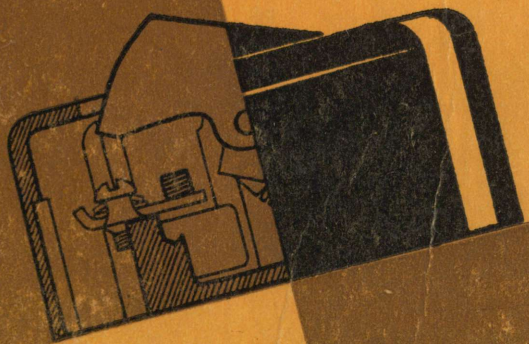
S. ANDRIJEVSKI
A. BARTNOVSKI



ELEKTRO-TEHNIKA PRAKTIKUM



A-23901

S. ANDRIJEVSKI ja A. BARTNOVSKI

ELEKTROTEHNIKA PRAKTIKUM

KESKKOOLI XI KLASSILE

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1961

Originaali tiitel:

С. К. Андриевский, А. Л. Бартновский.
ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ.
Учебное пособие для X класса средней школы.
Издание третье, переработанное
Учпедгиз, Москва, 1960

Tõlkinud R. Siirak

Toimetuselt

Eestikeelses väljaandes on paragrahvid 5, 6 ja 7 kirjutanud ins. A. Kroon

2
TARTU ÜL[illegible]
RAAMA[illegible]
229380

SISSEJUHATUS

Elektrotehnika on teadus elektrienergia kasutamisest praktilisteks eesmärkideks. Elektrotehnika võib tinglikult jagada kaheks osaks — teoreetiliseks elektrotehnikaks, mis uurib elektrinähtusi ja nende kohta käivaid seadusi, ning praktiliseks elektrotehnikaks, mis uurib mitmesuguste elektriseadmete, generaatorite, mootorite, mõõteriistade, reguleerivate ja kontrollivate elektriseadmete ehitust ja töötamist.

Elektrotehnika praktikumi peaülesandeks on anda õpilastele ettenähtud teadmised ja oskused ning tutvustada neile tehnilisi elektriseadmeid.

Elektrotehnika praktikumi programm sisaldab järgmisi küsimusi.

1. Valgustusvõrgu ehitusega tutvumine, lihtsamate installatsioonitööde tegemine, elektrivalgustusseadmete ülesseadmine, lihtsamate valgustusskeemide koostamine.
2. Levinumate tehniliste elektrimõõteriistadega tutvumine ja nende kasutamine praktilistel töödel.
3. Alalisvoolumasinate, vahelduvvoolugeneraatorite, kolmefaasiliste mootorite ning kolmefaasiliste võrkude ehituse ja töötamisega tutvumine.
4. Raadiolampide, kõrgsagedusgeneraatorite ja raadiovastuvõtjate ehitusega tutvumine ja raadiomontaažitööde läbiviimine.

§ 1. ETTEVALMISTUS PRAKTIKUMIKS

Ühe või teise praktilise töö eduka läbiviimise peamiseks tingimuseks on vastav teoreetiline ettevalmistus.

Väiksema tähtsusega ei ole ka töö endaga tutvumine vahetult enne selle praktilist läbiviimist. On arusaadav, et enne iga tööd on tarvis põhjalikult tutvuda töö kirjeldusega, on tarvis selgeks teha töö eesmärk ja peaülesanne ning selgelt kindlaks määrata töö eri etappide läbiviimise järjekord. Sellega üheaegselt on tarvis kindlaks teha, millist teoreetilist materjali on vaja teada selle töö tegemiseks.

Iga praktilise tööga tutvumisel on tarvis kindlaks määrata ja üles kirjutada:

1) töö nimetus;
2) töö eesmärk;
3) vajalikud riistad ja seadmed;
4) arvutamiseks kasutatavad valemid;
5) seadmete skemaatilised joonised ja elektriliste ühenduste skeem;
6) töö läbiviimise plaan;
7) tabel mõõtmistulemuste üleskirjutamiseks;
8) töö tulemuste läbitöötamise plaan;
9) järeldused.

Praktilise tööga tutvumisel võib üles kerkida mõningaid küsimusi kas teoreetilise osa kohta või siis töö enda kohta. Nendele küsimustele tuleb vastused leida tingimata enne töö tegemisele asumist. Vastuste saamiseks tuleb kasutada kas juhendaja abi või kirjandust.

§ 2. PRAKTILISTE TÖÖDE LÄBIVIIMISE PÕHIREEGLID

Tutvumine katseriistade ja seadmetega. Enne praktilise töö juurde asumist tuleb kontrollida, kas töölaual on olemas kõik antud töö juhendis ettenähtud riistad ja seadmed.

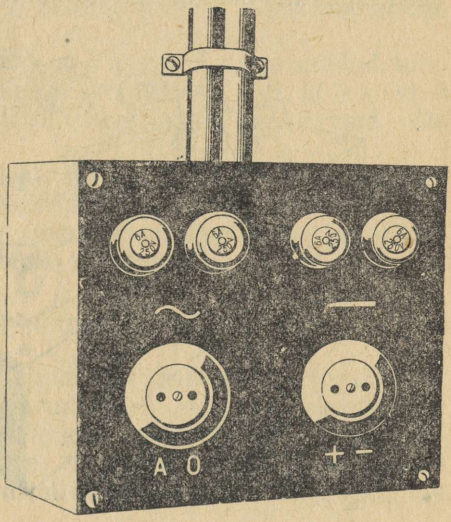
Kui kõik vajalikud riistad on olemas, siis tuleb üksikult tutvuda nende ehituse ja tööga ning kasutamise reeglitega. Erilist tähelepanu tuleb pöörata elektrimõõteriistade, mootorite reostaatide ja lampide nimiväärtustele, s. o. lubatud väärtustele (vool, pinge, võimsus). Tuleb kindlaks määrata iga mõõteriista skaala jaotuse väärtus. Kõik ülalöeldu on vajalik selleks, et kindlaks määrata pinget, mis tuleb rakendada antud vooluringile, ning selleks, et vea-tult lugeda mõõteriistade näite.

Töö katseriistadega ja lülituste koostamine. Pärast iga riista ülesande ja tehniliste andmete tundmaõppimist võib asuda praktilise töö juurde. Korrastatakse üksikud seadmed või mootorid, tehakse vajalikud joonised ning koostatakse elektrilised skeemid. Töö kergendamiseks võib algul paigutada seadmeid ja mõõteriistu lauale analoogiliselt elektrilise skeemi joonisele.

Lülituse tegelikku koostamist on kasulik alustada selle järjestikuste osade monteerimisega, kusjuures montaaži alustatakse vooluallika ühelt klemmilt ja lõpetatakse teise klemmiga. Sel teel järjestikku lülitatud seadmetele — reostaatidele, voolutarbijatele, ampermeetritele ja teistele — lisatakse juurde skeemis näidatud paralleelsed osad (voltmeeter, tarbijad jne.).

Koostatud lülitust on tarvis tähelepanelikult kontrollida, voolu ei tohi aga sisse lülitada enne, kui juhendajalt-õpetajalt on saadud selleks luba.

Mõnikord tuleb töö algul mingisugune katseriist lahti või ka kokku monteerida. Neid operatsioone tuleb sooritada väga ettevaatlikult, sest vastasel korral võib katseriista üksikuid detaile rikkuda. Lahtimonteerimisel ei tohi seepärast kasutada liialt suurt jõudu, järske lööke ning mittevastavaid tööriistu. Lahtimonteeritud detailid on kasulik paigutada lahtimonteerimise järjekorras lauale või karpi, sest selline paigutus kergendab kokkumonteerimisel nende kohalepaigutamist. Katseriistade kokkumonteerimine toimub lahtimonteerimisele vastupidises järjekorras; monteeritavate osade kohalepaigutamisel ei tohi kasutada liialt suurt jõudu. Mingil juhul ei tohi väikeste kruvide sissekeeramiseks kasutada suuri kruvikeerajaid, sest sel juhul võib kergesti rikkuda kruvi keeret. Sellest reeglist tuleb eriti kinni pidada väikeste mõõteriistade monteerimisel.



Joon. 1. Laboratoorne lülituskilp pistikupesadega.

Enne töö algust tuleb üksikasjaliselt tutvuda töölaual või seinal asuva lülituskilbi ehitusega ja temale kinnitatud klemmide või kontaktide otstarbega, et osata oma vooluringi otsi vajaliku pinge saamiseks õigete klemmide alla kinnitada (või õigesse pessa pista).

Tavaliselt tuuakse lülituskilbile kolmefaasilise voolu kõik liinijuhtmed ja nulljuhe ning kaks juhet, mida mööda suunatakse töölauale vajaliku pingega alalisvool. Lülituskilpide mõningaid variante on kujutatud joonistel 1 ja 2.

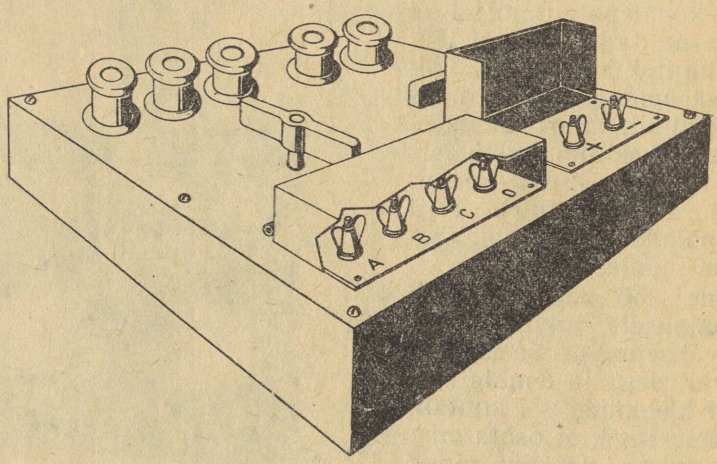
Kui koostatud vooluringi jaoks on vaja kasutada liinipinget, siis tuleb vooluringi otsad kinnitada kolmefaasilise võrgu kahe liinijuhtme vahele. Liinipinge väärtus võib olla kas 220 või 380 V, olenevalt kohaliku elektrivõrgu ehitusest.

Kui töö tingimuste kohaselt on vaja kasutada faasipinget, siis tuleb kasutada kolmefaasilise voolu ühte liinijuhet ja nulljuhet. Faasipinge võib olla 127 või 220 V, olenevalt kohaliku elektrivõrgu ehitusest. Kui lülituskilbile on kinnitatud pistikupesad (seinakontaktid), siis antakse ühele tavaliselt liinipinge ja teisele faasipinge.

Elektrivool juhitakse laual või seinal asuvate lülituskilpideni laboratooriumi pealülituskilbilt isoleeritud juhtmete abil.

Töö eksperimentaalse osa läbiviimine. Pärast

tööd juhendavalt õpetajalt loa saamist võib alustada eksperimentaalse osa läbiviimist. Seejuures tuleb täpselt kinni pidada laboratoorse töö kirjelduses toodud juhistest. Enne lülituskilbil vinnaklüliti sisselülitamist tuleb vooluringi ühendatud reostaatide liugurid lükata sellisesse asendisse, mis vastab maksimaalsele takistusele. Erandi moodustavad need alalisvoolu-haruvoolumootorite ergutusringi reostaadid, mis tuleb enne voolu sisselülitamist lühistada (seada liugur sellisesse asendisse, mis vastab takistusele 0). See kergendab mootori käivitumist.



Joon. 2. Laboratoorne lülituskilp klemmidega.

Vooluringi sulgemisel ei tule jälgida mitte lülitit, vaid vooluringis olevat ampermeetrit. Kui ampermeeter näitab sisselülitamisel ülemäära tugevat voolu, tuleb vool viivitamatult välja lülitada. Sel korral võib toimuda ka kaitsme läbipõlemine. Nii sel juhul kui ka siis, kui kaitsme läbipõlemist ei toimu, ei tohi voolu uuesti sisse lülitada enne, kui on leitud ja kõrvaldatud vooluringi vigastus või viga vooluringi koostamises. Voolu teistkordseks lülitamiseks tuleb jällegi saada õpetajalt luba.

Kuna eksperimentaalsete andmete kvaliteet määrab töö tulemuse, siis tuleb taotleda mõõtmiste maksimaalset täpsust. Pärast töö eksperimentaalse osa lõpetamist ei maksa kiirustada vooluringi lahtimonteerimisega. Parem on enne seda näidata mõõtmistulemusi õpetajale. Kui töö käigus juhtus viga, siis on seda lahtimonteerimata vooluringi korral kerge kõrvaldada. Kui aga vooluring on juba lahti monteeritud, siis tuleb see vea korral uuesti koostada.

Eksperimentaalselt saadud arvulised andmed tuleb kirjutada

varem valmistehtud tabeli vastavatesse lahtritesse. Erilist tähelepanu tuleb pöörata mõõteriista skaalalt saadava väärtuse õigele lugemisele; seejuures tuleb arvestada skaala iga jaotuse väärtust. Jaotuse väärtus on kasulik kindlaks määrata juba varem; lugemisel tuleb jaotuste arv korrutada jaotuse väärtusega ning nii saadud tulemus kirjutatakse tabelisse. Tulemuse täpsus sõltub skaala jaotuste arvu täpse määramise oskusest, eriti siis, kui osuti ei jää täpselt jaotuskriipsu kohale. Niisugusel juhul tuleb õppida tulemust lugema mitte täpsusega $^1/_2$ skaala jaotust, vaid täpsusega $^1/_4$ ja isegi $^1/_5$ skaala jaotust.

Pärast seda, kui praktiline töö on lõpetatud ning saadud tulemused ka kontrollitud, monteeritakse vooluring lahti, kõik riistad ja seadmed aga paigutatakse töölauale samuti, nagu nad olid enne tööd.

Kui tehakse praktilist tööd elektrimontaaži kohta, tuleb taotleda juhtmete paigutamise ja seadmete kohaleasetamise maksimaalset täpsust, kõikide ühenduste ja hargnemiste vastupidavust ning kõikide paljaste juhtmeosade kvaliteetset isoleerimist.

§ 3. PRAKTILISTE TÖÖDE ARUANDED

Iga praktilise töö kohta kirjutatakse vihikusse (praktiliste tööde aruannete vihik) aruanne. Aruannetes esinevad skeemid ja joonised tuleb teha korralikult, pidades seejuures kinni joonestamise reeglitest ja elektriseadmete tingmärkidest. Mitmesugused graafikud on soovitav joonestada millimeetripaberile ning kleepida siis vihikusse aruande juurde.

Töö aruandes tuleb märkida kõigepealt praktilise töö tegemise kuupäev, töö number, pealkiri ja eesmärk. Peale selle tuleb anda töö läbiviimise lühike ülevaade, lähemalt tuleb peatuda töö tulemustel. Erilist tähelepanu tuleb pöörata töö alusel tehtavaile järeldustele ja elektriaparatuuri, masinate ning mõõteriistade kõige ratsionaalsema kasutamise põhiliste reeglite kindlakstegemisele.

Aruannete koostamisel tuleb silmas pidada seda, et arvutamistel võib õigeid tulemusi saada ainult siis, kui kasutatavad suurused on avaldatud ühe ja sama süsteemi ühikutes.

Graafikud, millel kujutatakse ühe muutuva suuruse muutumist mingi teise suuruse muutumise tulemusena, joonestatakse tavaliselt ristkoordinaattelgedele. Igale koordinaatteljele kantakse ühikud vastavalt valitud mastaabile.

Töö jooksul muudetava suuruse (sõltumatu muutuja ehk argumendi) väärtused kantakse horisontaalteljele. Argumendi muutumisest tingitud teise suuruse (sõltuva muutuja ehk funktsiooni) muutumine märgitakse vertikaalteljele. Koordinaatteljestikule märgitud punktid tuleb graafiku saamiseks ühendada sujuva kõverjoonega, mitte aga murdjoonega. Seejuures ei tarvitse saadud joon läbida kõiki punkte.

Iga töö aruanne peab sisaldama töö juures kasutatud aparaatide ja mõõteriistade nimekirja. Tuleb üles märkida ka aparaatide passidel või mõõteriistade skaaladel olevad tehnilised andmed. Toome näitena ühe mõõteriista tehnilised näitajad:

ampermeeter, tüüp ЭН, elektromagnetiline mõõtepiirkond 3 A, täpsusklass 1,5, vahelduvvoolu mõõtmiseks, tööasend vertikaalne.

§ 4. OHUTUSTEHNIKA PRAKTILISTEL TÖÖDEL

Asudes elektrotehnika praktikumi tööde läbiviimisele, tuleb hästi tunda vastavaid sisekorra ning ohutustehnika reegleid. Neid reegleid tuleb täita õpilasel endal ning nõuda nende täitmist ka oma kaaslastelt.

Kõigepealt tuleb täita järgmisi reegleid.

1. Vooluringe võib koostada ning nende juures mitmesuguseid ümberpaigutusi teha ainult siis, kui need ei ole ühendatud vooluallikaga.

2. Koostatud vooluringi võib vooluallikaga ühendada ainult õpetaja loal.

Need reeglid on eriti tähtsad, sest nende mittetäitmine võib põhjustada laboratooriumi elektriseadmete ja mõõteriistade läbipõlemist ning tõsiseid õnnetusjuhtumeid.

Toome ära ohutustehnika reeglid, mida tuleb täita elektrotehnika praktikumi läbiviimisel.

Ohutustehnika reeglid elektrotehnika praktikumides

1. Laboratooriumis kasutatava vahelduvvoolu pinge on inimestele ohtlik, seepärast tuleb vahelduvvoolu kasutamisel olla ettevaatlik. Pinge, mis on kõrgem kui 70 volti, võib esile kutsuda tõsiseid vigastusi.

2. Ei tohi puudutada pinge all olevaid isoleerimata vooluringiosi ega ühendusjuhtmeid (näit. vinnaklüliti nuge, metallklemme, isoleerimata juhtmeid jne.).

3. Õpilastel on keelatud ümberlülituste tegemine laboratooriumi peajaotuskilbil.

4. Kontrollitud vooluringi esmakordne pingestamine võib toimuda ainult õpetaja juuresolekul ja kontrollitud kaitsmete korral.

5. Pinge all olevas vooluringis ei tohi teha mingisuguseid ümberlülitusi.

6. Noa, naaskli või mõne teise terariista kasutamisel tuleb olla eriti ettevaatlik, et vältida enda vigastamist.

7. Töötada ainult korras oleva vasaraga, millel ei tohi olla

lahtikillunenud kohti ja mis on kindlalt varre otsas. Mitte kasutada meisleid, mille löögiots on killunenud.

8. Pinge olemasolu ei tohi kontrollida sõrmega puudutamise teel.

9. Töötamine redelil on lubatud ainult kuni 3 m kõrgusel põrandast.

10. Jootmisel tuleb hoiduda sulava joodise pritsmete eest. Ei tohi puudutada kuumutatud piirkondi, sest see põhjustab põletushaavade tekkimise.

11. Töötamisel elektrimasinate juures tuleb olla eriti tähelepanelik. Tuleb jälgida, et riided, juuksed, juhtmed jne. ei puutuks vastu masina pöörlevaid osi. Ei tohi seista vastu masina sidurit ega puudutada masina pöörlevaid osi kätega.

12. Sulavkaitsmeid võib kohale asetada või vahetada ainult õpetaja loal ja pärast laual asuva lülituskilbi lüliti või peakilbi lüliti väljalülitamist.

13. Elektriseadmete või mööteriistade juures mõne vigastuse avastamisel tuleb vooluring viibimatult välja lülitada ning vigastusest teatada õpetajale.

14. Vooluringid tuleb koostada selliselt, et juhtmed ei ristuks üksteisega, ei oleks pingutatud olekus ning ei keerduks silmusteks.

15. Juhtimisseadmed ja mööteriistad tuleb paigutada selliselt, et nende käepidemeid oleks mugav kasutada ning et mööteriistade vaatamiseks poleks tarvis kummarduda masinate ja juhtmete kohale.

16. Tuleb jälgida seda, et masinad pöörleksid noolega näidatud suunas.

17. Tuleb jälgida, et elektrimasinate pöörlemiskiirus ei oleks suurem nende passides märgitud nimiväärtustest.

18. Kui töö tegemise ajal tekib mingisugune vigastus (ilmub spetsiaalne hais, suits, reostaadi traadid hakkavad hõõguma või satub keegi pinge alla), tuleb vooluring lüliti abil kiiresti katkestada või tõmmata pistik pesast välja. Igasugune paanika ja viivitamine sel momendil võib süvendada avariid või vigastust.

ESIMENE OSA

INSTALLATSIOONITÖÖD

§ 5. HOONE VALGUSTUSSEADMED

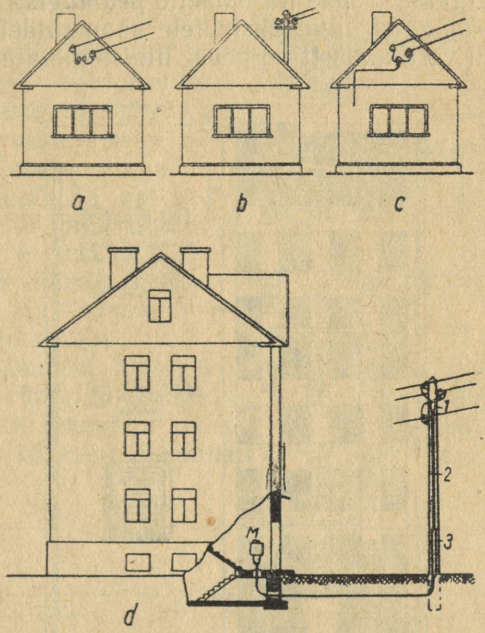
Kasutatavad pinged. Tänapäeval juhitakse elektrienergia elektrijaamast tarbijate juurde peamiselt kolmefaasilise vahelduvvoolu elektrivõrgu kaudu. See elektrivõrk võib olla kahesugune: neljajuhtmeline või kolmejuhtmeline. Nelja *liinijuhtme* korral on tegemist kahesuguse juhtmetevahelise pingega, milledest üks on teisest 1,73-kordselt suurem, näiteks 380 ja 220 V (380 : 220 = 1,73). Kolme juhet, millede vahel esineb kõrgem pinge, nimetatakse *faasijuhtmeteks* ja nendevaheline pinge kannab *liinipinge* nimetust. Neljanda ehk *nulljuhtme* ja faasijuhtmete vahelist (madalamat) pinget nimetatakse *faasipingeks*. Seega neljajuhtmelises elektrivõrgus on tegemist kolme liini- ja kolme faasipingega. Valdavas enamikus on neljajuhtmelistes elektrivõrkudes liinipinge 380 V, faasipinge aga 220 V. Sellist pingesüsteemi tähistatakse järgmiselt: 380/220 V. Kasutusel on ka pingetesüsteem 220/127 V. See esineb veel vanades elektri-valgustusvõrkudes.

Kolmejuhtmelise vahelduvvooluvõrgu korral langevad mõisted liini- ja faasipinge ühte. Eesti NSV-s esineb kolmejuhtmeline madalpinge-elektrivõrk pingega 220 V üksnes Tallinnas (linna uutes elamurajoonides, sealhulgas ka Nõmmel, on tegemist juba neljajuhtmelise elektrivõrguga 380/220 V).

Majaühendus. Välis- ehk tänavaelektrivõrgud ehitatakse õhu- või kaabelliinidena, viimased peamiselt suuremates linnades. Välisvõrgu sisseviimist hoonesse nimetatakse *majaühenduseks* ja vastavat liini — *majaühendusliiniks*. Ühe majanumbri alla kuuluva hoone või hoonete komplekti kohta luuakse tavaliselt üks majaühendus. Viimane võib olla ühefaasiline (kahejuhtmeline) või kolmefaasiline (kolme- või neljajuhtmeline), sõltuvalt hoone elektriseadme tarbimisvõimsusest. Ühefaasiline majaühendus luuakse hoonetele tarbimisvõimsusega kuni 2 kilovatti. Kolmejuht-

melise välisvõrgu puhul on ühe- kui ka kolmefaasilises majaühendusliinis kõik juhtmed faasijuhtmed. Neljajuhtmelise võrgu puhul on ühefaasilises majaühendusliinis üks juhe faasi- ja teine nulljuhe ning kolmefaasilises — kolm faasijuhet ja üks nulljuhe.

Majaühendusliinid sisestatakse hoonesse mitmesugusel viisil. Ohuliin sisestatakse otseselt läbi hoone välisseina portselanpiipude



Joon. 3. Majaühendusliinide sisestamine hoonesse.

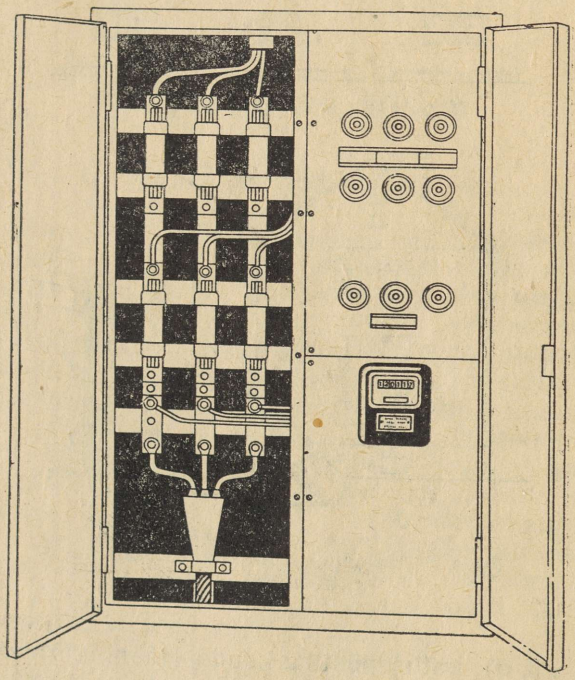
kaudu (joon. 3, *a*), katusepüstiku kaudu (joon. 3, *b*) või läbi välisseina kaabli vahendusel (joon. 3, *c*). Kaabelliini korral sisestatakse maa sees paiknev kaabel hoone trepikotta (joon. 3, *d*).

Hoonesse sisestatud majaühendusliinid otsastatakse hoones *peakaitsmetega*, mida mõnikord nimetatakse ka *majaühenduskaitsmeteks*. Kapis või malmkastis paiknevate kaitsmetega majaühendusliini otsastusseadet nimetatakse sageli *majaühenduskastiks*.

Majasisesed elektriliinid ja nende kaitsmine. Peakaitsmetest algav hoonesisene elektrivõrk jaguneb kahte ossa: *toitevõrk* ja *jaotusvõrk*. Esimene võrguosa koosneb *magistraalliinidest* ja teine — *rühmaliinidest* (grupiliinidest). Magistraalliinid kulgevad peakaitsmetest üksikute abonentide (korterite) jaotusseadmeteni. Viimasteks on abonendi ruumides

ülesseatavad kaitsmete *jaotuskilbid* ehk *rühmakilbid*. Nendest alates kuni abonendi ruumides olevate üksikute tarbijateni (valgustid, pistikupesad jne.) kulgevad juba rühmaliinid.

Lihtsamal kujul, s. o. ühe abonendi korral, võib esineda üksainus magistraalliin või koguni võib ka see puududa, kui rühmakilp paikneb vahetult peakaitsmete juures. Suuremates hoonetes aga kulgevad igasse trepikotta omaette *peamagistraalid*, milledelt hargnevad *harumagistraalid* üksikutele abonentidele. Keldrist viimase korruseni vertikaalselt kulgevat liini nimetatakse *püstliiniks*.



Joon. 4. Pea-lülituskilp.

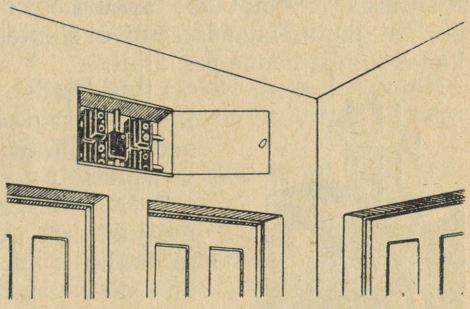
Iga magistraali kaitstakse tema alguses oma kaitsmetega. Kuna peamagistraalid algavad maja peakaitsmete juurest, siis suuremates hoonetes koondatakse nende liinide kaitsmed sageli hoone majaühenduse peakaitsmetega ühisele kilbile, mida sel puhul nimetatakse hoone *pealülituskilbiks*. Sellele kilbile koondatakse ka hoone üldkasutatavate ruumide (kelder, trepikojad jne.) valgustusseadme rühmaliinide kaitsmed ja arvesti (joon. 4).

Harumagistraalid, mis tavaliselt omavad peamagistraalist väiksemat ristlõiget, kaitstakse samuti nende alguses. Kõikide harumagistraalide kaitsmed koondatakse tavaliselt hargnemiskoha

juurde ühisele kilbile, mida nimetatakse *toitekilbiks* ehk *magistraalkilbiks*. Kui aga haruliinidele seatakse üles üksikud plekkkattega kaitseelemendid, siis sellistest kaitseelementidest ja harukarbist koosnevat jaotusseadist nimetatakse *jaotuspunktiks* (joon. 5).

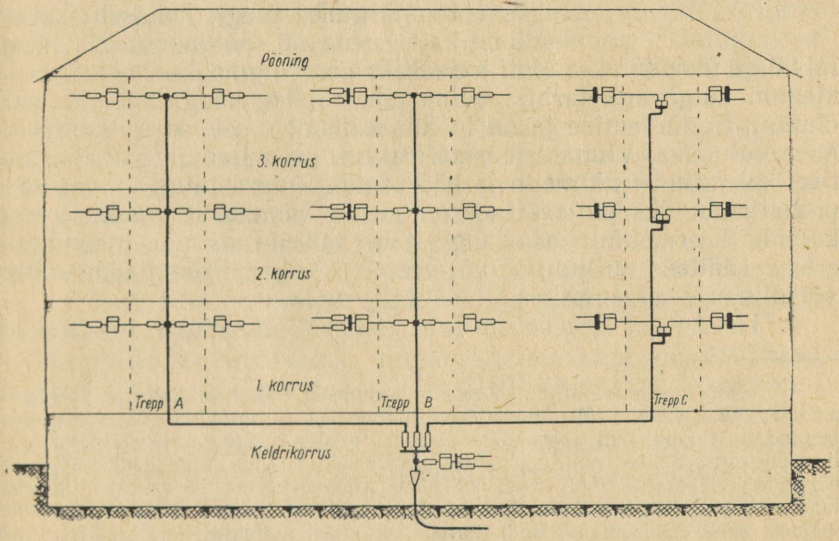
Hoone sisemise valgustusvõrgu jagunemist selgitab joon. 6.

Iga abonendi harumagistraali lõppu seatakse üles arvesti tarbitud elektrienergia arvestamiseks. Arvesti kinnitatakse oma plekist aluslauale ja paigaldatakse rühmakilbi juurde korteri esikus. Kasutusel on ka ühised kilbid arvestile ja rühmakaitsmetele (joon. 7).



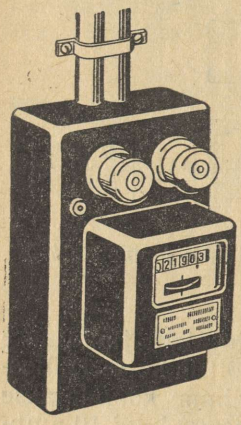
Joon. 5. Magistraalliinide jaotuspunkt.

Rühmakaitsmetest alates kuni üksikute tarbijateni jaotatakse elektrienergia rühmaliinide kaudu, millede arv sõltub korteris ülesseatud tarbijate arvust ja koormusest. Ühte rühma koondatakse tavaliselt kuni 15 valgustuspunkti üldise koormusega kuni 10 amprit.



Joon. 6. Hoone sisemise valgustusvõrgu jagunemine. Trepikodade A ja B piirkonnas kaitsmed näidatud detailselt, trepikoja C piirkonnas — magistraal- ja rühmakilpidega.

Peamagistraalid ehitatakse alati kuni viimase magistraalkilbini kõikjuhtmelistena ja seda sõltuvalt võrgu süsteemist kas kolme või nelja juhtmega. Harumagistraalid korteritesse ehitatakse enamasti ühefaasilistena. Harumagistraalid ühendatakse peamagistraaliga, kusjuures arvestatakse üksikute korterite koormuste võimalikult ühtlast jaotamist süsteemi üksikutele faasidele igas hargnemiskohas kui ka hoone peakilbil.



Joon. 7. Arvesti ja rühmakaitsmete kilp.

Eeskirjade kohaselt kaitstakse üksnes faasijuhtmeid, kuna nulljuhtmes kaitset esineda ei tohi. Erandi moodustavad rühmaliinid, mis üldiselt peavad olema kaitstud kõikpooluseliselt, s. o. kaitse peab olema faasi- ja ka nulljuhtmes. Ainult erijuhtumil, kui antud rühmaliinis kasutatakse tarbijate nullimist [1], on kaitsme asetamine nulljuhtmesse keelatud.

Nullimise puhul peab nulljuhe olema eraldatav faasijuhtmest kogu rühmaliini ulatuses; vooluringi katkemise vältimiseks ei tohi temas esineda lüliteid ja ta peab alati olema ühendatud hõõglambi pesa keermetatud metallosa külge. Lülitid peavad asetsema faasijuhtmes ja viimane peab alati kulgema lambipesa põhjakontakti külge.

Valgustusseadme peamiste kaitsevahenditena kasutatavad keermekaitsmed ühendatakse võrku järgmise reegli kohaselt: sulavkaitsme kaitseelemendi põhjakontakti klemmi külge ühendatakse alati toiteallika-poolne juhe, keermetatud osa klemmi külge aga tarbijapoolne juhe. Sellega tagatakse kaitsme ohutum teenindamine ja on loodud kaitsmete seisukorra kontrollimise võimalus. Viimast teostatakse nn. proovilambiga (kahe lahtise isoleeritud juhtmega ja hõõglambiga varustatud lambipesa): proovilambi üks paljastatud juhtmeots pistetakse sissekeeratud kaitsme keermetatud osa külge, teise juhtme ots aga maandatud eseme (näiteks nulljuhtme või veetoru) külge. Proovilambi mittepõlemine näitab, et kaitse on «läbi põlenud».

Liinide paigaldamise viise. Nii magistraal- kui ka

[1] Tarbija nullimise all tuleb mõista tarbimisaparaadi (näiteks pesupesemismasina) kere vahetut ühendamist nulljuhtmega, et tagada aparaadi ohutut teenindamist juhul, kui aparaadi sees peaks tekkima kere ja faasijuhtme vahetine ühendus. Sellise nullitud kerega aparaadis tekkiva kereühenduse korral põhjustab rikkekohta läbiv vool kaitsmete «läbipõlemise» ja aparaadi võrgust lahutamise. Kaitsmete olemasolul mõlemas juhtmes pole aga tagatud, kumb nendest enne «läbi sulab». Võib juhtuda, et just faasijuhtmes olev kaitse säilib ja seega aparaadi kere jääb pingestatuks ning muutub puutujale ohtlikuks. Nulljuhtmes kaitsme puudumisel on faasijuhtme kaitsme «läbisulamine» tagatud, samuti ka aparaadi kere pingetuks jäämine, sest võrgu nulljuhe on maandatud.

rühmaliinid eluhoones paigaldatakse kahel põhilisel viisil: vahetult seinte ja lagede pinna peal, s. o. *pinnapealne paigaldusviis*, ning seinte ja lagede katte all või selle sees, s. o. *süvistatud paigaldusviis*. On olemas veel nn. *lahtine paigaldusviis*, mispuhul isoleeritud juhtmed paigaldatakse isoleerrullidele või isolaatoritele. See viis on aga vananenud ja tänapäeval ebasobiv, mistõttu selle üksikasju käesolevas ei käsitleta.

Pinnapealselt paigaldatakse liinid kas isoleer- (nn. bergman-) või terastorudesse tõmmatud isoleeritud juhtmetega, torujuhtmega (kuuloga), kaabliga või paeljuhtmega.

Süvistatud paigaldamisel kasutatakse samuti mitut moodust. Liinid paigaldatakse kas isoleertorudesse või poolkõvadesse kummitorudesse tõmmatud isoleeritud juhtmetega või lamejuhtmetega. Esimesel juhul paigaldatakse torud seintel toorseina sisse raiutud vagudesse, laes sellesse tehtud vagudesse, laepaneelide vahelistesse vuukidesse või lae peale ülemise korruse põranda alla. Lamejuhtmed aga paigaldatakse ilma torudeta, vahetult toorseina või -lae pinnale. Pärast liinide paigaldamist seinad ja laed krohvitakse või kaetakse kuivkrohvplaatidega või muu kattematerjaliga. Lamejuhtmed paigaldatakse üksnes rühmaliinide piirkonnas, sest need juhtmed pole oma suhteliselt väikese ristlõike tõttu magistraalliinides kasutatavad ega ka lubatavad.

Kaasaegsetes elu- ja ühiskondlikes hoonetes paigaldatakse elektriseadmed peamiselt süvistatult seinakatte alla. See paigaldusviis on lubatav üksnes kuivades köetavates kui ka mitteköetavates ruumides, millisteks elumajas on korterite ruumid, äriruumid ja trepikojad. Hoonete keldrikorruse ruumides ning pööninguil paigaldatakse liinid pinnapealselt ja seda viisil, mis sõltub liini paigalduskoha keskkonnast.

K a s u t a t a v a i d j u h t m e i d. Kõikide mainitud paigaldusviiside juures kasutatakse isoleeritud juhtmeid. Kasutusel on vask- ja alumiiniumsoontega juhtmed nii kummi- kui ka plastikaat- (näiteks polüvinüülkloriid-) isolatsiooniga. Vaskjuhtmeid valmistatakse nii massiiv- kui ka kiudsoontega, ristlõikega alates 0,75 mm², kuna alumiiniumjuhtmed üksnes massiivsoonega ja ristlõikega alates 2,5 mm². Kõik juhtmed valmistatakse ristlõikega 0,75, 1,0, 1,5, 2,5, 4, 6, 10, 16, 25 mm² ja enam.

Torudesse tõmmatavateks kummiisolatsiooniga ühesoonelisteks vaskjuhtmeteks on juhtmed ПР ja ПРГ (kiudjuhe, painduv) ja alumiiniumjuhtmeks — АПР. Need juhtmed omavad kummiisolatsioonikihil kõdunemisvastase ainega immutatud puuvillpunutise, mis on musta värvusega. Plastikaatisolatsiooniga juhtmeteks on ühesoonelised vaskjuhtmed ПВ ja ПГВ ning alumiiniumjuhtmed АПВ. Lisaks neile on veel olemas nn. *paeljuhtmed*: kahe- ja kolmesoonelised vaskjuhtmed ППВ (0,75—2,5 mm²) ja alumiiniumjuhtmed АППВ(2,5 mm²), mida kasutatakse ilma kaitsva toruta.

Pinnapealsel paigaldamisel kuivades ruumides kasutatav vasksoontega torujuhe ehk kuulo ТПРФ valmistatakse kahe-, kolme- ja neljasoonelisena, tavaliselt soone ristlõikega 1,5 ja 2,5 mm². Selle juhtme kummiisolatsiooniga sooned on koos nöörtäitega kokku keerutatud, mähitud spiraalselt paberlintidega ja kaetud õhukese, pikiõmblust omava metallkestaga. Niisketes ruumides kasutatakse vasksoontega kummipliikaablit СРГ ja plastikaatkestaga kaablit ВРГ, mida valmistatakse samuti kahe- kuni neljasoonelisena, alates ristlõikest 1 mm². Nad omavad kummisolatsiooniga sooni, mis on kaetud ühise pliist või plastikaadist (tavaliselt sinise) kestaga.

Polüvinüülkloriidisolatsiooniga kaetud juhtmete montaaž ei ole lubatud temperatuuril alla —15° C, kuna isolatsioon muutub hapraks.

Isoleertorud. Eesti NSV-s on kõige enam kasutatavamaks toruks tehase «TEP» poolt valmistatavad *isoleer-* ehk nn. *bergmantorud*, mida valmistatakse sisemise nimiläbimõõduga 11, 13,5, 16, 23 ja 29 mm ning turustatakse kuni 3 m pikkustena koos ühe jätkumuhviga. Torud valmistatakse spiraalselt üksteisele keerutatud paberlintidest, mis on immutatud asfaltpigiga ja kaetud õhukese, pikiõmblust omava plekk-kestaga. Torude (samuti kuulo) painutamiseks kasutatakse toru nimimõõdule vastavaid painutamistange (joon. 8). Peale nende torude kasutatakse veel *poolkõvast kummist toru* ja *klaastoru* süvistatud paigaldamisel ning *gaasitoru* mehhaaniliselt ohustatud liinidel või nende osadel.

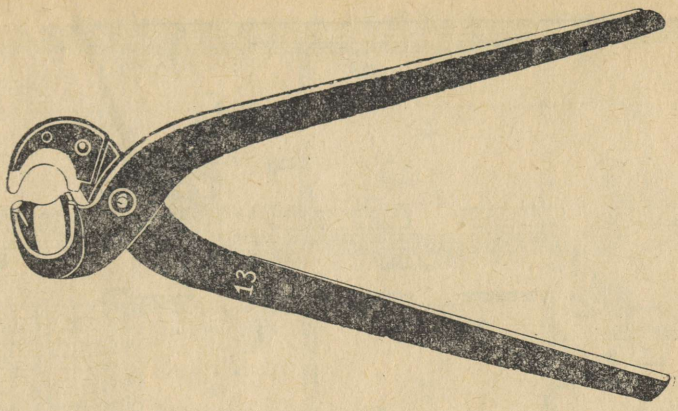
Torud valitakse vastavalt sissetõmmatavate juhtmete arvule ja ristlõikele ning kasutatavale paigaldusviisile. Vastavad andmed on toodud järgnevas tabelis.

Tehase «TEP» isoleertorude valiku tabel

Juhtme ristlõige mm²	1 juhe		2 juhet		3 juhet		4 juhet	
	ito	*sito*	*ito*	*sito*	*ito*	*sito*	*ito*	*sito*
1	9	13,5	11	13,5	13,5	13,5	16*	16
1,5	11	13,5	11	13,5	13,5	16*	16	23*
2,5	11	13,5	16*	16	16	23*	23	23
4	11	13,5	16	23	16	23	23	23
6	11	13,5	23*	23	23	23	23	29*
10	13,5	13,5	23	23	23	29*	29	29
16	13,5	16	23	29	29	29	29	29
25	16	23*	29	28	—	—	—	—
35	23*	23	—	—	—	—	—	—
50	23	23		—	—	—	—	—

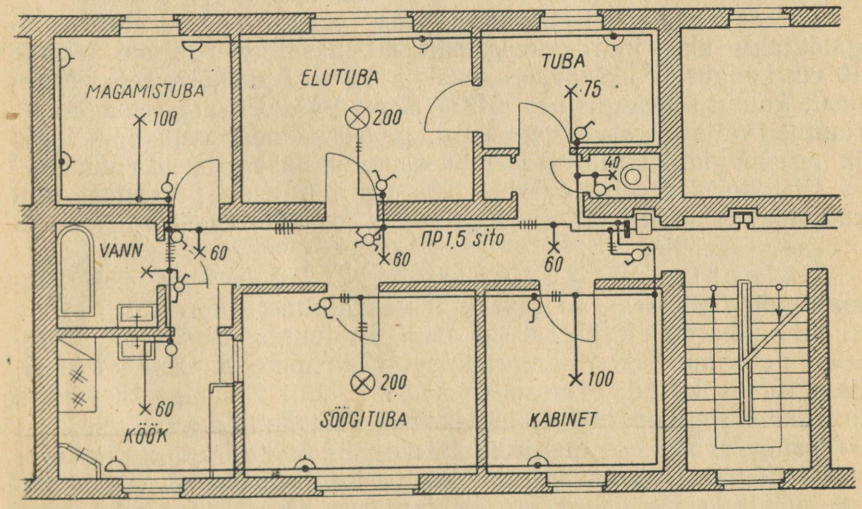
* Sirgetel lõikudel kuni 4 m võib võtta toru lähema väiksema läbimõõduga.

Tabelis on antud isoleertorude nimiläbimõõdud mm-tes. Isoleertoru pinna peal — *ito*, süvistatult seinakatte all — *sito*.

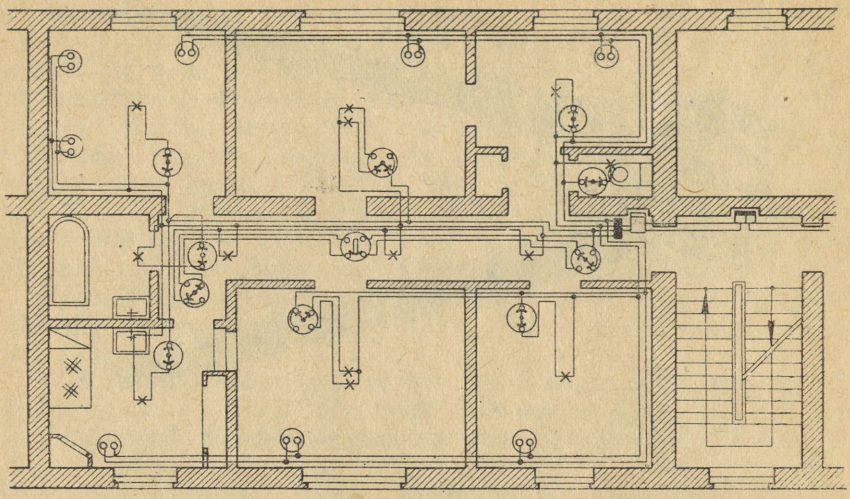


Joon. 8. Isoleertoru painutamise tangid.

Üldisi nõudeid valgustusvõrgule. Kõik magistraalliinid ja nendega seotud pea- ja magistraalkilbid, mida läbib arvestamata vool, peavad asetsema hoone neutraalsetes, igal ajal ligipääsetavates ruumides, s. o. üldtrepikodades ja üldkäikudes. Erandina tohivad magistraalliinid läbida abonendiruume (korterit) üksnes süvistatult paigaldamisel või terastorus. Kõik arvestamata voolu piirkonnas olevate magistraalliinide harukarbid, kaitsmed ja magistraalkilbid peavad olema plommitavad. Peamagistraalid peavad olema kõikfaasilised ja kulgema katkilõikamatult läbi haru-



Joon. 9. Elektriseadme plaan.



Joon. 10. Eelmisel joonisel näidatud elektriseadme üksikasjalik lülitusplaan.

karpide kuni viimase magistraalkilbini või jaotuspunktini. Magistraalkilbid või jaotuspunktid paigaldatakse väljapoole käeulatuse piiri, tavaliselt uste kohale.

Arvestite asukoht. Arvestid koos rühmakilpidega peavad paiknema abonendi (korteri) neutraalses ruumis, milleks on esik või koridor. Arvesti paigalduskõrgus põrandast kuni arvesti «aknakeseni» peab olema 1,7 m.

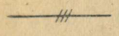
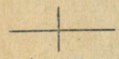
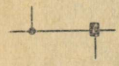
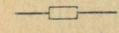
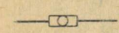
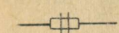
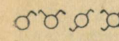
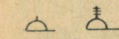
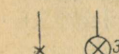
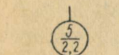
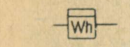
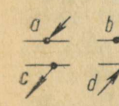
Lülitite ja pistikupesade asukoht. Lülitid paigaldatakse ukse juurde reeglipäraselt ukselingi-poolsele küljele 10 cm kaugusele ukseava raamist ja 1,3—1,5 m kõrgusele põrandast. Ruumi üldvalgustuse lülitid peavad üldiselt asetsema samas ruumis, välja arvatud vannitoad, gaasiseadmeid omavad köögid ja pesuköögid, kus lülitid peavad olema väljaspool neid ruume.

Pistikupesad paigaldatakse 0,7—1 m kõrgusele põrandast; eluruumides tavaliselt 0,7 m kõrgusele, s. o. aknalauast või töölaua pinnast allapoole.

Valgustusvõrgu juhtmestik. Jaotusvõrgu, s. o. rühmaliinide ristlõikeks on tavaliselt vaskjuhtmete korral 1,5 m^2 ja alumiiniumjuhtmete korral 2,5 mm^2, kusjuures need liinid kaitstakse maksimaalselt 10-ampriste sulavkaitsmetega. Ühte ühefaasilisse rühma koondatakse maksimaalselt kuni 20 valgustuspunkti, kusjuures pistikupesa loetakse ka valgustuspunktiks.

Toitevõrgu, s. o. magistraalliinide juhtmete ristlõige määratakse lähtudes koormusest ja lubatavast pingekaost, kusjuures minimaalseks ristlõikeks on vaskjuhtmete korral 2,5 mm^2 ja alumiiniumjuhtmete korral 4 mm^2.

Elektriseadmete plaanidel kasutatavaid tingmärke

Tingmärk	Tähendus
	Elektriliin, kolmejuhtmeline
	Liini ristumine
	Liini harundamine harukarpide abil
	Kaitsme üldmärk
	Keermekaitse
	Kahepooluseline kaitse
	Majaühenduskast
	Magistraalkilp
	Rühma-(grupi-)kilp
	Ühe-, kahe- ja kolmepooluseline vinnaklüliti
	Liht-, rühma-(grupi-), vaheldus- ja ristlüliti
	Kahe- ja kolmepooluseline pistikupesa
	Liht- ja rühma-(grupi-) valgustuspunkt (3×60 — kolm lampi à 60 W)
	Mootor (nr. 5, 2,2 kW)
	Elektrienergia arvesti
	Vertikaalselt kulgevate liinide tähistamine: *a* — energia suund ülalt, *b* — energia suund üles, *c* — energia suund alla, *d* — energia suund alt.
ito *sito* *kto* *gto* *sgto*	Paigaldusviisi tähistamine: *ito* — isoleertoru pinna peal, *sito* — süvistatult; *kto* — kummitoru; *gto* — gaasitoru; *sgto* — süvistatud gaasitoru

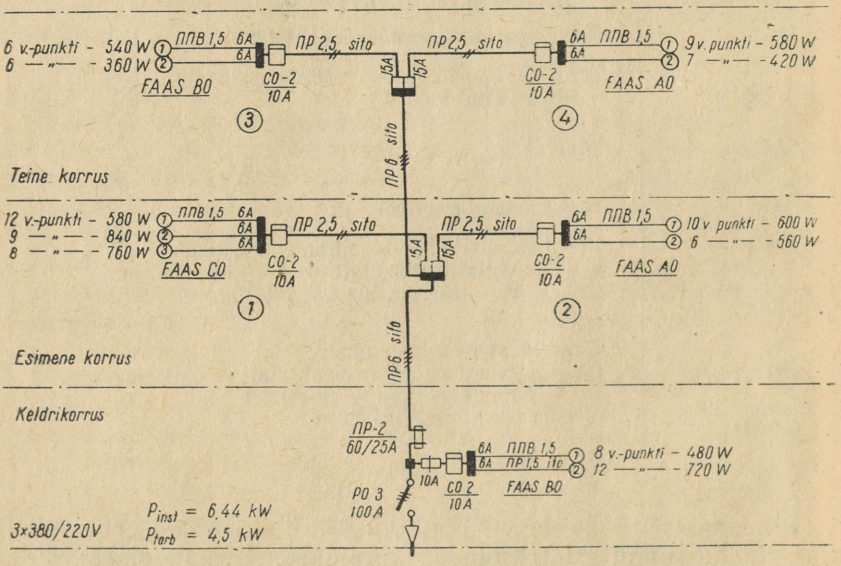
Pinnapealse paigaldusviisi puhul tuleb liinide trasseerimisel silmas pidada ruumi arhitektuurset kujundust, et seade oleks võimalikult vähe silmatorkav ja nägus. Horisontaalsed liinilõigud paigaldatakse tapeedi või seinavärvi piirdejoont mööda, vertikaalsed lõigud aga peidetuna vastu akna- ja ukseavade raamistust. Val-

gustite juurde laes kulgevad liinid paigaldatakse risti aknaga, et liini see lõik oleks võimalikult vähe tähelepandav.

Elektriseadmete plaanid ja skeemid. Elektriseadmed hoones ehitatakse eelnevalt koostatud plaanide ja skeemide alusel. Plaanid kujutavad enesest läbi hoone teatava korruse (või selle osa) tehtud horisontaalset lõiget, millel on ettenähtud kohtades tingmärkide abil näidatud vajalikud aparaadid (lülitid, pistikupesad, valgustid, rühmakilbid, arvestid, harukarbid jne.) ja juhtmeliinid. Iga üksik paigaldatav liin näidatakse ühe joonega, kusjuures liini üksikutes lõikudes vajalik juhtmete (või juhtmesoonte) arv, kui neid on enam kui kaks, märgitakse põikkriipsukestega. Näide elektriseadme plaanist on toodud joonisel 9; sellel näidatud seadme üksikute osade omavahelisi ühendusi näitab joon. 10.

Seadme skeemid koostatakse nn. ühejooneskeemina ja nendel näidatakse samuti tingmärkide abil hoone toitevõrgu osa alates peakaitsmetest või peakilbist kuni jaotusvõrgu (rühmaliinide) alguseni. Skeemile märgitakse kõik toitevõrgu ja selle üksikosade, samuti ka jaotusvõrgu tehnilised andmed. Näide skeemist on toodud joonisel 11.

Plaanidel ja skeemidel kasutatavad põhilised tingmärgid on toodud tabelis lk. 19.



Joon. 11. Hoone toitevõrgu skeem.

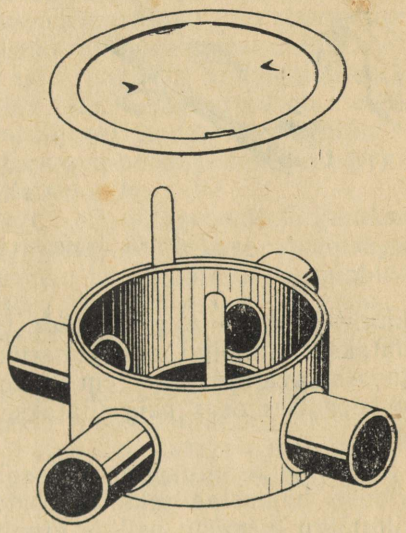
§ 6. HOONE VALGUSTUSSEADME MONTAAŽ

P a i g a l d a m i s v i i s i d. Hoone valgustusseadmete ehitamisel on tänapäeval kasutusel järgmised paigaldamise viisid:

1) pinnapealne paigaldamine isoleeritud juhtmetega isoleertorudes,
2) pinnapealne paigaldamine torujuhtmetega (kuuloga),
3) pinnapealne paigaldamine kaabeljuhtmetega,
4) pinnapealne paigaldamine lamejuhtmetega,
5) süvistatud paigaldamine isoleeritud juhtmetega isoleertorudes,
6) süvistatud paigaldamine isoleeritud juhtmetega poolkõvades kummitorudes,
7) süvistatud paigaldamine paeljuhtmetega.

Allpool käsitletakse üksikasjaliselt ainult pinnapealset paigaldamist, sest süvistatud paigaldamise rakendamine praktiliste tööde läbiviimisel on kooli tingimustes raskendatud.

P i n n a p e a l n e p a i g a l d a m i n e i s o l e e r t o r u d e g a. Elu- ja ühiskondlikes ruumides, kus ilule omistatakse erilist tähtsust, kasutatakse portselanist või bakeliidist harukarpe (joon. 21). Kõrvalistes ruumides, nagu näiteks keldrikorruse käikudes, ladudes, kuurides jne., kasutatakse süvistatud paigaldamiseks määratud toruotsikutega plekk-harukarpe (joon. 12). Isoleertorude sisseviik harukarpi on kummalgi liigil erinev.



Joon. 12. Plekk-harukarp.

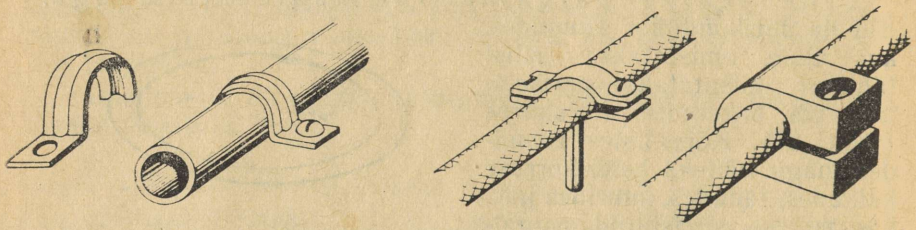
Portselanist või bakeliidist harukarpide puhul paigutatakse torud kohale pärast harukarpide paigaldamist, sest kaaneta harukarpi on toru sisestamine võimalik esiküljelt. Plekk-harukarpidesse aga tuleb torud küljelt toruotsikutesse sisse pista. Sel puhul toimub torude ja harukarpide paigaldamine järkjärgult: kõigepealt paigutatakse kohale esimene harukarp, pistetakse sellesse järgmise harukarbini ulatuva liinilõigu toru (vajaduse korral torusid jätkates) ja omakorda selle otsa järgmine harukarp, mis alles seejärel kinnitatakse kohale. Edasi toimitakse analoogiliselt.

Pinnapealsel paigaldamisel süvistatakse plekk-harukarbid alati kuni toruotsikuteni seina pinna sisse, et toruotsikud ja neisse sise-

nevad torud liibuksid vahetult vastu seina ega tarvitseks montööril torusid asjatult seinast eemale painutada.

Paigaldamise eel tutvutakse kõigepealt ruumide seisukorra ja plaaniga ning viimase järgi määratakse üksikute aparaatide — harukarpide, lülitite, pistikupesade, valgustite jne. — paigaldamiskohad, liinide trassid seinal ja seintesse puuritavatele või raiutavatele läbiviiguavadele sobivamad kohad. Liini horisontaalsete ja laega rööbiti paigaldatavate lõikude paigalduskõrguse määramisel võetakse arvesse, et üksikud lõigud tuleb paigaldada kogu ruumi ulatuses samale kõrgusele ja võimalikult peidetuna tapeediäärise või seinavärvi kantjoone kohale. Kui aga viimased asuvad suhteliselt madalal (allpool ukse- või aknaava ülemist serva) või üldse puuduvad, siis paigaldatakse liinid 20—30 cm allapoole lage.

Järgnevalt puuritakse seintesse liinide läbiviiguavad, paigaldatakse kohale portselan- või bakeliitharukarbid ja tähistatakse nende vahel kui ka lülitite ja pistikupesade juurde kulgevatel liinilõikudel



Joon. 13. Juhtmete ja torude kinnituspellid.

kinnitusvahendite, nn. *pellide* (joon. 13) asukohad. Pellid paigaldatakse liinilõigu otstel harukarpide, pistikupesade või lülitite juures tavaliselt 5—7 cm kaugusele viimastest, kuna liinilõigu vahepealses osas paigaldatakse pellid üksteisest 50—70 cm kaugusele.

Pellide kinnituspunktide asukoha (või liini trassi) seinale märkimise hõlbustamiseks kasutatakse abivahendina horisontaalse liinilõigu otsmiste pellide kinnituspunktide vahele pinguletõmmatud nööri ja vertikaalse liinilõigu kohal nöörloodi. Viimistlemata seinte puhul aga tehakse seinale ja lakke vajalikes kohtades liini trassi tähistavad kriipsud. Selleks kasutatakse samuti nööri, mis on kuiva värviga või söega üle tõmmatud. Ettenähtud kohale ülespingutatud nööri seinast eemaletõmbamisel ja järgneval lahtilaskmisel jääb vajalik jälg seinale.

Harukarpide vahele paigaldatava toru pikkus määratakse eelneva mõõtmise teel. Seejuures võetakse arvesse, et toru peab ulatuma harukarbi, lüliti või pistikupesa sisse vähemalt selle seina-

paksuse ulatuses. Sirge liinilõigu puhul on mõõtmine ja toru ettevalmistamine lihtne, kuna aga painutatava toru väljamõõtmine ja ettevalmistamine on märksa keerulisem, sest pinnapealsel paigaldamisel tõmmatakse juhtmed torudesse sageli enne viimaste painutamist ja kohaleasetamist.

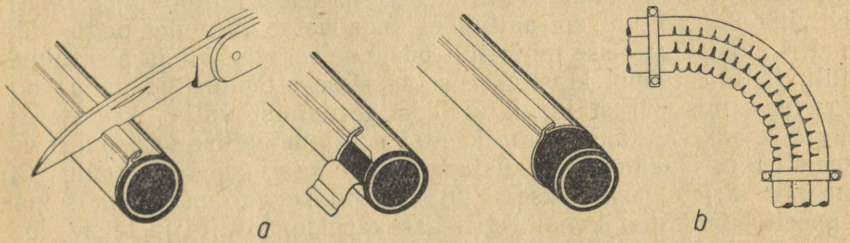
Eesti NSV-s kasutatavate ja tehases «TEP» toodetavate isoleertorude väline terasplekist kest ei oma kaitset roostetamise vastu. Seepärast kehtib nõue, et kõik isoleertorud tuleb enne kasutamiselevõtmist õlivärviga üle värvida või lakkida. Värvi ja toru välispinna omavaheliseks kindlamaks sidumiseks puhastatakse isoleertoru enne värvimist tootmisprotsessis toru pinnale jäänud määrdest.

Ülevärvitud isoleertorud kontrollitakse enne nende monteerimist. Kontrollimisel vaadatakse, et toru oleks seest terve, et ei esineks torus immutusainest prunte ega papikihtide lahtikeerdumist, mis takistaks traatide sissetõmbamist.

Isoleertorude lõikamisel ja monteerimiseks ettevalmistamisel kasutatakse kõva teraga nuga. Iga torulõigu mõlemas otsas kõrvaldatakse alati väline plekk-kest 3—10 mm ulatuses, et vältida sissetõmmatavate juhtmete isolatsiooni vigastamist montaažtööde käigus. Kõrvaldatava plekk-kesta osa pikkus sõltub toru sisenemise ulatusest vastavasse esemesse (harukarpi, pistikupessa, lülitisse, jätkumuhvi). Igal juhtumil ei tohi toru papposa kohalemonteeritud eseme juures väljastpoolt nähtav olla. Selline toru otsa ettevalmistamine on vajalik veel teisel põhjusel: noaga risti läbilõigatud torul pööründuks väliskesta serv toru ava poole ja tekkinud terav serv muutuks ohtlikuks juhtmete isolatsioonile.

Toru ots valmistatakse ette järgmiselt. Kõigepealt lõigatakse vajalikus kohas risti toru õmblusega sälk, pööratakse noaotsaga või külgmokk-tangidega lahti kattepleki kõrvaldatava osa õmblus ning käristatakse selle osa plekk toru ümbert maha. Järgnevalt surutakse torul oleva katte väljapöördunud serv tagasi vastu pappi (joon. 14, *a*).

Isoleertorud jätkatakse igal torul kaasasoleva umbes 5 cm pikkuse pistemuhvi abil. Viimane peab võrdselt ulatuma mõlemale jätkatavale torule. Iga pistemuhvi juures kinnitatakse üks jätkatavatest torudest pelliga, et kinnitatava toru kaudu suruda piste-



Joon. 14. Isoleertoru otsa ettevalmistamine (*a*) ja isoleertorude painutused (*b*).

muhv koos torudega tihedalt vastu seina ja tõkestada pistemuhvi nihkumist. Pistemuhvid värvitakse eelnevalt samuti nagu torudki.

Torule nägusa ja õigele kohale korrektse painutuskõveruse saamiseks toimitakse järgmiselt. Kõigepealt määratakse vahetu mõõtmisega vajalik toru pikkus harukarbist kuni liini pöördepunktini, näiteks seina nurgani. See pikkus mõõdetakse välja isoleertorul alates selle otsast. Väljamõõdetud kohast alustataksegi toru painutamist, s. o. toru läbimõõdule vastavate torutangidega painutussälkude tegemist arvestusega, et ligikaudu üks kolmandik tehtavaist sälkudest jääks harukarbi poole ja kaks kolmandikku — vastaspoole. See on vajalik seepärast, et torul väljamõõdetud koht nihkub pärast toru painutamist harukarbi suhtes sellele lähemale (ehk nurgast kaugemale). Painutamise käigus katsetatakse toru painutuskoha ja toru sobivust vahetult seinal; vajaduse korral lisatakse painutuskohas paar sälku ühele või teisele poole.

Painutussälgud tehakse ühtlase, toru läbimõõdust ja soovitavast painutusraadiusest sõltuva sammuga. Viimane ei tohi aga olla alla 5 mm ja sälke pole lubatud teha toru õmbluse peale. Minimaalne painutusraadius pinnapealsel paigaldamisel on kuuekordne toru väline läbimõõt. Samas tasapinnas pöörduvad rööbiti kulgevad torud painutatakse selliselt, et rööpsus säiliks ka painutuskoha piirkonnas, kusjuures pöördenurga sisemine toru omaks minimaalset lubatavat painutusraadiust. Seega on sel puhul igal rööbiti kulgeval torul erinev painutusraadius (joon. 14, *b*). Mida suurem on raadius, seda harvemalt paiknevad painutussälgud. Rööbiti kulgevad torud painutatakse kõige jämedamale torule minimaalselt lubatava painutusraadiusega.

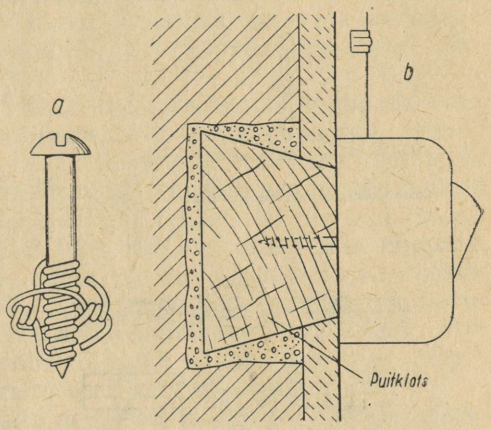
Nagu eespool mainitud, kinnitatakse torud kohale pellide vahendusel. Pellide kui ka aparaatide kinnitamiseks kasutatakse 3—5 cm jämedusi mitmesuguse pikkuse ning kumera peaga puidukruvisid. Need kinnitatakse puitseinale vahetult, kuna kivi- või betoonseinale traatspiraal- või puittüüblite abil.

Traatspiraal-tüübli valmistamisel kasutatakse sobiva läbimõõduga pehmet terastraati, mis keritakse vahetult kruvi keermesse; seejärel keerutatakse traadi lahtised otsad paari keeru ulatuses omavahel kokku esmalt kruvi ühel ja siis teisel küljel (joon. 15, *a*). Niiviisi kujundatud spiraaltüübel moodustab kruvile nagu tiibmutri, mis seina sisse müüritult püsib selles kindlalt ja pöördumatult. Selline tüübel kipsitakse seina sisse ettepuuritud auku koos kruviga, mis pärast kipsi täielikku tardumist välja keeratakse. Vajalik auk raiutakse seina käsitsi parajamõõtelise teraspuuri või meisli ning haamri abil, kusjuures kogu raiumise vältel puuri või meislit järjest pööratakse. Kuna kruvid peavad asetsema seinas täpselt ettenähtud kohal (eriti harukarpide, lülitite ja teiste aparaatide kinnitamisel), siis tähistatakse kruvi täpne asukoht enne augu raiumist kahe risti tõmmatud kriipsuga. Kruvi koos

tüübliga kipsitakse ettepuuritud auku täpselt kriipsude ristumiskohale.

Mõnikord kasutatakse kruvide kinnitamiseks kiviseina puuritud auku sissetaotud puitpulki. See võte on aga täiesti lubamatu, sest esiteks puidukiudude sihis pole võimalik kruvi küllaldase tugevusega kinni keerata ja teiseks puitpulk, mis enamasti on poolkuivast puidust, võib kokkukuivanuna koos kruviga august välja tulla.

Üksikute kruvide kiviseina kinnitamisel tuleb ikka kasutada traatspiraaltüübleid.



Joon. 15. Traatspiraal-tüübel (*a*) ja puitklotstüübel (*b*).

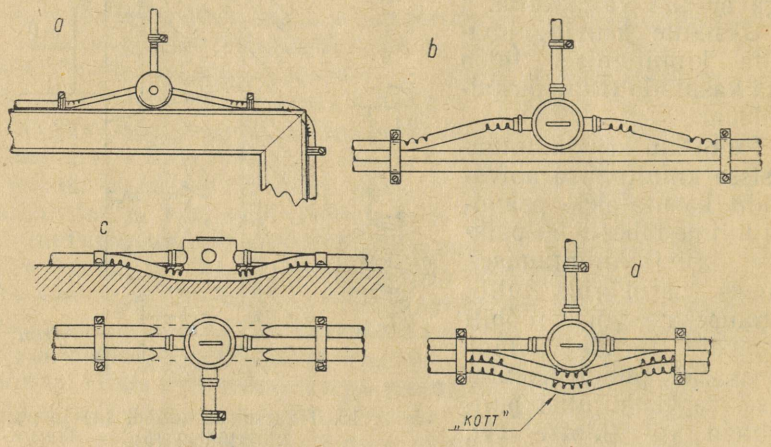
Puitu kui kruvide müüri sisse kinnitamise abivahendit kasutatakse peamiselt mitme lähestikku paikneva kruvi kinnitamisel, näiteks harukarbi, lüliti, pistikupesa või rööbiti kulgevate torude peilide juures. Sel puhul kasutatakse trapetsikujulisi puittüübleid või -klotse (vt. joon. 15, *b*), mis kipsitakse seina raiutud pesasse lapiti, nii et puidukiud oleksid seinaga rööbiti. Selliselt paigaldatud tüübis püsivad kinnituskruvid kindlalt.

Pinnapealsel paigaldamisel peab kogu montaaž olema teostatud puhtalt ja nägusalt, eriti tapeediga kaetud seinte puhul. Seepärast lõigatakse tapeeditud kiviseintel tapeet tüübliaugu kohal parajas ulatuses noaga risti lõhki ja painutatakse seinast eemale. Paljastatud kohta raiutakse auk, kipsitakse sellesse tüübel koos kruviga, tasandatakse ja pärast kipsi kuivamist pööratakse tapeet tagasi oma kohale, vajaduse korral kinni liimides.

Tüüblite seina sisse müürimiseks, igasuguste avade ning kanalite sulgemiseks ja silumiseks kasutatavat kipsmörti valmistatakse iga kord parajasti sellises koguses, et seda suudetaks enne tardumist ära kasutada. Mördi valmistamise nõuks sobib kõige paremini kummist kausike või poolik kummipall, kuhu valatakse parajal hulgal vett, puistatakse sellesse müürikipsi ja segatakse pulgakesega, kuni saadakse kasutamiseks paraja paksusega mört. Kumminõu on eriti sobiv, sest nõu seinte külge tardunud mördijääk on hõlpsasti kõrvaldatav nõu kokkumuljumisega.

Harukarbid paigaldatakse liinile reeglipäraselt nii, et nendesse kahelt pool suubuvad torud kulgeksid sama sirget mööda. Mõnel juhtumil pole see nõue täidetav, näiteks kui harukarp tuleb paigal-

dada ukse piirdelaua serva vastu peidetavale liinile. Seadme nägususe ja vähema silmatorkavuse eesmärgil sisestatakse sellises kohas kahelt poolt harukarpi kulgevad torud teatava nurga all (joon. 16, *a*). Kaldenurk peab olema suhteliselt väike, et toru ots siiski korralikult siseneks harukarbi avasse. Selle saavutamiseks tehakse toru painutuskoht harukarbist küllaldasel kaugusel (sõltuvalt toru või torutraadi läbimõõdust 6—10 cm).



Joon. 16. Torude paigaldamine hargnemiskohtades.

Kuna toru sisestamise koht portselan- või bakeliitharukarpidel on enamasti karbi põhjast 2—3 mm kõrgemal, siis sisenevate torude otsad tuleb vastavalt seinast eemale painutada. Harukarpi otse siseneval torul tehakse painutussälgud mitte lähemale kui 4—5 cm kaugusele toru otsast. Nurga all siseneval torul täiendavaid ülespainutuse sälke pole vaja, sest kaldenurga saavutamise painutus täidab ka selle ülesande. Seejuures ei tohi painutussälkude arv olla liiga suur — piisab 2—4 sälgust. Torud kinnitatakse harukarbi juures vahetult painutussälkude juurde paigaldatava kinnituspelliga.

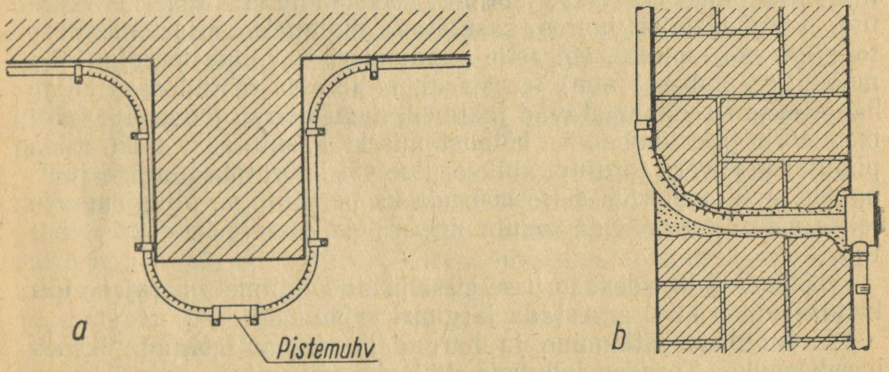
Mitme rööbiti kulgeva liini (toru) korral tekib raskusi üksiku liini harundamisel. Äärmise liini ühepoolsel harundamisel võib harukarbi ja torud paigaldada analoogiliselt joonisel 16, *a* näidatuga (joon. 16, *b* — plekk-harukarbi puhul). Üldiselt aga nii äärmiste kui ka sisemiste liinide ühe- või kahepoolsel harundamisel süvistatakse harukarbist mööda kulgevate liinide torud parajas pikkuses harukarbi alla, seina või krohvi sisse (joon. 16, *c*). Torude jaoks tehakse harukarbi alla vajalikud süvendid ettevaatlikult, et mitte asjatult rikkuda seinaviimistlust. Tapeedi säilita-

miseks ja määrimise vältimiseks toimitakse samuti nagu tüüblite kinnitamiselgi. Tapeedisse tehakse noaga sisselõige piki vajalikku süvendit selle pikkuses ja süvendi mõlemas otsas risti, süvendist veidi laiemas ulatuses. Tapeedi alt vabastatud kohta tehakse teravate külgkantidega süvend ning paigaldatakse sellesse harukarbist mööda kulgevad torud. Pärast viimaste paigaldamist ja kinnikipsimist sobitatakse lahtilõigatud tapeedisiilud tagasi oma kohale. Tapeetimata ja värvitud seinte korral kipsitakse teravate kantidega süvendis olevad torud kinni puhtalt ja viimistletakse uue värvikihiga.

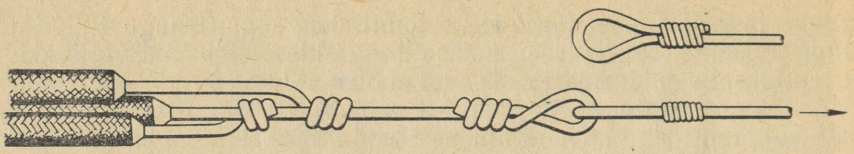
Torud paigaldatakse selliselt, et neisse ei saaks koguneda vett. Temperatuuri kõikumise tulemusena võib õhus sisalduv veeaur toru sees veeks kondenseeruda. Eriti kergesti võib see aset leida hoone välisseintel paiknevates torudes, sest külmemad välisseinad soodustavad veeauru kondenseerumist. Teatavasti on vesi isolatsiooni vaenlane ja seepärast ei tohi torudel kunagi olla nõgusid, nn. veekotte (vt. joon. 16, *d*). Laetalade või ukseavade alt ümbermineku madalaimas kohas jätkatakse torud pistemuhviga või harukarbiga (joon. 17, *a*). Nende kaudu saab kogunenud vesi välja nõrguda. Erijuhtumeil, kui pole võimalik vältida veekotte, puuritakse selle madalaimas kohas torusse vee väljavoolu auk.

Talade või silluste alt läbiminekul on talade ja silluste sisseraiumine keelatud, vastasel korral nõrgeneb nende kandevõime. Sama nõue kehtib ka kandesammaste kohta.

Isoleertorude paigaldamisel läbi seina mingit täiendavat kaitset ei kasutata. Läbiviikudel läbi lae või põranda kaitstakse aga isoleertorud täiendavalt põranda juures umbes poole meetri ulatuses kas terastoru, nurkraua või ülelöödava plekiga. Tuleb arvestada, et kahtepidi painutatud toru läbiviik läbi seinaava on paksu seina korral võimatu ja toru jätkamine seinaava sees kui mitte võimatu, siis lubamatu. Seepärast paigaldatakse kahtepidi horisontaal-



Joon. 17. Isoleertoru paigaldamine tala alt läbiminekul ja seina läbimisel.



Joon. 18. Juhtmete sidumine torusse tõmbamise traadi külge.

pinnas seina läbivale liinile alati seina ühele küljele harukarp. Teise seinakülje poolt painutusega seinaavasse suunduv toru suubub harukarpi läbi selle põhja (joon. 17, *b*).

Nagu eespool öeldud, valitakse isoleertorud kooskõlas paigaldusviisiga ja torudesse tõmmatavate juhtmete arvu ning ristlõikega. Kõik ühte vooluringi (samade kaitsmetega kaitstavasse liini) kuuluvad kõrvuti kulgevad juhtmed tõmmatakse alati ühte ja samasse torusse.

Juhtmete torudesse tõmbamisel jälgitakse, et nad kulgeksid torus vabalt ja rööbiti. Omavahel keerdu tõmbunud juhtmete sissetõmbamine on juhtmepundi suurenenud läbimõõdu tõttu raskendatud, seda eriti keerukoha sattumisel toru painutuskohale. Pealegi tuleb arvestada, et nulljuhtmega võrgu korral peab montaažtööde käigus alati teada olema, missugune sissetõmmatavatest juhtmetest on nulljuhe. Selle määramiseks tekib sageli vajadus liigutada üksikuid juhtmeid juba paigaldatud torus.

Õigem on öelda, et juhtmeid ei tõmmata, vaid lükatakse torusse. Seejuures võetakse üksikutest juhtmekeradest otsapidi vajalik arv juhtmeid, nende otsad asetatakse ühetasaselt kõrvuti ja lükatakse toru otsast sisse. Õigesti valitud ja korrektselt painutatud torudesse lükkuvad rööbiti ning mitte kokkukeerdunud juhtmed sisse vabalt, ilma erilise raskuseta. Halvemal juhtumil, eriti kui torul on mitu painutust, tuleb juhtmed torudesse siiski sisse tõmmata. Sel puhul lükatakse läbi toru spetsiaalne (tavaliselt süvistatud paigaldusviisi juures kasutatav) juhtmete sissetõmbamise teraslint või -spiraal, või selle puudumisel tavaline paraja läbimõõduga (umbes 1 mm) terastraat, mille otsa tehtud aasa külge haagitakse sissetõmmatavad juhtmed, nagu näitab joonis 18. Juhtmete torudesse tõmbamise hõlbustamiseks kasutatakse talki, mida puhutakse kõvera torujupi abil torusse või hõõrutakse lapiga juhtmetele. Juhtmeid võib sisse hõõruda ka parafiiniga. Mingisuguste teiste määrete ega õlide kasutamine selleks otstarbeks ei ole lubatud.

Üksikutest keradest torusse sisselükatud juhtmete parajaks lõikamisel tuleb alati arvestada järgmisi asjaolusid.

1. Juhtmete jätkamine ja harundamine on lubatud üksnes harukarpides. Torudes juhtmete jätkude esinemine on määruste järgi täielikult keelatud.

2. Igasugune juhtmejätk kui ka hargnemine on elektriseadme nõrgimaks kohaks. Olgu juhtmed ühendatud jootmise või klemmide abil, ikka on tõenäoline halva kontakti olemasolu, s. o. suur üleminekutakistus voolule üleminekul ühelt juhtmelt teisele. Eriti halb juhtmetevaheline kontakt on kokkukeerutatud ja jootmata juhtmete puhul. Suurenenud üleminekutakistuse tõttu kuumeneb ühenduskoht, juhtmete vaheline kontakt halveneb veelgi ja lõpuks võib tekkida juhtmete vahele säde (kaarleek), mis võib juhtmeid viia sulamiseni ja seega põhjustada tulekahju. Halvad kontaktid põhjustavad pealegi häireid raadio- ja televisioonisaadete jälgimisel. Neil põhjustel pole juhtmete jätkamine kokkukeerutamise teel lubatud. Kõik juhtmete ühendused peavad olema tehtud hoolikalt: tugevasti ja püsivalt kinnikeeratud klemmidega, korralikult tehtud jootmise või keevitusega. Igal juhul on parem, kui seadmes ei esine asjatuid juhtmejätkusid.

3. Juhtmeid lükatakse sageli läbi mitme üksteisega jätkatava toru niihästi enne kui ka pärast seinale paigaldamist.

Ülaltoodut arvestades toimub kerast võetud juhtmete sisselükkamine või -tõmbamine torusse enne nende kerast mahalõikamist järgmiselt.

Kohalepaigaldatud torude puhul lükatakse kõigepealt juhtmed esimese liinilõigu torusse alates selle algusest. Sisselükatud juhtmed tõmmatakse läbi selle liinilõigu edasi ja mõõdetakse välja liini suunas kuni harukarbini, milleni on praktiliselt võimalik juhtmeid paigaldada neid katki lõikamata. Alles siis lõigatakse juhtmed kerast lahti. Esimese liinilõigu läbinud juhtmed lükatakse järk-järgult järgmistesse liinilõikude torudesse. Seejuures tuleb üksikutesse harukarpide vahelistesse liinilõikudesse paigaldada ka lüliti ja valgusti vaheline juhe. Viimane võetakse samuti kerast, lükatakse liinilõigu torusse koos põhiliste juhtmetega ja tõmmatakse edasi, kuni ta küünib hargnevat toru kaudu selle lõpuni. Juhtme kerapoolne ots mõõdetakse välja teise hargnevasse torusse vajalikus pikkuses ja lõigatakse kera küljest lahti. Nii üks kui ka teine juhtme ots lükatakse harukarbist hargnevasse torusse koos liini põhilisest juhtmest hargneva juhtmega. Juhtmete tõmbamisel torudesse arvestatakse ühendamiseks ja jätkamiseks vajalikku tagavara harukarpides ning lüliti, pistikupesade ja valgustite juures.

Sissetõmmatud juhtmetega torude paigaldamise korral lükatakse juhtmed torudesse eelnevalt, enne torude kohalekinnitamist ja painutamist. Kõigepealt lõigatakse juhtmekerast välja vajaliku pikkusega põhilised juhtmed. Need lükatakse otsapidi esimesse torusse ja paigaldatakse koos toruga oma kohale, kusjuures juhtmete algots jääb liini algusesse. Seejärel tõmmatakse juhtmete teised otsad läbi järgmise (jätkuva) toru või läbi plekkharukarbi (kui just selline paigaldatakse) ning lükatakse need piki juhtmeid kuni juba paigaldatud toruni. Vajaduse korral jätkuv toru painu-

tatakse, jätkatakse eelmise toruga pistemuhvi abil kokku ja kinnitatakse oma kohale. Plekkharukarp aga lükatakse eelmise toru otsa ja kinnitatakse samuti oma kohale. Järgmiste liinilõikude torud lükatakse juhtmetele (ehk juhtmed torusse) analoogiliselt eelmistega. Liinilõikudes, kus peab paiknema lüliti ja valgusti vaheline juhe, lükatakse viimane koos põhiliste juhtmetega neile pealepistetavasse torusse. Lüliti ja valgusti vaheline juhe tuleb välja mõõta ja kerast maha lõigata kogu vajalikus pikkuses, et vältida asjatuid ühendusi harukarpides. Enne toru lõplikku paigaldamist pistetakse lüliti ja valgusti vahelise juhtme üks ots läbi kohalemonteeritud harukarbi toruotsikute ja juhe tõmmatakse harukarbist välja hargnemise suunas vajalikus pikkuses. Alles seejärel lükatakse toru harukarbi otsikusse ja kinnitatakse oma kohale. Järgmises harukarbis tõmmatakse lüliti ja valgusti vaheline juhe omakorda harukarbist välja läbi selle toruotsiku. Hargnevate liinide juhtmed lükatakse torusse ja torud paigaldatakse samuti nagu eelmisedki.

Pärast juhtmete torudesse tõmbamist tehakse vajalikud ühendused harukarpides, arvestades nulljuhtme ühendamise reeglit, ning suletakse kõik harukarbid kaanega. Plekk-harukarpides ühendatakse juhtmed kokkujootmise, -keevitamise või *klemmrõngaste* abil. Viimased kujutavad enesest portselanrõngast, millele on kinnitatud juhtmete ühendamise klemmid. Klemmrõngad peavad harukarbis paiknema kinnitamatult.

Järgnevalt paigaldatakse kohale lülitite, pistikupesade, seina- ja laepesade kui ka valgustite põhiosad, ühendatakse nende külge juhtmed, monteeritakse kohale kaaned, lambipesade pealmised osad ja valgustite kuplid koos hõõglampidega. Lakke riputatavate pendelvalgustite jaoks paigaldatakse kohale vajalikud konksud ja lakke suubuva liini juhtmete otsa kinnitatakse nn. *armatuurklemm* valgusti ühendamiseks kohtkindla võrguga.

Kogu ehituskäigu lõpus monteeritakse kohale arvestite aluslauad koos rühmakaitsmetega, magistraalkaitsmed või -kilbid ning kogu hoone pea-lülituskilp.

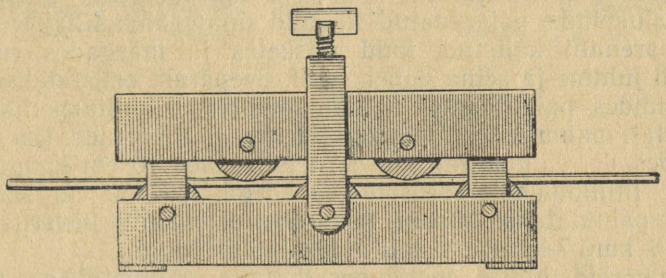
Pinnapealsel paigaldamisel värvitakse viimase tööna kõik paigaldatud isoleertorud (samuti plekk-harukarbid) teistkordselt üle ruumile sobivas värvitoonis.

Tuleb märkida, et kirjeldatud paigaldusviis pole kuigi sobiv elu- ja ühiskondlike ruumide elektriseadmete ehitamisel, sest kasutatavad suhteliselt jämedad isoleertorud seintel ja lagedel rikuvad ruumi üldilmet. Seepärast piirdutakse tänapäeval selle paigaldusviisi kasutamisel peamiselt teisejärguliste ruumidega. Elu- ja ühiskondlikes ruumides aga kasutatakse paigaldamist torujuhtmega, mis on isoleertorudest märksa peenem ja vähem silmatorkav.

P i n n a p e a l n e p a i g a l d a m i n e t o r u j u h t m e t e g a (k u u l o g a). Üldiselt on torujuhtme paigaldamise töökäik analoogiline isoleertorude paigaldamisega. Erinevus seisab vaid liini-

lõikude ettevalmistamises ja suhteliselt peenema juhtme tõttu väiksema läbimõõduga portselan- või plastmass-harukarpide kasutamises.

Torujuhe ehk nn. *kuulo* on poole peenem sama ristlõikega liinis kasutatavast isoleertorust ning teda turustatakse umbes 80 cm läbimõõduga kerades, milles on ligikaudu 50 m juhet. Et vältida torujuhtme keerdumist ja temasse murdekohtade tekkimist, tuleb torujuhe kerast lahti rullida. Seda tehakse kera põrandat mööda lahtiveeretamisega, surudes lahtiveeretatud juhtmeosa jalatallaga



Joon. 19. Kuulorullid.

vastu põrandat. Murdekohtadega torujuhtme paigaldamine pole lubatav. Tekkinud murdekohta võib asetada vahe- või harukarbi Lahtiveeretatud torujuhe pole veel täiesti sirge ja paigaldamiskõlbulik. Teda tuleb veel õgvendada käsitsi või vastava õgvendaja, nn. *kuulorullidega* (joon. 19). Õgvendamisel peab torujuhtme õmblus jääma külje peale. Vajaliku pikkusega juhtmelõik lõigatakse kerast montöörtangide lõiketeraga või metallisaega.

Enne paigaldamist vabastatakse juhtmelõigu ühes otsas üksikud kummiga isoleeritud sooned pealmistest katetest harukarbis ühendamiseks vajalikus pikkuses. Kõigepealt tehakse metallkesta õmblusele noaga risti sisselõige, keeratakse külgmokk-tangidega õmblus lahti, käristatakse metallkate juhtme ümbert maha ning surutakse selle üleskeeratud serv vastu pabermähist. Järgnevalt keerutatakse lahti ja käristatakse ükshaaval ära pabermähise ribad ning lõigatakse maha soontevahelised täitenöörid. Seejuures peab pabermähis ja nöörtäidis metallkesta alt välja ulatuma 3—5 mm. Seejärel tehakse juhtmele 3—5 cm kaugusel metallkesta otsast harukarbi juures vajalik ülespainutus. Ettevalmistatud otsaga torujuhe painutatakse vajalikus kohas ja sobitamisel oma paigalduskohale määratakse teise juhtmeotsa ettevalmistamise ulatus. Alles pärast juhtme teise otsa kattest vabastamist kinnitatakse ta vastavate pellidega oma ettenähtud kohale. Maksimaalne pellide vahemaa on 50 cm.

Pinnapealne paigaldamine kaabeljuhtmetega. Selle paigaldusviisi puhul kasutatakse kummiisolatsiooniga tinakaableid СРГ ja СРБ ning neid asendavaid plastikaadist mantliga nn. vinüliitkaableid ВРГ ja ВРБ. Kaablid СРГ ja ВРГ on soomustamata, СРБ ja ВРБ — soomustatud. Elu- ja ühiskondlikes hoonetes paigaldatakse neid niisketes ja märgades ruumides, kusjuures soomustatud kaableid seal, kus on olemas mehhaanilise vigastamise oht.

Kaabeljuhtmed paigaldatakse kas vahetult aluspinna vastu või teatavas kauguses sellest spetsiaalsete *distantspellide* vahendusel, mis hoiavad juhtme umbes 1 cm kaugusel aluspinnast. Vastu aluspinda paigaldatud kaablid on mehhaanilise vigastuse vastu paremini kaitstud, kuid niisketes ja märgades ruumides koguneb juhtme ja seina vahele vesi. Seepärast eelistatakse sellistes ruumides paigaldamist distantspellidel. Kinnituspellid asetatakse alati painutuste alguspunktidesse, harukarpide (ka lülitite, pistikupesade, valgustite) juurde neist umbes 10 cm kaugusele ja sirgetel liinilõikudel võrdsete vahedega, 30—50 cm üksteisest. Kaablid painutatakse käsitsi, kusjuures normaalne kõverusraadius võrdub 6- kuni 7-kordse kaabli välise läbimõõduga.

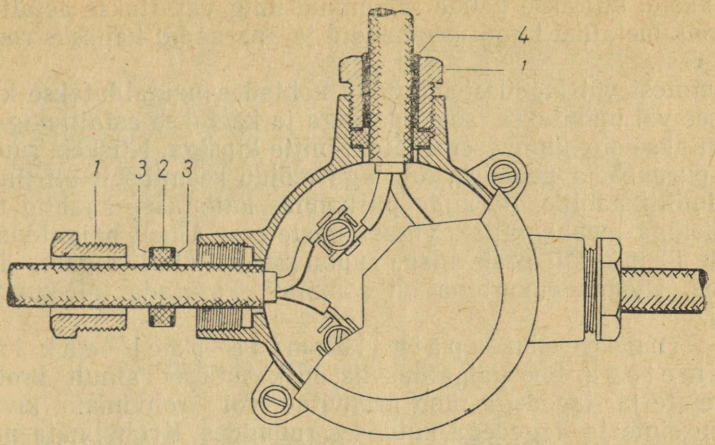
Harukarbid, lülitid, pistikupesad ja ka valgustid on niiskuskindlat tüüpi, kas malmist või bakeliidist, ja omavad tihenduspukse kaabeljuhtme sisestamiskohtades.

Kaabel valmistatakse ette sisestamiseks läbi tihenduspuksi järgmiselt.

Soomuskaablil (СРБ, ВРБ) kõrvaldatakse kõigepealt soomuse peal olev džuutmähis umbes 10 mm laiuse võruna ja seda soonte paljastamiseks vajalikus kauguses, arvates kaabli otsast. Džuutkatte võru lõigatakse välja noaga, tehes kaabli ümber kuni soomuseni kaks läbilõiget. Paljastatud kohale seotakse raudtraadist paari keeruga side soomuse kinnihoidmiseks edaspidises töökäigus. Traatsideme juures, selle kaabli otsapoolsel küljel viilitakse kolmkant-viiliga läbi terassoomus ja tõmmatakse see koos džuutmähisega kaabli otsast ära. Järgnevalt lõigatakse noaga ümberringi soomusealune tina- või vinüliitkesta peal olev kaitsemähis läbi ja eemaldatakse see koos traatsidemega. Seejuures ei tohi alumist tina- või vinüliitkesta täielikult läbi lõigata. Edasine kaabli ettevalmistamine toimub samuti nagu paljaste kaablite puhulgi.

Paljal tinakaablil (СРГ) tehakse kaablile ümberringi noaga sisselõige ja kaabli otsa kahele poole painutamisega murtakse tinakest lahti ning tõmmatakse ära. Seejärel keeratakse lahti tinakesta all olev paelmähis ja lõigatakse maha koos soontevahelise nöörtäidisega, kusjuures üksikute soonte kaitseks peab paelmähis kui ka nöörtäidis tinakesta alt välja ulatuma 2—3 mm ulatuses.

Paljal vinüliitkaablil (ВРГ) tehakse noaotsaga piki kaablit sisselõige soonte paljastamiseks vajalikus pikkuses, kusjuures üksiksoonte vigastamise vältimiseks ei tohi sisselõige ulatuda soon-



Joon. 20. Kaabli harukarpi sisestamine.

teni. Kaabli otsa juures lõigatakse väliskest umbes 1 cm ulatuses sisselõikekohal täielikult läbi. Kaabli otsas lahtilõigatud väliskesta nurkadest kinni haarates ja neid tagurpidi keerates käristatakse vinüliitkest piki sisselõiget lõhki, pööratakse vajalikus pikkuses pahempidi kaabli peale ja lõigatakse noaga maha.

Kaabel tihendatakse karbi (joon. 20) küljes olevas sisestusotsikus kummivõru abil, mis peab vastama kaabli jämedusele ja paiknema kaabli väliskestal. Monteerimise käigus pistetakse kõigepealt ettevalmistatud kaabli peale karbi sisestusotsiku seest väljakeeratud puks *1* ja kummivõru *2* koos kahe metallseibiga *3*. Seejärel sisestatakse kaabel karpi sellises pikkuses, et kaabli väliskesta ots oleks ühetasa karbi seina sisekandiga. Järgnevalt lükatakse kaablil olev kummivõru koos metallseibidega tagasi sisestusotsikusse ning keeratakse puks käsitsi kinni. Viimane keeratakse lõplikult kinni sobiva mutrivõtmega ja alles pärast seda, kui karp on kinnitatud oma kohale. Kaabli ja puksi siseseina vaheline tühimik kititakse tšatertonkitiga *4*.

Kogu paigaldusprotsessis märgitakse kõigepealt seinale ja lakke liinide trassid, harukarpide, lülitite, pistikupesade ja valgustite asukohad ning pellide ja aparaatide kinnituskruvide avade kohad. Seejärel raiutakse vajalikud avad ja paigaldatakse kinnituskruvid ja pellid. Järgnevalt mõõdetakse üksikute liinilõikude kaupa välja vajalik kaablilõik, valmistatakse see ette, sisestatakse lahtisesse karpi ja keeratakse tihenduspuksid käsitsi kinni. Pärast seda kinnitatakse kaabel koos harukarbiga oma kohale. Lõpuks ühendatakse kaablisooned karpides ning suletakse karpide kaaned. Enne kogu seadme valmimist keeratakse lõplikult kinni kõikide karpide tihen-

duspuksid, kititakse nende tühimikud ning värvitakse asfaltlakiga üle kõik metallist kinnitusvahendid ja aparaadid kaitseks roostetamise eest.

Seintest või lagedest läbiviigu kohtades paigaldatakse kaablid torusse või mähitakse isoleerpaelaga ja kaetakse asfaltlakiga ning müüritakse siis kinni tsemendiga, mitte kipsiga. Niiskeis ruumides kips puruneb ja pudeneb, lubi aga mõjub keemiliselt nii tina- kui ka vinüliitkaablile. Põranda piirkonnas kaitstakse kaablid toruga või plekiga mehhaaniliste vigastumiste eest. Ühelt paigaldusviisilt teisele üleminekul peab niiske ruumi seade alati algama kuivas ruumis. Üleminekukarbina on soovitav kasutada niiskuskindlat karpi.

Pinnapealne paigaldamine pael- ehk lamejuhtmetega. See paigaldusviis on kasutatav ainult krohvitud puitseinte ja -lagedega ning krohvitud või krohvimata kivi- või betoonseinte ja -lagedega kuivades ruumides. Krohvimata puitseinale pole lamejuhtmete vahetu paigaldamine lubatud.

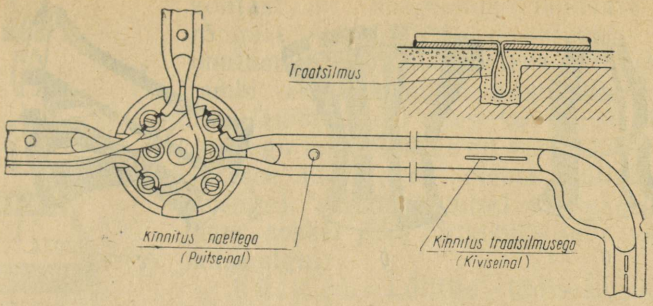
Lamejuhtmete monteerimiskäik on järgmine.

Kõigepealt valitakse ja tähistatakse juhtmete trass ja harukarpide asukohad, arvestades juhtme võimalikult varjatud paigaldamist kooskõlas ruumi arhitektuurse kujunduse joontega, karniisidega jne. Järgnevalt paigaldatakse harukarbid, millena kasutatatakse väikesemõõtmelisi portselanist või bakeliidist torujuhtme (kuulo) harukarpe. Seejärel mõõdetakse piki trassi vajaliku liinilõigu juhtme pikkus, arvestades harukarbis ühendamise tagavara, ja lõigatakse kerast vastav juhtmelõik. Väljalõigatud juhtmelõigud õgvendatakse ja paigaldatakse ettenähtud kohale, kusjuures kinnituskohtade vahekaugus on 15—20 cm, esimese kinnituskoha kaugus aga mitte üle 5 cm kaugusel karbist.

Juhe kinnitatakse krohvitud puit-aluspinnale terasnaeltega, mille läbimõõt on 1,5—1,75 mm, pikkus 25—30 mm ja pea läbimõõt 3 mm, kusjuures naelad lüüakse sisse täpselt soontevahelise kile keskjoone kohale. Juhtmesoonte isolatsiooni vigastamise vältimiseks tehakse viimased haamrilöögid sobiva torni vahendusel. Kivi- või betoonseintele ja -lagedele kinnitatakse juhe pehmest traadist tehtud silmuse abil. See valmistatakse 80—100 mm pikkusest traadilõigust kahekordseks keeramise teel. Traatsilmus kipsitakse ettepuuritud auku, kusjuures silmuse otsad ulatuvad pinnast välja 10 mm ulatuses. Juhe torgatakse vahekilega silmuse otste peale ja viimaste laialipainutamisega juhtme pikisuunas kinnitatakse seina külge.

Lamejuhtmed õgvendatakse ja nende pöördekohad painutatakse käsitsi. Lamejuhtme pöördekoha korralikuks painutamiseks lõigatakse selle pöördekohas välja soontevaheline kile 50—60 mm ulatuses ja pöördekoha sisemised juhtmesooned painutatakse vastavalt joonisele 21.

Juhe viiakse läbi seina kummi- või isoleertorus, kusjuures vii-



Joon. 21. Paeljuhtme sisseviik ja ühendamine harukarbis, pööramine ja kinnitamine traatsilmuse abil.

mase otstes kõrvaldatakse plekkmantel 5 mm ulatuses. Kohtades, kus pole välditav juhtme mehhaanilise vigastumise võimalus, tuleb juhet kaitsta.

Pärast juhtme paigaldamist harundatakse või ühendatakse juhtmesooned harukarpides. Selleks lõigatakse välja karpi sisestatud juhtme vahekile, vabastatakse juhtmesoonte otsad isolatsioonist ja ühendatakse klemmide alla. Sisseviigud ning ühendused lülititesse, pistikupesadesse ja teistesse aparaatidesse tehakse analoogiliselt.

Lamejuhtmeid ei tohi paigaldada kuumade torustike, ahjude ja pliitide lähedusse, kus temperatuur ületab +35° C.

§ 7. PRAKTILISED ELEKTRIMONTAAŽITÖÖD

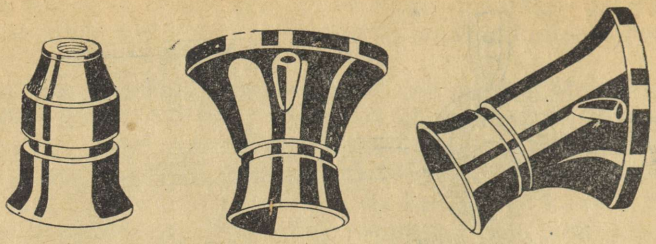
Töö nr. 1. **Praktiline tutvumine elektrivalgustusseadme aparaatidega**

Töö eesmärk. Õppida tundma elektrilambipesade, lülitite, ümberlülitite, pistikupesade, pistikute ja sulavkaitsmete ehitust ning töötamispõhimõtet, õppida selgeks nende lahtivõtmine ja kokkupanemine.

Aparaadid ja tööriistad: 1) surunupp-, kipp- ja pöördlülitid, 2) mitmesugused ümberlülitid, 3) liht-, lae- ja seinalambipesad, 4) pistikupesa koos pistikuga, 5) kaitsmepesa koos kaitsekorgiga või padrunkaitsmega, 6) harukarbid ja laerosetid, 7) kruvikeerajad laiusega 3 ja 6 mm.

Teoreetilisi juhiseid

Tutvume valgustusseadme aparaatide levinumate näidiste ehituse ja ülesandega.



Joon. 22. Liht- (*a*) , lae- (*b*) ja seina- (*c*) lambipesa.

L a m b i p e s a d. Nende vahendusel ühendatakse hõõglambid elektrivõrguga. Konstruktsiooni seisukohast liigitatakse lambipesad liht-, lae- ja seinapesadeks (joon. 22). Lihtpesad on määratud kas riputamiseks pendeljuhtme otsa või sisseehitamiseks mitmesugustesse valgustitesse. Lae- ja seinapesad on määratud kohtkindlaks paigaldamiseks vastavalt lakke või seinale. Lambipesade kered valmistatakse tänapäeval peamiselt plastmassist — bakeliidist või karboliidist.

Lambipesa koosneb alusest *1*, sellesse sissepandavast südamikust *2* ja pealmisest kaelusest *3* (joon. 23).

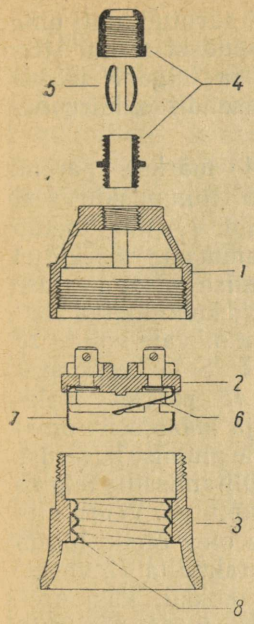
Lihtpesade alus omab põhjas sisseviiguava, mis on keermetatud nn. niplikeermega. Sellesse avasse keeratakse nippel *4*, mille ülesandeks on fiibrist papikeste *5* abil kinnitada lambipesa alus rippuva juhtme külge. See on vajalik südamikul olevate klemmide ja nendega ühendatavate juhtmeotste vabastamiseks mehhaanilisest tõmbest. Sama niplikeerme vahendusel kinnitatakse pesa mitmesuguste valgustite kere külge. Nii lae- kui ka seinapesa alus kinnitatakse lakke või seinale kahe kruvi abil. Ta omab kinnituspinna vastu liibuvas seinas sissepressitud õhemat kohta, mis lõiketangidega välja surutakse ja mille kaudu sisestatakse juhtmed.

Bakeliit- või portselansüdamikule on kinnitatud pesa põhjakontakti liible *6* ja külgkontakti liible või rõngas *7* koos nende juurde kuuluvate ühendusklemmidega juhtmete ühendamiseks. Südamik kinnitatakse liikumatult aluse sees olevasse pessa viimasele pealekeeratava kaeluse abil.

Kaeluse siseküljele on kinnitatud hõõglambi soklile vastava keermega metallrõngas *8* või on kaelus ise seestpoolt keermetatud.

Lambipesi valmistatakse ka tsingitud terasplekist või messingplekist kerega. Neil pesadel on külgkontakti moodustav ja hõõglampi hoidev keermerõngas kinnitatud portselansüdamiku külge, kusjuures keermerõngas on metallkere suhtes isoleeritud keermerõngale pealekeeratava portselanrõngaga.

Isoleermaterjalist kerega lambipesi ja selliseid, millede külg-



Joon. 23. Lihtlambipesa, osadeks lahtivõetuna (lõikes).

kontakt on hõõglampi hoidvast keermerõngast elektriliselt eraldatud, loetakse ohutustehniliselt parimateks. Nendesse hõõglambi sissekeeramisel pingestub sissekeeratava lambi sokkel alles keeramise lõpul, kui peaaegu kogu sokkel on varjunud pesa kaelusesse (see peab olema küllaldase pikkusega). Väljakeeramisel on olukord vastupidine: sokkel jääb pingetuks juba väljakeeramise algul.

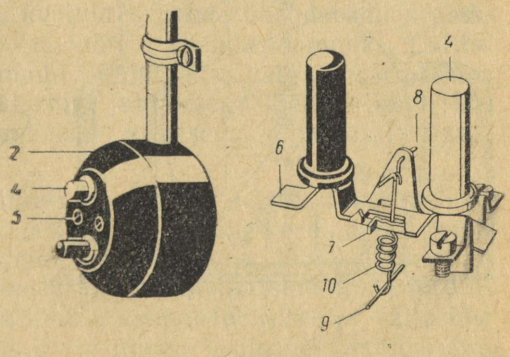
L ü l i t i d. Lülitite üldiseks ülesandeks on mitmesuguste tarbijate vooluringide katkestamine, taasühendamine ja ümberlülitamine.

Elektri-valgustusseadme kohtkindlas jaotusvõrgus — rühmaliinides — kasutatavaid lüliteid nimetatakse üldiselt *karplülititeks* ja seda nende karbikujulise väliskuju tõttu. Käsitsemise ja lülitamismehhanismi töötamispõhimõtte seisukohast liigitatakse nad surunupp-, kipp- ja pöördlülititeks ning lülitamisülesande seisukohast liht-, rühma- (või grupi-), vaheldus- ja ristlülititeks.

Kõik karplülitid (joon. 24, 25 ja 26) koosnevad alusest *1*, mille külge on kinnitatud lüliti liikumatud ja ka liikuvad osad, kaanest *2* ja selle kinnituskruvidest *3*. Surunupplüliteil on veel lisaks liikuva kontaktsilla lülitamisnupud *4* ja pöördlüliteil pööratava mehhanismi pide *5* koos selle kinnituskruviga.

Igal lülitil on iga üksiku vooluringi katkestuskohas kontaktide kombinatsioon, mis koosneb kahest kohtkindlast kontaktvedrust ja nende vahele lülituvast kontaktsillast. Kohtkindlad kontaktvedrud on varustatud klemmiga, mille külge ühendatakse katkestatava vooluringi juhtme ots.

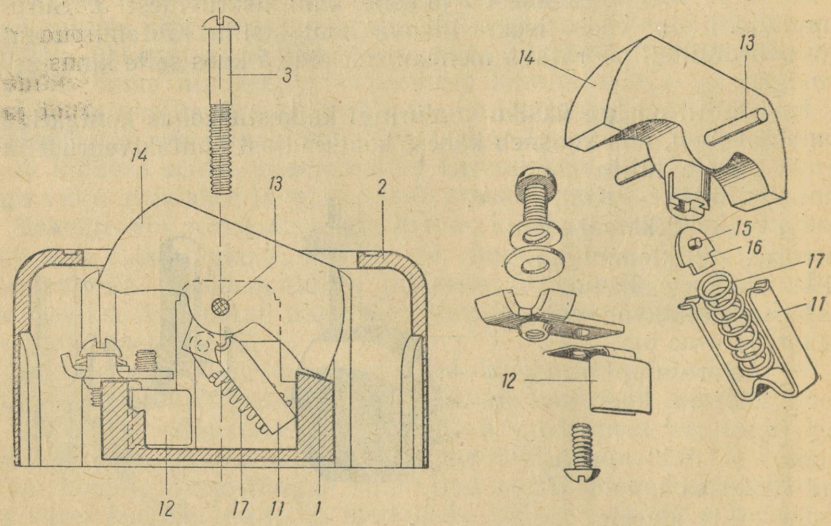
Surunupplülitil (joon. 24) on kaelkooguga sarnanev kontaktsillake *6*, mis toetub oma keskosas tappide *7* kaudu lüliti alusele ja on silla kõrvakesi läbiva võlli *8* ning aluse kül-



Joon. 24. Surunupplüliti ja tema mehhanismi üksikosad.

jes oleva telja *9* vahele pingutatud vedru *10* abil surutud alati ühte äärmisse asendisse. Vajutamisel ühele surunuppudest *4*, kui silla võll *8* jõuab üle nn. tasakaalupunkti (tapikesi *7* ja telge *9* läbiva tasapinna), hüppab kontaktsild teise äärmisse asendisse, kiirendades seega lülitamisprotsessi.

Kipplüliti (joon. 25) on surunupplülitist märksa parem, sest kogu lülitamise protsess on lülitamissilla liikumiskiirusest sõltumatu. Sellel lülitil on U-kujuline kontaktsild *11*, mis toetub oma ülemiste, kõrvalepainutatud otstega aluse sammaste siseküljel olevatesse laagripesadesse ja kiigub oma alumise otsaga aluse sees olevas süvendis. Süvendi ühes otsas paiknevad kohtkindlad kontaktvedrud *12*. Aluse sammaste ülemises osas paiknevale võllile *13* on asetatud isoleermaterjalist lülitamissild *14*. Selle keskosast väljaulatuva otsiku pilusse on pistetud võllil *15* pöörlev plekitükike *16*. Viimane ulatub vedru *17* otsast sisse ja hoiab seda omal kohal. Vedru toetub ühe otsaga kontaktsillale selle alumise kõveruse sees ja teise otsaga lülitamissilla otsiku vastu. Lülitamissilla telg *13* ja kontaktsilla *11* tugilaagrid asetsevad ühel tasapinnal. Vedru ülemine tugipunkt, milleks on lülitamissilla küljes olev otsik, liigub silla *14* pööramisel mainitud tasapinnast ja kontaktsilla *11* vahelt läbi. Silla *14* pööramisel surutakse vedru algul kokku, kusjuures kontaktsild *11* püsib paigal. Niipea aga, kui vedru tugipunkt läbib eelmainitud tasapinna, kargab kontaktsillake vedru toimel teise asendisse, sõltumatult lülitamissillakese *14* liikumisest.



Joon. 25. Kipplüliti (lõikes) ja tema mehhanismi üksikosad.

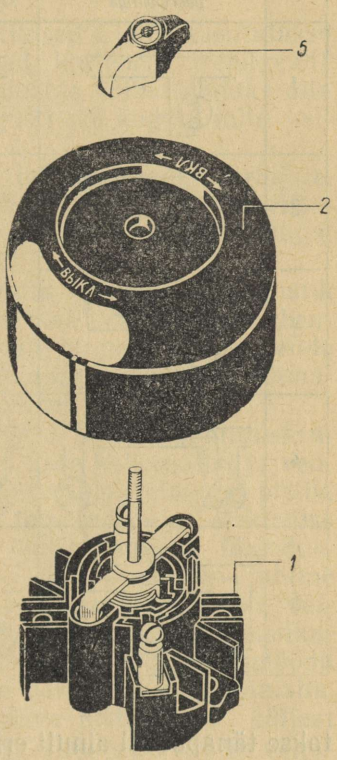
Pöördlülitil (joon. 26) on liikuv kontaktsild kinnitatud püstvõlliga seotud portselanist trumlile. Püstvõlli külge kruvi abil kinnitatud pideme pööramisel pöördub ka kohtkindlate kontaktvedrude vahel asetsev kontaktsillaga trummel, katkestades või ühendades lülitiga ühendatud vooluringi.

Paremat tüüpi pöördlülititel on püstvõll seotud trumliga vedrumehhanismi vahendusel, mis pöörab trumlit hüppeliselt ühest lülitamisasendist teise, tagades seega kiire lülitamise.

Nagu eespool oli märgitud, liigitatakse valgustusseadmeis kasutatavad lülitid lülitamisülesande järgi liht-, rühma-, vaheldus- ja ristlülititeks.

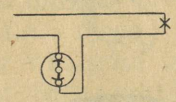
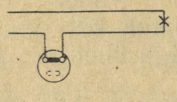
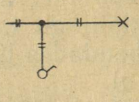
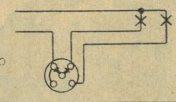
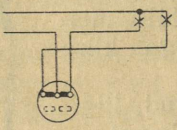
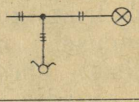
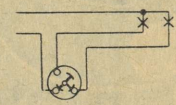
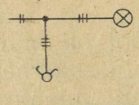
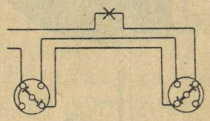
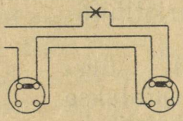
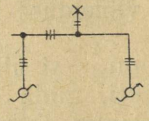
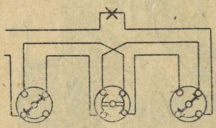
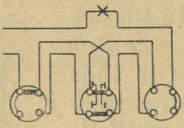
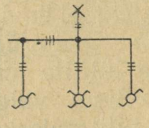
Lihtlüliti on sisuliselt ühepooluseline lüliti, mida kasutatakse lihtsaima vooluringi ühepooluseliseks katkestamiseks (tabel lk. 40, lülitus 1).

Rühma- ehk grupilüliti kuulub ühepooluseliste lülitite hulka ja teda kasutatakse selliste valgustusarmatuuride sisselülitamiseks, millede hõõglambid on jaotatud kahte rühma ehk gruppi, kusjuures kumbki rühm lülitatakse ühepooluseliselt (lülitus 2). Surunupp- või kippsüsteemiline rühmalüliti omab kaht ühepooluselist lülitamismehhanismi, mis on omavahel ühendatud järjestikku, kusjuures nende ühenduskohas paiknev klemm on toiteallika-poolse juhtme ühendusklemmiks. Lülitamismehhanismide teised klemmid ühendatakse valgustusarmatuuri kummagi lampiderühma vooluringi juhtmetega. Sellist tüüpi rühmalülitite lülitamismehhanisme saab käsitseda sõltumatult teineteisest.



Joon. 26. Pöördlüliti lahtivõetult.

Pöördsüsteemiline rühmalüliti on ehitatud teisiti. Tema mehhanismi pööramisel toimub voolu ümberlülitamine kordamööda kummalegi lampiderühmale, kusjuures vahepeal on lülitil katkestusseis. On aga olemas veel ühe lülitamiskombinatsiooniga pöördlüliti, mis kahte lampiderühma lülitab astmeliselt sisse ja välja ühe katkestusseisu juures (lülitus 3) ja nimelt: esimene lampiderühm sisse, teine rühm sisse, esimene rühm välja, teine rühm välja. Sellist liiki pöördlüliteid nimetatakse *seerialülititeks* ja neid kasuta-

Lülituse nr	Lülitusskeem		Piltskeem (märkimiseks plaanidel)	Lüliti nimetus
	pöördlülitiga	kipp- või surunupplülitiga		
1				Ühepoolne lüliti
2				Rühma-(grupi-) lüliti
3				Seerialüliti
4				Vaheldusülüliti
5				Ristlüliti

takse tänapäeval ainult erijuhtumeil, sest kõiki neid lülitamisi saab teha surunupp- või kippsüsteemiliste rühmalülititega.

Vaheldusülüliti on tüüpiline ühepooluseline ümberlüliti ilma vahepealse katkestusseisuta ja teda kasutatakse vooluringis, mille tarbijat on vaja lülitada kahest kohast (lülitus 4). Selle lülituse korral ühendatakse kahe eri kohas asuva vaheldusülüliti nn. vabad klemmid juhtmete abil vastastikku kokku, kuna nn. poolklemmid ühendatakse vooluringi järjestikku, nagu seda tehakse lülitite puhul. Skeemi jälgimisel selgub, et tarbija nii sisse- kui ka väljalülitamine on võimalik kahest eri kohast mistahes kombinatsioonis.

Ristlüliti on kahepooluseline ümberlüliti ilma vahepealse katkestusseisuta. Teda kasutatakse juhul, kui tarbijat on vaja lülitada kolmest või enamast kohast (lülitus 5). Selle lüliti ülesandeks on vaheldusülitite klemmide vaheliste juhtmete omavaheline ristamine (sellest ongi tuletatud lüliti nimetus). Skeemi jälgimisel nähtub, et ristlüliti lülitab teda läbivaid vaheldusülitite vahelisi juhtmeid kord n. ö. otse, kord risti; samuti nähtub, et lülitamine kolmest kohast on teostatav mistahes kombinatsioonis. Seda lülitust

on võimalik laiendada piiramata arvule lülitamiskohtadele, asetades vaheldusIüliteid ühendavatesse juhtmetesse järjestikku mistahes arv ristlüliteid.

Lülitusi vaheldus- ja ristlülititega(lülitused 4 ja 5) kasutatakse läbikäidavate ruumide (läbikäidavad toad, koridorid, trepikojad) valgustusseadmetes. Mõlemas kombinatsioonis võib tarbijaks olla nii ühe- kui ka mitme hõõglambiga valgusti või koguni mitu valgustit või valgustuspunkti.

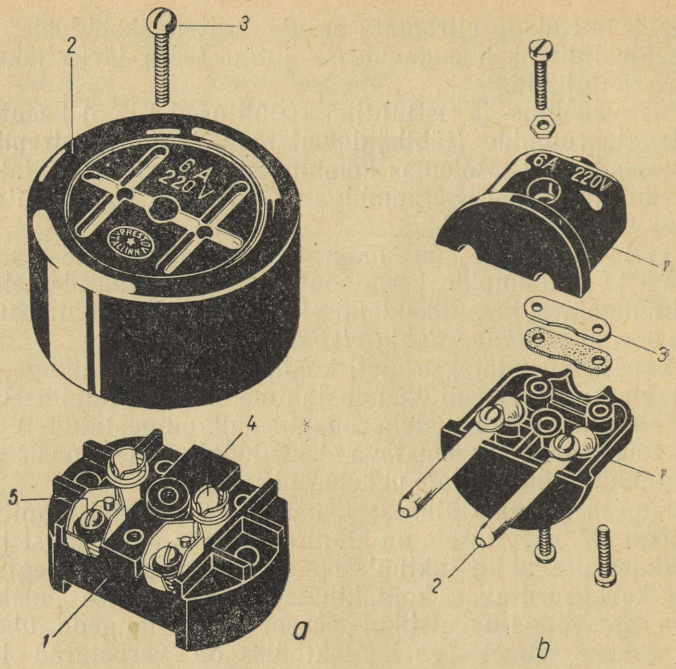
P i s t i k s e a d i s e d on määratud teisaldatavate tarbijate, nagu laua- ja käsilampide, keedunõude, raadioaparaatide, televiisorite, tolmuimejate jne. ühendamiseks kohtkindla juhtmestikuga. Nad koosnevad *pistikupesast* ja *pistikust*.

Pistikupesa ühendatakse alati kohtkindla juhtmestikuga, pistik aga teisaldatava aparaadi ühendusjuhtme otsa. Vastupidisel ühendamisel oleksid pistiku pisteharud pidevalt pingestatud ja nende puutuja võiks saada elu ohustava elektrilöögi; pealegi oleks võimalik lühise tekitamine lahtiste pisteharude vahel.

Pistikupesa koosneb alusest *1*, kaanest *2* ja selle kinnituskruvist *3* (joon. 27, *a*). Alusele on kinnitatud kaks kaheosalist ja vedruga kokkusurutavat kontakthülssi *4*, milledesse pistetaksegi pistik. Vedruga kokkusurutavad kontakthülsid tagavad hea elektrilise ühenduse ega võimalda pistikul pesast välja langeda ühendusjuhtme raskuse toimel. Iga kontakthülss on varustatud juhtme ühendamise klemmiga *5*, mis paikneb aluse esiküljel. See võimaldab juhtme hõlpsat ühendamist juba paigale kinnitatud pistikupesa aluse juures. Pistikupesa kaas valmistatakse sellise läbimõõdu ja kujuga, et pistiku pistmine pessa ühte haru pidi pole võimalik. Vastasel korral võiks väljapoole pesa jääva pistikuharu küljest saada ühendatava riista kaudu elektrilöögi. Kaane servas on väljamurtavad juhtmeliini sisseviigu kohad nagu lülititelgi. Pistikupesade alused ja kaaned valmistatakse nagu lülitidki bakeliidist või karboliidist.

Tuleb mainida, et veel praegugi turustatakse pistikupesi, milles vedruga varustatud kontaktlülide asemel on mittevetruvad torupuksid. Seejuures asuvad juhtmete ühenduskruvid kas pistikupesa aluse alumisel (s. o. seinapoolsel) küljel või ka esiküljel, kuid juhtmete juurdetoomine on ette nähtud pistikupesa alt aluses oleva ava kaudu. Torupuksidega pesades ei ole tagatud hea kontakt, mis võib põhjustada raadiohäireid ja tuleohtu, ja juhtmete ühendamine ning sisseviimine pistikupesa alt on raskendatud.

Pistik koosneb isoleerainest (bakeliidist või karboliidist) kerest *1* ja selle sees paiknevatest pisteharudest *2* (joon. 27, *b*). Paremat tüüpidel on veel lisaks olemas juhtme kinnitusklamber *3*, mille abil pistiku kere kinnitatakse juhtme kui terviku külge, vabastades juhtmesoonte ühenduskohad mehhaanilisest tõmbest, kui pistik tõmmatakse pesast välja juhtme kaudu. Pistiku kere koosneb tavaliselt kahest kruviga ühendatavast poolest, millede vahel aset-



Joon. 27. Pistikupesa (*a*) ja pistik (*b*).

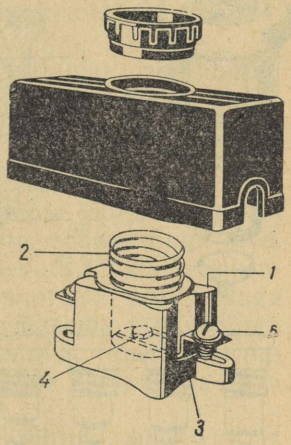
sevad oma pesades liikumatud pisteharud. Et vältida sõrmede sattumist pisteharude vahele pistiku pessa pistmisel, peab pistiku kere omama pisteharudepoolses otsas küllaldase läbimõõduga ja ümmarguse kujuga krae. Lapiku kerega pistikud ei vasta normidele.

S u l a v k a i t s m e d. Teatavasti iga voolust läbitav juhe soojeneb. Kui voolu tugevus ületab juhtmele lubatava piiri, siis juhe kuumeneb samuti üle lubatava määra ja seda sõltuvalt voolu tugevusest. Tulemusena võib rikneda juhtme isolatsioon, võib tekkida lühis ja ka tulekahju. Seepärast kasutatakse igas elektriseadmes liigvoolu piiravaid vahendeid, milleks valgustusvõrgus on sulavkaitsmed.

Sulavkaitsme kasutamine on rajatud järgmisele põhimõttele: kaitstavasse juhtmesse asetatakse peenike traadijupp, mis voolu tugevnemisel üle lubatava väärtuse sulab läbi enne, kui juhe jõuab ülemäära soojeneda. Traadi materjaliks on kergesti sulav metall, mis ohutuse seisukohast lähtudes varjestatakse kaitsekestaga.

Sulavkaitsmeid on olemas mitut tüüpi. Elu- ja ühiskondlike hoonete valgustusseadmeis kasutatakse peaaegu eranditult nn. *keermekaitsmeid*, mis oma kinnise konstruktsiooni tõttu on iga isiku poolt enam-vähem ohutult käsitsetavad. Keermekaitsmeid valmistatakse kahte liiki: *korkkaitsmed* ning *padrunkaitsmed*. Mõle-

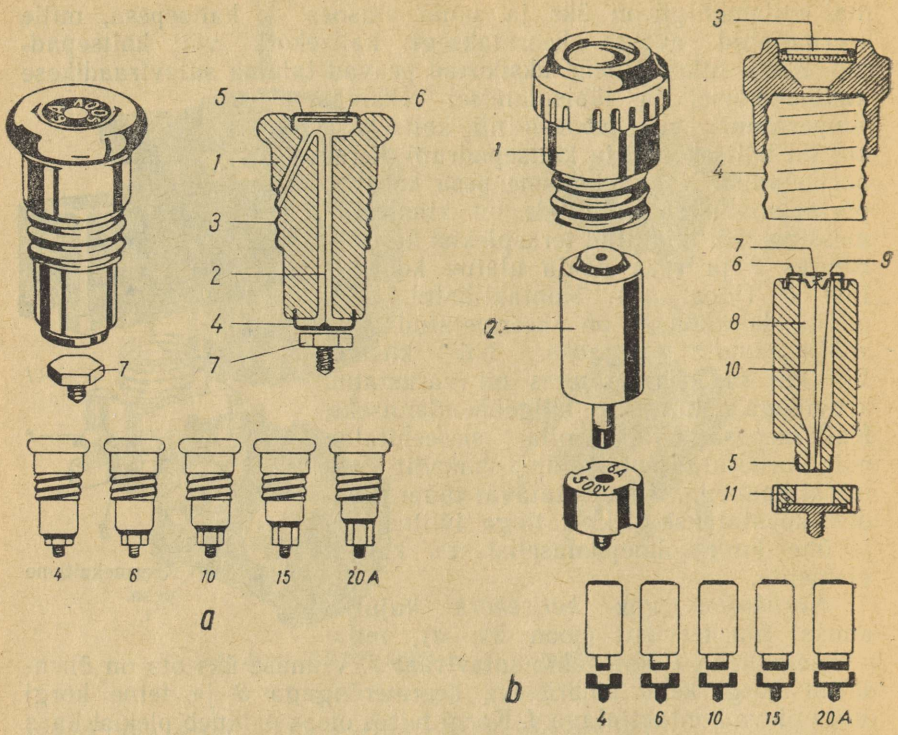
mal kaitsmeliigil on üks ja sama alusosa — kaitsepesa, mille keermetatud avasse keerataksegi kaitsekork või kaitsepadrun. Kuna sulavkaitsme üksikosad peavad taluma sulavtraadikese kuumenemisel ja läbisulamisel tekkivat temperatuuri, siis tehakse nii kaitsepesa kui ka kaitsekorgi ja kaitsepadruni kered portselanist. Keermekaitsme pesa koosneb portselanalusest *1*, millele on kinnitatud messing- või tsingitud terasplekist keermerõngas *2* ja pesa põhja ulatuv kontaktliist *3* (joon. 28). Kontaktliistul, pesa põhja keskkohas on keermetatud ava *sobituskruvi 4* jaoks. Nii klemmliist kui ka keermerõngas on varustatud kruvidega *5* juhtmete külgeühendamiseks. Kaitsmepesa võib olla sisseehitatav või varustatud portselan-, bakeliit- või metallkaanega. Sisseehitatavat tüüpi pesadest koostatakse plekk-kattega lülituskilpe ja ühe- kuni kolmepooluselisi nn. kaitseelemente.



Joon. 28. Keermekaitsme pesa.

Korkkaitse ehk *kaitsekork* kujutab endast üht tervikut (joon. 29, *a*), mille portselankeha *1* õõnt läbib sulavtraat *2*. Viimase üks ots on ühendatud korgi keha ümbritseva keermerõngaga *3* ja teine korgi otsas oleva kontaktjalaga *4*. Korgi teises otsas paikneb plekist kaas *5*, milles oleva aknakese taga asetseb vilgukivileheke *6*. Aknakese kaudu on võimalik kontrollida sulavtraadi korrasolekut, vilgukivileheke aga tõkestab sulametalli pritsmete väljapaiskumist sulavtraadi läbisulamisel.

Padrunkaitse (joon. 29, *b*) kui tervik koosneb kahest eraldi osast: padrunipesast *1* ja sellesse pistetavast kaitsepadrunist *2*. Mõlemate kehad valmistatakse portselanist. Padrunipea ühes otsas on klaasseibiga kaetud aknake *3* ja teise otsa on kinnitatud messing- või tsingitud terasplekist keermehülss *4*, mille põhjas olev auk ühtib aknakese taga oleva avaga. Silindrilise kujuga kaitsepadruni ühes otsas on konstantse pikkusega, kuid muutuva läbimõõduga kontaktjalg, mis on varustatud metallmütsikesega *5*. Padruni teises otsas asetseb õõnsa pesaga metallotsik *6*. Selle pesas paiknev märkläätseke *7* on padruni õõnt läbiva hoidetraadi *8* abil kinnitatud metallkübara *5* külge. Märkläätsekese all asub hoidetraadi poolt kokkupigistatav väike spiraalvedru *9*. Padruni õõnt läbiv sulavtraat *10* on aga oma otstega kinnitatud metallkübara *5* ja -otsiku *6* vahele. Üheaegselt sulavtraadi läbisulamisega sulab läbi ka hoidetraat, mille tõttu märkläätseke vabaneb ja paiskub vedru toimel padrunipea akna taga olevasse õõnde, andes märku kaitsepadruni sulavtraadi läbipõlemisest.



Joon. 29. Korkkaitse (*a*) ja padrunkaitse (*b*).

Nii kaitsekorgi kui ka kaitsepadruni õõs on ohutuse otstarbel täidetud peene kvartsliivaga. Sulavtraadi sulamisel tekkiv kaarleek sulatab kvartsliiva; viimane võtab seejuures suurema osa tekkivast soojusest sulamissoojusena silmapilkselt endasse ja väldib seega padruni või korgi purunemise.

Keermekaitsmete pesad valmistatakse ainult ühes suuruses, s. o. kaitsekorkidele või -padrunitele kuni 20 amprit. Viimased ise on aga astendatud nimivooludele 4, 6, 10, 15 ja 20 amprit, mis on kooskõlastatud vaskjuhtmete nimiristlõigetega 0,75, 1, 1,5 2,5 ja 4 mm^2. Seega tuleb iga teatava ristlõikega juhtmeliini kaitsmepesa sobitada sellele liinile vastava nimisuurusega kaitsmele. Kaitsmete sobitamine pessa, arvestades viimase keermerõnga ja põhja vahelise kauguse konstantsust, on läbi viidud järgmiselt.

Korkkaitsmed sobitatakse pessa kuuskant-sobituskruvide abil, kusjuures viimaste kõrgus ja kaitsekorgi keermerõnga alt väljaulatuva otsa pikkus on astendatud kooskõlas kaitsekorkide nimi-

vooludega. Mida suurema nimivooluga on kaitsekork, seda lühem on tema ots ja kõrgem sobituskruvi. Kui näiteks kaitsmepesa on varustatud sobituskruviga 10 A kaitsekorgile, siis juhtme kaitseks mittelubatav suurem, 15 A kaitsekork ei ulatu sobituskruvini ja kaitstav vooluring jääb avatuks. Seega on korkkaitsmed astendatud pikkuse järgi.

Padrunkaitsmed sobitatakse pessa portselanist sobitusrõngaga *11*, mis on ühes otsas varustatud metallkruviga rõnga kinnitamiseks kaitsmepesa põhja, kusjuures ava sobitusrõngas ulatub metallkruvi peani. Sobitusrõngas oleva ava ja kaitsepadruni kontaktjala läbimõõdud on astendatud vastavalt nimivooludele: mida suurem on kaitsepadruni nimivool, seda suurema läbimõõduga on tema kontaktjalg ja suurem ka sellele sobiva sobitusrõnga ava. Seega ei võimalda kaitsmepesa põhja sissekeeratud teatava suurusega sobitusrõngas temale mittevastava suurema nimivooluga kaitsepadruni sissekeeramist kaitsmepessa; väiksema nimivooluga padrun läheb küll sisse, kuid ei ohusta kaitstavat juhet. Padrunkaitsmed on kõik ühepikkused, kuid astendatud kontaktjala läbimõõdu järgi.

Kõikidele elektriseadmeis kasutatavatele lülitus-, ühendus- ja kaitseaparaatidele on alati märgitud neile maksimaalselt lubatavad pinge ja voolu nimisuurused.

Töö käik

Võtke kordamööda koost lahti ja tutvuge üksikasjaliselt järgmiste elektriseadme aparaatidega: lambipesa, surunupp-, kipp- ja pöördlülititega, pistikupesaga koos pistikuga ning keermekaitsmega. Seejuures uurige hoolega nende voolu juhtivate osade, kere ja kaane ehitust ning kõikide detailide konstruktsiooni ja üksikosade vastastikust koostööd. Iga aparaadi kohta koostage detailide loetelu, kusjuures märkige ära nende otstarve ja materjal. Joonestage iga aparaadi ehitusskeem ja näidake seejuures voolu kulgemise teekond aparaadis. Määrake ja kirjutage üles kõikide aparaatide voolu ja pinge nimisuurus.

Pärast kõikide aparaatide ehitusega tutvumist ja nende tehniliste andmete määramist pange nad taas kokku ja katsetage neid tegelikus töös. Seejärel võtke nad uuesti korduvalt lahti vajalike töövõtete harjutamise eesmärgil.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Aparaatide otstarve, nende skemaatilised tingmärgid.
3. Iga aparaadi detailide loetelu ja materjal.
4. Skemaatilised joonised iga aparaadi kohta koos neid läbiva voolu teekonna näitamisega.

Kontrollküsimusi

1. Milliseid aparaate kasutatakse korterite valgustusvõrgus?
2. Milliseid materjale kasutatakse elektriaparaatide detailide valmistamisel?
3. Missuguse ehitusega lambipesad on ekspluatatsioonis ohutumad?
4. Millist liiki lülitid on lülitamisvõime seisukohast parimad?
5. Miks ei ole lubatav kasutada lapikut pistikut?
6. Mille poolest erinevad kork- ja padrunkaitsmed?
7. Milliste võtetega tõkestatakse mittevastava nimivooluga kaitsmete väära kasutamist?
8. Miks ühendatakse lülitid ja kaitsmed elektrivooluringi järjestikku, lambi- ja pistikupesad aga rööbiti?
9. Mis eesmärgil märgitakse igale aparaadile voolu ja pinge nimisuurus?

Töö nr. 2. **Juhtmete otste ettevalmistamine, jätkamine ja harundamine. Isoleertoru ettevalmistamine**

Töö eesmärk. Tutvuda mitmesuguste isoleeritud juhtmete ja isoleertoru ehitusega ja praktiliselt selgeks õppida nende otste ettevalmistamine, jätkamine, harundamine ning klemmide alla ühendamine. Omandada kogemusi lihtsama seadme ehitamiseks pinnapealse paigaldamisega isoleertorudes.

Tööriistad ja materjalid: 1) juhtmete ПР, ППВ, ШР, ШРП ja isoleertorude lõigud; 2) harukarp, seinapesa, lihtlüliti, keermekaitsmed, pistikupesa ja pistik; 3) nuga; 4) kruvikeeraja; 5) montööritangid; 6) ümartangid; 7) isoleertoru painutustangid; 8) tõlvik; 9) jootetina; 10) tinool.

Teoreetilisi juhiseid

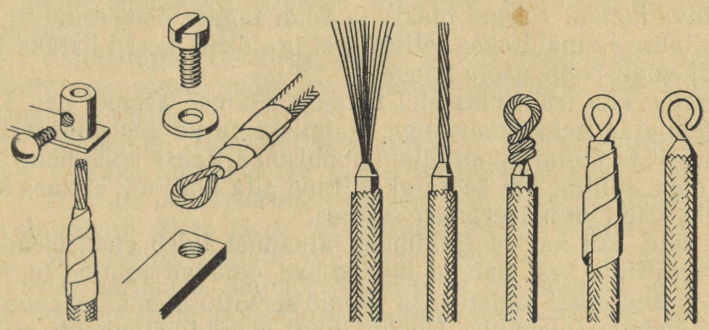
Isoleeritud juhtmete ühendamiseks omavahel või mitmesuguste aparaatide klemmide alla tuleb juhtmeid ette valmistada. Ettevalmistamine seisab juhet katvate kihtide kõrvaldamises, juhtmesoone puhastamises ning klemmide alla ühendamiseks sobiva kuju andmises.

Torujuhtmete ТПРФ ning kaabeljuhtmete СРГ ja ВРГ ettevalmistamist on juba eespool käsitletud; siinkohal aga selgitame peamiselt ühesooneliste nii massiiv- kui ka kiudsoontega juhtmete otste ettevalmistamist.

Tänapäeval kehtivate eeskirjade kohaselt peavad kõikides elektriseadmetes kasutatavate aparaatide ühendusklemmid olema sobivad nii vask- kui ka alumiiniumjuhtmete ühendamiseks.

Siinkohal tuleb märkida, et alumiinium on umbes 1,6 korda

halvema juhtivusega, suhteliselt pehmem ja hõlpsamini murduv materjal kui vask. Lähtudes nendest omadustest on alumiiniumjuhtmete minimaalseks ristlõikeks 2,5 mm^2. Vaskjuhtmetega ligikaudu sama juhtivuse saavutamiseks valitakse alumiiniumjuhe alati ühe astme võrra suurema ristlõikega kui vaskjuhe. Alumiinium oksüdeerub kiiresti õhu käes ja moodustab juhtme välispinnal püsivast oksüüdist kaitsekihi, mis omab alumiiniumist halvemat juhtivust ja suurendab seega üleminekutakistust ühenduskohtades ja klemmides. Peale selle on ta pehmuse tõttu «voolav» materjal, kokkusurutud kohast väljavoolamise tulemusena nõrgeneb temale esialgu antud surve ja suureneb kontakti üleminekutakistus. Seepärast peavad kõik alumiiniumjuhtmete ühendamiseks määratud klemmid omama vetruvat elementi — vedruseibi.



Joon. 30. Juhtmete otste ettevalmistamine.

Ühendusklemmid on üldiselt väga mitmesuguse konstruktsiooniga, kuid nende alla juhtmete kinnitamise mooduseid on ainult kaks. Ühe mooduse puhul on klemmi alla ühendatava juhtme ots sirge, teise mooduse korral aga keeratud silmuseks või aasaks. Näiteks külgkruviga torukujulise klemmi puhul pistetakse juhe klemmi avasse sirgena (joon. 30). Kui aga klemm moodustatakse alusplaadikesele sissekeeratava kruvi ja seibi abil, siis peab nöörvõi kiudjuhtme ots olema keeratud silmuseks ja massiivjuhtme ots aasaks.

Juhtme ots puhastatakse pealmisest isolatsioonikihist vajalikus pikkuses, kasutades seejuures nuga. Lõikamisel hoitakse nuga juhtme suhtes kaldu, mitte aga risti. Risti hoidmisel võib juhtmesse hõlpsasti sisse lõigata, mille tõttu juhe katkeb juba mõnekordse painutamise järel; peenekiuliste juhtmete puhul aga võib läbi lõigata üksikuid kiudusid, mistõttu väheneb juhtme ristlõige. Lõikamisel toimitakse nii nagu pliiatsi teritamiselgi.

Pärast pealmise isolatsioonikihi kõrvaldamist puhastatakse juhtme ots noaga metalliläike tekkimiseni. Alumiiniumjuhtmete puhul määritakse puhastatud ots kohe neutraalse vaseliiniga, et

tõkestada oksüüdi tekkimist juhtme pinnale. Ei enne ega ka pärast sissemäärimist ei tohi puhastatud kohta sõrmedega puudutada. Peenekiuliste juhtmete juures puhastatakse metalliläikeni iga üksikkiud ja keerutatakse need kokku samas suunas, nagu see oli enne puhastamist, joodetakse kokku ja isoleeritakse isoleerpaelaga.

Seibi ja kruvi alla ühendamise vajaduse puhul keeratakse nöörjuhtme ots alati silmuseks: puhastatud ja kokkukeerutatud juhtme ots painutatakse ümber sobiva naela või ümartangide abil silmuseks, kusjuures jääkots keeratakse kahe-kolme keeru ulatuses juhtmesoone peale ja surutakse tangidega kokku (joon. 30). Pärast silmuse ja kruvi omavahelise sobivuse kontrollimist joodetakse silmus ja isoleeritakse isoleerpaelaga.

Isoleerpaelaga isoleerimist alustatakse juhtme pealmise katte (sukkpunutise) pealt juhtme otsa suunas kuni silmuseni või paljaks jääva kohani (sirgel otsal) ja veidi tagasi. Isoleerimisel pael pingutatakse ja mähitakse selliselt, et iga üksik keerd kataks järgmist vähemalt poole paela laiuses.

Massiiv- ehk traatjuhtmetel tehakse silmuse asemel aas, kasutades painutamiseks ümartange. Valmiskeeratud aas puhastatakse täiendavalt ja alumiiniumjuhtme puhul määritakse kohe neutraalse vaseliiniga. Juhtme aas keeratakse kruvi alla alati nii, et aasa kõverus oleks kruvi kinnikeeramise suunas.

Nii kiud- kui ka traatjuhtmete jätkamist tuleb elektriseadmeis üldiselt vältida, sest halvad jätkukohad omavad juhtme tervetest kohtadest suuremat takistust ja võivad seetõttu ülemäära kuumenedes põhjustada tulekahju. Ühelgi juhul ei tohi jätkukohti esineda torusse paigaldatud või ülespingutatud juhtmetel.

Juhtmete jätkamisel asetatakse nende metalliläikeni puhastatud (kiudjuhtmeil veel kokkukeerutatud) otsad nurgi üksteisele ja mähitakse lahtised otsad esmalt ühel pool ja siis teisel pool tihedalt keerd-keeru kõrval 5—6 keeru ulatuses teise juhtme peale. Kokkukeerutatud jätkukoht joodetakse kogu oma ulatuses hoolsalt pehme joodisega läbi kas tõlviku abil või jätkukoha kastmise teel sulajoodisesse. Pärast jätku valmimist isoleeritakse see kogu ulatuses isoleerpaelaga. Mainitud jätkamisviis alumiiniumijuhtmete puhul ei kõlba.

Kaasaegsetes elektriseadmetes jätkatakse ja harundatakse kõik kohtkindlalt paigaldatavad juhtmed alati harukarpides ja juhtmete ППВ, ТПРФ, СРГ ja ВРГ puhul alati klemmide vahendusel. Vaskjuhtmed ПР ja ПВ ühendatakse kas klemmide vahendusel, jootmise teel või keevitamise abil. Alumiiniumjuhtmed АПР, АПВ ühendatakse kas nendele juhtmetele sobivate klemmide vahendusel või keevitamise teel.

Harukarpides juhtmete joot- või keevisühenduste tegemisel tõmmatakse juhtmete otsad harukarbist vajalikus pikkuses välja ning nende otsad puhastatakse. Vaskjuhtmed keerutatakse kokku, joodetakse või keevitatakse, isoleeritakse isoleerpaelaga ning suru-

takse tagasi harukarbi sisse. Alumiiniumjuhtmetega toimitakse samuti, kuid kokku neid ei keerutata, sest see segaks keevitamisel kroomi kasutamist.

Kahesooneliste nöörjuhtmete (ШР ja ШРО) jätk tehakse kummalgi soonel eri kohas. Omavahel kokkukeerutatud soontega juhtmete (nn. litse, ШР) puhul tuleb üks jätkatavatest juhtmetest enne jätkamist lahti keerutada ja pärast jätkamist taas kokku keerutada, et üksikud sooned liibuksid kõikjal ühtlaselt üksteisega.

Töö käik

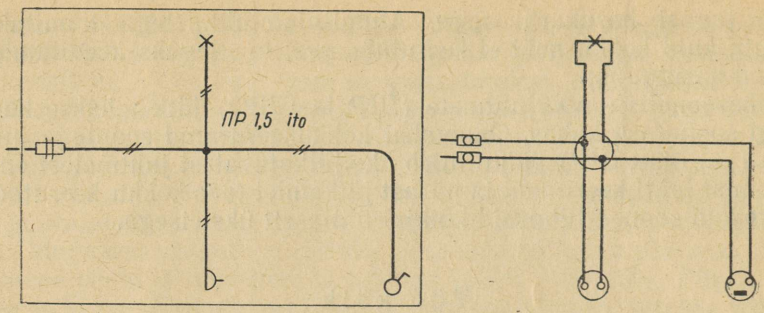
1. Tutvuge juhtmete ПР, АПР, ПВ, ШР, ШРП ehitusega, nende isolatsiooniga ja omavaheliste erinevustega ning tehke kindlaks nende ristlõiked. Õppige hindama juhtmete nimiristlõiget silma järgi.
2. Valmistage ette sirge, aasa- ja silmusekujuline juhtmeots; kiudjuhtmete otsad jootke ja isoleerige paelaga. Ühendage nöörjuhtme otsa pistik.
3. Jätkake nii traat- kui ka kiudjuhe, jootes ja isoleerides jätkukohad; jätkake juhtmeid ПР ja ШР ristlõikega kuni 4 mm^2.
4. Tutvuge isoleertorude ehitusega ning õppige hindama nende nimiläbimõõtu silma järgi. Valmistage ette isoleertoru ots.
5. Monteerige seinale või lauale asetatud puitkilbile keermekaitsmed, harukarp, seinapesa, lüliti ja pistikupesa ning paigaldage nende vahele isoleertorus juhtmeliinid vastavalt joonisel 31 näidatud skeemile.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Juhtmete ПР, АПР, ПВ, ШР ja ШРП ehitus ja nende erinevused.
3. Juhtmete otste ettevalmistamise operatsioonid ja jätkamise ning ühendamise kord.
4. Skemaatilised joonised teostatud operatsioonide kohta.
5. Töö juures kasutatud materjalide ja aparaatide loetelu koos tehniliste andmetega.

Kontrollküsimusi

1. Missugused erinevused on juhtmete ПР, АПР, ПВ, ШР ja ШРП ehituses?
2. Millisel juhul tehakse sirge, aasa- või silmusekujuline juhtmeots?
3. Miks peab juhtmete otsi ja jätkukohti jootma?
4. Millised on alumiiniumjuhtmete negatiivsed omadused?



Joon. 31. Seadme skeem töö 2 juurde.

5. Millised peavad olema klemmid alumiiniumjuhtmete ühendamiseks?
6. Miks ei tohi juhtme isolatsiooni lõigata noaga risti juhet?
7. Miks ei tohi juhtme jätke esineda isoleertorus?
8. Kuidas paigaldatakse ja ühendatakse pistikupesad ja lülitid juhtmete külge?

Töö nr. 3. **Seadme montaaž toru- ja kaabeljuhtmega**

Töö eesmärk. Tutvuda torujuhtme (kuulo) ja kaabeljuhtme ehitusega, nende ettevalmistamise ning harukarpides ühendamisega. Omandada kogemusi nende juhtmete paigaldamises ja rühmalülitiga seadme ehitamises.

Tööriistad ja materjalid: 1) torujuhtme ТПРФ ja kaabeljuhtme ВРГ lõigud; 2) harukarbid toru- ja kaabeljuhtmele; 3) seinapesa; 4) niiskuskindel seinavalgusti; 5) rühmalüliti; 6) niiskuskindel pistikupesa; 7) keermekaitsmed 4 A; 8) hõõglambid; 9) kinnituspellid; 10) puidukruvid läbimõõduga 4 mm; 11) nuga; 12) montööritangid; 13) naaskel; 14) kruvikeerajad 3—6 mm; 15) kuulotangid.

Teoreetilisi juhiseid

Üksikasjaline seletus torujuhtmete ja kaabeljuhtmete paigaldamise viisi kohta on toodud § 6.

Töö täitmine

1. Tutvuge joonisel 32 näidatud seadme lülitusskeemiga. Arvestage seda, et seadme esimese valgustuspunkti osa tuleb paigaldada torujuhtmega, teise valgustuspunkti osa aga kaabeljuhtmega.
2. Tutvuge seadme jaoks vajalike materjalide ehitusega.

3. Tähistage seinale või lauale asetatud puitkilbile kaitsmete, harukarpide, lüliti, pistikupesa, seina-lambipesa ja valgusti asukohad ning liiniosade trassid vastavalt skeemile.

4. Monteerige kilbile keermekaitsmed ja esimene harukarp (ilma kaaneta), määrake torujuhtme lõikude vajalikud montaažpikkused, lõigake lõigud välja ja valmistage ette nende otsad ühendamiseks vajalikus pikkuses, tehke vajalikud painutused ning paigaldage juhtmelõigud oma kohale.

5. Paigaldage teine harukarp (samuti ilma kaaneta) ja määrake harukarpide vahelise kaabeljuhtme lõigu montaažpikkus. Valmistage ette vajalikus pikkuses selle juhtmelõigu osad ning sisestage üks ots niiskuskindlasse harukarpi läbi selle tihenduspuksi. Teine juhtmelõigu ots sisestage kuulo harukarpi ning kinnitage juhtmelõik pellidega.

6. Määrake valgustisse ja pistikupesasse kulgevate kaabeljuhtmete montaažpikkused, lõigake juhtmelõigud välja, puhastage nende otsad ja sisestage harukarpi. Juhtmelõikude teised otsad sisestage valgustisse ja pistikupessa ning kinnitage oma kohale esmalt juhtmed ja siis valgusti ning pistikupesa.

7. Teostage ühendused esmalt kuulo harukarbis ja sulgege see kaanega. Seejärel ühendage juhtmed niiskuskindlas harukarbis, pistikupesas ja valgustis, pingutage kinni tihenduspuksid ning sulgege harukarp kaanega. Juhtmete ühendamisel pidage silmas nulljuhtme ühendamise kohta kehtivat reeglit.

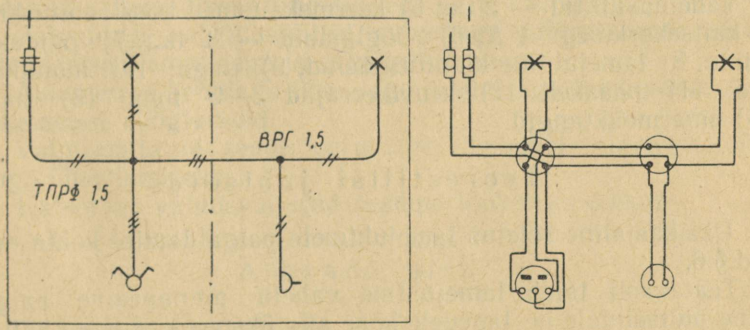
8. Monteerige kohale rühmalüliti, ühendage see liiniga ning sulgege kaanega.

9. Paigaldage seina-lambipesa ja keerake temasse hõõglamp.

10. Asetage valgustisse hõõglamp ja sulgege valgusti klaaskupliga.

11. Valmistatud seade varustage ühendusjuhtmetega toitevõrguga ühendamiseks: umbes 1 m pikkune nöörjuhe varustage ühes otsas pistikuga, teine ots ühendage kaitsmega.

12. Katsetage valmisehitatud seadme töökorras olekut.



Joon. 32. Seadme skeem töö 3 juurde.

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Juhtmete ТПРФ ja ВРГ ehitus ja nende ettevalmistamine.
3. Torujuhtme paigaldamise käigu ja selle juures esinevate nõuete lühike kirjeldus.
4. Kaabeljuhtme paigaldamise käigu ja selle juures esinevate nõuete lühike kirjeldus.
5. Skemaatilised joonised teostatud töö kohta.
6. Töö juures kasutatud materjalide ja aparaatide loetelu ning tehnilised andmed.

Kontrollküsimusi

1. Kuidas tuleb toimida torujuhtmega selle lõigu kerast võtmisel ja enne tema paigaldamist ning otste ettevalmistamist?
2. Milliseid võtteid tuleb kasutada torujuhtme otste ettevalmistamisel ja painutamisel?
3. Miks ja kus tuleb kasutada distantspelle kaabeljuhtmete paigaldamisel?
4. Kuidas valmistatakse ette kaabeljuhtmete otsad sisestamiseks läbi tihenduspuksi?
5. Millised reeglid kehtivad juhtmeliinide paigaldamise kohta üleminekul kuivast ruumist niiskesse ruumi?

Töö nr. 3a. **Seadme monteerimine lamejuhtmetega**

Töö eesmärk. Tutvuda lamejuhtme ehitusega, tema ettevalmistamise ja paigaldamisega krohvitud puitpinnale. Omandada kogemusi koridori valgustusseadme ehitamiseks, milles kaks eraldi asetsevat valgustuspunkti lülitatakse koridori kummaski otsas paiknevate lülitite abil.

Tööriistad ja materjalid: 1) lamejuhtme ППВ lõigud; 2) kuulo-harukarbid — 2 tk.; 3) seina-lambipesad — 2 tk.; 4) vaheldus lülitid — 2 tk.; 5) keermekaitsmed koos sobituskruvide ja kaitsekorkidega 4 A; 6) hõõglambid — 2 tk.; 7) puidukruvid 4 mm; 8) lamejuhtme kinnitusnaelad; 9) nuga; 10) montööritangid; 11) naaskel; 12) kruvikeerajad 3—6 mm; 13) haamer; 14) ümarmokktangid.

Teoreetilisi juhiseid

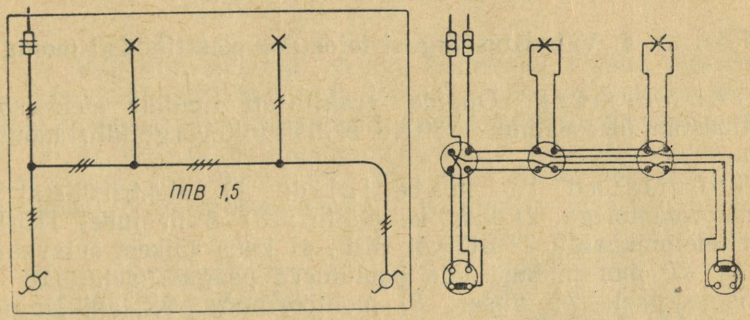
Üksikasjaline seletus lamejuhtmete paigaldamise kohta on toodud § 6.

Teatavasti tuleb lamejuhtme vahetu pinnapealne paigaldamine puitseintele ja -lagedele kõne alla üksnes krohvitud puitpinna puhul. Sellise paigaldusviisi kasutamise võimaldamiseks prakti-

liste tööde teostamisel kooli oludes tuleb vastav aluspind imiteerida. Selleks kaetakse montaažalusena kasutatav puitkilp seinapapiga, kartongiga või paksema pakkimispaberiga, mis imiteeribki krohvikihti puitseinal. Vajaduse korral võib kattele maalida ka seinte viimistlusjooni.

Töö käik

1. Tutvuge joonisel 33 näidatud seadme lülitusskeemiga ja seadme ehitamiseks vajalike aparaatide ning materjalidega.
2. Valmistage ette montaažkilp, milleks katke seinale või lauale asetatav puitkilp krohvikatet imiteeriva seinapapiga.
3. Tähistage kilbil aparaatide paigalduskohad ja liinide trassid, paigaldage kaitsme- ja harukarpide alused.
4. Määrake lamejuhtme lõikude montaažpikkused, lõigake lõi-



Joon. 33. Seadmete skeem töö 3a juurde.

gud välja, valmistage ette nende otsad vahekile väljalõikamisega vajalikus ulatuses, paigaldage juhtmelõigud ettenähtud kohale naelte abil.

5. Puhastage juhtmesoonte otsad, teostage ühendused harukarpides ja kaitsmealusel ning sulgege karbid kaantega.
6. Paigaldage vaheldusülitid, puhastage juhtmesoonte otsad, ühendage need klemmidega ja sulgege kaantega.
7. Monteerige kohale ja ühendage juhtmetega lambipesad ning keerake neisse hõõglambid.
8. Valmisehitatud seade varustage ühendusjuhtmetega toitevõrguga ühendamiseks.
9. Katsetage valmisehitatud seadme töökorras olekut.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Lamejuhtme ППВ ehitus ja ettevalmistamine.

3. Lamejuhtme paigaldamise ja selle juures esinevate nõuete kirjeldus.
4. Skemaatilised joonised teostatud töö kohta.
5. Töö juures kasutatud materjalide ja aparaatide loetelu ja tehnilised andmed.

Kontrollküsimusi

1. Missugustes ruumides ja millistel tingimustel on lubatud kasutada lamejuhtmeid?
2. Milline on lamejuhtmete paigaldamise käik?
3. Kuidas kinnitatakse lamejuhe kivi- või betoonpinnale?
4. Kuidas kujundatakse lamejuhtme pöördekohad?
5. Miks ei tohi lamejuhet paigaldada kohtades, kus temperatuur ületab +35° C?

Töö nr. 4. **Valgustusvõrgust toidetava elektrikõlisti montaaž**

Töö eesmärk. Õppida praktiliselt tundma elektrikõlisti juhtmestiku ülesseadmise võtteid. Kõlisti toitevõrgu lüliti monteerimine.

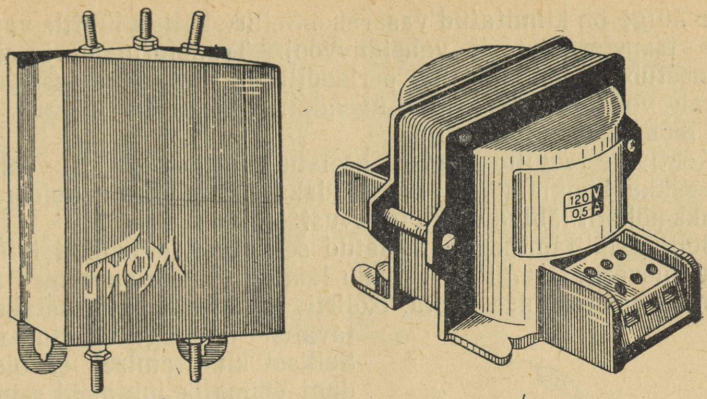
Tööriistad ja materjalid: 1) elektrikõlisti koos transformaatoriga; 2) kaks kellalülitit; 3) 8 m juhet ПБД või 4 m telefonikaablit ТРВК või ВРГ; 4) kaks väikest sulavkaitset; 5) 15—20 mm pikkusi laia poolümara peaga naelu (25 tk.); 6) isoleerpael; 7) vasar; 8) montöörinuga; 9) lapiktangid ja ümartangid; 10) väike kruvikeeraja; 11) materjalid ning seadmed jootmistöödeks.

Teoreetilisi juhiseid

Elektrikõlisteid kasutatakse elu- ja tööruumides helisignaalide andmiseks. Kõige sagedamini kasutatakse selliseid elektrikõlisteid, mille mähised on arvestatud madalale pingele (4—6 volti). Madalpinge kasutamine võimaldab lihtsustada mitte ainult kõlisti enda, vaid ka tema toitevõrgu ehitust. Sellise pinge korral võib kasutada isoleeritud, kuid ilma kummiisolatsioonita peenikesi juhtmeid ning neid võib kinnitada vahetult seinale.

Kõlistite jaoks kasutatakse sageli väikesegabariidilisi pinget madaldavaid transformaatoreid (joon. 34). Niisuguste transformaatorite primaarmähis on arvestatud pingele 220 V (või 127 V) ning ta ühendatakse korteri valgustusvõrguga. Transformaatori sekundaarmähises industeeritakse vool pingega 3—6 V, mis läheb kõlisti elektromagneti toiteks.

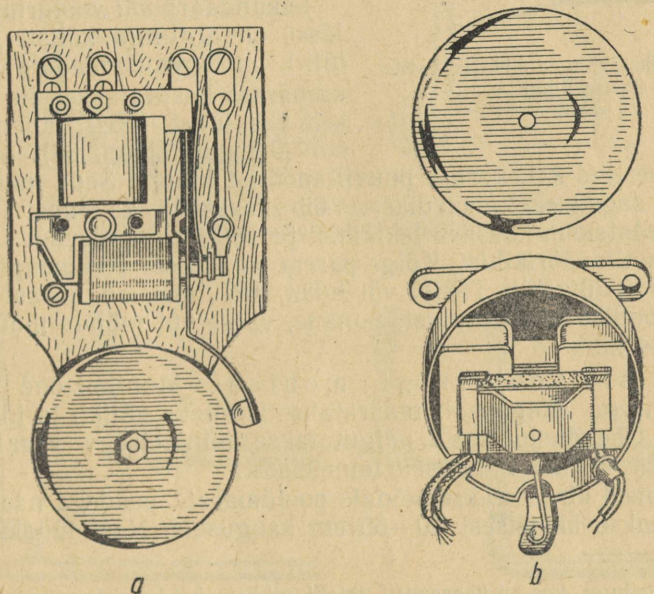
VII klassi füüsika kursusest on tuttav ankru ja katkestiga elektrikõlisti ehitus. Niisugust kõlistit saab toita nii alalis- kui ka vahel-



a *b*

Joon. 34. Kellatransformaatorid.

duvvoolu abil. Viimasel ajal on aga kasutusele võetud eelnimetatutest erineva konstruktsiooniga kõlistid. Üheks selliseks on kõlisti, millesse on peale ankru ja katkesti monteeritud ka transformaator (joon. 35, *a*), teist tüüpi kõlistis puudub aga katkesti hoopis, küll aga on olemas transformaator (vt. joon 35, *b*). Neist viimane kõlisti koosneb transformaatorist ja ankrust — elastsest plaadist,



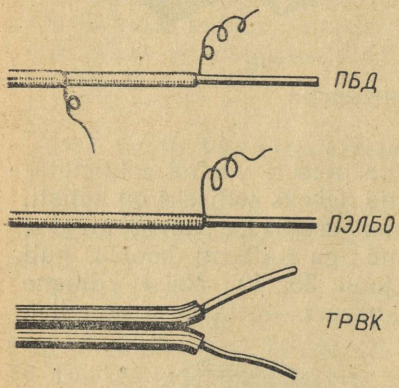
a *b*

Joon. 35. Vahelduvvoolu-elektrikõlisti transformaatoritega.
a — katkestajaga kõlisti; *b* — katkestajata kõlisti.

mille külge on kinnitatud vasarake. Sellise kõlisti lülitile vajutades läbib transformaatorit vahelduvvool. Transformaatori südamik magneetub ja demagneetub perioodiliselt, mille tulemusena ankur hakkab võnkuma. Ankruga ühendatud vasarake võngub samuti ning lööb vastu kõlisti kuljust.

Kehtivate reeglite järgi on keelatud lülitada kõlistit vooluvõrku järjestikku hõõglambiga, mis täidaks reostaadi funktsioone ning piiraks kõlistit läbiva voolu tugevust.

Selline lülitamine on keelatud seepärast, et kõlisti lülitamine valgustusvõrku (isegi järjestikku lambiga) seab suuremad nõuded juhtmete isoleerimise kohta. Kõlisti juhtmestik kinnitatakse aga tavaliste naeltega vahetult seinale. Sellisel kinnitamisel ei ole muidugi võimalik juhtmeid seintest ja seega ka maast isoleerida[1]. Kõlisti vooluringis tuleb hoolikalt isoleerida ainult need juhtmed, mis ühendavad transformaatori primaarmähist korteri vooluvõrguga. Selleks ühenduseks kasutatakse tavalist nöörjuhet, mille paigutamisel tuleb lähtuda samadest reeglitest, mis elektrijuhtmete monteerimiselgi.



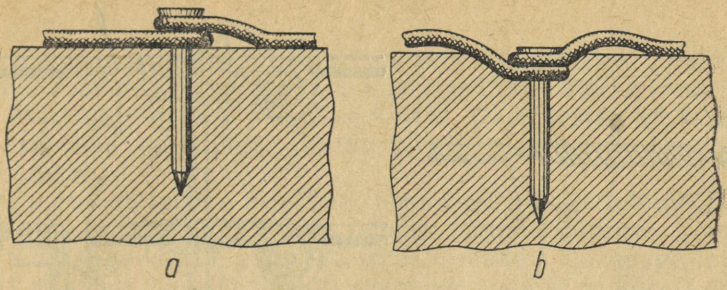
Joon. 36. Juhtmed elektrikõlistite ülesseadmiseks.

Sekundaarpooli vooluringis, millesse on lülitatud kõlisti ja tema lüliti, on tegemist madala pingega, seepärast kasutatakse siin tavaliselt vaskjuhet ПБД läbimõõduga 0,5—0,8 mm (joon. 36). See juhe on isoleeritud kahekordse puuvillanööris kihiga. Seda juhet nimetatakse sageli «kellatraadiks». Võib kasutada ka juhet ПЭЛБО, mille isolatsioon koosneb lakikihist ja selle peal olevast ühekordsest puuvillanöörikihist. Kõige parem on kõlisti vooluringis kasutada telefonikaablit ТРВК või juhet ВРГ, mis on kahesooneline; isolatsiooniks on siin must, punane, valge või mõnda muud värvi plastmasskiht.

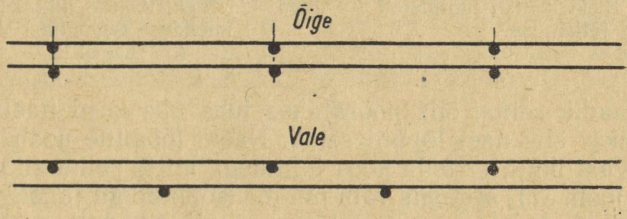
Kõlisti vooluringi montaaž. Montaažtööd algavad märkimisega. Kõigepealt määratakse kindlaks kõlisti ja lüliti asukohad. Ühendusjuhtmed paigutatakse teineteisega paralleelselt, umbes 20—25 mm kaugusele teineteisest.

Juhtmed kinnitatakse seinale poolümarate peadega naelte abil, mis lüüakse üksteisest 40—60 cm kaugusele. Nael lüüakse algul

[1] Tööstuses, kus on üheaegselt vajalik nii heli- kui ka valgussignalisatsioon, kasutatakse mõnikord järjestikust lülitust, seejuures tuleb aga kõik juhtmed paigutada nagu valgustusvõrgu seadmete juures.



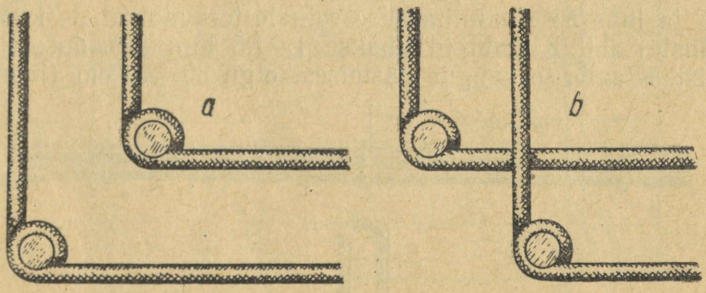
Joon. 37. Elektrikõlisti juhtmete õige (*a*) ja ebaõige (*b*) kinnitamine naelaga.



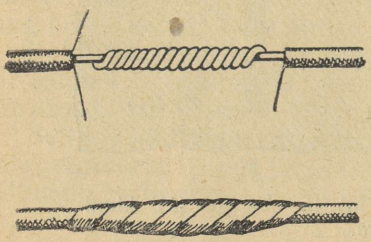
Joon. 38. Naelte paigutamine piki kõlisti liini juhtmeid.



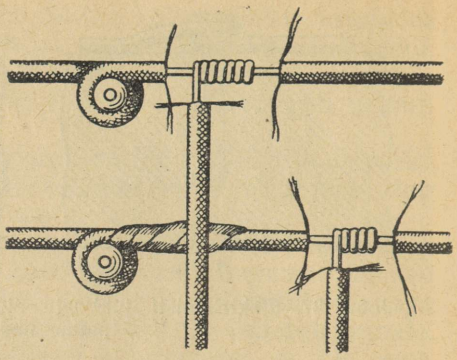
Joon. 39. Elektrikõlisti juhtme õige (*a*) ja ebaõige (*b*) kinnitamine suuna muutmisel 90° võrra.



Joon. 40. Elektrikõlisti liini õige (*a*) ja ebaõige (*b*) suuna muutmine 90° võrra.



Joon. 41. Elektrikõlisti juhtmete jätkamine.

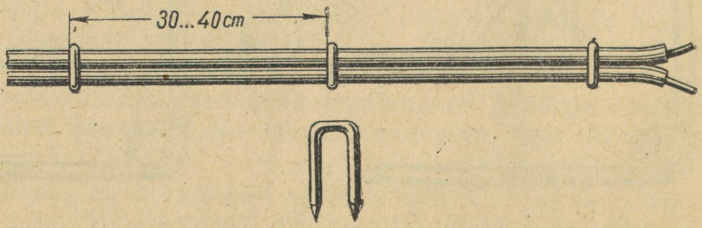


Joon. 42. Elektrikõlisti juhtmete haruühenduse tegemine.

poolest saadik seina, siis pööratakse juhe üks kord naela ümber ning lüüakse siis nael lõpuni seina. Naela löömine peab lõppema üsna ettevaatlikult, et teda koos juhtmega mitte seina sisse ei löödaks (vt. joon. 37), sest siis võib juhtme isolatsiooni ja isegi juhtme katki lüüa. Naela pea peab juhtme ainult tihedalt vastu seina suruma. Parema üldmulje saamiseks tuleb paralleelsete juhtmete kinnitusnaelad lüüa kõrvuti, mitte aga juhuslikult (vt. joon. 38).

Juhtme suuna muutmisel 90° võrra tuleb juhe ümber naela keerata nii, et nael jääks nurga sisse (joon. 39). Suuna muutmisel tuleb silmas pidada ka seda, et paralleelsed juhtmed seejuures teineteisega ei lõikuks (joon. 40).

Kõlisti lüliti kinnitatakse samale kõrgusele nagu valgustusseadmete lülitidki, s. o. 1,2—1,5 m kõrgusele põrandast. Juhtmete jätkamine ja hargnemine tehakse nii, nagu on näidatud joonistel 41 ja 42. Ühenduskohad joodetakse üle ning kaetakse ühekordse isoleerpaelakihiga. Ühendus- ja jätkukohad olgu võimalikult lähedal kinnitusnaeltele. Veel parem on, kui kinnitusnaelad on vahetult mõlemal pool ühendus- või jätkukohta. Kahesooneline telefonikaabel TPBK ja juhe BKГ kinnitatakse seinale teravaotsaliste klambrite (obaduste) abil. Klambreid tehakse 1—1,5 mm jämedusest raudtraadist. Klambrite kaugus üksteisest olgu 30—40 cm (joon. 43).



Joon. 43. Telefonikaabli kinnitamine.

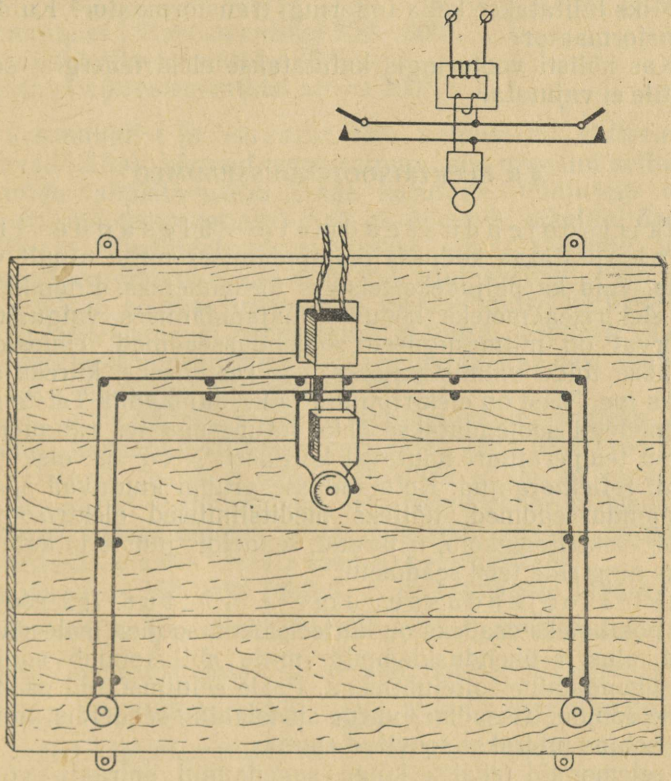
1. Joonestage kõlisti kahest kohast lülitamisega vooluring. Toitevool saadakse pinget madaldavast transformaatorist (joon. 44).

2. Märkige juhtmete paigutus, kõlisti, transformaatori ja kahe lüliti asukohad puitkilbile. Orienteerivalt märkige ka kinnitusnaelte asukohad.

3. Paigutage kohale üks lüliti, ühendage sellega juhtmed ning viige need kuni kõlistini. Samuti toimige ka teise lülitiga.

4. Kinnitage kohale kõlisti ja transformaator, ühendage lülitilt tulevad juhtmed transformaatori sekundaarmähise ja kõlisti elektromagneti klemmidega. Paigutage kohale kaitsmed ning ühendage transformaatori primaarmähis pingestatud elektrivõrguga.

5. Proovige lülitite tööd. Reguleerige katkestaja kruvi nii, et kõlisti heliseks kõige valjemini. Kinnitage reguleerimiskruvi kontramutriga. Katkestajata kõlisti reguleerimine toimub vasaravarda painutamisega. Seejuures ei tohi painutada ankrut, mis võngub



Joon. 44. Puitkilp elektrikõlisti vooluringiga.

elektromagneti pooluste vahel, sest selle tulemusena võib kõlisti «vait jääda».

Monteerige koostatud seade lahti, võtke kilbist naelad välja, õgvendage juhtmed ning asetage esemed korralikult töölauale.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Monteeritava seadme skeem.
3. Kasutatud riistade, materjalide ja nende tüüpide ning tehniliste näitajate nimekiri.

Kontrollküsimusi

1. Mille poolest erinevad «kellatraadid» elektrijuhtmetest?
2. Missugusele pingele on arvestatud «kellatraadid»?
3. Missuguseid juhtmeid kasutatakse kõlisti monteerimisel?
4. Kuidas töötab katkestajaga ja katkestajata kõlisti?
5. Miks lülitatakse kella toiteringi transformaator? Kuidas töötab transformaator?
6. Kas kõlisti vooluringis kulutatakse elektrienergiat sel ajal, kui lülitile ei vajutata?

§ 8. ELEKTRISOOJENDUSSEADMED

Elektrisoojendusseadmete ülesanne. Elektrienergiat kasutatakse koduses majapidamises mitte ainult valgustamiseks, vaid ka paljudeks teisteks ülesanneteks. Enamkasutatavateks elektriseadmeteks koduses majapidamises valgustusseadmete kõrval on mitmesugused soojendusseadmed. Ühtesid neist kasutatakse toidu valmistamiseks, vee keetmiseks, kiireks soojendamiseks jne. Need on elektripliidid ja keeduplaadid. Teiste soojendusseadmetega soojendatakse õhku mitmesugustes ruumides, hoitakse õhu temperatuuri nõutaval kõrgusel. Need on elektriahjud, kaminad, reflektorahjud. Kolmandasse gruppi kuuluvad spetsiaalsed soojendusseadmed, näiteks meditsiinilised elektrisoojendusseadmed, elektrijootekolb, triikraud, seadeldis juuste ja käte kuivatamiseks ning rida teisi seadmeid.

Elektrisoojendusseadmete ehitus. Iga soojendusseadme põhilisteks osadeks on kütteelement, soojust isoleeriv kütteelemendi alus ja ühendusklemmid, mille abil toimub soojendusseadme ühendamine toitejuhtmega. Peale eelnimetatud osade kuulub mõne soojendusseadme juurde spetsiaalne seadeldis, mille abil eralduv soojus juhitakse soovitud suunas.

Kütteelemendid tehakse kõige sagedamini spiraali- või ribakujulised. Spiraalid või ribad valmistatakse suure eritakistusega

spetsiaalsest traadist. Põhiline nõue, mis esitatakse sellele traadile, on vastupidavus oksüdeerumisele ka küllalt kõrgel temperatuuril, s. t. traadilt nõutakse pikka tööiga. Sellele nõudele vastavad kõige paremini järgmised sulamid.

Kroomnikkel — sisaldab 80% niklit ja 20% kroomi, sulami eritakistus $\varrho = 1{,}1 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$.

Fekraal — sisaldab 80% rauda, 15% kroomi ja 5% alumiiniumi, sulami eritakistus $\varrho = 1{,}25 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$.

Nikeliin — sisaldab 67% vaske, 32% niklit ja 1% mangaani, sulami eritakistus $\varrho = 0{,}40—0{,}44 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$.

Kroomniklist ja fekraalist valmistatud kütteelemendid taluvad kuni 1000° temperatuuri. Sellisel temperatuuril aga algab kütteelementide oksüdeerumine ning kütteelement võib seejärel kiiresti «läbi põleda». Praktiliselt on kindlaks tehtud, et seadmed töötavad kõige kindlamalt siis, kui maksimaalsed töötemperatuurid on järgmised:

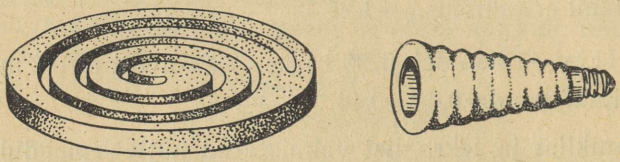
kroomniklist kütteelementidel 850—900°,
fekraalist kütteelementidel 750° ja
nikeliinist kütteelementidel ainult 200°.

Kui kroomniklist ja fekraalist võib valmistada kütteelemente, mis taluvad küllalt kõrgeid temperatuure, siis nikeliini selliste kütteelementide valmistamiseks ei saa kasutada. Põhjuseks on siin asjaolu, et juba temperatuuril 200° oksüdeerub nikeliin õhu käes väga kiiresti. Nikeliinist valmistatakse ainult selliseid kütteelemente, mis töö ajal paiknevad vees. Vee suhteliselt suur soojusmahtuvus põhjustab soojuse intensiivse ülekandumise kütteelemendilt veele ning kütteelemendi temperatuur ei tõuse seepärast üle 200°, seega ei teki ka oksüdeerumist. Peale selle takistab vesi õhuhapniku juurdepääsu nikeliinist kütteelemendile.

Selleks, et valmistada mõne soojusseadme, näiteks elektripliidi või ka jootekolvi kütteelementi, tuleb võtta tükk kroomnikkel- või fekraaltraati. Traadi pikkus tuleb võtta selline, et kogutakistus kindlustaks antud ristlõike jaoks ettenähtud voolu kütteelemendis. Kuna selline pikkus küünib mitme meetrini, siis on paigutamise hõlbustamiseks kasulik keerata see traat spiraaliks.

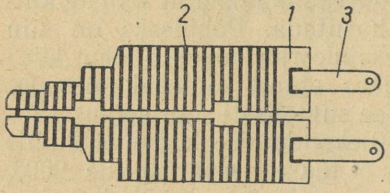
Praktiliselt on kindlaks tehtud, et maksimaalne lubatav voolutihedus on lahtiste kroomnikkeltraadis kütteelementide korral $15 \frac{A}{mm^2}$ ja kinniste (metalltorudesse või keraamilistesse plaatidesse paigutatud) kütteelementide korral $10 \frac{A}{mm^2}$. Vette paigutatavate kroomnikkeltraadist kütteelementide korral on maksimaalne lubatav voolutihedus $30 \frac{A}{mm^2}$.

Soojust isoleeriv alus valmistatakse kütteelementidele tulekindlatest isoleermaterjalidest. Selliseks materjaliks on šamott, mida saadakse tulekindlatest savidest põletamise teel. Šamott talub hästi suuri temperatuurikõikumisi ning on seejuures kõrgekvaliteediliseks elektriisolaatoriks. Šamotist valmistatakse elektripliitide kütteelementide alused, koonused reflektorahjude kütteelementidele, vardad elektriahjude kütteelementide kinnitamiseks jne. (joon. 45).

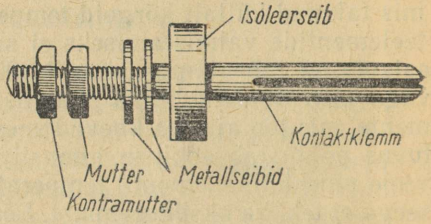


Joon. 45. Šamotist valmistatud kuumuskindlad alused soojendusriistade jaoks.

Peale šamoti kasutatakse isoleeriva alusena ka asbesti — kiulise ehitusega tulekindlat isoleermaterjali, mikaniiti ja vilgukiviplaate. Vilgukivi on kihilise ehitusega mineraal, mis talub temperatuuri kuni 600°. Asbesti ja vilgukivi kasutatakse elektrijootekolbides. Õhukeste vilgukivilehtede kokkukleepimisel vesiklaasiga saadakse



Joon. 46. Mikaniitalusega kütteelement. *1* — mikaniidist alus; *2* — lindikujulisest kroomnikkeltraadist küttespiraal; *3* — elemendi kontaktklemmid.



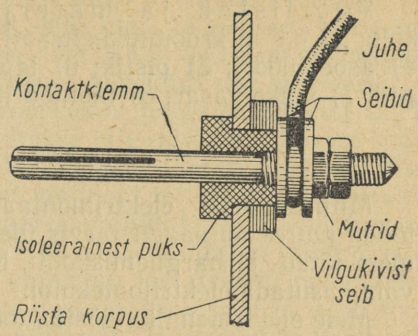
Joon. 47. Soojendusriista ühendusklemm.

paksud (üle 1 mm) mikaniitplaadid. Kõige sagedamini kasutatakse mikaniitplaate triikraudade ja teekannude kroomniklist lindikujuliste kütteelementide isoleerimiseks (joon. 46).

Soojendusseadmete klemmid. Kütteelemendi silmusekujulised otsad paigutatakse seibide vahele ja kinnitatakse kahe mutriga kontaktklemmidele (joon. 47). Tavaliselt tehakse need klemmid messingist. Klemmi paigutamisel läbi metallkorpuses olevate avade tuleb pöörata erilist tähelepanu klemmi korpusest isoleerimisele. Kui kontaktid on halvasti isoleeritud,

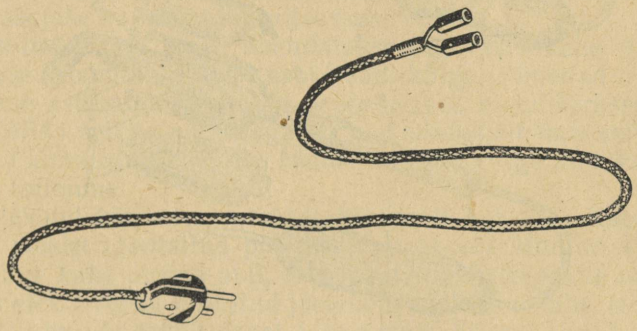
siis võib üks klemmidest korpusega ühendusse sattuda ning kogu seade satub pinge alla. Niisuguse seadme puudutamine näiteks käega on ohtlik. Kui ka teine kontakt saab halva isolatsiooni tõttu ühenduse korpusega, siis on lühis vältimatu.

Kontaktklemmide isoleerimiseks korpusest kasutatakse portselanist, mikaniidist või mõnest teisest kuumuskindlast isoleermaterjalist valmistatud pukse ja seibe või vahetükke (joon. 48).



Joon. 48. Ühendusklemmide isoleerimine soojendusriista metallkerest.

Kontaktklemmid valmistatakse massiivsete või ka piki telge lõhestatud varrastena, mille otsa lükatakse pistepesa. Pistepesa võib koosneda ka kahest portselanrullist. Pistepesa sees on vetruvad messingist hülsid, mis on ühendatud toitejuhtme otstega. Juhul kui pistepesa koosneb kahest



Joon. 49. Ühendusjuhe.

portselanrullist, siis on kummagi rulli sees üks hülss, mille külge tuleb juhtme ots (joon 49).

Riista kontaktvardad lähevad tihedalt pistepesa hülssidesse. Nende elastsus tagab kindla ühenduse toitejuhtmete ja kütteelemendi vahel.

§ 9. PRAKTILISED TÖÖD ELEKTRISOOJENDUSSEADMETEGA

Töö nr. 5. Elektrijootekolvi (tõlviku) remont

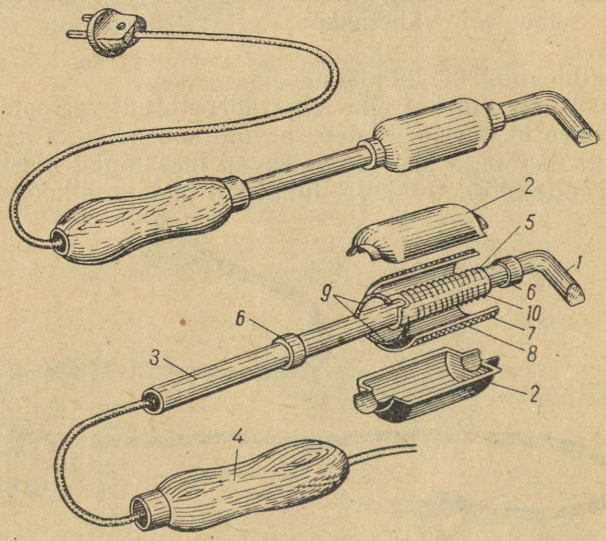
Töö eesmärk. Õppida tundma elektrijootekolvi ehitust ja töötamist. Viia praktiliselt läbi kolvi lahtimonteerimine, kokkumonteerimine ja remont.

Tööriistad ja materjalid: 1) kõlbmatu elektrijootekolb; 2) 3,5 m kroomnikkeltraati (vt. tabel lk. 66); 3) vilgukivi; 4) asbestnööri; 5) pistik; 6) lapiktangid, ümartangid ja lõiketangid; 7) väike vasar; 8) montöörinuga; 9) isoleerpael.

Teoreetilisi juhiseid

Mitmesuguste elektrimontaažtööde, raadiotehniliste ja teiste tööde juures on sageli tarvis üle joota juhtmeid, metallosi, juhtmete jätku- ja hargnemiskohti. Nende tööde juures on kõige sobivam kasutada elektrijootekolbi.

Meie elektrotehnikatööstus toodab mitut tüüpi elektrijootekolbe.



Joon. 50 Elektrijootekolb ja tema osad. *1* — töövarras; *2* — metallkate; *3* — metalltoru; *4* — käepide; *5* — esimene isolatsioonikiht; *6* — rõngas metallkatete kinnitamiseks; *7* — teine isolatsioonikiht; *8* — asbestnööri kiht; *9* — asbestiga kaetud ühendusjuhtmete otsad; *10* — kroomnikkeltraadist spiraal.

Kõige enam on neist levinud väikese võimsusega (50, 80 ja 120 W) jootekolvid. Neid toodetakse erinevate pingete jaoks.

Jootekolvi ehitus. Jootekolvi vaskvarda teravik on kolvi töötavaks osaks (joon. 50). Jootekolvi konstruktiivseks põhiosaks on raudtoru. Sellele kinnitatakse kolvi ülejäänud osad. Raudtoru läbimõõt on 8—10 või 12 mm. Toru sisemusse pistetakse tema ühest otsast kolvi töövarras. Töövarras on valmistatud punasest vasest, mõnel kolvil on ta pulgakujuline, mõnel aga L-kujuline.

Olenevalt joodetava eseme asukohast tuleb kasutada kas sirge või painutatud töövardaga kolbi. Toru selle otsa läheduses, kuhu on pistetud töövarras, asub kolvi kütteelement. Kütteelement on valmistatud kroomnikkeltraadist ning koosneb kahekihilisest mähisest.

Enne kütteelemendi esimese mähisekihi paigaleasetamist tuleb raudtoru isoleerida. Selleks kasutatakse vilgukivikihti. Pärast seda keritakse peale esimene mähisekiht, kusjuures kerimist alustatakse veidi kaugemalt avadest, milledest väljuvad toitejuhtmed. Spiraali mähitakse töövarda suunas. Seejuures paigutatakse traadi keerud 1,0—1,5 mm kaugusele üksteisest. Kui esimene kiht on keritud, isoleeritakse see kahe vilgukivilehe abil ning isolatsiooni peale keritakse teine mähisekiht esimesega vastupidises suunas, s. o. töövarda poolt käepideme poole. Ka teine kiht isoleeritakse pealt vilgukivilehtedega.

Kuna vilgukivilehed juhivad halvasti soojust, siis on tarvis kõige alumine (toru peal olev) isolatsioonikiht teha õhuke, kõige pealmine isolatsioonikiht tuleb aga samal põhjusel teha võimalikult paks. Soojus, mis eraldub kütteelemendis, pääseb siis kergesti töövardale, mitte aga kütteelementi ümbritsevasse õhku. Tavaliselt kaetakse pealmine vilgukivikiht veel asbestnööri mõnekordse kihiga, sest asbest juhib samuti halvasti soojust, takistades seega veelgi soojuse hajumist ümbritsevasse õhku.

Mähitud traadi otsad ühendatakse tugevasti kahe 0,7—1 mm jämeduse kroomnikkel- või vasktraadi külge. Jämedad traadid isoleeritakse asbestnööriga ning paigutatakse metalltorusse. Traadid tuleb valida sellise pikkusega, et nad ulatuksid toru sellesse otsa, kuhu on kinnitatud käepide. Nende traatide külge kinnitatakse jootekolvi toitejuhe.

Jootekolvi kütteelement kaetakse pealt kattega. Kate koosneb kahest plekist stantsitud poolest. Kattepooled kinnitatakse metalltoru külge kahe muhvi abil, mis lükatakse kattepoolte otste peale.

Kui elektrivõrku lülitatud jootekolb soojaks ei lähe, siis on kusagil toitejuhe või mähisetraat vigastatud. Kõige sagedamini põhjustab juhtme katkemise ülemäärane kuumenemine, mis toimub siis, kui jootekolb on pikka aega pinge all ja teda seejuures ei kasutata. Sellisel korral kütteelemendis tekkiv soojus peaaegu üldse ei eraldu jootekolvilt. Juhtmete läbipõlemine toimub tavaliselt mähise traadi ja torus oleva jämedama traadi ühenduskohtadelt. Halvem on, kui läbipõlemine toimub kusagil mähises. Mõnikord on jootekolvi mittetöötamise põhjuseks ühendusjuhtme katkemine. Seepärast tuleb vea otsimist alustada kõigepealt ühendusjuhtme juurest. Tuleb kindlaks teha, kas juhe on korras, s. t. kas pole vigastatud juhtme sooned ning kas on korras ühendused pistiku juures.

J o o t e k o l v i l a h t i v õ t m i n e. Võetakse ära kattepooli kooshoidvad muhvid ja kõrvaldatakse mõlemad kattepooled. Ettevaatlikult eemaldatakse asbestnöörist ja vilgukivilehest väline isolatsioonikiht. Ettevaatlik tuleb olla vilgukivilehega, mis võib ker-

gesti laguneda. Pärast isolatsiooni kõrvaldamist kontrollitakse kütteelemendi otste ja torus olevate juhtmete vahelist ühendust ning mähise ülemise kihi korrasolekut. Kui selles mähisekihis esineb kusagil juhtme katkemine, siis keritakse selles kohas üks ring traati ära ning keeratakse saadud pikad traadiotsad lapiktangidega tihedasti kokku. Kokkukeeratud traadiosa lõigatakse parajaks ning jootekolb pannakse uuesti kokku. Kui mittetöötava jootekolvi kütteelemendi ülemises kihis viga pole, siis tuleb seda otsida alumisest kihist. Selleks tuleb mähisetraadi ülemine ots torus oleva juhtme küljest lahti võtta ning traat kerida nii pikalt puupulgale, kuni paljastub alumine mähiseosa. Nüüd otsitakse üles katkemiskoht, parandatakse see, isoleeritakse alumine mähiseosa, keritakse kohale ülemine ning pannakse siis kolb uuesti kokku.

Kui on vaja kütteelementi täiesti uuega asendada, siis tuleb andmed traadi kohta (pikkus ja läbimõõt) valida alltoodud tabelist, lähtudes seejuures antud elektrivõrgu pingest.

Tabel kroomnikkeltraadi valimiseks jootekolbide jaoks

Võrgupinge V	Vool A	Traadi läbimõõt mm	Traadi ristlõige mm^2	Traadi pikkus m	Traadi takistus Ω
220	0,36	0,098	0,00509	2,7	610
110	0,73	0,15	0,0177	2,0	150
24	3,3	0,5	0,196	1,25	7,3
12	6,7	0,85	0,567	0,9	1,8
6	13,3	1,4	1,54	0,6	0,48

Kui jootekolbide kütteelementide valmistamisel rakendatakse ülaltoodud tabeli andmeid, siis saadakse jootekolvi võimsuseks umbes 80 vatti.

Madalapingelisi (12 V, 6 V) jootekolbe võib hõlpsasti ise valmistada, sest nad ei nõua eriti tugevat isolatsiooni ning nende kütteelemendi valmistamiseks vajalik traat on sellise pikkusega, et seda on kerge mähkida ühekihilisena. Sellise kolvi valmistamiseks läheb vaja käepidemega toru, teravaotsalist vaskpulka ja tabelis märgitud pikkusega kroomnikkeltraati. Toru kaetakse õhukese isolatsioonikihiga, sellele mähitakse kroomnikkeltraat ja traadi otsad ühendatakse ühendusjuhtme otstega. Ühendusjuhtme teises otsas asub pistik. Niisuguse jootekolvi toitmine toimub läbi pinget madaldava transformaatori.

Töö käik

1. Tutvuge elektrijootekolvi välise ehitusega. Määrake jootekolvi käepidemele või mähise kaanele märgitud andmete põhjal

jootekolvi võimsus ja pinge, millele mähis on määratud. Kui kolvi vaskteravik on mustunud, siis puhastage ta algul viiliga, siis aga smirgelpaberi tükiga.

Kontrollige juhtmete kinnitust pistiku külge. Juhul kui kinnitus ei ole rahuldav, võtke otsad lahti ja kinnitage juhtmed uuesti ning korralikult pistiku külge.

2. Võtke jootekolb lahti, kerige ettevaatlikult maha kütteelemendi traat, leidke traadi katkemiskoht ja parandage see.

3. Pange jootekolb uuesti kokku ja, lülitanud ta pistiku abil valgustusvõrku, kontrollige kolvi tööd, tehke mõni jootmine oma remonditud jootekolviga.

Kui pärast jootekolvi sisemise ehitusega tutvumist selgub, et mähis ei ole kusagilt läbi põlenud, siis mähist maha ei kerita, kõrvaldatakse ainult ühenduste juures esinevad puudused ning pannakse kolb uuesti kokku. Sel juhul võib ülejäänud aega kasutada lihtsa madalapingelise jootekolvi või elektrilise põletusnõela ehitamiseks. Jootekolvi ehitamiseks tuleb kasutada vastavate mõõtmetega kroomnikkeltraati ja vana jootekolvi korpust. Omavalmistatud kolviga tehakse samuti mõned jootmistööd; elektrilist põletusnõela aga proovitakse praktiliselt mõne motiivikese põletamiseks puidutükile.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Jootekolvi remontimisprotsessi kirjeldus (näidata vigastuse iseloom ja selle kõrvaldamise meetod).
3. Jootekolbi läbiva voolu tugevuse arvutamine, lähtudes tema võimsusest ja kasutatavast võrgupingest.
4. Jootekolvi ehituse skemaatiline joonis, iga detaili nimetus ja ülesanne, detaili materjal.

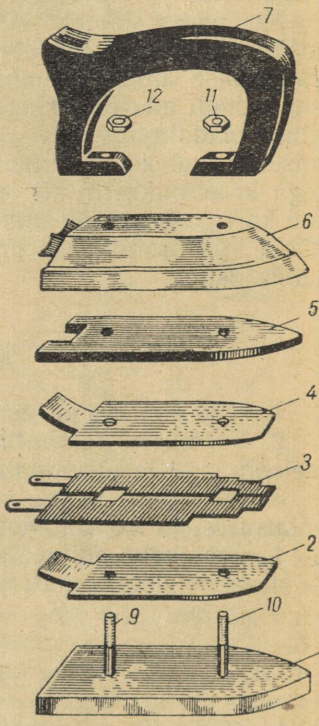
Kontrollküsimusi

1. Milliseid materjale kasutatakse jootekolvi detailide valmistamisel?
2. Miks valmistatakse kolvi töövarras punasest vasest?
3. Missugustes kohtades esineb kõige sagedamini jootekolvi küttetraadi läbipõlemist?
4. Miks tehakse alumine vilgukivist isolatsioonikiht õhuke, ülemine aga paks?
5. Miks ei või jootekolvi kütteelementi valmistada nikeliintraadist?
6. Miks ei tohi jootekolvi kütteelementi mähkida tihedalt keerd keeru kõrvale, vaid peab iga keeru vahele jätma väikese vahe?

Töö nr. 6. **Elektrisoojendusriistade ehitusega tutvumine**

Töö eesmärk. Õppida tundma koduses majapidamises kasutatavate soojendusriistade konstruktsiooni ja tööd. Omandada praktilisi kogemusi nende lahtimonteerimise, vea kõrvaldamise, kokkumonteerimise ja töö kontrollimise alal.

Tööriistad ja materjalid: 1) soojendusriist[1] (triikraud, elektripliit, teekann); 2) triikraua uus kütteelement, teekannu uus kütteelement, pliidi uus spiraal (vajaduse korral vahetamiseks); 3) soojendusriista uued sisendklemmid (vahetamiseks vajaduse korral); 4) 1,5 m pikkune elektrijuhe (vana juhtme ümbervahetamiseks, kui see osutub vajalikuks); 5) pistik; 6) isoleermaterjalid — mikaniit, asbest jne.; 7) ümar- ja lapiktangid; lõiketangid; 8) montöörinuga; 9) kontroll-lamp (vt. joon. 54); 10) isoleerpael.



Joon. 51. Elektritriikraud lahtivõetult.

Teoreetilisi juhiseid

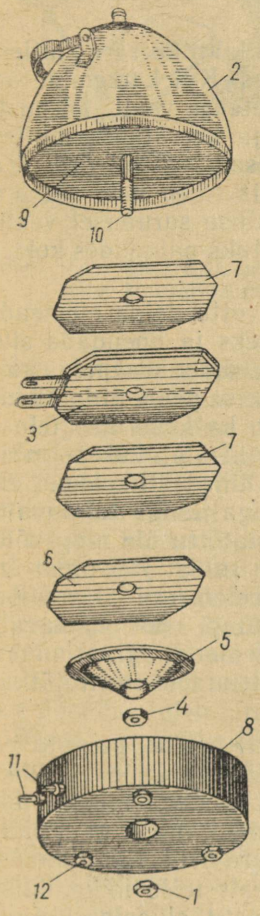
Elektritriikraud ja -teekann on oma ehituselt võrdlemisi sarnased. Triikraud (joon. 51) koosneb malmist valmistatud paksust alusplaadist *1*, kütteelemendist *3*, kahest mikaniitplaadist *2* ja *4*, mille ülesandeks on isoleerida kütteelementi triikraua metallosadest, paksust raskusplaadist *5* (see surub kütteelemendi alusplaadi vastu), triikraua kestast *6*, käepidemest *7* (selle ülemine osa on valmistatud soojust mittejuhtivast ainest), kahest seibist ja kahest mutrist *11* ja *12*, mille abil kinnitatakse triikraua osad alusplaadi külge. Osade kinnitamiseks on alusplaadi küljes kruvid *9* ja *10*.

Teekann (joon. 52) koosneb metallkorpusest, kuhu valatakse vesi. Korpuse põhja keskkohta on kinnitatud keermetatud polt *10*. Selle poldi abil kinnitatakse korpuse külge teekannu alus *8*. Aluse ja korpuse vahele paigutatakse kütteelement. Kütteelement isoleeritakse metallosadest kahe mikaniitplaadi *7* abil. Kütteelement surutakse korpuse põhja vastu metallketta *5* ja mutri *4* abil. Alus kin-

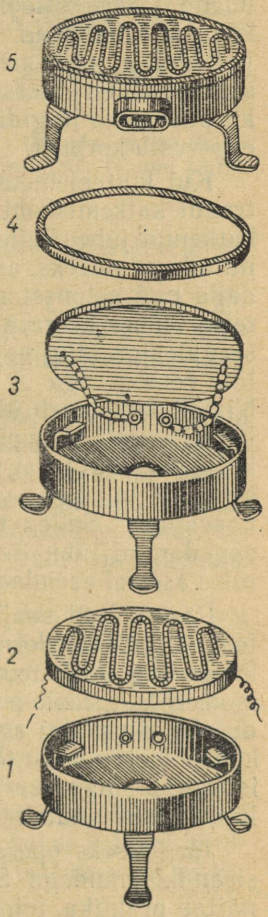
[1] Seda tüüpi tõid võib teha mitu korda, iga kord eri tüüpi soojendusriistaga.

nitatakse mutri *1* abil. Aluse põhja külge on kinnitatud kolm isoleerainest jalakest *12*.

Lahtise kütteelemendiga elektripliit on oma ehituselt veelgi lihtsam (joon. 53). Kolme jalaga varustatud metallkorpuse *1* külgseina on tehtud kaks ava, millesse kinnitatakse sisendklemmid. Sisendklemmid isoleeritakse pliidi metallkorpusest. Klemmide külge kinnitatakse paksu keraamilise plaadi *2* uuretesse paigutatud spiraali otsad. Kinnitamine toimub mutrite abil. Keraamiline plaat paigutatakse metallkorpuse ülemisse ossa *3* ja kinnitatakse metallvõruga *4*. Võru külgser-



Joon. 52. Elektriteekann lahtivõetult. *1* — alumine kinnitusmutter; *2* — kannu korpus; *3* — kütteelement; *4* — kinnitusmutter; *5* — metallketas kannu osade ühendamiseks; *6* — metall-plaat; *7* — asbestist isoleerplaadid; *8* — kannu alus; *9* — kannu põhi; *10* — ühenduspolt; *11* — ühendusklemmid; *12* — isoleermaterjalist jalakesed.



Joon. 53. Lahtist tüüpi elektripliit.

vad lähevad tihedalt metallkorpuse külgservade peale. Joonisel 53 on kokkumonteeritud pliit märgitud numbriga *5*.

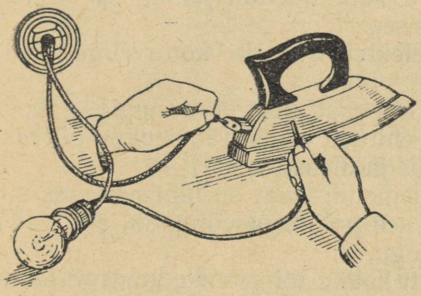
Soojendusriistade juures põlevad sageli läbi kütteelementide otsad, mis on kinnitatud sisendklemmide külge. Üsna sageli esineb ka kütteelemendi traadi läbipõlemisi teistes kohtades. Et sellist viga kõrvaldada, tuleb soojendusriist lahti monteerida, katkemiskoht üles leida, ja kui võimalik, siis katkemisel tekkinud otsad kokku ühendada. Kui see ühendamine ei ole võimalik, siis tuleb kütteelement asendada uuega.

Selleks et teekannu lahti monteerida, tuleb lahti keerata mutter, mis hoiab teekannu alust tema korpuse küljes. Kui katkemine on toimunud otse sisendklemmi juures, siis tõstetakse veidi korpust, ühendatakse kütteelement uuesti klemmiga ja keeratakse mutter kõvasti kinni. Kui kütteelemendi kinnitusotsad on niivõrd ära põlenud, et nad klemmini enam ei ulatu, siis tuleb neid jätkata samast materjalist juhtme või plekiribaga. Aluse surumisel vastu korpust tuleb jälgida, et jätkatud otsad ei puutuks paindudes kokku ega vastu korpust.

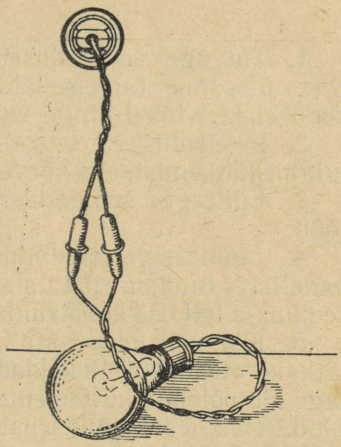
Kui kütteelement ei tööta, tuleb ta lahti võtta, leida elemendi traadi katkemiskoht, venitada üks keerd sirgeks ja ühendada siis katkenud juhe. Selleks tuleb juhtme otsad heledaks kraapida, painutada silmuseks, asetada siis silmused teineteise peale ning ühendada nad pehmest metallist plekitükiga. Võib ka kaks otsa teineteise ümber keerata ning mähkida siis see koht üle õhukese messingplekiga ning vajutada see lapiktangidega tihedasti kokku. Selline remont aga ei pikenda kütteelemendi iga kuigi tunduvalt. Nimelt kuumeneb ühenduskoht suure takistuse tõttu üle ning võib varsti uuesti läbi põleda. Pärast kahte-kolme sellist jätkamist on kütteelemendi traat tunduvalt lühenenud, kütteelemendi takistus on selle tõttu aga väiksemaks muutunud ning vool vastavalt kasvanud. Selle tagajärjel põleb kütteelemendi traat ikka sagedamini läbi. Seepärast on parem läbipõlenud element jätkamise asemel asendada hoopis uuega.

Parandatud soojendusriist pannakse uuesti kokku, paigutades tema osad järjekorras endistele kohtadele. Näiteks triikraua kokkupanekul tuleb tema alusplaadile kõigepealt asetada mikaniidist isoleerplaat. Selle peale paigutatakse kütteelement nii, et ta ei puudutaks alusplaati ega selle külge kinnitatud kruvisid. Liigutamata kohaleasetatud kütteelementi, kaetakse ta pealt teise mikaniidist isoleerplaadiga, surutakse raskusplaadiga vastu alusplaati ning kinnitatakse mutritega.

Järgmiseks operatsiooniks on kütteelemendi otste ühendamine sisendklemmidega. See on kõige vastutusrikkam operatsioon. Nagu näitab praktika, toimub just siin kõige sagedamini lühiseid ja läbipõlemisi selle tõttu, et ühendusjuhtmed puutuvad kokku omavahel või siis kontaktklemmide või korpusega. Seepärast tuleb riista



Joon. 54. Elektritriikraua kontrollimine kontroll-lambi abil.



Joon. 55. Ühendusjuhtme kontrollimine kontroll-lambi abil.

kokkupanekul saavutada kütteelemendi otste korralik isoleerimine neid ümbritsevatest metallosadest.

Lõpuks kaetakse triikraud kestaga, pistetakse kruvid läbi käepidemes olevate aukude ning keeratakse käepidet kinnitavad mutrid tugevasti kinni. Teekannu või kastruli kokkumonteerimine toimub umbes samuti.

Pärast kokkumonteerimist tuleb kindlaks teha, kas mõni voolu all olev osa ei puutu vastu riista metallosi. Selleks võetakse kontroll-lamp, pistetakse tema pistik seinapessa ja surutakse lambi ühendusjuhtme üks ots riista korpuse, teine aga ühe sisendklemmi külge (joon. 54). Kui seejuures lamp hakkab põlema, siis kinnitab see seda, et kütteelemendi ja korpuse vahel on ühendus. See ühendus tuleb viivitamatult kõrvaldada.

Pärast soojendusriista remonti tuleb kontrollida toitejuhet või teha uus, kui seda enne ei olnud. Ebaõige ning lohaka kasutamise tagajärjel võivad ühendusnööri sooned katkeda, kõige sagedamini toimub see katkemine pistiku või riista pistepesa juurest. Kui niisugused katkemiskohad on parandatud, juhe aga ei anna ikkagi soojendusriistale voolu, siis on soonte katkemine toimunud kusagil juhtme keskel. Vea väljaselgitamiseks kasutatakse kontrolllampi, mis lülitatakse vooluringi kontrollitava juhtme abil (joon. 55). Kontrollitakse mõlemat soont ning tehakse sel teel kindlaks, kummas soones on viga, vigane juhe kas jätkatakse kokku või asendatakse uuega.

Töö käik

1. Tutvuge soojendusriista välise ehitusega, tehke kindlaks riista ülesanne. Lugege läbi riista sildiandmed, tehke kindlaks, kas kooli elektrivõrgu pinge vastab riistal märgitud pingele.
2. Kontrollige kontroll-lambi abil ühendusjuhet, kui esineb juhtme katkemist, siis kõrvaldage see.
3. Lülitage soojendusriist elektrivõrku ja kontrollige riista tööd.
4. Monteerige soojendusriist ettevaatlikult lahti, õppige tähelepanelikult tundma riista sisemist ehitust; erilist tähelepanu pöörake seejuures iga osa konstruktsioonile ja ülesandele.
5. Kui soojendusriista kütteelemendi traat on läbi põlenud, siis jätkake otsad uuesti kokku. Kui see pole aga võimalik, siis vahetage läbipõlenud kütteelement uuega.
6. Pange soojendusriist uuesti kokku ning tehke kontroll-lambi abil kindlaks, kas ei esine kütteelemendi ja korpuse vahelist ühendust. Lülitage korras soojendusriist elektrivõrku ning proovige tema tööd.

Aruande sisu.

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Riista lahtivõtmise järjekord remontimisel. Vea iseloom ja tema parandamise käik.
3. Soojendusriista skemaatiline joonis.
4. Antud soojendusriista läbiv vool, mis arvutatakse riistal märgitud andmete alusel.

Kontrollküsimusi

1. Nimetage elektripliidi osad.
2. Nimetage triikraua osad; teekannu osad.
3. Nimetage koduses majapidamises kasutatavate soojendusriistade kõige kergemini riknevad (läbipõlevad, katkevad) kohad.
4. Kui suured on teie kodus kasutatavate soojendusriistade võimsused?
5. Mida tuleb teada koduse elektrivõrgu kohta soojendusriista ostmisel?
6. Mis asi on kontroll-lamp ning milleks teda kasutatakse? Kuidas ta on ehitatud?

TEINE OSA

TEHNILISED ELEKTRIMÕÕTERIISTAD

§ 10. ELEKTRIMÕÕTERIISTADE KLASSIFIKATSIOON

Mitmesuguste elektriliste suuruste mõõtmiseks kasutatakse mõõteriistu. Vastavalt tööpõhimõttele jagatakse mõõteriistad süsteemide järgi rühmadeks. Levinumad on järgmist süsteemi mõõteriistad:

1) magnetelektrilised;
2) elektromagnetilised;
3) elektrodünaamilised;
4) induktsioonsüsteemilised.

Mõõteriistade täpsusastme järgi jagatakse mõõteriistad järgmisteks klassideks: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4.

Mõõteriista klassi väljendav arv on võrdne mõõteriista veaga, väljendatuna protsentides.

Mõõteriista näidu viga sõltub mõõteriista klassist. Näiteks ampermeeter (klass 2,5) mõõtepiirkonnaga 5 A võib põhjustada vea

$$\Delta A = \pm \frac{5 \cdot 2{,}5}{100} = \pm 0{,}125 \text{ A}.$$

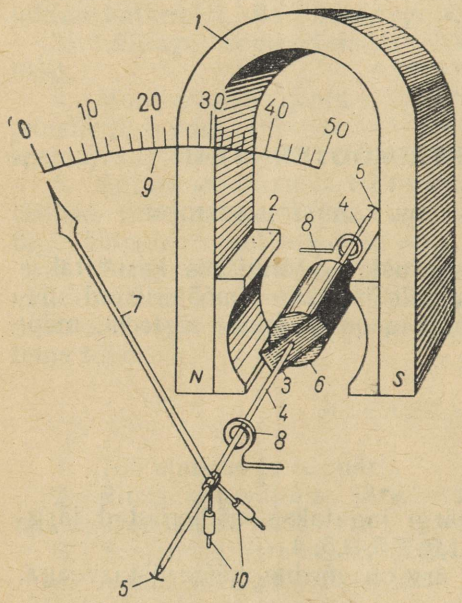
Mõõteriista klass on märgitud mõõteriista skaalale.

Elektrimõõteriistad. Kõige enam kasutatakse praktikas järgmisi mõõteriistu:

1) ampermeeter (voolu mõõtmiseks);
2) voltmeeter (pinge ehk potentsiaalide vahe mõõtmiseks vooluringi kahe mistahes punkti vahel);
3) vattmeeter (elektrilise võimsuse mõõtmiseks);
4) arvesti (elektrienergia mõõtmiseks);
5) oommeeter (takistuse mõõtmiseks).

Ampermeetrid ja voltmeetrid alalisvoolu mõõtmiseks on tavaliselt *magnetelektrilist süsteemi*, tööstusliku sagedusega (50 Hz) vahelduvvoolu mõõtmiseks aga elektromagnetilist süsteemi. Joonisel 56 on toodud magnetelektrilist süsteemi mõõteriista ehituse

skeem. Magnetelektriline mõõteriist koosneb hobuserauakujulisest magnetist *1*, mille pooluste külge on kinnitatud nn. pooluskingad *2*. Pooluskingade vahel asub alumiiniumraam mähisega *3*. Raam on kinnitatud kahele poolteljele *4*, mis toetuvad laagritele *5*. Raami sisse on kinnitatud terassilinder *6*, mille telg ühtib raami pöörlemisteljega. Sellise ehituse tulemusena tekib pooluskingade ja silindri vahel tugev homogeenne magnetväli. Mähisega raam saab pöörelda silindri ja pooluskingade vahelises ruumis; raam ei puutu seejuures ei pooluskingade ega ka silindri vastu.



Joon. 56. Magnetelektrilise mõõteriista ehituse skeem. *1* — hobuserauakujuline magnet; *2* — pooluskingad; *3* — alumiiniumraam mähisega; *4* — poolteljed; *5* — laagrid; *6* — terassilinder; — *7* — osuti; *8* — spiraalvedrud; *9* — skaala; *10* — vastukaalud.

Raami mähist läbiva voolu magnetvälja ja mõõteriista püsivmagneti välja vastastikuse mõju tulemusena pöördub raam püsivmagneti väljas (tekkis pöördemoment). Raami pöördumise suunda saab määrata vasaku käe reegli abil.

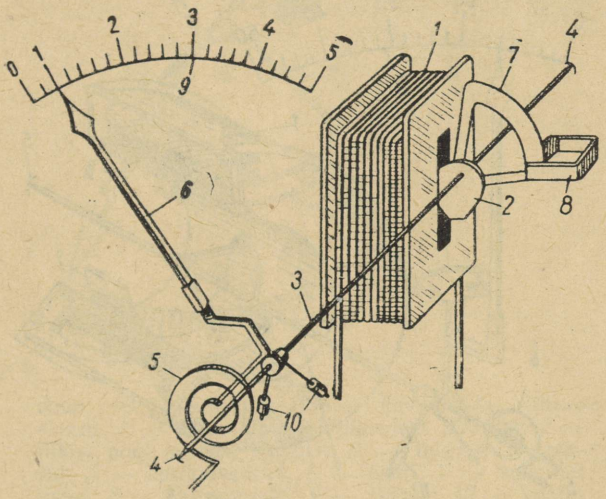
Liikuva süsteemi võnkumine sumbub alumiiniumraamis pöörlemisel tekkiva induktsioonvoolu magnetvälja ja püsivmagneti välja vahelise mõju tulemusena.

Spiraalvedrud *8* põhjustavad vastupidise pöördemomendi tekkimise. Nende vedrude abil toimub ka voolu juhtimine mähisesse. Raam jääb paigale, kui teda vastupidistes suundades pööravate momentide summa on null (momendid on võrdsed). Koos raamiga kaldub kõrvale ja jääb koos raamiga seisma ühele poolteljele kinnitatud osuti *7*. Kõrvalekaldunud osuti näitab skaalal *9* mõõdetava suuruse väärtust. Osuti nullasendisse seadmiseks on spiraalvedrude pinge reguleeritav mõõteriista paneelile toodud reguleerimiskruvi abil. Reguleerimiskruvi on eesmise vedruga ühendatud ekstsentriku, kahvli ja kangi abil. Seda korrektsioonisüsteemi joonisel 56 kujutatud ei ole.

Elektromagnetilist süsteemi amper- ja *voltmeetrite* juures kasutatakse liikumatut pooli läbiva voolu toimel tekkiva magnetvälja mõju liikuvale ferromagnetilisest ainest südamikule. Tänapäeval

kasutatakse seda tüüpi mõõteriistades ümmargusi ja kandilisi poole. Kandilise pooliga mõõteriista ehitus on toodud joonisel 57. Mõõteriista liikumatu osa koosneb poolist *1*, mille sees võib liikuda raudplekist leheke *2*. Leheke on kinnitatud teljele *3*, mis pöörleb laagrites *4*.

Kui pooli läbib kas alalis- või vahelduvvool, siis leheke tõmbub pooli sisse ning telg koos sellele kinnitatud osutiga pöördub. Selle tulemusena keeratakse kokku spiraalvedru 5 ning tekib vastupidine



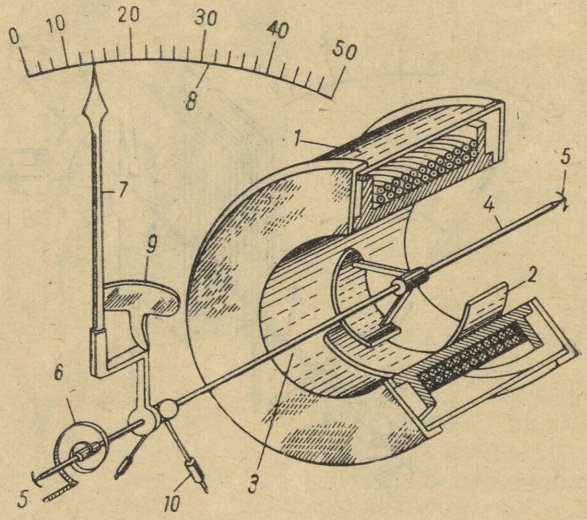
Joon 57. Kandilise pooliga elektromagnetilise mõõteriista ehituse skeem. *1* — liikumatu pool; *2* — liikuv metall-leheke; *3* — telg; *4* — laagrid; *5* — spiraalvedru; *6* — osuti; *7* — summuti alumiiniumplaat; *8* — magnet; *9* — skaala, *10* — vastukaalud.

pöördemoment. Riista võnkumiste summutamine toimub induktsioonsummuti abil. See summuti koosneb alumiiniumplaadist *7* ja püsivmagnetist *8*. Plaadi *7* liikumisel püsivmagneti pooluste vahel indutseeritakse plaadis pöörisvoolud, mis tekitavad magnetvälja. Püsivmagneti ja pöörisvoolude magnetväljade vastastikuse mõju tulemusena sumbuvad võnkumised järk-järgult.

Joonisel 58 on kujutatud teist tüüpi elektromagnetilise mõõteriista ehitus. Selle mõõteriista liikumatuks osaks on ümmargune pool *1*, mille sisse on kinnitatud raudplaadike *2*. Teine raudplaadike on kinnitatud teljele *4*. Telg pöörleb laagrites *5*. Alalis- või vahelduvvoolu läbilaskmisel sellest poolist magneetuvad mõlemad plaadid selliselt, et tõukuvad teineteisest eemale. Üks plaat on kinnitatud liikumatult, liikuda saab ainult teljele kinnitatud plaat.

See põhjustabki telje pöördumise. Vastupidise pöördemomendi annab spiraalvedru 6 samuti nagu eespool kirjeldatud riista juures.

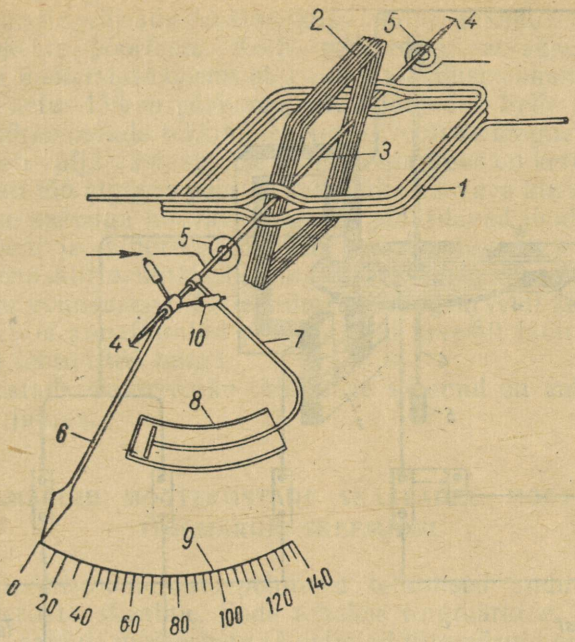
Vattmeetrid on *elektrodünaamilist süsteemi* mõõteriistad. Neid kasutatakse elektrilise võimsuse mõõtmiseks. Nende mõõteriistade tööprintsiip põhineb kahe vooluga juhtme vastastikusel mõjul. Vattmeetri ehituse skeem on toodud joonisel 59. Mõõteriista liikumatuks osaks on pool *1*, mis koosneb mõnest keerust võrdlemisi jämedast isoleeritud traadist. Selle pooli sisse on teljele *3* kinnita-



Joon. 58. Ümmarguse pooliga elektromagnetilise mõõteriista ehituse skeem. *1* — pool; *2* — liikumatu raudplaat; *3* — liikuv raudplaat; *4* — telg; *5* — laagrid; *6* — spiraalvedru; *7* — osuti; *8* — skaala; *9* — summuti alumiiniumplaat; *10* — vastukaalud.

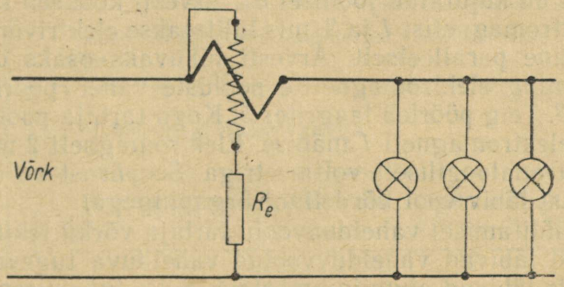
tud suure keerdude arvuga ning peenikesest isoleeritud traadist keritud pool *2*. Telg pöördub laagrites *4*. Liikuva pooli mähise otsad on ühendatud spiraalvedrudega. Need vedrud on üheaegselt nii ühendusjuhtmeteks kui ka vastupidise pöördemomendi tekitajateks. Teljele on kinnitatud osuti *6* ja õhksummuti *7*. Võimsuse mõõtmiseks (joon. 60) lülitatakse liikumatu pool voolutarbijaga järjestikku. Seda pooli läbib tarbija poolt kasutatav vool I_i. Liikuv pool ühendatakse läbi eeltakistuse paralleelselt tarbijaga. Liikuvat pooli läbib vool I_u, mis on võrdeline võrgupingega. Poole läbivate voolude vastastikuse mõju tulemusena tekib pöördemoment, mis on võrdeline mõõdetava voolu võimsusega IU[1].

[1] Öeldust selgub, et elektrodünaamilist mõõteriista võib pärast väikeste muudatuste tegemist kasutada nii ampermeetrina kui ka voltmeetrina.

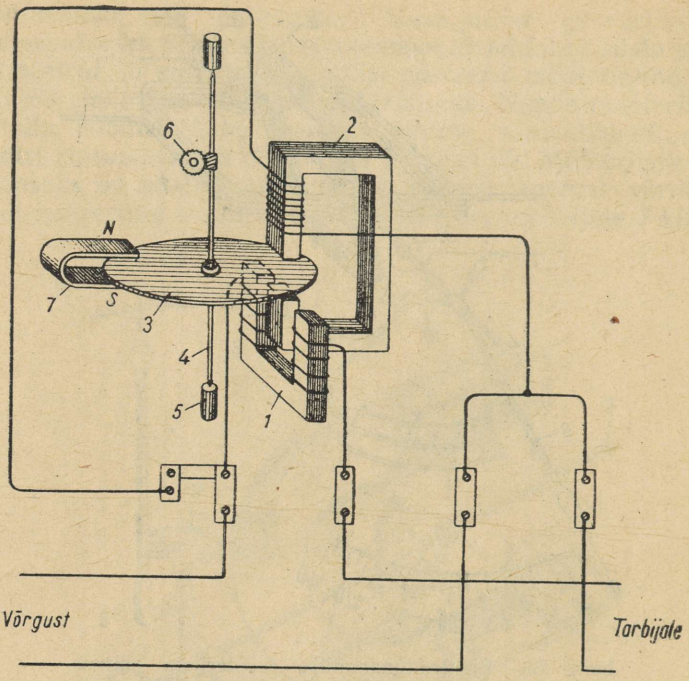


Joon. 59. Elektrodünaamilise mõõteriista ehituse skeem. *1* — liikumatu pool jämedast traadist; *2* — liikuv pool peenest traadist; *3* — telg; *4* — laagrid; *5* — spiraalvedrud; 6 — osuti; *7* — summuti kang; *8* — õhksummuti; *9* — skaala; *10* — vastukaalud.

Elektrodünaamilist süsteemi mõõteriistad on suure täpsusega ning neid võib kasutada nii alalis- kui ka vahelduvvoolu mõõtmiseks. Skaala jaotused ei ole selle mõõteriista juures võrdse pikkusega. Nad ei talu riista nimiväärtustest tugevamat voolu. Mõõteriista näitu mõjutavad välised magnetväljad, mille eest tuleb riista



Joon. 60. Elektrodünaamilise vattmeetri skeem.



Joon. 61. Ühefaasilise induktsioonarvesti ehituse skeem. *1* — järjestikune elektromagnet; *2* — paralleelne elektromagnet; *3* — alumiiniumketas; *4* — telg; *5* — laagrid; *6* — hammasülekanne loendusmehhanismile; *7* — püsivmagnet.

kaitsta spetsiaalsete varjetega või muuta vastavalt mõõteriista konstruktsiooni.

Induktsioonsüsteemiline elektrienergia arvesti. Induktsioonsüsteemiline elektrienergia arvesti ühefaasilise vahelduvvoolu energia mõõtmiseks on kujutatud joonisel 61. Arvesti koosneb kahest liikumatust elektromagnetist *1* ja *2*, mis lülitatakse elektrivõrku, üks järjestikku, teine paralleelselt. Arvesti liikuvaks osaks on teljele *4* kinnitatud ning elektromagnetite pooluste vahel pöörlev alumiiniumketas *3*. Telg pöörleb laagrites *5*. Kogu tarbija poolt kasutatav vool läbib elektromagneti *1* mähise. Elektromagneti 2 mähis lülitatakse võrku analoogiliselt voltmeetriga. Seepärast on elektromagneti *2* mähist läbiv vool võrdeline võrgupingega.

Arvesti lülitamisel vahelduvvoolu tarbija võrku tekitavad elektromagneteid läbivad vahelduvvoolud vahelduva tugevusega magnetvood, mis läbivad alumiiniumketast. Selle tulemusena indutseeritakse kettas pöörisvoolud. Nende voolude magnetväljade ning

elektromagnetite väljade vastastikuse mõju tulemusena hakkab alumiiniumketas pöörlema. Ketta pöörlemine antakse hammasrataste *6* ja ülekandesüsteemi abil edasi loendusmehhanismile.

Pöörlev ketas lõikab püsivmagneti *7* jõujooni. Selle tulemuseks on teiste pöörisvoolude tekkimine. Nende voolude magnetväljade ja püsivmagneti välja vastastikuse mõju tulemuseks on ketta pidurdamine. Arvesti töö alguses pöörleb ketas üha kasvava kiirusega, koos ketta kiiruse kasvuga kasvavad aga ka pidurdavad jõud. Kui ketta pöördemoment ja pidurdav moment võrdsustuvad, siis muutub ketta pöörlemiskiirus ühtlaseks ning on seejuures võrdeline arvestit läbiva voolu võimsusega. Selle võimsuse ning arvesti ketta pöörlemisaja korrutis annab antud pinge juures arvestit läbinud elektrivoolu poolt tehtud töö hulga.

Mõõteriistade elektrivõrku lülitamise skeemid on antud praktiliste tööde juures.

§ 11. TINGMÄRGID MÕÕTERIISTADE SKAALADEL. MÕÕTERIISTADE TINGMÄRGID SKEEMIDEL

Iga süsteemi mõõteriista põhilised tehnilised andmed märgitakse mõõteriista skaalale. Seda tehakse tingmärkide abil. Need tingmärgid, samuti mõõteriistu tähistavad tingmärgid mitmesugustes skeemides on toodud järgmises tabelis.

Mõõteriistade skaaladel toodud tingmärkide ja mõõteriistade tingmärkide tabel

Tingmärk	Tingmärgi tähendus
	Magnetelektriline mõõteriist mehhaanilise vastumomendiga
	Sama, tahkealaldajaga
	Elektromagnetiline mõõteriist mehhaanilise vastumomendiga
	Sama, magnetilise varjega
	Elektromagnetiline mõõteriist mehhaanilise vastumomendiga
	Sama, magnetilise varjega

Tingmärk	Tingmärgi tähendus
	Induktsioonsüsteemiline mõõteriist vastumomendita (elektrienergia arvesti)
	Mõõteriista täpsusklass. Arv ringi sees tähistab klassi
	Mõõteriist alalisvoolu mõõtmiseks
	Mõõteriist vahelduvvoolu mõõtmiseks
	Mõõteriist alalis- ja vahelduvvoolu mõõtmiseks
	Mõõteriista asend mõõtmisel on vertikaalne
	Mõõteriista asend mõõtmisel on horisontaalne
	Mõõteriist on mõõtmise ajal antud nurga all (käesoleval juhul 60°) horisontaaltasapinna suhtes
	Mõõteriista isolatsioon on arvestatud pingele 2 kV (2000 V)
	Ampermeeter elektriskeemil
	Voltmeeter elektriskeemil
	Vattmeeter elektriskeemil
	Elektrienergia arvesti elektriskeemil

Kui mõõteriista juures tuleb kasutada täiendavaid seadmeid (šunte, potentsiomeetreid), siis tehakse mõõteriista skaalale vastav märkus («välise šundiga», «eeltakistusega»).

§ 12. PRAKTILISI TÖID TEHNILISTE ELEKTRIMÕÕTERIISTADEGA

Töö nr. 7. Elektrimõõteriistade ehituse tundmaõppimine

Töö eesmärk. Õppida praktiliselt tundma magnetelektrilist ja elektromagnetilist tüüpi ampermeetreid ja voltmeetreid. Teostada lihtsamaid pinge ja voolu mõõtmisi.

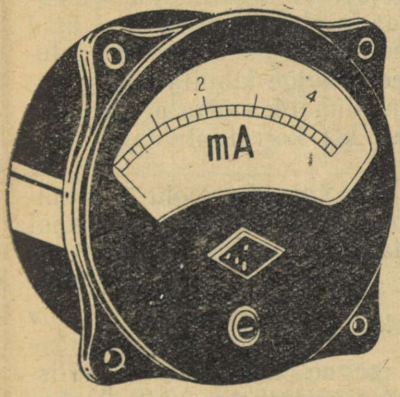
Mõõteriistad ja seadmed: 1) magnetelektrilist süsteemi voltmeeter mõõtepiirkonnaga 15 V ja ampermeeter mõõtepiirkonnaga 5 A; 2) elektromagnetilist süsteemi voltmeeter ja ampermeeter eelnimetatud mõõtepiirkondadega; 3) mitmesugust tüüpi lahtivõetud mõõteriistu või nende skeeme; 4) kaks lamp- või traatreostaati voolu tugevusele kuni 5 A; 5) gasotronalaldaja (kooli tüüpi) või seda asendav alalisvoolu allikas; 6) transformaator 220/12 V; 7) ühendusjuhtmeid; 8) kruvikeeraja.

Teoreetilisi juhiseid

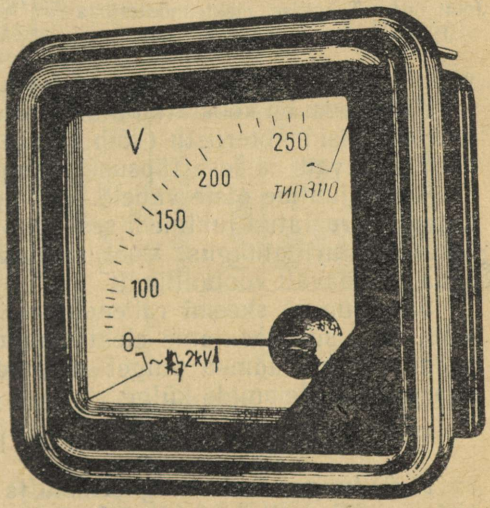
Tehnilised elektrimõõteriistad on monteeritud ümmargustesse metallkestadesse (joon. 62) või kandilistesse plastmassist kestadesse (joon. 63). Mõõteriista skaalale märgitakse riista kõige vajalikumad tehnilised andmed (joon. 64).

Vastavalt ГОСТ 1845-52 nõudmistele peavad mõõteriista skaalal olema järgmised andmed:

1) mõõteriista tüüp ning riista valmistamisaasta;
2) tehase number;
3) kaubamärk;
4) mõõteriista tingmärk (voltmeetril *V*, ampermeetril *A* jne.);



Joon. 62. Elektrimõõteriist ümmarguses metallkarbis.

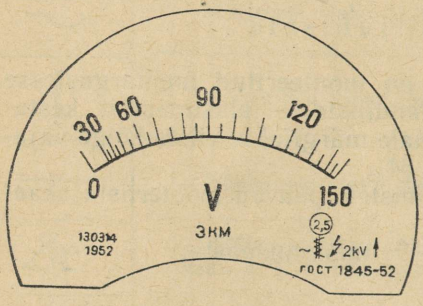


Joon. 63. Elektrimõõteriist neljakandilises plastmasskarbis.

5) täpsusklass ja ГОСТ-i number;
6) voolu tingmärk, mille mõõtmiseks riist on määratud (alalis- või vahelduvvool või mõlemad korraga);
7) mõõteriista süsteemi tingmärk;
8) mõõteriista normaalasendi tingmärk (kui see on vajalik);
9) proovipinge.

Voolu mõõteriistad (ampermeetrid ja milliampermeetrid) lülitatakse vooluringi ainult järjestikku tarbijaga. Selleks et mõõteriista lülitamine ei muudaks voolutugevust tarbija vooluringis, peab ampermeetri sisetakistus olema tarbija takistusega võrreldes palju kordi väiksem.

Pinge mõõteriistad (voltmeetrid, millivoltmeetrid ja kilovoltmeetrid) lülitatakse vooluringi ainult selle tarbijaga või takistuse lõiguga paralleelselt, mille pinget tahetakse mõõta. Selleks et voltmeeter ei muudaks mõõdetavat pinget, peab voltmeetri sisetakistus olema mõõdetava vooluringi osa takistusega võrreldes palju kordi suurem.



Joon. 64. Tehnilise elektrimõõteriista skaala.

Töödskeemide kirjeldused

Mõõtmise põhimõtteskeem on antud joonisel 65. Lampreostaadid R_1 ja R_2 ühendatakse järjestikku ampermeetriga ning vinnaklüliti L kaudu kaitsmetega. Kaitsmete teiste klemmide külge ühendatakse vooluallikast (alaldaja või transformaator) tulevad juhtmed.

Kui skeem on koostatud alalisvoolu jaoks, siis kasutatakse magnetelektrilisi mõõteriistu (võib kasutada ka elektromagnetilisi, kuid need annavad väikese täpsuse). Ampermeeter ühendatakse vooluringi ühe juhtme otste vahele. Voltmeetri külge kinnitatakse pistikutega varustatud juhtmed, sest nii on võimalik mõõta pinget mistahes vooluringilõigus. Vool saadakse sel korral alaldajalt või seda asendavalt vooluallikalt.

Samasugust skeemi rakendatakse ka vahelduvvoolu mõõtmiseks, kuid siis kasutame elektromagnetilisi mõõteriistu. Sel juhul ühendatakse seadmed pinget madaldava transformaatori sekundaarmähise klemmide külge.

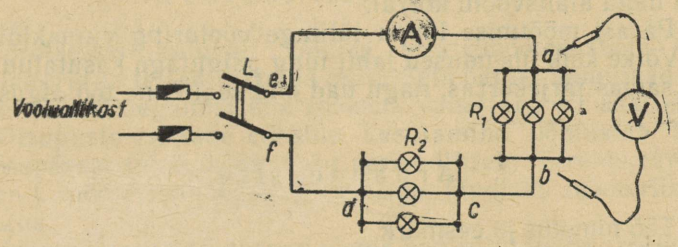
Töö käik

1. Tutvuge elektromagnetiliste ja magnetelektriliste mõõteriistadega töövalmis ja lahtivõetud riistade või tabelite abil. Õppige tundma iga üksikosa, määrake kindlaks tema koht ja ülesanne antud mõõteriista juures.

2. Joonestage vihikusse kumbagi süsteemi mõõteriista skeem ning märkige üles üksikosade nimetused.

3. Tutvuge tehniliste mõõteriistadega, tehke nende välise vaatluse tulemusena kindlaks:

1) mõõteriista süsteem;
2) skaala ehitus (võrdsete või mittevõrdsete jaotustega);
3) skaala jaotuse väärtus;
4) riista ülesanne (kas alalisvoolu või vahelduvvoolu mõõtmine);
5) missugust elektrilist suurust mõõdetakse selle riistaga (pinget või voolu);
6) mõõtepiirkond;



Joon. 65. Mõõtmisteks vajalik seadmete lülitusskeem.

7) täpsusklass;
8) riista asend mõõtmisel;
9) riista number ja valmistamisaasta.

Iga riista andmed märgitakse vihikusse järgmise tabeli kujul.

Elektrimõõteriistade tehnilised andmed

Mõõteriista nr.	Mõõteriista süsteem	Skaala	Skaala jaotuse väärtus	Mis tüüpi voolu mõõtmiseks	Missugust elektrilist suurust mõõdetakse antud riistaga	Mõõtepiirkond	Täpsusklass	Mõõteriista asend mõõtmisel	Mõõteriista valmistamisaasta

4. Pärast mõõteriistadega tutvumist koostage vooluring alalisvoolu mõõtmiseks joonisel 65 toodud skeemi järgi ning näidake seda õpetajale.

5. Saanud õpetajalt loa, tehke vajalikud mõõtmised. Selleks jätke kummassegi lampreostaati 2—3 lampi. Seadke mõõteriistade osutid korrigeerimiskruvi abil nullile. Vinnaklüliti abil pingestage vooluring.

6. Kirjutage üles ampermeetri näit. Puudutades voltmeetri juhtmete pistikutega punkte *a* ja *b*, *c* ja *d* ning *a* ja *d*, mõõtke pinged nende punktide vahel. Mõõtmistulemused kirjutage vihikusse.

7. Suurendage koormust lampide juurdekeeramisega reostaatides (lampide arv reostaatides olgu erinev). Korrake punktis 6 märgitud mõõtmisi.

8. Lõpetanud alalisvoolu mõõtmise, katkestage vooluring vinnaklüliti abil ning vahetage vooluringis olevad mõõteriistad. Magnetelektriliste mõõteriistade asemele võtke elektromagnetilised. Vinnaklüliti teised klemmid, mis enne olid ühendatud alalisvoolu allika külge, ühendage nüüd vahelduvvoolu allika — transformaatori sekundaarmähise klemmide külge. Viige läbi kõik mõõtmised samuti nagu alalisvoolu korral.

9. Pärast mõõtmise lõppu lülitage vooluring vinnaklüliti abil välja. Võtke kõik ühendused lahti ning paigutage kasutatud riistad lauale samas järjekorras, nagu nad olid seal enne töö algust.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Riistade skeemid koos lühikese selgitusega.
3. Riistade lülitusskeem koos lühikese selgitusega.
4. Mõõtmistulemused ja järeldused.

Kontrollküsimusi

1. Missugused põhilised andmed on märgitud mõõteriista skaalale?
2. Missuguseid summuteid on kasutatud teie poolt vaadeldud mõõteriistades?
3. Kuidas seatakse osuti nullseisu?
4. Missuguste mõõteriistadega võib mõõta vahelduvvoolu ja missugustega alalisvoolu?
5. Missuguse konstruktsiooniga mõõteriistu esineb nende montaaži seisukohalt?
6. Kuidas lülitatakse vooluringi ampermeeter ja miks just selliselt?
7. Kuidas lülitatakse vooluringi voltmeeter? Miks?

Töö nr. 8. **Tehnilise ampermeetri või voltmeetri kontrollimine**

Töö eesmärk. Õppida mõõteriistu sisaldavate vooluringide koostamist ning elektrimõõteriistade kontrollimist võrdlemise teel kõrgema täpsusklassiga mõõteriistade näitudega.

Mõõteriistad ja seadmed: 1) tehniline ampermeeter või voltmeeter; 2) samasuguse skaalaga, kuid kõrgema täpsusklassiga ampermeeter või voltmeeter; 3) lampreostaat; 4) liugreostaat takistusega kuni ... oomi voolule kuni ... amprit (lüngad täidab õpetaja); 5) liugpotentsiomeeter takistusega 500 Ω voolule 0,3—1,0 A; 6) kahe poolusega vinnaklüliti, mis on monteeritud ühisele alusele kaitsmete ja kinnitusklemmidega; 7) alaldaja magnetelektriliste (võib ka elektromagnetiliste) mõõteriistade kontrollimiseks, laboratoorne autotransformaator ЛАТР-1 elektromagnetiliste mõõteriistade kontrollimiseks; 8) ühendusjuhtmeid.

Teoreetilisi juhiseid

Tööprotsessis kuluvad kõikide elektrimõõteriistade telgede otsad, laagrid ja teised liikuvad osad. Sellepärast muutuvad mõõteriistade näidud aegamisi üha rohkem, vahel aga ka äkki ebaõigeteks. Niisuguste riistade edasine kasutamine põhjustab tõsiseid vigu. Seepärast tuleb mõõteriistu perioodiliselt võrrelda täpsemate (etaloon-) mõõteriistadega. Nii tehakse kindlaks mõõteriista töökõlblikkus.

Etaloonmõõteriistad peavad olema kontrollitavatest mõõteriistadest kõrgema täpsusklassiga. Tavaliselt kasutatakse etaloonmõõteriistadena mõõteriistu täpsusklassiga 0,2—0,5.

Kontrollitava mõõteriista näidu viga ei tohi ületada kindlaksmääratud väärtust; see väärtus sõltub mõõteriista täpsusklassist. Räägitakse absoluutsest veast ja relatiivsest veast.

Absoluutne viga ΔA on kontrollitava mõõteriistaga saadud väärtuse A_m ja suuruse tõelise väärtuse A_t vahe. Tõeline väärtus määratakse kindlaks etaloonmõõteriistaga.

$$\Delta A = A_m - A_t.$$

Vastupidise märgiga võetud absoluutset viga nimetatakse paranduseks δA.

$$\delta A = -\Delta A$$

Selleks et otsustada kontrollitava mõõteriista täpsusastme üle, on tarvis teada taandatud viga γ. Taandatud viga on absoluutse vea ΔA ja mõõteriista mõõteulatuse A_n suhe. Tavaliselt väljendatakse seda suhet protsentides:

$$\gamma_{rel} \frac{\Delta A}{A_n} \cdot 100\%.$$

Mõõteriista võib edasi kasutada, kui suurim taandatud viga on võrdne või väiksem kontrollitava mõõteriista täpsusklassist.

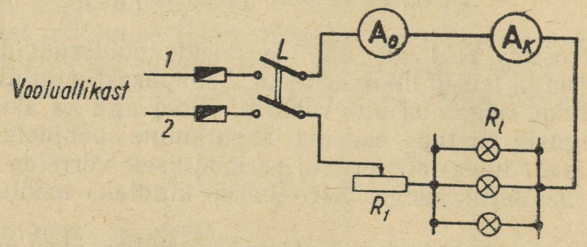
Töö skeem

Skeem tehnilise ampermeetri kontrollimiseks etaloonampermeetri abil on toodud joonisel 66.

Vajalik voolu tugevus saadakse vooluringis olevate reostaatide abil. Lampreostaati kasutatakse voolu ligikaudseks reguleerimiseks, täpne reguleerimine aga toimub liugreostaadiga.

Skeem tehnilise voltmeetri kontrollimiseks on toodud joonisel 67. Potentsiomeeter R_1 on pinge ligikaudseks reguleerimiseks. Pinge täpne reguleerimine toimub liugreostaadi R_2 abil.

Toitejuhtmed tuleb ühendada klemmide *1* ja *2* külge kaitsmete kaudu.



Joon. 66. Skeem ampermeetri kontrollimiseks.

Töö käik

1. Vastavalt õpetaja poolt antud korraldusele viiakse läbi ühe mõõteriista (ampermeetri või voltmeetri) kontroll.

Saanud ülesande ja vastavad seadmed, tutvuge nende andmetega — mõõtepiirkondadega, skaala jaotuse väärtusega, riista täpsusklassiga, reostaatide ja potentsiomeetrite takistustega ja lubatud vooludega.

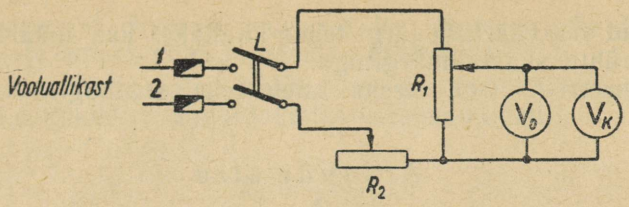
2. Koostage vooluring vastavalt eespool toodud skeemile. Seadke mõõteriistade osutid nullile.

3. Pärast vooluringi koostamist näidake seda õpetajale. Saanud õpetajalt loa, viige läbi kontrollimine.

4. Tehnilise ampermeetri kontrollimisel joonisel 66 toodud skeemi järgi lülitage algul täielikult sisse reostaat R_1, lampreostaati aga keerake üks väikese võimsusega lamp.

5. Lülitage sisse vinnaklüliti *L* ning suurendage voolu lampide sissekeeramisega seni, kuni kontrollitava ampermeetri osuti läheneb mõnele skaala põhijaotusele, näiteks jaotusele 1. Edasi reguleerige voolu reostaadi abil nii, et osuti täpselt ühtiks selle jaotusega.

6. Samal viisil viige kontrollitava mõõteriista osuti skaala teiste täisarvuliste väärtuste juurde (s. o. reguleerige välja vool 2, 3, 4, 5 A). Koormust suurendage võimalikult sujuvalt, mitte hüp-



Joon 67. Skeem tehnilise voltmeetri kontrollimiseks.

peliselt. Nii minge kuni mõõteriista nimiväärtuseni ning tulge siis vastupidises järjekorras tagasi kuni nullini (s. o. voolu nimiväärtuselt nullini — 5, 4, 3, 2, 1, 0 A).

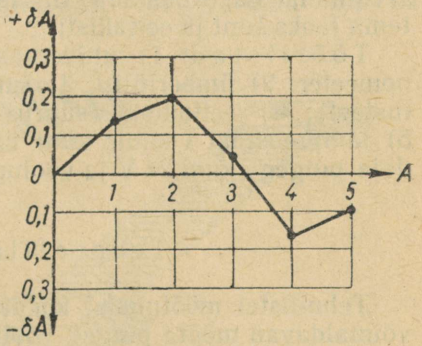
7. Mõõteriistade näidud kirjutage järgmise kujuga tabelisse.

Vaatlusandmete tabel tehnilise ampermeetri kontrollimise kohta

Jrk. nr.	Kontrollitava mõõteriista näit. A	Etaloonmõõteriista näidud					Viga		Parandus
		Voolu tugevdamisel		Voolu nõrgendamisel		Voolu keskmine väärtus A	Absoluutne ΔA A	Taandatud γ %	$\delta A = -\frac{\Delta A}{A}$
		Jaotuste arv	Vool A	Jaotuste arv	Vool A				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8. Arvutage voolu tugevdamisel ja nõrgendamisel kontrollitava riista ühesuguste näitude juures märgitud etaloonmõõteriista näitude aritmeetiline keskmine ning kirjutage see vihikusse (s. o. võtke näiteks voolu tugevdamisel kontrollitava mõõteriista näidu 3 A ja nõrgendamisel näidu 3 A korral märgitud etaloonmõõteriista näitude keskmine). Siis arvutage absoluutne viga, taandatud viga ning parandus kontrollitavale mõõteriistale. Ka need tulemused kirjutage tabelisse.

9. Tabeli andmete alusel koostage ampermeetri paranduste graafik. Graafiku näide on toodud joonisel 68. Suurima



Joon. 68. Tehnilise ampermeetri paranduste näidisgraafik.

taandatud vea väärtuse järgi tehke kindlaks, kas määratud täpsusklass ühtib skaalal märgituga.

Voltmeetri kontrollimiseks tuleb teha analoogiline tabel ja graafik.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Mõõteriista kontrollimise lülitusskeem.
3. Mõõtetulemuste tabel.
4. Paranduste graafik.
5. Järeldused määratud täpsusklassi ja skaalal märgitud täpsusklassi vastavuse kohta.

Kontrollküsimusi

1. Milleks on tarvis tehniliste mõõteriistade näite kontrollida?
2. Kuidas lülitatakse kontrollimisel ampermeetrid ja voltmeetrid?
3. Mis tüüpi vigu tuleb selle juures kindlaks määrata?
4. Kuidas toimub tehnilise ampermeetri ja voltmeetri kontroll?
5. Kuidas leitakse näidu absoluutne ja relatiivne viga?
6. Mida me nimetame paranduseks?
7. Kuidas määratakse tehnilise mõõteriista täpsusklassi vastavust skaalal märgitud täpsusklassile?

Töö nr. 9. **Lihtsa universaalse mõõteriista koostamine. Šuntide ja eeltakistite valimine**

Töö eesmärk. Tutvumine šuntide ja eeltakistite lihtsamate arvutamistega. Koostada lihtne universaalne mõõteriist, valida tema jaoks šunt ja eeltakisti.

Tööriistad: 1) universaalne kooli demonstratsioongalvanomeeter; 2) ümberlüliti; 3) šunt (šundi suurus saadakse arvutustest); 4) eeltakisti (suurus saadakse samuti arvutustest); 5) lampreostaat voolule kuni 1 A[1]; 6) ühendusjuhtmed; 7) alaldaja pingega kuni 24 V ja vooluga kuni 6 A[1].

Teoreetilisi juhiseid

Tehnilistel mõõtmistel kasutatavad universaalsed mõõteriistad võimaldavad mõõta pinget, voolu ja takistust. Eri tüüpi mõõtmiste jaoks tehakse vastavad lülitused ümberlüliti, klemmide või pesade

[1] Vooluallika ja reostaadi andmed võivad olla ka teistsugused.

abil. Niisuguseid riistu nimetatakse ka avomeetriteks (nimetus tuleb ühikute ampri, voldi ja oomi eestähtedest).

Lihtsaim universaalne mõõteriist koosneb galvanomeetrist, šundist ja eeltakistist. Šundi takistus leitakse valemi

$$R_š = \frac{R_m}{K_i - 1}$$

abil. Siin $R_š$ on šundi takistus oomides, R_m — mõõteriista takistus oomides, K_i — voolu mõõtepiirkonna laiendustegur, mis kujutab endast šunditava mõõteriistaga mõõdetava voolu I ja mõõteriista mõõtepiirkonna (ilma šundita) ehk mõõteriista nimivoolu I_n suhet:

$$K_i = \frac{I}{I_n}.$$

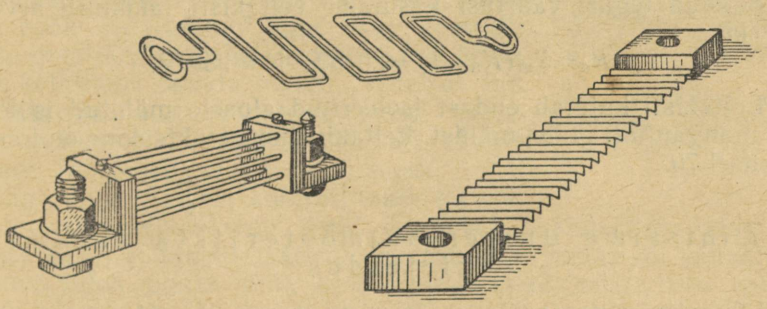
Olgu meil tarvis näiteks arvutada šunt mõõteriistale takistusega $R_m = 20\ \Omega$ ning mõõtepiirkonnaga $I_n = 10$ mA selleks, et temaga oleks võimalik mõõta voolu kuni 1 amper. Leiame kõigepealt mõõtepiirkonna laiendusteguri:

$$K_i = \frac{I}{I_n} = \frac{1}{0{,}01} = 100.$$

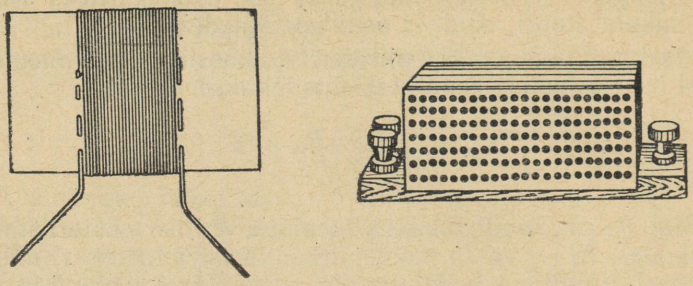
Paigutame saadud arvu šundi arvutamise valemisse ning leiame šundi takistuse:

$$R_š = \frac{R_m}{K_i - 1} = \frac{20}{100 - 1} = 0{,}209.$$

Šuntide konstruktsioone on kujutatud joonisel 69. Šuntide valmistamisel kasutatakse manganiintraati või -vardaid või ka -plekki.



Joon. 69. Mitmesuguseid šunte.



Joon. 70. Eeltakistid.

Eeltakisti takistust arvutatakse valemiga

$$R_e = R_m(K_u - 1).$$

Siin R_e on takistus oomides, R_m — mõõteriista takistus oomides, K_u — tegur, mis näitab, mitu korda suureneb skaala mõõtepiirkonna väärtus. Pinge mõõtepiirkonna laiendustegur K_u on võrdne riistaga mõõdetava pinge U ja mõõteriista nimipinge U_n suhtega:

$$K_u = \frac{U}{U_n}.$$

Olgu meil näiteks vaja arvutada ülaltoodud mõõteriista jaoks eeltakisti kuni 10-voldise pinge mõõtmiseks. Mõõteriista takistuse $R_m = 20\ \Omega$ ja nimivoolu I_n kaudu arvutame mõõteriista nimipinge:

$$U_m = I_n \cdot R_m = 0{,}01 \cdot 20 = 0{,}2\ \text{V}.$$

Nüüd arvutame mõõtepiirkonna laiendusteguri:

$$K_u = \frac{U}{U_m} = \frac{10}{0{,}2} = 50.$$

Saadud teguri väärtust kasutame eeltakisti takistuse arvutamiseks:

$$R_e = R_m(K_u - 1) = 20(50 - 1) = 980\ \Omega.$$

Eeltakisti kujutab endast isoleeritud alusele mähitud isoleeritud manganiintraadist mähist. Eeltakisti konstruktsioone on toodud joonisel 70.

Lihtsaima universaalmõõteriista skeemi kirjeldus

Lihtsaima universaalse mõõteriista skeem on toodud joonisel 71. Mõõtemehhanismi üks klemm ühendatakse šundi $R_š$ ühe otsaga,

mis on ühendatud mõõteriista klemmiga 0. Mõõtemehhanismi teine klemm ühendatakse ümberlüliti liikuva kontaktiga. Ümberlüliti kontakt *1* ühendatakse šundi teise otsaga ning läbi selle mõõteriista klemmiga *A*. Ümberlüliti kontakt *2* ja mõõteriista klemmi *V* vahele lülitatakse eeltakisti R_u.

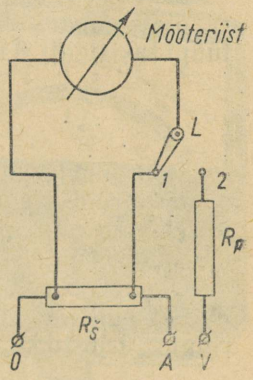
Voolu mõõtmiseks lülitatakse universaalne mõõteriist vooluringi klemmide *0* ja *A* abil. Ümberlüliti pööratakse seejuures kontaktile *1*. Pinge mõõtmisel ühendatakse juhtmed klemmidega *0* ja *V* ning ümberlüliti pööratakse kontaktile *2*.

Töö käik

1. Tutvuge üksikasjaliselt pinge ja voolu mõõtmiseks kasutatava lihtsaima universaalse mõõteriista skeemiga (joon 71). Saanud õpetajalt mõõteriista, selgitage välja selle elektrilised andmed — nimivool I_n (vool, mille puhul osuti hälve on maksimaalne), mõõteriista sisetakistus R_m ja nimipinge U_n.

2. Nende andmete alusel arvutage šundi takistus, mida tuleb kasutada kuni 1-amprise voolu mõõtmiseks, ning sellise eeltakisti takistus, mis võimaldab riistaga mõõta pinget kuni 10 V.

3. Arvutustulemuste järgi valige kabinetis olevatest šuntidest ja eeltakistitest välja sobivad ning koostage lihtne universaalne mõõteriist joonisel 71 toodud skeemi järgi. Koostatud seadet näidake õpetajale.



Joon. 71. Lihtsa universaalse mõõteriista skeem.

4. Pärast õpetajalt loa saamist teostage mõned voolu ja pinge mõõtmised vooluallikat ja lampreostaate sisaldavas vooluringis.

5. Kontrollige universaalse mõõteriista näite. Seadmete lülitus ning kontrollimine toimub samuti nagu töös nr. 8. Siin kontrollitakse aga ainult mõõteriista äärmist näitu. Kui selgub, et šunt või eeltakisti ei ole õigesti valitud, siis tehke kindlaks, kummale poole on tekkinud viga. Kui kontrollmõõteriista järgi reguleeritud vool, mis peaks osuti kallutama skaala lõpuni, seda ei tee, siis tähendab see, et valitud šundi takistus on väike. Kui osuti kaldub üle skaala viimase jaotuskriipsu, siis on šundi takistus liiga suur. Samuti kontrollitakse ka eeltakisti takistuse vastavust, kuid seejuures vastab liiga suurele hälbele väike eeltakisti takistus ja vastupidi. Šundi või eeltakisti takistust tuleb muuta seni, kuni universaalse mõõteriista osuti kaldub täpselt skaala lõpuni kontrollmõõteriista abil reguleeritud maksimaalse voolu või maksimaalse pinge korral.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Lihtsaima universaalse mõõteriista skeem.
3. Šundi ja eeltakisti takistuste arvutamine.
4. Mõõteriista lühike iseloomustus. Ülevaade riista kasutamisvõimaluste kohta.

Kontrollküsimusi

1. Missugust mõõteriista nimetatakse universaalseks?
2. Kuidas on universaalses mõõteriistas mõõtemehhanismi suhtes lülitatud šunt ja eeltakisti?
3. Milleks kasutatakse mõõteriista juures šunti?
4. Milleks kasutatakse mõõteriista juures eeltakistit?
5. Kuidas kontrollitakse šundi ja eeltakistiga mõõteriista näitude õigsust?

Töö nr. 10. **Takistuse mõõtmine oommeetriga**

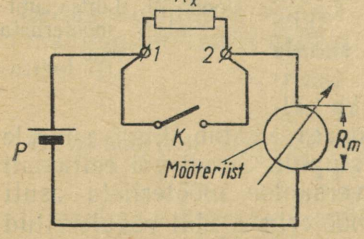
Töö eesmärk. Õppida tundma oommeetri ehitust ning tema kasutamist takistuse mõõtmisel.

Tööriistad: 1) oommeeter M-471 või M-57; 2) mitmesuguseid raadiotehnikas kasutatavaid takisteid (või ka mõnda teist tüüpi takisteid) 6 tk.; 3) ühendusjuhtmeid.

Teoreetilisi juhiseid

Tehnilistel vähemtäpsetel takistuste mõõtmistel kasutatakse oommeetreid. Nende mõõteriistade töötamine põhineb voolu mõõtmisel ning nad võimaldavad lugeda mõõdetava takistuse väärtust otse mõõteriista skaalalt.

Oommeetri tööpõhimõtte selgitamiseks jälgime joonisel 72 toodud skeemi. Mõõdetav takistus R_x lülitatakse vooluallika P vooluringi järjestikku magnetelektrilise mõõteriistaga. Mõõteriista sisetakistus on R_m. Lüliti K sulgemisel annab osuti täishälbe, millele vastavas kohas on skaalal märgitud 0. Osuti seismine 0-jaotusel tähendab seda, et mõõdetav takistus $R_x=0$ (sest lüliti K takistus on väga väike). Kui klemmide *1* ja 2 vahele ei ole lülitatud mingit takistust ning lüliti K ei ole suletud, siis voolu ringis ei ole ning osuti tuleb oma algasendisse tagasi. Skaalal on sellel



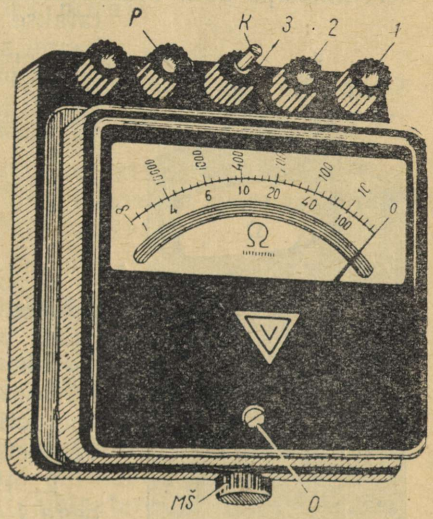
Joon. 72. Oommeetri skeem.

kohal kirjutatud ∞, s. o. skaala see punkt vastab takistusele «lõpmata suur» (antud juhul on takistus tõesti lõpmata suur, sest vooluring on katkestatud).

Kui klemmide *1* ja *2* vahele lülitada erineva takistusega takisteid, siis annab ka mõõteriista osuti erinevaid hälbeid. Kui lülitada klemmide *1* ja *2* vahele mitmesuguseid etaloontakisteid ning märkida igale takistusele vastav osuti asend skaalale, siis saame oomides gradueeritud skaala vooluallika *P* konstantse pinge korral.

Mõõteriista ehituse kirjeldus

Tehniline oommeeter M-471 on kujutatud joonisel 73. See on kahe mõõtepiirkonnaga ning peegelskaalaga mõõteriist. M-471 tüüpi oommeetreid toodetakse väga mitmesuguse mõõtepiirkonnaga, näiteks 10/1000 Ω, 100/10 000 Ω, 1/100 kΩ, 100 kΩ/10 MΩ jne. Oommeetri mõõtemehhanism (joon. 74) on ühendatud järjestikku takistusega r_p, mille suurus on umbes 5,5 Ω. Skeemil esineb veel takisti *r* (takistusega 240 Ω), mis on lülitatud järjestikku vooluallikaga.



Joon. 73. Oommeetri M-471 välisvaade. *1*, *2*, *3* — klemmid mõõdetavate takistuste ühendamiseks; *K* — lüliti; *P* — klemmid patarei ühendamiseks; *MŠ* — magnetilise šundi reguleerimisnupp; *O* — kruvi osuti nullile seadmiseks.

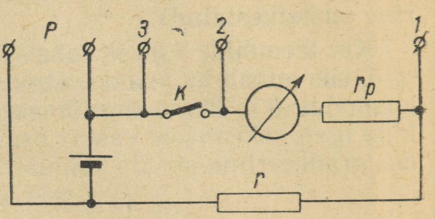
Mõõtmisel esimese skaalaga ühendatakse tundmatu takistus klemmide *1* ja *2* vahele (paralleelselt mõõtemehhanismi ja takistiga r_p). Siis vajutatakse nupule *K* ning loetakse vastus alumiselt skaalalt. Mõõtmisel teise skaala järgi nuppu *K* ei puudutata, mõõdetav takistus aga ühendatakse klemmide *3* ja *2* külge. Vastus saadakse sel juhul ülemiselt skaalalt. Sel juhul on mõõdetav takistus, mõõtemehhanism ning takistid *r* ja r_p ühendatud vooluallikaga järjestikku.

Oommeetri osuti alumise skaala nullile seadmiseks on mõõteriista pealmisel tahul korrigeerimiskruvi. Osuti reguleerimiseks ülemise skaala nullile kasutatakse magnetšunti, mille reguleerimiseks on nupp riista alumisel külgserval (MŠ joonisel 73). Ülemise skaala nullile seadmisel tuleb vajutada nupule *K*. Alumine ja ülemine skaala

on teineteise suhtes vastupidise suunaga (seal, kus ühel skaalal on 0, on teisel ∞).

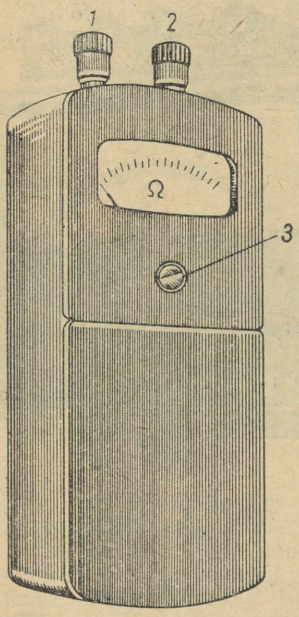
Mõõteriista toidetakse ühe väikese kuivelemendiga. Element paigutatakse riista tagumises küljes oleva ava kaudu riista sisse. Pealt kaetakse see ava hetinaksplaadiga. Elemendi tühjendamisel võib mõõteriista toita ka mõnda teist tüüpi kuivelemendiga, mis ühendatakse juhtmete abil klemmidega *P*.

Mõõteriista kasutamisjuhend antakse tema tagaküljel oleval plaadil.



Joon. 74. Oommeetri M-471 skeem. r_p ja r — takistid; *K* — lüliti, *1*, *2*, *3* — klemmid.

Oommeeter M-57 (joon. 75) on veelgi lihtsam. Ta on konstrueeritud takistuse mõõtmiseks 10 oomist 5000 oomini. Tema skeem on toodud joonisel 72. Lüliti *K* riistal puudub. Osuti reguleeritakse ∞-le korrigeerimiskruvi abil, 0-le aga magnetilise šundi reguleerimisnupu abil. Vooluallikaks on taskulambipatarei, mis paigutatakse mõõteriista alumises osas oleva kaane alla mõõteriista sisse. Korpuse ülemises osas on klemmid *1* ja *2* mõõdetava takisti külgeühendamiseks. Mõõteriista käsitsemine on väga lihtne.



Joon. 75. Oommeeter M-57. *1*, *2* — klemmid mõõdetava takistuse ühendamiseks; *3* — kruvi osuti nullile seadmiseks.

Töö käik

1. Enne mõõtmiste algust seadke mõõteriista (oommeeter, tüüp M-471) osuti alumisel skaalal nullile, milleks keerake ettevaatlikult korrigeerimiskruvi. Pärast seda vajutage nupule *K* ning seadke magnetilise šundi reguleerimiskruvi MŠ abil osuti ka ülemisel skaalal nullile.

2. Ühendage mõõdetav takisti klemmidega *1* ja *2*, vajutage nupule *K* ning lugege vastus mõõteriista alumise skaala järgi. Kui seejärel osuti kaldub kõrvale nii, et jääb skaala viimase väärtuse ja ∞ vahele, siis tähendab see seda, et takistus on skaala mõõtepiirkonnast suurema väärtusega ning tema mõõtmiseks tuleb ta ühendada klemmide *2* ja *3* külge. Kui aga kasutame algul teist skaalat, s. t. lülitame takisti klemmide *2* ja *3* külge ning

osuti jääb seejuures 0 ja skaala esimese väärtuse vahele, siis tähendab see seda, et takistus on väike ning tema mõõtmiseks tuleb kasutada esimest skaalat ning klemme *1* ja *2*. Mõõdetavad takistid nummerdage ning koos numeratsiooniga märkige vihikusse ka mõõdetud takistuste väärtused.

3. Oommeetri M-57 kasutamisel reguleerige see välja enne mõõtmisi. Selleks pöörake ettevaatlikult korrigeerimiskruvi ning seadke osuti märgile ∞. Lühistage klemmid *1* ja *2* ning seadke osuti magnetilise šundi reguleerimiskruviga skaala nullile. Pärast seda mõõtke mõne takistuse suurus. Takistused nummerdage ning koos numeratsiooniga kandke vihikusse ka vastavad takistuste väärtused.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Oommeetrite skeemid.
3. Mõõteriista kasutamise lühike kirjeldus.
4. Mõõtmistulemuste tabel.

Kontrollküsimusi

1. Mis tüüpi oommeetrit te töö juures kasutasite?
2. Kuidas toimub mõõteriista reguleerimine enne mõõtmist?
3. Millistes vahemikes sai mõõta takistusi töö juures kasutatud oommeetriga?
4. Missugust vooluallikat kasutatakse mõõteriista juures?
5. Kuidas tehakse kindlaks, milliste klemmide külge tuleb lülitada mõõdetav takisti oommeetri M-471 juures.

Töö nr. 11. **Lihtsaima oommeetri ehitamine**

Töö eesmärk. Ehitada iseseisvalt lihtne mõõteriist takistuse mõõtmiseks ning kasutada seda mõne takistuse kindlaksmääramiseks.

Tööriistad: 1) puitlauake mõõteriista detailide kinnitamiseks; 2) magnetelektrilist süsteemi milliampermeeter nimivooluga 10 mA; 3) 2 klemmi; 4) taskulambipatarei; 5) mitmesugused raadiotehnikas kasutatavad takistid; 6) väikesed naelad, montaažtraat; 7) jootekolb, -tina ja kampol.

Teoreetilisi juhiseid

Lihtsa oommeetri tööpõhimõtet on kirjeldatud eelmise töö teoreetilises osas. Sellise mõõteriista valmistamiseks on tarvis magnetelektrilist milliampermeetrit. See riist valitakse vastavalt takistuste suurustele, mida mõõta soovitakse. Praktiliselt küllaldase

täpsusega mõõdetava takistuse maksimaalse väärtuse saame järgmise valemi abil:

$$R_{max} = 10 \frac{U}{I_n}.$$

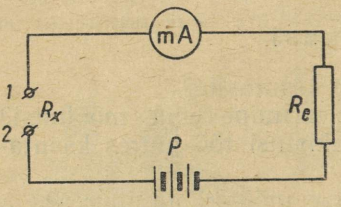
Siin R_{max} on takistus kilo-oomides, mida antud riistaga veel saab mõõta, U — oommeetri patarei pinge voltides ning I_n — mõõteriista nimivool milliamprites.

Väikseim takistus, mida mõõteriistaga on võimalik mõõta, on 0,01 maksimaalsest, s. o.

$$R_{min} = 0{,}01\, R_{max}.$$

Lihtsaima oommeetri ehituse kirjeldus

Oommeetri skeem on toodud joonisel 76. Järjestikku tuleb ühendada milliampermeeter, eeltakisti R_e ning taskulambipatarei P. Vooluringi ühendatakse veel klemmid *1* ja *2*, mille külge kinnitatakse mõõdetava takisti otsad. Takistuse R_e valimine toimub katseliselt. Takistus R_e peab olema selline, et klemmide *1* ja *2* lühistamisel annaks osuti nimihälbe (s. t. vool peab sel juhul olema võrdne milliampermeetri nimivooluga). Patarei pinge peab olema 1,5—6,0 V. Sõltuvalt sellest määratakse kindlaks mõõteriista mõõtepiirkond.



Joon. 76. Lihtsa oommeetri skeem.

Töö käik

1. Tutvuge mõõteriistaga, mida tuleb kasutada oommeetri ehitamiseks.

2. Mõõteriista andmete ning patarei pinge alusel määrake ehitatava oommeetri mõõtepiirkond.

3. Kinnitage puitkilbile milliampermeeter, klemmid ning patarei. Ühendage kinnitatud seadmed juhtmetega. Jätke koht takisti R_e ühendamiseks.

4. Lühistage klemmid *1* ja *2*. Valige sobiv takisti ning kinnitage see vooluringi. Takisti ühenduskohad tuleb üle joota. Näidake koostatud seadet õpetajale. Pärast vastava loa saamist gradueerige oommeetri skaala.

5. Oommeetri gradueerimiseks lülitage klemmide *1* ja *2* vahele tuntud takistusega takisteid. Mõõteriista igakordsed näidud kirjutage järgmisesse tabelisse.

Oommeetri gradueerimise tabel

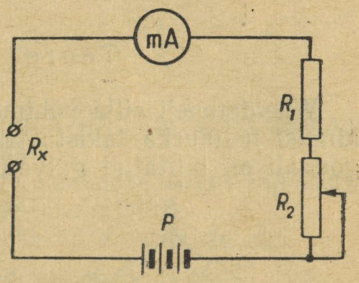
Tuntud takistus Ω														
Vool mA														

Selle tabeli andmete alusel valmistage mõõteriistale paberist skaala, mis on gradueeritud oomides. Uus skaala valmistage selliselt, et jääks näha ka voolu (mA) skaala.

6. Mõõtke mõni tundmatu takistus ning määrake takistuse arvuline väärtus oomides kas omavalmistatud skaala või siis tabeli (vt. punkt 5) järgi.

Oommeetri gradueerimise tabelit võib lugeda õigeks siis, kui patarei pinge järgmiste mõõtmiste juures on sama mis gradueerimisel. Kontrolliks tuleb iga mõõtmise eel lühistada klemmid *1* ja *2* ning jälgida, et osuti kalduks nulljaotuseni.

Oommeetrit võib koostada ka teisiti, jaotades eeltakisti kaheks osaks (R_1 ja R_2 joon. 77). Üks neist on muudetava takistusega. Muudetava takistuse suurus ei tohi olla üle 10% mõõteriista eeltakistusest R_e ($R_e = R_1 + R_2$). Töö alguses lülitatakse sisse kogu lisatakistus R_e. Patarei energia vähendamisel vähendatakse ka muudetavat takistust. Takistuse vähendamisel tuleb iga kord kontrollida, et osuti oleks klemmide lühistamisel nulljaotusel.



Joon. 77. Osutit nullasendisse reguleeriva seadmega lihtsa oommeetri skeem.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Mõõteriista skeem.
3. Mõõteriista kasutamisjuhend.
4. Gradueerimistabel ja omavalmistatud skaala.

Kontrollküsimusi

1. Missugust mõõteriista on sobiv kasutada oommeetri ehitamiseks?

2. Kuidas lülitatakse valitud mõõteriist oommeetri lülitusse?
3. Missuguste andmete alusel toimub oommeetri jaoks vajaliku mõõteriista valimine?
4. Kuidas valitakse vooluallikas?
5. Kuidas kontrollitakse oommeetri osuti nullasendit?
6. Kuidas toimub mõõtmine omavalmistatud oommeetriga?
7. Millest sõltub omavalmistatud oommeetri mõõtepiirkond?

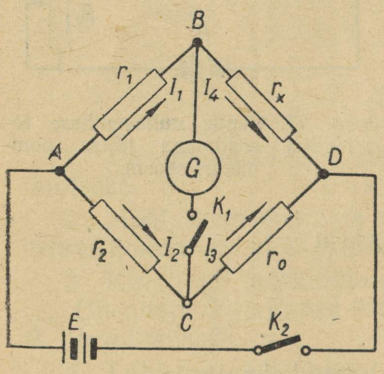
Töö nr. 12. Takistuse mõõtmine mõõtesillaga (Wheatstone'i sillaga) [1]

Töö eesmärk. Õppida tundma takistuse mõõtmiseks kasutatavat Wheatstone'i silda. Mõõta mõne takisti takistust sillameetodil.

Tööriistad: 1) reohordiga Wheatstone'i sild; 2) taskulambipatarei; 3) mõõdetavad takistused (reostaadid, mitmesuguste elektriseadmete, näiteks transformaatorite, elektrikõlistite jne. mähised, mitmesugused raadiotehnikas kasutatavad takistid); 4) ühendusjuhtmeid.

Teoreetilisi juhiseid

Wheatstone'i silla põhimõtteskeem (joon. 78) kujutab endast kinnist nelinurka takistustest r_1, r_2, r_0 ja r_x. Nelinurga ühte diagonaali on lülitatud galvanomeeter G, teise aga taskulambipatarei E. Skeemi lülitatud takistused tuleb valida sellised, et potentsiaalid punktides B ja C oleksid võrdsed. Sellisel juhul galvanomeetri harus voolu ei ole. Sellist olukorda nimetatakse silla tasakaaluks, takistuste valimist nimetatakse aga silla tasakaalustamiseks.



Joon. 78. Wheatstone'i silla põhimõtteskeem.

Tasakaalu korral on pingelang punktide A ja B vahel võrdne pingelanguga punktide A ja C vahel. Samuti on võrdsed pingelangud punktide B ja D ning C ja D vahel:

$$U_{AB} = U_{AC} \text{ ja } U_{BD} = U_{CD}.$$

Pingelangud silla takistustes võib avaldada vastavate voolude

[1] Töö nr. 12 on antud lisaks programmitöödele.

ja takistuste korrutistena:

$$U_{AB}=I_1r_1;\ U_{AC}=I_2r_2;\ U_{BD}=I_4r_x;\ U_{CD}=I_3r_0.$$

Asendades ülaltoodud võrdustes pinged vastavate voolude ja takistuste korrutistega, saame:

$$I_1r_1=I_2r_2;\ I_4r_x=I_3r_0.$$

Jagame ühe võrduse teisega:

$$\frac{I_1r_1}{I_4r_x}=\frac{I_2r_2}{I_3r_0}.$$

Tasakaalu korral galvanomeetris voolu ei ole. Järelikult peavad voolud olema vastavalt võrdsed:

$$I_1=I_4 \text{ ja } I_2=I_3.$$

Arvestades voolude võrdust, saame:

$$\frac{r_1}{r_x}=\frac{r_2}{r_0} \text{ ehk } \frac{r_1}{r_2}=\frac{r_x}{r_0}, \text{ siit } r_x=r_0\frac{r_1}{r_2}.$$

Eeltoodust järeldub, et tasakaalustatud silla korral on võimalik arvutada tundmatu takistuse r_x väärtust.

Takistuse mõõtmisel sillameetodiga saadakse suure täpsusega tulemused, mis on vajalikud teaduslikel uurimistel.

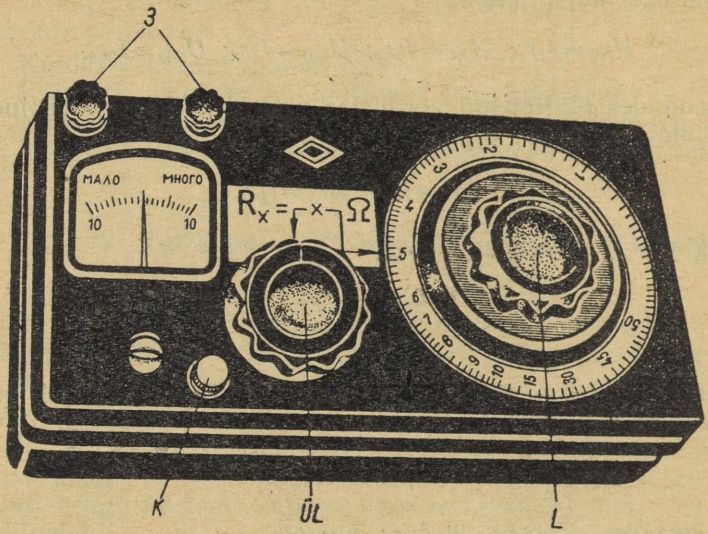
Takistust r_0 nimetatakse etaloon- ehk võrdlustakistuseks.

Suhet $\frac{r_1}{r_2}$ nimetatakse silla tasakaalustamissuhteks.

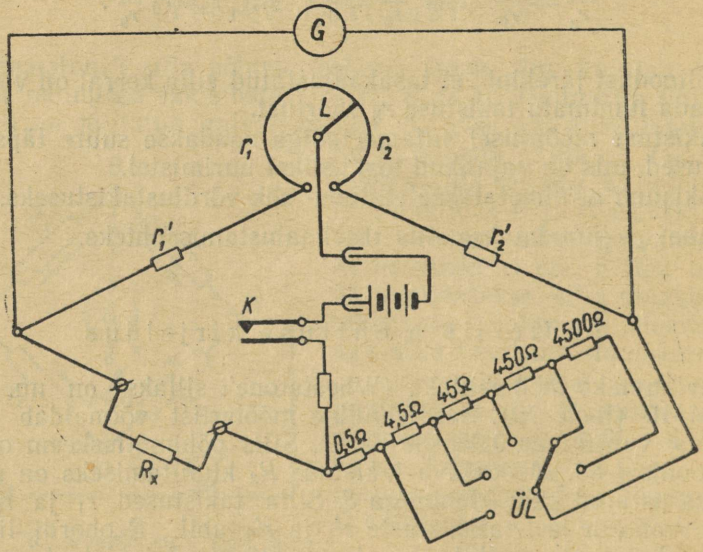
Mõõteriista ehituse kirjeldus

Levinumaks mõõtesillaks (Wheatstone'i sillaks) on nn. väike sild MMB (joon. 79). See tehniline mõõteriist võimaldab mõõta takistusi vahemikus 0,05—50 000 Ω. Silla põhimõtteskeem on toodud joonisel 80. Mõõdetava takistuse R_x kinnitamiseks on mõõteriist varustatud kahe klemmiga *3*. Silla takistused r_1 ja r_2 saadakse reohordi ja lisatakistuste r'_1 ja r'_2 abil. Reohordi liugurit liigutatakse ketta *L* abil. Nupule on märgitud takistuste r_1 ja r_2 suhete väärtused.

Võrdlustakistus r_0 koosneb viiest osast, mille takistused on 0,5, 4,5, 45, 450 ja 4500 Ω. Nende osade lülitamine toimub ümberlüliti *ÜL* abil. Galvanomeetri sisselülitamiseks on riista esiküljel nupplüliti *K*. Silla vooluallikaks on taskulambipatarei. Vooluallikas



Joon. 79. Väike mõõtesild MMB.



Joon. 80. Mõõtesilla MMB skeem.

paigutatakse silla alumisel küljel asuva kaane «Б» alla. Patarei kohalepaigutamisel tuleb jälgida, et patarei «+» ja «—» klemmid satuksid riistal märgitud kohtadesse. Kogu mõõteriist on paiguta-

tud plastmassist kesta. Kestas asuvad galvanomeeter, reohord, etaloon- ja lisatakistused ning patarei. Kesta väliskülgedele on kinnitatud klemmid, reohordi ketas, võrdlustakisti ümberlüliti, galvanomeetri lüliti, galvanomeetri skaala aknake ning osuti nullasendi reguleerimise kruvi.

Töö käik

1. Tutvuge Wheatstone'i silla ehitusega ning tema kohta antud instruktsiooniga. Kirjutage üles mõõteriista tehnilised andmed: mõõtepiirkond, võrdlustakisti osade suurused, kasutatav vooluallikas ja galvanomeetri andmed.

2. Kinnitage mõõdetav takistus silla klemmide külge. Ümberlüliti *ÜL* asetage sellisele mõõtepiirkonnale, mis vastab mõõdetava takistuse oletatavale väärtusele.

3. Reohordi ketas seadke märgile «5».

4. Vajutage nupule *K* ning jälgige galvanomeetri osutit. Kui osuti kaldub järsult nullasendist kõrvale, siis tähendab see seda, et ümberlüliti asend ei ole õigesti valitud. Ümberlüliti asendit on tarvis muuta vastavalt sellele, kuidas toimus galvanomeetri osuti kõrvalekaldumine nullasendist. Galvanomeetri skaalal on kirjutised «мало» ja «много». Kui osuti kaldub nullist «мало» poole, siis on tarvis ümberlüliti abil suurendada sisselülitatud võrdlustakisti osade arvu. Kui aga osuti kaldub nullist «много» poole, siis tuleb võrdlustakisti takistust vähendada.

5. Silla lõplikuks tasakaalustamiseks pöörake ettevaatlikult reohordi ketast *L*.

6. Pärast silla tasakaalustamist (galvanomeetri osuti jääb nullile) lugege mõõtmise tulemus. Mõõtmistulemus on võrdne ümberlüliti *ÜL* ja nupu *L* osutite kohale jäänud arvude korrutisega.

7. Teist tüüpi sildade tasakaalustamisprotsess on analoogiline silla MMB tasakaalustamisega. Mõnede sildade juures ei tule valida mitte takistuste suhet, vaid võrdlustakisti takistust. Takistuste suhe määratakse kindlaks enne mõõtmist, mõõtmise ajal seda taoliste sildade juures ei muudeta.

Mõõtke veel mõne takistuse suurus vastavalt punktides 2, 3, 4, 5 ja 6 toodud juhenditele.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk
2. Silla skeem.
3. Mõõteriista lühike iseloomustus.
4. Mõõtmisprotsessi kirjeldus.

Kontrollküsimusi

1. Kui suuri takistusi saab mõõta praktilise töö juures kasutatud silla abil?
2. Missugustest osadest koosneb sild?
3. Kuidas toimub silla ettevalmistamine mõõtmiseks?
4. Milleks on tarvis silda tasakaalustada?
5. Kuidas määratakse kasutatud mõõteriista juures kindlaks takistuste suhe?
6. Kuidas on ehitatud kasutatud mõõteriista võrdlustakistus?
7. Missugused on kasutatud silla vooluallika andmed?
8. Missugust seadet kasutatakse silla tasakaalustamiseks?
9. Kuidas määratakse kindlaks mõõdetav takistus?

Töö nr. 13. **Elektrilise võimsuse mõõtmine**

Töö eesmärk. Tutvuda vattmeetri ehitusega. Õppida mõõteriistade lülitamist vooluringi ning võimsuse mõõtmist amper- ja voltmeetriga ning vattmeetriga.

Tööriistad: 1) magnetelektriline või elektromagnetiline ampermeeter mõõtepiirkonnaga 5 A; 2) sama süsteemi voltmeeter mõõtepiirkonnaga 30 V; 3) elektrodünaamiline vattmeeter АСТ-Д; 4) 25-vatise võimsusega lampidest reostaat; 5) lüliti kaitsmetega ja klemmidega; 6) vooluallikas; 7) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Mingi tarbija poolt kasutatavat elektrilist võimsust võib määrata otseselt ja kaudselt. Kaudse mõõtmise korral tuleb ampermeetriga mõõta tarbijat läbiv vool I ning voltmeetriga tarbija pinge U. Võimsus saadakse mõõteriistade näitude korrutamisel:

$$N = IU \text{ W}.$$

See võimsuse määramise meetod on kasutatav ka vahelduvvooluringis, kui tarbijateks on hõõglambid.

Tehnilistel mõõtmistel kasutatakse võimsuse otsese mõõtmise meetodit. Sellise mõõtmise juures kasutatakse ühte mõõteriista — elektrodünaamilist vattmeetrit.

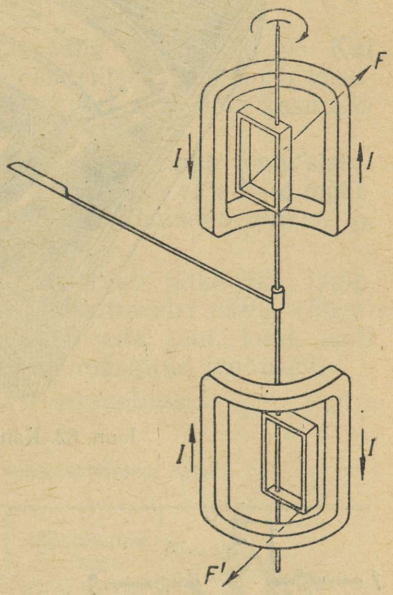
Ülalkirjeldatust on teada, et elektrodünaamiliste mõõteriistade näite mõjutavad tugevasti välised magnetväljad. Seda tuleb mõõtmise juures arvestada. Selle puuduse kõrvaldamiseks kasutatakse mõnedes tänapäeva elektrodünaamilistes mõõteriistades astaatilist elektrodünaamilist süsteemi mõõtemehhanismi (joon. 81). Selline mõõteriist koosneb kahest liikuvast ja kahest liikumatust poolist. Liikumatutes poolides on vool vastupidiste suunda-

dega. Samuti on vastupidised ka voolud liikuvates poolides. Mõõteriista lülitamisel vooluringi tekivad liikuvatele poolidele mõjuvad jõud F ja F'. See jõupaar pöörab mõõteriista telge ühes suunas (joonisel on pööramise suund märgitud noolega). Kui välise magnetvälja mõjul näiteks suureneb jõud F', siis sama välja mõjul väheneb teisele poolile mõjuv jõud F.

Seda tüüpi astaatilised vattmeetrid on leidnud praktikas laialdast kasutamist.

Mõõteriista ja mõõtmisskeemi kirjeldus

Antud töö juures tuleks kasutada astaatilist elektrodünaamilist АСТ-Д tüüpi vattmeetrit (joon. 82). See mõõteriist on määratud võimsuse mõõtmiseks nii alalisvoolu- kui ka 50-hertsise sagedusega vahelduvvoolu ringis. Riista mõõtepiirkonnad: vool 5 A ja pinge 150 V. Mõõteriistal on viis klemmi; kaks neist on ühendatud voolupooliga (üks neist on märgitud tärnikesega, teine numbriga *5*), kaks pingepooliga (üks neist on märgitud tärnikesega, teine aga arvuga *150*). Viiendat klemmi kasutatakse mõõteriista lülitamiseks 30 V pinge korral. Vattmeetri vooluringi lülitamise skeem on toodud joonisel 83.

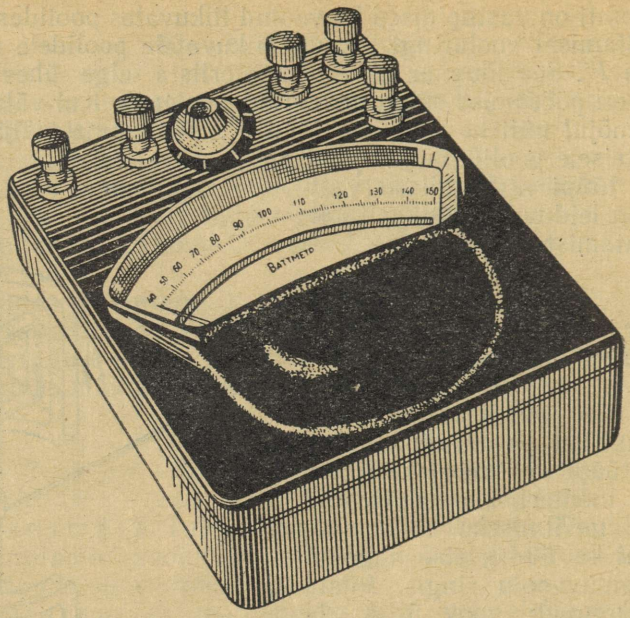


Joon. 81. Elektrodünaamilise astaatilise mõõteriista ehituse skeem.

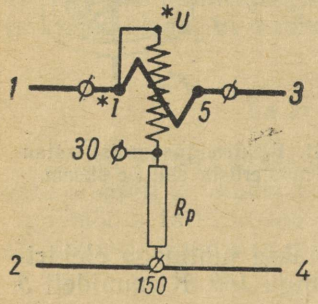
Tärnikesega märgitud klemmid ühendatakse juhtmega elektrivõrku. Teine võrgujuhe ühendatakse klemmiga *150*. Klemmidelt *5* ja *150* lähevad juhtmed tarbijani.

Võimsuse mõõtmiseks ning vattmeetri näitude samaaegseks kontrollimiseks kasutatakse joonisel 84 toodud skeemi.

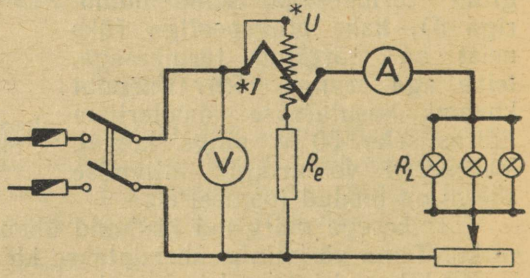
Vattmeetri klemmid $*I$ ja $*U$ ühendatakse lüliti ühe klemmiga. Vattmeetri klemm *5* ühendatakse ampermeetriga. Ampermeetri teine klemm ühendatakse tarbijaga (lampreostaadiga). Tarbija teiselt klemmilt läheb juhe liugreostaadi klemmi külge. Reostaadi teine klemm ühendatakse lüliti teise klemmiga. Vattmeetri klemm *150* ühendatakse reostaadi selle klemmiga, mis on ühendatud lüliti klemmiga. Voltmeeter ühendatakse lüliti kontaktide vahele. Töö juures kasutatav voltmeeter ja ampermeeter peavad olema 1—2 astme võrra kõrgema täpsusklassiga kui vattmeeter.



Joon. 82. Kantav vattmeeter АСТ-Д.



Joon. 83. Vattmeetri mähiste lülitusskeem.



Joon. 84. Lülitusskeem vattmeetri kontrollimiseks.

Töö käik

1. Tutvuge töö juures vajalike riistade ja seadmetega. Vaadelge vattmeetrit ning leidke temal klemmid, millest on juttu riista ja tema ühendusskeemi kirjelduses. Tehke kindlaks vattmeetri tüüp ja klass.

Määrake kindlaks iga mõõteriista skaala jaotuse väärtus ning riista vooluringi lülitamise viis. Vattmeetri skaala ühe jaotuse

väärtus vattides arvutage valemiga

$$C = \frac{U_n I_n}{n}.$$

Valemis on n skaala jaotuste arv, U_n ja I_n vattmeetri nimipinge ja -vool.

2. Ühendage riistad joonisel 84 toodud skeemi järgi. Kui ampermeeter ja voltmeeter on magnetelektrilised, siis tuleb kasutada alalisvoolu, elektromagnetiliste riistade korral võib kasutada aga vahelduvvoolu.

Valmis seadet näidake õpetajale. Kui õpetaja annab voolu sisselülitamiseks loa, siis lülitage vool sisse ning tehke vajalikud mõõtmised. Töö lõpetage vattmeetri näidu kontrollimisega amper- ja voltmeetri järgi määratud võimsuse abil.

3. Võtke kasutusele reostaat. Lampreostaati jätke üks lamp. Lülitage vinnaklüliti sisse ning, jälgides vattmeetri näite, vähendage pidevalt reostaadi takistust. Tehke seda seni, kuni osuti jõuab vattmeetri skaala esimese numbriga märgitud jaotuseni.

4. Mõõteriista näidud kirjutage vaatlustabelisse.

Vattmeetri näidu kontrollimise vaatlusandmete tabel

Jrk. nr.	Kontrollitava vattmeetri näit N	Mõõteriistade näidud			Absoluutne viga $\Delta N = N' - N$	Parandus $\delta N = \Delta N$	Märkusi
		I	U	$N' = IU$			
	W	A	V	W	W	W	

5. Keerake lampreostaati veel üks lamp ning viige lükatreostaadi abil vattmeetri osuti skaala järgmisele numbriga märgitud jaotusele. Nii viige läbi mõõtmisi kuni vattmeetri nimiväärtuseni (skaala viimase jaotuseni). Mõõtmistulemused kirjutage tabelisse.

6. Arvutage absoluutne viga. Märkige tabelisse paranduste suurused.

7. Mõõtmis- ja arvutusandmete alusel koostage paranduste graafik. Selleks kandke vertikaalteljele paranduste δP väärtused (arvestades paranduste märke) ning horisontaalteljele võimsus vattmeetri skaala ulatuses.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Mõõteriistade lülitusskeem.
3. Vattmeetri pealmise külje skemaatiline joonis koos seal olevate klemmide ja nende tähistega.
4. Mõõtmistulemuste tabel ja paranduste graafik.
5. Järeldused vattmeetri täpsuse kohta.

Kontrollküsimusi

1. Mitu klemmi on elektrodünaamilisel vattmeetril ja milleks neid kasutatakse?
2. Kuidas lülitatakse vattmeeter vooluringi?
3. Millised vattmeetri klemmid on märgitud tärnikesega?
4. Kuidas leitakse vattmeetri skaala jaotuse väärtus?
5. Kuidas määratakse elektrilist võimsust vattmeetri näidu järgi?
6. Missuguseid mõõtmisi tuleb teha vattmeetri näidu kontrollimiseks?

Märkus. Mõnda teist tüüpi vattmeetri kasutamisel toimitakse samuti nagu eespool kirjeldatud.

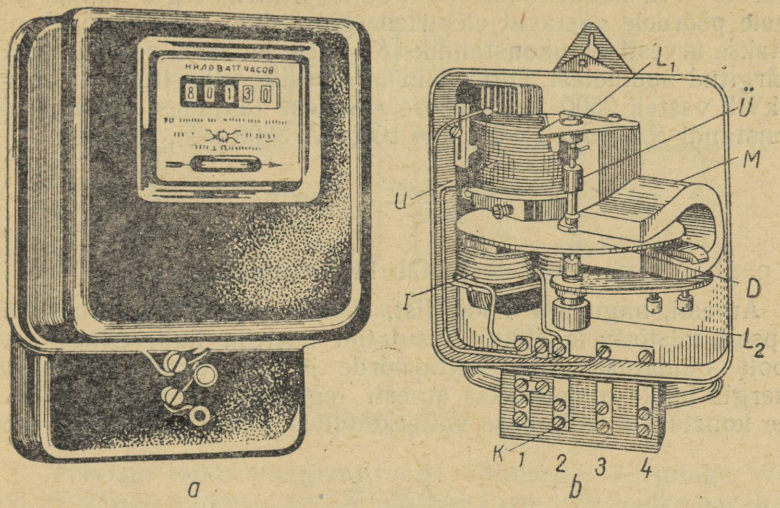
Töö nr. 14. Elektrienergia arvesti ülesseadmine ning kontrollimine

Töö eesmärk. Õppida tundma ühefaasilise elektrienergia-arvesti ehitust ning töötamist. Õppida tundma arvesti ülesseadmist ning kontrollimist.

Tööriistad: 1) ühefaasiline arvesti nimivooluga 5 või 10 A ning kohaliku elektrivõrgu pingele; 2) elektromagnetiline ampermeeter mõõtepiirkonnaga 5 A; 3) elektromagnetiline voltmeeter mõõtepiirkonnaga, mis vastab kohaliku elektrivõrgu pingele; 4) lampreostaat voolule, mis moodustab 125% arvesti nimivoolust (seega voolule 6,5 või 12,5 A, olenevalt arvestist); 5) liugreostaat takistusega 15 Ω samale voolule; 6) sekundiosutiga kell; 7) alusele kinnitatud kahepooluseline lüliti koos juhtmete ühendusklemmidega; 8) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Tarbijate poolt kasutatavat vahelduvvoolu energiat mõõdetakse induktsioon-tüüpi elektriarvestiga. Arvesti välisvaade ning sisemise ehituse skemaatiline joonis on toodud joonisel 85. Arvesti korpuse



Joon. 85. Elektrienergia arvesti. *a* — välisvaade; *b* — sisemine ehitus: *I* — järjestikku ühendatud elektromagnet; *U* — paralleelselt ühendatud elektromagnet; *D* — alumiiniumketas; L_1 ja L_2 — laagrid; *Ü* — hammasülekanne; *K* — lülituskarp; *M* — püsivmagnet.

sisse on kinnitatud elektromagnet, mille mähis koosneb mõnest jämeda isoleeritud traadi keerust. See elektromagnet ühendatakse tarbijaga järjestikku. Korpuse sisse on kinnitatud veel teine elektromagnet, mille mähis koosneb paljudest peenikese isoleeritud vasktraadi keerdudest (8000 kuni 10 000). See elektromagnet ühendatakse tarbijaga paralleelselt. Korpusest väljas, tema alumisel külgseinal, asub klemmkarp nelja ühendusklemmiga, millega on ühendatud elektromagnetite mähised. Klemmidega *1* ja *2* on ühendatud järjestikune elektromagnet (voolumähis). Klemmid *3* ja *4* on omavahel lühistatud ja nendega on ühendatud pingemähise üks ots, mähise teine ots ühendatakse aga klemmiga *1*. Klemmide *1* ja *3* abil ühendatakse arvesti elektrivõrguga, tarbijad lülitatakse aga klemmide *2* ja *4* külge. Ühendused tehakse arvesti all olevas klemmkarbis.

Arvesti liikuvaks osaks on teljele kinnitatud ning elektromagnetite vahel pöörlev alumiiniumketas.

Arvesti kettale mõjuv pöördemoment on võrdeline arvestit läbiva vooluga. Kui ketas pöörleb mingi ajavahemiku *t* vältel, siis tarbija poolt (läbi arvesti) saadud elektrienergia on võrdne võimsuse ja aja korrutisega:

$$W = Nt \text{ vattsekundit.}$$

Pöörlemise ajal tegi arvesti ketas näiteks *n* pööret. Tarbitud energia on muidugi võrdeline pöörete arvuga. Seepärast võib ketta

pöörete arvu kaudu leida kulutatud elektrienergia hulka. Ketta ühele pöördele vastavat elektrienergia hulka vattsekundites nimetatakse arvesti nimikonstandiks K_n. See leitakse arvesti skaalale märgitud andmetest. Olgu näiteks arvestile märgitud, et energiale 1 kWh vastab 2500 ketta pööret. Sellest lähtudes võib arvutada konstandi K_n. Nimelt 1 kWh = 1000 W · 3600 sek., seega

$$K_n = \frac{1000 \cdot 3600}{2500} = 1400 \text{ W} \cdot \text{sek.},$$

s. o. ühele ketta pöördele vastab 1400 vattsekundit.

Arvesti, nagu iga mõõteriist, ei mõõda energiat absoluutselt täpselt, mistõttu tegelikult kasutatud energia hulk erineb arvesti poolt näidatust. Ühe kettapöörde jooksul tegelikult kulutatud energia hulka nimetatakse arvesti tegelikuks konstandiks K. Ka see konstant avaldatakse vattsekundites ketta ühe pöörde kohta:

$$K = \frac{IUt}{n}.$$

Valemis on U võrgu pinge voltides, I — vool amprites, t — aeg sekundites ja n — ketta pöörete arv t sek. jooksul.

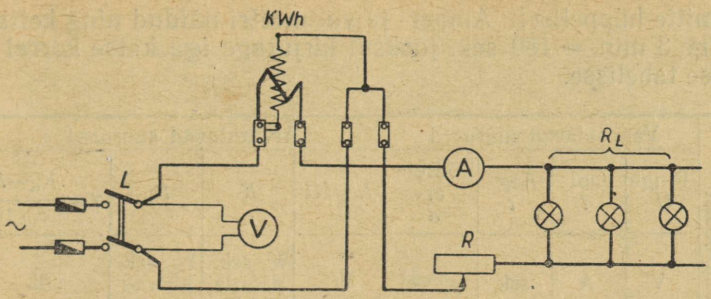
Kui arvesti konstandid K_n ja K on teada, saab arvutada arvesti suhtelise vea järgmise valemi järgi:

$$\gamma_k = \frac{K_n - K}{K} \cdot 100\%.$$

Vastavalt tehnilistele tingimustele ei tohi arvesti suhteline viga ületada 2,5%. Arvesti suhteline viga leitakse kontrollimise teel. Juhul kui see viga on suurem kui 2,5%, tuleb arvesti viia reguleerimisele.

Arvesti kontrollimise skeemi kirjeldus

Elektrienergia arvesti kontrollimine toimub joonisel 86 toodud skeemi järgi. Vahelduvvoolu võrgu juhtmed ühendatakse kahe poolusega lüliti klemmide külge. Lüliti teise klemmipaari külge kinnitatakse tarbijaga ühendatud juhtmed. Paralleelselt tarbijaga ühendatakse voltmeeter. Arvesti klemmkarbis oleva klemmi *1* külge kinnitatakse võrgu faasijuhe. Klemmi *2* küljest läheb juhe ampermeetrisse ja sealt lampreostaadi R_1 külge. Lampreostaadi külge kinnitatud teine juhe ühendatakse liugreostaadiga R. Liugreostaadi teine klemm ühendatakse arvesti klemmiga *4*. Klemmi *3* külge kinnitatud juhe viiakse võrgu nulljuhtme külge samas, kus on kinnitatud voltmeetri üks juhe.



Joon. 86. Vahelduvvooluarvesti kontrollimise skeem.

Töö käik

1. Tutvuge elektrienergia arvesti ehitusega. Kirjutage välja tema tehnilised andmed. Avage ühenduskarp ning leidke paralleelselt ning järjestikku ühendatavate mähiste klemmid.

2. Tutvuge töös vajalike mõõteriistaga. Koostage vooluring joonisel 86 toodud skeemi järgi. Arvesti ülesseadmisel ühendage õigesti faasijuhe. Selleks et määrata, kumb juhe on faasijuhe, kasutage kontroll-lampi. Lambi üks juhe ühendage maaga (veevärgitoruga), teise juhtmega aga puudutage algul ühe ja siis teise vinnaklülitilt tuleva juhtme otsa. Lamp hakkab heledalt hõõguma, kui lambi juhe on ühendatud faasijuhtmega. Kui aga puudutatakse nulljuhet, siis võib lamp vahel nõrgalt hõõguda, vahel aga üldse mitte.

Koostatud vooluringi näidake õpetajale. Kui olete õpetajalt saanud loa, siis asuge töö läbiviimisele.

3. Lülitage arvesti vooluringi ilma koormuseta. Seejuures ei tohi arvesti ketas pöörelda, või pöörleb aeglaselt seni, kuni kontrollaknast paistab kettale märgitud punane märk. Kui aga ketas pöörleb edasi, siis näitab see arvesti mittekorrasolekut; sellist arvestit kasutada ei saa.

4. Kui koormuseta pöörlemist ei esine, siis määrake arvesti tegelik konstant *K* mitmesuguste koormuste juures. Selleks lülitage sisse lüliti *L*. Lampreostaadiga (ligikaudselt) ja liugreostaadiga (täpselt) reguleerige ampermeetri näit niisuguseks, et ta moodustaks 25% arvesti nimivoolust. Sellise koormusega laske arvestit töötada 3 minutit ning lugege kettal oleva punase märgi järgi[1] pöörete arv selle aja jooksul. Samasugused mõõtmised viige läbi ka 50%, 75% ja 100% voolu juures. Koormuse suurust muutke suju-

[1] Mõnikord on kettal kaks diametraalselt asuvat punast märki. Üks neist on pikem, teine lühem. Sel juhul on võimalik lugeda ka poolpöördeid.

valt, mitte hüppeliselt. Amper- ja voltmeetri näidud ning ketta pöörete arv 3 min. = 180 sek. jooksul kirjutage iga katse korral järgmisesse tabelisse.

Jrk. nr.	Koormus %-des nimivoolust	Vaadeldavad suurused				Arvutatavad suurused				Märkusi
		Pinge U	Vool I	Aeg t	Pöörete arv n	$N=IU$	K	K_n	$\gamma=\frac{K_n-K}{K\cdot 100}$	
		V	A	sek.	pööret	W	W · sek. pöörde kohta	W · sek. pöörde kohta	%	

Lõpetanud mõõtmised, lülitage mõõteseadmed elektrivõrgust välja.

5. Läbiviidud mõõtmiste ja vaatluste andmete alusel arvutage N, K, K_n ja γ iga katse jaoks. Tulemused kirjutage tabelisse.

Tehtud mõõtmiste ja arvutuste alusel otsustage, kas arvesti on töökõlblik või mitte. Otsus kirjutage tabeli lahtrisse «Märkusi».

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja ülesanne.
2. Seadmete lülitusskeem.
3. Mõõtmistulemuste ja arvutustulemuste tabel.
4. Otsus arvesti korrasoleku ja töökõlblikkuse kohta.

Kontrollküsimusi

1. Kuidas on ehitatud elektrienergia arvesti?
2. Missuguse klemmiga ühendatakse faasijuhe ja mispärast?
3. Kuidas saab kindlaks määrata faasijuhet?
4. Kuidas tuleb arvesti lülitada tema kontrollimiseks?
5. Millised seadmed on vajalikud arvesti kontrollimiseks? Kuidas need seadmed vooluringi lülitatakse?
6. Kuidas tehakse kindlaks arvesti koormuseta töötamine?
7. Miks arvesti ei kõlba «omapöörlemise» korral kasutamiseks?
8. Kuidas leitakse arvesti nimikonstant?
9. Kuidas toimub arvesti kontrollimine?

KOLMAS OSA

ALALIS- JA VAHELDUVVOOLUMASINAD. KOLMEFAASILINE VOOL

§ 13. ALALISVOOLUMASINATE KASUTAMINE

Rõhuv enamik tänapäeva tehnikas kasutatavaid elektrimasinaid on kolmefaasilised või ka ühefaasilised vahelduvvoolumasinad. Vahelduvvoolumasinad on oma konstruktsioonilt palju lihtsamad ja tugevamad kui alalisvoolumasinad. Vahelduvvoolumasinad nõuavad ekspluateerimisel ning hooldamisel tunduvalt vähem aega, tähelepanu ning kulutusi.

Mõnedes tehnikaharudes kasutatakse aga siiani veel alalisvoolumasinaid, sest teatavail juhtudel on neil vahelduvvoolumasinatega võrreldes suuri eeliseid.

Selliseks eeliseks on kõigepealt võimalus laias ulatuses ning sujuvalt reguleerida alalisvoolumootori pöörlemiskiirust ning võimalus automaatselt vähendada pöörlemiskiirust mootori järsul koormamisel (see kaitseb mehhanismi, mis pannakse mootori abil liikuma, kiire kulumise ning purunemise eest). Peale selle on tähtis veel see, et mõned alalisvoolumasinad arendavad väga suurt pöördemomenti ning võivad seepärast kergesti kohalt nihutada suuri masse, ületades seejuures raskusjõu kõrval ka liikumise algmomendil esinevat suurt inertsjõudu.

Selliseid iseärasusi harilikel vahelduvvoolumasinatel ei ole. Seepärast kasutatakse elektritranspordis (tramm, trollibuss, elektrirong) alalisvoolumootoreid. Alalisvoolu kasutatakse enamiku tõsteseadmete juures ja autode, traktorite, lennukite jne. elektriseadmetes.

Masina silt. Igale elektrimasinale on kinnitatud silt, millele on märgitud masina õigeks kasutamiseks vajalikud andmed: pinge, võimsus, vool, pöörete arv minutis, kasutegur, kaal jne. Peale eeltoodu on sildile märgitud masina tüüp, number ja tehase nimetus, kus masin on valmistatud.



Joon. 87. Masina ПН-10 silt

Sildilt, mis on toodud joonisel 87, selgub, et Moskva S. M. Kirovi nimelises tehases «Dünamo» valmistatud masin (tüüp ПН-10) kujutab endast alalisvoolumasinat võimsusega 4,1 kW. Masina nimipinge on 110 V; pöörlemiskiirus 1450 pööret minutis; nimivool 49 A. Peale selle selgub sildilt, et ergutusmähis on ühendatud paralleelselt, s. o. tegemist on haruvoolumasinaga (lähemalt räägitakse sellest edaspidi).

Iga uue masina tundmaõppimine peab algama tema sildiandmete tundmaõppimisest. Ainult siis, kui on teada masina nimipinge ja vool, masina võimsus ja pöörlemiskiirus, võib kindlustada masinale õige töörežiimi.

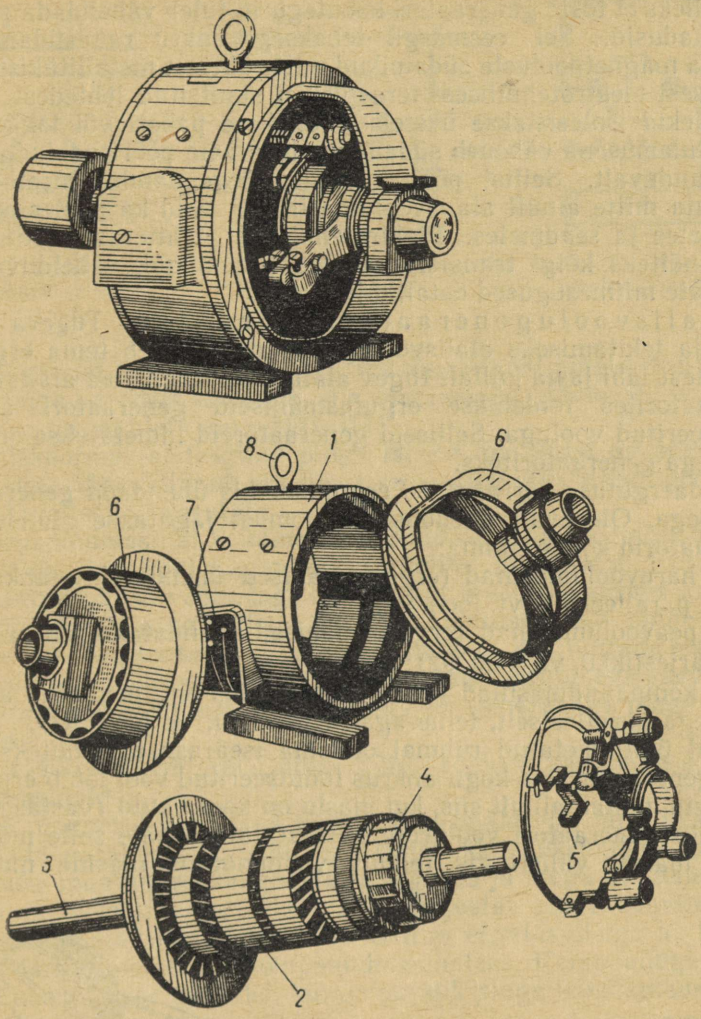
§ 14. ALALISVOOLUGENERAATORID

Generaatori ehitus. Generaatori ehitus põhineb teatavasti elektromagnetilisel induktsioonil — elektromotoorse jõu tekkimisel juhtmekontuuris muutuva magnetvoo mõjul. Alalisvoolumasina põhiosadeks on kere koos poolustega, mille abil tekitatakse magnetväli, ning ankur, mille mähised pöörlemisel lõikavad magnetvälja jõujooni.

Ankur paigutatakse kere külge kinnitatud magnetpooluste vahele (joon. 88), tema telg pöörleb laagrikilpide külge kinnitatud laagritel. Laagrikilbid kinnitatakse kere külge vastavate poltide abil. Piki ankru silindrilist külgpinda on tehtud uurded ankrumähise jaoks. Ankrumähis on mähitud isoleeritud vasktraadist. Ankrumähise poolide otsad ühendatakse kollektori lamellidega. Kollektor on kinnitatud ankruga ühele võllile.

Liikuv ankrumähis ühendatakse elektrivõrguga liugkontakti abil. Selleks libisevad pöörleval kollektoril grafiidist, pressitud söest või nende materjalide ja vase segust valmistatud ning liikumatult kinnitatud harjad.

Harjad (joon. 89) paigutatakse metallist harjahoidjatesse



Joon. 88. Alalisvoolumasin ja selle osad. *1* — induktori kere; *2* — ankur; *3* — ankru võll; *4* — kollektor; *5* — harjahoidjad; *6* — laagrikilbid; *7* — ühenduskarp; *8* — rõngas masina tõstmiseks.

(joon. 90) ning surutakse vastu kollektorit terasvedru abil, nii et saadakse kindel kontakt välise elektrivõrguga.

Kuna ankru metallsüdamik, pööreldes magnetväljas, lõikab magnetvälja jõujooni, siis indutseeritakse ka temas voolud. Need nn. pöörisvoolud põhjustavad ankru soojenemise ja nende voolude tekitamiseks kulutatakse asjatult küllalt suur hulk energiat.

Selleks et tõsta generaatori kasutegurit, tuleb vähendada pöörisvoolukadusid. Sel eesmärgil tehaksegi ankru raudsüdamik ja tihti ka magnetpooluste südamikud mitte ühtsest metallitükist, vaid õhukesest elektrotehnilisest terasplekist stantsitud lehtedest. Üksikud plekid isoleeritakse üksteisest õhukese paberi või lakikihiga. Selle tulemusena väheneb südamikus tekkivate pöörisvoolude tugevus tunduvalt. Sellist pöörisvoolude nõrgendamise meetodit ei kasutata mitte ainult alalisvoolumasinates, vaid ka teistes elektrimasinates ja seadmetes. Elektrotehnilisest lehtterasest valmistatakse näiteks kõigi transformaatorite südamikud, vahelduvvoolumasinate mitmesugused detailid jne.

Alalisvoolugeneraatorite ergutus. Tugeva magnetvälja tekitamiseks alalisvoolugeneraatoris tuleb tema ergutusmähistest läbi lasta küllalt tugev alalisvool. Enamikus alalisvoolugeneraatorites toidetakse ergutusmähiseid generaatori ankrus indutseeritud vooluga. Selliseid generaatoreid nimetatakse endaergutusega generaatoriteks.

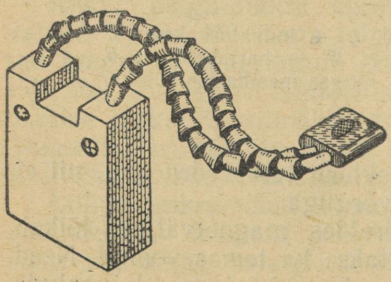
Endaergutuse korral tuleb ergutusmähis ühendada generaatori harjadega. Olenevalt ühenduse iseloomust jagatakse alalisvoolugeneraatorid kolme rühma:

1) haruvoolumasinad (ergutusmähised ühendatakse ankrumähisega paralleelselt, vt. joon. 91);

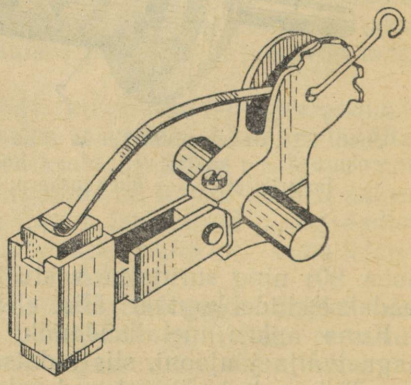
2) peavoolumasinad (ergutusmähised ühendatakse ankrumähisega järjestikku, vt. joon. 92);

3) kompaundmasinad (üks ergutusmähis on ühendatud ankrumähisega paralleelselt, teine aga järjestikku, vt. joon. 93).

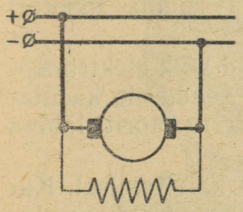
Igal ülalnimetatud rühmal on oma iseärasused. Näiteks peavoolugeneraator, kus kogu ankrus indutseeritud vool läbib ergutusmähiseid, töötab ainult siis, kui masin on koormatud (vastasel korral oleks generaatori vooluring katkestatud). Peale selle mõjutab sellise masina välisringis toimuv voolumuutus masina magnet-



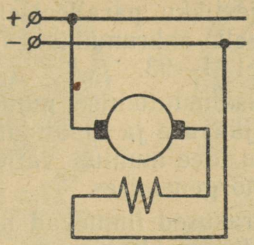
Joon. 89. Elektrimasina hari.



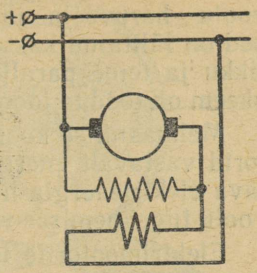
Joon. 90. Harjahoidja harjaga.



Joon. 91. Haruvoolumootori skeem.



Joon. 92. Peavoolumootori skeem.



Joon. 93. Kompaundmootori skeem.

välja tugevust, see omakorda aga indutseeritavat pinget. Kui välisvooluringis koormus suureneb, siis suureneb ka indutseeritav pinge (kui koormus ei ületa nimiväärtust).

Väliskoormusest tingitud pinge järsud muutused on peavoolumasinatele hädaohtlikud, seepärast seda tüüpi ergutusega generaatoreid tavaliselt ei kasutata.

Haruvoolumasinal eelnimetatud puudusi ei ole. Ergutusmähist läbib kogu aeg vool I_{erg}, mistõttu taoline generaator töötab ka katkestatud välise vooluringi korral. Kui masina koormus kasvab, siis ergutusvool ning sellega koos ka indutseeritav pinge veidi vähenevad. Pinge suurus ei ole aga eriti suur. Kui lülitada ergutusringi reostaat, siis võib ergutusvool I_{erg} reguleerimisega saavutada selle konstantsuse ning tagada seega ka generaatori pinge konstantsuse.

Eeltoodu on põhjuseks, miks kõige rohkem kasutatakse haruvoolumasinaid.

Kui magnetid varustada kahe ergutusmähisega ning üks neist ühendada paralleelselt, teine aga järjestikku ankrumähisega, siis koormuse muutumisel magnetvälja tugevus ja seega ka indutseeritav pinge ei muutu, sest üks mähis põhjustab pinge suurenemise, teine samal ajal aga vähenemise. Sellise ergutusviisiga alalisvoolumasinaid nimetatakse kompaundmasinateks. Kompaundgeneraatoreid kasutatakse juhtudel, kui on vajalik pinge konstantsus koormuse tunduval muutumisel.[1]

§ 15. ALALISVOOLUMOOTORID

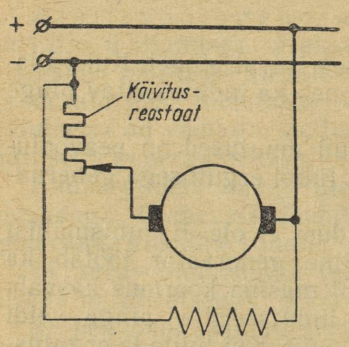
Iga alalisvoolugeneraator võib töötada mootorina, s. o. muuta elektrienergiat mehhaaniliseks energiaks (pööratavuse printsiip). Alalisvoolumootorid jagatakse samuti kolme rühma: pea-

[1] Koormuse muutumisel jäävad kõikide alalisvoolugeneraatorite pöörlemiskiirused muutumatuteks.

voolu-, haruvoolu- ja kompaundmootorid, s. t. nende ergutusmähised on lülitatud kas järjestikku, paralleelselt või üks mähis järjestikku ja teine paralleelselt ankrumähisega. Iga rühma mootori skeem on toodud joonistel 91—93.

Mehhaanilise koormuse muutumisel muudavad kõik elektrimootorid vastavalt energia jäävuse ja muundumise seadusele kasutatava elektrienergia hulka. See muutus väljendub mootorit läbiva voolu tugevnemises või nõrgenemises.

Elektrimootorite iseärasused ilmnevad nende käivitamisel. Kui ilma reostaadita sisse lülitada küllalt suure võimsusega alalisvoolumootor, siis on see peaaegu samaväärne vooluringi lühistamisega ning põhjustab tugeva käivitusvoolu tekkimise. Ankrumähise küllalt suur takistus mootori töötamisel on aga seletatav sellega, et ankrumähise juhtmetes, mis lõikavad magnetvälja jõujooni, tekib indutseeritud elektromotoorne jõud. Vastavalt Lenzi seadusele on see vastupidine võrgupingega ning kompenseerib peaaegu terve võrgupinge. Seda elektromotoorset jõudu nimetatakse vastuelektromotoorseks jõuks. Mootori ankrus esineb vastuelektromotoorse jõu olemasolu tõttu ainult mõnevoldine pinge.

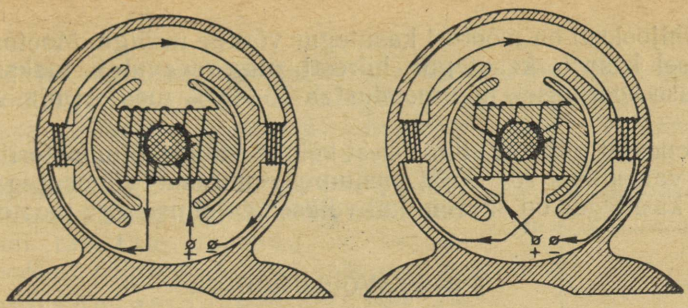


Joon. 94. Mootori käivitamine käivitusreostaadi abil.

Mootori käivitamise hetkel on ankur liikumatu. Vastuelektromotoorset jõudu seetõttu ei indutseerita ning kuna ankrumähiste takistus on väga väike, siis muutubki käivitusvool lubamatult tugevaks. Et seda vältida, tuleb alalisvoolumootorite ankruga järjestikku lülitada käivitamise ajaks nn. käivitusreostaat (vt. joon. 94). Käivitamise hetkeks lülitatakse käivitusreostaat täielikult vooluringi; ankru pöörlemiskiiruse suurendamisel lülitatakse reostaat sujuvalt välja, sest reostaat on nüüd juba liigne ning põhjustab ülearuseid kadusid.

Alalisvoolumootori ankru pöörlemiskiirust muudetakse ergutusvoolu muutmisega. Selle tulemusena muutub magnetvoog ning ankru pöörlemiskiirus.

Selleks et alalisvoolumootori ankur hakkaks pöörlema esialgse suunaga vastupidises suunas, tuleb muuta voolu suunda kas ankrus või ergutusmähises (mitte aga mõlemas korraga! Vt. joon. 95 ja 96). Niisuguse voolu suuna muutmise tulemusena muutub magnetvoo suund või voolu suund ankrus ning selle tulemusena muutub ankru pöörlemise suund. Mootori pöörlemissuuna muutumist nimetatakse *reverseerimiseks*.



Joon. 95. Peavoolumootori pöörlemissuuna muutmine.

Elektrimasinates toimub töö ajal ühe osa energia muundumine soojuseks. Kaod alalisvoolumasinates võib jagada kolme ossa.

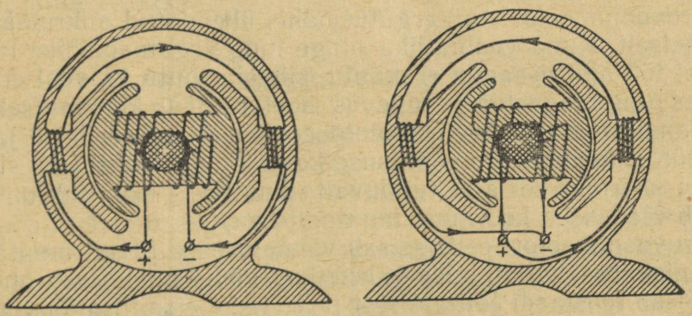
1. Energiakaod jääkmagnetismi ületamisel südamiku pideval ümbermagneetimisel (hüstereesikaod) ning kaod pöörisvoolude tekitamiseks. Neid kadusid võib nimetada ühise nimega *rauaskadudeks*.

2. Energiakaod juhtmete takistuse ületamisel ja mähiste soojenemisel. Neid kadusid nimetatakse *vaseskadudeks*.

3. *Hõõrdekaod* (kaod hõõrdele laagrites, kaod pöörlevate osade ja õhu vahelise hõõrde ületamisel, kaod harjade ja kollektori vahelise hõõrde ületamisel).

Kui mootori poolt arendatavale võimsusele lisada kõikideks kadudeks kuluv võimsus, siis saame mootori poolt tarbitava võimsuse. On selge, et mootori töö efektiivsus on seda suurem, mida väiksemad on kaod. Mootori efektiivsust väljendatakse kasuteguriga — mootori poolt arendatava võimsuse N_2 ja mootori poolt kulutatava võimsuse N_1 suhtega:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} \cdot 100\%.$$



Joon. 96. Haruvoolumootori pöörlemissuuna muutmine.

Tühijooksul on mootori kasutegur võrdne nulliga. Mootori koormamisel kasvab kasutegur kiiresti ning saavutab maksimaalse väärtuse koormusel, mis moodustab 75—90% mootori nimivõimsusest.

Olenevalt mootori võimsusest kõigub alalisvoolumootorite kasutegur vahemikus 70—90%, kusjuures suurema võimsusega mootorite kasutegur on suurem kui väiksema võimsusega mootoritel.

§ 16. PEAVOOLUMOOTOR

Peavoolumootorites on ergutusmähis ühendatud ankrumähisega järjestikku. Sellest on tingitud peavoolumootori iseloomulikud omadused. Näiteks kutsub mootori koormuse tõstmine esile ankru poolt tarbitava voolu tugevnemise ja sellega koos ka mootori pöördemomendi tunduva kasvu. Selgitub see sellega, et ankrut läbiv tugevam vool läbib ka ergutusmähiseid ning põhjustab magnetvälja tugevuse suurenemise, mille tulemusena suureneb tunduvalt ankrumähise voolu ja magnetvälja vastastikune mõju. Selle tulemusena mootori pöördemoment suureneb. Peavoolumootor töötab väga hästi koormuse suurenemisel (kindlaksmääratud piirides), kusjuures ankru pöörete arv väheneb. Seepärast toimub mitmesugustes transpordivahendites, mis on varustatud peavoolumootoritega, paigaltvõtt sujuvalt ja ilma tõugeteta, nad ületavad kergesti inertsjõude, tõuse jne. Nendel mootoritel on suur pöördemoment käivitamisel, seepärast saab neid laialdaselt kasutada elektritranspordis.

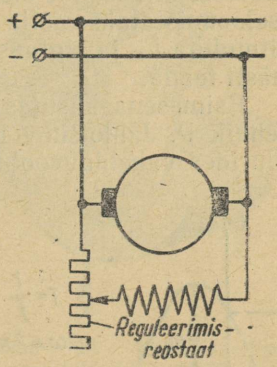
Peavoolumootoritel on ka üks tõsine puudus: koormuse tunduval vähenemisel kasvab ankru pöörete arv magnetvoo nõrgenemise tõttu ülemäära suureks, mille tagajärjel võib aga tekkida avarii. Seepärast tuleb meeles pidada, et peavoolumasinat ei tohi tööle panna tühijooksul, s. o. ilma koormuseta.

§ 17. HARUVOOLUMOOTOR

Haruvoolumootoris on ergutusmähis ühendatud ankrumähisega paralleelselt. Kuna vooluallika pinge ning ergutusmähise takistus mootori töö ajal peaaegu ei muutu, siis ei muutu ka vool ergutusmähises ning magnetvälja tugevus mootoris jääb konstantseks. See tagab muutumatu vastuelektomotoorse jõu indutseerimise ja mootori pöörlemiskiiruse konstantsuse kogu tööaja jooksul ka siis, kui mootori koormus sel ajal tunduvalt muutub (vool ankrumähises muutub võrdeliselt koormuse muutumisega).

Haruvoolumootori eelis seisab võimaluses sujuvalt muuta tema pöörlemiskiirust küllalt laias vahemikus. Pöörlemiskiiruste muutmiseks piisab reostaadi lülitamisest järjestikku ergutusmähisega, mis võimaldab ergutusvoolu vastavalt reguleerida. Seejuures tuleb meeles pidada, et reostaadi sisselülitatud osa takistuse suurendamisel

suureneb ka ergutusmähise takistus, mähist läbiv vool aga nõrgeneb. Selle tõttu väheneb magnetvoog ning ankrus indutseeritakse väiksem vastuelektromotoorne jõud. Vastuelektromotoorse jõu vähenemine põhjustab ankrumähist läbiva voolu tugevnemise ning koos sellega ankru pöörlemiskiiruse kasvu. Ergutusringi lülitatud reostaadi takistuse vähendamine kutsub esile mootori pöörlemiskiiruse vähenemise.



Joon. 97. Haruvoolumootori pöörlemiskiiruse reguleerimine reostaadi abil.

Haruvoolumootori käivitamisel tuleb reguleerimisreostaat ergutusringist täielikult välja lülitada, käivitusreostaat aga tuleb täielikult voolurõngi sisse lülitada.

Kui haruvoolumootori ergutusring mootori töö ajal katkestada, siis väheneb mootori magnetvoog järsult kuni jääkmagnetvooni.

Selle tulemusena ei indutseeritagi enam peaaegu vastuelektromotoorset jõudu, mootori ankrule mõjub nüüd terve võrgupinge ning vool ankrus kasvab ülemäära suureks. Kui mootori koormus ei ole suur, siis suureneb ka pöörlemiskiirus. Seepärast tuleb haruvoolumootori töö ajal tähelepanelikult jälgida ergutusringi korrasolekut, seda eriti reguleerimisreostaadi kontaktide juures.

Teiseks haruvoolumootori puuduseks on väike pöördemoment käivitamisel. Seepärast ei tohi mootorit käivitada täiskoormuse all.

Peavoolumootori ja haruvoolumootori puudused on kõrvaldatud alalisvoolu-kompaundmootori juures. Selle mootori ehitus on aga küllalt keerukas, mistõttu sellised masinad on kallimad ja nende töö juhtimine raskem.

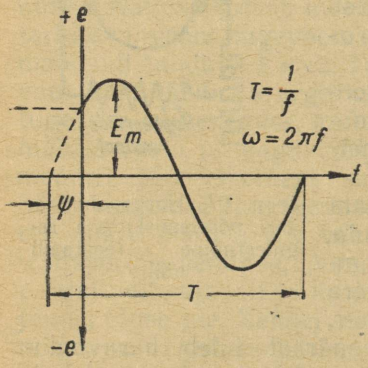
§ 18. VAHELDUVVOOLU MÕISTE

Füüsikast on teada, et vahelduvvooluks nimetatakse sellist voolu, mille suurus ja suund perioodiliselt muutuvad. Tänapäeva tugevvoolude energeetikas kasutatakse siinuselist vahelduvvoolu. Selle põhjuseks on asjaolu, et sellist voolu on kerge toota (selleks tuleb konstantse tugevusega magnetvälja panna pöörlema konstantse kiirusega raam), teda on kerge transformeerida ning peale selle on sellisel voolul veel rida teisi eeliseid. Vahelduvvoolugeneraatoritel ei ole, erinevalt alalisvoolugeneraatoritest, võllil mitte kollektor, vaid kaks kontaktrõngast, mille külge kinnitatakse ergutusmähise otsad. Seejuures paikneb ergutusmähis rootoril, s. o.

generaatori pöörleval osal. Ankrumähis aga asetseb masina liikumatul osal — staatoril.

Sellise generaatori rootori pöörlemisel indutseeritakse staatorimähises siinuseline elektromotoorne jõud (hetkväärtusega e). Seda iseloomustatakse nelja suurusega: perioodiga T, sagedusega f, amplituudiga E_m ja algfaasiga ψ (joon. 98). Nende suuruste mõtet tuleb hästi teada.

Esimesena kasutas vahelduvvoolu väljapaistev vene elektrotehnik P. Jablotškov tema poolt leiutatud «küünalde» toitmiseks. Uurides vahelduvvoolu kasutamisvõimalusi tehnikas, töötas vene insener-elektrotehnik M. Dolivo-Dobrovolski möödunud sajandi lõpul välja kolmefaasilise voolu süsteemi ning teostas praktikas kolmefaasilise voolu ülekandmise 175 km kaugusele.



Joon. 98. Siinuseline vool.

Kolmefaasiliseks vahelduvvooluks nimetatakse süsteemi kolmest vahelduvvooluringist, kusjuures kõigil vooludel on ühesugune amplituud ja sagedus, faasilt on nad aga üksteisest $^1/_3$ perioodi (120°) võrra nihutatud.

Kolmefaasiline vool on tänapäeval väga levinud, sest selline süsteem tagab elektrienergia kõige ökonoomsema ülekandmise ja kasutamise.

Märgime kolmefaasilise voolu eeliseid ühefaasilise vooluga võrreldes.

1. Ülekandeliinidel saadakse kolmefaasilise voolu kasutamisel 35% juhtmematerjali kokkuhoidu sama võimsusega ühefaasilise liiniga võrreldes.

2. Kolmefaasilise voolu generaator on sama võimsusega ühefaasilise voolu generaatorist 25—30% odavam.

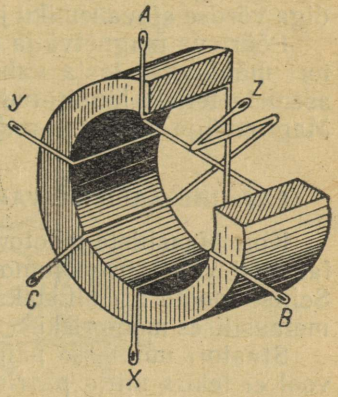
3. Kolmefaasiline süsteem lubab ühes kohas rahuldada kaht erinevale pingele määratud tarbijat.

4. Kolmefaasilised mootorid on ühefaasiliste mootoritega võrreldes palju lihtsama ehitusega. See lihtsus on tingitud sellest, et mootori staatori mähistesse juhitav kolmefaasiline vool tekitab pöörleva magnetvälja, mille mõjul hakkab pöörlema masina rootor.

§ 19. PÖÖRLEV MAGNETVÄLI

Vaatleme, kuidas tekib pöörlev magnetväli kolmefaasilises mootoris. Mootori staator on varustatud kolme mähisega (faasid A, B ja C), mis on üksteise suhtes pööratud 120° võrra (joon. 99). Kui

sellised mähised lülitada kolmefaasilise voolu võrku, siis läbivad neid voolud, millede vastastikused muutused on kujutatud joonisel 100 toodud sinusoididega. Voolud i_1, i_2 ja i_3 tekitavad magnetväljad, mis liitudes annavad mootori resultantmagnetvälja. Määrame selle välja suuna näiteks hetkedel t_1, t_2, t_3 ja t_4 (joon. 100).

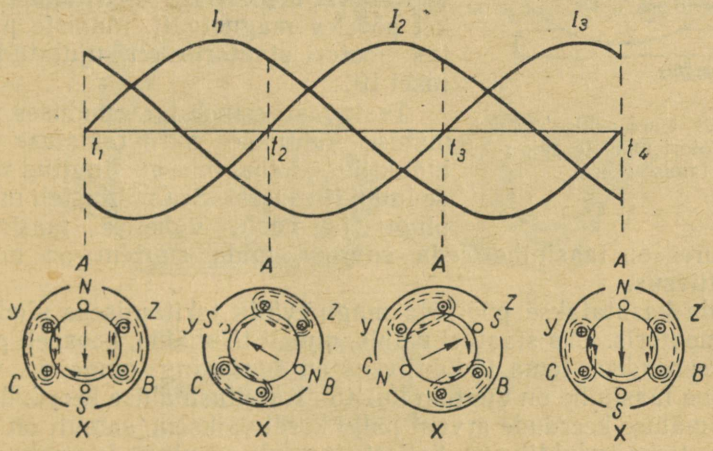


Joon. 99. Kolmefaasilise mootori staatorimähiste skeem.

Iga hetke jaoks märgime joonisel voolude suunad faasimähistes ja nende poolt tekitatud magnetvälja jõujooned. Positiivseks voolu suunaks loeme voolu suunda mähise algusest lõpu poole, negatiivseks aga vastupidist suunda — mähise lõpust alguse poole.

Tähistanud ristikeste ja punktikestega voolusuunad staatori mähistes, märgime nende voolude poolt tekitatud magnetvälja jõujoonte suunad. Jõujoonte suuna määramiseks kasutame kruvireeglit. Selgub, et alghetkel t_1 on resultantmagnetväli staatori sees suunatud ülalt alla.

Hetkel t_2 on vool mähises B juba null. Mähises A on ta positiivne, mähises C aga negatiivne. Konstrueerinud ülalkirjeldatud viisil selle hetke jaoks voolude magnetväljad, ei ole raske veenduda, et resultantmagnetvälja suund on pöördunud 120° võrra. Kui konstrueerida analoogiliselt magnetväljade suunad hetkede t_3 ja t_4 kohta ja vaadelda kogu skeemi tervikuna, siis võib näha, et resul-



Joon. 100. Moootri staatoris tekkiva pöörleva magnetvälja skeem.

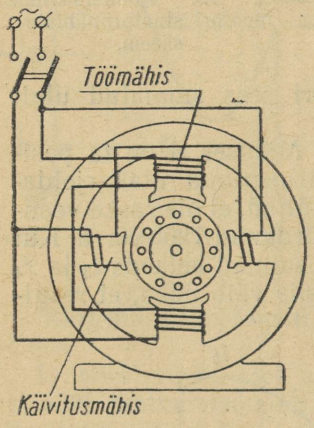
tantmagnetvälja poolused *N* ja *S* muudavad pidevalt oma asukohta staatori pinnal, s. t. staatoris tekib pöörlev magnetväli, seejuures teeb niisugune magnetväli ühe täispöörde vahelduvvoolu perioodiga võrdse ajavahemiku jooksul.

Pöörleva magnetvälja olemasolu võib nähtavaks teha, kui staatori mähistesse lasta vahelduvvool, paigutada staatorisse rootori asemele teljele kinnitatud metallsilinder ning pöörata seda veidi. Magnetvälja poolt kaasatõmmatud silinder hakkab pöörlema.

§ 20. ÜHEFAASILISE VAHELDUVVOOLUMOOTORI TÖÖPÕHIMÕTE

Kolmefaasiliste mootorite kõrval kasutatakse mõnikord ka ühefaasilisi vahelduvvoolumootoreid (eriti koduses majapidamises). Sellise mootori põhilisteks osadeks on staator ja rootor nagu kolmefaasilises mootoriski.

Staatori uuretesse paigutatakse mähis. Mähist läbiv vahelduvvool ei tekita mitte pöörlevat magnetvälja, vaid ainult pulseeriva magnetvälja, mille suund muutub perioodi jooksul kaks korda vastupidiseks. Niisugune väli ei suudaks mootori rootorit paigalt liigutada. Kui aga välise mehhaanilise jõu abil panna rootor pöörlema, siis ta haaratakse välja poolt kaasa ning pöörlemine jätkub välja mõjul.

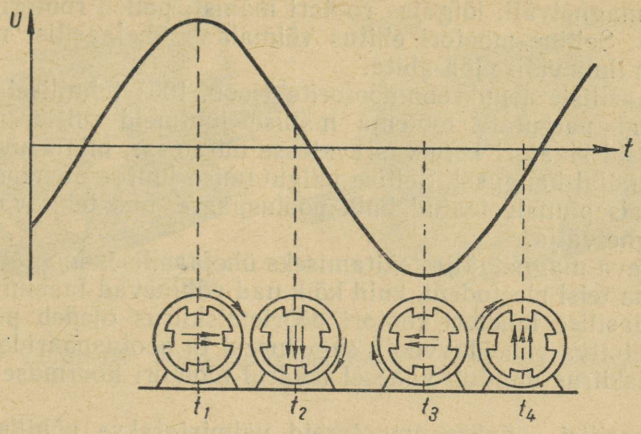


Joon. 101. Ühefaasilise asünkroonmootori mähiste paigutamise skeem.

Ühefaasilise mootori käivitamine välise jõu mõjul on tülikas. Seepärast paigutatakse sellise mootori staatorile peale põhi-(töö-)mähise veel abi-(käivitus-)mähis. Selle käivitusmähise abil tekitatakse mootorisse käivitamise hetkel pöörlev magnetväli. Mähiste paigutus mootori staatorile on kujutatud joonisel 101.

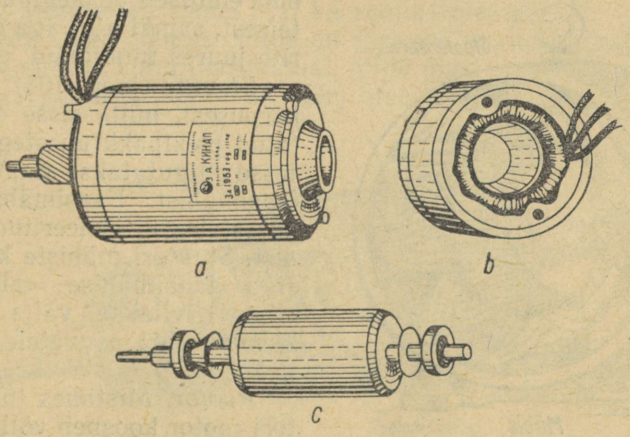
Teatavasti esineb igas mähises peale mähise juhtmete aktiivtakistuse veel induktiivtakistus, mis on tingitud mähise induktiivsusest. See põhjustab mähise pinge ja voolu vahelise faasinihke. Seejuures on faasinihe seda suurem, mida suurem on mähise induktiivsus.

Seda kasutatakse pöörleva magnetvälja tekitamiseks ühefaasilises mootoris. Üks staatori mähis, nimelt töömähis, koosneb paljudest keerdudest, tema induktiivsus on suur ning pinge ja voolu vaheline faasinihe on suurem kui 45°. Käivitusmähise keerdude arv on töömähise keerdude arvust palju kordi väiksem, samuti on väiksem ka tema induktiivsus. Sellest tingitult on pinge ja voolu vaheline faasinihe siin väga väike.



Joon. 102. Pöörleva magnetvälja tekkimine ühefaasilise asünkroonmootori staatoris.

Toites mõlemat mähist paralleelselt ühefaasilise vooluga, saabub käivitusmähises pinge maksimum peaaegu üheaegselt voolu maksimumiga, töömähises vool sel ajal aga alles veel kasvab ning saavutab oma maksimumi alles $\frac{1}{8}$ (45°) perioodi pärast. Kui arvestada seda, et mähised ei ole paigutatud mitte kõrvuti, vaid kindlaksmääratud kaugusele üksteisest, siis saab selgeks, et maksimaalne magnetväli tekib algul käivitusmähise pooluste vahel, siis aga töömähise pooluste vahel (teatava perioodi osa võrra hiljem). Selle tulemusena saame staatoris pöörleva magnetvälja (joon. 102).



Joon. 103. Ühefaasiline asünkroonmootor. *a* — üldvaade; *b* — staator; *c* — rootor.

Pöörlev magnetväli, lõigates rootori mähist, paneb rootori samuti pöörlema. Selline mootori ehitus võimaldab ühefaasilist mootorit käivitada ilma välise jõu abita.

Ühefaasiliste asünkroonmootorite (joon. 103) tehnilisel valmistamisel ei paigutata mõlema mähise juhtmeid mitte pooluste ümber, vaid staatori kere vastavatesse uuretesse, mis asuvad üksteisest kindlal kaugusel. Sellise paigutamise juures moodustatakse staatori sisepinnale teatud hulk pooluspaare, mis tekitavad pöörleva magnetvälja.

Pöörleva magnetvälja tekitamiseks ühefaasilises mootoris kasutatakse ka teisi meetodeid, kuid kõik nad põhinevad faasinihkel.

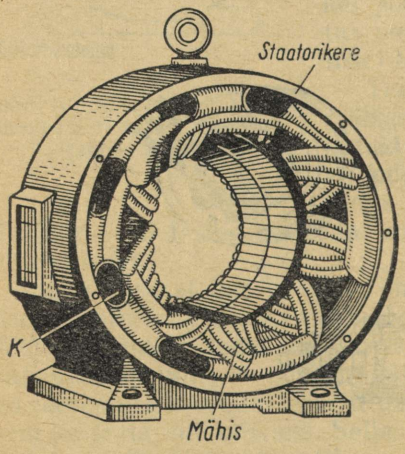
Ühefaasilise mootori rootori pöörlemiskiirus oleneb peamiselt mootorit toitva vahelduvvoolu sagedusest ja pooluspaaride arvust. Pöörlemiskiirus muutub vähesel määral mootori koormuse muutumisel.

Ühefaasilisi asünkroonmootoreid valmistatakse põhiliselt väikese võimsusega. Tööstuses kasutatakse neid harva, sest nende kasutegur on madal ning nad on sama võimsusega kolmefaasiliste mootoritega võrreldes tunduvalt kallimad.

Ühefaasilisi mootoreid kasutatakse kinoseadmetes, õmblusmasinate ja pesupesemismasinate juures ning mõnedes teistes majapidamisriistades.

§ 21. KOLMEFAASILISE ASÜNKROONMOOTORI EHITUS JA TÖÖPÕHIMÕTE

Mootori ehitus. Kolmefaasiline asünkroonmootor koosneb kahest põhiosast: liikumatust osast ehk staatorist ja liikuvast osast ehk rootorist. Kõigi asünkroonmootorite tüüpide staatorid ei erine oma ehituselt peaaegu üldse üksteisest, samal ajal aga on rootorite juures tunduvaid erinevusi.

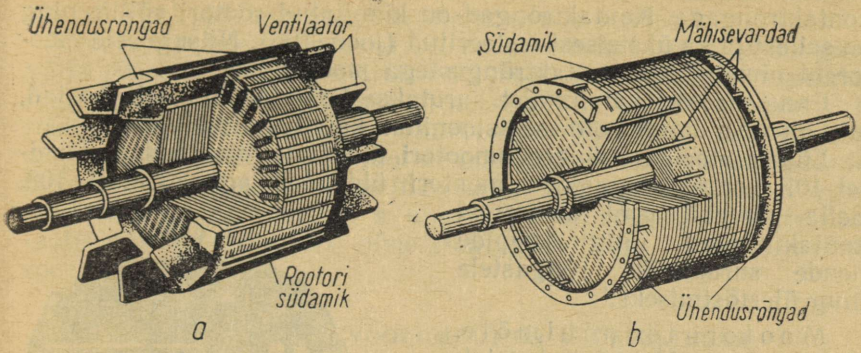


Joon. 104. Kolmefaasilise asünkroonmootori staator.

Staator (joon. 104) koosneb korpusest, mille sisse on kinnitatud plekipakk uuretega. Uuretesse paigutatakse staatori kolm faasimähist. Faasimähised valmistatakse isoleeritud traadist. Staatori mähiste kuus otsa (iga faasimähise «algus» ja «lõpp») viiakse välja mootori klemmkarbis asuvatele klemmidele.

Rootor. Mistahes tüüpi mootori rootor koosneb võllile kinnitatud südamikust ja mähisest.

Lühisrootori mähis koosneb



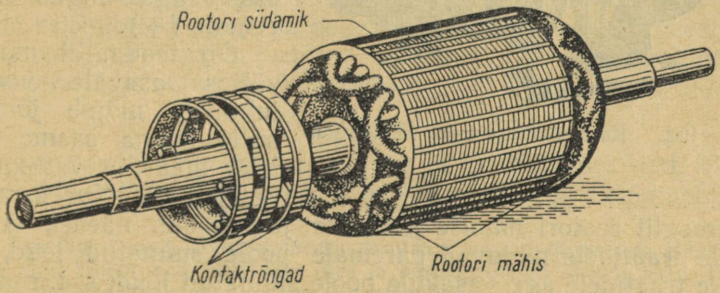
Joon. 105. Lühisrootor. *a* — alumiiniummähisega rootor koos ventilaatoriga; *b* — vaskmähisega rootor.

jämedatest isoleerimata alumiinium- või vaskvarrastest, mis on paigutatud rootori uuretesse. Vardad ulatuvad mõlema otsaga uuretest välja. Väljaulatuvad varraste otsad on mõlemas otsas ühendatud (lühistatud) üksteisega rõngaste abil (kummaski rootori otsas üks rõngas). Seepärast nimetatakse sellise mähisega rootorit lühisrootoriks. Sellist tüüpi mähisega rootor on toodud joonisel 105, *a*, *b*.

Rootori varraste ja ühendusrõngaste valmistamiseks valatakse vedel alumiinium rootori südamikus olevatesse kanalitesse. Valuvormi on rõngaste juurde jäetud kitsad lõhed. Vedel alumiinium täidab need ning selle tulemusena saadakse mõlema ühendusrõnga külge väikesed ventilaatorilabad (joon. 105, *a*). Nende labade olemasolu tagab mootori vajalïku jahutamise tööolukorras.

Alumiiniumrõngad ja -vardad juhivad hästi indutseeritavaid voole ning kinnitavad samal ajal ka rootori plekipakki.

Faasimähistega rootori ehitus on sarnane mootori staatori ehitusega. Ka siin on kolm faasimähist, mille ühed otsad ühendatakse rootori ühes punktis, ülejäänud kolm otsa aga ühendatakse kolme

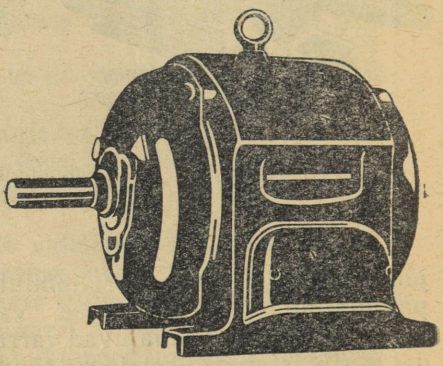


Joon. 106. Faasimähistega rootor.

kontaktrõngaga. Kontaktrõngad on kinnitatud rootori võllile ning on sellest ja ka üksteisest isoleeritud (joon. 106). Niisuguseid mootoreid nimetatakse kontaktrõngastega mootoriteks.

Enne mootori käivitamist surutakse kontaktrõngastele harjad, mis on ühendatud kolmesektsioonilise käivitustakistiga.

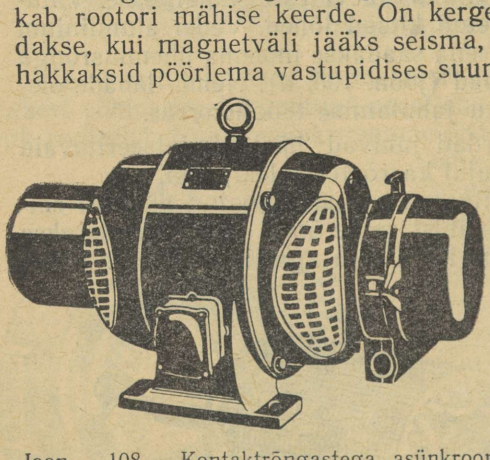
Lühisrootoriga asünkroonmootori üldvaade on toodud joonisel 107, kontaktrõngastega mootori üldvaade aga joonisel 108. Selle paremal pool asetsevad kontaktrõngad ning käepide nende surumiseks rõngastele ning ülestõstmiseks.[1]



Joon. 107. Lühisrootoriga asünkroonmootor.

Mootori tööpõhimõte. Nagu eespool kirjeldatud, tekib staatoris pöörlev magnetväli, kui staatori mähistesse lasta kolmefaasiline vahelduvvool. See magnetväli lõikab rootori mähise keerde ning indutseerib nendes voolu, mis põhjustab rootori pöörlemise.

Staatori magnetväli pöörleb kellaosuti liikumise suunas (pöörlemise suund on joonisel 109 märgitud noolega) ning lõikab rootori mähise keerde. On kerge mõista, et sama efekt saadakse, kui magnetväli jääks seisma, aga rootori mähise keerud hakkaksid pöörlema vastupidises suunas — vastupidi kellaosuti liikumise suunale. Seda võimalust kasutades võime parema käe reegli abil kindlaks määrata rootori mähise keerdudes indutseeritava voolu suuna. Mähise ülemises osas tuleb vool meie poole (·), alumises osas aga liigub meist eemale (+).



Joon. 108. Kontaktrõngastega asünkroonmootor.

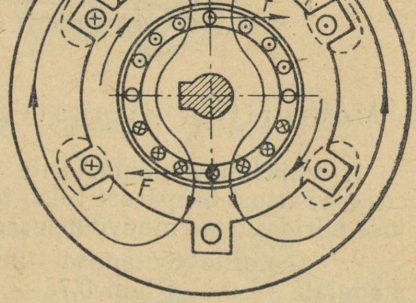
On teada, et magnetväljas asuvale vooluga juhtmele mõjub jõud F, mille suuna saame kindlaks määrata vasaku käe reegli abil. Kui kasutada seda reeglit rootori mähise juhtmete jaoks, siis näeme, et ülemistele traatidele mõjuvad paremale poole suunatud jõud, alumistele traatidele aga vasakule poole suunatud jõud, s. t. rootorile mõjub kokkuvõttes jõupaar. Jõupaar tekitab pöördemomendi, mille

tulemusena rootor hakkab pöörlema kellaosuti liikumise suunas, s. o. staatori pöörleva magnetväljaga samas suunas.

Rootori pöörlemiskiirus ei või saada võrdseks staatori magnetvälja pöörlemiskiirusega. Kui see juhtuks, siis ei lõikaks pöörlev magnetväli rootori mähise keerde, voolu mähises ei esineks ja rootor peaks seisma jääma. Rootori kiirus järelikult väheneb ning magnetväli lõikab jällegi rootori mähise keerde, tekitades pöördemomendi. Tähendab, rootor jääb kogu oma pöörlemise ajal maha magnetvälja pöörlemisest, s. o. pöörleb asünkroonselt, mitte ühes taktis väljaga. Seepärast nimetataksegi selliseid mootoreid asünkroonmootoriteks.

§ 22. VAHELDUVVOOLUMOOTORI VÕIMSUSTEGUR

Koosinus φ. Füüsikast on teada, et induktiivsus põhjustab vahelduvvooluringis lisatakistuse — induktiivtakistuse tekkimise. Selle nähtuse põhjuseks on vahelduvvooluringis tekkiv endainduktsiooni elektromotoorne jõud, mis takistab voolu muutumist. Selle takistuse tõttu hetkel, mil võrgu pinge saavutab maksimumi (amplituudväärtuse), ei küüni vool veel oma maksimaalse väärtuseni, mille ta saavutaks, kui induktiivsust ei esineks. Siit järeldub, et voolu maksimum ei ühti pinge maksimumiga, vaid jääb temast mingi vahemiku võrra maha. Elektrotehnikas nimetatakse seda nähtust pinge ja voolu vaheliseks faasinihkeks (joon. 110), mida mõõdetakse nurgakraadides.



Joon. 109. – Asünkroonmootori tööpõhimõte.

Nihkenurga koosinust ($\cos \varphi$) nimetatakse vahelduvvoolu võimsusteguriks. Võimsustegur on arv, mis näitab, kui suure osa vooluringile rakendatud pinge ja selles kulgeva voolu korrutisest moodustab aktiivtakistusel tarbitav võimsus. Vahelduvvoolumootori aktiivvõimsus arvutatakse valemiga

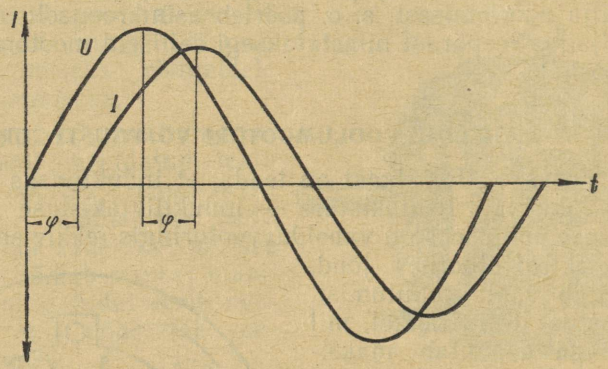
$$N = UI \cos \varphi,$$

kus U on mootorile rakendatav pinge ja I — tarbitav vool. Siit selgub, et mida väiksem on $\cos \varphi$, seda tugevam peab olema vool sama

[1] Ekspluatatsiooni hõlbustamiseks surutakse harjad rõngastele ainult käivitamise ajal, hiljem nad tõstetakse üles ja kontaktrõngad ühendatakse. Tõstmiskäepide on ühendatud vastava tõstemehhanismiga.

võimsuse arendamiseks. Voolu tugevdamisel aga suurenevad võimsuskaod elektrivõrkudes.

Järelikult on elektriseadmete võimsusteguri tõstmisel suur rahvamajanduslik tähtsus. Elektrienergia kasutamise hiiglasliku ulatuse juures NSV Liidus annab isegi väikene võimsusteguri tõstmine paljude miljonite kilovatt-tundide suuruse elektrienergia kokkuhoiu.



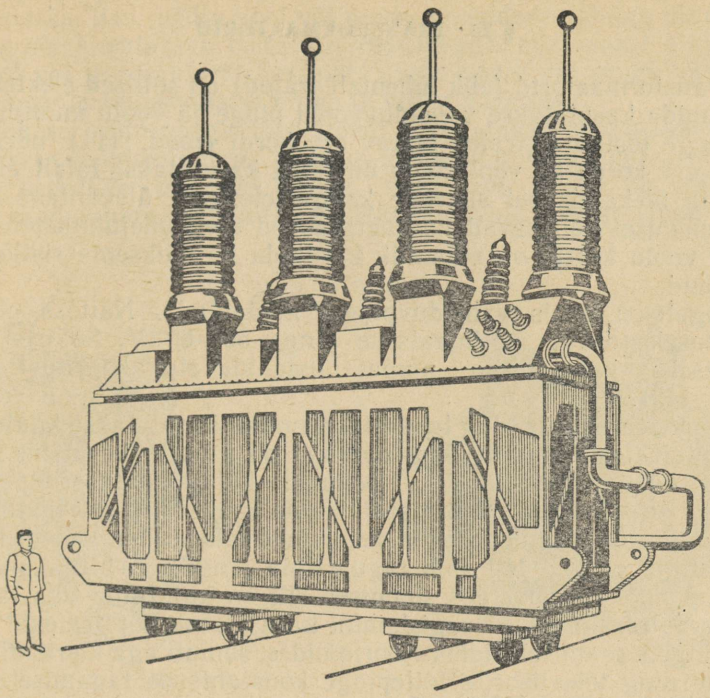
Joon. 110. Voolu ja pinge vaheline faasinihe.

Mootorite võimsusteguri tõstmise vahendid

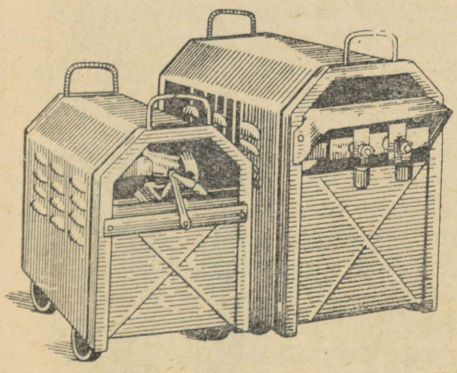
1. Vahelduvvoolumootorite koormuse suurendamisel tõuseb cos φ väärtus. Seepärast tuleb iga töötav mootor koormata võimaluse piirides tema nimivõimsusega.

2. Mootorite töötamisel ilma koormuseta langeb cos φ väga madalale — 0,1—0,3-ni 0,75—0,85 asemel; seepärast ei tohi lasta mootoreid töötada pikemat aega tühijooksus. Kui koormust ei ole, siis on parem mootor välja lülitada.

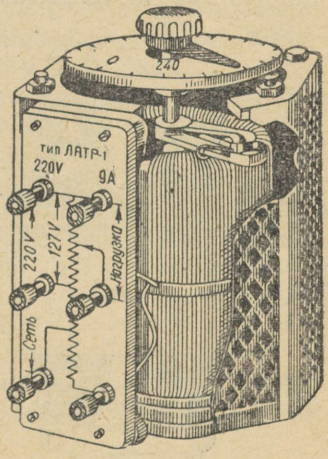
3. Vahelduvvooluringi lülitatud mahtuvus põhjustab induktiivsusega võrreldes vastupidise faasinihke voolu ja pinge vahel. Seepärast võib induktiivsete tarbijate poolt tekitatud voolu ja pinge vahelist faasinihet kompenseerida küllalt suurte kondensaatorite vooluringi lülitamise teel. Sel eesmärgil lülitatakse kondensaatorid paralleelselt asünkroonmootori staatori mähistega. Peale selle paigutatakse tänapäeval elektrialajaamadesse kondensaatorite patareid, mis vajaduse korral lülitatakse alajaama kogumislattidele kogu elektrivõrgu cos φ tõstmiseks.



Joon. 111. Suure võimsusega kolmefaasiline jõutrafo.



Joon. 112. Keevitustrafod.



Joon. 113. Laboratoorne autotrafo

§ 23. TRANSFORMAATORID

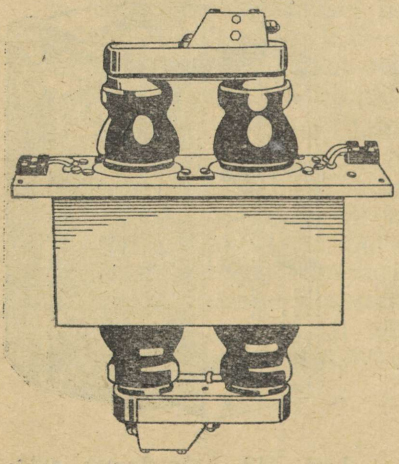
Transformaatorid (ehk lühemalt trafod) on sellised elektriseadmed, mida kasutatakse vahelduvvoolu pinge ja voolu muutmiseks.

Pinge tõstmisel trafos teatav arv kordi (joon. 111) nõrgeneb sama arv korda ka vool. Seda omadust kasutatakse laialt elektrienergia ülekandmisel suurtele kaugustele, sest ülekantava voolu nõrgenemisel vähenevad ka energiakaod ülekandejuhtmetes. Nõrgema voolu korral on võimalik kasutada ka väiksema ristlõikega juhtmeid.

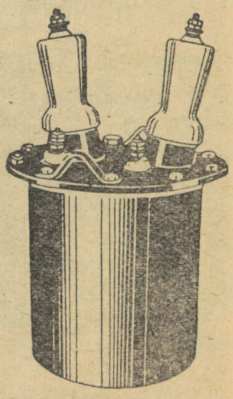
Sageli on tarvis vahelduvpinget madaldada. Näiteks elektrikeevituseks osutub optimaalseks pinge 50—60 V. Sellise pinge saamiseks kasutatakse pinget madaldavaid keevitustrafosid (joon. 112).

Igapäevases elus ning laboratooriumides kasutatakse laialdaselt nn. autotrafosid. Autotrafo südamikul on ainult üks mähis. Selle mähise külge ühendatakse nii primaar- kui sekundaarring. Autotrafodel on mõnikord olemas spetsiaalne ümberlüliti ehk liikuv kontakt, mille abil reguleeritakse sekundaarmähise klemmidele lülitatud tarbija pinget. Nii võib reguleerida pinget 0—140% ulatuses primaarpingega võrreldes. Joonisel 113 on kujutatud üks laboratoorne autotrafo. Kõige sagedamini kasutatakse autotrafosid vajalike pingete saamiseks laboratooriumides, samuti aga ka raadioaparaatide ning televiisorite toitepinge konstantsuse tagamiseks. kui välise võrgu pinge muutub.

Elektrijaamades ning -alajaamades on tegemist kõrgete pingete ning tugevate vooludega. Nende pingete ning voolude otsene mõõtmine on väga keeruline ning ohtlik. Seepärast kasutatakse neil juhtudel pinge- ja voolutrafosid (joon. 114 ja 115), mis vähendavad



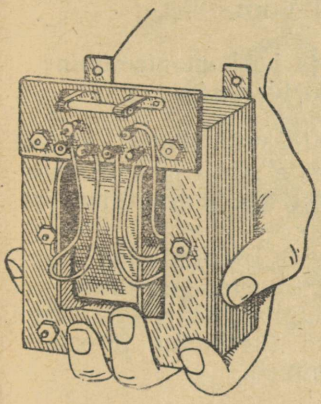
Joon. 114. Voolutrafo.



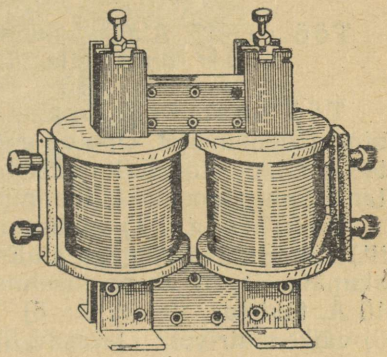
Joon. 115. Pingetrafo.

voolu ja pinge väärtusi mõõtmiste kergendamiseks ning ohutuse tagamiseks. Kui mõõta vool või pinge sekundaarmähises ning korrutada see kasutatava trafo ülekandearvuga, siis saame alajaama lattidel või generaatori klemmidel oleva voolu või pinge väärtuse (s. o. trafo primaarmähise pinge ja voolu väärtuse).

Väikese võimsusega jõutrafosid kasutatakse raadioaparaatide toitmisel vahelduvvooluga. Sellisel trafol on mitu sekundaarmähist, mille keerdude arv on erinev, ning tänu sellele on võimalik saada raadioaparaadi juures vajalikke erinevaid pingeid (joon. 116).



Joon. 116. Väikese võimsusega raadiotrafo.



Joon. 117. Lahtivõetav kooli-tüüpi trafo.

Kooli füüsikakabinetis kasutatakse sageli lahtivõetavat õppetrafot (joon. 117). Selline trafo koosneb lahtivõetavast raudsüdamikust ja poolide komplektist. Poolide mähised on arvestatud mitmesugustele pingetele (220, 120, 24, 12 ja 6 V).

Kõigi trafode juures on tegemist primaar- ja sekundaarpingega. Kui sekundaarpinge on primaarpingest väiksem, siis nimetatakse trafot pinget madaldavaks; kui aga sekundaarpinge on primaarpingest kõrgem, siis nimetatakse trafot pinget tõstvaks.

Primaarmähiseks nimetatakse seda trafo mähist, mida toidetakse elektrienergiaga. Sekundaarmähiseks nimetatakse seda mähist, mis on ühendatud tarbijaga. Vastavalt vahelduvvoolu süsteemidele jagatakse trafod ühefaasilisteks (kahe mähisega) ja kolmefaasilisteks (kuue mähisega). Mähiste isolatsiooni tugevuse suurendamise ning mähiste jahutamise eesmärgil paigutatakse võimsate trafode mähised õliga täidetud paakidesse. Selliseid trafosid nimetatakse õlijahutusega trafodeks. Väiksema võimsusega trafosid jahutatakse ümbritseva õhuga.

Trafo nimivõimsust mõõdetakse (erinevalt elektrimootorite, soo-

jendusriistade ja hõõglampide aktiivvõimsusest, mida mõõdetakse vattides) volt-amprites (VA) ja kilovolt-amprites (kVA).

Lõpetades trafode käsitlemist, tuleb öelda, et tänu liikuvate osade puudumisele (ja järelikult hõõrdekadude puudumisele) ning võrdlemisi väikestele energiakadudele pöörisvoolude tekitamiseks on trafode kasutegur väga kõrge — 95—98%. Võimsate jõutrafode kasutegur võib olla kuni 99%, autotrafodel aga 99,5%.

§ 24. PRAKTILISI TÖID TEEMAL «ALALIS- JA VAHELDUVVOOLUMASINAD, KOLMEFAASILINE VOOL»

Töö nr. 15. Alalisvoolumootori lahti- ja kokkumonteerimine ning selle lülitamine elektrivõrku

Töö eesmärk. Õppida tundma alalisvoolumootori ehitust ning tööpõhimõtet. Õppida väikeste mootorite lahti- ja kokkumonteerimist, mootori lülitusskeemide koostamist, nende praktilist teostamist ning mootori käivitamist.

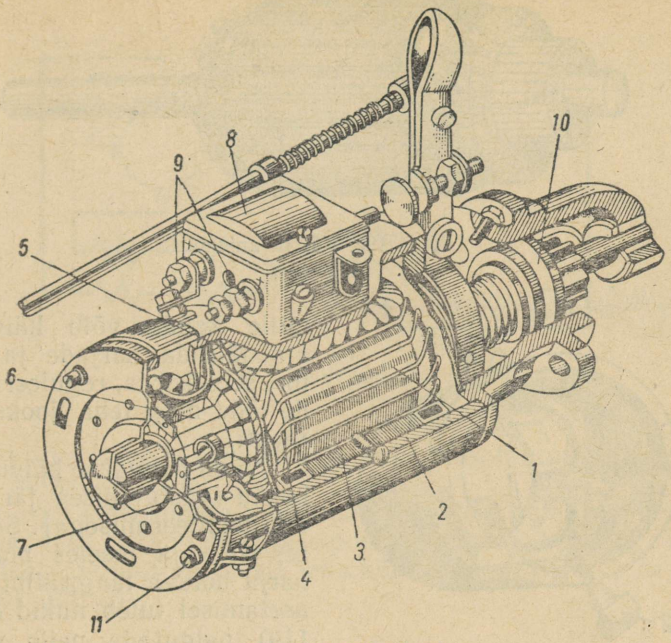
Tööriistad: 1) alalisvoolumootor (võib kasutada autokäivitit); 2) vastava pingega alalisvooluallikas (mootor-generaator või akupatarei); 3) ühepooluseline lüliti; 4) liugreostaat voolule kuni 10 A, takistus 10—30 Ω; 5) kruvikeerajad (keskmine ja suur); 6) väike mutrivõti; 7) vasar; 8) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Autode elektrilised käivitid (starterid) on madalapingelised alalisvoolul töötavad peavoolumootorid. Neid kasutatakse automootorite käivitamiseks.

Käiviti on silindrikujuline elektrimootor. Mootori sees pöörleb võllil ankur *1* mähisega *4*. Välise silindrilise korpuse *2* külge on kruvidega kinnitatud neli pooluskinga *3* ergutusmähistega *5*. Ergutusmähised on mähitud jämedast traadist ning ühendatud järjestikku ankrumähisega. Ankru võllile on kinnitatud kollektor *6*, selle lamellide külge on joodetud ankrumähise sektsioonide otsad. Kollektorile surutakse spiraalvedrude abil harjad *7*. Korpuse väliskülje kinnitatakse käiviti lüliti *8* ja jämedad sisendklemmid *9*, mis on arvestatud võrdlemisi tugevale voolule. Märgiga «—» tähistatud klemm ühendatakse jämeda juhtme abil akupatarei negatiivse klemmiga. Teine klemm märgiga «+» ühendatakse käiviti metallkorpusega, nn. «massiga». Massiga ühendatakse ka akupatarei positiivne poolus. Mass, s. o. auto metallkorpus ning kõik sellega ühendatud esemed, etendab auto elektriseadmetes teise juhtme osa.[1]

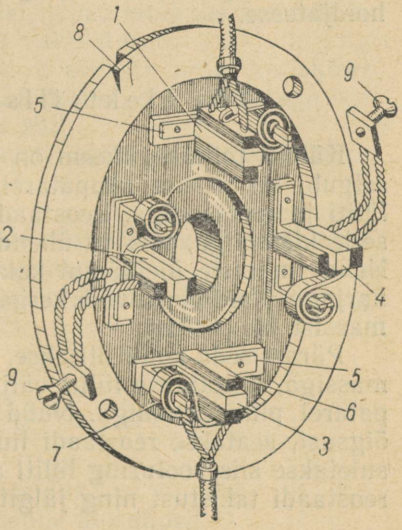
[1] Akupatarei asemel võib mootorit toita ka alaldaja või vastava võimsusega mootor-generaatori abil.



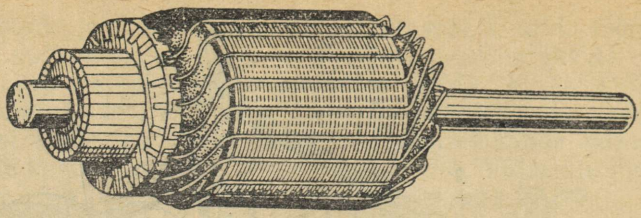
Joon. 118. Autokäiviti lõikes.

Käiviti lahtimonteerimiseks tuleb kõigepealt maha võtta see laagrikilp, mille siseküljele on kinnitatud harjad (joon. 119). Selleks tuleb välja keerata kruvid *11* (2 tk.; joon. 118), mille abil laagrikilp on kinnitatud kere külge. Pärast kruvide väljakeeramist tuleb harjad harjahoidjatest välja võtta, laagrikilp kruvikeeraja abil kerest eemaldada ning ettevaatlikult võllilt ära võtta. Nüüd võetakse võllist kinni ning tõmmatakse käiviti ankur (joon. 120) kerest (joon. 121) välja.

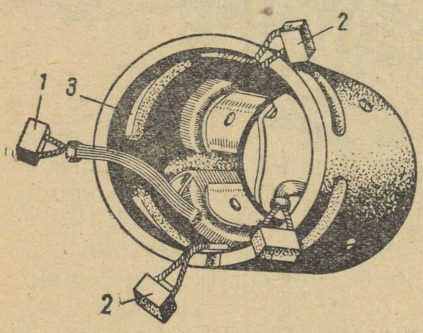
Käiviti kere kollektoripoolses otsas on avad (joon. 121),



Joon. 119. Käiviti laagrikilp harjahoidjatega. *1*, *2*, *3* ja *4* — harjahoidjad; *5* — isoleerplaadid harjahoidjate isoleerimiseks laagrikilbist; *6* — harjad; *7* — harjade suruvedrud; *8* — kilbi seadenukk; *9* — kruvid harjade ühendamiseks massiga.



Joon. 120. Käiviti ankur.



Joon. 121. Käiviti kere.

mille kaudu võib käiviti töö ajal jälgida harjade ja kollektori seisukorda, reguleerida nende tööd ning teha jooksvat remonti.

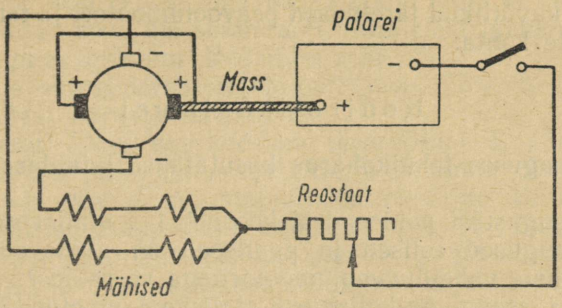
Nüüd pannakse käiviti uuesti kokku (vastupidises järjekorras lahtimonteerimisega). Selle juures on vaja meeles pidada, et harju hoidva laagrikilbi kohaleasetamisel tuleb nukid *8* (joon. 119) paigutada neile vastavatesse väljalõigetesse. Nii paigutatakse see laagrikilp täpselt endisele kohale.

Pärast harjahoidjatega laagrikilbi oma kohale kinnitamist paigutatakse harjad hoidjatesse ning surutakse vedrudega vastu kollektorit. Seejuures tuleb jälgida, et harjad satuksid õigesti oma hoidjatesse.

Töö elektrilise skeemi kirjeldus

Käiviti toitmise skeem on toodud joonisel 122. Nagu joonisest selgub, lülitatakse akupatarei miinuspoolus järjestikku vinnaklüliti ja reostaadiga. Reostaadi teine klemm ühendatakse käiviti selle klemmiga, mis on ühendatud pooluste mähiste kahe otsaga. Nende mähiste ülejäänud kaks otsa ühendatakse kahe negatiivse harjaga. Neid harju võib kergesti leida selle tõttu, et nad on käiviti massist isoleeritud.

Pärast seda kontrollitakse, kas positiivsed harjad on ühendatud massiga, lülitatakse lüliti välja ja ühendatakse käiviti kere akupatarei plussklemmiga. Nüüd kontrollitakse koostatud vooluringi õigsust, seatakse reostaadi liugur maksimaalsele takistusele ning suletakse siis vooluring lüliti abil. Nüüd vähendatakse aegamööda reostaadi takistust ning jälgitakse käiviti tööd. Kui käiviti ankru



Joon. 122. Käiviti toiteskeem.

pöörlemiskiirus kasvab ülemäära suureks, siis lülitatakse vinnaklüliti viivitamatult välja.

Ankru pöörlemissuunda võib muuta. Selleks tuleb negatiivsed harjad ühendada patarei positiivse poolusega, positiivsed aga ergutusmähistega. Selleks on tarvis teha küllalt keerulisi harjade juhtmete ümberlülitusi.

Töö käik

1. Tutvuge käiviti või mõne teise alalisvoolumootori välise ehitusega. Tehke kindlaks tema väliste osade nimetused ja ülesanded.
2. Üksikuid osi ettevaatlikult üksteisest eraldades võtke mootor järk-järgult lahti.
3. Vaadelge mootori iga osa ehitust, tehke kindlaks tema ülesanne ning materjal, millest see osa on valmistatud.
4. Kontrollige harjade tööpindade kvaliteeti ning kollektori pindade olukorda. Kui kollektor on määrdunud, siis puhastage see ettevaatlikult bensiinis niisutatud lapi abil.
5. Pange lahtivõetud mootor uuesti kokku (lahtivõtmisega vastupidises järjekorras).
6. Koostage mootori toitevooluring.
7. Käivitage mootor mitmel korral ning vaadelge seejuures mootori üksikute osade vastastikust tegevust.
8. Kui on võimalik, siis tehke vajalikud ümberlülitused ning muutke mootori ankru pöörlemissuunda.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Töö üksikute etappide lühike kirjeldus.
3. Mootori detailide loetelu ning nende ülesanded.
4. Mootori toiteskeem.

5. Kokkuvõtlikud järeldused peavoolumootori ja tema puuduste ning eeliste kohta.

Kontrollküsimusi

1. Missuguses tehnikaharus kasutatakse laialdaselt peavoolumasinaid?
2. Missugustest põhiosadest koosneb iga alalisvoolumasin?
3. Missugused eelised ja puudused on alalisvoolumootoritel kolmefaasiliste vahelduvvoolumootoritega võrreldes?
4. Mis ülesanne on kollektoril alalisvoolumootoris?
5. Missugustest materjalidest valmistatakse nende mootorite põhiosad?
6. Mida tuleb teha selleks, et muuta mootori pöörlemissuunda?
7. Kuidas reguleeritakse alalisvoolumootori pöörlemiskiirust?
8. Missuguse voolualliika abil toidetakse auto käivitit?

Töö nr. 16. Auto alalisvooludünamo lahti- ja kokkumonteerimine ning katsetamine

Töö eesmärk. Õppida tundma alalisvoolugeneraatori ehitust, õppida tema lahti- ja kokkumonteerimist ning katsetada teda töö juures.

Tööriistad: 1) auto või traktori alalisvooludünamo (6 või 12 V); 2) käsireduktor dünamo käitamiseks; 3) 6- või 12-voldine lampreostaat (koormuseks); 4) suure takistusega liugreostaat (ergutusringi lülitamiseks); 5) magnetelektriline ampermeeter mõõtepiirkonnaga 10—15 A ning nulliga skaala keskel; 6) magnetelektriline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 8—15 V; 7) akupatarei 6 või 12 V; 8) relee (auto elektriseadmetest); 9) ühepooluseline vinnaklüliti; 10) keskmine ja suur kruvikeeraja; 11) vasar; 12) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Auto elektriseadmed tarbivad peaaegu kogu aeg ühel või teisel määral elektrienergiat. Elektrienergiat võib neile seadmetele anda generaatorist või akupatareist.

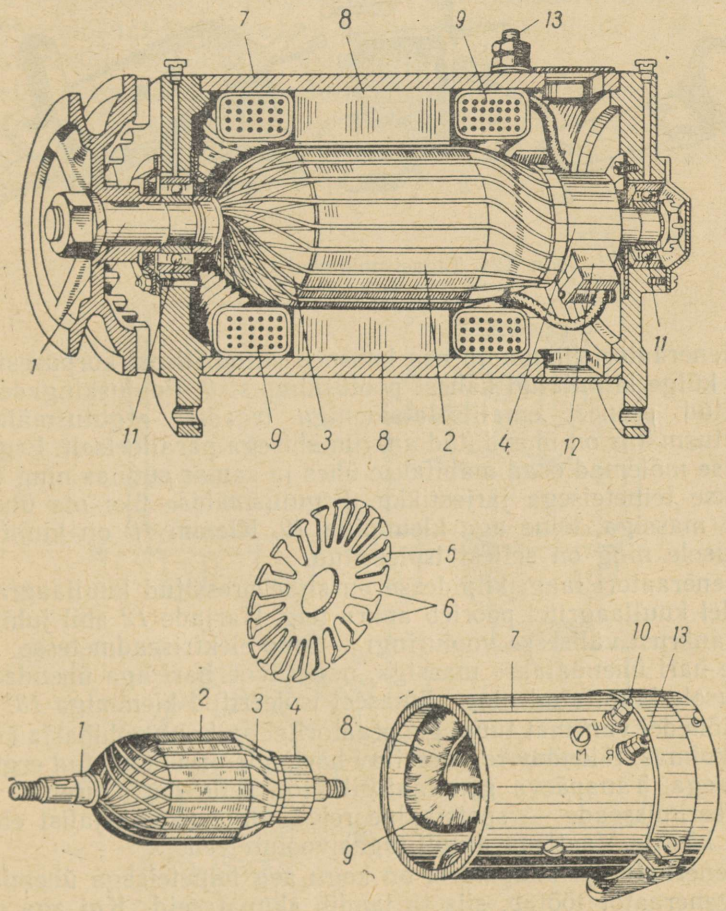
Liikumisel keskmise kiirusega annab laialt levinud auto M-20 «Pobeda» generaator voolu tugevusega 18 A. Kui auto liigub päeva ajal, siis põlevad ainult spetsiaalsed signaallambid. Nende poolt tarbitav vool on 3 A, ülejäänud 15 A tugevust voolu kasutatakse aga akupatarei laadimiseks.

Kui auto liigub öösel, siis on sisse lülitatud peaaegu kõik valgustusseadmed ning tarbitav vool moodustab kuni 21 A. On selge,

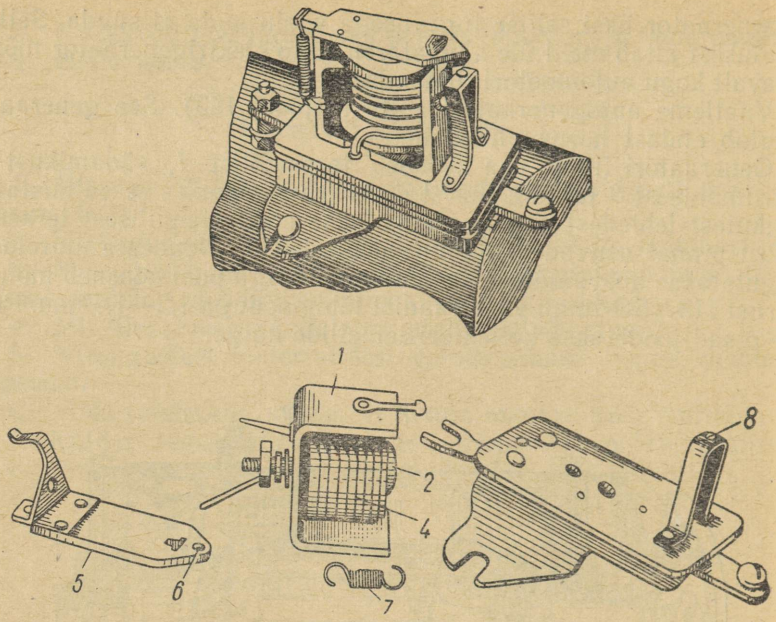
et generaator üksi sellise tugevusega voolu anda ei suuda. Sellest puudusest aitab meid üle akupatarei. Auto elektrigeneraator töötab pidevalt kogu automootori töötamise ajal.

Vaatleme autogeneraatori ehitust (joon. 123). See generaator kujutab endast haruvoolumasinat.

Generaatori liikuv osa koosneb terasvõllist *1*, südamikust *2*, ankrumähisest *3* ja kollektorist *4*. Ankru südamik on valmistatud üksikutest lehtedest *5*, mis stantsitakse elektrotehnilisest terasest. Ankru pinnal asuvad poolkinnised uurded *6*. Nendesse uuretesse paigutatakse ankrumähise üksikud poolid. Iga pool koosneb mõnest keerust ПЭЛБО-tüüpi vasktraadist läbimõõduga 1,2—1,5 mm. Poolide otsad joodetakse kollektori lamellide külge.



Joon. 123. Autogeneraator lõikes ja tema osad.



Joon. 124. Tagasivoolurelee ja tema osad.

Generaatori liikumatu osa koosneb silindrilisest korpusest *7* ja selle külge kinnitatud kahest pooluskingast *8*. Pooluskingadele on mähitud peenest emailisolatsiooniga traadist ergutusmähis *9*. Ergutusmähis on ühendatud ankrumähisega paralleelselt. Ergutusmähise mõlemad osad mähitakse ühes ja samas suunas ning ühendatakse teineteisega järjestikku. Ergutusmähise üks ots ühendatakse massiga, teine aga klemmiga *10*. Klemm *10* on kinnitatud korpusele ning on sellest isoleeritud.

Generaatori laagrikilpidesse on sisse pressitud kuullaagrid *11*. Nendel kuullaagritel pöörleb ankru telg. Harjade *12* abil juhitakse vool ankrust välisesse vooluringi — auto elektriseadmetesse. Positiivne hari ühendatakse massiga, negatiivne hari aga ühendatakse korpusele kinnitatud ning viimasest isoleeritud klemmiga *13*.

Mõnedel vanemat tüüpi generaatoritel on kahe põhiharja kõrval veel kolmas, täiendav reguleeritav hari, mis on ühendatud ergutusmähisega. Tänapäeva generaatorites on selle harja asemel teine reguleerimisseade — spetsiaalne relee, mille üksikasjalist ehitust me ei käsitle. Vaatleme ainult tagasivoolureleed.

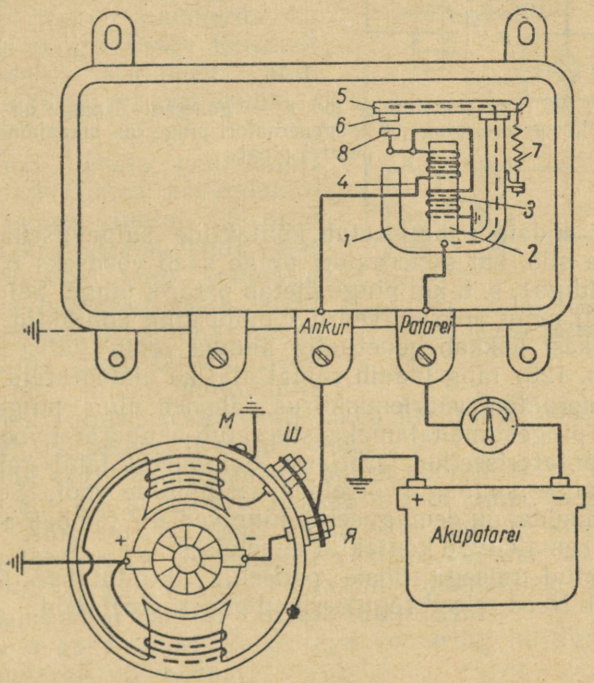
Generaator ja akupatarei on kogu aeg teineteisega ühendatud. Kui generaator töötab, siis ta laadib akupatareid. Kui aga generaator ei tööta, siis ta muutub tarbijaks ning akupatareist tulev vool

läbib tema mähiseid. Kuna ankrumähise takistus on võrdlemisi väike, siis lühistab ankrumähis tegelikult akupatarei klemmid; järelikult tühjeneb akupatarei kiiresti, kuumeneb seejuures ning rikneb. Seepärast tuleb siis, kui generaatori pinge automootori töö ajal muutub akupatarei pingest madalamaks, generaator ja akupatarei teineteisest eraldada. Selleks kasutataksegi tagasivoolureleed — elektromagnetilist seadet liikuvate ja liikumatute kontaktidega (joon. 124 ja 125).

See relee koosneb järgmistest osadest: ike *1*, mis on massist isoleeritud; südamik *2*; pingemähis *3* väikese ristlõikega juhtmest; voolumähis *4* suure ristlõikega juhtmest; ankur *5* liikuvate kontaktidega 6 ja vedruga *7*; sangakujuline alus liikumatu kontaktiga *8*.

Relee mõlemad mähised on paigutatud südamikule. Voolu läbiminekul mähistest südamik magneetub.

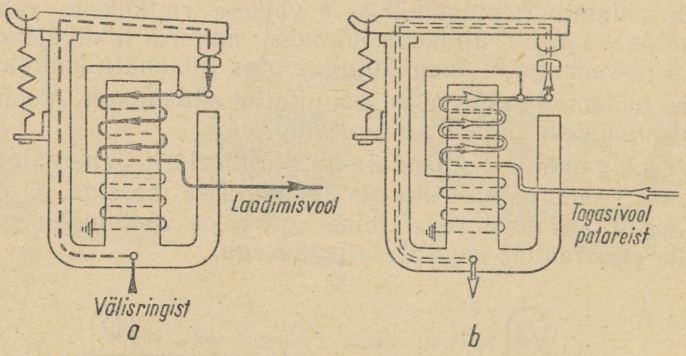
Relee pingemähis *3* ühendatakse paralleelselt generaatori ankrumähisega: selle mähise üks ots ühendatakse massiga, s. o. generaatori positiivse poolusega, teine aga relee voolumähisega *4* ja läbi selle generaatori negatiivse poolusega.



Joon. 125. Tagasivoolurelee elektriliste ühenduste skeem.

Voolumähis *4* kujutab endast generaatori välise vooluringi jätku. Selle mähise teine ots ühendatakse relee kontaktide, ankru ja ikke kaudu relee selle klemmiga, millest läheb vool tarbijatele ja akupatareisse.

Automootori väikese pöörlemiskiiruse juures (kuni 650 pööret minutis) on relee kontaktid lahutatud. Olgugi et relee pingemähist läbib sel ajal generaatori vool, ei magneedi see võrdlemisi väikese pinge tõttu südamikku küllaldasel määral ning kontaktid jäävad avatuks. Selle mähise keerdude arv ning traadi ristlõige on valitud



Joon. 126. Tagasivoolurelee töö. *a* — generaatori pinge on kõrgem kui patarei pinge; *b* — generaatori pinge on madalam kui patarei pinge.

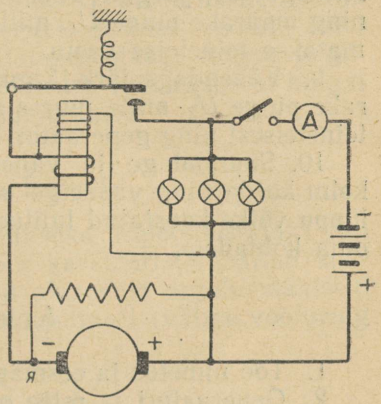
sellised, et südamik magneetub kontaktide sulgemiseks vajaliku tugevusega siis, kui generaatori pinge saab võrdseks 6,5 voldiga (või 13 voldiga), s. t. kui pinge ületab patarei pinge. Sel juhul ületab magneti mõju ankrule vedru *7* mõju ning kontaktid sulguvad. Sellest hetkest hakkab generaator andma voolu välisesse vooluringi (joon. 126) ning laadib samal ajal ka akupatareid.

Kui generaatori pöörlemiskiirus väheneb ning pinge muutub akupatarei pingest madalamaks, siis satub akupatarei vool esimesel hetkel generaatorisse kui tarbijasse. Sel korral läbib relee voolumähist esialgse suunaga võrreldes vastupidine vool. Selle voolu tulemusena südamik demagneetub ning vedru *7* tõmbab ankru üles. Selle tõttu eemalduvad kontaktid teineteisest.

Kirjeldatud releega ühele paneelile kinnitatakse autol veel kaks releed. Need releed reguleerivad generaatori tööd.

Töö elektrilise skeemi kirjeldus

Generaatori katsetamise skeemi (joon. 127) koostamist tuleb alustada järjestikuse vooluringi koostamisest. Selleks ühendatakse generaatori korpusel olev klemm *Я* jämeda juhtme abil relee klemmiga, mis on samuti märgitud tähega *Я*. See klemm on ühendatud relee voolumähise algusega. Relee selle mähise teine ots ühendatakse läbi lampide massiga, ühepooluselise vinnaklüliti ja ampermeetri kaudu aga akupatarei negatiivse poolusega. Generaatori positiivne hari, relee pingemähise ots ning akupatarei positiivne poolus tuleb ühendada massiga, s. o. generaatori enda korpusega. Koostanud ning kontrollinud järjestikuse vooluringi, lülitame paralleelselt generaatori harjadega voltmeetri (joonisel 127 pole voltmeetrit näidatud). Vinnaklüliti sulgemisel hakkab generaatori ankur pöörlema, relee kontaktid on veel sulgumata ning vool läheb positiivselt harjalt läbi massi ainult relee pingemähisesse ning generaatori ergutusmähistesse. Selle voolu tulemusena tugevneb generaatori magnetväli, selle tõttu tõuseb omakorda ka generaatori pinge. Pinge tõusmist saab vaadelda voltmeetri abil. Lampe toidetakse sel ajal akupatarei vooluga.



Joon. 127. Autogeneraatori katsetamise skeem.

Kui nüüd hakata generaatori ankrut ringi ajama käsireduktoriga, siis pinge kindlal väärtusel magneeditakse relee südamik vajaliku tugevusega ning kontaktid tõmmatakse teineteise vastu. Nüüd hakkab generaator toitma lampe ning laadima akupatareid. Seda näitab voolu suuna muutumine ampermeetris; ampermeetri osuti läheb üle nulli teisele poolele ning näitab akupatarei laadimisvoolu.[1]

Kui nüüd aeglaselt vähendada ankru pöörete arvu, siis jõuame sellise hetkeni, mil akupatarei hakkab toitma lampe ja generaatori mähiseid. Ampermeetri osuti liigub oma endisele kohale tagasi. Sel hetkel läbib relee voolumähist vastassuunaline vool, südamik demagneetub ning liikuvad kontaktid tõmmatakse teineteisest eemale. Generaator hakkab töötama tühijooksul.

Peatanud generaatori, katkestage vooluring lülitiga, et takistada akupatarei tühjenemist.

---

[1] Kui kasutatava ampermeetri skaala 0 ei asu mitte skaala keskel, vaid vasakul äärel, siis tuleb ümberlüliti abil muuta voolu suunda ampermeetris.

Töö käik

1. Monteerige generaator lahti, tutvuge tema sildiandmetega, iga osa ehitusega ning ülesandega.
2. Õppige tundma tagasivoolurelee ehitust.
3. Monteerige generaator kokku ja ankrut käega pöörates veenduge monteerimise õigsuses.
4. Ühendage generaatori võll reduktoriga kummitoru abil. Viimane asendab siin ühendusmuhvi.
5. Koostage generaatori katsetamise vooluring.
6. Enne voltmeetri lülitamist generaatori harjade külge mõõtke akupatarei pinge U_a ning kirjutage see üles.
7. Enne generaatori pöörlema hakkamist mõõtke lampide poolt tarbitav vool I_e ning kirjutage see üles.
8. Pöörates reduktori vänta kellaosuti liikumise suunas, suurendage järk-järgult ankru pöörlemiskiirust. Jälgige voltmeetrit ning määrake pinge U_1, mille juures relee liikuvad kontaktid tõmmatakse teineteise vastu.
9. Vähendage järk-järgult ankru pöörlemiskiirust ning määrake pinge U_2, mille juures relee liikuvad kontaktid eemalduvad teineteisest ning generaator lõpetab välisvooluringi toitmise.
10. Suurendage ja vähendage ankru pöörlemiskiirust paarkolm korda ning vaadelge seejuures seadmete tööd. Pärast töö lõppu võtke koostatud lülitus lahti ning asetage kasutatud riistad oma kohtadele.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk. Töö põhietappide loetelu.
2. Generaatori ja relee osade loetelu ning nende ülesannete kirjeldus.
3. Skeemid voolu käigu kohta generaatori töö ajal:
   a) relee avatud kontaktide korral;
   b) relee suletud kontaktide korral;
   c) generaatori seiskamisel.
4. Generaatori sildiandmed.
5. Suurused U_a, U_1, U_2, I_e. Järeldused.

Kontrollküsimusi

1. Milline ülesanne on autogeneraatoril? Mille poolest erineb tema ehitus käiviti ehitusest?
2. Kuidas töötab tagasivoolurelee? Miks on sellele releele antud niisugune nimi?
3. Kui suur on teie töös kasutatava generaatori nimivõimsus ja pinge?

4. Missuguseid mõõteriistu tuli töö juures kasutada?
5. Miks tuleb töö juures kasutada sellise skaalaga ampermeetrit, millel 0 asub skaala keskel?
6. Miks üks generaatori hari ühendatakse korpusega?
7. Missugune voltmeetri klemm (kas positiivne või negatiivne) tuleb ühendada generaatori korpusega?

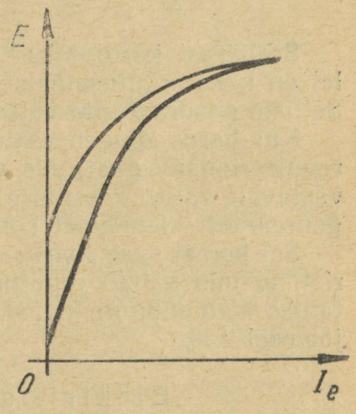
Töö nr. 17. Haruvoolugeneraatori tühijooksukarakteristiku, väliskarakteristiku ja reguleerimiskarakteristiku tundmaõppimine

Töö eesmärk. Õppida tundma haruvoolugeneraatori töörežiimi ja tema tunnusjooni.

Tööriistad: 1) haruvoolugeneraator võimsusega 2 kW, mille jõuallikaks on kolmefaasiline asünkroonmootor; 2) magnetelektriline voltmeeter generaatori pinge mõõtmiseks; 3) ampermeeter lubatud väliskoormuse mõõtmiseks; 4) ampermeeter voolu mõõtmiseks ergutusringis; 5) reguleerimisreostaat voolule kuni 2 A, maksimaalne takistus 250 Ω; 6) lampreostaate sellise koguvõimsusega, mis ületab generaatori võimsuse (või vastaval hulgal traatreostaate); 7) vinnaklüliti, ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Generaatori töörežiimi üheks põhiliseks iseloomustajaks on generaatori tühijooksukarakteristik. See karakteristik näitab ankrus indutseeritava elektromotoorse jõu olenevust ergutusmähiseid läbivast voolust I_e. Välise koormuse puudumisel (väline vooluring on katkestatud) on vool ankrus võrdne nulliga. Mootori pöörlemiskiirus püsib konstantsena. Selline karakteristik on toodud joonisel 128.



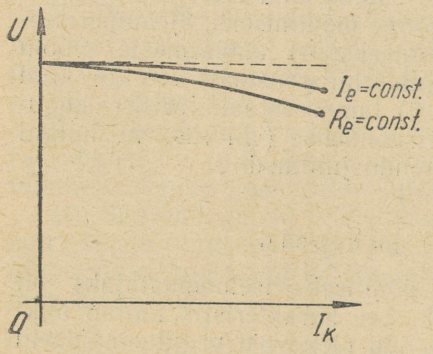
Joon. 128. Haruvoolugeneraatori tühijooksukarakteristik.

Mõõtmisi alustatakse siis, kui ergutusvool on null, s. o. ergutusmähised on välja lülitatud. Sel korral indutseeritakse elektromotoorne jõud ankrus ergutusmähiste südamike jääkmagnetismi baasil.

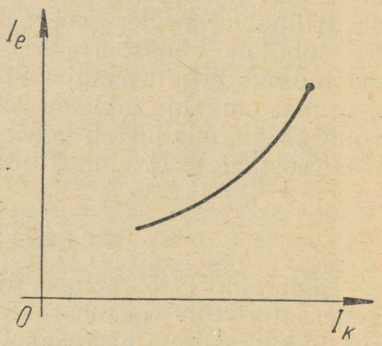
Seni, kuni ergutusmähiste raudsüdamikud pole küllastuseni magnetiseeritud, on karakteristik sirgjooneline. Raudsüdamike lähenemisel küllastusolekule indutseeritud elektromotoorse jõu kasv aeglustub. Vastupidise olukorra juures (ergutusvoolu vähenemisel) saame karak-

teristiku langeva osa, mis asub esimesest kõrgemal. Selle põhjuseks on jääkmagnetismi nähtus.

Generaatori väliskarakteristik näitab generaatori väljumispinge (klemmipinge) sõltuvust välisest koormusest. Selle karakteristiku saame konstantse ergutusvoolu või siis reguleerimisreostaadi konstantse takistuse korral. Jooniselt 129 selgub, et algul klemmipinge välise koormuse suurendamisel peaaegu ei vähene. Kui aga tarbitava voolu tugevus ületab lubatava väärtuse, siis põhjustab voolu tugevnemine klemmipinge tunduva vähenemise. Koormuse edasine suurenemine (välisvooluringi takistuse vähenemine) viib lõpuks selleni, et vool enam ei tugevne, vaid koos klemmipinge järsu langemisega koguni väheneb. See viitab asjaolule, et väljumispinge vähenemine vähendab ergutusvoolu ja järelikult ka magnetvoogu, mis viibki indutseeritud elektromotoorse jõu vähenemisele.



Joon. 129. Haruvoolugeneraatori väliskarakteristik.



Joon. 130. Haruvoolugeneraatori reguleerimiskarakteristik.

Seepärast kasutatakse praktikas kompaundgeneraatoreid, millel on kaks ergutusmähist — peavoolumähis ja haruvoolumähis. Selliste generaatorite väliskarakteristik on horisontaalne sirge.

Kui haruvoolugeneraatori ergutusmähiste ringis on olemas reguleerimisreostaat, siis võib selle abil reguleerida ergutusvoolu vastavalt välise koormuse muutumisele ning saavutada sellega generaatori klemmidel konstantse pinge.

Sel korral saab konstrueerida generaatori reguleerimiskarakteristiku, mis näitab ergutusvoolu sõltuvust väliskoormusest konstantse klemmipingi korral. Sellise sõltuvuse graafik on toodud joonisel 130.

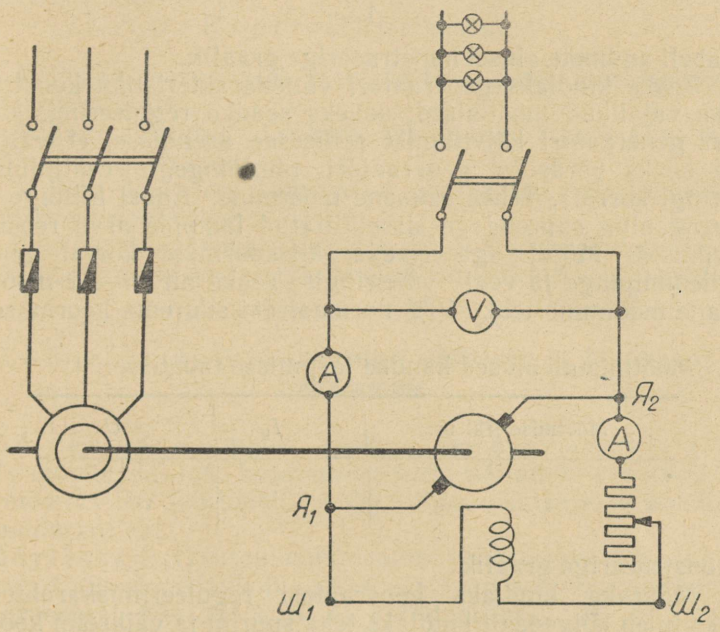
Elektrilise skeemi kirjeldus

Haruvoolugeneraatori karakteristikute saamiseks vajalike ühenduste skeem on toodud joonisel 131.

Generaator pannakse pöörlema sellise asünkroonmootoriga, mille pöörlemiskiirus ühtib generaatori nimipöörlemiskiirusega. Generaatori kiirus peab kogu mõõtmiste ajaks jääma konstantseks.

Töö käik

1. Tutvuge elektrimootori ja generaatori passiandmetega. Õppige tundma haruvoolugeneraatori katsetamiseks vajalikku lülitusskeemi (joon. 131).



Joon. 131. Haruvoolugeneraatorite karakteristikute võtmiseks vajalike ühenduste skeem.

2. Koostage vooluring joonisel 131 toodud skeemi järgi ning katsetage generaatorit.

3. Tehke generaatori tühijooksukarakteristiku konstrueerimiseks vajalikud mõõtmised. Selleks on tarvis kõrvaldada generaatori koormus (katkestada väline vooluring) ja viia läbi mõõtmised alltoodud järjekorras. Kõigepealt katkestage ergutusmähiste vooluring; selle tulemusena muutub ergutusvool nulliks ning ankrus indutseeritakse elektromotoorne jõud jääkmagnetismi arvel. Selline olukord on vajalik mõõtmiste alustamiseks. Mõõtke nüüd jääkmagnetismi arvel indutseeritud elektromotoorse jõu suurus.

Nüüd lülitage ergutusmähis sisse ning määrake indutseeritud elektromotoorne jõud täielikult sisselülitatud reguleerimisreostaadi korral. Nii saame karakteristiku teise punkti. Edasi muutke reostaadiga ergutusvoolu ning tehke veel kümme erinevale ergutusvoolule vastavat elektromotoorse jõu mõõtmist.

4. Mõõtmistulemused kandke järgmisse tabelisse.

Mõõtmise jrk. nr.	I_{erg}	E

Tabeli andmete alusel konstrueerige graafik.

5. Tehke kindlaks generaatori väliskarakteristiku konstrueerimiseks vajalikud mõõtmised; selleks seadke reguleerimisreostaat pärast generaatori käivitamist sellisesse asendisse, et väljumispinge saaks võrdseks generaatori nimipingega (väljalülitatud välisringi korral). Tehke esimene mõõtmine. Edasi lülitage sisse välisring ning suurendage sisselülitatud lampide arvu reostaadis (koormuses). Mõõtke iga erineva väliskoormuse korral generaatori klemmipinge ja vool välisringis. Tehke nii 10—12 mõõtmist. Viimane mõõtmine tehke 10% normaalsest suurema koormuse juures.

6. Mõõtmistulemused kandke järgmisse tabelisse.

Mõõtmise jrk. nr.	I_k	U

Konstrueerige graafik.

7. Määrake kindlaks generaatori reguleerimiskarakteristik. Selleks tuleb kõigepealt kindlaks teha suurim ja väikseim koormus, mille juures reguleerimisreostaati kasutades saab jätta generaatori klemmipinge konstantseks. See määrab kindlaks mõõtmiste vahemiku.

Muutke voolu välisringis kindlakstehtud piirides ning mõõtke ergutusvoolu tugevus 8—10 erineva koormusvoolu (välise vooluringi voolu) tugevuse korral.

8. Mõõtmistulemused kirjutage järgmisse tabelisse.

Mõõtmise jrk. nr.	I_k	I_{erg}

Konstrueerige graafik.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja ülesanne.
2. Töö läbiviimise järjekord koos lülitusskeemidega.
3. Mõõtmistulemuste tabelid.
4. Karakteristikute graafikud.
5. Järeldused haruvoolugeneraatori režiimi valiku kohta ja karakteristikute tüübid koos füüsikaliste protsesside selgitamisega.

Kontrollküsimusi

1. Milliseid suurusi saab kindlaks teha generaatori tühijooksukarakteristiku abil?
2. Millega seletub tühijooksukarakteristiku tõusva haru ja langeva haru mitteühtimine?
3. Milline praktiline väärtus on generaatori väliskarakteristikuil? Miks on neid kaks?
4. Kas reguleerimiskarakteristik muutub, kui reguleerimisreostaat asendada teise, suuremale voolule arvestatud reostaadiga?

Töö nr. 18. Alalisvoolumootori võimsuse ja kasuteguri määramine

Töö eesmärk. Õppida tundma alalisvoolumootori ehitust. Õppida mootori lülituse koostamist, tema lülitamist vastavalt skeemile, mootori töö juhtimist, mehhaanilise võimsuse ja kasuteguri määramise võtteid.

Tööriistad: 1) haruvoolumootor võimsusega 0,3—0,5 kW, kinnitatud alusele; 2) vooluallikas vastavalt mootori nimipingele; 3) liugreostaat 20—30 Ω, 5 A, käivitamiseks; 4) liugreostaat 180—240 Ω, 1 A, reguleerimiseks; 5) alalisvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 10 A; 6) alalisvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 1 A; 7) alalisvoolu-voltmeeter vooluallika pinge mõõtmiseks; 8) stopper ning pöörete arvu loendaja või tahhomeeter; 9) kooli dünamomeeter mõõtepiirkonnaga 5 kG; 10) vihid 1 kG, 5—8 tk.; 11) lintpidur; 12) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Mootori kasutegur määratakse avaldisega

$$\eta = \frac{N_2}{N_1},$$

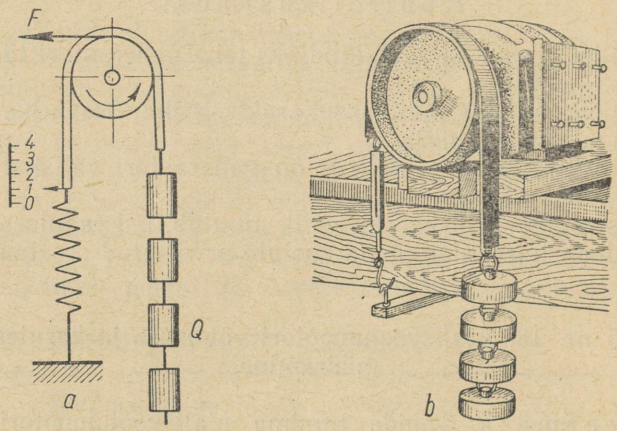
kus N_1 on tarbitud võimsus ja N_2 kasulik võimsus.

Alalisvoolumootori poolt kulutatud võimsust on kerge arvutada

ampermeetri ja voltmeetri näitude järgi, sest

$$N_1 = UI \text{ W.}$$

Selleks et leida mootori poolt arendatavat mehhaanilist võimsust N_2, kasutatakse lintpidurit. Mootori võllile kinnitatakse rihmaratas, üle selle paigutatakse rihm ning koormatakse mootor vihtidega, mis riputatakse rihma lahtise otsa külge. Rihma teine ots kinnitatakse spetsiaalse prussi küljes oleva dünamomeetri külge



Joon. 132. Mootori koormamise skeem (*a*) ja üldvaade (*b*).

(joon. 132). Kui mootori võll ei pöörle, töötab seib nagu liikumatu plokk, mis ainult muudab jõudude suundi. Sel juhul on dünamomeetri näit q võrdne rihmale riputatud vihtide raskuste summaga Q. Kui lülitada mootor elektrivõrku nii, et rihmaratas hakkaks pöörlema joonisel noolega märgitud suunas, siis tekivad rihma ja ratta pindade vahel hõõrdejõud. Hõõrdejõudude tulemusena tõstetakse raskusega Q koormatud rihmaotsa veidi ülespoole ning dünamomeetri näit q väheneb. Vahe $Q - q$ määrab summaarse hõõrdejõu F (kG-des), mis mõjub rihmale:

$$F = Q - q \text{ kG.}$$

Kõik hõõrdejõu komponendid on rakendatud rihmaratta pinna punktidesse, s. o. nende rakenduspunktide kaugused pöörlemisteljest on ühesugused ja võrdsed seibi raadiusega. Seepärast saame summaarse hõõrdejõu F ja seibi raadiuse korrutamisel mootori pöördemomendi, mida ta antud ajal arendas:

$$M = F\frac{d}{2} \text{ kGm.}$$

Valemis tähistab d seibi läbimõõtu.

Teades momendi M väärtust ning mootori pöörlemise nurkkiirust ω, võib mehhaanikast tuttava valemi

$$N_2 = 9{,}81\ M\ \omega\ \mathrm{W}$$

järgi arvutada mootori poolt antud ajavahemikus arendatud võimsust.

Tegur 9,81 on valemisse toodud seepärast, et tulemust saada vattides, mitte aga kGm/sek-tes. See kergendab tunduvalt mehhaanilise võimsuse N_2 võrdlemist kulutatud elektrilise võimsusega N.

Nurkkiirus tehakse kindlaks minuti jooksul mõõdetud pöörete arvu n kaudu. Selleks paigutame mõõtmistulemused valemisse

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}\ \frac{1}{\mathrm{sek}}.$$

Mootori pöörete arv n minutis määratakse pöörete arvu lugeja ning stopperi abil või mis veel parem — spetsiaalse seadeldise, nn. tahhomeetri abil.

Esimesel juhul määratakse pöörete arv järgmiselt. Mootori võll ühendatakse loendaja võlliga, stopperi abil määratakse aeg, mille jooksul mootor teeb kindlaksmääratud arvu pöördeid, näiteks 100, 200 või 300 pööret. Pärast sellist mõõtmist ei ole raske arvutada ühes minutis tehtud pöörete arvu. Kui näiteks mootor tegi 250 pööret 10 sekundiga, siis tema pöörlemiskiirus

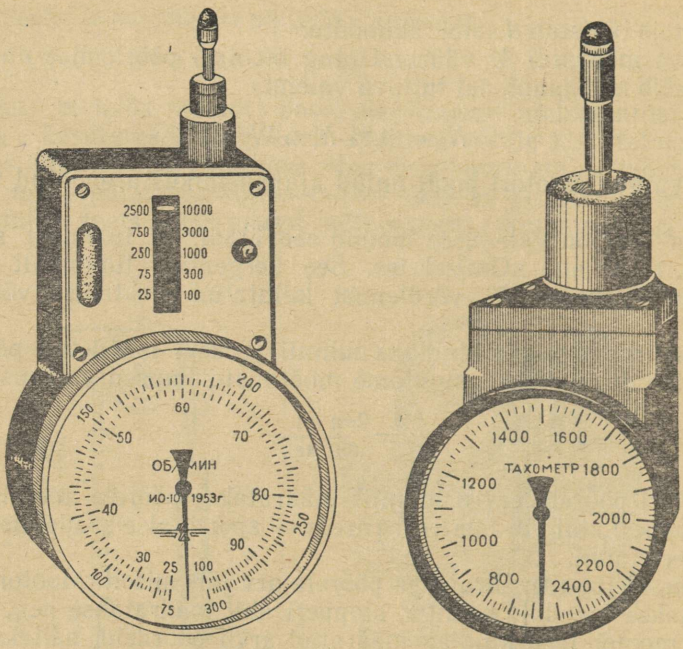
$$n = \frac{250}{10} \cdot 60 = 1500\ \mathrm{p/min}.$$

Sel viisil kulutatakse aga palju aega ning seepärast pole see meetod kuigi mugav, eriti siis, kui töö ajal on kiirust vaja mõõta mitmel korral. Sellisel juhul on parem kasutada osutiga varustatud tahhomeetrit (joon. 133).

Selleks et määrata mootori pöörlemiskiirust, tuleb tahhomeeter paigutada oma telje otsaga vastu mootori võlli otsa. Tahhomeetri võlli otsas olev kummist kerakujuline muhv tuleb seejuures suruda võlli teljel olevasse koonusekujulisse süvendisse (joon. 134). Tahhomeetri osuti näitab mootori võlli pöörete arvu minutis.

Muutnud mitmel korral koormuse Q väärtust ning arvutanud iga kord mootori poolt arendatava kasuliku võimsuse N_2 ja tarbitud võimsuse N_1, võib arvutada mootori kasuteguri η. Analüüsides arvutatud kasutegureid, ei ole raske kindlaks teha, missugune on kõige otstarbekohasem koormus antud mootori jaoks, s. t. selline koormus, mille juures mootor töötaks kõige suurema kasuteguriga, s. o. kõige ökonoomsemalt.

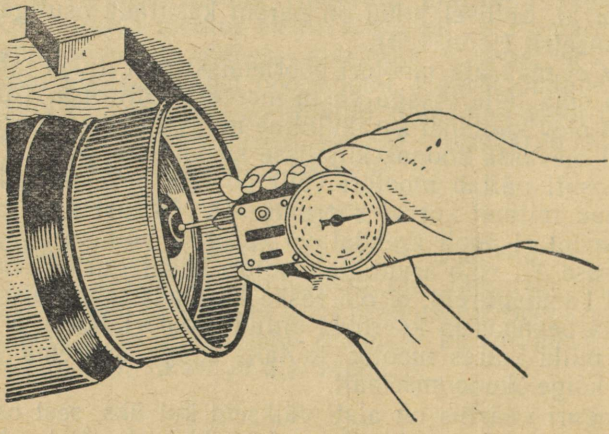
Kasuteguri väärtus on alati väiksem kui üks, sest osa kulutatavast energiast läheb mitmesuguste takistuste ületamiseks. See



Joon. 133. Tahhomeetrid.

osa energiast muundub soojuseks ning mootori osad soojenevad seetõttu.

Uurimise juures mõõdetud suuruste järgi võib kindlaks teha, kuidas muutub mootori pöörlemiskiirus, tema poolt tarbitav võimsus ja vool koormuse järkjärgulisel suurendamisel. Andmete alusel



Joon. 134. Tahhomeetri kasutamine.

võib koostada graafiku, mis näitlikult kujutab ülaltoodud suuruste vahelist seost.

See annab võimaluse ilma mootorit koormamata leida kõige otstarbekohasema töörežiimi, mis vastaks mootori normaalsetele ekspluateerimistingimustele.

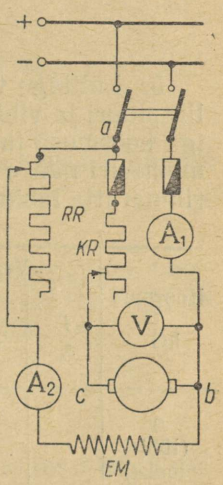
Selline tehnilisest vaatepunktist õige mootori kasutamine suurendab tunduvalt tema remontidevahelist kasutamisaega.

Skeemi kirjeldus

Uuritava mootori toiteskeem on toodud joonisel 135. Skeemi vastava ringi koostamist tuleb alustada ankruga järjestikuse ringiosa koostamisest. Sellesse ringi lülitatakse mootori ankrumähis, ampermeeter A_1 ja käivitusreostaat *KR*. Selle ringiga paralleelselt ühendatakse mootori ergutusmähis *EM*, ampermeeter A_2 ja reguleerimisreostaat *RR*. Voltmeeter *V* ühendatakse paralleelselt ankrumähisega.

Mootori käivitamiseks tuleb kõigepealt tekitada pooluskingade vahel maksimaalne magnetvoog. Selleks tuleb ergutusmähise mõlemad otsad ühendada vahetult võrgu klemmidega käivitusreostaadi ees. Peale selle peab reguleerimisreostaat käivitamise ajal olema täielikult välja lülitatud. Sel juhul on ergutusmähist läbiv vool ja järelikult ka magnetväli maksimaalse tugevusega.

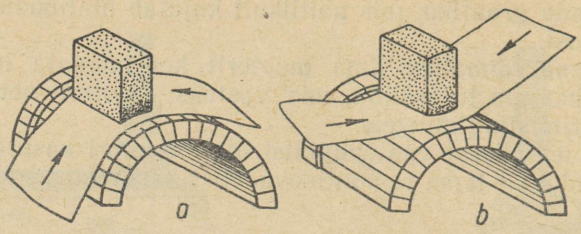
Mootori käivitamisel lükatakse käivitusreostaadi liugurit aeglaselt kuni reostaadi täieliku väljalülitamiseni. Kui tervet reostaati välja ei lülitata, vaid jäetakse mootori ringi kas või mõni reostaadi keerd, siis need kuumenevad kiiresti üle, põlevad läbi ning rikuvad seega terve reostaadi.



Joon. 135. Alalisvoolumootori toiteskeem. *EM* — ergutusmähis; *KR* — käivitusreostaat; *RR* — reguleerimisreostaat.

Töö käik

1. Tutvuge mootoriga tervikuna ja tema üksikute osadega.
2. Kontrollige, kas harjad on tihedasti surutud vastu kollektorit. Vastasel korral tuleb harjade tööpindu peenikese liivapaberi abil lihvida (joon. 136).
3. Koostage mootori toitering.
4. Käivitage mootor, reguleerige mootori pöörlemiskiirust ning muutke mootori pöörlemise suund.



Joon. 136. Harjade lihvimine liivapaberiga kollektori kuju järgi. *a* — õige; *b* — vale.

5. Lülitage täielikult välja reguleerimisreostaat; suurendades lintpiduri ja vihtide Q abil järk-järgult mootori koormust, määrake iga koormuse juures vool I, pinge U, pöörete arv n minutis, dünamomeetri näit q ning kandke vastavasse tabelisse. Mõõtke mootori rihmaratta läbimõõt (meetrites).

Koormus Q kG	Vaatlusandmed				Arvutamistulemused					
	I A	U V	n p/min	q kG	N_1 kW	F_1 kG	M kGm	$\frac{\omega}{1}$ $\frac{1}{\text{sek}}$	N_2	η
0 (tühijooks)										
1										
2										
3										
4										
5										
6										

6. Vähendades järk-järgult ergutusvoolu reguleerimisreostaadi *RR* sisse lülitamisega, mõõtke iga kord vastav mootori pöörete arv minutis. Saadud andmed kirjutage järgmisse tabelisse.

Ergutusvool $I_{erg}A$									
n p/min									

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Üksikute tööetappide lühike kirjeldus.
3. Mõõtmistulemuste tabelid.
4. Graafikud:

a) kasuteguri η sõltuvus mootori võimsusest N_2:

$$\eta = f(N_2);$$

b) mootori pöörete arvu n sõltuvus mootori võimsusest N_2:

$$n = f(N_2);$$

c) tarbitava voolu sõltuvus mootori võimsusest N_2:

$$I = f(N_2).$$

5. Mootori pöörlemiskiiruse ja ergutusvoolu vahelise sõltuvuse graafik:

$$n = f(I_{erg}).$$

6. Järeldused graafikutest mootori kõige otstarbekama koormuse kohta, s. o. suurima kasuteguriga koormuse kohta; tarbitav vool I selle koormuse korral ning mootori pöörlemiskiirus.

Kontrollküsimusi

1. Mida nimetatakse mootori kasuteguriks? Kuidas saab kasutegurit arvutada?
2. Mis asendis peavad olema reostaatide liugurid mootori käivitamisel? Missugune on käivitamise järjekord?
3. Milleks kasutatakse lintpidurit?
4. Milleks on tarvis mõõta töö juures mootori rihmaratta läbimõõtu?
5. Kuidas muutub mootori kasutegur koormuse muutumisel?
6. Miks mootori ergutusvoolu nõrgendamisel mootori pöörlemiskiirus kasvab?
7. Milleks kulutatakse energiat mootori tühijooksul, s. o. ilma koormuseta töötamisel?

Töö nr. 19. Ühefaasilise vahelduvvoolumootori lahti- ja kokkumonteerimine ning lülitamine elektrivõrku

Töö eesmärk. Õppida tundma ühefaasilise vahelduvvoolumootori ehitust, tema lahti- ja kokkumonteerimist, lülitamist elektrivõrku ning käivitamist.

Tööriistad: 1) ühefaasiline asünkroonmootor pingele 127 V või 220 V; 2) ühepooluseline lüliti; 3) kahepooluseline lüliti; 4) reostaat (2 A, 40—50 Ω) või autotrafo (ЛАТР-1) pinge reguleerimiseks; 5) võrgupingele vastav vahelduvvoolu-voltmeeter; 6) vahelduvvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 3 A; 7) pöörete arvu loendaja ja stopper või tahhomeeter; 8) rihm ja raskused mootori koormamiseks; 9) kruvikeerajad (keskmine ja väike); 10) väike mutrivõti; 11) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Ühefaasilised vahelduvvoolumootorid valmistatakse tavaliselt väikese võimsusega (100—300 W) ning arvestatakse pingele 127 V või 220 V.

Enne mootori lülitamist elektrivõrku tuleb tema sildiandmete järgi kindlaks teha mootori tööpinge ning kontrollida selle vastavust kohaliku võrgu pingele.

Kui kohapeal on kolmefaasiline võrk, siis tuleb kindlaks teha, missugune pinge, kas faasi- või liinipinge, vastab mootori tööpingele. NSV Liidus on rohkem levinud kolmefaasiline vool pingega 127/220 V, sellise voolu juures on liinipinge 220 V, faasipinge aga 127 V. Eesti NSV-s aga leiab rakendamist ka kolmefaasiline vool pingega 220/380 V. Siin on liinipinge 380 V, faasipinge aga 220 V.

Kui mootor on arvestatud pingele 220 V, siis tuleb mootor lülitada vastavalt olemasolevale võrgule kas liinijuhtmete (127/220 V) või ühe liinijuhtme ja nulljuhtme (220/380 V) vahele. Kui mootor on arvestatud pingele 127 V, siis saab teda kasutada vahetult ainult võrgus 127/220 V juures. Sel korral lülitatakse mootor ühe liinijuhtme ja nulljuhtme vahele.

Käivitusmähiseta mootori pöörlemissuund oleneb sellest, millises suunas pööratakse (käega) käivitamisel mootori ankrut. Kui mootoril on käivitusmähis olemas, siis tuleb pöörlemissuuna muutmiseks vahetada käivitusmähise otsad.

Mootori sisemise ehitusega tutvumiseks tuleb lahti võtta üks laagrikilp ning välja võtta rootor. Kui rootori võllile on kinnitatud rihmaratas, siis tuleb kõigepealt lahti võtta rattapoolne laagrikilp. Laagrikilbi lahtivõtmiseks tuleb välja keerata kolm või neli polti, mis on kruvitud mootori korpuse külge.

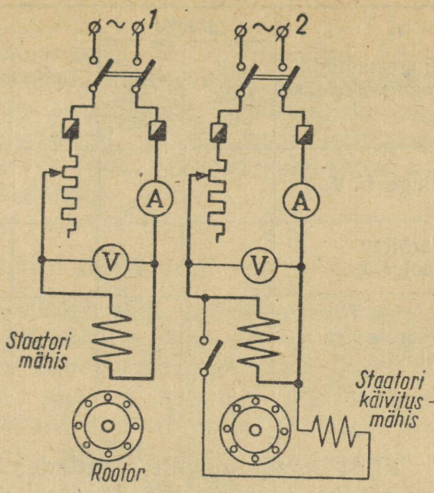
Elektrilise skeemi kirjeldus

Mootori tehniliste omaduste uurimiseks tuleb mootor lülitada elektrivõrku vastava skeemi kohaselt. Enne vooluringi koostamist tuleb kindlaks teha, kuidas toimub mootori käivitamine, s. o. kas käsitsi pööramisega või käivitusmähise abil. Kui mootoril ei ole spetsiaalset seadist käivitusmähise väljalülitamiseks pärast käivi-

tamist, siis tuleb käivitusmähise ringi lülitada ühepooluseline vinnaklüliti. Vinnaklüliti abil saab käivitusmähist välja lülitada.

Selle töö läbiviimiseks vajaliku vooluringi skeem on toodud joonisel 137. Joonisel toodud esimene skeem on ilma käivitusmähiseta mootori jaoks, teine aga käivitusmähisega mootori jaoks.

Pinge reguleerimiseks lülitatakse vooluringi reostaadid või autotrafod. Pinge ja voolu mõõtmiseks aga lülitatakse vooluringi voltmeeter ja ampermeeter.



Joon. 137. Skeemid ühefaasilise vahelduvvoolumootori töö uurimiseks.

Nii nagu alati, tuleb ka siin kõigepealt kokku seada vooluringi järjestikune osa. Sellesse ossa kuulub vinnaklüliti, reostaat, staatori töömähis ja ampermeeter. Pärast selle osa kokkumonteerimist ühendatakse paralleelsed vooluringi osad — käivitusmähis ja voltmeeter.

Töö käik

1. Tutvuge mootori sildiandmetega ning määrake kindlaks mootori nimipinge ning nimivool.
2. Monteerige mootor lahti ning õppige tundma mootori osade ehitust ning ülesannet.
3. Tehke kindlaks käivitusmähise olemasolu.
4. Monteerige mootor uuesti kokku. Pöörake käega mootori võlli ning vaadake, kas mootor on õigesti kokku pandud.
5. Koostage vastavalt skeemile vooluring mootori töölerakendamiseks.
6. Käivitage mootor ilma koormuseta (tühijooksul). Mõõtke mootori pöörlemiskiirust ning kirjutage üles.
7. Muutke mootori pöörlemissuunda.
8. Paigutage mootori rihmarattale lintpidur. Koormake mootor selliselt, et ta tarbiks nimivoolu. Mootori pöörlemissuund valige selline, et hõõrdejõud, mis tekivad rihmaratta pinnal, oleksid suunatud vastupidiselt vihtide raskusjõule.
9. Mõõtke mootori pöörlemiskiirus nimipinge korral. Vähendage reostaadi abil pinget vastavalt tabeli andmetele ning mõõtke iga kord mootori pöörlemiskiirus. Tulemused kirjutage tabelisse.

Pinge nimipingega võrreldes	100% tühijooksul	100% koormusega	90%	80%	70%	60%	50%	
Pinge *U* V								
Tarbitav vool *I* A								
Pöörete arv *n* minutis								0 (peatumine)

10. Pinget pidevalt alandades leidke pinge väärtus, mille juures mootor jääb seisma. Mootori peatumisel lülitage ta kiiresti võrgust välja.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Läbiviidud tööetappide lühike loetelu.
3. Töö elektriline skeem ja mõõtmistulemuste tabel.
4. Graafikud mootori pöörlemiskiiruse ja tarbitava voolu muutumise kohta pinge pideval muutmisel:
$n=f(U)$; $I=f(U)$.
Graafikud teha tabeli andmete alusel millimeetripaberile.
5. Katsetatava mootori sildiandmed ning järeldused tööst.

Kontrollküsimusi

1. Selgitage ühefaasilise asünkroonmootori tööpõhimõtet.
2. Kuidas saab käivitada ühefaasilist asünkroonmootorit?
3. Kuidas tekitatakse ühefaasilises asünkroonmootoris pöörlev magnetväli?
4. Mis tuleb teha ühefaasilise asünkroonmootori pöörlemissuuna muutmiseks?
5. Kuidas mõjub pinge muutmine ühefaasilise asünkroonmootori pöörlemiskiirusele?
6. Kus kasutatakse ühefaasilisi asünkroonmootoreid?

Töö nr. 20. **Hõõglampide lülitamine kolmefaasilisse võrku**

Töö eesmärk. Õppida tundma kolmefaasilise võrgu süsteemi, seoseid faaside, liinipingete ja -voolude vahel, tarbijate lülitamist tähte ja kolmnurka.

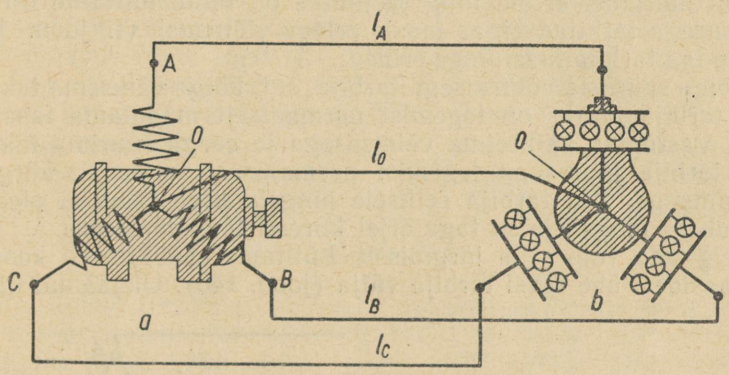
Tööriistad: 1) 3 lampreostaati, igas reostaadis 2—3 lampi (või üks kolmefaasiline lampreostaat); 2) hõõglambid 220 V 40—100 W, 6—9 tk.; 3) vahelduvvoolu-voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V ; 4) vahelduvvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 3 A; 5) ühepooluseline vinnaklüliti; 6) lauake nelja kontaktiga (vt. joon. 144); 7) kontaktnuga (vt. joon. 145); 8) kaks juhet, millel on pistik otsas; 9) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Kolmefaasilises võrgus kasutatakse täht- ja kolmnurklülitust.

Kui generaatori mähised ja tarbijate juhtmed on ühendatud selliselt, et nende ühed otsad on kinnitatud nulljuhtme külge, teised otsad aga liinijuhtmetega, siis on tegemist tähtlülitusega (joon. 138). Tinglikult on märgitud, et selle süsteemi kolme liinijuhet mööda lähevad tarbijateni voolud tugevusega I_A, I_B ja I_C. Mööda nulljuhet tuleb generaatorisse tagasi vool I_0.

Kolmefaasilise vahelduvvoolu teooriast on teada, et kolme faasi



Joon. 138. Generaatori mähiste ja tarbijate ühendamine tähte.

ühesuguse koormamise korral on vool nulljuhtmes null ning vajadus selle juhtme järele langeb ära.

Kolmefaasilise süsteemi juures on tegemist kahe erineva pingega:

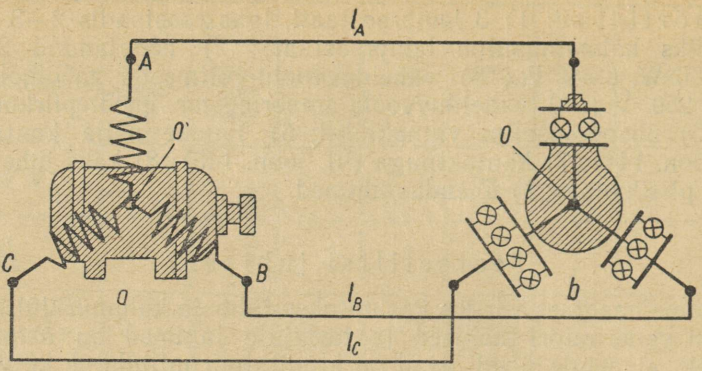
a) liinipinge U_l kahe liinijuhtme vahel;

b) faasipinge U_f ühe liinijuhtme ja nulljuhtme vahel.

Faasipinge tarbija klemmidel on $\sqrt{3} \approx 1{,}73$ korda väiksem liinipingest:

$$U_l = \sqrt{3} U_f.$$

Kui süsteem on kolmejuhtmeline, s. o. nulljuhe puudub, siis säilib ülaltoodud pingete vaheline seos ainult siis, kui kõik kolm faasi



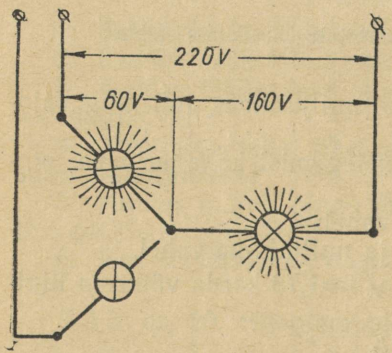
Joon. 139. Kolmejuhtmeline süsteem erinevate koormuste korral.

on ühesuguselt koormatud, s. o. kui igasse faasi on lülitatud tarbijaid ühesuguse koguvõimsusega.

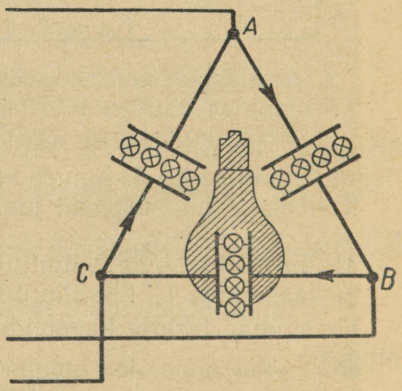
Kui nulljuhet ei ole ning seejuures on tähte lülitatud erineva võimsusega tarbijad (igas faasis erinev võimsus, vt. joon. 139), siis on iga tarbija faasipinge erinev.

Kõige suurema võimsusega tarbija, s. t. kõige väiksema takistusega tarbija juures on tegemist normaalselt madalama faasipingega. Vastupidi, väikseima võimsusega ja seega suurima takistusega tarbija juures on tegemist normaalsest tunduvalt kõrgema faasipingega. Kui tarbija sellisele pingele arvestatud ei ole, siis muutub ta läbipõlemise tagajärjel kiiresti töökõlbmatuks.

Selgitada võib seda järgmiselt. Lülitame ebaühtlaselt koormatud faasidest ühe faasi tarbija välja (joon. 140). Ülejäänud kahele



Joon. 140. Faasipinged tarbijate erinevate võimsuste korral.



Joon. 141. Tarbijate kolmnurklülitus.

tarbijale mõjub nüüd faktiliselt liinipinge. Võrku jäänud kaks tarbijat osutuvad lülitatuks järjestikku ning pinge ei jagune tarbijatele enam võrdselt, vaid võrdeliselt tarbijate takistustega. Tähendab suurema takistusega tarbijale mõjub kõrgem pinge, kuigi tema võimsus on väiksem. Vaadeldes pinge jaotust kahes teises faasis, võib samuti veenduda ebaühtlase jaotuse (kui tarbijad on erineva võimsusega) olemasolu. Eeltoodust on näha, et tähtlülitus on analoogiline tarbijate järjestikuse ühendusega. Seepärast tulebki erineva võimsusega tarbijate toitmiseks kasutada ka nulljuhet, mille abil võrdsustatakse pinged kõikides tarbijates. Erinevalt koormatud faasidega kolmefaasilise süsteemi näiteks on kolmefaasiline valgustusvõrk ning seepärast kasutatakse lampide ja teiste koduse majapidamise seadmete toiteks neljajuhtmelist süsteemi, s. o. liinijuhtmetele lisatakse ka nulljuhe. Iga tarbija lülitatakse siin ühe liinijuhtme ja nulljuhtme vahele.

Kolmefaasiliste mootorite ja trafode toitmiseks jätkub aga ainult kolmest juhtmest, sest siin on kõik faasid võrdselt koormatud.

Kui kolmefaasilised tarbijad ühendatakse üksteisega nii, et ühe faasi lõpp ühendatakse teise faasi algusega, teise faasi lõpp aga kolmanda faasi algusega ning selle lõpp omakorda esimese faasi algusega ning ühenduskohtadesse kinnitatakse võrgu liinijuhtmed, siis saadakse kolmnurklülitus (joon. 141).

Sellise ühenduse juures on iga faasi tarbijad ühendatud kahe liinijuhtme vahele ning seepärast on kolmnurklülituse korral igale tarbijale rakendatud liinipinge

$$U_f = U_l.$$

Kõigi kolme liinipinge suurused peaaegu ei muutu ning seepärast mõjub kolmnurka lülitatud tarbijale kõigis kolmes faasis ühesugune pinge (olenemata sellest, kas faaside koormused on võrdsed või mitte) ning tarbijad töötavad täie võimsusega.

Selles suhtes on kolmnurklülitus mõningal määral sarnane tarbijate paralleelühendustega.

Kolmnurklülituse korral on üks liinijuhe ühendatud kahe faasiga. Liinijuhtmes kulgevat voolu nimetatakse liinivooluks I_l, faasijuhtmes kulgevat voolu aga faasivooluks I_f.

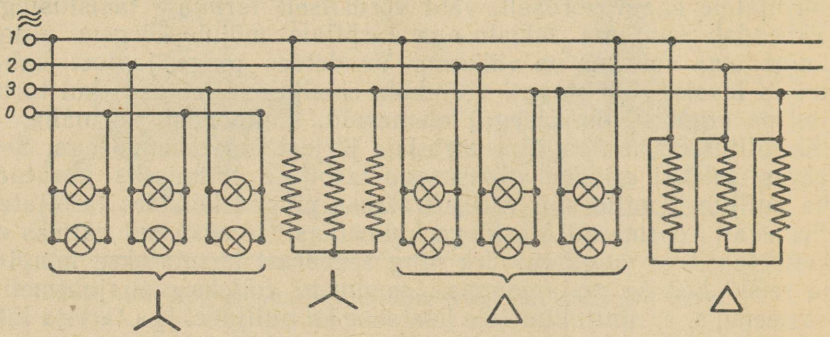
Kõigi kolme faasi ühesuguse koormuse korral on liinivool $\sqrt{3}$ korda tugevam kui faasivool:

$$I_l = \sqrt{3} I_f.$$

Tähtlülituse korral on iga liinijuhe ühendatud ainult ühe faasiga, mitte aga kahega nagu kolmnurklülituse korral. Seepärast on tähtlülituse korral liinivool ja faasivool võrdsed:

$$I_l = I_f.$$

Praktikas toimub tarbijate ühendamine tähte või kolmnurka vastavalt joonisel 142 toodud skeemidele.

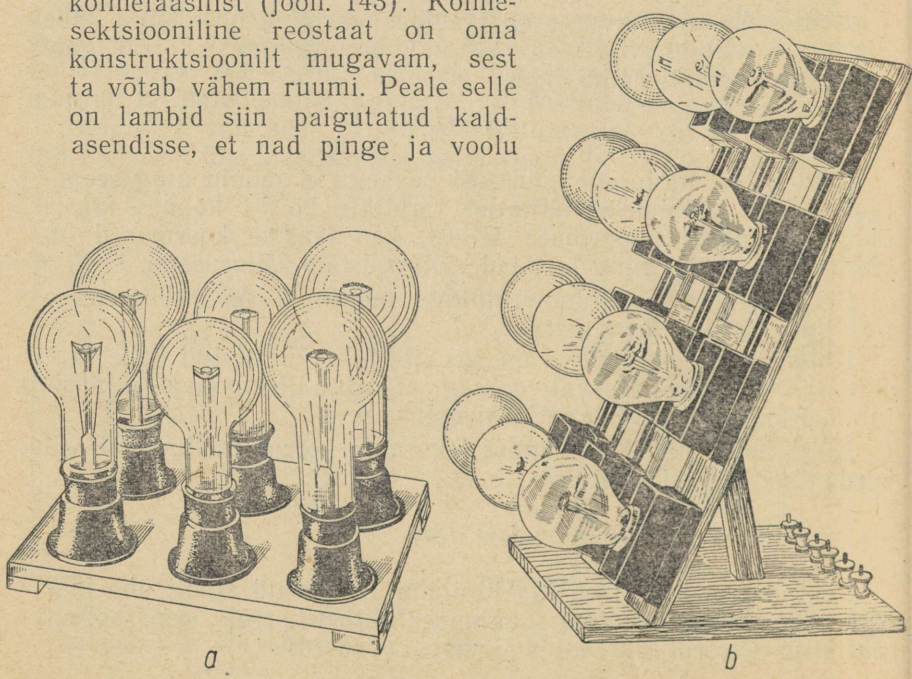


Joon. 142. Tarbijate täht- ja kolmnurklülituste skeeme.

Elektrilise skeemi kirjeldus

Käesolevas töös tuleb läbi viia kaks lampide ühendamist — tähte ja kolmnurka.

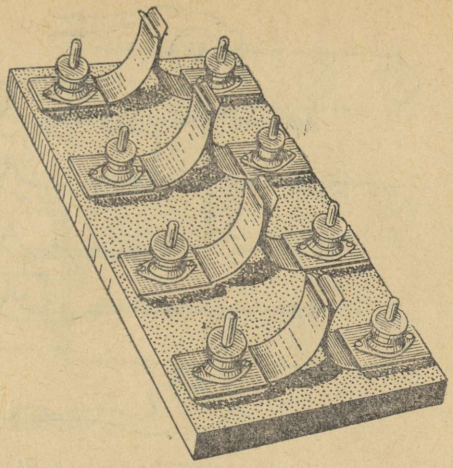
Tööks võib kasutada kolme ühefaasilist lampreostaati või ühte kolmefaasilist (joon. 143). Kolmesektsiooniline reostaat on oma konstruktsioonilt mugavam, sest ta võtab vähem ruumi. Peale selle on lambid siin paigutatud kaldasendisse, et nad pinge ja voolu



Joon. 143. Lampreostaadid (ühe- ja kolmesektsiooniline).

tugevuse mõõtmisel ei pimestaks silmi (lampide alus tuleb vastavalt pöörata).

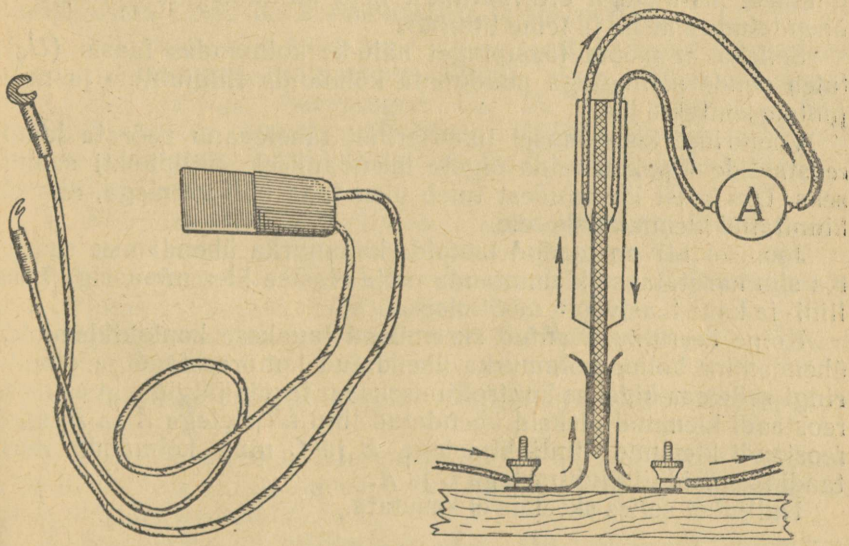
Selleks et oleks mugav mõõta voolu igas liinijuhtmes ning nulljuhtmes ühe ja sama ampermeetriga, on kasulik tarvitada lauda nelja vetruva kontaktiga (joon. 144). Voolu mõõtmiseks igas ülalnimetatud juhtmes lülitatakse ampermeeter järgemööda igasse juhtmesse kontaktnoa ja elastsete kontaktide abil (joon. 145).



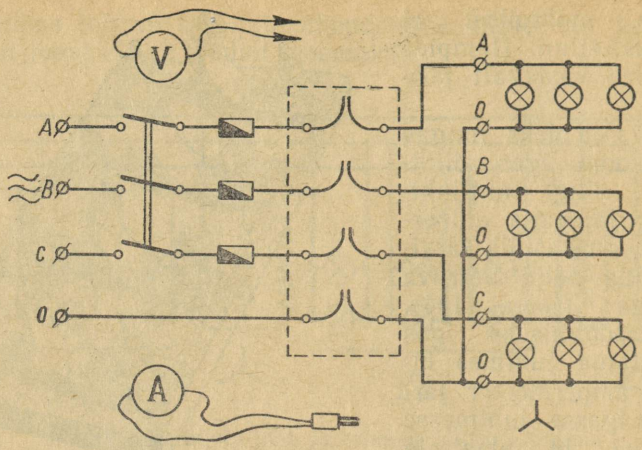
Joon. 144. Laud nelja elastse kontaktiga.

Skeem lampide lülitamiseks tähte koos eespool kirjeldatud seadmete kasutamisega on toodud joonisel 146.

Nulljuhtmesse lülitatakse ühepooluseline vinnaklüliti (joonisel 146 pole seda lülitit näidatud). See on tarvilik selleks, et



Joon. 145. Kontaktnuga ja selle kasutamine.



Joon. 146. Lampreostaatide tähtlülituse skeem.

vaadelda skeemi tööd mitmesuguste koormuste juures ilma nulljuhtmeta ja nulljuhtme kasutamisega.[1]

Liini- ja faasipinge mõõtmiseks lülitatakse voltmeeter pistikutega varustatud juhtmete abil lühikeseks ajaks vastavate elastsete kontaktipaaride vahele.

Näiteks liinipinge U_{AB} mõõtmiseks puudutatakse voltmeetri juhtmete pistikutega ettevaatlikult neid kontakte, mille külge on ühendatud esimene ja teine liinijuhe.

Selleks et mõõta faasipinget näiteks kolmandas faasis (U_C), tuleb nende pistikutega puudutada kolmanda liinijuhtme ja nulljuhtme kontakte jne.

Vooluringi koostamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata lampreostaatide lõppklemmide õigele ühendamisele nullpunkti saamiseks. Üks neist klemmidest tuleb ühendada nulljuhtmega, mis on kinnitatud klemmlauakesele.

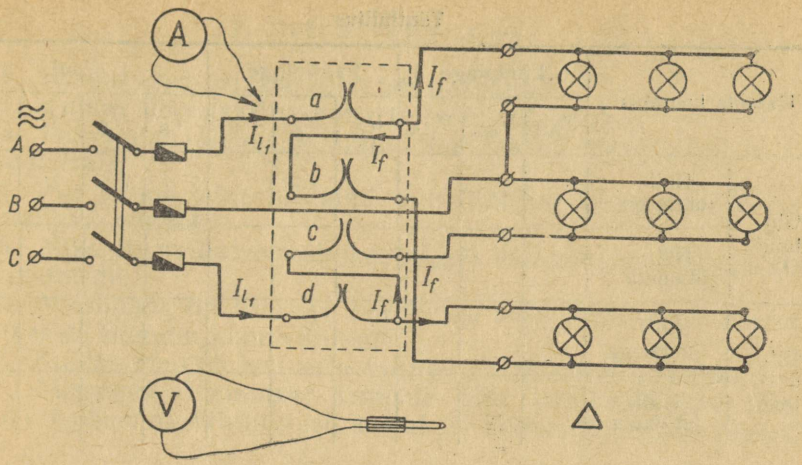
Joonisel 147 on toodud lampide kolmnurka ühendamise skeem. Ka siin kasutatakse klemmlauda nelja elastse klemmipaariga kahe liini- ja kahe faasivoolu mõõtmiseks.

Kõige keerulisem antud skeemil on lauakese kontaktklemmide ühendamine kolme kolmnurka ühendatud lampreostaadiga. Vooluringi selle osa õigsuse kontrollimiseks on tarvis jälgida, et esimese reostaadi klemmid oleksid ühendatud liinijuhtmetega *A* ja *B*, teise reostaadi klemmid liinijuhtmetega *B* ja *C* ning kolmanda reostaadi klemmid liinijuhtmetega *C* ja *A*.

Nulljuhet selles skeemis ei kasutata.

---

[1] Vinnaklüliti võib ka ära jätta. Sel juhul toimub nulljuhtme katkestamine temasse monteeritud elastsete kontaktide vahele mõne isoleerplaadi paigutamise teel.



Joon. 147. Lampreostaatide kolmnurklülituse skeem .

Töö käik

1. Tutvuge kasutatavate elektriseadmete ning mõõteriistadega. Kirjutage üles mõõteriistu ja lampe iseloomustavad andmed.

2. Ühendage joonisel 146 toodud skeemi alusel tähte kolm lampreostaati (või üks kolmefaasiline lampreostaat).

3. Koormake kõik kolm faasi ühesuguselt, lülitades igasse faasi ühepalju ühesuguse võimsusega lampe, ning mõõtke liinipinged U_{AB}, U_{BC} ja U_{CA}, faasipinged U_A, U_B ja U_C, voolud I_A, I_B ja I_C liinijuhtmetes ning I_0 nulljuhtmes. Mõõtmised viige läbi nulljuhtme kasutamise korral ja samuti ilma nulljuhtme kasutamiseta (sel juhul $I_0=0$).

4. Koormake faasid ebaühtlaselt, selleks lülitage reostaatidesse erinev arv lampe, ning mõõtke kõik eespool nimetatud suurused nulljuhtme olemasolu korral ja selle puudumisel. Mõõtmistulemused kirjutage tabelisse «Tähtlülitus».

Selgitage nulljuhtme ülesanne tähtlülituses faaside erineva koormuse korral.

5. Ühendage lampreostaadid joonisel 147 toodud skeemi järgi kolmnurka.

6. Faaside võrdsete koormuste korral mõõtke pinged reostaatide klemmidel (liinipinged) U_{AB}, U_{BC} ja U_{CA}, liinivoolud I_A ja I_C ning faasivoolud I_B ja I_C.

7. Samasugused mõõtmised viige läbi erinevalt koormatud faaside korral. Kõik mõõtmistulemused kirjutage tabelisse «Kolmnurklülitus».

Tähtlülitus

Faaside koormus		Liinipinge			Faasipinge			Vool			
		U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_A	U_B	U_C	I_A	I_B	I_C	I_0
Ühtlane	Nulljuhtmega										
	Nulljuhtmeta										
Mitteühtlane	Nulljuhtmega										
	Nulljuhtmeta										

Kolmnurklülitus

Faaside koormus	Liinipinge			Liinivool		Faasivool	
	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_C	I_B	I_C
Ühtlane							
Mitteühtlane							

8. Täiendavalt võib uurida pingeid ning voolusid tähte või kolmnurka ühendatud lampides järgmistel juhtudel:

a) ühe liinijuhtme katkemine;

b) ühe faasi koormuse täielik puudumine (kõik sellesse faasi lülitatud lambid on välja keeratud);

c) kahe faasi koormuse täielik puudumine (kahe faasi lambid on välja keeratud).

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Üksikute tööetappide lühike loetelu.
3. Täht- ja kolmnurklülituse skeemid.
4. Mõõtmistulemuste tabelid.
5. Järeldused erinevate koormuste mõjust ning liinijuhtme katkemisest tingitud mõjust lampide töörežiimile mitmesugustel juhtudel.

Kontrollküsimusi

1. Kuidas ühendatakse kolm tarbijat tähte?
2. Kuidas ühendatakse kolm tarbijat kolmnurka?
3. Missugune tähtsus on nulljuhtmel faaside mitteühtlase koormuse korral?
4. Mis juhtub tähte lülitatud mitteühtlaste koormuste korral, kui nulljuhe puudub?
5. Miks on nulljuhe praktikas sageli väiksema ristlõikega kui liinijuhtmed?
6. Missugune on liini- ja faasipinge suhe tähtlülituse korral, kui faaside koormused on võrdsed?
7. Kuidas muutub see suhe tarbijate lülitamisel kolmnurka?
8. Missuguseid muutusi lampide töös põhjustab ühe liinijuhtme katkemine tähtlülituse korral ja kolmnurklülituse korral?

Töö nr. 21. Kolmefaasilise asünkroonmootori lahti- ja kokkumonteerimine ning võrku lülitamine

Töö eesmärk. Õppida tundma kolmefaasilise lühisrootoriga asünkroonmootori ehitust, tema lahti- ja kokkumonteerimist ning tema võrkulülitamist ja käivitamist.

Tööriistad: 1) kolmefaasiline lühisrootoriga asünkroonmootor pingele 220/380 V võimsusega 0,3—0,5 kW); 2) vahelduvvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 20 A; 3) kolmepooluseline ümberlüliti; 4) kontroll-lamp; 5) vahelduvvoolu-voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V; 6) teraskuulike läbimõõduga 6—8 mm; 7) kruvikeerajad (keskmine ja suur); 8) väike mutrivõti; 9) vasar; 10) puitklotsid; 11) ühendusjuhtmed.

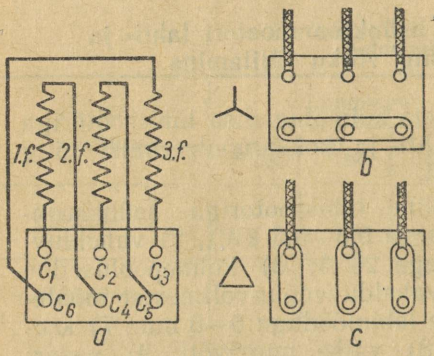
Teoreetilisi juhiseid

Kõikidel lühisrootoriga asünkroonmootoritel on käivitusvool nimivoolust 5—6 korda suurem. Seletub see sellega, et vinnaklüliti sulgemisel on magnetvälja pöörlemiskiirus paigalseisva rootori suhtes suur. Rootori mähises indutseerub selle tulemusena suur elektromotoorne jõud, mis omakorda põhjustab väikese takistusega lühismähises võrdlemisi tugeva voolu tekkimise. Rootoris tekkivate voolude ja pöörleva magnetvälja vastastikuse mõju tulemusena hakkab rootor pöörlema ning püüab järele jõuda pöörlevale magnetväljale. Järelejõudmist muidugi ei toimu, sest sel juhul muutuks vool rootoris ning samuti pöördemoment nulliks.

Mõningal määral sarnaneb asünkroonmootori tööga trafo. Trafos on staatori mähise asemel primaarmähis, rootori mähise asemel aga sekundaarmähis. Mootori võrdlemine trafoga aitab

mõista seda, miks tarbib mootori staatori mähis käivitamisel normaalsest tunduvalt tugevamat voolu. Füüsika kursusest on nimelt teada, et voolu tugevnemisel trafo sekundaarmähises kasvab ka primaarmähise poolt tarbitav vool. Seepärast kutsub ka asünkroonmootori rootoris käivitamismomendil toimuv voolu tugevnemine esiie voolu tunduva suurenemise staatori mähises.

Tugev käivitusvool ei ole kasulik mootorile ega ka toitevõrgule. Ülemäära tugev vool kuumendab tugevasti staatori mähiseid ning võib vigastada mähiste isolatsiooni. Võrgus põhjustab selline ootamatu voolu tugevnemine pinge languse, see aga mõjub negatiivselt võrku lülitatud tarbijate tööle: lampide heledus väheneb, mootorite pöörlemiskiirus langeb jne. Selliste ebameeldivuste ärahoidmiseks toidetakse tänapäeval elektrilampe eri võrgust, kasutatakse spetsiaalseid võtteid mootorite käivitusvoolude vähendamiseks või tõstetakse mootorite toitevõrkude ning elektrialajaamade võimsust.



Joon. 148. Kolmefaasilise mootori staatori mähiste ühendamine mootori lülituskarbis. C_1, C_2, C_3 — faasimähiste algused; C_4, C_5, C_6 — faasimähiste lõpud; *a* — mähiste paigutuse skeem; *b* — mähiste tähtlülitus; *c* — mähiste kolmnurklülitus.

Kolmefaasilise mootori klemmplaadil on kuus klemmi. Nende külge on kinnitatud kolme staatorimähise algused ja lõpud niimoodi, et mähiste algusklemmid ei ole mitte lõpuklemmide vastas, vaid ühe klemmi võrra kõrvale nihutatud (s. t. esimese mähise lõpp ei ole mitte esimese mähise algusega kohakuti, vaid on nihutatud teise mähise algusega ühele joonele; vt. joon. 148, *a*). See paigutus võimaldab mootori mähiseid lülitada tähte või kolmnurka lihtsalt klemmide külge kinnitatud kolme metallplaadi ümberpaigutamisega horisontaalasendist vertikaalasendisse või vastupidi (joon. 148, *b* ja *c*). Selline ümberlülitamine on vajalik selleks, et sama mootorit oleks võimalik toita nii võrgust 127/220 V kui ka võrgust 220/380 V.

Et kasutada ühte mootorit mõlema võrgu korral, ehitatakse staatori mähised tavaliselt pingele 220 V, mis on ühine mõlemale kolmefaasilisele süsteemile. Sellise mootori toitmiseks võrgust 220/380 V tuleb staatori mähised ühendada tähte. Sel juhul on igale faasimähisele rakendatud faasipinge, mis antud kolmefaasilises süsteemis on 220 V. Kui mootori toitmiseks kasutatakse 127/220 V võrku, siis ühendatakse staatori mähised kolmnurka. Siis on mootori igale faasimähisele rakendatud liinipinge, mis antud süsteemis on 220 V.

Käivitusvoolu vähendamiseks võib alandada staatori mähistele rakendatavat pinget. Selleks ühendatakse mootori mähised käivitamise ajaks tähte (s. o. rakendatakse neile faasipinge), pärast rootori pöörlema hakkamist aga lülitatakse mähised ümber kolmnurka — rakendatakse mähistele liinipinge, mis on $\sqrt{3}$ korda faasipingest kõrgem. Mähiste kiire ümberlülitamine toimub vastava ümberlüliti abil. On arusaadav, et sellist käivitamismoodust saab rakendada ainult nende mootorite juures, mille mähised on tööolukorras lülitatud kolmnurka.

Tuleb märkida ka seda, et väikese võimsusega asünkroonmootorid, mille käivitusvool ei ole eriti suur, lülitatakse käivitamisel vahetult võrku, s. o. nende töölerakendamiseks pole tarvis kasutada spetsiaalseid lisaseadiseid. Tänapäeval lülitatakse otseselt võrku kõik lühisrootoriga asünkroonmootorid, mille võimsus ei ole suurem kui 100 kW.

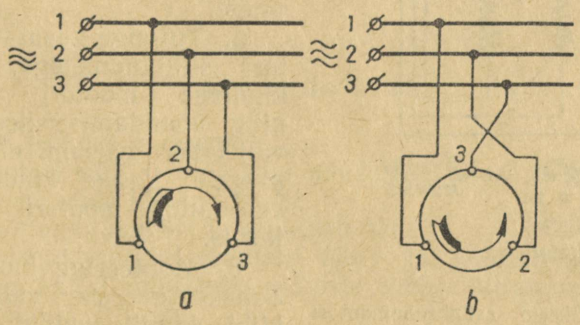
Asünkroonmootori pöörlemissuund oleneb staatori magnetvälja pöörlemissuunast. Magnetvälja ja seega ka rootori pöörlemissuuna muutumiseks tuleb vahetada mootori klemmplaadil omavahel kahe liinijuhtme kinnituskohad.

Joonisel 148 on skemaatiliselt kujutatud kolmefaasilise asünkroonmootori pöörlemissuuna muutmine. Mootori tagurpidikäik saavutatakse kahe liinijuhtme ümberlülitamisega mootori klemmplaadil.

Kui on vaja sageli muuta mootori pöörlemissuunda (näiteks treipinkidel keerme lõikamisel jne.), siis varustatakse mootor spetsiaalse ümberlülitiga või magnetkäivitiga, millel on kolm nuppu: «Вперед», «Стоп» ja «Назад».

Töö alguses tuleb uuritav mootor lahti monteerida ja siis uuesti kokku monteerida. Lahti- ja kokkumonteerimine toimub samuti nagu ühefaasilise mootori juures.

Võtnud mootori lahti, võib veenduda pöörleva magnetvälja olemasolus staatori sees. Selleks paigutatakse staatorisse väike teraskuulike ning tähte ühendatud staatorimähised ühendatakse kolmefaasilise võrguga.



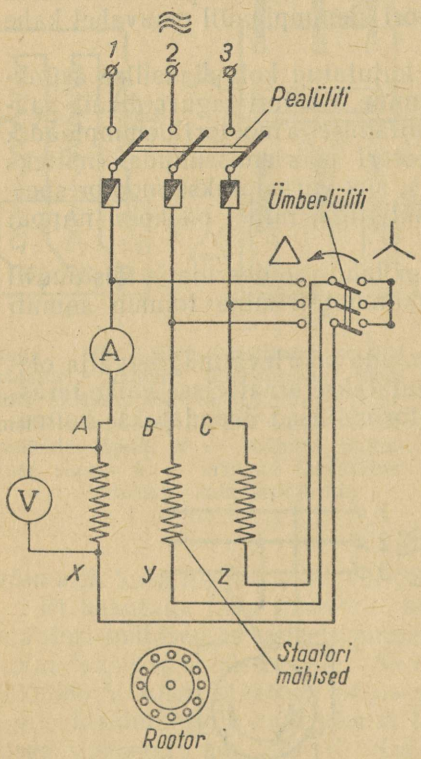
Joon. 149. Asünkroonmootori pöörlemise suuna muutmine.

Pöörlev magnetväli magneedib kuulikese ja paneb selle liikuma mööda staatori sisepinda. Mõnikord tuleb parema efekti saavutamiseks kuulikest algul liikuma tõugata. Selle katse juures ei tohi aga staatori mähiseid kaua pinge all hoida. Kuna rootorit staatoris ei ole, siis ei teki ka takistavat magnetvälja ning vool staatori mähistes saavutab ülemäärase tugevuse. See võib aga põhjustada mähiste läbipõlemise.

Elektrilise skeemi kirjeldus

Kolmefaasilise asünkroonmootori lülitamiseks võrku koostatakse tema käivitusskeem, milles on ette nähtud võimalus staatori mähiste ümberlülitamiseks tähtlülitusest kolmnurklülitusse. Selline skeem on toodud joonisel 146.

Mootori poolt tarbitava voolu mõõtmiseks lülitatakse ühte liinijuhtmesse ampermeeter.



Joon. 150. Skeem asünkroonmootori käivitamiseks tema mähiste ümberlülitamise teel tähest kolmnurka.

Käivitamisel viiakse ümberlüliti parempoolsesse asendisse (vt. joon. 146). Lüliti parempoolsed klemmid on omavahel ühendatud ja moodustavad tähtlülituse nullpunkti. Seega saadakse lüliti ülalnimetatud asendisse viimisega staatori mähiste tähtlülitus.

Lüliti vasakpoolne asend annab staatori mähiste kolmnurklülituse.

Töö käik

1. Mõõtke ja kirjutage üles elektrivõrgu liini- ja faasipinge.

2. Tutvuge kasutatava mootori sildiandmetega. Määrake kindlaks mootori nimipinge ning ühendamissüsteem vastavalt laboratooriumi elektrivõrgu pingele. Tehke kindlaks nimivool ning mootori pöörlemiskiirus.

3. Monteerige mootor lahti. Selleks keerake välja laagrikilbi kinnituspoldid ja lööge vasaraga puitklotsile, mida

tuleb hoida laagrikilbi äärise vastas. Löökide mõjul eraldub laagrikilp staatori kerest. Vasaraga tuleb lüüa võrdlemisi ettevaatlikult, ümber mootori kere, ja ainult puitklotsile, mitte aga otse kilbile.

4. Tutvuge üksikasjaliselt mootori kõigi osade ehituse ja ülesandega. Teraskuuli kasutades veenduge pöörleva magnetvälja olemasolus staatori sees.

5. Monteerige mootor uuesti hoolikalt kokku ning kontrollige monteerimise kvaliteeti (rootor peab käe abil pöörates kergesti ja vabalt pöörlema hakkama).

6 Koostage vooluring mootori käivitamiseks tema mähiste ümberlülitamisega tähest kolmnurka (joon. 150).

7. Käivitage mootor mähiste kolmnurklülituse korral. Ampermeetri osuti suurima hälbe järgi määrake käivitusvool I_k. Mõõtke pinge U_f staatori ühes mähises.

8. Käivitage mootor mähiste tähtlülituse korral. Määrake kindlaks käivitusvool I_k ja pinge U_f ühes mähises. Mõõtmistulemused kirjutage mõlemal juhul tabelisse.

Vaatlusandmete tabel

Staatori mähiste ühendamise skeem	Vaatlusandmed			Arvutustulemused	
	Nimivool (passi järgi) I_n A	Käivitusvool I_k A	Faasipinge U_f V	$\frac{I_k}{I_n}$	$\frac{U_{f\,\Delta}}{U_{f\lambda}}$
Täht					
Kolmnurk					

9. Käivitage mõnel korral mootor, lülitades tema mähised algul tähte ja pärast käivitamist ümber kolmnurka.

10. Muutke mootori pöörlemissuund esialgsega võrreldes vastupidiseks.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Mootori sildiandmed koos nende tähenduse selgitusega.
3. Tööetappide lühike loetelu.
4. Mõõtmistulemuste ja arvutuste tabel.
5. Skeemid mootori mähiste tähte ja kolmnurka lülitamise kohta ning käivitamisskeem mähiste ümberlülitamisega tähtlülitusest kolmnurklülitusse.

Kontrollküsimusi

1. Selgitage kolmefaasilise asünkroonmootori tööpõhimõtet.
2. Kuidas valmistatakse lühismähisega rootor?
3. Miks tarbib lühisrootoriga asünkroonmootor käivitamisel nimivoolust tunduvalt tugevamat voolu?
4. Kuidas muudetakse kolmefaasilise asünkroonmootori pöörlemissuunda?
5. Millal tuleb kolmefaasilise asünkroonmootori mähised võrku lülitamiseks ühendada tähte ja millal kolmnurka?
6. Missuguses korras on mootori klemmplaadile kinnitatud staatori mähiste algused ja lõpud?
7. Miks mõnede asünkroonmootorite mähised ühendatakse käivitamisel algul tähte ja siis kolmnurka?
8. Miks hakkab staatori sisemusse paigutatud teraskuulike liikuma, kui staatorit läbib kolmefaasiline vool.

Töö nr. 22. Kolmefaasilise asünkroonmootori võimsuse ja kasuteguri määramine

Töö eesmärk. Tutvuda asünkroonmootori tööga mitmesuguste koormuste korral. Õppida asünkroonmootori võrku lülitamist, mehhaanilise võimsuse, kasuteguri ning cos ψ arvutamist.

Tööriistad: 1) kolmefaasiline lühisrootoriga asünkroonmootor pingele 220 V võimsusega 0,5—0,8 kW; 2) vahelduvvoolu-vattmeeter mõõtepiirkonnaga 750 W; 3) vahelduvvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 3 A; 4) vahelduvvoolu-voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V; 5) stopper ja pöörete arvu loendaja või tahhomeeter; 6) koolidünamomeeter mõõtepiirkonnaga 5 kG; 7) 1 kG raskusi vihte 5—6 tk.; 8) lintpidur; 9) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Asünkroonmootori rootori pöörlemiskiirus n_2 on veidi väiksem staatori magnetvälja pöörlemiskiirusest n_1. Seda rootori mahajäämust (pöörete arvus) iseloomustatakse suhtega $s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$, mida nimetatakse mootori libistuseks.

Staatori magnetvälja pöörlemiskiirus ei saa olla mistahes väärtusega. See kiirus sõltub kõigepealt tööstusliku vahelduvvoolu sagedusest. NSV Liidus toodetava vahelduvvoolu sagedus on teatavasti 50 Hz, s. o. 50 perioodi sekundis. Peale eeltoodu sõltub magnetvälja pöörlemiskiirus veel staatori pooluste arvust. Pooluseid võib olla ainult paarisarv (näiteks 2, 4, 6 jne.).

Seoses sellega ei ole võimalik valmistada asünkroonmootoreid mistahes pöörlemiskiirusega. Mootorite juures on tegemist ainult

teatud kindlate pöörete arvudega minutis. Kasutatavad pöörlemiskiirused on toodud järgmises tabelis. Nagu sellest nähtub, oleneb mootori pöörlemiskiirus magnetvälja pöörlemiskiirusest (selle aga määrab voolu sagedus ja pooluste arv).

Staatori magnetvälja pöörete arv minutis	n_2	3000	1500	1000	750	600
Rootori pöörete arv minutis	n_1	2850	1440	960	720	580

Mootori pöörlemiskiiruse muutmine on võimalik hüppeliselt, nimelt staatori pooluste arvu suurendamise tulemusena (selleks tuleb staatori mähised ümber lülitada).

Kolmefaasilises asünkroonmootoris kulutatakse töö ajal energiat mootori mähiste südamike pidevaks ümbermagneetimiseks ning pöörisvoolude tekitamiseks südamikes (nn. rauaskadu), mootori mähiste soojendamiseks (vaseskadu) ja hõõrde ületamiseks. See kulutatav elektrienergia muutub soojuseks, mis levib mootorit ümbritsevasse keskkonda.

Mootori mehhaanilise koormuse suurendamisel peab tema mähiseid läbima suurem hulk elektrienergiat. Vaatleme seda küsimust ühe näite abil.

Asünkroonmootor käitab treipingi spindlit, treipingi treitera lõikab laastu töödeldava eseme küljest. Kui mootori rootori pöörlemiskiirus ei muutu, siis tähendab see seda, et mootori pöördemoment on võrdne treipingi takistusmomendiga. Kui lõiketeraga hakatakse lõikama paksemat laastu, siis takistusmoment kasvab. Mootor, omades veel eelmist pöördemomenti, vähendab selle tulemusena mõningal määral oma pöörlemiskiirust. Aeglasemalt pöörlev rootor aga lõikab kiiremini magnetvälja jõujooni. Selle tulemusena indutseerub rootori mähises tugev vool. Selle voolu ja magnetvälja vahelise mõju tulemusena suureneb mootori pöördemoment seni, kuni saab võrdseks takistusmomendiga. Koormuse suurenemisest tingitud voolu kasv rootoris põhjustab vastava voolu tugevnemise ka staatori mähistes, see tähendab aga seda, et mootori poolt tarbitava elektrienergia hulk suureneb. Mehhaanilise koormuse vähendamisel toimub vastupidine nähtus.

Vastavalt mootori pöörete arvu muutumisele mehhaanilise koormuse muutumise tulemusena muutub vastavalt ka mootori poolt tarbitav elektrienergia.

Mootori igale mehhaanilisele koormusele vastab rootori kindel pöörlemiskiirus n_2, ehk nagu sageli räägitakse, koormuse suurendamisel suureneb mootori libistus, ja vastupidi, koormuse vähendamisel libistus väheneb. Mootori mehhaanilisel ülekoormamisel põhjustavad libistuse s suurenemine ja pöörlemiskiiruse n_2 suur langus väga tugeva voolu tekkimise, kuid magnetilise küllastuse tõttu ei

teki selle tulemusena staatori magnetvälja tugevnemist ning mootor jääb seisma. Kui mootorit sel juhul kiiresti võrgust välja ei lülitata, siis põlevad tema mähised läbi.

Mootori kasutegurit arvutatakse valemi

$$\eta = \frac{N_2}{N_1}$$

järgi. Siin on N_2 mootori poolt arendatav kasulik mehhaaniline võimsus, N_1 aga tarbitav elektriline võimsus.

Erinevate koormuste korral on mootori kasuteguril erinevad väärtused.

Käesolevas praktilises töös tuleb uurida kasuteguri η muutumist, rootori pöörlemiskiiruse n_2 muutumist ja mootori pöördemomendi M muutumist mootori mehhaanilise koormuse muutumisel (võimsuse N_2 muutumisel).

Üheaegselt töö tegemisega arvutatakse ka võimsusteguri $\cos\varphi$ väärtused mootori erinevate koormuste korral ning tehakse kindlaks koormus, mille korral $\cos\varphi$ on maksimaalne. $\cos\varphi$ arvutamiseks kasutatakse kolmefaasilise asünkroonmootori võimsuse valemit:

$$N_1 = 3U_f I_f \cos\varphi,$$

millest

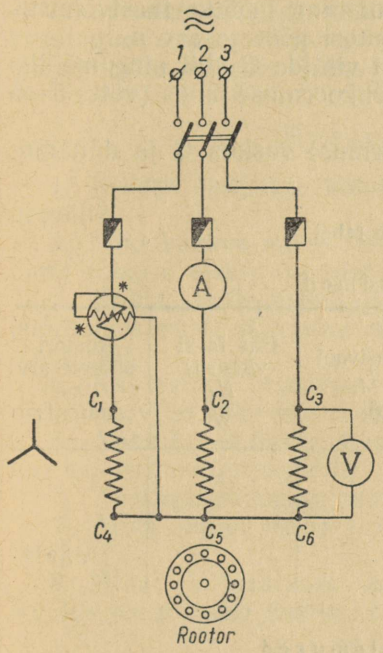
$$\cos\varphi = \frac{N_1}{3U_f I_f}.$$

Mootori mehhaanilise võimsuse N_2 määramiseks kasutatakse lintpidurit, dünamomeetrit ja tahhomeetrit samuti nagu varasemates töödes.

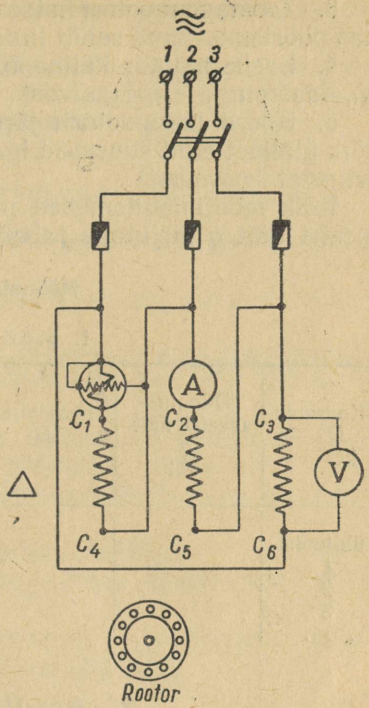
Kolmefaasilise mootori elektrilise võimsuse N_1 mõõtmiseks kasutatakse vattmeetrit, millega mõõdetakse ühe faasi võimsus. Arvestades seda, et mootori kõik kolm mähist on ühesugused ning kulutavad ühtemoodi energiat, võib üldise võimsuse N_1 saada ühe faasi võimsuse 3-ga korrutamise teel.

Elektrilise skeemi kirjeldus

Enne skeemi koostamist tuleb kindlaks teha, kas mootori staatori mähised tuleb ühendada tähte või kolmnurka. Küsimuse vastamiseks tuleb vaadelda mootori nimipinget ja kohaliku võrgu pinget. Kui koolis on võrgupinge näiteks 127/220 V ning mootori nimipinge on 220 V, siis tuleb staatori mähised ühendada kolmnurka. Mõnikord võib juhtuda, et rihmaratta väike läbimõõt ning rihma väike laius ei võimalda mootorit küllaldaselt koormata. Sel juhul tuleb mootori mähised ümber lülitada tähte. Selle tulemusena väheneb mootori võimsus kolm korda ning nüüd on tema vajalik koormamine võimalik.



Joon. 151. Tähte ühendatud staatorimähistega kolmefaasilise mootori lülitamine elektrivõrku.



Joon. 152. Kolmnurka ühendatud staatorimähistega kolmefaasilise mootori lülitamine elektrivõrku.

Joonisel 151 on toodud tähte ühendatud staatorimähistega asünkroonmootori toiteskeem, joonisel 152 aga kolmnurka ühendatud staatorimähistega asünkroonmootori toiteskeem.

Mõlemas skeemis on vattmeeter lülitatud selliselt, et läbi tema liikumatu mähise läheb mootori ühe faasi vool, liikuvale mähisele aga mõjub sama faasi pinge. Sellise lülituse korral mõõdab vattmeeter ainult mootori ühe faasi võimsust N_f. Mootori võimsusteguri ($\cos \varphi$) arvutamiseks lülitatakse vooluringi veel ampermeeter ja voltmeeter faasivoolu ja faasipinge mõõtmiseks.

Töö käik

1. Tutvuge mootori sildiandmetega. Mõõtke kohaliku elektrivõrgu liinipinge.
2. Koostage vooluring mootori toitmiseks. Seejuures pöörake erilist tähelepanu vattmeetri lülitusele.

3. Teostage mootori katsekäivitamine. Seejuures tehke kindlaks, kas pöörlemissuund sobib lintpiduri antud ülesseade jaoks.

4. Laske mootor käima tühijooksul ning mõõtke faasivõimsus N_f, faasipinge U_f, faasivool I_f ja rootori pöörete arv n_2.

5. Koormake mootorit järk-järgult vihtide Q abil ning mõõtke kõik ülalloetletud suurused iga mootori koormuse jaoks (võtta 5—6 erinevat koormust).

Kõik mõõtmistulemused ning koormuse raskus Q ja dünamomeetri näit q kirjutage tabelisse.

Mõõtmistulemuste tabel

1. Mõõtmisandmed

Koormus Q kG	Dünamomeetri näit q kG	Faasipinge U_f V	Faasivool I_f A	Ühe faasi võimsus N_f W	Rootori pöörete arv n_2 minutis
Tühijooks					
1					
2					
3					
. . .					

2. Arvutamistulemused

Hõõrdejõud F kG	Pöördemoment M_p kGm	Nurkkiirus ω 1/sek	Mehhaaniline võimsus N_2 W	Kasutegur η	Võimsustegur cos φ
Tühijooks					
. . . . .					
. . . . .					
. . . . .					
. . . . .					

6. Mõõtke mootori rihmaratta läbimõõt.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Töö üksikute etappide loetelu.
3. Mõõtmistulemuste ja arvutustulemuste tabelid.
4. Graafikud (millimeetripaberil):

a) kasuteguri sõltuvuse kohta mootori mehhaanilisest võimsusest: $\eta = f(N_2)$;

b) pöördemomendi sõltuvuse kohta mootori mehhaanilisest võimsusest: $M_p = f(N_2)$.

5. Järeldus mootori sellise koormuse kohta, mille juures tema kasutegur ja cos φ on maksimaalsed, pöördemomendi ja pöörlemiskiiruse kohta selle koormuse juures (arvutada mootori libistus).

Kontrollküsimusi

1. Kuidas saadakse kolmefaasilistes mootorites pöörlev magnetväli?
2. Miks hakkab mootor mehhaanilise koormuse suurenedes tarbima rohkem elektrienergiat?
3. Kuidas saab mootori sildiandmete alusel leida magnetvälja pöörlemiskiirust? Kui suur oli see pöörlemiskiirus töös kasutatud mootoris?
4. Kas esineb praktikas selliseid asünkroonmootoreid, mille pöörete arv on 1100 pööret minutis? 2000 pööret minutis?
5. Mida nimetatakse mootori tühijooksuks? Kui suur on mootori kasutegur tühijooksul?
6. Missugused energiakaod esinevad mootoris?
7. Mida näitab mootori võimsustegur cos φ? Kuidas seda arvutatakse?
8. Mida nimetatakse asünkroonmootori pöördemomendiks? Kuidas see muutub mootori koormuse muutumisel?

Töö nr. 23. Ühefaasilise trafo tundmaõppimine

Töö eesmärk. Õppida tundma trafo ehitust ja tema tööd väliskoormuse olemasolu korral, tühijooksul ja lühise korral. Õppida transformaatori kasuteguri leidmist mitmesuguste koormuste korral.

Tööriistad: 1) ühefaasiline pinget madaldav trafo 220/36 V või 127/24 V võimsusega 0,2—0,4 kVA; 2) vahelduvvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 3 A; 3) vahelduvvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 10 A; 4) vahelduvvoolu-voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V; 5) vahelduvvoolu-voltmeeter mõõtepiirkonnaga 50 V (või 30 V); 6) primaarmähise pingele ja voolule vastav vattmeeter; 7) sekundaarmähise pingele ja voolule vastav vattmeeter; 8) reostaat 4 A, 40 Ω; 9) reostaat 10 A, 10 Ω; 10) ühepooluseline vinnaklüliti; 11) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Igal ühefaasilisel trafol on elektrotehnilise terase lehtedest valmistatud südamik, millele on paigutatud kaks isoleeritud mähist — üks kõrgema pinge mähis (ülempingemähis) ja teine madalama

pinge mähis (alampingemähis). Trafo primaarmähis lülitatakse vahelduvvooluvõrku. Sekundaarmähisega ühendatakse selline elektrienergia tarbija, mille pinge vastab sekundaarmähise poolt antavale pingele.

Kui trafo primaarmähis lülitada vahelduvvooluvõrku, sekundaarmähisega ühendatud vooluring aga katkestada, siis töötab trafo tühijooksul.

Mõõtnud pinge U_1 primaarmähise klemmidel ja pinge U_2 sekundaarmähise klemmidel, võib arvutada trafo ülekandearvu K:

$$K = \frac{U_1}{U_2}.$$

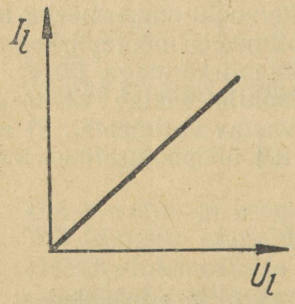
Mähiste pinged on võrdelised mähiste keerdude arvudega w, sellepärast

$$K = \frac{w_1}{w_2}.$$

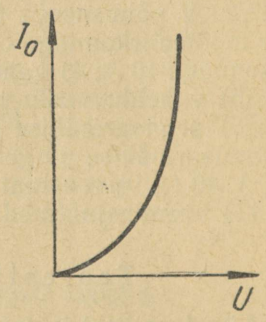
Tühijooksul kulutab trafo primaarmähis energiat südamiku pidevaks ümbermagneetimiseks (rauaskadudeks) ning pöörisvoolude tekitamiseks. Selleks otstarbeks kasutatavat võrdlemisi nõrka voolu nimetatakse tühijooksuvooluks. See vool moodustab 3,5—10% trafo nimivoolust.

Energiakaod trafos selle töö ajal jagunevad kahte ossa: rauaskadudeks ja vaseskadudeks (mähiste soojenemine). Trafo rauaskaod koormuse suurenemisel peaaegu ei muutu, märgatavalt suureneb aga seejuures vaseskadu, sest mähiseid peab sel korral läbima tugevam vool.

Trafo katsetamisel selgitatakse välja seos tühijooksuvoolu ja primaarmähise pinge vahel. Seda seost nimetatakse transformaatori tühijooksukarakteristikuks (joon. 153). Selle karakteristiku järgi saab kindlaks määrata transformaatori tööreŽiimi koormuse puudumise korral.



Joon. 153. Trafo tühijooksukarakteristik.



Joon. 154. Trafo lühisekarakteristik.

Kui pinge U primaarmähise klemmidel ei ole eriti kõrge ning trafo südamik ei saavuta magnetilist küllastust, siis on vool I_0 võrdeline pingega. Pinge U tõusmisel saavutab trafo südamik magnetilise küllastuse, pärast seda hakkab tühijooksuvool I_0 kasvama pingest kiiremini (vt. kõvera ülemist osa joonisel 153).

Trafo töörežiimi sekundaarmähise lühise korral väljendab graafiliselt lühisekarakteristik (ka see määratakse kindlaks tehases transformaatori katsetamisel).

Lühisekarakteristik väljendab graafiliselt primaarmähise voolu I_1 sõltuvust primaarmähise pingest U_1 (läbi ampermeetri lühistatud sekundaarmähise korral). Vaatamata sellele, et pinge on lühise korral nimipingest palju madalam, on südamiku magnetvoog kaugel küllastusest ja seepärast on vool I_1 ja pinge U_1 vahelise seose graafik sirge (joon. 154). Võimsuskaod esinevad seejuures trafo mähistes; kaod südamikus võib (nende väiksuse tõttu) jätta tähele panemata.

Üldine energiakadu trafos on küllalt väike. Seepärast on transformaatorid kõige ökonoomsemateks energia muundajateks; nende kasutegur on 95—99%.

Kuna trafo ei saa suurendada elektrilist võimsust, siis peab mähistes toimuva pinge muutumisega üheaegselt muutuma vastupidiselt ka vool.

Seda on vaja teada trafo lülituse koostamisel, et õigesti paigutada pinge ja voolu mõõteriistu mõlema mähise juures.

Kui trafo sekundaarmähise poolt arendatav võimsus N_2 jagada primaarmähise poolt tarbitava võimsusega, siis saame transformaatori kasuteguri:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1}.$$

Täpsete ja õigete (elektrotehnika seaduste vaatekohalt) võimsuse mõõtmistulemuste saamiseks tuleb kasutada vattmeetreid. Kui üheaegselt vattmeetriga lülitada primaar- ja sekundaarmähise vooluringidesse veel amper- ja voltmeetrid, siis saab arvutada ka trafo võimsusteguri ($\cos \varphi$) valemiga

$$\cos \varphi = \frac{N_1}{U_1 I_1}.$$

Tühijooksul on trafo poolt tarbitava voolu I_0 ja pinge vaheline faasinihe peaaegu 90° ning võimsustegur $\cos \varphi$ vastavalt väga madal.

Trafo töörežiimi korral on tema sekundaarmähise klemmidega ühendatud mingi elektriline koormus. Kahe voolu (I_1 ja I_2) mõjul tekib südamikus kaks magnetvoogu, mis annavad resultantmagnetvoo. See magnetvoog on peaaegu konstantne; ta muutub üsna vähe koormuse suurenemisel nullist kuni nimiväärtuseni. Kasutegur ja

võimsustegur seejuures aga suurenevad, lähenedes nende maksimaalsetele väärtustele.

Nimikoormuse korral ei toimu trafo mähiste ülekuumenemist ega läbipõlemist.

Sekundaarmähist võib koormata traat- või lampreostaatidega. Kuna sekundaarmähise pinge on küllalt madal, siis on vool selles üsna tugev. Kirjeldatavas praktilises töös tuleb sekundaarmähist koormata selliselt, et vool sekundaarringis oleks 2, 4, 6, 8 ja 10 A.

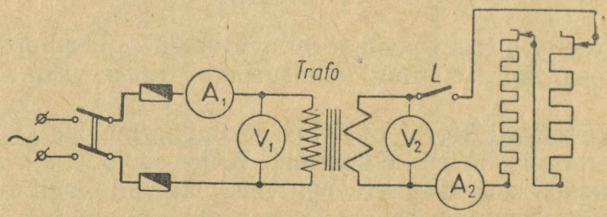
Kui ei ole olemas 10-amprisele voolule sobivat küllalt suure takistusega reostaati, siis võib sekundaarmähise voolu reguleerida kahe järjestikku lülitatud reostaadi abil. Üks neist võib olla määratud nõrgemale voolule (3—4 A), kuid peab olema küllalt suure takistusega. Teine reostaat peab olema määratud voolule 10 A, tema takistus aga võib olla ainult mõne oomi suurune. Voolu suurendamiseks sekundaarmähises lülitatakse kõigepealt välja väiksemale voolule arvestatud reostaat. Selle reostaadi täielik vooluringist väljalülitamine hoiab ära tema läbipõlemise suurenenud voolu mõjul. Sekundaarmähise vooluringi takistuse edasine vähendamine toimub teise reostaadiga. Selle mähis on valmistatud suure ristlõikega traadist ning ta talub märgatavalt kuumenemata võrdlemisi tugevat voolu.

Kui käepärast ei ole traatreostaate, siis koormatakse trafo sekundaarmähis mitme hõõglambiga, mille pinge on kas võrdne või veidi suurem sekundaarmähise pingest. Lampide arv oleneb nende võimsusest ja neid tuleb võtta nii palju, et oleks võimalik muuta voolu sekundaarmähises vahemikus 2—10 A.

Elektrilise skeemi kirjeldus

Trafo primaarmähise otsad ühendatakse kolmefaasilise võrgu kahe kontaktiga (joon. 155). Sellesse vooluringi lülitatakse mähisega järjestikku ampermeeter ning paralleelselt voltmeeter.

Sekundaarring koosneb mähisega järjestikku ühendatud ampermeetrist, ühepooluselisest lülitist ning kahest reostaadist. Mähisega paralleelselt (tema klemmidele) ühendatakse voltmeeter. Ühepooluselise lüliti abil saab sekundaarringi katkestada ning uurida siis trafo tööd tühijooksul.



Joon. 155. Skeem ühefaasilise trafo lülitamiseks elektrivõrku.

Töö käik

1. Tutvuge trafo ehitusega ja tema sildiandmetega. Tehke kindlaks mõlema mähise nimipinged ja -voolud.
2. Lähtudes nendest andmetest tehke kindlaks, missuguseid mõõteriistu tuleb kasutada primaar- ja missuguseid sekundaarringis.
3. Koostage vooluring vastavalt skeemile.
4. Katkestage lülitiga sekundaarring, lülitage primaarmähis võrku ning kirjutage üles mõõteriistade näidud trafo tühijooksul.
5. Seadke reostaatide liugurid maksimaalse takistuse asendisse, sulgege sekundaarring ning suurendage koormust 4—5 korda, viies lõpuks voolu 10 A-ni. Iga koormuse korral kirjutage üles mõlema mähise pinge ja vool. Mõõtmistulemused kirjutage tabelisse.

Mõõtmistulemuste tabel

Trafo sekundaarmähis				Trafo primaarmähis				
Vaatlusandmed		Arvutamistulemused		Vaatlusandmed		Arvutamistulemused		
Koormusvool I_2 A	Pinge U_2 V	Võimsus I_2U_2 VA	Reostaatide takistus R Ω	Tarbitav vool I_1 A	Pinge U_1 V	Võimsus I_1U_1 VA	Kasutegur η	Võimsustegur cos φ
0 (tühijooks)								
2								
4								
6								
8								
10								

6. (See punkt on täienduseks eelmistele ja täidetakse ainult siis, kui on olemas küllalt suure võimsusega autotransformaator või reostaat küllalt suure võimsuse jaoks.)

Lülitage võrgukontaktide ja lüliti vahele autotransformaator ja, muutes pinget transformaatori primaarmähises, koostage tühijooksu- ja lühisekarakteristikud.

5. Graafik (millimeetripaberil) trafo kasuteguri η muutumisest koormuse muutumisel: $\eta = f(I_2)$.

6. Tühijooksu- ja lühisekarakteristikud.

7. Järeldused. Koormus, mille juures trafo kasutegur on maksimaalne.

Kontrollküsimusi

1. Missugusel füüsikalisel nähtusel põhineb trafo ehitus?
2. Mida näitab trafo ülekandearv?
3. Missugust trafo mähist nimetatakse primaar- ja missugust sekundaarmähiseks?
4. Kas võib siis, kui on teada mähistraatide ristlõiked, öelda, kumb mähis on madalama ja kumb kõrgema pinge jaoks?
5. Millest on valmistatud trafo südamik? Kuidas ta on valmistatud?
6. Mida nimetatakse trafo tühijooksuks?
7. Mida näitavad tühijooksu- ja lühisekarakteristikud?
8. Missugused energiakaod esinevad trafo töö juures?
9. Mis tüüpi trafosid teie tunnete? Kus neid kasutatakse?
10. Kuidas kasutatakse trafosid elektrienergia ülekandmisel?
11. Mille poolest erineb tavaline trafo autotrafost?

NELJAS OSA

ELEKTRIENERGIA TOOTMINE JA TARBIMINE. TÖÖSTUSLIKU ELEKTROONIKA JA RAADIOTEHNIKA ELEMENDID

§ 25. ELEKTRIENERGIA TOOTMINE

Meie kodumaa on võimas tööstusriik hiiglasliku elektrijaamade võrguga, ülekandeliinidega ja jaotusseadmetega.

Tänapäeva tööstus, põllumajandus ja transport tarbib suurel hulgal elektrienergiat. Põhiliselt toodetakse see elektrienergia meie maa energiasüsteemi toitvate hiiglaslike elektrijaamade poolt. Ülejäänud osa elektrienergiat toodavad kohalike ettevõtete, kolhooside ja sovhooside elektrijaamad.

Majanduslikult on kasulik ehitada elektrijaamu võimsate energiaressursside vahetusse lähedusse.

Elektrijaamade tüübid. Olenevalt elektrienergiaks muundatava energia liigist võib elektrijaamu rühmitada järgmiselt:

1) soojuselektrijaamad (töötavad odavate kütuste — turba, põlevkivi, gaasi, pruunsöe, masuudi baasil);

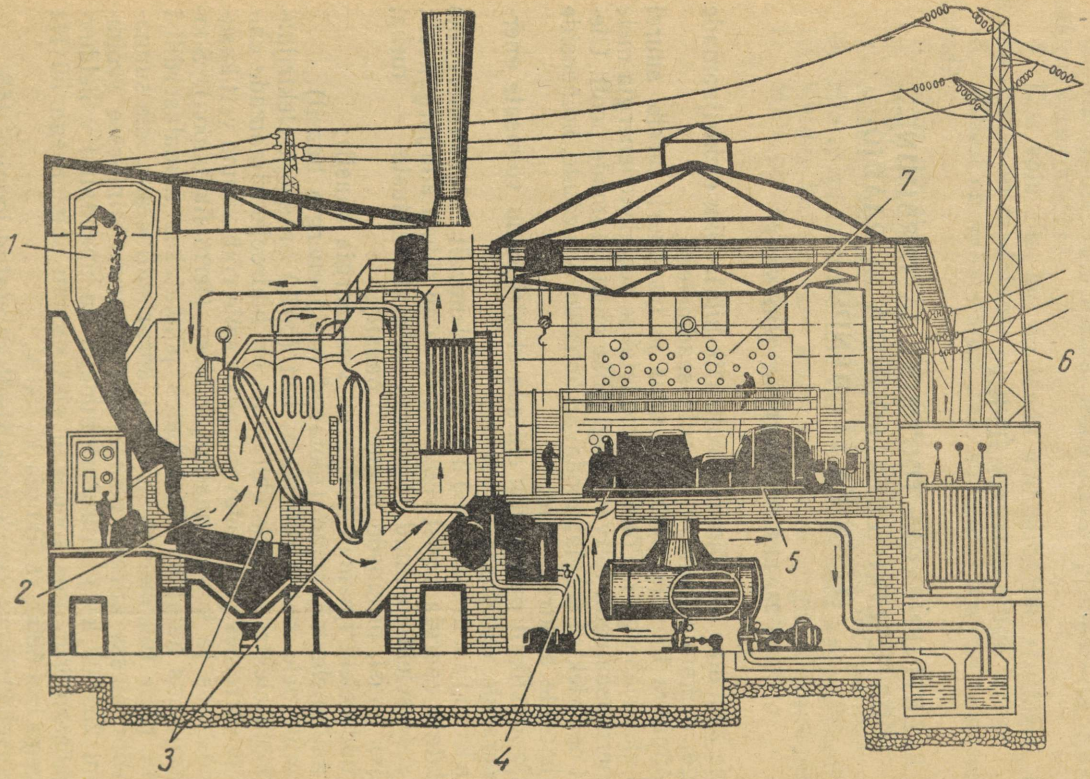
2) hüdroelektrijaamad (töötavad vee-energia baasil);

3) aatomielektrijaamad (töötavad tuumaenergia baasil).

Enamik meie maa elektrijaamadest (80%) on soojuselektrijaamad. Soojuselektrijaamade ehitamine on hüdroelektrijaamade ehitamisega võrreldes palju odavam; peale selle võib kuuma vett kasutada tööstuses ja kommunaalmajanduses (termofikatsioon). Soojuselektrijaama katelde küttekolletes põletatakse madalasordilisi kütuseid, mille tulemusena saadakse kõrgrõhuline aur, mis suunatakse võimsatesse kiiresti pöörlevatesse auruturbiinidesse (võimsus kuni 250 000 kW). Auruturbiinidega on ühendatud vahelduvvoolugeneraatorid, mis toodavad elektrivoolu sagedusega 50 Hz ja pingega kas 6300, 10 500 või 15 750 V.

Soojuselektrijaam on skemaatiliselt kujutatud joonisel 156.

Aatomielektrijaamad on samuti soojuselektrijaamade tüüpi elektrijaamad, kuid kahe soojusvahetuse tsükliga. Aatomireaktoris toimub tuumakütuse lagunemise arvel primaarse soojuskandja (ülekuumenenud vesi, sulametall, näiteks naatrium) kuumenemine.



Joon. 156. Soojuselektrijaama skeem.
1 — kütusepunker; *2* — küttekolle; *3* — aurukatla torustik; *4* — auruturbiin; *5* — juhtmed; *7* — juhtimispult.

Primaarne soojuskandja annab oma soojuse edasi veele, mis selle tulemusena muutub auruks. Tekkinud aur paneb pöörlema turbogeneraatorid.

Kõige odavamat elektrienergiat toodavad hüdroelektrijaamad. Siin kasutatakse langeva vee poolt pöörlema pandavaid turbiine. Hüdrogeneraatoreid ehitatakse suure võimsusega (mitusada tuhat kilovatti), neid on lihtne ekspluateerida, kuid nad pöörlevad võrdlemisi aeglaselt (seepärast peab neil 50 Hz sagedusega voolu saamiseks olema palju pooluspaare).

Hüdroelektrijaamade puuduseks on nende kulukas ehitamine, mida põhjustavad suured kulutused tammide ehitamiseks. Ülejäänud elektrijaamade tüübid (tuuleelektrijaamad, päikeseelektrijaamad) ei ole tänapäeval leidnud tööstuslikku rakendamist. Väikese võimsusega sellisetüübilisi elektrijaamu kasutatakse ainult neis piirkondades, kus veel puuduvad elektrienergia ülekandeliinid.

Pooljuhtide laialdase kasutuselevõtmisega avanevad suured võimalused päikese- ja soojusenergia vahetuks muundamiseks elektrienergiaks (termoelemendid ja termogeneraatorid).

Energiasüsteemid. Energiasüsteemiks nimetatakse elektrijaamade gruppi, mis on omavahel ühendatud kõrgepingeliinidega suure rajooni tarbijate ühiseks kooskõlastatud toitmiseks.

Eraldatud elektrijaamadega võrreldes võimaldab energiasüsteem elektrijaamade sisseseadet paremini ära kasutada, tarbijaid kindlamalt ja häireteta elektrienergiaga varustada ning remontida üksikuid jaamu ja ülekandeliine ilma seejuures tarbijaid välja lülitamata. Energiasüsteem lubab vastavalt aastaaegadele reguleerida hüdro- ja soojuselektrijaamade koormust (suurvee ajal võib suurendada hüdrojaamade koormust, veevaesel ajal aga soojusjaamade koormust) ning hoida sellega kokku kütust.

Lõpuks võimaldab ühtne energiasüsteem töötada enamikul jaamadel täiskoormusega, ainult üks-kaks jaama jäetakse koormuse reguleerimiseks. Tavaliselt on sellisteks reguleerimisjaamadeks hüdroelektrijaamad, sest selliste jaamade generaatorid on alati töövalmis ning neid võib kiiresti käivitada. Elektrijaama mõne agregaadi või ka terve jaama remontimiseks ei tarvitse osa tarbijaid välja lülitada, sest nende koormuse võtavad oma kanda ülejäänud elektrijaamad. Täpselt sama on maksev ka mõne generaatori või ülekandeliini lõigu avarii korral — ka sel korral saavad kõik tarbijad vajalikku elektrienergiat, kuid teistelt generaatoritelt ja teiste ülekandeliinide kaudu.

Nõukogude Liidus on juba palju energiasüsteeme. Suurimad nendest on Moskva energiasüsteem, Leningradi energiasüsteem (Mosenergo, Lenenergo), Uraali energiasüsteem, Donbassi energiasüsteem, Dnepri energiasüsteem, Põhja-Kaukaasia energiasüsteem jne.

Osa nendest energiasüsteemidest on juba ka omavahel ühendatud, näiteks Dneproenergo ja Donbassenergo. Neid energiasüs-

teeme ühendab ülekandeliin Dneprogess-Donbass, mis töötab pingel 220 kV. See ülekandeliin võimaldab Dneprogessis suurvee perioodil üle oma piirkonna vajaduse toodetavat elektrienergiat edasi anda Donbassi rajoonile (sel perioodil saab Donbassis hoida kokku sütt elektrijaamade varustamisel). Suvel aga, kui Dnepris on vett vähe ning Dneprogess ei suuda toota elektrienergiat oma piirkonna täielikuks varustamiseks, saadakse seda juurde Donbassi süsteemist.

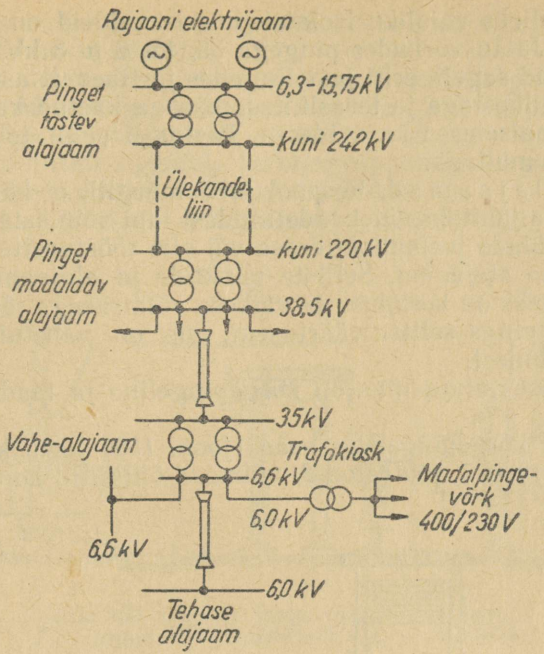
Seitsme aasta plaanis on märgitud, et kõrgepingeliinidega tuleb ühendada kõik Nõukogude Liidu piirkonnad, eelkõige aga Euroopaosa piirkonnad. Meie maa lõunarajoonid (eelkõige Ukraina) ühendatakse keskrajoonidega 800 kV pingega Stalingrad—Donbassi alalisvoolu-ülekandeliiniga ja 500 kV pingega Stalingrad—Moskva liiniga (kolmefaasiline vahelduvvool). Ühtse kõrgepingeliinide võrgu loomisel on suure tähtsusega sellised võimsad ülekandeliinid, nagu juba töötav Kuibõšev—Moskva ülekandeliin (500 kV), Stalinogorsk—Moskva ülekandeliin (220 kV) ja paljud teised.

Ühtse kõrgepingelise energiasüsteemi loomine võimaldab maksimaalsel määral automatiseerida jaamade ja ülekandeliinide tööd, võimaldab lihtsustada nende teenindamist, alandada elektrienergia tootmise hinda ning kindlustada suurte majanduspiirkondade senisest parem elektrienergiaga varustamine.

Elektrienergia varustamine. Elektrienergia andmine elektrijaamast tarbijale toimub ülekandeliini abil. Elektrijaamade generaatorid toodavad elektrienergiat pingega 6,3—17,75 kV. Generaatoris toodetud elektrienergia suunatakse pinget tõstvasse trafo-alajaama, kus pinge tõstetakse võimsate jõutrafode abil 110, 220 ja isegi 500 kilovoldini. Selle tulemusena väheneb vool mõnekümne või mõnesaja amprini. See vool antakse kolmefaasilise ülekandeliini abil edasi pinget madaldavasse trafo-alajaama. Selle alajaama trafod madaldavad pinget 38,5 kV-ni, edasi läheb vool läbi vahealajaamade, kus pinget madaldatakse 6,6 kV-ni, ja jõuab lõpuks linnade, külade ja tehaste alajaamadeni, trafopunktidesse ja -kioskitesse. Need seadmed on ülekandesüsteemi viimaseks astmeks enne tarbijaid ja seepärast tuleb siin pinge madaldada suhteliselt ohutu väärtuseni — 400 või 230 V. Tarbijale antakse elektrienergiat pingega 220—127 V; sellisele pingele on ehitatud kõik madalapingelised mootorid, soojendusriistad, käivitus- ja reguleerimisseadmed, valgustusseadmed ja muud elektriseadmed. Elektrienergia varustamise süsteemi skeem on toodud joonisel 157.

Elektrienergiaga varustamise süsteemi põhiliseks lüliks on liinid ja võrgud, mis annavad elektrienergiat elektrijaama kogumislattidelt edasi paljudele tarbijatele.

Kõrgepingeliinides kasutatakse harilikult teras-alumiiniumjuhtmeid (mark AC). Sellise juhtme sisemuses asub terastross, mis suurendab juhtme tugevust ning vähendab sellega liinijuhtmete



Joon. 157. Elektrienergiaga varustamise süsteemi skeem.

katkemise võimalusi. Sellised juhtmed kinnitatakse portselanist isolaatoriahelate abil metallist või puidust kandemastidele.

Iga kõrgepingeliin koosneb kolmest faasijuhtmest, mis on riputatud ühele horisontaaltasapinnale või siis kahele lõikuvale tasapinnale küllalt kaugele üksteisest, ja mastidest (2—6 m). Ülesriputatud juhtmete madalaimad punktid peavad ohutuse seisukohalt lähtudes asuma maapinnast küllalt kõrgel — vähemalt 4,5 m kõrgusel lahtisel maastikul ja vähemalt 5—6 m kõrgusel asulate ja linnade piirkonnas.

Ohutuse tagamiseks maandatakse hoolikalt kõik metallmastid, metallist armatuurseadmed, millele kinnitatakse isolaatorid, ja ka teised liini metallist seadmed, mis ei puuduta liinijuhtmeid. Liini kaitsmiseks pikselöökide eest riputatakse liinijuhtmete kohale üks või kaks terasjuhet, mis hoolikalt maandatakse. Tavaliselt toimub pikselöök nendesse juhtmetesse. Terasjuhtmetes pikselöögist tekkinud vool juhitakse maanduste kaudu maasse ning liinijuhtmed jäävad vigastamata. Sellega hoitakse ära ka teiste liiniseadmete riknemine.

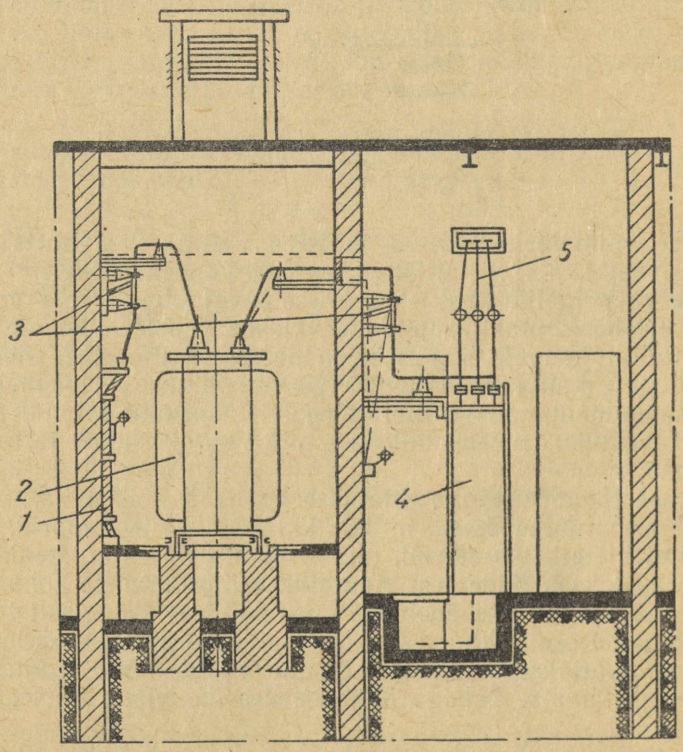
Kõrvuti õhuliinidega kasutatakse laialt kaabelliine. Pingetel 220 ja 110 kV ning kõrgematel pingetel kasutatakse tavaliselt õhu-

liine, sest selleks vajaliku isolatsiooniga kaableid on väga raske valmistada. Jaotusvõrkudes pingega 35, 12, 6 ja 3 kV aga kasutatakse kaableid sageli, eriti just linnades ja tihedalt asustatud piirkondades. Pliikestaga ja teraslintsoomusega kaetud kaablid asetatakse spetsiaalsetesse kraavidesse, kaetakse pealt tellisereaga ja kaetakse siis mullaga.

T r a f o a l a j a a m a d. Eespool juba märgiti, et kõrgepingeline elektrienergia juhitakse ülekandeliinidest läbi võimsate alajaamade linnade ja külade trafopunktidesse või siis tööstusettevõtte pinget madaldavasse alajaama. Selliste punktide ja alajaamade põhilisteks seadmeteks on keskmise ja väikese võimsusega jõutrafod, mis madaldavad pinge sellise väärtuseni, mis on vahetult kasutatav tarbijate toitmisel.

Igas sellises alajaamas on kõrgepingeline ja madalapingeline osa.

Alajaama kõrgepingelises osas (joon. 158) asub kas õhu- või kaabelliini sisend *1*, jõutrafod *2*, võimsad õlilülitid koormatud kõr-

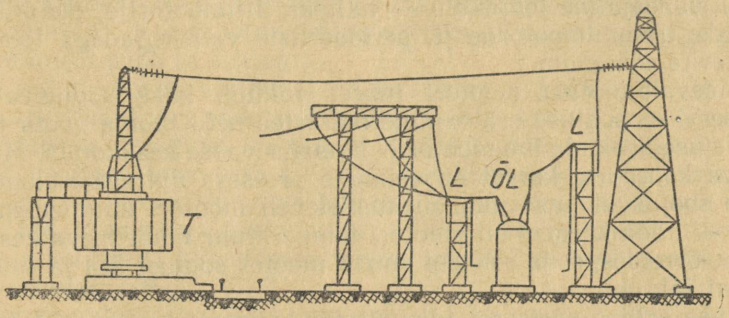


Joon. 158. Trafoalajaama skeem.

gepingevõrgu katkestamiseks (joonisel pole seda näidatud), mõõtetrafode ja -seadmete lülitid *3*.

Alajaama madalapingelises osas asub jaotuskilp *4* vinnaklülititega, ampermeetritega, voltmeetritega ja arvestitega ning alumiinium- või vasklattidega *5*, milledest väljuvate liinidega juhitakse energia mitmesugustele tarbijagruppidele: tehase tsehhidele, ehitusplatsidele, administratiivhoonetele jne.

Sageli kasutatakse võimsamaid lahtist tüüpi alajaamu (joon. 159).



Joon. 159. Lahtiste jaotusseadmete alajaam.
T — trafod; *L* — lahklülitid; *ÕL* — õlilülitid.

Alajaamas on olemas kaitsereleed ja automaadid, mis tagavad alajaama kõigi seadmete katkestamatu ja ohutu töö. Võimsates alajaamades töötavad elektromontöörid, tehnikud ja insenerid, kes jälgivad ja juhivad alajaama seadmete tööd. Väiksemad trafopunktid on aga lukustatud ning need töötavad ilma teenindava personalita, neid juhib energiasüsteemi dispetšer. Vajaduse korral saadetakse sellistesse alajaamadesse spetsiaalne remondibrigaad.

Alajaamast suunatakse elektrienergia kaabelliinide või siis suure ristlõikega õhuliinide kaudu tsehhide jaotuskilpideni, kus asuvad kaitsmed ja vinnaklülitid, mis on arvestatud tugevale voolule. Siit juhitakse vool juba peenemate juhtmete (1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16 mm^2) abil väiksematele jaotuskilpidele, nn. jaotuskastidesse. Siia on paigutatud iga sellelt kilbilt energiat saava tarbija kaitsmed.

§ 26. ELEKTRIENERGIA KASUTAMINE

Mootori valimine on väga vastutusrikas ülesanne. Selle ülesande õigest täitmisest sõltub mootori enda ja samuti tema poolt käitatava seadme või tööpingi tööiga.

Kõige sagedamini muutub mootor töökõlbmatuks mähiste isolatsiooni riknemise tõttu. Selle põhjuseks on mootori ülemäärane kuumenemine. Mootori ülekuumenemise põhjuseks on mähiseid

läbiv ülemäära tugev vool, mis tekib mootori enda ülekoormamise tagajärjel. Seepärast seisneb mootori õige valimine kõigepealt võimsuse kindlakstegemises. Võimsus valitakse lähtudes käitatava seadme poolt tarbitavast võimsusest ja mootori töörežiimist. Mootorite töörežiimid võib jagada järgmistesse rühmadesse:

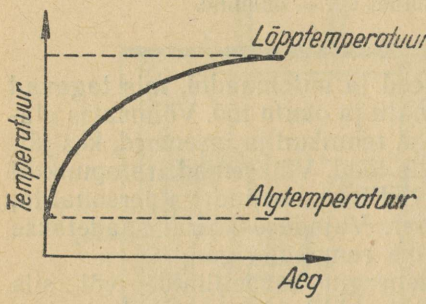
1) pidev töörežiim — näiteks pumpade, kompressorite, ventilaatorite ja teiste pidevalt töötavate seadmete jõuallikate töörežiim;

2) lühiajaline töörežiim — näiteks autokäivitite, lühiajaliselt töötavate tõstukite jne. jõuallikate töörežiim;

3) vaheajaline töörežiim — näiteks liftimootorite, metallilõikepinkide, trammimootorite jt. perioodiliste vaheaegadega töötavate mootorite töörežiim.

Pidevalt töötava mootori juures toimub kaks soojusvahetusprotsessi — soojuse eraldamine mähistes neid läbiva voolu toimel ja soojuse äraandmine mootorilt ümbritsevasse keskkonda. Mootori püsiva koormuse korral on esimene protsess ühtlase iseloomuga. Teise soojusvahetuse intensiivsus oleneb mootori kuumenemisastmest — mida kõrgem on mootori temperatuur ümbritseva keskkonnaga võrreldes, seda rohkem annab mootor soojust ära ja seda kiiremini jahtub.

Kahe sellise protsessi tulemusena käivitatud mootori temperatuur algul kiiresti tõuseb, siis aga, mootori poolt äraantava soojuse hulga suurenedes, hakkab mootori temperatuuri tõus vähenema ning lõpuks katkeb hoopis. Saabub termodünaamiline tasakaal — igas kindlas ajavahemikus mähistes tekkinud soojushulk antakse samas ajavahemikus edasi väliskeskkonnale ning mootori temperatuur enam ei tõuse (joon. 160).



Joon. 160. Mootori mähiste temperatuuri ja mootori töö kestuse vahelist seost iseloomustav graafik.

Seega tuleb pidevalt töötav mootor valida selline, mille sildil märgitud võimsus oleks võrdne sellele mootorile mõjuva koormuse võimsusega. Sel juhul saabub termodünaamiline tasakaal temperatuuril, mis ei ole kahjulik mootori mähistele, sest sildile on märgitud selline võimsus, mis ei põhjusta mähiste ülekuumenemist.

Kui vastava võimsusega mootorit ei ole saada, siis tuleb valida lähima suurema võimsusega mootor.

Mootori lühiajalisel töötamisel võib teda üle koormata, sest tööle järgneva pika seisuaja jooksul jõuab ta täielikult jahtuda. Sellise masina sildil on võimsuse kõrval märgitud ka töötsükli maksimaalne pikkus minutites.

Lõpuks perioodilise vaheajalise töörežiimiga mootor ühe perioodi osa töötab, teise osa aga on välja lülitatud. Selle tõttu toimub mootori perioodiline kuumenemine ja jahtumine. Mootori üldine temperatuur tõuseb seejuures aeglaselt, kuni lõpuks saabub antud režiimile omane termodünaamiline tasakaal.

Vaheajaliseks tööks ettenähtud mootori sildil on kõrvuti võimsusega märgitud suurus ПВ (töökestus) protsentides, näiteks ПВ-40. See tähendab, et antud võimsusega võib mootorit koormata ainult sel juhul, kui 40% ühest tsüklist moodustab tööaeg, ülejäänud 60% tsüklist on aga mootori puhkeaeg (mootor on sel ajal välja lülitatud). Kui mootor töötas näiteks 40 minutit, siis järgmised 60 minutit peab ta jahtuma.

Selliste mootorite valimisel tuleb silmas pidada seda, et ühe tsükli maksimaalseks pikkuseks võib olla 120 minutit, s. o. 2 tundi.

Võrdluseks märgime lõpuks, et mootori pideva töörežiimi korral võib mootorit koormata ainult sellise koormusega, mis on märgitud mootori passis. Mootori lühiajalise töö korral võib teda tunduvalt üle koormata, perioodilise lühiajalise koormuse korral peab aga koormust vähendama vastavalt töö kestuse protsendile (s. o. vastavalt ПВ-le).

Mootori valimisel tuleb silmas pidada ka seda, et nimikoormusest väiksema koormusega töötav mootor vähendab cos φ väärtust, mis põhjustab mootori ökonoomsuse languse. Seepärast tuleb valida võimalikult selline mootor, mille nimipinge on kas võrdne või siis üsna vähe suurem käitatava mehhanismi poolt tarbitavast võimsusest.

Mootori valiku määravad peale võimsuse veel teised nõutavad omadused — mootori mehhaanilised karakteristikud, s. o. pöörlemiskiiruse muutumise ulatus koormuse muutumisel, pöörlemiskiiruse reguleerimise võimalus, käivitusseadmed, mootori kere ehitus (hermeetiline, lahtine, vihma- ja niiskusekindel, põrutuskindel) jne.

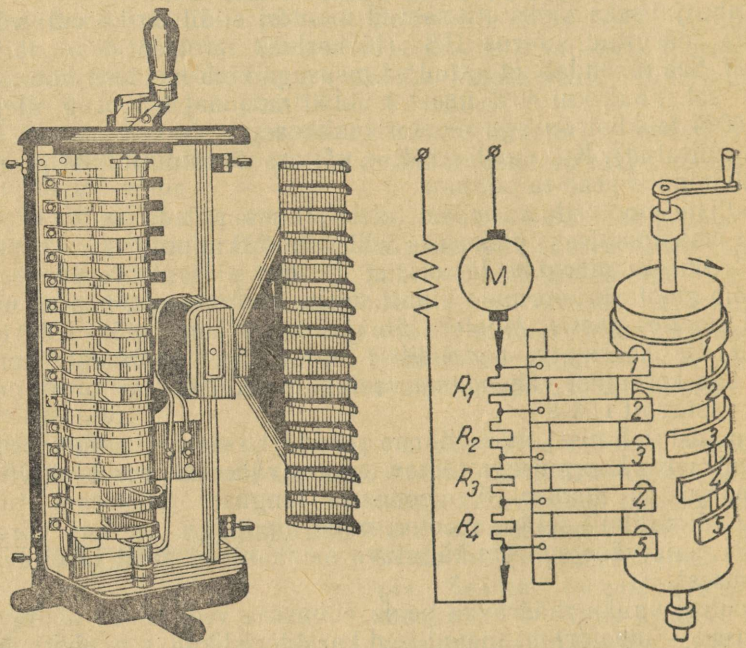
§ 27. MOOTORI KÄSITSI JUHTIMINE

Mootori töö juhtimise all mõistetakse tema käivitamist, seiskamist, pöörlemiskiiruse muutmist ja pöörlemissuuna muutmist. Mootori töö juhtimine võib toimuda käsitsi, poolautomaatselt või siis automaatselt.

Elektrimootori töö käsitsi juhtimisel käsitseb inimene vahetult mootori käivitus-, seiskamis- ja reguleerimisseadmeid. Käsitsi juhtimise lihtsamateks seadmeteks on pakettlülitid, vinnaklülitid, käivitus- ja reguleerimisreostaadid, ümberlülitid mootori ümberlülitamiseks tähtühendusest kolmnurkühendusse (tüüp ПЗТ), mootori pöörlemissuuna muutmiseks, pöörlemiskiiruse muutmiseks jne.

Kui mootorit on tarvis sagedasti käivitada, siis kuluvad harilikud ümberlülitid kiiresti läbi. Seepärast kasutatakse sellistes olukordades (näit. perioodiliselt töötavad kraanamootorid, trammi-

mootorid jne.) eri tüüpi ümberlüliteid, mis on palju vastupidavamad. Selliseid lüliteid nimetatakse kontrolleriteks (joon. 161). Sellised kontrollerid asuvad mootori juhi (trammijuhi või kraanajuhi) kabiinis.



Joon. 161. Kontrolleri üldvaade ja skeem.

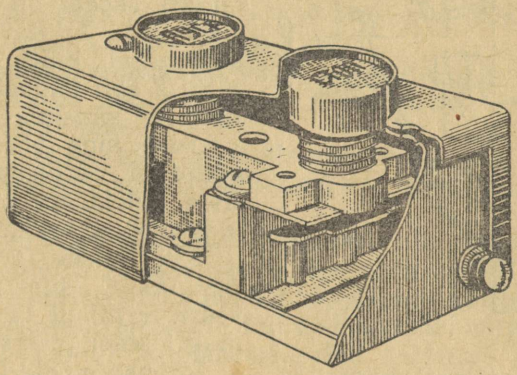
Kontrolleri trumlile on kinnitatud vasksegmendid, mis on omavahel kindlaksmääratud viisil ühendatud. Trumli pööramisel satuvad segmentidele vetruvad ühendusliistud, mis lülitavad mootori võrku, siis aga lühistavad käivitus- või reguleerimisreostaadi sektsioone, muutes sellega mootori pöörlemiskiirust, andes ühe- või teisesuunalise pöörlemise või pidurdades teda (elektriliselt).

§ 28. KONTAKTORID JA MAGNETKÄIVITID

Elektrimootorite juhtimiseks kasutatakse tänapäeval distantsjuhtimist (välja arvatud käsitsi juhtimine vinnaklülitite ja kontrollerite abil). Selline juhtimine toimub poolautomaatseadmete abil. Nende esemete hulka kuuluvad lülitid ja kontaktorid. Kõik tänapäeval kasutatavad tööpingid on varustatud selliste seadmetega.

Kontaktoris pole mitte üks, vaid kaks vooluringi — esiteks pea- ehk jõuvooluring, millesse kuuluvad kontaktori peakontaktid ja elektrimootori mähised, ja juhtimisvooluring, millesse kuuluvad käivitus- ja seiskamiskäsku edasiandvad lülitid, mis on ühendatud kontaktori elektromagnetiga.

Pea- ehk jõuvooluringis on harilikult tegemist küllalt tugeva vooluga, eriti võimsate elektrimootorite korral. Juhtimisvooluringis aga on vaja ainult sellist voolu, mis on küllaldane elektromagnetite südamike magnetiseerimiseks sellise tugevusega, et jõuvooluringi kontaktid sulguksid. See võimaldab käsklust edasiandva seadme (näiteks lüliti) asetada mootorist küllalt kaugele.



Joon. 162. Distantsjuhtimise nupplüliti.

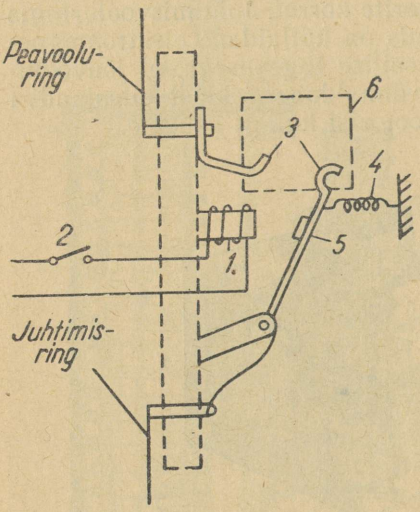
Tugeva voolu ja eriti kõrge pinge korral on mootorite lülitamine ja väljalülitamine vinnaklülitite ja kontrollerite abil ohtlik. Seepärast on võimsate mootorite ja teiste võimsate elektriseadmete juhtimiseks ohutustehnika seisukohalt märgatavalt parem kasutada distantsjuhtimist vastavate seadmete (töökontaktorite ja neid juhtivate seadmete — lülitite, komandokontrollerite, juhtimiskontaktorite jne.) abil.

Juhtimislüliti (joon. 162) ehitus on küllalt lihtne. Selle käivituskontaktid on normaalolukorras teineteisest eraldatud. Vajutamisel nupule «Пуск» («Käik») surutakse need kontaktid teineteise vastu ning juhtimisvooluring sulgub. Mööda vooluringi hakkab liikuma vool, mis paneb tööle käivituskontaktorid ning mootor lülitub elektrivõrku.

Lüliti «Стоп» («Seis») kontaktid on normaalolukorras teineteise vastu surutud ja nende kontaktoritega ühendatud vooluringis kulgeb pidevalt vool, mis hoiab sellesse vooluringi lülitatud kontaktorit suletud asendis. Vajutades nupule «Стоп» katkestame selle vooluringi, kontaktor lahutab viivitamatult peavooluringi kontaktid ning mootor jääb seisma. Komandokontrollerid ei erine oma töö-

põhimõttelt millegagi varemvaadeldud jõukontrolleritest. Nad on viimastest ainult märgatavalt väiksemad, sest teda läbivad nõrgad juhtimisvoolud, mitte aga mootori toitevool.

Nagu juba märgitud, on distantsjuhtimisel vaja veel käskude täitevmehhanisme. Need seadmed, saanud vastava käsu, kas lülitavad sisse või välja jõuvooluringi. Sellisteks täitevmehhanismideks on ülalnimetatud kontaktorid ja magnetkäivitid.



Joon. 163. Kontaktori skeem.

Jõuvooluringi ühe juhtme ühendamiseks kasutatava kontaktori skeem on toodud joonisel 163. Juhitava vooluringi sulgemisel lüliti või vinnaklüliti *2* abil tõmbab elektromagneti *1* südamik enda külge ankru *5* ning ühendab peakontaktid *3*, millega lülitatakse sisse elektrimootori toitering ning mootor hakkab tööle.

Kui juhtiv vooluring katkestatakse, siis katkestatakse vedru *4* mõjul ka jõuvooluring ning mootor jääb seisma.

Võimsa mootori korral tekib kontaktide *3* vahel tugevast voolust tingituna sädelahendus. Selle kustutamiseks paigutatakse kontaktid *3* spetsiaalsesse kambrisse *6*, mis summutab sädelemise kontaktide vahel.

Sageli saab juhtimisvooluring oma voolu samast elektrivõrgust, kust mootorgi. Mõnikord aga kasutatakse juhtimisvoolu saamiseks spetsiaalset madala pingega alalis- või vahelduvvooluallikat.

Äsjavaadeldud kontaktorite kõrval kasutatakse veel nn. magnetkäiviteid. Kõige sagedamini kasutatakse neid mitmesuguste metallitöötlemispinkide elektrimootorite käivitamiseks ja seiskamiseks. On ka selliseid magnetkäiviteid, mille abil on võimalik muuta mootori pöörlemise suunda.

Nende käivitite poolid, millede abil liikuvad kontaktid ühendatakse kindlalt liikumatutega, on arvestatud pingele 127 V, 220 V, 380 V või 500 V.

Peale normaalse väljalülitamise nupule «Стоп» vajutamisel ja avariiväljalülitamisel ülemäära suure koormuse korral lülitab magnetkäiviti mootori välja ka pinge järsul kadumisel. See hoiab ära mootori ja tema poolt käitavate seadmete ootamatu iseenesest käivitumise pinge taastumisel elektrivõrgus. Magnetkäiviti katkestab jõuvooluringi mitte ainult pinge täielikul kadumisel, vaid ka pinge tunduva alanemise korral (alla 50% nimipingest).

Magnetkäiviti ehitust, tema skeemi ja tööpõhimõtet käsitleb praktiline töö nr. 24.

§ 29. ELEKTROMAGNETILINE RELEE

Elektriseadmete poolautomaatsel ja automaatsel juhtimisel kasutatakse väga laialt spetsiaalset seadet — nn. releed.

Igasuguse relee tööpõhimõte on järgmine. Saanud mingisuguse välise signaali, rakendab relee töösse oma täitevmehhanismi, mis sulgeb juhtimisvooluringi lülitatud kontaktid. See kutsub omakorda esile mingisuguse muutuse elektriseadme töös, mida antud relee kas kontrollib, kaitseb või siis juhib.

Releede konstruktsioone on väga palju. Elektriseadmete juhtimiseks kasutatavad mitmesugused releeseadmed võib jaotada kolme järgmisse rühma.

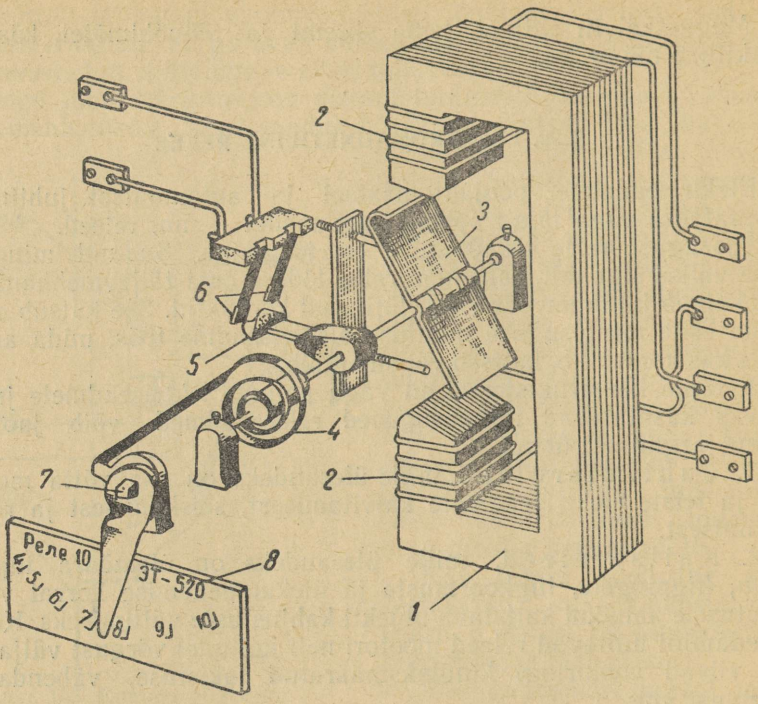
1. Juhtimisreleed, mille ülesandeks on osa võtta mootorite ja teiste elektriseadmete käivitamisest, seiskamisest ja reguleerimisest.

2. Kaitsereleed, mille ülesandeks on ülemäära tugeva voolu, liigpingete, liigkoormuste ja ülekuumenemise korral võtta kasutusele abinõud kaitstava objekti kahjustuste vältimiseks. Kõige sagedamini lülitavad releed mootori neil juhtudel võrgust välja või siis viivad vooluringi kindlaksmääratud takistuse, vähendavad koormust vms.

3. Signaliseerimis- ja automatiseerimisreleed. Neid kasutatakse automaatseks juhtimiseks ning ühe või teise elektriseadme töö jälgimiseks. Selline relee annab tootmisprotsessis toimunud muutuste tulemusena oma täitevmehhanismile käsu vastavate tööpinkide või mehhanismide töö muutmiseks, et taastada tootmise õige kulgemine. Mõnikord annab selline relee ka korralduse varem kindlakstehtud ja läbimõeldud muutuse tegemiseks ühes või teises protsessis. Ühe või teise seadme töö vaatlemiseks on vaja teada, kuidas tegutsevad selle seadme üksikelemendid. Sellest kõigest teatab teenindavale personalile signaalrelee. Sellised releed on määratud ka häiresignaalide andmiseks temperatuuri, rõhu, voolu jne. sellise (ülemäärase) muutumise korral, mis võib põhjustada avarii.

Vaatleme elektriseadmete kaitsmisel kasutatava maksimaalvoolurelee (tüüp ЭТ-500) ehitust (joon. 164). Selline relee koosneb väljaulatuvate poolustega magnetjuhist (raudsüdamikust) *1* ja poolustele keritud mähistest *2*. Relee teljele on kinnitatud ankur *3*, spiraalvedru *4* üks ots ning liikuv kontakt *5*. Spiraalvedru teise otsaga ühendatud seadehoob *7*, mille pööramisega mööda skaalat *8* saab muuta relee rakendumisele vastavat voolu.

Relee töötab järgmiselt. Kui relee mähiseid läbib vool, siis magnetväli püüab pöörata ankrut vertikaalasendisse. Seda aga takis-



Joon. 164. Maksimaalvoolurelee skeem.

tab spiraalvedru. Alles siis, kui vool mähistes muutub ettenähtust tugevamaks, pöörab magnetväli ankrut nii palju, et liikuv kontakt *5* surutakse vastu liikumatut kontakti *6* ning vooluring sulgub. Suletud vooluring annab impulsi kaitseseadmele, mis vähendab voolu või lihtsalt katkestab voolu kaitstava seadme ringis.

Kirjeldatud relee ülesandeks on takistada elektriseadme ülekoormamist tugeva voolu poolt. Seepärast nimetataksegi seda releed maksimaalvoolureleeks ning kasutatakse harilikult kaitseseadmetes.

Maksimaalvoolurelee kõrval kasutatakse veel minimaalvoolureleed, minimaalpingereleed, aegreleed, termoreleed, maksimaal- ja minimaalvõimsusereleed ja paljusid teisi releetüüpe.

Termoreleed ja aegreleed vaatleme järgmises paragrahvis, kus käsitletakse mootorite poolautomaatse juhtimise printsiipi.

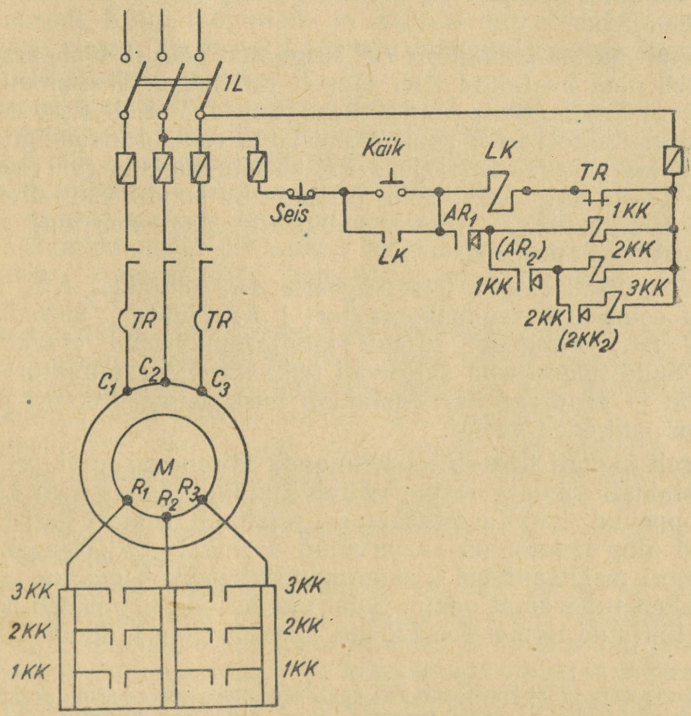
§ 30. MOOTORITE POOLAUTOMAATNE JUHTIMINE

Poolautomaatne juhtimine põhineb eespool vaadeldud magnetkäivitite ja kontaktorite kasutamisel. Need seadmed lülitavad mootori toiteringi sisse või välja ning vastavalt sellele mootorid kas käivituvad või jäävad seisma. Inimese osa seisab siin ainult vastavatele nuppudele («Пуск» või «Стоп» või lihtsalt «П» ja «С») vajutamises.

Kogu järgnev jõuvooluringi lülitamise protsess, käivitusreostaadi sektsioonide järkjärguline väljalülitamine täpselt kindlaksmääratud ajavahemike tagant kuni hetkeni, mil mootor saavutab ettenähtud pöörlemiskiiruse, toimub vastavate vahekontaktorite ja releede abil.

Vaatleme lähemalt kontaktrõngastega asünkroonmootori poolautomaatset juhtimist (joon. 165). Sellise rootoriga asünkroonmootori rootori kontaktrõngastele surutud harjad on ühendatud kolmesektsioonilise käivitusreostaadiga, mille iga sektsioon koosneb mitmest astmest.

Skeemilt on näha, et seadmes on ette nähtud kolm käivitusastet.



Joon. 165. Asünkroonmootori poolautomaatse juhtimise skeem.

See tuleneb sellest, et rootoriga ühendatud (punktid R_1, R_2 ja R_3) reostaatide sektsioonid koosnevad igaüks kolmest astmest, mis on šunditud kiirenduskontaktoritega *1 KK*, *2 KK* ja *3 KK*.

Skeemi parempoolses osas on kujutatud nende kontaktorite juhtimisseadmete elektromagnetite poolid ja peakontaktori *LK* elektromagneti pool. See kontaktor lülitab sisse ja välja mootori staatori toiteringi. Juhtimisseadmete ringi on lülitatud ka termorelee *TR* ja kolme aegrelee (AR_1, AR_2 ja AR_3) kontaktid.

Mootori poolautomaatne käivitamine selle seadme abil toimub järgmiselt. Pärast vinnaklüliti *1 P* käsitsi sisselülitamist vajutatakse juhtimisseadme nupule «Пуск». Selle tulemusena sulgub peakontaktori *LK* vooluring ning kontaktori elektromagnet tõmbab enda poole liikuva ankru, mis on ühendatud peakontaktidega *LK*. Ankru lähenemisel peakontaktid sulguvad ning lülitavad mootori staatori toitevõrku. Mootori võll hakkab väikese kiirusega pöörlema, sest käivitusreostaat on tervikuna lülitatud mootori rootoriringi. Üheaegselt peakontaktide *LK* sisselülitamisega suletakse viimasega koos liikuv blokk-kontakt *LK*, mis on skeemil kujutatud nupu «Пуск» all ning on ühendatud sellega paralleelselt[1]. Selline lülitus võimaldab nupu «Пуск» lahti lasta, ilma et mootor seejuures seisma jääks.

Vahetult pärast kontaktori *LK* sulgumist hakkab tööle aegrelee, mis suleb oma kontaktid AR_1 täpselt kindlaksmääratud ajavahemiku võrra hiljem. Selle kontakti sulgumisel lülitub sisse esimese kiirenduskontaktori *1 LK* poolt. Pooli läbib vool, elektromagnet sulgeb selle kontaktori kontaktid *1 LK* käivitustakistis (vt. reostaadi viimaseid kontaktipaare). Selle tulemusena šunditakse käivitustakisti esimene aste, vool rootori vooluringis tugevneb ning rootori pöörlemiskiirus suureneb.

Analoogiliselt sulgeb teise aegrelee AR_2 kontakt *1 KK*, mis on ehitatud esimese kiirenduskontaktori 1 *KK* juurde, automaatselt pooli 2 *KK* vooluringi samuti kindlaksmääratud ajavahemiku pärast. Selle tulemusena sulguvad teise kiirenduskontaktori 2 *KK* kontaktid ja šundivad käivitustakisti teise astme. Rootori pöörlemiskiirus suureneb veelgi.

Täpselt samuti toimub ka kolmanda kiirenduskontaktori *3 KK* käivitustakisti viimase astme väljalülitamine. Sellega on käivitamine lõppenud, käivitusreostaat on täielikult rootoriringist välja lülitatud ning mootor on saavutanud normaalse pöörlemiskiiruse.

Mootori mehhaanilisel ülekoormamisel hakkab mootor tarbima nimivoolust tugevamat voolu. Selle tulemusena kuumeneb peavooluringi lülitatud termorelee *TR* üle, hakkab tööle ja katkestab oma

[1] Kõigis seda tüüpi kontaktori *LK* pooli skeemides võivad tema peakontaktid ja blokk-kontakt olla erinevate tingmärkidega, kuid on märgitud ühesuguste tähtedega, mis rõhutab nende kuuluvust ühe kontaktori juurde; seesama kehtib ka kiirenduskontaktorite *KK* ja termorelee *TR* kohta.

kontakti *TR* peakontaktori *LK* ringis (skeemil paremal ülal). See põhjustab peakontaktori *LK* ja kõigi kiirenduskontaktorite *KK* kontaktide avanemise. Selle tulemusena lülitatakse mootor võrgust välja, tema rootoriringi aga viiakse automaatselt sisse terve käivitustakisti. Kogu seade on seega valmis uueks käivitamiseks. Kirjeldatud väljalülitamist nimetatakse avariiväljalülitamiseks. Normaalseks väljalülitamiseks vajutatakse nupule «Стоп».

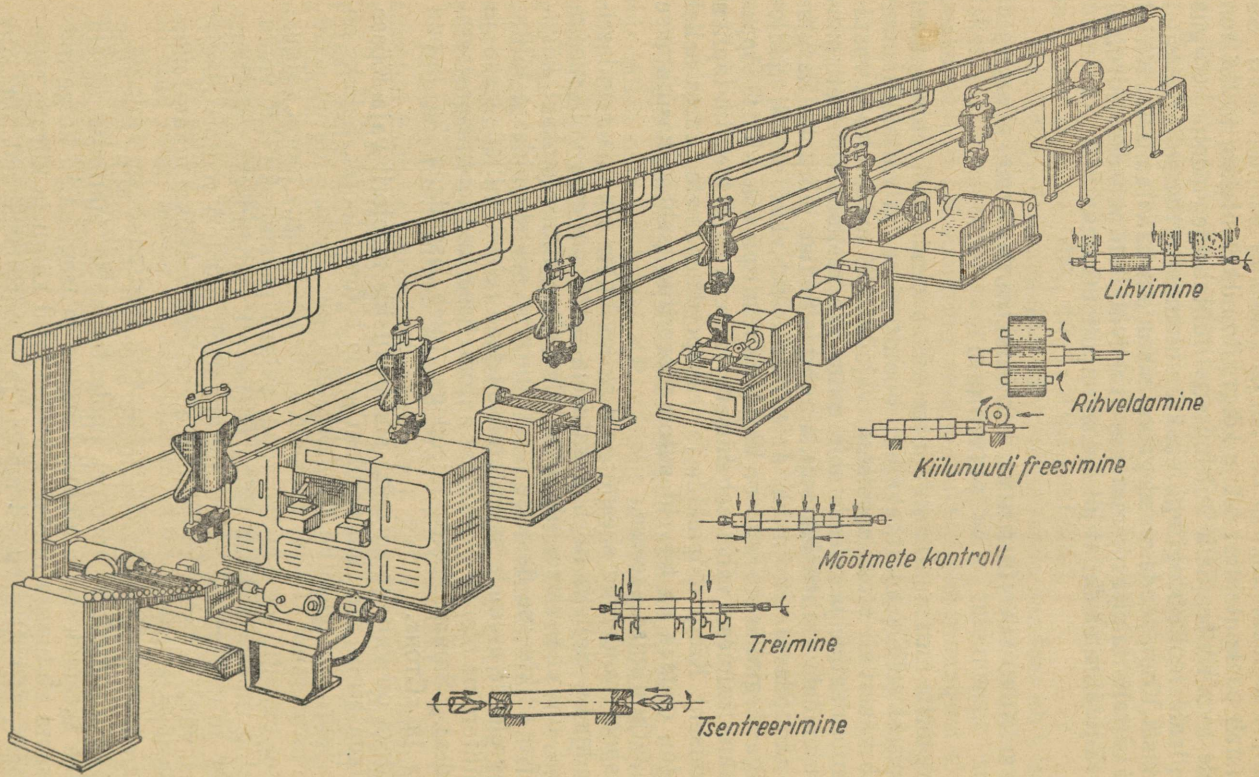
§ 31. AUTOMAATJUHTIMINE. TOOTMISE AUTOMATISEERIMISE PRINTSIIBID

Mootorite automaatne juhtimine erineb nende poolautomaatsest juhtimisest selle poolest, et isegi mootori sisse- ja väljalülitamine toimub vastavalt tootmisprotsessi vajadustele automaatselt vastavate automaatide ja releede abil, mitte aga käsitsi selleks ettenähtud nuppudele (lülititele) vajutamisega. Sellist juhtimist kasutatakse tänapäeval tööpinkide automaatliinides, kus detaili töötlemise iga järgmine operatsioon algab vahetult pärast eelmise lõppemist ilma inimese vahelesegamiseta ja seda kuni detaili lõpliku valmimiseni. Kõigi tööpinkide ja transpordiseadmete juures sellel liinil (on olemas ka terveid automatiseeritud tsehhe) kasutatakse automaatjuhtimise skeeme.

Eespool vaadeldud skeemi pole raske ümber ehitada reguleerimisseadmeks. Selleks tuleb kasutusele võtta suurema võimsusega reostaat, mis ei kuumene üle pikaajalise sisselülituse jooksul, käivitustakisti kõikidesse üksteise järel lülitatud sektsioonidesse lülitatud aegreleede asemele paigutatakse teised releed, millede sisse- ja väljalülitamine oleneb üksikutest automatiseeritud tootmisprotsessi etappidest. Samasuguste releedega tuleb asendada ka nupud «Пуск» ja «Стоп».

Näiteks on valtsimismasina survevaltside mootorit vaja töösse rakendada ainult siis, kui nendeni jõuab hõõguv toorik. Selleks on võllide juurde paigutatud fotorelee, mis on ülalkirjeldatud skeemis asetatud nupu «Пуск» asemele. Lähenev hõõguv toorik valgustab fotoelementi, see alustab tööd, sulgeb peakontakti *LK* vooluringi ning mootor hakkab tööle. Olenevalt valtsimiseks vajalikust kiirusest lülitab vastav relee automaatselt mootori rootori ringist takistusi välja või sisse ning muudab sellega vajalikul määral mootori pöörlemise kiirust.

Tänapäeva automaatikaseadmete skeemid on palju keerulisemad kui siinvaadeldud mootori poolautomaatse juhtimise skeem. Nendesse skeemidesse kuuluvad kümned ja isegi sajad kõige mitmekesisema ehitusega releed ja kontaktorid käigu ja kiiruse reguleerimiseks, samuti arvukad mõõte- ja kontrollseadmed. Ja kõik need seadmed funktsioneerivad nagu mingi üks tööorganism, mille kõik elemendid töötavad inimese poolt rangelt kindlaksmääratud



Joon. 166. Automaatliini skeem.

viisil. Iga rikke korral lülitab see automaatseadmete kompleks välja need mootorid, mida ähvardab mingi hädaoht, ning annab seejuures vastava informatsioonisignaali.

Viimasel ajal on tootmisprotsesside automatiseerimisel hakatud kasutama elektronarvutusmasinaid — «mõtlevaid» masinaid. See võimaldab tunduvalt parandada tänapäeva tootmise automaatset juhtimist. Asi on nimelt selles, et sellised masinad võivad oma arvutusseadmete abil ise lahendada küsimuse — mida teha tootmisprotsessis äkki tekkivate ettenägematute muudatuste korral. Kui tegemist on hädaohutu muutusega, siis masin, analüüsinud välgukiirusel selle küsimuse, annab vastavale releele või kontaktorile protsessi normaliseerimiseks vajaliku korralduse. Selle tulemusena võib tööprotsess, näiteks sulatamine, küll muutuda, kuid tema edasine juhtimine vastavalt uuele olukorrale toimub ikkagi automaatselt.

Ilma elektronarvutusmasinateta automaatikaseadmed lülitavad igasuguse ettenägemata muutuse korral seadmed lihtsalt välja. Selliste automaatikaseadmete juures on olukorra normaliseerimiseks (ja uue juhtimismeetodi väljatöötamiseks) vaja inimmõistuse vahelesegamist.

Meie kodumaa tööstus ja põllumajandus arenevad väga kiiresti. Iga-aastane toodangu juurdekasv on 9—11 protsenti. Selliste tulemuste saavutamisel etendab tähtsat osa meie tehnika kõikide alade automatiseerimine. Praegu töötavad meie maal juba tuhanded automaatliinid (joon. 166) automatiseeritud kõrgahjud, valtsimismasinad, puurtornid, sajad automaattsehhid, on olemas isegi automaattehaseid, täielikult automatiseeritud elektrijaamu ja palju teisi automatiseeritud seadmeid.

Automatiseerimise laialdane rakendamine võimaldab kõigi meie tehaste, vabrikute, kaevanduste, tsehhide ja ehitusplatside töölistel, tehnikutel ja inseneridel täita ja ületada seitsme aasta plaani ülesanded. Mitte asjata ei ole meie rahva seas kasutusel väljend: automaadid — need on seitseaastaku tiivad!

§ 32. RAADIO LEIUTAMINE JA KASUTAMINE

Igal aastal 7. mail pühitsetakse meie maal raadiopäeva. 7. mail 1895. aastal esines Vene Füüsika-Keemiaühingu istungil ettekandega seadisest elektriliste võngete avastamiseks ja registreerimiseks atmosfääris väljapaistev vene füüsik Aleksandr Stepanovitš Popov ning demonstreeris samas esimest raadiovastuvõtjat maailmas. Oma ettekande lõpetas ta sõnadega: «Avaldan veendumust, et minu konstrueeritud seadist võib tema edaspidisel täiustamisel kasutada signaalide edasiandmiseks suurtele kaugustele kiirete elektriliste võngete abil.» Nii tehti ülemaailmse tähtsusega avastus, mis sai raadiotehniliste teadusharude aluseks.

Leiduri visa ning püsiv töö uue sidepidamisvahendi täiustamisel viis ta tervele reale uutele tehnilistele avastustele.

A. Popov teostas esimesena maailmas raadiosignaalide edasiandmise, tõestas raadioside praktilise kasutamise võimaluse, võttis kasutusele antenni ja maanduse. Raadiolainete peegeldamise ja «raadiovarju» avastamine A. Popovi poolt pani aluse raadiolokatsioonile ja raadionavigatsioonile. A. Popovi poolt loodi uus teadusharu — raadiomõõtmised.

Suur Sotsialistlik Oktoobrirevolutsioon lõi võimsa baasi kodumaise raadiotehnika arenemiseks. Nõukogude teadlased, insenerid ja tehnikud, vastates partei üleskutsele, tegid uusi avastusi ning tehnilisi täiustusi raadiotehnika valdkonnas. Tänapäeval töötab meie maal üle kuueteistkümne miljoni raadiosaatepunkti, laialt areneb televisioon. On ehitatud raadiosideliine teineteisest tuhandete kilomeetrite kaugusel olevate punktide vahel. Raadio on leidnud laialdase rakenduse paljudes teaduse, tehnika ja rahvamajanduse harudes.

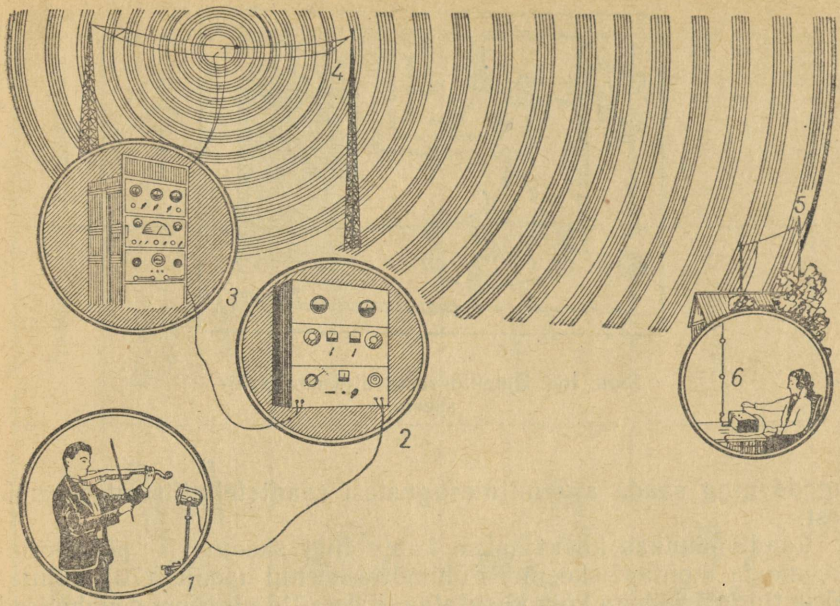
Raadiotehnika saavutusi kasutatakse keerukate elektronarvutusmasinate ehitamisel.

Raadio abil õpitakse tundma maapõue rikkusi, uuritakse atmosfääri ehitust. Raadioseadmeid rakendatakse meditsiinis ja põllumajanduses. Mitmesuguseid raadioseadmeid kasutatakse laialt aatomienergia ja aine ehituse uurimise valdkonnas.

Raadiot kasutatakse suurtes kaugustes asuvate esemete asukoha kindlaksmääramiseks (raadiolokatsioon). Laialdast rakendust on leidnud raadionavigatsioon ning raadiogeodeesia. Raadio on võimsaks abivahendiks teaduslik-tehnilises progressis, kultuuri arendamisel ja laiade masside kasvatamisel.

§ 33. RAADIOSIDE PÕHIMÕTE

Raadiosides kasutatakse kõrgsageduslikke võnkumisi. Nende võnkumiste sagedus on 100 000 hertsist kuni mõne tuhande megahertsini. Selliseid võnkumisi saadakse saatejaamas oleva lampgeneraatoriga, mis on ühendatud saatejaama antenniga. Raadiosaatejaamades kasutatavad saateseadmed on suure võimsusega (joon. 167). Saatejaamas olev mikrofon (paigutatud erilisse ruumi, mida nimetatakse stuudioks) on ühendatud lampvõimendajaga, mis asub stuudio kõrval olevas aparaadiruumis. See võimendaja võimendab mikrofoniringis tekkinud nõrku madalsageduslikke (helisageduslikke) voolu võnkumisi. Võimendatud vool juhitakse juhtmeid mööda raadiojaama, kus toimub madalsageduslike võnkumiste liitmine kõrgsageduslike võnkumistega. Sellist protsessi nimetatakse modulatsiooniks. Selle tulemusena satub saatja antenni moduleeritud kõrgsageduslik võnkumine. Antenni ümbritsevas ruumis tekivad elektromagnetilised lained (raadiolained), mis levivad



Joon. 167. Raadiosaate ja -vastuvõtu skeem. *1* — mikrofon stuudios; *2* — madalsageduse lampvõimendaja; *3* — kõrgsageduse lampgeneraator; *4* — saateantenn; *5* — vastuvõtuantenn; *6* — vastuvõtja.

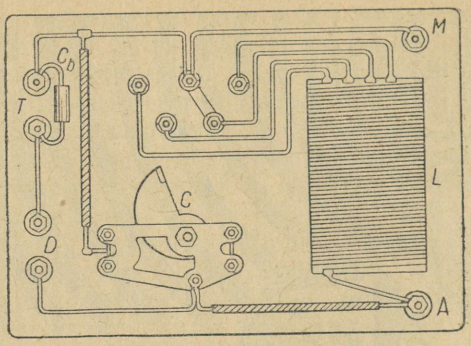
ruumis kiirusega umbes 300 000 $\frac{km}{sek}$. Raadiolained, lõigates oma levikul vastuvõtja antenni, tekitavad selles elektromotoorse jõu, mille muutumise sagedus ja modulatsioon on täpselt samasugune nagu saatejaamas. Antennis indutseeritud elektromotoorne jõud siseneb vastuvõtjasse, kus seda võimendatakse ja demoduleeritakse, s. o. eraldatakse kõrgsageduslikest võnkumistest madalsageduslikud võnkumised, mis muundatakse valjuhääldaja või peatelefonide abil kuuldavaks heliks.

§ 34. RAADIOTEHNILISTE DETAILIDE TINGMÄRGID JOONISTEL

Raadioseadmete tundmaõppimiseks kasutatakse skeeme. Selline skeem võimaldab kergesti välja selgitada raadioseadme põhimõtte, võimaldab kiiresti vastavat seadet monteerida ning remontida.

Selleks et õppida neid skeeme lugema, tuleb kõigepealt teada raadiotehniliste detailide tingmärke. Need tingmärgid on ühesugused kõikidel skeemidel. Mitmesugused raadiotehnilised detailid ja nende tingmärgid on toodud joonisel 169.

Ainult siis, kui hästi tuntakse kõigi üksikosade tingmärke, võib



Joon. 168. Detektorvastuvõtja montaaži-skeem.

lugeda ning saada aru mitmesugustest raadiotehnilistest skeemidest.

Raadiotehnikas kasutatakse kahte liiki skeeme — põhimõtteskeeme ja montaažiskeeme. Põhimõtteskeemil (joon. 170) kujutatakse tingmärkidega kõik kasutatavad detailid ning nendevahelised elektrilised ühendused. Sellise kujutamise juures ei arvestata aga seadme konstruktsioonist tingitud detailide ja ühenduste konkreetseid asukohti. Põhimõtteskeemid on vajalikud raadioaparaadi või mõne teise raadioseadme tööpõhimõtte selgitamiseks ning iga detaili ülesande kindlakstegemiseks. Kasutatakse seda skeemi ka kontrollühendamiseks.

Montaažiskeemil (joon. 168) kujutatakse detaile kas naturaalsuuruses või vastavas vähendusmastaabis neile ettenähtud kohtadel ja märgitakse ära ka nende omavahelised ühendused.

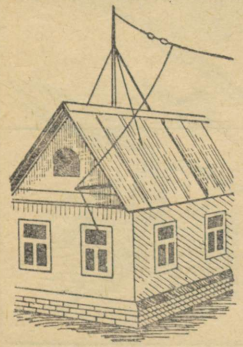
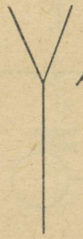
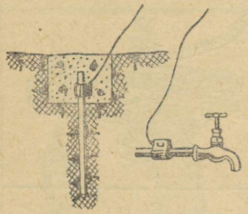
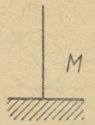
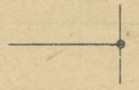
§ 35. DETEKTORVASTUVÕTJA

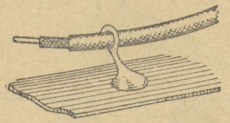
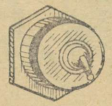
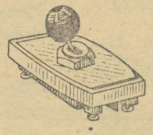
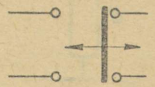
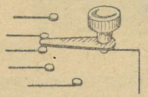
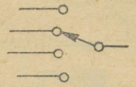
Kõige lihtsama ehitusega vastuvõtjaks on detektorvastuvõtja. Tema põhimõtteskeem on toodud joonisel 170. Detektoraparaat koosneb võnkeringist, mis koosneb poolist *L* ja muudetava mahtuvusega kondensaatorist *C*. Võnkeringiga on sidestatud detektoraste. Detektorastmes asub detektor *D* ja telefon *T*. Paralleelselt telefoniga on ühendatud konstantse mahtuvusega kondensaator.

Antenn ja maandus ühendatakse võnkeringiga.

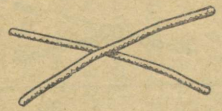
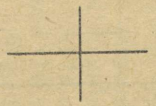
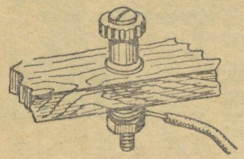
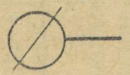
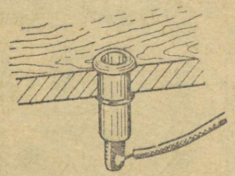
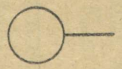
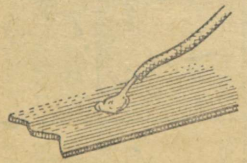
Raadiosaatja poolt tekitatava elektromagnetilise välja mõjul tekivad antennis kõrgsageduslikud elektromagnetilised võnkumised. Need antakse antennist edasi vastuvõtja võnkeringile.

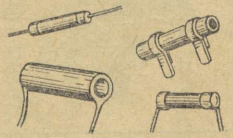
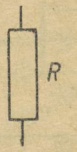
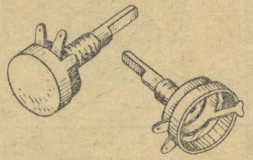
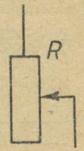
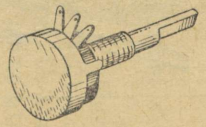
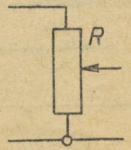
Üheaegselt töötavatest raadiojaamadest ühe väljaeraldamiseks tuleb vastuvõtja võnkering häälestada resonantsi soovitava saate-

Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Antenn	
	Maandus	
	Juhtmete ühendus	

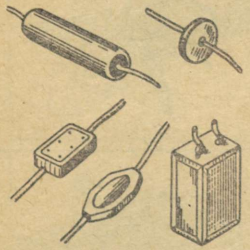
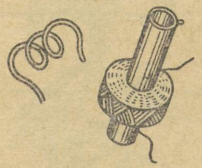
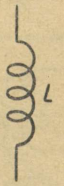
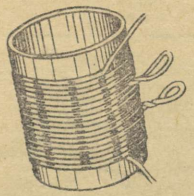
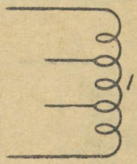
Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Korpusega ühendatud varjestatud juhe	
	Ühepooluseline lüliti	
	Kahepooluseline lüliti	
	Ümberlüliti	

Joon. 169, *a*. Raadiotehnilised detailid ja nende tingmärgid.

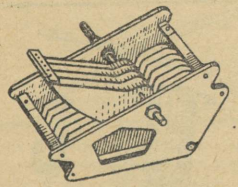
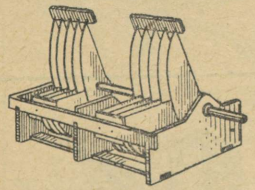
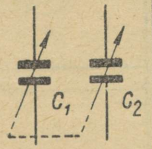
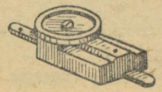
Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Ristuvad ühendamata juhtmed	
	Klemm	
	Puks	
	Ühendus korpusega (maandus)	

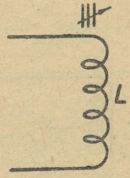
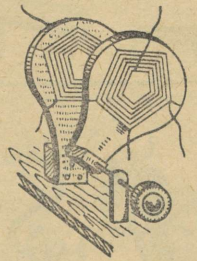
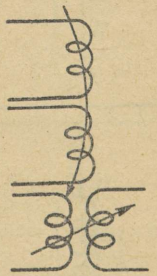
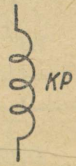
Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Sulavkaitse	
	Hõõglamp	
	Takisti	
	Muudetava takistusega takisti	
	Potentsiomeeter	

Joon. 169, *b*.

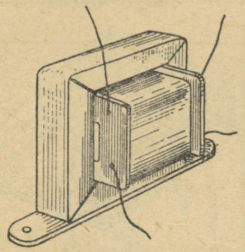
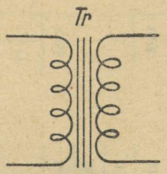
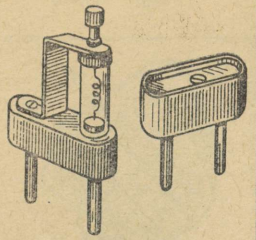
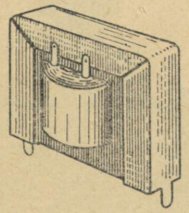
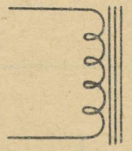
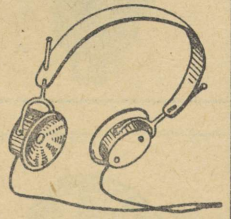
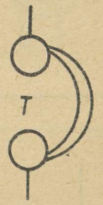
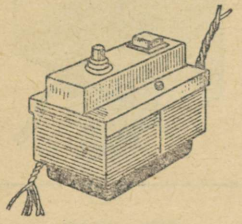
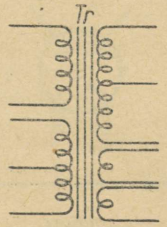
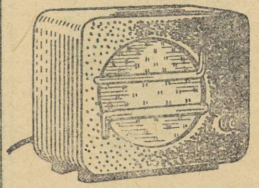
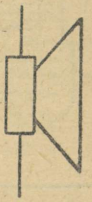
Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk	Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Kondensaator			Pool	
	Elektrolüüt-kondensaator			Väljavõtetega pool	

Joon. 169, *c*.

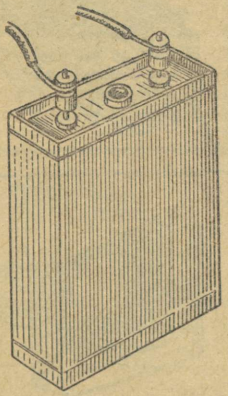
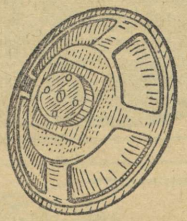
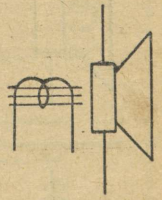
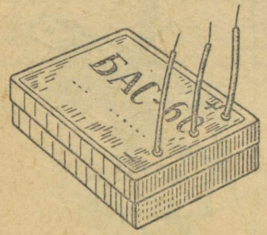
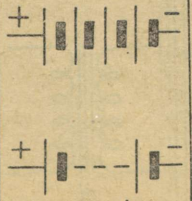
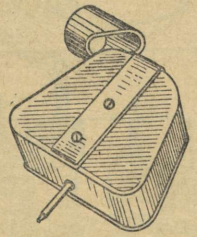
Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Pöörd-kondensaator	
	Kahe sektsiooniga pöörd-kondensaator	
 	Trimmer-kondensaator	

Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Südamikuga pool	
	Induktiivselt sidestatud poolid	
	Kõrgsageduspaispool	

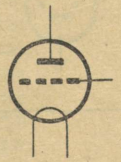
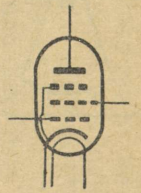
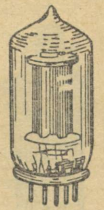
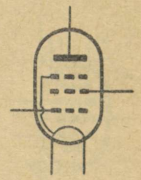
Joon. 169, *d*.

Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk	Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Madalsagedus-trafo			Dedektor	
	Madalsagedus-paispool			Peatelefon	
	Toitetrafo			Valjuhääldaja	

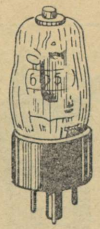
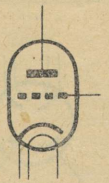
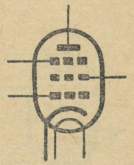
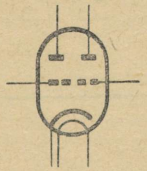
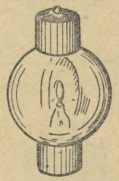
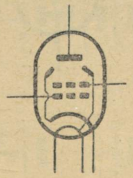
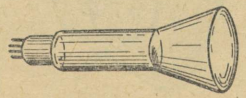
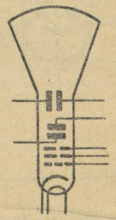
Joon. 169, *e*.

Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk	Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Galvaani element (aku)			Dünaamiline valjuhääldaja	
	Elementide (akude) patarei			Adapter	

Joon. 169, *f*.

Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk	Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Otsese küttega triood			Kaudse küttega pentood	
	Kaksikdiood ehk kahe anoodiga ning eraldi katoodidega kenotron			Otsese küttega pentood	

Joon. 169, *g*.

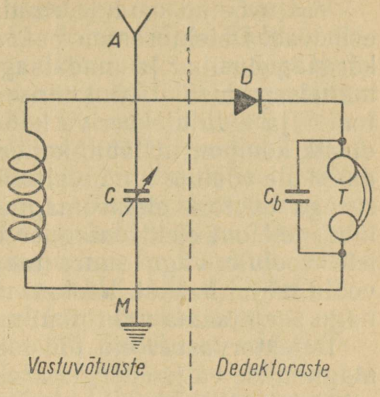
Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk	Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Kaudse küttega triood			Kaudse küttega pentood	
	Kaudse küttega kaksiktriood			Fotoelement	
	Kaudse küttega jugatetrood			Elektronkiire-toru	

Joon. 169, *h*,

jaamaga. Selleks tuleb vastuvõtja võnkeringi sagedus reguleerida võrdseks saatja sagedusega. Füüsikast on teada, et võnkeringis toimuvate elektromagnetiliste võnkumiste sagedus oleneb pooli induktiivsusest L ja kondensaatori mahtuvusest C. Võnkeringi resonantssagedust võib arvutada valemiga

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

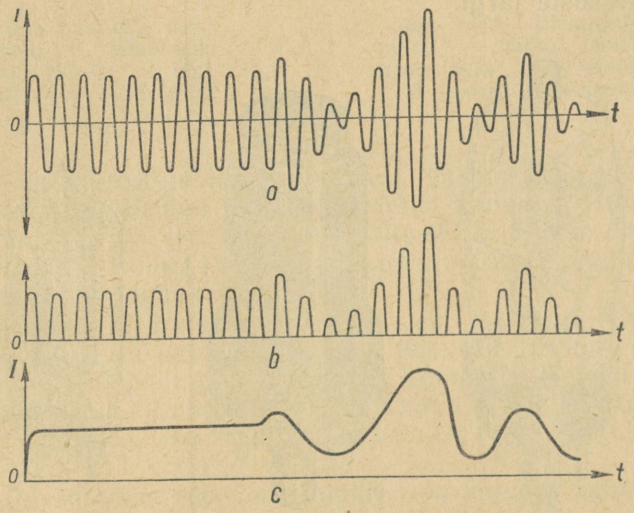
Siin on L pooli induktiivsus henrides ja C kondensaatori mahtuvus faradites; sagedus saadakse sel juhul hertsides.



Joon. 170. Detektorvastuvõtja skeem.

Võnkeringi võib häälestada pooli induktiivsuse L või kondensaatori mahtuvuse C muutmisega (või mõlemaga korraga).

Resonantsi korral võnkeringis tekkivad saatja sagedusega võnkumised (joon. 171) põhjustavad voolu detektorastmes. Detektor juhib voolu ainult ühes suunas, seepärast tekib detektori vooluringis ühesuunaline pulseeriv vool (joon. 171, *b*).



Joon. 171. Detektorvastuvõtja mitmesugustes osades toimuvate võnkumiste graafikud. *a* — võnkumised võnkeringis; *b* — võnkumised pärast detektorit; *c* — võnkumised telefonis.

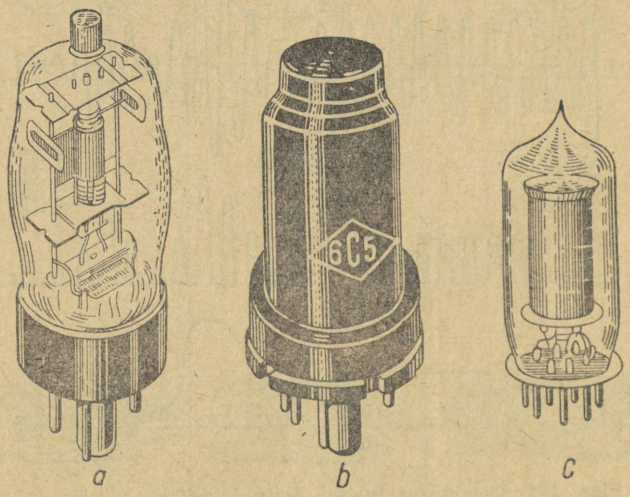
Vastuvõetud moduleeritud võnkumise impulsid on amplituudilt erinevad. Detektorastmes saadud pulseerivat voolu võib vaadelda kõrgsagedusliku ja madalsagedusliku voolu summana. Kõrg- ja madalsagedusliku võnkumise eraldamine teineteisest toimub telefoni T ja teda blokeeriva kondensaatori C_b abil. Voolu kõrgsageduslik komponent läbib kondensaatori C_b, mis avaldab kõrgsageduslikule voolule tunduvalt väiksemat takistust kui suure induktiivsusega telefoni elektromagnetite mähised. Madalsageduslik vool läbib telefoni elektromagneteid, sest kondensaator C_b avaldab sellele voolule väga suurt takistust. Eraldatud madalsagedusliku voolu mõjul hakkab telefoni membraan võnkuma sama sagedusega nagu saatejaama mikrofoni membraan.

Detektorvastuvõtja töö toimub saatja poolt tekitatud elektromagnetilise välja energia arvel. Need vastuvõtjad ei vaja spetsiaalseid vooluallikaid, kuid nende vastuvõtukaugus ei ole suur.

§ 36. ELEKTRONLAMBID

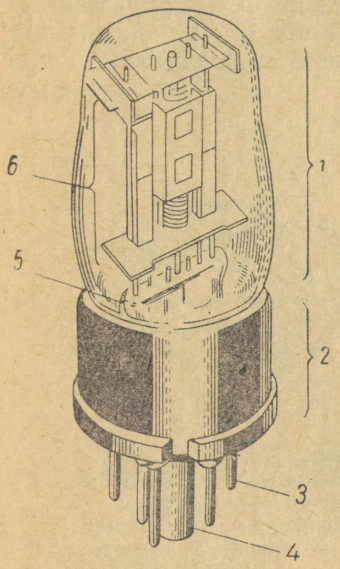
Kiiresti hakkas raadiotehnika arenema pärast elektronlampide leiutamist, milledes kasutatakse hõõguvast katoodist väljuvaid elektrone. Mõjudes väljuvale elektronide voole mitmesuguste elektriväljadega, võib kõrgsageduslikke ja madalsageduslikke voole alaldada, võimendada, genereerida jne.

Elektronlampe liigitatakse elektroodide arvu ning konstruktiivsete iseärasuste järgi.

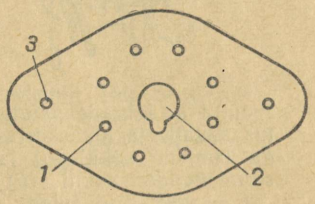


Joon. 172. Tänapäeva elektronlambid. *a* — klaaskestas; *b* — metallkestas; *c* — sõrmlamp.

Elektronlambid on klaas- või metallkestaga (joon. 172). Lambi sisemuses tekitatakse kõrgvaakuum (10^{-8} mm Hg). Elektroodid kinnitatakse liikumatult klaaskannale ja ühendatakse klaasist läbiviidud juhtmetega lambi alumises osas oleva sokli jalgade külge (joon 173). Ühendusjuhtmed joodetakse sokli jalgade külge. Sokli jalad on paigutatud sümmeetriliselt mööda ringjoont. Kõige sagedamini on lambi soklil kaheksa jalga. Osa jalgu võib seejuures ka puududa (nende kohad on soklil tühjad). Võrku lülitatakse elektronlambid erialuse, nn. lambipesa abil. Selleks et sokli jalad satuksid pesa õigetesse aukudesse, on sokli keskkohta kinnitatud nn. võti, lambipesas on aga sellele võtmele vastav ava (joon. 174).



Joon. 173. Elektronlambi osad. *1* — lambi kest; *2* — lambi sokkel; *3* — lambi jalad; *4* — võti; *5* — klaaskand; *6* — elektroodid.

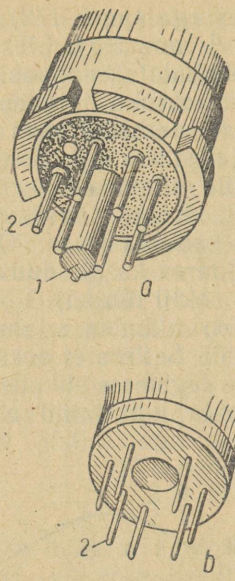


Joon. 174. Elektronlambi pesa. *1* — puksid lambi jalgade jaoks; *2* — võtmeava; *3* — pesa kinnitusavad.

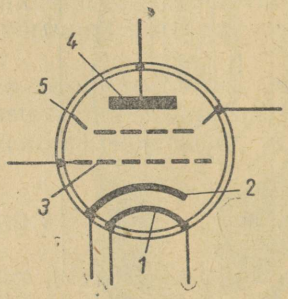
Normaalse suurusega lampide kõrval kasutatakse käesoleval ajal laialdaselt võrdlemisi väikesemõõdulisi lampe — nn. sõrmlampe (joon. 172, *c*). Neil lampidel soklit ei ole. Elektroode ühendavad juhtmed on toodud läbi lambi alumise klaasseina välja. Sokli jalgade asetus on toodud joonisel 175.

Elektronlampe liigitatakse ka katoodi ehituse järgi. Kui kütteniit on samal ajal ka katoodiks, siis on tegemist otseküttega lambiga. Teise lambitüübi juures on katood kütteniidist isoleeritud, viimase ülesandeks on siin ainult katoodi kuumutamine, elektrone see niit välja ei saada. Selliseid lampe nimetatakse kaudse küttega lampideks.

Kõige lihtsamateks elektronlampideks on kahe ja kolme elektroodiga lambid. Esimesi lampe nimetatakse dioodideks ja kenotronideks, teisi trioodideks. Kahe elektroodiga elektronlamp laseb voolu läbi ainult ühes suunas ning teda võib kasutada madal- ja kõrgsagedusvoolude alaldamiseks (alaldajana ja detektorina).



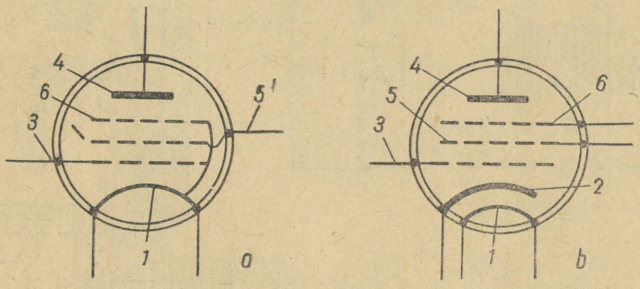
Joon. 175. Jalgade paigutus metall- ja klaaskestaga lampide soklil (*a*) ja sõrmlampide soklil (*b*). *1* — võti; *2* — jalad.



Joon. 176. Nelja elektroodiga elektronlambi skeem. *1* — kütteniit; *2* — katood; *3* — tüürvõre; *4* — anood; *5* — varivõre.

Elektronlampi, milles anoodi ja katoodi vahele on paigutatud kolmas elektrood — võre, nimetatakse trioodiks. Sellel lambil on võimendusomadused ning teda võib seepärast kasutada võnkumiste võimendamiseks ja kõrgsageduslike võnkumiste saamiseks (genereerimiseks). Trioodi kasutamisel kõrgsageduslikes seadmetes ilmnes tõsine puudus — lambi töö ajal andis end halvasti tunda anoodi ja võre vaheline mahtuvus. See puudus on kõrvaldatud nelja võrega elektronlambis, kus anoodi ja esialgse võre (tüürvõre) vahel on veel teine võre (varivõre). Nii saadud nelja elektroodiga elektronlampi nimetatakse tetroodiks (joon. 176). Kuna varivõre on küllalt tihe ning asub anoodi ja tüürvõre vahel, siis väheneb anoodi ja tüürvõre vaheline mahtuvuslik sidestus ning lambi võimendusomadused paranevad. Seepärast on tetrood oma võimendusomadustelt trioodist parem. Kuid ka temal on suuri puudusi. Varivõrele antakse positiivne pinge suurusega 50—70% anoodpingest. Selle tõttu saavad varivõre poole liikuvad elektronid täiendava kiirenduse, läbivad suure kiirusega liikudes selle võre ning lendavad anoodile. Langedes anoodile, löövad nad sealt välja elektrone, nn. sekundaarelektrone. Osa neist elektronidest saab küllalt suure kiiruse ning nad ei pöördu anoodile tagasi, vaid langevad vari-

võrele. Selle tagajärjeks on anoodvoolu nõrgenemine. Seda nähtust nimetatakse dünatronefektiks ning ta mõjub negatiivselt lambi tööle. Dünatronefekti kõrvaldamiseks on varivõre ja anoodi vahele paigutatud veel üks võrdlemisi hõre võre, mis ühendatakse katoodiga kas otse lambi sees või siis väljaspool lampi. Seda võret nimetatakse sulgvõreks. Sulgvõrel on anoodiga võrreldes negatiivne potentsiaal ning ta sunnib sekundaarelektrone anoodile tagasi liikuma. Niisugust viie elektroodiga elektronlampi nimetatakse pentoodiks (joon. 177).



Joon. 177. Viie elektroodiga elektronlambi ehk pentoodi skeem. *a* — otsese küttega pentood; *b* — kaudse küttega pentood. *1* — kütteniit; *2* — katood; *3* — tüürvõre; *4* — anood; *5* — varivõre; *6* — sulgvõre.

Pentoodil on väga hea võimendus ja ta on vaba eelkirjeldatud lampide puudustest. Kasutatakse teda madal- ja kõrgsageduslike võnkumiste võimendamiseks.

Dünatronefekti kõrvaldamiseks võib kasutada ka konstruktsioonilisi muutusi tetroodi juures. Lampe, mille juures dünatronefekt on kõrvaldatud lambi konstruktsiooni muutmise teel, mitte aga viienda elektroodi juurdetoomise teel, nimetatakse jugatetroodideks.

§ 37. VAHELDUVVOOLU ALALDAMINE

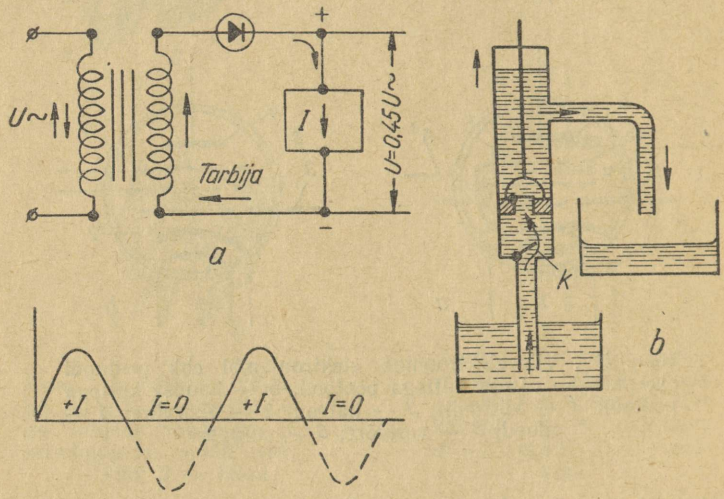
Kaasaegses tehnikas kasutatakse põhiliselt ühefaasilist ja kolmefaasilist vahelduvvoolu. Kuid tänapäeval on olemas ka rida selliseid alasid, kus alalisvoolu kasutamine on kasulikum või on koguni ainuvõimalik. Sellisteks vajadusteks saadakse alalisvoolu vahelduvvoolust muundamise või alaldamise puhul.

Kõige lihtsamaks muundajaks on mootor-generaator. Kadude tõttu kahes pöörlevas masinas on aga mootor-generaatori kasutegur väga madal. Seepärast kasutatakse sagedamini alaldajaid, s. o. liikuvate osadeta seadmeid, mis muundavad (alaldavad) vahelduvvoolu alalisvooluks.

Alaldajad võib liigitada järgmistesse rühmadesse.

1. Pooljuhtalaldajad — vaskoksüüd- (kuproks-), seleen-, germaanium- ja ränialaldajad.
2. Elavhõbealaldajad — klaas- ja metallalaldajad.
3. Lampalaldajad — kenotron- ja gasotronalaldajad.

Viimastel aastatel on eriti laialt hakatud kasutama germaaniumja ränialaldajaid, sest neil on teiste pooljuhtalaldajatega võrreldes rida eeliseid, eriti kõrgsagedusvoolude alaldamisel.



Joon. 178. Ühe suunajaga poolperioodalaldaja skeem.

Iga alaldaja põhiliseks osaks on alaldav element, nõndanimetatud suunaja (joon. 178).

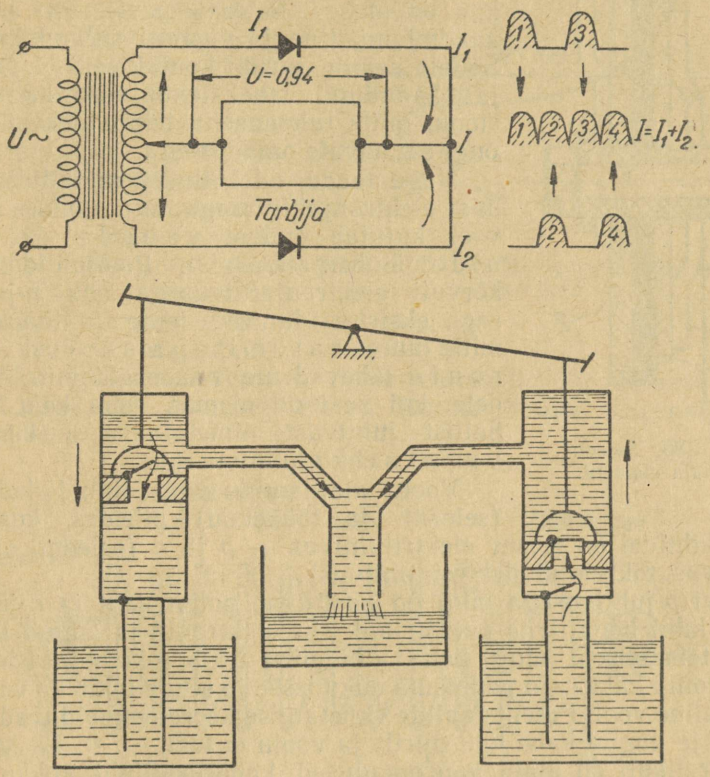
Suunajaks nimetatakse seadet, mis laseb voolu läbi ainult ühes suunas, s. t. on tegemist ühesuunalise juhtivusega.

Suunaja tööd võib võrrelda veepumba klappide tööga, mis lasevad vett liikuda ainult ühes suunas (joon. 178, *b*).

Vahelduvvooluringi lülitatud üks suunaja laseb voolu läbi ainult ühes suunas ja perioodi ühe poole vältel. Perioodi teise poole vältel sulustab alaldav element vooluringi ning vool katkeb. Sellise töö tulemusena saame katkestatud pulseeriva ühesuunalise voolu. Sellise süsteemi järgi koostatud alaldusseadet nimetatakse poolperioodalaldajaks.

Selleks et vee pumpamisel saada vahetpidamata voolavat vett, kasutatakse kahesilindrilist pumpa (joon. 179). Analoogiliselt sellega tuleb katkestamata alalisvoolu saamiseks kasutada alaldusseadet, milles on kaks suunajat (joon. 179), perioodi ühe poole vältel saab tarbija voolu läbi ühe suunaja, joonisel läbi ülemise suu-

naja, teise poolperioodi vältel aga läbi teise, joonisel alumise suunaja. Selliselt koostatud alaldusseadet nimetatakse täisperioodalaldajaks.



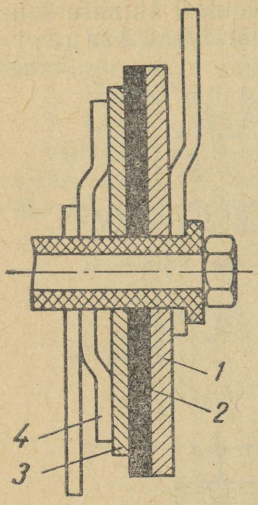
Joon. 179. Kahe suunajaga täisperioodalaldaja skeem.

Alaldatud voolu pulseerimise kõrvaldamiseks kasutatakse silumisfiltreid. Nende seadmete ehitust vaadeldakse edaspidi.

§ 38. POOLJUHTSUUNAJAD

Tänapäeval tuntakse üsna palju pooljuhtsuunajaid, kuid praktilist kasutamist on seni leidnud kuproks-, seleen-, germaanium- ja ränisuunajad. Seleensuunajatel on kuprokssuunajatega võrreldes rida eeliseid. Kui tänapäeval on kusagil tegemist veel kuprokssuunajatega, siis põhiliselt vanades seadmetes.

Seleensuunaja element kujutab endast mitmest kihist koosnevat ümmargust või nelinurkset seibi (joon. 180). Elemendi aluseks ehk



Joon. 180. Seleensuunaja element.

anoodiks on terasest või alumiiniumist plaat *1*, millel asub seleenikiht *2* — halli värvi tahke aine, millel on pooljuhile iseloomulikud omadused. Seleeni peale on asetatud kaadmiumi, tina ja vismuti sulamist seib *3*. Sellele seibile surub kontaktseib *4*. Seleeni ja kaadmiumi vahel tekib keemiline reaktsioon, mille tulemusena tekib tõkkekiht, mis ongi suunavate omadustega.

Nagu teada, on kõikides metallides tegemist elektronjuhtivusega, s. o. nendes kulgev vool kujutab endast vabade elektronide ümberpaiknemist. Pooljuhtides võib kõrvuti elektronjuhtivusega ehk *n*-juhtivusega eksisteerida veel teine juhtivuse liik, mille juures aatomitega seotud elektronid lähevad üle naaberaatomite orbiitidele, kui seal on olemas vaba koht (auk). Sellist juhtivust nimetatakse aukjuhtivuseks ehk *p*-juhtivuseks.

Voolu alaldamine võib toimuda kahe kihi (seleeni- ja tõkkekihi) piirides, kusjuures neil kihtidel on erinev elektrijuhtivus — *p* ja *n* (seleenil on aukjuhtivus, tõkkekihil elektronjuhtivus).

Kui *p*-juhtivusega kihil on positiivne potentsiaal ja *n*-juhtivusega kihil negatiivne potentsiaal, siis elektronid ja augud lähenevad teineteisele ning kahe kihi piiril tekib rekombinatsioon — elektronid hakkavad paiknema aukudesse ja seega tekib ka vastavasuunaline vool. Potentsiaalide vahetamise korral eemalduvad elektronid ja augud kahe kihi piirilt ja voolu ei teki.

Järelikult on alaldavad omadused kahe pooljuhi kokkupuutepiirkonnal, kus esineb nii juhtidele kui ka pooljuhtidele omast elektrijuhtivust. Sellist piirkonda nimetatakse *p*—*n*-siirde piirkonnaks.

Seleenelemendis on seleenil aukjuhtivus, tema ühendil kaadmiumiga — kaadmiumseleniidil ehk tõkkekihil aga elektronjuhtivus. Seleenalaldaja elemendis on kaadmiumi sisaldavast sulamist seib katoodiks ja sellega tuleb ühendada plussjuhe, alumiinium- või terasketas aga on anoodiks ning sellega tuleb ühendada miinusjuhe.

Pooljuhtsuunaja elemendi alaldavaid omadusi iseloomustavad järgmised suurused:

lubatav voolutihedus mA/cm^2;

lubatav vastupinge V;

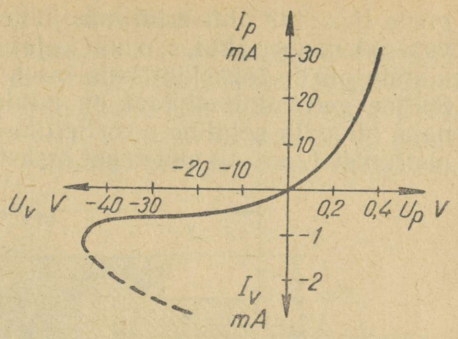
lubatud soojenemisaste;

voltamperkarakteristik (joon. 182) ehk alaldamistegur

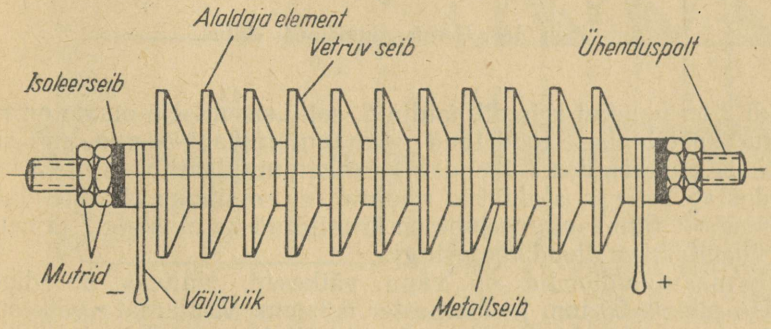
$$k = \frac{I_p}{I_v} = \frac{R_v}{R_p}.$$

Vaatleme toodud suuruste arvulisi väärtusi.

Lubatav voolutihedus on seleensuunajatel 30 mA/cm², lubatav kuumenemine kuni 70°, lubatav vastupinge iga elemendi kohta 22—25 V. Lubatavaks vastupingeks nimetatakse seda pinge maksimaalset suurust, mille ületamisel tekib suunajas läbilöök — tekib vastassuunaline vool (karakteristiku punktiiriga märgitud lõik joonisel 181). Seepärast ühendatakse kõrgemate pingetega voolude alaldamisel järjestikku mitu seleenelementi. Seleenelementidid ühendatakse isoleeritud poldi abil. Joonisel 182 on toodud sellise seleensamba välisvaade.



Joon. 181. Pooljuhtsuunaja voltamperkarakteristik.



Joon. 182. Seleensammas.

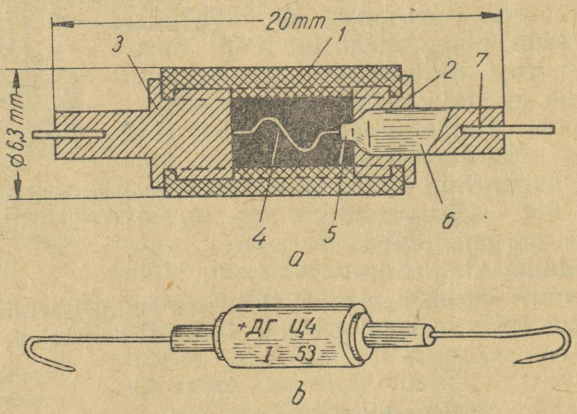
§ 39. GERMAANIUMDIOOD

Germaanium on keemiline element, millel on pooljuhi omadused nagu seleenil ja vaskoksüüdil. Germaaniumi elektrijuhtivus on ühes suunas tunduvalt suurem kui vastassuunas.

Germaaniumis ühesuunalist juhtivust põhjustavad füüsikalised nähtused on mõnevõrra erinevad seleeni ja vaskoksüüdi vastavatest nähtustest, mistõttu germaaniumsuunaja mõõtmed on tunduvalt väiksemad kui samade iseloomustussuurustega seleensuunajal.

Germaaniumdioodi ДГ-Ц4 ehitus on kujutatud joonisel 183. Kui 1—5 mm suuruses germaaniumitükis tekitada mitmesu-

guste lisandite abil erinevate juhtivustega (elektron- ja aukjuhtivusega) naaberkihid, s. o. kui kujundada *p*—*n*-siire, siis tekib nende kihtide piirile tõkkekiht, mis laseb voolu läbi ainult ühes suunas. Selline germaaniumiplaat on miniatuurse kaheelektroodilise suunaja (dioodi) põhiline osa. Selline suunaja koosneb keraamilisest padrunist *1*, mis on mõlemast otsast suletud otsikutega *2* ja *3*. Läbi



Joon. 183. Germaaniumdioodi ehitus.

otsiku *2* on pandud kristallihoidja *6*, selle sisemisele otsale on kinnitatud spetsiaalselt töödeldud germaaniumplaat *5*, mis ongi suunajaks. Kontaktvedru *4* ühendab germaaniumplaati otsikuga *3* ning moodustab sellega alaldatud voolule tee otsikuga *3* ühendatud juhtmega *7*. Samasugune juhe on kinnitatud ka otsikule *2* ja nende abil ühendatakse diood vooluringi.

Germaaniumdioodid on väga väikesed. Näiteks on dioodi ДГ-Ц4 pikkus 20 mm ja diameeter 6,3 mm. Vaatamata väikestele mõõtmetele taluvad sellised seadmed küllalt tugevat voolu, mõned liigid isegi 16—25 A.

Pooljuhtdioode kasutatakse alaldusseadmetes, mis on määratud väga mitmesuguste sagedustega vooludele. Pooljuhtalaldajate (dioodide) ja -võimendajate (trioodide) kasutamine võimaldab ehitada miniatuurseid raadiovastuvõtjaid ja teisi elektriseadmeid.

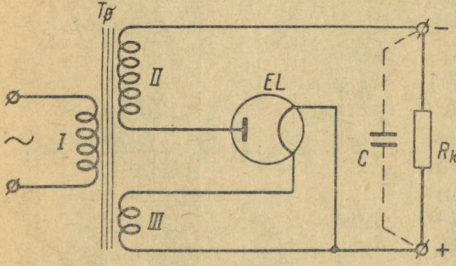
§ 40. KENOTRONALALDAJAD

Vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks kasutatakse raadiotehnikas kahe elektroodiga elektronlampe — kenotrone. Kasutatakse neid nii poolperioodalaldajates kui ka täisperioodalaldajates. Harilikult on alaldamise juures vaja muuta ka pinget, seepärast kasutatakse alaldajates kenotroni kõrval veel trafot.

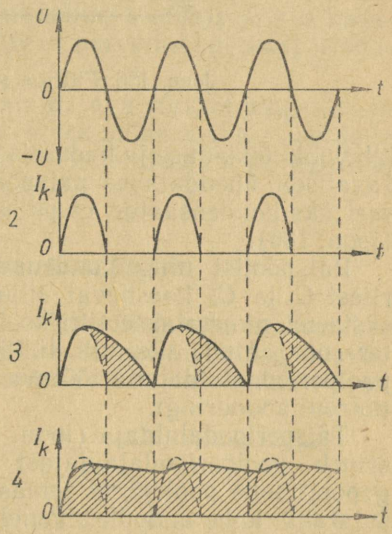
Poolperioodalaldaja skeem on toodud joonisel 184.

Kujutatud alaldajas kasutatakse kolme mähisega trafot. Primaarmähis *I* lülitatakse vahelduvvooluvõrku. Sekundaarmähiseid on sellel trafol kaks, üks neist on väikese keerdude arvuga (*III*), teine aga suure keerdude arvuga (*II*). Viimase ülesandeks on pinge tõstmine. Kui primaarmähis lülitada vahelduvvooluvõrku, siis indutseeritakse sekundaarmähistes elektromotoorne jõud, ja kui sekundaarmähiste ringid on suletud, siis ka vool. Mähises *III* indutseeritud vool toidab kenotroni kütteniiti. Mähises *II* indutseeritud elektromotoorne jõud mõjub kenotroni anoodile ja koormusele. Ühe poolperioodi vältel on anoodi potentsiaal positiivne ning anoodringis (trafo mähis *II*, kenotron, koormus) on vool.

Järgmise poolperioodi jooksul on anood laetud negatiivselt ning vooluringis voolu ei ole. Järelikult läbib vooluringi lülitatud tarbijat pulseeriv ühesuunaline vool. Selle voolu graafik on toodud joonisel 185, *2*. Sellist pulseerivat voolu raadiovastuvõtjates kasutada ei saa, sest see tekitab tugeva häire, nn. võrgumüra. Pulseerimise vähendamiseks (silumiseks) lülitatakse koormusega paralleelselt kondensaator *C* (joon. 184). Voolu olemasolu korral anoodringis laetakse kondensaator. Selle poolperioodi vältel, mil anoodringis voolu ei ole, toimub kondensaatori tühjendamine, mistõttu tarbija saab ka selle poolperioodi jooksul voolu.

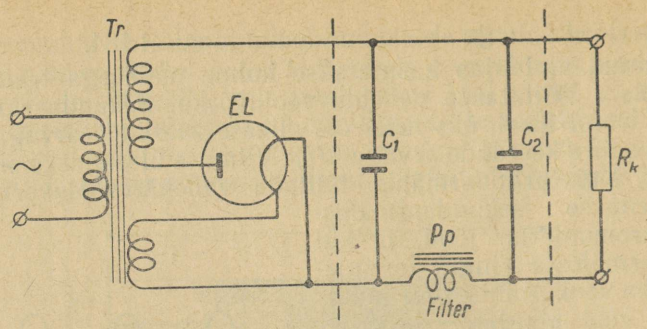


Joon. 184. Poolperioodalaldaja skeem.



Joon. 185. Poolperioodalaldamise graafikud. *1* — anood-vahelduvpinge; *2* — pulseeriv vool koormusringis; *3* — pulseeriv vool kondensaatorit sisaldavas koormusringis; *4* — vool filtriga vooluringis.

Pulseeriva voolu paremaks silumiseks lülitatakse tarbijaga järjestikku suure induktiivsusega pool (raudsüdamikuga). Sellist pooli nimetatakse paispooliks. Selline suure induktiivsusega pool aeglus-

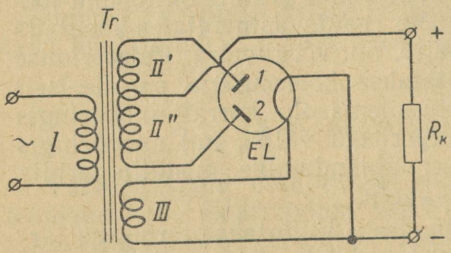


Joon. 186. Filtriga poolperioodalaldaja skeem.

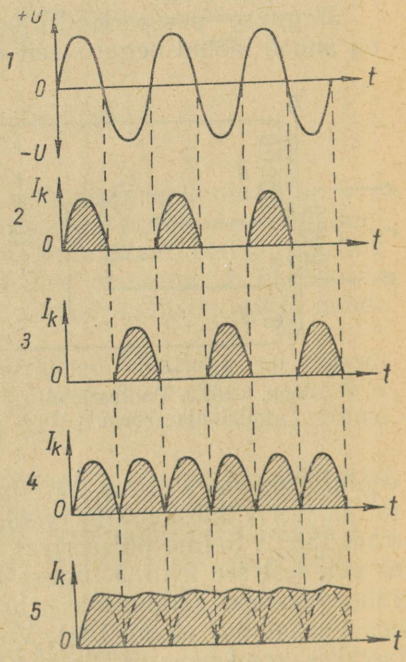
tab voolu tekkimise ja kadumise protsessi ning järelikult silub seda. Tavaliselt ühendatakse paispooli järel paralleelselt koormusega veel üks kondensaator, et pulseerivat voolu veelgi paremini siluda (joon. 186).

Paispoolist ning kondensaatoritest C_1 ja C_2 koosnevat silumissüsteemi nimetatakse filtriks. Filter on antud skeemil lülitatud poolperioodalaldajana töötava kenotroni anoodringi.

Täisperioodalaldaja (joon. 187) erineb poolperioodalaldajast kõigepealt selle poolest, et temas kasutatakse kahe anoodiga kenotroni ning trafo pinget tõstval sekundaarmähisel *II* on tehtud keskelt väljavõte. Kui sekundaarmähise *II* ülemises otsas indutseeritakse positiivne elektromotoorne jõud, siis alumises otsas on see nega-



Joon. 187. Täisperioodalaldaja skeem.



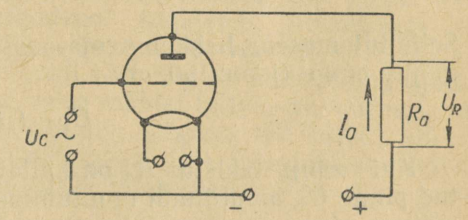
Joon. 188. Täisperioodalaldamise graafikud. *1* — anoodile mõjuv pinge; *2* — esimese anoodi vool; *3* — teise anoodi vool; *4* — pulseeriv vool koormusringis; *5* — vool filtriga koormusringis.

tiivne. Seejuures läbib vool kenotroni suunaga anood *1* — katood, satub siis tarbijasse R_k ja sealt tagasi mähise keskpunkti. Seega töötab esimese poolperioodi jooksul sekundaarmähise üks pool *II'*. Teise poolperioodi jooksul on olukord vastupidine. Positiivselt laetakse nüüd anood 2 ning vool kulgeb sellelt anoodilt katoodile, sealt edasi tarbijasse R_k ning lõpuks jälle sekundaarmähise keskkohta. Selle poolperioodi jooksul töötab sekundaarmähise teine pool *II''*. Eeltoodust nähtub, et tarbijat läbib pulseeriv vool mõlema poolperioodi vältel (joon. 188, *4*). Kui sellise alaldaja juures kasutada filtrit, siis toimub silumine tunduvalt paremini kui poolperioodalaldajas (joon. 188, *5*).

Et alaldamisel saada poolperioodalaldajaga võrdset pinget, peab täisperioodalaldaja trafo pinget tõstva sekundaarmähise keerdude arv olema kaks korda suurem kui poolperioodalaldaja trafo vastaval mähisel.

§ 41. MADALSAGEDUSVÕIMENDAJA

Kõrg- ja madalsageduslike pingete võimendamiseks kasutatakse laialdaselt trioodi [1]. Vaatleme trioodi kasutamist madalsagedusvõimendajates. Sellise võimendaja lihtsaim skeem on toodud joonisel 189. Trioodi tüürvõrele rakendatakse võimendatav vahelduvpinge. Anoodringi lülitatakse tarbija, mis skeemil on märgitud tähisega R_a. Sellele tarbijale mõjub võimendatud pinge. (Kui saadud võimendus pole küllaldane, siis tuleb selle lambi anoodringi pinge rakendada järgmise lambi tüürvõrele ning võimendada veel teistkordselt.)

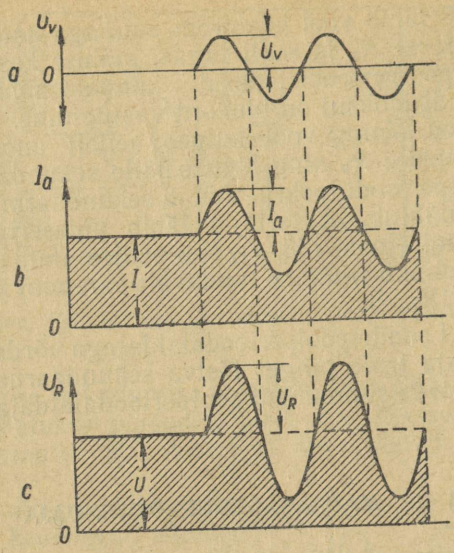


Joon. 189. Trioodiga madalsagedusvõimendaja skeem.

Trioodi koos tarbijaga, millele rakendatakse võimendatud pinge, nimetatakse võimendusastmeks.

Kui võrele ei mõju muutuv pinge, siis kulgeb anoodringis konstantne vool (joon. 190, *b*). Tarbijal tekib sel korral konstantne pingelaeng *U* (joon. 190, *c*). Anoodring saab oma energia anoodvoolu allikalt. Kui nüüd tüürvõrele mõjub vahelduvpinge (joon. 190, *a*), siis anoodvool võrepinge amplituudi suurenemisel tugevneb, pinge amplituudi vähenemisel aga nõrgeneb (joon. 190, *b*). Anoodvool hakkab pulseerivalt muutuma, korrates pinge muutumist võrel.

[1] Kõrgsageduslikes võimendusseadmetes annab paremaid tulemusi pentood, seepärast asendatakse triood nendes seadmetes pentoodiga.



Joon. 190. Võimendusprotsessi graafikud. *a* — tüürvõre vahelduvpinge; *b* — vool anoodringis; *c* — anoodringi lülitatud koormusele mõjuv pinge.

Selle tulemusena hakkab sama sagedusega pulseerima ka tarbijale mõjuv pinge (joon. 190, *c*).

$$U_R = I_a R_a.$$

Kui tarbija takistus R_a on küllalt suur, siis on temale rakendatud pinge U_R amplituudi muutumine palju kordi suurem tüürvõrele mõjuva pinge amplituudi muutumisest. See suhe iseloomustab võimendusastme tööd. Seda suhet nimetatakse võimendusastme võimendusteguriks K.

Vaatleme arvulist näidet. Tüürvõrele rakendatakse vahelduvpinge amplituudiga $U_v = 0{,}5$ V. Selle tulemusena tekib anoodvoolu pulseerimine amplituudiga $I_a = 1$ mA. Kui tarbija takistus on 10 000 Ω, siis tarbijale mõjuva pinge amplituud

$$U_R = I_a R_a = 0{,}001 \cdot 10\,000 = 10 \text{ V}.$$

Järelikult saadi 20-kordne võimendus, sest

$$K = \frac{U_2}{U_v} = \frac{10}{0{,}5} = 20.$$

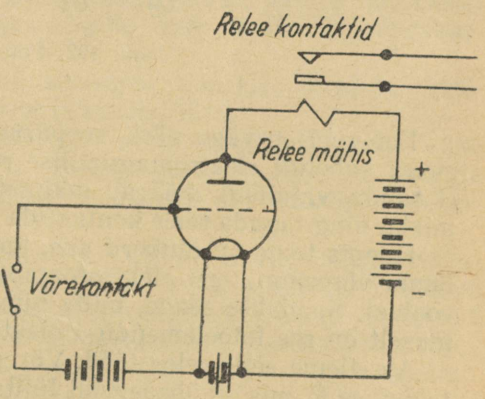
Võimenduseks vajalik energia saadakse anoodvoolu allikast. Energiakulu tüürvõrel on minimaalne.

§ 42. ELEKTRONRELEE EHITUS JA TÖÖPÕHIMÕTE

Elektronlampe kasutatakse laialdaselt raadiotehnikas, raadiolokatsioonis ja paljudes teistes teaduse ja tehnika valdkondades. Viimasel ajal on neid hakatud kasutama ka tootmisprotsesside juhtimiseks tööstuses. Selle tulemusena on tekkinud tööstuslikud elektroonikaseadmed, kusjuures lampvõimendajate ja -alaldajate kõrval on levinumateks selletaolisteks seadmeteks elektronlambiga releed ja fotoreleed.

Tavaliste kontaktide süsteemiga elektronmagnetilise releega võrreldes on elektronlambiga releel ehk elektronreleel rida eeliseid. Kõigepealt tarbivad nad oma töös väga nõrka voolu, signaali andmiseks ta peaaegu üldse ei tarbi energiat ning lõpuks — seade lülitub töösse hetkeliselt, sest seadme põhiline lüli — elektronlamp — on inertsivaba. Sellise relee vooluringi kontaktide sulgemiseks jätkub mõne milligrammi suurusest jõust, s. o. tuhandeid kordi väiksemast jõust kui elektromagnetilise relee kontaktide sulgemiseks vajalik jõud. Mitte ühtegi ilma elektronlambita releed ei saa sisse lülitada mõõteriista osuti kõrvalekaldumise jõuga, elektronlambiga releed aga saab. See aga tähendab, et mistahes mõõteriist võib olla elektronreleele töö alustamise impulsi andjaks.

Elektronrelee töötamine põhineb kas kolmeelektroodilise elektronlambi lukustamisomadusel või siis elektronide voo järsul võimendamisel, mille tõttu anoodvool tugevneb. Anoodringi on aga lülitatud elektromagnetilise relee mähis või mõni muu täitevseade. Kui näiteks elektronlambi võrering on katkestatud (joon. 191), siis on elektromagnetilise relee mähist toitvas anoodringis nii nõrk vool, mis ei suuda relee kontakte sulgeda. Sel hetkel, kui on tarvis neid kontakte sulgeda, lülitatakse sisse (see toimub väikese jõu mõjul) lambi tüürvõrering, mille tulemusena võre saab positiivse potentsiaali, katoodilt väljuvatele elektronidele antakse suurem kiirendus ning anoodvool tugevneb vajaliku väärtuseni. Selline vool suudab magnetiseerida elektromagnetilise relee raudsüdamiku sellise tugevusega, mis sulgeb relee kontaktid. Relee väljalülitamiseks on küllalt võreringi katkestamisest, sest selle tulemusena anoodvool nõrgeneb järsult ning elektromagnet vabastab kontaktid.



Joon. 191. Elektronlambiga relee skeem.

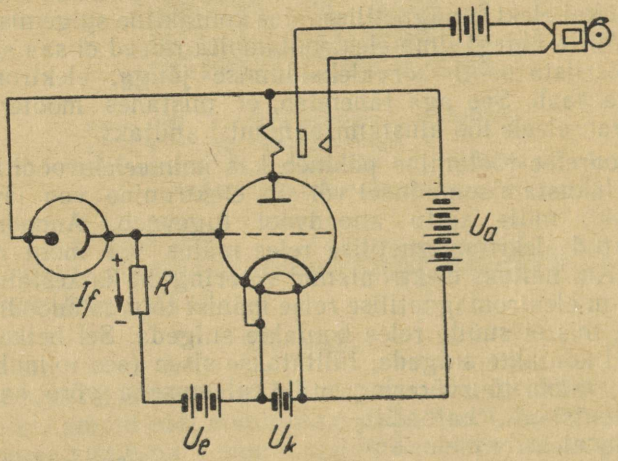
Nagu selgub eeltoodud

kirjeldusest, kasutatakse siin kolme elektroodiga elektronlambi võimendusomadust.

Elektronlambiga releed leiavad ikka laialdasemat kasutamist kõikvõimalikes automaatikaseadmetes, programmjuhtimisega tööpinkide ja seadmete juures, toodangu kontrollimise automaatseadmetes, elektronarvutusmasinates, laevade, lennukite ja rakettide raadio teel juhtimise seadmetes.

§ 43. FOTORELEE EHITUS JA TÖÖPÕHIMÕTE

Kõik fotoreleed põhinevad fotoelementide valgustamise tulemusena tekkival fotovoolul. Füüsikast on teada, et valgustundlikule katoodile langev valgus lööb sealt välja vabu elektrone, mis anoodile liikudes põhjustavad elemendi vooluringis voolu.



Joon. 192. Fotorelee skeem.

Fotovool on väga nõrk, seepärast pole mõtet ühendada fotoelementi vahetult elektromagnetilise relee vooluringi. Nõrk fotovool ei suuda vajalikul määral magnetiseerida elektromagneti südamikku ning tagada relee kontaktide sulgemist.

Hoopis teine on olukord siis, kui lülitada fotoelement elektronlambi võreringi, sest elektronlambi juhtimiseks jätkub ka nõrgast voolust. Saadakse seade, mida nimetatakse fotoreleeks. Oma olemuselt on see fotoelemendiga elektronrelee (joon. 192).

Vaatleme selle relee tööd. Võrepatarei P_v annab läbi koormustakistuse R, mis on üheaegselt lülitatud ka fotoelemendi vooluringi, võrele negatiivse potentsiaali ning lukustab sellega lambi. Anoodringis, mis antud skeemi järgi juhib signaalkella tööd, on sellises

olukorras nii nõrk vool, mis signaali ei suuda anda. Kui fotoelemendile langeb vool, siis tekib selle vooluringis fotovool.

Fotovool tekitab koormustakistust R läbides sellele pingelangu, mis on vastupidine patarei P_v mõjuga. Nende pingelangude koosmõju tulemuseks on võre negatiivse potentsiaali vähenemine või koguni nulliks muutumine. Tugeva fotovoolu korral, mis tekib fotoelemendile langeva tugeva valguse mõjul, võib võre saada koguni positiivse potentsiaali. Sel juhul ei ole lamp enam lukustatud ning lambi anoodringis tekib sellise tugevusega vool, mis on küllaldane kõlisti kontaktide sulgemiseks. Kõlisti hakkab helisema, märkides sellega, et fotoelemendile langes tugev valgusvoog.

Sellist seadet võib kasutada automaatikas, näiteks metallitöötlemispingile etteantavate toorikute varu lõppemise teadustamiseks. Kui seada näiteks tööpingile liikuvad toorikud fotoelemendi ja valgusallika vahele, siis ei pääse valgus fotoelemendile ning fotoelement on suletud. Kõlisti seejuures muidugi ei tööta. Kui aga kõik toorikud on liikunud tööpingile, siis pääseb valgus fotoelemendile, fotorelee hakkab tööle ning kõlisti annab märku, et on aeg täiendada toorikute tagavara, sest muidu töötaks tööpink tühjalt. Kõlisti asemel võib fotorelee automaatselt tööle panna seadme, mis täiendab tööpingi toorikute varu. Viimane moodus võimaldab automatiseerida antud tööpingi või terve vooluliini tööd, millesse antud tööpink kuulub.

On olemas palju mitmesuguseid fotoreleede tüüpe. Kõikide nende fotoreleede töö põhineb fotovoolu tekkimisele või ka lakkamisele fotoelemendi vooluringis (võib nimelt koostada ka sellise relee, mis hakkab tööle fotovoolu kadumise hetkel, s. o. hetkel, mil lõpeb fotoelemendi valgustamine).

§ 44. ENDAERGUTUSEGA LAMPGENERAATOR

Tänapäeva raadiotehnikas kasutatakse elektronlampe laialdaselt lampgeneraatorites. Lampgeneraatorite abil saadakse kõrgsagedusliikke võnkumisi.

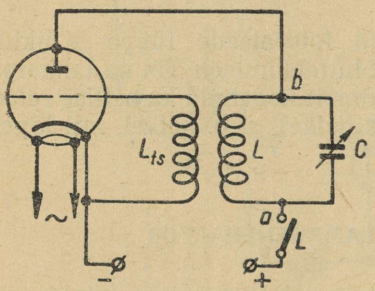
Lampgeneraator koosneb võnkeringist ja elektronlambist. Generaatori töölerakendamiseks on vaja vooluallikat.

Võnkeringis toimuvad elektrilised võnkumised. Energiat saab võnkering anoodvoolu allikalt. Elektronlamp reguleerib energia andmist võnkeringile ning tagab mittesumbuvate võnkumiste tekkimise võnkeringis.

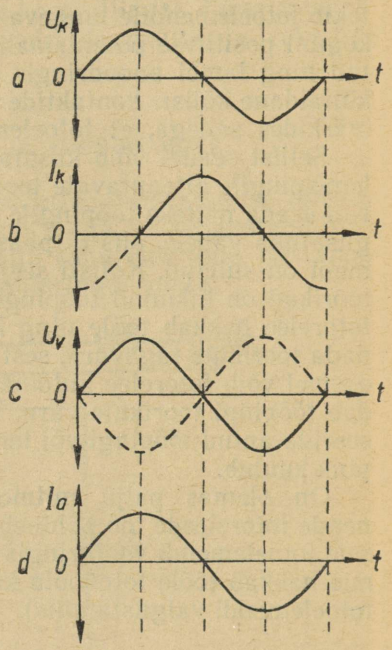
Lihtsa lampgeneraatori skeem on toodud joonisel 193. Generaatori lambiks kasutatakse trioodi, mille anoodringi on lülitatud induktiivsusest L ja mahtuvusest C koosnev võnkering. Selleks et saada võnkeringis mittesumbuvaid võnkumisi, kasutatakse tüürvõrega ühendatud tagasisidepooli L_{ts}. Tagasisidepool L_{ts} on induktiivselt sidestatud võnkeringi pooliga L.

Vaatleme endaergutusega lampgeneraatori tööprotsessi. Kui hõõguva katoodi korral lülitada sisse anoodring, siis peaaegu kogu vooluallika pinge on rakendatud võnkeringi kondensaatorile C ja induktiivsusele L. Kondensaator C saab laengu ning anoodvoolu kindla väärtuse korral tekib võnkeringis iseseisev võnkumine sagedusega, mille määrab kondensaatori mahtuvus ja pooli induktiivsus. Pinge ja voolu muutused võnkeringis on graafiliselt kujutatud joonisel 194, *a* ja *b*.

Nagu jooniselt nähtub, on voolu ja pinge vaheline faasinihe 90°, s. o. vool on maksimaalne siis, kui pinge on minimaalne ja vastupidi. Need võnkumised on sumbuvad. Selleks et säilitada võnkumisi võnkeringis ning muuta need mittesumbuvateks võnkumisteks, kasutataksegi võnkeringi pooliga L induktiivselt sidestatud tagasisidepooli L_{ts}.



Joon. 193. Trioodiga lampgeneraatori skeem.



Joon. 194. Lampgeneraatoris toimuvate protsesside graafikud. *a* — vahelduvpinge võnkeringi kondensaatori plaatidel; *b* — vool võnkeringis; *c* — vahelduvpinge lambi tüürvõrel; *d* — anoodvool.

Võnkeringi pooli läbiv pulseeriv vool I_k indutseerib tagasisidepoolis L_{ts} elektromotoorse jõu.

Indutseeritud elektromotoorsel jõul on maksimaalne väärtus siis, kui võnkuva tugevusega vool läbib nullväärtuse. Selle elektromotoorse jõu tulemusena mõjub trioodi võrele vahelduvpinge U_v, mille muutumine toimub samuti nagu elektromotoorse jõu muutumine tagasisidepoolis L_{ts} (joon. 194, *c*).

Võrepinge muutumine põhjustab anoodvoolu muutumise (joon. 194, *d*). Selle poolperioodi jooksul, mil võrepinge U_v on positiivne, toimub anoodvoolu tugevnemine ning võnkeringi kondensaator C saab täiendava laengu. Tänu sellele tekivad võnkeringis mitte-

sumbuvad võnkumised, sest juurdesaadud laeng kompenseerib võnkumisel esinevad kaod. Mittesumbuvate võnkumiste saamiseks peab tagasisidestus olema küllalt tugev (s. t. poolid peavad olema teineteisele küllalt lähedal). Samuti peavad olema õigesti ühendatud tagasisidepooli otsad. Generaatori endaergutuse puudumisel tuleb tagasisidepooli otsad ümber lülitada. Kui poolide otsad on lülitatud vastupidiselt nõutavale (joonisel 194, *c* punktiirjoon), siis anoodvoolu võnkumised sumbuvad ning genereerimist ei teki.

§ 45. PRAKTILISI TÖID ELEKTRIAJAMI, TÖÖSTUSLIKU ELEKTROONIKA JA RAADIOTEHNIKA ALALT

Töö nr. 24. Magnetkäiviti

Töö eesmärk. Õppida tundma magnetkäiviti konstruktsiooni ja mootori käivitamist selle seadme abil.

Tööriistad: 1) magnetkäiviti ПМ-1 või П-222 МР[1]; 2) juhtimisnupp; 3) kolmefaasiline mootor võimsusega kuni 1 kW; 4) elektromagnetiline ampermeeter mõõtepiirkonnaga 20 A; 5) laboratoorne autotrafo ЛАТР-1; 6) pidur mootori koormamiseks; 7) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

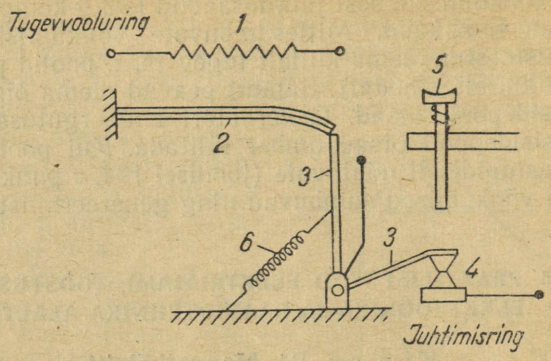
Lühisrootoriga kolmefaasilisi asünkroonmootoreid, mis on määratud pingele kuni 500 V, käivitatakse eri tüüpi kontaktoritega, mida nimetatakse magnetkäivititeks. Magnetkäivitid võimaldavad mootori kaugjuhtimist nuppude «Пуск» ja «Стоп» abil. Paljud sellised käivitid kaitsevad ka mootoreid ülekoormuste eest, sest käivitis on ka termorelee. Termorelee kasutamine sulavkaitsmete asemel on palju otstarbekam, sest termorelee kasutamise korral saab mootorit uuesti käivitada lihtsalt käivitusnupule vajutamisega. Seega pole tarvidust sulavkaitsmete küllalt tülika vahetamise järele.

Termorelee skeem on toodud joonisel 195. Elektrimootori ülekoormamisel annab peavooluringi lülitatud kütteelement *1* soojuse ülejäägi bimetallplaadile *2*, see kuumeneb ning paindub ülespoole. Plaadi *2* küljest vabanev kang *3* lahutab vedru *6* mõjul juhtimisvooluringi kontaktid *4* ning kontaktor katkestab nüüd peavooluringi. Termorelee uuesti tööasendisse viimiseks tuleb vajutada nupule *5*.

Joonisel 196 on toodud magnetkäiviti skeem.

Magnetkäiviti põhiosaks on kolmepooluseline kontaktor (kontaktidega *1*, *2* ja *3*) elektromagnetiga *4* ja ankruga *5*, blokeeriv

[1] Käivitil П-222 МР ei ole termoreleed.

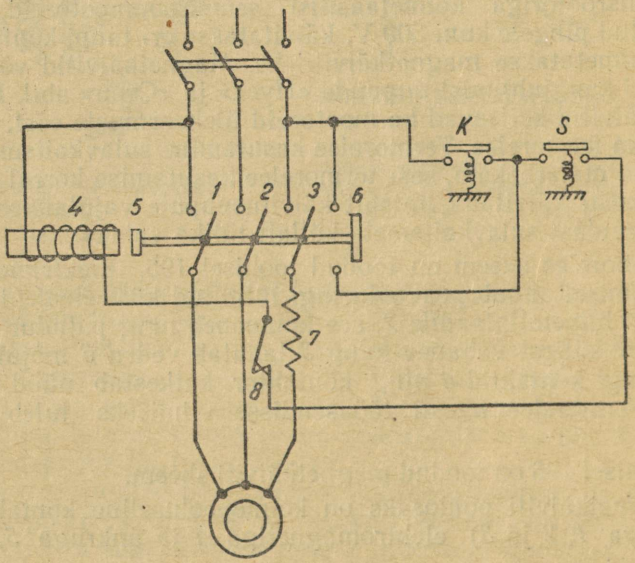


Joon. 195. Termorelee ehituse skeem.

kontakt *6*, termorelee *8* koos küttekehaga *7* ja juhtimisnupud *K* («Пуск») ja *S* («Стоп»).

Mootori käivitamiseks vajutatakse juhtimisringi nupule *K*, mille tulemusena elektromagnet tõmbab enda külge ankru *5* ning sulgeb kontaktid *1*, *2*, *3* ja *6*. Kuna kontakt *6* blokeerib käivitusnuppu, siis võib viimase lahti lasta, sest juhtimisring jääb ikkagi suletuks.

Juhtimisringi võib katkestada kas termorelee *8* või siis vajutus nupule *S* (Стоп). Juhtimisringi katkestamine põhjustab ka mootori seismajäämise.



Joon. 196. Magnetkäiviti skeem.

Elektrilise skeemi kirjeldus

Laboratoorse töö läbiviimiseks kasutada joonisel 196 toodud skeemi, ainult ühte faasi tuleb lülitada ampermeeter voolu tugevuse kindlakstegemiseks.

Töö käik

1. Tutvuge magnetkäiviti ning samuti elektrimootori passiga.
2. Õppige tundma magnetkäiviti ehitust.
3. Ühendage vastavalt joonisel 196 toodud skeemile (täiendada ampermeetriga!) elektrimootor ja käiviti; käivitiga ühendage omakorda juhtimisseade (nupud) ning lülitage käiviti kolmefaasilisse võrku.
4. Vaadelge voolu tugevnemist koormuse suurenemisel. Suurendage mootori koormust seni, kuni hakkab tööle termorelee.
5. Seadke termorelee uuesti tööolukorda ja korrake katset.
6. Lülitage magnetkäiviti juhtimisringi reguleeritav autotrafo ЛАТР-1. Alandage pinget ning tehke kindlaks, missuguse pinge juures toimub ankru külgetõmbumine ning millise pinge juures eraldub ankur elektromagnetist (nupp *K* peab seejuures olema alla vajutatud). Võrrelda saadud andmeid passis toodud andmetega.
7. Monteerige seade lahti ning koostage töö aruanne.

Aruande sisu

1. Magnetkäiviti skeem koos selle seadme töö kirjeldusega.
2. Andmed voolu tugevuse kohta, mis põhjustab termorelee rakendumise, ning pingete kohta, mille juures ankur tõmmatakse elektromagneti külge ning mille juures ankur eraldub elektromagnetist.

Kontrollküsimusi

1. Millistest põhilistest osadest koosneb magnetkäiviti?
2. Kuidas reageerib käivitusseade pinge kadumisele võrgus?
3. Milline ülesanne on magnetkäivitis blokeerival kontaktil?
4. Milleks on magnetkäiviti varustatud termoreleega?

Töö nr. 25. **Detektorvastuvõtja ehitamine ja katsetamine**

Töö eesmärk. Õppida tundma detektorvastuvõtja üksikosade ehitust. Koostada valmisdetailidest detektorvastuvõtja ning katsetada seda.

Tööriistad: 1) väljavõtetega pool; 2) pöördkondensaator 500 pF; 3) puksidega paneel detektori jaoks; 4) kristalldetektor; 5) puksidega paneel peatelefonide jaoks; 6) kondensaator 1200—1500 pF peatelefonide blokeerimiseks; 7) elektromagnetilised suure takistusega peatelefonid; 8) lapiktangid, kruvikeeraja, jootekolb; 9) ühendusjuhtmed; 10) antenn ja maandus.

Teoreetilisi juhiseid

Detektorvastuvõtja on arvestatud lainepikkusel 200—2000 m (mis vastab sagedusele 1500—150 kHz) töötavate raadiosaatjate kuulamiseks. Lainepikkuse ja võnkesageduse vahelise seose määrab valem

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

kus λ on lainepikkus, c — elektromagnetiliste lainete levimiskiirus m/sek (300 000 000 m/sek) ja f — võnkesagedus Hz.

Selle valemi abil võib tuntud lainepikkuste vahemiku jaoks alati leida vastava sageduspiirkonna.

Detektorvastuvõtjat iseloomustatakse nagu iga teistki vastuvõtjat kahe põhinäitajaga — tundlikkuse ja selektiivsusega (eraldusvõimega).

Tundlikkus — see on vastuvõtja omadus vastu võtta nõrku signaale. (Vastuvõtja tundlikkus määratakse elektromotoorse jõu suurusega antennis, mis tekitab vastuvõtjas normaalse helitugevuse.)

Selektiivsus iseloomustab vastuvõtja poolt vastuvõetava jaama signaalide segamatut vastuvõtmist (s. t. sellist vastuvõttu, mille juures naaberjaamad ei sega vastuvõetavat jaama).

Detektorvastuvõtjad on väga väikese tundlikkusega. Nende abil võib vastu võtta võimsate saatjate signaale hea antenni ja maanduse korral mõnesaja kilomeetri kauguselt. Väike on ka vastuvõtja selektiivsus. Viimase põhjuseks on aparaadi äärmine lihtsus. Detektorvastuvõtjaid kasutatakse tänapäeval veel seepärast, et nad on oma ehituselt väga lihtsad, ei ole vaja toiteallikaid ning on seejuures lihtsad käsitseda.

Detektoraparaadi skeemi kirjeldus

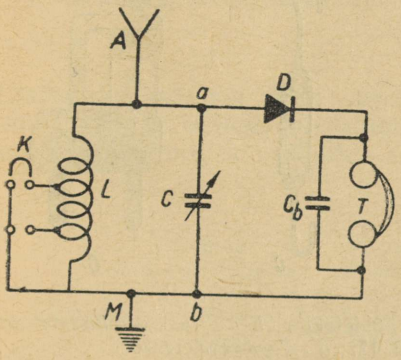
Detektorvastuvõtja võnkering koosneb poolist L ja kondensaatorist C (joon. 197). Pooli induktiivsus kesklainesaatjate vastuvõtmisel peab olema umbes 200 µH ja pikklainesaatjate vastuvõtmisel 2500 µH. Seepärast kasutatakse sektsioneeritud pooli, mille juures vajalik induktiivsus saadakse suurema või vähema keerdude arvu sisselülitamisega.

Pooliks võib kasutada silindrilisel alusel olevat ühekihilist pooli või mistahes tüüpi mitmekihilist pooli (joon. 198). Ühekihiliste poolide induktiivsust arvutatakse valemiga

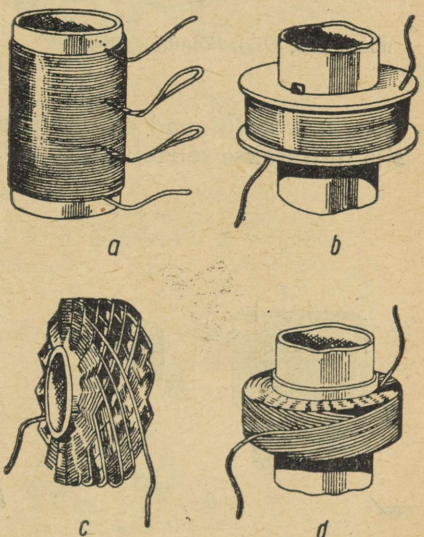
$$L = \frac{Dw^2}{1000\frac{l}{D} + 404}$$

Siin L on induktiivsus mikrohenrides, D — pooli läbimõõt mm, l — mähise pikkus mm ja w — pooli keerdude arv.

Võnkeringi kondensaator (joon. 199) peab olema muudetava mahtuvusega piirkonnas 50—450 pF (või 50—500 pF). Võnkeringiga ühendatakse punktides *a* ja *b* detektoraste. Sellesse vastuvõtja ossa kuulub detektor *D*, mis koosneb terava otsaga metallvedrust ja pooljuhist. Kontakt saadakse vedru teraviku surumisega pooljuhi külge. Tänapäeval kasutatakse pistiku sisse monteeritud ränidetektorit (joon. 200, *a*) ja püsiva kontaktiga vaskoksüüddetektorit (joon. 200, *b*). Toode-



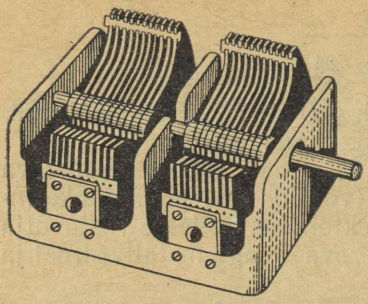
Joon. 197. Detektorvastuvõtja osade ühendamise skeem.



Joon. 198. Induktsioonpoolid. *a* — silindriline ühekihiline väljavõtetega pool; b — silindriline mitmekihiline pool; *c* — kärgpool; *d* — mitmekihiline ristmähisega pool.

takse ka germaaniumdetektoreid ДГ-Ц1 ja ДГ-Ц2 (joon. 200, *c*). Kasutatakse samuti varem toodud galeendetektoreid (joon. 200, *d*). Nendes kasutatakse vastavale alusele monteeritud galeen- (seatinaläike) kristalle ja terava otsaga terasvedru. Vedru toetub oma teravikuga kristallile.

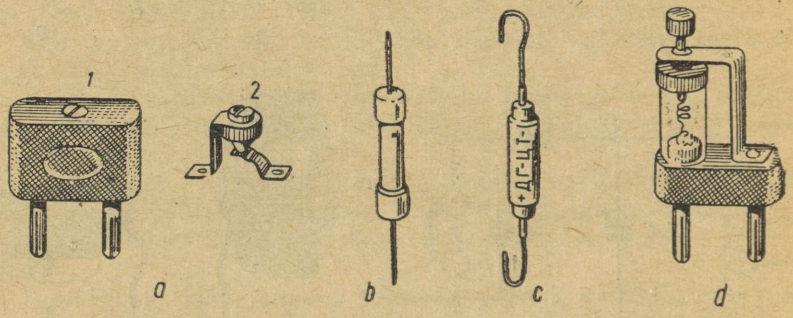
Detektorastmesse lülitatakse veel elektromagnetilised peatelefonid — kõrvaklapid (joon. 201). Kummagi peatelefoni takistus on 750—2000 Ω. Parem on kasutada suurema takistusega peatelefone, sest need on suurema tundlikkusega. Mõnikord kasutatakse ka piesoelektrilisi peatelefone (joon. 202). Nendes kasutatakse elektromagnetite asemel senjettsoola kristallist valmistataud kahte



Joon. 199. Pöördkondensaator.

õhukest, omavahel kokku liimitud plaati. Sellist süsteemi nimetatakse piesoelemendiks. Vahelduvvoolu mõjul hakkab see plaat võnkuma rakendatud voolu sagedusega. Võnkumine antakse edasi membraanile, mis muudab need kuuldavaks heliks.

Elektromagnetiliste telefonide kasutamisel lülitatakse nendega paralleelselt kondensaator mahtuvusega 1500—500 pF (püsiva mahtuvusega kondensaator). Kui kasutatakse piesoelektrilisi telefone, mis kujutavad endast püsiva mahtuvusega kondensaatoreid, siis lülitatakse telefonidega paralleelselt takisti 100 kΩ.



Joon. 200. Detektorid. *a* — ДК-tüüpi ränidetektor; *b* — vaskosküüddetektor; *c* — germaaniumdetektor ДГ-Ц1; *d* — galeendetektor.

Töö käik

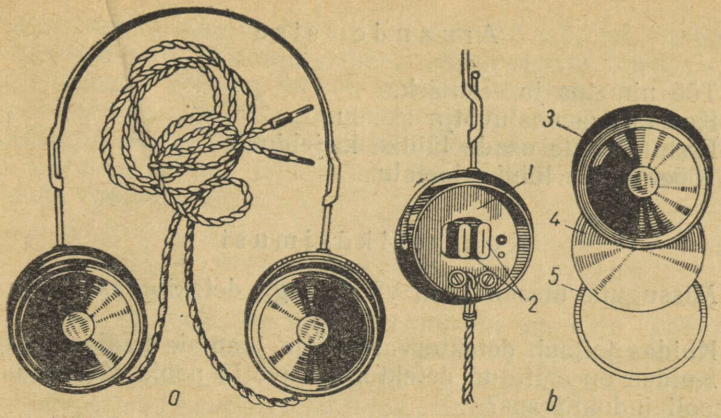
1. Tutvuge detektorvastuvõtja osadega, mida tuleb eelseisvas töös kasutada. Tehke kindlaks pooli tüüp. Kui kasutamisele tuleb ühekihiline pool, siis arvutage selle induktiivsus.

Andmed kasutatavate osade kohta ning pooli kohta tehtud arvutuste tulemused kirjutage vihikusse.

2. Joonestage detektorvastuvõtja põhimõtteskeem (joon. 197). Koostage selle skeemi alusel (valmisosadest) detektorvastuvõtja. Kontrollige montaaži õigsust.

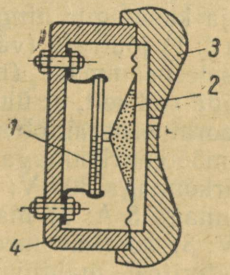
3. Ühendage võnkeringiga antenn ja maandus. Paigutage vastavatesse puksidesse detektor ja peatelefonid. Asetage peatelefonid mugavalt ja korralikult kõrvadele.

4. Kui kasutate detektorit, millel ei ole püsivat kontakti



Joon. 201. Elektromagnetilised peatelefonid. *a* — välisvaade; *b* — peatelefoni ehitus: *1* — püsivmagnet; *2* — pooluskingad koos mähistega; *3* — kuuldeavaga kaas; *4* — membraan; *5* — vaherõngas.

(galeendetektor või mõni omatehtud detektor), siis otsige üles tundlik punkt. Selleks paigutage teraviku otsa kristallil ümber seni, kuni peatelefonides on kuulda selget häält või sahinat.



Joon. 202. Piesoelektrilise telefoni ehitus. *1* — piesoelement; *2* — membraan; *3* — kaas; *4* — telefoni kest.

5. Pöörake ettevaatlikult pöördkondensaatori nuppu seni, kuni hääl on kuuldav kõige tugevamini. Seadnud võnkeringi vastuvõetava saatjaga resonantsi, proovige leida detektori kõige tundlikum punkt. Nii saadakse kõige valjem vastuvõtt. Pärast seda seadke pöördkondensaatori abil vastuvõtja mõnele teisele saatjale.

6. Kui kasutate püsiva kontaktiga detektorit (tüüp ДК või ДГ-Ц1), siis asuge kohe võnkeringi reguleerimisele, sest tundliku punkti otsimist nende detektorite juures pole tarvis.

ДК-tüüpi detektorites tundlik punkt aja jooksul kaob. Selle taastamiseks tuleb kruvikeerajaga pöörata pistiku peal olevat kruvi (joon. 200, *1*) seni, kuni vastuvõetava saatja signaal muutub kuuldavaks.

7. Töö tuleb läbi viia kohaliku (kõige lähema) saatja töö ajal.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Koostatava vastuvõtja skeem.
3. Kasutatavate osade lühike kirjeldus.
4. Tööetappide lühike loetelu.

Kontrollküsimusi

1. Missugune ülesanne on võnkeringil detektorvastuvõtja juures?
2. Kuidas toimub detektorvastuvõtja jaamale häälestamine?
3. Kuidas on ehitatud detektorvastuvõtja pool? Millest oleneb selle pooli induktiivsus?
4. Milleks kasutatakse detektorvastuvõtjas muudetava mahtuvusega kondensaatorit? Kuidas ta on ehitatud?
5. Mis tüüpi detektorit te töö juures kasutasite? Kuidas toimus detektori tundliku punkti leidmine?
6. Mis tüüpi peatelefone te töö juures kasutasite?

Töö nr. 26. **Seleenalaldaja tundmaõppimine**

Töö eesmärk. Viia läbi seleenalaldaja katsetamine. Teha kindlaks alaldaja kasutegur ning selle sõltuvus koormusest.

Tööriistad: 1) jõutrafo (väljavõttega sekundaarmähiste keskelt); 2) kaks seleensammast (monteeritud alusele); elementide arv sambas valida selliselt, et ühe elemendi kohta ei tuleks pinget üle 15 V; 3) laboratoorne autotrafo (ЛАТР-1); 4) elektromagnetiline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V; 5) magnetelektriline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 6) elektromagnetiline ampermeeter mõõtepiirkonnaga 5 A; 7) magnetelektriline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 5 V; 8) kooli-avomeeter; 9) filter paispoolist ja elektrolüütkondensaatoritest mahtuvusega 10 μF (pingele 300 V), monteeritud alusele; 10) liugreostaat (vastavalt alaldaja väljandvõimsusele); 11) kahepooluselisi vinnaklüliteid 4 tk.; 12) elektromontaažiks vajalikud tööriistad, sealhulgas jootetõlvik; 13) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Eespool oli juba märgitud, et pooljuhid on mittesümmeetrilise juhtivusega. Seda on näha ka vastavatest voltamperkarakteristikutest (vt. joon. 181). Elementide avasuunaline takistus on mõnikümmend oomi, võimsate elementide korral aga mõni oom või isegi murdosa oomist. Takistus vastassuunas on aga elementide juures kümned ja isegi sajad kilo-oomid.

Seleensamba lubatav voolutihedus on 30 mA/cm². Seepärast on tarvis (vastavalt töötingimustele) mitmesuguse tööpinna suurusega elemente. Tööstus toodab praegu elemente ketta läbimõõduga 2—130 mm. Selliste elementidega võib saada alaldatud voolu 2—3000 mA. Kuna seleenalaldajate töö oleneb temperatuurist, siis ümbritsetakse parema jahutamise eesmärgil alaldajasambad spetsiaalsete radiaatoritega.

Elektrilise skeemi kirjeldus

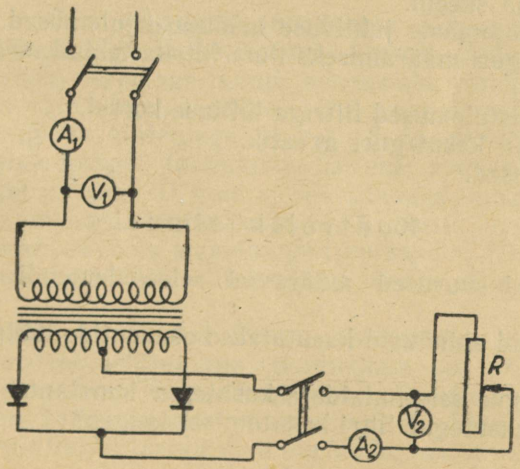
Kirjeldatud praktilise töö läbiviimiseks on vaja trafoga täisperioodalaldajat. Sellise alaldaja skeem on toodud joonisel 203. Füüsikalised protsessid sellises alaldajas on täpselt samasugused nagu täisperiood-kenotronalaldajas. Enne seadme kokkumonteerimist tuleb teha kindlaks, kas seleensambale rakendatav pinge ei ületa lubatud väärtust (20 V elemendi kohta) ning kas koormustakistus on selleks küllalt suur, et mitte koormata alaldajasambaid lubatust tugevama vooluga.

Töö käik

1. Tutvuge seleensammaste konstruktsiooniga. Mõõtke avomeetriga (või oommeetriga) nende takistus avasuunas (R_a) ja vastassuunas (R_v), kirjutage need üles ning arvutage alaldamistegur;

$$K = \frac{R_v}{R_a}.$$

2. Koostage alaldaja joonisel 203 toodud skeemi järgi.



Joon. 203. Täisperioodalaldaja skeem.

3. Muutke alaldaja koormust ning lugege mõõteriistade näidud. Näidud kirjutage järgmisesse tabelisse:

Mõõtmise jrk. nr.	Mõõtmistulemused				Arvutustulemused		
	U_1	I_1	U_2	I_2	N_1	N_2	$\eta = \frac{N_2}{N_1}$
1.							
2.							
3.							
. . .							

4. Viige läbi vajalikud arvutused ning kujutage graafiliselt kasuteguri sõltuvus tarbitavast võimsusest N_2.

5. Lülitage alaldaja väljandklemmide ja vinnaklüliti vahele silumisfilter, seadke reostaadi liugkontakt mingisse keskmisse asendisse, mis vastab mingile ilma filtrita läbiviidud mõõtmisele, ning lugege nüüd uuesti U_1, I_1, U_2 ja I_2 väärtused.

6. Arvutage filtriga alaldaja kasutegur ning tehke kindlaks, kui palju suurenesid kaod.

7. Pärast mõõtmiste ja arvutuste lõppu monteerige seade uuesti lahti.

Aruande sisu

1. Töö eesmärk.
2. Alaldaja skeem.
3. Seleensammaste juhtivuse mõõtmise tulemused.
4. Kasuteguri määramiseks ilma filtrita tehtud mõõtmiste tulemused (tabel).
5. Mõõtmistulemused filtriga lülituse korral.
6. Alaldaja kasuteguri graafik.
7. Järeldused.

Kontrollküsimusi

1. Millised suurused määravad seleenelemendi alaldusomadused?
2. Milliseid abinõusid kasutatakse elementide läbipõlemise vältimiseks?
3. Miks pole seleenalaldaja kasutegur konstantse väärtusega?
4. Miks kasutegur filtri kasutamisel langeb?

Töö nr. 27. Elektronlampide tunnusjoonte koostamine

Töö eesmärk. Õppida tundma kolme elektroodiga elektronlampi, tema tunnusjoonte koostamist ning parameetrite kindlaksmääramist.

Tööriistad: 1) kolme elektroodiga elektronlamp (6C5C, 6C2C, 6H8C jne.); 2) paneel lambipesa ühendusklemmidega; 3) magnetelektrilised milliampermeetrid: mõõtepiirkonnaga 50 mA (anoodringi) ja mõõtepiirkonnaga 10 mA (võreringi); 4) sama tüüpi voltmeetrid, üks mõõtepiirkonnaga 300 V (anoodringi) ja teine mõõtepiirkonnaga 30 V (võreringi); 5) elektromagnetiline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 15 V (kütteringi); 6) küttereostaat 15—20 Ω 0,5 A; 7) kahepooluseline ümberlüliti (võreringi); 8) potentsiomeetrid anoodringi takistusega 2500—3000 Ω 0,15 A ning võreringi takistusega 1500—2000 Ω 0,15 A; 9) vooluallikad: anoodringi elektromotoorse jõuga 150—300 V, kütteringi ~ 6,3 V ja võreringi 20—30 V; 10) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Elektronlampide töö ja kasutamisvõimaluste uurimisel on suur tähtsus nende tunnusjoontel ja parameetritel.

Lambi tunnusjooneks nimetatakse graafikut, mis väljendab lambi anoodvoolu I_a sõltuvust võrepingest U_v või anoodpingest U_a (normaalse küttepinge korral).

Matemaatiliselt kirjutatakse tunnusjoon üles järgmiselt:

$I_a = f(U_v)$, kui $U_a = \text{const}$, või
$I_a = f(U_a)$, kui $U_v = \text{const}$.

Esimene avaldis väljendab anoodvoolu sõltuvust võrepingest konstantse anoodpinge ja küttepinge korral. Seda nimetatakse lambi anoodvoolu-võrepinge tunnusjooneks ehk võretunnusjooneks. Teine avaldis väljendab anoodvoolu sõltuvust anoodpingest konstantse võrepinge ja küttepinge korral. Seda nimetatakse lambi anoodvoolu-anoodpinge tunnusjooneks ehk anoodtunnusjooneks. Kui võrepinget astmeliselt muuta, siis saadakse rida anoodvoolu-võrepinge tunnusjooni, kui aga astmeliselt muuta anoodpinget, siis saadakse rida anoodvoolu-anoodpinge tunnusjooni. Ühele ja samale graafikule joonistatud mitut tunnusjoont nimetatakse lambi tunnussarjaks.

Joonisel 204 on toodud kolme elektroodiga elektronlambi (trioodi) anoodvoolu-võrepinge tunnusjoon ja võrevoolu-võrepinge tunnusjoon. Graafiku vaatlemisel selgub, et võre suurte negatiivsete pingete korral anoodringis voolu ei ole. Selle põhjuseks on asjaolu, et negatiivselt laetud võre tõukab katoodilt väljunud elekt-

ronid tagasi ega lase neid anoodile. Võre potentsiaali vajaliku tõstmise (negatiivse potentsiaali vähendamise) tulemusena tekib anoodringis vool. See toimub seni, kuni võrepinge saab nulliks. Võrepinge edasisel tõstmisel tekib vool ka võreringis. Võrevool põhjustab anoodvoolu mõninga nõrgenemise. Katoodist väljuva elektronide voo mõjul tekkiv koguvool (emissioonvool) on võrdne anoodvoolu I_a ja võrevoolu I_v summaga. Võrepinge edasisel tõstmisel anoodvoolu tugevnemine algul lõpeb, siis aga hakkab anoodvool hoopis nõrgenema. Samal ajal aga võrevool järsult tugevneb. Selle põhjuseks on asjaolu, et võrepinge tõstmisel suundub ikka suurem ja suurem osa elektrone võrele. Kuna emissioonvool jääb konstantseks, siis põhjustab võrele langevate elektronide arvu suurenemine anoodile langevate elektronide arvu ja seega ka anoodvoolu nõrgenemise. Võrevool mõjub lambi tööle negatiivselt, seepärast püütakse lampe kasutada selliselt, et võrevoolu kas üldse ei esineks või see oleks äärmiselt väike.

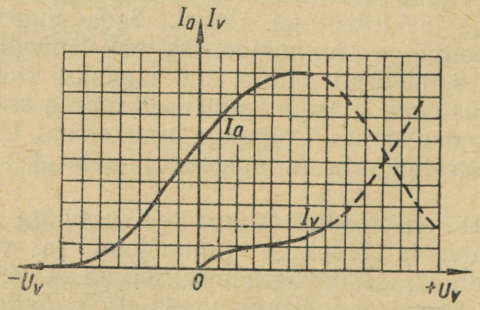
Anoodvoolu-võrepinge tunnusjoon koosneb alumisest põlvikust (kõverusest), ülemisest põlvikust ja nendevahelisest sirglõigust.

Ülemise põlviku olemasolu seletub sellega, et kõik võrest läbilendavad elektronid tõmmatakse anoodile ning võrepinge edasine tõstmine ei suurenda anoodvoolu tugevust (paljudel lambitüüpidel sellist kitsendust ei esine). Sellist anoodvoolu nimetatakse küllastusvooluks. Elektronlambid töötavad selliselt, et anoodvool ei küüni küllastusvooluni.

Võretunnusjoone järgi saab leida võrepinge igale väärtusele vastava anoodvoolu tugevuse ning valida lambi töörežiim tunnusjoone sirgjoonelises piirkonnas, et võimendamisel ei esineks moonutusi.

Peale tunnusjoonte kasutatakse lampide tööomaduste kindlaksmääramisel veel lampide parameetreid. Need on konstandid, mis iseloomustavad elektronlampide omadusi ning kvaliteeti.

Elektronlampe iseloomustatakse kolme alltoodud põhilise parameetriga.



Joon. 204. Trioodi anoodvoolu ja võrevoolu tunnusjooned.

1. Trioodi tõus S. See on suurus, mis näitab, mitme milliampri võrra muutub anoodvool võrepinge muutmisel 1 voldi võrra konstantse anoodpinge korral. Tõusu arvutamiseks tuleb anoodvoolu muutus ΔI_a jagada teda põhjustanud võrepinge muutusega ΔU_v konstantse anoodpinge U_a juures:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_v} \quad \frac{\text{mA}}{\text{V}}, \text{ kui } U_a = \text{const.}$$

Trioodidel on tõus 1—4 $\frac{\text{mA}}{\text{V}}$.

Mida suurem on lambi tõus, seda paremad on tema võimendusomadused.

2. Võimendustegur μ. Võimendustegur on suurus, mis näitab, mitu korda tugevamini mõjub võrepinge muutumine anoodvoolu muutumisele, võrreldes samasuguse anoodpinge muutumise mõjuga. Võre mõju on suurem seepärast, et ta asub katoodile palju lähemal kui anood. Peale selle vähendab võre anoodi elektrivälja mõju katoodile. Teguri μ arvutamiseks tuleb anoodvoolu muutuse ΔI_a põhjustanud anoodpinge muutus ΔU_a jagada samasuguse anoodvoolu muutuse ΔI_a põhjustanud võrepinge muutusega ΔU_v; s. o.

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_v}, \text{ kui } \Delta I_a = \text{const.}$$

Trioodidel on võimendustegur 10—40.

Võimendusteguri μ pöördväärtust nimetatakse läbitavuseks:

$$\frac{1}{\mu} = D.$$

Läbitavus näitab anoodi elektrivälja nõrgenemist teiselpool (katoodi pool) võret.

3. Lambi sisetakistus R_i. Lambi sisetakistuseks nimetatakse anoodpinge muutuse ΔU_a ja sellest põhjustatud anoodvoolu muutuse ΔI_a suhet konstantse võrepinge U_v korral:

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \ \Omega, \text{ kui } U_v = \text{const.}$$

Lampide sisetakistus muutub anoodvoolu muutumisel mittevastavalt Ohmi seadusele. Trioodide korral $R_i = 1500$ kuni 10 000 Ω.

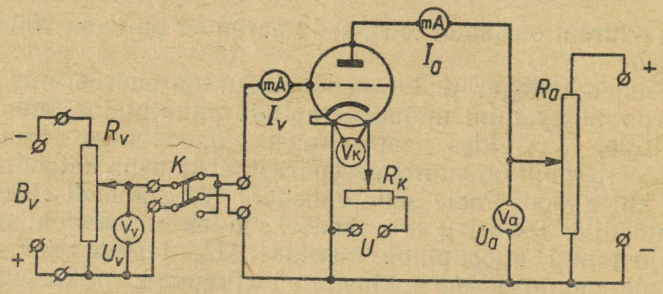
Parameetrite S, μ ja R_i vahel kehtib seos

$$\eta = R_i \, S.$$

Seda seost nimetatakse lambi võrrandiks.

Lambi tunnusjoonte määramise skeemi kirjeldus

Tunnusjoone määramiseks tuleb triood lülitada vooluringi, mille skeem on toodud joonisel 205. Küttepinge (6,3 V) saadakse pinget madaldavast trafost. Küttepinget U_k kontrollitakse voltmeetri V_k abil. Anoodvooluringi toidab anoodpatarei või alaldaja, mille koormuseks on potentsiomeeter R_a. Anoodringi tuleb järjestikku lülitada milliampermeeter anoodvoolu mõõtmiseks. Anoodpinget U_a kontrollitakse potentsiomeetriga paralleelselt lülitatud voltmeetriga V_a.



Joon. 205. Trioodi tunnusjoone määramise skeem.

Võrering koosneb võrepatareist B_v ja potentsiomeetrist R_v. Võrepinge U_v suurust mõõdetakse potentsiomeetriga R_v paralleelselt lülitatud voltmeetriga V_v. Võrevoolu mõõdetakse võreringi lülitatud milliampermeetri abil. Võrele rakendatud pinge märgi muutmiseks kasutatakse kahepooluselist ümberlülitit K.

Töö käik

1. Tutvuge trioodi lülitusskeemiga ja töö juures kasutatavate riistadega. Kirjutage mõõteriistu iseloomustavad andmed vihikusse. Määrake mõõteriistade skaala jaotuste väärtused.

Koostage tabelid mõõtmistulemuste ülesmärkimiseks.

2. Joonisel 205 toodud skeemi alusel koostage lülitus trioodi tunnusjoonte ehitamiseks. Koostatud lülitust näidake õpetajale. Saanud õpetajalt loa, asuge töö läbiviimisele.

3. Lülitage küte sisse. Reostaadi abil reguleerige normaalseks küttepinge (vastavalt kasutatava lambi tüübile).

Potentsiomeetri R_a abil reguleerige anoodile selline pinge (näiteks 100 V), mille juures toimub esimese tunnusjoone määramine. Potentsiomeetri R_v abil saavutage võrel selline negatiivse pinge väärtus, mille juures anoodvool on null.

Tabel võretunnusjoonte määramiseks

$I_a = f(U_v)$; $I_v = f(U_v)$; U_a = const.

Lambi tüüp: . . . . . U_k = ...

Jrk. nr.	U_{a1} = . . . V juures			U_{a2} = . . . V juures		
	U_v	I_a	I_v	U_v	I_a	I_v
	V	mA	mA	V	mA	mA

4. Muutke potentsiomeetri R_v abil võrepinget 1—2 V kaupa ning vaadelge sellest tingitud anood- ja võrevoolu muutumist. Kõikide mõõteriistade näidud kirjutage seejuures vastavasse tabelisse. Jõudnud pinge muutmisega nullini, viige ümberlüliti K teise

Tabel anoodtunnusjoonte määramiseks

$I_a = f(U_a)$, kui U_v = const.

Lambi tüüp: . . . . . U_k = ... V

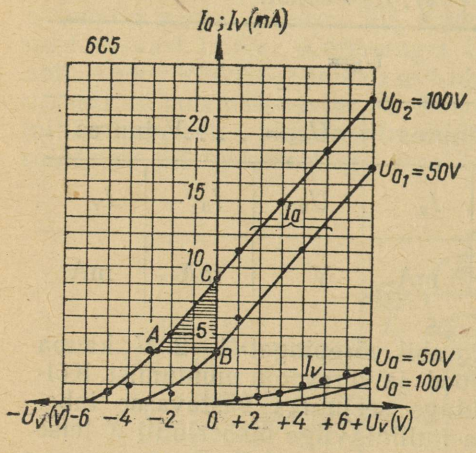
Jrk. nr.	U_a	$U_{v_1} = 0$	U_{v_2} = . . . V	U_{v_3} = . . . V
	V	I_{a_1}	I_{a_2}	I_{a_3}
		mA	mA	mA

asendisse ning hakake tõstma võrepinget. Jätkake seda ning mõõteriistade näitude üleskirjutamist seni, kuni anoodvool saavutab oma piirväärtuse.

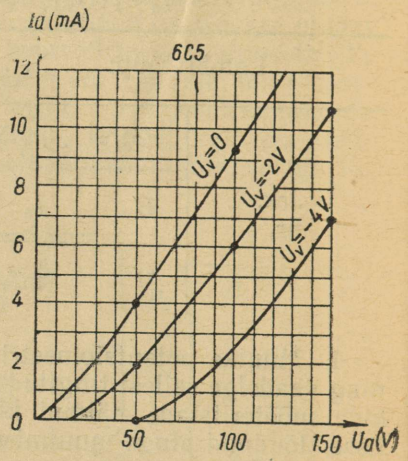
5. Lõpetanud esimese tunnusjoone määramise (mille juures kasutati potentsiomeetrit R_a), suurendage anoodpinget (näiteks 150—200 V-ni) ning määrake analoogiliselt teine tunnusjoon.

6. Lõpetanud teise tunnusjoone määramise, seadke potentsiomeetrid R_a ja R_v sellisesse asendisse, et voltmeetrite V_a ja V_v näidud oleksid nullid. Nüüd hoidke võrepinge nullil ning suurendage potentsiomeetri R_a abil anoodpinget 10 voldi kaupa (alates nullist) ning kirjutage mõõteriistade näidud tabelisse. Jõudnud 150—200-

voldise anoodpingeni, katkestage vaatlused ning seadke potentsiomeetri R_a abil anoodpinge võrdseks nulliga.



Joon. 206. Trioodi võretunnusjooned.



Joon. 207. Trioodi anoodtunnusjooned.

7. Potentsiomeetri R_v abil reguleerige võrele pinge 1—1,5 V ning korrake kõiki punktis 6 kirjeldatud mõõtmisi. Sel viisil määrake kindlaks kolm-neli tunnusjoont erinevate negatiivsete võrepingete korral.

8. Pärast mõõtmiste lõppu lülitage kõigepealt välja vooluallikad ja siis alles monteerige lahti ülejäänud osad.

9. Saadud mõõtmistulemuste põhjal ehitage ristkoordinaadistikule võretunnusjooned $I_a = f(U_v)$ ja $I_v = f(U_v)$, kusjuures U_a ja U_k on konstantsed, ning anoodtunnusjooned $I_a = f(U_a)$, kusjuures U_v ja U_k on konstantsed.

Tunnusjoonte näidisjoonised on toodud joonistel 206 ja 207.

Kasutades tunnusjoonte sarja (joon. 206), konstrueerige tunnuskolmnurk ABC. Arvestades mastaapi, määrake sellest kolmnurgast trioodi parameetrid:

$$S = \frac{BC}{AB}; \quad \mu = \frac{U_{a_2} - U_{a_1}}{AB}; \quad R_i = \frac{U_{a_1} - U_{a_2}}{BC}.$$

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Trioodi tunnusjoonte määramise seadme skeem.
3. Mõõtmistulemuste tabel.
4. Trioodi tunnusjooned millimeetripaberil.
5. Tööetappide lühike loetelu.
6. Parameetrid S, μ ja R_i.

Kontrollküsimusi

1. Kuidas toimub trioodi võretunnusjoonte määramine?
2. Kuidas toimub trioodi anoodtunnusjoonte määramine?
3. Mis toimub võretunnusjoonega anoodpinge tõstmisel?
4. Millest sõltub võrevool?
5. Kuidas saab tunnusjoonte abil leida trioodi parameetreid?

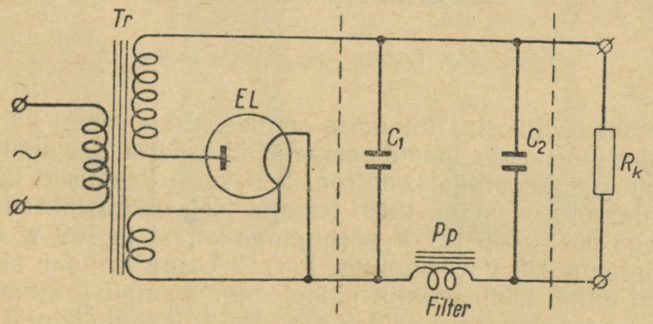
Töö nr. 28. **Trafota lampalaldaja ehitamine ja katsetamine**

Töö eesmärk. Koostada valmisosadest filtriga kenotronalaldaja ning kasutada seda praktiliselt.

Tööks vajalikud seadmed: 1) elektronlamp 6Ц5С; 2) lambipesa alusel koos ühendusklemmidega; 3) hõõglamp võimsusega 75 W (kui võrgupinge on 127 V) või 100 W (kui võrgupinge on 220 V); 4) hõõglambi pesa; 5) paispool; 6) 2 elektrolüütkondensaatorit 10 μ F, 450 V; 7) ühendusjuhe pistikuga; 8) kahepooluseline vinnaklüliti; 9) kaks sulavkaitset; 10) magnetelektriline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 11) elektromagnetiline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 12) ühendusjuhtmed; 13) kruvikeeraja, lapiktangid, jootekolb; 14) jootmismaterjalid; 15) isoleerpael; 16) koormus (mingi takistus).

Teoreetilisi juhiseid

Lihtsaimaks lampalaldajaks on poolperiood-kenotronalaldaja. Sellise alaldaja skeem on toodud joonisel 208. Sellel skeemil on toodud ka pinget tõstev trafo. Praktikas on aga sageli tarvis võrgupingest madalamat pinget. Näiteks on ühelambilise raadiovastuvõtja või võimendaja jaoks küllaldane pinge 80—100 V. See või-



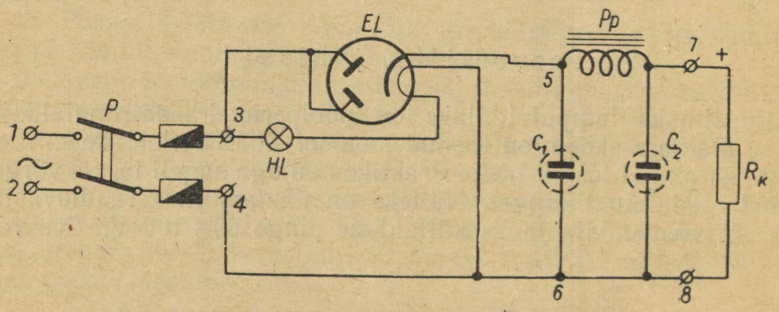
Joon. 208. Poolperiood-kenotronalaldaja skeem.

maldab trafo ära jätta ning lihtsustada seega alaldaja skeemi. Sel korral antakse võrgupinge läbi alaldajalambi ja filtri otseselt tarbijale. Sellises alaldajas kasutatakse tavaliselt ühe anoodiga kenotrone. Kenotroni anood ühendatakse vahelduvvooluvõrgu ühe juhtmega. Alaldatava pinge pluss võetakse kenotroni katoodilt, sest lambi töö ajal katood hõõgub ning emiteerib elektrone ja elektriseerub seetõttu positiivselt. Miinuseks on vahelduvvooluvõrgu teine juhe.

Kenotronalaldaja ekspluateerimisel tuleb jälgida seda, et alaldatava voolu tugevus ei ületaks antud kenotroni jaoks määratud maksimaalset voolu. See maksimaalne vool on märgitud kenotroni passis. Alaldaja koormamisel lubatust tugevama vooluga võib anood ülemäära kuumeneda ning üles sulada. Sel juhul rikneb kenotronlamp ning alaldusseade muutub töökõlbmatuks.

Alaldaja skeemi kirjeldus

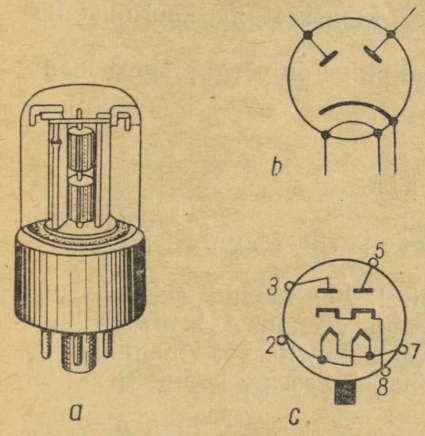
Lihtsaim kenotronalaldaja koostatakse joonisel 209 toodud trafota poolperioodalaldaja skeemi alusel. Selles skeemis on ette nähtud kasutada lampi 6Ц5С (joon. 210). See on kahe anoodiga ja kaudse küttega kenotron, mille küttevool pingel 6,3 V on 0,6 A. Lambi skeem on toodud joonisel 210, *b*. Samas on toodud ka elektroodide ühendused sokli jalgadega (kui vaadata soklit alt). Sokli



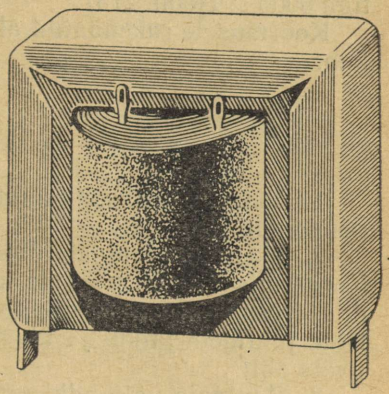
Joon. 209. Trafota lampalaldaja skeem.

jalgu loetakse kellaosuti liikumise suunas. Enne lambi kohaleasetamist tuleb mõlemad anoodid omavahel ühendada. Sel juhul töötab lamp nagu ühe anoodiga kenotron. Selleks et kenotroni kütteniiti kuumutada võrguvooluga, tuleb temaga järjestikku lülitada 75 W võimsusega hõõglamp 127 V võrgupinge korral ja 100 W võimsusega hõõglamp 220 V võrgupinge korral. Lamp etendab siin reostaadi osa, millel tekib vajalik pingelaeng. Lampide asemel võib kasutada ka traatreostaati takistusega 202 Ω voolule kuni 1 A 127 V võrgupinge korral ning 357 Ω voolule kuni 1 A võrgupingel 220 V.

Kenotroni katood ühendatakse filtri paispooliga. Viimane koosneb raudsüdamikuga poolist, millel on 3000—12 000 keerdu. Paispool on keritud isoleeritud vasktraadist läbimõõduga 0,15—0,3 mm (olenevalt tarbitavast voolust). Mähisel on kaks väljaviiku (joon. 211) juhtmete ühendamiseks (jootmise teel). Filtri paispooli võib asendada ka takistiga 5000 Ω, mis on arvestatud voolule 10—15 mA.

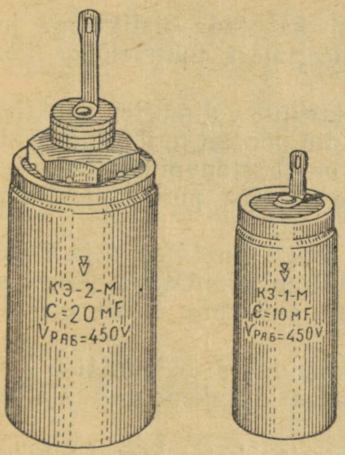


Joon. 210. Kenotron 6Ц5С. *a* — välisvaade; *b* — skeem; *c* — sokkel.



Joon. 211. Paispool.

Filtris kasutatakse elektrolüütkondensaatoreid. Sellistes kondensaatorites on üheks elektroodiks alumiiniumikest, teiseks aga elektrolüüt. Alumiiniumikestale kinnitatud oksüüdikiht on dielektrikuks. Selle dielektriku paksus on ainult mõni mikron, seepärast on kesta



Joon. 212. Elektrolüütkondensaatorid.



Joon. 213. Takisti klaaskestas.

pinnaühiku kohta tulev mahtuvus võrdlemisi suur. Oksüüdikiht on ühepoolne elektrijuht. Seepärast tuleb elektrolüütkondensaatori kest ühendada vooluallika miinusega, kesta peal olev klemm aga plussiga.

Need kondensaatorid ei ole kõlblikud vahelduvvooluringides kasutamiseks.

Alaldaja ühendatakse läbi kaitsmete ja vinnaklüliti vahelduvvooluvõrguga. Alaldaja koormatakse klaaskestaga koormustakistiga 6000 Ω (joon. 213).

Koormusele rakendatud alaldatud pinge on võrgupingest madalam.

Töö käik

1. Tutvuge tööks ettenähtud osade ja riistadega. Kirjutage üles nende andmed.
2. Koostage lampalaldaja joonisel 209 toodud skeemi järgi. Koostamise juures pöörake tähelepanu ühenduste heale kvaliteedile. Kõik juhtmed kinnitage tugevasti mutrite või klemmide alla. Kõik juhtmete jätku- ja ühenduskohad isoleerige hoolikalt isoleerpaela abil.
3. Alaldaja väljandklemmide külge kinnitage takisti R_k (koormus).
4. Pärast alaldaja kokkumonteerimist näidake seda õpetajale.
5. Kui õpetaja on andnud loa töö jätkamiseks, siis asetage kõigepealt kohale kenotron 6Ц5С. Siis lülitage alaldaja lüliti abil vahelduvvooluvõrku ning oodake 2—3 min., et katood jõuaks vajalikul määral kuumeneda.
6. Mõõtke pinge. Mõõtmisel tuleb kasutada pistikutega juhtmeid, et mitte puudutada kätega isoleerimata juhtmelõike, kontakte ja klemme.
7. Kõigepealt lülitage magnetelektriline voltmeeter punktide *3* ja *4* vahele. Voltmeetri osuti hakkab siin nõrgalt nullasendi ümber võnkuma, sest nende punktide vahel on vahelduvpinge. Selle kontrollimiseks mõõtke samade punktide vahelist pinget elektromagnetilise voltmeetri abil.
8. Mõõtke esimese voltmeetriga pinge punktide *5* ja *6* vahel. Voltmeetri osuti kaldub kõrvale ja näitab alaldatava pinge suurust. Seejuures kõigub osuti tugevasti, sest enne filtrit on pinge pulseerimine küllalt suur.
9. Mõõtke pinge koormuse klemmidel, s. o. punktide *7* ja *8* vahel. Voltmeetri osuti näitab koormusele rakendatud alaldatud pinge suurust.
10. Mõõteriistade näidud kirjutage iga katse korral vihikusse.
11. Lõpetanud mõõtmised, lülitage seade lüliti abil võrgust välja, monteerige osad lahti ning asetage korralikult töölauale.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Alaldaja montaažiskeem.
3. Osade loetelu ning alaldaja üldine iseloomustus.
4. Tööetappide lühike kirjeldus.
5. Mõõtmistulemused. Kokkuvõte.

Kontrollküsimusi

1. Selgitage protsesse, mis toimuvad poolperioodalaldajas.
2. Mis tüüpi kenotroni tuli töö juures kasutada? Millised on lampi iseloomustavad andmed ning kuidas lamp seadmesse lülitati?
3. Kuidas toimub lihtsaima alaldaja kütteniidi toitmine?
4. Mis ülesanne on alaldajas filtril ning missugustest osadest ta koosneb?
5. Missuguseid kondensaatoreid kasutatakse alaldaja filtris? Kuidas need kondensaatorid on ehitatud?
6. Missuguseid mõõtmisi te teostasite alaldaja töö praktilisel tundmaõppimisel?

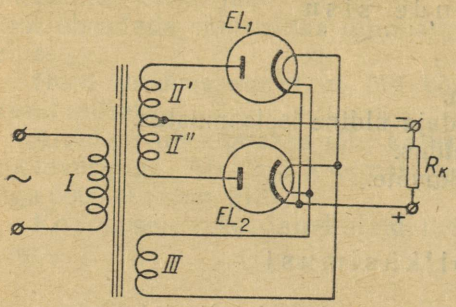
Töö nr. 29. **Trafoga lampalaldaja ehitamine ja katsetamine**

Töö eesmärk. Koostada valmisosadest trafoga kenotronalaldaja ja katsetada seda.

Töövahendid ja seadmed: 1) trafo ЭЛС-2; 2) mistahes tüüpi paispool; 3) 2 elektrolüütkondensaatorit, kumbki mahtuvusega 10 μF, pingele 450 V; 4) pistikuga ühendusjuhe trafo lülitamiseks vooluringi; 5) elektronlamp 5Ц4С; 6) magnetelektriline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 7) elektromagnetiline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 8) koormustakisti 6000 Ω, 0,1 A (klaaskestaga); 9) kruvikeeraja, lapiktangid, jootekolb; 10) jootmisvahendid; 11) ühendusjuhtmed; 12) isoleerpael.

Teoreetilisi juhiseid

Raadioaparaatide, võimendajate ja teiste seadmete toitmiseks kasutatakse täisperiood-kenotronalaldajaid. Sellises alaldajas kasutatakse kahe anoodiga kenotroni. Võib kasutada ka ühe anoodiga kenotrone, kuid sel korral on täisperioodalaldajas vaja kahte kenotroni. Kui kasutatakse kahte kenotroni, siis ühendatakse ühe kenotroni anood trafo sekundaarmähise ühe otsaga ning teise kenotroni anood selle mähise teise otsaga. Kütteniidid lülitatakse paralleelselt, katoodid aga ühendatakse juhtme abil teineteisega. Sellise



Joon. 214. Filtrita täisperioodalaldaja (kahe kenotroniga) skeem.

skeemi (joon. 214) järgi ehitatud alaldajaid kasutatakse mitmesugustes raadioseadmetes.

Kui alaldaja koostamisel kasutatakse pinget tõstvat trafot, siis tuleb silmas pidada seda, et anoodile rakendatav pinge (sekundaarmähise pinge) ei ületaks antud kenotroni jaoks määratud pinge maksimaalväärtust.

Ülemäära kõrge pinge korral võib kenotronis tekkida läbilöök. Lambi sisemuses hakkavad elektroodide vahel hüppama sädemed ning vool hakkab liikuma katoodilt anoodile, mis muudab nii kenotroni kui ka kogu alaldaja kasutamiskõlbmatuks.

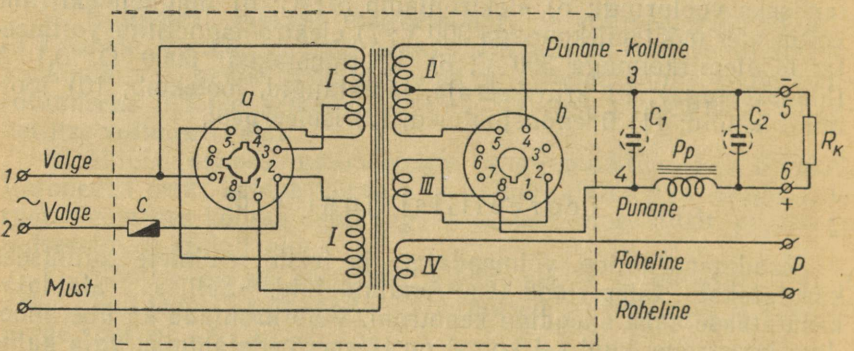
Kenotronide valik toimub tabelite alusel vastavalt trafo sekundaarpingele ja vajalikule alaldatud voolu tugevusele.[1]

Alaldaja skeemi kirjeldus

Täisperioodalaldaja põhimõtteskeem on toodud joonisel 215.

Skeemi vasakpoolne, punktiiriga piiratud osa kujutab endast pinget tõstvat trafot tüüp ЭЛС-2. Selle trafo üldvaade on toodud joonisel 216.

See trafo on arvestatud võrgupingetele 220, 127 ja 110 V ning sagedusele 50 Hz. Trafo on kaetud metallkestaga, mille ülemisele



Joon. 215. ЭЛС-2 tüüpi trafoga alaldaja skeem.

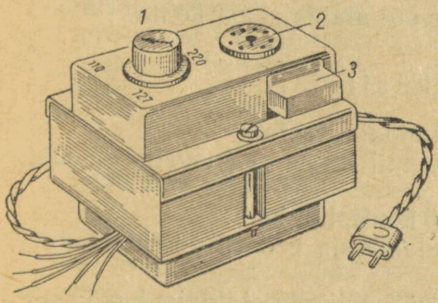
[1] Vastavad tabelid on toodud raamatus A. Isotamm, «Raadioamatööri käsiraamat», Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1958, ja ka mujal.

küljele on kinnitatud kaks elektronlambi pesa. Ühte neist pesadest (joonisel 250 märgitud tähega *a*)kasutatakse trafo ümberlülitamiseks võrgupingele (kas 220, 127 või 110 V), teist (joonisel 250 märgitud tähega *b*) aga alaldaja lambi — kenotroni jaoks. Kesta küljele on kinnitatud sulavkaitse. Kaitse on kaetud metallist kaanekesega. Trafo kesta alumises osas on ava, millest väljub seitse juhet. Trafo primaarmähis on jagatud sektsioonideks. Primaarmähisest väljub kaks valget juhet, joonisel 215 on need märgitud numbritega *1* ja *2*. Need juhtmed ühendatakse pistikuga varustatud toitejuhtmega. Sekundaarmähise keskpunkt on ühendatud punase-kollase juhtmega *3* (alaldatava pinge «—» klemm). Küttemähis *III* ühendatakse kenotroni pesa vastavate klemmidega. Siit saadakse voolu kuni 2 A pingel 5 V. Mähisest tuuakse välja veel punane juhe *4* (alaldatava pinge «+» klemm). Mähise *IV* väljejuhtmed on rohelised. Selle mähise ülesandeks on anda kütet vastuvõtja lampidele. Mähisest saadav pinge on 6,3 V ja vool 3,5 A. Mähise juhtmete külge võib lülitada kontroll-lambi pingega 6,3 V. Trafo võimsus on 70 W.

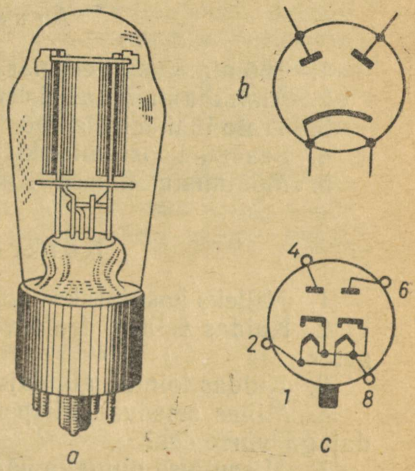
Punase ja punase-kollase juhtme vahele lülitatakse kondensaatoritest C_1 ja C_2 ning paispoolist P_p koosnev filter. Nende osade andmed on toodud töös nr. 28. Filtri väljejuhtmete külge lülitatakse 6000-oomine koormustakisti.

Alaldajas kasutatakse elektronlampi 5Ц4С. See on kaudse kütega ning kahe anoodiga kenotron.

Lambi välisvaade, skeem ja sokkel on kujutatud joonisel 217.



Joon. 216. ЭLC-2 tüüpi jõutrafo. *1* — ümberlüliti; *2* — alaldaja lambi pesa; *3* — sulavkaitse.



Joon 217. Kenotron 5Ц4С. *a* — välisvaade; *b* — skeem; *c* — sokkel.

1. Tutvuge tööks vajalike osade ja mõõteriistadega.
2. Ehitage lampalaldaja joonisel 215 toodud skeemi järgi.

Alaldaja monteerimisel pidada silmas töö nr. 28 kirjelduses toodud juhiseid.

Alaldaja filtri väljesse lülitage koormustakisti.

3. Seadke trafo primaarmähiste ümberlülituspistik sellisesse asendisse, mis vastab kohaliku võrgu pingele. Kohaliku pinge kindlakstegemisel mõõtke see elektromagnetilise voltmeetriga kas seinakontaktis või töölaua kilbi klemmidel.
4. Paigutage lamp trafo kaanel asuvasse pessa.
5. Valmis seadet näidake õpetajale.
6. Kui õpetaja annab loa töö jätkamiseks, siis pistke toitejuhtme pistik seinakontakti ning jälgige kenotroni katoodi. See peab aeglaselt kuumenema ning hakkama lõpuks tumepunaselt hõõguma.
7. Kasutades voltmeetreid (nii nagu eelmises tööski), kontrollige alaldaja tööd. Vahelduvpinge mõõtmiseks tuleb mõõteriist lülitada klemmide *1* ja *2* külge, alaldatud pulseeriva pinge mõõtmiseks punktide *3* ja *4* külge ning koormusele rakendatud pinge mõõtmiseks klemmide *5* ja *6* külge. Mõõteriistade näidud kirjutage töövihikusse.
8. Pärast mõõtmiste lõpetamist lülitage trafo võrgust välja. Joonistage üles montaažiskeem ning märkige üles alaldaja osade andmed (töövihikusse).

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Alaldaja montaažiskeem.
3. Trafo lühike iseloomustus.
4. Seadme koostamise kirjeldus.
5. Mõõtmistulemused. Kokkuvõte alaldaja töö kohta.

Kontrollküsimusi

1. Milleks kasutatakse lampalaldajas trafot?
2. Kuidas toimub trafo võrku lülitamine, olenevalt võrgupingest?
3. Kuidas toimub alaldaja töö kontrollimine?
4. Milles seisavad täisperioodalaldaja eelised poolperioodalaldajaga võrreldes?
5. Missuguse pingega võrku võib lülitada alaldaja, kus kasutatakse ЭЛС-2 tüüpi trafot?
6. Missugune oli pinge enne filtrit ja koormuse klemmidel? Miks need pinged ei ole võrdsed?

Töö nr. 30. Üheastmelise madalsagedusvõimendaja ehitamine ja katsetamine

Töö eesmärk. Koostada põhimõtteskeemi järgi valmisosadest lihtne madalsagedusvõimendaja ning proovida selle töötamist.

Tööriistad. 1) elektronlamp 1К1П, 1Б1П, 2К2М, 6К7 või 6Ж7; 2) paneel elektronlambi pesa ja ühendusklemmidega; 3) takisti $R=0{,}2—0{,}5$ МΩ; 4) kolm puitpaneeli, üks klemmide ja hoidjatega takistite ühendamiseks, teine klemmide ja puksidega telefonide lülitamiseks ning kolmas klemmidega vooluallika jaoks; 5) küttereostaat takistusega $R_k=10$ Ω voolule kuni 0,1 A; 6) elektromagnetilised telefonid või elektromagnetiline valjuhääldaja; 7) summer patareiga ja lülitiga (nupplüliti); 8) grammofon plaatidega ja piesoelektrilise helipeaga; 9) lambi 1К1П, 1Б1П või 2К2М korral kütte jaoks üks element tüüp 3С ja anoodpatareiks patarei БАС-80, teiste lambitüüpide korral aga kenotronalaldaja.

Teoreetilisi juhiseid

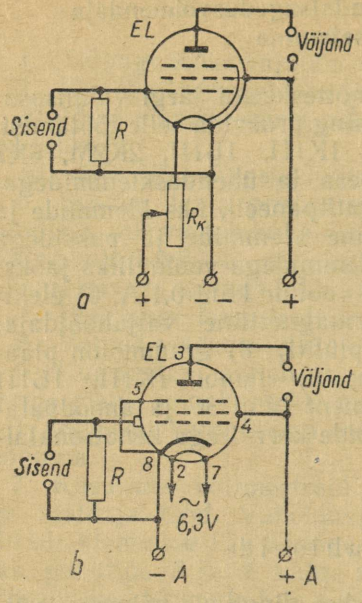
Madalsagedusvõimendajat kasutatakse pinge või võimsuse võimendamiseks sellises ulatuses, mis on vajalik peatelefonide või valjuhääldaja normaalseks tööks. Tänapäeva võimendajateks kasutatakse mitte ainult trioode, vaid ka pentoode, mille võimendustegur ja tõus on suurem kui trioodil.

Kõige lihtsam madalsagedusvõimendaja koosneb ühest võimendusastmest, s. o. ühest lambist koos selle juurde kuuluvate detailidega. Raadiovastuvõtjates ja paljudes teistes seadmetes (helikinos, televiisorites) kasutatakse sageli mitte ühe, vaid mitme võimendusastmega võimendajaid. Võimendaja viimast astet, millesse lülitatakse koormus, nimetatakse lõppvõimendusastmeks, kõiki eelmisi aga pingevõimendusastmeteks.

Madalsagedusvõimendajalt nõutakse, et ta ei põhjustaks märgatavaid moonutusi võimendatavas saates. Selleks tuleb valida sobiv anoodpinge ning anda lampide võrele väike ning püsiv negatiivne pinge.

Lihtsa madalsagedusvõimendaja skeemi kirjeldus

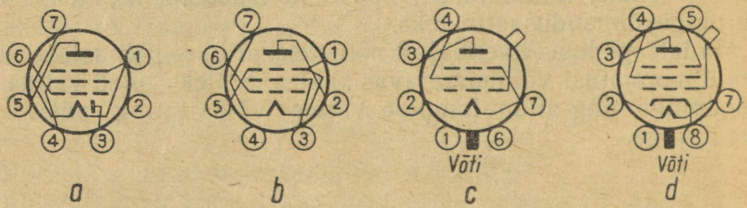
Lihtsa madalsagedusvõimendaja võib koostada joonisel 218, *a* toodud skeemi järgi, kusjuures kasutatakse otsese küttega lampe 1К1П, 1Б1П, 2К2М või 2Ж2М. Joonisel 218, *b* on toodud võimendaja skeem, kus on kasutatud kaudse küttega lampi 6К7 või 6Ж7. Kõik need on viie elektroodiga lambid ehk pentoodid.



Joon. 218. Lihtsate madalsagedusvõimendajate skeeme. *a* — otsese küttega lambiga; *b* — kaudse küttega lambiga.

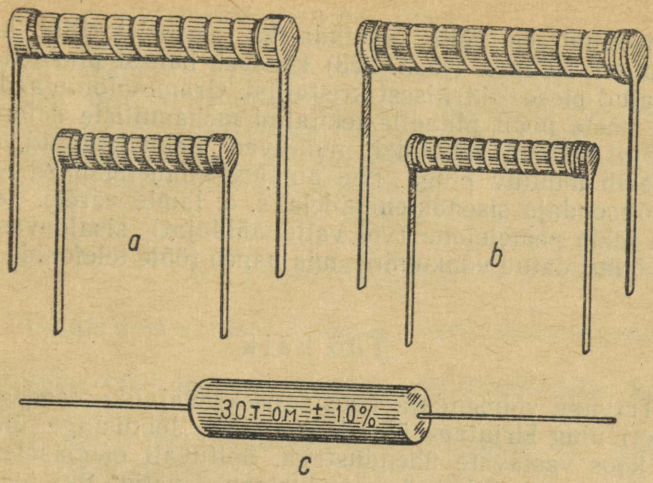
Nimetatud lampide sokkel on kujutatud joonisel 219. Mõlemal toodud skeemil on võre ja katoodi vahele lülitatud konstantse takistusega masstakisti BC või TO (joon. 220). Takisti BC kujutab endast portselanvarrast või toru, mis on kaetud õhukese grafiidikihiga. Grafiidikiht on kaitstud niiskuskindla lakikihiga. Toru otstesse on kinnitatud väljejuhtmed, mille külge joodetakse ühendusjuhtmed seadme monteerimisel. Takisteid jaotatakse takistuse, võimsuse ja tööpinge järgi. Takistite võimsuse märkimiseks skeemidel kasutatakse joonisel 221 toodud tingmärke.

Võimendaja väljeklemmide külge kinnitatakse elektromagnetilised peatelefonid. Esimese skeemi kütteringi lülitatakse reostaat, sest lambid 1К1П ja 1Б1П kasutavad küttepinget kuni 1,2 V, lambid 2К2М ja 2Ж2М aga kuni 2 V. Anoodpatarei peab andma 80-voldist pinget. Teise skeemi korral kasutatakse toiteallikana kenotronalaldajat. Kütteks kasutatakse 6,3-voldist vahelduvvoolu. Anoodringis kasutatakse pinget 120—200 V. Võimendaja töö kontrollimiseks antakse võimendaja sisendklemmidele vahelduvpinge summeri abil. Summeri lülitus on toodud joonisel 222.

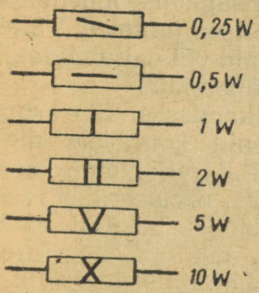


Joon. 219. Madalsagedusvõimendajates kasutatavate lampide sokleid. *a* — sõrmlamp diood-pentood 1Б1П; *b* — sõrmlamp pentood 1К1П; *c* — pentoodid 2К2М ja 2Ж2М; *d* — metallkestaga ja kaudse küttega pentoodid 6К7 ja 6Ж7.

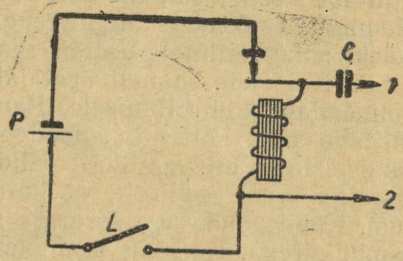
Patarei vooluring suletakse lülitusnupu *L* abil. Juhtmed *1* ja *2* ühendatakse võimendaja sisendklemmidega.



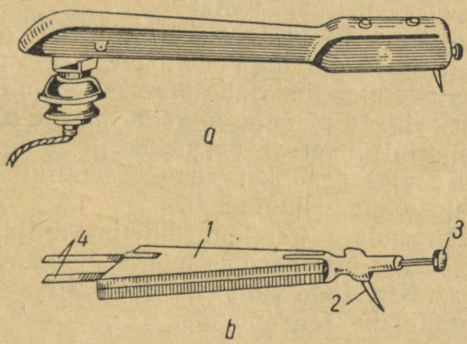
Joon. 220. Masstakistid. *a* ja *b* — tüüp BC; *c* — tüüp TO .



Joon. 221. Võimsuse tingmärgid takistitel.



Joon. 222. Summeri lülitusskeem.



Joon. 223. Piesoelektriline helipea. *a* — üldvaade; *b* — helipea ehitus: *1* — piesoelement; *2* — nõel; *3* — kruvi; *4* — ühendusklemmid.

Kontrollimiseks võib kasutada ka piesoelektrilise helipeaga grammofoni. Helipea (joon. 223) koosneb kahest plaadist, mis on valmistatud piesoelektrilisest kristallist. Grammofoniplaadi soones jooksva nõela poolt plaadile tekitatud mehaaniliste deformatsioonide mõjul tekivad plaatidel muutuvad elektrilaengud. Plaatide vahel tekib muutuv pinge. See antakse võimendamise eesmärgil edasi võimendaja sisendklemmidele, s. o. lambi võrele. Selle tulemusena tekib peatelefone (või valjuhääldajat) sisaldavas anoodringis võimendatud võnkumine, mis paneb tööle telefonid.

Töö käik

1. Tutvuge võimendaja koostamiseks vajalike osadega (vaatluse teel) ning kirjutage üles lambi tüüp. Joonistage üles lambi sokkel koos vastavate ühendustega. Sõltuvalt olemasoleva lambi tüübist ning toiteallikate konstruktsioonist valige üks joonisel 218 toodud kahest võimendaja skeemist.
2. Valitud skeemi põhjal koostage madalsagedusvõimendaja. Lülitage sisendklemmide külge summeri või helipea juhtmed. Väljeklemmide (pukside) külge ühendage peatelefonid või valjuhääldaja (elektromagnetiline). Valmis seadet näidake õpetajale.
3. Kui olete saanud õpetajalt loa töö jätkamiseks, siis asuge võimendaja kontrollimisele. Pange peatelefonid kõrvadele ning lülitage sisse kütte- ja anoodvoolu allikad. Patareilampide kasutamisel tuleb ettevaatlikult valida kütte suurus, reguleerides reostaadiga vool selliselt, et küttepinge ei ületaks lubatud väärtust. Nüüd puudutage sõrmega sisendklemmi, mis on ühendatud lambi võrega. Telefonis peab olema seejuures kuulda iseloomulikku suminat.
4. Sulgege lüliti *L* abil summeri vooluring. Kõrvaklappides peab olema kuulda summeri heli. Perioodiliselt lüliti nupule vajutades veenduge, et võimendaja töötab.
5. Kui töö juures kasutatakse piesoelektrilist helipead, siis pange kõigepealt tööle plaadiga varustatud grammofon. Pärast seda asetage helipea plaadile. Selle juures tuleb olla eriti ettevaatlik, sest piesoelektrilised plaadid on väga haprad ning võivad ettevaatamatu käsitsemise korral puruneda ja seega helipea rikkuda. Mängimise ajal peab kõrvadele asetatud telefonides või siis valjuhääldajas olema kuulda heli.
6. Pärast võimendaja töö kontrollimist lülitage vooluallikad välja ning joonestage üles seadme montaažiskeem (koos summeri ja peatelefoniga). Kirjutage vihikusse vooluallikate andmed, lambi tüüp ning skeemi lühike iseloomustus.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Kogu seadme (võimendaja koos summeri, peatelefonide ja vooluallikatega) montaažiskeem või põhimõtteskeem.
3. Võimendaja lühike iseloomustus.
4. Töö läbiviimise lühike kirjeldus.

Kontrollküsimusi

1. Missugustest osadest koosneb lihtne madalsagedusvõimendaja?
2. Kuidas tuleb lugeda madalsagedusvõimendajas kasutatava lambi soklilülitust?
3. Missugust vahelduvpinge allikat kasutati töö juures ning kuidas ta on ehitatud?
4. Milles seisab madalsagedusvõimendaja töö kontrollimine?
5. Milleks lülitatakse lambi võre ja katoodi vahele võretakisti?

Töö nr. 31. Kaheastmelise madalsagedusvõimendaja ehitamine ja katsetamine

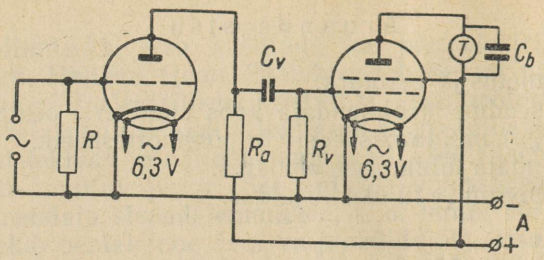
Töö eesmärk. Koostada valmisosadest kahelambiline madalsagedusvõimendaja ning kontrollida selle tööd.

Tööriistad ja seadmed: 1) triood 6C2C või 6C5C; 2) elektronlamp tüüp 6П3C, 6П6C või 6Ф6C; 3) lambipesad klemmidega alusel vastavalt kasutatava lambi tüübile — 2 tk.; 4) 2 kondensaatorit mahtuvusega 10 000 pF; 5) takistid: $R_1 = 1{,}5$ MΩ, $R_2 = 250$ kΩ, $R_4 = 400$ Ω; 6) reguleeritav takisti $R_3 = 500$ kΩ, kinnitatud alusele; 7) elektrondünaamiline valjuhääldaja koos väljetrafoga (tüüp 1ГДМ-1,5); 8) paneele klemmide ja spetsiaalsete hoidjatega kondensaatorite ja takistite ühendamiseks 5 tk.; 9) paneele klemmide ja püksidega valjuhääldaja ning vooluallika ühendamiseks 2 tk.; 10) grammofon plaatidega; 11) helipea; 12) kenotronalaldaja võimendaja anoodringi toitmiseks koos mähisega kütteniitide toitmiseks; 13) ühendusjuhtmed; 14) kruvikeeraja, lapiktangid ja jootmisvahendid.

Teoreetilisi juhiseid

Tänapäeva raadioaparaatides toimub madalsageduse võimendamine mitte ühe, vaid mitme lambi abil, s. o. kasutatakse mitmeastmelisi võimendajaid.

Ehituselt ja tööpõhimõttelt kõige lihtsamaks madalsagedusvõi-



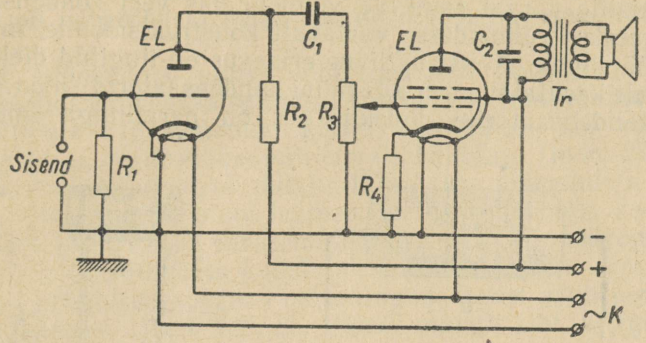
Joon. 224. Kahelambilise madalsagedusvõimendaja skeem.

mendajaks on takistussidestusega võimendaja. Siin on anoodringi koormuseks takisti R_a (joon. 224). Selle takisti otstel tekkiv võimendatud vahelduvpinge antakse läbi kondensaatori C_v teise lambi võrele. Kondensaator C_v lülitatakse seadmesse selleks, et esimese lambi anoodringi positiivne alalispinge ei satuks teise lambi võrele. Seda kondensaatorit nimetatakse eralduskondensaatoriks. Koos kondensaatoriga C_v lülitatakse teise lambi võreringi veel võretakisti R_v. See takisti on vajalik selleks, et võrele langenud elektronid võiksid vabalt katoodile voolata. Kui sellist võimalust poleks, siis koguneks võrele väga palju elektrone, võre saaks suure negatiivse potentsiaali ning anoodvool katkeks, ehk nagu öeldakse — lamp oleks lukustatud.

Esimene võimendusaste meie skeemil (joon. 224) on vajalik selleks, et võimendada pinget sellise väärtuseni, mis on vajalik teise võimendusastme tööks. Viimast võimendusastet, mille lambi anoodringi on lülitatud valjuhääldaja, nimetatakse lõppvõimendusastmeks ehk lihtsalt lõppastmeks.

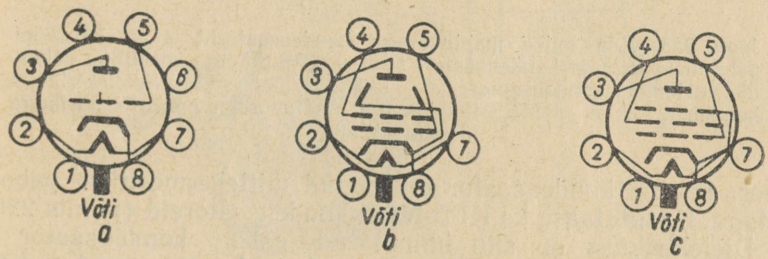
Madalsagedusvõimendaja skeemi kirjeldus

Vahelduvvooluvõrgust toidetava (lampalaldaja abil) võimendaja põhimõtteskeem on toodud joonisel 225. Esimene lamp skeemil on triood 6C2C või 6C5C. Teine lamp on kas pentood 6Ф6C või jugatetrood 6П3C (või 6П6C). Nende lampide soklid on kujutatud joonisel 226. Esimese lambi võreringi on lülitatud võretakisti $R_1 = 1{,}5$ MΩ. Võimendajasse juhitav võimendatav pinge mõjub esimese lambi võrele; lambi anoodringi on lülitatud koormustakisti $R_2 = 250$ kΩ. Esimese lambi poolt võimendatud pinge juhitakse takistilt R_2 veelkordseks võimendamiseks läbi eralduskondensaatori $C_1 = 10\,000$ pF teise lambi EL_2 võrele. Lambi EL_2 võreringi on lülitatud reguleeritav takisti $R_3 = 0{,}5$ MΩ. Selle abil reguleeritakse lambi võrele antava pinge amplituudi, järelikult heli tugevust. Blokeeriva kondensaatori C_2 mahtuvus on 10 000 pF.



Joon. 225. Madalsagedusvõimendaja võrgutoitega.

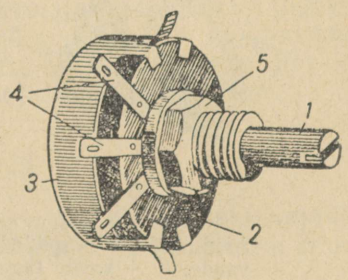
Takisti $R_4 = 400\ \Omega$ on vajalik lampide normaalse töörežiimi kindlustamiseks. Seda takistit läbib anoodvool, kusjuures tekkiva pingelangu pluss asub katoodiga ühendatud otsal, miinus aga tüürvõ-



Joon. 226. Vahelduvvooluvõrgust toidetavates madalsagedusvõimendajates kasutatavate lampide soklid. *a* — trioodid 6C2C ja 6C5; *b* — jugatetroodid 6П3C ja 6П6C; *c* — pentood 6Ф6C.

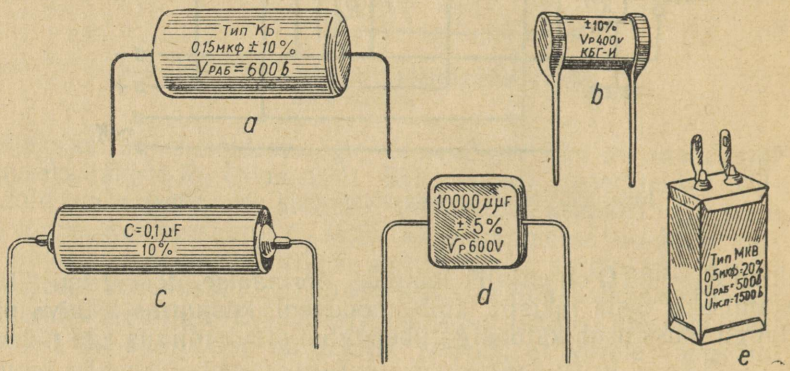
rel. Sellest järeldub, et lamp töötab ilma võrevooludeta ning moonutusteta tunnusjoone sirgjoonelises osas.

Takisti R_4 peab taluma võimsust vähemalt 1 W, sest seda läbib viimase lambi küllalt tugev anoodvool (lambi 6П3C korral kuni 80 mA). Reguleeritaval takistil R_3 (joon. 227) on telg *1* liuguriga, mis libiseb mööda voolu juhtiva elemendi pinda. Takistuselement on monteeritud isoleermaterjalist alusele *2* ning kaetud metallkestaga *3*. Takisti alusele on kinnitatud ühendusklemmid *4*. Takisti osad on kinnitatud mutri *5* abil.



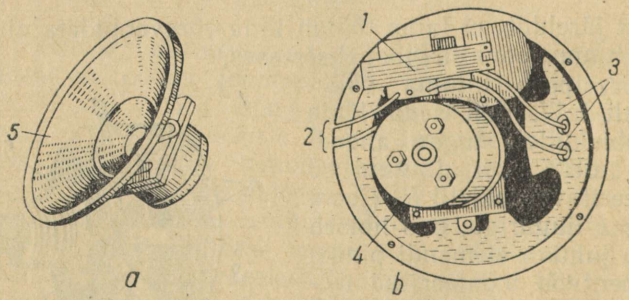
Joon. 227. Reguleeritav takisti (potentsiomeeter).

Takistite kõrval esinevad võimendajas veel kondensaatorid. Neid jagatakse rühmadesse vastavalt konstruktsioonile, mahtuvusele ja tööpingele. Konstruktiivne erinevus on tingitud dielektrikutest. Laialt kasutatavad on КБ-tüüpi kondensaatorid (joon. 228, *a*). Nende kondensaatorite dielektrikuks on parafiiniga immutatud



Joon. 228. Konstantse mahtuvusega kondensaatorid. *a* — КБ-tüüpi paberdielektrikuga kondensaator. *b, c* — КБГ-tüüpi hermeetiline paberdielektrikuga kondensaator; *d* — КСО-tüüpi vilgukividielektrikuga kondensaator; *e* — МКВ-tüüpi suure mahtuvusega paberdielektrikuga kondensaator.

paber. Selline kondensaator on kaetud mittehermeetilise paberist kestaga. Kasutatakse ka КГБ-tüüpi kondensaatoreid (joonis 228, *b, c*). Dielektrikuks on siin immutatud paber, kondensaator ise on aga paigutatud hermeetilisse kesta. Laialdaselt levinud on КСО-tüüpi vilgukivielektrikuga kondensaatorid (joon. 228, *d*). Ülalni-



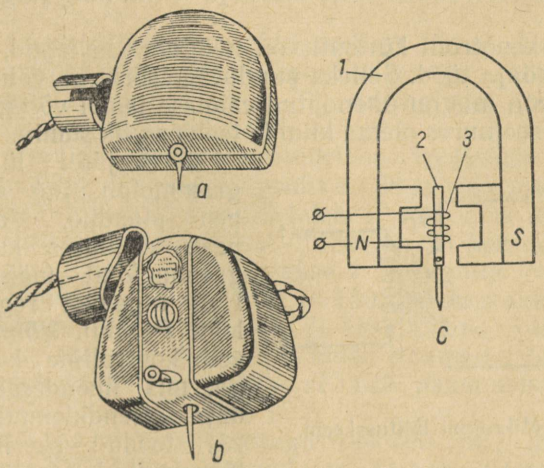
Joon. 229. Elektrodünaamiline valjuhääldaja. *a* — üldvaade; *b* — vaade tagaküljelt; *1* — väljetrafo; *2* — juhtmed valjuhääldaja ühendamiseks vastuvõtjaga; *3* — trafot valjuhääldaja helipooliga ühendavad juhtmed; *4* — magnet.

metatud kondensaatorite mahtuvus ei ületa 0,25 μF. Suurema mahtuvusega on paberdielektrikuga MKB-tüüpi kondensaatorid (joon. 228, *c*).

Antud võimendaja juures võib kasutada ükskõik missugust ülalkirjeldatud kondensaatoritüüpi, ainult nõutava mahtuvusega.

Võimendaja väljeklemmide külge lülitatakse läbi väljetrafo püsivmagnetiga elektrodünaamiline valjuhääldaja (joon. 229).

Võimendaja töö kontrollimiseks lülitatakse võimendaja sisendklemmide külge grammofoni helipea. Helipea võib olla kas piesoelektriline (see on tuttav varasematest töödest) või elektromagnetiline (joon. 230). Viimases kasutatakse püsivmagnetit tema külge kinnitatud pooluskingadega. Pooluskingade vahel asub pool raudankru ja nõelaga (joon. 230, *c*). Plaadi mängimisel võngub nõel



Joon. 230. Elektromagnetiline helipea. *a* — tüüp «Radist»; *b* — tüüp 96 («Akord»); *c* — helipea skeem: *1* — püsivmagnet; *2* — ankur; *3* — pool.

koos ankruga ning selle tõttu magnetvoog muutub. Voog tugevneb ankru lähenemisel poolustele ning nõrgeneb ankru kaugenemisel. Magnetvoo muutus indutseerib poolis elektromotoorse jõu, mis antakse edasi madalsagedusvõimendaja sisendklemmidele.

Töö käik

1. Saanud ülesande, valige võimendaja ehitamiseks vajalikud osad ning seadmed, tutvuge nende ehitusega ja elektriliste andmetega.
2. Ehitage madalsagedusvõimendaja tema põhimõtteskeemi

alusel. Töö juures tehke hoolikalt kõik ühendused ning sama hoolikalt kinnitage juhtmed vastavate klemmide või mutrite alla.

3. Võimendaja siseklemmide külge kinnitage helipea või mikrofoni juhtmed.

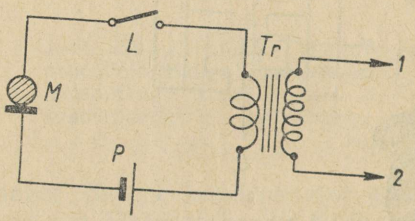
4. Võimendaja väljeklemmide külge kinnitage valjuhääldaja külge monteeritud väljetrafo otsad.

5. Lülitage anoodringi tema vooluallikas — lampalaldaja, mis annab 200-voldist pinget. Alaldaja primaarmähis peab seejuures (ning ka edaspidi lülitamiste ja monteerimiste juures) olema valgustusvõrgust välja lülitatud.

6. Toitetrafo küttemähiselt juhtige lampide kütteniitidesse vahelduvvool pingega 6,3 V.

7. Näidake koostatud seadet õpetajale. Kui õpetaja annab loa töö jätkamiseks, siis lülitage alaldaja võrku ning jälgige kenotroni kütteniiti.

8. Kui kenotroni kütteniit on hõõguma hakanud, siis kontrollige võimendaja tööd. Selleks puudutage sõrmega võimendaja seda sisendklemmi, mis on ühendatud esimese lambi võrega, valjuhääldajas peab seejuures olema kuulda iseloomulik sumin.



Joon. 231. Mikrofoni lülitusskeem.

9. Seejärel lülitage sisse grammofon ning asetage helipea plaadile. Valjuhääldajas peab seejuures kuulda olema grammofonil mängitav pala. Heli tugevust reguleerige takisti R_3 abil. Võimendaja tööd võib kontrollida ka mikrofoniga, mis ühendatakse võimendaja sisendklemmiga joonisel 231 toodud skeemi kohaselt. Kõnelemisel tuleb mikrofoni hoida selliselt, et valjuhääldaja poolt tekitatav heli ei mõjuks tagasi mikrofonile, sest sellisel juhul tekib tugev vile, nn. tagasiside.

Kui mikrofoni ei ole, siis võib kasutada telefoni kõrvaklappe, mis on lülitatud võimendaja sisendklemmide külge.

10. Pärast võimendaja töö kontrollimist lülitage vooluallikad välja ning joonestage üles võimendaja montaažiskeem. Pärast seda monteerige võimendaja lahti ning asetage osad ning ühendusjuhtmed korralikult töölauale.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Võimendaja skeem (koos grammofoni helipea ja valjuhääldajaga).
3. Kasutatud osade ja nende ülesannete lühike kirjeldus.
4. Töö läbiviimise lühike kirjeldus.

Kontrollküsimusi

1. Missugustest osadest koosneb madalsagedusvõimendaja ning missugune ülesanne on võimendaja igal osal?
2. Missuguses järjekorras toimub võimendaja montaaž?
3. Kuidas saab kontrollida madalsagedusvõimendaja tööd?
4. Kuidas reguleeritakse valjuhääldaja poolt tekitatava heli tugevust?
5. Kuidas on ehitatud grammofoni elektromagnetiline helipea? Kuidas töötab selline helipea?
6. Mis tüüpi kondensaatoreid kasutati võimendaja ehitamisel?

Töö nr. 32. **Lihtsa lampvastuvõtja ehitamine ja katsetamine**

Töö eesmärk. Koostada valmisosadest lihtne ühelambiline vastuvõtja ning võtta sellega vastu kohaliku saatja saadet.

Tööriistad ja seadmed: 1) Sisendringipool ning sellega ühele alusele keritud tagasisidepool;

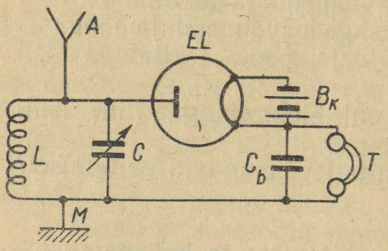
Märkus. Poolide andmed: silindrilise poolialuse läbimõõt 60 mm ja pikkus 90 mm. Kesklainepoolil on 38 keerdu traadist ПЭ; traadi läbimõõt on 0,3—0,35 mm. Jäetakse 10 mm vahe ning mähitakse samale alusele tagasisidepool, millel on 26 keerdu traadist ПЭ läbimõõduga 0,2 mm. Nüüd jäetakse 4 mm laiune vahe ning mähitakse pikklainepool. Sellel poolil on 150 keerdu traadist ПШД läbimõõduga 0,2 mm. Selle pooli algus ja kesklainepooli lõpp ühendatakse omavahel ning tuuakse välja ühise juhtmena. Selle pooli asemel võib kasutada ka komplektis «Юный радиоконструктор» olevat pooli.

2) pöördkondensaator mahtuvusega 18—500 pF; 3) 2К2М, 2Ж2М, 1К1П või 6Ж7 tüüpi elektronlamp; 4) paneel lambipesaga ja ühendusklemmidega; 5) reguleeritav takisti 5000 või 10 000 Ω; 6) küttereostaat 25 Ω, 0,2 A; 7) kondensaator mahtuvusega 100 pF ja võretakisti takistusega 1 MΩ; 8) koormustakisti 20 000 Ω; 9) telefonid (elektromagnetilised või piesoelektrilised); 10) kahest elemendist koosnev küttepatarei ja БАС-70 tüüpi anoodpatarei või lampalaldaja; 11) antenn ja maandus; 12) ühendusjuhtmed; 13) lapiktangid, kruvikeeraja ning jootmisseadmed.

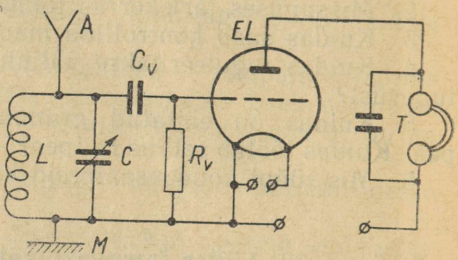
Teoreetilisi juhiseid

Lampvastuvõtjas täidab detektori ülesandeid elektronlamp. Lihtsaima lampdetektoriga vastuvõtja skeem on toodud joonisel 232. Selles kasutatakse detektorina dioodi. Sellist detekteerimise viisi nimetatakse diooddetekteerimiseks. Selle juures vastuvõtt mitte ei tugevne, vaid nõrgeneb. Diooddetekteerimist kasutatakse täna-

päeva raadiovastuvõtjates ainult seepärast, et sellise detekteerimise juures ei esine vastuvõtu moonutusi. Diooddetektorile langevat pinget võimendatakse lampvõimendaja abil.



Joon. 232. Diooddetektoriga vastuvõtja skeem.



Joon. 233. Triooddetektoriga vastuvõtja skeem.

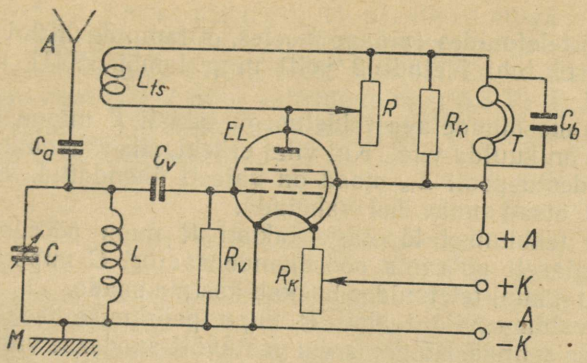
Teistsugust detekteerimise viisi on kasutatud joonisel 233 toodud vastuvõtja skeemis. Siin on detektoriks spetsiaalse režiimi järgi töölerakendatud triood. Selle režiimi saavutamiseks lülitatakse trioodi võreringi püsiva mahtuvusega kondensaator C_v ja võretakisti R_v. Sellise skeemi korral satub võreringis tekkiv vahelduvpinge läbi kondensaatori trioodi võrele. Lambi võre ja katood töötavad siin diooddetektorina. Seejuures tekkiv alaldatud madalsagedusega vool läheb võrelt läbi takisti R_v katoodile. Takistil tekib madalsageduslik pingelang, mis mõjub lambi võrele. Selle tulemuseks on peatelefone läbiva anoodvoolu muutumine. Telefonid muudavad madalsageduslikud vooluvõnkumised helivõnkumisteks. Sellist protsessi nimetatakse võredetekteerimiseks. Võredetekteerimisega samaaegselt toimub vastuvõetavate signaalide võimendamine. Seepärast kasutataksegi lihtsates vastuvõtjates võredetekteerimist.

Võredetekteerimist kasutatakse ainult lihtsates vastuvõtjates, sest sellise detekteerimise juures esineb moonutusi.

Lampvastuvõtja skeemi kirjeldus

Lihtsa lampvastuvõtja skeem on toodud joonisel 234. Vastuvõtja võnkering koosneb poolist L ja pöördkondensaatorist C. Antenn lülitatakse võnkeringi külge läbi kondensaatori C_a, mille mahtuvus on 150—300 pF. See kondensaator vähendab antenni mõju võnkeringile, parandab aparaadi selektiivsust ja stabiilsust. Pentood töötab võredetekteerimisrežiimis. Selleks kasutatakse kondensaatorit $C_v = 100$ pF ja võretakistit $R_v = 1$ MΩ.

Lambi anoodringi on lülitatud pool L_{ts}, mis on induktiivselt sidestatud võnkeringi pooliga. Pooli L_{ts} läbib anoodvool, mis indut-



Joon. 234. Regeneratiivvastuvõtja skeem.

seerib võnkeringi poolis elektromotoorse jõu. Pool on lülitatud selliselt, et indutseeritav elektromotoorne jõud suurendaks vastuvõetavate võnkumiste tugevust. Võimenduse reguleerimiseks kasutatakse muudetava takistusega takistit R, millega reguleeritakse pooli L_{ts} läbiva voolu tugevust. Anoodringi tagasimõju (pooli L_{ts} abil) lambi võreringi lülitatud võnkeringile nimetatakse tagasisidestuseks. Tagasiside tulemusena kompenseeritakse energiakaod võnkeringis. Sellist protsessi nimetatakse regeneratsiooniks.

Lambi anoodringi on lülitatud koormustakisti R_k, peatelefonid T ja viimaseid blokeeriv kondensaator C_b.

Kütte reguleerimine toimub reostaadi R_k abil (vajalik patareilampide kasutamise korral).

Sellist tagasisidestusega vastuvõtjat nimetatakse regeneratiivvastuvõtjaks. Selline aparaat on küllalt suure tundlikkuse ning eraldusvõimega (detektorvastuvõtjaga võrreldes).

Töö käik

1. Tutvuge lihtsa lampvastuvõtja põhimõtteskeemiga ja tema ehitamiseks vajalike osadega.

2. Monteerige valmisosadest raadiovastuvõtja, lähtudes seejuures tema põhimõtteskeemist.

3. Kontrollige kokkumonteeritud vastuvõtja vastavust skeemile. Paigutage lamp oma pesasse ning ühendage külge antenn ja maandus.

4. Valmis aparaat esitage õpetajale kontrollimiseks. Kui õpetaja annab loa töö jätkamiseks, siis lülitage sisse vooluallikad (seejuures olgu küttereostaat R_k tervikuna vooluringi lülitatud).

5. Asetage peatelefonid kõrvadele ning tähelepanelikult kuulates vähendage küttereostaadi takistust kuni iseloomuliku kahina

tekkimiseni telefonides (pidage meeles, et lampide 2К2М ja 2Ж2М küttepinge ei tohi ületada 2 volti ning lambi 1К1П küttepinge 1,2 volti).

6. Pöörake muudetava takistusega takisti *R* nuppu seni, kuni telefonides on kuulda vilet. Kui vilet ei teki, siis tähendab see seda, et tagasisidestuspooli L_{ts} otsad on valesti ühendatud. Sel korral tuleb pooli otsad omavahel vahetada.

7. Vile tekkimisel lõpetage takisti *R* nupu pööramine ning hakake aeglaselt pöörama pöördkondensaatori *C* nuppu. Pöörake seda niikaua, kuni telefonides hakkab kostma saade.

8. Kõrvaldage vile takisti *R* nupu pööramise teel esialgsele vastupidises suunas. Kõige parem vastuvõtt saadakse vahetult enne vile tekkimist. Vilet ei tohi kuritarvitada, sest see segab läheduses asuvate raadiovastuvõtjate kuulamist.

9. Saavutanud puhta vastuvõtu, märkige üles kondensaatori nupu asend ning püüdke siis leida mõni teine saatejaam.

10. Pärast töö lõpetamist lülitage välja vooluallikad ning joonistage üles vastuvõtja montaažiskeem. Pärast seda monteerige vastuvõtja lahti ning asetage osad töölauale.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Vastuvõtja põhimõtteskeem.
3. Osade ülesande, monteerimisprotsessi ja vastuvõtja jaamale reguleerimise lühike kirjeldus.
4. Töö kõigi etappide lühike kirjeldus. Montaažiskeem.

Kontrollküsimusi

1. Missugustest osadest koosneb lihtne ühelambiline raadiovastuvõtja?
2. Missugused osad lampvastuvõtjas on vajalikud võredetekteerimiseks?
3. Kuidas veendutakse genereerimise olemasolus ning mis on tarvis teha, kui genereerimist ei teki?
4. Kuidas toimub vastuvõtja reguleerimine saatejaama vastuvõtuks?
5. Mis tüüpi lampi tuli töö juures kasutada? Missugune on selle lambi sokkel?

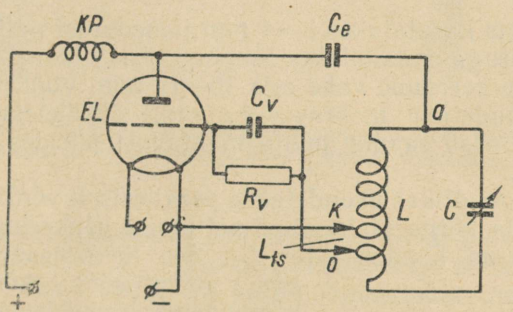
Töö nr. 33. **Väikese võimsusega kõrgsagedusgeneraatori tööle lülitamine ja katsetamine**

Töö eesmärk. Õppida tundma kõrgsagedusgeneraatori ehitust ning tutvuda tema osadega. Õppida tundma generaatori tööle lülitamist ning reguleerimist. Saada praktiliselt resonantsinähtus.

Tööriistad ja seadmed: 1) paralleeltoitega ning autotransformatoorse sidestusega kõrgsagedusgeneraator (õppeotstarbeline); 2) elektronlamp 6П3С, 6П6С või 6Н7С; 3) alaldaja, mis annab alalispinget 300 V ning vahelduvpinget 6,3 V; 4) kõrgsageduse proovilamp; 5) resonantsvõnkering; 6) ühendusjuhtmed; 7) lapiktangid ja kruvikeeraja.

Teoreetilisi juhiseid

Kõrgsageduse lampgeneraatorit, milles võnkumiste tekkimise põhjuseks on anoodringi mõju võreringile, nimetatakse endaergutusega lampgeneraatoriks. Sellise generaatori skeemil (joon. 235) on võreringi ühendatud spetsiaalne tagasisidepool L_{ts}, mis on



Joon. 235. Endaergutusega ja anood- ning võreringi autotransformatoorse sidestusega kõrgsagedusgeneraatori skeem.

induktiivselt sidestatud võnkeringi pooliga L. Võnkering on lülitatud anoodringi. Anoodpinge allikas on ühendatud võnkeringiga järjestikku. Sellist generaatori lülitust nimetatakse järjestikuse toitega induktiivsidestuseks. Erinevalt kirjeldatud generaatorist kasutatakse praktikas sageli paralleelset toidet koos lambi anoodringi ja võreringi autotransformatoorse sidestusega. Sellise generaatori skeem on toodud joonisel 235. Sellist generaatori lülitust nimetatakse sageli paralleeltoitega kolmpunktlülituseks. Tagasisidestus saadakse siin võnkeringi pooli L mõne keeru L_{ts} abil. Seega on võnkering ühendatud lambiga kolmes punktis — punktides a, k ja o. Lambi katoodilt tulev juhe ühendatakse võnkeringi pooliga sellises punktis k, mis asub pooli anoodi ja võrega ühendavate juhtmete kinnituspunktide a ja o vahel. Ainult sellise lülitusviisi kasutamisel saadakse anoodi ja võre pingete vaheline vajalik 180° suurune faasinihe ning anoodvoolu ja võrepinge faasi muutus.

Tagasisidestust reguleeritakse liugkontakti *o* nihutamisega mööda võnkeringi pooli *L* keerde.

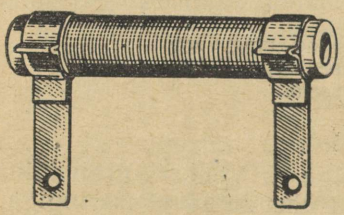
Kolmpunktlülitus on lihtsam induktiivlülitusest, sest siin kasutatakse ainult ühte pooli *L* ning selle pooli üks osa täidab tagasisidepooli ülesannet.

Kõrgsagedusgeneraatori skeemi kirjeldus

Õppeotstarbeline kõrgsagedusgeneraator põhineb paralleeltoitega kolmpunktlülitusel (joon. 235). Sellises generaatoris kasutatakse kolme elektroodiga lampi 6H7 või mitme elektroodiga lampi 6П6С (või ka 6П3С), mis on lülitatud trioodina. Selleks tuleb varivõre ühendada anoodiga. Tüürvõre lülitatakse nii nagu trioodi korral.

Võnkeringis kasutatakse 3—4 mm jämedusest paljast vasktraadist kuue keeruga endainduktsioonpooli. Pooli läbimõõt on 80 mm, pooli üksikute keerdude vahe aga 10—12 mm. Võnkeringi kondensaator on muudetava mahtuvusega ning õhkdielektrikuga. Kondensaatoriga peab saama muuta mahtuvust piirides 15—20 kuni 150—175 pF.

Anoodpinge allikas ühendatakse paralleelselt võnkeringiga. Selleks et vältida kõrge alalispinge sattumist võnkeringi, on anoodringi paigutatud kondensaator C_e. See kondensaator ei takista aga anoodvoolu kõrgsagedusliku komponendi läbipääsu, mis on vajalik summutamata võnkumiste tekitamiseks võnkeringis. Selleks et kõrgsageduslik vool saaks liikuda läbi anoodvoolu allika, lülitatakse vooluallika ette kõrgsageduspaispool *KP*.

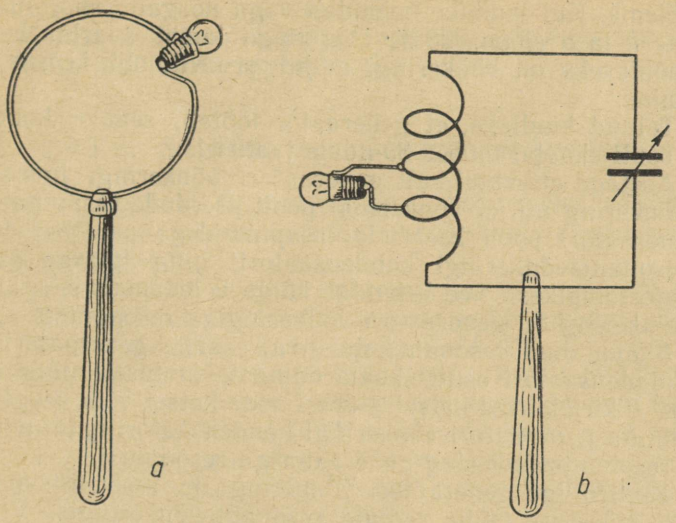


Joon. 236. Kõrgsageduspaispool.

Kõrgsageduspaispool on silindriline pool, mis koosneb 120—160 keerust isoleeritud traadist läbimõõduga 0,2—0,3 mm (joon. 236).

Lambi vajaliku tööreżiimi tagamiseks on võreringi lülitatud kondensaator C_v (mahtuvusega 100—250 pF) ja takisti R_v (10 000—15 000 Ω).

Kõrgsageduslike võnkumiste kindlakstegemiseks kasutatakse kõrgsageduse proovilampi, mis koosneb isoleeritud käepideme külge kinnitatud traatsilmusest (jämedast traadist, vt. joon. 237, *a*). Traatsilmusesse on paigutatud indikaatorlambina taskulambi lambike. Elektrilise resonantsi kindlakstegemiseks ning võnkeringi häälestuse ja generaatori võnkumiste sageduse vahelise seose vaatlemiseks kasutatakse resonantsvõnkeringi. Viimane koosneb 6—8



Joon. 237. Seadmed kõrgsagedusgeneraatori töö kontrollimiseks. *a* — proovilamp; *b* — resonantsvõnkering.

keeruga poolist ning muutuva mahtuvusega kondensaatorist (maksimaalse mahtuvusega 200—250 pF). Võnkeringi skeem on toodud joonisel 237, *b*. Pooli ühe keeru külge ühendatakse indikaatorlambike, kogu seade aga kinnitatakse isoleerainest käepideme külge.

Töö käik

1. Tutvuge üksikasjaliselt kõrgsagedusgeneraatori ehitusega.
2. Joonestage üles seadme montaažiskeem ning võrrelge seda põhimõtteskeemiga. Tehke kindlaks põhimõtteskeemil kujutatud generaatori osad.
3. Kirjutage üles kõik generaatori osi iseloomustavad andmed — lambi tüüp, poolide keerdude arvud ning läbimõõdud, kondensaatorite mahtuvused, võretakisti takistus. Joonestage üles lambi sokkel.
4. Ühendage vastavate klemmidega vooluallikate juhtmed ning näidake pingestamata lülitust õpetajale. Kui õpetaja annab loa töö jätkamiseks, siis lülitage alaldaja vahelduvvooluvõrku ning oodake paar-kolm minutit, et katood (kütteniit) jõuaks korralikult hõõguma hakata. Seejärel alustage generaatori töö kontrollimist. Selleks paigutage proovilamp generaatori võnkeringi pooli juurde. Proovilambi silmuse tasapind peab olema paralleelne pooli keerdude tasapindadega. Sellise asetuse juures hakkab indikaatorlam-

bike põlema. Kui lambike helendab väga nõrgalt, siis, nihutades kontakte *k* ja *o* (joon. 235), saavutage lambi suurim helendus. Selle põhjuseks on võnkeringi mõjul proovilambi keerus tekkiv võnkumine.

5. Teinud kindlaks, et generaator töötab, seadke kondensaatori *C* osuti skaalal umbes 30-ndale jaotusele.

6. Asetage ettevaatlikult generaatori võnkeringi juurde resonantsvõnkering nii, et võnkeringi pooli keerdude tasapinnad oleksid generaatori pooli keerdude tasapindadega paralleelsed. Pöörake resonantsvõnkeringi kondensaatorit ning jälgige seejuures indikaatorlambikest. See helendab kõige heledamalt siis, kui resonantsvõnkering on generaatori võnkeringiga resonantsis.

7. Saavutanud resonantsiolukorra, seadke generaatori võnkeringi kondensaatori osuti skaala 60-ndale jaotusele ning korrake punktist 6 kirjeldatud katset. Pärast seda katset võib veel kord või kaks muuta generaatori võnkeringi kondensaatori mahtuvust ning seada resonantsvõnkering generaatoriga resonantsi.

8. Kontrollige generaatori võnkeringi ja resonantsvõnkeringi vahelise sidestuse mõju voolule resonantsvõnkeringis. Viige viimane generaatoriga resonantsi ning eemaldage siis aeglaselt generaatori võnkeringist. Indikaatorlambikese heledus seejuures pidevalt väheneb, sest võnkeringide vahelise sidestuse nõrgenemisega nõrgeneb ka lampi läbiv vool.

Nende katsete juures ei tohi resonantsvõnkeringi generaatori võnkeringile väga lähedale tuua, sest sel juhul võib resonantsi korral indikaatorlambike läbi põleda.

9. Lõpetanud töö, lülitage alaldaja välja ning monteerige generaator lahti.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Kõrgsagedusgeneraatori skeem.
3. Generaatori osade ja nende tehniliste andmete loetelu, poolide keerdude arv, paispooli keerdude arv, kondensaatorite mahtuvused, lambi tüüp, sokli joonis.
4. Seadmed generaatori töö nähtavaks tegemiseks.
5. Tööetappide lühike kirjeldus.
6. Järeldused.

Kontrollküsimusi

1. Missugustest põhilistest osadest koosneb kõrgsagedusgeneraator?
2. Mis ülesanne on võnkeringil generaatoris?
3. Kuidas kontrollitakse generaatori tööd?

4. Mis juhtub generaatori võnkesagedusega võnkeringi kondensaatori mahtuvuse muutmisel?

5. Kuidas mõjub võnkeringidevahelise sidestuse tugevus resonantsvõnkeringi voolu tugevusele?

Töö nr. 34. **Alalisvoolu-elektronrelee koostamine**

Töö eesmärk. Õppida tundma elektronrelee ehitust ja töötamise põhimõtet, veenduda selle relee eelistes elektromagnetilise releega võrreldes.

Tööriistad: 1) telefoni elektromagnetiline relee; 2) montaažpaneel 250×300 mm elektronlambi pesa ja klemmidega; 3) tetrood 2П1П; 4) alalisvoolu allikad pingega 80 V; 9 V; 4 V (2 tk.), 1,2 V; 5) potentsiomeeter takistusega 2 MΩ; 6) takistid 1 MΩ ja 2—3 MΩ; 7) kaks milliampermeetrit mõõtepiirkonnaga 25 mA (võib läbi saada ka ühega, sel korral tuleb seda tõsta võreringist anoodringi ja mõõta järgemisi, enne ühes ja siis teises ringis); 8) elektrikõlisti pingele 4 V; 9) ühepooluseline vinnaklüliti; 10) jootetõlvik, jootetina ja kampol; 11) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Harilikul elektromagnetilisel releel on kaks suurt puudust: esiteks on tema töölerakendamiseks vaja küllalt suurt juhtivat võimsust, s. o. ta ei hakka tööle nõrkade signaalide mõjul, ja teiseks reageerib ta saadud impulsile mõninga hilinemisega.

Elektronlambiga relee kasutamine võimaldab neid puudusi vältida, kui ainult juhtiva seadme tööks sobib elektronlambi küllalt nõrk anoodvool.

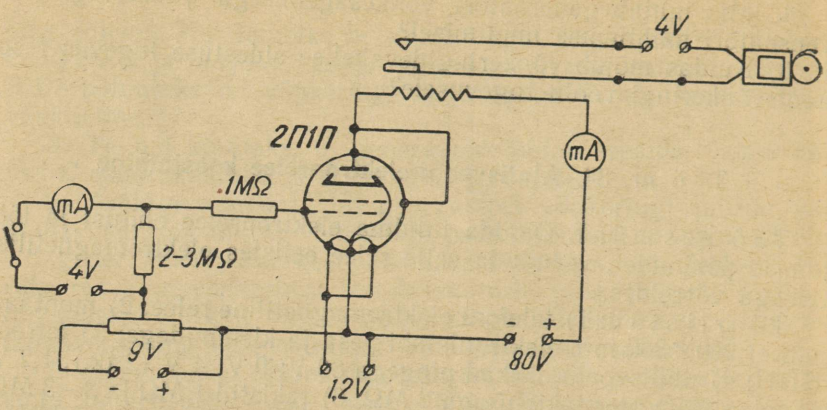
Kuid kahjuks lülitatakse enamik juhtivaid mehhanisme anoodringi elektromagnetilise relee abil ja seepärast määrab elektronlambiga relee hilinemise elektromagnetilise relee hilinemise aeg.

Elektronlambiga relee skeem on toodud joonisel 238.

Tootmisprotsesside automatiseerimiseks kasutatavaid elektronreleede skeeme on väga palju ja nendes kasutatakse nii alalisvoolu kui ka vahelduvvoolu. Kui täitevseade tarbib küllalt suurt võimsust, siis tuleb kasutada mitmesuguseid (elektronlamp-, magnet- jne.) võimendajaid.

Elektronlambiga relee elektrilise skeemi kirjeldus

Juhtiv signaal (4 V) antakse elektronlambi 2П1П võrele vinnaklüliti sulgemisega võreringis.



Joon. 238. Elektronlambiga relee skeem.

Lambi töörežiim reguleeritakse 9-voldise vooluallika vooluringi lülitatud potentsiomeetri nupu pööramisega.

Potentsiomeeter seatakse sellisesse asendisse, et võre saaks negatiivse potentsiaali ning sulgeks seega lambi. Vinnaklüliti sisselülitamisel läheb mööda 2—3 MΩ suurust takistit vool, mille suund on vastupidine eelpingega. Lamp avaneb, anoodringis tekib vool ning sellesse ringi lülitatud elektromagnetiline relee hakkab tööle, ühendades kõlisti vooluringi. Kõlisti hakkab helisema.

Töö käik

1. Õppige tundma elektronlambiga relee põhimõtteskeemi ja selle relee tööd.
2. Õppige tundma seadme üksikute osade ehitust.
3. Monteerige seade kokku.
4. Lülitage kohale vooluallikad, valige seadme töörežiim ning vaadelge relee tööd pärast vinnaklüliti sulgemist.
5. Mõõtke milliampermeetrite abil voolud võre- ja anoodringis. Tehke järeldused elektronrelee töölerakendamiseks vajaliku voolu tugevuse kohta.

Aruande sisu

1. Elektronlambiga relee põhimõtteskeem koos tööpõhimõtte kirjeldusega.
2. Mõõtmise teel saadud andmed käivitamisel vajaliku voolu tugevuse kohta.

Kontrollküsimusi

1. Joonistada elektronlambiga relee skeem, mille järgi saaks ehitada seadme elektrimootori käivitamiseks kauge maa tagant.
2. Kuidas tuleks lülitada jõutrafo kaks mittesümmeetrilist väljandit elektronrelee toitmiseks vahelduvvooluga? Lambi katoodi juhe on ühendatud punktiga, millest ühele ja teisele poole jäävate keerdude arvu suhe on 1/5.
3. Kus saab kasutada elektronlambiga releed?

Töö nr. 35. **Alalisvoolu-fotorelee koostamine**

Töö eesmärk. Õppida tundma fotoelemendi kasutamist fotorelees, selle skeemi, töö põhimõtet ja seadme praktilist montaaži.

Tööriistad: 1) telefoni elektromagnetiline relee; 2) tetrood 2П1П; 3) fotoelement ЧГ-3; 4) alalisvoolu allikad pingega 80 V; 9 V; 4 V; ja 2,4 V; 5) montaažpaneel 250 mm × 250 mm elektronlambi 2П1П pesaga; 6) takistid 1 MΩ ja 5—10 MΩ; 7) fotoelemendi klemmid (montaažpaneelil); 8) kõlisti 4 V või vastavale pingele ettenähtud lamp; 9) valgust mitteläbilaskev kartongkarp, mis ümbritseb paneeli ning milles on ava fotoelemendi jaoks; 10) jootetõlvik, jootetina ja kampol; 11) laualamp või riputatav lamp; 12) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

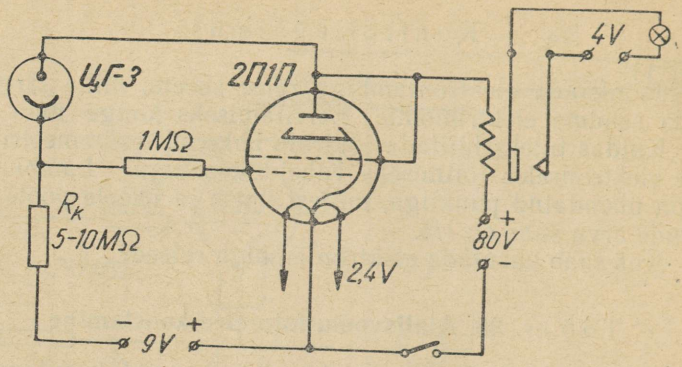
Fotorelee koosseisu kuulub kolm põhiosa: fotoelement, elektronlambiga võimendusseade ja harilikku tüüpi elektromagnetiline relee. Fotoelement lülitatakse elektronlambi võreringi. Fotoelemendi valgustamisel tekkiv fotovool mõjub elektronlambi võrele ning põhjustab võimendamise. Elektronlambi anoodringi (joon. 239) on koormusena lülitatud elektromagneti mähised. Anoodvoolu muutumine põhjustab elektromagnetilise relee töölehakkamise — täitevseadme vooluringi sisse- või väljalülitamise. Laboratoorses töös on täitevseadmeks elektrikõlisti või siis -lamp.

Skeemi muutmisega võib saada vastupidise tegevusega seadme, s. o. sellise, mis hakkab tööle valguse kadumisel. Laialt on levinud vahelduvvooluga töötavad fotoreleed.

Elektrilise skeemi kirjeldus

Joonisel 239 on toodud sellise fotorelee skeem, mis töötab alalisvooluga ja siis, kui fotoelemendile langeb valgus.

Võrele annab eelpingepatarei negatiivse potentsiaali, mis sulgeb lambi. Fotoelemendi valgustamisel tekib elemendi vooluringis fotovool, mis, läbides takistust, põhjustab sellel eelpingega vastas-



Joon. 239. Fotorelee skeem.

suunalise pingelangu. Selle tulemusena lamp avaneb, anoodringis kulgeb vool ning relee täitevosa sulgeb kontaktid. Lamp hakkab põlema või siis kõlisti helisema. Fotoelemendi abil saadav vool on väga nõrk, seepärast peab koormustakistus R_k olema küllalt suur.

Töö käik

1. Tutvuge vastavalt joonisele 239 relee põhimõtteskeemiga.
2. Õppige tundma fotoelemendi ja telefonirelee ehitust.
3. Viige läbi seadme montaaž ning vajalikud jootmistööd.
4. Katke relee karbiga ning riputage valgusallikas karbis oleva aknakese ette (vooluallikad on sisse lülitatud) ning laske anoodringis oleval releel tööle hakata.
5. Muutke skeemi selliselt, et relee hakkaks tööle valguse kustumisel. Proovige sellise relee tööd.

Juhis. Sel juhul on fotoelement tarvis lülitada võre ja katoodi vahele, takisti R_k aga anoodi ja võre vahele.

Aruande sisu

1. Fotorelee põhimõtteskeem.
2. Fotoelemendi ja telefonirelee tehnilised andmed.
3. Elektronlambi 2П1П sokliühendused.
4. Järeldused.

Kontrollküsimused

1. Millist praktilist kasutamist leiab kirjeldatud fotorelee?
2. Kuidas on vaja muuta skeemi, et relee hakkaks tööle pärast fotoelemendi valgustamise lõppu?

SISUKORD

Sissejuhatus 3

§ 1. Ettevalmistus praktikumiks 3
§ 2. Praktiliste tööde läbiviimise põhireeglid 4
§ 3. Praktiliste tööde aruanded 7
§ 4. Ohutustehnika praktilistel töödel 8

Esimene osa. **Installatsioonitööd.**

§ 5. Hoone valgustusseadmed 11
§ 6. Hoone valgustusseadmete montaaž 21
§ 7. Praktilised elektrimontaažitööd 35
Töö nr. 1. Praktiline tutvumine elektrivalgustusseadme aparaatidega 35
Töö nr. 2. Juhtmete otste ettevalmistamine, jätkamine ja harundamine. Isoleertoru ettevalmistamine 46
Töö nr. 3. Seadmete montaaž toru- ja kaabeljuhtmetega . . . 50
Töö nr. 3a. Seadme monteerimine lamejuhtmetega 52
Töö nr. 4. Valgustusvõrgust toidetava elektrikõlisti montaaž . 54
§ 8. Elektrisoojendusseadmed 60
§ 9. Praktilised tööd elektrisoojendusseadmetega 63
Töö nr. 5. Elektrijootekolvi (tõlviku) remont 63
Töö nr. 6. Elektrisoojendusriistade ehitusega tutvumine . . . 68

Teine osa. **Tehnilised elektrimõõteriistad.**

§ 10. Elektrimõõteriistade klassifikatsioon 73
§ 11. Tingmärgid mõõteriistade skaaladel. Mõõteriistade tingmärgid skeemidel 79
§ 12. Praktilisi töid tehniliste elektrimõõteriistadega 81
Töö nr. 7. Elektrimõõteriistade ehituse tundmaõppimine. . . 81
Töö nr. 8. Tehnilise ampermeetri või voltmeetri kontrollimine . 84
Töö nr. 9. Lihtsa universaalse mõõteriista koostamine. Suntide ja eeltakistite valimine 88
Töö nr. 10. Takistuse mõõtmine oommeetriga 92
Töö nr. 11. Lihtsaima oommeetri ehitamine. 95
Töö nr. 12. Takistuse mõõtmine mõõtesillaga (Wheatstone'i sillaga) 98
Töö nr. 13. Elektrilise võimsuse mõõtmine 102
Töö nr. 14. Elektrienergia arvesti ülesseadmine ning kontrollimine 106

Kolmas osa. Alalis- ja vahelduvvoolumasinad. Kolmefaasiline vool.

§ 13. Alalisvoolumasinate kasutamine 111
§ 14. Alalisvoolugeneraatorid 112
§ 15. Alalisvoolumootorid 115
§ 16. Peavoolumootor 118
§ 17. Haruvoolumootor 118
§ 18. Vahelduvvoolu mõiste 119
§ 19. Pöörlev magnetväli 120
§ 20. Ühefaasilise vahelduvvoolumootori tööpõhimõte 122
§ 21. Kolmefaasilise asünkroonmootori ehitus ja tööpõhimõte 124
§ 22. Vahelduvvoolumootori võimsustegur 127
§ 23. Transformaatorid 130
§ 24. Praktilisi töid teemal «Alalis- ja vahelduvvoolumasinad. Kolmefaasiline vool» 132
Töö nr. 15. Alalisvoolumootori lahti- ja kokkumonteerimine ning selle lülitamine elektrivõrku 132
Töö nr. 16. Auto alalisvoludünamo lahti- ja kokkumonteerimine ning katsetamine 136
Töö nr. 17. Haruvoolugeneraatori tühijooksukarakteristiku, välis-karakteristiku ja reguleerimiskarakteristiku tundmaõppimine 143
Töö nr. 18. Alalisvoolumootori võimsuse ja kasuteguri määramine 147
Töö nr. 19. Ühefaasilise vahelduvvoolumootori lahti- ja kokkumonteerimine ning lülitamine elektrivõrku . . . 153
Töö nr. 20. Hõõglampide lülitamine kolmefaasilisse võrku . . 156
Töö nr. 21. Kolmefaasilise asünkroonmootori lahti- ja kokkumonteerimine ning võrku lülitamine 165
Töö nr. 22. Kolmefaasilise asünkroonmootori võimsuse ja kasuteguri määramine 170
Töö nr. 23. Ühefaasilise trafo tundmaõppimine 175

Neljas osa. Elektrienergia tootmine ja tarbimine. Tööstusliku elektroonika ja raadiotehnika elemendid.

§ 25. Elektrienergia tootmine 181
§ 26. Elektrienergia kasutamine 187
§ 27. Mootori käsitsi juhtimine 189
§ 28. Kontaktorid ja magnetkäivitid 190
§ 29. Elektromagnetiline relee 193
§ 30. Mootorite poolautomaatne juhtimine 195
§ 31. Automaatjuhtimine. Tootmise automatiseerimise printsiibid . . 197
§ 32. Raadio leiutamine ja kasutamine 199
§ 33. Raadioside põhimõte 200
§ 34. Raadiotehniliste detailide tingmärgid joonistel 201
§ 35. Detektorvastuvõtja 202
§ 36. Elektron-(raadio-)lambid 212
§ 37. Vahelduvvoolu alaldamine 215
§ 38. Pooljuhtsuunajad 217
§ 39. Germaaniumdiood 219
§ 40. Kenotronalaldajad 220
§ 41. Madalsagedusvõimendaja 223
§ 42. Elektronrelee ehitus ja tööpõhimõte 225
§ 43. Fotorelee ehitus ja tööpõhimõte 226
§ 44 Endaergutusega lampgeneraator 227
§ 45. Praktilisi töid elektri ülekandmisest, tööstuslikust elektroonikast ja raadiotehnikast 229

Töö nr. 24. Magnetkäiviti 229
Töö nr. 25. Detektorvastuvõtja ehitamine ja katsetamine . . . 231
Töö nr. 26. Seleenalaldaja tundmaõppimine 236
Töö nr. 27. Elektronlampide tunnusjoonte koostamine . . . 239
Töö nr. 28. Trafota lampalaldaja ehitamine ja katsetamine . . 245
Töö nr. 29. Trafoga lampalaldaja ehitamine ja katsetamine . . 249
Töö nr. 30. Üheastmelise madalsagedusvõimendaja ehitamine ja katsetamine 253
Töö nr. 31. Kaheastmelise madalsagedusvõimendaja ehitamine ja katsetamine 257
Töö nr. 32. Lihtsa lampvastuvõtja ehitamine ja katsetamine . . 263
Töö nr. 33. Väikese võimsusega kõrgsagedusgeneraatori tööle lülitamine ja katsetamine 266
Töö nr. 34. Alalisvoolu-elektronrelee koostamine 271
Töö nr. 35. Alalisvoolu-fotorelee koostamine 273

Сергей Константинович Андриевский

Александр Леонтьевич Бартновский

ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Эстонское Государственное Издательство,
Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

*

Toimetaja L. Abo

Tehniline toimetaja Ü. Laul

Korrektor E. Hiedel

Ladumisele antud 30. V 1961. Trükkimisele antud 1. VII 1961. Paber 60×90, 1/16. Trükipoognaid 17,5. Arvutuspoognaid 17,07. Trükiarv 5000. Tellimise nr. 5341. Hans Heidemanni nimeline trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19, I

Hind 30 kop.

6—6

30 kop.

A
23901
4207090

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00420709 0

30 kop.

A
23901
4207090

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00420709 0

ELEKTROTEHNIKA PRAKTIKUM

S. ANDRIJEVSKI
A. BARTNOVSKI

ELEKTRO-TEHNIKA PRAKTIKUM



