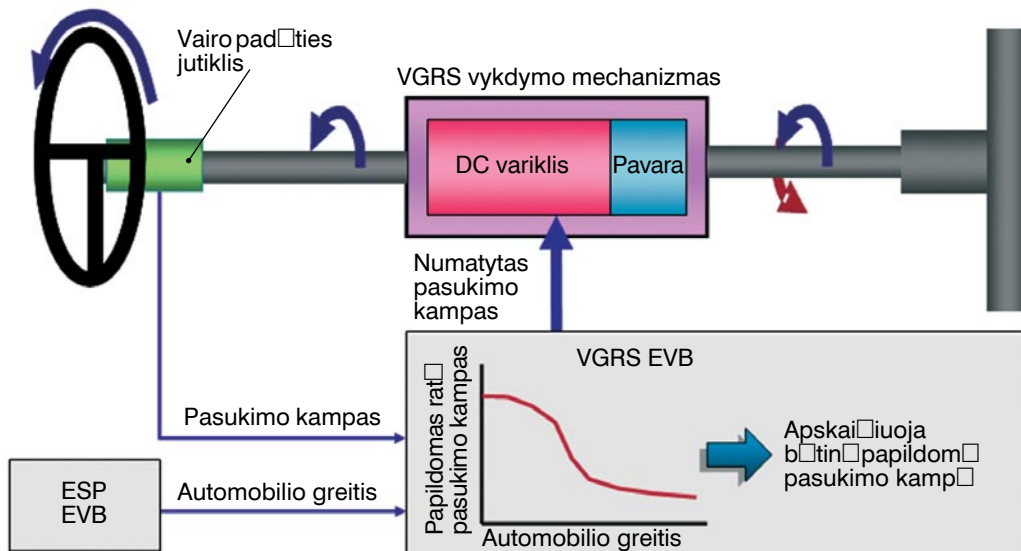
11.9 pav. Elektrinis vairo stiprintuvas ant vairo veleno



11.10 pav. Elektrinis vairo stiprintuvas ant vairo krumpliaštiebio



11.11 pav. Vairo sukimo momento stiprinimo reguliavimas

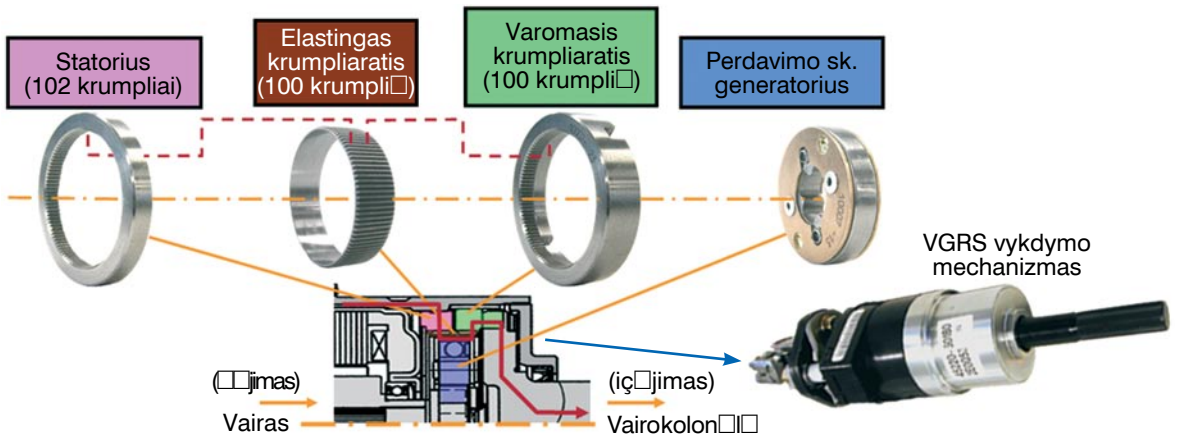


11.12 pav. Vairo mechanizmas su kintamuoju perdavimo skaičiumi

dėjimo kryptį. Tai vykdoma sukuriant papildomą reikiamos krypties vairo sukimo momento stiprinimą. Elektrinis vairo stiprintuvas naudoja iki 20 kartų mažiau energijos už hidraulinį stiprintuvą, nes energija naudojama tik sukant vairą.

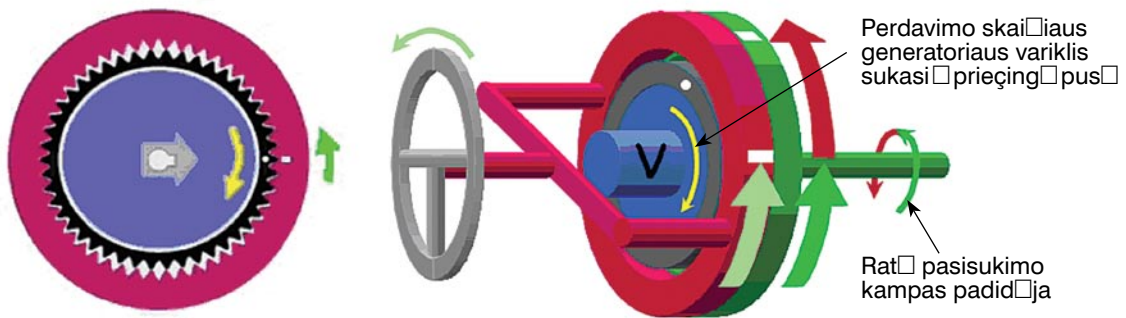
VGRS (*Variable gear ratio steering*) vairo mechanizmas su kintamuoju perdavimo skaičiumi turi vairo velene įmontuotą vykdymo mechanizmą, kuris koreguoja vairuojamųjų ratų pasukimą. Tai priklauso nuo automobilio greičio ir nuo kelio sąlygų (11.12 pav.). VGRS elektroninis valdymo blokas apskaičiuoja būtiną vairuojamųjų ratų papildomo pasukimo kampą. Tai priklauso nuo informacijos, gaunamos iš ESP, variklio, pakabos, pavarų dėžės valdymo bloką, vairo padėties jutiklio.

VGRS vykdymo mechanizme vairo rato pasukimo judesys perduodamas iš statoriaus į varomąjį krumpliaratį per elastingą krumpliaratį (11.13 pav.). Elastingo krumpliaratė viduje sumontuotas ovalus perdavimo skaičiaus generatoriaus diskas, kurį valdo elektros variklis. Tai priklauso nuo signalų iš VGRS EVB.

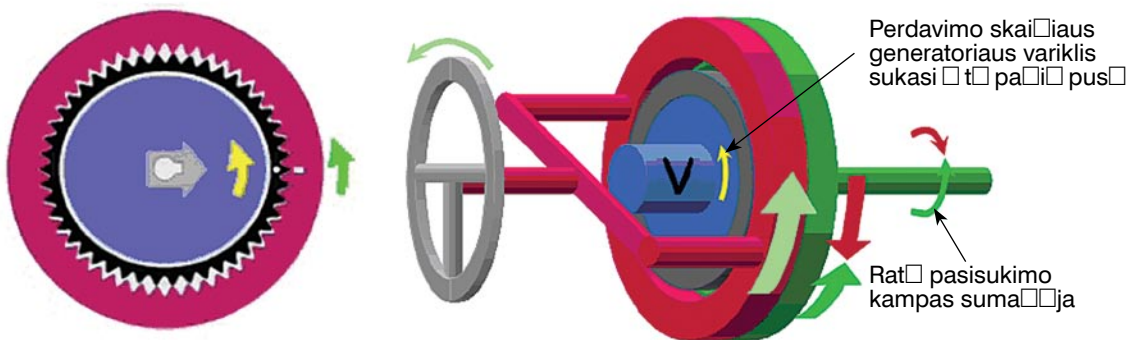


11.13 pav. Vairo pavaros generatoriaus VGRS sandara

Posūkis kairėn važiuojant mažiu greičiu



Posūkis kairėn važiuojant dideliu greičiu



11.14 pav. Vairo mechanizmo su kintamuoju perdavimo skaičiumi veikimas

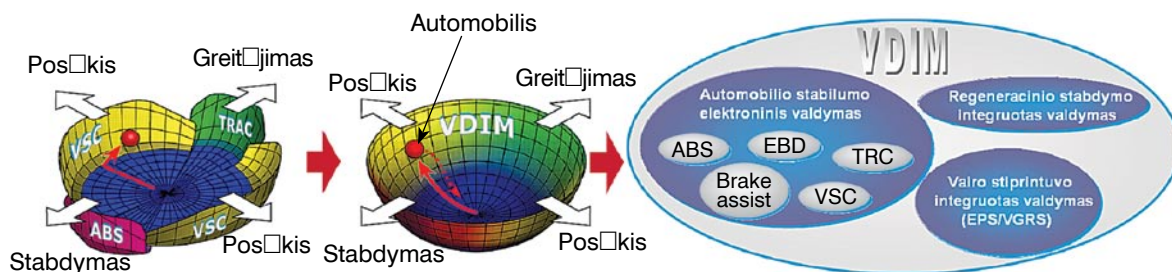


Automobiliui važiuojant lėtai, VGRS pavaros generatoriaus variklis sukamas į priešingą pusę, nei vairo velenas suka statorių (11.14 pav.). Varikliui apsisukus vieną kartą, sukimo judesys nuo 102 statoriaus krumplių perduodamas 100 varomojo krumpliaračio krumplių ir išėjimo velenas pasisuka 2 krumpliais daugiau. Generatoriaus varikliui sukantis greičiau, perdavimo skaičius mažėja. Pavyzdžiui, generatoriaus diskui apsisukus 50 sūkių, varomasis krumpliaratis pasukamas  $50 \times 2 = 100$  krumplių daugiau už vairo ratą.

Automobiliui važiuojant dideliu greičiu, vairo mechanizmo perdavimo skaičių reikia didinti – vairą pasukus tuo pačiu kampu ratai turi pasisukti mažiau. VGRS tai atlieka sukdamas perdavimų skaičiaus generatoriaus diską ta pačia kryptimi, kaip ir sukamas vairo rato velenas. Generatoriaus varikliui nesisukant, VGRS vykdymo mechanizmas blokuojamas, įėjimo ir išėjimo velenai sukasi vienodu greičiu.

## Automobilio stabilumo elektroninio valdymo tobulinimas

Naujos kartos automobiliuose įdiegiamas automobilių dinamikos kompleksinis valdymas VDIM (*Vehicle dynamics integrated management*) (11.15 pav.). VDIM jungia visas sistemas, kurios daro įtaką automobilio stabilumui, nes kartu jos savo funkcijas atlieka efektyviau. Sistema iš anksto nuspėja automobilio nukrypimą nuo užduotos judėjimo trajektorijos ir įvairiomis priemonėmis palaiko numatytą judėjimo kryptį, vairuotojui mažai jaučiant koreguojančio valdymo poveikį.



11.15 pav. Automobilio dinamikos kompleksinis valdymas

## PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE

1. Aprašykite stabdžių antiblokavimo sistemos elektroninio valdymo principą.
2. Aprašykite ABS sistemos hidraulinio modulatoriaus su trijų pozicijų elektrohidraulinio vožtuvu elektroninio valdymo signalus.
3. Kuo ypatinga ABS sistema su integruota pagalbine sistema „Brake Assist“?
4. Kokios papildomos sistemos, integruotos į ABS, užtikrina automobilio traukos kontrolę?
5. Kokią funkciją atlieka EGAS sistema?
6. Ko padeda išvengti automobilio ESP sistema?



7. Aprašykite, koku būdu ESP sistema stabilizuoja automobilį priekiniams ratams dėl šoninio slydimo krypstant nuo kurso.
8. Aprašykite, koku būdu ESP sistema stabilizuoja automobilį galiniams ratams dėl šoninio slydimo krypstant nuo kurso.
9. Kaip reguliuojamas vairo sukimo momento stiprinimas, esant elektriniam vairo stiprintuvui ant vairo veleno?
10. Kaip reguliuojamas vairo sukimo momento stiprinimas, esant elektriniam vairo stiprintuvui ant vairo krumpliatiebio?
11. Koku būdu keičiamas vairo mechanizmo perdavimo skaičius, esant elektronika valdomai sistemai VGRS?
12. Kaip tobulinamas automobilio stabilumo elektroninis valdymas?

## 12. AUTOMOBILIO PASYVIOJO SAUGUMO SISTEMA

Siekiant visokeriopo automobilio saugumo, nuolat tobulinamos jo aktyviosios ir pasyviosios saugos priemonės. Jau tapo įprastinė ABS su elektronine stabdymo galios paskirstymo funkcija EBD, elektronine stabilumo programa ESP ir kt. Plinta naujos adaptyvios greičio ir atstumo palaikymo sistemos ACC, duodančios signalą, kai atsiranda pavojus atsitrenkti FA (*Forward alert*), susidūrimo sušvelninimo stabdant sistemos CMbB (*Collision mitigation by braking*).

Vykstant nelaimingam atsitikimui, pasekmės švelnina SRS (*Supplemental restraint system*), t. y. pasyvioji apsaugos sistema. Ją sudaro diržai (*seat belt*) ir oro pagalvės (*air bag*). Šios priemonės nuolat tobulinamos, geriau pritaikomos vairuotojo ir keleivių saugai, nelaimingiems avarijos padariniams mažinti.

SRS funkcionuoja taip: paleidžiant variklį 3–4 sekundėms užsidega SRS kontrolinė lemputė, kuriai degant tikrinama sistema. Jei ji negęsta ar mirksi (taip gali atsitikti ir važiuojant) sistemoje yra gedimas, būtina jį šalinti.

Važiuojant SRS valdymo blokas nuolat analizuoja judėjimo dinamikos jutiklio signalą DDS (*dinamic sensor*), t. y. lygina realų automobilio pagreitį su leidžiamuoju, įrašytu atmintyje. Jei automobilio pagreitis neleistinai didelis, valdymo blokas generuoja signalą (leidimą) oro pagalvėms išsiskleisti. Ši komanda bus įvykdyta tuo atveju, jei bus gautas patvirtinimo signalas iš antrojo DSS (*safing sensor*) jutiklio, fiksuojančio automobilio kontaktą su kliūtimi. Nuosekliai paveikus abiem jutikliams, po 20–30 ms bus išskleistos apsauginės oro pagalvės. (Į pagalvės degiklį perduodama įtampa, užsiliepsnoja degalai, išsiskiria nekenksmingos pakankamo slėgio dujos, jos besiplėsdamos sudrasko SRS apsauginį dangtelį ir pripučia poliamidinį maišą.) Mažėjant smūgio kinetinei energijai, dujos per apsauginį vožtuvą išleidžiamos ir po 0,2–0,25 ms nuo susidūrimo pradžios pagalvė bliūkšta.

Nors vairuotojui ir keleiviams apsaugoti nuo galimo įvairios krypties smūgio naudojama iki dešimties oro pagalvių, jos yra tik pagalbinė priemonė. Eismo dalyviai nelaimingo atsitikimo pasekmėms sumažinti būtinai privalo naudotis saugos diržais. Jie efektyvumui padidinti gali būti su mechanine fiksacija ar papildomu įtempimu susidūrimo atveju.

SRS sudaro elektriniai, mechaniniai ir pirotechniniai komponentai. Vengiant sukelti oro pagalvės išsiskleidimą netinkamu metu, privaloma griežtai laikytis eksploatacijos reikalavimų:

1. Profilaktiniai ar remonto darbai pradedami ne anksčiau kaip po 2–3 min. išjungus automobilio akumuliatorinę bateriją (SRS turi 1,5 min. trukmės rezervinį maitinimo šaltinį).
2. Jei remontuojant galimas mechaninis kontaktas su oro pagalvių jutikliais, juos būtina demontuoti iš automobilio.
3. Oro pagalvių jutikliuose gali būti naudojamas gyvsidabris, todėl draudžiama juos ardyti.
4. Neleistina, kad SRS komponentus veiktų elektromagnetiniai laukai, didelė drėgmė, atvira liepsna ar didesnė nei 93 °C temperatūra.

5. Prietaisai, naudojami elektriniams matavimams, privalo turėti ne mažesnę kaip 10 kiloomų įėjimo varžą.
6. Varžą matuoti SRS schemoje draudžiama (tai gali išskeisti pagalvę).
7. Atliekant suvirinimo darbus, oro pagalves būtina išjungti.
8. Atliekant gelbėjimo darbus, būtina įsitikinti, ar nėra automobilyje oro pagalvių (jos gali būti neišsiskleidusios).
9. Oro pagalves sandėliuoti reikia „kniūbsčias“.
10. Prieš utilizuojant automobilį, naudojant diagnostikos įrangą būtina išskeisti oro pagalves.
11. Oro pagalvių ir jų sistemų komponentai ne remontuojami, o keičiami naujais.

## 13. GREIČIO PALAIKYMO SISTEMA

### 13.1. Bendrosios žinios

Siekiant palengvinti vairuotojams ilgas ir varginančias keliones, šiuolaikiniuose automobiliuose įmontuojamos važiavimo greičio palaikymo sistemos CC (*Cruise-control*). Tai yra automatinė valdymo sistema, palaikanti pasirinktą (užduotą), nepriklausantį nuo automobilio apkrovos, važiavimo greitį. Prestižiniuose automobiliuose imta naudoti adaptyvi kelionės kontrolės (ACC arba „Distrionic“) sistema, kuri ne tik palaiko pastovų greitį, bet ir lokacine įranga važiavimo kryptimi skenuoja iki 150 m kelio ruožą. Ji savarankiškai, be vairuotojo žinios, atlieka judėjimo greičio korekciją. Jei tik priekyje važiuojantis automobilis sumažina greitį ar atsiranda kita kliūtis, akimirksniu mažinamas greitis, o reikalui esant dar ir stabdoma. Kai tik kliūtis važiavimo kryptimi prapuola, sistema vėl lėtai didina greitį iki pasirinktos ribos. Vairuotojas visą šį laiką monitoriaus ekrane gali matyti atstumą iki galimos kliūties.

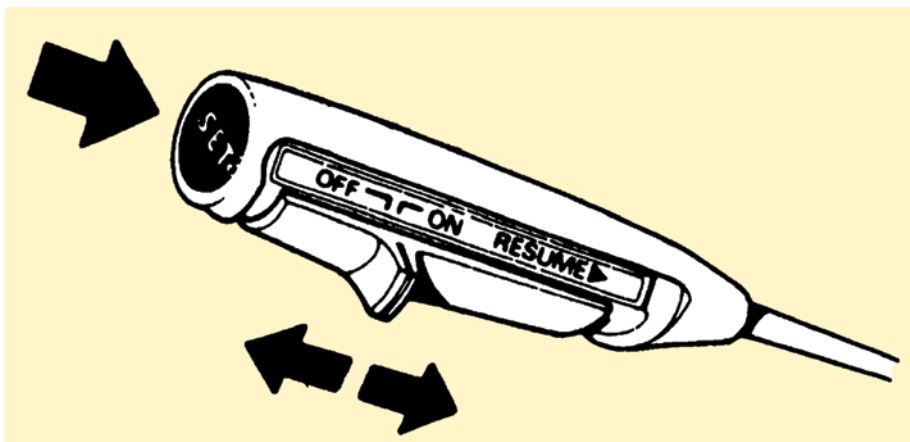
Šiandien CC sistemos, nors ir ne tokios sudėtingos kaip „Distrionic“, įrengiamos daugelyje gaminamų automobilių. Būtina sąlyga, norint įdiegti CC sistemą automobilyje, turi būti elektroninis droselinės sklendės valdymas.

### 13.2. CC sistemos valdymo algoritmas

Automobilyje „Toyota Corolla“ CC sistemos valdymas vyksta taip:

1. Norint sistemą įjungti, reikia CC valdymo rankenėlę nustatyti į padėtį „ON“. Valdymo skydelyje turi atsirasti užrašas „CRUISE CONTROL“, tuomet automobilio greitis didinamas iki pageidaujamo ir valdymo rankenėlė nustatoma į padėtį „SET“, kartu atleidžiamas akceleratoriaus pedalas. CC sistemos automatinio greičio palaikymo ribos yra 40–150 km/val.

2. Norint greitį padidinti, reikia nuspausti akceleratoriaus pedalą, valdymo rankenėlę nustatyti į padėtį „ACC“ ir pasirinkti jo naująją vertę. Atleidus valdymo rankenėlę automobi-



13.1 pav. Greičio palaikymo sistemos valdymo pultas

lis važiuos naujuoju greičiu, senoji jo vertė automatiškai bus panaikinta (kai kuriuose mode-  
liuose atleidus akceleratoriaus pedalą grįžtama prie anksčiau nustatytos greičio vertės).

3. Norint greitį sumažinti ar išjungti CC sistemą, spaudžiamas stabdžio pedalas. Gali-  
ma valdymo rankenėlę nustatyti į padėtį „COAST“, ją išlaikyti iki naujos greičio vertės.

4. CC išjungžiama, kai valdymo rankenėlė nustatoma į padėtį „OFF“ arba paspaudžia-  
mas stabdžio ar sankabos pedalas, kai greičių dėžė automatinė, pasirenkama neutrali padėtis.

5. Išjungus CC sistemą, jei reikia vėl grąžinti į buvusį režimą, valdymo rankenėlė per-  
vedama į padėtį „RESUME“.



# 14. MULTIPLEKŠINĖS DUOMENŲ PERDAVIMO SISTEMOS

## 14.1. Duomenų perdavimo sistema „CAN-Bus“. Pagrindai

### Ryšys „CAN-Bus“

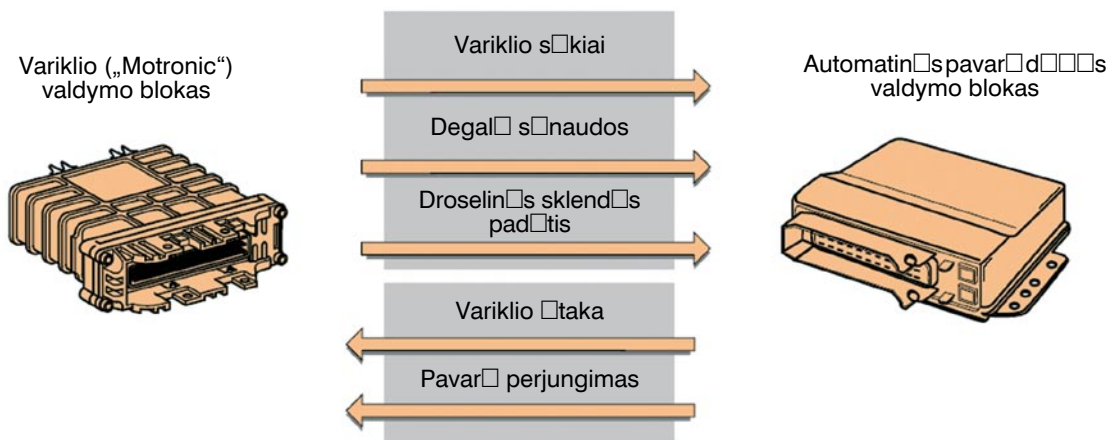
Automobiliuose naudojami šie informacinių ir valdymo duomenų perdavimo būdai:

1. Įvairūs duomenys tarp elektroninių valdymo blokų perduodami atskirais laidais (14.1 pav.). Didėjant perduodamos informacijos mastui, laidų ir kontaktų skaičius atitinkamai didėja. Todėl šis duomenų perdavimo būdas yra racionalus tik tada, kai yra perduodami ribotos apimtys duomenys.

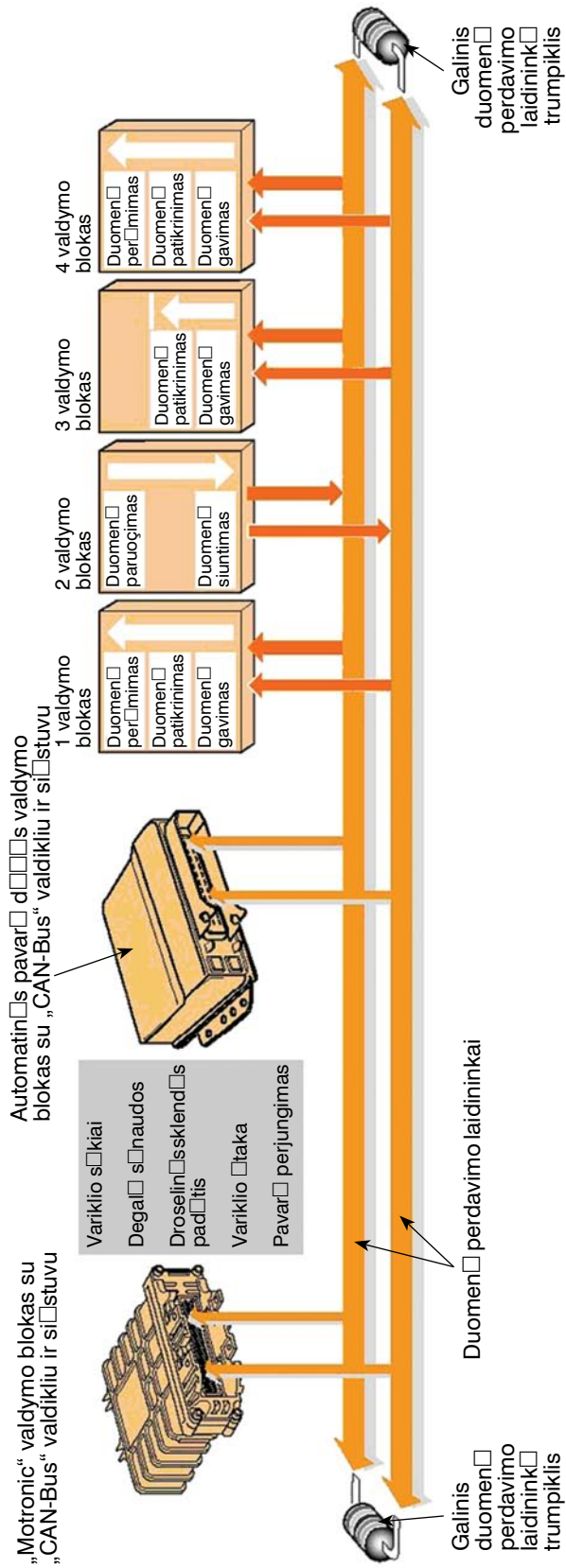
2. Visi duomenų tipai paverčiami skaitmenine informacija ir perduodami per du magistralės „CAN-Bus“ laidus. Tai nepriklauso nuo prijungtų valdymo įrenginių ir duomenų šaltinių skaičiaus (14.2 pav.). CAN (*Controller area network*) reiškia, kad visi valdymo prietaisai yra sujungti į vieną tinklą ir keičiasi duomenimis tarpusavyje. Sistema sukurta 1985 m. Duomenų perdavimo „CAN-Bus“ magistralės naudojimas yra racionalus, kai tarp elektroninių valdymo blokų vyksta pasikeitimas dideliu duomenų kiekiu. Kuo daugiau informacijos gauna kiekvienas valdymo blokas apie visos sistemos būklę, tuo tiksliau jis atlieka savo funkcijas.

„CAN-Bus“ sistema gali būti sudaryta iš atskirų tinklų (14.7 pav.). Automobilio jėgos agregatų ir automobilio stabdžių elektroninio valdymo sistemą sudaro šie valdymo blokai: variklio valdymo blokas, automatinės pavarų dėžės valdymo blokas, ABS valdymo blokas. Tarp šių sistemų duomenų pasikeitimą vykdo „CAN-Antrieb“ tinklas.

Atskira kompleksinė sistema sujungia: centrinį valdymo bloką ir valdymo blokus automobilio duryse, sėdynių valdymą, apšildymą, kondicionierių ir kitą komforto įrangą. Ryšys tarp atskirų valdymo blokų palaikomas per „CAN-Comfort“ tinklą (14.9 pav.).



14.1 pav. Duomenų perdavimas atskirais laidais



14.2 pav. Duomenų perdavimas dviem atskirais „CAN-Bus“ magistralės laidininkais

Internetas, navigacinė, TV, garso ir kita informacinė įranga automobilyje sujungiama į „CAN-Infotainment“ tinklą. Valdymo sistemų diagnostika atliekama naudojant ryšio tinklą „CAN-Diagnose“.

Automobilyje gali funkcionuoti ir kiti CAN tinklai, kurie vienas su kitu palaiko ryšį ir perduoda būtiną informaciją. Tobulinant multipleksinį ryšį automobilyje naudojama multipleksinė sistema LIN (*Local interconnect network*), sukurta 1998 m., MOST (*Media oriented systems transport*) (14.11 pav.), sukurta 2002 m., ir kitos. Šios ryšio sistemos sujungia atskiras automobilio funkcinės sistemas, perduodamos informaciją atskiriems sistemų elektroninio valdymo blokams. Tarp atskirų sistemų duomenų perdavimas yra apribotas, perduodama tik būtina informacija. Apribotas ir vienos sistemos defekto poveikis kitai sistemai.

Apsikeitimas duomenimis „CAN-Bus“ sistema vykdomas panašiai, kaip vyksta telekonferencija. Kiekvienas iš dalyvių (valdymo blokų) perduoda savo duomenis per „CAN-Bus“ laidų tinklą, o kiti dalyviai priima šiuos duomenis (14.2 pav.). Tinklo dalyviai atpažįsta jiems reikalingus duomenis, juos priima ir naudoja. Nereikalingi duomenys nepriimami.

Duomenų perdavimo „CAN-Bus“ sistema privalumai:

- Jeigu duomenų protokolas turi būti praplėstas papildoma informacija, reikalingi tik programiniai pakeitimai.
- Maža klaidų tikimybė dėl nuolatinio siunčiamos informacijos patikrinimo valdymo blokuose ir papildomo apsaugojimo duomenų protokoluose.
- Galimybė sumažinti jutiklių ir laidininkų skaičių dėl daugkartinio vieno jutiklio signalo naudojimo.
- Galimybė labai sumažinti signalų perdavimo laiką.
- Matmenų sumažinimas dėl mažesnių valdymo blokų ir jungčių.
- Duomenų perdavimas „CAN-Bus“ sistema standartizuotas daugelyje šalių, todėl galimas apsikeitimas duomenimis tarp skirtingų gamintojų valdymo blokų.

„CAN-Bus“ duomenų perdavimo sistema sudaryta iš valdiklio, siųstuvo-imtuvo, duomenų perdavimo magistralės – dviejų laidininkų ir laidininkų galinių trumpiklių (varžų) (14.2 pav.). Visi komponentai, išskyrus duomenų perdavimo magistralės laidininkus, yra valdymo prietaisų viduje. Valdymo prietaisų funkcijos, vietoje atskirų laidininkų naudojant duomenų perdavimo magistralę, nepasikeičia.

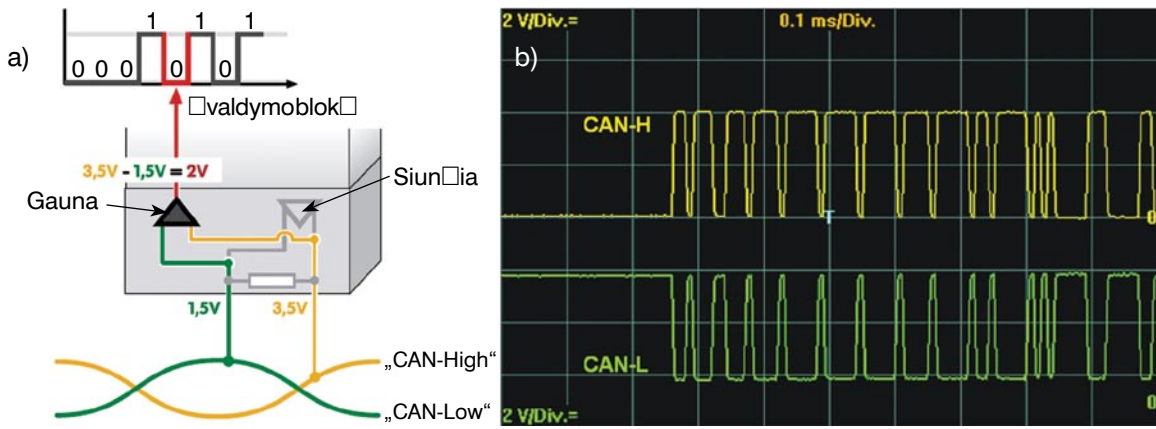
## Duomenų perdavimas

Duomenų perdavimo procesas (14.3 pav.):

1. Duomenų paruošimas persiųsti. Elektroninio valdymo bloko mikroprocesorius vykdo persiunčiamų duomenų paruošimą (skaitmenine forma) ir nukreipia juos prie CAN valdiklio įėjimo.

2. Duomenų siuntimas. CAN siųstuvai-imtuvai (*transmitter-receiver*) gauna skaitmeninius duomenis iš CAN valdiklio, konvertuoja juos į elektrinius signalus ir siunčia toliau į „CAN-Bus“ magistralę.

3. Duomenų gavimas. Visi kiti valdymo blokai, duomenų perdavimo magistrale CAN sujungti į tinklą, gauna perduodamus per tinklą signalus.



14.3 pav. Duomenų priėmimas „CAN-Bus“ magistralės laidininkais:

a – duomenų priėmimo struktūrinė schema; b – „CAN-Bus“ magistrale perduodamo signalo oscilograma

4. Duomenų patikrinimas. Valdymo blokai tikrina, ar jų gauti duomenys reikalingi jų funkcijoms atlikti.

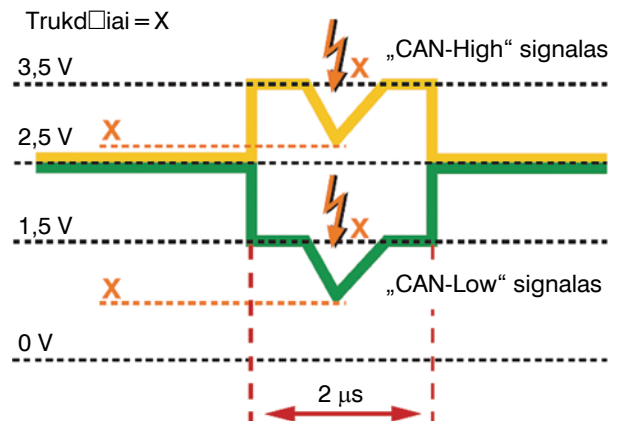
5. Duomenų perėmimas. Jeigu duomenys yra reikalingi, valdymo blokas juos įveda ir apdoroja, priešingu atveju jie ignoruojami.

Duomenys perduodami dviem atskirais „CAN-Bus“ laidininkais. Vienu linijos laidu yra perduodama ta pati informacija kaip ir kitu, tik invertuota (apversta). Simboliškai laidininkai žymimi „CAN-High“ ir „CAN-Low“. Pavyzdžiui, jei linija „CAN-High“ perduodamas „3,75 V“, tai „CAN-Low“ – „1,25 V“; jei linija „CAN-High“ perduodamas „2,5 V“, tai „CAN-Low“ – „2,5 V“ (14.4 pav.) signalas. Dažniausiai signalo amplitudė yra 1,25 V, bet gali būti ir kiti variantai. Esant amplitudei 1,25 V „CAN-High“ signalas perduodamas tarp 2,5 ir 3,75 V, o „CAN-Low“ – tarp 1,25 ir 2,5 V. Valdymo blokas visada priima abu signalus, apskaičiuoja įtampos skirtumą tarp jų ( $3,75 - 1,25 = 2,5$  V arba  $2,5 - 2,5 = 0$  V) ir informacija išsaugoma skaitmeniniu formatu: „0“ arba „1“.

Laidininkų galai sujungti galiniais trumpikliais, tai yra varža, kuri neleidžia signalams atsispindėti nuo laidų galų ir duomenims išsikreipti. Galinių apkrovų varža gali būti apie 124 Ω, o varža tarp „CAN-Bus“ laidininkų – apie 64 Ω.

### Signalų trukdžiai

Automobilyje esančius laidininkus veikia trukdžiai – elektromagnetinės bangos, kurios kirsdamos laidininkų laide indukuoja įtampą. Siekiant apsaugoti duomenų perdavimą nuo trukdžių, naudojami du duomenų perdavimo magistralės



14.4 pav. Įtampos pasikeitimai CAN magistralės laidininkuose dėl elektromagnetinių trukdžių

laidininkai, kurie yra susukti tarpusavyje (vyta pora). Įtampos pasikeitimai abiejuose laidininkuose, juos paveikus elektromagnetiniam laukui, yra vienodo dydžio (14.4 pav.). Dviem laidais perduodamų informacijos signalų įtampų skirtumas nepriklauso nuo iš išorės spinduliuojamų elektromagnetinių bangų ir visada išlieka vienodos vertės. Tokiu būdu CAN magistralės laidai apsaugoti nuo išorinių trukdžių ir patys jų nesukuria.

## Duomenų protokolas

„CAN-Bus“ magistralė periodiškai, su nedideliais laiko tarpais, perduoda duomenų protokolą (paketą). Paketo ilgis nėra fiksuotas, tačiau negali būti didesnis, nei apibrėžia standartas. Jis sudarytas iš septynių dalių. Protokole yra didelis informacijos kiekis, sudarytas iš tam tikrų informacijos vienetų – bitų skaičiaus. Vienas bitas yra pats mažiausias informacijos vienetas, t. y. būklė – „įjungta“ arba „išjungta“ per laiko vienetą. Elektronikoje šis informacijos vienetas gali būti pateiktas skaičiais „0“ ir „1“, tai yra „taip“ ir „ne“. Duomenų perdavimo greitis „CAN-Bus“ tinkle yra apie 500 kbit/s. 14.5 paveiksle parodyta duomenų protokolo (paketo) struktūra. Tarp duomenų paketų yra tarpai, per kuriuos bet kuris į tinklą įjungtas prietaisas gali pradėti siųsti savo informaciją.

Pradžios laukas (*start of frame*) nurodo protokolo pradžią ir sinchronizuoja visus valdymo prietaisus. Siunčiamas 1 bitas informacijos. Ji perduodama laidininku „CAN-High“ 3,5 voltų įtampos signalo pavidalu (tai priklauso nuo sistemos), o laidininku „CAN-Low“ – 1,5 voltų įtampos signalo pavidalu.

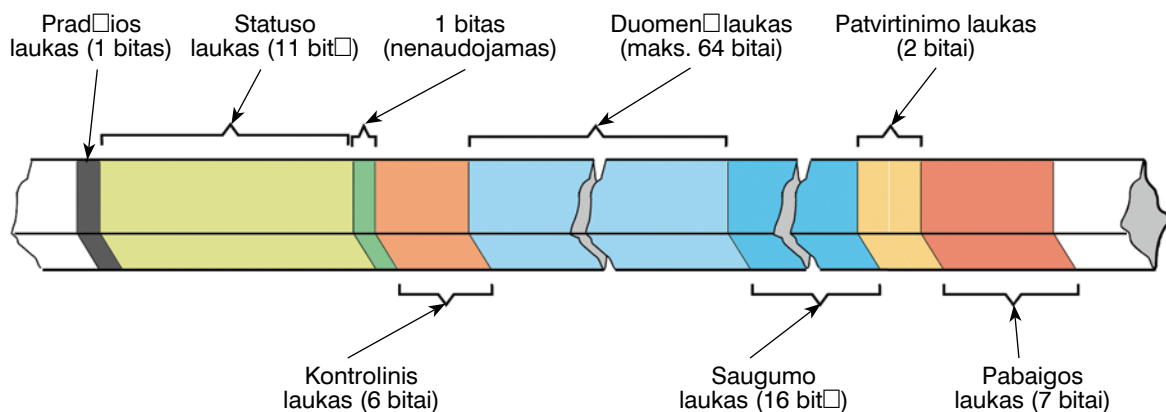
Statuso laukas (*arbitration field*) nustato duomenų protokolo prioritetą. Pavyzdžiui, jeigu du valdymo prietaisai pasirengę perduoti informaciją protokolui vienu metu, pirmas informaciją perduoda tas, kuris turi aukštesnio rango prioritetą.

Kontrolinis laukas (*control field*) turi perduodamų informacijos blokų kodus.

Pagrindinių duomenų laukas (*data field*) reikalingas perduoti informaciją visiems valdymo prietaisams.

Saugumo laukas (*CRC field*) reikalingas, kad atpažintų perdavimo trukdžius perduodant duomenis.

Duomenų priėmimo patvirtinimo laukas (*ACK field*) reikalingas perspėti duomenų ju-



14.5 pav. Duomenų protokolo struktūra



tiklį, kad visi gavėjai nepriekaištingai priėmė protokolą. Jeigu atsirado klaida, jutiklis gauna informaciją apie ją. Po to jutiklis perduoda duomenis pakartotinai.

Pabaigos laukas (*end of frame*) užbaigia protokolą. Jis suteikia paskutinę galimybę pranešti apie klaidas.

14.1 lentelėje parodyta, kaip galima perduoti informaciją naudojant du perduodamus vienas po kito bitus. Du bitai leidžia sudaryti keturis informacijos variantus. Kiekvienas variantas atitinka tam tikrą informaciją. Pvz., jeigu abu bitus atitinka 0 voltų įtampa, arba „stiklo pakėliklis juda“, arba „aušinamojo skysčio temperatūra lygi 10 °C“.

14.2 lentelėje parodyta, kaip pasikeis informacijos kiekis padidinus bitų skaičių.

Kuo daugiau bitų bus sustatyta į eilę, tuo didesnę informacijos kiekį galima bus perduoti. Kiekvienas papildomas bitas leidžia dvigubai padidinti perduodamos informacijos kiekį.

Jeigu keli elektroninio valdymo blokai yra pasirenę perduoti duomenų protokolus vienu metu, reikia nustatyti duomenų perdavimo eiliškumą. Pirmiausia perduodamas didžiausio prioriteto protokolai. Tai nulemia statuso lauke įvestas prioriteto kodas, sudarytas iš 11 bitų. 14.3 lentelėje pateikti trijų protokolų prioriteto kodai.

Visi trys elektroninio valdymo blokai pradeda perduoti savo duomenų protokolus vienu metu. Taip pat vienu metu jie sutikrina bitas po bito visą informaciją, kuri patenka į informacijos perdavimo magistralę. Jeigu vienas iš valdymo prietaisų perduoda mažai reikšmingą, o priima svarbesnę (didesnio prioriteto) informaciją, jis nustoja siųsti savo duomenis ir tampa imtuvu, kol bus perduota reikšmingesnė informacija (14.6 pav.).

„CAN-Bus“ ryšio terminale (*gateway*) vyksta duomenų apsikeitimas tarp atskirų automobilio valdymo sričių, iš čia perduodama informacija į diagnostikos jungtį (14.7 pav.). Tarp atskirų ryšio tinklų informacijos apsikeitimas yra ribotas.

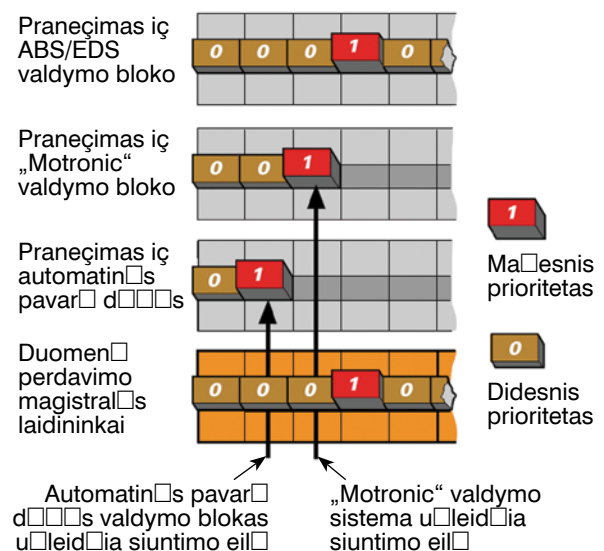
„CAN-Comfort“ tinklo parametrai:

- Duomenų perdavimo greitis 60–125 kbit/s.
- Vieno pranešimo perdavimo laikas 0,5–1,3 ms.
- Signalų prioriteto eiliškumas:

1. Centrinis valdymo blokas.
2. Valdymo blokas vairuotojo pusėje.
3. Valdymo blokas priekinio keleivio pusėje.
4. Valdymo blokas gale iš kairės.
5. Valdymo blokas gale iš dešinės.

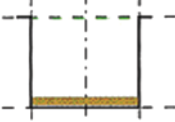

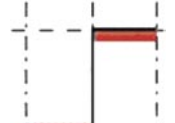

- Tipiškas pranešimų siuntimo žingsnis 50–1000 ms.
- CAN laidininkų sujungimas suskirstytas per keletą valdymo blokų.
- Signalo lygis ramybės būsenos: įtampa „CAN-High“ laidininke masės atžvilgiu – 0 V ir „CAN-Low“ laidininke masės atžvilgiu – 5 V (14.8 pav.).

14.9 paveiksle pateiktas „CAN-Comfort“ sistemos elementų jungimo pavyzdys.



14.6 pav. Duomenų perdavimo prioritetai

14.1 lentelė. Informacijos perdavimas dviem bitais

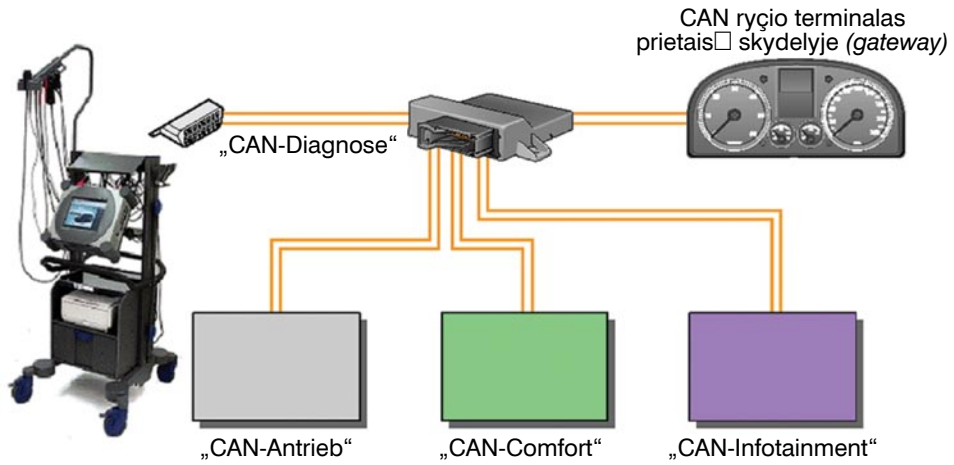
Galimi variantai	1 bitas	2 bitai	Grafinis vaizdas	Informacija apie stiklo pakėliklio būklę	Informacija apie aušinamojo skysčio temperatūrą
Pirmas	0 V	0 V		Juda	10 °C
Antras	5 V	0 V		Nejuda	20 °C
Trečias	0 V	5 V		Šalia apatinės padėties	30 °C
Ketvirtas	5 V	5 V		Blokavimo zonoje, viršutinėje padėtyje	40 °C

14.2 lentelė. Informacijos perdavimas trimis bitais

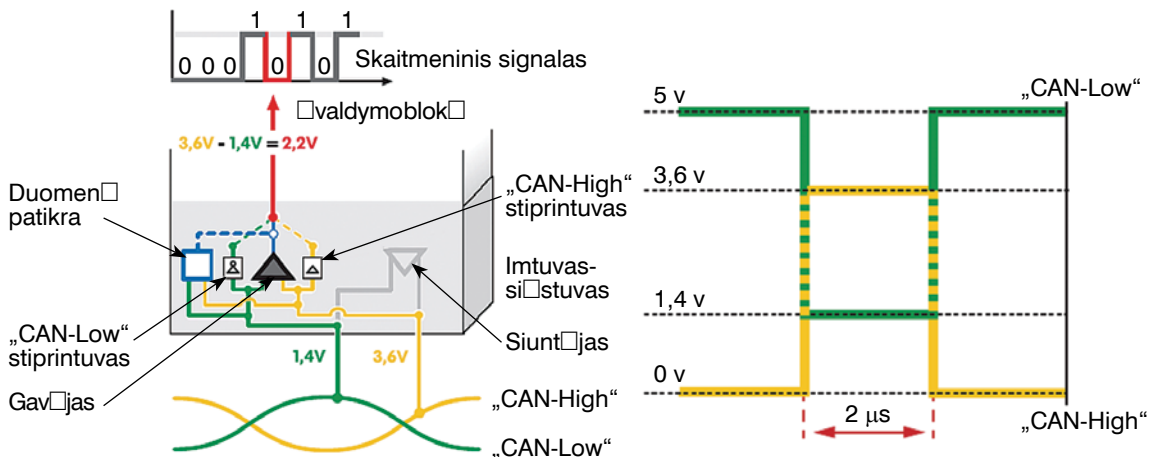
Variantai, esant vienam bitui	Galima informacija	Variantai, esant dviem bitams	Galima informacija	Variantai, esant trimis bitams	Galima informacija
0 voltų	10 °C	0 voltų, 0 voltų	10 °C	0 voltų, 0 voltų, 0 voltų	10 °C
5 voltai	20 °C	0 voltų, 5 voltai	20 °C	0 voltų, 0 voltų, 5 voltai	20 °C
-	-	5 voltai, 0 voltų	30 °C	0 voltų, 5 voltai, 0 voltų	30 °C
-	-	5 voltai, 5 voltai	40 °C	5 voltai, 0 voltų, 0 voltų	40 °C
-	-	-	-	0 voltų, 0 voltai, 5 voltai	50 °C
-	-	-	-	5 voltai, 0 voltų, 5 voltai	60 °C
-	-	-	-	5 voltai, 5 voltai, 0 voltų	70 °C
-	-	-	-	5 voltai, 5 voltai, 5 voltai	80 °C

14.3 lentelė. Informacijos perdavimo prioritetai

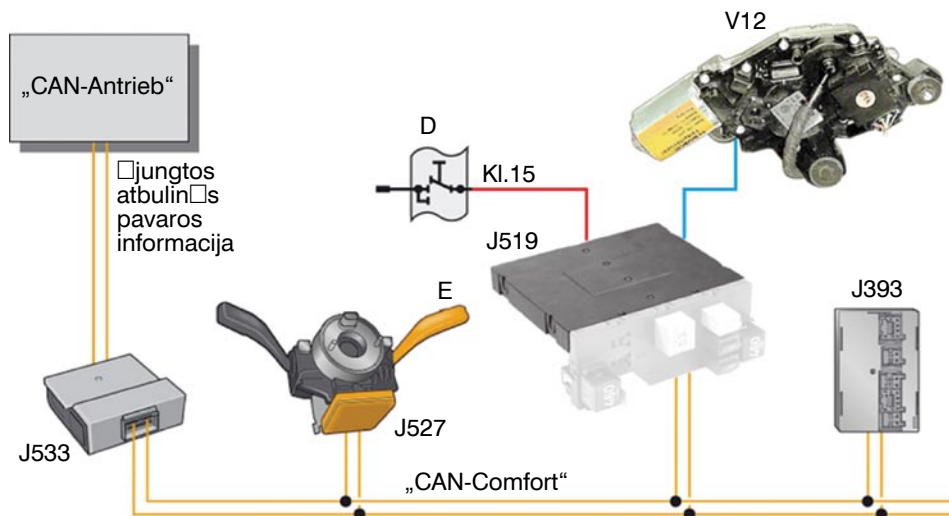
Prioritetas	Duomenų protokolas	Statuso laukas
1	Stabdžių pranešimas	001 1010 0000
2	Variklio pranešimas	010 1000 0000
3	Pavarų dėžės pranešimas	100 0100 0000



14.7 pav. Bendra automobilio „Volkswagen Touran“ duomenų perdavimo sistema



14.8 pav. Duomenų perdavimas „CAN-Comfort“ sistemoje



14.9 pav. Automobilio „Volkswagen Touran“ galinio stiklo valytuvo valdymas

## Gedimų diagnostika

Visi valdymo prietaisai, kurie keičiasi duomenimis per duomenų perdavimo magistralę „CAN-Bus“, vykdamy diagnostiką ir ieškant gedimų, yra vertinami kaip vienos sistemos komponentai. CAN ryšio tinklo gedimams nustatyti gali būti panaudoti įvairūs diagnostikos prietaisai.

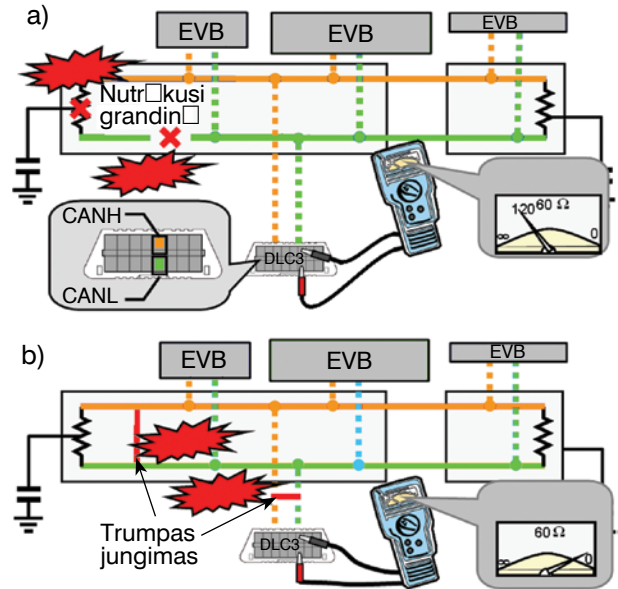
„CAN-Bus“ tinklo pagrindiniai gedimai gali būti:

- Vieno arba kelių laidų nutrūkimas (14.10 pav., a). Gedimą galima nustatyti išmatavus varžą tarp „CAN-Bus“ laidininkų (varža padidėja), ommetražą prijungus prie EOBD diagnostikos lizdo kontaktų, prie kurių prijungtos „CAN-High“ ir „CAN-Low“ linijos. Prietaisą galima ir tiesiogiai prisijungti prie CAN ryšio linijų. Nutrūkusius laidus rekomenduojama keisti, nes sujungus atsiranda signalo atspindžių.

- Trumpasis jungimas tarp duomenų perdavimo magistralės laidų (varža sumažėja) (14.10 pav., b);
- Vieno iš duomenų perdavimo magistralės laidų sujungimas su mase arba teigiamu įvadu.
- Maža signalo amplitudė dėl blogo kontakto.
- Vieno arba kelių valdymo blokų gedimas.
- Pakeitus valdymo bloką, prijungtą prie CAN tinklo, kitu, kuris lyg ir nesiskiria nuo sugedusio, jis gali netikti dėl programinės versijos nesutapimo, identifikavimo ir kt.

Gedimus patogu fiksuoti stebint CAN tinklu perduodamo signalo oscilogramą. Daugelyje naujų automobilių, naudojant diagnostikos skenerį, jungiamą prie diagnostinės EOBD jungties, galima atlikti multipleksinio ryšio sistemos ir prie jos prijungtų komponentų diagnostiką CAN protokolu.

Dauguma sistemų, bendraujančių per CAN tinklą, jei atsiranda vieno laido pažeidimų, gali veikti avariniu režimu ir su vienu laidu.

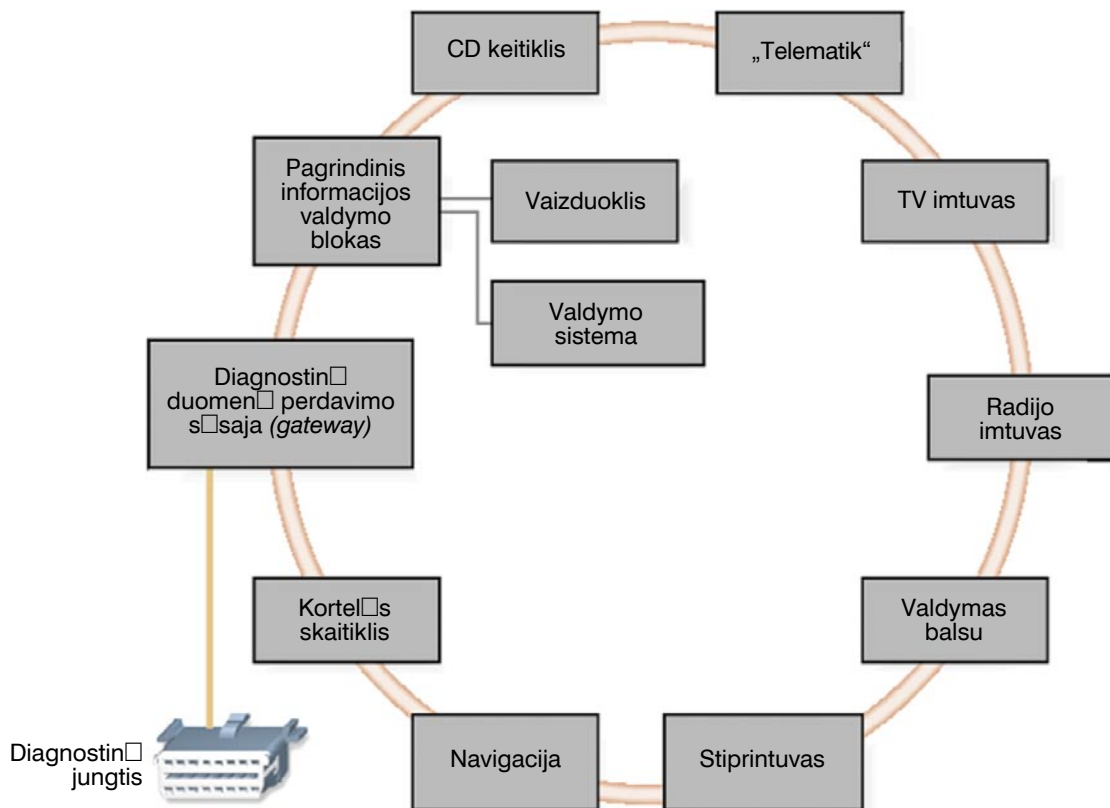


14.10 pav. „CAN-Bus“ tinklo gedimai

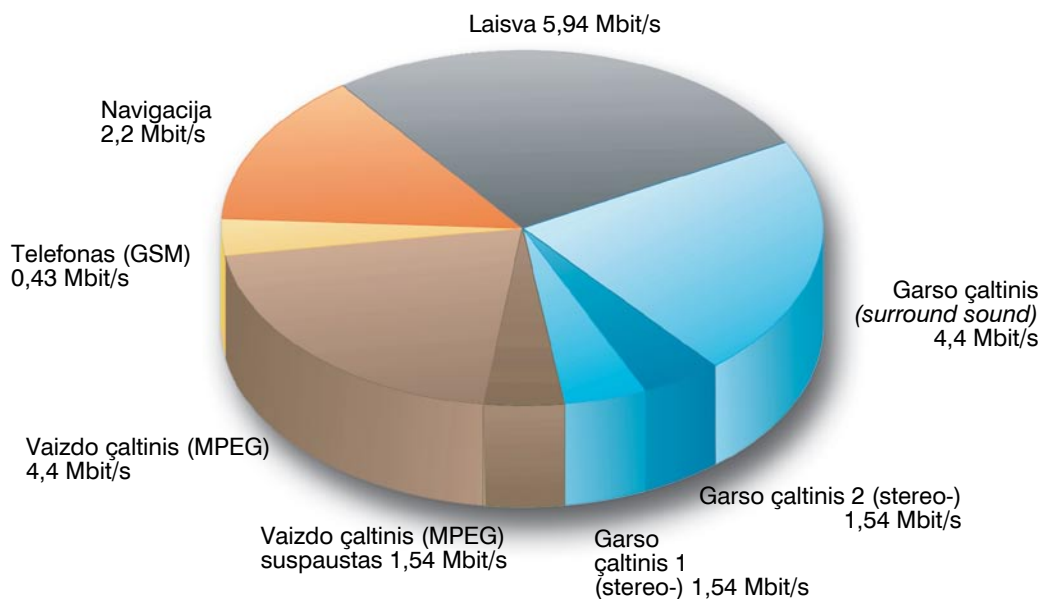
## 14.2. Duomenų perdavimas šviesolaidžiu sistema MOST

MOST (*Media oriented systems transport*) – tai automobilio ryšio tinklas, skirtas informavimo priemonių duomenims (navigacija, telefonas, internetas, vaizdas, garsas, radijas) perduoti (14.11 pav.). Iš atskirų imtuvų duomenys perduodami į ekraną ir garso šaltinius.

MOST ryšio sistemoje informacijos perdavimas vyksta žiedu. Kiekvienas valdymo blokas turi asmeninį kodą (*Identifier*) ir siunčia duomenis viena kryptimi kito valdymo bloko link. Šis persiuntimas, papildant informaciją, vyksta tol, kol atitinkamas blokas gauna jam skirtą prane-



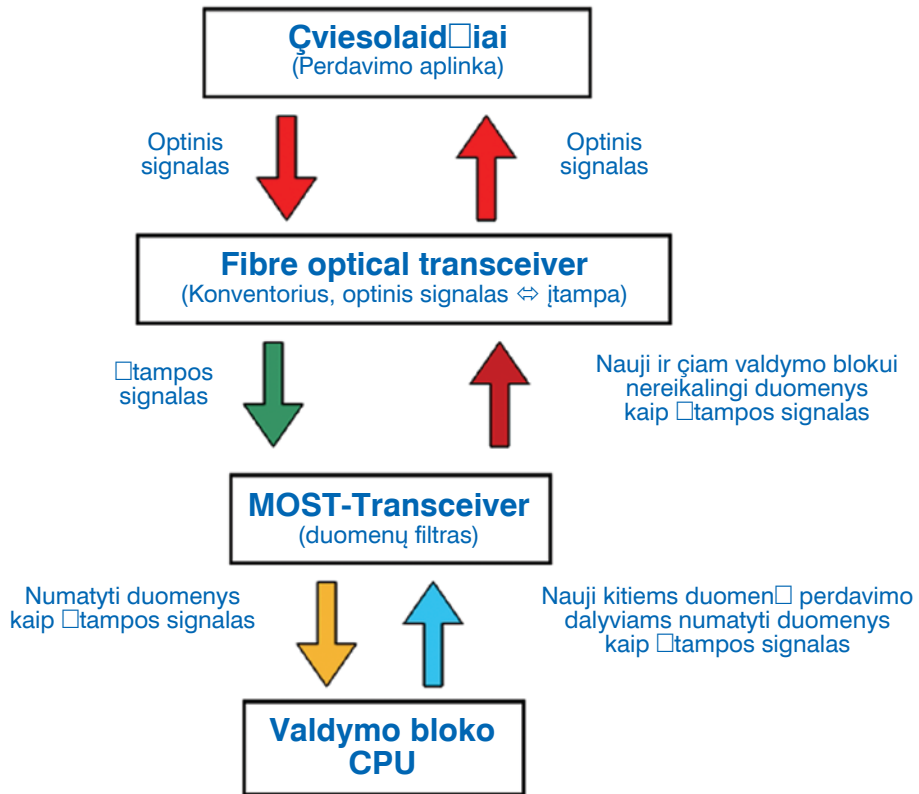
14.11 pav. MOST žiedo struktūra



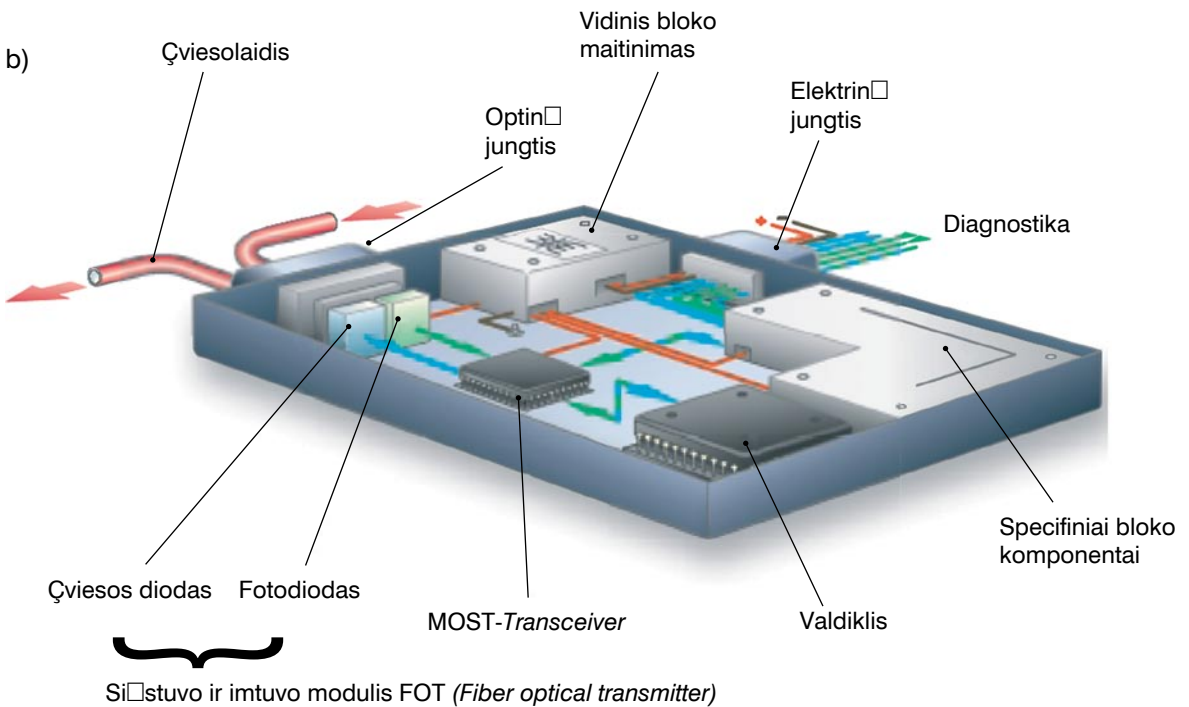
14.12 pav. Duomenų perdavimo spartos poreikiai MOST sistemoje



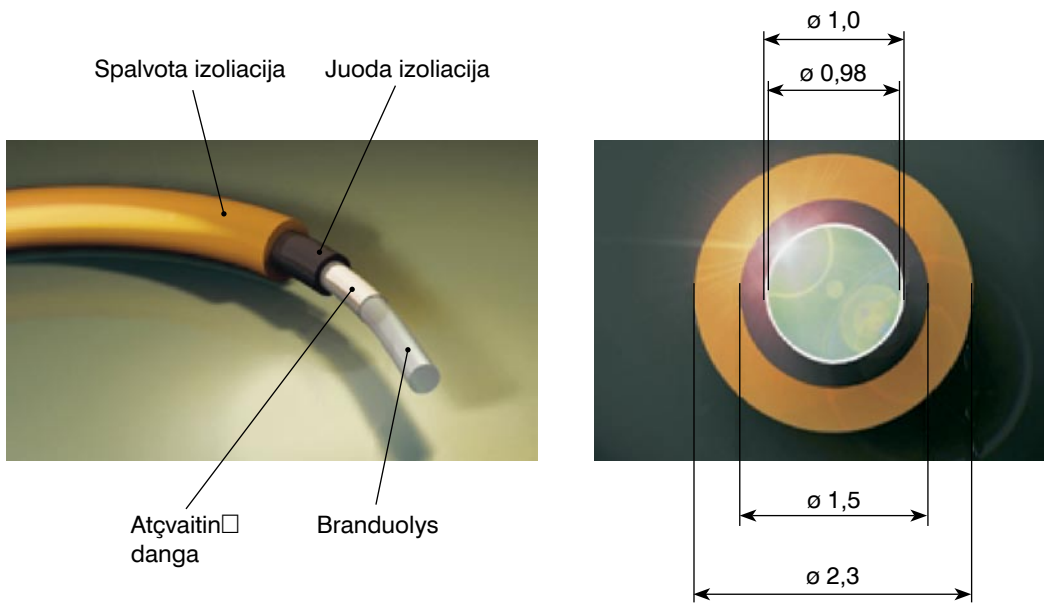
a)



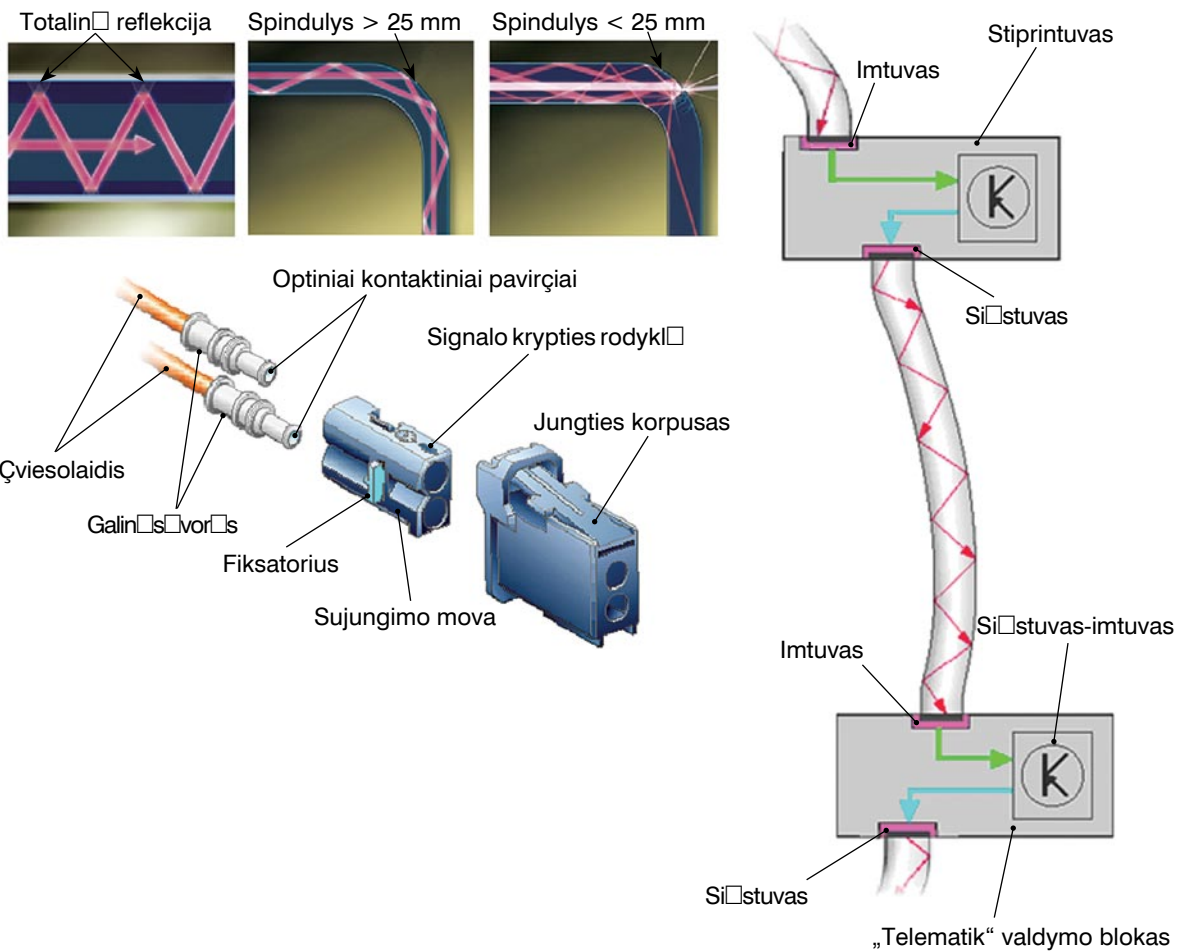
b)



14.13 pav. Duomenų perdavimas MOST sistemoje:  
a – duomenų perdavimo schema; b – valdymo sistemos sandara



14.14 pav. Šviesolaidžio sandara



14.15 pav. Optinio signalo perdavimas

šimą. Užsidarius ratui, valdymo blokas siunčia naują pranešimą. Visą tinklą valdo pagrindinis informacijos valdymo blokas, kuris yra sujungtas ir su valdymo sistema bei vaizduokliu. MOST sistemos defektai per diagnostinių duomenų perdavimo liniją perduodami į diagnostinę jungtį.

Bendra MOST sistemos duomenų perdavimo sparta siekia 16–21,2 Mbit/s. Atskirų posistemių informacijos srautų greičių poreikiai yra skirtingi (14.12 pav.).

MOST ryšio sistemoje duomenys yra perduodami optiniais signalais (šviesa įjungta arba išjungta) šviesolaidžiu. Valdymo bloko valdiklis priima ir išduoda tik įtampos signalus. Bloke esantis optinių signalų siųstuvai-imtuvai (FOT) optinius signalus verčia į įtampos signalus, kurie per duomenų filtrą (*MOST-Transceiver*) perduodami į valdymo bloko valdiklį. Duomenų filtras į valdiklį nukreipia tik jam būtiną informaciją. Apdorojęs gautus duomenis, mikrovaldiklis siunčia savo valdymo įtampos signalus atgal į duomenų filtrą, iš kurio šie signalai kartu su atėjusiais ir šiame valdymo bloke nepanaudotais signalais perduodami į siųstuvą-imtuvą. Siųstuvai-imtuvai gautus įtampos signalus pakeičia į optinius ir juos perduoda šviesolaidžiu (14.13 pav.).

Optinį signalą į šviesolaidį siunčia šviesos diodas, valdomas valdiklio. Išspinduliuojama šviesa, kurios bangos ilgis  $\approx 650$  nm. Signalas sklinda šviesolaidžio branduoliu, atsispindėdamas nuo reflektuojančios dangos (14.14 pav.). Tiesiu šviesolaidžiu vyksta totalinė refleksija. Lenkiant šviesolaidį refleksija mažėja ir, sulenkimo spinduliui sumažėjus iki 2,5 mm, optinis signalas pertraukiamas. Optinių duomenų perdavimą slopina ne tik sumažėjusi refleksija, bet ir jungtys. Siekiant užtikrinti signalų perdavimo galingumą, naudojamas stiprintuvas (14.15 pav.).

Optinis signalas perduodamas šviesolaidžiu periodiškai, su nedideliais laiko tarpais perduodant duomenų protokolą. Informacijos paketas, kaip ir „CAN-Bus“ sistemoje, sudarytas iš specifinių laukų.

## **PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE**

1. Kokie informacinių ir valdymo duomenų perdavimo būdai naudojami automobiliuose?
2. Kokie yra duomenų perdavimo „CAN-Bus“ sistema privalumai?
3. Aprašykite duomenų perdavimo magistrale „CAN-Bus“ procesą.
4. Kuo skiriasi informacija, perduodama „CAN-High“ ir „CAN-Low“ laidininkais?
5. Koku būdu „CAN-Bus“ magistralės laidai apsaugomi nuo išorinių trikdžių?
6. Aprašykite „CAN-Bus“ duomenų protokolo struktūrą.
7. Paaiškinkite, koku būdu bitais fiksuojami įvairūs perduodamos informacijos variantai?
8. Koku pagrindu sudaromas „CAN-Bus“ linija perduodamų duomenų eiliškumas?
9. Kaip vyksta informacijos apsikeitimas tarp atskirų automobilio valdymo tinklų?
10. Kokie galimi „CAN-Bus“ tinklo pagrindiniai gedimai?
11. Aprašykite, koku būdu duomenys perduodami šviesolaidžiu MOST ryšio sistemoje.
12. Koku būdu optiniai signalai paverčiami elektriniais ir atvirkščiai?
13. Kodėl nutraukiamas signalo perdavimas smarkiai sulenkus šviesolaidį?

## 15. ALTERNATYVŪS ATSINAUJINANTIEJI ENERGIJOS ŠALTINIAI. AUTOMOBILIS SU ELEKTROS PAVARA

Kad ir kaip tobulinamas naftos produktus naudojantis vidaus degimo variklis, susiduriama su energijos resursų stoka ir aplinkos tarša. Ateityje numatomas gaminti elektrinės pavaros automobilių variklis, naudojantis švario vandens ir deguonies energiją.

Energijos poreikis pasaulyje nuolat auga. Tradicinės iškastinės žaliavos – anglis, nafta, dujos – senka, didėja jų kaina, toksiški deginiai vis labiau teršia gamtą. Būtinai alternatyvūs, ekologiški, nesibaigiantys energijos šaltiniai. Vis dažniau kalbama apie saulės, vėjo, potvynių, upių ir kitus amžinus energijos klodus. Atrodo, jie čia pat, ranka pasiekiami, tačiau kol kas juos naudoti dar per brangu. Sudėtinga, o dažnai neįmanoma, tiesiogiai pasinaudoti amžiniais saulės, geotermiškais, gravitaciniais energijos ištekliais.

Saulė, vidutinio dydžio žvaigždė, – branduolinis reaktorius, kuriame kas sekundę 5 mln. tonų masės paverčiama energija. Išspinduliuoto per minutę jos kiekio pakaktų žmonijai metams, o trijų dienų energijos balansas prilygsta visų Žemėje esančių išteklių galiai. Šie skaičiai sunkiai suvokiami dar ir todėl, kad šio nesibaigiančio branduolinės sintezės šaltinio tarnavimo laikas – 4 mlrd. metų. Mus pasiekia tik nedidelė šio turto dalis. Kiti Žemės energijos šaltiniai yra tik saulės poveikio pasekmė.

Kol iškastinis kuras pigesnis už, atrodo, pigią saulės energiją, mažai domėtasi jos panaudojimu. Tik pastaraisiais dešimtmečiais sukurtos praktiškos saulės energijos naudojimo technologijos. Jos teikia vilčių ir gal kada nors tieks daugumą energijos. Saulės energija yra absoliučiai švari, prieinama daugeliui regionų. Deja, taip gaunama elektros energija kol kas sudaro tik nedidelę dalį energijos (15.1, 15.2 pav.).

Lietuva yra sukūrusi monokristalinio silicio saulės elementų gamybos technologiją ir galėtų gaminti sau ir eksportui saulės energijos elementus. Tačiau dėl mūsų geografinės padėties, saulės spinduliuojamos energijos sezoninio, paros, meteorologinio kitimo vargu ar Lietuvoje galima tikėtis didesnio tokios energijos panaudojimo. Vis dėlto tai galėtų būti energijos papildas įvežamam kurui – juk Lietuvoje vieno kvadratinio metro plotas per metus sugeria apie 1 MWh saulės energijos.

Ateityje, pereinant prie vandenilinės energijos aplinkos, aukštas (iki 85%) saulės elementų NVK būtų priimtinas būdas vandeniliui gauti. Šiandien kai kuriuose kraštuose jau naudojami saulės kolektoriai. Mes saulės baterijas naudojame buitiniuose skaičiuotuose, numatoma kelio ženklams, plūdrams jūroje ir kitiems įtaisams maitinti. Jei saulės energija būtų naudojama kaip vienintelis ir pastovus energijos šaltinis, reikėtų perteklinės energijos akumuliacijos ir transportavimo technologijų. Dabar naudojami energijos kaupikliai pajėgūs tik iš dalies tenkinti poreikius (didelės talpos kondensatoriai, cheminiai elementai, vandens ar kiti kaupikliai).

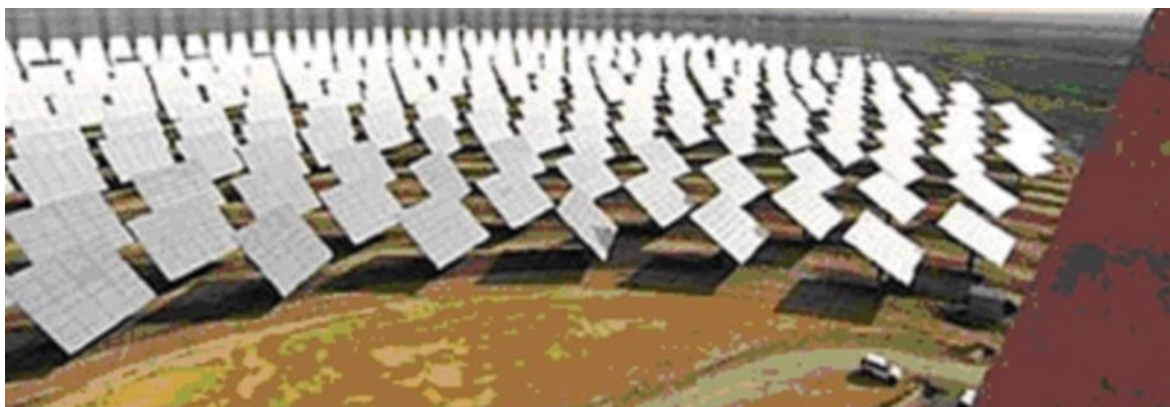
Saulės energija gali būti naudojama įvairiems tikslams: būstui šildyti, maistui gaminti, vandeniliui (ateities automobilių degalams) gauti ir kitiems poreikiams.

Tikimasi, kad 600 000 gyventojų turintis Ispanijos miestas Sevilija turės savo nepriklausomą saulės energijos šaltinį (15.3 pav.).





15.1 pav. Turkija. Buitiniai saulės kolektoriai Mušo mieste



15.2 pav. 390 kW galios saulės elementų masyvas Anglijoje

Transporto sektorius pirmas junta artėjantį naftos stygių. Jam priskiriamas ketvirtadalis kenksmingųjų į atmosferą išmetamų medžiagų. Nors ir tobulinamas, šimtmetį veikęs vidaus degimo variklis nėra viliojančiai perspektyvus. Šiandien jis kai kuriose srityse pralaimi tobulėjančiai elektros pavaros technologijai.

Elektros pavara ekonomiškesnė už naftos produktus naudojančią variklį. Ateityje ją naudojant būtina turėti pakankamą energijos kiekį, ją saugiai sandėliuoti ir transportuoti. Galimi du sprendimai: energiją gaminame stacionariomis sąlygomis, akumuliuojame automobilio cheminiuose elementuose ir naudojame elektros pavarai maitinti. Arba pavarai maitinti vežiojame žaliavą, iš kurios generuojame elektros energiją pačioje transporto priemonėje. Pirmas būdas gerai įsisavintas ir šimtmetį jau naudojamas. Tačiau masinį akumuliatorinės





15.3 pav. Saulės energijos kolektorius Ispanijos mieste Sevilijoje

elektros pavaros modelio naudojimą stabdo brangūs, didelės masės, ilgo regeneracijos laiko reikalaujantys energijos kaupikliai. Jų gamyba ir utilizavimas nėra ekologiniu požiūriu švarūs procesai. Vis daugiau dėmesio ir investicijų skiriama vandenilio ir deguonies energijos aplinkos technologijoms, kad pagal poreikį energiją galėtų generuoti pats vartotojas. Esantis automobilyje cheminis energijos kaupiklis nėra pagrindinis energijos šaltinis, o tik užtikrina pagalbinių sistemų darbą ir įsijungia išskirtiniais momentais galiai padidinti ar perteklinei energijai kaupti.

Vandenilis dabar – patraukliausia žaliava, energetiškai vertinga ir, svarbiausia, degdama

neteršia aplinkos. Vandenilis – degalai, galintys sukelti perversmą ne tik transporte, bet ir visoje energetikoje. Deja, kol kas nežinomi pigūs jo gavimo, nepavojingi saugojimo ir transportavimo būdai. Lengviausias ir labiausiai paplitęs žemės elementas yra ir nepatogiausias saugoti. Jo dujos skystėja –253 °C temperatūroje, o 50 l talpoje, net panaudojus 250 atmosferų slėgį, telpa tik truputis daugiau nei kilogramas. Sudėtinga sukaupti didesnei automobilio ridai pakankamą vandenilio kiekį. Jei tai pavyktų išspręsti, liktų tik pačių dujų gavyba. Viliojanti vandens skaidymo technologija. Jeigu jai būtų naudojami saulės spinduliai – neišsenkantys energijos klodai, tai šis būdas pasiteisintų, nors energetiniu požiūriu ir būtų nuostolingas.

Sukurta technologijų, kaip vandenilį gamintis pačioje transporto priemonėje iš metanolio, benzino ar kitų medžiagų, bet tai neatrodo perspektyvu.

Nors technologija sudėtinga, jei automobilyje yra pakankamai vandenilio ir deguonies, naudojant kuro elementą, galima turėti tylų ekologišką energijos šaltinį. Drauge su elektros pavara dabar tai rimčiausia alternatyva vidaus degimo variklio technologijai. Didžiausios automobilių gamybos firmos skiria milžiniškas lėšas tokiam automobiliui tobulinti (15.5 pav.). Turtingose šalyse kuriamas vandenilinių akumuliatorių degalinių tinklas, o keliais rieda ne vienas šimtas ateities automobilių. Eksperimentinių ieškojimų kelias – nuo pirmojo praktinio kuro elemento panaudojimo NASOS kosminėse programose iki šiandieninio automobilio – buvo ilgas.

Tai kas gi tie paslaptieji kuro elementai? Jais imta vadinti įtaisus, kurie cheminių reakcijų energiją tiesiogiai naudoja elektros energijos gavybai. Teoriškai tam tinkamos visos oksidacijos-redukcijos reakcijos, per kurias vyksta medžiagų valentingumo kitimai – mainai. Bet praktiškai dauguma reakcijų dėl tinkamų paviršių stokos, kinetinių trikdžių, katalizatoriaus nuodų būna per lėtos, neefektyvios. Didžiausias efektas gaunamas ant anodo oksiduojant vandenilį, o ant katodo redukuojant deguonį. Susidarę jonai nukreipiami per laidžią membraną (15.4 pav.)

Taigi kuro elementas yra ta pati visiems įprasta baterija. Tik baterija išsenka, o kuro elementui nuolat tiekiant kurą, yra gaunamas beveik nesibaigiantis šaltinis (kol užsiteršia sudėtingos jonų membranos).

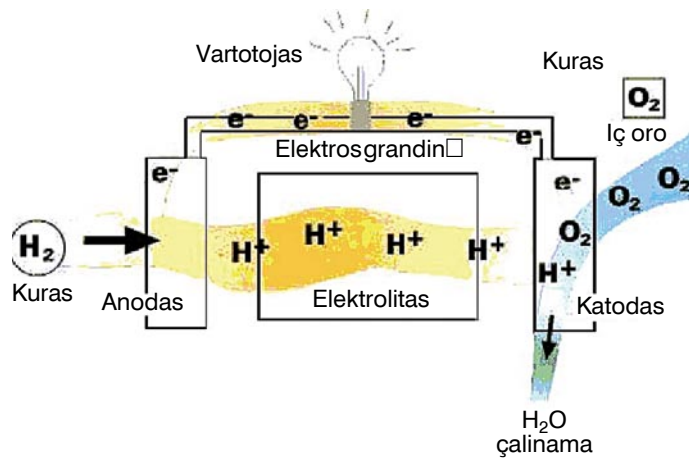
Viljamas Grovė, 1839 m. sukūręs elektrocheminių kuro elementų teorinius pagrindus, vargu ar pagalvojo, kad prisireiks pusantro šimto metų, kol jo išradimas bus praktiškai pritaikytas.

Kuro elementų NVK 50–65% (daug didesnis negu tradicinių elektros gamybos jėgainių), juose nėra mechaniškai susidėvinčių komponentų, o pats procesas – tylus ir ekologiškas. Tikimasi dar padidinti kuro elementų NVK.

Vandenilinė energijos aplinka – tai ne tik automobilis, bet ir energetinis perversmas visose srityse. Turtingos šalys (JAV, Japonija) pasiryžusios apie 2015–2020 metus pereiti prie pramonės ir transporto vandenilio energijos aplinkos ir nepriklausyti nuo naftą eksportuojančių šalių.

Kuro elementais gauta elektros energija prireikus gali būti akumuluojama arba iškart tiekama vartotojui. Tikslinga jos gaminti tiek, kiek reikia tuo metu. Tokios jėgainės pasirengimo darbui trukmė minimali, paleidžiama ir stabdoma ji gali būti neribotai daug kartų.

Kuro elemento tiekama įtampa yra žema – keli voltai, tai yra dalyvaujančių cheminių elementų elektroninių ryšių (jonizacijos potencialų) energijų skirtumai, o srovės stipris –



15.4 pav. Energijos gamybos iš vandenilio ir deguonies schema

proporcingas naudojamų elektrodų paviršiaus plotui. Didesnei energijai gauti elektrodai gaminami labai poringi (skeletiniai), didelio paviršiaus ploto. Žemą kuro elemento įtampą keitiktis transformuoja į trifazę 200–500 V dydžio įtampą automobiliųjų elektros variklių pavarai maitinti. Elektros varikliai gali būti montuojami automobilio ratų būgnuose arba tiltuose. Taip tiekimo linijose minimaliai sumažėja ominiai energijos nuostoliai. Naudojami impulsiniai varikliai yra ekonomiški.



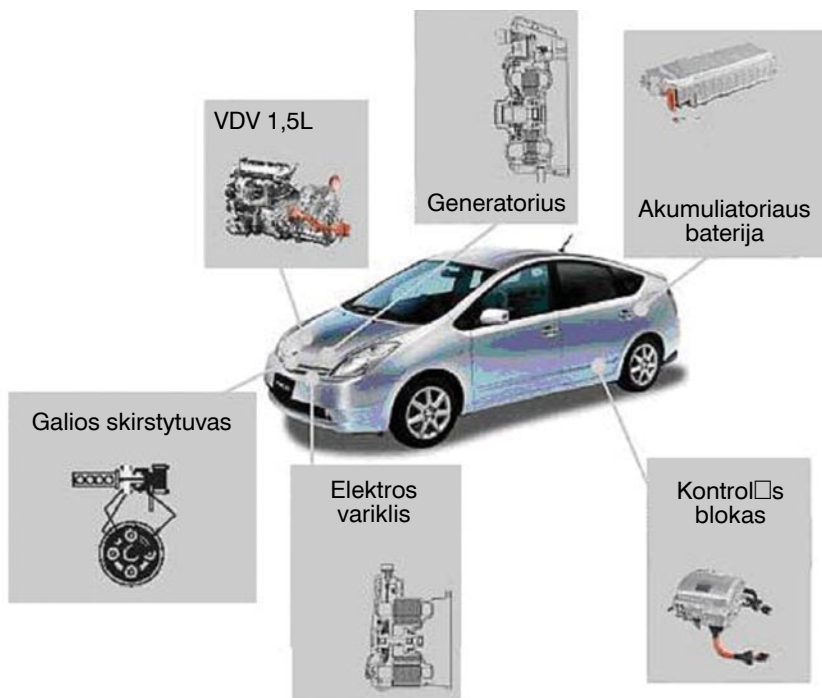
15.5 pav. Vandeniliu varomas automobilis „Honda FCX“



Kuro elementai kompaktiški, neužima daug vietos. Portfelio dydžio kuro elementas pajėgia aprūpinti energija vidutinės galios lengvąjį automobilį. Nesudėtingas jų pritaikymas įvairios paskirties mobiliuose įrenginiuose.

JAV Energetikos departamento programoje „Freedom CAR“ numatyta kuro elementais varomoms mašinoms leisti dar šiame dešimtmetyje konkuruoti su tradiciniais benziniais automobiliais. Kongreso paskelbtas Vandenilinio kuro elementų aktas įpareigoja iki 2010-ųjų pagaminti iki 100 000 vandenilniais kuro elementais varomų automobilių.

Kol vandenilio energijos aplinka išvystyta nepakankamai, sparčiai plinta tarpinė technologija – hibridinis automobilis (15.6 pav.). Jame naudojamos dvi pavaros: tradicinė mechaninė vidaus degimo variklio ir elektrinė su elektros varikliu-generatoriumi ir didelės talpos nikelio hidrido ar kito tipo akumuliatorinėmis baterijomis. Abi pavaros gali veikti nepriklausydamos viena nuo kitos. Valdymo elektronika pati parenka, kada kuriai pavarai sukti ratus, arba įjungia abi kartu. Mechaninėje pavaroje atsirandantis energijos perteklius per generatorių nukreipiamas akumuliatoriams krauti. Ekonomiškas, pastoviu režimu veikiantis Oto ar Dyzelio variklis su stabdant rekoperuojančia energijos sistema degalų suvartoja tik 2–3 l šimtui kilometrų („Toyota Prius II“). Taigi net griežčiausi ekologijos auditoriai šiam automobiliui reiškia visai nedaug pretenzijų.



15.6 pav. Automobilio elektros pavaros sandara

## 16. AUTOMOBILIO ELEKTROS ĮRANGOS SCHEMOS

### 16.1. Automobilio elektros schemų tipai

Įvairių automobilio elektros įrenginių loginių ir funkcinių tarpusavio ryšių ir jungčių grafiniam vaizdui pateikti naudojamos įvairių tipų elektros schemas: struktūrinės, funkcinės, principinės, montažinės. Schemose, naudojant simbolius, piešinius arba supaprastintus konstrukcijos brėžinius, pateikiamas vaizdas elektros įrenginių tarpusavio išdėstymas.

Struktūrinė schema – tai apibendrintas techninio įrenginio grafinis modelis. Toks modelis vaizduojamas kaip schema. Joje nurodomi sistemos sudėtinių dalių tarpusavio ryšiai, o vidinės blokų schemas nepavaizduotos. „Motronico“ (benzino įpurškimo ir uždegimo) valdymo sistemos struktūrinėje schemoje (1.41 pav.) pavaizduotas elektroninis valdymo blokas (EVB) ir jo ryšiai su jutikliais ir valdymo įrenginiais. Šioje schemoje nematyti konkrečių elektrinių jungčių. Iš tiesų jungtys tarp integrinių grandynų, taip pat kaip ir patys grandynai, – neišardomi ir schemoje pavaizduoti kaip sąsajos. Automobilių techninės priežiūros stočių sąlygomis EVB neremontuojami, nes integrinių grandynų gedimams nustatyti reikia specialios diagnostikos įrangos ir aukštos kvalifikacijos specialistų.

Funkcinės schemos naudojamos pradiniam techninių schemų kūrimo etape, projektuojant ir gaminant naujas technines sistemas arba nagrinėjant jau pagamintas ir eksploatuojamas. Funkcinės schemas yra tarpinė vienijanti grandis tarp bendrų (struktūrinių) ir konkrečių (principinių) schemų. Funkcinė schema vaizduoja techninių įrenginių loginius tarpusavio ryšius uždaros sistemos viduje, nurodant jos darbinis įėjimus bei išėjimus, ir sudaroma kiekvienai posistemei (pvz., oro tiekimo (9.9 pav.)) atskirai. Bendros schemas (iš karto visiems automobilio įrenginiams) nesudaromos.

Funkcinė schema gali būti apibendrinta, kai viename brėžinyje pavaizduojami įrenginiai su įvairiais veikimo principais (mechaniniai, hidrauliniai, elektriniai, elektroniniai ir kitokie). Tokios schemas aiškiau pavaizduoja sudėtingos sistemos loginio sprendimo visumą. Kaip pavyzdį galima panagrinti „L-Jetronic“ benzino įpurškimo sistemos apibendrintą funkcinę schemą (16.1 pav.).

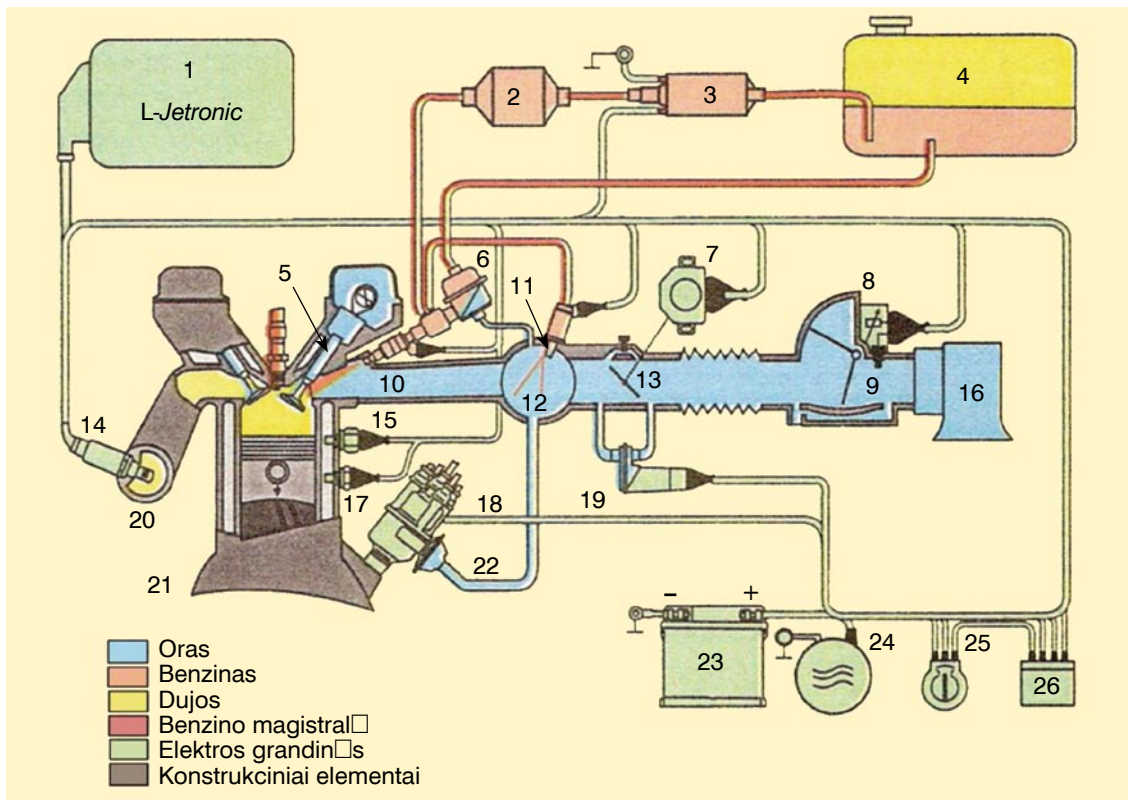
Šioje schemoje skirtingomis spalvomis žymima: oro kanalai, benzinas ir benzino magistralės, dujos, elektros įrenginiai ir elektros grandinės, taip pat kai kurie konstrukciniai sistemos elementai.

Kartais sudaroma supaprastinta funkcinė schema, kai brėžinyje pavaizduojama tik vieno tipo (pvz., elektriniai arba hidrauliniai) tarpusavio ryšiai.

Praktiniam naudojimui supaprastintos funkcinės schemas daromos daiktinės (natūralios), tai yra vietoj atskirų komponentų sutartinių ženklų – juodų blokų (kvadratų, trikampių ir pan.), pateikiami jų piešiniai. Pagrindinis daiktinės funkcinės schemas privalumas – jos vaizdumas, nes lengviau surasti ieškomą detalę automobilį remontuojant. Bet ieškant gedimų, daugiausia konkrečios informacijos suteikia ir naudingiausia yra principinė elektros schema.

Principinė elektros schema – tai išplėstinis ir smulkus grafinis tam tikro bloko, įrenginio ar viso automobilio smulkiausių neišardomų detalių, elektrai laidžių jungčių vaizdavimas. Tokios detalės ilgą laiką buvo rezistoriai, kondensatoriai, indukcinės ritės, puslaidininkiai prie-





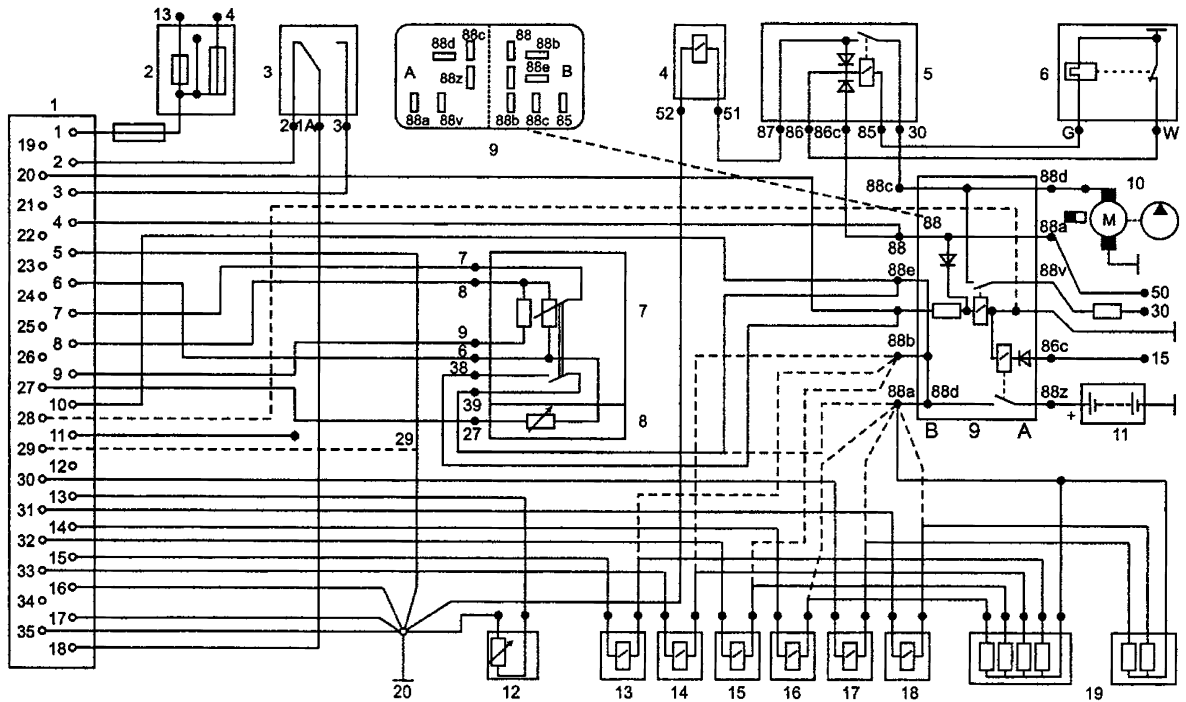
16.1 pav. „L-Jetronic“ benzino įpurškimo sistemos funkcinė schema:

1 – EVB; 2 – smulkaus valymo degalų filtras; 3 – elektrinis benzino siurblys; 4 – benzino bakas; 5 – įsiurbimo vožtuvas; 6 – degalų slėgio reguliatorius su vakuuminiu korektoriumi; 7 – droselinės sklendės padėties potenciometrinis jutiklis; 8 – potenciometrinis oro kiekio matuoklis su temperatūros jutikliu; 9 – oro temperatūros jutiklis; 10 – darbinis elektra valdomas purkštuvus; 11 – šalto paleidimo purkštuvus; 12 – įsiurbimo kolektorius; 13 – droselinė sklendė; 14 – lambda zondas; 15 – variklio temperatūros jutiklis; 16 – oro filtras; 17 – šiluminė laiko relė; 18 – skirstytuvas su Holo jutikliu; 19 – papildomo oro tiekimo vožtuvas; 20 – išmetimo kolektorius; 21 – cilindrų blokas; 22 – skirstytuvo vakuuminis reguliatorius; 23 – akumuliatorių baterija; 24 – generatorius; 25 – uždegimo jungiklis; 26 – benzino siurblio ir paleidimo purkštuvo valdymo relė

taisai, relės, komutaciniai elementai ir jungiamieji laidai (arba takeliai spausdintinėje plokštėje (1.24 pav.)). Palyginimui su nagrinėta „L-Jetronic“ funkcinė schema 16.2 paveiksle pavaizduota „LE-Jetronic“ benzino įpurškimo sistemos principinė elektrinių jungčių schema.

Šiuolaikinės puslaidininkės technologijos specialistai integrinių grandynų pagrindu sukūrė ir automobiliams pritaikė mikrokompiuterius – elektroninio valdymo blokus, skirtus atlikti tam tikroms užprogramuotoms funkcijoms. EVB įrenginius tarpusavyje ir su išoriniais prietaisais (pvz., su kitais EVB, diagnostikos prietaisais) jungia sąsajos. Principinėje automobilio elektrinių jungčių schemoje tokie įrenginiai vaizduojami kaip juodosios dėžės su numeruotais įėjimais ir išėjimais (kontaktais) (16.2 pav., 1).

16.4–16.7 paveiksluose pateiktas automobilio „Audi A4“ (94-01 variklis 2,8 l, kodas



16.2 pav. „LE-Jetronic“ benzino įpurškimo sistemos principinė elektrinių jungčių schema:  
 1 – EVB jungtis; 2 – vieno išėjimo uždegimo ritė; 3 – droselinės sklendės kraštinės padėties jutiklis; 4 – šalto paleidimo purkštuvai; 5 – šalto paleidimo purkštuvo relė; 6 – šiluminė laiko relė; 7 – įsiurbiamo oro kiekio matuoklis; 8 – įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis; 9 – benzino siurblio ir maitinimo sistemos įjungimo relė; 10 – elektrinis benzino siurblys; 11 – automobilio akumuliatorių baterija; 12 – variklio temperatūros jutiklis; 13–18 – benzino purkštuvai; 19 – purkštuvų papildomi rezistoriai; 20 – bendras jungimo su mase taškas

AAH) elektros įrangos bendros principinės elektros schemos fragmentas. Elektros schemų braižymą ir skaitymą reglamentuoja standartai. Įvairiose valstybėse įvairūs gamintojai ir techninės literatūros leidėjai gali naudoti skirtingus standartus.

## 16.2. Automobilio elektros įrangos schemų žymėjimas

Automobilio elektros įranga – tai sudėtingas elektroninių valdymo blokų, relių, jungiklių, elektrinių mašinų ir įrenginių, kontrolinių matavimo ir apšvietimo prietaisų, saugiklių ir jungiamųjų laidų kompleksas. Visa tai sujungta į bendrą vienalaidį elektros tinklą, panaudojant metalines agregatų ir kėbulo dalis kaip neigiamąjį laidą – masę (1.5 pav.).

Laidinė automobilio elektros tinklo dalis iš elektros tiekimo sistemos neša ir paskirsto teigiamąjį potencialą. Srovės tekėjimo kryptis schemoje turi būti pavaizduota taip, kad ir elektrinių signalų srautas, ir mechaninis poveikis vyktų iš kairės į dešinę ir iš viršaus žemyn.

Visos grandinės, kuriomis teka didesnė kaip 1 A srovė (išskyrus starterio grandinę), apsaugotos saugikliais. Laidai taip pat užtikrina informacinį elektrinį ryšį tarp vidaus įrangos kom-

ponentų. Kad būtų apsaugoti nuo elektromagnetinių trukdžių, dalis laidų ekranuoti. Nuo elektros įrangos ir srovės tinklo jungčių patikimumo priklauso automobilio eksploataavimo efektyvumas – patikimumas, saugumas, aplinkos užterštumas, degalų sunaudojimas, komfortas ir t. t.

Bendroje automobilio elektros įrangos schemoje išskiriamos įrenginių grupės (blokai), sudarančios savarankiškas sistemas su apibrėžtomis funkcijomis. Joms priklauso: elektros tiekimo, variklio paleidimo, variklio valdymo, automatinės pavarų dėžės valdymo, stabdžių antiblokavimo ir automobilio stabilumo valdymo, apšvietimo, šviesos ir garso signalizacijos, stiklų valytuvų ir stiklų plovimo, kontrolinių matavimo prietaisų, durų atidarymo blokavimo valdymo ir apsauginės signalizacijos, komforto, garso ir vaizdo, navigacinė ir kitos sistemos. Kiekviena įrenginių grupė turi komutacinę aparatūrą (reles, jungiklius, perjungiklius), saugiklius, laidus ir jungtis, gali turėti atskirą elektroninį valdymo bloką.

Visa tai pavaizduojama bendroje principinėje automobilio elektros schemoje naudojantis simboliais, paveikslėliais, esant būtinybei – supaprastintais įrenginio konstrukcijos brėžiniais. Schemos papildomos lentelėmis, grafikais ir jų aprašymais. Elektros schema turi atitikti nustatytą standartą (16.3 pav.), o bet kokie nukrypimai turi būti paaiškinti.

Pagal DIN standartą atskirose lentelėse pateikiama:

- elektros įrangos elementų sąrašas ir jų raidinis ir skaitmeninis žymėjimas schemose (16.1 lent.);
- informacija apie kontaktines jungtis (16.2 lent.);
- laidų vidinių jungčių žymėjimai laidų pynėse (16.3 lent.);
- automobilio masės taškų žymėjimai (16.4 lent.);
- laidų spalvų raidiniai žymėjimai (16.5 lent.);
- laidų išvadų žymėjimas (16.6 lent.).

Apačioje schema apribota horizontalia linija (31), kuri reiškia elektros grandinės neigiamąjį polių, t. y. automobilio masę. Funkciniai blokai, įrenginiai ir jų sudedamieji komponentai schemoje išdėstomi vienas po kito į eilę ir jų pozicija fiksuojama pagal apačioje sunumeruotas pozicijas. Elektros grandinės elementai sujungti tam tikrais spalvotais laidais, kurių spalva matoma schemoje arba nusakoma sutartiniu žymėjimu.

Jeigu schemoje grandinė nutraukiama mažu stačiakampiu su jame esančiu skaičiumi, tai tas skaičius nurodo, kokioje pozicijoje laidas tęsiasi. Pavyzdžiui, starterio traukos relės elektrinės grandinės simbolis 91 (pozicija 21) reiškia, kad laidas tęsiasi schemos pozicijoje 91, kur per simbolį 21 jungiasi su uždegimo jungiklio D kontaktu (50) (16.4; 16.7 pav.).

Laukas schemos viršuje vaizduoja montažinius blokus – jungiamuosius elektros schemos mazgus. Montažiniai blokai skirti relėms, saugikliams montuoti ir visoms maitinimo grandinėms – „30“, „15“, „X“, „31“ – prijungti. („30“ laidas – akumuliatorių baterijos teigiamasis potencialas; laidas „15“ – akumuliatorių baterijos teigiamasis potencialas iš įjungto uždegimo jungiklio (spynelės) kontakto „15“; laidas „X“ – iš nukrovimo relės J59 (+12 V, esant išjungtam starteriui); laidas „31“ – bendra masė). Šios grandinės, taip pat kitų elektros įrenginių vidinės jungtys pavaizduotos plonomis linijomis. Be pačios relės sutartinio žymėjimo, nurodomas jos pozicijos numeris montažiniame bloke. Šis numeris pavaizduotas juodu stačiakampiu su baltu skaičiumi jame (pvz., 1). Schemoje žymimi ne tik relės išvadai, bet ir prijungimo lizdai.

Plokštė, skirta saugikliams montuoti, schemoje gali būti išskirta tam tikra spalva. Be to, sutartinėmis spalvomis gali būti pažymėti visi jungikliai, perjungikliai, komutaciniai įrengi-

niai, jutikliai, vykdymo įrenginiai ir elektroniniai valdymo blokai. Paminėtina, kad elektros įrangos schemose spalvinių laukų naudojimas DIN normomis nenumatytas. Tačiau tai kartais naudojama vaizdumui padidinti.

Atskiros automobilių modifikacijos gali skirtis tik jėgos įrenginių tipais (varikliu ir pavarų dėže) ir kai kuriomis šių agregatų valdymo elektros schemomis. Pvz., keturių ir penkių cilindrų benzininiai varikliai turi „Motronic 3/2“ valdymo sistemą, o šešių cilindrų – MPFI valdymo sistemą. Nežymūs pakeitimai schemoje realizuojami papildomai sumontuojant ar išmontuojant jungiamuosius laidus, reles ar kitus elektrinius elementus. Tai atitinkamomis pastabomis nurodoma schemos apačioje. Pastabos žymimos skaitmenimis mažuose raudonuose apskritimuose. Pvz., 1 pastaba nurodo, kad relė J60 yra schemoje tik tada, kai automobilyje įmontuota automatinė pavarų dėžė. Jei automobilyje yra mechaninė pavarų dėžė, tai vietoj relės J60 sumontuojama srovės jungtis (žr. 16.4 pav. schemoje, 2 pastaba).

Raidės ir skaičiai juodose elipsėse nurodo, kad šios jungtys priklauso laidų pynėms (žr. 16.3 lent.).

Laidų išvadai žymimi (pvz., 50 – starterio valdymas) remiantis standartu DIN 72552 (žr. 16.6 lent.). Tai nulemia paprastą ir patikimą laidų prijungimą remontuojant arba keičiant elektros įrenginius.

Laidams sujungti naudojamos jungtys, kurios gerai apsaugo sujungimus nuo vandens ir purvo, o tai užtikrina patikimą sujungimų kontaktą. Pagal DIN normas, jungčių sujungimai schemoje turi sutartinį žymėjimą. Be raidinio žymėjimo „T“, jungtys turi papildomą skaitmeninę indikaciją (žr. 16.2 lent.). Pvz., T6z/3 – tai šešių jungčių trinkelės (ji įtaisyta variklio skyriuje E bloke) trečias išėjimas.

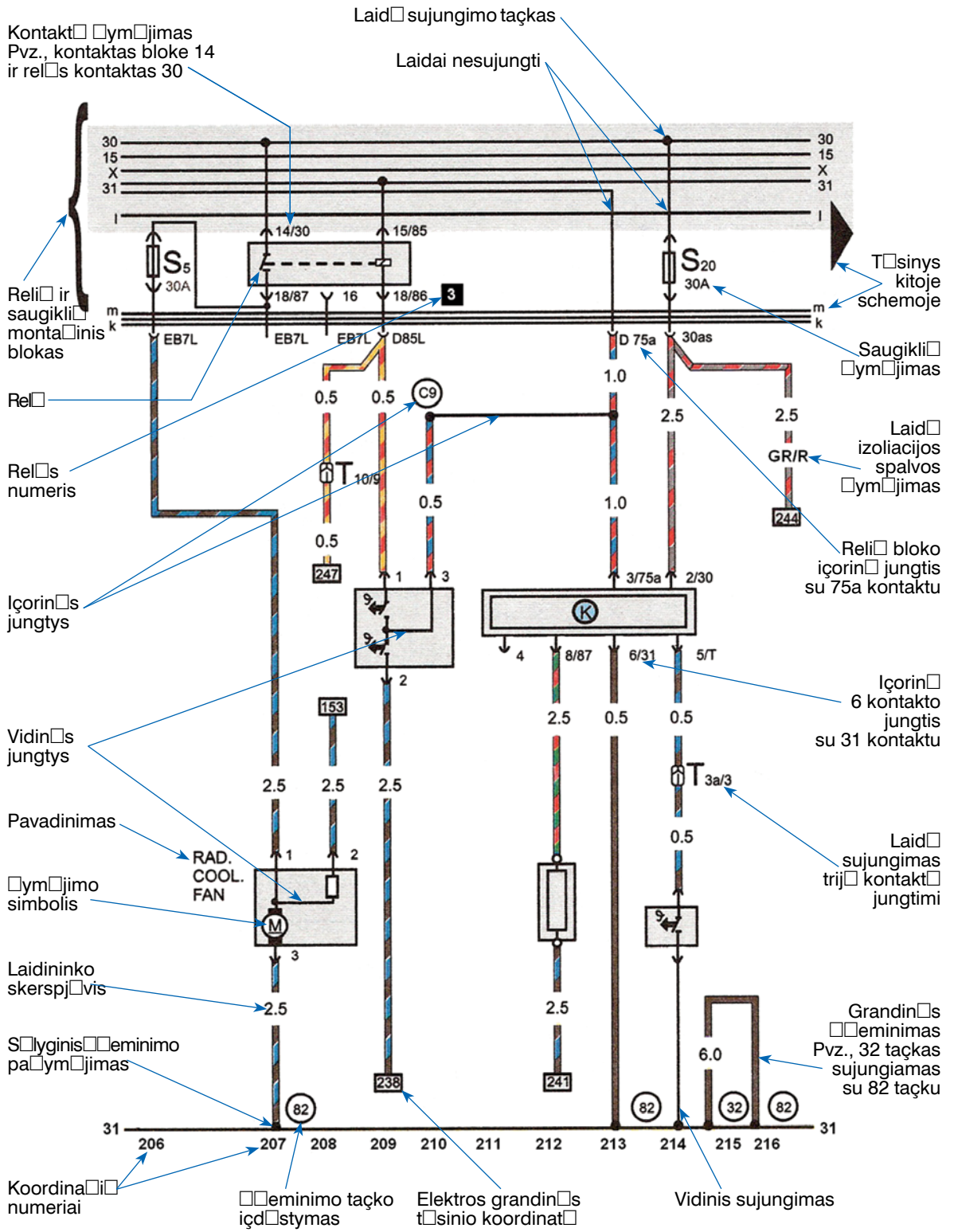
Montuojant laidai dažnai sueina į pynes, pereina per kėbulo pertvaras, todėl tikrinant ar remontuojant patogiu, kai turi sutartinės spalvos izoliaciją, o jų galai gali būti numeruojami.

Schemose žymimas ir laidų skerspjūvis ( $\text{mm}^2$ ).

Automobilių elektros įrenginių nomenklatūra ir gaminių skaičius, taip pat jų atliekamų funkcijų skaičius nuolat plečiasi. Šiuo metu naudojami nauji sudėtingesnių konstrukcijų ir schemų gaminiai ir sistemos, kurių pagrindas – elektroninė ir mikroprocesorinė technika. Lengvojo automobilio elektros įranga gali turėti daugiau kaip 200 gaminių, per 1500 kontaktų ir apie 1,5 km jungiamųjų laidų. Elektros įrenginių kainos dalis nuolat didėja.

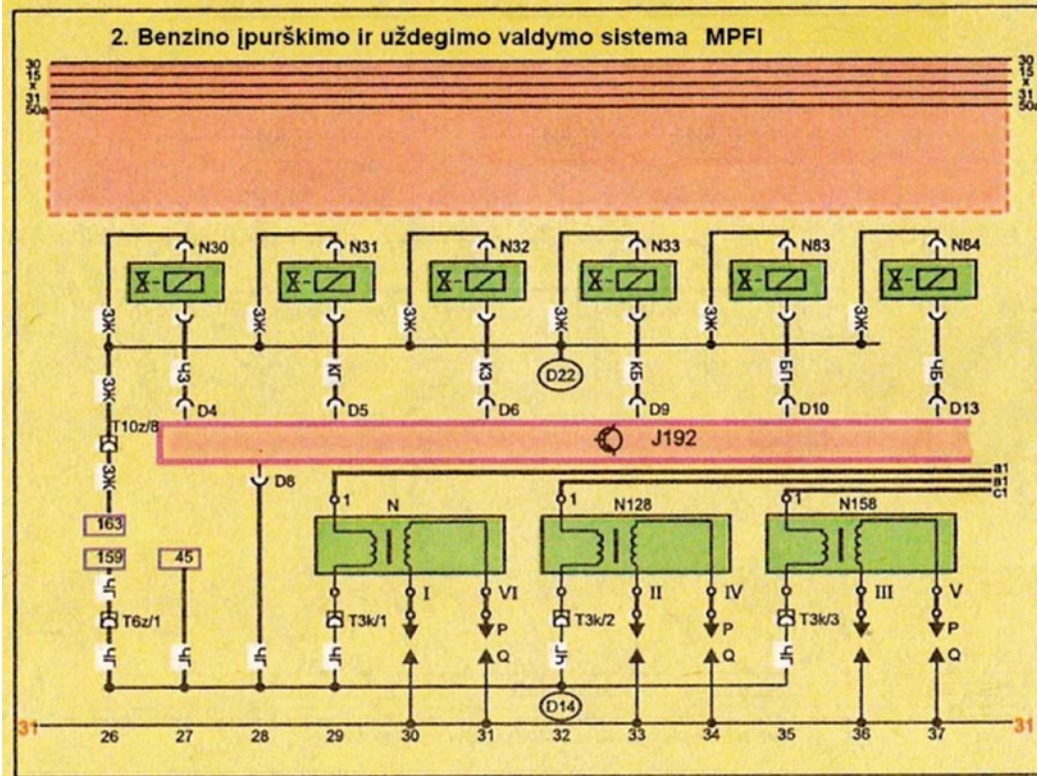
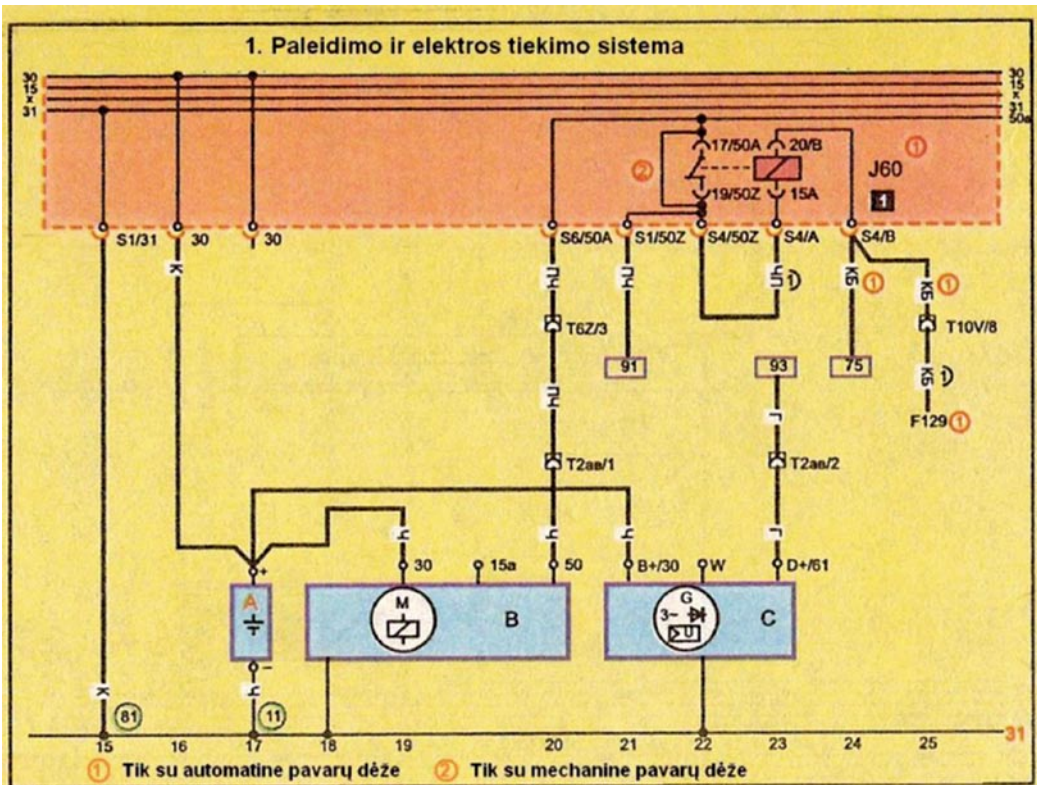
Automobiliuose pradėjus naudoti elektros instaliacijos posistemę su bendru srovės laidininku ir bendra duomenų perdavimo ir valdymo magistrale (multipleksinio ryšio sistema „CAN-Bus“), atsisakyta didžiulio kiekio varinių laidų ir elektromagnetinių relių. Brangios ir sudėtingos varinių laidų pynės yra keičiamos vienu bendru srovės laidininku visiems elektros naudotojams. Bendras srovės laidininkas perduoda teigiamąjį elektros tiekimo sistemos potencialą, analogiškai kaip masė – neigiamąjį. Elektros įrenginiai valdomi atitinkamu signalu iš atskirų sistemų elektroninio valdymo blokų, kurių darbą koordinuoja pagrindinis sistemos EVB (15.9 pav.). Multipleksinė ryšio sistema patikimesnė, paprastesnė ieškant gedimų, lengvai gali būti aprūpinta savidiagnostikos funkcija. Naudojant šią sistemą, elektros įrangos schema supaprastėja, nes išnyksta daugelis elektros laidininkų.

Sudėtingų elektros įrenginių ir elektronikos naudojimas turi ir trūkumų. Sudėtinga elektros įrenginių techninė priežiūra ir remontas, reikalingas aukštos kvalifikacijos personalas, reikia naudoti specializuotą diagnostikos įrangą.



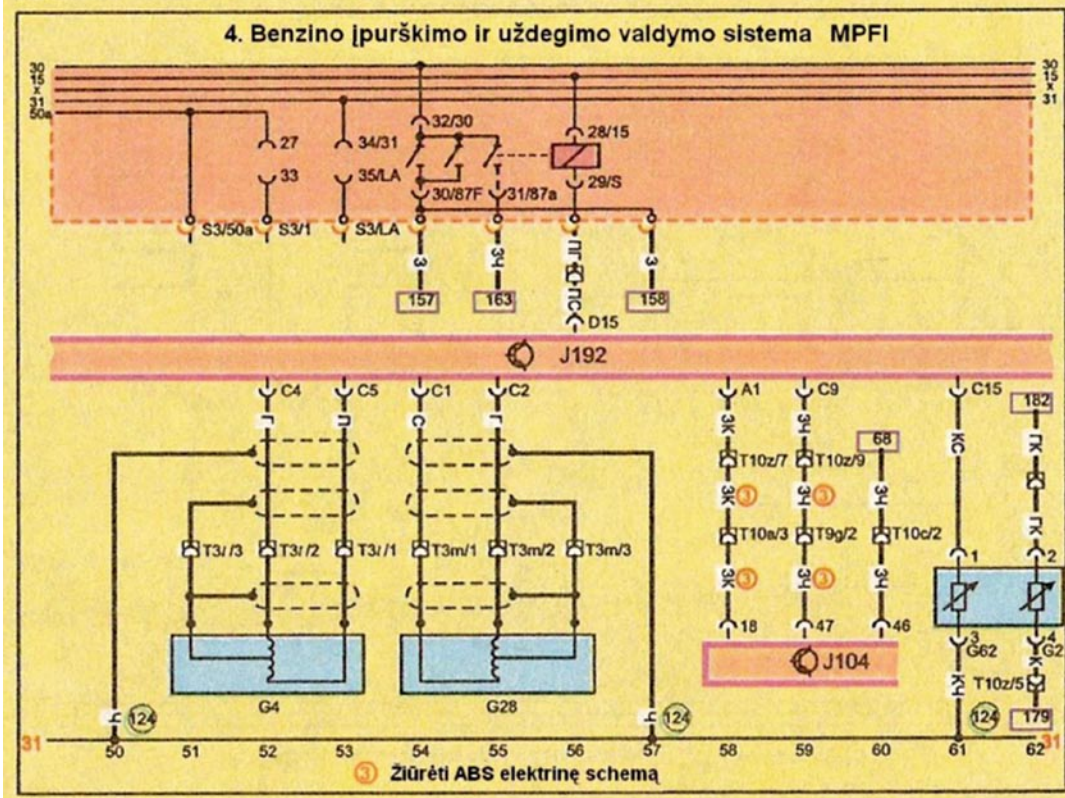
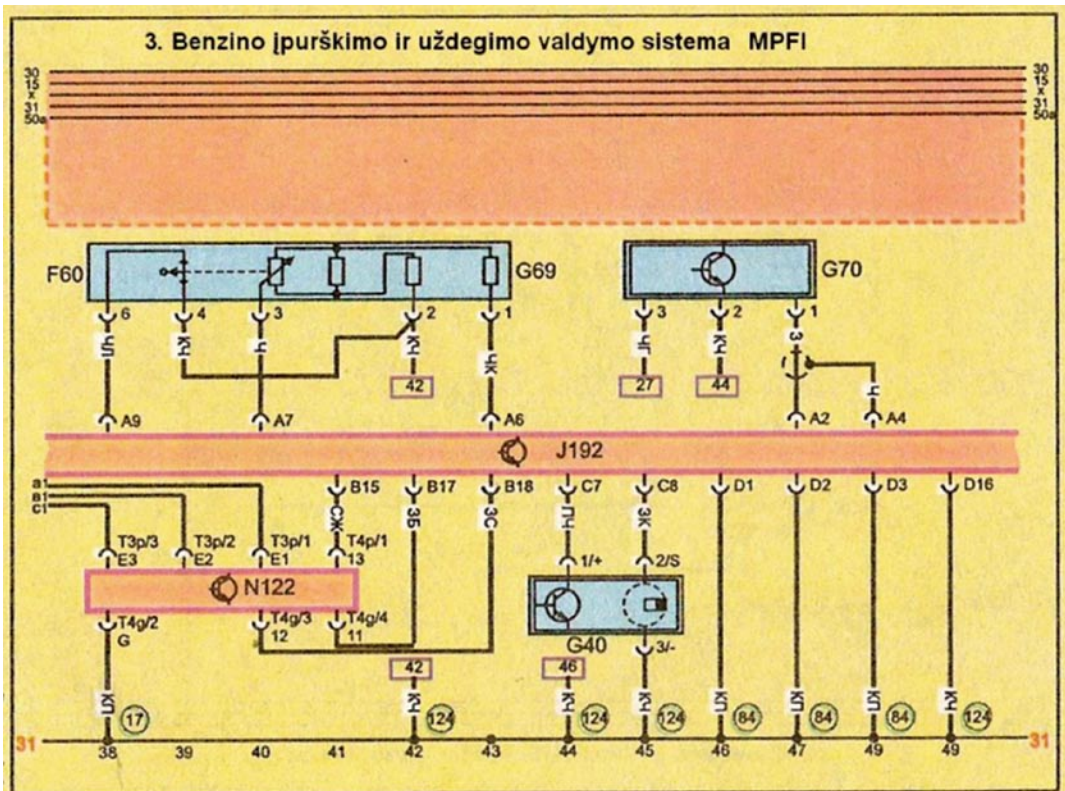
16.3 pav. Elektros schemų skaitymo instrukcija (DIN standartas)





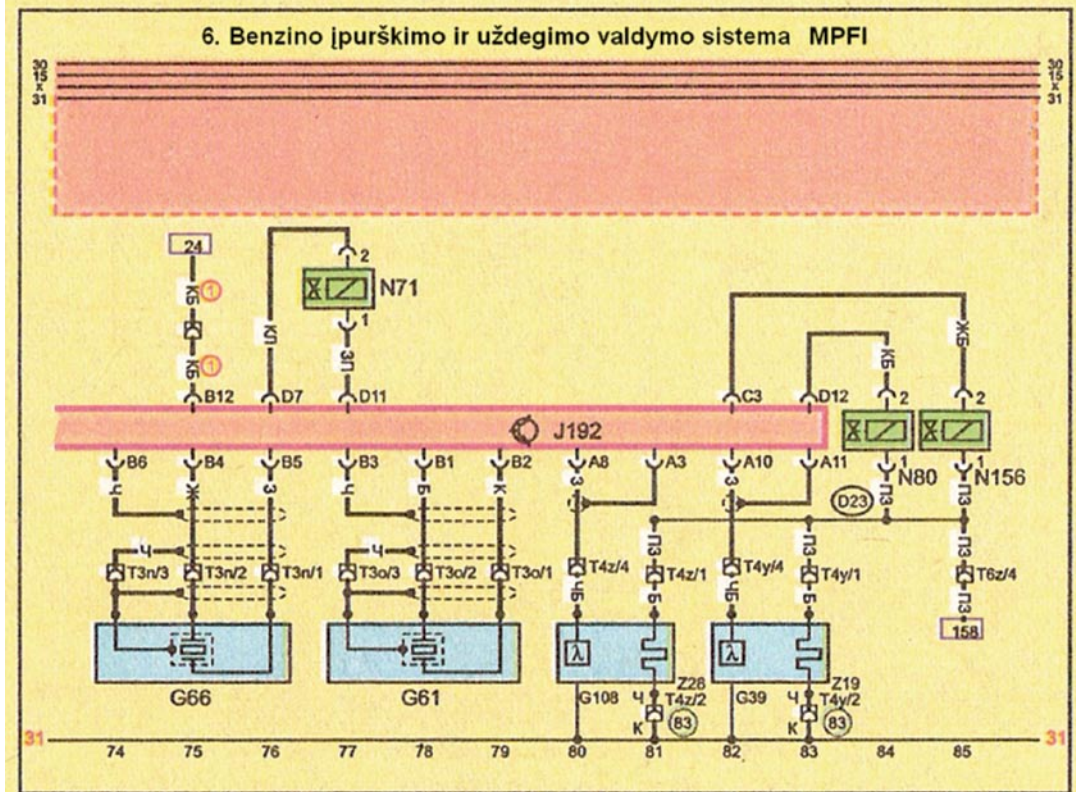
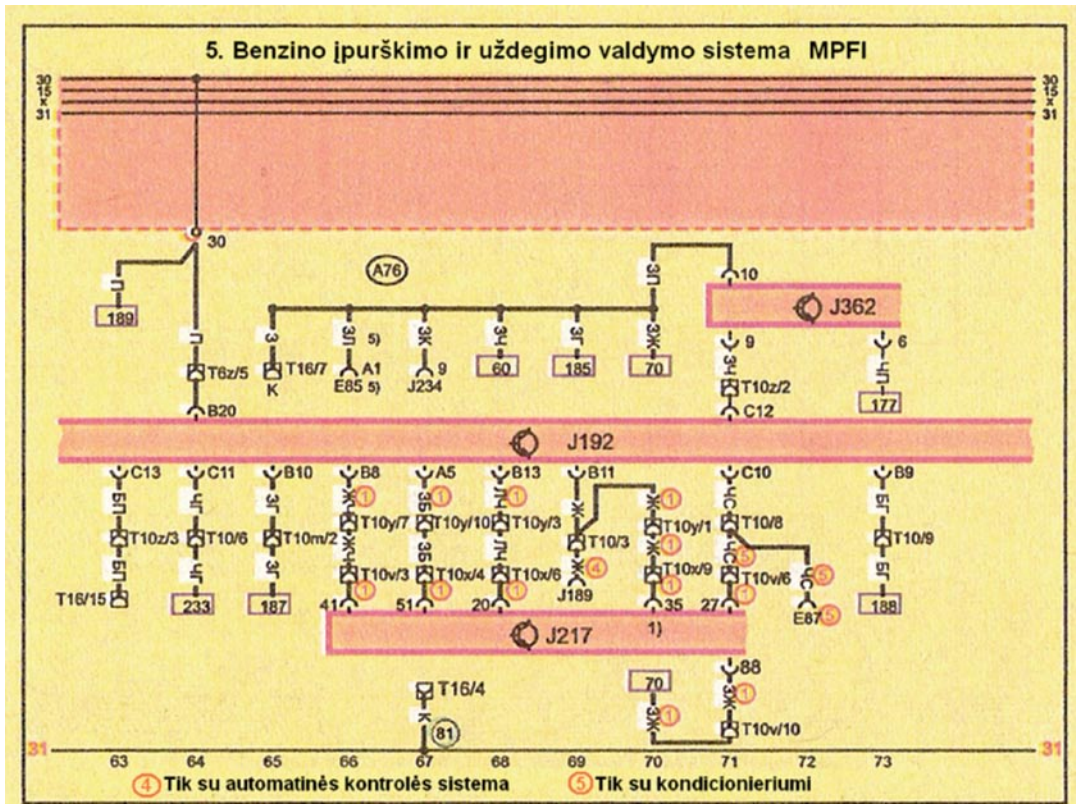
16.4 pav. Automobilio „Audi A4“ (94-01 variklis 2,8 l, kodas AAH) elektros įrangos schema (pradžiai)





16.5 pav. Automobilio „Audi A4“ elektros įrangos schema (tęsinys)





16.6 pav. Automobilio „Audi A4“ elektros įrangos schema (tęsinys)





16.1 lentelė. Automobilio „Audi A4“ elektros įrangos schemos elementų raidinių ir skaitmeninių pozicijų žymėjimų sąrašas (išrašas)

Pozicijos žymėjimas	Schemos elemento pavadinimas	Pozicijos eilės numeris
A	Akumuliatorių baterija	17
B	Starteris	19
C	Generatorius	22
D	Uždegimo jungiklis	87–93
E1	Šviesų centrinis perjungiklis	108–113
E2	Posūkių rodiklių perjungiklis	206
E3	Avarinės signalizacijos jungiklis	194–204
E4	Šviesos signalizacijos ir artimųjų šviesų jungiklis	115, 116

16.2 lentelė. Kontaktinių jungčių raidinis ir skaitmeninis žymėjimas schemoje (išrašas)

Pozicijos žymėjimas	Jungties spalva ir padėtis
<b>Dviejų kontaktų jungtis</b>	
T2ab	Pilkas, variklio skyriuje dešinėje
T2f, T2g	Variklio skyriaus dangtelyje
<b>Trijų kontaktų jungtis</b>	
T3k	Baltas, variklio skyriuje kairėje
T3l	Juodas, variklio skyriuje kairėje
T3m	Pilkas, variklio skyriuje kairėje

16.3 lentelė. Jungčių laidų pynėse žymėjimas (išrašas)

Žymėjimas	Pavadinimas
A2	Teigiamoji jungtis „15“, prietaisų skydas
A3	Teigiamoji jungtis „58“, prietaisų skydas
A5	Teigiamoji jungtis „dešiniojo posūkio rodyklė“, prietaisų skydas
A6	Teigiamoji jungtis „kairiojo posūkio rodyklė“, prietaisų skyrius
A9	Teigiamoji jungtis „56b“, prietaisų skydas

16.4 lentelė. Jungimo su mase taškų žymėjimas (išrašas)

Žymėjimas	Kur išdėstyta
11	Akumuliatoriaus skyriuje
17	Ant įsiurbimo kolektoriaus
43	Ant A stovo, dešinėje apačioje
44	Ant A stovo, kairėje apačioje

**Pastaba.** Kiekvieno masės sujungimo taško žymėjimas principinėje schemoje apvestas pilku apskritimu

16.5 lentelė. Laidų izoliacijos spalvų žymėjimas (DIN 47022)

Spalva	Rusiškas žymėjimas	DIN 47022 žymėjimas	„AUTODATA“ žymėjimas
Juoda	Ч	BLK (B)	sw
Ruda	K	BRN (BR)	br
Mėlyna	Г	BLU (L)	bl
Žydra		SB	hbl
Žalia	З	GRN (G)	gn
Pilka	C	GRY (GR)	gr
Šviesiai žalia		LT GRN (LG)	hgl
Oranžinė	O	ORG (O)	og
Rožinė	P	PNK (P)	rs
Purpurinė	П	PPL	
Raudona	K	RED (R)	rt
Gelsvai ruda		TAN	el
Violetinė	П	VIO (V)	vi
Balta	Б	WHT (W)	ws
Geltona	Ж	YEL (Y)	ge
Mėlyna ir geltona	Г/Ж	L/Y	bl ge

Dviejų spalvų žymėjimuose pirmas sutrumpinimas – pagrindinė laido spalva


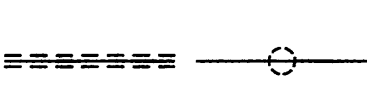
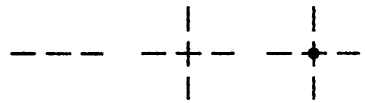

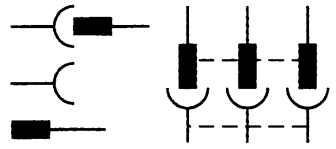
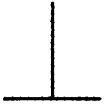
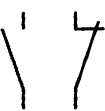

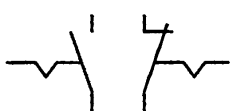
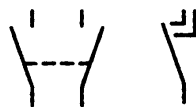
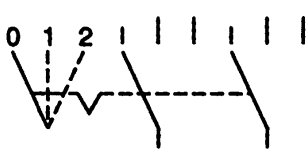
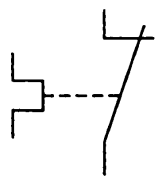
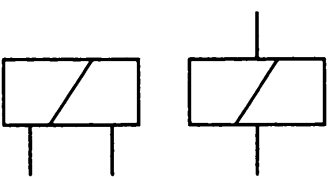
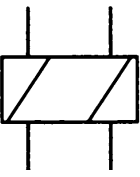
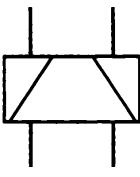
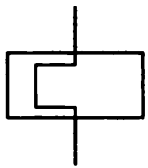
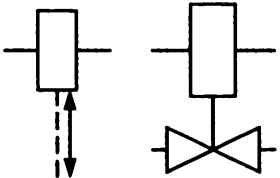
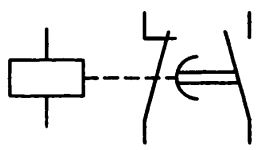


16.6 lentelė. Laidų išvadų žymėjimas  
(DIN 72552) (pavyzdys)

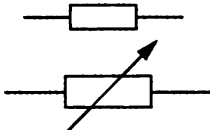


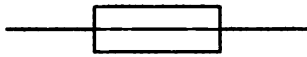


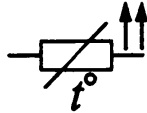
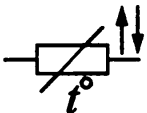

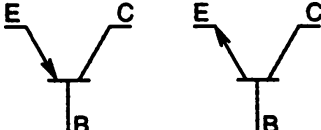
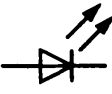
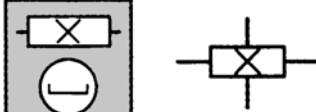


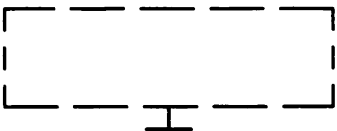
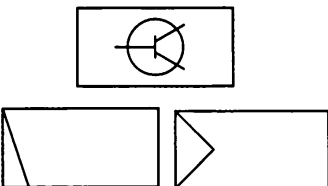


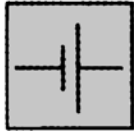
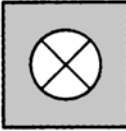
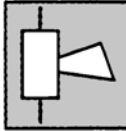
Gnybtas	Paskirtis
<b>Uždegimo ritė, uždegimo skirstytuvas</b>	
1	Žemoji įtampa (į nutraukiklio kontaktą)
4	Uždegimo ritė, uždegimo skirstytuvas Aukštoji įtampa
15	Išvadas (+) iš akumuliatorių baterijos (išvadas iš uždegimo spynos)
15a	Balansinio rezistoriaus išvadas į uždegimo ritę ir starterį.
<b>Kaitinamosios žvakės jungiklis</b>	
17	Įjungimas
19	Išankstinis kaitinimas
<b>Akumuliatorių baterija</b>	
30	Baterijos išvadas (+), pastovi įtampa
31	Baterijos neigiamojo išvado (-) grįžtamoji linija (masė)
<b>Starteriai</b>	
45	Starterio atskira relė, įvadas: Starteris, išvadas: pagrindinė srovė
45a	Srovės įjungimo pagrindinė relė
45b	Išėjimas Įėjimas
<b>Posūkio rodiklio įranga (impulsiniai generatoriai)</b>	
49	Įvadas
49a	Išvadas
<b>Starteriai (relės)</b>	
50	Starterio valdymas (tiesioginis)
50a	Baterijos prijungimo relė Starterio valdymo išvadas
<b>Langų valytuvų elektros varikliai</b>	
53	Langų valytuvo elektros variklis,
53a	įvadas (+)
53b	Langų valytuvus (+), sustojimo jungiklis
53c	Langų valytuvus (lygiagrečiai apvija)
53e	Priekinio stiklo ploviklio elektrinis siurblys
53i	Langų valytuvus (stabdymo apvija)
<b>Apšvietimas</b>	
55	Rūko žibintas
56	Žibintas
56a	Tolimojo apšvietimo šviesa, šviesos indikatoriaus lempa
56b	Artimojo apšvietimo šviesa
56d	Žibinto blyksėjimo kontaktas
57a	Stovėjimo žibintas
57L	Stovėjimo žibintas, kairysis
57R	Stovėjimo žibintas, dešinysis
58	Priekiniai ir užpakaliniai gabaritiniai žibintai, numerio apšvietimo žibintas, prietaisų skydelio apšvietimo lempa

58L	Numerio apšvietimo lempa, kairė
58R	Numerio apšvietimo lempa, dešinė
<b>Kintamosios srovės generatorius ir įtampos reguliatorius</b>	
61	Generatoriaus darbo signalinė lempa
B+	Baterijos (+) išvadas
B-	Baterijos (-) išvadas
D+	Generatoriaus (+) išvadas
D-	Generatoriaus (-) išvadas
DF	Generatoriaus žadinimo apvija
U, V, W	Kintamosios srovės generatoriaus išvadai
<b>Akustika</b>	
75	Radio imtuvas, cigaretės degiklis
76	Garsiakalbiai
<b>Jungikliai</b>	
	Atjungiamųjų kontaktų (NC) jungiklis ir perjungiklis
81	Įvadas
81a	Išvadas 1, NC pusė
81b	Išvadas 2, NC pusė
	Sujungiamųjų kontaktų (NO) jungiklis
82	Įvadas
82a	Išvadas 1
82b	Įvadas 1
82z	Išvadas 2
<b>Srovės relė</b>	
84	Įėjimas, apvija ir relės kontaktas
84a	Įvadas, apvija
84b	Išvadas, relės kontaktas
<b>Perjungiklio relė</b>	
85	Išvadas, apvija (įžeminta arba neigiamasis poliūs)
86	Įvadas, apvija (pradžia)
86a	Apvijos pradžia arba pirmoji apvija
86b	Apvijos išvadas arba antroji apvija
	Relės kontaktai atjungimo (NC) ir perjungimo kontaktams
87	Įvadas
87a	Išvadas 1 (iš NC pusės)
87b	Išvadas 2
87c	Išvadas 3
87z	Įvadas 1
87y	Įvadas 2
87x	Įvadas 3
88	Relės kontaktas sujungimo kontaktui (NO) Įvadas
<b>Krypties signalai (posūkių rodiklių mirksinti šviesa)</b>	
C	Signalinė lempa 1
CO	Atskirų indikatorinių grandinių, įjungiamų posūkių jungikliu, pagrindinių išvadų jungtys
L	Kairiojo posūkio signalinė lempa
R	Dešiniojo posūkio signalinė lempa



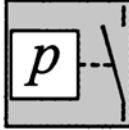
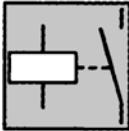
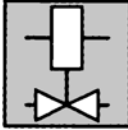
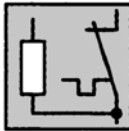

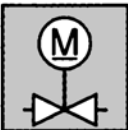
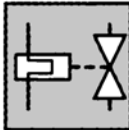
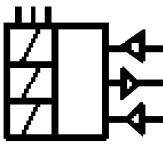
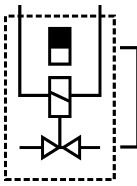
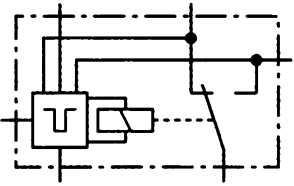
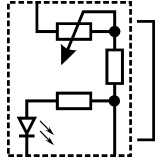
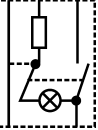

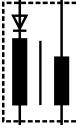


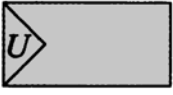


16.7 lentelė. Automobilių elektros įrangos schemų pagrindiniai simboliai (DIN 40 900)

Jungtys		
 <p>Elektros laidininkas; sujungtų ir nesujungtų laidų susikirtimas</p>	 <p>Ekranuotas laidas</p>	 <p>Mechaninės dalies grandinė; susikirtimas be jungties ir su jungtimi</p>
 <p>Mazgo taškas; atskira jungtis, jei būtina daryti grandinės išsišakojimą</p>	 <p>Kištukinė jungtis; lizdas; kištukas; trišakė kištukinė jungtis</p>	 <p>Įžeminimas</p>
Jungikliai		
 <p>Trumpalaikio veikimo (nuspaužiamas) jungiklis: susijungiantis ir atsijungiantis kontaktai</p>	 <p>Dviejų sujungimo padėčių jungiklis su centrine išjungimo padėtimi (pvz., posūkių signalo jungiklis)</p>	 <p>Fiksuotos padėties jungiklis (be automatinio valdymo): susijungiantis ir atsijungiantis kontaktai</p>
 <p>Kompleksinis jungiklis su sujungiančiais ir atjungiančiais kontaktais, srovę įjungiantis iš karto dviem vartotojams</p>	 <p>Daugiapozicinis jungiklis</p>	 <p>Šiluminis jungiklis</p>
Įvairūs elektros schemų komponentai		
 <p>Solenoidas (ritė) su viena apvija</p>	 <p>Solenoidas su dviem apvijomis, veikiančiomis viena kryptimi</p>	 <p>Solenoidas su dviem apvijomis, veikiančiomis skirtingomis kryptimis</p>
 <p>Elektroterminis vykdomasis mechanizmas (elektrošiluminė relė)</p>	 <p>Elektromagnetinė pavara: slankusis solenoidas ir solenoidinis vožtuvas (uždarytas)</p>	 <p>Relė (pavara ir jungiklis) Pvz., kontaktų įjungimas be uždelsimo, išjungimas su uždelsimu</p>



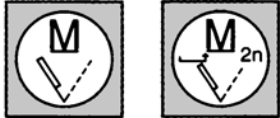
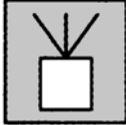
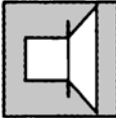

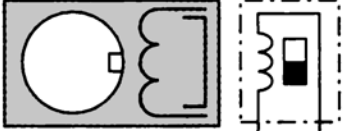

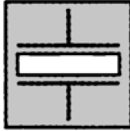
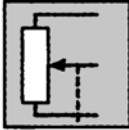


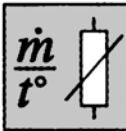
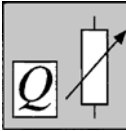
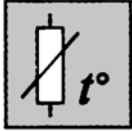
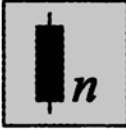
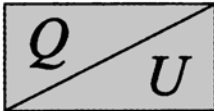
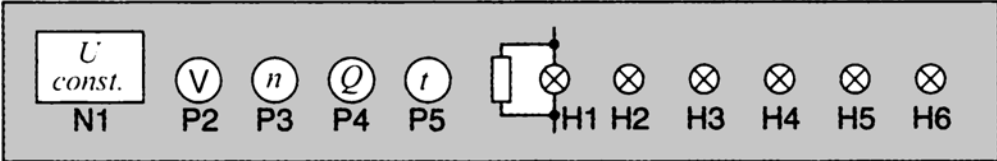
16.7 lentelės tęsinys

Įvairūs elektros schemų komponentai		
 <p>Rezistorius ir potenciometras (su trimis išvadais)</p>	 <p>Termorezistorius, kaitinamoji žvakė, šildomas stiklas</p>	 <p>Antena</p>
 <p>Lydusis saugiklis</p>	 <p>Nuolatiniai magnetai</p>	 <p>Apvija, induktyvioji apvija</p>
 <p>Rezistorius su teigiamuoju temperatūros koeficientu (PTC)</p>	 <p>Rezistorius su neigiamuoju temperatūros koeficientu (NTC)</p>	 <p>Diodas, srovės kryptį rodo trikampė rodyklė</p>
 <p>Tranzistorius su <i>p-n-p</i> struktūra; tranzistorius su <i>n-p-n</i> struktūra</p>	 <p>Spinduolis (LED, šviesą skleidžiantis diodas)</p>	 <p>Holo jutiklis</p>
Įrenginius vaizduojantys simboliai		
 <p>Grandinės elementas arba įrenginys (simbolio viduje gali būti paaiškinimas, pvz., elemento paskirtis, charakteristika, lygtis)</p>	 <p>Brūkšninė ir brūkšninė-taškinė linijos naudojamos siekiant išskirtinai pavaizduoti grandinės dalį arba norint pavaizduoti elementų, kurie sudaro vieną įrenginį, grupę</p>	 <p>Įžemintas, ekranuotas įrenginys arba prietaisas (ekranavimas – apsaugojimas nuo pašalinių poveikių: elektrinio ir magnetinio lauko, įvairios rūšies spindulių)</p>
 <p>Regulatorius; elektroninis valdymo blokas (EVB)</p>	 <p>Indikatorinis matavimo prietaisas: bendras žymėjimas; voltmetras; laikrodis</p>	 <p>Sukimosi dažnio indikatorius (tachometras); temperatūros indikatorius; linijinio greičio indikatorius (spidometras)</p>
 <p>Akumuliatorių baterija</p>	 <p>Apšvietimo įtaisas, žibintas</p>	 <p>Garso signalas (ruporas)</p>

16.7 lentelės tęsinys

Įrenginius vaizduojantys simboliai		
		
Jungiklis be signalinės lemputės	Jungiklis su signaline lempute	Slėgio jutiklis (jungiklis)
		
Relė	Solenoidinis vožtuvas; purkštuko vožtuvas (purkštukas); šalto variklio paleidimo (benzino, oro) vožtuvas	Šilumos jungiklis
		
Droselinės sklendės jungiklis	Rotacinio (sukamojo) tipo vykdomasis įrenginys	Pagalbinis oro vožtuvas su elektroterminiu vykdomuoju mechanizmu
		
Slėgio reguliavimo vožtuvas (ABS sistemoje)	Variklio tuščiosios eigos vykdomasis įrenginys	Stiklo valytuvų relė (periodinio veikimo)
		
Šviesos ryškumo reguliatorius	Posūkių ir avarinės signalizacijos jungiklis	Aukštosios įtampos uždegimo ritė
		
Vienos kibirkšties uždegimo ritė	Uždegamoji žvakė	Skirstomasis pertraukiklis
		
Įtampos reguliatorius	Kintamosios srovės generatorius su įtampos reguliatoriumi	Starterio variklis su elektromagnetiniu įjungimu

16.7 lentelės tęsinys

Įrenginius vaizduojantys simboliai		
 <p>Elektrinis degalų siurblys, hidraulinio siurblio variklis</p>	 <p>Variklis su oro kompresoriumi, ventiliatorius</p>	 <p>Vieno ir dviejų valymo greičių stiklo valytuvų variklis</p>
 <p>Automobilio radijo imtuvas ir antena</p>	 <p>Garsiakalbis (garso kolonėlė)</p>	 <p>Įtampos stabilizatorius</p>
 <p>Induktyvusis jutiklis</p>	 <p>Posūkių relė, impulsinis generatorius, tarpinė relė</p>	 <p>Pjezoelektrinis jutiklis</p>
 <p>Potenciometrinis padėties jutiklis</p>	 <p><math>\lambda</math> zondas (deguonies jutiklis) be pakaitinimo; su pakaitinimu</p>	 <p>Oro srauto (kiekio) matuoklis</p>
 <p>Oro srauto masės matuoklis</p>	 <p>Tūrio matuoklis; degalų lygio jutiklis</p>	 <p>Temperatūros jutiklis arba jungiklis</p>
 <p>Sūkių dažnio jutiklis (ABS sistemoje)</p>	 <p>Keitiklis, transformatorius (dažnio, įtampos)</p>	
 <p>Elementų ir prietaisų kombinacija (prietaisų skydelis)</p>		



## ***PASITIKRINKITE, KĄ IŠMOKOTE***

1. Ką vaizduoja ir kada naudojamos struktūrinės schemos?
2. Kada naudojamos ir ką vaizduoja funkcinės schemos?
3. Ką vaizduoja automobilio principinė elektros schema?
4. Aprašykite vienlaidžio elektrinio tinklo principą.
5. Kokios automobilio elektros tinklo grandinės turi būti apsaugotos saugikliais?
6. Išvardykite bendroje automobilio elektros įrangos schemoje išskiriamas įrenginių grupes.
7. Kam skirta numeracija, esanti elektros schemas apačioje?
8. Kaip elektros schemoje nurodoma, kur tęsiama nutraukta grandinė?
9. Ką reiškia laidų žymėjimas „30“, „15“, „X“, „31“?
10. Nuo ko priklauso elektros laidų skerspjūvis, kaip jis žymimas schemose?
11. Kaip schemoje gali būti pažymėta laidų izoliacijos spalva?
12. Kokiu būdu šiuolaikiniuose automobiliuose sumažinamas varinių laidų kiekis?

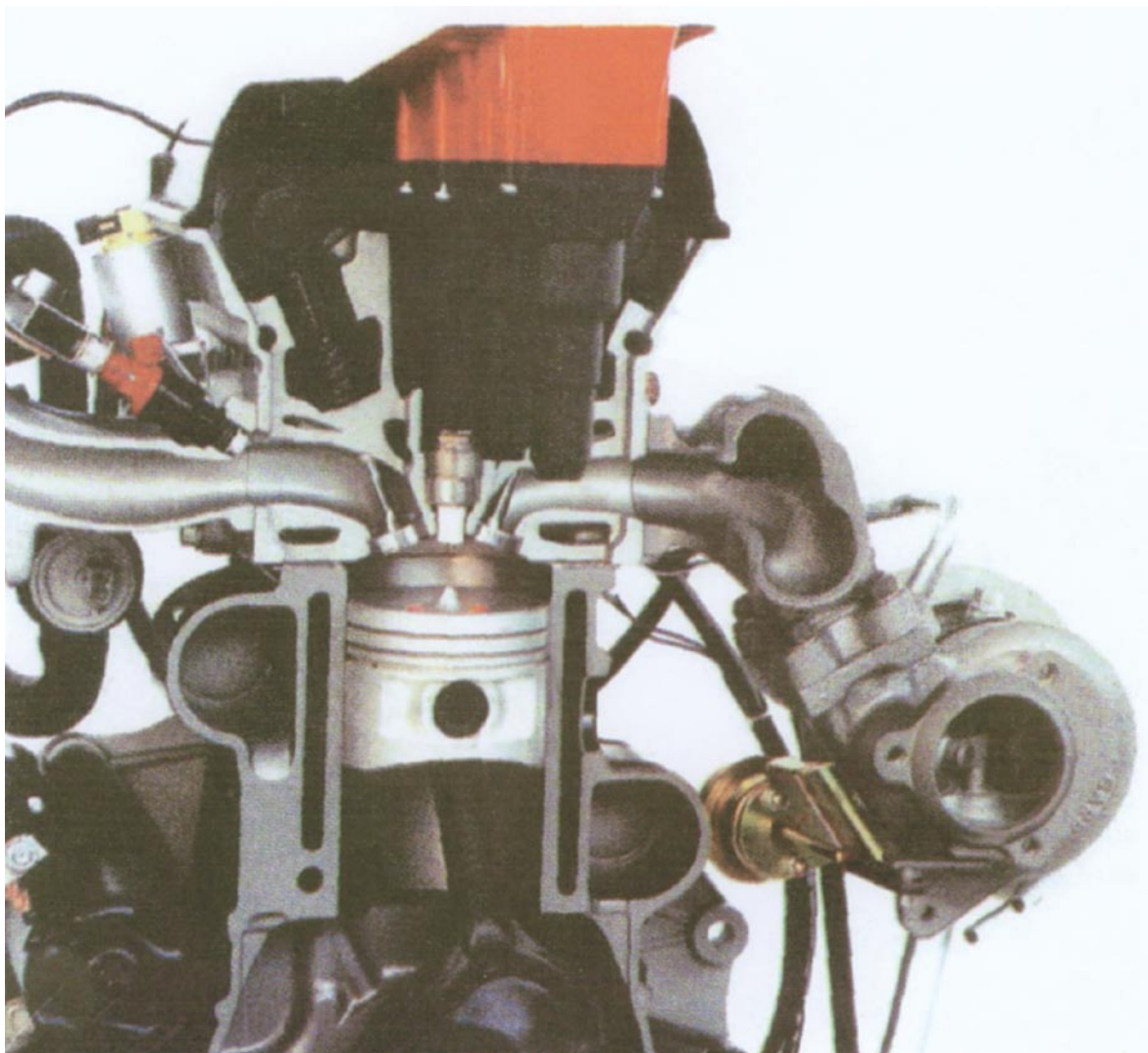
## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. *Automobiliai*. Vertė A. KIRKA, S. SLAVINSKAS. Kaunas, 2006.
2. R. BOSCH. *Automotive electrics. Automotive electronics*. 2004.
3. R. BOSCH. *Автомобильный справочник*. Москва, 2000.
4. R. BOSCH. *Diesel fuel-injection system Common-rail*. 2004.
5. R. BOSCH. *Diselmotor-management*. 2004.
6. R. BOSCH. *Gasoline-engine management*. 2004.
7. R. BOSCH. *Системы управления дизельными двигателями*. Москва, 2004.
8. K. GIEDRA, A. KIRKA, S. SLAVINSKAS. *Automobiliai*. Kaunas, 2006.
9. H. GUNTHER. *Dyzelinių variklių diagnostika*. Kaunas, 2007.
10. V. A. W. HILLIER. *Fundamentals of motor vehicle technology*. Hilliers, 2006.
11. S. MASIOKAS. *Elektrotechnika*. Kaunas, 2004.
12. S. I. ŠIMAKAUSKAS. *Automobilių elektros įrenginiai*. Vilnius, 2003.
13. *Системы управления бензиновыми двигателями*. Москва, 2004.
14. Д. А. СОСНИН. *Автотроника*. Москва, 2005.

# PRIEDAI

## 1 priedas

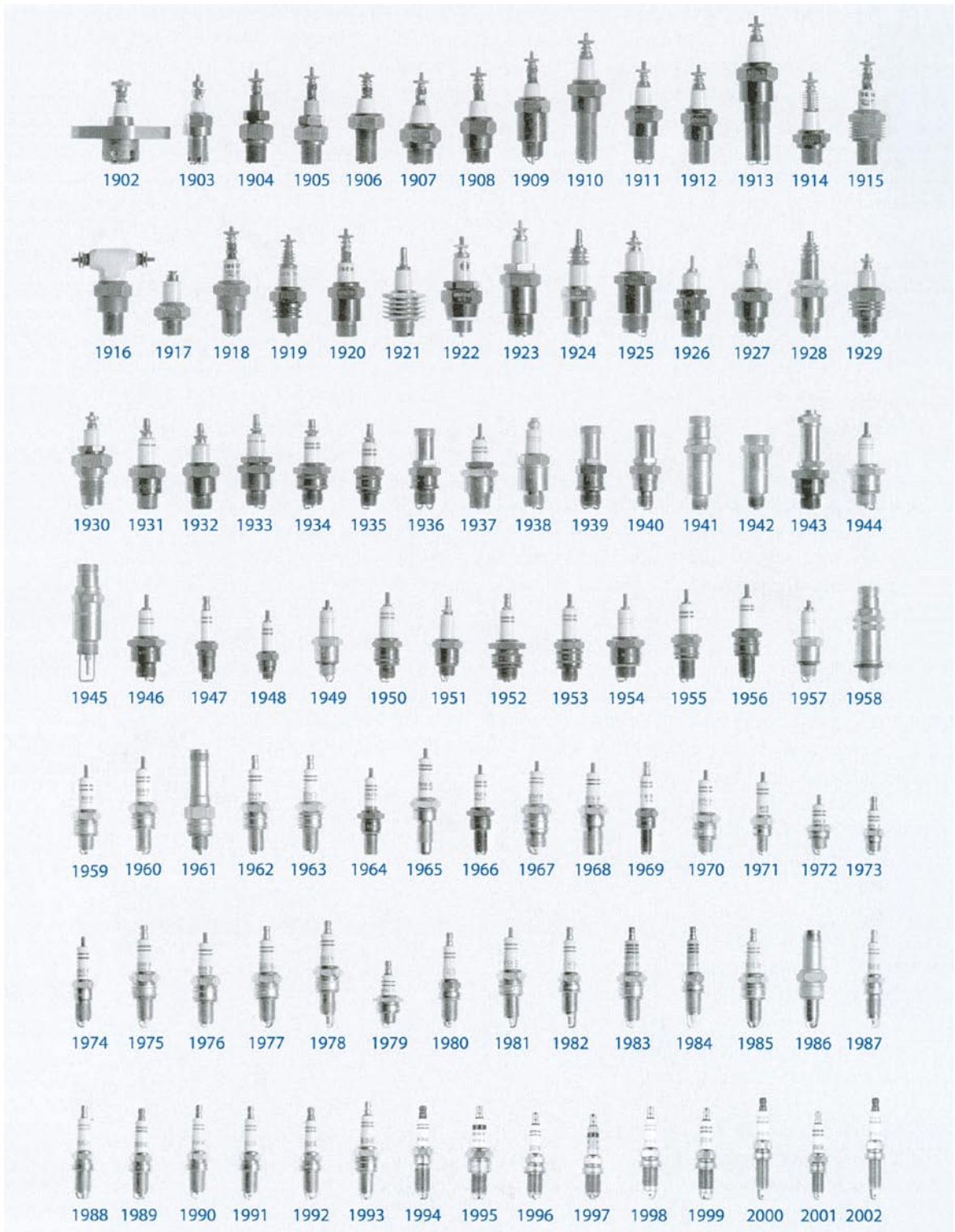
SAAB koncerno rekomenduotas uždegimo sistemos modelis su vieno išvado žvake bloko galvutėje ir masės elektrodo stūmoklyje





### 3 priedas

#### Uždegamųjų žvakių konstrukcijos, techninio tobulėjimo raida





## **Butkevičius Romualdas, Rimkus Alfredas**

Au 76      Automobilio elektros įranga, elektroninės valdymo sistemos / Romualdas Butkevičius, Alfredas Rimkus. Kaunas: UAB „Judex“, 2008. – 304 p.

ISBN 978–9955–748–22–9

ISBN 978–9955–748–19–9

Vadovėlis „Automobilių remontininko rengimas“ parengtas įgyvendinant Europos socialinio fondo projektą „Mokymo-mokymosi priemonių profesiniam mokymui atnaujinimo modelio kūrimas“. Jis parengtas naujomis technologijomis ir atitinka profesinio rengimo standarte numatytas kompetencijas. Vadovėlį papildė užduočių rinkinys, mokytojo knyga ir plakatai.

Vadovėlis (ir jo komplekto dalys) skirtas profesinės mokyklos mokiniui, siekiančiam įgyti automobilių remontininko ar automobilių elektros įrenginių remontininko kvalifikaciją, tačiau gali būti naudingas ir kitiems automobilių transporto eksploatacijos, techninės priežiūros ir remonto specialistams.

UDK 629.113(474.5)

**Romualdas Butkevičius, Alfredas Rimkus**

**AUTOMOBILIO ELEKTROS ĮRANGA,  
ELEKTRONINĖS VALDYMO SISTEMOS**

Spausdino UAB „Judex“, Europos pr. 122, LT-46351 Kaunas  
Tel./faks. (8~37) 34 12 46; [www.judex.lt](http://www.judex.lt); [judex@judex.lt](mailto:judex@judex.lt)  
Tiražas – 3000 egz. Užsakymo Nr. 7776