

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

**Leonas Zubavičius, Rimas Maskeliūnas**

# AUTOMOBILIŲ ELEKTROS ĮRENGINIAI

Laboratoriniai darbai



Vilnius LEIDYKLA TECHNICA 2007

UDK 629.113(075.8)  
Zu-06

**Leonas Zubavičius, Rimas Maskeliūnas. Automobilių elektros įrenginiai:** laboratoriniai darbai. Vilnius: Technika, 2007. 112 p.

Leidiny s skirtas aukštųjų mokyklų studentams automobilių elektros įrenginių disciplinos laboratoriniams darbams atlikti. Metodinėje priemonėje pateikiami penki pagrindiniai šio kurso laboratorinių darbų aprašai su išplėsta teorine įžanga, kuri padeda efektyviau įsisąmoninti ir praktiškai įtvirtinti šiuolaikinių automobilių elektros įrenginių veikimo principus.

Autoriai dėkoja šio leidinio recenzentams gerb. prof. habil. dr. A. Smilgevičiui ir asist. inž. el. L. Liudvinavičiui už kruopštų techninį ir kalbinį įvertinimą.

Leidinį rekomendavo VGTU Transporto fakulteto studijų komitetas

Recenzentai: prof. habil. dr. A. Smilgevičius  
asist. inž. el. L. Liudvinavičius

VGTU leidyklos „Technika“ 960 mokomosios  
metodinės literatūros knyga



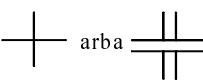
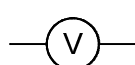
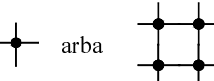
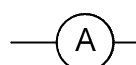
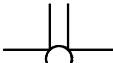




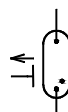
ISBN 978-9955-28-151-1


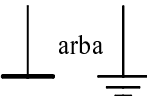
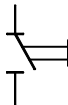


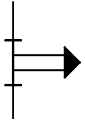

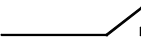



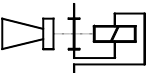
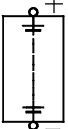
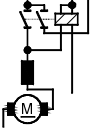
© L. Zubavičius, R. Maskeliūnas, 2007  
© VGTU leidykla „Technika“, 2007

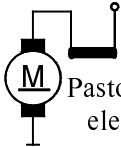
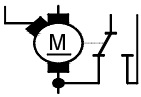





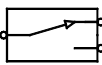

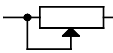
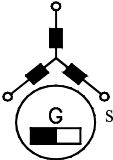

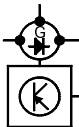
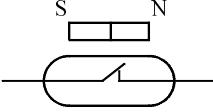
## TURINYS

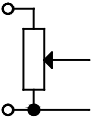
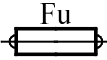


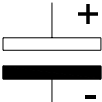

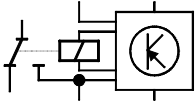
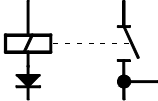



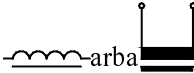


Automobilių elektros įrenginių elementų grafinis žymėjimas .....	4
Įvadas .....	10
Laboratorinių darbų atlikimo metodika .....	11
1-asis laboratorinis darbas. <i>Akumuliatorių baterijos tyrimas</i> .....	12
2-asis laboratorinis darbas. <i>Kintamosios srovės generatoriaus tyrimas</i> .....	35
3-iasis laboratorinis darbas. <i>Vidaus degimo variklio paleidimo sistemos tyrimas</i> .....	55
4-asis laboratorinis darbas. <i>Kontaktinės tranzistorinės ir baterinės uždegimo sistemų tyrimas</i> .....	69
5-asis laboratorinis darbas. <i>Automobiliniai apšvietimo įtaisai</i> .....	87
Priedas .....	107
Literatūra .....	110





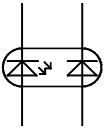

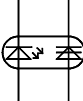
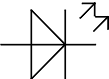



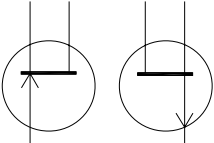
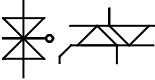
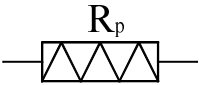
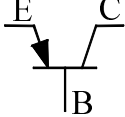
## Automobilių elektros įrenginių sutartinis grafinis žymėjimas

<p style="text-align: center;">  Pastovioji srovė   Kintamoji srovė         </p>	<p style="text-align: center;">  Prasilenkiantys laidai (nesujungti)         </p>
<p style="text-align: center;">  Voltmetras         </p>	<p style="text-align: center;">  Neiškiriama laidų jungtis         </p>
<p style="text-align: center;">  Ampermetras         </p>	<p style="text-align: center;">  Išskiriama laidų jungtis         </p>
<p style="text-align: center;">  Matavimo prietaisas         </p>	<p style="text-align: center;">  Elektrinis laikrodis         </p>
<p style="text-align: center;">  arba  Kaitinamoji lemputė         </p>	<p style="text-align: center;">  Impulsinė lempa         </p>

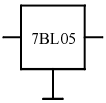
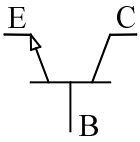

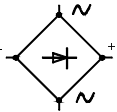

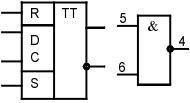

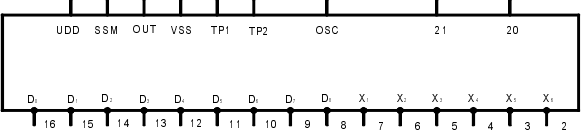
 <p>Salono apšvietimo lemputė</p>	 <p>arba</p> <p>Jungtis su automobilio korpusu</p>
 <p>Rankinio valdymo jungiklis</p>	 <p>Slėgiui jautrus jungiklis</p>
 <p>Mechaniškai valdomas jungiklis</p>	 <p>Temperatūra valdomas jungiklis</p>
 <p>Mechaniškai valdomas perjungiklis</p>	 <p>Jungiklis</p>
 <p>Aušinimo skysčio temperatūros matavimo jutiklis</p>	 <p>Kuro lygio matavimo jutiklis</p>
 <p>Garso signalas</p>	 <p>Garsinis signalas su valdymo rėle</p>
 <p>Akumuliatorių baterija</p>	 <p>Starteris</p>

 <p>Pastoviosios srovės elektros variklis</p>	 <p>Dviejų greičių langų valytuvų variklis</p>
 <p>Uždegimo ritė</p>	 <p>Uždegimo ritė</p>
arba	
 <p>Plokščias jungiamasis elementas</p>	 <p>Daugiapirštė jungtis</p>
 <p>Ekranuotas laidininkas</p>	 <p>Dviejų padėčių perjungiklis</p>
 <p>Rezistorius</p>	 <p>Reostatas</p>
 <p>Trifazis generatorius su nuolatiniu magnetu</p>	 <p>Trifazis generatorius</p>
 <p>Trifazis kintamosios srovės generatorius su įtampos regulatoriumi ir lygintuvu</p>	 <p>Herkonas</p>

 <p>Potenciometras</p>	 <p>Tirpusis saugiklis</p>
 <p>Kintamojo talpio kondensatorius</p>	 <p>Paderinamasis kondensatorius</p>
 <p>Elektrolitinis kondensatorius</p>	 <p>Kondensatorius</p>
 <p>Rėlė su elektroniniu valdymu</p>	 <p>Poliarinė rėlė</p>
 <p>Kibirkštinė uždegimo žvakė</p>	 <p>Tarpas tarp uždegimo žvakių elektrodų</p>
 <p>Induktoriaus ritė</p>	 <p>Ritė su feromagnetine šerdimi</p>
 <p>Selenoidinė sklendė</p>	 <p>Relės apvija</p>

 <p>Galinio stiklo šildytuvas</p>	 <p>Stop signalo lempučių jungiklis</p>
<p>← Kištukas   Kištukinis lizdas   Kištukinis jungiklis</p>	 <p>Optronas</p>
 <p>Diodas</p>	 <p>Tiristorinis opronas</p>
 <p>Šviesos diodas</p>	 <p>Stabilitronas</p>
 <p>Termistorius</p>	 <p>Varistorius</p>
 <p>Lauko tranzistoriai</p>	 <p>Simistorius</p>
 <p><math>R_p</math> Vielinis rezistorius</p>	 <p>p-n-p tipo tranzistorius  B–bazė  E–emiteris  C–kolektorius</p>



 <p>Stabilizatorius</p>	 <p>n-p-n tipo tranzistorius B–bazė E–emiteris C–kolektorius</p>
 <p>Transformatorius</p>	 <p>Diodinis tiltelis</p>
 <p>Pjezoelektrinis elementas</p>	 <p>Loginės mikroschemos</p>
 <p>Integralinis stiprintuvas</p>  <p>Mikroprocesorius</p>	

## IVADAS

### **Automobilių elektros įrenginių gedimų diagnozavimas elektrinių impulsinių signalų identifikavimo metodu, naudojant oscilografą**

Eksplloatuojant automobilius, daugiau nei pusė visų gedimų yra įvairūs elektros įrangos sutrikimai arba jie būna rimtų gedimų priežastis. Todėl būtina laiku atlikti savalaikį nustatytą gamyklos gamintojos patikros testavimą pagal elektros įrenginių vardines charakteristikas oscilografavimo būdu.

Eksperimentais nustatyta, kad automobilio eksploatacija su uždegimo sistemos netikslumais pagal uždegimo paskubos kampa, kuro sąnaudas padidina 6–8 %, o viena bloga šešiacilindrio vidaus degimo variklio (toliau – VDV) uždegimo žvakė sumažina atiduodamąją galią iki 20 % ir padidina sunaudojimų degalų kiekius iki 25 %. Uždegimo momento uždelsimas tik 5–6° pagal alkūninio veleno posūkio kampa sumažina vardinę VDV galią 8–12 %. Todėl galimi leistini elektros įrangos darbo nuokrypiai neturi viršyti nustatytų ribų, o pats techninis jų būvis turi atitikti gana griežtus norminius reikalavimus. Transporto mašinų šiuolaikinės elektros įrangos patikrai ir gedimams diagnozuoti yra sukurta daug specialių diagnostinių stendų su skaitmenine elektronine technika. Tačiau kad ši technika kokybiškai veiktų, reikia ją aprūpinti visa reikiama normatyvine informacine baze, identifikuojant ją su gaunamais informaciniais duomenimis. Visą procesą, kompleksiškai vertinant automobilio elektros įrangos būklę, valdo specializuotas elektroninis procesorius, tačiau išvadas pateikia specialistas, remdamasis grafine skaitmenine stendo informacija.

Apmokant būsimus specialistus – studentus, galima pasinaudoti ir atskirų elektros įrangos sistemų darbinėmis grafinėmis oscilogramomis, lyginant jas su norminėmis konkrečiam automobilio modeliui.

## Laboratorinių darbų atlikimo metodika

Aukštųjų mokyklų studentams yra svarbus tiek teorinis automobilių elektros įrenginių kursas, tiek praktiniai įgūdžiai. Todėl norint iširti automobilinių sistemų įrangos veikimo principus, atliekami laboratoriniai darbai. Tai eksperimentiniai bandymai, pagrįsti pagrindinių elektrinių automobilių įrangos elementų darbu. Studentai, dalyvaudami ir tiesiogiai susipažinę su elektros įranga, geriau įsimeina teorinio kurso žinias. Jie gali eksperimentais patikrinti ir įvertinti mazgų bei sistemų veikimo principus ir savybes.

Išankstinis pasiruošimas atlikti laboratorinius darbus ir suprasti sistemos darbo ypatumus – pagrindinė eksperimento sąlyga. Studentas, norintis kokybiškai atlikti bandymus, atėjęs į laboratoriją privalo turėti teorinių žinių apie konkretų elektros įrangos mazgą ar elementą. Darbui atlikti studentai skirstomi į grupes po 4–5 studentus, nes vienu metu reikia registruoti keletą prietaisų rodmenų. Eksperimento rezultatai surašomi į lenteles, braižomi grafikai. Kiekvienas studentas tai turi atlikti savarankiškai. Šie duomenys turi būti surašyti į skiltis:

1. Tiriamų elektros įrenginių vardiniai duomenys.
2. Darbo eigos eiliškumas.
3. Sujungimų principinės elektrinės schemos brėžinys.
4. Bandymų rezultatai.
5. Skaičiavimo formulės grafikui sudaryti.
6. Grafikų ir diagramų sudarymas pagal parodymus ir priklausomybes.
7. Darbe pastebėtų reiškinių ir eksploatacinių duomenų patvirtinimo išvados.
8. Kreiviniams grafikams nubraižyti būtina nustatyti ne mažiau kaip 5 būdinguosius taškus.

## **1-asis laboratorinis darbas** ***Akumuliatorių baterijos tyrimas***

### **Santrumpos ir reikšmės**

- $Q_N$  – vardinis akumulatoriaus talpis;  
 $\alpha$  – tankio augimo greitis;  
 $t$  – laikas;  
 $\gamma_{\text{ikr}}$  – įkrauto akumulatoriaus elektrolito tankis;  
 $E_a$  – akumuliatorių baterijos elektrovara;  
 $R_{\text{in}}$  – įkrovimo grandinės varža;  
 $\gamma$  – skaičius, lygus elektrolito tankiui;  
 $\Delta Q \%$  – akumulatoriaus iškrova procentais;  
 $\gamma_{\text{ikr}}, \gamma_{\text{iškr}}, \gamma_{\text{mat}}$  – įkrauto, iškrauto ir matuoto akumulatoriaus elektrolito tankis, kai temperatūra vienoda.

Akumulatorius yra daugkartinio naudojimo cheminis elektros energijos šaltinis, kuris ją tiekia automobilio elektros įrenginiams, kai vidaus degimo variklis išjungtas arba kai yra nepakankamas galimumas, kurį išvysto generatorius. Akumulatoriaus tipą lemia jo iškrovimo sąlygos, esant starterio režimui variklio paleidimo metu. Akumulatorius yra būtinas, norint paleisti automobilio. Jis tiekia energiją elektros įrangai, kai automobilis nevažiuoja. Jeigu elektros poreikis yra didesnis už generatoriaus galimybes, akumulatorius tiekia trūkstamą energijos kiekį. Jis taip pat kaupia elektros energiją, todėl jo patikimas funkcionavimas yra labai svarbus visoms automobilio sistemoms.

### **Automobilio elektros akumuliatorių baterija**

Šiame darbe tiriamos rūgštinės akumuliatorių baterijos. Tokio tipo akumuliatorių baterijos šiuo metu yra plačiausiai paplitusios automobilių transporte ir kol kas dėl savo pigumo neturi realių konkurentų tarp alternatyvių elektros srovės šaltinių.

## Akumulatoriaus raida

Pirmasis akumulatorius, kurį Gastonas Plante padovanojo Prancūzijos mokslo akademijai 1860 m., buvo sudarytas iš dviejų suvyniotų tarsi ritinys švino juostų, tarp kurių buvo įdėtas porėtas izoliatorius. Visa tai buvo patalpinta į sieros rūgšties pripildytą indą. Šio akumulatoriaus aktyvusis plotas buvo  $10\text{ m}^2$  ir jo įkrovimas trukdavo keletą mėnesių ar net ilgiau. Jo elektros talpis buvo mažas ir buvo išnaudojamas po keleto iškrovimo ciklų.

Pirmoji akumuliatorių baterija, panaši į šiuolaikines, atsirado 1881 m., prieš pat atsirandant automobiliui. Tokioje baterijoje folija jau buvo užleidusi vietą lieto švino paketams su gardelių struktūra, į kurią buvo įpresuojama aktyvioji masė – švino dioksido pasta.

Netrukus prasidėjo automobilizmo karštligė. Po neilgai trukusių eksperimentų su skirtingų tipų degiojo mišinio cilindruose uždegimo sistemomis, konstruktoriai apsisusto ties kibirkštine uždegimo sistema, kuriai buvo reikalingas į automobilį integruotas nedidelis elektros energijos šaltinis. Tam puikiausiai tiko švino rūgštiniai akumulatoriai, nes panaudotus galvaninius elementus tekdavo išmesti, o akumuliatorių galima buvo išimti iš automobilio ir įkrauti. Kodėl išimti? Todėl, kad anų laikų automobiliuose nebuvo generatorių, ir visa elektros įranga buvo sudaryta iš akumuliatorių baterijos (arba keleto galvaninių elementų) ir paprasčiausios uždegimo sistemos. Vėliau automobiliuose atsirado elektrinės apšvietimo lempos, pakeitusios alyvos ir acetileno degiklius. O generatorius su starteriu atsirado automobiliuose tikrai XX a. trečiajame dešimtmetyje – pirmuoju automobiliu, kuriame buvo įdiegtas elektrinis variklinis generatorius, buvo 1912 metų „Cadillac“. Beje, jame vienu metu su 6 V švino rūgštiniu akumulatoriumi „Exide“ buvo dar papildomi penki galvaniniai elementai, skirti rezerviniam uždegimo sistemos maitinimui.

Pirmųjų akumuliatorių korpusai buvo gaminami iš medžio ir tik vėliau iš ebonito. Akumuliatorių baterijos buvo sudarytos iš kelių elementų, kurių kiekvienas turėjo 2,2 V darbinę įtampą. 6 V akumuliatorių baterijai sudaryti viename korpuse buvo nuosekliai sujungiami trys elementai, 12 V – šeši, o 24 V – net dvylika. Lengviesiems automobiliams 6 V elektros sistema buvo taikoma beveik pusę amžiaus, ir tik šeštajame XX a. dešimtmetyje buvo visuotinai pereita

prie 12 V sistemos. Baterijų korpusai iš ebonito pamažu užleido vietą lengvesniems ir tvirtesniems polipropileno korpusams. Sintetinių medžiagų naudojimo korpusų gamyboje pionieriais 1941 m. tapo austrų firma „Baren“. Amerikiečių firma „Johnson Controls“ polipropilena pradėjo naudoti tik praėjusio amžiaus šeštojo dešimtmečio viduryje. Įvyko ir kitokių švino rūgštinių akumuliatorių konstrukcijos pasikeitimų, padariusių didelę įtaką akumuliatorių rodikliams ir eksploatacijos trukmei. Tuo pačiu metu buvo sprendžiamos techninės problemos, susijusios su aktyviųjų plokščių medžiagų efektyvumu, bendra akumulatoriaus konstrukcija, išgaravusio vandens surinkimu ir jo gražinimu į bateriją bei kiti aktualūs techniniai klausimai.

### **Automobilių akumuliatorių baterijų paskirtis:**

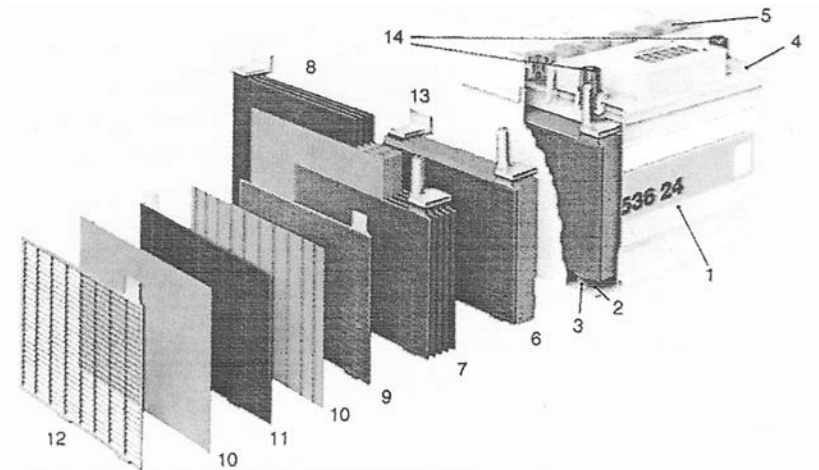
- tiekti varikliui paleisti reikalingą elektros energiją;
- neveikiant varikliui energija maitinti įjungtus elektros imtuvus;
- kaupti perteklinę generatoriaus tiekiamą elektros energiją.

### **Akumuliatorių baterijos sandara**

Akumulatorius sudarytas iš vienos ir daugiau akumuliuojančių baterijų. Akumuliuojanti baterija (1.1 pav.) yra pagrindinis akumulatoriaus konstrukcijos sandaros elementas. Ją sudaro:

- teigiamasis elektrodas (teigiamasis gnybtas, teigiamosios plokštelės);
- neigiamasis elektrodas (neigiamasis gnybtas, neigiamosios plokštelės);
- elektrolitas;
- indas.

Pagrindinė elektrodų (plokštelių) medžiaga yra švinas (Pb). Elektrolitas – tai vandeniu ( $H_2O$ ) atskiesta sieros rūgštis ( $H_2SO_4$ ).



**1.1 pav.** Akumulatoriaus baterijos sandara:

1 – indas su pertvaromis; 2 – nuosėdų ertmė; 3 – dugno sienelė; 4 – dangtelis; 5 – kamščiai; 6 – plokštelių blokas; 7 – neigiamųjų plokštelių kompleksas; 8 – teigiamųjų plokštelių kompleksas; 9 – neigiamoji plokštelė; 10 – skyrikliai; 11 – teigiamoji plokštelė; 12 – švininė gardelė; 13 – plokštelių jungtis; 14 – gnybtai

## Akumuliatorių baterijos elementai

Priežiūros nereikalinga automobilių akumuliatorių baterija sudaryta iš indo, gaminamo iš elektrai nelaidžios, rūgščiai atsparios medžiagos (ebonito arba plastiko). Indas pertvaromis padalytas į skyrius. Skyrių skaičius priklauso nuo akumuliatorių baterijos vardinės įtampos.

Pvz., 12 V akumuliatorių baterijoje yra 6 skyriai. Plokštelių blokai remiasi į indo briaunas. Tarp briaunų yra nuosėdų ertmė. Joje kaupiasi švino dalelės, kurios darbo metu atsiskiria nuo plokštelių. Taip išvengiama plokštelių trumpojo jungimo.

Indą dengia dangtelis. Dangtelyje ties kiekvienu skyriumi yra anga, pro kurią įpilamas elektrolitas arba vandeniu papildomas jo lygis. Angos uždaromos sukamaisiais kamščiais. Plokštelių bloką sudaro pakaitomis sudėtos neigiamosios ir teigiamosios plokštelės,

atskirtos skyrikliais. Nuo plokštelių skaičiaus priklauso akumuliatoriaus talpa. Kadangi teigiamosios plokštelės iškrovimo metu linkusios deformuotis, tad tam, kad padidėtų jų geometrijos stabilumas, plokštelių blokas prasideda ir baigiasi neigiamąja plokštele. Plokštelių pagrindą sudaro švininis rėmelis. Rėmelis užpildytas vadinamąja aktyviaja mase. Ji sudaryta iš supresuotų švino miltelių, sumaišytų su atskiesta sieros rūgštimi. Naudojant tokį mišinį siekiama, kad kuo daugiau švino dalyvautų cheminėse reakcijose, vykstančiose įkrovimo ir iškrovimo metu. Plokštelių bloko vienodo poliškumo plokštelės sujungtos jungtimis. Kad nesusimaišytų akumuliatorių baterijos gnybtai, teigiamojo gnybto skersmuo yra didesnis negu neigiamojo.

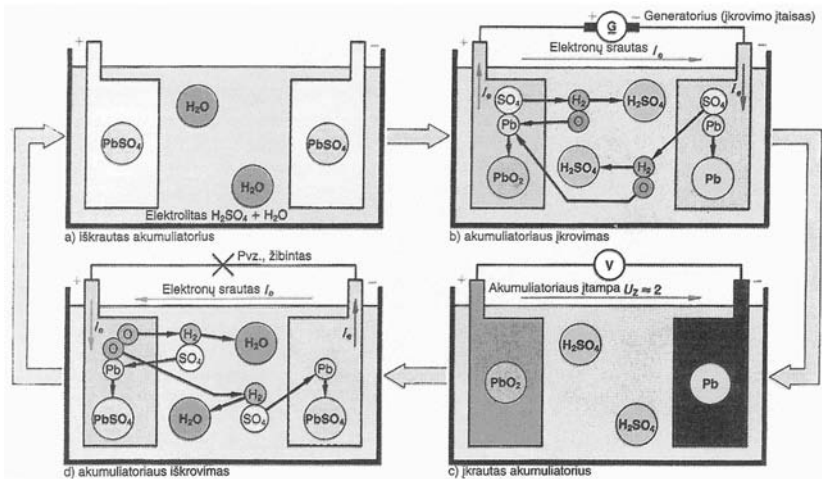
### **Akumuliatorių baterijos veikimo principas**

Įkraunamoje akumuliatorių baterijoje vyksta cheminės reakcijos ir kaupiama generatoriaus tiekiamą elektros energiją. Iškraunant cheminės reakcijos vyksta priešinga kryptimi, išskiriama sukaupta elektros energija.

### **Rūgštinio švino akumuliatoriaus įkrovimas**

Iki akumuliatoriaus įkrovimo abi jo plokšteles sudaro baltas švino sulfatas ( $\text{PbSO}_4$ ). Įkraunant akumuliatorių, veikiant prijungtai nuolatinei įtampai, elektronai iš teigiamosios plokštelės pernešami į neigiamąją plokštelę. Tada įkrovimo srovė  $I_{\text{kr}}$ . Dėl to švino sulfatas ant abiejų plokštelių išskaidomas į šviną (Pb) ir rūgšties liekaną ( $\text{SO}_4$ ). Rūgšties liekana pereina į elektrolitą ir ten suskaldo 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 eina prie teigiamosios plokštelės ir ten susijungia su švinu, sudarydamas švino oksidą ( $\text{PbO}_2$ ). Neigiamosios plokštelės švinas daugiau su niekuo nesijungia. Esant įkrautam akumuliatoriui, teigiamąją plokštelę sudaro tamsiai rudas švino dioksidas, o neigiamąją plokštelę – grynas pilkas švinas.





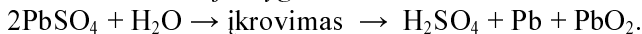
1.2 pav. Akumuliatoriaus įkrovimo ir iškrovimo procesai

### Akumuliatoriaus įkrovimo metu vykstančios 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  $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{elektros energija} \rightarrow \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}$ .

*Bendrosios reakcijos lygtis:*



Iš bendros reakcijos lygties matyti, kad įkrovimo metu vandens kiekis elektrolite mažėja, o rūgšties – didėja. Kadangi sieros rūgšties tankis didesnis už vandens tankį, įkrovimo metu didėja elektrolito tankis. Įkrovus akumuliatorių, tarp jo teigiamojo ir neigiamojo polių susidaro 2 V įtampa.

## Akumulatoriaus iškrovimas

Akumulatorius ima išsikrauti tada, kai tarp abiejų jo polių sujungiama elektros grandinė. Iškrovimo metu elektronų srautas (iškrovimo srovė  $I_{\text{iškr}}$ ) teka iš neigiamąjį poliaus į teigiamąjį. Dėl to teigiamosios plokštelės švino dioksidas skyla į šviną ir deguonį. Deguonis pereina į elektrolitą ir vėl jungiasi su sieros rūgšties vandeniliu, sudarydamas vandenį. Teigiamosios ir neigiamosios plokštelių švinas susijungia su rūgšties liekana ir vėl sudaro švino sulfatą. Esant iškrautam akumulatoriui, teigiamąsias ir neigiamąsias plokšteles vėl sudaro baltas švino sulfatas.

*Iškrovimo metu vykstančios cheminės reakcijos:*

teigiamoji plokštelė  $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2 \rightarrow$  elektros energija  $\rightarrow$   
 $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,

neigiamoji plokštelė  $\text{Pb} + \text{SO}_4 \rightarrow$  elektros energija  $\rightarrow \text{PbSO}_4$ .

*Bendros reakcijos lygtis:*

$\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \pm$  iškrovimas  $\rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Iš lygties matyti, kad iškrovimo metu elektrolite mažėja sieros rūgšties, o daugėja vandens.

Taigi iškrovimo metu elektrolito tankis mažėja.

## Akumuliatorių baterijų konstrukcijos

Šiuo metu jau beveik niekas negamina senų „juodųjų“ baterijų, kurios buvo taip pavadintos dėl joms būdingos ebonito korpuso spalvos. Jos buvo nuolat prižiūrimos – reikėjo dažnai papildyti distiliuotu vandeniu, įkraunant bateriją jis aktyviai išgaruodavo dėl didelio stibio kiekio plokštelių švino lydinyje (iki 6,5 % teigiamąjoje plokštelėje ir iki 7,5 % neigiamąjoje). Paskui atsirado mažai prižiūrimos baterijos; stibio kiekis jose buvo sumažintas iki 2–3 % – sumažėjęs mechaninis atsparumas buvo kompensuojamas kitos konstrukcijos elektrodais ir legiruojančiaisiais elementais – arsenu, alavu, variu, siera ir seleno. Mažai prižiūrimų baterijų dujų išsiskyrimas įkraunant mažesnis, bet distiliuotą vandenį periodiškai papildyti vis dėlto būtina.

Paskui atsirado neprižiūrimos baterijos. Jų elektrolito kiekis virš plokštelių didesnis – kartu su lėtesniais „išgaravimo“ tempais tai leidžia gamintojams garantuoti ilgesnę naudojimo trukmę, negu turi mažai prižiūrimos baterijos. Neprižiūrimos baterijos skiriamos į dvi klases – hibridines ir kalcio baterijas. Hibridinių baterijų teigiamosios plokštelės pagamintos iš mažo stibio kiekio švino lydinių (stibio mažiau nei 2 %). O neigiamosios plokštelės – pagamintos iš švino ir kalcio lydinių.

Kalcio baterijų visos plokštelės neturi stibio švino ir kalcio lydinių su alavo, aliuminio, kartais ir sidabro priedais. Baterijos, kurių rėmelis pagamintas iš švino ir kalcio lydinio, pasižymi mažu vandens imlumu, dideliu atsparumu korozijai ir gebėjimu nustoti priimti srovę įkrautos būklės. Be to, kalcio baterijos pasižymi mažu savaiminiu išsikrovimu. Bet esant visiškoms iškrovoms, tokių baterijų teigiamosiose gardelėse gali prasidėti kalio sulfatacijos procesas, kuris, palyginti su paprasta švino sulfatacija, yra negrįžtamas.

Todėl kai kurios baterijos turi kombinuotą (hibridinę) konstrukciją. Įvairių tipų baterijos turi savų privalumų ir trūkumų. Mažai prižiūrimos baterijos gana nebrangios, bet reikalauja periodinės elektrolito lygio kontrolės. Neprižiūrimos brangesnės, bet suprojektuotos mažiausiai penkeriems naudojimui metams ir apskritai nereikalauja priežiūros – jų korpusuose dažnai net nedaroma kamščių. O neprižiūrimos kalcio baterijos dėl dar mažesnio išsiskiriančio dujų kiekio turi veikti penkerius–septynerius metus – taip pat be kokios nors priežiūros. Bet kalcio baterijos yra didesnių matmenų nei hibridinės, bijo visiškų iškrovų – jei keletą kartų iš eilės tokia baterija visiškai išsikrautų, ji gali sugesti. Vazinėtiems automobiliams tiks ir mažai prižiūrimos ir neprižiūrimos baterijos. Vis dėlto pirmenybę reikėtų suteikti mažai prižiūrimoms baterijoms. Jos ne tokios jautrios per dideliame įkrovime kaip neprižiūrimos baterijos, taip pat gali išlaikyti visišką išsikrovimą, pavyzdžiui, žiemą ilgai dirbant starteriui, kai variklis nepasileidžia iš pirmo bandymo. O elektrolito lygį reikės matuoti ne dažniau nei vieną – du kartus per metus.

Naujiems automobiliams, kurių variklius galima paleisti be problemų, kartu su hibridinėmis galima būtų rekomenduoti ir kalcio baterijas, nes jei jos visiškai neišsikraus, veiks labai ilgai – pusantro ar net du kartus ilgiau už hibridines neprižiūrimas baterijas.

## Akumuliatorių baterijos tipo žymėjimas

Išsirenkant akumuliatorių bateriją būtina žinoti ir suprasti parametrus, kurie yra užrašyti jo etiketėje. Pasitaiko tokie sutartiniai žymenys ir santrumpos:

12 V; 55 A·h; R.C. 90 min; LOAD TEST 200 A;

CCA (f–18 °C): BC I400 arba IEC 275 arba DIN 255.

- **12 V** – vardinė įtampa.

- **55 A·h** – akumuliatoriaus vardinis talpis. **Talpis** – tai elektros kiekis Ah, sukauptas akumuliatorių baterijoje. Svarbu atkreipti dėmesį į tai, kad baterijos matmenys ne tiek svarbūs, kiek jos konstrukcijos ypatybės, t. y. vidinė elektros kaupimo galimybė. Pavyzdžiui, tai galima būtų pavaizduoti kaip dėžę, į kurią galima įdėti trijų litrų stiklainį, ir talpa bus nuo 0 iki 3 litrų, arba vieno litro stiklainį – tas pats rodiklis bus apribotas 1 litru. Norint nustatyti akumuliatoriaus baterijos talpį – įkrauta baterija iškraunama per 20 valandų mažą srovę (kai vardinis talpis 55 Ah – srovė turėtų būti apie 2,75 A) esant 25°C elektrolito temperatūrai. Tokios iškrovos pabaigoje baterijos gnybtu įtampa neturi būti mažesnė kaip 10,5 V. Jungtinėse Amerikos Valstijose akumuliatoriai pagal talpį neskirstomi. Pagal standartą BCI (*Battery Council International*) akumuliatoriai skirstomi pagal pačią svarbiausią charakteristiką – šaltojo paleidimo srovę (starterinė srovė). Pavyzdžiui, 460 A srovė tinka automobiliams, kuriems būtinas 55 A·h talpis; 500–550 A atitinka 60–65 Ah; 630 A atitinka 75 Ah; 770 A atitinka 90 Ah.

- **R.C. 90 min** – rezervinė talpa (*Reserve Capacity*) 90 min. Rezervinis talpis – tai laikas (minutėmis), kurį baterija pajėgi palaikyti 10,5 V įtampą, esant 25 A iškrovimo srovei. Praktinė rezervinio talpio vertė – tai laikas, kurį, esant minimaliai automobilio elektros apkrovai, galima važiuoti naktį, kai neveikia generatorius.

- **LOAD TEST 200 A** – apkrovimas 200 A bandymo srove. Šis bandymas parodo akumuliatoriaus tvarkingumą ir pajėgumą išlaikyti apkrovą, kuri būtina varikliui paleisti. Patikrinimui prie baterijos gnybtų prijungiamas rezistorius, kuris atitinka automobilio elektros sistemos varžą paleidžiant variklį. Po maždaug 15 s apkrovos trukmės akumuliatoriaus įtampa turi būti ne mažesnė kaip 9,5 V

įtampa esant 21 °C temperatūrai. Kuo mažesnis (pagal talpį) akumuliatorius, tuo mažesnę variklį jis turi sukurti, atitinkamai jo apkrovimo srovė bus mažesnė. Šiuo atveju 200 A srovė atitinka 55 Ah talpos bateriją.

- **CCA (-18 °C): BCI 400 arba IEC 275 arba DIN 255** – šalto variklio paleidimo srovė (*Cold Cranking Amperes*). Svarbiausias rodiklis, rodantis, kokios galios srovė atiduos akumuliatorius žemio variklio paleidimo sąlygomis. Norint nustatyti šį rodiklį, baterija keletą valandų išlaikoma -18 °C temperatūroje, o po to matuojama srovė, kurią ji atiduoda per 30 sekundžių. Šalto paleidimo srovė nustatoma pagal tris skirtingas metodikas: **BCI** (*Battery Council International*), **IEC** (*International Electrotechnical Commission*) ir **DIN** (*Deutsche Industrie Normen*). Šios metodikos skiriasi detalėmis (30, 60 ir 150 sekundžių; 7,2 V, 8,4 V ir 6,0 V galutinė įtampa atitinkamai), taigi parodo skirtingas galutines vertes.

Žinomų firmų baterijos ženklinamos visais trimis rodikliais.

### **Savaiminis akumuliatorių baterijos išsikrovimas ir sulfatavimas**

Kad būtų atsparesni, švininiai akumuliatorių baterijos rėmeliai gaminami iš švino ir stibio lydinio. Jo trūkstant, akumuliatorių baterija, laikui bėgant, išsikrauna savaime. Savaiminio išsikrovimo metu sunaudojamas vanduo. Savaiminio akumuliatorių baterijos išsikrovimo greitis, atsižvelgiant į amžių, lygus 0,2–1 % talpio per dieną.

Jei akumuliatorių baterija ilgą laiką būna iškrauta, išsikrovimo metu susidarę maži švino sulfato kristalai susijungia į didelius kristalus. Tokius didelius švino sulfato kristalus labai sunku vėl išardyti. Tokia baterija vadinama sulfatuotąja. Jei sulfatacija nedidelė, akumuliatorių bateriją galima atkurti ilgai įkraunant mažo stiprio srove (maždaug 0,2 A).

### **Priežiūra ir diagnostika**

Akumuliatorių baterijos įkrovimo lygio tikrinimas. Tankio matuokliu galima išmatuoti elektrolito tankį. Tankio matuoklį sudaro stiklinis vamzdelis su įsiurbimo kriauše. Stikliniame vamzdyje yra plūdė (areometras) su atitinkama skale. Plūdės nugrimzdimo į įsiurb-

tą rūgštį gyilis yra jos tankio matas. Iš tankio galima spręsti apie akumuliatorių baterijos įkrovimo lygį. 1 280 kg/m<sup>3</sup> tankis atitinka visiškai įkrautą, 1 200 kg/m<sup>3</sup> – pusiau įkrautą akumuliatorių bateriją. Jei tankis lygus 1 120 kg/m<sup>3</sup>, akumuliatorių baterija yra iškrauta.

Akumuliatorių baterijos paleidimo savybės tikrinamos ją apkraunant specialia varžine šakute. Tam naudojami specialūs tikrinimo prietaisai, kurie matuoja akumuliatorių baterijos įtampą esant tam tikrai apkrovai (šalto variklio paleidimo srovė).

## **Akumuliatorių baterijos įkrovimas**

### **Įkrovimo būdai:**

- normalusis;
- greitas.

Akumuliatorių bateriją įkraunant normaliuoju režimu, įkrovimo srovės stipris lygus 10 % talpos skaitinės vertės. Greitas įkrovimas atliekamas 5–8 kartus stipresne srove, palyginti su normaliojo įkrovimo srove. Taip gaunamas daug trumpesnis įkrovimo laikas.

Greitai įkrauti galima tik iki „virimo“ įtampos, kuri kiekvienam akumuliatoriui lygi 2,35 V. Įkraunant iki didesnės įtampos, elektrolito vanduo skaidosi į vandenilį ir deguonį. Jie virš elektrolito sudaro sprogtamąsias dujas. Toliau greitai įkraunant, intensyviai susidaranti dujos iš plokštelių išstumia aktyviąją masę. Bėgant laikui ji užpildo nuosėdų ertmes. Iškritusiam švinui sujungus neigiamąsias ir teigiamąsias plokšteles, atsiranda trumpasis plokštelių jungimas. Dėl to sutrumpėja akumuliatorių baterijos darbo laikas. Tuomet greitojo įkrovimo įtaisai, pasiekę „virimo“ įtampą, automatiškai persijungia į normalųjį įkrovimo režimą.

Greituoju būdu įkrauti galima tik naujas, tvarkingas, jokių būdu nesulfatuotas akumuliatorių baterijas (atsiranda sprogo pavojus dėl išsiskyrusių vandenilio ir deguonies dujų!).

### **Įkrovimo nurodymai**

- Prieš išimant akumuliatorių bateriją iš automobilio, reikia atjungti ją nuo automobilio elektros tinklo.
- Prieš įkraunant akumuliatorių bateriją, reikia iš jos išsukti visus kamščius.

- Norint išvengti trumpojo jungimo, pirmiausiai atjungiamas masės kabelis, o po įkrovimo jis prijungiamas paskutinis.

- Teigiamasis įkrovimo įtaiso gnybtas prijungiamas prie teigiamąjo akumuliatorių baterijos gnybto, jis pažymėtas ženklų +, o neigiamasis gnybtas – prie neigiamąjo baterijos gnybto pažymėto ženklų –.

- Baterija įkraunama tol, kol elektrolito tankis joje pasieks reikiamą  $1\ 280\ \text{kg}/\text{m}^3$  vertę.

- Sulfatuotos akumuliatorių baterijos atpažįstamos iš to, kad teigiamosios ir neigiamosios plokštelės turi baltą apvalkalą o įkrovimo metu akumuliatorių baterijos tuoj pat pradeda stipriai „virti“ ir greitai išsyla.

- Baigus įkrovimą tikrinamas elektrolito lygis ir, jeigu reikia, papildomas distiliuotu vandeniu.

- *Norint padidinti elektrolito lygį, niekada negalima pilti elektrolito! Galima pilti tik distiliuotą vandenį.*

- Užsukami baterijų kamščiai.

Kadangi įkrovimo metu susidaro sprogstamosios dujos ( $\text{H}_2 + \text{O}_2$ ), kad neišvyktų sprogimas, negalima arti akumuliatorių baterijos naudoti atvirą ugnį. Draudžiama rūkyti!

## Darbo nurodymai

- Periodiškai tikrinamas ir, jeigu reikia, papildomas elektrolito lygis.

- Elektrolito tankio matuokliu tikrinamas įkrovimo lygis ir, jei reikia, akumuliatorių baterija įkraunama.

- Tikrinamas prijungimo gnybtų švarumas ir sujungimų tvirtumas. Jei reikia, gnybtai valomi ir, kad būtų apsaugoti nuo korozijos, sutejami specialiu tepalu.

- Neprižiūrimose akumuliatorių baterijose vandens sąnaudos labai mažos. Tačiau sugedus generatoriaus reguliatoriui, akumuliatorių baterija gali būti perkraunama ir vandens sąnaudos labai padidėja. Tokiais atvejais, kad būtų galima papildyti vandeniu, kai kurie gamintojai leidžia atidaryti akumuliatorių bateriją.

- Akumuliatorių baterijos pagal galimybes turi būti saugomos nuo žemos temperatūros (šalčio) poveikio. Iškrauta akumuliatorių baterija užšąla maždaug  $-11\ ^\circ\text{C}$ , įkrauta – tik esant  $-69\ ^\circ\text{C}$  temperatūroje.

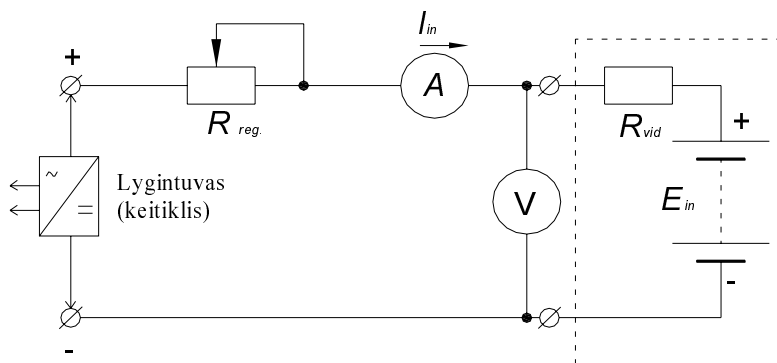
Todėl geriausia akumuliatorių baterijos apsauga nuo šalčio yra geras jos įkrovimo laipsnis.

**Pradedant naudoti „sausai įkrautas“ akumuliatorių baterijas, reikia laikytis tokių nuorodų:**

- užpildomų akumuliatorių baterijos ir elektrolito temperatūra turi būti  $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- akumuliatorius reikia užpildyti iki elektrolito lygio žymės (maždaug 15 mm aukščiau plokštelių viršutinių briaunų);
- baterijoms užpildyti nenaudoti metalinių piltuvėlių;
- akumuliatorių baterijoms leisti pastovėti 20 min, paskui lengvai krestelėti ir, jei reikia, dar kartą įpilti elektrolito;
- užsukti akumuliatorių baterijos kamščius ir bateriją gerai įtvirtinti automobilyje.

**Akumulatoriaus charakteristikos**

Šioms charakteristikoms sudaryti sujungiamo schemą, pateiktą 3 pav. Akumuliatoriui įkrauti reikalingas nuolatinės srovės šaltinis, kurio didžiausia įtampa  $U_{i\text{kr}}$  yra didesnė kaip 2,7 V vienai baterijos sekcijai.



1.3 pav. Akumulatoriaus įkrovimo schema

Kad charakteristikų pobūdžiui neturėtų įtakos įkrovimo srovė, viso krovimo metu reostatu  $R$  palaikoma vienodo dydžio, t. y.



$I_{\text{ikr}} = \text{const}$ . Imama  $I_{\text{ikr}} = 0,05Q_V$ , čia  $Q_V$  – vardinė akumulatoriaus talpa. Kai įkrovimo srovė stabilizuota, per vienodus laiko intervalus vidutinis elektrolito tankis  $\gamma$  didės vienodai, o jo kitimo charakteristika akumulatoriaus normalaus darbo diapazone bus tiesė:

$$\gamma = \gamma_{\text{iškr}} + \alpha t, \quad (1)$$

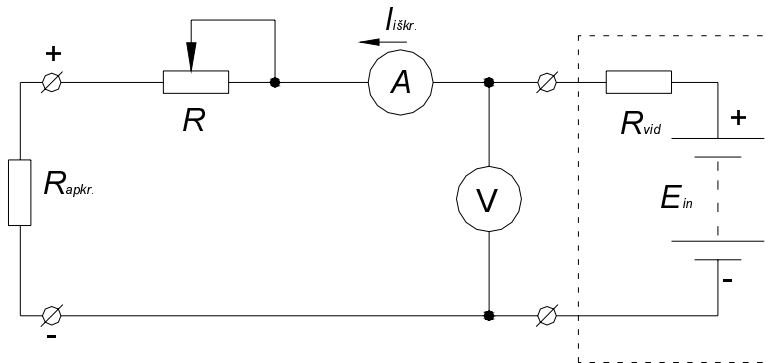
čia:  $\gamma_{\text{iškr}}$  – neįkrauto akumulatoriaus tankis (galima imti  $1110 \text{ kg/m}^3$ );  $\alpha$  – tankio augimo greitis;  $t$  – įkrovimo laikas.

Tiktai kai akumulatorius bus beveik įkrautas, tankis nebeaugs. Akumulatorius dar kelias valandas įkraunamas, kad plokštelių gilumoje neliktų nesureagavusių medžiagų.

Akumulatoriaus gnybtų  $U_{\text{ikr}}$  įkrovimo metu yra didesnė negu elektvara  $i_{\text{ikr}}$ , įtampos kryčiu  $\Delta U_{\text{ikr}}$  vidaus varžoje  $R_{\text{vid}}$ :

$$U_{\text{ikr}} = E_{\text{ikr}} + \Delta U_{\text{ikr}}, \quad \Delta U_{\text{ikr}} = I_{\text{ikr}} R_{\text{vid}}. \quad (2)$$

Akumulatoriui iškrauti gali būti sujungta ta pati schema, kaip ir įkrauti, tik vietoje įkroviklio įjungiami apkrova.



1.4 pav. Akumulatoriaus iškrovimo schema

Reostatu  $R$  iškrovimo srovė nustatoma to paties dydžio, kaip ir įkrovimo metu. Viso iškrovimo proceso metu ji palaikoma vienodo dydžio (t. y.  $I_{\text{iškr}} = \text{const}$ ), todėl dauguma nagrinėjamų dydžių kinta taip pat, kaip ir įkraunant akumuliatorių, tik priešinga linkme. Vidutinis elektrolito tankis  $\gamma$  mažėja tiesiškai:

$$\gamma = \gamma_{\text{ikr}} - \alpha t, \quad (3)$$

čia  $\gamma_{\text{ikr}}$  – įkrauto akumulatoriaus elektrolito tankis (galima priimti  $\gamma_{\text{ikr}} = 1\,290 \text{ kg/m}^3$ ).

Iškrovimo metu akumulatoriaus plokštelėse išsiskiria vanduo. Dėl to elektrovara iškrovimo metu  $E_{\text{is}}$  bus mažesnė negu nusistovėjusi jos vertė  $E_0$  elektrovaros iškrovimo sumažėjimo dydžiu  $E_{\text{iskr}}$ , t. y.:

$$E_{\text{iskr}} = E_0 - \Delta E_{\text{iskr}}, \quad (4)$$

Dydis  $\Delta E_{\text{iskr}}$  iškrovimo pradžioje kinta panašiai kaip ir įkrovimo metu: pradeda didėti nuo 0 ir eksponentiškai kyla iki nusistovėjusios vertės. Tačiau įkrovimo pabaigoje pastebimas staigesnis augimas, nes reakcija vyksta plokštelių viduje. Ten labai sumažėja elektrolito koncentracija ir sparčiai mažėja elektrovara.

Akumulatoriaus gnybtų įtampa iškrovimo metu  $U_{\text{iskr}}$  yra mažesnė negu elektrovara  $E_{\text{iskr}}$  įtampos kryčiu  $\Delta U_{\text{iskr}}$  vidaus varžoje:

$$U_{\text{iskr}} = E_{\text{iskr}} - \Delta U_{\text{iskr}}, \quad (5)$$

čia  $\Delta U_{\text{iskr}} = I_{\text{iskr}} R_{\text{vid}}$ .

Kaip matome,  $\Delta U_{\text{ikr}} = \Delta U_{\text{iskr}}$ , nes  $I_{\text{iskr}} = I_{\text{ikr}}$ . Iškrovimo pabaigos įtampa yra 1,75 V sekcijai. Pasiėkus šią įtampą, iškrovimo procesas turi baigtis, kad nebūtų gadinamas akumulatorius.

### Akumuliatorių rūšys ir jų savybės

Akumulatorius yra brangus įrenginys, reikalaujantis dėmesio ir žinių. Netinkamai prižiūrimas akumulatorius veikia ne visu pajėgumu arba tampa netinkamu naudoti. Gamintojai paprastai pateikia savo rekomendacijų, kaip akumuliatorių teisingai įkrauti, iškrauti ir sandėliuoti.

Pagrindinės charakteristikos: cheminė sudėtis, vardinė įtampa, leidžiama įkrovimo ir iškrovimo srovės, svoris, dydis ir forma. Kad būtų lengviau, akumulatorius nagrinėsime suskirstę juos į tipus

pagal cheminę sandarą: NiCd (nikelio-kadmio), NiMn (nikelio-metalo hidrido), Li-ion (ličio jonų) ir Pb (švino). Kitų tipų akumuliatoriai naudojami retai, todėl jų neaptarinėsime. To pačio tipo akumuliatoriai turi daug bendrų priežiūros ir naudojimo taisyklių.

**Nikelio-kadmio (NiCd) akumuliatoriai** naudojami gana seniai, yra nebrangūs ir ilgaamžiai, turi mažą vidinę varžą. Pagrindinis šių akumuliatorių trūkumas – mažas energijos tankis. Nikelio-kadmio akumuliatoriuose yra aplinkai kenksmingų medžiagų, todėl senus akumuliatorius būtina tinkamai perdirbti.

**Nikelio-metalo hidrido (NiMn) akumuliatoriai** pasižymi didesniu energijos tankiu negu NiCd, bet naudojami greičiau sensta. NiMn akumuliatoriuose nėra toksiškų metalų.

**Ličio jonų (Li-ion) akumuliatoriai** šiuo metu sparčiausiai veržiasi į rinką. Jie yra brangūs ir naudojami ten, kur reikalingas didesnis energijos kiekis ir mažas svoris. Ličio jonų akumuliatorių technologija reikalauja papildomų elektrinių grandinių ir specialiųjų įkroviklių.

**Švino rūgštiniai (Pb) akumuliatoriai** gerai tinka daug energijos reikalaujančioms sistemoms, kurioms svoris nedaro didelės įtakos.

### **Techniniai akumuliatorių duomenys**

1. Energijos tankis nusako, kiek energijos gali sukaupti vieną kilogramą sveriantis akumuliatorius.

2. Vidinė akumuliatoriaus varža priklauso nuo sujungtų elementų skaičiaus, ličio jonų akumuliatoriaus apsaugos grandinės padidina varžą 100 mΩ, vertinant vidinius nuostolius.

3. Numatytas įkrovimo ir iškrovimo ciklų skaičius, kol akumuliatoriaus talpa sumažėja nuo 100 % iki 80 %. 1 lentelėje pateikiami duomenys, turint galvoje, kad akumuliatoriai periodiškai iškraunami ir įkraunami. Neatliekant profilaktinių įkrovimų ir iškrovimų, akumuliatorių naudojimo trukmė gali sutrumpėti iki 3 kartų

4. Kad akumuliatoriai dirbtų ilgai, jiems reikalingas profilaktinis įkrovimas ir iškrovimas

**1 lentelė.** Svarbiausi akumuliatorių duomenys

Eil. Nr.	Akumulatoriaus tipas	NiCd	NiMn	Li-ion	Pb
1	Energijos tankis, W·h/kg	45–80	60–120	110–160	30–50
2	Vidinė varža, $\Omega$	100–200	200–300	150–250	100
3	Apytikslis įkrovimo ciklų kiekis	1 500	300–500	500–1 000	200–300
4	Profilaktinis įkrovimas kas x dienų	30–60	60–90	neriekia	120–240
5	Greitas įkrovimas, h	1	2–4	3–4	8–16
6	Atsparumas perkrovimui	vidutinis	blogas	labai blogas	geras
7	Vidinė iškrova/mėn; 20°C, procentais	20	30	10	3
8	Elemento įtampa, V	1,25	1,25	3,6/3,7	2,0
9	Didžiausia apkrovos srovė, A	20 C	5 C	2 C	5 C
9'	Optimali apkrovos srovė	1 C	0,5 C	1 C	0,2 C
10	Santykinė kaina, %	50	60	100	25
11	Kaina/ciklui, Lt	0,04	0,12	0,14	0,10

5. Greito įkrovimo trukmė – tai laikas, reikalingas visiškai įkrauti akumuliatorius.

6. Atsparumas perkrovimui nusako, kaip akumuliatorius reaguoja į įkrovimą, kai jau visiškai įkrautas.

7. Vidinė iškrova apibūdina akumuliatorių savybę išsikrauti savaime (kai jie nėra prijungti prie išorinės apkrovos).

8. Vieno akumulatoriaus elemento vardinė įtampa.

9. Apkrovos srovė parodo, kokią didžiausią (optimalią) srovę tiekia akumuliatorius, koeficientas „C“ yra akumulatoriaus talpio atitikmuo (jei telpa 1 000 mAh ir leidžiama srovė 1 C, tai srovės stipris – 1 000 mA).

10. Santykinė kaina parodo, kiek vienas akumuliatorius pigesnis už kitą.

Ciklo kaina parodo, kiek kainuoja akumulatoriaus naudojimas vieną kartą jį visiškai įkrovus ir iškrovus.

### **Darbo tikslas**

Susipažinti su starterinio automobilio akumulatoriaus konstrukcija, parametrais, išmokti pagrindines operacijas.

### **Darbo planas**

- Konstrukcijos nagrinėjimas.
- Akumulatoriaus būsenos tikrinimas.
- Įkrovimo schemos sudarymas.
- Akumulatoriaus voltamperinė charakteristika ir galia.

### **Nurodymai darbui atlikti**

- Pirmiausia reikia nustatyti akumulatoriaus elementų medžiagą ir paskirtį, išsiaiškinti akumulatoriaus veikimo principą, plokštelių ir bloko konstrukcijas, iššifruoti žymenis.
- Eksploatuojant reikia tikrinti elektrolito lygį, tankį, įtampą, elektrovarą, jei akumulatoriai prižiūrimi.

Elektrolito lygis matuojamas stikliniu vamzdeliu su skale. Elektrolito tankis tikrinamas areometru. Matuojant elektrovarą nustatoma, ar elemento plokštelės nesusijungusios trumpai. Tai atliekama matuojant voltmetru nusistovėjusią elektrovarą  $E_0$ . Jei susijungusios trumpai, ji bus artima 0. Apie akumuliatorių iškrovimo laipsnį galime spręsti iš bandymo apkrovimo šakute.

### **Darbo eiga**

- Elektrolito tankis tikrinamas areometru. Areometras leidžiamas į stiklinį korpusą. Juo įsiurbiam tiek elektrolito, kad areometras plūduriuotų. Skalėje atskaitomas elektrolito tankis. Jei elektrolito tankis atskiruose tos pačios baterijos akumuliatoriuose skiriasi daugiau kaip  $10 \text{ kg/m}^3$ , jį reikia suvienodinti – įpilti distiliuoto vandens

arba elektrolito, kurio tankis  $1\,400\text{ kg/m}^3$ .

- Matuojant elektrovarą nustatoma, ar elemento plokštelės nesusijungusios trumpai.
- Voltmetru išmatuojama susistovėjusi elektrovara  $E_0$ . Ji turi atitikti apskaičiuotąją pagal empirinę formulę:

$$E_0 = 0,84 + \gamma.$$

Kai tarp akumulatoriaus plokštelių yra trumpasis jungimas, nusi-stovėjusi elektrovara  $E_0$  artima nuliui.

- Akumulatoriaus iškrovimo laipsnis apskaičiuojamas pagal formulę :

$$\Delta Q \% = \frac{\gamma_{\text{ikr}} - \gamma_{\text{mat}}}{\gamma_{\text{ikr}} - \gamma_{\text{iškr}}} \cdot 100.$$

Apie akumulatoriaus iškrovimo laipsnį galime spręsti iš bandymo apkrovimo šakute. Prieš bandymą matuojama kiekvieno aku-mulatoriaus įtampa (ji apytiksliai lygi akumulatoriaus elektrovarai), kai atjungta šakutės varža (varžtas atsuktas). Po to užsukamas varž-tas, t. y. prijungiama varža ir tikrinama akumulatoriaus įtampa vei-kiant starteriniu režimu. Šiuo atveju kiekvieną akumuliatorių šakute apkrauname 3–5 s. Jei įtampa 1,8–1,6 V, akumuliatorius įkrautas. Skirtumas tarp atskirų elementų neturi būti didesnis kaip 0,1 V. Jei bandant šakute įtampa krinta iki 1,4–1,6 V, jis iš dalies iškrautas, jei iki 0,4–1,4 – visiškai iškrautas, galbūt net sugedęs.

Pagrindinis akumuliatorių įkrovimo reikalavimas – pastovioji įkrovimo srovė. Įkrauti galima 1 ar 2 pakopomis. Tam reikia turėti reikiamo galingumo reguliuojamą nuolatinės srovės šaltinį. Dažniau-siai vartojami lygintuvai, maitinami iš kintamosios srovės tinklo. Juose yra žeminamasis transformatorius ir srovės lyginimo diodai. Srovė reguliuojama perjungiant transformatoriaus atšakas autotrans-formatoriumi arba reostatu.

Nubraižyti akumulatoriaus įkrovimo schemą, naudojant šiuos elementus:

- ATr, Tr, VL, A, AB;
- R, Tr, VL, A, V, AB;
- ATr, Tr, D, A, V, AB;
- R, Tr, D, A, V, AB;
- ATr, Tr, T, A, V, AB;
- R, Tr, T, A, V, AB.

**Žymenys:**

- A – ampermetras,
- AB – akumuliatorių baterija;
- AT<sub>r</sub> – autotransformatorius;
- D – puslaidininkių diodas;
- R – reostatas;
- T – diodų tiltelis;
- T<sub>r</sub> – transformatorius;
- VL – vienusis lygintuvas

**1-ojo laboratorinio darbo *Akumuliatorių baterijos tyrimas*  
ataskaita  
Darbo rezultatai**

1. Akumulatoriaus rūšis: .....
- Automobiliai, kuriuose jis naudojamas: .....
- Minimali darbinė įtampa: .....
- Talpis: .....
- Maksimali starterio paleidimo srovė: .....
- Elektrolito tankis: .....
- Apkrauto akumulatoriaus įtampa: .....
- Korpuso medžiaga: .....
- Skyriklių tipas: .....
- Įtampos matavimo prietaisas: .....
- Srovės matavimo prietaisas: .....

**2. Prižiūravimo akumulatoriaus būklės tikrinimo rezultatai**

**2 lentelė**

Eil. Nr.	Elementas nuo gnybto, matuojamasis dydis	1	2	3	4	5	6
1	Elektrolito tankis $\gamma$ , kg/m <sup>3</sup>						
2	Elektorolito lygis, mm						
3	Nusistovėjusi elektrovara, V						

4	Nusistovėjusi elektrovara, V								
5	Įkrova, %								
6	Apkrauto akumuliatoriaus įtampa, V								

Akumuliatorių baterijos elektrovara:  $E = 0,84 + \gamma$ .

### 3. Akumuliatoriaus voltamperinė charakteristika

3 lentelė

Matavimo Nr., matuojamasis dydis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Įtampa, V										
Srovė, A										
Galios skaičiavimo paklaida										

Skaičiuojamoji galia:  $P = U \cdot I$ , W. Braižome grafikus.

### 4. Įkrovimo įrenginio charakteristikos

2.1. Pavadinimas: .....

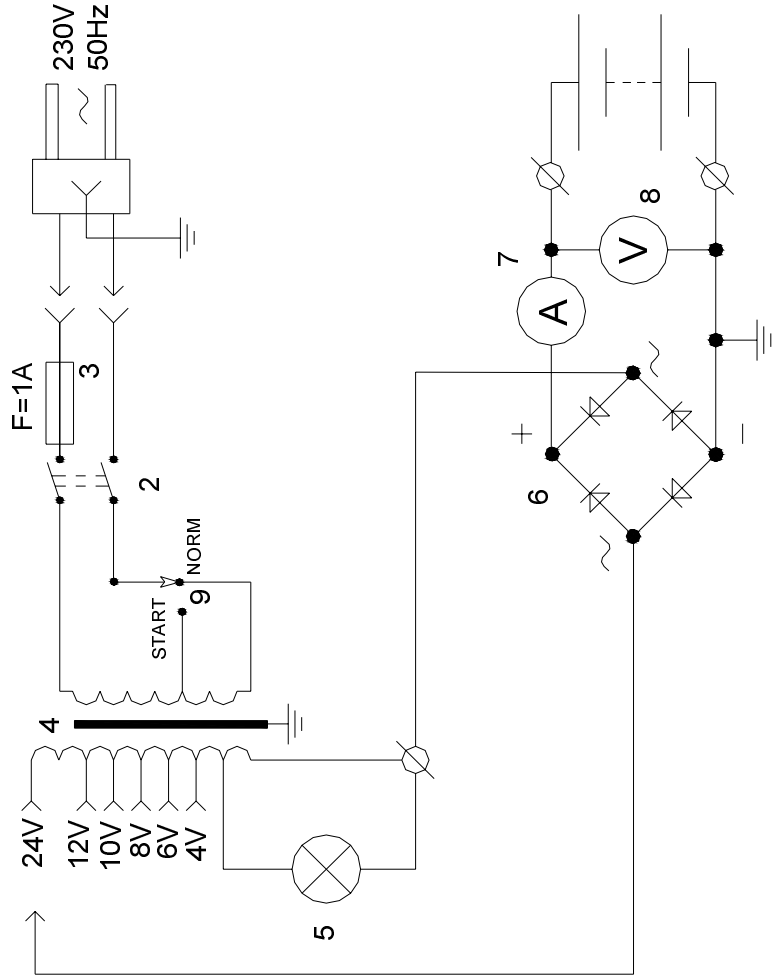
2.2. Įėjimo parametrai: .....

2.3. Išėjimo parametrai: .....

2.4. Greitasis įkroviklis: .....

2.5. Ciklas: .....





- 1. Kištukas
- 2. Perjungiklis
- 3. Tirpusis augiklis
- 4. Transformatorius
- 5. Lemputė
- 6. Diodų tiltelis
- 7. Ampermetras
- 8. Voltmetras
- 9. Mygtukas

*Pirmojo laboratorinio darbo išvados ir elektros grandinių oscilogramos:*

## **2-asis laboratorinis darbas** ***Kintamosios srovės generatoriaus tyrimas***

### **Santrumpos ir reikšmės**

- $E$  – elektrovara;  
 $c_e$  – pastovusis dydis, generatoriaus konstrukcinė pastovioji, priklausanti nuo generatoriaus konstrukcijos;  
 $\Phi$  – magnetinio srauto vertė oro tarpe tarp rotoriaus ir statoriaus;  
 $n$  – veleno sukimosi dažnis;  
 $U_m$  – fazinės įtampos amplitudinė vertė.  
VDV – vidaus degimo variklis

### **Generatorius**

Generatorius yra pagrindinis automobilio elektros energijos šaltinis. Jis maitina visus elektros srovės imtuvus ir įkrauna akumuliatorių bateriją, kai variklio alkūninis velenas sukasi pakankamu sukimosi dažniu, kad būtų sužadintas generatorius. Automobilų generatoriai yra kintamosios srovės, trifazės elektros mašinos. Akumuliatorių baterijai įkrauti būtina nuolatinė srovė, todėl juose įmontuojamas srovės lygintuvas ir integralinis įtampos reguliatorius. Vadinasi, kalbant apie automobilius, sąvoką „generatorius“ reikia suprasti kaip įrenginį, kuris sukonstruotas iš paties generatoriaus su įtampos reguliatoriumi ir kintamosios srovės lygintuvo.

Automobilių generatorių atiduodamoji galia kasmet tendencingai didinama, nors jų matmenys beveik nekinta. Didėja santykinis galinumas, tai yra vatų skaičius vienam masės vienetui, ir dabartiniu metu jis yra apie 500 W/kg. Šis parametras labai svarbus šiuolaikiniams automobiliams, nes elektros energijos poreikis išaugo daugiau kaip 40 %, nes dabartiniai, grūstyse stovintys automobiliai, sunaudoja daug daugiau energijos, esant gausiam elektrinių prietaisų ir komforto įrenginių skaičiui. Akumuliatorių baterijos sukauptos energijos nebepakanka ilgai stovinčiame automobilyje su įjungtais radijo komunikacijų ir navigacinės sistemos prietaisais. Taigi generatorius jau turi papildyti akumuliatorių elektros energija, VDV dirbant tuščiaja

eiga, kai sukimosi dažnis yra apie 700 suk./min. Yra įvairių būdų gauti pakankamą elektros energijos kiekį, norint maitinti automobilio elektros įrenginius, VDV dirbant tuščiaja eiga. Tai gali būti mechaniniai ir elektroniniai metodai, bet šios priemonės didina automobilio elektros įrangos, o konkrečiai generatoriaus ir jo elektroninio valdymo santykinę kainą, palyginti su viso automobilio kaina. Kitu atveju reikėtų mechanškai keisti sukimosi dažnio ribas arba padarius sudėtingesnę principinę generatoriaus schemą.

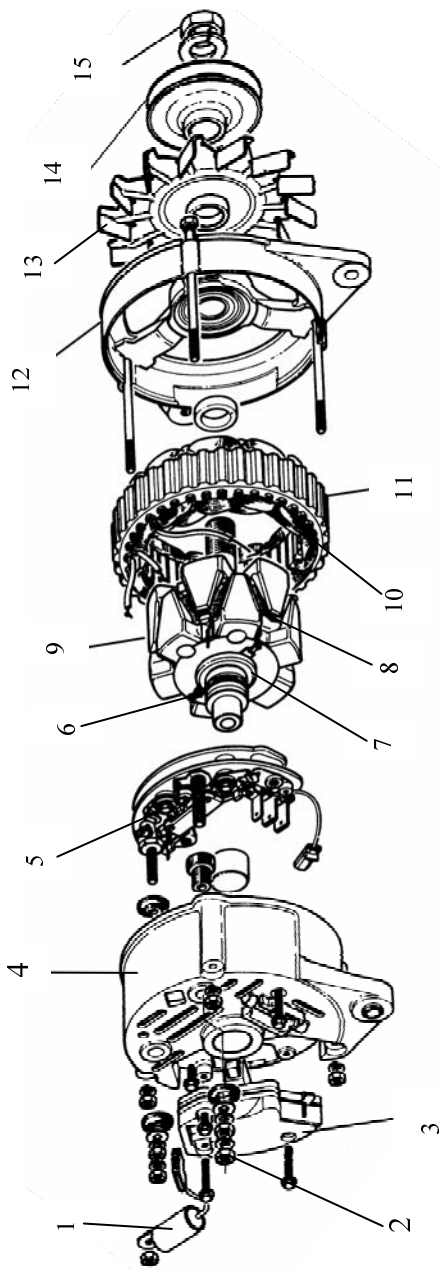
Elektroninis kintamosios srovės generatoriaus sužadavimo grandinės reguliatorius „PP – 350“, sukurtas Vilniaus radijo komponentų gamykloje „Vingis“, buvo gaminamas tuometinei automobilių gamybos pramonei ir iki šiol yra išlikęs GAZ, VAZ, ZIL bei kituose automobiliuose. Būtina išsiaiškinti jo veikimo principą, nes vadovaujantis jo schema dabar gaminami integruotieji įtampos reguliatoriai, nors jis ir buvo sukonstruotas naudojant diskretinius elektroninius elementus. Jo principinė elektrinė schema pateikta kartu su generatoriaus pavyzdžiu.

Automobilio generatorius (2.1 pav.) sukonstruotas iš statoriaus 11, lenktapolio rotoriaus 9 su žadinimo apviją 8, kontaktinių žiedų 7 su šepečiais 6, lygintuvo 5 ir įtampos reguliatoriaus 2.

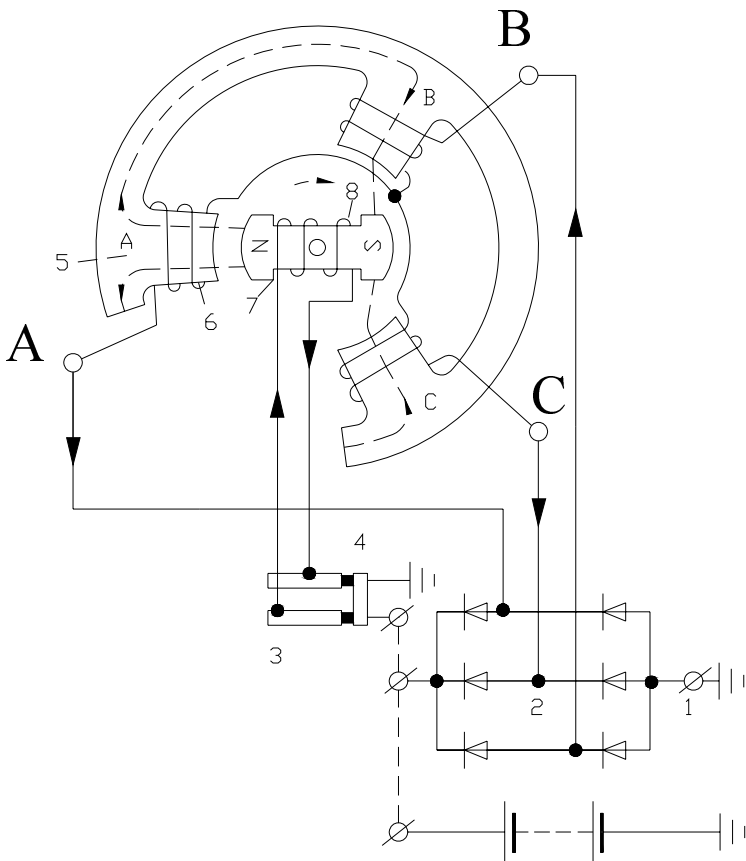
Statorius 5 (2.2 pav.) sudarytas iš elektrotechninio plieninio žiedo su poliais, ant kurių (polių) užvyniotos apvijos 6. Jos vadinamos fazinėmis. Apvijos išdėstytos simetriškai – poromis. Jų vieni galai sujungti tarpusavyje, o kiti prijungti prie lygintuvo, atsižvelgiant į jungimo tipą (žvaigžde ar trikampi).

Rotorių 7 sudaro išlenkti poliai, tarp kurių yra žadinimo apviją 8. Jos reikia rotoriaus magnetiniam srautui sukurti ir indukuoti statoriuje įtampą. Žadinimo apvijos galai prijungti prie žiedų 3, per kuriuos šepečiais 4 jai tiekama srovė.

Norint generatorių sužadinti, būtina įmagnetinti jo rotorius. Iš pradžių rotorius įmagnetina akumuliatorių baterijos 1 tiekama srovė. Kai generatorius pasiekia pakankamą sukimosi dažnį, jis pats maitina žadinimo apviją. Sukant rotorius, polių magnetinis laukas veria statoriaus apviją ir jose indukuoja kintamąją elektrovarą. Indukuotą statoriaus kintamąją srovę išlygina lygintuvą.



2.1 pav. Generatorius



**2.2 pav.** Automobilio generatoriaus elektrinė schema:

- 1 – akumuliatorių baterija; 2 – srovės lygintuvas; 3 – žiedai; 4 – šepėčiai ir įtampos reguliatorius; 5 – statorius; 6 – statoriaus apvija; 7 – rotorius; 8 – žadinimo apvija; 9 – rotoriaus poliai

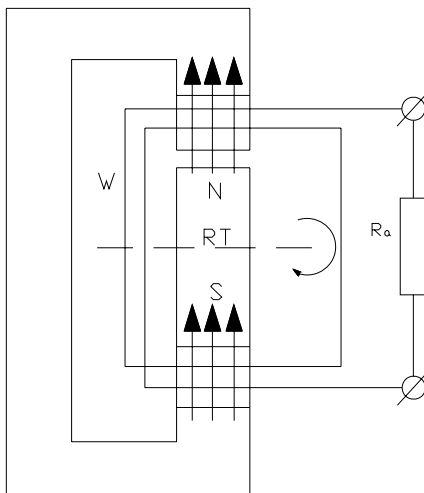
Automobilio generatoriaus rotorius, kad būtų didesnė elektrovara, turi ne vieną, o šešias polių poras 9 (2.2 pav., b), o statorius 5 – atitinkamai ne tris, o aštuoniolika – po šešias į kiekvieną fazę nuosekliai sujungtas rites.

## Konstrukcija

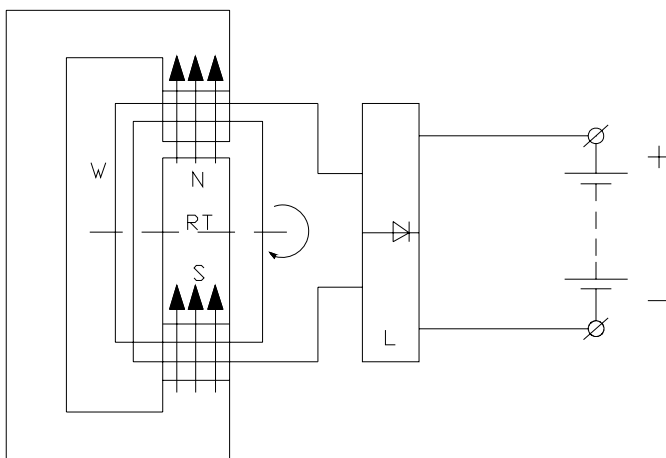
Labiausiai paplitę elektromagnetinio žadinimo generatoriai. Konstrukcijos schema pateikta 2.2 pav. Jo korpusą sudaro elektrotechninio plieno štampuotų plokštelių magnetolaidis 5. Plokštelės oksiduotos, kad jų pakete netekėtų sūkurinės srovės. Vidinėje jų pusėje štampavimo metu iškertami grioveliai, į kuriuos suklotos trifazės arba daugiafazės statoriaus apvijos 6. Žadinimo poliai 7 suformuoti iš plieno ir turi lenktapolę formą. Dėl to patikima žadinimo apvija. Ją sudaro cilindrinė ritė 8, įtvirtinta ant polių pagrindo su veleno 7. Toks rotoriaus mazgas su nepažeidžiamomis apvijomis labai atsparus išcentrinėms jėgoms. Žadinimo apvija tekanti srovė sukuria kintamąjį magnetinį srautą  $\Phi$ . Iš šiaurės poliaus per oro tarpą tarp statoriaus ir rotoriaus jis patenka į korpusą ir juo pereina iki pietų poliaus. Tada antrą kartą kerta oro tarpą per pietų polių bei specialią įvorę ir vėl pasiekia šiaurės polių. Generatoriaus dangčiai labai skiriasi, tačiau abu pagaminti iš aliuminio lydinio, turi aušinimo angas, ašas generatoriui tvirtinti ir jo diržui įtempti. Ventilatorius 13 (2.1 pav.) aušina generatorių. Nors su skriemuliu 14 jis sudaro vieną mazgą, tačiau gaminamas atskirai. Jo skersmuo gerokai didesnis negu skriemulio. Be to, ventilatorius štampuojamas iš plieno lakšto, o skriemulys liejamas iš ketaus ir tvirtinamas veržle su poveržle. Lygintuvas 5 montuojamas galiniame dangtyje, kad būtų aušinamas išorės oru. Iš principinių generatoriaus schemų galime matyti, kad lygintuvo tiesioginiai ir atvirkštiniai diodai sudaro dvi atskiras grupes, todėl sumontuoti dviejose viena nuo kitos izoliuotose aliuminio plokštelėse. Jos taip pat aušina diodus. Viena plokštelė sujungta su generatoriaus korpusu ir yra neigiamasis lygintuvo polius, antroji izoliuota – teigiamasis polius. Žadinimo apvijos galai prilituoti prie dviejų varinių žiedų 7 su izoliaciniu pagrindu, užpresuotų ant veleno. Velenas sukasi radialiniuose riedėjimo guoliuose, įpresuotuose generatoriaus dangčiuose. Šepetčiai slysta žiedais, kurie yra sumontuoti laikiklyje 3 su trukdžių slopinimo kondensatoriumi 1 bei integraliniu reguliatoriumi 2.

Generatorius pradeda veikti, kai žadinimo apvija teka srovė, o magnetinis laukas pereina į statorių taip, kaip parodyta 2.3 pav. ir 2.4 pav. Tuomet, sukant rotorių, pro statoriaus apvijas pereina tai šiaurės, tai pietų polius. Šis kintamasis magnetinis laukas statoriaus

apvijose indukuoja elektrovarą, o ši sukelia srovę apkrovos grandinėse.



**2.3 pav.** Kintamosios srovės generatorius su besisukančiu nuolatiniu magnetu: ST – statorius su apvijomis w; RT – rotorius

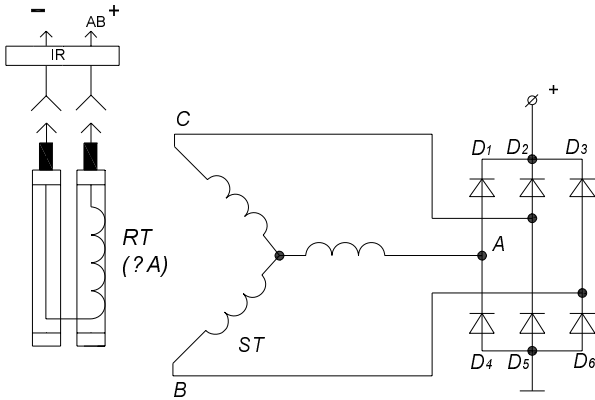


**2.4 pav.** Kintamosios srovės generatorius su puslaidininkių lygtuvu L

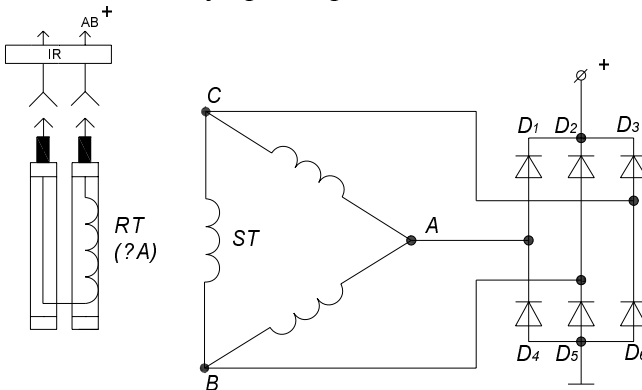


## Principinės schemos

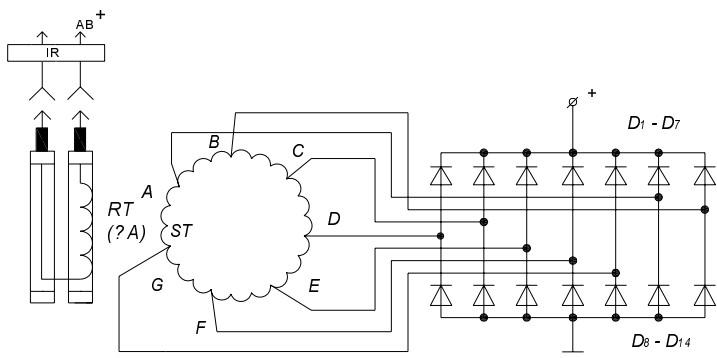
Kintamosios srovės generatorių schemų įvairovė yra didesnė nei nuolatinių. Jie gali būti vienfaziai, trifaziai, sujungti žvaigžde (2.5 pav.) arba trikampiu (2.6 pav.) ir daugiafaziai (2.7 pav.), sujungti daugiakampiu. Srovei lyginti naudojami tilteliai. Diodų skaičius du kartus didesnis nei fazių skaičius, nepaisant, ar jos sujungtos žvaigžde, ar daugiakampiu. Kintamosios srovės generatoriai yra sužadunami, nes liekamojo magnetizmo jiems patiems susižadinti nepakanka.



2.5 pav. Trifazio kintamosios srovės (su lygintuvu) generatoriaus, sujungto žvaigžde, schema



2.6 pav. Trifazio kintamosios srovės (su lygintuvu) generatoriaus, sujungto trikampiu, schema



2.7 pav. Daugiafazio kintamosios srovės (su lygintuvu) generatoriaus schema

### Charakteristikos ir parametrai

Kintamosios srovės generatoriaus elektrovara  $E$  išreiškiama:

$$E = c_e \Phi n;$$

čia  $c_e$  – generatoriaus konstrukcijos pastovioji.

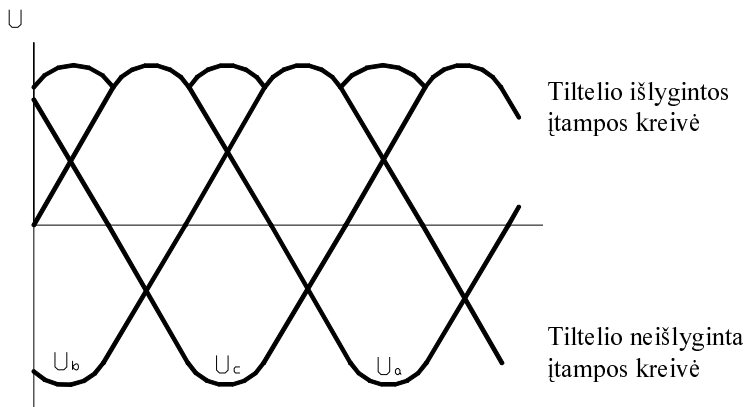
Lygintuvo gnybtų įtampa  $U$  bus mažesnė negu elektrovara  $E$  įtampos kryžiu generatoriaus apvijose ir lygintuve (dioduose), t. y.  $U = E - \Delta U_G$ . Fazijų A, B ir C įtampos skiriasi  $120^\circ$  ir išreiškiamos:

$$U_A = U_{fm} \sin \omega t;$$

$$U_B = U_{fm} \sin(\omega t - 2\pi/3);$$

$$U_C = U_{fm} \sin(\omega t + 2\pi/3).$$

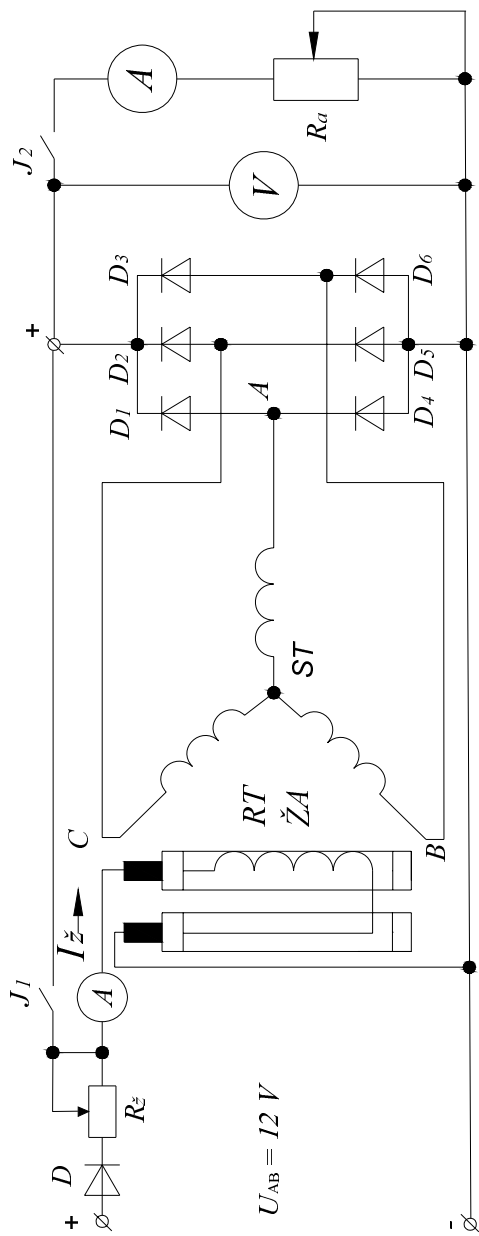
Grafinis šių įtampų kitimo vaizdas pateiktas 2.6 pav. Jei generatoriaus lygintuvas apkrautas aktyviaja varža  $R_a$ , tai per diodus į ją tekės srovė, kurios dydis priklauso nuo linijinės generatoriaus įtampos, išreiškiamos fazinių įtampų skirtumu  $U_{AB} = U_A - U_B$ ;  $U_{AC} = U_A - U_C$ ;  $U_{BC} = U_B - U_C$ . Srovė vienu metu tekės tik per du diodus. Įtampa ir srovė apkrovos varžoje  $R_a$  bus pulsuojanti. Pulsavimo dažnis yra šešis kartus didesnis nei kintamosios srovės dažnis generatoriaus apvijose.



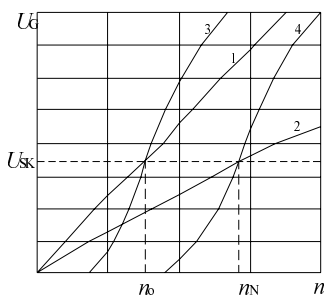
2.8 pav. Trifazio kintamosios srovės generatoriaus įtampos

Pagrindinės automobilio generatoriaus charakteristikos yra generatoriaus įtampos ir jo srovės priklausomybės nuo rotoriaus sukimosi dažnio, nes eksploatuojant jis labai kinta (iki 10 kartų). Įtampos charakteristika  $U_G = f(n)$ , kai  $R_a = \text{const}$  – įtampos  $U_g$  generatoriaus įtampos priklausomybė nuo rotoriaus sukimosi dažnio  $n$ , esant pastovaus dydžio apkrovai  $R_a$ . Ji gali būti sudaryta generatoriui veikiant nepriklausomojo bei nuosavo žadinimo režimais.

Šiai charakteristikai sudaryti sujunkime generatoriaus nepriklausomojo sužadinimo schemą, pateiktą 2.9 pav. Reostatu  $R_z$  nustatoma tam tikro dydžio žadinimo srovė  $I_{zn}$ . Pirmoji charakteristika (2.10 pav.) dirbant generatoriui veikiant tuščiąjį eiga, t. y. kai jungiklis  $J_2$  išjungtas. Ji atitinka generatoriaus elektrovaros išraišką ir yra tiesė, einanti per koordinatinių pradžių. Antroji – kai generatoriaus apkrovimo varža  $R_a$  lygi nominaliajai vertei. Šiuo atveju, didėjant sukimosi dažniui, įtampos augimo greitis mažėja.



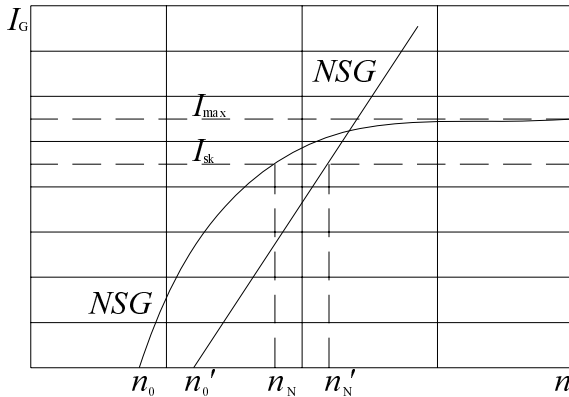
2.9 pav. Schema kintamosios srovės generatoriaus charakteristikoms gauti



**2.10 pav.** Kintamosios srovės generatoriaus įtampos priklausomybė nuo sukimosi dažnio

Sudarant susižadinimo charakteristikas, reikia įjungti jungiklį  $J_1$  kai generatoriaus įtampa šiek tiek viršija skaičiuojamąją įtampą  $U_{sk}$ . Tuomet žadinimo srovė pradeda tekėti iš generatoriaus. Diodas  $D$  neleidžia generatoriaus srovei tekėti į ankstesnįjį žadinimo srovės šaltinį. Charakteristika 3 sudaroma, kai  $J_2$  įjungiamą vardinę apkrovos varža ir sudaroma 4-oji charakteristika. Kaip matome, abi charakteristikos sudarytos susižadinimo režimu, panašios viena į kitą. Jų kitimas daug sudėtingesnis nei esant nepriklausomajam žadinimui. Čia atsirado dar vienas kintamasis – žadinimo srovė. Ji didėja, didėjant generatoriaus įtampai. Dėl to viršūnėse 3 ir 4 charakteristikų dalyse, didėjant sukimosi dažniui, įtampos augimo greitis sumažėja. Čia generatoriaus žadinimo srovė yra didelė, ir generatoriaus magnetinė grandinė įsotinta. Magnetinis žadinimo srautas beveik nedidėja, todėl įtampos augimo pobūdis panašėja į nepriklausomojo žadinimo atvejį. Tačiau žadinimo srovė čia gerokai didesnė negu vardinė, todėl ir įtampos didesnės.

Kintamosios srovės generatoriui veikiant automobilyje, pradžioje jis žadinamas iš akumuliatorių baterijos. Jo įtampa kinta pagal 1 ir 2 charakteristikas. Tačiau kai generatoriaus įtampa tampa didesnė nei akumuliatoriaus, žadinimo srovė pradeda tekėti iš generatoriaus, jis pradeda dirbti susižadinimo režimu, t. y. pagal 3 ir 4 charakteristikas.



**2.11 pav.** Kintamosios (KSG) ir nuolatinės (NSG) srovės generatorių priklausomybė nuo sukimosi dažnio

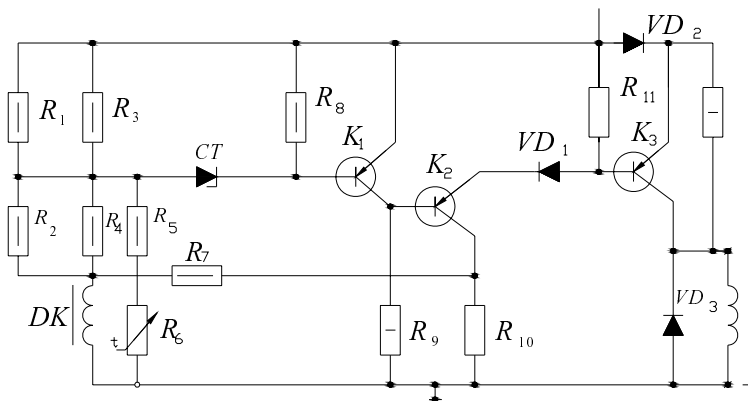
Jei palyginsime kintamosios ir nuolatinės srovės generatorių priklausomybę nuo sukimosi dažnio, tai pamatysime, kad dauguma kintamosios srovės generatoriaus parametrų yra geresni nei nuolatinės. Pavyzdžiui, lyginamoji galia yra kelis kartus mažesnė, ilgaamžiškumas didesnis, priežiūros išlaidos mažesnės. Taip yra dažniausiai dėl jų konstrukcijos ypatybių. Kintamosios srovės generatoriaus rotorius, palyginti su nuolatinės srovės generatorių inkaru, yra atsparesnis išcentrinėms jėgoms ir lengvesnis. Dėl to didžiausias jo sukimosi dažnis ir galia didesni. Kintamosios srovės generatorių šepečių mazgas yra paprastesnis, per juos teka stipresnės srovės, todėl jų ilgaamžiškumas didesnis (dėl konstrukcijos paprastumo), o priežiūros išlaidos mažesnės. Dėl to naujuose automobiliuose nuolatinės srovės generatoriai nenaudojami, nors kitose srityse tokio tipo elektros mašinų naudojimo mastas nesumažėjo.

### Darbo tikslas

Išstudijuoti generatoriaus ir įtampos regulatoriaus konstrukciją, susipažinti su generatoriaus sužadinimo charakteristika, išmokti tikrinti integralinį įtampos reguliatorių.

## Darbo planas

- 2.1. Generatoriaus ir įtampos reguliatoriaus principinės schemos ir konstrukcijos nagrinėjimas.
- 2.2. Generatoriaus sužadinimo charakteristikos sudarymas.
- 2.3. Reguliatoriaus tikrinimas.



2.12 pav. Įtampos reguliatoriaus PP-350 principinė elektrinė schema

## Nurodymai darbui atlikti

- Išstudijuoti rotoriaus konstrukciją, kokie statoriaus ypatumai. Išsiaiškinti, kaip išlyginama generatoriaus srovė ir sudaromas žadinimo magnetinis laukas.
- Sudarant žadinimo charakteristiką, generatorių tvirtiname stende KU-968.
- Įtampos reguliatoriaus veikimas yra 13–14 V, nustatyti tiksliau.
- Išstudijuoti įtampos reguliatoriaus veikimo principą.

## Darbo eiga

- Nagrinėjant generatoriaus konstrukciją, išstudijuoti, kokie statoriaus ir rotoriaus ypatumai, kuo kintamosios srovės generatorius

skiriasi nuo nuolatinės srovės generatoriaus. Išsiaiškinti, kaip išlyginama generatoriaus srovė, kaip sukuriamas žadinimo magnetinis laukas.

- Generatoriaus sužadavimo charakteristikai sudaryti jį tvirtiname stende. Gnybtą + sujungiame laidu su stendo gnybtu V, o gnybtą „ W“ – su akumulatoriaus gnybtu +12 V.

- Paketiniu jungikliu P paleidžiame stendo variklį. Darbo charakteristiką pradame nuo generatoriaus sukimosi dažnio ir įtampos priklausomybės, o vėliau dažnį didiname (matuojame jį stendo tachometru) apytikriai kas 200 aps./min. Užrašome voltmetro rodmenis. Bandymą baigiame, kai pasiekiamo apytiksliai 28 V. Duomenis surašome į lentelę, o charakteristiką braižome ataskaitoje. Charakteristikoje randame pradinį generatoriaus sukimosi dažnį  $n_0$  (kai generatoriaus įtampa 12,5 V) ir nustatome jo matavimo paklaidą.

- Iširti ir užregistruoti oscilografu generatoriaus charakteringų įtampų kintamojoje ir išlygintoje dalyse formas ir dydžius.



**2-ojo laboratorinio darbo  
Kintamosios srovės generatoriaus  
ataskaita**

**Darbo rezultatai**

1. Generatorius .....naudojamas akumuliatoriui.....  
įkrauti.  
Fazių skaičius: .....  
Diodų skaičius: .....  
Diodų montavimo vieta: .....  
Žadinimo apvijos vieta: .....  
Jėgos apvijos vieta: .....  
Dangčių medžiaga: .....  
Guolių tepimas: .....  
Įtampos reguliatoriaus tipas.....  
Pagrindiniai parametrai.....  
Puslaidininkių tipas (kai yra diskrečiųjų elementų):.....  
Diodų tipas: .....  
Rezistorių tipas: .....  
Termorezistoriaus tipas:.....  
Reguliatoriaus darbo aplinkos temperatūra (ją riboja puslaidininkiai):  
.....  
I. Sukimosi dažnis pastovus,  $n = \dots\dots\dots$  aps./min.:

**1 lentelė**

Žadinimo srovė ( $I, A$ )	Generatoriaus išėjimo įtampa ( $U$ )

- II. Sukimosi dažnis pastovus,  $n = \dots\dots\dots$  aps./min.:

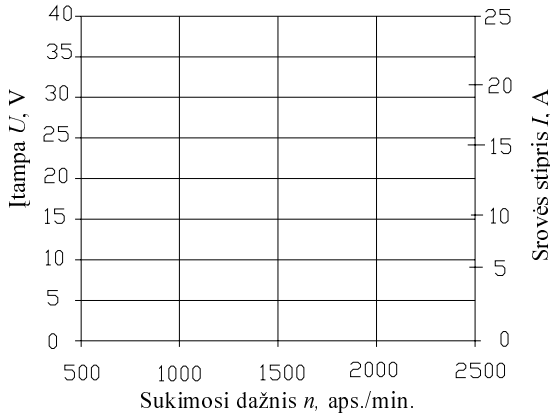
**2 lentelė**

Žadinimo srovė ( $I, A$ )	Generatoriaus išėjimo įtampa ( $U$ )

Generatoriaus darbo charakteristikos esant išjungtam įtampos reguliatoriui (pvz., kai yra sugadintas galios puslaidininkis):

**3 lentelė**

$n$ , aps./min.	$U$ , V	$I$ , A



- $U$  ir  $n$  priklausomybė (sugedus įtampos reguliatoriui)
- .....  $U$  ir  $n$  priklausomybė (be įtampos reguliatoriaus)
- · — · — · —  $I$  ir  $n$  priklausomybė (sugedus įtampos reguliatoriui)
- - - - - Generatoriaus darbo charakteristika su sugedusiu įtampos reguliatoriumi ( $I$  nuo  $n$ )
- ○ — Generatoriaus darbo charakteristika su sugedusiu įtampos reguliatoriumi ( $U$  nuo  $n$ )
- □ — □ — Generatoriaus sužadinimo charakteristika be įtampos reguliatoriaus ( $U$  nuo  $n$ )

**2.13 pav.** Generatoriaus charakteristikos be įtampos reguliatoriaus

## 2. Veikiančio generatoriaus bandymai

Generatoriaus darbo charakteristikos su įtampos reguliatoriumi

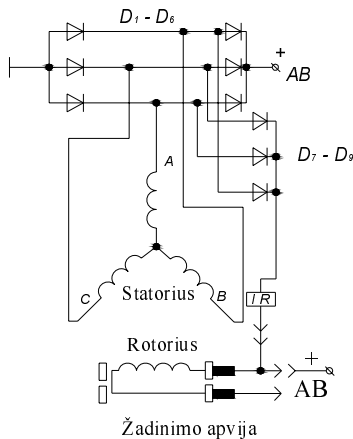
4 lentelė

$n$ , aps./min.	$U$ , V	$I$ , A

III. Sukimosi dažnis kintamas, esant pastoviajai žadinimo srovei  
 $I_{\text{žad}} = 2 \text{ A} = \text{const.}$

5 lentelė

Sukimosi dažnis (aps./min.)	Generatoriaus išėjimo įtampa ( $U$ )

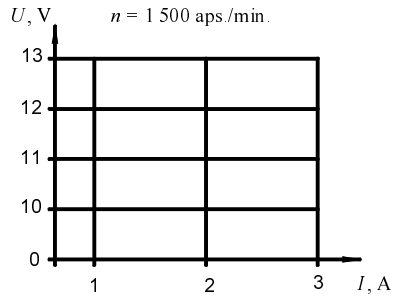
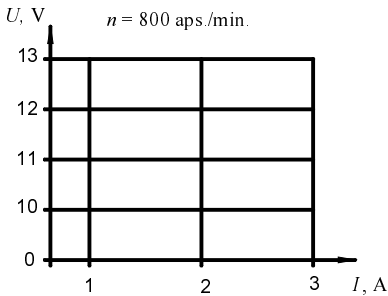
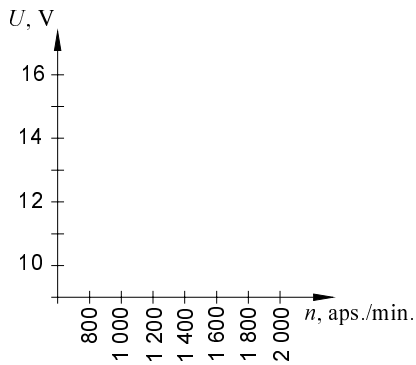


2.14 pav. Generatoriaus elektrinė schema:

$D_1 - D_6$  – lyginimo diodai

$D_7 - D_9$  – papildomi diodai generatoriui sužadinti

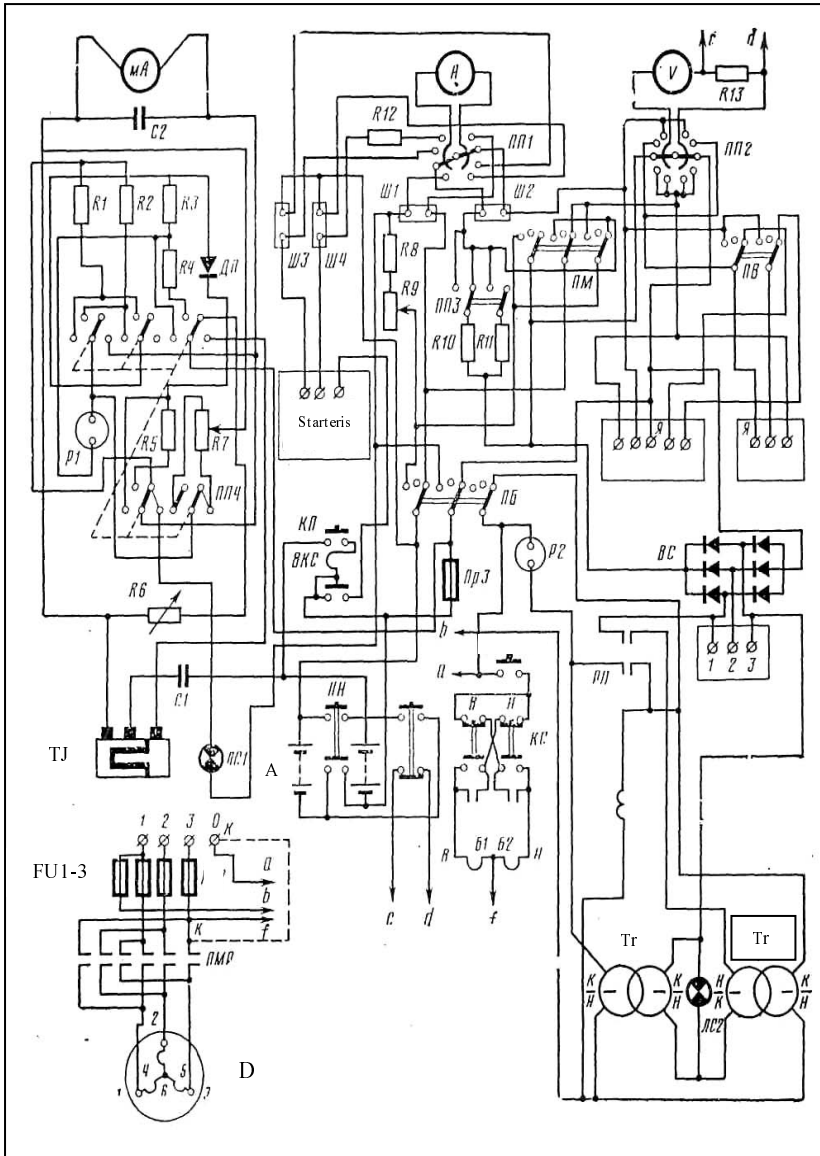
IR – integralinis įtampos reguliatorius



Oscilografu užregistruoti įtampos formos ir juos pavaizduoti grafiškai

Laboratoriniam darbui atlikti naudojami šie prietaisai:

- universalus testeris MY64;
- ampermetras;
- voltmetras;
- oscilografas.



2.15 pav. Elektrinė stendo Nr. 532 schema

A – ampermetras (200–0–200 A); V – voltmetras (0–15 V); MA – mikroampermetras (150 mka); DP – puslaidininkinis diodas; D – elektros variklis; Tr – transformatorius (220/12 V); Tr – transformatorius (380/12 V); PMR – reversinis magnetinis paleidiklis; A – akumuliatorių baterijos (2 vnt.); VS – puslaidininkių lygintuvas; PV, PB, PPZ, PM – paketiniai jungikliai; PN – įtampos jungiklis; PP1 ir PP2 – ampermetro ir voltmetro jungikliai; PP4 – jungiklis; KP – starterio paleidimo mygtukas; KS – mygtukai; VKS – starterio jungiklis; S1 ir S2 – kondensatoriai; R1, R2, R3, R4 ir R5 – rezistoriai; R6 ir R7 – rezistoriai su kintama varža; R8, R10 ir R11 – apkrovos rezistoriai; R9 – apkrovos reostatas; R12 – ampermetro rezistorius; R13 – voltmetro rezistorius; Š1, Š2, Š3, Š4 – ampermetro šuntai; PR1, PR2, Pr3 – saugikliai; R1 ir R2 – kištukiniai lizdai; LS1 ir LS2 – signalinės lempučių; TJ – tachometro jutiklis.

*Antrojo laboratorinio darbo išvados:*

### 3-iasis laboratorinis darbas

#### *Vidaus degimo variklio (VDV) paleidimo sistemos tyrimas*

#### **Santrumpos ir reikšmės**

STR starteris, AS – apsaugos sistema, TR – traukos relė, EV – elektros variklis, SV – svirčių sistema, PM – postūmio mova, VM – vienkryptė mova, PR – planetinis reduktorius, VDV – vidaus degimo variklis, PJ – paleidimo jungiklis, BR – blokavimo relė, SJ – vidaus degimo variklio sukimosi dažnio jutiklis, CT – cilindrinė tiesiakrumplė perdava, SVP – sraigto ir veržlės perdava;

$m_I, m_U, m_M$  – srovės, įtampos ir momento masteliai;

$m_M, m_P$  – galios ir sukimosi dažnio masteliai;

$J_{tj}, u_{tj}, m_{tj}$  – trumpojo jungimo srovės, įtampos ir momento dydžiai.

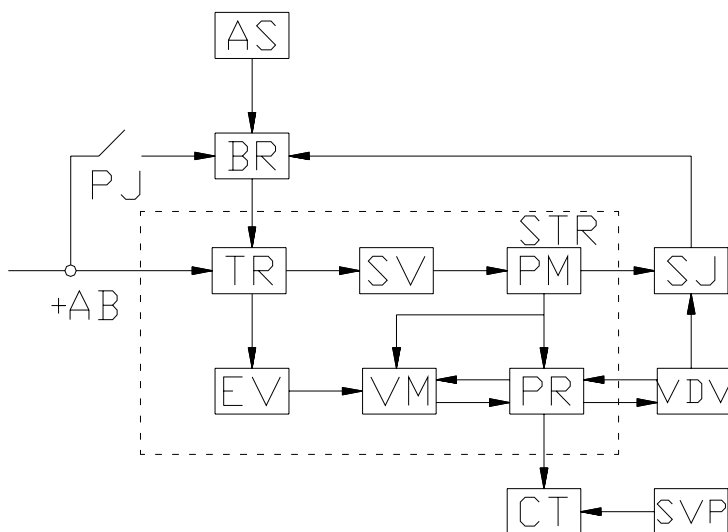
#### **Funkcinė paleidimo sistemos schema**

Variklis pradės veikti, jei jo veleną suksime dažniu, kuriam esant vidaus degimo variklio sukimo momentas bus didesnis už nuostolių momentą. Kaip matome iš 3.1 pav. pateiktos paleidimo sistemos schemos, jos pagrindinis įrenginys – starteris privalo turėti elektrinį variklį, šio variklio paleidimo įrangą, paleidimo ir vidaus degimo variklių velenų sujungimo bei atjungimo, taip pat sukimosi dažnių sinchronizavimo mechanizmus. Be to, šiuolaikinės apsaugos sistemose įrengiama starterio blokavimo grandis, kad jis neįsijungtų, kai saugoma ir norima paleisti VDV. O jei jis jau veikia – kad nebūtų įjungtas starteris.

Starteris turi pastoviosios srovės variklį EV. Iš visų pastoviosios srovės variklių rūšių didžiausią paleidimo momentą turi nuosekliojo ir mišriojo žadinimo varikliai.

Į variklio paleidimo įrangą įeina pagrindinio jungiklio kontaktai PJ, blokavimo relė BR su apsaugos sistema bei sukimosi jutikliu ir starteriu STR. Traukos relė turi stipriosios srovės kontaktus ir be jokių tarpinių grandžių starterio variklį paleidimo metu, sujungia su akumuliatorių baterija. Blokavimo relė atlieka dvi funkcijas: palengvina (sumažina srovę) pagrindinio jungiklio PJ kontaktų darbą ir, jei

reikia, blokuoja starterio paleidimą. Šią komandą gauna iš vidaus degimo variklio veleno sukimosi dažnio jutiklio SJ arba iš apsaugos sistemos AS. VDV ir starterio velenų sujungimo ir atjungimo mechanizmas turi tris pagrindines grandis: svirtis ir spyruokles SV, sujungimo mechanizmo postūmio movą PM ir vienkryptę movą VM su sraigto ir veržlės perdava (SVP). Ji sukimo momentą perduoda tik viena kryptimi (iš elektros variklio į vidaus degimo variklį). Planetinis ir cilindrinis reduktorai suderina starterio ir vidaus degimo variklio velenų sukimosi momentus.



3.1 pav. Paleidimo sistemos funkcinė schema

### Sistemos veikimas

Kai sujungiami pagrindinio variklio paleidimo PJ kontaktai, blokavimo relė BR prijungiama prie maitinimo šaltinio teigiamojo gnybto AB. Jei vidaus degimo variklio alkūninis velenas nesisuka, jutiklis SJ nesiunčia draudimo impulsų. Tuomet blokavimo relė BR leidžia tekėti srovei iš maitinimo šaltinio AB kartu su apsaugos



sistemos pritariamuoju valdymo signalu į traukos relę TR. Ji suveikia įtraukdama inkarą, per svirtis ir spyruokles SV perstumia movas PM, VM išilgine veleno kryptimi sujungia planetinio reduktoriaus krump-liaračius ir vediklio veleną per CT perdavą su VDV smagračio krump-liaračiu, o paskui – savo kontaktus. Į variklį EV iš akumuliatorių baterijos pradeda tekėti srovė. Starterio variklis EV suka vidaus degimo variklio alkūninį veleną. VDV paleidžiamas. Jo veleno sukimosi jutiklis SJ siunčia impulsus į blokavimo relę BR, kuri nutraukia akumuliatorių baterijos srovės tekėjimo į traukos relę TR grandinę. Ji atjungia starterio elektros variklį nuo akumuliatoriaus baterijos. Visos paleidimo sistemos grandys grįžta į pirminę būseną.

Paleidus vidaus degimo variklį, jo sukimosi dažnis padidėja apie 10 kartų, todėl keičiasi sukimo momento perdavimo kryptis – iš vidaus degimo variklio į starterio pusę. Jei starteris dar būtų neatjungtas, vidaus degimo variklis pradėtų jį sukuti per dideliu dažniu. Sugestų starterio inkaras, todėl nedelsiant turi būti atjungtas nuo vidaus degimo variklio smagračio. Tai padaro vienkryptę mova VM, kartu su sraigto ir veržlės perdava.

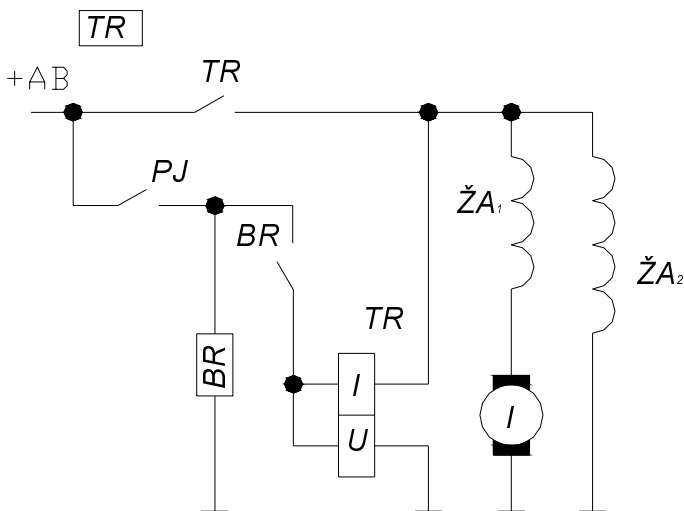
Kai įsitikinama, kad vidaus degimo variklis paleistas, atjungiami pagrindinio jungiklio paleidimo kontaktai PJ.

Tuo atveju, kai nėra blokavimo grandies, starterio variklis sukasi ir paleidimo sistemos grandys būna paleidimo būsenos tol, kol vairuotojas neatjungia pagrindinio jungiklio kontaktus PJ.

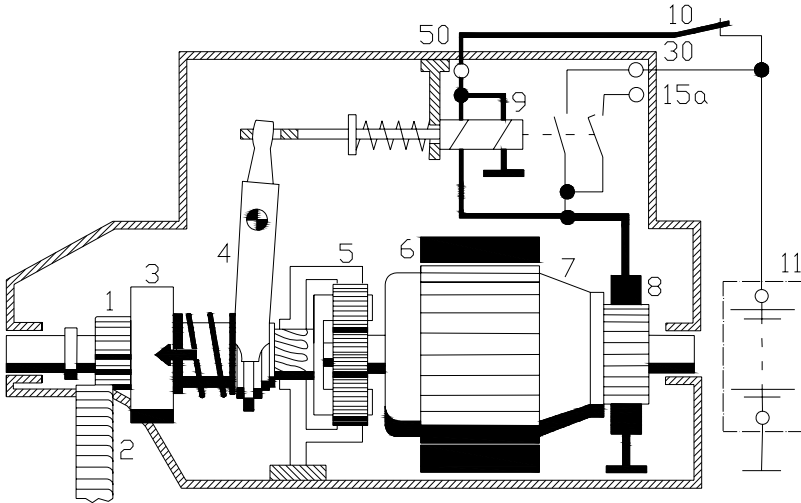
### **Paleidimo sistemos principinė elektrinė schema ir konstrukcija**

Paleidimo sistemos principinė elektrinė ir starterio konstrukcijos schemas pateiktos 3.2 ir 3.3 pav. Principinėje schemoje matome mišraus žadinimo variklį bei traukos relę, sudarytą iš dviejų apvijų: lygiagrečiosios  $U$  ir nuosekliosios  $I$ . Konstrukcijos schemoje pavaizduoti pagrindiniai starterio mazgai. Jo korpusas  $I$  gaminamas iš minkšto elektrotechninio plieno juostos sulenkiant ir suvirinant. Prie korpuso tvirtinami žadinimo poliai 3. Jie pagaminti taip pat iš elektrotechninio plieno. Ant žadinimo poliaus uždėta žadinimo apvija. Starteriai dažniausiai turi keturis žadinimo polius. Jei yra dvi žadinimo apvijos, tada nuoseklioji, kaip pagrindinė, būna ant dviejų arba trijų polių. Lygiagrečioji – ant likusiųjų. Nuoseklioji apvija turi mažai vijų. Laido skerspjūvis yra didelis, nes jomis teka pagrindinė

starterio srovė. Lygiagrečiosios apvijos laidas mažo skerspjūvio, o vijų skaičius didelis. Ji jungiama prie starterio variklio šaltinio gnybtų. Elektros variklio inkaras labai panašus į nuolatinės srovės generatoriaus inkarą. Jį sudaro štampuotų elektrotechninio plieno plokštelių paketas 4. Plokštelių paviršius, oksiduojant metalą, padengtas plonu izoliacijos sluoksniu. Paketo grioveliuose yra inkaro apvijos 5. Jos daromos iš stačiakampio skerspjūvio laido. Viename griovelyje būna dvi vijos. Jų galai jungiami prie kolektoriaus plokštelių 6, kurios viena nuo kitos izoliuotos. Per šepečius ir plokšteles į inkaro apvijas teka srovė. Jie tvirtinami prie sujungtų su mase 7 ir nuo jos izoliuotų laikiklių. Prie starterio korpuso tvirtinama traukos relė 10. Ji ypatin- ga tuo, kad turi didelės eigos įtraukiamąjį inkarą. Kad relė suveiktų, jos šerdyje turi būti sukurtas stiprus magnetinis laukas. Dėl to apvija dažniausiai turi dvi dalis – lygiagrečiąją  $U$  ir nuosekliają  $I$ . Ši būna prijungta nuosekliai starterio variklio inkaro apvijai.



3.2 pav. Paleidimo sistemos starterio su elektromagnetiniu žadinimu supaprastinta elektrine schema



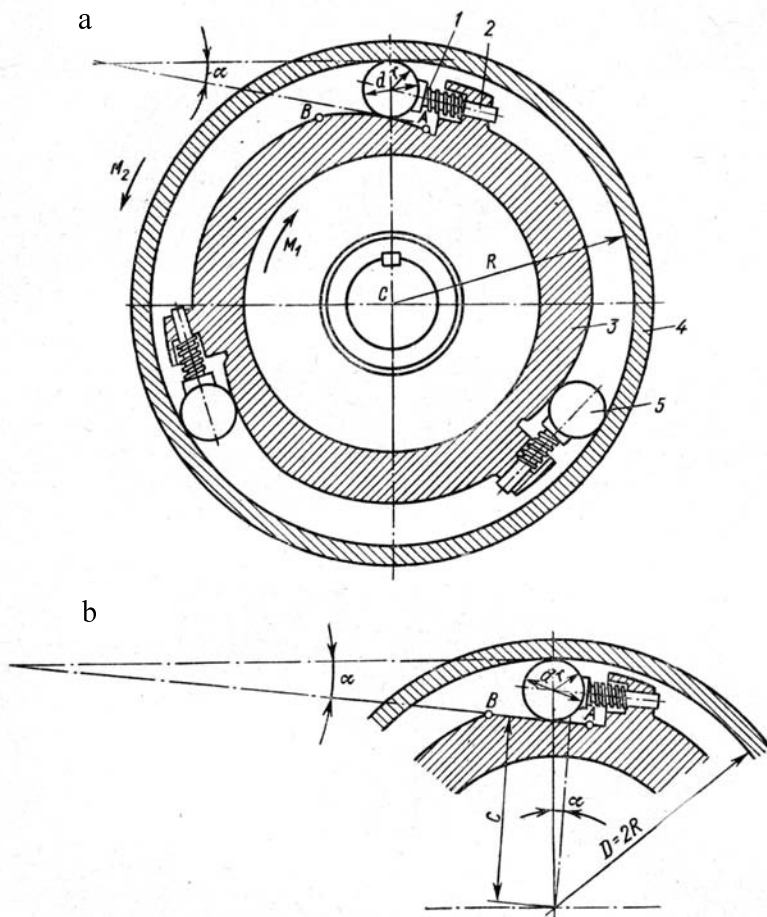
**3.3 pav.** VDV paleidimo starterio su nuolatinais žadinimo magnetais ir planetine perdava schema:

1 – cilindrinis varantysis krumpliaratis; 2 – VDV smagračio krumpliūotas vainikas; 3 – vienkryptė mova; 4 – pastūmos svirtis; 5 – planetinė perdava; 6 – nuolatiniai žadinimo magnetai; 7 – inkaras; 8 – kolektorius su šepečiais; 9 – traukos relė; 10 – paleidimo jungiklis; 11 – akumuliatorių baterija

Kol relės kontaktai nesujungti, srovė iš akumuliatorių baterijos teka per abi apvijas. Kai kontaktai sujungiami, nuosekioji apvija šuntuojama ir ji nenaudoja energijos, kuri tuo metu labai reikalinga sukti vidaus degimo varikliui. Traukos relę išlaikyti įjungtą pakanka ir vienos apvijos. Traukos relės inkaras per trauklę, svirtį 4 ir postūmio mechanizmą bei vienkryptės eigos movą 3 su reduktoriaus mažuoju krumpliaraičiu 1 sujungia starterio ir vidaus degimo variklio velenus. Mazgai 1, 3, 4 slankioja velenu. Dalis jų slankioja veleno išdrožomis, kurios gali būti tiesios arba sraigto formos. Starterio sujungimo su vidaus degimo varikliu mechanizmas uždengtas priekiniu starterio dangčiu. Jis būna lietas iš ketaus arba aliuminio lydinio. Kai kurie starteriai šio dangčio neturi. Jei starteris ilgas, pertvarkoje įrengiamas trečias veleno slydimo guolis. Jei starteris neturi priekinio dangčio, tai slydimo guolis įrengiamas sankabos korpuse.

Labai svarbus starterio mazgas yra vienkryptė mova. Ji apsaugo starterio inkarą nuo sugadinimo, kai paleistas vidaus degimo variklis pradeda jį sukuti.

Libiausiai paplitusios vienkryptės movos su ritinėliais. Rečiau naudojamos movos su cilindru ir terkšle. Movos su ritinėliais turi varančiąją išorinę 1 ir varomąją vidinę 3 puses. Tarp jų yra ritinėliai 5 (3.4 pav.).

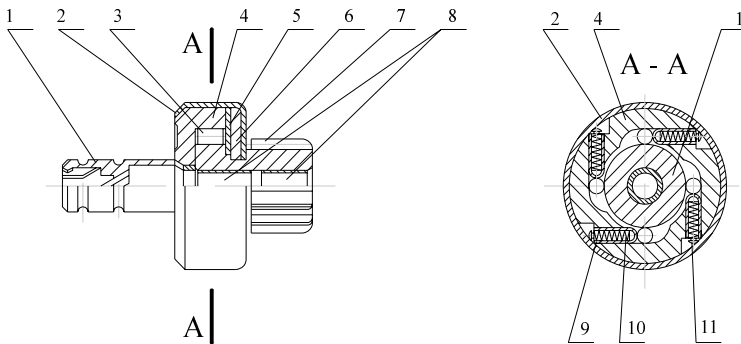


**3.4 pav.** Vienkryptės movos su ritinėliais schema:

1 – spyruoklė; 2 – slankiklis; 3 ir 4 – išorinė ir vidinė pusės; 5 – ritinėlis

Erdvė, kurioje yra ritinėliai, siaurėja (paviršius yra Archimedo spiralės forma), todėl sukant varančiąją pusę, ritinėlis išispraudžia tarp abiejų pusių paviršių. Abi movos pusės sukimba ir sukimo momentas perduodamas iš išorinės movos pusės į vidinę. Per ją – į starterio krumpliaratį ir vidaus degimo variklio smagratį. Kai vidaus degimo variklis paleidžiamas, buvusi varomoji movos pusė tampa varančiąja, tačiau neilgam. Ji pradeda sukintis greičiau negu išorinė ir išstumia ritinėlių į platesnę išpjovos, kurioje jis yra, dalį. Abiejų movos pusių, taip pat vidaus degimo variklio ir starterio velenų sukibtis išyra. Jie pradeda sukintis nepriklausomai vienas nuo kito.

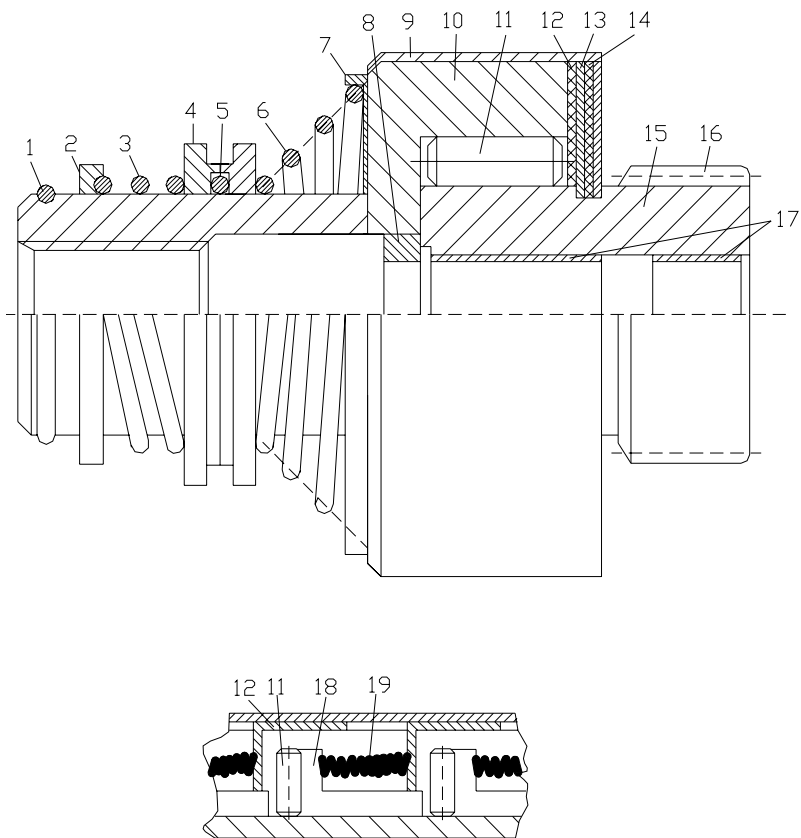
Kad movos pusių sukibtis būtų patikimesnė, ritinėliai prispaudžiami. Pagal prispaudimo įtaisų konstrukciją movos skirstomos į plunžerines (5 pav.) ir neplunžerines (6 pav.). Plunžerinėse movose kiekvieną ritinėlių prispaudžia atskiras plunžeris.



**3.5 pav.** Plunžerinės movos konstrukcija:

- 1 – įvorė; 2 – kevalas; 3 – ritinėliai; 4 – išorinė pusmovė;
- 5 ir 6 – skridinėliai; 7 – krumpliaratis; 8 – bronzinės įvorės;
- 9 – plunžeris; 10 – spyruoklė; 11 – atramėlė

Šio tipo movos veikia blogai, kai vidaus degimo variklio paleidimas nestabilus (su smūgiais). Be to, plunžerinės movos išorinė pusė dažnai trūksta, nes plunžerių kiaurymių patikimumas yra mažesnis. Jos gali turėti atskirus kiekvieno ritinėlio prispaudiklius arba jų grupinę ritinėlių prispaudimo apkabą. Ji patikimai fiksuoja ritinėlius lygiagrečiai su movos ašimi ir vienodžiau juos prispaudžia. Dėl to sumažėja ritinėlių praslydimo galimybė.



**3.6 pav. Beplunžerīnēs movos konstrukcija :**

- 1 ir 5 – fiksavimo žiedai; 2 ir 7 – atbrailos; 3 ir 6 – spyruoklės; 4 – įvorė;  
 8 – fiksavimo žiedas; 9 – apkaba; 10 – varančioji movos pusė; 11 – ritinėlis;  
 12 – plokštelės; 13 ir 14 – metalo ir žiedai; 15 – varomoji movos pusė;  
 16 – krumpliaratis; 17 – įvorės; 18 – prispaudiklis; 19 – spyruoklė

## **Darbo tikslas**

Susipažinti su automobilio starterio konstrukcija ir sujungimo schema, išmokyti nustatyti starterio būseną iš tuščiosios veikos ir trumpojo jungimo bandymų, susipažinti su starterio charakteristikomis ir blokavimo relės veikimo principu.

## **Darbo planas**

- Konstrukcinė ir elektrinė schema.
- Uždegimo sistemų parametrų sudarymas ir charakteristikų braižymas.

## **Darbo vietos įranga**

- Stendas 523–M;
- Starteris.

## **Nurodymai darbui atlikti**

- Išnagrinėti sankibos mechanizmą, apsauginės movos paskirtį ir veikimą, konstrukcijos medžiagas.
- Tuščiosios veikos ir trumpojo jungimo tyrimui atlikti starterį reikia tvirtinti stendo spaustuvoose.
- Trumpojo jungimo tyrimui atlikti starterį paliekame prijungtą, o perjungiamo ampermetro skalė į 2 000 A.
- Naudojant stendą, charakteristikų sudaryti negalima, jas reikia skaičiuoti iš tipinių, išreikštų santykiniais dydžiais (lentelė pateikiama darbo vietoje).

## **Darbo eiga**

- Tvirtiname starterį stendo spaustuvoose, o stendo gnybtus „–ST“ ir „+ST“ sujungiame su starterio korpusu ir + įvadu. Starterio veleno sukimosi greičiui matuoti paruošiame mobilųjį tachometrą. Mygtuku ST paleidžiame starterį ir leidžiame jam įsisukti. Tachometru matuojame sukimosi dažnį. Užrašome akumuliatoriaus įtampą ir srovę.

- Sukimosi momentui matuoti paruošiamas mobilusis dinamometras. Jo varžtus reikia įstatyti į tam tikras kiaurymes starterio korpuse. Po 3 sekundžių stendo ampermetru ir voltmetru išmatuojame akumuliatoriaus srovę ir įtampą. Dinamometru nustatome sukimo momentą.

- Sudarome charakteristikas. Masteliai skaičiuojami iš trumpojo jungimo bandymo rezultatų.

Tarkime, kad turime trumpojo jungimo bandymo srovę  $I_{t.j.}$ , momentą  $T_{t.j.}$ , ir įtampą  $U_{t.j.}$ . Jų masteliai:

$$m_I = \frac{I_{t.j.}}{j_{t.j.}}; \quad m_U = \frac{U_{t.j.}}{u_{t.j.}}; \quad m_T = \frac{T_{t.j.}}{m_{t.j.}}$$

Galios ir sukimosi greičio masteliai :

$$m_p = m_U \cdot m_I; \quad m_n = \frac{m_p}{9,81m_T}$$

Mastelį reikia padauginti iš gautų rezultatų.

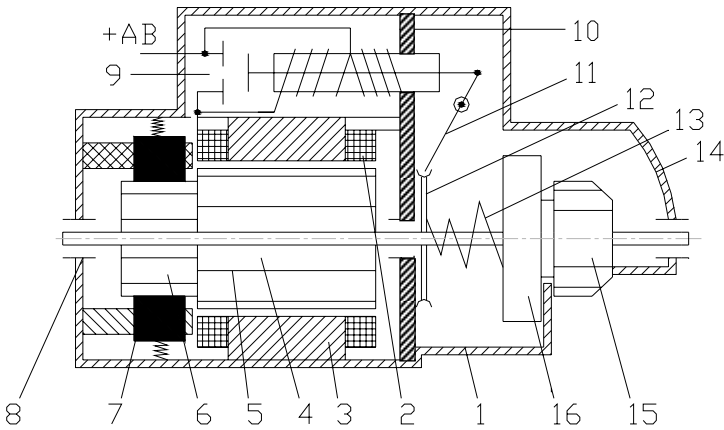
Oscilografu užregistruojame starterio maitinimo įtampos šuolius ir pereinamuosius procesus.



**3-iojo laboratorinio darbo *VDV paleidimo sistema*  
ataskaita**

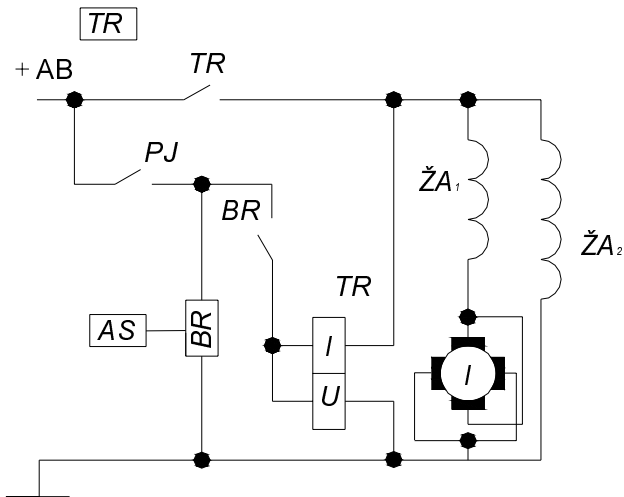
**Darbo rezultatai**

**1. Konstrukcija.** Tirti pasirinktame paprastesnį (be planetinės perdavos) starterį su elektromagnetiniu žadinimu.



**3.7 pav.** Starterio konstrukcinė schema:

1 – korpusas; 2 ir 3 – žadinimo apvija ir poliai; 4 ir 5 – inkaro plieno šerdis ir apvija; 6 – kolektoriaus plokštelės; 7 – šepečiai; 8 – galinis dangtis su slydimo guoliu; 9 – traukos relės kontaktai; 10 – traukos relė; 11 – svirtis; 12 ir 13 – postūmio mechanizmo diskas ir spyruoklė; 14 – priekinis starterio dangtis; 15 – slankiojamasis sukabinimo krumpliaratis; 16 – velenas



3.8 pav. Paleidimo sistemos principinė elektrinė schema

## 2. Starterio tikrinimas

### 2.1. Starterio bandymas vienkrypte eiga

1 lentelė

Įtampa, V	Srovė, A

### 2.2. Starterio trumpasis jungimas arba stabdymas

2 lentelė

Įtampa, V	Srovė, A	Sukimo momentas, N·m

### 2.3. Mastelių skaičiavimas

Srovės mastelis:

$$m_1 = I_{ij} / j_{ij};$$

Įtampos mastelis:

$$m_U = U_{ij} / u_{ij};$$

Sukimo momento mastelis:

$$m_N = T / m;$$

Galios mastelis:

$$m_p = m_T \cdot m_U;$$

Sukimosi dažnio mastelis :

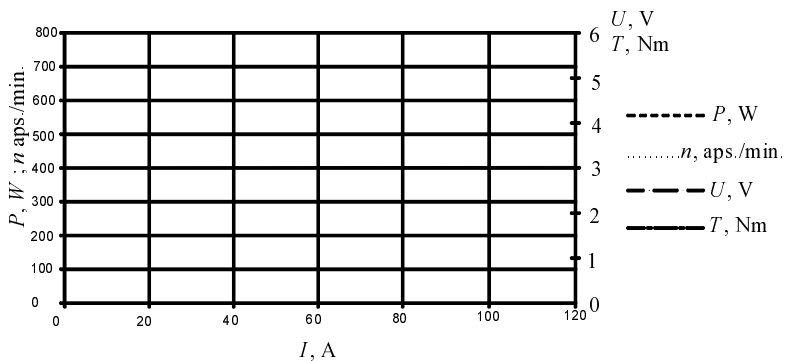
$$m_n = m_p / m_N.$$

#### 2.4. Starterio paleidimo parametrai

**3 lentelė**

	0	1	2	3	4	5	6	7
Srovė, A								
Įtampa, V								
Galios, W Sukimo momentas, N·m								
Sukimosi dažnis, aps./min.								

Nubraižomas grafikai:  $P = f(I, U, T, n)$ .



*Laboratorinio darbo išvados ir oscilograma:*

## 4-asis laboratorinis darbas

### *Kontaktinė tranzistorinė ir baterinės uždegimo sistemų tyrimas*

#### Santrumpos ir reikšmės

- UR – uždegimo ritė;  
 $k$  – įtampos daliklio konstanta;  
 $U_v$  – įtampa, V, kV;  
 $n$  – pertraukiklio veleno sukimosi greitis, aps./min.;  
 $z$  – pertraukiklio kamštelio briaunų skaičius, vnt.;  
 $Q_0$  – oro kiekis, m<sup>3</sup>/h;  
 $q$  – manometro vamzdelio skerspjūvio plotas, mm<sup>2</sup>;  
 $h$  – manometro rodmenys, bar., Pa;  
 $t$  – tyrimo trukmė, s.

Suslėgtasis degusis mišinys variklio cilindre užsidega nuo elektros iškvosos – kibirkšties, susidarančios tarp žvakės ir elektrodų.

Kad įvyktų elektrinė iškvosa tokiomis sąlygomis kaip suslėgtasis kuro mišinys, įtampa turi būti ne mažesnė kaip 12–16 kV.

Uždegimo sistemos yra labai įvairios. Seniausia ir paprasčiausia yra **kontaktinė** uždegimo sistema.

**Kontaktinėje tranzistorinėje** uždegimo sistemoje yra tranzistorinis komutatorius, kuris valdo žemosios įtampos srovę.

**Nekontaktinėje tranzistorinėje** uždegimo sistemoje vietoje kontaktų yra impulsų jutikliai: optoelektrinis, indukcinis ir Holo.

**Statinėje elektroninėje** uždegimo sistemoje (VSZ) yra mikroprocesorinis kontroleris, kuriuo valdoma maitinimo ir uždegimo sistema.

Baterinę uždegimo sistemą sudaro maitinimo šaltinis (akumuliatorius), uždegimo ritė arba transformatorius, kontaktinis skirstytuvas, kondensatorius, uždegimo žvakės, paleidimo spynelės ir aukštosios įtampos laidai su įmontuotais rezistoriais trukdžiams slopinti. Uždegimo sistema yra suskirstyta į dvi grandines.

Žemosios įtampos grandinei srovę tiekia akumuliatorius arba generatorius. Be šių elementų, grandinę sudaro paleidimo jungiklis, pirminė UR apvija su papildomu rezistoriumi bei pertraukiklis.

Aukštosios įtampos grandinę sudaro antrinė ritės apvija, skirstytuvai, aukštosios įtampos laidai su rezistoriais ir kibirkštinės uždegimo žvakės.

Aukštosios įtampos srovė gaunama, kai paleidimo spynelės raktas pasukamas į užvedimo padėtį, tada starteris pradeda sukuti VDV alkūninį veleną. Kai pertraukiklio kontaktai sujungti, srovė teka per pirminę ritės apvija, taip sukauptama energiją ir sudarydama elektromagnetinį lauką. Atsijungiant pertraukiklio kontaktams, srovė pirminėje ritėje ir magnetinis laukas nyksta. Silpnėjantis magnetinis laukas veria pirminę ir antrinę apvijas ir dėl saviindukcijos bei didelio uždegimo ritės transformacijos koeficiento susidaro didelė elektrovara. Antrinėje apvijoje indukuojama 20–25 kV įtampa.

Nuo ritės per aukštosios įtampos laidus į skirstytuvą įtampa patenka į uždegimo žvakės, kuriose kibirkštis pavidalu vyksta elektrinė iškrova, uždeganti degujį mišinį.

Nutraukiant srovę pirminėje ritės apvijoje ir esant didelei saviindukcijos įtampai tarp pertraukiklio kontaktų įtampa pasiekia 200–400 V, dėl kurių pertraukiklio kontaktai ima kibirkščiuoti. Lygiagrečiai prijungtas kondensatorius pašalina kibirkščiavimą ir radijo trukdžius bei padidina antrinę įtampą.

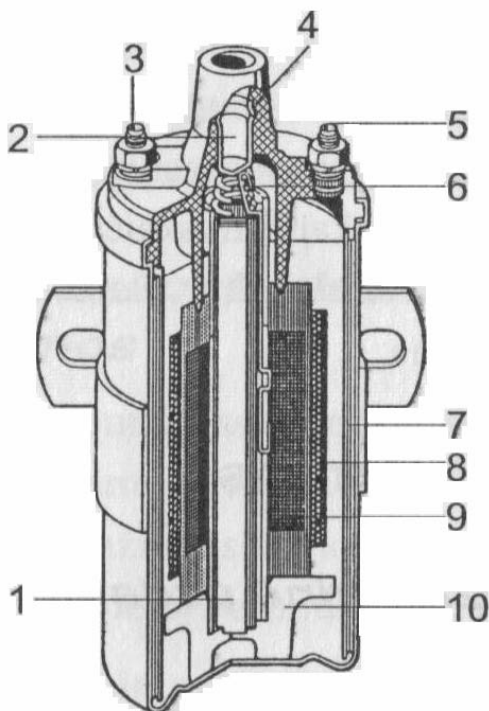
### **Uždegimo ritė**

Uždegimo ritė pertraukikliu žemosios įtampos srovę verčia aukštosios įtampos impulsais iki 20–24 kV. Ją sudaro: šerdis, pirminė apvija, turinti 250–400 vijų ir pagaminta iš storo izoliuoto varinio laido, kurio skersmuo 0,8 mm, kartoninio vamzdelio, antrinės apvijos iš 19–25 tūkst. vijų, pagamintų iš plono laido, kurio skersmuo 0,1 mm, metalinio korpuso su magnetolaidžiu, bakelitinio dangtelio, gnybtų ir papildomo rezistoriaus. Antrinė apvija yra po pirmine ir atskirta izoliuojančiosios medžiagos sluoksniu, impregnuota su transformatorine alyva. Pirminės apvijos galai yra išvesti į plastikinį dangtelį ir sujungti su čia esančiais gnybtais per įmontuotus rezistorius. Vienas antrinės apvijos galas yra sujungtas su pirmine apvija, o kitas yra prijungtas prie centrinio gnybto dangtelyje per šerdį 1.

Šerdis gaminama iš izoliuotų transformatorinio plieno plokštelių, siekiant išvengti sūkurinių magnetinių srovių atsiradimo.

Apatinis šerdies galas yra įmontuotas į keraminį izoliatorių. Uždegimo ritė yra pripildyta transformatorinės alyvos.

Papildomas rezistorius pagamintas iš spirale susukto laido, keraminių lizdų ir 2 plokštelių. Jo varža yra nuo 0,7–20  $\Omega$ . Vienas rezistoriaus galas yra sujungtas su ritės gnybtu, o kitas su baterija.



**4.1 pav.** Uždegimo ritės schema:

- 1 – šerdis; 2 – aukštos įtampos gnybtas; 3, 5 – gnybtai; 4 – dangtelis;
- 6 – spyruoklinis kontaktas; 7 – korpusas; 8 – pirminė apviją;
- 9 – antrinė apviją; 10 – izoliatorius

Esant mažam variklio sukimosi dažniui, skirstytuvo velenas sukasi lėtai, todėl kontaktai yra ilgą laiką sujungti. Tada srovė

pirminės apvijos grandinėje padidėja, rezistorius išsyla, padidėja varža, įtampa sumažėja, taip ritė apsaugoma nuo sugadinimo.

Kai sukimosi dažnis padidėja, sumažėja sujungtų kontaktų būvio trukmė, srovės stipris grandinėje sumažėja, rezistorius atšąla, varža sumažėja ir antrinėje apvijoje sumažėja įtampa.

Paleidimo metu rezistorius yra automatiškai sujungiamas trumpai ir tuo palengvinamas VDV paleidimas.

Elektros iškrovos (kibirkšties) paskirstymas turi tiksliai atitikti degaus mišinio įpurškimą į degimo kamerą eiliškumą.

Kad būtų gauta ir paskirstyta aukštosios įtampos srovė uždegimo ritėje, reikia periodiškai atjungti–sujungti pertraukiklio kontaktus. Griežtą kibirkšties paskirstymą valdo skirstytuvai. Šie abu įtaisai yra sujungti į vieną ir vadinami skirstytuvu.

## Pertraukiklis

Pertraukiklis yra įmontuotas variklyje, jo veikimas priklauso nuo variklio paskirstymo velenėlio darbo. Pagrindinės dalys yra pertraukiklio korpusas ir sukimo velenas. Paslankus diskas (ant kurio sumontuota izoliuota traukė su kontaktu ir nejudantis stovėlis su kontaktu), nejudantis diskas, išcentrinis ir vakuuminis uždegimo kampo paankstinimo reguliatorius, ašis su iškilimais (atsižvelgiant į cilindruskaičių), kumštelis. Kumštelis per išcentrinį reguliatorių sujungtas su sukimo veleno. Kontakto galų paviršiai yra padengti volframu. Pertraukiklio traukė lankstine jungtimi tvirtinama prie disko ir savo kontaktu prispaudžiama prie nejudančio kontakto spyruokle. Sukantis velenui paslankus kontaktas (traukė) kumšteliu yra stumdomas, ir atjungiami kontaktai. Spyruoklė vėl sujungia kontaktus tiek kartų, kiek kumštelyje yra iškilimų.

Atjungus kontaktą, žemosios įtampos grandinėje išnyksta magnetinis laukas, kertantis ne tik antrinę apviją, bet ir pirminę, sukeldamas saviindukcijos elektrovarą 200–300 V ir srovę pirminėje apvijoje. Ši įtampa lėtina magnetinio lauko silpimą, mažina elektrovarą antrinėje apvijoje. Saviindukcijos srovė sukelia kibirkščiavimus tarp pertraukiklio kontaktų, taip juos sugadinama (nudegindama). Šie padariniai mažinami prijungiant kondensatorių ir padidinant antrinę įtampą.



## Kondensatorius

Kondensatorius grandinėje įjungtas lygiagrečiai su pertraukiklio kontaktais, ir saviindukcijos elektrovaros atsiradimo momentu yra įkraunamas, neleidžiant kontaktams kibirkščiuoti. Be to, įkrautas kondensatorius išsikrauna priešinga kryptimi, taip priversdamas greitai išnykti srovę pertraukiamoje grandinėje ir magnetinį lauką, dėl kurio padidėja įtampa antrinėje apvijoje. Kondensatorių sudaro lakuotas popierius, padengtas plonu cinko sluoksniu ir alavo lydiniu. Šis popierius gaubia kondensatorių ir susukta į ritinį. Prie rulono centro prilituojamas laidas. Ritinys yra apvyniotas korėtu popieriumi ir impregnuotas alyva. Kondensatorius tvirtinamas korpuso išorėje arba viduje ant pertraukiklio disko.

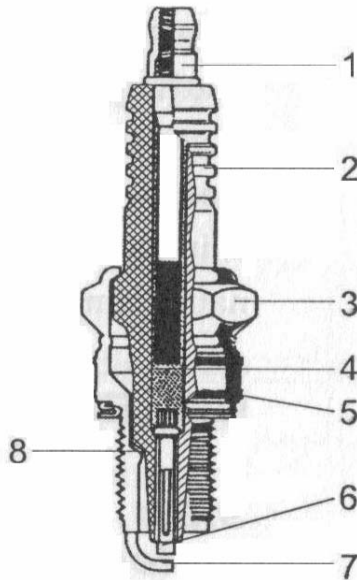
Kondensatoriaus talpa – 0,17–0,2  $\mu\text{F}$ . Kondensatoriai iš metalizuoto popieriaus turi savybę atsistatyti, kai yra pramušamas dielektrikas. Ši savybė pasireiškia, kai erdmės yra užpildomos tepalu.

## Uždegimo žvakės

Elektros iškrova – kibirkštis – susidaro cilindre tarp žvakės elektrodų. Uždegimo žvakę sudaro: centrinis elektrodas su izoliatoriumi (žvakės šerdis), plieninis korpusas. Apatinėje žvakės sijonėlio dalyje yra sriegis, kuriuo ji įsukama į variklio galvutę. Centrinis elektrodas yra žvakės centre, jis izoliuotas nuo korpuso, todėl srovė teka juo iki apačios, kur vyksta elektros iškrova. Žvakės viršuje yra antgalis, prie kurio tvirtinamas aukštosios įtampos laidas.

Norint užtikrinti normalų ir patikimą žvakės darbą, temperatūra degimo kameroje turi būti 500–600 °C, kurioje sudega nuodegos ir žvakė savaime išsivalo.

Šiluminė žvakės charakteristika labai priklauso nuo apatinės izoliatoriaus dalies ilgio ir jo aušinimo. Žvakės perkaitimas gali turėti neigiamų padarinių, pavyzdžiui, savaiminis užsidegimas (detonacija), žvakės suirimas. Per daug atšalusiai žvakė gali būti užtaškoma tepalu ar nuodegomis.



**4.2 pav.** Uždegimo žvakės schema:

- 1– prijungimo antgalis; 2– izoliatorius; 3– korpusas; 4– stiklo lydiny; 5– sandarinimo žiedas; 6, 7– centrinis ir išorinis elektrodai; 8– keramikinis kūgis

Žvakės varikliui parenkamos pagal jų žymenį. Jis nurodo žvakių sriegio skersmenį, apatinės izoliatoriaus dalies ilgį, izoliatoriaus medžiagą. Sriegio skersmuo yra žymimas dviem raidėmis – M ir A. Skaičiumi žymimas įkaitimo laipsnis. Sriegio ilgis žymimas N ir D, jeigu raidės nėra, sriegio ilgis yra 12 mm. Raidė V žymi apatinės izoliatoriaus dalies išsikišimą, o raidė T rodo, kad izoliatorius yra padengtas termocementu.

Gamyklų rekomenduojami žvakių kontaktų tarpeliai yra nuo 0,85 iki 1,00 mm. Kai tarpelis mažesnis nei 0,85 mm, žvakės kontaktai greičiau apdega ir dirba netolygiai. Kai jis didesnis nei 1,00 mm, padidėja tarpelio varža ir kibirkštis yra nekokybiška.

## **Skirstytuvas**

Skirstytuvas montuojamas ant pertraukiklio. Jis sudarytas iš rotoriaus ir dangtelio. Rotorius pagamintas iš plastiko, jo viršuje yra metalinė plokštelė. Rotorius tvirtinamas ant veleno galo. Skirstytuvo dangtelis taip pat yra iš plastiko. Išorėje yra lizdai aukštosios įtampos laidams, jų skaičius priklauso nuo variklio cilindų skaičiaus. Dangtelio centre yra lizdas aukštosios įtampos laidui iki uždegimo ritės. Viduje iš kraštų yra kontaktai, o centre – anglinis kontaktas su spyruokle centriniam laidui su rotoriaus plokštele sujungti.

Skirstytuvo dangtelis tvirtinamas ant pertraukiklio korpuso dviem spyruokliniais užraktais. Rotorius, sukdamasis kartu su kumšteliu, paeiliui sujungia centrinį kontaktą su išdėstytais. Taip sukdamasis ir sujungdamas kontaktus leidžia aukštosios įtampos srovei tekėti į uždegimo žvakes būtent tuo metu, kai reikia uždegti kuro mišinį.

## **Oktano skaičiaus korektorius**

Automobiliams naudojamas įvairaus oktaninio skaičiaus benzinai. Tam skirtas yra oktaninis korektorius, kuris keičia kuro mišinio uždegimo kampą. Jį sudaro dvi plokštelės; viena yra tvirtinama prie pertraukiklio – skirstytuvo korpuso, kita – prie variklio bloko. Šios plokštelės yra tarpusavyje sujungtos reguliuojamuoju varžtu. Koreguojama rankiniu būdu pasukant varžtą.

## **Kombinuotasis paleidimo jungiklis**

Paleidimo jungikliu įjungiamas ir išjungiamas uždegimas, taip pat valdomi kiti elektriniai prietaisai, yra uždegimo spynelė. Ją sudaro: spyna su raktu ir kontaktine grupe. Spynelė turi kelias pozicijas (I – uždegimas išjungtas; II – uždegimas įjungtas; III – įjungiamas starteris).

## **Radio ryšių priemonių apsaugos nuo elektromagnetinių trukdžių įtaisai**

Automobilyje sumontuoti prietaisai, skleidžiantys elektromagnetinius laukus (generatorius, uždegimo ritė, garso signalas ir pan.) ir sukeliantys radijo trukdžius. Šiems trukdžiams sumažinti yra taikomi šie metodai:

- Uždegimo sistemos ir laidų ekranavimas.
- Aukštosios įtampos laidai padengti didelės varžos polichlorviniline danga.
- Patikimai sujungti variklio korpusą su kėbulu.
- Po varžtais statomos poveržlės (vingiuotos šešiakampės), gerinančios jungčių kontaktus.
- Slopinamieji rezistoriai ( $6\text{--}12\text{ k}\Omega$ ), varžos įmontuotos į aukštosios įtampos laidus.

### **Darbo tikslas** (*pirmasis variantas*)

Susipažinti su uždegimo sistemos tranzistorinio komutatoriaus TK–102 principine elektrine schema ir jos elementų konstrukcija, išmokyti sudaryti antrinės įtampos charakteristiką, patikrinti tranzistoriaus ir žvakės kokybę.

### **Darbo planas**

- Sistemos principinės schemos ir elementų konstrukcijos nagrinėjimas.
- Uždegimo ritės antrinės įtampos charakteristikos sudarymas.
- Tranzistoriaus tikrinimas.
- Žvakės tikrinimas.
- Visų charakteringų įtampų oscilografavimas.

### **Nurodymai darbui atlikti**

- Išstudijuoti tranzistorinės uždegimo sistemos veikimo principą.

- Nustatyti ir pažymėti komutatoriaus tipą, formą, korpuso medžiagą, tvirtinimą bei jame sumontuotus elementus.
- Antrinės įtampos charakteristikai sudaryti sistemą montuojame stende SP3–8 M.
- Tranzistorių reikia tikrinti specialiu prietaisu, matuojant jo parametrus. Ar nepramuštos p-n sandūros, ar nenutrūkę elektrodų įvadai korpuso viduje, galima patikrinti ommetru.
- Matuojant varžą ommetru, reikia pasirinkti prietaiso diapazoną. Ommetro tikslumas siekia nuo 30 iki 70 %.
- Žvakė tikrinama apžiūrint, bandant jos izoliatorių aukštąją įtampą ir nustatant sandarumą.
- Oscilografu užregistruoti antrinės įtampos dydį, trukmę ir formą.

### **Darbo eiga**

- Skirstytuvą per movą jungiamas su stendo rotoriumi ir tvirtinamas stendo laikiklyje.
- Tranzistorinio komutatoriaus gnybtus M jungiame su pertraukiklio korpusu, K – su ritės ir varžų bloko gnybtu K, P – su pertraukiklio žemosios įtampos įvadu, bevardį – su uždegimo ritės bevardžiu gnybtu, o uždegimo ritės aukštosios įtampos įvadą ir korpusą – su talpuminio daikto įėjimo gnybtais.
- Prijungti 220 V ir 12 V stendo maitinimo įtampas. Daliklio išėjimo gnybtus jungti su voltmetro įėjimo gnybtais. Paleisti stendo variklį reikiama kryptimi ir nustatyti 300 aps./min.
- Apskaičiuoti įtampos matavimo paklaidą.
- Tikrinant, ar nepramuštos p-n sandūros, ommetras jungiamas prie kiekvienos p-n sandūros atskirai. Tikrinant nutrūkimus, ommetro gnybtai keičiami vietomis.
- Matuojant varžą, ommetro gnybtus sujungti trumpai ir potenciametro rankenėle „O“ prietaiso rodyklę nustatyti į varžos skalės nulį.
- Tikrinant žvakę nustatoma izoliatoriaus sijenėlio spalva ir ar izoliatorius neįtrūkęs. Sijenėlio spalva parodo šilumingumą. Jei izoliatoriaus sijenėlis apsinešęs juodais suodžiais – žvakė per šalta, jei melsvai baltas, yra metalo burbuliukų – žvakė per karšta.

Įtrūkiams ir sandarumui nustatyti naudojamas specialus aparatas. Tikrinant vidinius įtrūkius, į jo kameros sienelę sandariai įsukama žvakė ir jos centrinis elektrodas sujungiamas su prie stendo prijungtu uždegimo sistemos aukštosios įtampos gnybtu. Paleidžiamas stendas. Aparato ventilis sujungiamas su kompresoriumi ir kameroje sudaromas 8 barų slėgis. Nustatomas 600–700 aps./min. greitis. Po to pro įrenginio kameros langelį stebime kibirkštis. Jei ji prašoka tarp žvakės elektrodų – izoliatorius tvarkingas. Tikrinant žvakės sandarumą, stendas stabdomas, žvakės kameroje taip pat sudaromas 8 barų slėgis. Ant žvakės užmaunamas guminis vamzdis taip, kad pro žvakės izoliatorių oras pakliūtų į manometrą. Jo kiekį  $Q_0$  ( $m^3/min.$ ) apskaičiuojame taip:

$$Q_0 = \frac{qh}{t}.$$

#### **4-ojo (pirmojo varianto) laboratorinio darbo Kontaktinės tranzistorinės uždegimo sistemos**

##### **Ataskaita**

##### **Darbo rezultatai**

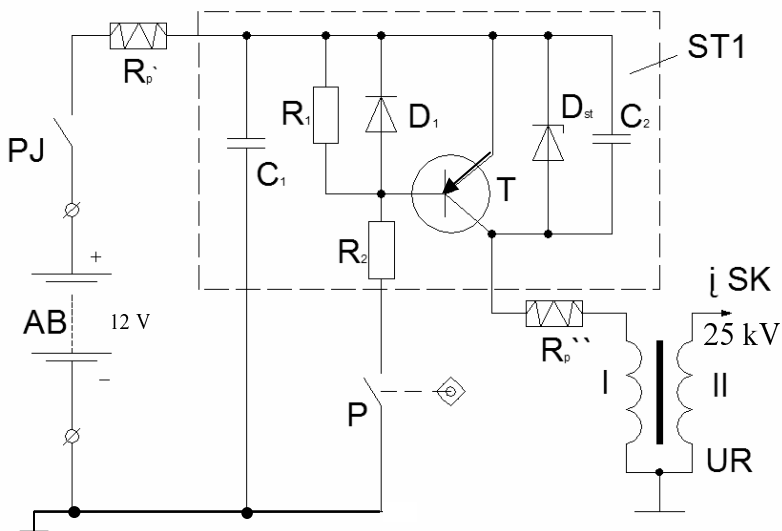
Uždegimo sistemos su tranzistoriniu komutatoriumi scheminiai ir konstrukciniai duomenys:

- Tranzistorinis komutatorius ..... skiriamas varikliams .....
- .....
- Uždegimo ritės, skirtos komutatoriui, ..... tipas .....
- papildomo rezistoriaus tipas .....
- Komutatoriaus korpuso charakterizavimas .....
- .....
- Korpuse sumontuotų elementų tipai .....
- .....
- Leidžiamoji tranzistorių ir diodų darbo temperatūra .....
- Techniniai puslaidininkinių prietaisų parametrai .....

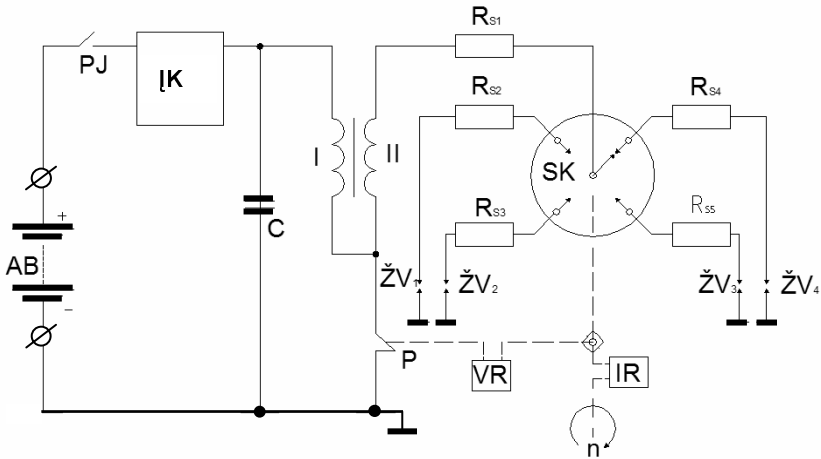
### Antrinės įtamos charakteristika:

Pertraukiklio veleno sukimosi greitis, aps./min.
Kibirkščių dažnis, kib./s (f)
Voltmetro rodmenys, V
Antrinė įtampa, kV ( $U$ , V)

Tranzistorinė-kontaktinė ir kondensatorinė su įtamos keitikliu uždegimo sistemų principinės schemos pateikiamos toliau (4.3 ir 4.4 pav.)



4.3 pav. Tranzistorinės-kontaktinės uždegimo sistemos principinė elektrinė schema



4.4 pav. Kondensatorinės uždegimo sistemos principinė elektrinė schema

### Darbo tikslas (*antrasis variantas*)

Išnagrinėti uždegimo sistemos elementų konstrukciją, nustatyti pagrindinius parametrus, išmokti tikrinti jos elementus, sudaryti antrinės įtampos uždegimo sistemos charakteristiką bei suformuluoti išvadas pasirinktu uždegimo sistemos klausimu. Oscilografuojant registruoti įtampų keitimo formas.

### Darbo planas

- Uždegimo sistemos principinės schemos ir jos elementų konstrukcijos nagrinėjimas pasirinktoje sistemoje.
- Uždegimo sistemos elementų tikrinimas ir jų tarpusavio charakteristikų koregavimas.
- Išcentrinio ir vakuuminio reguliatorių darbo principo tikrinimas ir jų charakteristikų koregavimas.
- Antrinės įtampos charakteristikos  $f(U)$  sudarymas.
- Charakteringų sistemos taškų oscilogramų registravimas.



## Nurodymai darbui atlikti

- Išstudijuoti veikimo principą pasitelkus specialią literatūrą ir originalius elementus.
- Konstrukciją nagrinėti su mokomaisiais plakatais ir pateiktais pavyzdžiais pagal tiriamų objektų specifikacijas.
- Įsidėmėti ritės apvijų išdėstymą ir jų galų išvedimą į jungtis, pertraukiklio kontaktų pateiktos būsenos kampo (tarpo tarp kontaktų) reguliavimą, uždegimo ritės, transformatoriaus žymėmis.
- Pertraukiklį tvirtinti ant stendo SP3–8 M.
- Tikrinant uždegimo ritę, būtina įsitikinti, ar ji atitinka stende esančio pertraukiklio žymėjimą, tipą.
- Tikrinant išcentrinį uždegimo paskubos kampo reguliatorių, skirstytuvo ir stendo padėtis tokia pati, kaip ir tikrinant uždegimo momento tikslumą.
- Ataskaitą pateikti pagal darbo ataskaitos reikalavimus.
- Prisegti arba perbraižyti oscilografuotas įtampų keitimo kreives.

## Darbo eiga

- Pertraukiklį tvirtiname stendo SP3–8 M laikiklyje. Jungiame pertraukiklio žemosios (12 V) įtampos įvadą ir korpusą su stendo kabeliu, turinčiu raudoną ir baltą antgalius (gnybtas su raudonu antgaliu jungiamas prie izoliuoto įvado, o su baltu – prie korpuso).
- Tikriname jungiklio padėtį. Paskui reikia prijungti 220 ir 12 V šaltinius ir įjungti stendo jungiklį. Dešiniojo prietaiso rodyklė turi būti brūkšninėje zonoje. Jei kampas blogas, būtina sustabdyti stendą ir pakeisti pertraukiklio kontaktų tarpelį. Reikia reguliuoti su ekscentriku, prieš tai atleidus nejudamo kontakto plokštelės tvirtinamąjį varžtą.
- Įjungti variklį, nustatyti 200–500 aps./min. greitį. Sinchronografo skalę pasukti taip, kad viena šviečianti žymė sutaptų su jos nuliu. Užsirašyti, kas kiek laipsnių pasislenka šviečianti žymė. Leidžiamasis nuokrypis nuo teorinio –  $\pm 1^\circ$ .

- Vėliau sujungti kabelį, turintį kištukinį lizdą, su šakute, o jo spalvotus antgalius – su tikrinamosios uždegimo ritės gnybtais. Centrinį skirstytuvo dangtelio įvadą sujungti su ritės aukštosios įtampos įvadu. Stendo aukštosios įtampos laidus įkišti į skirstytuvo pertraukiklio dangtelį pagal impulso sekas. Kibirkštiniu iškrovikliu nustatyti 7 mm dydžio tarpelį. Paleisti variklį, padidinti sukimosi greitį iki 1600 aps./min. Kibirkštis vertinama vizualiai.

- Kondensatoriaus centrinių įvadą sujungti su gnybtu. Stendo dešiniojo mikroampermetro rodyklė turi būti tam tikros spalvos skalės zonoje. Bandymo metu stendo varikis gali būti išjungtas.

- Tikrinant išcentrinį uždegimo paskubos kampo reguliatorių, nulinę sinchrografo skalės padalą sutapdinti su viena iš šviečiančių žymių ir nekeisti padėties. Nustatyti pirmą ir antrą kontrolinius greičius ir užsirašyti švytinčios žymės pasisukimo kampą. Jei gautos kampų vertės skiriasi, būtina koreguoti korektoriaus charakteristiką.

- Tikrinant vakuuminį uždegimo paskubos kampo automatinį reguliatorių, guminiu stendo vamzdeliu papildomai sujungti vakuuminį siurblių su vakuuminiu reguliatoriumi. Po to nustatyti maksimalų skirstytuvo greitį. Sutapatinti nulinę sinchrografo skalės padalą su viena iš švytinčių žymių. Sudaryti kontrolinio dydžio vakuumą ir užrašyti švytinčios žymės pasislinkimo kampą. Jei kampo reikšmė neatitinka normos, keičiamas reguliavimo skridinėlių skaičius.

- Antrinės įtampos charakteristikai sudaryti reikia sujungti schemą. Aukštosios įtampos ritės kontaktą sujungti su įtampos daliklio įėjimu. Voltmetro išėjimo gnybtus sujungti su įtampos daliklio išėjimu. Po to įjungti voltmetrą. Jo skalės jungiklį pasukti į 100 V padėtį, paleisti stendą, nustatyti 100 aps./min., 200 aps./min., 300 aps./min. sukimosi greitį, o toliau – kas 300 aps./min. – iki maksimalaus skirstytuvo sukimosi greičio. Amplitudinė įtampos vertė apskaičiuojama taip:

$$U_{2m} = kU_v.$$

- Kibirkščių dažnis randamas (kib./sek) randams taip:

$$f = \frac{n \cdot z}{60}.$$

**4-ojo (antrojo varianto) laboratorinio darbo**  
***Baterinė uždegimo sistema***  
**ataskaita**

**Darbo rezultatai**

1. Pertraukiklio skirstytuvo tipas:.....  
 Kumštelio iškilimų skaičius: .....  
 Pertraukiklis, naudojamas automobiliuose: .....  
 Pertraukiklio veleno nominalusis sukimosi dažnis: .....  
 Korpuso medžiaga :.....  
 Vakuuminio reguliatoriaus tvirtinimo vieta: .....  
 Išcentrinio reguliatoriaus įrengimo vieta: .....  
 Kondensatoriaus tvirtinimo vieta: .....  
 Skirstytuvo veleno tepimo principas: .....  
 Kumštelio tepimo principas: .....  
 Uždegimo ritės (transformatoriaus) tipas: .....  
 Ritės parametrai: .....  
 2. Pirminės ritės apvijos vijų skaičius: .....  
 Laido skersmuo: .....  
 Antrinės apvijos vijų skaičius: .....  
 Laido skersmuo: .....  
 Ritės užpildas: .....  
 Žvakės parametrai: .....  
 3. Žvakės tipas: .....  
 Šiluminė vertė: .....  
 Slopinimo rezistoriaus tipas: .....  
 Aukštosios įtampos laidų tipas: .....  
 Pertraukiklio kontaktų prispaudimo jėga: .....

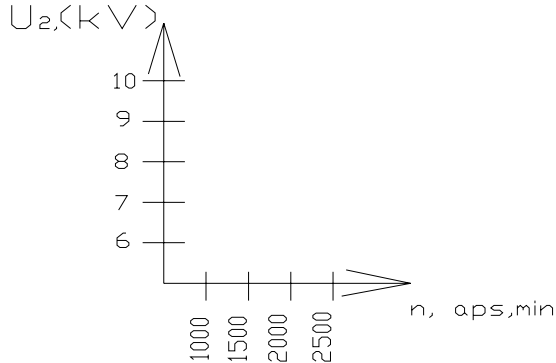
**1 lentelė**

n, aps./min.	Matuotas paskubos kampas, °

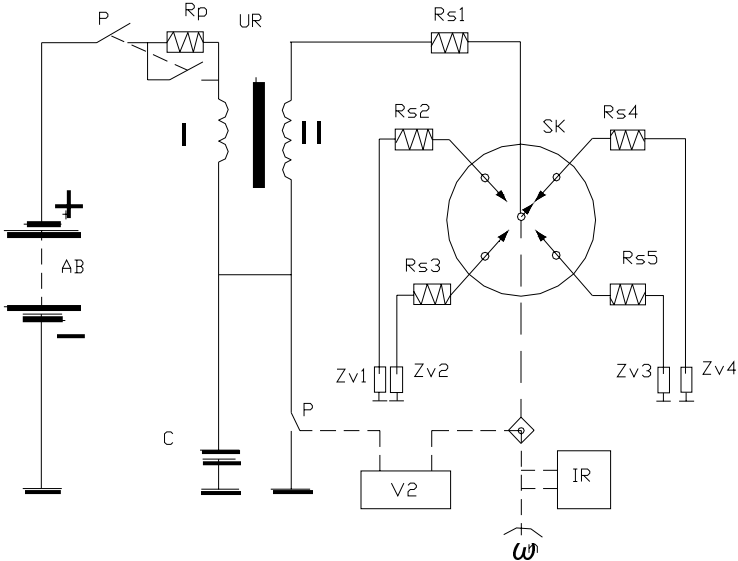
**2 lentelė**

n, aps./min.	Žvakės tarpelio min – max, mm

1. Nubraižome grafiką  $U_2=f(n)$ :

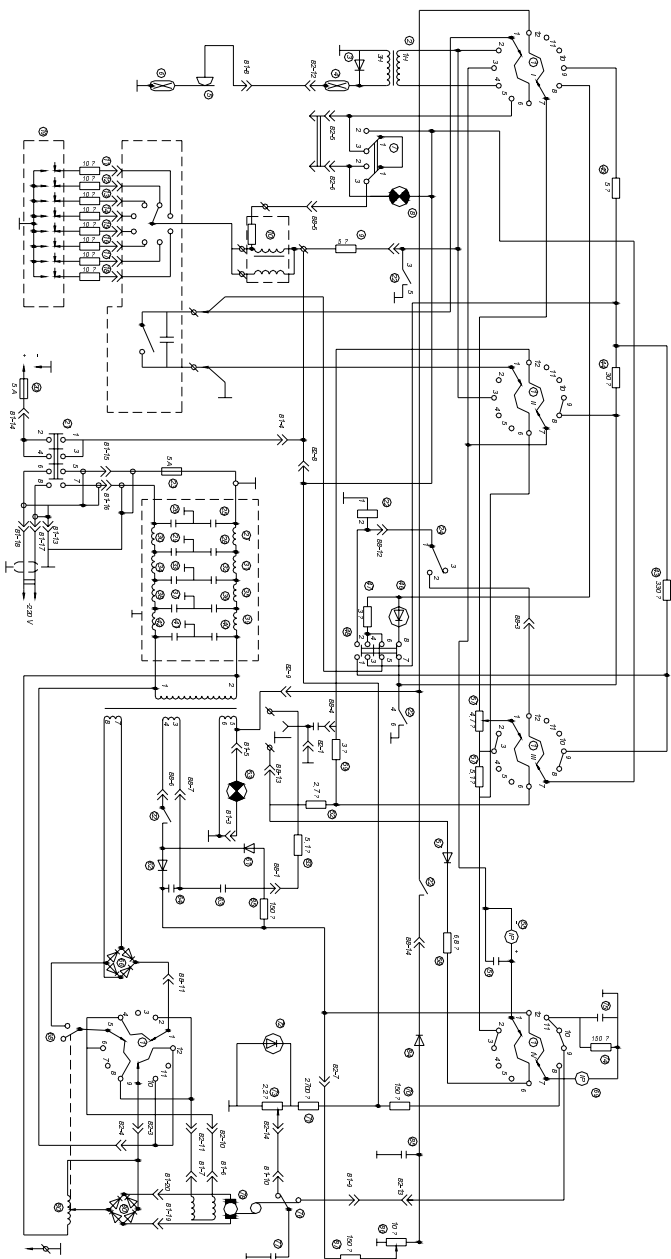


2. Oscilografu nustatome pirminės ir antrinės įtampų formas ir dydžius.



**4.5 pav.** Principinė elektrinė schema

4.6 pav. Daugiafunkcio kibirkštinių uždegimo sistemos įrėmo stendo principinė elektrinė schema, tipas SP3-8M



*Laboratorinio darbo išvados:*

## **5-asis laboratorinis darbas**

### **Automobilių žibintų sistemų tyrimas**

#### **Apšvietimo įtaisai**

Pagal veikiančias ES normas automobilis turi šiuos šviesos signalizacijos prietaisus: po du priekinius ir galinius gabaritinius žibintus, du galinius stabdymo signalo žibintus, po du priekinius, galinius ir šoninius posūkių signalizacijos impulsinius žibintus, du galinius atšvaitus ir valstybinės registracijos ženklų apšvietimo žibintą. Kai kurie automobiliai privalo turėti papildomus sunkvežimio kontūrų, atpažinimo bei važiavimo pirmumo šviesos ženklus (žibintus). Be to, automobilis papildomai gali turėti šiuos šviesos prietaisus: galinę priešrūkinę šviesos ir stovėjimo šviesos įrangą, šoninės (žymėjimo) šviesos žibintą, papildomą stabdymo signalą, atbulinės eigos žibintą su garso signalu bei atstumo ir trajektorijos žymeklius.

Kai kurie iš šių prietaisų jungiami tik esant blogam matumui (tamsa, rūkas). Jų lempų šviesos stipris būna 2–12 cd, o žibintų konstrukcija paprasta. Kitų šviesos prietaisų veikimas turi būti pastebimas dieną, esant stipriam saulės apšvietimui. Jie kruopščiai projektuojami, o lempų šviesos stiprumas būna 200–700 cd. Tokie stiprūs žibintai naktį aplinkinius vairuotojus gali akinti, todėl jie gali turėti du režimus: dienos ir nakties. Sutemus įjungiami nakties signalizacijos prietaisai, automatiškai perjungiami į mažesnio šviesos stiprumo režimą.

#### **Tolimosios ir artimosios šviesos žibintai**

Daugiavėžės transporto priemonės turi turėti du į priekį šviečiančius žibintus. Jie turi būti reguliuojami ir fiksuoti, kad jų padėtis atsitiktinai negalėtų pasikeisti. Tolimajam ir artimajam apšvietimui abiejose automobilio pusėse dažniausiai įtaisomas vienas bendras žibintas su dviejų siūlelių lempute. Prietaisų skydelyje deganti mėlyna indikatorinė lemputė privalo rodyti, kad įjungtas tolimasis apšvietimas. Artimasis apšvietimas pagal ES normas yra asimetrinis (kampe į šalikelę). Esant asimetriniam artimajam apšvietimui dešinioji

kelio pusė apšviečiama toliau, neakinant priešais atvažiuojančių transporto priemonių vairuotojų.

Tolimajo ir artimajo apšvietimo kaitrinės lempuotės turi du siūlelius. Todėl jos vadinamos dvisiūlėmis lempomis. Artimajo apšvietimo siūlelį iš apačios dengia ekranas, todėl artimajo apšvietimo šviesa gali sklirti tik iš viršutinės žibinto dalies. Taigi įjungus artimąjį apšvietimą, viršutinė žibinto pusė yra atspindinti, o apatinė pusė – užtemdyta.

Halogeninės lempos, esant tai pačiai elektrinei galiai, šviečia stipriau negu paprastos lempos. Į lempos kolbą užpildančias inertines dujas (neoną, kriptoną) įmaišius į halogenų (bromo, jodo) arba kolbą užpildžius bromo vandeniliu, kaip ksenono H4 lempos, sulėtinamas kaitinamojo siūlelio metalo (volframo) garavimas aukštoje temperatūroje. Todėl stiklinė kolba nepatamsėja ir pailgėja lempos naudojimo trukmė, dėl didelio halogeninių lempų šviesos intensyvumo ir su tuo susijusiu akinimo pavojumi, žibinte prieš lempos siūlelį įtvirtinamas spindulių ekranas.

Naujausios žibintų sistemos veikia pagal diaprojektoriaus principą. Maždaug 60 mm skersmens fokusavimo lęšis tolygiai pasiskirsto šviesą keliui apšviesti. Todėl nereikalingas sklaidytuvas. Artimajam apšvietimui būtina šviesos ir tamsos linija ant kelio, gaunama tarp lempos ir lęšio įstačius ekraną arba specialios sklaidos apsauginį stiklo lęšį. Į žibintą statoma vieno siūlelio halogeninė lempa H1. Ją gaubia ovalo pavidalo reflektorius. Lempos kaitinimo siūlelis turi būti reflektorius židinyje.

Kadangi reflektorius forma gaunama sudedant elipsių pusžiedžius, ji vadinama elipsoidu.

Elipsoido pavidalo artimosios šviesos žibintai, palyginti su paprastais, turi tokių pranašumų:

- Mažesni matmenys.
- Didesnis apšvietimo nuotolis.
- Geresnis šviesos pasiskirstymas, atitinkantis ES reikalavimus.
- Didesnis žibinto naudingumo koeficientas.

Kadangi elipsoido pavidalo žibintai, palyginti su paprastais tolimajo apšvietimo žibintais, turi trūkumų, jie tarpusavyje derinami. Gabaritinės šviesos lempa gali būti įtaisyta elipsoido pavidalo žibinte



virš lęšio. Tada prieš lęšį įstatomas sklaidytuvas, kuris dar pagerina šviesos paskirstymą.

Pagal elipsoido sistemą gaminami ir rūko žibintai.

DIN 72601 nustato šiuos automobilio kaitinimo lempų rodiklius: formą, vardinę įtampą, vardinę galią, pagrindinius matmenis, cokolio tipą. Įstatymų nustatytas žibintų apšvietimo stipris ir nuotolis tikrinami ir reguliuojami žibintų reguliavimo įtaisais.

Kad pakrautas automobilis neakintų priešais važiuojančių transporto priemonių vairuotojų, žibintuose turi būti numatytas apšvietimo nuotolio reguliavimas. Reguluoti galima rankiniu būdu arba automatiškai.

Reguliuojama:

- Elektros varikliu.
- Pneumatinio būdu.
- Hidrauliniu būdu.

Automatinio reguliavimo privalumas tas, kad žibintų apšvietimo nuotolis visada yra tinkamas, nepaisant apkrovos dydžio (apšvietimo nuotolio reguliavimas). Jei automobilyje yra automatinė lygio reguliavimo sistema, tai apšvietimo nuotolio reguliavimas nereikalingas, nes tai atlieka ši sistema.

### **Gabaritiniai, galiniai, numerio ženklo apšvietimo žibintai ir atšvaitai**

Automobilių priekyje turi būti gabaritiniai žibintai. Jei pagrindiniai žibintai nutolę nuo automobilio išorinio krašto ne daugiau 400 mm, pakanka į žibintus įstatyti gabaritines lemputes.

Gabaritinės lemputės turi nuolat degti įjungus tolimąjį ir artimąjį apšvietimus.

Automobilio gale turi būti du raudonos šviesos galiniai žibintai. Jei galinių žibintų elektros grandinėje naudojami saugikliai, kiekvienam žibintui turi būti skirtas saugiklis. Be galinių žibintų, papildomai turi būti du raudoni atšvaitai. Trikampiai atšvaitai neleis-tini. Ant priekabų turi būti trikampiai atšvaitai.

Galinis numerio ženklas turi turėti tokį apšvietimo įtaisą, kad visi numerio ženkla būtų matomi iš 20 m atstumo.

## **Priekiniai ir galiniai rūko žibintai ir atbulinės eigos žibintas**

Automobiliuose gali būti 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.

Automobiliuose turi būti vienas arba du galiniai rūko žibintai. Kadangi jų šviesos stipris didelis (galia lygi 21 W), jie turi būti tvirtinami daugiau kaip 100 mm atstumu nuo signalinių stabdymo žibintų. Galiniai rūko žibintai turi išjungti tik kartu su tolimojo apšvietimo, artimojo apšvietimo arba priekiniais rūko žibintais. Jei yra priekiniai rūko žibintai, galinį rūko žibintą turi būti galima išjungti nepriklausomai nuo priekinių. Kai yra įjungti rūko žibintai, rodo geltona signalinė lemputė.

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

## **Impulsiniai signaliniai įtaisai**

Signalinių įtaisų paskirtis – įspėti kitus eismo dalyvius, parodyti važiavimo krypties keitimą ir įspėti, kad automobilis stabdomas.

## **Stabdymo signaliniai žibintai**

Automobiliuose turi būti raudonos šviesos galiniai stabdymo signaliniai žibintai, užsidegantys įjungus darbinus stabdžius. Jie turi aiškiai šviesti ir dieną. Jei stabdymo signaliniai žibintai statomi arti galinių žibintų, jie turi šviesti stipriau nei anie. Daugiavėžėse transporto priemonėse turi būti du stabdymo signaliniai žibintai ir dar vienas arba du gali būti įstatomi papildomai, aukščiau pagrindinių. Stabdymo signaliniai žibintai išjungia nuspaudžiant stabdžius. Stabdymo signalinių žibintų jungiklis įjungiamas arba mechaniškai, arba per hidraulinės sistemos slėgio jutiklį.

## **Posūkio rodiklis**

Automobiliai turi turėti geltonai šviečiančius posūkio rodiklius, kurie turi mirkstelėti 90-30 kartų per minutę dažniu. Vairuotojui turi būti suprantamai signalizuojama, kad posūkio rodiklis veikia gerai. Tai atliekama optiniu ir (arba) akustiniu būdu. Optiniu būdu signalizuojama lemputė, kurios spalva nenormuojama.

Posūkio rodyklės impulsą sukuria pertraukiklis. Termomagnetinis posūkio rodyklės pertraukiklis nebenaudojamas, nes jo mirksnių dažnis labai priklauso nuo įtampos ir apkrovos. Šių trūkumų neturi elektroninis posūkio rodyklės pertraukiklis.

Elektroninio posūkio rodyklės pertraukiklio pagrindinę grandinę sudaro nestabilus multivibratorius. Posūkio rodyklių impulsų dažnis priklauso nuo rezistorių, taip pat kondensatorių talpių. Esant mažoms varžoms ir mažoms talpoms, gaunamas didelis impulsų dažnis ir atvirkščiai.

## **Įspėjamosios šviesos signalizacijos sistema**

Daugiavėžės transporto priemonės, kuriose privalo būti impulsinės šviesos posūkio rodyklė, papildomai turi turėti įspėjamosios šviesos signalizacijos sistemą. Ji turi būti įjungtą ir išjungtą neatsižvelgiant į impulsinės šviesos posūkio rodyklę. Jei įspėjamosios šviesos signalizacijos sistema įjungta (raudona signalinė lemputė), vienu metu turi persijunginėti visos automobilyje esančios posūkių rodyklės lempos. Įspėjamosios šviesos signalizacijos sistemoje impulsams generuoti naudojamas posūkio rodyklės pertraukiklis.

## **Šviesos prietaisų optinės sistemos parametrai**

Automobilių šviesos prietaisų pagrindą sudaro optinė sistema. Jos pagrindiniai parametrai yra šie:

- Aktyvusis paviršius.
- Šviesos anga.
- Židinio nuotolis.
- Gaubimo kampas.
- Spinduliavimo ir sklaidos kampai.

- Atspindžio koeficientas.
- Pralaidumo koeficientas.

Optinės sistemos aktyviuoju paviršiumi laikomas tas, kuris atspindi židinio šaltinio spindulius pagal veidrodinio atspindžio dėsnius. Šviesos anga – tai optinės sistemos aktyviojo paviršiaus projekcija plokštumoje, statmenoje prietaiso optinei ašiai.

Atstumas tarp židinio ir reflektoriaus viršūnės optinės ašies kryptimi vadinamas židinio nuotoliu. Židiny yra būdingas optinei sistemai. Taškas, kuriame esant taškiniam šviesos šaltiniui, nuo paraboloidinio reflektoriaus atsispindėję šviesos spinduliai eina lygiagrečiai su optine ašimi. Realiose optinėse sistemose taško formos šviesos šaltinių nebūna.

Kampas  $\phi$ , kuriuo iš prietaiso optinės ašies taško (paprastai iš židinio) matomas aktyvus paviršius, vadinamas gaubimo kampu.

Kampas, kuriame sukoncentruotas aktyviojo paviršiaus atspindėtas šviesos srautas, vadinamas spinduliavimo kampu  $\alpha$ , o kuriame sukoncentruotas išnaudojamas šviesos srautas – sklaidos kampas.

Atspindžio koeficientas – tai nuo reflektoriaus atsispindėjusio srauto santykis su į jį krintančiu šviesos srautu.

Pralaidumo koeficientas – tai praėjusio pro optinę sistemą srauto santykis su į ją krintančiu srautu.

Projektuojant automobilio žibintus, norint gerai išnaudoti šviesos šaltinio srautą, reikia kuo didesnę jo dalį nukreipti į reflektorių. Dalis šviesos spindulių iš optinės sistemos išeina tiesiogiai, neatspindėję nuo reflektoriaus. Jie turi didelį sklaidos kampą ir blogina kelio apšvietimą blogu oru. Dėl to pagrindiniuose žibintuose įrengiami ekranai, o skaičiuojant ta srauto dalis atmetama. Kituose prietaisuose ta šviesos srauto dalis įvertinama, nes pagerina jų fotometriškus parametrus.

Visi šviesos prietaisai turi atlikti tarptautinius reikalavimus:

- Apšvietimo ir signalinių įtaisų tipą ir skaičių.
- Mažiausius automobilio gabaritinių žibintų atstumus nuo kitų žibintų ir kelio.
- Apšvietimo ir signalų stiprį, taip pat signalų dažnius ir grandinių sudarymų reikalavimus.

Be pagrindinių žibintų, tai pasakytina ir apie kitus šviesos informacijos ir signalizacijos prietaisus.

## Žibintų konstrukcija

Pagrindinės optinio žibinto elemento dalys yra: reflektorius, sklaidytuvas, lempa ir jos ekranas. Reflektorius štampuojamas iš plieno lakšto. Vidinis jo paviršius lakuojamas. Lako paviršius poliuruojamas ir padengiamas aliuminio sluoksniu. Jis turi privalumų, palyginti su chromu ir net sidabru, nes yra nebrangus, chemiškai atsparus, o atspindžio koeficientas yra ne blogesnis negu sidabro – apie 90 %.

Stiklas saugo žibinto vidų nuo atmosferos poveikio ir paskirsto šviesos srautą reikiamomis kryptimis, todėl tai yra sudėtingas lęšis, gaminamas iš specialaus presuoto stiklo. Žibintuose jis dažniausiai klijuojamas prie reflektoriaus arba prie žibinto korpuso.

Žibintuose ir kituose šviesos prietaisuose naudojamos kaitinimo lempos. Jos turi kaitinimo siūlą, balioną ir cokolį. Žibintų lempos turi dar ir artimosios šviesos ekraną. Lempų kaitinimo siūlelis gaminamas iš volframo, turinčio aukštą lydymosi temperatūrą, vielos. Paprastose lempose normalaus žibėjimo metu jis įkaitinamas maždaug iki 2 700 °C. Kad siūlelis būtų kuo mažesnis, volframo viela susukama į spiralę. Paprastų lempų balionas gaminamas iš paprasto stiklo, o halogeninių – iš kvarcinio stiklo. Mažo šviesos stiprio lempų (iki 3 cd) balione būna didelis vakuumas. Kitose – įvairių dujų, dažniausiai inertinių, mišinys.

Automobilinių lempų trūkumas yra kaitinimo siūlelio garavimas. Šviesos stipris mažėja, nes vidinis baliono paviršius pasidengia tamsiu išgaravimo sluoksniu, trumpėja siūlelio darbo laikas. Perspektyviomis laikomos halogeninės kaitinimo lempos. Nuo paprastų jos skiriasi tuo, kad į balioną, be inertinių dujų, įleidžiamas tam tikras kiekis halogenų grupės medžiagų (jodo, boro). Halogenai, esantys prie baliono paviršiaus, kurio temperatūra būna apie 600 °C, chemiškai susijungia su volframu, esančiu baliono paviršiuje. Junginys yra dujos, todėl galima sakyti, kad halogenas nuo baliono paviršiaus pašalina volframą. Volframo halogenidas judėdamas balione, pakliūva į siūlelį ir aukštoje temperatūroje skyla. Volframas lieka kaitinimo siūlelyje, o laisvas halogenas vėl juda baliono sienelių link „atnešti“ naujos volframo dalies. Šio ciklo metu nuvalomas baliono stiklas ir sutvirtinamas kaitinimo siūlelis. Kad baliono temperatūra būtų aukšta, jis daromas nedidelių matmenų, o kad nesuminkštėtų – iš kvarco

stiklo. Mažas mechaniškai atsparus balionas leidžia padidinti dujų slėgį iki 1 MPa. Volframo siūlelio temperatūrą galima didinti iki 3 300–3 400 °C, nes sumažėja volframo garavimas. Palyginti su paprastomis lempomis, šviesograža padidėja 50–60 %, nors eksperimentuojama seniai, tačiau tik pastaruoju metu žibintuose panaudotos ksenono lempos. Jos, palyginti su kaitinimo lempomis, turi privalumų ir trūkumų, tačiau yra brangios ir todėl mažai naudojamos. Lempų cokoliai būna įvairūs. Žibintų lempos turi dviejų rūšių cokolius.

Žibinto efektyvumas labai priklauso nuo optinio elemento skersmens.

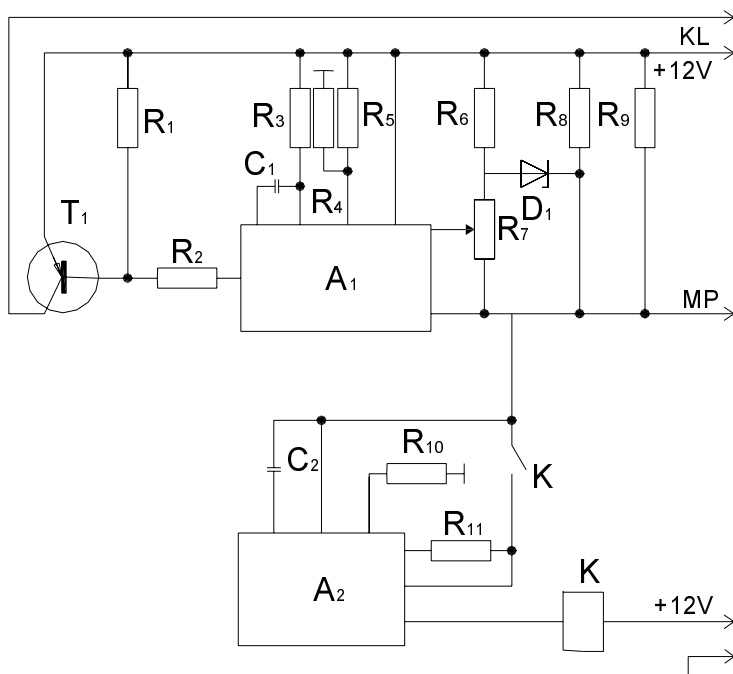
Konstruojant šiuolaikinius automobilius, ypač lengvuosius, susiduriama su dviem prieštaravimais. Norint padidinti automobilio aptakumą, stengiamasi žeminti jo priekį, bet efektyvesniam kelio apšvietimui reikia didinti žibintų skersmenį. Kompromisas buvo rastas sukūrus stačiakampius bei kitokių sudėtingesnių formų žibintus. Nors jų gamybos technologija sudėtingesnė, lengvuosiuose automobiliuose jie beveik eliminavo apvaliuosius. Stačiakampių žibintų reflektorių horizontalioji šviesos anga būna iki 250 mm. Jie geriau paskirsto šviesą horizontaliąją kryptimi, ypač šviečiant artimiesiems žibintams.

Esant rūkui, stipriam lietuvi ar sniegui, kelio apšvietimas pagerėja naudojant priešrūkinius žibintus. Pagrindinių žibintų šviesa, atspindėdama nuo smulkių vandens lašelių ir išsisklaidydama, vairuotojo akių lygyje sukuria švytinčią masę. Priešrūkinių žibintų šviesos srautas yra ribojamas vertikaliąją kryptimi ir padidinamas horizontaliąją. Tai pasiekama įrengiant priešrūkinius žibintus žemiau pagrindinių žibintų ir tinkamai suprojektavus jų stiklus. Stiklo spalva neturi lemiamos reikšmės, o esamos normos leidžia naudoti geltoną ir bespalvį stiklą. Reflektorius būna paraboloido formos, apvalus arba stačiakampis. Priešrūkiniuose žibintuose įrengiami ekranai, kad į erdvę prieš vairuotoją nesklisėtų tiesioginiai lempos spinduliai. Atspindėję nuo vandens lašelių jie sukelia tą patį efektą kaip ir pagrindinių žibintų šviesa. Šiuose žibintuose naudojamos paprastos ir halogeninės vieno kaitinimo siūlelio lempos.

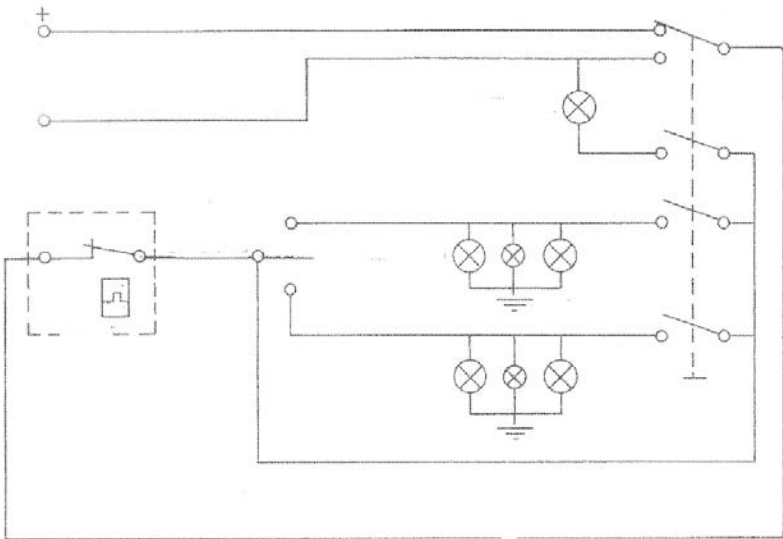
## Impulsinių signalų relė MS

Ši relė junginėja vienos kurios nors automobilio pusės posūkių lempas, kai įjungtas posūkių perjungiklis, arba visas posūkių lempas, kai įjungtas avarinės signalizacijos jungiklis, informuoja vairuotoją, jei neįsijungia arba perdega kuri nors signalizacijos lempa.

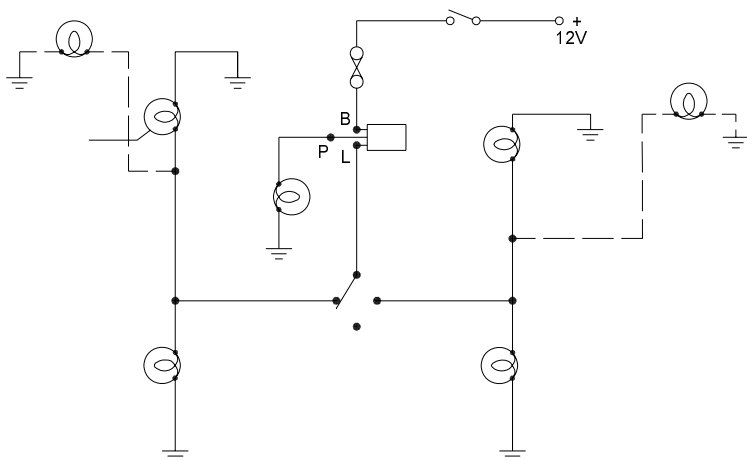
Normalus impulsinių signalų dažnis 1–2 Hz. Lempų įjungimo impulsus kuria elektromagnetinis arba elektroninis generatorius.



5.1 pav. Posūkių signalų relės schema



5.2 pav. Avarinės signalizacijos elektrinė schema



5.3 pav. Pertraukiklio elektrinė schema



## **Kas yra ksenono lempa?**

Ksenono lempa – tai dujų išlydžio kolba, kurios viduje yra inertinių dujų, tarp kurių yra ir ksenonas, mišinys. Tokia lempa neturi kaitinimo siūlo. Ksenono lempos veikimo principas – automobilio įtampa (12 V) dvitakčiu multivibratoriumi transformuojama į aukštosios įtampos impulsus (iki 25 000 V). Aukštosios įtampos impulsai uždega inertinių dujų mišinį tarp elektrodų lempos kolboje, o žemesnė (apie 450 V) palaiko lanko degimą.

Ksenoninių žibintų technologija yra tokia, kad būtų gaunama kuo daugiau šviesos, mažiau apkraunant automobilio elektros grandinę ir maitinimo šaltinius. Ši technologija labai padidina saugumą keliuose, nes esant geresniam kelio apšvietimui, vairuotojas geriau mato kelio ženklus ir greičiau pastebi nenumatytas kliūtis kelyje.

Gamykloje montuojamų ksenoninių žibintų darbinė temperatūra yra apie 5 000 K. Nuo jos priklauso ne tik šviesos spalva, bet ir ryškumas. EAGLE EYE ksenoninių lempučių darbinė temperatūra yra 5 000 K, 7 000 K bei 8 000 K. Šviesos spalva svyruoja nuo baltos iki mėsvos. Teisingai sureguliuoti žibintai niekada neakina vairuotojų, o matomumas yra puikus.

## **Ksenono išlydžio ir halogeninių lempų lyginimas**

### **Ksenono išlydžio žibintų privalumai:**

- Ksenono išlydžio žibintai daug geriau apšviečia kelią. Jie spinduliuoja dvigubai daugiau šviesos nei įprasti halogeniniai (standartinės halogeninės lempučių – 3 200 K, o ksenono išlydžio lempučių – 7 000 K). Todėl vairuoti prasto matomumo sąlygomis yra kur kas saugiau.
- Ksenono išlydžio žibintų šviesa yra gerokai kokybiškesnė. Skirtingai nuo įprastinių žibintų, kurie šviečia geltonos spalvos spektre, šie žibintai apima ir ultravioletinį spektrą. Tokia šviesa daug artimesnė įprastinei dienos šviesai, taigi ir žmogaus akiai. Todėl ji geriau matoma važiuojant naktį, vairuotojo akys mažiau pavargsta.

- Ksenono išlydžio lemputės yra daugiau kaip šešis kartus ilgaamžiškesnės už halogenines lemputes, todėl šių lempučių nereikia dažnai keisti (žr. 1 lentelę).
- Ksenono išlydžio lemputė naudoja tik 35 W elektros energijos, o halogeninė – 55 W. Todėl automobiliui lieka daugiau energijos kitoms funkcijoms atlikti.
- Ksenono išlydžio lempos atrodo gražiau nei halogeninės.
- Ksenono išlydžio lempų tipai atitinka visas halogenines lemputes: H1, H3, H4, H7, 9004, 9005, 9006. Todėl gali būti lengvai pakeistos vietoj paprastų.
- Su ksenono išlydžio lempų skleidžiama šviesa automobilis tampa saugesnis aplinkai, nes mažesnis energijos vartojimas sumažina kuro sąnaudas.

### **Ksenono išlydžio žibintų trūkumai:**

- Ksenono išlydžio žibintai yra daug brangesni už halogeninius (žr. 2 lentelę).
- Ksenono išlydžio žibintuose papildomai dedama: konverteris, aukštosios įtampos generatoriai.
- Ksenono išlydžio lempų spindulį yra sunkiau sureguliuoti, kad šviesos neakintų priešais važiuojančių vairuotojų (tačiau ir ši problema beveik išspręsta: sukurta elektroninė sistema, kuri specialiais prietaisais seka, ar „užsiritusi automobilio nosis“, ar ne. Atsižvelgiant į tai akimirksniu reguliuojamas ir ksenoninis žibintų spindulys).
- Montuojant ne gamykloje, yra tikimybė, kad ksenoniniai žibintai bus nereguliuoti arba naudojimo trukmė bus trumpa.

Taigi apibendrinus, esminius ksenono išlydžio ir halogeninių žibintų skirtumus galime pavaizduoti 5.1 lentelėje.

### 5.1 lentelė. Lempų tipai ir techniniai parametrai

Parametrai	Halogeninės	Ksenoninės
Naudojamoji galia	12 V,55 W	12 V (24 V),35 W
Šviesos stipris	67 500 cd	202 500 cd
Šviesos srautas	1 550 Lm	3 200 Lm
Šviesos efektingumas	28 Lm/W	91 Lm/W
Naudojimo trukmė	400 val.	2 500–3 000 val.

### Ksenono išlydžio žibintų sandara ir veikimo principas

Ksenono išlydžio žibintas – tai elektrinio išlydžio lanko dujose švytėjimo žibintas, planuotas pakeisti šiuo metu vis dar naudojamas mažai efektyvias kaitinamąsias halogenines lempas. Ksenono išlydžio žibintą sudaro:

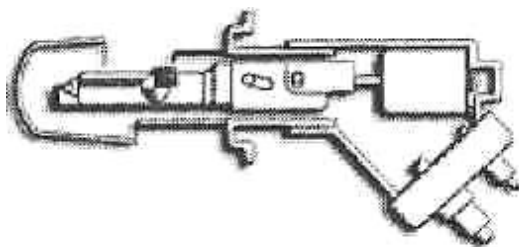
- Sandarus vamzdelis, dažnai padarytas iš lydaus kvarco.
- Vamzdelis pripildytas dujų mišinio, pirmiausia ksenono (argono, neono ir t. t.).
- Elektrodai, skirti perduoti elektros srovę į dujų mišinį.
- Aukštosios įtampos elektros srovės šaltinis reikalingas pasiekti elektros lanko iškrovą dujose ir po to palaikyti sukurta dujų švytėjimą lanke mažesne elektros įtampa.

Švytėjimas prasideda vos tik mišinys pradeda jonizuotis, tada siunčiamas labai didelis pulsavimas tiesiai į inertines dujas. Norint mažinti elektros srovės pasipriešinimą į dujas, būtinas jonizavimas, kad pulsas būtų labai didelis ir galėtų eiti tiesiai į vamzdelį. Pirminis jonizuotas pulsas arba kibirkštinis pulsas gali būti taikomas vienam iš vidaus elektrodų arba metaliniam žiedeliui (vielai), kuris apvyniotas apie stiklinį vamzdelį. Lemputė maitinama aukštąja įtampa (ją iš 12 V pakeičia blokelis). Kai kibirkštinis pulsas pasiskirsto, dujų mišinys jonizuojasi ir kondensatorius greitai jį paleidžia per vamzdelį. Kai šis tekėjimo pulsas eina per vamzdelį, jis judina elektronus, kurie supa ksenono atomus, priversdami juos peršokti į aukštesnius energijos sluoksnius. Atomai su elektronais greitai grįžta atgal į žemesnę orbitą, išleisdami į procesą

fotonus. Susidaro išlydis, tuomet lemputė švyti labai ryškiai ir baltai. Tos lemputės yra atsparios ir nebijo vibracijų. Kiek sudėtingiau yra su maitinimo blokais, nes jie turi būti atsparūs drėgmei – hermetizuoti.

### **Kas yra Bi-ksenono žibintai?**

Bi-ksenonai – tai tokios ksenono lemputės, kurios atitinka H4 (trumpos arba ilgos) standartinės lemputės, t. y. kai viena lemputė duoda ir trumpą, ir ilgą šviesą. Bi-ksenonų skiriasi ne tik lemputės, bet ir aukštosios įtampos blokeliai. Bi-ksenonai – tai tas pats ksenono išlydžio žibintas, tačiau H4 cokoliuotėje juda pirmyn ir atgal, taip keisdamas šviesos židinį į trumpąjį ir ilgąjį apšvietimą (5.4 pav.). Bi-ksenonai beveik dvigubai (5.3 lentelė) daugiau kainuoja nei ksenonai, be to, juos įmontavus negalimas impulsinis švietimas ilgomis šviesomis (kaip esame įpratę), nes jos ilgiau įsikrauna. Priekiniuose žibintuose įtaisytos bi-ksenono lemputės projektuoja labai ryškų pagrindinį šviesos spindulį, todėl ilgosios ir trumposios šviesos nukreipiamos per lęšį. Pagrindinis šviesos spindulys automatiškai prisitaiko prie greičio, kuriuo važiuoja automobilis, tad važiuojant magistrale didesniu greičiu, bus matoma ilgesnė apšvietimo trajektorija.



**5.4 pav.** Bi-ksenono lemputės konstrukcija su elektros perdava

Ksenono išlydžio lemputės yra sukurtos specialiai pakeisti įprastines halogenines lemputes (5.5 pav.). Kadangi ksenono apšvietimas panašus į dienos šviesą, tai leidžia anksčiau pastebėti kliūtį. Tyrimai rodo, kad tai vairuotojui padeda susikoncentruoti, nes tokia šviesa geriau atspindi kelio dangą ir ženklus negu tradicinis apšvietimas. Ksenono lempa skleidžia dvigubai didesnę šviesos srautą ir

trigubai didesnę šviesos spinduliavimą nei halogeno lempa bei išnaudoja mažiau energijos. Tai svarios priežastys pasirinkti ksenono lempas, jei tik leidžia finansinės galimybės. Taigi ksenono šviesa turi būti vertinama kaip saugesnė, važiuojant tamsiu paros metu ir kaip saugumo padidinimo priemonė.

Daugelis vairuotojų įsivaizduoja, kad ksenono šviesos – tai ryškiai mėlynai šviečiantys automobilio žibintai. Deja, tai klaidinga nuomonė. Iš 5.2 lentelės matome, kad kuo didesnė šviesos šaltinių temperatūra (kelvinais), tuo mėlynesnė šviesa, bet mažesnis kelio apšviestumas (liumenais). Todėl renkantis ksenono šviesą reikėtų įvertinti abu veiksnius: ar gražesne (mėlynesnė) šviesa, ar geresnis kelio apšviestumas.

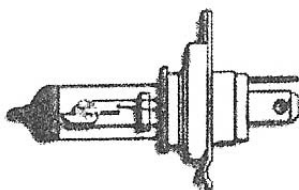
**5.2 lentelė.** Šviesos šaltinių apšviestumo reikšmės

Modelis	Spalva	Galia	Šviesos šaltinio temperatūra	Šviesos srautas	Naudojimo trukmė
<b>Paprasta halogeninė lemputė</b>	Geltona	12 V, 55 W	3 150 K	1 000 Lm	400 val.
<b>Xsenon # 5 000</b>	Balta	12 V, 35 W	5 000 K	3 200 Lm ±450 Lm	2 500 val.
<b>Xsenon # 6 500</b>	Ryškiai balta		6 500 K	2500 Lm ±200 Lm	
<b>Xsenon # 8 000</b>	Melsva		8 000 K	2 350 Lm ±200 Lm	
<b>Xsenon # 10 000</b>	Šviesiai mėlyna		10 000 K	2 200 Lm ±200 Lm	
<b>Xsenon # 13 000</b>	Mėlyna		13 000 K	2 000 Lm ±200 Lm	

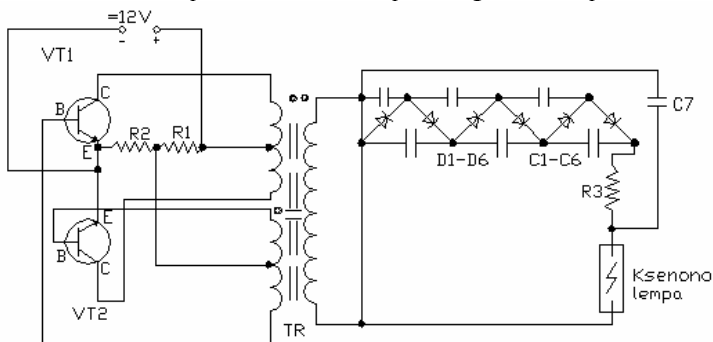
### 5.3 lentelė. Lempučių kainos

Lemputės cokolio tipas	Lempos temperatūra, K	Komplekto mažmeninė kaina, Lt
H1	7 000 °K	1 380 Lt
H3	7 000 °K	1 380 Lt
H4	7 000 °K	1 380 Lt
H7	7 000 °K	1 380 Lt
H8	7 000 °K	1 451 Lt
H9	7 000 °K	1 451 Lt
H11	7 000 °K	1 451 Lt
9004 arba HB1	7 000 °K	1 380 Lt
9005 arba HB3	7 000 °K	1 380 Lt
9005 XS	7 000 °K	1 522 Lt
9006 arba HB4	7 000 °K	1 380 Lt
9006 XS	7 000 °K	1 522 Lt
9007 arba HB5	7 000 °K	1 380 Lt
H4 Bi- Xsenon*	7 000 °K	1 947 Lt

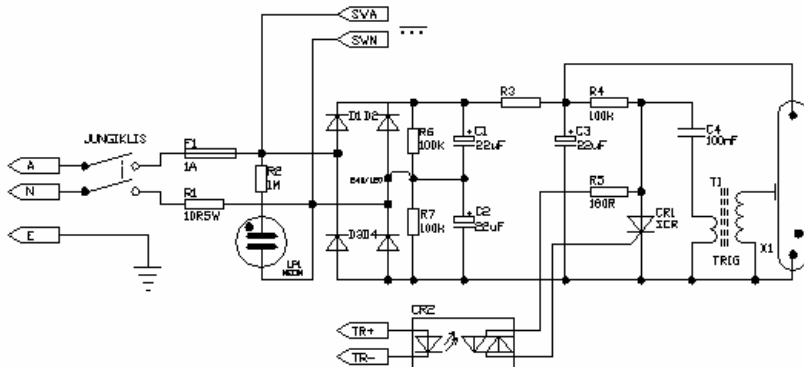
- H4 trumpos ir ilgos šviesos vienoje lemputėje.



5.5 pav. Dvisiūlė H4 tipo halogeninė lemputė



5.6 pav. Ksenono žibinto su dvitakčiu įtampos keitikliu ir įtampos daugintuvu maitinimo schema



5.7 pav. Ksenono žibinto su aukštinamuoju impulsiniu transformatoriumi maitinimo schema

Schemų skaičiavimai neatliekami, nes maitinimo keitikliai yra standartiniai.

Kadangi ksenono lempų vardinė darbo įtampa yra 400 V, o paleidimo įtampa yra 25 kV, todėl minėtų įtampos keitiklių schemas (5.6 pav. ir 5.7 pav.) pateiktos pažintinei studentų analizei.

## Darbo tikslas

Nustatyti kelio apšvietumą, išmatuoti apšviečiamo objekto atstumą ir apšvietimo stiprį. Susipažinti su ksenono išlydžio lempute ir matavimo prietaisais. Palyginti automobiliuose kaitinamosios ir ksenoninės lempučių šviesos skaidrumą ir skvarbumą.

## Nurodymai darbui atlikti

- Patikrinti, ar kaitinamoji ir halogeninė lempučių neperdegusios;
- Išsiaiškinti matavimo prietaisų galimybes.
- Vizualiai įvertinti šviesos srauto spalvą.
- Apšviečiamo objekto atstumą rašyti  $m$ , o apšvietimo stiprį – liumenais ( $L_m$ ).
- Bandymui reikia parinkti daugiau nei po vieną kiekvieno tipo lempučių ir užrašyti matuoto šviesos srauto dydžio vidurkį.
- Gautus matavimų rezultatus patikrinti.

## Darbo eiga

Parenkama kaitinamoji lemputė. Užrašomi akumuliatoriaus techniniai duomenys. Prietaisais matuojamas apšviečiamo objekto atstumas ir apšvietimo stipris, parenkama ksenono lemputė ir atliekamos prieš tai esančiame punkte nurodytos užduotys.

Lyginamos lempučių charakteristikos ir parašomos išvados.

### 5-ojo laboratorinio darbo Apšvietimo žibinto tyrimo ataskaita

#### Darbo rezultatai

##### 1. Pagrindiniai prietaisai:

Akumuliatorius: .....

Matavimo prietaisai. Tipai: .....

Matuojamieji dydžiai ir jų ribos bei tikslumo klasė: .....

Osciloskopas: .....

Kintamosios ir pastoviosios elektros srovės replinis matuoklis.

Tipas:..... Matuoja: .....  
pastoviosios srovės voltmetras, ..... tikslumo klasė, matavimo  
ribos.....

##### 2. Tiriama objektai: kaitinamoji, halogeninė ir ksenono lempos.

Maitinimo keitiklio markė: .....

##### Kaitinamoji lempa

Rodmenys:

1 lentelė

Srovė, A	Įtampa, V



**2 lentelė**

Atstumas nuo lempos iki apšviečiamo objekto, m	Apšvietumo stipris, Lm

## Halogeninė lemputė

Rodmenys:

**3 lentelė**

Srovė, A	Įtampa, V

**4 lentelė**

Atstumas nuo lempos iki apšviečiamo objekto, m	Apšvietumo stipris, Lm

## Ksenono lemputė

Rodmenys:

**5 lentelė**

Srovė, A	Įtampa, V

**6 lentelė**

Atstumas nuo lempos iki apšviečiamo objekto, m	Apšvietumo stipris, Lm

Impulsinių ksenoninių lempų maitinimo įtampos formos tyrimo osciloskopu grafiniai atvaizdai:

*Laboratorinio darbo išvados:*

## PRIEDAS

### Matavimo vienetai ir jų perskaičiavimas

Šiuo metu Lietuvoje atsirado daug Jungtinių Amerikos Valstijų, Didžiosios Britanijos automobilių, kuriems europinė SI matavimo sistema visiškai netinka. Kai kurių kitų šalių techniniuose dokumentuose dar dažnai pasitaiko ne SI, o kitų sistemų vienetų, pavyzdžiui, uncija, svaras ir kt. Jų pavadinimai ir santrumpos:

masės vienetai: uncija (oz), svaras (lb);

ilgis: pėda (ft), colis (in);

jėga: jėgos kilogramas (kgf) arba (kp),  
jėgos svaras (lbf), jėgos uncija (ozf).

SI sistemos vienetų santykiai su šiais naudotais vienetais pateikiami lentelėse (jeigu norima sužinoti, kiek svarų atitinka vieną kilogramą, lentelės „Masė“ viršutinėje eilutėje imamas stulpelis kg ir horizontaliojoje eilutėje lb randamas atsakymas: 1 kg → 2,205 lb).

Masė

Pvz.: 1 kg → 2,205 svarų

	kg	oz	lb
kg	1	0,02835	0,454
oz	35,27	1	16
lb	2,205	0,0625	1

Ilgis

Pvz.: 1 m → 3,28 pėdos

	m	in	ft
m	1	0,0254	0,305
in	39,37	1	12
ft	3,281	0,0833	1

## Greitis

Pvz.: 1 m/s → 3,28 pēdos/s

	m/s	in/s	ft/s
m/s	1	0,0254	0,305
in/s	35,27	1	12
ft/s	3,281	0,0833	1

## Jēga

Pvz.: 1 N → 9,81 kgf

	N	lbf	ozf	kgf
N	1	0,22481	3,5967	0,10197
lbf	4,4482	1	16	0,45359
ozf	0,27081	0,0625	1	0,02835
kgf	9,80665	2,205	35,274	1

## Sukimo momentas

Pvz.: 1 N·m → 9,81 kgf·m

	N·m	kgf·m	ozf·m	ft·lbf
N·m	1	9,807	0,00706	1,356
kgf·m	0,125	1	0,00072	0,138
ozf·m	141,6	1390	1	192
ft·lbf	0,737	7,233	0,00521	1

## Inercijas momentas

Pvz.: 1 kg·cm<sup>2</sup> → 293 lb·m<sup>2</sup>

	kg·cm <sup>2</sup>	g·cm <sup>2</sup>	oz·in <sup>2</sup>	lb·in <sup>2</sup>
kg·cm <sup>2</sup>	1	10 <sup>3</sup>	5,467	0,342
g·cm <sup>2</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	5,467·10 <sup>-3</sup>	3,417·10 <sup>-4</sup>
oz·in <sup>2</sup>	0,183	182,899	1	0,0625
lb·in <sup>2</sup>	2,926	2,926·10 <sup>3</sup>	16	1

## Temperatūra

Pvz.:  $1\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 273,1\text{ }^{\circ}\text{K}$

Laipsniai	Kelvino $^{\circ}\text{K}$	Celsijaus $^{\circ}\text{C}$	Farenheito $^{\circ}\text{F}$
Kelvino $^{\circ}\text{K}$	1	+273,1	$(^{\circ}\text{K} - 305,1)/1,8$
Celsijaus $^{\circ}\text{C}$	-273,1	1	$(^{\circ}\text{F} - 32)/1,8$
Farenheito $^{\circ}\text{F}$	$1,8\text{ }^{\circ}\text{K} + 305,1$	$1,8\text{ }^{\circ}\text{C} + 32$	1

## Literatūra:

1. ŠIMAKAUSKAS, S. I. *Automobilių elektros įrenginiai: mokomoji knyga*. Vilnius: Technika, 2003.
2. ŠIMAKAUSKAS, S. I. *Automobilių elektros įrenginių laboratorinių darbų metodikos nurodymai*. Vilnius, 1984.
3. ТРАХТЕР, А. *Руководство по электрическому оборудованию автомобилей*. Haynes, 1994.
4. GIEDRA, K.; KIRKA, A.; SLAVINSKAS, S. *Automobiliai*. Kaunas: „Smaltija“, 2002.
5. SMILGEVIČIUS, A. *Automatikos mikromašinos*, Vilnius: Technika, 2005.
6. VIZGAITIS, J. *Automobilių techninė peržiūra*. Vilnius, 2001.
7. DRAYTON, S.; COOMBS, M.; RENDLE, S. *Mercedes-Benz 124 serija. Remont ir techniškoje aptarnavime*. Haynes, 2002.
8. ЧУМАЧЕНКО, Ю. Т.; ФЕДОРЧЕНКО А. А. *Автомобильный электрик*. 2004.
9. [www.xenon.lt](http://www.xenon.lt)
10. [www.sound.westhost.com](http://www.sound.westhost.com)
11. [www.members.tripod.com](http://www.members.tripod.com)

**Leonas Zubavičius, Rimas Maskeliūnas**

**Automobilių elektros įrenginiai**

Laboratoriniai darbai

Redaktorė *Rita Malikėnienė*

2006-06-07. 7,0 sp. 1. Tiražas 200 egz.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla „Technika“,

Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius

Spausdino UAB „Biznio mašinų kompanija“, J. Jasinskio g. 16A, 01112 Vilnius