

S. ANDRIJEVSKI
A. BARTNOVSKI



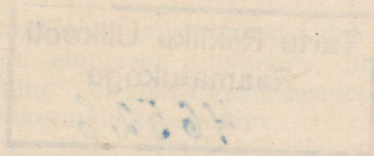
ELEKTRO- TEHNIKA PRAKTIKUM



S. ANDRIJEVSKI ja A. BARTNOVSKI

ELEKTROTEHNIKA PRAKTIKUM

KESKKOOLI XI KLASSILE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1960

Originaali tiitel:

С. К. Андриевский, А. Л. Бартновский.

Практикум по электротехнике.

Учебное пособие для X класса средней школы.

Учпедгиз Москва 1958.

Tõlkinud R. Siirak

Toimetuselt

Eestikeelses tõlkes on paragrahvid 5, 6 ja 7 ümber töötatud
ins. A. Krooni poolt.

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

46526

SISSEJUHATUS

Elektrotehnika on teadus elektrienergia kasutamisest praktiliseks 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 läbiviimine, elektrivalgustusseadmete ülesseadmine, lihtsamate valgustuskeemide koostamine.

2. Levinumate tehniliste elektrimõõteriistade tutvustamine ja nende kasutamine praktilistel töödel.

3. Alalisvoolumasinate, vahelduvvoolugeneraatorite, kolmefaasiliste mootorite ning kolmefaasiliste võrkude ehituse ja töötamisega tutvustamine.

4. Raadiolampide, kõrgsagedusgeneraatorite ja raadiovastuvõtjate ehituse tutvustamine ja raadiomontaažitööde läbiviimine.

§ 1. ETTEVALMISTUS PRAKTIKUMIKS

Uhe 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) arvutamisteks 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 veatult 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.

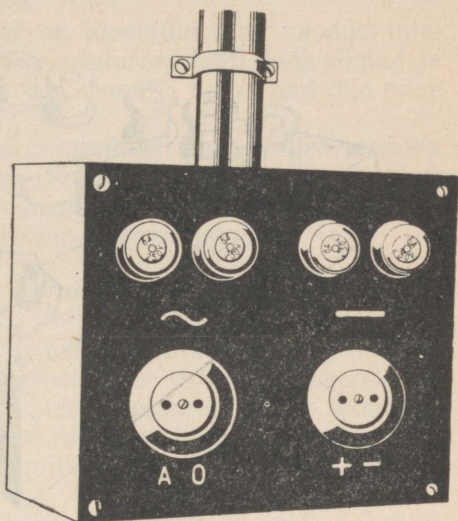
Lülituse tegelikku koostamist on kasulik alustada selle järjestikuste osade monterimisega, kusjuures alatakse montaaži vooluallika ühelt klemmilt ja lõpetatakse teise klemmiga. Sel teel järjestyttikku lülitatud seadmetele — reostaatidele, voolutarbijatele, ampermeetrile ja teistele — lisatakse juurde 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 karpile, 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.

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 pesa pista).



Joon. 1. Laboratoorne lülituskilp pistikupesadega.

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

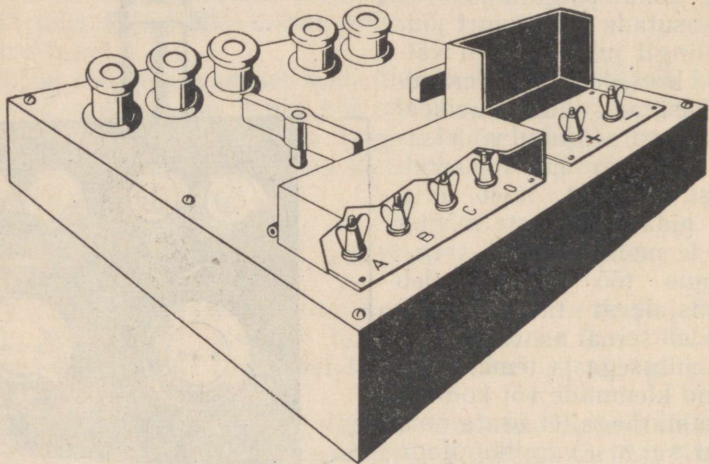
Kui koostatud vooluringi jaoks on vaja kasutada liinipinget, siis tuleb vooluringi otsad kinnitada kolmefaasilise võrgu kahe liinijuhtme vahele. Liinipinge väärtus võib olla kas 220 või 380 V, olenevalt kohaliku elektrivõrgu ehitusest.

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 vinnaküliti sisselülitamist tuleb vooluringi ühendatud reostaatide liugu-

rid 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.

Ekspérimentaalselt 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 kirjutada 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 $\frac{1}{2}$ skaala jaotust, vaid täpsusega $\frac{1}{4}$ ja isegi $\frac{1}{5}$ skaala jaotust.

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

Kui tehakse praktilist tööd elektromontaaži 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 soovitatav 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 arvutamisel 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 muutuva suuruse tulemusena, joonestatakse tavaliselt ristkoordinaattelgedele. Igale koordinaatteljele kantakse ühikud vastavalt valitud mastaabile.

Töö jooksul muudetava suuruse (sõltumatu muutuja ehk argumendi) väärtused kantakse horisontaatteljele. Argumendi muutumisest tingitud teise suuruse (sõltuva muutuja ehk funktsiooni) muutumine märgitakse vertikaatteljele. 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 läbi põlemise ning tõsiseid õnnetusjuhtumeid.

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

Ohutustehnika reeglid elektrotehnika praktikumides

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

2. Ei tohi puudutada pingeline all olevaid isoleerimata vooluringi osi 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. Pingeline 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. Pingeline olemasolu ei tohi kontrollida sõrmega puudutamise teel.

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

10. Jootmisel tuleb hoiduda sulava joodise priitsmete 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 siduritega 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 mõõteriistade 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 mõõteriistad tuleb paigutada selliselt, et nende käepidemeid oleks mugav kasutada ning et mõõteriistade 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.

INSTALLATSIOONITÖÖD

§ 5. HOONE VALGUSTUSSEADMED

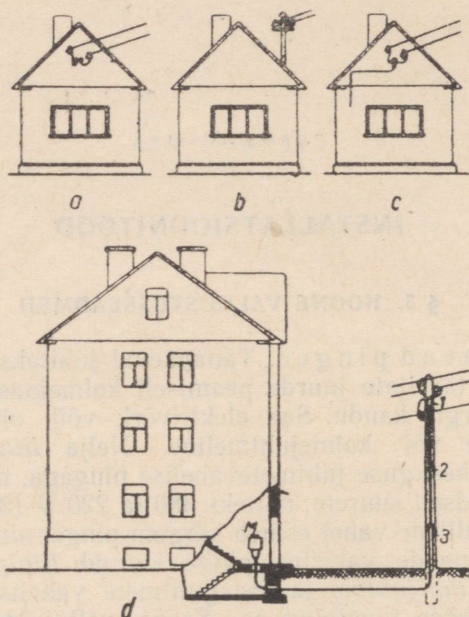
Kasutatavad pinged. Tänapäeval juhitakse elektrienergia elektrijaamast tarbijate juurde peamiselt kolmefaasilise vahelduvvoolu elektrivõrgu kaudu. See elektrivõrk võib olla kahesugune: neljajuhtmeline või kolmejuhtmeline. Nelja *liinijuhtme* korral on tegemist kahesuguse juhtmetevahelise pingega, milledest üks on teisest 1,73-kordselt suurem, näiteks 380 ja 220 V ($380 : 220 = 1,73$). Kolme juhet, millede vahel esineb kõrgem pinget, nimetatakse *faasi-juhtmeteks* ja nende vaheline pinget kannab *liinipinge* nimetust. Neljanda ehk *nulljuhtme* ja faasijuhtmete vahelist (madalamat) pinget nimetatakse *faasipingeks*. Seega neljajuhtmelises elektrivõrgus on tegemist kolme liini- ja kolme faasipingega. Valdavas enamuses 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).

M a j a ü h e n d u s. 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. Kolmejuhtmelise välisvõrgu puhul on ühe- kui ka kolmefaasilises majaühendusliinis kõik juhtmed faasijuhtmed. Neljajuhtmelise võrgu puhul

on ühefaasilises majaühendusliinis üks juhe faasi- ja teine nulljuhe ning kolme faasilises — kolm faasijuhet ja üks nulljuhe.

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



Joon. 3. Majaühendusliinide sisestamine hoonesse.

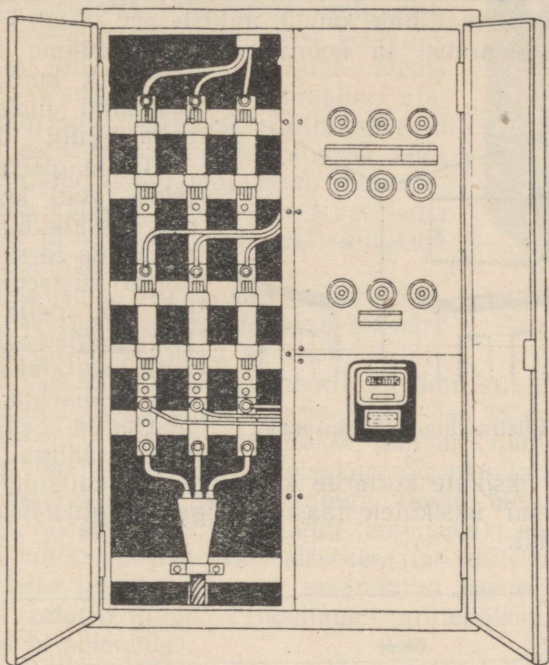
kaudu (joon. 3, a), katusepüstiku kaudu (joon. 3, b) või läbi välisseina kaabli vahendusel (joon. 3, c). Kaabelliini korral maa sees paiknev kaabel sisestatakse hoone trepikotta (joon. 3, d).

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

Majasisesed elektriliinid ja nende kaitsmine. Peakaitsetest algav hoonesisene elektrivõrk jaguneb kahte ossa: *toitevõrk* ja *jaotusvõrk*. Esimene võrguosa koosneb *magistraalliinidest* ja teine — *rühmaliinidest* (grupiliinidest). Magistraalliinid kulgevad peakaitsetest üksikute abonentide (kortrite) 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 üks-

ainus magistraalilin või koguni võib ka see puududa, kui rühma-
kilp paikneb vahetult peakaitsete juures. Suuremates hoonetes
aga kulgevad igasse trepikotta omaette *peamagistraalid*, millelt
hargnevad *harumagistraalid* üksikutele abonentidele. Keldrist vii-
mase korruseni vertikaalselt kulgevat liini nimetatakse *püstliiniks*.



Joon. 4. Pea-lülituskilp.

Igat magistraali kaitstakse tema alguses oma kaitsmetega. Kuna peamagistraalid algavad maja peakaitsete juurest, siis suuremates hoonetes nende liinide kaitsmed koondatakse sageli hoone majaühenduse peakaitsetega 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).

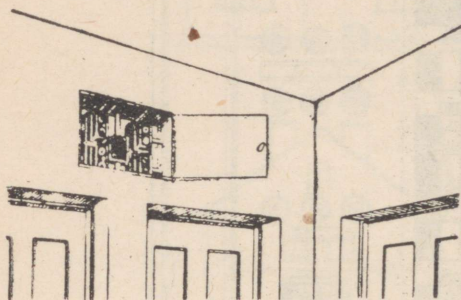
Harumagistraalid, mis tavaliselt omavad peamagistraalist väiksemat ristlõiget, kaitstakse samuti nende alguses. Kõikide harumagistraalide kaitsmed koondatakse tavaliselt hargnemiskoha juurde ühisele kilbile, mida nimetatakse *toitekilbiks* ehk *magistraalkilbiks*. Kui aga haruliinidele seatakse üles üksikud plekkkattega kaitseelementid, siis sellistest kaitseelementidest ja harukarbitist 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 rühmakaitsetele (joon. 7).

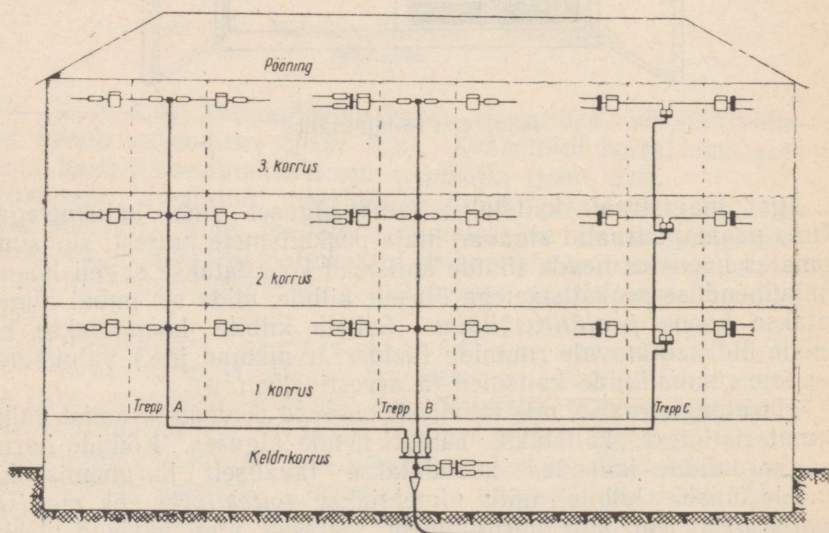
Rühmakaitsetest alates kuni üksikute tarbijateni jaotatakse elektrienergia rühmaliinide kaudu, millede arv sõltub korteris ülesseatud tarbijate arvust ja koormusest. Uhte rühma koondatakse tavaliselt kuni 15 valgustuspunkti üldise koormusega kuni 10 amprit.

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



Joon. 5. Magistraalliinide jaotuspunkt.

arvestatakse üksikute korterite koormuste võimalikult ühtlast jaotamist süsteemi üksikutele faasidele igas hargnemiskohas kui ka hoone peakilbil.



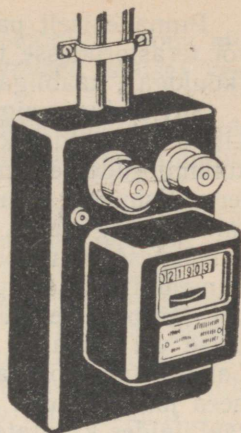
Joon. 6. Hoone sisemise valgustusvõrgu jagunemine. Trepikodade A ja B piirkonnas kaitsmed näidatud detailselt, trepikoja C piirkonnas — magistraal- ja rühmakilpidega.

Eeskirjade kohaselt kaitstakse üksnes faasijuhtmeid, kuna nulljuhtmes kaitset esineda ei tohi. Erandi moodustavad rühmaliinid, mis üldiselt peavad olema kaitstud kõikpooluliselt, s. o. kaitse peab olema nii faasi- kui ka nulljuhtmes. Ainult erijuhtumil, kui antud rühmaliinis kasutatakse tarbijate nullimist¹, 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 keermekaitsemehhanismid 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 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.



Joon. 7. Arvesti ja rühmakaitsete kilp.

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

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 krohvatakse või kaetakse kuivkrohvplaatidega või muu katematerjaliga. Lamejuhtmed paigaldatakse üksnes rühmaliinide piirkonnas, sest need juhtmed oma suhteliselt väikese ristlõike tõttu pole 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.

Kasutatavaid juhtmeid. 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 kõdunemisevastase 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 nõörtäitega kokku keerutatud, mähitud spiraalselt paberlintidega ja kaetud õhukese, pikiõmblust omava metallkestaga. Niisketes ruumides kasutatakse vasksoontega kummitinakaablit СРГ ja plastikaatkestaga kaablit ВРГ, mis valmistatakse samuti kahe- kuni neljasoonelisena ala-

tes 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 kasutatavaks 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* mehaaniliselt ohustatud liinidel või nende osadel.

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

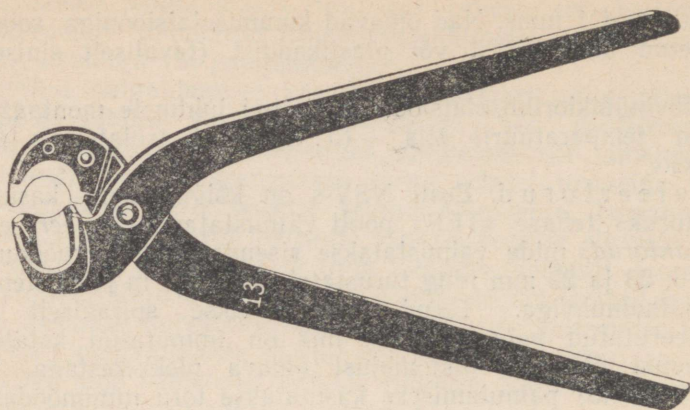
Tehase «TEP» isoleertorude valiku tabel

Juhtme ristlõige mm ²	1 juhe		2 juhet		3 juhet		4 juhet	
	<i>ito</i>	<i>sito</i>	<i>ito</i>	<i>sito</i>	<i>ito</i>	<i>sito</i>	<i>ito</i>	<i>sito</i>
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	29	—	—	—	—
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 alla — *sito*.

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

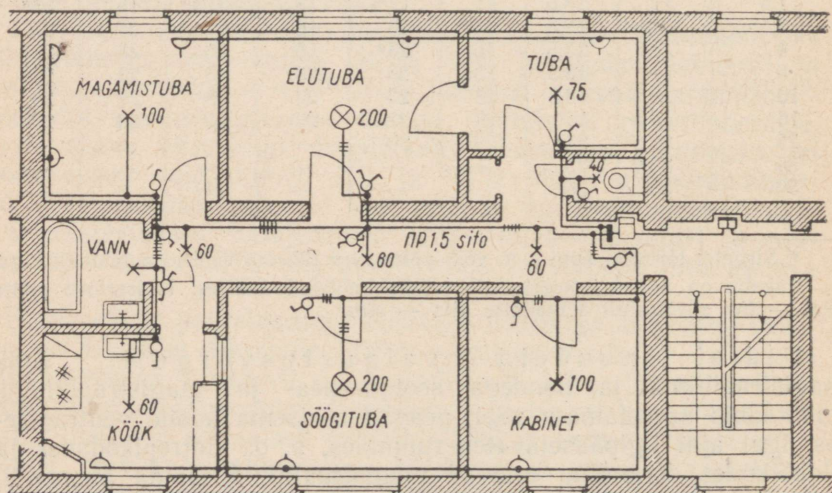


Joon. 8. Isoleertoru painutamise tangid.

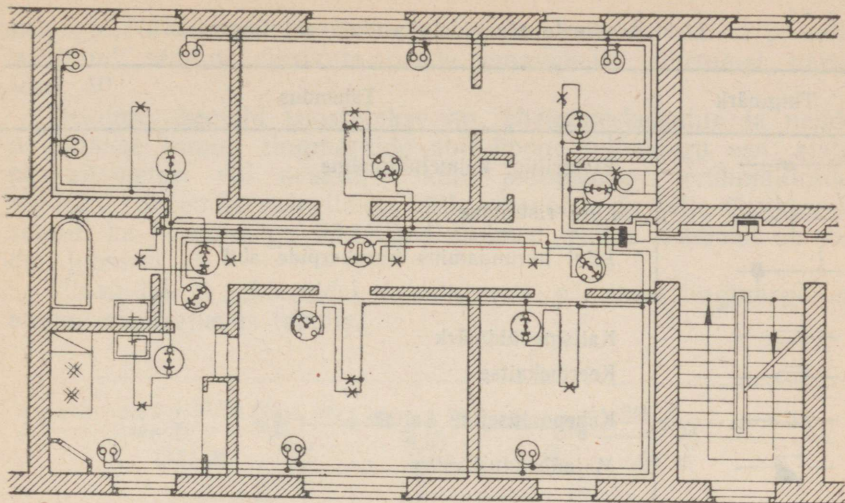
karbid, kaitsmed ja magistraalkilbid peavad olema plommitavad. Peamagistraalid peavad olema kõikfaasilised ja kulgema katkilõikamatult läbi harukarpide kuni viimase magistraalkilbini või jaotuspunktini. Magistraalkilbid või jaotuspunktid paigaldatakse väljapoole käeulatusse piiri, tavaliselt uste kohale.

Arvestite asukoht. Arvestid koos rühmakilpidega peavad paiknema abonendi (korter) 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



Joon. 9. Elektriseadme plaan.



Joon. 10. Eelmisel joonisel näidatud elektriseadme üksikasjalik lülitusplaan.

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, et vältida pistikuga külgeühendatavate juhtmete laual vedelemist.

Valgustusvõrgu juhtmestik. Jaotusvõrgu, s. o. rühmaliiinide ristlõikeks on tavaliselt vaskjuhtmete korral $1,5 \text{ m}^2$ ja alumiiniumjuhtmete korral $2,5 \text{ mm}^2$, kusjuures need liinid kaitsakse 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 $2,5 \text{ mm}^2$ ja alumiiniumjuhtmete korral 4 mm^2 .

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

Elektriseadmete plaanid ja skeemid. Elektriseadmed hoones ehitatakse eelnevalt koostatud plaanide ja skeemide alusel. Plaanid kujutavad enesest läbi hoone teatava korruse

Elektriseadmete plaanidel kasutatavaid tingmärke

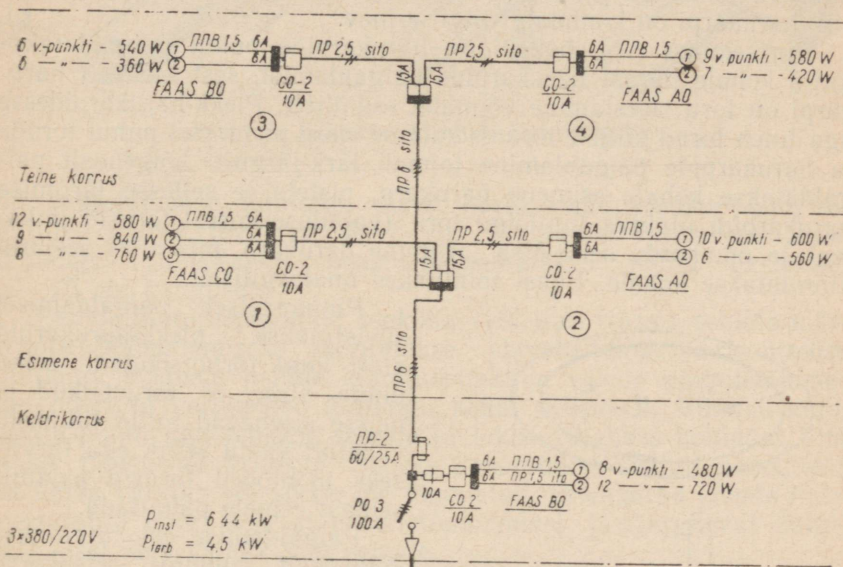
Tingmärk	Tähendus
	Elektriliin, kolmejuhtmeline
	Liini ristumine
	Liini harundamine harukarpide abil
	Kaitsme üldmärk
	Keermekaitse
	Kahepooluseline kaitse
	Majaühenduskaast
	Magistraalkilp
	Rühma-(grupi-)kilp
	Ühe-, kahe- ja kolmepooluseline vinnaklülit
	Liht-, rühma-(grupi-), vaheldus- ja ristlülit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

(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 juhtme-soonte) arv, kui neid on enam kui kaks, märgitakse põikkriipsu-

kestega. 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 peakaitsetest või peakilbist kuni jaotusvõrgu (rühmaliinide) alguseni. Skeemile märgitakse kõik toitevõrgu ja selle üksikosa, samuti ka jaotusvõrgu tehnilised andmed. Näide skeemist on toodud joonisel 11.

Plaanidel ja skeemidel kasutatavad põhilised tingmärgid on toodud alljärgnevas tabelis.



Joon. 11. Hoone toitevõrgu skeem.

§ 6. HOONE VALGUSTUSSEADME MONTAAZ

Paigaldamisviisid. 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.

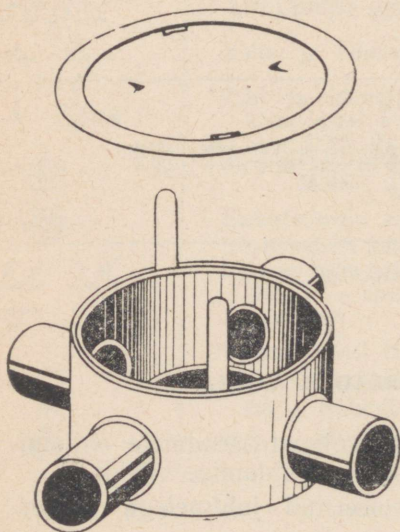
Allpool käsitletakse üksikasjaliselt ainult pinnapealset paigaldamist, sest süvistatud paigaldamise rakendamine praktiliste tööde läbiviimisel on kooli tingimustes raskendatud.

Pinnapealne paigaldamine isoleertorudega. 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.

Portselanist või bakeliidist harukarpide puhul paigaldatakse torud kohale pärast harukarpide paigaldamist, sest kaaneta harukarpi on toru sisestamine võimalik esiküljelt. Plekk-harukarpidesse aga tuleb torud küljelt toruotsikutesse sisse pista. Sel puhul torude ja harukarpide paigaldamine toimub järk-järgult: kõigepealt paigaldatakse 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.

Pinnapeasel paigaldamisel süvistatakse plekk-harukarbid alati kuni toruotsikuteni seina pinna sisse, et toruotsikud ja neisse sisenevad torud liibuksid vahetult vastu seina ega tarviseks montööril torusid asjatult seinast eemale painutada.

Paigaldamise eel tutvutakse kõigepealt ruumide seisukorra ja plaaniga ning viimase järgi määratakse üksikute aparatuuride — harukarpide, lülitite, pistikupesade, valgustite jne. — paigaldamiskohad, liinide trassid seinal ja seintesse puuritavatele või raiutavatele läbiviiguavadele sobivad kohad. Liini horisontaalsete ja laega rööbiti paigaldatavate lõikude paigalduskõrguse määramisel võetakse arvesse, et üksikud lõigud tuleb paigaldada kogu

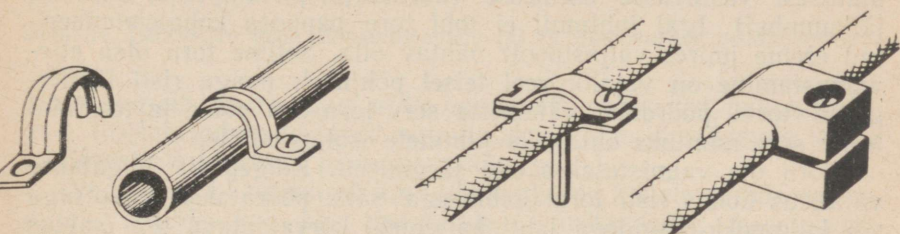


Joon. 12. Plekk-harukarp.

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 liinid paigaldatakse 20—30 cm allapoole lage.

Järgnevalt puuritakse seintesse liinide läbiviiguavad, paigaldatakse kohale portselan- või bakeliitharukarbid ja tähistatakse nende vahel kui ka lülite ja pistikupesade juurde kulgevatel liinilõikudel kinnitusvahendite, nn. *pellide* (joon. 13) asukohad. Pel-



Joon. 13. Juhtmete ja torude kinnituspellid.

lid paigaldatakse liinilõigu otstel harukarpide, pistikupesade või lülite juures tavaliselt 5—7 cm kaugusele viimastest, kuna liinilõigu vahepealses osas paigaldatakse pellid üksteisest 50—70 cm kaugusele.

Pellide kinnituspunktide asukohta (või liini trassi) seinale märkimise hõlbustamiseks kasutatakse abivahendina horisontaalse liinilõigu otsmiste pellide kinnituspunktide vahele pinguletõmmatud nõõri ja vertikaalse liinilõigu kohal nõõrlodi. Viimistlemata seinte puhul aga tehakse seinale ja lakke vajalikes kohtades liini trassi tähistavad kriipsud. Selleks kasutatakse samuti nõõri, mis on kuiva värviga või söega üle tõmmatud. Ettenähtud kohale ülespingutatud nõõri 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 seinapaksuse ulatuses. Sirge liinilõigu puhul on mõõtmine ja toru ettevalmistamine lihtne, kuna aga painutatava toru väljamõõtmine ja ettevalmistamine on märksa keerulisem, sest pinnapealsel paigaldamisel juhtmed tõmmatakse torudesse sageli enne viimaste painutamist ja kohaleasetamist.

Eesti NSV-s kasutatavate ja tehases «TEP» toodetavate isoleertorude väline terasplekist kest ei oma kaitset roostetumise vastu. Seepärast kehtib nõue, et kõik isoleertorud tuleb enne kasutamiselevõtmist õlivärviga üle värvida või lakkida. Värv 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 esi-

neks torus immutusainest prunte ega papikihtide lahtikeerdumist, mis takistaks traatide sissetõmbamist.

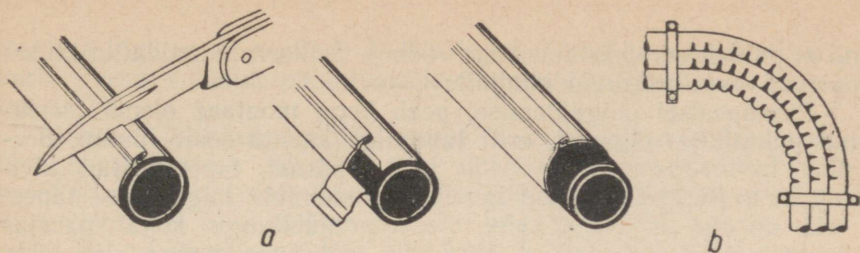
Isoleertorude lõikamisel ja monteerimiseks ettevalmistamisel kasutatakse kõva teraga nuga. Iga torulõigu mõlemas otsas kõrvaldatakse alati väline plekk-kest 3—10 mm ulatuses, et vältida sissetõmmatavate juhtmete isolatsiooniga vigastamist montaažtööde käigus. Kõrvaldatava plekk-kesta osa pikkus sõltub toru sisenemise ulatusest vastavasse esemesse (harukarpi, pistikupessa, lülitsisse, 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 pöörduks 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 kärstatakse selle osa plekk toru ümbert maha. Järgnevalt surutakse torul oleva katte väljapööratud 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 üks jätkatavatest torudest kinnitatakse pelliga, et kinnitatava toru kaudu suruda pistemuhvi 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 vajaliku 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 salku ühele või teisele poole.

Painutussälged tehakse ühtlase, toru läbimõõdust ja soovitatavast 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 sel puhul igal rööbiti kulgeval torul on erinev painutusraadius (vt. joon. 14, b).



Joon. 14. Isoleertoru otsa ettevalmistamine (a) ja isoleertorude painutused (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 traadi lahtised otsad keerutatakse paari keeru ulatuses omavahel kokku esmalt kruvi ühel ja siis teisel küljel (joon. 15, a). Niiviisi kujundatud spiraaltüübel moodustab kruvile nagu tiibmatrit, mis seina sisse müüritult püsib selles kindlalt ja pöörduvatult. 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 meisli järjest pööratakse. Kuna kruvid peavad asetsema seinas täpselt ettenähtud kohal (eriti harukarpide, lülitite ja teiste aparaatide kinnitamisel), siis kruvi täpne asukoht tähistatakse enne augu raiumist kahe ristitõmmatava kriipsuga. Kruvi koos tüübliga kipsitakse ettepuuritud auku täpselt kriipsude ristumiskohale.

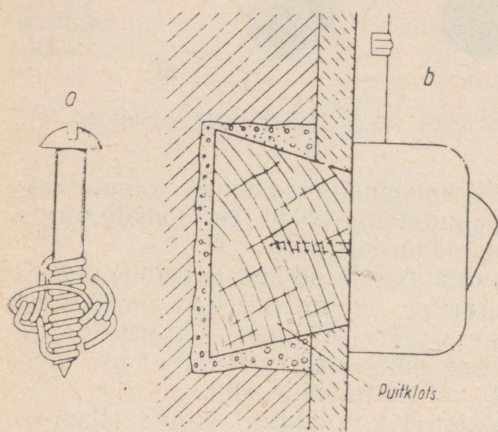
Mõnikord kasutatakse kruvide kinnitamiseks kiviseina puuritud auku sissetaotud puitpulki. See võte on aga täiesti lubamatu, sest esiteks puidukiudude sihis pole võimalik kruvi küllaldase tugevusega kinni keerata ja teiseks puitpulk, mis enamasti on poolkuivast puidust, võib kokkukuivanuna koos kruviga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

Üksikute kruvide kiviseina kinnitamisel tuleb ikka kasutada traatspiraal-tüübleid.

Puitu kui kruvide müüri sisse kinnitamise abivahendit kasutatakse peamiselt mitme lähestikku paikneva kruvi kinnitamisel, näiteks harukarbi, lüliti, pistikupesaga 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. See-



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

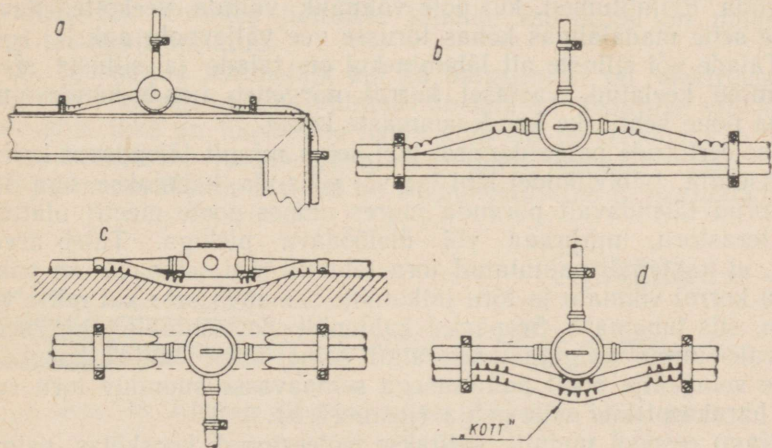
võrd suudetakse seda enne tardumist ära kasutada. Mõrdi valmistamise nõuks sobib kõige paremini kummist kausike või poolik kummipall, kuhu valatakse parajal hulgal vett, puistatakse sellesse müüriksipi ja segatakse pulgakeseaga, kuni saadakse kasutamiseks paraja paksusega mört. Kumminõu on eriti sobiv, sest nõu seinte külge tardunud mördijääk on hõlpsasti kõrvaldatav nõu kokkumulumisega.

Harukarbid paigaldatakse liinile reeglipäraselt nii, et nendesse kahelt poolt suubuvad torud kulgeksid sama sirget mööda. Mõnel juhtumil pole see nõue täidetav, näiteks kui harukarp tuleb paigaldada ukse piirdelaua serva vastu peidetavale liinile. Seadme nägususe ja vähema silmatorkavuse eesmärgil sisestatakse sellises kohas kahelt poolt harukarpi kulgevad torud teatava nurga all (vt. joon. 16, a). Kaldenurk peab olema suhteliselt väike, et toru ots siiski korralikult siseneks harukarbi avasse. Selle saavutamiseks tehakse toru painutuskoht harukarbist küllaldaselt kaugusel (sõltuvalt toru või torutraadi läbimõõdust 6—10 cm).

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 sälike pole vaja, sest kaldenurga saavutamise painutus täidab ka selle ülesande. Seejuures ei tohi painutussälgude

arv olla liiga suur — piisab 2—4 sälgust. Torud kinnitatakse harukarbi juures vahetult painutussälkude juurde paigaldatava kinnituspelliga.

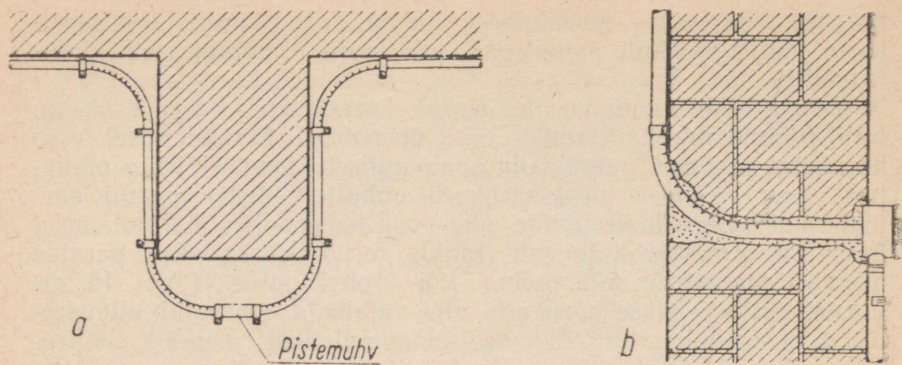
Mitme rööbiti kulgeva liini (toru) korral tekib raskusi üksiku liini harundamisel. Äärmise liini ühepoolisel harundamisel võib harukarbi ja torud paigaldada analoogiliselt joonisel 16, *a* näidatuga (joon. 16, *b* — plekk-harukarbi puhul). Üldiselt aga nii äärmiste kui ka sisemiste liinide ühe- või kahepoolisel harundamisel harukarbist mööda kulgevate liinide torud süvistatakse 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 säilitamiseks 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 küljkantidega süvend ning paigaldatakse sellesse harukarbist möödakulgevad torud. Pärast viimaste paigaldamist ja kinnikipsimist sobitatakse lahtilõigatud tapeedisiilud tagasi oma kohale.



Joon. 16. Torude paigaldamine hargnemiskohtades.

Tapetseerimata ja värvitud seinte korral teravate kantidega süvendis olevad torud kipsitakse 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.



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

nn. veekotte (vt. joon. 16, *d*). Laetalade või ukseavade alt ümberrmineku 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 sisse-raimine 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 seinavaa on paksu seina korral võimatu ja toru jätkamine seinavaa sees kui mitte võimatu, siis lubamatu. Seepärast kahtepidi horisontaalpinnas seina läbivale liinile paigaldatakse alati seina ühele küljele harukarp. Teise seinakülje poolt painutusega seinavaasse suunduv toru suubub harukarpi läbi selle põhja (joon. 17, *b*).

Nagu eespool mainiti, 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.

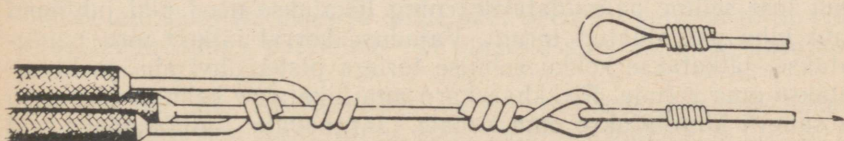
Juhtmete torudesse tõmbamisel jälgitakse, et nad kulgeksid torus vabalt ja rõõbiti. Omavahel keerdu tõmbunud juhtmete sissetõmbamine on juhtmepundi suurenenud läbimõõdu tõttu raskendatud, seda eriti keerukoha sattumisel toru painutuskohale. Pealegi tuleb arvestada, et nulljuhtmega võrgu korral peab montaažtööde 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 süvistäatud 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 tõmbamiseks 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 juht-



Joon. 18. Juhtmete sidumine torusse tõmbamise traadi külge.

mete 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 sisselükamine 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. Esimest liinilõiku läbinud juhtmed lükatakse järk-järgult järgnevasse 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 küündib 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 esimesesse 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 painutatakse, jätkatakse kokku eelmise toruga pistemuhvi abil ja kinnitatakse oma kohale. Plekkharukarp aga lükatakse eelmise toru otsa ja samuti kinnitatakse oma kohale. Järgnevate liinilõikude torud lükatakse juhtmetele (ehk juhtmed torusse) analoogiliselt eelmistega. Liinilõikudes, kus peab paiknema lüliti ja valgusti vaheline juhe, lükatakse viimane koos põhiliste juhtmetega neile pealepistevasse 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. Järgnevas 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 lülite, pistikupesade, seinaja 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 aluslaudad koos rühmakaitsetega, magistraalkaitsemed või -kilbid ning kogu hoone pea-lülituskilp.

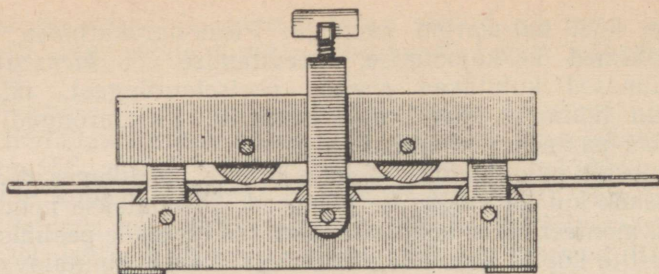
Pinnapealsel paigaldamisel värvitakse viimase tööna kõik paigaldatud isoleertorud (samuti plekk-harukarbid) teistkordselt üle ruumile sobivas värvitoonis.

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 tänapäeval piirduakse selle paigaldusviisi kasutamisel peamiselt teisejärguliste ruumidega. Elu- ja ühiskondlikes ruumides aga kasutatakse paigaldamist torutraadiga, mis on isoleertorudest märksa peenem ja vähem silmatorkav.

Pinnapealne paigaldamine torujuhtmetega (*kuuloga*). Üldiselt on torujuhtme paigaldamise töökäik analoogiline isoleertorude paigaldamisega. Erinevus seisab vaid liinilõikude 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 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



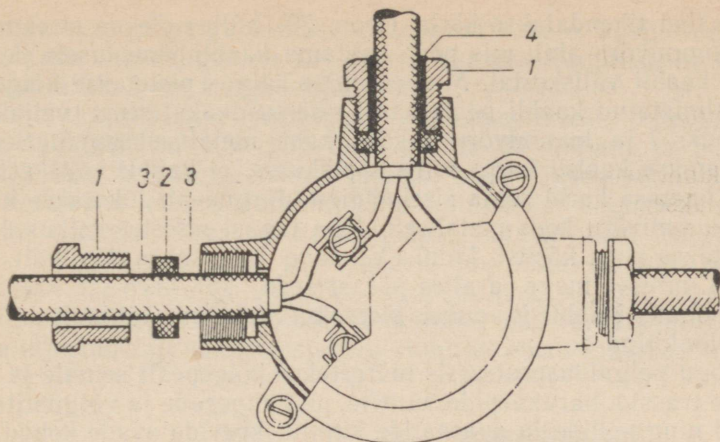
Joon. 19. Kuulorullid.

lahti õmblus, käristatakse metallkate juhtme ümbert maha ning surutakse selle üleskeeratud serv vastu pabermähist. Järgnevalt keerutatakse lahti ja käristatakse ära ükshaaval pabermähise ribad ning lõigatakse maha soontevahelised täitenöörid. Seejuures peab pabermähis ja nõortäidis metallkesta alt välja ulatuma 3—5 mm. Järgnevalt 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 oma ettenähtud kohale vastavate pellidega. Maksimaalne pellide vahemaad on 50 cm.

Pinnapealne paigaldamine kaabeljuhtmetega. Selle paigaldusviisi puhul kasutatakse kummiisolatsiooniga tina-kaableid CPT ja CPB ning neid asendavaid plastikaadist mantliga nn. vinüülkaableid BPT ja BPB. Kaablid CPT ja BPT on soomustamata, CPB ja BPB — soomustatud. Elu- ja ühiskondlikes hoonetes paigaldatakse neid niisketes ja märgades ruumides, kusjuures soomustatud kaableid seal, kus on olemas mehaanilise vigastamise oht.

Kaabeljuhtmed paigaldatakse kas vahetult aluspinnast vastu või teatavas kauguses sellest nn. *distantpellide* (joon. 12) vahendusel, mis hoiavad juhtme umbes 1 cm kaugusel aluspinnast. Vastu aluspinnast paigaldatud kaablid on mehaanilise vigastuse vastu paremini kaitstud, kuid niisketes ja märgades ruumides koguneb juhtme ja seina vahele vesi. Seepärast sellistes ruumides eelistatakse paigaldamist distantpelligel. Kinnituspellid asetatakse alati painutuste alguspunktidesse, harukarpide (ka lülite, pistikupesade, valgustite) juurde neist umbes 10 cm kaugusele ja sirgetel liinilõikudel sümmeetriliste vahedega 30—50 cm üksteisest. Kaablid painutatakse käsitsi, kusjuures normaalne kõverusraadius võrdub 6- kuni 7-kordse kaabli välise läbimõõduga.

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



Joon. 20. Kaabli sisestamine harukarpi.

Kaabel valmistatakse ette sisestamiseks läbi tihenduspuksi järgmiselt.

Soomuskaabli (CPB, BPB) 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 viilatakse kolm- või viielõigega läbi terassoomus ja tõmmatakse see koos džuutmähisega kaabli otsast ära. Järgnevalt lõigatakse noaga ümberringi soomusealune tina- või vinülitkesta peal olev kaitsemähis läbi ja eemaldatakse see koos traatsidemega. Seejuures ei tohi alumist tina- või vinülitkesta täielikult läbi lõigata. Edasine kaabli ettevalmistamine toimub samuti nagu paljaste kaablite puhulgi.

Paljal tinakaabli (CPT) 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 nõörtäidisega, kusjuures üksikute soonte kaitseks peab paelmähis kui ka nõörtäidis tinakesta alt välja ulatuma 2—3 mm ulatuses.

Paljal vinülitkaabli (BPT) tehakse noaotsaga piki kaablit sisselõige soonte paljastamiseks vajalikus pikkuses, kusjuures üksiksoonte vigastamise vältimiseks ei tohi sisselõige ulatuda soonteni. Kaabli otsa juures lõigatakse väliskest umbes 1 cm ulatuses sisselõikekohal täielikult läbi. Kaabli otsas lahtilõigatud väliskesta nurkadest kinni haarates ja neid tagurpidi keerates kärastatakse vinülitkest 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 käsitsi kinni tihenduspuksid. Pärast seda kaabel koos harukarbiga kinnitatakse oma kohale. Lõpuks ühendatakse kaablisooned karpides ning suletakse karpide kaaned. Enne kogu seadme valmimist keeratakse lõplikult kinni kõikide karpide tihenduspuksid, 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 vinüülkaablile. Põranda piirkonnas kaitstakse kaablid toruga või plekiga mehaaniliste vigastumiste eest. Ühelt paigaldusviisilt teisele üleminekul peab niiske ruumi seade alati algama kuivas ruumis. Ülemineku karbina on soovitatav kasutada niiskuskindlat karpi.

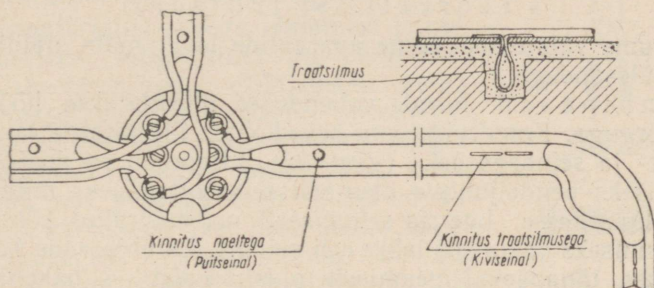
Pinnapealne paigaldamine pael- ehk lamejuhtmetega. See paigaldusviis on kasutatav ainult krohvitud puitseinte ja -lagedega ning krohvitud või krohvimata kivi- või betoonseinte ja -lagedega kuivades ruumides. Krohvimata puitseinale pole lamejuhtmete vahetu paigaldamine lubatud.

Lamejuhtmete monteerimiskäik on järgmine.

Kõigepealt valitakse ja tähistatakse juhtmete trass ja harukarpide asukohad, arvestades juhtmete võimalikult varjatud paigaldamist kooskõlas ruumi arhitektuurse kujunduse joontega, karniisidega jne. Järgnevalt paigaldatakse harukarbid, millena kasutatakse 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 kinnituskohdade vahekaugus on 15—20 cm, esimese kinnituskoha kaugus aga mitte üle 5 cm kaugusel karbist.

Juhte 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



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

välja 10 mm ulatuses. Juhte torgatakse vahetega silmuse otste peale ja viimaste laialipainutamisega juhtme pikisuunas kinnitatakse seina külge.

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

Juhte viiakse läbi seina kummi- või isoleertorus, kusjuures viimase otstes kõrvaldatakse plekkmantel 5 mm ulatuses. Kohtades, kus pole välditav juhtme mehaanilise vigastamise võimalus, tuleb juhet kaitsta.

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

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

§ 7. PRAKTILISED ELEKTRIMONTAAZITÖÖD

Töö nr. 1. Praktiline tutvumine elektrivalgustusseadme aparaatidega

Töö eesmärk. Õppida tundma elektrilambipesade, lülitite, ümberlülitite, pistikupesade, pistikute ja sulavkaitsmete ehitust ning töötamis põhimõtet, 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.

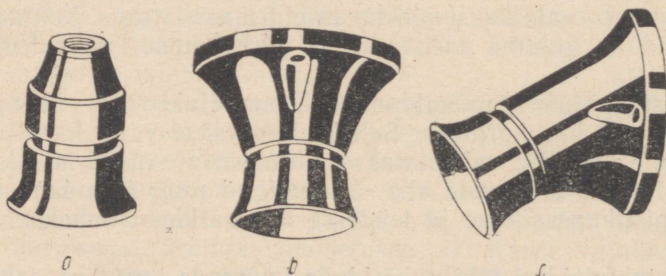
Teoreetilisi juhiseid

Tutvume valgustusseadme aparaatide levinumate näidiste ehituse ja ülesandega.

Lambipesad. 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 ripuva juhtme külge. See on vajalik südamikul olevate klemmide ja nende külge ühendatavate juhtmeotste vabastamiseks mehaanilisest 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 liiuvavas seinas sissepressitud õhemat kohta, mis löiketangi-dega välja surutakse ja mille kaudu sisestatakse juhtmed.



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

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

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

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

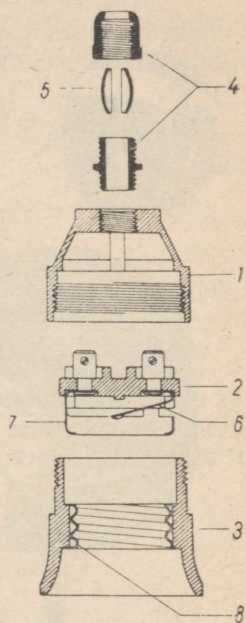
Isoleermaterjalist kerega lambipesi ja selliseid, millede küljkontakt on hõõglampi hoidvast keermerõngast elektriliselt eraldatud, loetakse ohutustehniliselt parimateks. Nendesse hõõglambi sissekeeramisel pingetub sissekeeratava lambi sokkel alles keeramise lõpul, mil peaaegu kogu sokkel on varjunud pesa kaelusesse (see peab olema küllaldase pikkusega). Väljakeeramisel on olukord vastupidine: sokkel jääb pingetuks juba väljakeeramise algul.

Lülitid. 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 töötamis põhimõtte seisukohast liigitatakse nad surunupp-, kipp- ja pöördlülititeks ning lülitamisülesande seisukohast liht-, rühma- (või grupi-), vaheldus- ja ristlülititeks.

Kõik karplülitid (vt. joon. 24, 25 ja 26) koosnevad alusest 1, mille külge on kinnitatud lüliti liikumatud ja ka liikuvad osad, kaanest 2 ja selle kinnituskruvidest 3. Surunupplülitel on veel lisaks liikuva kontaktisilla lülitamisnupud 4 ja pöördlülitel 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 kontaktisillast. Kohtkindlad kontaktvedrud on varustatud klemmiga, mille külge ühendatakse katkestatava vooluringi juhtme ots.



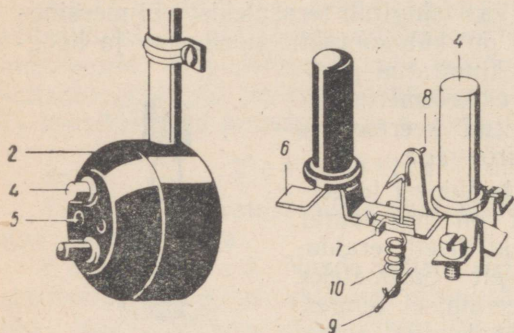
Joon. 23. Lihtlambi-pesa osadeks lahti-võetuna (löikes).

Surunupplülitil (joon. 24) on kaelkoogule sarnane kontaktsil- lake 6, mis toetub oma keskosas tappide 7 kaudu lülitil alusele ja on silla kõrvakesi läbiva võlli 8 ning aluse küljes oleva telje 9 vahel pingutatud vedru 10 abil surutud alati ühte äärmisesse asendisse. Vajutamisel ühele surunuppudest 4, kui silla võll 8 jõuab üle nn. tasakaalupunkti (tapikesi 7 ja telje 9 läbiva tasapinna), hüppab

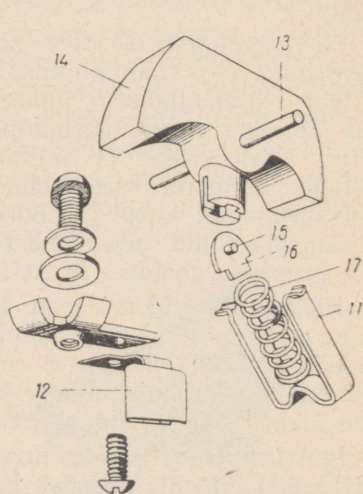
kontaktsild teise äärmi- ssesse asendisse, kiiren- dades seega lülitamis- protsessi.

Kipplülitil (joon. 25) on surunupplülitist märk- sa parem, sest kogu lülitamise protsess on lülitamissilla liikumis- kiirusest sõltumatu. Sel- lel lülitil on U-kuju- line kontaktsild 11, mis toetub oma ülemiste kõr- vavalepainutatud otste- ga aluse sammaste sisekül- jel 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



Joon. 24. Surunupplülitil ja tema mehhanismi üksikosad.



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

väljaulatava otsiku pilusse on pistetud völli 15 pöörlev pleki-
tükike 16. Viimane ulatub vedru 17 otsast sisse ja hoiab seda omal
kohal. Vedru toetub ühe otsaga kontaktisillale selle alumise kõveruse
sees ja teise otsaga lülitamissilla otsiku vastu. Lülitamissilla telg 13
ja kontaktisilla 11 tugilaagrid asuvad ühel tasapinnal. Vedru üle-
mine tugipunkt, milleks on lülitamissilla küljes olev otsik, liigub
silla 14 pööramisel mainitud tasapinnast ja kontaktisilla 11 vahelt
läbi. Silla 14 pööramisel algul surutakse vedru kokku, kusjuures
kontaktisild 11 püsib paigal. Niipea aga kui vedru tugipunkt läbib
eelmainitud tasapinna, kargab kontaktisillake vedru toimel teise
asendisse sõltumatult lülitamissillakese 14 liikumisest.

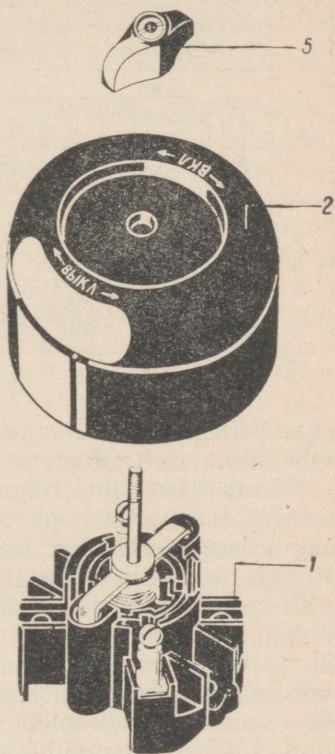
Pöördlülitil (joon. 26) on liikuv kontaktisild kinnitatud püstvöl-
liga seotud portselanist trumlile. Püstvölli külge kruvi abil kinnita-
tud pideme pööramisel pöörduv ka
kohtkindlate kontaktvedrude vahel
asetsev kontaktisillaga trummel, kat-
kestades või ühendades lülitiga ühen-
datud vooluringi.

Paremat tüüpi pöördlülititel on
püstvöll seotud trumliga vedrumeh-
hanismi vahendusel, mis pöörab
trumlit hüppeliselt ühest lülitamis-
asendist teise, tagades seega kiire
lülitamise.

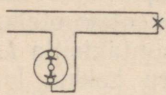
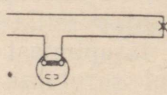
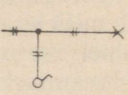
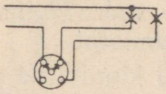
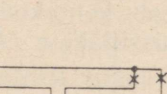
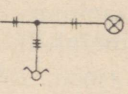
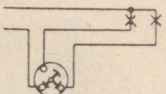

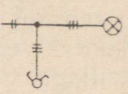
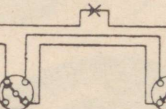
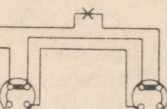
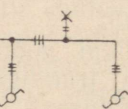
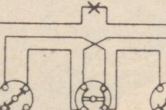
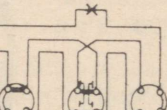
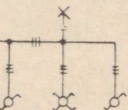
Nagu eespool oli märgitud, liigi-
tatakse valgustusseadmes kasutata-
vad lülitid lülitamisülesande järgi
liht-, rühma-, vaheldus- ja ristlüli-
titeks.

Lihtlülit on sisuliselt ühe-
pooluseline lülit, mida kasutatakse
lihtsaima vooluringi ühepooluseliseks
katkestamiseks (vt. tabel, lülitus 1).

Rühma- ehk grupilülit kuulub
ühepooluseliste lülitite hulka ja teda
kasutatakse selliste valgustusarma-
tuuride sisselülitamiseks, millede
hõõglambid on jaotatud kahte rühma
ehk gruppi, kusjuures kumbki rühm
lülitatakse ühepooluselisel (lülitus 2).
Surunupp- või kipsüsteemiline rüh-
malülit omab kaht ühepooluselist
lülitamismehhanismi, mis on oma-
vahel ühendatud järjestikku, kusjuures
nende ühenduskohas paiknev klemm on toiteallika-poolse juhtme
ühendusklommiks. Lülitamismehhanismide teised klommid ühenda-
takse valgustusarmatuuri kummagi lampiderühma vooluringi juhtme-



Joon. 26. Pöördlülit lahti-
võetult.

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

tega. Sellist tüüpi rühmalülitite lülitamismehhanisme saab käsitada sõltumatult teineteisest.

Pöörsüsteemiline rühmalüliti on ehitatud teisiti. Tema mehhanismi pööramisel toimub voolu ümberlülitamine kordamööda kummagile lampiderühmale, kusjuures vahepeal on lülitil katkestusseis. On aga olemas veel ühe lülitamiskombinatsiooniga pöördlülitiga, 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 pöördlülititeid nimetatakse *seerialülititeks* ja neid kasutatakse tänapäeval ainult erijuhtumel, sest kõiki neid lülitamisi saab teha surunupp- või kipp-süsteemiliste rühmalülititega.

Vahelduslüliti on tüüpiline ühepooluseline ümberlülitite ilma vahepealse katkestusseisuta ja teda kasutatakse vooluringis, mille tarbijat on vaja lülitada kahest kohast (lülitus 4). Selle lülituse korral kahe eri kohas asuva vahelduslüliti nn. vabad klemmid ühendatakse juhtmete abil vastastikku kokku, kuna nn. poolusklemmid 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 ümberlülitit ilma vahepealse katkestus seisuta. Teda kasutatakse juhul, kui tarbijat on vaja lülitada kolmest või enamast kohast (lülitus 5). Selle lüliti ülesandeks on vahelduslülitite klemmide vaheliste juhtmete omavaheline ristamine (sellest ongi tuletatud lüliti nimetus). Skeemi jälgimisel nähtub, et ristlüliti kord lülitab teda läbivaid vahelduslülitite vahelisi juhtmeid n. ö. otse, teine kord risti; samuti nähtub, et lülitamine kolmest kohast on teostatav mistahes kombinatsioonis. Seda lülitust on võimalik laiendada piiramata arvule lülitamiskohtadele, asetades vahelduslülititeid ühendatavatesse 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.

Pistikseadised on määratud teisaldatavate tarbijate, nagu lau- ja käsilampide, keedunõude, raadioaparaatide, televiisorite, tolmuimejate jne. ühendamiseks kohtkindla juhtmestikuga. Nad koosnevad *pistikupesast* ja *pistikust*.

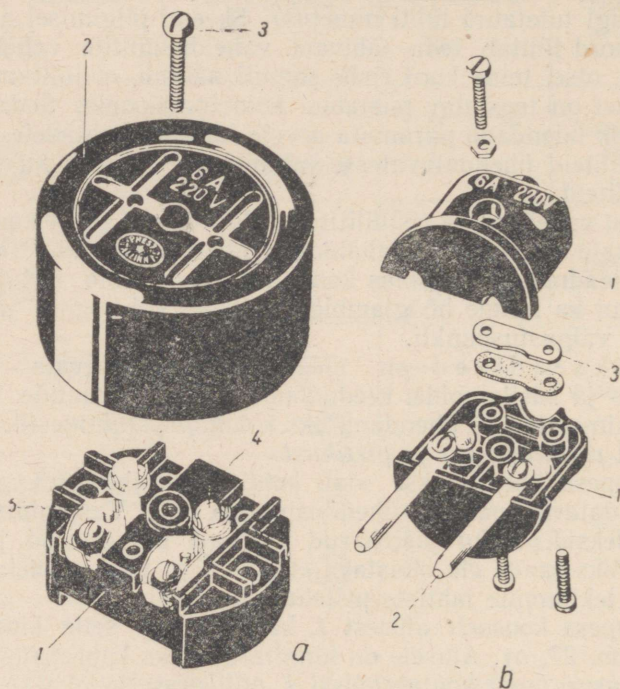
Pistikupesa ühendatakse alati kohtkindla juhtmestikuga, pistik aga teisaldatava aparaadi ühendusjuhtme otsa. Vastupidisel ühendamisel oleksid pistiku pisteharud pidevalt pingestatud ja nende puutuja võiks saada elu ohustava elektrilöögi; pealegi oleks võimalik lühise tekitamine lahtiste pisteharude vahel.

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 kontakthülssid tagavad hea elektrilise ühenduse ega võimalda pistikul pesast välja langeda ühendusjuhtme raskuse toimetel. Iga kontakthülss on varustatud juhtme ühendamise klemmiga 5 ja seda aluse esiküljel. See asjaolu võimaldab juhtme hõlpsat ühendamist juba paigale kinnitatud pistikupesa aluse juures. Pistikupesa kaas valmistatakse sellise läbimõõdu ja kujuga, et pistiku pistmine pesa 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 karboiidist.

Tuleb mainida, et veel praegugi turustatakse pistikupesi, milles vedruga varustatud kontaktlülite asemel on mittevetruvad torupüksid. Seejuures juhtmete ühenduskruvid asuvad kas pistikupesa aluse alumisel (s. o. seinapoolsel) küljel või ka esiküljel, kuid juhtmete juurdetoomine on ette nähtud pistikupesa alt aluses oleva ava kaudu. Torupüksidega pesades ei ole tagatud hea kontakt, mis võib

põhjustada raadiohäireid ja tuleohtu, ja juhtmete ühendamine ning sisseviimine pistikupesast on raskendatud.

Pistik koosneb isoleerainest (bakeliidist või karboliidist) kerest 1 ja selle sees paiknevatest pisteharudest 2 (joon. 27, b). Parematel tüüpidel on veel lisaks olemas juhtme kinnitusklamber 3,



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

mille abil pistiku kere kinnitatakse juhtme kui terviku külge, vabastades juhtmesoonte ühenduskohad mehaanilisest tõmbest, kui pistik tõmmatakse pesast välja juhtme kaudu. Pistiku kere koosneb tavaliselt kahest kruvigast ühendatavast poolest, millede vahel asetsevad 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.

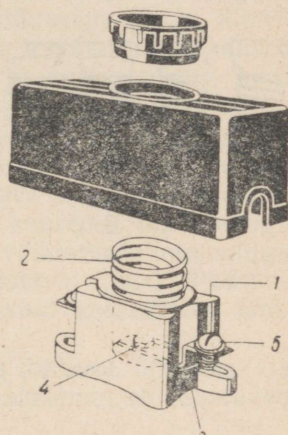
Sulavkaitsmed. Teatavasti iga voolust läbitav juhe soojeneb. Kui voolu tugevus ületab juhtmele lubatava piiri, siis juhe kuumeneb samuti üle lubatava määra ja seda sõltuvalt voolu tugevusest. Tulemusena võib rikneda juhtme isolatsioon, võib tekkida lühis ja ka tulekahju. Seepärast kasutatakse igas elektriseadmes 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 soojendada. Traadi materjaliks on kergesti sulav metall, mis ohutuse seisukohast lähtudes varjestatakse kaitsekestaga.

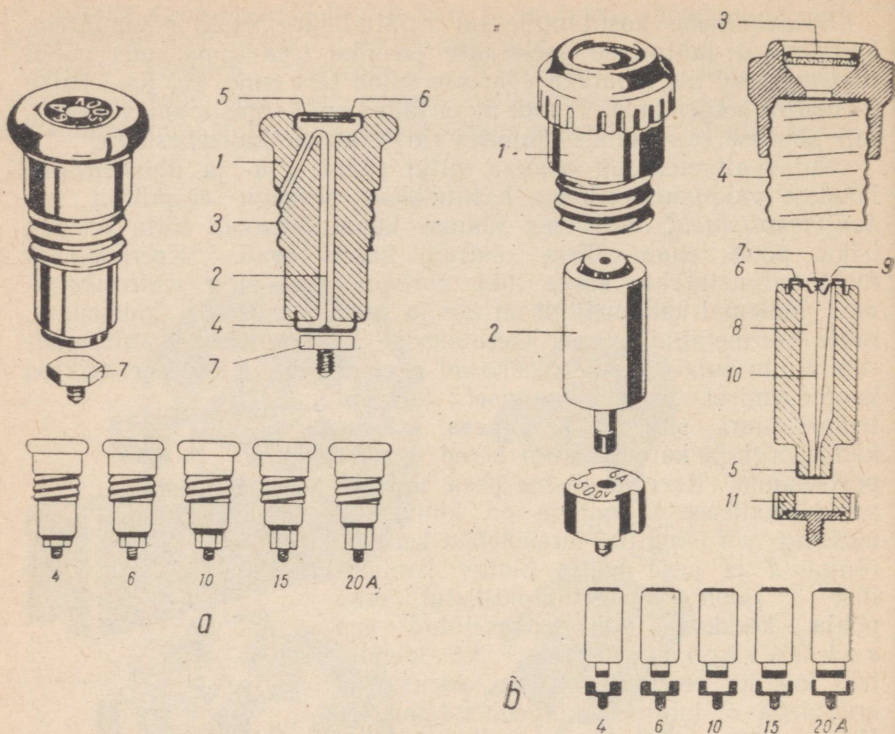
Sulavkaitsmeid on olemas mitut tüüpi. Elu- ja ühiskondlike hoonete valgustusseadmes kasutatakse peaaegu eranditult nn. *keermekaitsmeid*, mis oma kinnise konstruktsiooni tõttu on iga isiku poolt enam-vähem ohutult käsitsetavad. Keermekaitsmeid valmistatakse kahte liiki: *korkkaitsmed* ning *padrunkaitsmed*. Mõlemal kaitsmeliigil on üks ja sama alusosa — kaitsepesa, mille keermetatud avasse keerataksegi kaitsekork või kaitsepadrundi. Kuna sulavkaitsme üksikosad peavad taluma sulavtraadikese kuumenemisel ja läbisulamisel tekkivat temperatuuri, siis nii kaitsepesa kui ka kaitsekorgi ja kaitsepadrundi kered tehakse portselanist. Keermekaitsme pesa koosneb portselanalusest 1, millele on kinnitatud messing- või tsingitud terasplekist keermehülss 2 ja pesa põhja ulatuv kontaktliist 3 (joon. 28). Kontaktliistul, pesa põhja keskkohas on keermetatud ava *sobituskruvi* 4 jaoks. Nii klemmliist kui ka keermehülss on varustatud kruvidega 5 juhtmete külgeühendamiseks. Kaitsepesa võib olla sisseehitatav või varustatud portselan-, bakeliit- või metallkaanega. Sisseehitatavat tüüpi pesadest koostatakse plekk-kattega lülituskilpe ja ühe-kuni kolmepooluselisi nn. kaitselemente.

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 keermehülssiga 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: padrunipeast 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 kaitsepadrundi ühes otsas on konstantse pikkusega, kuid muutuva läbimõõduga kontaktjalga, mis on varustatud metallmütsikesega 5.



Joon. 28. Keermekaitsme pesa.



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

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 hoide- traadi poolt kokkupigistatav väike spiraalvedru 9. Padruni õõnt läbiv sulavtraat 10 on aga oma otste- ga kinnitatud metallkübara 5 ja -otsiku 6 vahele. Üheaegselt sulavtraadi läbisulamisega sulab läbi ka hoidetraat, mille tulemusel märkläätseke vabaneb ja paiskub vedru toimel padrunipea akna taga olevasse õõnde, andes märku kaitsepadrundi sulavtraadi läbipõlemisest.

Nii kaitsekorgi kui ka kaitsepadrundi õõs on ohutuse otstarbel täidetud peene kvartslüivaga. Sulavtraadi sulamisel tekki- v kaarleek sulatab ka kvartslüiva; viimane võtab seejuures suurema osa tekki- vast soojusest sulamissoojusena silmapilkselt endasse ja väldib seega padruni või korgi purunemise.

Keermekaitsete 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 mm². Seega iga teatava ristlõikega juhtmeliini kaitsmepesa

tuleb 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 välja-ulatava otsa pikkus on astendatud kooskõlas kaitsekorkide nimivooludega. 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 II, 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 kaitsmepesa põhja sissekeeratud teatava suurusega sobitusrõngas ei võimalda 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 pinged ja voolu nimisuurused.

Töö käik

Võtke kordamööda koost lahti ja tutvuge üksikasjaliselt järgmistele 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 pinged nimisuurused.

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 aparaaadi detailide loetelu ja materjal.
4. Skemaatilised joonised iga aparaaadi kohta koos neid läbiva voolu teekonna näitamisega.

Kontrollküsimusi

1. Milliseid aparate kasutatakse korterite valgustusvõrgus?
2. Milliseid materjale kasutatakse elektriaparaatide detailide valmistamisel?
3. Missuguse ehitusega lambipesad on eksploatatsioonis ohutumad?
4. Millist liiki lülitid on lülitamisvõime seisukohast parimad?
5. Miks ei ole lubatud kasutada lapikut pistikut?
6. Mille poolest erinevad kork- ja padrunkaitsmed?
7. Milliste võtetega tõkestatakse mittevastava nimivooluga kaitsmete väär kasutamise?
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, ШПП ja isoleertorude lõigud; 2) harukarp, seinapesa, lihtlüli, keermekaitsmed, pistikupesa ja pistik; 3) nuga; 4) kruvikeeraja; 5) montööri tangid; 6) ümartangid; 7) isoleertoru painutus-tangid; 8) tõlvik; 9) jootetina; 10) tinool.

Teoreetilisi juhiseid

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

Torujuhtmete ТПРФ ning kaabeljuhtmete СРГ ja ВРГ ettevalmistamist on juba eespool käsitletud; siinkohal aga selgitame

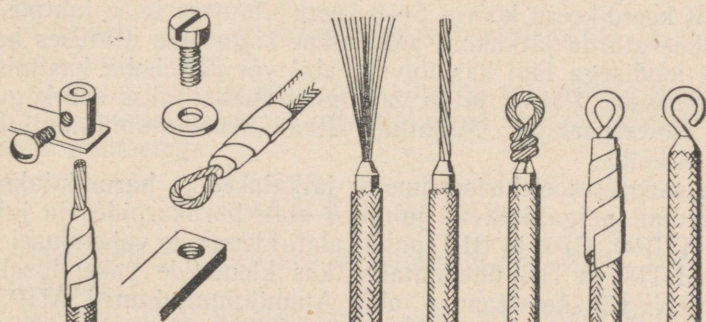
peamiselt ühesooneliste nii massiiv- kui ka kiudsoontega juhtmete otste ettevalmistamist.

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 mm². 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 halvem juhtivust ja seega suurendab üleminekutakistust ühenduskohades ja klemmides. Peale selle on ta pehmuse tõttu «voolav» materjal, kokkusurutud kohast väljavoolamise tulemusena nõrgeneb temale esialgu antud surve ja suureneb kontakti üleminekutakistus. Seepärast kõik alumiiniumjuhtmete ühendamiseks määratud klemmid peavad omama vetruvat elementi — vedruseibi.

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 nõör- või kiudjuhtme ots peab 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 tulemusel juhe katkeb juba mõnekordse painutamise järel; peenekiuliste juhtmete puhul aga võib



Joon. 30. Juhtmete otste ettevalmistamine.

läbi lõigata üksikuid kiudusid, mistõttu väheneb juhtme ristlõige. Lõikamisel toimitakse nii nagu pliatsi teritamiselgi.

Pärast pealmise isolatsioonikihi kõrvaldamist puhastatakse juhtme ots noaga metalliläike tekkimiseni. Alumiiniumjuhtmete puhul määratakse puhastatud ots kohe neutraalse vaseliiniga, et tõkestada oksüüdi tekkimist juhtme pinnale. Ei enne ega ka pärast sisseäärimist 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 nõorjuhtme 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 määratakse 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 seetõttu võivad ülemäära kuumenedes põhjustada tulekahju. Ühelgi juhul ei tohi jätkukohti esineda torusse paigaldatud või ülespingutatud juhtmetel.

Juhtmete jätkamisel nende metalliläikeni puhastatud (kiudjuhtmeil veel kokkukeerutatud) otsad asetatakse 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 alumiiniumjuhtmete 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 surutakse tagasi harukarbi sisse. Alumiiniumjuhtmetega toimitakse samuti, kuid kokku neid ei keerutata, sest see segaks keevitamisel vormi kasutamist.

Kahesooneliste nõorjuhtmete (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 nõorjuhtme otsa pistik.

3. Jätkake nii traat- kui ka kiudjuhe, jootes ja isoleerides jätkukohad; jätkake juhtmeid ПР ja ШР ristlõikega kuni 4 mm².

4. Tutvuge isoleertorude ehitusega ning õppige hindama nende nimiläbimõõtu silma järgi. Valmistage ette isoleertoru ots.

5. Monteerige seinale või lauale asetatud puitkilbile keerme-kaitsmed, 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.

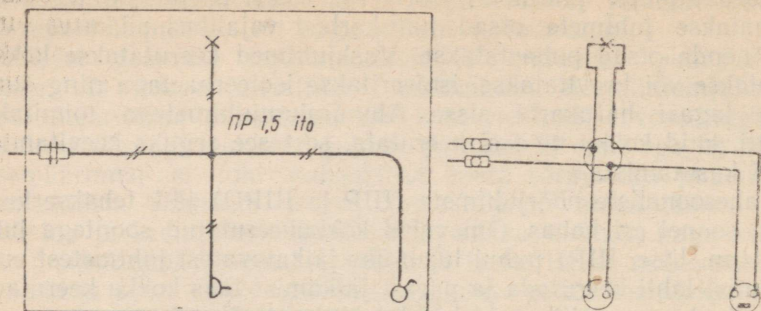
4. Skemaatilised joonised teostatud operatsioonide kohta.

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?



Joon. 31. Seadme skeem töö 2 juurde.

3. Miks peab juhtmete otsi ja jätkukohti jootma?
4. Millised on alumiiniumjuhtmete negatiivsed omadused?
5. Millised peavad olema klemmid alumiiniumjuhtmete ühendamiseks?
6. Miks ei tohi juhtme isolatsiooni lõigata noaga risti juhet?
7. Miks ei tohi juhtme jätkud esineda isoleertorus?
8. Kuidas paigaldatakse ja ühendatakse pistikupesad ja lülitid juhtmete külge?

Töö nr. 3. Seadme montaaž toru- ja kaabeljuhtmetega

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 БРГ 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) montöör tangid; 13) naaskel; 14) kruvikeerajad 3–6 mm; 15) kuulotangid.

Teoreetilisi juhiseid

Üksikasjalik 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 lõikudele 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 otsad 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 pistikupesasse 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.

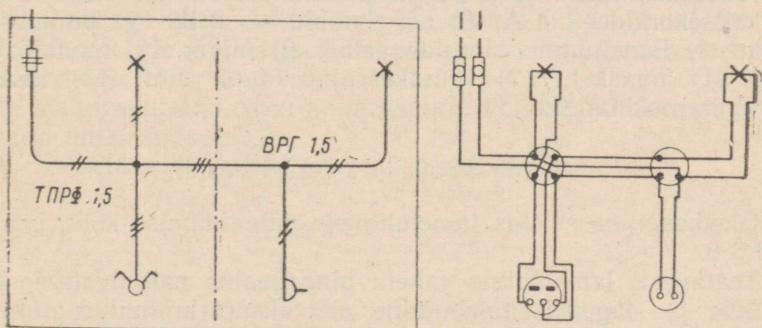
8. Monteerige kohale rühmalüliti, ühendage see liiniga ning sulgege kaanega.

9. Paigaldage seina-lambipesa ja keerake temasse hõõglamp.

10. Asetage valgustisse hõõglamp ja sulgege valgusti klaaskupliga.

11. Valmishitatud seade varustage ühendusjuhtmega toitevõrguga ühendamiseks: umbes 1 m pikkune nõorjuhe varustage ühes otsas pistikuga, teine ots ühendage kaitsmetega.

12. Katsetage valmishitatud seadme töökorras olekut.



Joon. 32. Seadme skeem töö 3 juurde.

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 ja 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. 3 a. Seadme monteerimine lamejuhtmega

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) sein-lambipesad — 2 tk.; 4) vahelduslülitid — 2 tk.; 5) keermekaitsmed koos sobituskruidide ja kaitsekorkidega 4 A; 6) hõõglambid — 2 tk.; 7) puidukruvid 4 mm; 8) lamejuhtme kinnitusnaelad; 9) nuga; 10) montöörirangid; 11) naaskel; 12) kruvikeerajad 3—6 mm; 13) haamer; 14) ümarmokktangid.

Teoreetilisi juhiseid

Üksikasjaline seletus lamejuhtmete paigaldamise kohta on toodud § 6.

Teatavasti lamejuhtme vahetu pinnapealne paigaldamine puitseintele ja -lagedele tuleb kõne alla üksnes krohvitud puitpinna puhul. Sellise paigaldusviisi kasutamise võimaldamiseks praktiliste tööde teostamisel kooli oludes tuleb vastav aluspind imitee-

rida. Selleks kaetakse montaažalusena kasutatav puitkilp seinapapiga, kartongiga või paksema pakkimispaberiga, mis imiteeribki krohvikihiti puitseinal. Vajaduse korral võib kattele maalida ka seinte viimistlusjooni.

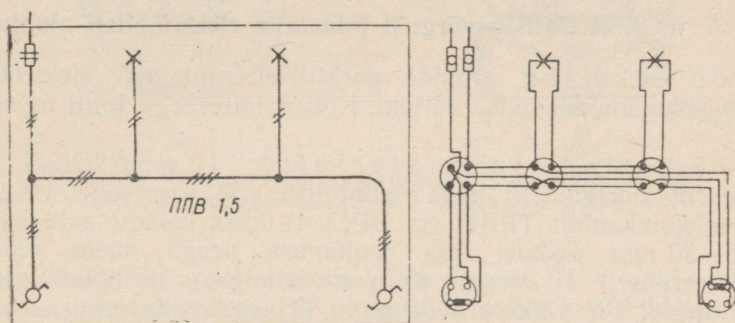
Töö käik

1. Tutvuge joonisel 33 näidatud seadme lülituskeemiga ja seadme ehitamiseks vajalike aparaatide ning materjalidega.

2. Valmistage ette montaažkilp, milleks katta seinale või lauale asetatav puitkilp krohvikatet imiteeriva seinapapiga.

3. Tähistage kilbil aparaatide paigalduskohad ja liinide trasid, paigaldage kohale kaitsme ja harukarpide alused.

4. Määrake lamejuhtme lõikude montaažpikkused, lõigake lõi-



Joon. 33. Seadme skeem töö 3 a juurde.

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

5. Puhastage juhtmesoonte otsad, teostage ühendused harukarpides ja kaitsmealusel ning sulgege karbid kaantega.

6. Paigaldage kohale vahelduslülitid, puhastage juhtmesoonte otsad, ühendage need klemmidega ja sulgege lülitid kaantega.

7. Monteerige kohale ja ühendage juhtmetega lambipesad ning keerake neisse hõõglambid.

8. Valmishitatud seade varustage ühendusjuhtmetega toitevõrguga ühendamiseks.

9. Katsetage valmishitatud 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.

Kontrollküsimsusi

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 pöörde- või käänukohad?
5. Miks ei tohi lamejuhet paigaldada kohtadesse, kus temperatuur ületab $+35^{\circ}\text{C}$?

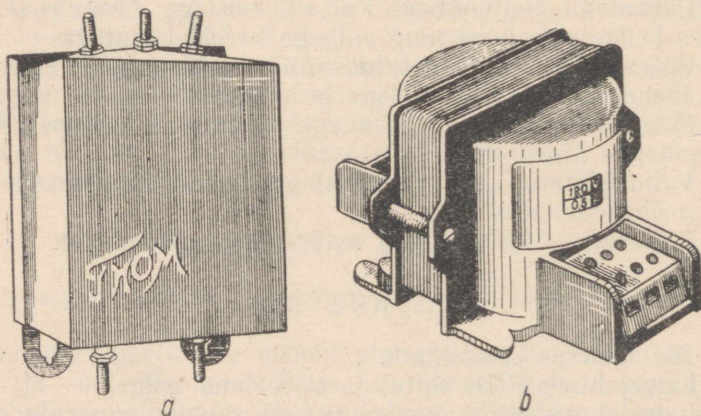
Töö nr. 4. Valgustusvõrgust toidetava elektrikõlisti montaaž

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

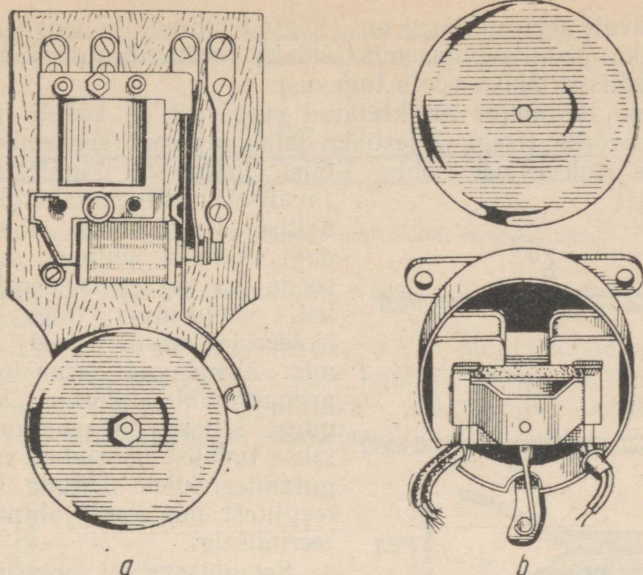
Tööriistad ja materjalid: 1) elektrikõlisti koos transformaatoriga; 2) kaks kellalüliti; 3) 8 m juhet ПБД või 4 m telefonikaablit ТРБК või ВРГ; 4) kaks väikest sulavkaitset; 5) 15—20 mm pikkusi laia poolümara peaga naelu (25 tk.); 6) isoleerpael; 7) vasar; 8) montöörinuga; 9) lapiktangid ja ümartangid;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

Teoreetilisi juhiseid

Elektrikõlisteid kasutatakse elu- ja tööruumides helisignaalide andmiseks. Kõige sagedamini kasutatakse selliseid elektrikõlisteid,



Joon. 34. Kellatransformaatorid.



Joon. 35. Vahelduvvoolu elektrikõlistikud transformaatoriga.
a — katkestajaga kõlisti; *b* — katkestajata kõlisti.

mille mähised on arvestatud madalale pingele (4—6 volti). Madalpinge kasutamine võimaldab lihtsustada mitte ainult kõlisti enda, vaid ka tema toitevõrgu ehitust. Sellise pingel korral võib kasutada isoleeritud, kuid ilma kummiisolatsioonita peenikesi juhtmeid ning neid võib kinnitada vahetult seinale.

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

VII klassi füüsika kursusest on tuttav ankruga ja katkestiga elektrikõlisti ehitus. Niisugust kõlistit saab toita nii alalis- kui ka vahelduvvoolu abil. Viimasel ajal on aga võetud kasutusele eelnimetatutest erineva konstruktsiooniga kõlistikud. Üheks selliseks on kõlisti, millesse on peale ankruga 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 transformaatoriga ja ankrust — elastsest plaadist, mille külge on kinnitatud vasarake. Sellise kõlisti lülitile vajutades läbib transformaatorit vahelduvvool. Transformaatori südamik perioodiliselt magnetub ja demagnetub, mille tulemusena hakkab ankur võnkuma. Ankruga ühendatud vasarake võngub samuti ning lööb vastu kõlisti kuljust.

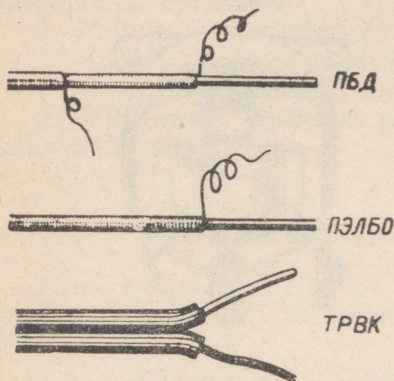
Kehtivate reeglite järgi on keelatud lülitada kõlistit vooluvõrku järjestikku hõõglambiga, mis täidaks reostaadi funktsioone ning piiraks kõlistit läbiva voolu tugevust.

Selline lülitamine on keelatud seepärast, et kõlisti lülitamine valgustusvõrku (isegi järjestikku lambiga) seab suuremad nõuded juhtmete isoleerimise kohta. Kõlisti juhtmestik kinnitatakse aga

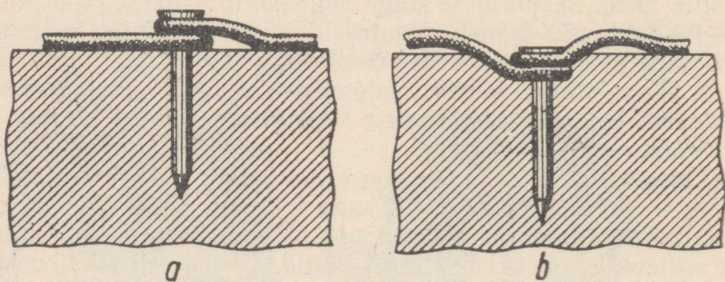
tavaliselt naeltega vahetult seinale. Sellisel kinnitamisel ei ole muidugi võimalik juhtmeid seintest ja seega ka maast isoleerida¹. Kõlisti vooluringis tuleb hoolikalt isoleerida ainult need juhtmed, mis ühendavad transformatori primaarmähist korteri vooluvõrguga. Selleks ühenduseks kasutatakse tavalist nõorjuhet, mille paigutamisel tuleb lähtuda samadest reeglitest, mis elektrijuhtmete monteerimiselgi.

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 puuvillanöörri kihiga. Seda juhet nimetatakse sageli «kellatraadiks». Võib kasutada ka juhet ПЭЛБО, mille isolatsioon koosneb lakikihist ja selle peal olevast ühekord-



Joon. 36. Juhtmed elektrikõlistite ülesseadmiseks.



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

sest puuvillanöörri kihist. Kõige parem on kõlisti vooluringis kasutada telefonikaablit ТРВК või juhet ВРГ, mis on kahesoonealine,

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. 38. Naelte paigutamine piki kõlisti liini juhtmeid.

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.

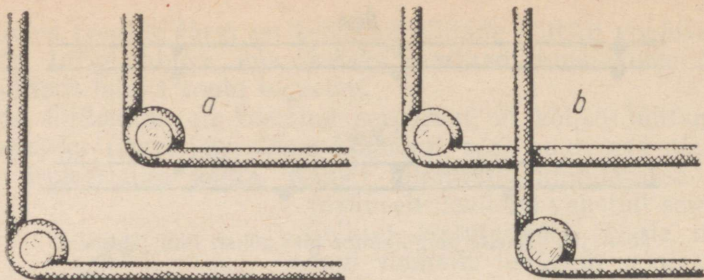


Joon. 39. Elektrikõlisti juhtme õige (a) ja ebaõige (b) kinnitamine suuna muutmisel 90° võrra.

Juhtmed kinnitatakse seinale poolümarate peadega naelte abil, mis lüüakse üksteisest 40—60 cm kaugusele. Nael lüüakse algul 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 löikuks (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 isoleerpaela kihiga. Ühendus- ja jätkukohad olgu võimalikult lähedal kinnitusnaeltele. Veel parem on, kui kinnitusnael on vahetult mõlemal pool ühendus- või jätkukohta. Kahesooneiline telefonikaabel TPBK ja juhe BPT kinnitatakse seinale teravaotsaliste klambrite (oba-

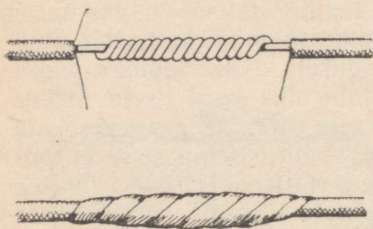


Joon. 40. Elektrikõlisti liini õige (a) ja ebaõige (b) suuna muutmine 90° võrra.

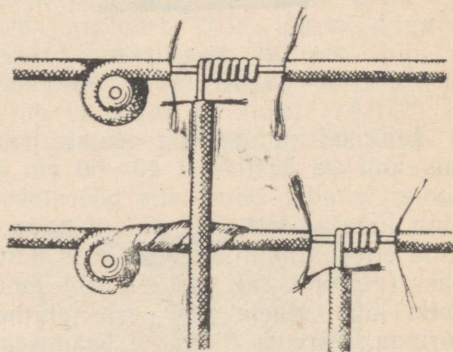
duste) abil. Klambreid tehakse 1—1,5 mm jämedusest raudtraadist. Klambrite kaugust üksteisest olgu 30—40 cm (joon. 43).

Töö käik

1. Joonestage kõlisti kahest kohast lülitamisega vooluring. Toitevool saadakse pinget madaldavast transformaatorest (joon. 44).
2. Märkige juhtmete paigutus, kõlisti, transformaatore ja kahe



Joon. 41. Elektrikõlisti juhtmete jätkamine.



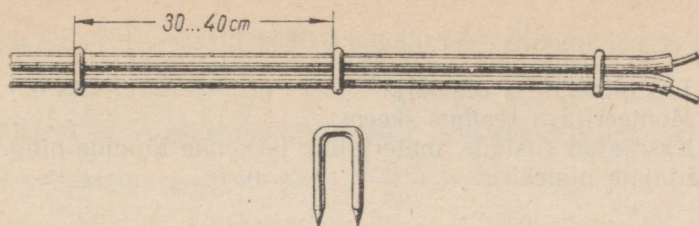
Joon. 42. Elektrikõlisti juhtmete haruühenduse tegemine.

lülitite asukohad puitkilbile. Orienteeruvalt märkige ka kinnitusnaelte asukohad.

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

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

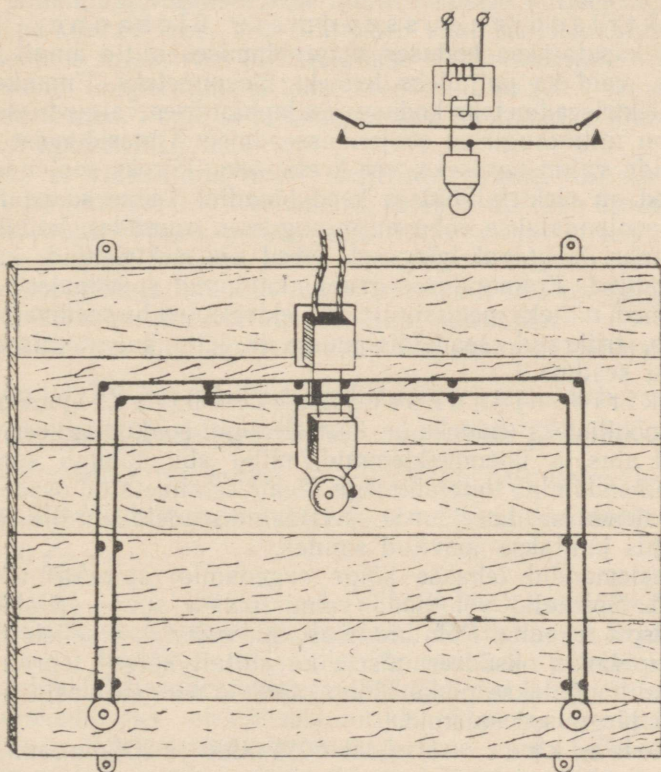
5. Proovige lülitite tööd. Reguleerige katkestaja kruvi nii, et



Joon. 43. Telefonikaabli kinnitamine.

kõlisti heliseks kõige valjemini. Kinnitage reguleerimiskruvi kontra-
mutriga. Katkestajata kõlisti reguleerimine toimub vasaravarda
painutamiselega. Seejuures ei tohi painutada ankru, mis võngub
elektromagneti pooluste vahel, sest selle tulemusena võib kõlisti
«vait jääda».

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



Joon. 44. Puukilp elektrikõlisti vooluringiga.

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, elektri-jootekolb, 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 $\varrho = 1,1 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.

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

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

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 $850-900^\circ$,

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° nikeliin õhu käes väga kiiresti oksüdeerub. 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 soojenduseseadme, 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 küündib mitme meetrini, siis on paigutamise hõlbustamiseks kasulik keerata see traat spiraaliks.

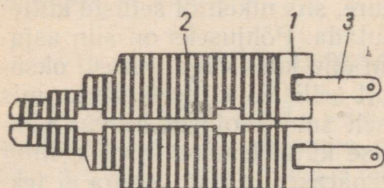
Praktiliselt on kindlaks tehtud, et maksimaalne lubatav voolutihedus on lahtiste kroomnikkeltraadist kütteelementide korral $15 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$ ja kinniste (metalltorudesse või keraamilistesse plaatidesse paigutatud) kütteelementide korral $10 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$. Vette paigutatavate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

Soojust isoleeriv alus valmistatakse kütteelementidele tulekindlatest isoleermaterjalidest. Selliseks materjaliks on šamott, mis 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).

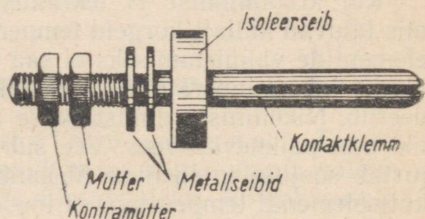


Joon. 45. Samotist valmistatud kuumuskindlad alused soojendusriistade jaoks.

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



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

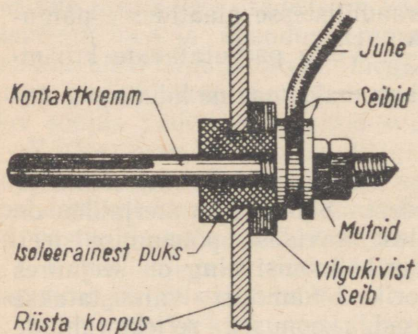


Joon. 47. Soojendusriista ühendusklemm.

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

Soojendusseadmete klemmid. Kütteelemendi sil-

musekujulised 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 isoleerimisele korpusest. Kui kontaktid on halvasti isoleeritud, siis võib üks klemmidest sattuda ühendusse korpusega ning kogu seade satub pinge alla. Niisuguse seadme puudutamine näiteks

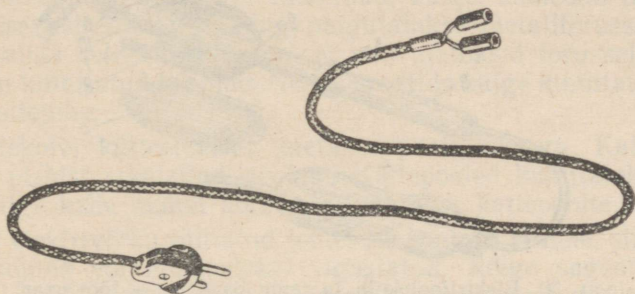


Joon. 48. Ühendusklemmide isoleerimine soojendusriista metallkerest.

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).

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



Joon. 49. Ühendusjuhe.

pistepesa koosneb kahest portselanrullist, siis on kummagi rulli sees üks hüls, mille külge tuleb juhtme ots (joon. 49).

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

§ 9. PRAKTILISED TÖÖD ELEKTRISOOJENDUSSEADMETEGA

Töö nr. 5. Elektrijootekolvi (tõlviku) remont

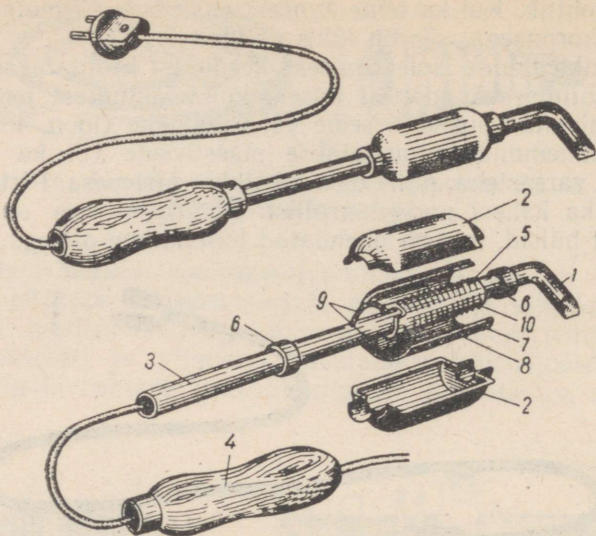
Töö eesmärk. Õppida tundma elektrijootekolvi ehitust ja töötamist. Viia praktiliselt läbi kolvi lahtimonteerimine, kokkumonteerimine ja remont.

Tööriistad ja materjalid: 1) kõlbmatu elektrijootekolb; 2) 3,5 m kroomnikkeltraati (vt. tabelist); 3) vilgukivilehekesi; 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, metalloosi, 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 põhi-osaks 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 tövardale, 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 asbestnööri ja 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 kusa-gil toitejuhe või mähisetraat vigastatud. Kõige sagedamini põhjustab juhtme katkemise ülemäärane kuumenemine, mis toimub siis, kui jootekolb on pikka aega pingele 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 mitte-töötamise 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.

Jootekolvi lahtivõtmine. Võetakse ära kattepooli kooshoidvad muhvid ja kõrvaldatakse mõlemad kattepoolled. Ettevaatlikult eemaldatakse asbestnööri ja vilgukivilehest väline isolatsioonikiht. Eriti ettevaatlik tuleb olla vilgukivilehega, sest vilgukivi on väga pude ning võib kergesti 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 kütteelementi valmistamiseks vajalik traat on sellise pikkusega, et seda on kerge mähkida ühekihiliseks. 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 toimine toimub läbi pinget madaldava transformatori.

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 kütteelementi traati, 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 pan-

nakse kolb uuesti kokku. Sel juhul võib ülejäänud aega kasutada lihtsa madalapingelise jootekolvi või elektrilise põletusnõela ehitamiseks. Jootekolvi ehitamiseks tuleb kasutada vastavate mõõtmetega kroonnikeltraati 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 kasutatava võrgu pingest.
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 kütetraadi 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 kohta.

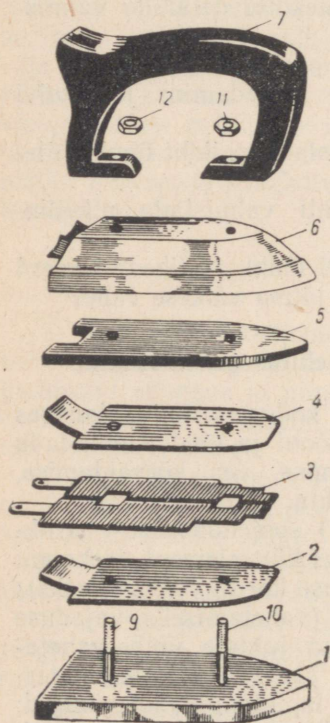
Tööriistad ja materjalid: 1) soojendusriist¹ (triikraud, elektripliit, teekann); 2) triikraua uus kütteelement, teekannu uus kütteelement, pliidi uus spiraal (vajaduse korral vahetamiseks); 3) soojendusriista uued sisendklemmid (vahetamiseks vajaduse korral); 4) 1,5 m pikkune elektrijuhe (vana juhtme 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.

¹ Seda tüüpi töid võib teha mitu korda, iga kord eri tüüpi soojendusriistaga.

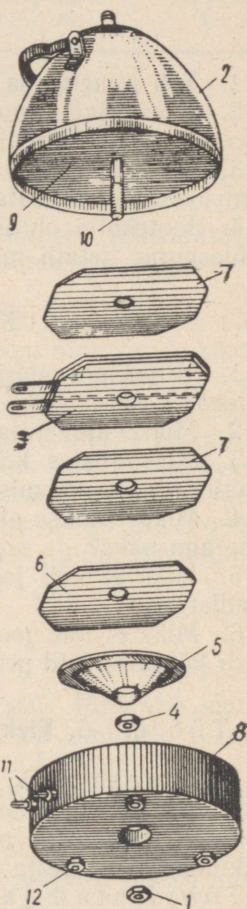
Teoreetilisi juhiseid

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 aineksest), 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 keskohta on kinnitatud keermetatud pold 10. Selle poldi abil kinnitatakse korpuse külge teekannu alus 8. Aluse ja



Joon. 51. Elektritriikraud lahtivõetult.



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

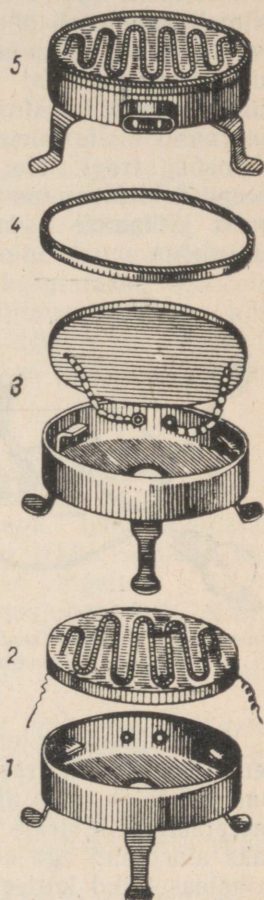
corpuse vahele paigutatakse kütteelement. Kütteelement isoleeritakse metallosadest kahe mikaniitplaadi 7 abil. Kütteelement surutakse corpuse põhja vastu metallketta 5 ja mutri 4 abil. Alus kinnitatakse mutri 1 abil. Aluse põhja külge on kinnitatud kolm isoleerainest jalakest 12.

Lahtise kütteelemendiga elektripliit on oma ehituselt veelgi lihtsam (joon. 53). Kolme jalaga varustatud metallcorpuse 1 külgselina on tehtud kaks ava, millesse kinnitatakse sisendklemmid. Sisendklemmid isoleeritakse pliidi metallcorpusest. Klemmide külge kinnitatakse paksu keraamilise plaadi 2 uuresse paigutatud spiraali otsad. Kinnitamine toimub mutrite abil. Keraamiline plaat paigutatakse metallcorpuse ülemisse ossa 3 ja kinnitatakse metallvõruga 4. Võru külgservad lähevad tihedalt metallcorpuse 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.

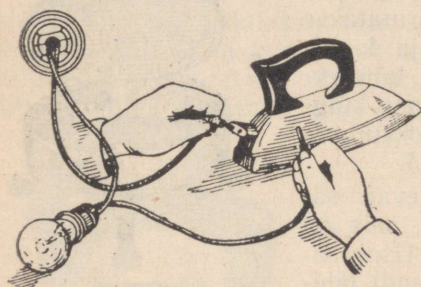
Selleks et teekannu lahti monteerida, tuleb lahti keerata mutter, mis hoiab teekannu alust tema corpuse küljes. Kui katkemine on toimunud otse sisendklemmi juures, siis tõstetakse veidi corpust, ühendatakse kütteelement uuesti klemmiga ja keeratakse mutter kõvasti kinni. Kui kütteelemendi kinnitusotsad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

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 ühen-

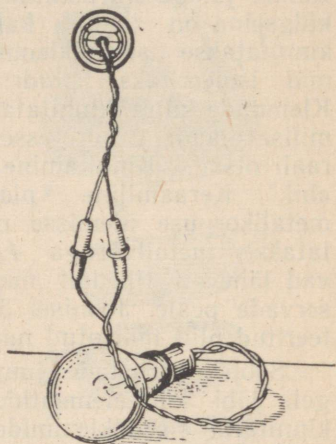


Joon. 53. Lahtist tüüpi elektripliit.

dada nad pehmest metallist plekitükiga. Võib ka kaks otsa teineteise ümber keerata ning mähkida siis see koht üle õhukese mesingsplekiga 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, selle tulemusena aga kütteelemendi takistus on muutunud väiksemaks ning vool vastavalt kasvanud. Selle tulemusena põleb kütteelemendi traat ikka sagedamini läbi. Seepärast on parem läbipõlenud element jätkamise asemel asendada hoopis uuega.



Joon. 54. Elektritriikraua kontrollimine kontroll-lambi abil.



Joon. 55. Ühendusjuhtme kontrollimine kontroll-lambi abil.

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 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 lambi ühendusjuhtme üks ots surutakse 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 tulemusena võivad katkeda ühendusnööri sooned, kõige sagedamini toimub see katkemine pistiku või riista pistepesa juurest. Kui niisugused katkemiskohad on parandatud, juhe aga ikkagi ei anna soojendusriistale voolu, siis on soonte katkemine toimunud kusa-gil juhtme keskel. Vea väljaselgitamiseks kasutatakse kontroll-lampi, mis lülitatakse vooluringi kontrollitava juhtme abil (joon. 55). Kontrollitakse mõlemat soont ning tehakse sel teel kind-laks, 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 sildiaandmed, tehke kindlaks, kas kooli elektrivõrgu pinge vastab riistal märgitud pingele.

2. Kontroll-lambi abil kontrollige ühendusjuhet, kui esineb juhtme katkemist, siis kõrvaldage see.

3. Lülitage soojendusriist elektrivõrku ja kontrollige riista tööd.

4. Monteerige soojendusriist ettevaatlikult lahti, õppige tähele-panelikult 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 vahe-tage 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?

TEHNILISED ELEKTRIMÕÖTERIISTAD

§ 10. ELEKTRIMÕÖTERIISTADE KLASSIFIKATSIOON

Mitmesuguste elektriliste suuruste mõõtmiseks kasutatakse mõõteriistu. Vastavalt tööpõhimõttele jagatakse mõõteriistad süsteemide järgi rühmadeks. Enamlevinud 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) mõõdupiirkonnaga 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 magnetelektrilise 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.

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

Liikuva süsteemi võnkumine sunnib alumiiniumraamis pöörlemisel tekkiva induksioonvoolu 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

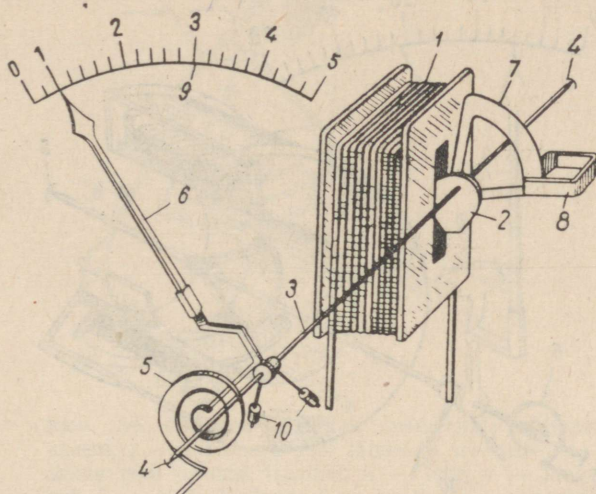
Joon. 56. Magnetelektrilise mõõteriista ehituse skeem. 1 — hobuserauakujuline magnet; 2 — pooluskingad; 3 — alumiiniumraam mähisega; 4 — poolteljed; 5 — laagrid; 6 — terassilinder; 7 — osuti; 8 — spiraalvedrud; 9 — skaala; 10 — vastukaalud.

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. See korrektsioonisüsteem joonisel 56 kujutatud ei ole.

Elektromagnetilist süsteemi amper- ja voltmeetrite juures kasutatakse liikumatut pooli läbiva voolu toimel tekkiva magnetvälja mõju liikuvale ferromagnetilisest ainekse 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 pöörleb. Selle tulemusena keeratakse kokku spiraalvedru 5 ning tekib vastupidine

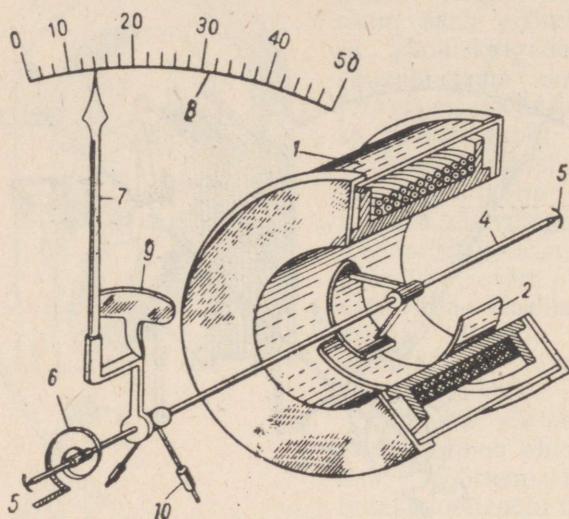


Joon. 57. Kandilise pooliga elektromagnetilise mõõteriista ehituse skeem. 1 — liikumatu pool; 2 — liikuv metall-leheke; 3 — telg; 4 — laagrid; 5 — spiraalvedru; 6 — osuti; 7 — summuti alumiiniumplaat; 8 — magnet; 9 — skaala; 10 — vastukaalud.

pöördemoment. Riista võnkumiste summutamine toimub induktioonsummuti 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 võnkumised järk-järgult sumbuvad.

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 mõlemad plaadid magnetuvad 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 eespoolkirjeldatud riista juures.

Vattmeetrid on elektrodünaamilist süsteemi mõõteriistad. Neid kasutatakse elektrilise võimsuse mõõtmiseks. Nende mõõteriistade töö printsiip 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 kinnitatud suure keer-

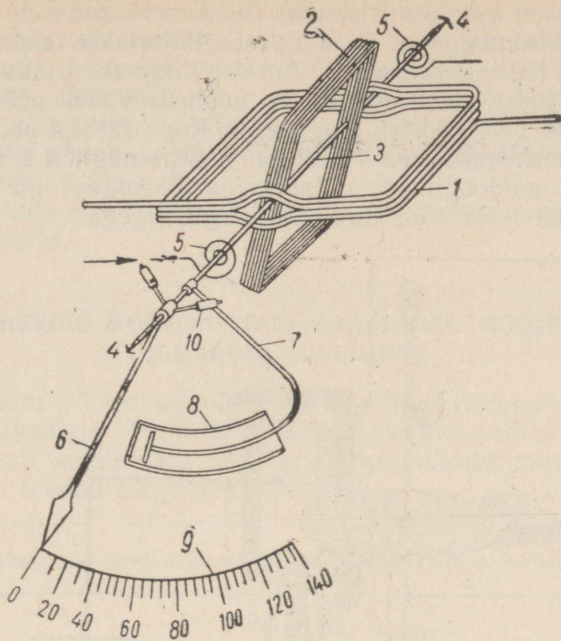


Joon. 58. Ummarguse pooliga elektromagnetilise mõõteriista ehituse skeem. 1 — pool; 2 — liikumatu raudplaat; 3 — liikuv raudplaat; 4 — telg; 5 — laagrid; 6 — spiraalvedru; 7 — osuti; 8 — skaala; 9 — summuti alumiiniumplaat; 10 — vastukaalu.

dude arvuga ning peenikesest isoleeritud traadist keritud pool 2. Telg pöörduv 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_v , mis on võrdeline võrgupingega. Poole läbivate voolude vastastikuse mõju tulemusena tekib pöördemoment, mis on võrdeline mõõdetava voolu võimsusega IU ¹.

Elektrodünaamilist süsteemi mõõteriistad on suure täpsusega ning neid võib kasutada nii alalis- kui ka vahelduvvoolu mõõtmiseks.

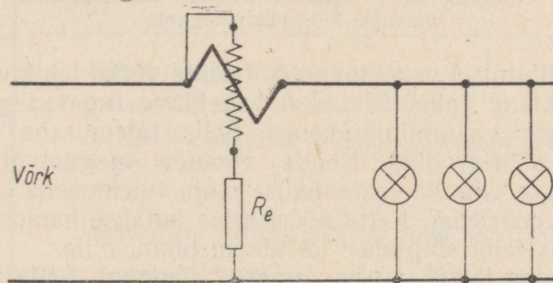
¹ Õeldust selgub, et elektrodünaamilist mõõteriista võib pärast väikeste muudatuste tegemist kasutada nii ampermeetrina kui ka voltmeetrina.



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.

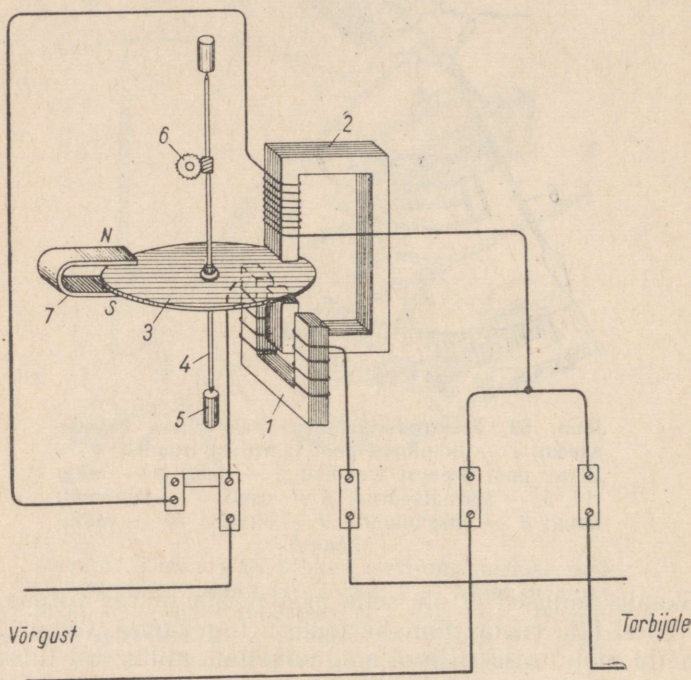
seks. Skaala jaotused ei ole selle mõõteriista juures võrdse pikkusega. Nad ei talu riista nimiväärtustest tugevamat voolu. Mõõteriista näitu mõjutavad välised magnetväljad, mille eest tuleb riista kaitsta spetsiaalsete varjetega või muuta vastavalt mõõteriista konstruktsiooni.

Induktsioonsüsteemiline elektrienergia arvesti. Induktsioonsüsteemiline elektrienergia arvesti ühefaasilise vahelduvvoolu energia



Joon. 60. Elektrodünaamilise vattmeetri skeem.

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 elektromagnetit 1 mähise. Elektromagnetit 2 mähis lülitatakse võrku analoogiliselt voltmeetriga. Seepärast on elektromagnetit 2 mähist läbiv vool võrdeline võrgupingega.



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

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 pidurda-










mine. 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 elektri- voolu poolt tehtud töö hulga.











Mõõteriistade elektrivõrku lülitamise skeemid on antud prakti- liste tööde juures.

§ 11. TINGMÄRGID MÕÕTERIISTADE SKAALADEL. MÕÕTERIISTADE TINGMÄRGID SKEEMIDEL

Iga süsteemi mõõteriista põhilised tehnilised andmed märgitakse mõõteriista skaalale. Seda tehakse tingmärkide abil. Need ting- märgid, samuti mõõteriistu tähistavad tingimärgid mitmesugustes skeemides on toodud järgnevas tabelis.

Mõõteriistade skaaladel toodud tingmärkide ja mõõteriistade tingmärkide tabel

Tingmärk	Tingmärgi tähendus
	Magnetelektriline mõõteriist mehhaanilise vastumomen- diga
	Sama, tahkealaldajaga
	Elektromagnetiline mõõteriist mehhaanilise vastumomen- diga
	Sama, magnetilise varjega
	Elektrodünaamiline mõõteriist mehhaanilise vastumomen- diga
	Sama, magnetilise varjega
	Induktsioonsüsteemi mõõteriist vastumomendita (elektri- energia arvesti)
	Mõõteriista täpsusklass. Arv ringi sees tähistab klassi
	Mõõteriist alalisvoolu mõõtmiseks

Tingmärk	Tingmärgi tähendus
	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 ГOCT 1845-52 nõudmistele peavad mõõteriista skaalal olema järgmised andmed:

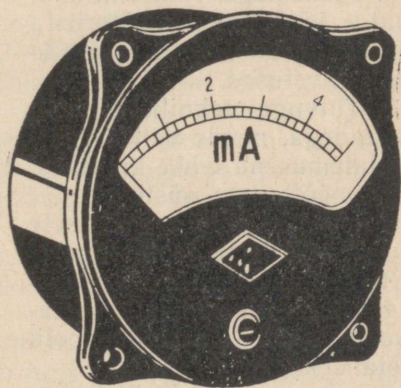
- 1) mõõteriista tüüp ning riista valmistamisaasta;
- 2) tehase number;
- 3) kaubamärk;
- 4) mõõteriista tingmärk (voltmeetril V , ampermeetril A jne.);
- 5) täpsusklass ja ГOCT-i number;
- 6) voolu tingmärk, mille mõõtmiseks riist on määratud (alalis- või vahelduvvool või mõlemad korraga);
- 7) mõõteriista 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.

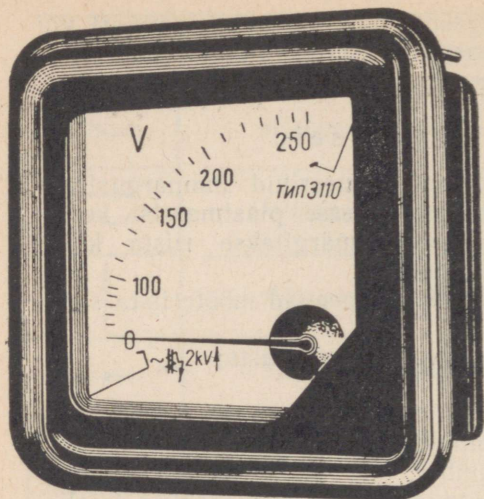
Pinge mõõteriistad (voltmeetrid, millivoltmeetrid ja kilovoltmeetrid) lülitatakse vooluringi ainult selle tarbijaga või takistuse loiguga paralleelselt, mille pinget tahetakse mõõta. Selleks et voltmeeter ei muudaks mõõdetavat pinget, peab voltmeetri sisetakistus olema mõõdetava vooluringi osa takistusega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

Tööskeemide kirjeldused

Mõõtmise põhimõtteskeem on antud joonisel 65. Lampreostaadid R_1 ja R_2 ühendatakse järjestikku ampermeetriga ning läbi kaitsmete vinnaklülitiga P . Vinnaklülitite teiste klemmide külge ühendatakse vooluallikast (alaldaja või transformaator) tulevad juhtmed.



Joon. 62. Elektrimõõteriist ümmarguses metallkarbis.



Joon. 63. Elektrimõõteriist neljakandilises plastmasskarbis.

ühendatakse seadmed pinget madaldava transformatori sekundaarmähise klemmide külge.

Töö käik

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

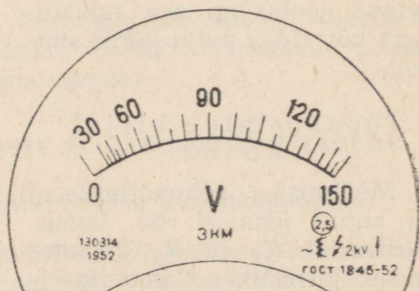
2. Joonestage vihikusse mõlemat süsteemi mõõteriista skeem ning märkige üles üksikosaade nimetused.

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

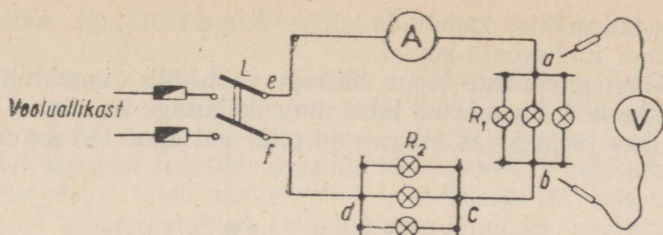
- 1) mõõteriista süsteem;
- 2) skaala ehitus (võrdsete või mittevõrdsete jaotustega);
- 3) skaala jaotuse väärtus;
- 4) riista ülesanne (kas alalisvoolu või vahelduvvoolu mõõtmiseks);

5) missugust elektrilist suurust mõõdetakse selle riistaga (pinget või voolu);

- 6) mõõtepiirkond;



Joon. 64. Tehnilise elektrimõõteriista skaala.



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 suurt 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. Vinnaklüüti abil pingestage vooluring.

6. Kirjutage üles ampermeetri näit. Puudutades voltmeetri juhtmete pistikutega punkte *a* ja *b*, *c* ja *d* ning *a* ja *d*, mõõtkte 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 vinnaklüüti abil ning vahetage vooluringis olevad mõõteriistad. Magnetelektriliste mõõteriistade asemele võtke elektromagnetilised. Vinnaklüüti teised klemmid, mis enne olid ühendatud alalisvoolu allika külge, ühendage nüüd vahelduvvoolu allika — transformaa-

tori sekundaarmähise klemmide külge. Viige läbi kõik mõõtmised samuti nagu alalisvoolu korral.

9. Pärast mõõtmiste 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 seletusega.
3. Riistade lülitusskeem koos lühikese selgitusega.
4. Mõõtmistulemused ja järeldused.

Kontrollküsimusi

1. Missugused põhilised andmed on märgitud mõõteriista skaalale?
2. Missuguseid summuteid kasutati 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 magnet-elektriliste (võib ka elektromagnetiliste) mõõteriistade kontrollimiseks, laboratoorne autotransformaator ЛАТФ-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 ebaõigeks. Niisuguste riistade edasine kasutamine põhjustab tõsiseid vigu. Seepärast tuleb mõõteriistu perioodiliselt võrrelda täpsemate (etaloon-) mõõteriistadega. Nii tehakse kindlaks mõõteriista töökohtlikkus.

Etaloonmõõteriistad peavad olema kontrollitavatest mõõteriistadest kõrgema täpsusklassiga. Tavaliselt kasutatakse etaloonmõõteriistadena mõõteriista 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 see suhe protsentides:

$$\gamma \text{ rel} = \frac{\Delta A}{A_n} \cdot 100\%.$$

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

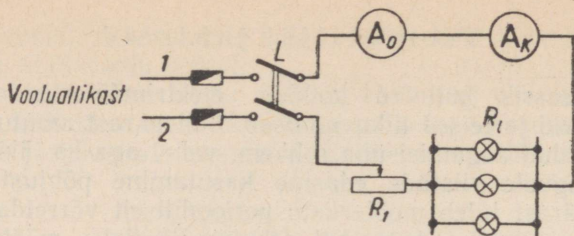
Töö skeem

Skeem tehnilise ampermeetri kontrollimiseks etaloonampermeetri abil on toodud joonisel 66.

Vajalik volutugevus saadakse voluringis oleva kahe reostaadi abil. Lampreostaati kasutatakse voolu ligikaudseks reguleerimiseks, täpne reguleerimine aga toimub liugreostaadiga.

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

Toitejuhtmed tuleb ühendada klemmide 1 ja 2 külge kaitsmete kaudu.



Joon. 66. Skeem tehnilise 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 eespooltoodud skeemile. Seadke mõõteriistade osutid nullile.

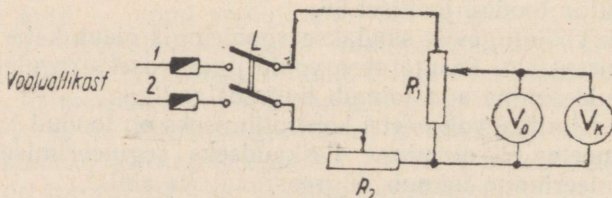
3. Pärast vooluringi koostamist näidake seda õpetajale. Saanud õpetajalt loa, viige läbi kontrollimine.

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

5. Lülitage sisse vinnaklüti P ning suurendage voolu lampide sissekeeramisega seni, kuni kontrollitava ampermeetri osuti läheb mõnele skaala põhijaotusele, näiteks jaotusele 1. Edasi reguleerige voolutugevust reostaadi abil nii, et osuti täpselt ühtiks selle jaotusega.

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



Joon. 67. Skeem tehnilise voltmeetri kontrollimiseks.

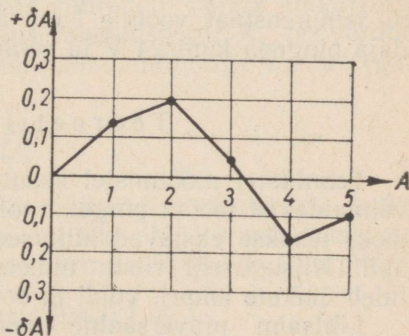
Vaatlusandmete tabel tehnilise ampermeetri kontrollimise kohta

Jrk. nr.	Kontrollitava mõõteriista näit A	Etaloonmõõteriista näidud				Voolu keskmine väärtus A	Viga		Parandus
		Voolu tugevnenemisel		Voolu nõrgenemisel			Absoluutne ΔA A	Taandatud γ %	
		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. võtta 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 taandatud vea väärtuse järgi tehke kindlaks, kas määratud täpsusklass ühtib skaalal märgituga.

Voltmeetri kontrollimiseks tuleb teha analoogiline tabel ja graafik.



Joon. 68. Tehnilise ampermeetri paranduste näidisgraafik.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Mõõteriista kontrollimise lülitusskeem.
3. Mõõtmistulemuste 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, valides tema jaoks šundi ja eeltakisti.

Tööriista d: 1) universaalne kooli demonstratsioongalvanomeeter; 2) ümberlülit; 3) šunt (šundi suurus saadakse arvutustest); 4) eeltakisti (suurus saadakse samuti arvutustest); 5) lampreostaat voolule kuni 1 A¹; 6) ühendusjuhtmed; 7) aladaja pingega kuni 24 V ja vooluga kuni 6 A¹.

Teoreetilisi juhiseid

Tehnilistel mõõtmistel kasutatavad universaalsed mõõteriistad võimaldavad mõõta pinget, voolu ja takistust. Eri tüüpi mõõtmiste jaoks tehakse vastavad lülitused ümberlülit, klemmide või pesade abil. Niisuguseid riistu nimetatakse ka avomeetriteks (nimetus tuleb ühikute ampri, voldi ja oomi eestähedest).

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

$$R_s = \frac{R_m}{K_i - 1}$$

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

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

¹ Vooluallika ja reostaadi andmed võivad olla ka teistsugused.

Olgu meil tarvis näiteks arvutada šunt mõõteriistale takistusega $R_m = 20 \Omega$ ning mõõtepiirkonnaga $I_n = 10 \text{ mA}$ 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 kordaja šundi arvutamise valemisse ning leiame šundi takistuse:

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

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

Eeltakisti takistust arvutatakse valemiga

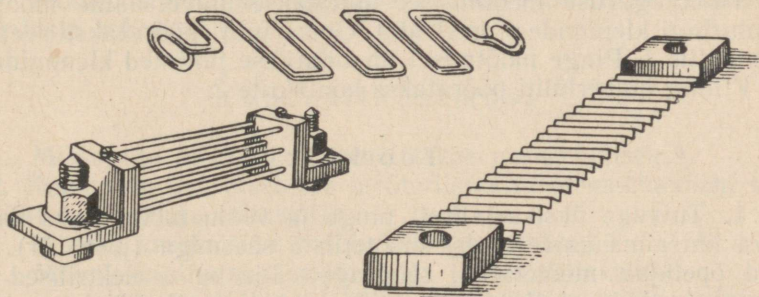
$$R_e = R_m (K_u - 1).$$

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 pingega U ja mõõteriista nimipingega U_n suhtega:

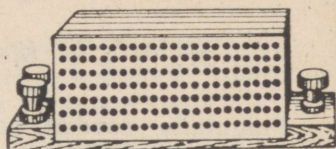
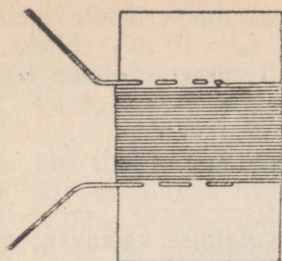
$$K_u = \frac{U}{U_n}.$$

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

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



Joon. 69. Mitmesuguseid šunte.



Joon. 70. Eeltakistid.

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_s ühe otsaga, mis on ühendatud mõõteriista klemmiga 0. Mõõtemehhanismi teine klemm ühendatakse ümberlülitit liikuva kontaktiga. Ümberlülitit kontakt 1 ühendatakse šundi teise otsaga ning läbi selle mõõteriista klemmiga A. Ümberlülitit kontakti 2 ja mõõteriista klemmi V vahele lülitatakse eeltakisti R_u .

Voolutugevuse mõõtmiseks lülitatakse universaalne mõõteriist vooluringi klemmide 0 ja A abil. Ümberlülitit pööratakse seejuures kontaktile 1. Pinge mõõtmisel ühendatakse juhtmed klemmidega 0 ja V ning ümberlülitit pööratakse kontaktile 2.

Töö käik

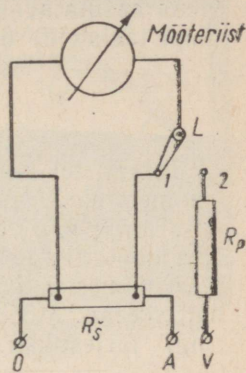
1. Tutvuge üksikasjaliselt pinge ja voolu mõõtmiseks kasutatava lihtsaima universaalse mõõteriista skeemiga (joon. 71). Saanud õpetajalt mõõteriista, selgitage välja selle elektrilised andmed — nimivool I_n (vool, mille puhul osuti hälve on maksimumne), mõõteriista sisetakistus R_m ja nimipinge U_n .

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.

4. Pärast õpetajalt loa saamist teostage mõned voolutugevuse 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 valitud õigesti, 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.



Joon. 71. Lihtsa universaalse mõõteriista skeem.

Aruande sisu

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

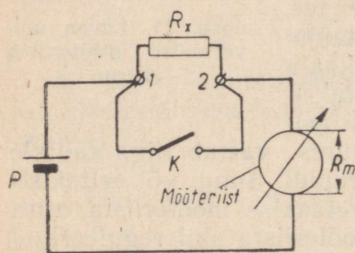
Töö eesmärk. Õppida tundma oommeetri ehitust ning tema kasutamist takistuse mõõtmisel.

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

Teoreetilisi juhiseid

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

Oommeetri tööpõhimõtte selgitamiseks jälgime joonisel 72 toodud skeemi. Mõõdetav takistus R_x lülitatakse vooluallika P vooluringi järjestikku magnetelektirilise mõõteriistaga I . Mõõteriista



Joon. 72. Oommeetri skeem.

sisetakistus on R_m . Lülitati 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 lülitati K takistus on väga väike). Kui klemmide 1 ja 2 vahele ei ole lülitatud mingit takistust ning lülitati K ei ole suletud, siis voolu ringis ei ole, ning osuti tuleb oma algasendisse tagasi. Skaalal on sellel kohal kirjutatud ∞ , s. o. skaala see punkt vastab takistusele «lõpmata suur» (antud juhul on takistus tõesti lõpmata suur, sest vooluring on katkestatud).

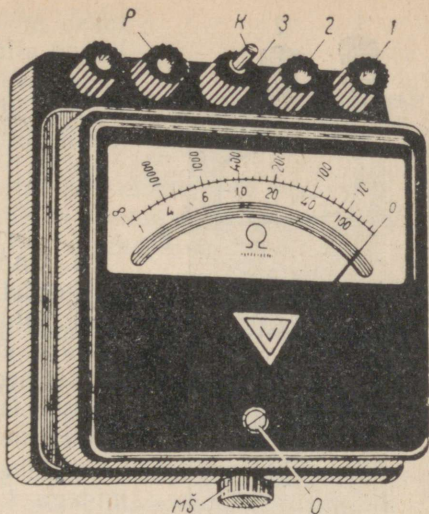
Kui klemmide 1 ja 2 vahele lülitada erineva takistusega takisteid, siis annab ka mõõteriista osuti erinevad hälbed. Kui lülitada klemmide 1 ja 2 vahele mitmesuguseid etaloontakisteid ning märkida igale takistusele vastav osuti asend skaalale, siis saame oomides gradueeritud skaala vooluallika P konstantse 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 k Ω , 100 k Ω /10 M Ω jne. Oommeetri mõõtemehhanism (joon. 74) on ühendatud järjestikku takistusega r_p , mille suurus on umbes 5,5 Ω . Skeemil esi-

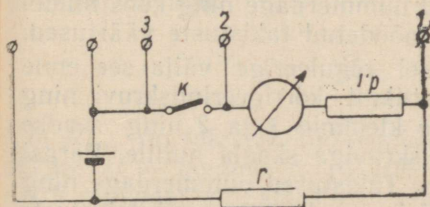
neb veel takisti r (takistusega 240 Ω), mis on lülitatud järjestikku vooluallikaga.

Mõõtmisel esimese skaalaga ühendatakse tundmatu takistus klemmide 1 ja 2 vahele (parallelselt mõõtemehhanismiga 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.



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

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 (MS joonisel 73). Ülemise skaala nullile seadmisel tuleb vajutada nupule K . Alumine ja ülemine skaala on teineteise suhtes vastupidiste suundadega (seal, kus ühel skaalal on 0, on teisel ∞).

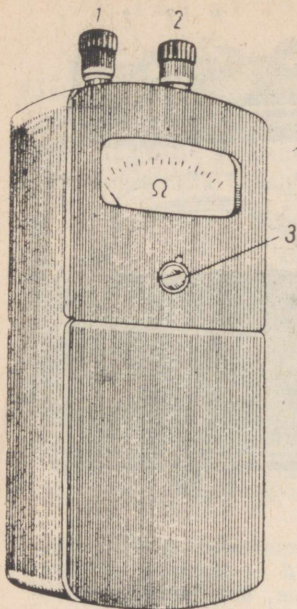


Joon. 74. Oommeetri M-471 skeem. r_p ja r — takistid; K — lüliti; 1, 2, 3 — klemmid.

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 kasutamishüend antakse tema tagaküljel oleval plaadil.

Oommeetri 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 paiguta-



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

takse mõõteriista alumises osas oleva kaane alla mõõteriista sisse. Korpuse ülemises osas on klemmid 1 ja 2 mõõdetava takisti külge ühendamiseks. Mõõteriista käsitsemine on väga lihtne.

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 magnetilise šundi reguleerimiskruvi MS abil seadke 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 algul kasutame teist skaalat, s. t. lülitame takisti klemmide 2 ja 3 külge ning seejuures osuti jääb 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 välja see 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 mõõtkte 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 kasutasite töö juures?
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 pinget voltides ning I_n — mõõteriista nimivool milliamprites.

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

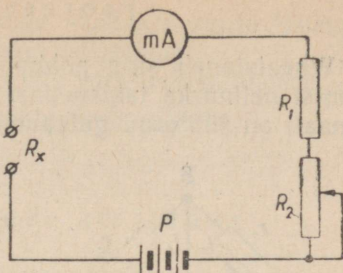
$$R_{\min} = 0,01 R_{\max}$$

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 kinnita-

misel. 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 lisataki-
stus R_e . Patarei energia vähendamisel vähendatakse ka muudetavat takistust. Takistuse vähendamisel tuleb iga kord kontrollida, et osuti klemmide lühistamisel oleks nulljaotusel.



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

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Mõõteriista skeem.
3. Mõõteriista kasutamishend.
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 mõotesillaga (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, elektrikolistite jne. mähised, raadiotehnikas kasutatavad mitmesugused takistid); 4) ühendusjuhtmeid.

¹ Töö nr. 12 on antud lisaks programmitöödele.

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.

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 ja takistuste korrutistena:

$$U_{AB} = I_1 r_1; \quad U_{AC} = I_2 r_2; \quad U_{BD} = I_4 r_x; \quad U_{CD} = I_3 r_0.$$

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

$$I_1 r_1 = I_2 r_2; \quad I_4 r_x = I_3 r_0.$$

Jagame ühe võrduse teisega:

$$\frac{I_1 r_1}{I_4 r_x} = \frac{I_2 r_2}{I_3 r_0}.$$

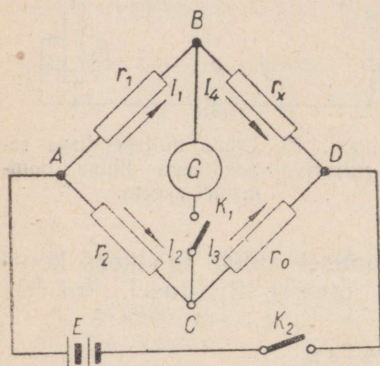
Tasakaalu korral galvanomeetris voolu ei ole. Järelikult peavad voolud olema vastavalt võrdsed:

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

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



Joon. 78. Wheatstone'i silla põhimõtteskeem.

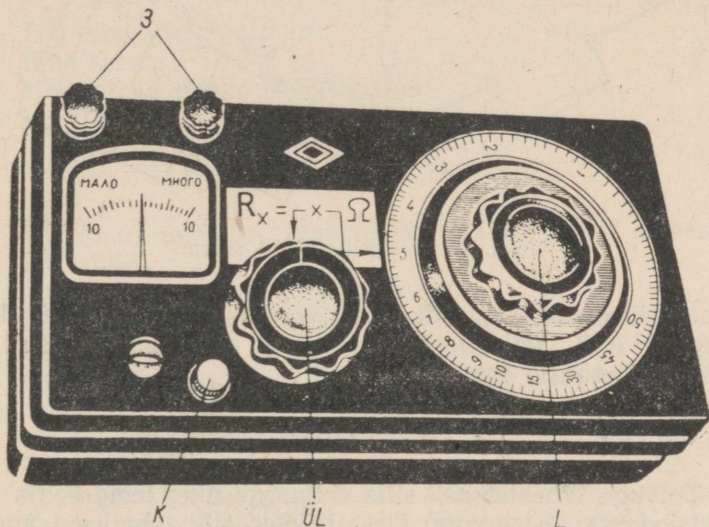
Takistuse mõõtmisel sillameetodiga saadakse suure täpsusega tulemused, mis on vajalikud teaduslikel uurimistel.

Takistust r_0 nimetatakse etaloon- ehk võrdlustakistuseks.

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

Mõõteriista ehituse kirjeldus

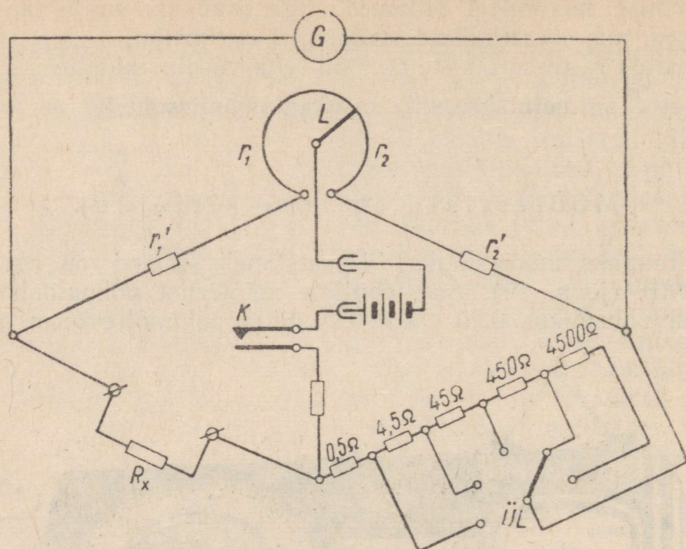
Levinumaks mõõtesillaks (Wheatstone'i sillaks) on nn. väike sild MMB (joon. 79). See tehniline mõõteriist võimaldab mõõta takistusi vahemikus 0,05—50 000 Ω . Silla põhimõtteskeem on too-



Joon. 79. Väike mõõtesild MMB.

dud joonisel 80. Mõõdetava takistuse R_x kinnitamiseks on mõõteriist varustatud kahe klemmiga 3. Silla takistused r_1 ja r_2 saadakse reohordi ja lisatahistuste 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 ümberlülitil ÜL abil. Galvanomeetri sisselülitamiseks on riista esiküljel nupplülitil K . Silla vooluallikaks on taskulambipatarei. Vooluallikas paigutatakse silla alumisel küljel asuva kaane «Б» alla. Patarei kohalepaigutamisel tuleb jälgida, et patarei «+» ja «-» klemmid satuksid riistal märgitud kohtadesse. Kogu mõõteriist on paigutatud plastmassist kesta. Kesta sees asub galvanomeeter, reohord, etaloon- ja lisatahistused ning patarei. Kesta väliskülgedele on



Joon. 80. Mõõtesilla MMB skeem.

kinnitatud klemmid, reohordi ketas, võrdlustakisti ümberlüüti, galvanomeetri lüüti, galvanomeetri skaala aknake ning osuti nullasendi reguleerimise kruvi.

Töö käik

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

2. Kinnitage mõõdetav takistus silla klemmide külge. Ümberlüüti ÜL asetage sellisele mõõtepiirkonnale, mis vastab oletatavale mõõdetava takistuse 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 ümberlüüti asend ei ole õigesti valitud. Ümberlüüti 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 ümberlüüti 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 ümberlüüti R ja nupu P osutite kohale jäänud arvude korrutisega.

7. Teist tüüpi sildade tasakaalustamisprotsess on analoogiline silla MMB tasakaalustamisega. Mõnede sildade juures tuleb 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) lüüti kaitsmetega ja klemmid; 6) vooluallikas; 7) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

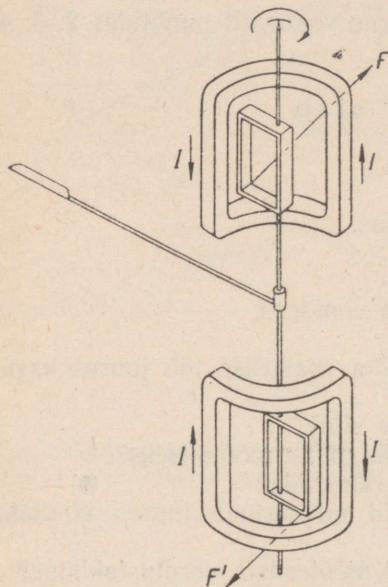
Mingi tarbija poolt kasutatavat elektrilist võimsust võib määrata otseselt ja kaudselt. Kaudse mõõtmise juures tuleb ampermeet-

riga mõõta tarbijat läbiv vool I ning voltmeetriga tarbija pinget U . Võimsus saadakse mõõteriistade näitude korrutamisel:

$$N = IU \quad W.$$

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.



Joon. 81. Elektrodünaamilise astaatilise mõõteriista ehituse skeem.

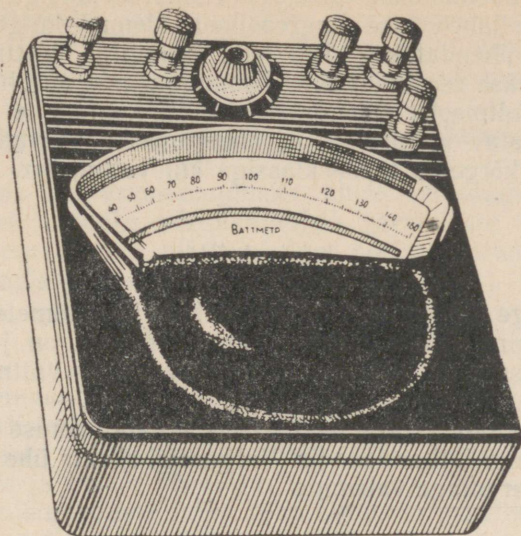
Eespoolkirjeldatust on teada, et elektrodünaamiliste mõõteriistade näite mõjutavad tugevasti välised magnetväljad. Seda tuleb mõõtmiste juures arvestada. Selle puuduse kõrvaldamiseks kasutatakse mõnedes tänapäeva elektrodünaamilistes mõõteriistades astaatilist elektrodünaamilist süsteemi mõõtemehhanismi (joon. 81). Selline mõõteriist koosneb kahest liikuvast ja kahest liikumatust poolist. Liikumatu poolides on vool vastupidiste suundadega. 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 mõõtmis skeemi kirjeldus

Antud töö juures tuleks kasutada astaatilist elektrodünaamilist ACT-D 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 pinget 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



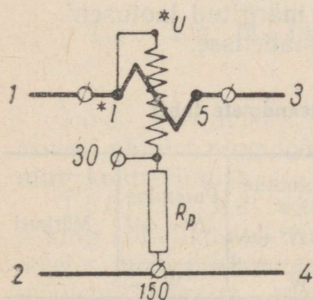
Joon. 82. Kantav vattmeeter ACT-D.

arvuga 150). Viiendat klemmi kasutatakse mõõteriista lülitamiseks 30 V pinge korral. Vattmeetri vooluringi lülitamise skeem on toodud joonisel 83.

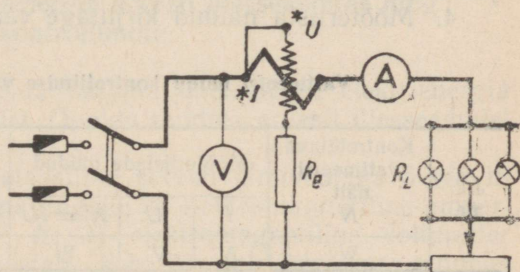
Tärnikesega märgitud klemmid ühendatakse juhtmega elektrivõrku. Teine võrgujuhe ühendatakse klemmiga 150. Klemmidelt 5 ja 150 lähevad juhtmed tarbijani.

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

Vattmeetri klemmid *I ja *U ühendatakse lülitite ühe klemmiga. Vattmeetri klemm 5 ühendatakse ampermeetriga. Ampermeetri



Joon. 83. Vattmeetri mähiste lülitusskeem.



Joon. 84. Seadmete lülitusskeem vattmeetri kontrollimiseks.

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.

Töö käik

1. Tutvuge töö juures vajalike riistade ja seadmetega. Vaadeldge vattmeedit 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 R takistust. Tehke seda seni, kuni osuti jõuab vattmeetri skaala esimese numbriga märgitud jaotuseni.

4. Mõõteriista näidud kirjutage vaatlustabelisse.

Vattmeetri näidu kontrollimise vaatlustabel

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	

5. Keerake lampreostaati veel üks lamp ning lükatreostaadi abil viige vattmeetri osuti skaala järgmisele numbriga märgitud jaotusele. Nii viige läbi mõõtmisi kuni vattmeetri niminäiduni (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 väärtust?
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

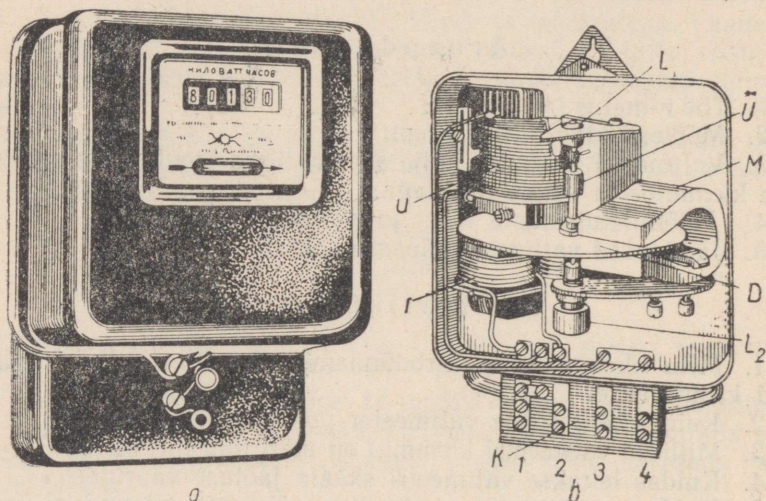
Töö eesmärk. Õppida tundma ühefaasilise elektrienergia arvesti ehitust ning töötamist. Õppida tundma arvesti ülesseadmist ning kontrollimist.

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 15Ω samale voolule; 6) sekundiosutiga kell; 7) alusele kinnitatud kahepooluseline lüliti koos juhtmete ühendusklemmidega; 8) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Tarbijate poolt kasutatavat vahelduvvoolu energiat mõõdetakse induksioon-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; *U* — hammasülekanne; *K* — lülituskarp; *M* — püsivmagnet.

sisse on kinnitatud elektromagnet, mille mähis koosneb mõnest keerust jämedast isoleeritud traadist. See elektromagnet ühendatakse tarbijaga järjestikku. Korpuse sisse on kinnitatud veel teine elektromagnet, mille mähis koosneb paljudest keerdudest (8000 kuni 10 000) peenikesest isoleeritud vasktraadist. See elektromagnet ühendatakse tarbijaga paralleelselt. Korpusest väljas, tema alumisel külge asub klemmkarp nelja ühendusklemmiga, millega on ühendatud elektromagnetite mähised. Klemmidega *1* ja *2* on ühendatud järjestikune elektromagnet (volumähis). 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 $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ sek.}$, seega

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

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 ketta pöörde 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 pingeline voltides, I — vool amprites, t — aeg sekundites ja n — ketta pöörete arv t sek. jooksul.

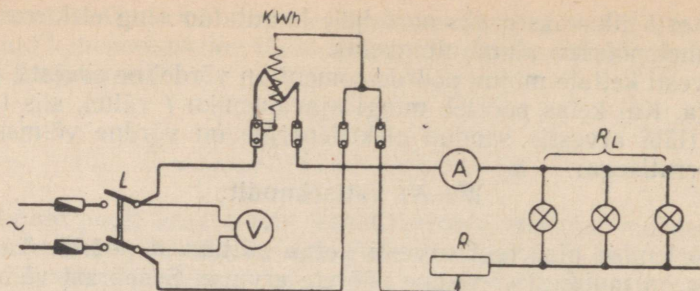
Kui arvesti konstandid K_n ja K on teada, saab arvutada arvesti suhtelise vea järgmise valemi järgi:

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

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 kinni-



Joon. 86. Vahelduvvooluarvesti kontrollimise skeem.

tatakse tarbijaga ühendatud juhtmed. Paralleelselt tarbijaga ühendatakse voltmeeter. Arvesti klemmkarbis oleva klemmi 1 külge kinnitatakse võrgu faasijuhe. Klemmi 2 küljest läheb juhe ampermeetrise 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.

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 määteriistadega. Koostage vooluringi 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 lambijuhe on ühenduses faasijuhtmega. Kui aga puudutatakse nulljuhet, siis lamp võib 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 arvesti ketas ei tohi 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 P . 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 järgi¹ pöörete arv selle aja jooksul. Samasugused mõõtmised viige läbi ka 50%, 75% ja 100% voolu juures. Koormuse suurust muutke sujuvalt, 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.	pöörret	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 töökoõlbulik 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 tööks kõlblikkuse kohta.

Kontrollküsimusi

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

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

ALALIS- JA VAHEDUVVOOLUMASINAD.

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 teatud 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 algmomentidele esinevat suurt inertsjõudu.

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

M a s i n a s i l t. Igale elektrimasinale on kinnitatud silt, millele on märgitud masina õigeks kasutamiseks vajalikud andmed: pinge, võimsus, vool, pöörde arv minutis, kasutegur, kaal jne. Peale eeltoodu on sildile märgitud masina tüüp, number ja tehase nimetus, kus masin on valmistatud.

Sildilt, mis on toodud joonisel 87, selgub, et Moskva S. M. Kirovi

 Завод „Динамо“ им.Кирова Москва 1958 г. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА				
ГОСТ	184-47	Зав.№	370390	
ТИП	ПН-10	Кат.№	Р.П.1067	
кВт	4,1	пв%	25	
АМПЕР	49	ВОЛЬТ	110	
ОБ/МИН	1450	Возбужд.	ПАРАЛ	
ШУНТ.ОБМ.	110	V	ВЕС	185

Joon. 87. Masina ПН-10 silt.

nimelises tehases «Dünamo» valmistatud masin (tüüp ПН-10) kujutab endast alalisvoolumasinat võimsusega 4,1 kW. Masina nimipinge on 110 V; pöörlemiskiirus 1450 pöret 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 tundmaõppimisega. 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.

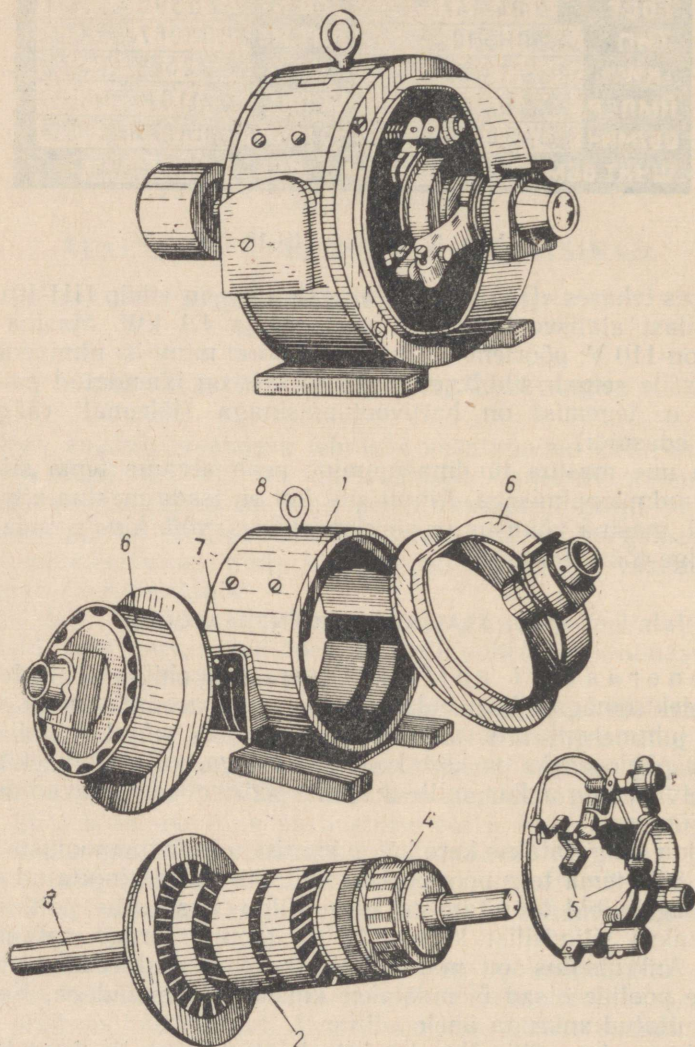
Ankur paigutatakse kere külge kinnitatud magnetpooluste vahele (joon. 88), tema telg pöörleb laagrikilpide külge kinnitatud laagritel. Laagrikilbid kinnitatakse kere külge vastavate poltide abil. Piki ankrusilindrilist külgpinda on tehtud uurded ankrumähise jaoks. Ankrumähis on mähitud isoleeritud vasktraadist.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

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

Harjad (joon. 89) paigutatakse metallist harjahoidjatesse (joon. 90) ning surutakse vastu kollektorit terasvedru abil, sel teel saadakse kindel kontakt välise elektrivõrguga.

Kuna ankrusid metallisüdamik, pööreldes magnetväljas, lõikab mag-

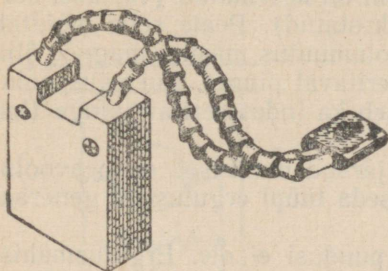
netvälja jõujooni, siis ka temas indutseeritakse voolud. Need nn. pöörivoolud põhjustavad ankru soojenemise ja nende voolude tekitamiseks kulutatakse asjatult küllalt suur hulk energiat.



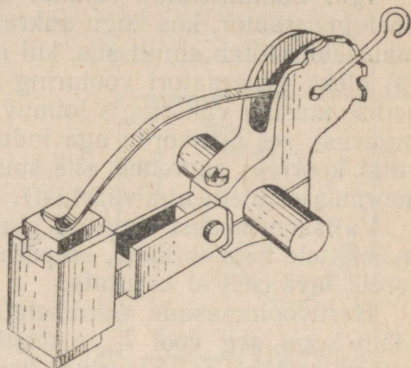
Joon. 88. Alalisvoolumasin ja selle osad. 1 — induktorigere; 2 — ankur; 3 — ankru völli; 4 — kollektor; 5 — harjahoidjad; 6 — laagrikilbid; 7 — lülituskarp; 8 — rõngas masina tõstmiseks.

Selleks et tõsta generaatori kasutegurit, tuleb vähendada pöörivoolukadusid. 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 pöörivoolude tugevus tunduvalt. Sellist pöörivoolude nõrgendamise meetodit kasu-



Joon. 89. Elektrimasina hari.



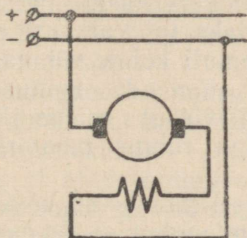
Joon. 90. Harjahoidja harjaga.

tatakse mitte ainult alalisvoolumasinate, vaid ka teistes elektrimasinate ja seadmetes. Elektrotehnilisest lehtterasest valmistatakse näiteks kõigi transformaatorite südamikud, vahelduvvoolumasinate mitmesugused detailid jne.

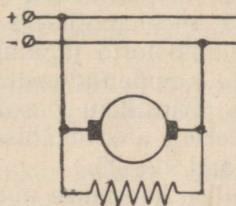
Alalisvoolugeneraatorite ergutus. Tugeva magnetvälja tekitamiseks alalisvoolugeneraatoris tuleb tema ergutusmähistest lasta läbi küllalt tugev alalisvool. Enamikus alalisvoolugeneraatorites toidetakse ergutusmähiseid generaatori ankrus indutseeritud vooluga. Selliseid generaatoreid nimetatakse endaergutusega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

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

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



Joon. 91. Peavoolumootori skeem.



Joon. 92. Haruvoolumootori skeem.

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

Väliskoormusest tingitud pinge järsud muutused on peavoolumasinale 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 ergutusvoolu I_{erg} reguleerimisega saavutada selle konstantsuse ning tagada seega ka generaatori pinge konstantsus.

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).

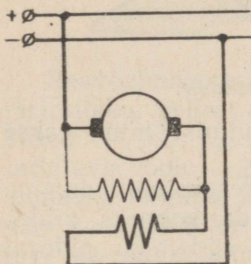
Alalisvoolumootorid jagatakse samuti kolme rühma: peavoolu-, haruvoolu- ja kompaundmootorid, s. t. nende ergutusmähised on lülitatud kas järjestikku, paralleelselt või üks mähis järjestikku ja teine paralleelselt ankrumähisega. Iga rühma mootori skeem on toodud joonistel 91—93.

Mehhaanilise koormuse muutumisel muudavad kõik elektrimootorid vastavalt energia jäävuse ja muundumise seadusele kasuta-

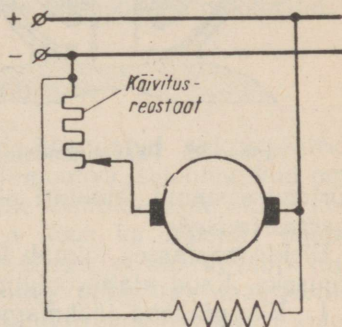
¹ Koormuse muutumisel jäävad kõikide alalisvoolugeneraatorite pöörlemiskiirused muutumatuteks.

tava elektrienergia hulka. See muutus väljendub mootorit läbiva voolu tugevnemises või nõrgenemises.

Elektrimootorite iseärasused ilmnevad nende käivitamisel. Kui ilma reostaadita lülitada sisse küllalt suure võimsusega alalisvoolu-mootor, siis on see peaaegu samaväärne vooluringi lühistamisega



Joon. 93. Kompaundmootori skeem.



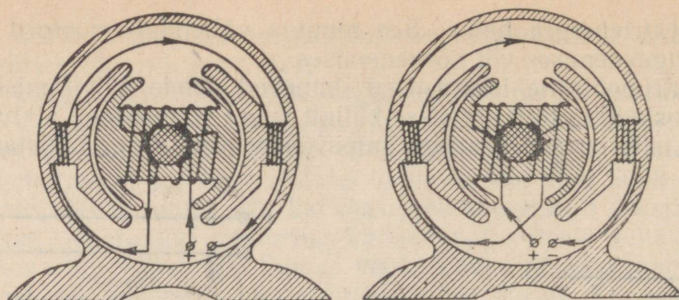
Joon. 94. Mootori käivitamine käivitusreostaadi abil.

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.

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 ankrutega järjeklikult 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 magnetvoosund või voolu suund ankrus ning selle tulemusena muutub ankrus

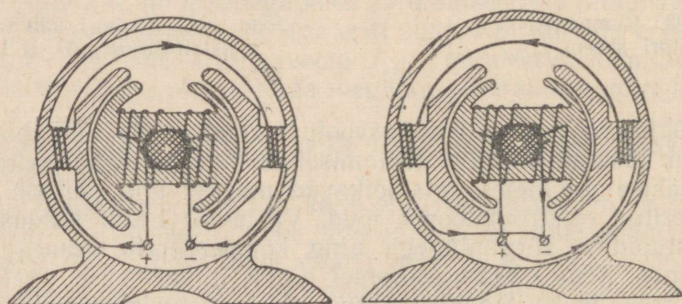


Joon. 95. Peavoolumootori pöörlemissuuna muutmine.

pöörlemise suund. Mootori pöörlemissuuna muutmist nimetatakse *reverseerimiseks*.

Elektrimasinatest toimub töö ajal ühe osa energia muundumine soojuseks. Kaod alalisvoolumasinatest võib jagada kolmeks osaks.

1. Energiakaod jääkmagnetismi ületamisel südamikute pideval



Joon. 96. Haruvoolumootori pöörlemissuuna muutmine.

ümbermagnetimisel (hüsteresikaod) ning kaod pöörivoolude tekitamiseks. Neid kadusid võib nimetada ühise nimega *rauas-kadudeks*.

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

3. *Hõõrdekadud* (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:

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

Tühijooksul on mootori kasutegur võrdne nulliga. Mootori koormamisel kasutegur kiiresti kasvab 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 ankrupoolt 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 ankrupöörete arv väheneb. Seepärast toimub mitmesugustes transpordivahendites, mis on varustatud peavoolumootoritega, paigaltvõtt sujuvalt ja ilma tõugeteta, nad ületavad kergelt inertsi jõude, tõuse jne. Nendel mootoritel on suur pöördemoment käivitamisel, seepärast saab neid laialdaselt kasutada elektritranspordis.

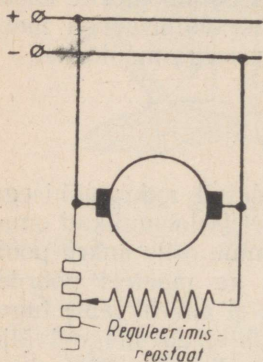
Peavoolumootoritel on ka üks tõsine puudus: koormuse tunduvalt vähenemisel ankrupöörete arv kasvab magnetvoo nõrgenemise tulemusena ülemäära suureks, mille tulemusena võib aga tekkida avarii. Seepärast tuleb meeles pidada, et peavoolumasinat ei tohi tööle panna tühijooksul, s. o. ilma koormuseta.

§ 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 vastuelektromotoorse 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. Pöörlemiskiiruse muutmiseks piisab reostaadi lülitamist järjestikku ergutusmähisega, mis võimaldab ergutusvoolu vastavalt reguleerida. Seejuures tuleb meeles pidada, et reostaadi sisselülitatud osa takistuse suurendamisel

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



Joon. 97. Haruvoolumootori pöörlemiskiiruse reguleerimine reostaadi abil.

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

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

Selle tulemusena vastuelektromotoorset jõudu enam peaaegu ei indutseeritagi, 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

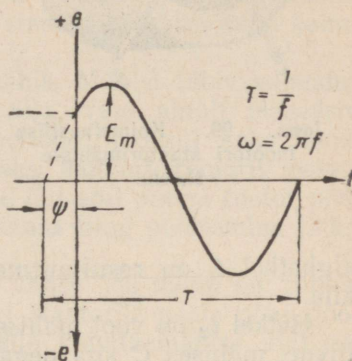
Füüsikast on teada, et vahelduvvooluks nimetatakse sellist voolu, mille suurus ja suund perioodiliselt muutuvad. Tänapäeva tugevvoolude energeetikas kasutatakse siinuselist vahelduvvoolu. Selle põhjuseks on asjaolu, et sellist voolu on kerge toota (selleks tuleb konstantse tugevusega magnetvälja panna pöörlema konstantse kiirusega raam), teda on kerge transformeerida ning peale selle on sellisel voolul veel rida teisi eeliseid. Vahelduvvoolugeneraatoritel on 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 staatori-mähises siinuseline elektromotoorne jõud (hetkväärtusega e). Seda iseloomustatakse nelja suurusega: perioodiga T , sagedusega f , amplituudiga E_m ja algaasiga ψ (joon. 98). Nende suuruste mõtet tuleb hästi teada.

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

Kolmefaasiliseks vahelduvvooluks nimetatakse süsteemi kolmest vahelduvvooluringist, kusjuures kõigil vooludel on ühesugune amplituud ja sagedus, faasilt on nad üksteise suhtes $\frac{1}{3}$ perioodi (120°) võrra nihutatud.

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



Joon. 98. Siinuseline vool.

Märgime kolmefaasilise voolu eeliseid ühefaasilise vooluga võrreldes.

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

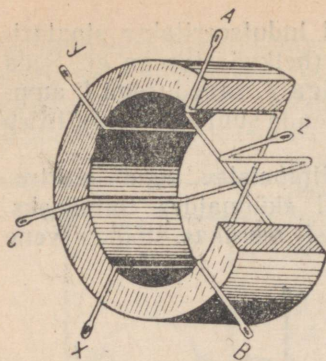
2. Kolmefaasilise voolu generaator on sama võimsusega ühefaasilise voolu generaatorist 25—30% odavam.

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 juhitud 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 magnet-



Joon. 99. Kolme faasilise mootori staatorimähiste skeem.

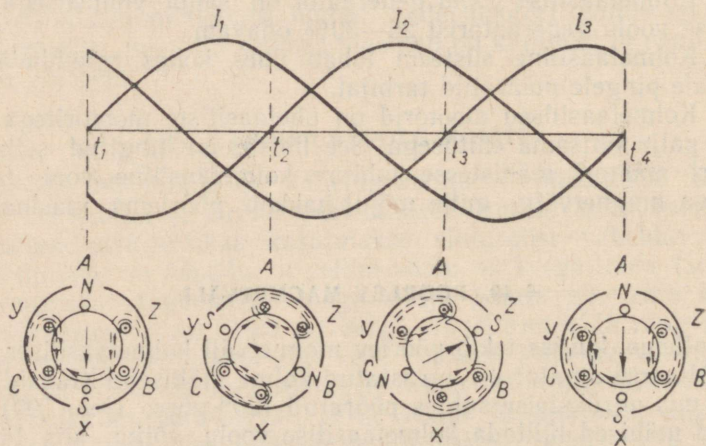
väljad, mis liitudes annavad mootori resultantmagnetvälja. Määrame selle välja suuna näiteks hetkedel t_1 , t_2 , t_3 ja t_4 (joon. 100).

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



Joon. 100. Mootori staatoris tekkiva pöörleva magnetvälja skeem.

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 TÖÖPÕHIMÖTE

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

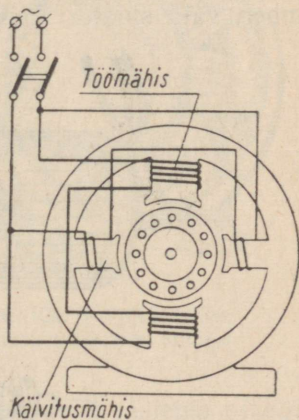
Staatori uuretesse paigutatakse mähis. Mähist läbiv vahelduvvool ei tekita mitte pöörlevat magnetvälja, vaid ainult pulseeriva magnetvälja, mille suund muutub perioodi jooksul kaks korda vastupidiseks. Niisugune väli ei suudaks mootori rootorit paigalt liigutada. Kui aga välise mehhaanilise jõu abil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

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 mähises pinge ja voolu vahelise faasinihke. Seejuures on faasinihe seda suurem, mida suurem on mähise induktiivsus.

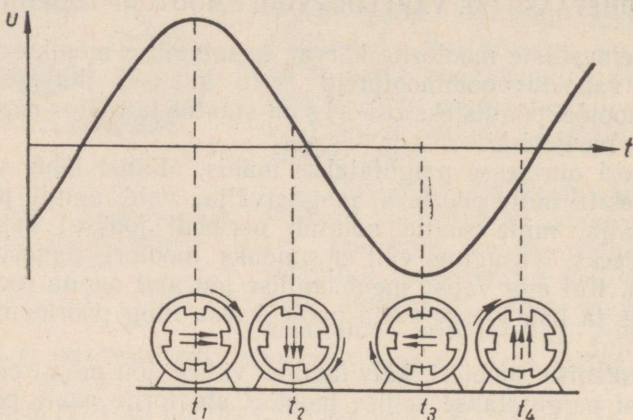
Seda kasutatakse pöörleva magnetvälja tekitamiseks ühefaasilises mootoris. Üks staatori mähis, nimelt töömähis, koosneb paljudest keerdudest, tema induktiivsus on suur ning pinge ja voolu vaheline faasinihe on suurem kui 45° . Käivitusmähise keerdude arv on töömähise keerdude arvust palju kordi väiksem,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

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 arves-



Joon. 101. Ühefaasilise asünkroonmootori mähiste paigutamise skeem.

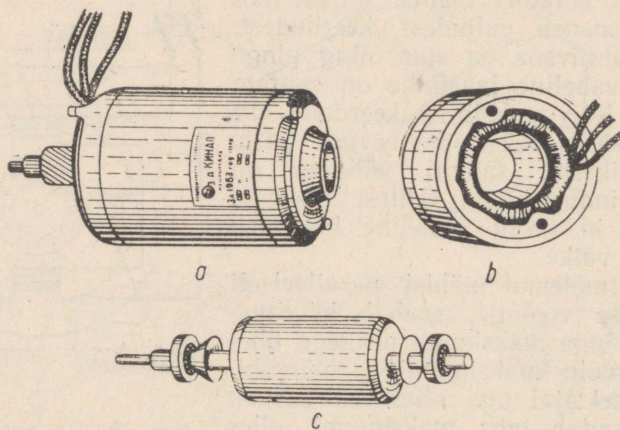
tada seda, et mähised ei ole paigutatud mitte kõrvuti, vaid kindlaks-määratud kaugusele üksteisest, siis saab selgeks, et maksimaalne magnetväli tekib algul käivitusemähise pooluste vahel, siis aga töömähise pooluste vahel (teatava perioodi osa võrra hiljem). Selle tulemusena saame staatoris pöörleva magnetvälja (joon. 102).



Joon. 102. Pöörleva magnetvälja tekkimine ühefaasilise asünkroonmootori staatoris.

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 paigutatakse mõlema mähise juhtmed mitte pooluste ümber, vaid staatori kere vastavatesse uuretesse, mis asuvad üks-



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

teisest 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.

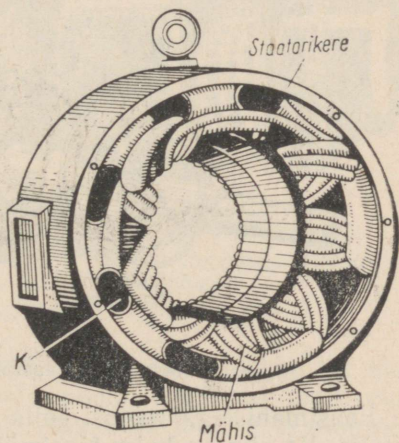
§ 21. KOLMEFAASILISE ASÜNKROONMOOTORI EHITUS JA TÖÖPÕHIMÖTE

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 tunduvalt erinevusi.

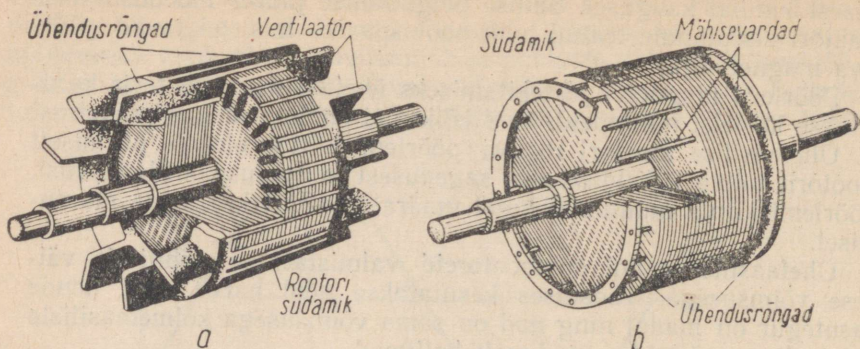
Staator (joon. 104) koosneb korpusest, mille sisse on kinnitatud plekipakk uuretega. Uuretesse paigutatakse staatori kolm faasimähist. Faasimähised valmistatakse isoleeritud traadist. Staatori mähiste kuus otsa (iga faasimähise «algus» ja «lõpp») viiakse välja mootori klemmkarbis asuvatele klemmidele.

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

Lühisrootori mähis koosneb 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.



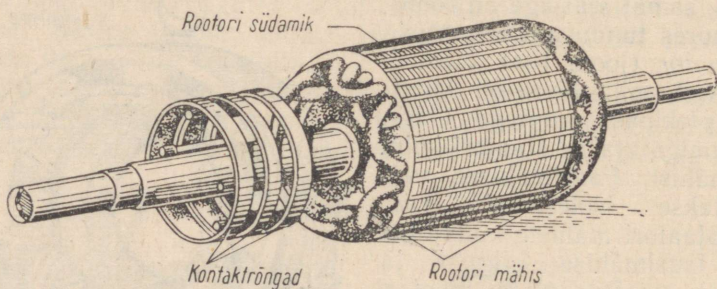
Joon. 104. Kolmefaasilise asünkroonmootori staator.



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

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 vajaliku jahutamise tööolukorras.

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

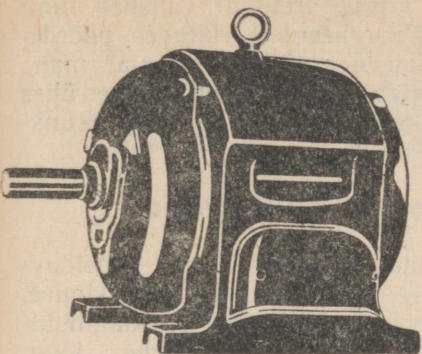


Joon. 106. Faasimähisega rootor.

Faasimähisega 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 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.



Joon. 107. Lühisrootoriga asünkroonmootor.

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 (\cdot), alumises osas aga liigub meist eemale ($+$).

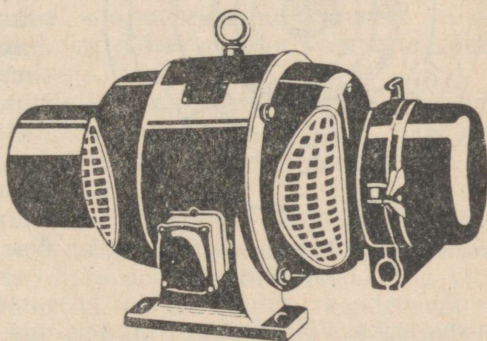
On teada, et magnetväljas asuvale vooluga juhtmele mõjub jõud F , mille suuna saame kindlaks määrata vasaku käe reegli abil. Kui kasutada seda reeglit rootori mähise juhtmete jaoks, siis näeme, et ülemistele traatidele mõjuvad paremale poole suunatud jõud, alumistele traatidele aga vasakule poole suunatud jõud, s. t. rootorile mõjub kokkuvõttes jõupaar. Jõupaar tekitab pöördemomendi, selle tulemusena hakkab rootor pöörlema kellaosuti liikumise suunas, s. o. staatori pöörleva magnetväljaga samas suunas.

Rootori pöörlemiskiirus ei või saada võrdseks staatori magnetvälja pöörlemiskiirusega. Kui see juhtuks, siis pöörlev magnetväli ei lõikaks rootori mähise keerde, voolu mähises ei esineks ja

Selle paremal pool asetsevad kontaktrõngad ning käepide nende surumiseks rõngastele ning ülestõstmiseks.¹

Mootori tööpõhimõtte. Nagu eespool kirjeldati, tekib staatoris pöörlev magnetväli, kui staatori mähistes 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



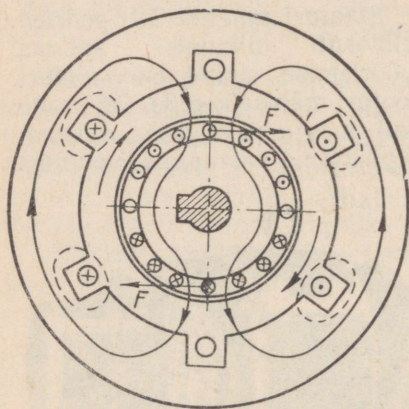
Joon. 108. Kontaktrõngastega asünkroonmootor.

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

rootor peaks seisma jääma. Rootori kiirus järelkult väheneb ning magnetväli lõikab jällegi rootori mähise keerde, tekitades pöörde-momendi. Tähendab, rootor jääb kogu oma pöörlemise ajal maha magnetvälja pöörlemisest, s. o. pöörleb asünkroonselt, mitte ühes taktis väljaga. Seepärast nimetataksegi taolisi mootoreid asünkroonmootoriteks.

§ 22. VAHELDUVVOOLUMOOTORI VÕIMSUSTEGUR

Koosinus φ . Füüsikast on teada, et induktiivsus vahelduv-vooluringis põhjustab lisatakistuse — induktiivtakistuse tekkimise. Selle nähtuse põhjuseks on vahelduvvooluringis tekkiv endaindukt-siooni elektromotoorne jõud,



Joon. 109. Asünkroonmootori töö-põhimõte.

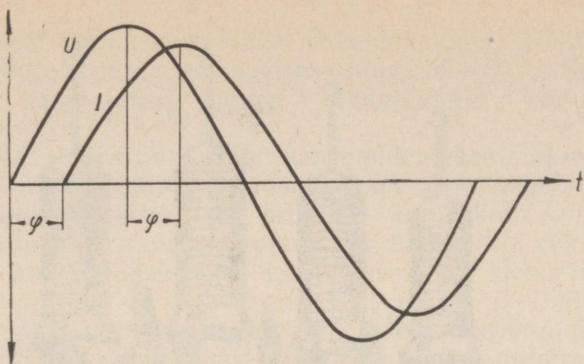
mis takistab voolu muutumist. Selle takistuse tõttu hetkel, mil võrgu pinget saavutab maksimumi (amplituudväärtuse), vool veel ei küüni oma maksimaalse väärtuseni, mille ta saavutaks, kui induktiivsus ei esineks. Siit järgneb, et voolu maksimum ei ühti pinget maksimumiga, vaid jääb temast mingi vahemiku võrra maha. Elektrotehnikas nimetatakse seda nähtust pinget ja voolu vaheliseks faasinihkeks (joon. 110), mida mõõdetakse nurgakraadidega.

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

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

kus U on mootorile rakendatav pinget ja I — tarbitav vool. Siit selgub, et mida väiksem on $\cos \varphi$, seda tugevam peab olema vool sama võimsuse arendamiseks. Voolu tugevnemisel aga suurenevad võimsuskadod elektrivõrkudes.

Järelkult on elektriseadmete võimsusteguri tõstmisel suur rahvamajanduslik tähtsus. NSV Liidus elektrienergia kasutamise hiiglasliku ulatuse juures 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 $\cos \varphi$ väärtus. Seepärast tuleb iga töötav mootor koormata võimaluse piires tema nimivõimsusega.

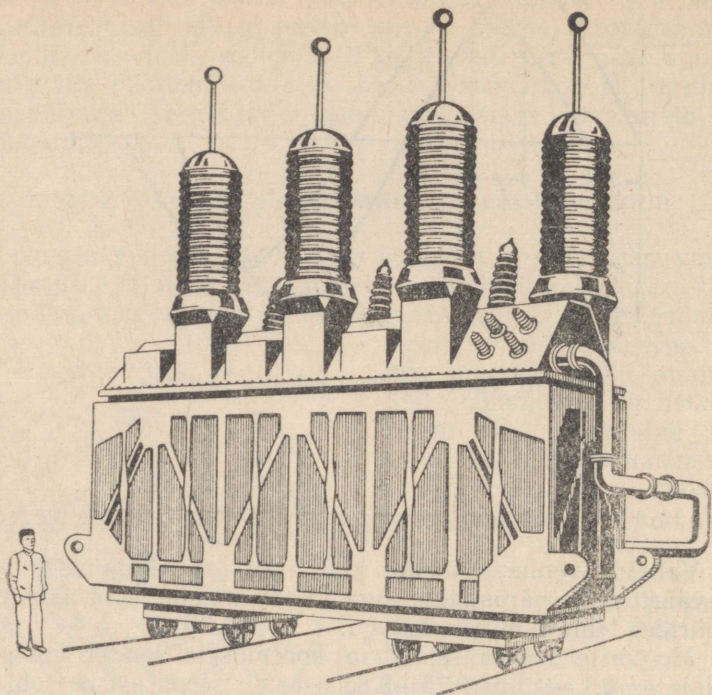
2. Mootorite töötamisel ilma koormuseta langeb $\cos \varphi$ väga madalale — 0,1—0,3-ni 0,75—0,85 asemel; seepärast ei tohi lasta mootoreid töötada pikemat aega tühijooksus. Kui koormust ei ole, siis on parem mootor välja lülitada.

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 asünkronmootori staatori mähistega. Peale selle paigutatakse tänapäeval elektrialajaamadesse kondensaatorite patareid, mis vajaduse korral lülitatakse alajaama kogumislattidele kogu elektrivõrgu $\cos \varphi$ tõstmiseks.

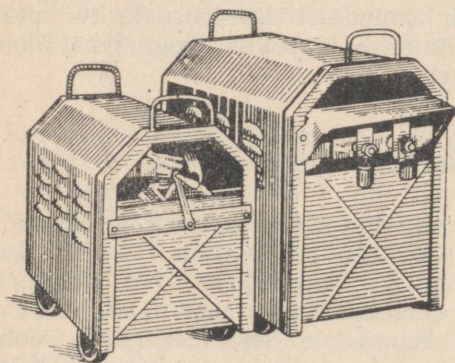
§ 23. TRANSFORMAATORID

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

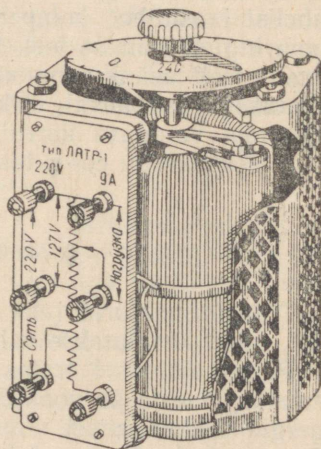
Pinge tõstmisel trafos teatud arv kordi (joon. 111) nõrgeneb sama arv korda ka vool. Seda omadust kasutatakse laialt elektrienergia ülekandmisel suurtele kaugustele, sest ülekantava voolu nõrgenemisel vähenevad ka energiakaod ülekandejuhtmetes. Nõrgema voolu korral on võimalik kasutada ka väiksema ristlõikega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



Joon. 111. Suure võimsusega kolmefaasiline jõutrafo.



Joon. 112. Keevitustrafod.



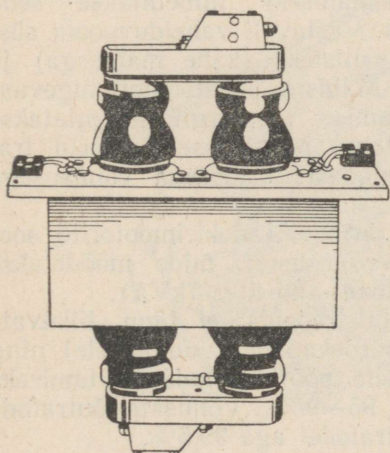
Joon. 113. Laboratoorne auto-trafo.

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

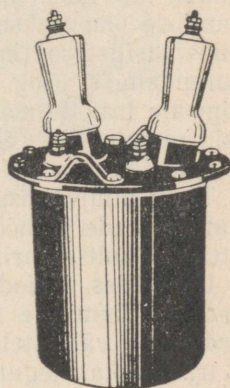
Igapäevases elus ning laboratooriumides kasutatakse laialdaselt nn. autotrafosid. Autotrafo südamikul on ainult üks mähis. Selle mähise külge ühendatakse nii primaar- kui sekundaarring. Autotrafodel on mõnikord olemas spetsiaalne ümberlülitit ehk liikuv kontakt, mille abil reguleeritakse sekundaarmähise 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 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, nende keerdude arvud on erinevad ning tänu sellele on võimalik saada raadioparaadi juures vajalikke erinevaid pingeid (joon. 116).



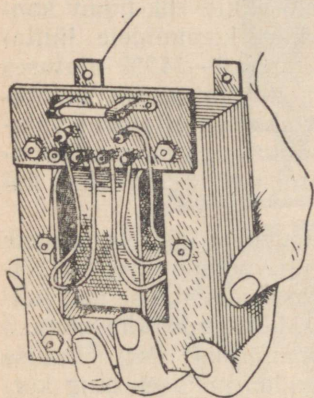
Joon. 114. Voolutrafo.



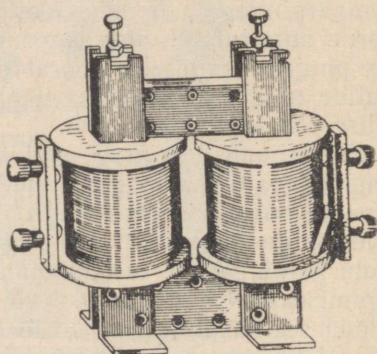
Joon. 115. Pingetrafo.

Kooli füüsikakabinetis kasutatakse sageli lahtivõetavat õppetrafo (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



Joon. 116. Väikese võimsusega raadiotrafo.



Joon. 117. Lahtivõetav kooli-tüüpi trafo.

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 õljahutusega trafodeks. Väiksema võimsusega trafosid jahutatakse ümbritseva õhuga.

Trafo nimivõimsust mõõdetakse (erinevalt elektrimootorite, soojendusriistade 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 pöörivoolude 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 VAHELDUVVOOLU-
MASINAD. KOLMEFAASILINE VOOL»

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

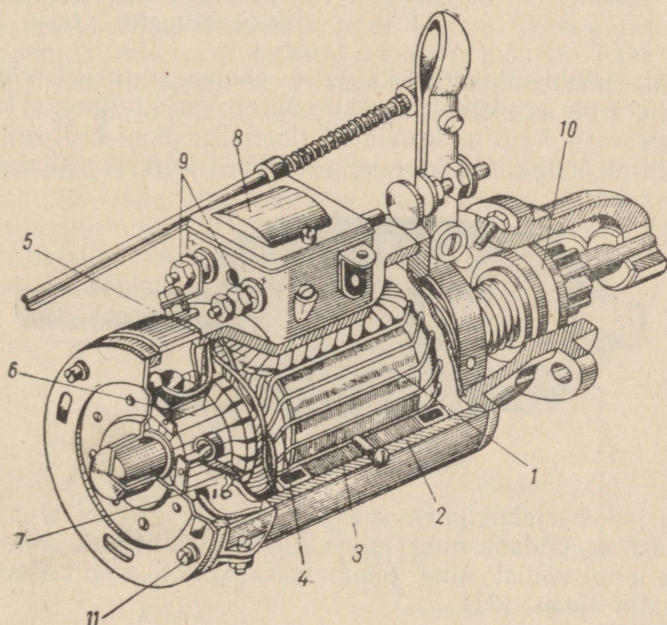
Töö eesmärk. Õppida tundma alalisvoolumootori ehitust ning tööpõhimõtet. Õppida väikeste mootorite lahti- ja kokkumonteerimist, mootori lülitusskeemide koostamist, nende praktilist teostamist ning mootori käivitamist.

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

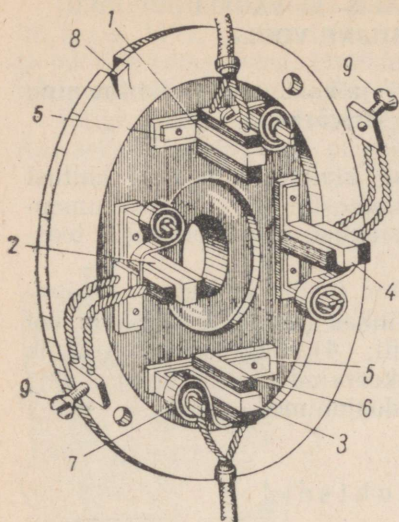
Teoreetilisi juhiseid

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

Käiviti on silindrikujuline elektrimootor. Mootori sees pöörleb völliil ankur 1 mähisega 4. Välise silindrilise korpuse 2 külge on



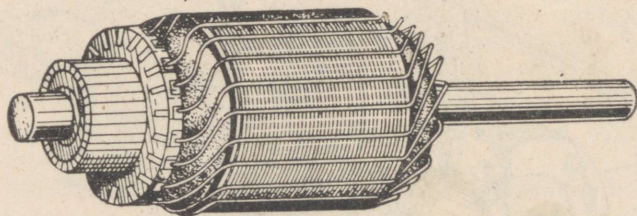
Joon. 118. Autokäiviti lõikes.



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.

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 sektioonide otsad. Kollektorile surutakse spiraalvedrude abil harjad 7. Korpuse välisküljele kinnitatakse käiviti lüliti 8 ja jämedad sisendklemmid 9, mis on arvestatud võrdlemisi tugevale voolule. Märkiga «—» tähistatud klemm ühendatakse jämeda juhtme abil akupatarei negatiivse klemmiga. Teine klemm märkiga «+» ühendatakse käiviti metallkorpusega, nn. «massiga». Massiga ühendatakse ka akupatarei positiivne poolus. Mass, s. o. auto metallkorpuse ning kõik sellega ühendatud esemed, etendab auto elektriseadmetes teise juhtme osa.¹

Käiviti lahtimonteerimiseks tuleb kõigepealt maha võtta see laagrikilp, mille siseküljele on kinnitatud harjad (joon. 119). Selleks tuleb välja keerata kruvid 11 (kaks tk.; joon. 118), mille abil laagrikilp on kinnitatud kere külge. Pärast kruvide väljakeeramist



Joon. 120. Käiviti ankur.

tuleb harjad harjahoidjatest välja võtta, laagrikilp kruvikeeraja abil kerest eemaldada ning ettevaatlikult võllilt ära võtta. Nüüd võetakse kinni võllist ning tõmmatakse käiviti ankur (joon. 120) kerest välja (joon. 121).

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

reostaadi takistust ning jälgitakse käiviti tööd. Kui käiviti ankrupöörlemiskiirus kasvab ülemäära suureks, siis lülitatakse vinnaküliti viivitamatult välja.

Ankrupöörlemissuunda 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. Vaadeldge 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 seejuures vaadeldge mootori üksikute osade vastastikust tegevust.

8. Kui on võimalik, siis tehke vajalikud ümberlülitused ning muutke mootori ankrupöörlemissuunda.

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 kolmeafaasiliste 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 vooluallika 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) rele (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 «Победа» 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.

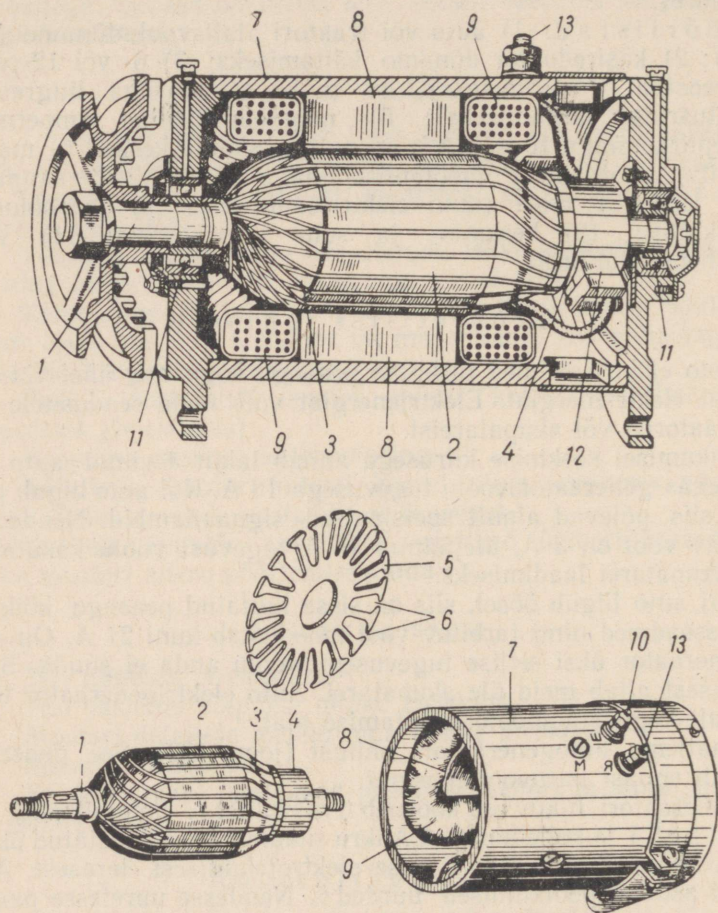
Kui auto liigub öösel, siis on sisse lülitatud peaaegu kõik valgustusseadmed ning tarbitav vool moodustab kuni 21 A. On selge, et generaator üksi sellise tugevusega voolu anda ei suuda. Sellest puudusest aitab meid üle akupatarei. Auto elektrigeneraator töötab pidevalt kogu automootori töötamise ajal.

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

Generaatori liikuv osa koosneb terasvõllist 1, südamikust 2, ankrumähisest 3 ja kollektorist 4. Ankrusüdamik on valmistatud üksikutest lehtedest 5, mis stantsitakse elektrotehnilisest terasest. Ankrupinnal asuvad poolkinnised uurded 6. Nendes 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.

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.

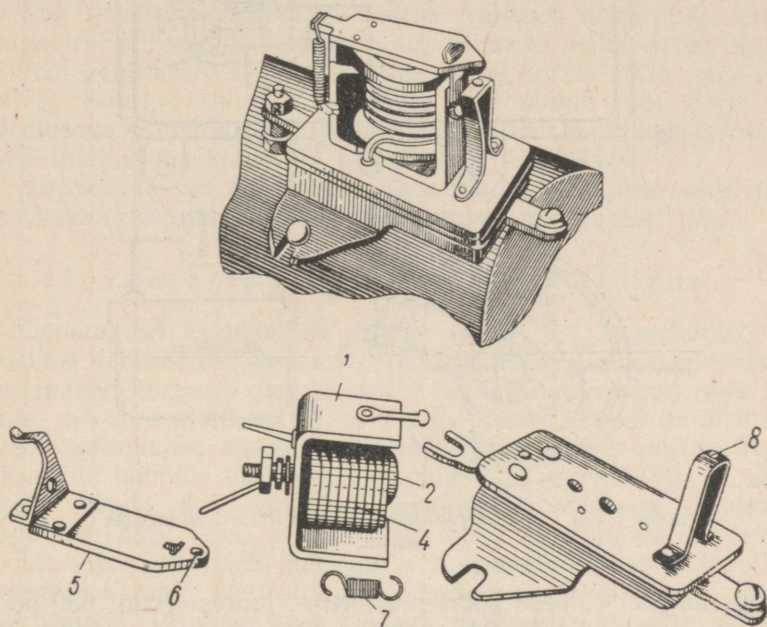


Joon. 123. Autogeneraator lõikes ja tema osad.

Mõnedel vanemat tüüpi generaatoritel on kahe põhiharja kõrval veel kolmas, täiendav reguleeritav hari, mis on ühendatud ergutusmähisega. Tänapäeva generaatorites on selle harja asemel teine reguleerimiseseade — spetsiaalne rele, mille üksikasjalist ehitust meie ei vaatle. Vaatleme ainult tagasivoolureleid.

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 ankrumähis tegelikult lühistab akupatarei klemmid, järeltult akupatarei tühjeneb kiiresti, kuumeneb seejuures ning rikneb. Seepärast tuleb siis, kui generaatori pinge automootori töö ajal muutub akupatarei pingest madalamaks, generaator ja akupatarei



Joon. 124. Tagasivoolurelee ja tema osad.

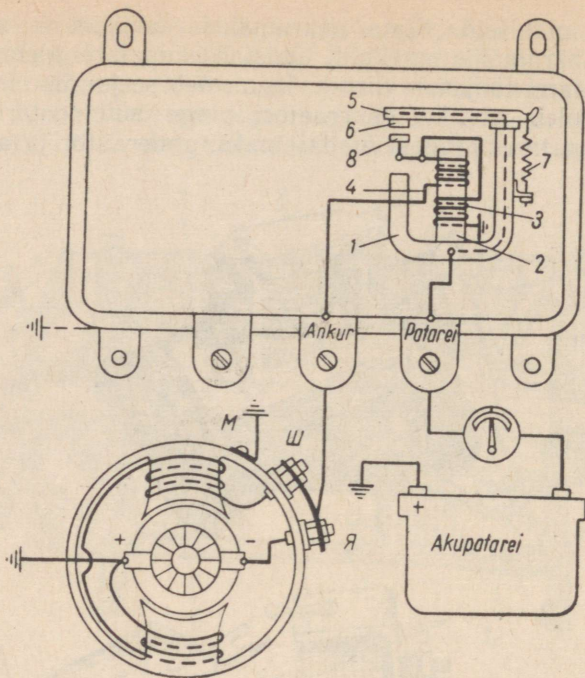
teineteisest eraldada. Selleks kasutataksegi tagasivoolureled — elektromagnetilist seadet liikuvate ja liikumatute kontaktidega (joon. 124 ja 125).

See relee koosneb järgmistest osadest: ikke 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 magnetub.

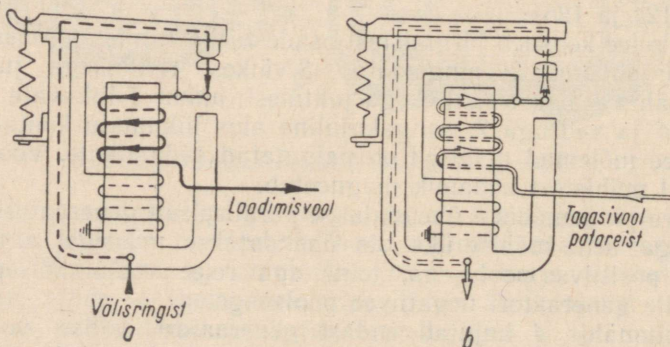
Relee pingemähis 3 ühendatakse paralleelselt generaatori ankrumähisega: selle mähise üks ots ühendatakse massiga, s. o. generaatori positiivse poolusega, teine aga relee voolumähisega 4 ja läbi selle generaatori negatiivse poolusega.

Voolumähis 4 kujutab endast generaatori välise vooluringi jätku. Selle mähise teine ots ühendatakse relee kontaktide, ankruga 5 ja läbi selle relee klemmiga, millest läheb vool tarbijatele ja akupatareisse.



Joon. 125. Tagasivoolurelee elektriliste ühenduste skeem.

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



Joon. 126. Tagasivoolurelee töö. *a* — generaatore pinge on kõrgem kui patarei pinge; *b* — generaatore 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 akupatarei.

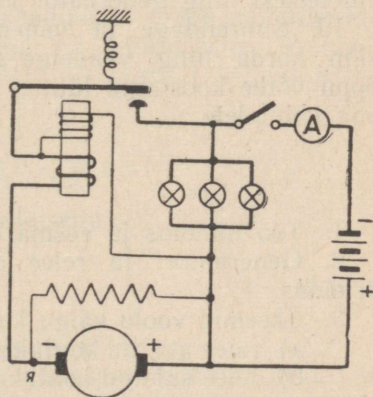
Kui generaatori pöörlemiskiirus väheneb ning pinge muutub akupatarei pingest madalamaks, siis esimesel hetkel satub akupatarei vool generaatorisse kui tarbijasse. Sel korral läbib relee voolumähist esialgse suunaga võrreldes vastupidine vool. Selle voolu tulemusena südamik demagneetub ning vedru 7 tõmbab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

Kirjeldatud releega ühele paneelile kinnitatakse auto juures 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 \mathcal{H} jämeda juhtme abil relee klemmiga, mis on samuti märgitud tähega \mathcal{H} . See klemm on ühendatud relee voolumähise algusega. Relee selle mähise teine ots ühendatakse läbi lampide massiga, ühepooluselise vinnaklüüti 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 voltmeetril näidatud). Vinnaklüüti sulgemisel hakkab generaatori ankur pöörlema, relee kontaktid on veel sulgumata ning vool läheb positiivselt harjalt läbi massi ainult relee pingemähisesse ning generaatori ergutusmähisesse. Selle tulemusena suureneb oma-korda ka generaatori pinge. Pinge suurenemist saab vaadelda voltmeetri abil. Lampe toidetakse sel ajal akupatarei vooluga.

Kui nüüd hakata generaatori ankrut ringi ajama käsireduktriga, siis pinge kindlal väärtusel magneeditakse relee südamik vajaliku tugevusega ning kontaktid tõmmatakse teineteise vastu. Nüüd hakkab generaator toitma lampe ning laadima akupatarei. Seda näitab voolu suuna muutumine



Joon. 127. Autogeneraatori katsetamise skeem.

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 liiguvad kontaktid tõmmatakse teineteisest eemale. Generaator hakkab töötama tühijooksul.

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

Töö käik

1. Monteerige generaator lahti, tutvuge tema sildianndmetega, iga osa ehitusega ning ülesandega.
2. Öppige 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 vānta kellaosuti liikumise suunas, suurendage järk-jārgult ankru pöörlemiskiirust. Jālgige voltmeedit ning määrake pinge U_1 , mille juures relee liiguvad kontaktid tõmmatakse teineteise vastu.
9. Vāhendage järk-jārgult ankru pöörlemiskiirust ning määrake pinge U_2 , mille juures relee liiguvad kontaktid eemalduvad teineteisest ning generaator lõpetab välisvooluringi toitmise.
10. Suurendage ja vāhendage ankru pöörlemiskiirust paar-kolm korda ning vaadeldge 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;

¹ Kui kasutatava ampermeetri skaala 0 asub mitte skaala keskel, vaid vasakul äärel, siis tuleb muuta ümberlüliti abil voolu suund ampermeetris.

- 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, mille 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. 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 küsimusi

Mootori kasutegur määratakse avaldisega

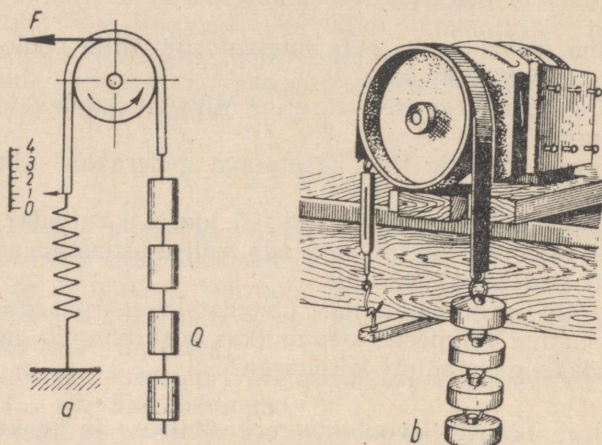
$$\eta = \frac{N_2}{N_1},$$

kus N_1 on tarbitud võimsus ja N_2 kasulik võimsus.

Alalisvoolumootori poolt kulutatud võimsust on kerge arvutada ampermeetri ja voltmeetri näitude järgi, sest

$$N_1 = UI W.$$

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. 128. Mootori koormamise skeem (a) ja üldvaade (b).

(joon. 128). 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

$$N_2 = 9,81 M \omega \text{ W}$$

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 mehaanilise võimsuse N_2 võrdlemist kulutatud elektrilise võimsusega N .

Nurkkiirus tehakse kindlaks minuti jooksul mõõdetud pöörete arvu n kaudu. Selleks paigutame mõõtmistulemused valemisse

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \frac{1}{\text{sek}}.$$

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 võlli 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

$$n = \frac{250}{10} \cdot 60 = 1500 \text{ p/min.}$$

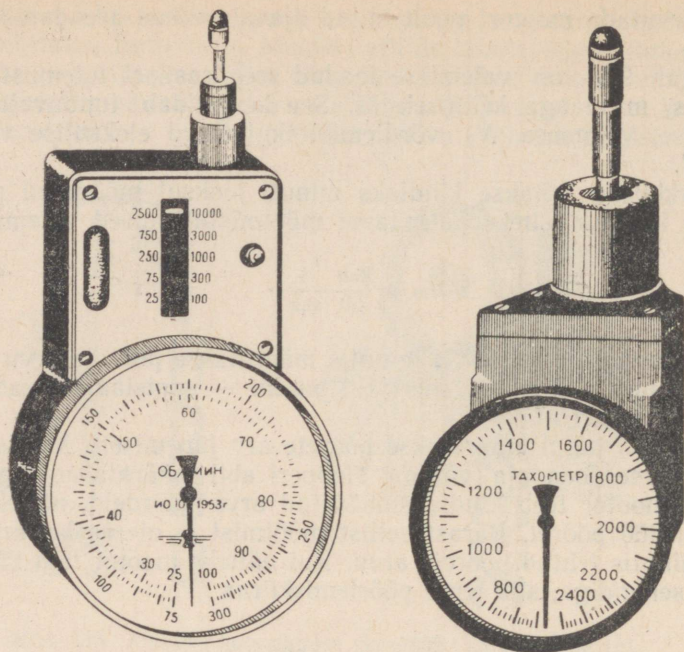
Sel viisil kulutatakse aga palju aega ning seepärast pole see meetod kuigi mugav, eriti siis, kui töö ajal on kiirust vaja mõõta mitmel korral. Sellisel juhul on parem kasutada osutiga varustatud tahhomeetrit (joon. 129).

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. 130). 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 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

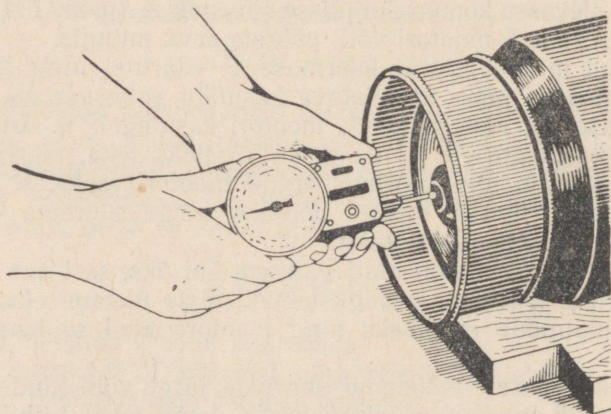


Joon. 129. Tahhomeetrid.

võib koostada graafiku, mis näitlikult kujutab ülaltoodud suuruste vahelist seost.

See annab võimaluse ilma mootorit koormamata leida kõige otstarbekohasemat töörežiimi, mis vastaks mootori normaalsetele eksploateerimistingimustele.

Selline tehnilisest vaatepunktist õige mootori kasutamine suurendab tunduvalt tema remontidevahelist kasutamisaega.



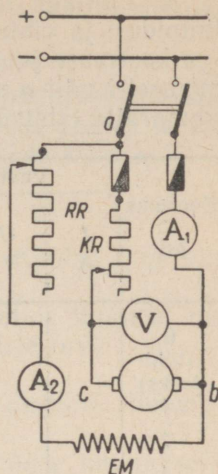
Joon. 130. Tahhomeetri kasutamine.

Skeemi kirjeldus

Uuritava mootori toiteskeem on toodud joonisel 131. Skeemi järgi vastava ringi koostamist tuleb alustada ankruga järjestikuse ringiosa koostamisega. 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.

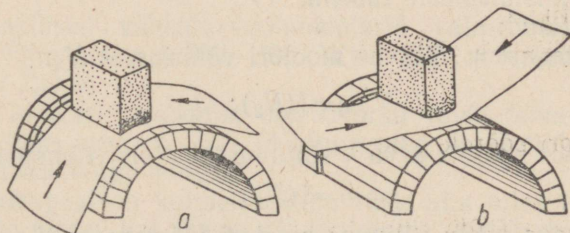
Mootori käivitamisel lükatakse käivitusreostaadi liugurit aeglaselt kuni reostaadi täieliku väljalülitamiseni. Kui tervet reostaati välja ei lülitata, vaid jäetakse mootori ringi kas või mõni reostaadi keerd, siis need kuumenevad kiiresti üle, põlevad läbi ning rikuvad seega terve reostaadi.



Joon. 131. 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. 132).
3. Koostage mootori toitering.
4. Käivitage mootor, reguleerige mootori pöörlemiskiirust ning muutke mootori pöörlemise suund.



Joon. 132. Harjade lihvimine liivapaberi 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	Vaatusandmed				Arvutamistulemused					
	I A	U V	n p/min	q kG	N_1 kW	F_1 kG	M kGm	$\frac{\omega}{1}$ sek	N_2	η
0 (tühi- jooks)										
1										
2										
3										
4										
5										
6										

6. Vähendades järk-järgult ergutusvoolu reguleerimisreostaadi RR sisselülitamiseega, mõõtke iga kord vastav mootori pöörete arv minutis. Saadud andmed kirjutage järgmisse tabelisse.

Ergutus- vool I_{erg} A									
n p/min									

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Üksikute töötappide 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:

$$n = f(I_{\text{erg}}).$$

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. Millistes asendites 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 muutmisel?
6. Miks mootori ergutusvoolu nõrgendamisel mootori pöörlemiskiirus kasvab?
7. Milleks kulutatakse energiat mootori tühijooksul, s. o. ilma koormuseta töötamisel?

Töö nr. 18. 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 (ЛАТФ-1) pinge reguleerimiseks; 5) võrgupingele vastav vahelduvvoolu-voltmeeter; 6) vahelduvvoolu-ampremeeter 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 teha kindlaks, 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.

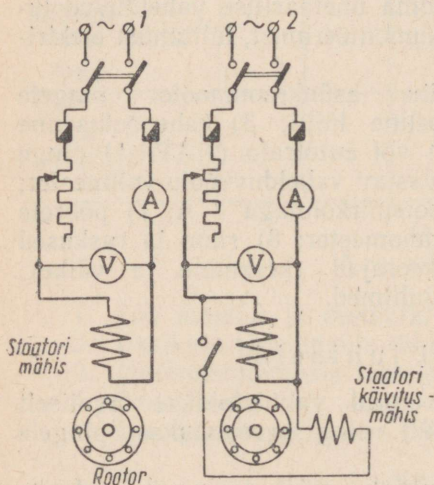
Kui mootor on arvestatud pingele 220 V, siis tuleb mootor lülitada vastavalt olemasolevale võrgule kas liinijuhtmete (127/220 V) või ühe liinijuhtme ja nulljuhtme (220/380 V) vahele. Kui mootor on arvestatud pingele 127 V, siis saab teda kasutada vahetult ainult võrgus 127/220 V juures. Sel korral lülitatakse 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 võtta välja 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 käivitamist, siis tuleb käivitusmähise ringi lülitada ühepooluseline vinnaklülit. Vinnaklülit abil saab käivitusmähist välja lülitada.



Joon. 133. Skeemid ühefaasilise vahelduvvoolumootori töö uurimiseks.

Selle töö läbiviimiseks vajaliku vooluringi skeem on toodud joonisel 133. 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.

Nii nagu alati, tuleb ka siin kõigepealt kokku seada vooluringi järjestikune osa. Sellesse ossa kuulub vinnaklülit, reostaat, staa-

tori töömähis ja ampermeeter. Pärast selle osa kokkumonteerimist ühendatakse paralleelsed vooluringi osad — käivitusmähis ja voltmeeter.

Töö käik

1. Tutvuge mootori sildandmetega 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 veenduge, kas mootor on õigesti kokku pandud.

5. Koostage vastavalt skeemile vooluring mootori töölerakendamiseks.

6. Käivitage mootor ilma koormuseta (tühijooksul). Mõõtke mootori pöörlemiskiirus ning kirjutage üles.

7. Muutke mootori pöörlemissuund.

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. Vähen-dage reostaadi abil pinget vastavalt tabeli andmetele ning mõõtke iga kord mootori pöörlemiskiirus. Tulemused kirjutage tabelisse.

Pinge nimipin- gega võrreldes	100%		90%	80%	70%	60%	50%	
	tühi- jook- sul	koor- mu- sega						
Pinge U V								
Tarbitav vool I A								
Pöörete arv n minutis								0 (pea- tu- mine)

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 töötappide lühike loetelu.
3. Töö elektriline skeem ja mõõtmistulemuste tabel.
4. Graafikud mootori pöörlemiskiiruse ja tarbitava voolu muutumise kohta pinge pideval muutmisel:
 $n=f(U)$; $I=f(U)$.
5. Katsetatava mootori sildandmed 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 pöörlemis-suuna muutmiseks?
5. Kuidas mõjub pinge muutmine ühefaasilise asünkroonmootori pöörlemiskiirusele?
6. Kus kasutatakse ühefaasilisi asünkroonmootoreid?

Töö nr. 19. Hõõglampide lülitamine kolmefaasilisse võrku

Töö eesmärk. Õppida tundma kolmefaasilise võrgu süsteemi, seoseid faaside, liinipingete ja -voolude vahel, tarbijate lülitamist tähte ja kolmnurka.

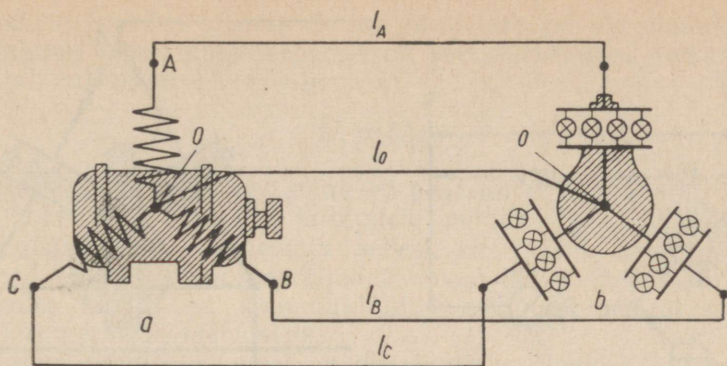
Tööriistad: 1) 3 lampreostaati, igas reostaadis 2—3 lampi (või üks kolmefaasiline lampreostaat); 2) hõõglambid 220 V 40—100 W, 6—9 tk.; 3) vahelduvvoolu-voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V; 4) vahelduvvoolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 3 A; 5) ühepooluseline vinnaklülit; 6) lauake nelja kontaktiga (vt. joon. 140); 7) kontaktnuga (vt. joon. 141); 8) kaks juhet pistikutega otstes; 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. 134). Tinglikult on märgitud, et selle süsteemi kolme liinijuhet mööda lähevad tarbijateni voolud tugevustega I_1 , I_2 ja I_3 . Mööda nulljuhet tuleb generaatorisse tagasi vool I_0 .

Kolmefaasilise vahelduvvoolu teooriast on teada, et kolme faasi



Joon. 134. 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:

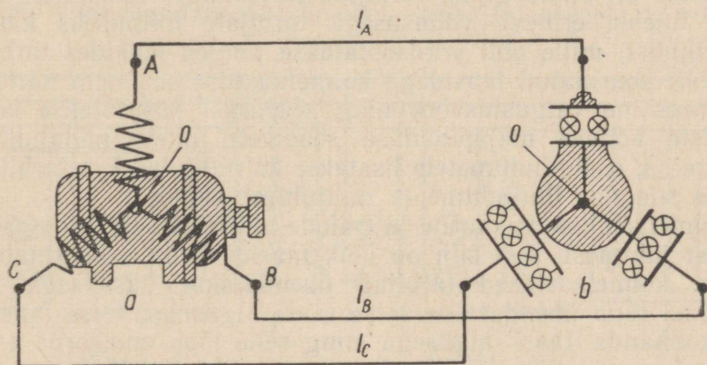
- liinipinge U_l kahe liinijuhtme vahel;
- faasipinge U_f ühe liinijuhtme ja nulljuhtme vahel.

Faasipinge tarbija klemmidel on $\sqrt{3} \approx 1,73$ korda väiksem liinipingest:

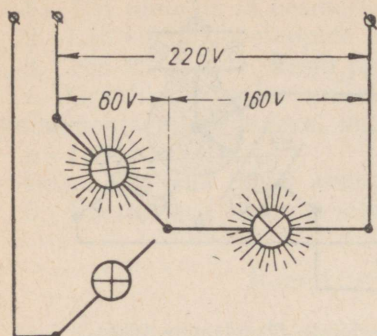
$$U_l = \sqrt{3}U_f.$$

Kui süsteem on kolmejuhtmeline, s. o. nulljuhe puudub, siis säilib ülaltoodud pingete vaheline seos ainult siis, kui kõik kolm faasi on ühesuguselt koormatud, s. o. kui igasse faasi on lülitatud tarbijaid ühesuguse koguvõimsusega.

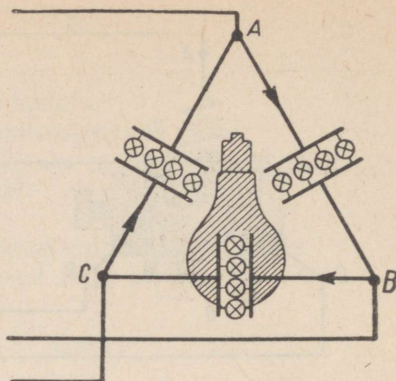
Kui nulljuhet ei ole ning seejuures on tähte lülitatud erineva võimsusega tarbijad (igas faasis erinev võimsus, vt. joon. 135), siis on iga tarbija faasipinge erinev.



Joon. 135. Kolmejuhtmeline süsteem erinevate koormuste korral.



Joon. 136. Faasipinged
tarbijate erinevate võimsuste
korral.



Joon. 137. Tarbijate kolmnurk-
lülitus.

Kõige suurema võimsusega tarbija, s. t. kõige väiksema takistusega tarbija juures on tegemist normaalsest 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 ta langeb läbipõlemise tagajärjel kiiresti rivist välja.

Selgitada võib seda järgmiselt. Lülitame mittevõrdselt koormatud faasidest ühe faasi tarbija välja (joon. 136). Ülejäänud kahele tarbijale mõjub nüüd faktiliselt liinipinge. Võrku jäänud kaks tarbijat osutuvad lülitatuks järjestikku ning pinge jaguneb nende tarbijatele mitte 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 mittevõrdse jaotuse (kui tarbijad on erineva võimsusega) olemasolus. 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 siis 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. 137).

Sellise ühenduse juures on iga faasi tarbijad ühendatud kahe liinijuhtme vahele ning seepärast on kolmnurklülituse korral igale tarbijale rakendatud liinipinge

$$U_f = U_1.$$

Kõigi kolme liinipinge suurused peaaegu ei muutu ning seepärast kolmnurka lülitatud tarbijatele mõjub 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 paralleelühendusega.

Kolmnurklülituse korral on üks liinijuhe ühendatud kahe faasiga. Liinijuhtmes kulgevat voolu nimetame liinivooluks I_1 , faasi-juhtmes kulgevat voolu aga faasivooluks I_f .

Kõigi kolme faasi ühesuguse koormuse korral on liinivool $\sqrt{3}$ korda tugevam kui faasivool:

$$I_1 = \sqrt{3} I_f.$$

Tähtlülituse korral on iga liinijuhe ühendatud ainult ühe faasiga, mitte aga kahega, nagu kolmnurklülituse korral. Seepärast on tähtlülituse korral liinivool ja faasivool võrdsed:

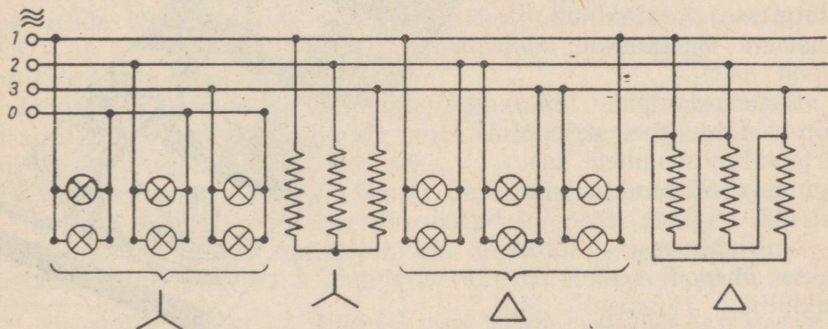
$$I_1 = I_f.$$

Praktikas toimub tarbijate ühendamine tähte või kolmnurka vastavalt joonisel 138 toodud skeemidele.

Elektrilise skeemi kirjeldus

Käesolevas töös tuleb viia läbi kaks lampide ühendamist — tähte ja kolmnurka.

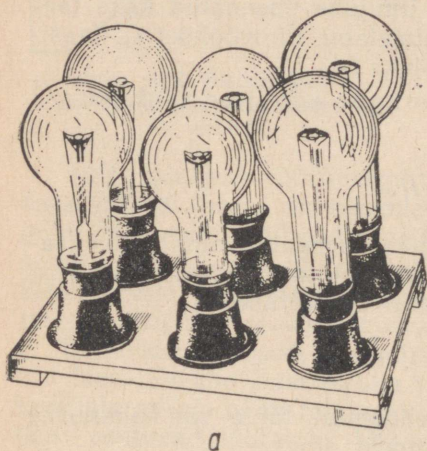
Töökõks võib kasutada kolme ühefaasilist lampreostaati või ühte



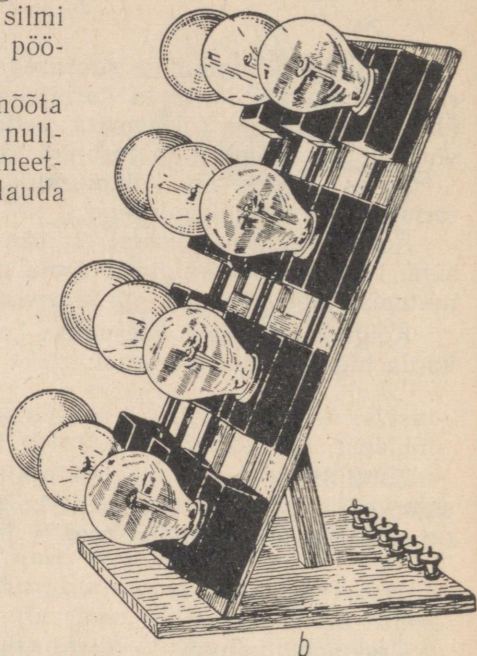
Joon. 138. Tarbijate täht- ja kolmnurklülituste skeeme.

kolme faasilist (joon. 139). Kolmesektsooniline reostaat on oma konstruktsioonilt mugavam, sest ta võtab vähem ruumi. Peale selle on lambid siin paigutatud kaldasendis, et nad pingele ja voolu 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



a



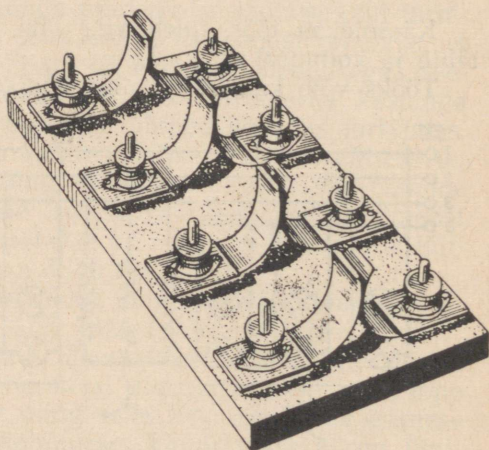
b

Joon. 139. Lampreostaadid (ühe- ja kolmesektsooniline).

nelja vetruva kontaktiga (joon. 140). Voolu mõõtmiseks igas ülalnimetatud juhtmes lülitatakse ampermeeter järgemööda igasse juhtmesse kontaktnoa ja elastsete kontaktide abil (joon. 141).

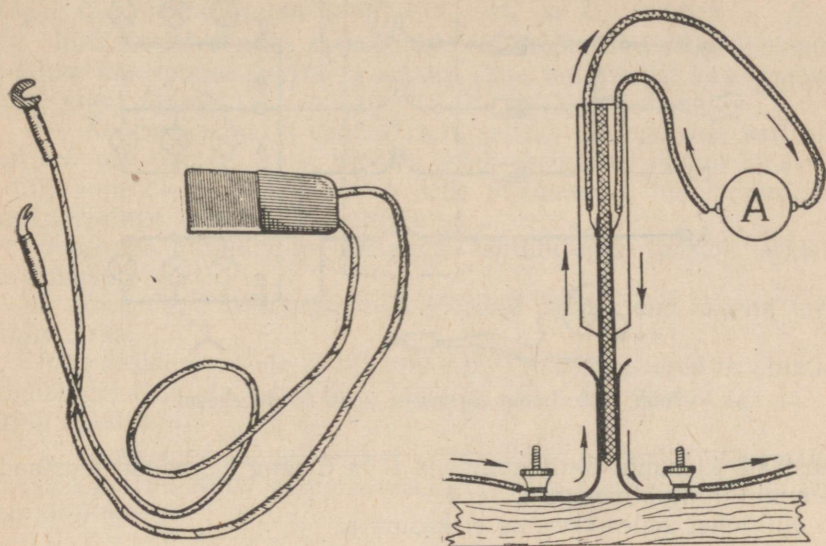
Skeem lampide lülitamiseks tähte koos eespool kirjeldatud seadmete kasutamisega on toodud joonisel 142.

Nulljuhtmesse lülitatakse ühepooluseline vinnaklüpiti (joonisel 142 pole seda lülitit näidatud). See on tarvilik selleks, et



Joon. 140. Laud nelja elastse kontaktiga.

vaadelda skeemi tööd mitmesuguste koormuste juures ilma nulljuhtmeta ja nulljuhtme kasutamisega.¹



Joon. 141. Kontaktnuga ja selle kasutamine.

Liini- ja faasipinge mõõtmiseks lülitatakse voltmeeter pistikutega varustatud juhtmete abil lühikeseks ajaks vastavate elastsete kontaktpaaride vahele.

Näiteks liinipinge U_{AB} mõõtmiseks puudutatakse voltmeetri juhtmete pistikutega ettevaatlikult neid kontakte, mille külge on ühendatud esimene ja teine liinijuhe.

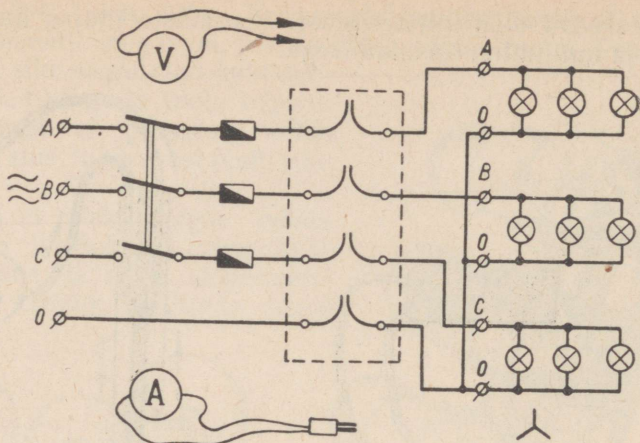
Selleks et mõõta faasipinget näiteks kolmandas faasis (U_C), tuleb nende pistikutega puudutada kolmanda liinijuhtme ja nulljuhtme kontakte jne.

Vooluringi koostamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata lampreostaatide lõppklemmide õigele ühendamisele nullpunkti saamiseks. Üks neist klemmidest tuleb ühendada nulljuhtmega, mis on kinnitatud klemmlauakesele.

Joonisel 143 on toodud lampide kolmnurka ühendamise skeem. Ka siin kasutatakse klemmlauda nelja elastse klemmpaariga kahe liini- ja kahe faasivoolu mõõtmiseks.

Kõige keerulisem antud skeemil on lauakese kontaktklemmide ühendamise kolme kolmnurka ühendatud lampreostaadiga. Vooluringi selle osa õigsuse kontrollimiseks on tarvis jälgida, et esimese reostaadi klemmid oleksid ühendatud liinijuhtmetega A ja B , teise

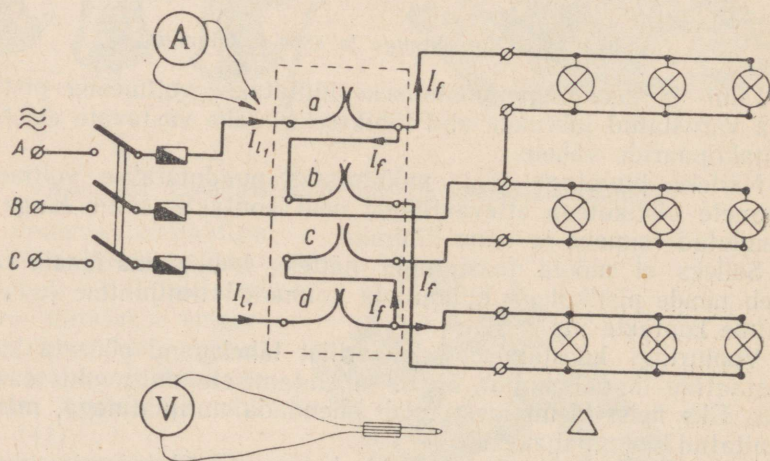
¹ Vinnaklüliti võib ka ära jätta. Sel juhul toimub nulljuhtme katkestamine temasse monteeritud elastsete kontaktide vahele mõne isoleerplaadi paigutamise teel.



Joon. 142. Lampreostaatide tähtlülituse skeem.

reostaadi klemmid liinijuhtmetega B ja C ning kolmanda reostaadi klemmid liinijuhtmetega C ja A .

Nulljuhet selles skeemis ei kasutata.



Joon. 143. Lampreostaatide kolmnurklülituse skeem.

Töö käik

1. Tutvuge kasutatavate elektriseadmete ning mõõteriistadega. Kirjutage üles mõõteriistu ja lampe iseloomustavad andmed.
2. Ühendage joonisel 142 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 kasutamisetä (sel juhul $I_0=0$).

4. Koormake faasid ebaühtlaselt, selleks lülitage reostaatidesse erinev arv lampe, ning mõõtke kõik eespoolnimetatud suurused nulljuhtme olemasolu korral ja selle puudumisel. Mõõtmistulemused kirjutage tabelisse «Tähtlülitus».

Selgitage nulljuhtme ülesanne tähtlülituses faaside erineva koormuse korral.

5. Ühendage lampreostaadid joonisel 143 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
Oht- lane	Null- juhtmega										
	Null- juhtmeta										
Mitte- üht- lane	Null- juhtmega										
	Null- juhtmeta										

8. Täiendavalt võib uurida pingeid ning voolusid tähte või kolmnurka ühendatud lampides järgmistel juhtudel:

- ühe liinijuhtme katkemine;
- ühe faasi koormuse täielik puudumine (kõik sellesse faasi lülitatud lambid on välja keeratud);
- kahe faasi koormuse täielik puudumine (kahe faasi lambid on välja keeratud).

Kolmnurklülitus

Faaside koormus	Liinipinge			Liinivool		Faasivool	
	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_C	I_B	I_C
Ühtlane							
Mitteühtlane							

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Üksikute töötappide 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. 20. 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) vahelduv-

voolu-ampermeeter mõõtepiirkonnaga 20 A; 3) kolmepooluseline ümberlülit; 4) kontroll-lamp; 5) vahelduvvoolu-voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V; 6) teraskuulike läbimõõduga 6—8 mm; 7) kruvi-keerajad (keskmine ja suur); 8) väike mutrivõti; 9) vasar; 10) puitklotsid; 11) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

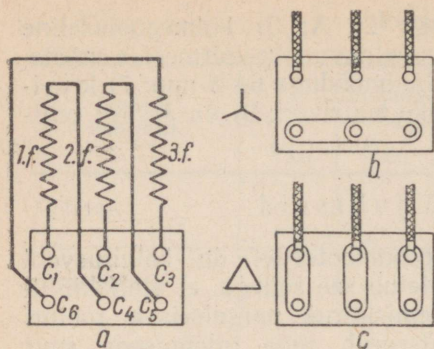
Kõikidel lühisrootoriga asünkroonmootoritel on käivitusvool nimivoolust 5—6 korda suurem. Seletub see sellega, et vinnaklülit sulgemisel on magnetvälja pöörlemiskiirus paigalseisva rootori suhtes suur. Rootori mähises indutseerub selle tulemusena suur elektromotoorne jõud, mis omakorda põhjustab väikese 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 esile voolu tunduva suurenemise staatori mähises.

Tugev käivitusvool ei ole kasulik ei 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 elektrilajaamade võimsust.

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. 144, a). See paigutus võimaldab mootori mähiseid lülitada tähte või kolmnurka lihtsalt klemmide külge kinnitatud kolme metallplaadi ümberpaigutamisega horisontaalasendist vertikaalasendisse või vastupidi (joon. 144, 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



Joon. 144. 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.

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 pöörlemahakkamist aga lülitatakse mähised ümber kolmnurka — rakendatakse mähistele liinipinge, mis on $\sqrt{3}$ korda faasipingest kõrgem. Mähiste kiire ümberlülitamine toimub vastava ümberlülitite abil. On arusaadav, et sellist käivitamismoodust saab rakendada ainult nende mootorite juures, mille mähised on töölokorras lülitatud kolmnurka.

Tuleb märkida ka seda, et väikese võimsusega asünkroonmootorid, mille käivitusvool ei ole eriti suur, lülitatakse käivitamisel vahetult võrku, s. o. nende tööerakendamiseks 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 muutmiseks tuleb vahetada mootori klemmplaadil omavahel kahe liinijuhtme kinnituskohad.

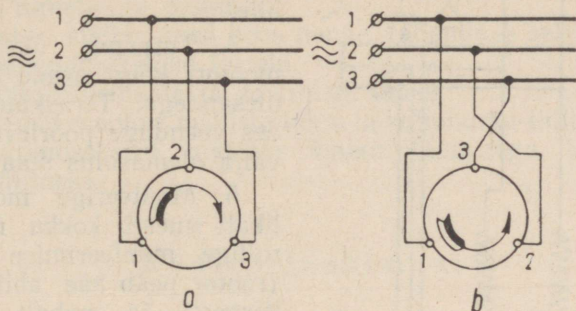
Joonisel 145 on skemaatilisel kujutatud kolmefaasilise asünkroonmootori pöörlemissuuna muutmine. Mootori tagurpidikäik saavutatakse kahe liinijuhtme ümberlülitamisega mootori klemmplaadil.

Kui on vaja sageli muuta mootori pöörlemissuunda (näiteks treipinkidel keerme lõikamisel jne.), siis varustatakse mootor spetsiaalse ümberlülitiga või magnetkäivitiga, millel on kolm nappu: «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 teras-kuulike ning tähte ühendatud staatorimähised ühendatakse kolme-faasilise võrguga.

Pöörlev magnetväli magneetib kuulikese ja paneb selle liikuma mööda staatori sisepinda. Mõnikord tuleb parema efekti saavutamiseks kuulikest algul liikuma tõugata. Selle katse juures ei tohi



Joon. 145. Asünkroonmootori suuna muutmine.

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

Kolme-faasilise asünkroonmootori lülitamiseks võrku koostatakse tema käivituskeem, milles on ette nähtud võimalus staatori mähiste ümberlülitamiseks tähtlülitusest kolmnurklülitusse. Selline skeem on toodud joonisel 146.

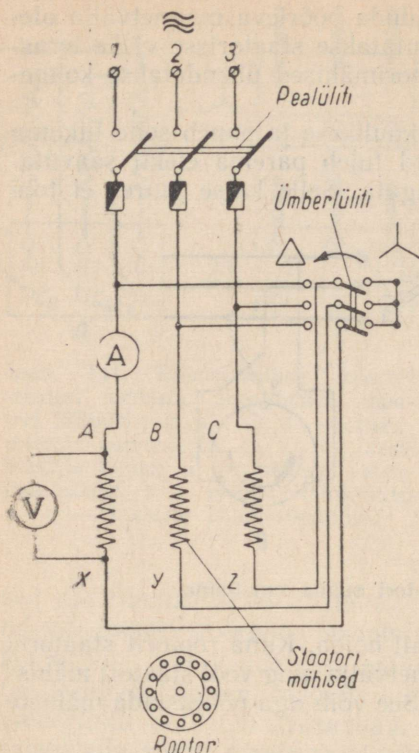
Mootori poolt tarvitava voolu mõõtmiseks lülitatakse ühte liini-juhtmesse ampermeeter.

Käivitamisel viiakse ümberlülitati parempoolsesse asendisse (vt. joon. 146). Lülitati parempoolsed klemmid on omavahel ühendatud ja moodustavad tähtlülituse nullpunkti. Seega saadakse lülitati ülalnimetatud asendisse viimisega staatori mähiste tähtlülitus.

Lülitati 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 ühendamisüsteem vastavalt laboratooriumi elektrivõrgu pingele. Tehke kindlaks nimivool ning mootori pöörlemiskiirus.
3. Monteerige mootor lahti. Selleks keerake välja laagrikilbi



Joon. 146. Skeem asünkroonmootori käivitamiseks tema mähiste ümberlülitamise teel tähest kolmnurka.

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	Vaatusandmed			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					

kinnituspoldid ja lööge vasaraga puitklotsile, mida tuleb hoida laagrikilbi äärisse vastas. Löövide 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 hoolikalt uuesti 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. 146).

7. Käivitage mootor mähiste kolmnurklülituse korral. Ampermeetri osuti suurima hälbe järgi määrake käivitusvool I_k . Mõõtkte pinge U_f staatori ühes mähises.

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. Töötappide 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. 21. Kolmefaasilise asünkroonmootori võimsuse ja kasuteguri määramine

Töö eesmärk. Tutvuda asünkroonmootori tööga mitmesuguste koormuste korral. Õppida asünkroonmootori võrku lülitamist, mehhaanilise võimsuse, kasuteguri ning $\cos \varphi$ 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 järgnevas tabelis. Nagu sellest nähtub, on olemas mootori pöörlemiskiirus magnetvälja pöörlemiskiirusest (selle aga määrab voolu sagedus ja pooluste arv).

Staatori magnetvälja pöörete arv minutis	n_1	3000	1500	1000	750	600
Rootori pöörete arv minutis	n_2	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 südamikete pidevaks ümbermagneetamiseks ning pöörisvoolude tekitamiseks südamiketes (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 takistusmomentiga. 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

võrdsiks 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 suurenemisel suureneb mootori libistus, ja vastupidi, koormuse vähendamisel libistus väheneb. Mootori mehhaanilisel ülekoormamisel libistuse s suurenemine ja pöörlemiskiiruse n_2 suur langus põhjustavad 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 tema mähised põlevad läbi.

Mootori kasutegurit arvutatakse valemi

$$\eta = \frac{N_2}{N_1}$$

järgi. Siin N_2 on 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 pöörde-momendi 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:

$$N_1 = 3U_t I_t \cos \varphi, \text{ siit}$$

$$\cos \varphi = \frac{N_1}{3U_t I_t}$$

Mootori mehhaanilise võimsuse N_2 määramiseks kasutatakse lintpidurit, dünamomeetrit ja tahhomeetrit samuti nagu varasemates töödes.

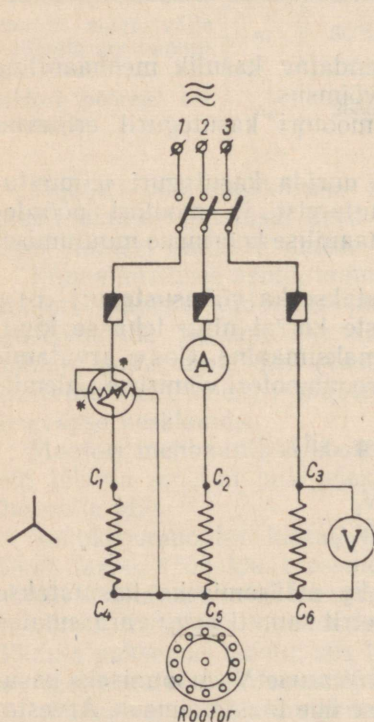
Kolmefaasilise mootori elektrilise võimsuse N_1 mõõtmiseks kasutatakse vattmeetrit, millega mõõdetakse ühe faasi võimsus. Arvestades seda, et mootori kõik kolm mähist on ühesugused ning kulutavad ühtemoodi energiat, võib üldise võimsuse N_1 saada ühe faasi võimsuse 3-ga korrutamise teel.

Elektrilise skeemi kirjeldus

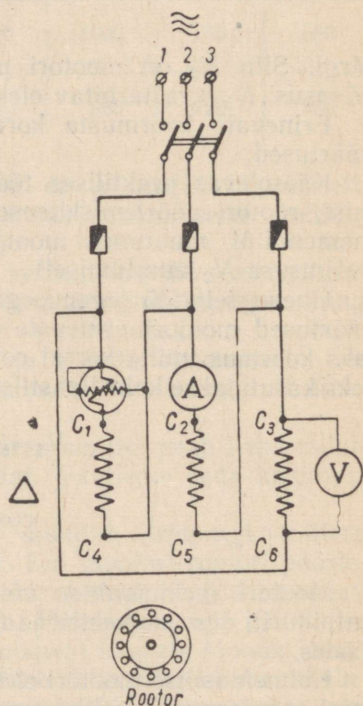
Enne skeemi koostamist tuleb kindlaks teha, kas mootori staatori mähised tuleb ühendada tähte või kolmnurka. Küsimuse vastamiseks tuleb vaadelda mootori nimipinget ja kohaliku võrgu pinget. Kui koolis on võrgupinge näiteks 127/220 V ning mootori nimipinge on 220 V, siis tuleb staatori mähised ühendada 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.

Joonisel 147 on toodud tähte ühendatud staatorimähistega asünkroonmootori toiteskeem, joonisel 148 aga kolmnurka ühendatud staatorimähistega asünkroonmootori toiteskeem.

Mõlemas skeemis on wattmeeter lülitatud selliselt, et läbi tema liikumatu mähise läheb mootori ühe faasi vool, liikuvale mähisele aga mõjub sama faasi pinge. Sellise lülituse korral mõõdab wattmeeter ainult mootori ühe faasi võimsust N_f . Mootori võimsusteguri



Joon. 147. Tähte ühendatud staatorimähistega kolmefaasilise mootori lülitamine elektrivõrku.



Joon. 148. Kolmnurka ühendatud staatorimähistega kolmefaasilise mootori lülitamine elektrivõrku.

($\cos \varphi$) arvutamiseks lülitatakse vooluringi veel ampermeeter ja voltmeeter faasivoolu ja faasipinge mõõtmiseks.

Töö käik

1. Tutvuge mootori sildandmetega. Mõõtko 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 mõõtko faasivõimsus N_f , faasipinge U_f , faasivool I_f ja rootori pöörete arv n_2 .

5. Koormake mootorit järk-järgult vihtide Q abil ning mõõtko kõik ülalloeletud 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	Pöörde-moment M_p kGm	Nurkkiirus ω 1/sek	Mehhaani-line võimsus N_2 W	Kasutegur η	Võimsus-tegur $\cos \varphi$
Tühijooks					
.....					
.....					
.....					
.....					

6. Mõõtko 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 $\cos \varphi$ 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 sildindmete alusel leida magnetvälja pöörlemiskiirust? Kui suur oli see pöörlemiskiirus töös kasutatud mootoris?
4. Kas esineb praktikas selliseid asünkroonmootoreid, mille pöörete arv on 1100 pöret minutis? 2000 pöret minutis?
5. Mida nimetatakse mootori tühijooksuks? Kui suur on mootori kasutegur tühijooksul?
6. Missugused energiakaod esinevad mootoris?
7. Mida näitab mootori võimsustegur $\cos \varphi$? Kuidas seda arvutatakse?
8. Mida nimetatakse asünkroonmootori pöördemomendiks? Kuidas see muutub mootori koormuse muutumisel?

Töö nr. 22. Trafo võrku lülitamine ning kasuteguri määramine mitmesuguste koormuste korral

Töö eesmärk. Õppida tundma trafo ehitust ja töötamist. Koostada trafo võrku lülitamise skeem, lülitada trafo vastavalt skeemile võrku ning leida tema kasutegur.

Tööriistad: 1) ühefaasiline pinget madaldav trafo 220/36 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) reostaat 4 A, 40Ω; 7) reostaat 10 A, 10Ω; 8) ühepooluseline lüliti; 9) ühendusjuhtmed.

Igal ühefaasilisel trafol on elektrotehnilise terase lehtedest valmistatud südamik, millele on paigutatud kaks isoleeritud mähis — 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 übermagneetamiseks (rauaskadudeks) ning pöörivoolude 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. Trafost tarbitava võimsuse suurenemisel moodustavad kaod üha väiksemaid osi koguvõimsusest. Seepärast trafo koormuse suurenemisel tema kasutegur suureneb.

Üldine energiakadu trafos on suhteliselt väike. Seepärast on trafod kõige ökonoomsemateks energia muundajateks, nende kasutegur on 95—99%.

Kuna trafo ei saa elektrilist võimsust juurde anda, siis peab mähistes toimuva pinge muutumisega üheaegselt vastupidiselt muutuma ka voolu tugevus. Selles suhtes sarnaneb trafo mehhaanilise kangiga, mille pikemale õlale (pinge) vastab väiksem jõud (vool) ning lühemale õlale suurem jõud.

Seda tuleb teada trafo lülituse koostamisel, et õigesti paigutada pingete ja voolude mõõteriistu mõlema mähise juures.

Kui trafo sekundaarmähise poolt arendatav võimsus N_2 jagada primaarmähise poolt tarbitava võimsusega N_1 , siis saame trafo kasuteguri. Seejuures tuleb täpsete ja õigete mõõtmistulemuste saa-

miseks kasutada vattmeetreid. Kooli tingimustes võib leppida mõninga ebatäpsusega, seepärast võib trafo mähiste võimsusi leida siin amper- ja voltmeetriga määratud väärtuste korrutamise teel. Kasutegur avaldub sel juhul ligikaudse valemiga

$$\eta \approx \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1}.$$

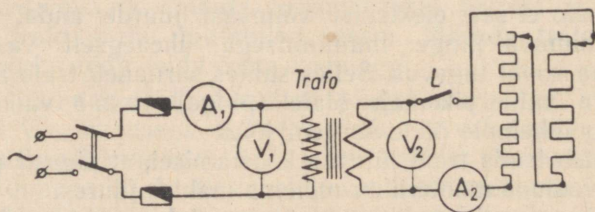
Praktilise töö juures võib trafo sekundaarmähist koormata kas traat- või lampreostaatidega. Kuna sekundaarmähise pinget on madal, siis vool seal on võrdlemisi suur. Kirjeldatavas töös tuleb selle mähise koormus valida selline, et vool oleks 2, 4, 6, 8 ja 10 A.

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 pinget 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. 149). Sellesse vooluringi lülitatakse mähisega järjestikku ampermeeter ning paralleelselt voltmeeter.



Joon. 149. Skeem ühefaasilise trafo lülitamiseks elektrivõrku.

Sekundaarring koosneb mähisega järjestikku ühendatud ampermeetrist, ühepooluselisest lülitist ning kahest reostaadist. Mähisega paralleelselt (tema klemmidele) ühendatakse voltmeeter. Ühepooluselise lülitiga saab sekundaarringi katkestada ning uurida siis trafo tööd tühijooksul.

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	Kasutegur η
Koormusvool I_2 A	Pinge U_2 V	Võimsus $I_2 U_2$ VA	Reostaatide takistus R Ω	Tarbitav vool I_1 A	Pinge U_1 V	Võimsus $I_1 U_1$ VA	
0 (tühijooks)							
2							
4							
6							
8							
10							

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Tööetappide lühike loetelu.
3. Töö elektriline skeem.
4. Mõõtmistulemuste ja arvutuste tabel.

5. Graafik (millimeetripaberil) trafo kasuteguri η muutumisest koormuse muutumisel: $\eta=f(I_2)$.

6. Järeldused. Koormus, mille juures trafo kasutegur on maksimaalne.

Kontrollküsimusi

1. Missugusel füüsilisel 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 mähisetraatide 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. Missugused energiakaod esinevad trafo töö juures?
8. Mis tüüpi trafosid teie tunnete? Kus neid kasutatakse?
9. Kuidas kasutatakse trafosid elektrienergia ülekandmisel?
10. Mille poolest erineb tavaline trafo autotrafost?

RAADIOSIDE

§ 25. RAADIO LEIUTAMINE JA KASUTAMINE

Igal aastal 7. mail pühitsetakse meie maal raadiopäeva. 7. mail 1895. aastal esines Vene Füüsika-Keemiaühingu istungil ettekandega seadise elektriliste võngete avastamiseks ja registreerimiseks atmosfääris väljapaistev vene füüsik Aleksander 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 kasutamise paljudes teaduse, tehnika ja rahvamajanduse harudes.

Raadiotehnika saavutusi kasutatakse keerukate elektron-arvutusmasinate ehitamisel.

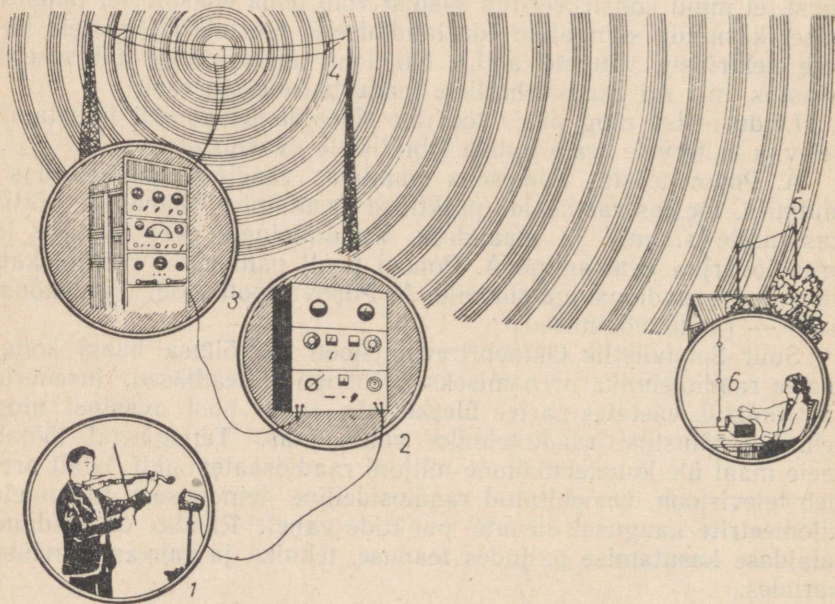
Raadio abil õpitakse tundma maapõue rikkusi, uuritakse atmosfääri ehitust. Raadioseadmeid rakendatakse meditsiinis ja põllu-

majanduses. 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 võimaks abivahendiks teaduslik-tehnilises progressis, kultuuri arendamisel ja laiade masside kasvatamisel.

§ 26. RAADIOSIDE PÕHIMÖTE

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. Raadio-saatejaamades kasutatavad saateseadmed on suure võimsusega (joon. 150). 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 radiojaama, kus toimub madalsageduslike võnku-



Joon. 150. Raadiosaate ja -vastuvõtu skeem. 1 — mikrofon studios; 2 — madalsageduse lampvõimendaja; 3 — kõrgsageduse lampgeneraator; 4 — saateantenn; 5 — vastuvõtuantenn; 6 — vastuvõtja.

miste liitmine kõrgsageduslike võnkumistega. Sellist protsessi nimetatakse modulatsiooniks. Selle tulemusena satub saatja antenni moduleeritud kõrgsageduslik võnkumine. Antenni ümbritsevas ruumis tekivad elektromagnetilised lained (raadiolained), mis levivad ruumis kiirusega umbes $300\,000 \frac{\text{km}}{\text{sek}}$. Raadiolained, löigates 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, demoduleeritakse, s. o. eraldatakse kõrgsageduslikest võnkumistest madalsageduslikud võnkumised, mis muundatakse valjuhääldaja või peatelefonide abil kuuldavaks heliks.

§ 27. RAADIOTEHNILISTE DETAILIDE TINGMÄRGID JOONISTEL

Raadioseadmete tundmaõppimiseks kasutatakse skeeme. Selline skeem võimaldab kergesti välja selgitada raadioseadme põhimõtte, võimaldab kiiresti vastavat seadet monteerida ning remontida.

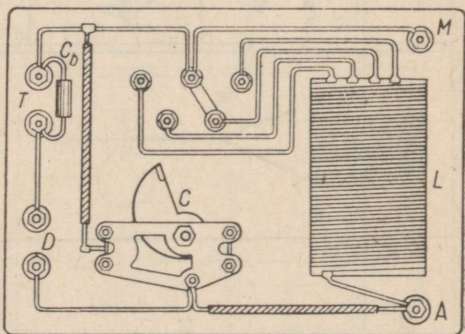
Selleks et õppida neid skeeme lugema, tuleb kõigepealt teada raadiotehniliste detailide tingmärke. Need tingmärgid on ühesugused kõikidel skeemidel. Mitmesugused raadiotehnilised detailid ja nende tingmärgid on toodud joonisel 152.

Ainult siis, kui hästi tuntakse kõigi üksikosade tingmärke, võib lugeda ning saada aru mitmesugustest raadiotehnilistest skeemidest.

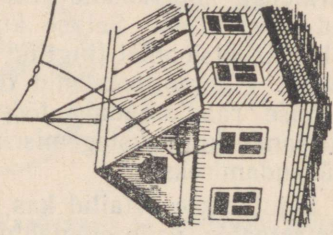
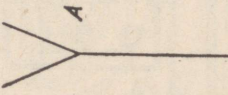
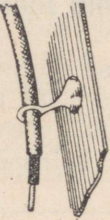

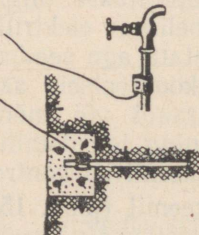
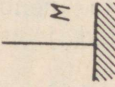

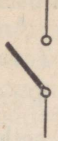
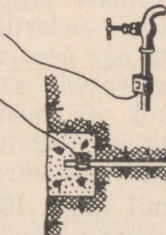
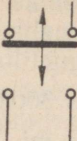
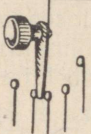
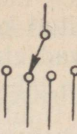

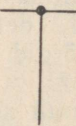
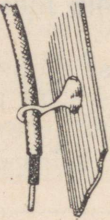

Raadiotehnikas kasutatakse kahte liiki skeeme — põhimõtteskeeme ja montaažiskeeme. Põhimõtteskeemil

(joon. 153) 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 radioaparaadi või mõne teise raadioseadme tööpõhimõtte selgitamiseks ning iga detaili ülesande kindlakstegemiseks. Kasutatakse seda skeemi ka kontrollühendamiseks.

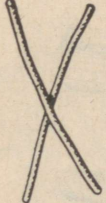
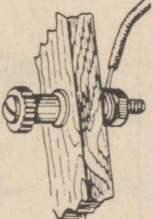

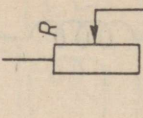
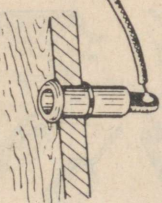


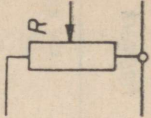
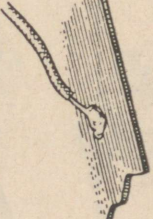
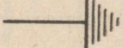
Montaažiskeemil (joon. 151) kujutatakse detailid kas naturaalsuuruses või vastavas vähendusmastaabis neile ettenähtud kohtadele ja märgitakse ära ka nende omavahelised ühendused.



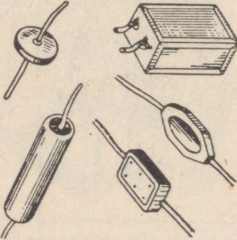
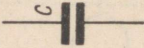
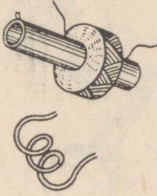
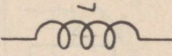
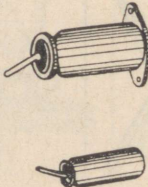

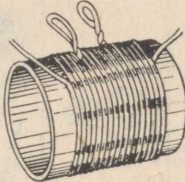
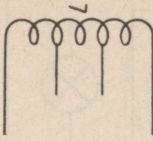
Joon. 151. Detektorvastuvõtja montaažiskeem.

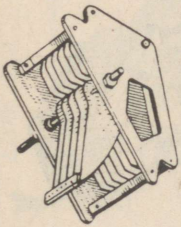
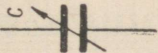
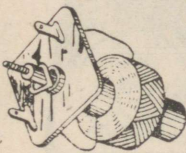
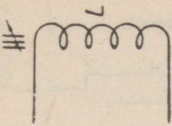
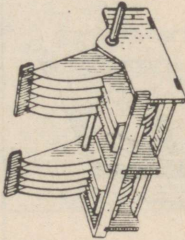
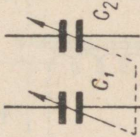
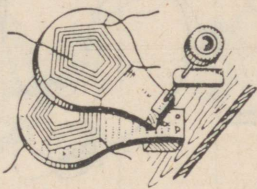
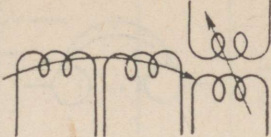
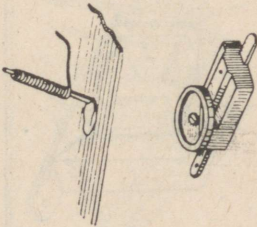
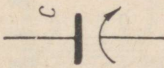

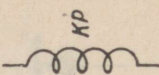
<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Antenn</p>	<p>Tingmärk</p> 	<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Korpusega ühendatud varjestatud juhe</p>	<p>Tingmärk</p> 
<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Maandus</p>	<p>Tingmärk</p> 	<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Ühepooluseline lülit</p>	<p>Tingmärk</p> 
<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Kahepooluseline lülit</p>	<p>Tingmärk</p> 	<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Ümberlülit</p>	<p>Tingmärk</p> 
<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Juhtmete ühendus</p>	<p>Tingmärk</p> 	<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Korpusega ühendatud varjestatud juhe</p>	<p>Tingmärk</p> 

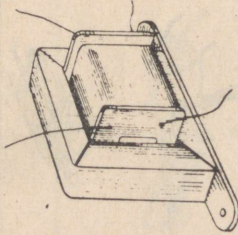
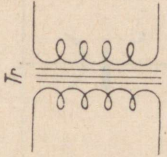
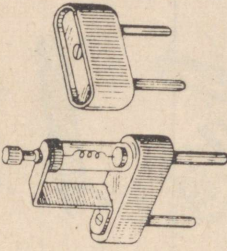

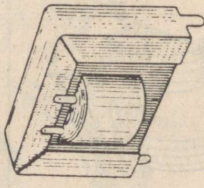
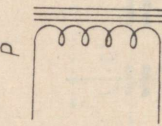
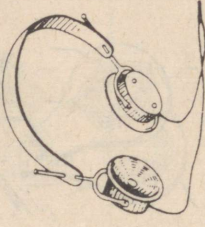

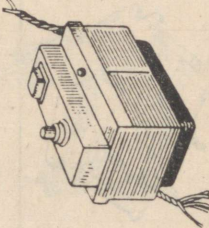
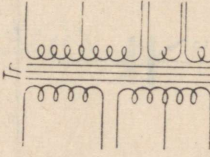
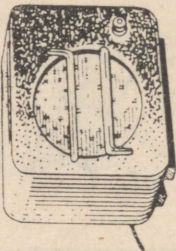
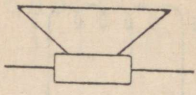
Joon. 152, a. Raadiotehnilised detailid ja nende tingmärgid.

Eseme kuju		Nimetus	Ristuvad ühendamata juhtmed	Tingmärk		Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Klemm	Tingmärk			Muudetava takistusega takisti	Potentsiomeeter		
	Puks	Tingmärk			Potentsiomeeter			
	Ühendus korpussega (maandus)	Tingmärk						

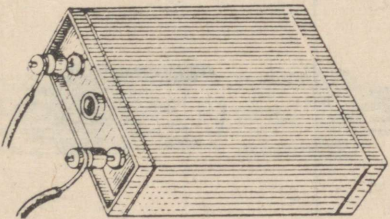

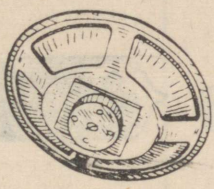
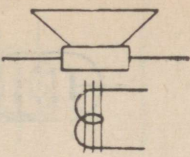
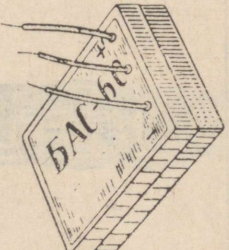
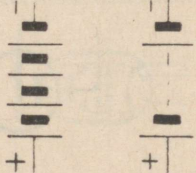
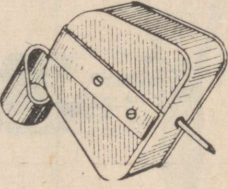

Joon. 152, b.

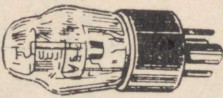

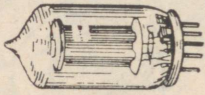
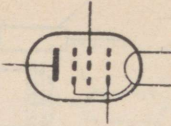

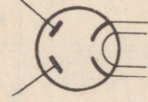
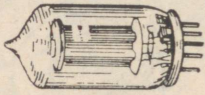
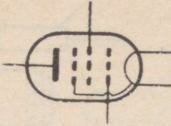

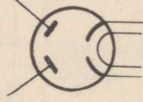
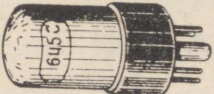
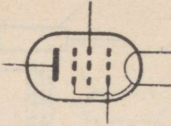
<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Kondensaat</p>	<p>Tingmärk</p> 	<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>(Pool)</p>	<p>Tingmärk</p> 
<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Elektroliüt-kondensaat</p>	<p>Tingmärk</p> 	<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Väijavõitega pool</p>	<p>Tingmärk</p> 




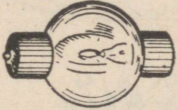


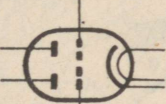

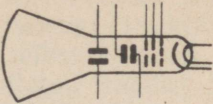

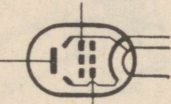
Eseme kuju		Nimetus	Pöörd-kondensaator	Tingmärk		Eseme kuju		Nimetus	Südamikuga pool	Tingmärk	
Eseme kuju		Nimetus	Kahe sektsiooniga pöörd-kondensaator	Tingmärk		Eseme kuju		Nimetus	Induktiivselt sidestatud poolid	Tingmärk	
Eseme kuju		Nimetus	Trimmer-kondensaator	Tingmärk		Eseme kuju		Nimetus	Kõrgsagedus-paispool	Tingmärk	

Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk	Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	<p>Madalsagedus- trafo</p>			<p>Dedektor</p>	
	<p>Madalsagedus- paistpool</p>			<p>Peatelefon</p>	
	<p>Tõhetrafo</p>			<p>Valjuhääldaja</p>	

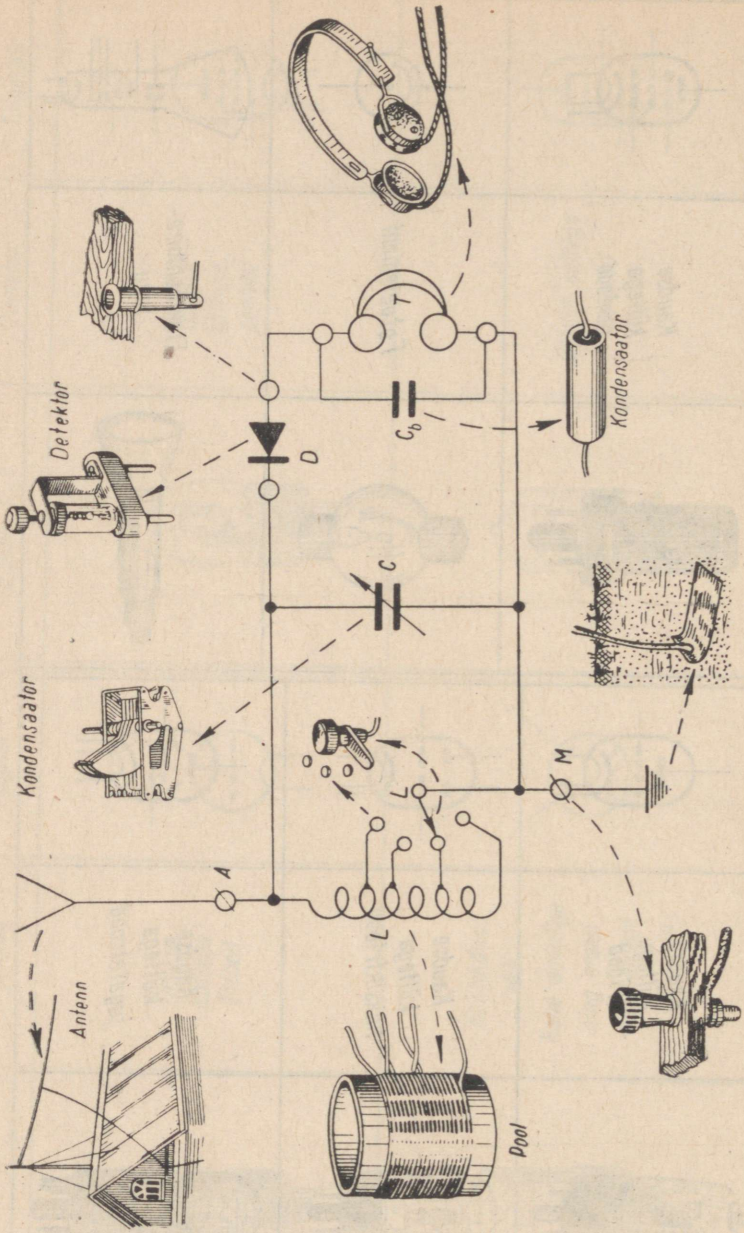
Joon. 152, e.

<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Galvaani element (aku)</p>	<p>Tingmärk</p> 	<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Dünaamiline valjuhäälbaja</p>	<p>Tingmärk</p> 
<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Elementide (akude) patari</p>	<p>Tingmärk</p> 	<p>Eseme kuju</p> 	<p>Nimetus</p> <p>Adapter</p>	<p>Tingmärk</p> 

<p><i>Eseme kuju</i></p> 	<p><i>Nimetus</i></p> <p><i>Otsese küttega triood</i></p>	<p><i>Tingmärk</i></p> 	<p><i>Eseme kuju</i></p> 	<p><i>Nimetus</i></p> <p><i>Otsese küttega pentood</i></p>	<p><i>Tingmärk</i></p> 
<p><i>Eseme kuju</i></p> 	<p><i>Nimetus</i></p> <p><i>Kaudse küttega pentood</i></p>	<p><i>Tingmärk</i></p> 	<p><i>Eseme kuju</i></p> 	<p><i>Nimetus</i></p> <p><i>Otsese küttega pentood</i></p>	<p><i>Tingmärk</i></p> 
<p><i>Eseme kuju</i></p> 	<p><i>Nimetus</i></p> <p><i>Kaksikdood ehk kahe anoodiga ning eraldi katoodeidega kenotron</i></p>	<p><i>Tingmärk</i></p> 	<p><i>Eseme kuju</i></p> 	<p><i>Nimetus</i></p> <p><i>Otsese küttega pentood</i></p>	<p><i>Tingmärk</i></p> 

Eseme kuju		Tingmärk	Eseme kuju	Nimetus	Tingmärk
	Kaudse küttega triood			Fotoelement	
	Kaudse küttega kaksiktriood			Elektronkiiretoru	
	Kaudse küttega jugafetrood				

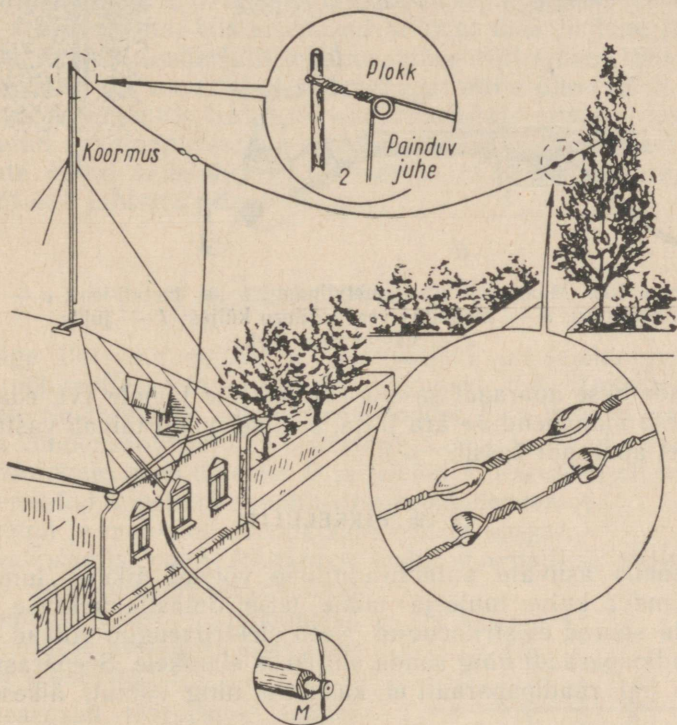
Joon. 152, h.



Joon. 153. Detektorvastuvõtja osade kujutamine põhimõtteskeemil.

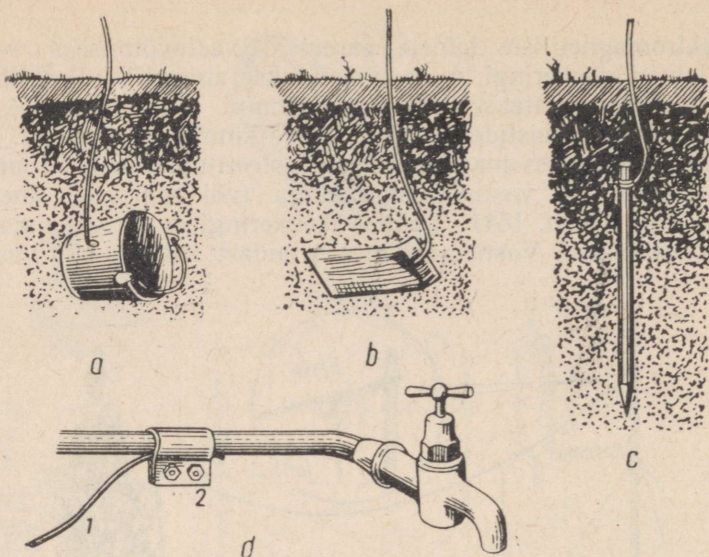
§ 28. ANTENN JA MAANDUS

Elektromagnetiliste lainete paremaks vastuvõtmiseks kasutatakse lahtist võnkeringi, mida nimetatakse antenniks. Praktilisteks otstarveteks kasutatakse kõige sagedamini sellist antenni, mis koosneb kõrgete mastide (lattide) külge kinnitatud traadist. Traat on kinnituspunktides mastidest hästi isoleeritud. See horisontaalne traat ühendatakse vastuvõtuaparaadiga (või saatjaga) ühendusjuhtme abil (joon. 154). Lahtise võnkeringi teise osa moodustab nn. vastukaal. Vastukaal kujutab endast antenni alla vastava-



Joon. 154. Antenni ehitus ja tema osad.

tele tulpadele kinnitatud ning maast isoleeritud traatvõrku. Sellist vastukaalu kasutatakse raadiosaatjate ning ka ümberpaigutatavate raadioseadmete juures. Raadiovastuvõtjate puhul asendatakse vastukaal maaga hästi ühendatud juhtmega — maandusega. Maanduskoht valitakse võimalikult lähedal vastuvõtjale. Maanduse juurde tuuakse juhe läbi seina. Linnades saab maanduseks kasutada ka veetorustikku. Maandusjuhe kinnitatakse veevärgi toru külge muhvi ja kruvide abil (joon. 155, d). Maandusjuhtme teine

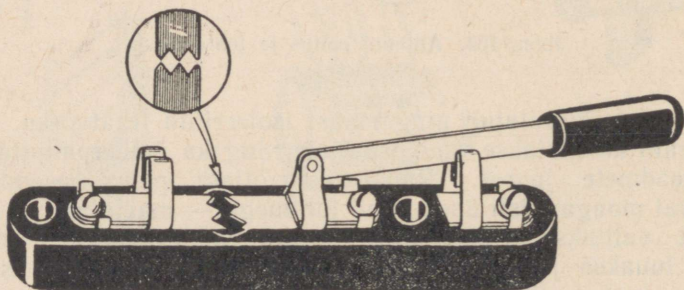


Joon. 155. Maandus. *a* — metallpang; *b* — metall-leht; *c* — metalltoru; *d* — maandus veevärgitoru küljes: 1 — juhe; 2 — valgevastest muhv.

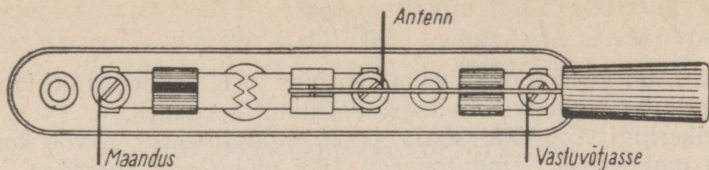
ots ühendatakse aparadi šassiiga. Lühikeste lainete (vt. edaspidi) korral võib maaühenduse ära jätta, sest sel juhul täidab vastukaalu ülesannet aparadi šassii.

§ 29. PIKSELÜLITI

Välisõhus asuvale antennijuhtmele võivad äikese, lumesaju, tolmu kandva kuiva tuule ja mõne teise ilmastikunähtuse mõjul koguneda suured elektrilaengud. Need elektrilaengud võivad vigastada raadioaparaadi ning saada ohtlikeks elanikele. Seepärast tuleb sel ajal kui raadioaparaati ei kasutata ning samuti äikese ajal



Joon. 156. Pikselüliti.



Joon. 157. Juhtmete ühendamine pikselüliti külge.

antenn maandada, s. o. ühendada maandusega. Selleks kinnitatakse ruumi seinale kohta, kus sisenevad antenni ühendusjuhe ja maandusjuhe, antenni ümberlüliti ehk nn. pikselüliti (joon. 156).

Pikselüliti on varustatud sädevahega, mille ülesandeks on juhtida maasse antennis tekkivaid elektrilaenguid siis, kui antenn on ühendatud raadioaparaadiga (sädevahes tekib kogunenud elektrilaengute mõjul sädelahendus). Joonisel 157 on näidatud, kuidas ühendatakse juhtmed pikselülitiga.

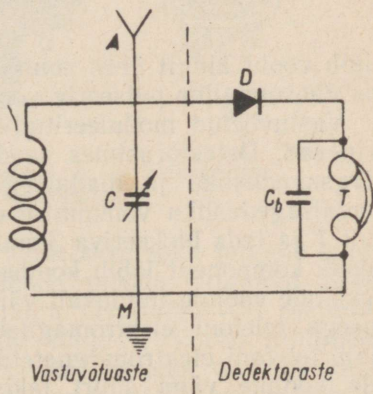
§ 30. DETEKTORVASTUVÖTJA

Kõige lihtsama ehitusega vastuvõtjaks on detektorvastuvõtja. Tema põhimõtteskeem on toodud joonisel 158. Detektoraparaat koosneb võnkeringist, mis koosneb poolist L ja muudetava mahtuvusega kondensaatorist C . Võnkeringiga on sidestatud detektoraste. Detektorastes 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 saatejaamaga. Selleks tuleb vastuvõtja võnkeringi sagedus reguleerida võrdseks saatja sagedusega. Füüsikast on teada, et võnkeringis toimivate elektromagnetiliste võnkumiste sagedus oleneb pooli induktiivsusest L ja kondensaatori mahtuvusest C . Võnkeringi resonantsi sagedust võib arvutada valemiga



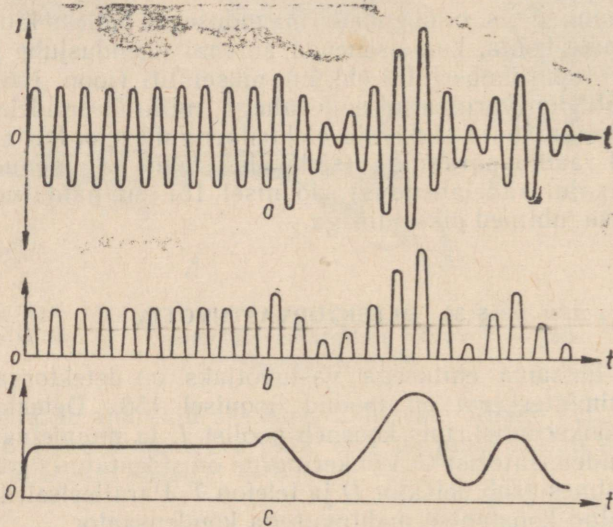
Joon. 158. Detektorvastuvõtja skeem.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Siin L on pooli induktiivsus henrides ja C kondensaatori mahtuvus faradides; sagedus saadakse sel juhul hertsides.

Võnkeringi võib häälestada pooli induktiivsuse L või kondensaatori mahtuvuse C muutmisega (või mõlemaga korraga).

Resonantsi korral võnkeringis tekkivad saatja sagedusega võnkumised (joon. 159) põhjustavad voolu detektorastmes. Detektor



Joon. 159. Detektorvastuvõtja mitmesugustes osades toimivate võnkumiste graafikud. *a* — võnkumised võnkeringis; *b* — võnkumised pärast detektorit; *c* — võnkumised telefonis.

juhhib voolu ainult ühes suunas, seepärast tekib detektori vooluringis ühesuunaline pulseeriv vool (joon. 159, *b*).

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.

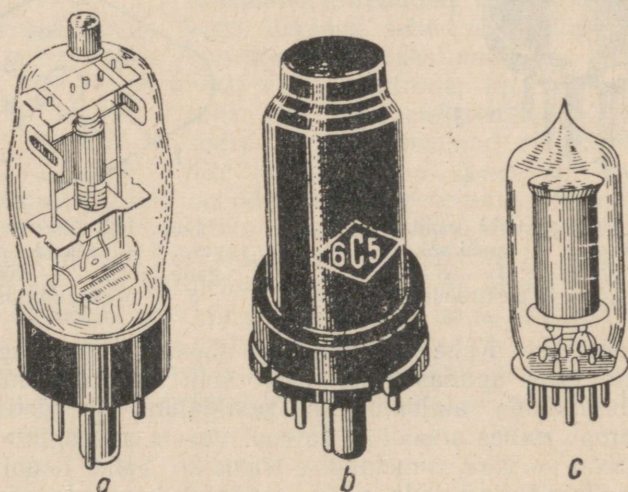
Detektorvastuvõtja töö toimub saatja poolt tekitatud elektromagnetilise välja energia arvel. Need vastuvõtjad ei vaja spetsiaalseid vooluallikaid, kuid nende vastuvõtukaugus ei ole suur.

§ 31. ELEKTRON-(RAADIO-)LAMPID

Kiiresti hakkas raadiotehnika arenema pärast elektronlampide leiutamist, milles kasutatakse hõõguvast katoodist väljuvaid elektrone. Mõjudes väljuvale elektronide voole mitmesuguste elektriväljadega, võib kõrgsageduslikke ja madalsageduslikke voole alaldada, võimendada, genereerida jne.

Elektronlampi liigitatakse elektroodide arvu ning konstruktiivsete iseärasuste järgi.

Elektronlampid on klaas- või metallkestadega (joon. 160). Lambi sisemuses tekitatakse kõrgvaakuum (10^{-8} mm Hg). Elektroodid kinnitatakse liikumatult klaaskannale ja ühendatakse klaasist läbiviidud juhtmetega lambi alumises osas oleva sokli jalgade



Joon. 160. Tänapäeva elektronlampid. *a* — klaaskestas; *b* — metallkestas; *c* — sõrmlamp.

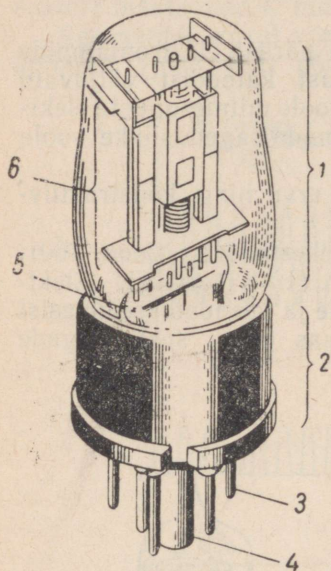
külge (joon. 161). Ühendusjuhtmed joodetakse sokli jalgade külge. Sokli jalad on paigutatud sümmeetriliselt mööda ringjoont. Kõige sagedamini on lambi soklil kaheksa jalga. Osa jalgu võib seejuures ka puududa (nende kohad on soklil tühjad). Võrku lülitatakse elektronlampid erialuse, nn. lambipesa abil. Selleks et sokli jalad satuksid pesa õigetesse aukudesse, on sokli keskohta kinnitatud nn. võti, lambipesas on aga sellele võtmele vastav ava (joon. 162).

Normaalse suurusega lampide kõrval kasutatakse käesoleval

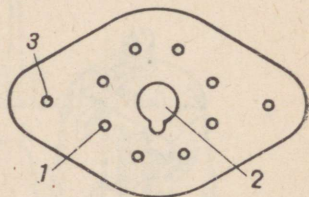
ajal laialdaselt võrdlemisi väikesemõdulisi lampe — nn. sõrmlampe (joon. 160, c). Neil lampidel soklit ei ole. Elektroode ühendavad juhtmed on toodud läbi lambi alumise klaasseina välja. Sokli jalgade asetus on toodud joonisel 163.

Elektronlampe liigitatakse ka katoodi ehituse järgi. Kui kütteniid 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 diodideks ja kenotronideks,

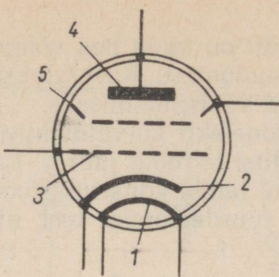
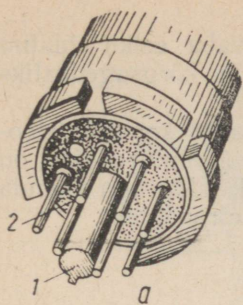


Joon. 161. Elektronlambi osad.
1 — lambi kest; 2 — lambi sokkel; 3 — lambi jalad; 4 — võti; 5 — klaaskand; 6 — elektroodid.

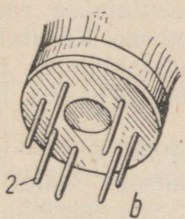


Joon. 162. Elektronlambi pesa. 1 — puksid lambi jalgade jaoks; 2 — võtmeava; 3 — pesa kinnitussavad.

teisi triodideks. Kahe elektroodiga elektronlamp laseb voolu läbi ainult ühes suunas ning teda võib kasutada madal- ja kõrgsagedusvoolude alaldamiseks (alaldajana ja detektorina). Elektronlampi, milles anoodi ja katoodi vahele on paigutatud kolmas elektrood — võre, nimetatakse triodiks. Sellel lambil on võimendusomadused ning teda võib seepärast kasutada võnkumiste võimendamiseks ja kõrgsageduslike võnkumiste saamiseks (geneerimiseks). Triodi kasutamisel kõrgsageduslikes seadmetes ilmnes tõsine puudus — lambi töö ajal andis end halvasti tunda anoodi ja võre vaheline mahtuvus. See puudus on kõrvaldatud nelja võreaga elektronlambis, kus anoodi ja esialgse võre (tüürvõre) vahel on veel teine võre (varivõre). Nii saadud nelja elektroodiga elektronlampi nimetatakse tetrodiks (joon. 164). 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 tetrod oma võimendusomadustelt triodist parem. Kuid ka temal on suuri puudusi. Varivõrele



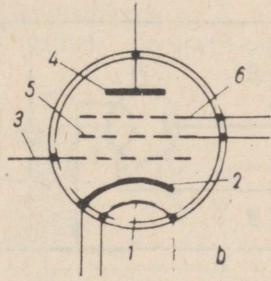
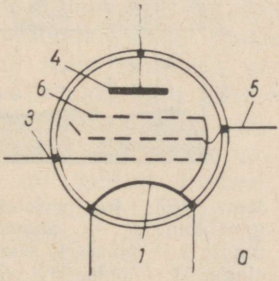
Joon. 164. Nelja elektroodiga elektronlampi skeem. 1 — kütteniit; 2 — katood; 3 — tüürvõre; 4 — anood; 5 — varivõre.



Joon. 163. Jalgade paigutus metall- ja klaaskestaga lampide sokliil (a) ja sõrmlampide sokliil (b). 1 — võti; 2 — jalad.

antakse positiivne pinge suurusega 50—70% anoodpingest. Selle tulemusena 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 varivõrele.

Selle tulemuseks on anoodvoolu nõrgenemine. Seda nähtust nimetatakse dünatronefektiks ning ta mõjub negatiivselt lampi tööle. Dünatronefekti kõrvaldamiseks on varivõre ja anoodi vahele paigutatud veel üks võrdlemisi hõre võre, mis ühendatakse katoodiga kas otse lampi 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. 165).



Joon. 165. Viie elektroodiga elektronlampi 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.

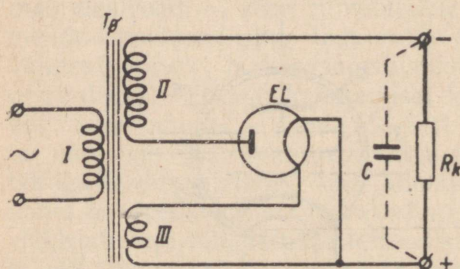
Dünatronefekti kõrvaldamiseks võib kasutada ka konstruktsioonilisi muutusi tetroodi juures. Lampe, mille juures dünatronefekt on kõrvaldatud lambi konstruktsiooni muutmise teel, mitte aga viienda elektroodi juurde toomise teel, nimetatakse jugatetroodideks.

§ 32. KENOTRONALALDAJAD

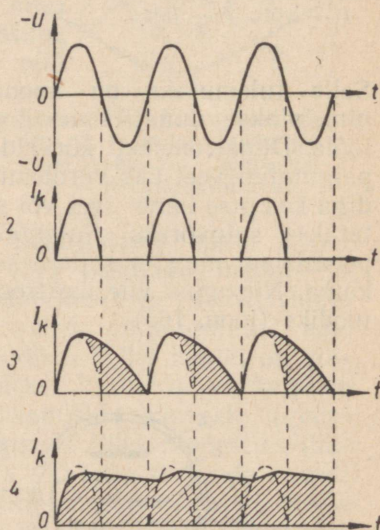
Vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks kasutatakse raadio- tehnikas kahe elektroodiga elektronlampe — kenotrone. Kasutatakse neid nii poolperioodalaldajates kui ka täisperioodalaldajates. Harilikult on alaldamise juures vaja muuta ka pinget, seepärast kasutatakse alaldajates kenotroni kõrval veel trafot.

Poolperioodalaldaja skeem on toodud joonisel 166.

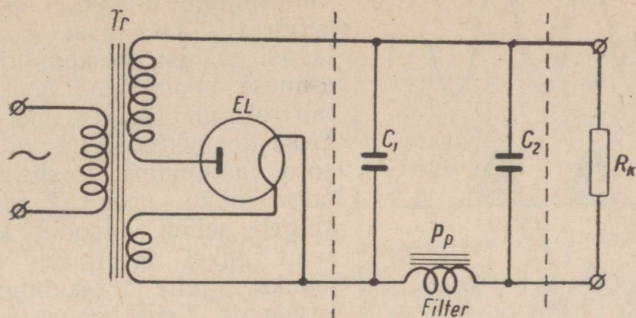
Kujutatud alaldajas kasutatakse kolme mähisega trafot. Primaarmähis *I* lülitatakse vahelduvvooluvõrku. Sekundaarmähiseid on sellel trafol kaks, üks neist on väikese keerdude arvuga (*III*), teine aga suure keerdude arvuga (*II*). Viimase ülesandeks on pinge tõstmine. Kui primaarmähis lülitada vahelduvvooluvõrku, 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 potent-



Joon. 166. Poolperioodalaldaja skeem.



Joon. 167. Poolperioodalaldamise graafikud. 1 — anood-vahelduvpinge; 2 — pulseeriv vool koormusringis; 3 — pulseeriv vool kondensaatorit sisaldavas koormusringis; 4 — vool filtriga vooluringis.



Joon. 168. Filtriga poolperioodalaldaja skeem.

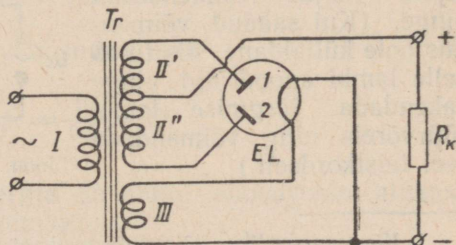
siaal positiivne ning anoodringis (trafo mähis II, kenotron, koormus) on vool.

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 167, 2. Sellist pulseerivat voolu raadiovastuvõtjates kasutada ei saa, sest see tekitab tugeva häire, nn. võrgumüra. Pulseerimise vähendamiseks (silumiseks) lülitatakse koormusega paralleelselt kondensaator C (joon. 166). 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.

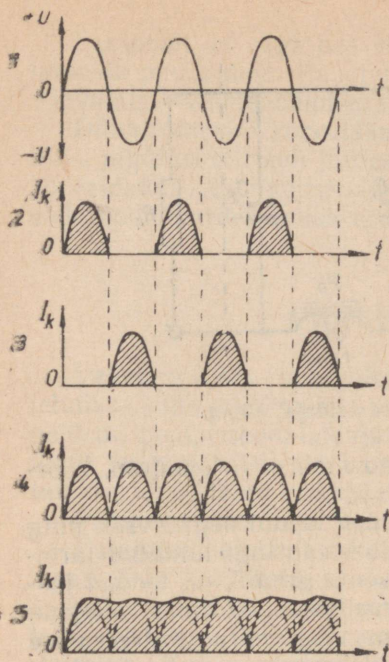
Pulseeriva voolu paremaks silumiseks lülitatakse tarbijaga järjestikku suure induktiivsusega pool (raudsüdamikuga). Sellist pooli nimetatakse paispooliks. Selline suure induktiivsusega pool aeglustab voolu tekkimise ja kadumise protsessi ning järelikult silub seda. Tavaliselt ühendatakse paispooli järel paralleelselt koormusega veel üks kondensaator, et veelgi paremini siluda pulseerivat voolu (joon. 168).

Paispoolist ning kondensaatoritest C_1 ja C_2 koosnevat silumissüsteemi nimetatakse filtriiks. Filter on antud skeemil lülitatud poolperioodalaldajana töötava kenotroni anoodringi.

Täisperioodalaldaja (joon. 169) erineb poolperioodalaldajast kõigepealt selle poolest, et temas kasutatakse kahe anoodiga kenotroni ning trafo pinget tõstval sekundaarmähisel II on tehtud keskelt väljavõtte. Kui sekundaarmähise II ülemises otsas indutseeritakse positiivne elektromotoorne jõud, siis alumises otsas on see negatiivne. Seejuures läbib vool kenot-



Joon. 169. Täisperioodalaldaja skeem.



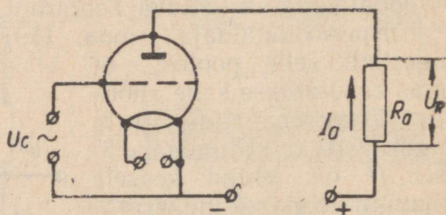
Joon. 170. Täisperioodalaldamise graafikud. 1 — anoodile mõjuv pinge; 2 — esimese anoodi vool; 3 — teise anoodi vool; 4 — pulseeriv vool koormusringis; 5 — vool filtriga koormusringis.

roni suunaga anood I — katood, satub siis tarbijasse R_k ja sealt tagasi mähise keskpunkti. Seega: esimese poolperioodi jooksul töötab 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 keskkoha. Selle poolperioodi jooksul töötab sekundaarmähise teine pool II''. Eeltoodust nähtub, et tarbijat läbib pulseeriv vool mõlema poolperioodi vältel (joon. 170, 4). Kui sellise alaldaja juures kasutada filtrit, siis toimub silumine tunduvalt paremini kui poolperioodalaldajas (joon. 170, 5).

Et alaldamisel saada poolperioodalaldajaga võrdset pinget, peab täisperioodalaldaja trafo pinget tõstva sekundaarmähise keerdude arv olema kaks korda suurem kui poolperioodalaldaja trafo vastaval mähisel.

§ 33. MADALSAGEDUSVÕIMENDAJA

Kõrg- ja madalsageduslike pingete võimendamiseks kasutatakse laialdaselt triodi¹. Vaatleme triodi kasutamist madalsagedusvõimendajates. Sellise võimendaja lihtsaim skeem on toodud joonisel 171. Triodi 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.)

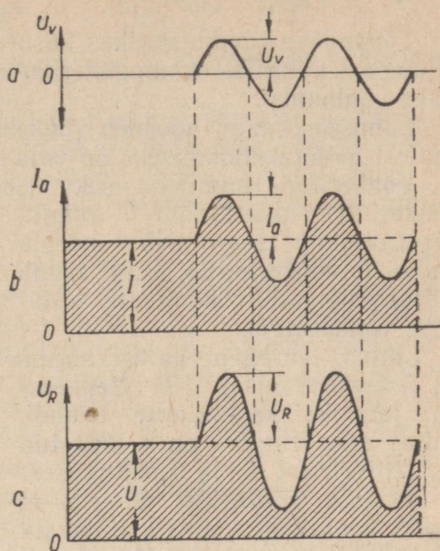


Joon. 171. Triodiga madalsagedusvõimendaja skeem.

¹ Kõrgsageduslikes võimendusseadmetes annab paremaid tulemusi pentood, seepärast asendatakse triod nendes seadmetes pentoodiga.

Trioodi koos tarbijaga, millele rakendatakse võimendatud pinget, nimetatakse võimendusastmeks.

Kui võrele ei mõju muutuv pinget, siis kulgeb anoodringis konstantne vool (joon. 172, b). Tarbijal tekib sel korral konstantne pingelang U (joon. 172, c). Anoodringis saab oma energia anoodvoolu allikalt. Kui nüüd tüürvõrele mõjub vahelduvpinge (joon. 172, a), siis anoodvoolu võrepinge amplituudi suurenemisel tugevneb, pinget amplituudi vähenemisel aga nõrgeneb (joon. 172, b). Anoodvool hakkab pulseerivalt muutuma, korrates pinget muutumist võrel. Selle tulemusena hakkab sama sagedusega pulseerima ka tarbijale mõjuv pinget (joon. 172, c):



Joon. 172. Võimendusprotsessi graafikud. a — tüürvõre vahelduvpinge; b — vool anoodringis; c — anoodringi lülitatud koormusele mõjuv pinget.

$$U_R = I_a R_a.$$

Kui tarbija takistus R_a on küllalt suur, siis on temale rakendatud pinget U_R amplituudi muutumine palju kordi suurem tüürvõrele mõjuva pinget amplituudi muutumisest. See suhe iseloomustab võimendusastme tööd. Seda suhet nimetatakse võimendusastme võimendusteguriks K .

Vaatleme arvulist näidet. Tüürvõrele rakendatakse vahelduvpinget amplituudiga $U_v = 0,5$ V. Selle tulemusena tekib anoodvoolu pulseerimine amplituudiga $I_a = 1$ mA. Kui tarbija takistus on $10\,000\ \Omega$, siis tarbijale mõjuva pinget amplituud

$$U_R = I_a R_a = 0,001 \cdot 10\,000 = 10\text{ V.}$$

Järelikult saadi 20-kordne võimendus, sest

$$K = \frac{U_R}{U_v} = \frac{10}{0,5} = 20.$$

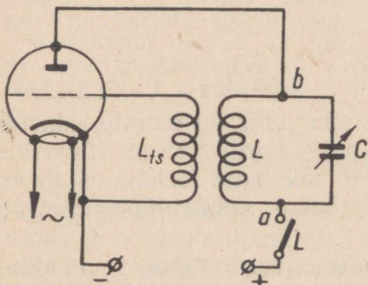
Võimenduseks vajalik energia saadakse anoodvoolu allikast. Energiakulud tüürvõrel on minimaalsed.

Tänapäeva raadiotehnikas kasutatakse elektronlampe laialdaselt lampgeneraatorites. Lampgeneraatorite abil saadakse kõrgsageduslikke võnkumisi.

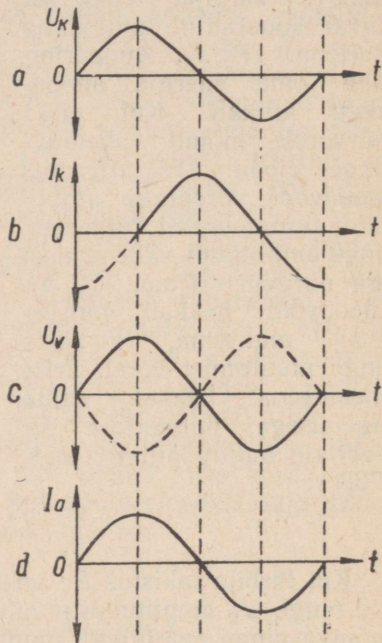
Lampgeneraator koosneb võnkeringist ja elektronlambist. Generaatori töölerakendamiseks on vaja vooluallikat.

Võnkeringis toimuvad elektrilised võnkumised. Energiat saab võnkering anoodvoolu allikalt. Elektronlamp reguleerib energia andmist võnkeringile ning tagab mittedsumbuva võnkumise tekkimise võnkeringis.

Lihtsa lampgeneraatori skeem on toodud joonisel 173. Generaatori lambiks kasutatakse trioodi, mille anoodringi on lülitatud induktiivsusest L ja mahtuvusest C koosnev võnkering. Selleks et saada võnkeringis mittedsumbuvaid võnkumisi, kasutatakse tüürvõrega ühendatud tagasisidepooli L_{ts} . Tagasisidepool L_{ts} on induktiivselt sidestatud võnkeringi pooliga L .



Joon. 173. Trioodiga lampgeneraatori skeem.



Joon. 174. Lampgeneraatoris toimuvate protsesside graafikud. *a* — vahelduvpinge võnkeringi kondensaatori plaatidel; *b* — vool võnkeringis; *c* — vahelduvpinge lambi tüürvõrel; *d* — anoodvool.

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 174, *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} .

Võnkeringi pooli läbiv pulseeriv vool I_k indutseerib tagasisidepoolis L_{ts} elektromotoorse jõu.

Indutseeritud elektromotoorsel jõul on maksimaalne väärtus siis, kui võnkuvate 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. 174, c).

Võrepinge muutumine põhjustab anoodvoolu muutumise (joon. 174, d). Selle poolperioodi jooksul, mil võrepinge U_{mv} on positiivne, toimub anoodvoolu tugevnemine ning võnkeringi kondensaator C saab täiendava laengu. Tänu sellele tekivad võnkeringis mittesumbuvad 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 174, c punktiirjoon), siis anoodvoolu võnkumised sumbuvad ning genereerimist ei teki.

§ 35. PRAKTILISED RAADIOTEHNILISED TÖÖD

Töö nr. 23. 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 lainepikkustel 200—2000 m (mis vastab sagedustele 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 valemil abil võib tuntud lainepikkuste vahemiku jaoks alati leida vastava sageduspiirkonna.

Detektorvastuvõtjat iseloomustatakse nagu iga teistki vastuvõtjat kahe põhinäitajaga — tundlikkusega ja selektiivsusega (eraldusvõimega).

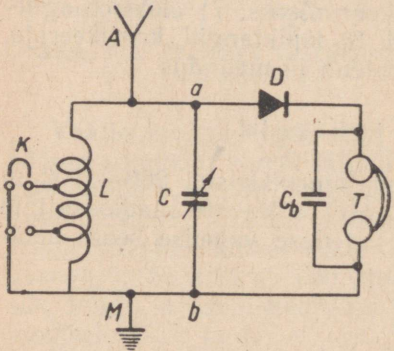
Tundlikkus — see on vastuvõtja omadus vastu võtta nõrku signaale. (Vastuvõtja tundlikkus määratakse elektromotoorse jõu suurusega antennis, mis tekitab vastuvõtjas normaalse helitugevuse.)

Selektiivsus iseloomustab vastuvõtja poolt vastuvõetava jaama signaalide segamatut vastuvõtmist (s. t. sellist vastuvõttu, mille juures naaberjaamad ei sega vastuvõetavat jaama).

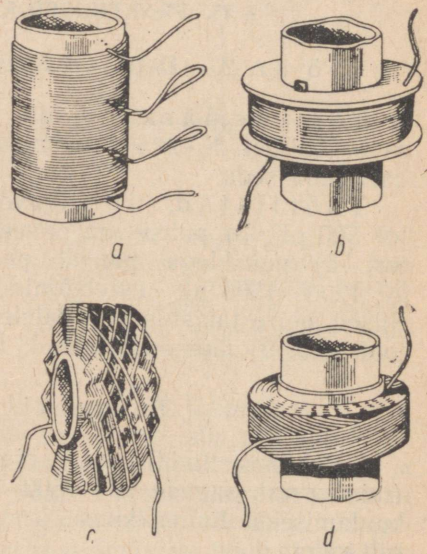
Detektorvastuvõtjad on väga väikese tundlikkusega. Nende abil võib vastu võtta võimsate saatjate signaale hea antenni ja maanduse korral mõnesaja kilomeetri kauguselt. Väike on ka vastuvõtja selektiivsus. Viimase põhjuseks on aparadi äärmine lihtsus. Detektorvastuvõtjaid kasutatakse tänapäeval veel seepärast, et nad oma ehituselt on väga lihtsad, ei vaja toiteallikaid ning on seejuures lihtsad käsitseda.

Detektoraparaadi skeemi kirjeldus

Detektorvastuvõtja võnkering koosneb poolist L ja kondensatorist C (joon. 175). Pooli induktiivsus kesklainesaatjate vastuvõtmisel peab olema umbes $200 \mu\text{H}$ ja pikklainesaatjate vastuvõtmisel $2500 \mu\text{H}$. Seejärel kasutatakse sektioneeritud pooli, mille juures vajalik induktiivsus saadakse suurema või vähema keerdude arvu sisselülitamisega.



Joon. 175. Detektorvastuvõtja osade ühendamise skeem.



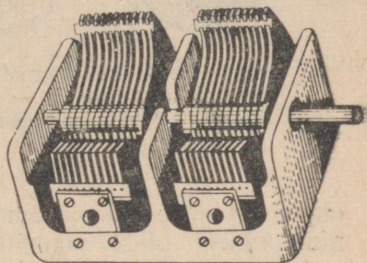
Joon. 176. Induksioonpoolid. *a* — silindriline ühekihiline väljavõtetega pool; *b* — silindriline mitmekihiline pool; *c* — kõrgpool; *d* — mitmekihiline ristmähisega pool.

Pooliks võib kasutada silindrilisel alusel olevat ühekihilist pooli või mistahes tüüpi mitmekihilist pooli (joon. 176). Ühekihiliste poolide induktiivsust arvutatakse valemiga

$$L = \frac{D\omega^2}{1000 \frac{l}{D} + 440}.$$

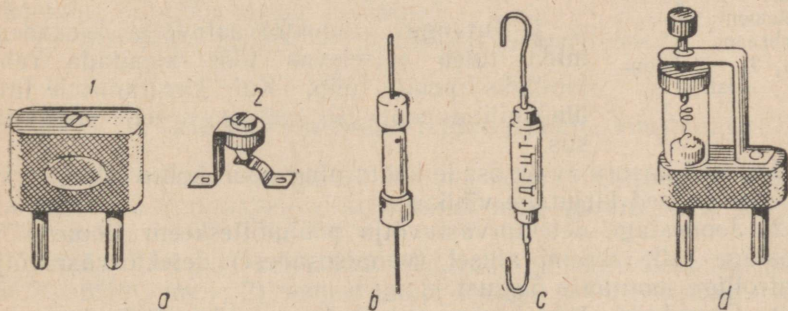
Siin L on induktiivsus mikrohenrides, D — pooli läbimõõt mm, l — mähise pikkus mm ja ω — pooli keerdude arv.

Võnkeringi kondensaator (joon. 177) peab olema muudetava mahtvusega 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. 178, a) ja püsiva kontaktiga vaskoksüüdetektorit (joon. 178, b). Toodetakse ka germaaniumdetektoreid ДГ-Ц1 ja ДГ-Ц2 (joon. 178, c). Kasutatakse samuti varem toodetud galeendetektoreid (joon. 178, d). Nendes kasutatakse vastavale alusele monteeritud galeen- (seataläläike) kristalle ja terava otsaga terasvedru. Vedru toetub oma teravikuga kristallile.

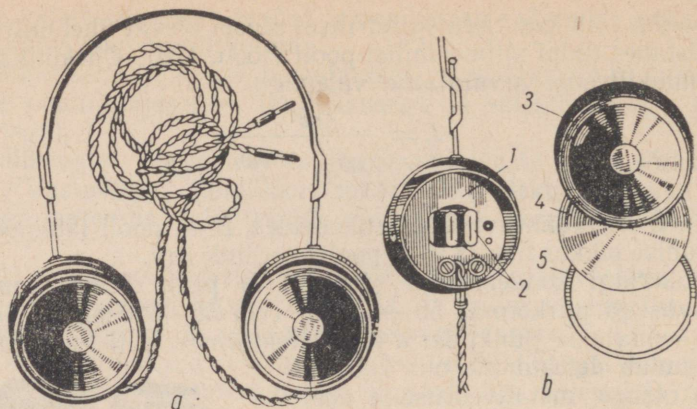


Joon. 177. Pöörkondensaator.

Detektorastmesse lülitatakse veel elektromagnetilised peatelefonid — kõrvaklapid (joon. 179). Kummagi peatelefoni takistus on 750—2000 Ω . Parem on kasutada suurema takistusega peatelefone, sest need on suurema tundlikkusega. Mõnikord kasutatakse ka piesoelektrilisi peatelefone (joon. 180). Nendes kasutatakse elektromagnetite asemel senjetsoola kristallist valmistatud kahte

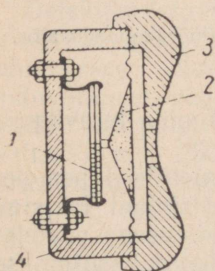


Joon. 178. Detektorid. a — ДК-tüüpi ränidetektor; b — vaskoksüüdetektor; c — germaaniumdetektor ДГ-Ц1; d — galeendetektor.



Joon. 179. Elektromagnetilised peatelefonid. *a* — välisvaade; *b* — peatelefoni ehitus: 1 — püsivmagnet; 2 — pooluskingad koos mähistega; 3 — kuuldeavaga kaas; 4 — membraan; 5 — vahe-
rõngas.

õhukest plaati, mis on omavahel kokku liimitud. Sellist süsteemi nimetatakse piesoelemendiks. Vahelduvvoolu mõjul hakkab see plaat võnkuma rakendatud voolu sagedusega. Võnkumine antakse edasi membraanile, mis muudab need kuuldavaks heliks.



Joon. 180. Pieso-
elektrilise telefoni
ehitus. 1 — pieso-
element; 2 —
membraan; 3 —
kaas; 4 — telefoni
kest.

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.

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. 175). 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 (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.

5. Pöörake ettevaatlikult pöördkondensaatori nuppu seni, kuni hääel on kuuldav kõige tugevamini. Seadnud vönkeri resonantsi vastuvõetava saatjaga, proovige leida detektori kõige tundlikum punkt. Nii saadakse kõige valjum vastuvõtt. Pärast seda seadke pöördkondensaatori abil vastuvõtja mõnele teisele saatjale.

6. Kui kasutate püsiva kontaktiga detektorit (tüüp ДК või ДГ-Ц1), siis asuge kohe vönkeri 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. 178, 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. Töötappide lühike loetelu.

Kontrollküsimusi

1. Missugune ülesanne on vönkeri detektorvastuvõtja juures?
2. Kuidas toimub detektorvastuvõtja jaamale häälestamine?
3. Kuidas on ehitatud detektorvastuvõtja pool? Millest oleneb selle pooli induktiivsus?
4. Milleks kasutatakse detektorvastuvõtjas muutuva 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. 24. Elektronlampide tunnusjoonte koostamine

Töö eesmärk. Õppida tundma kolme elektrodiga elektronlampi, tema tunnusjoonte koostamist ning parameetrite kindlaksmääramist.

Tööriistad: 1) kolme elektrodiga elektronlamp (6C5C, 6C2C, 6H8C jne.); 2) paneel lambi sokliga ja ühendusklemmidega; 3) magnetelektrilised milliampermeetrid: mõõtepiirkonnaga 50 mA (anoodringi) ja mõõtepiirkonnaga 10 mA (võreeringi); 4) sama tüüpi voltmeetrid, üks mõõtepiirkonnaga 300 V (anoodringi) ja

teine mõõtepiirkonnaga 30 V (võreeringi); 5) elektromagnetiline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 15 V (kütteringi); 6) küttereostaat 15—20Ω 0,5 A; 7) kahepooluseline ümberlüüti (võreeringi); 8) potentsiomeetrid anoodringi takistusega 2500—3000 Ω 0,15 A ning võreeringi takistusega 1500—2000 Ω 0,15 A; 9) vooluallikad: anoodringi elektromotoorse jõuga 150—300 V, kütteringi ~ 6,3 V ja võreeringi 20—30 V; 10) ühendusjuhtmed.

Teoreetilisi juhiseid

Elektronlampide töö ja kasutamisevõimaluste 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:

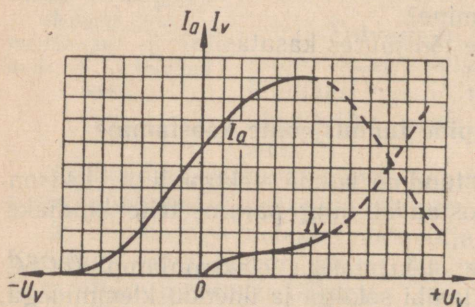
$$I_a = f(U_v), \text{ kui } U_a = \text{const, või}$$

$$I_a = f(U_a), \text{ kui } U_v = \text{const.}$$

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 181 on toodud kolme elektroodiga elektronlampi (triiodi) anoodvoolu-anoodpinge tunnusjoon ja anoodvoolu-võrepinge tunnusjoon. Graafiku vaatlemisel selgub, et võre suurte negatiivsete pingete korral anoodringis voolu ei ole. Selle põhju-

seks on asjaolu, et negatiivselt laetud võre tõukab katoodilt väljunud elektronid 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 võreeringis. Võrevool põhjustab anoodvoolu



Joon. 181. Triiodi anoodvoolu ja võrevoolu tunnusjooned.

mõninga nõrgenemise. Katoodist väljuva elektronide voo mõjul tekki 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 töomaduste kindlaksmääramisel veel lampide parameetreid. Need on konstandid, mis iseloomustavad elektronlampide omadusi ning kvaliteeti.

Elektronlampe iseloomustatakse kolme alltoodud põhilise parameetriga.

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:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_v} \frac{\text{mA}}{\text{V}}, \text{ kui } U_a = \text{const.}$$

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 (katodi 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, s. o. mittevastavalt Ohmi seadusele. Trioodide korral $R_i = 1500$ kuni $10\,000 \Omega$.

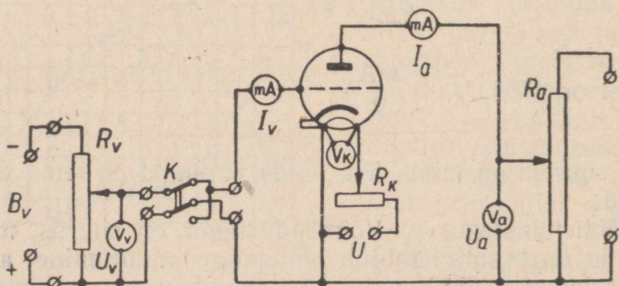
Parameetrite S , μ ja R_i vahel kehtib seos

$$\mu = R_i S.$$

Seda seost nimetatakse lambi võrrandiks.

Lambi tunnusjoonte määramise skeemi kirjeldus

Tunnusjoone määramiseks tuleb triood lülitada vooluringi, mille skeem on toodud joonisel 182. Küttepinge (6, 3 V) saadakse pinget



Joon. 182. Trioodi tunnusjoone määramise skeem.

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 .

Võreering koosneb võrepatareist B_v ja potentsiomeetrist R_v .

Võrepinge U_v suurust mõõdetakse potentsiomeetriga R_v paralleelselt lülitatud voltmeetriga V_v . Võrevoolu mõõdetakse võrearingi 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.

Tabel võretunnusjoonte määramiseks

$$I_a = f(U_v); \quad I_v = f(U_v); \quad U_a = \text{const.}$$

Lambi tüüp:		$U_k =$				
Jrk. nr.	$U_{a_1} = . . . \text{ V juures}$			$U_{a_2} = . . . \text{ V juures}$		
	U_v	I_a	I_v	U_v	I_a	I_v
	V	mA	mA	V	mA	mA

2. Joonisel 182 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.

4. Muutke potentsiomeetri R_v abil võrepinget 1–2 V kaupa ning vaadeldge sellest tingitud anood- ja võrevoolu muutumist. Kõikide mõõteriistade näidud kirjutage seejuures vastavasse tabelisse. Jõudnud pinge muutmiseга nullini, viige ümberlülitit K

Tabel anoodtunnusjoonte määramiseks

$$I_a = f(U_a), \text{ kui } U_v = \text{const.}$$

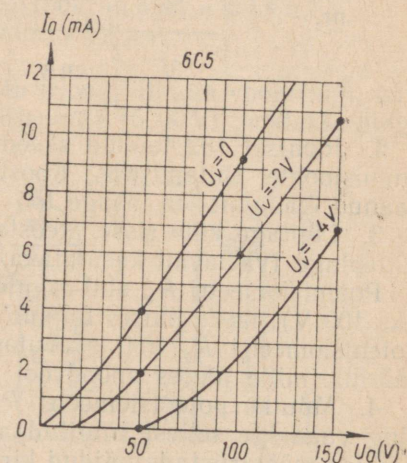
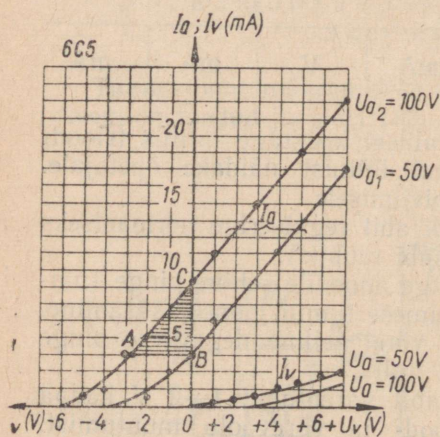
Lambi tüüp: $U_k = V$

Jrk. nr.	U_a	$U_{v_1} = 0$	$U_{v_2} = \dots V$	$U_{v_3} = \dots V$
	V	I_{a_1}	I_{a_2}	I_{a_3}
		mA	mA	mA

teise asendisse ning hakake tõstma võrepinget. Jätkake seda ning mõõteriistade näitute 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 null 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. 183. Trioodi võretunnusjooned.

Joon. 184. Trioodi anoodtunnusjooned.

7. Potentsiomeetri R_v abil reguleerige võrele pinge 1—1,5 V ning korrake kõik punktis 6 kirjeldatud mõõtmised. 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 183 ja 184.

Kasutades tunnusjoonte sarja (joon. 183), konstrueerige tunnuskolmnurk ABC . Arvestades mastaapi, määrata sellest kolmnurgast trioodi parameetrid:

$$S = \frac{BC}{AB}; \quad \mu = \frac{U_{a_2} - U_{a_1}}{AB}; \quad R_i = \frac{U_{a_2} - U_{a_1}}{BC}.$$

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. 25. Trafota lampalaldaja ehitamine ja katsetamine

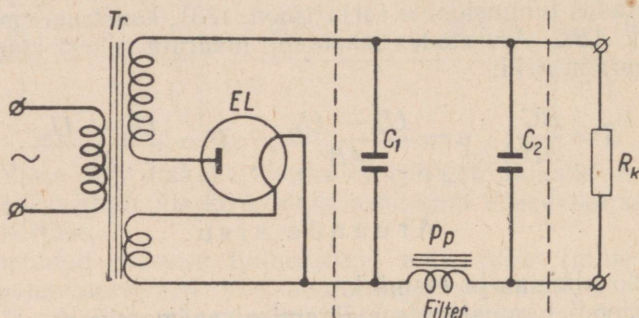
Töö eesmärk. Koostada valmisosadest filtriga kenotronalaldaja ning kasutada seda praktiliselt.

Töökõs vajalikud seadmed: 1) elektronlamp 6LI5C; 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 elektrolyütikondensaatorit $10 \mu F$, 450 V; 7) ühendusjuhe pistikuga; 8) kahepooluseline vinnaklüliti; 9) kaks sulavkaitset; 10) magnet-elektriline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 11) elektromagneti-

line voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 12) ühendusjuhtmed; 13) kruvikeeraja, lapiktangid, jootekolb; 14) jootismaterjalid; 15) isoleerpael; 16) koormus (mingi takistus).

Teoreetilisi juhiseid

Lihtsaimaks lampalaldajaks on poolperiood-kenotronalaldaja. Sellise alaldaja skeem on toodud joonisel 185. Sellel skeemil on toodud ka pinget tõstev trafo. Praktikas on aga sageli tarvis võrgupingest madalamat pinget. Näiteks on ühelambilise raadiovastu-



Joon. 185. Poolperiood-kenotronalaldaja skeem.

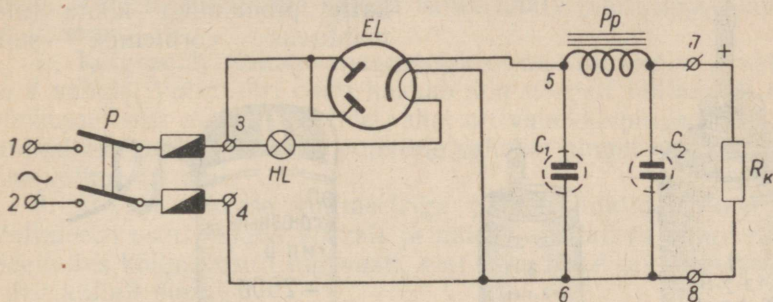
võtja või võimendaja jaoks küllaldane pinge 80—100 V. See võimaldab trafo ära jätta ning lihtsustada seega alaldaja skeemi. Sel korral antakse võrgupinge läbi alaldajalambi ja filtri otseselt tarbijale. Sellises alaldajas kasutatakse tavaliselt ühe anoodiga kenotrone. Kenotroni anood ühendatakse vahelduvvooluvõrgu 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 eksploateerimisel 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 hävib kenotronlamp ning alaldusseade langeb rivist välja.

Alaldaja skeemi kirjeldus

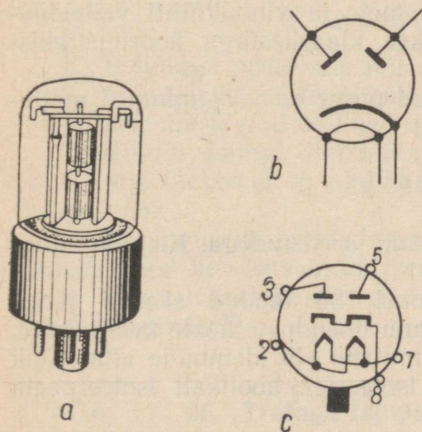
Lihtsaim kenotronalaldaja koostatakse joonisel 186 toodud trafota poolperioodalaldaja skeemi alusel. Selles skeemis on ette nähtud kasutada lampi 6LJ5C (joon. 187). See on kahe anoodiga ja kaudse küttega kenotron, mille küttevool pingel 6,3 V on 0,6 A. Lambi skeem on toodud joonisel 187, b. Samas on toodud ka elektrootside ühendused sokli jalgadega (kui vaadata soklit alt). Sokli

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 võimsu-

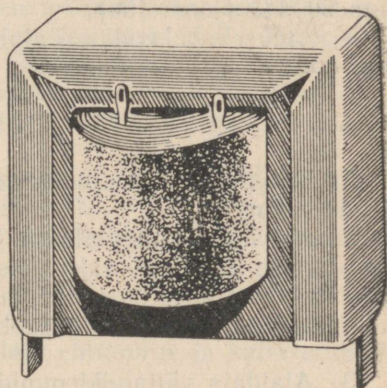


Joon. 186. Trafota lampalaldaja skeem.

sega hõõglamp 220 V võrgupinge korral. Lamp etendab siin reostaadi osa, millel tekib vajalik pingelang. 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 kerdu. Paispool on keritud isoleeritud vasktraadist läbimõõduga 0,15—0,3 mm (olevalt tarbitavast voolust). Mähisel on kaks väljaviiku (joon. 188) juhtmete ühendamiseks (jootmise teel). Filtri paispooli võib asendada ka takistiga 5000 Ω , mis on arvestatud voolule 10—15 mA.



Joon. 187. Kenotron 6U5C. a — välisvaade; b — skeem; c — sokkel.

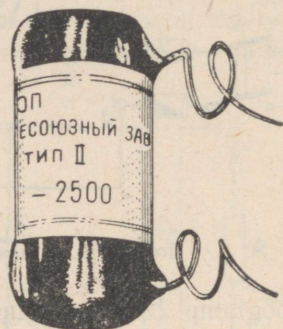


Joon. 188. Paispool.

Filtris kasutatakse elektrolüüt-kondensaatoreid. Sellistes kondensaatorites on üheks elektroodiks alumiiniumkest, teiseks aga elektrolüüt. Alumiiniumkestale kinnitatud oksüüdikiht on dielektrikuks. Selle dielektriku paksus on ainult mõni mikron, seepärast on katte pinnauhiku kohta tulev mahtuvus võrdlemisi suur.



Joon. 189. Elektrolüüt-kondensaatorid.



Joon. 190. Takisti klaaskestas.

Oksüüdikiht on ühepoolne elektrijuht. Seepärast tuleb elektrolüüt-kondensaatori kest ühendada vooluallika miinusega, purgi peal olev klemm aga plussiga.

Need kondensaatorid ei ole kõlblikud vahelduvvooluringides kasutamiseks.

Alaldaja ühendatakse läbi kaitsmete ja vinnaküliti vahelduvvooluvõrguga. Alaldaja koormatakse klaaskestaga koormustakistiga 6000Ω (joon. 190).

Koormusele rakendatud alaldatud pinge on võrgupingest madalam.

Töö käik

1. Tutvuge tööks ettenähtud osade ja riistadega. Kirjutage üles nende andmed.

2. Koostage lampalaldaja joonisel 186 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 takistus R (koormus).

4. Pärast alaldaja kokkumonteerimist näidake seda õpetajale.

5. Kui õpetaja on andnud loa töö jätkamiseks, siis asetage kõigepealt kohale kenotron 6U5C. Siis lülitage alaldaja lüliti abil vahelduvvooluvõrku ning oodake 2—3 min, et katood jõuaks vajalikul määral kuumeneda.

6. Mõõtke pinge. Mõõtmistel 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. Töötappide 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 lülitati seadmesse?
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?

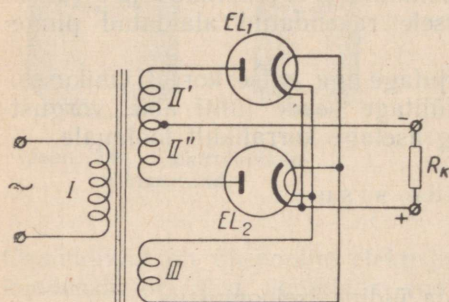
Töö nr. 26. Trafoga lampalaldaja ehitamine ja katsetamine

Töö eesmärk. Koostada valmisosadest trafoga kenotron-alaldaja ja katsetada seda.

Töövahendid ja seadmed: 1) trafo ЭЛС-2; 2) mistahes tüüpi paispool; 3) 2 elektrolüütcondensaatorit, kumbki mahtuvusega $10\mu\text{F}$, pingele 450 V; 4) pistikuga ühendusjuhe trafo lülitamiseks vooluringi; 5) elektronlamp 5Л4С; 6) magnetelektriline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 7) elektromagnetiline voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 8) koormustakisti $6000\ \Omega$, 0,1 A (klaaskestaga); 9) kruvikeeraja, lapiktangid, jootekolb; 10) jootmisvahendid; 11) ühendusjuhtmed; 12) isoleerpael.

Teoreetilisi juhiseid

Raadioaparaatide, võimendajate ja teiste seadmete toitmiseks kasutatakse täisperiood-kenotronialdajaid. 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



Joon. 191. Filtrita täisperioodalaldaja (kahe kenotroniga) skeem.

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 skeemi (joon. 191) 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 läbilöökk. 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

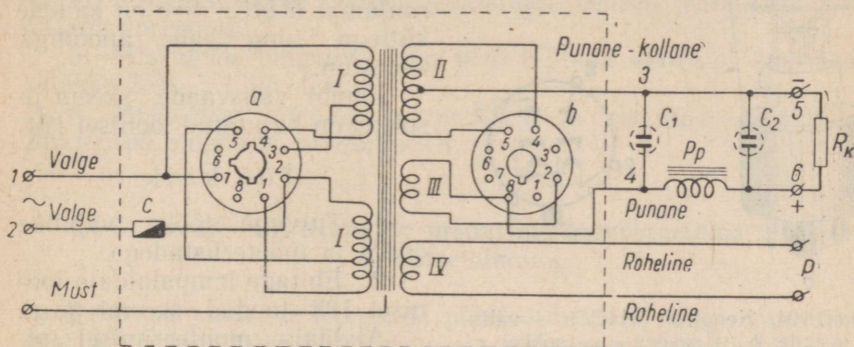
Täisperioodalaldaja põhimõtteskeem on toodud joonisel 192.

Skeemi vasakpoolne, punktiiriga piiratud osa kujutab endast

¹ Vastavad tabelid on toodud raamatus A. Isotamm, «Raadioamatööri käsiraamat», Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1958, ja ka mujal.

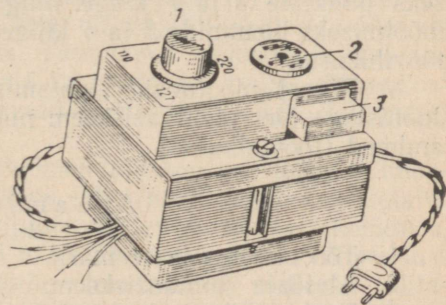
pinget tõstvat trafot tüüp ЭЛС-2. Selle trafo üldvaade on toodud joonisel 193.

See trafo on arvestatud võrgupingetele 220, 127 ja 110 V ning sagedusele 50 Hz. Trafo on kaetud metallkestaga, mille ülemisele küljele on kinnitatud kaks elektronlambi pesa. Uhte neist pesadest



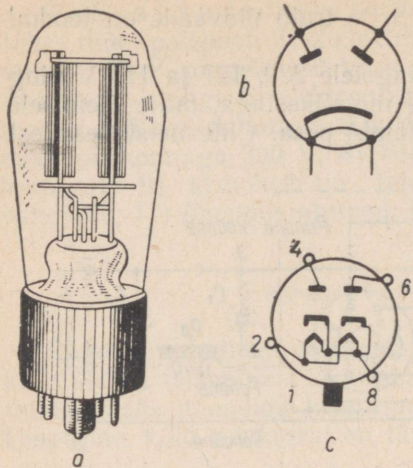
Joon. 192. ЭЛС-2 tüüpi trafoga alaldaja skeem.

(joonisel 192 märgitud tähega *a*) kasutatakse trafo ümberlülitamiseks võrgupingele (kas 220, 127 või 110 V), teist (joonisel 192 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 192 on need märgitud numbritoitejuhtmega 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 tuakse välja veel punane juhe 4 (alaldatava pinge «+» klemm). Mähise IV väliejuhtmed 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 kontrolllambi pingega 6,3 V. Trafo võimsus on 70 W.



Joon. 193. ЭЛС-2 tüüpi jõutrafo. 1 — ümberlülititi; 2 — alaldajalambi pesa; 3 — sulavkaitse.

Punase ja punase-kollase juhtme vahele lülitatakse kondensatoritest C_1 ja C_2



Joon. 194. Kenotron 5U4C. *a* — välisvaade; *b* — skeem; *c* — sokkel.

ning paispoolist *P* koosnev filter. Nende osade andmed on toodud töös nr. 25. Filtri väljejuhtmete külge lülitatakse 6000-oomine koormustakisti.

Alaldajas kasutatakse elektronlampi 5U4C. See on kaudse küttega ning kahe anoodiga kenotron.

Lambi välisvaade, skeem ja sokkel on kujutatud joonisel 194.

Töö käik

1. Tutvuge tööks vajalike osade ja mõõteriistadega.

2. Ehitage lampalaldaja joonisel 192 toodud skeemi järgi.

Alaldaja monteerimisel pidada silmas töö nr. 25 kirjelduses toodud juhiseid.

Alaldaja filtri väljesse lülitage koormustakisti.

3. Seadke trafo primaarmähiste ümberlülituspistik sellisesse asendisse, mis vastab kohaliku võrgu pingele. Kohaliku pinge kindlakstegemiseks 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 töös), 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 täisperiodalaldaja eelised poolperiodalaldajaga 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. 27. Üheastmelise madalsagedusvõimendaja ehitamine ja katsetamine

Töö eesmärk. Koostada põhimõtteskeemi järgi valmisosadest lihtne madalsagedusvõimendaja ning proovida selle töötamist.

Tööriistad: 1) elektronlamp 1K1П, 1Б1П, 2K2M, 6K7 või 6Ж7; 2) paneel elektronlambi pesa ja ühendusklemmidega; 3) takisti $R=0,2-0,5 \text{ M}\Omega$; 4) kolm puitpaneeli, üks klemmide ja hoidjatega takistuste ühendamiseks, teine klemmide ja puksidega telefonide lülitamiseks ning kolmas klemmidega vooluallika jaoks; 5) küttereostaat takistusega $R_k = 10 \Omega$ 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 1K1П, 1Б1П või 2K2M 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 võimendajates kasutatakse mitte ainult trioode, vaid ka pentoode, mille võimendus-egur ja tõus on suurem kui trioodil (pentoodi $S=4,8-7,5$, samal ajal aga trioodi $S=1,55-5,0$).

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 märga-

tavaid moonutusi võimendatavas saates. Selleks tuleb valida sobiv anoodpinge ning anda lampide võrele väike ning püsiv negatiivne pinge.

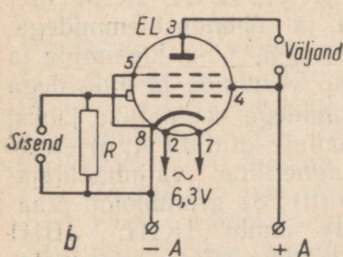
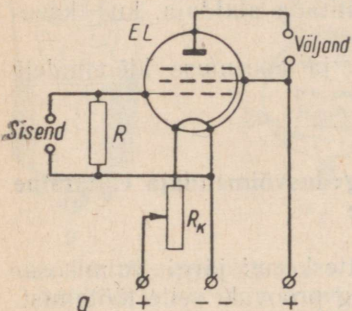
Lihtsa madalsagedusvõimendaja skeemi kirjeldus

Lihtsa madalsagedusvõimendaja võib koostada joonisel 195, *a*

toodud skeemi järgi, kusjuures kasutatakse otsese küttega lampe 1K1П, 1Б1П, 2K2M või 2Ж2M. Joonisel 195, *b* on toodud võimendaja skeem, kus on kasutatud kaudse küttega lampi 6K7 või 6Ж7. Kõik need on viie elektroodiga lambid ehk pentoodid.

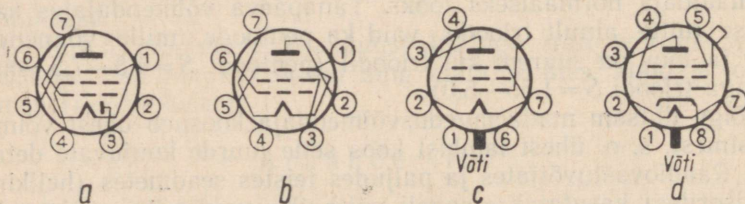
Nimetatud lampide sokkel on kujutatud joonisel 196. Mõlemal toodud skeemil on võre ja katoodi vahele lülitatud konstantse takistusega masstakisti BC või TO (joon. 197). Takisti BC kujutab endast portselanvarrast või toru, mis on kaetud õhukese grafiidikihi. Grafiidikiht on kaitstud niiskuskindla lakikihi. Toru otsesse on kinnitatud väljehuhtmed, mille külge joodetakse ühendusjuhtmed seadme monterimisel. Takisteid jaotatakse takistuse, võimsuse ja tööpinge järgi. Takistite võimsuse märkimiseks skeemidel kasutatakse joonisel 198 toodud tingmärke.

Võimendaja väljeklemmide külge kinnitatakse elektromagnetilised peatelefonid. Esimese skeemi

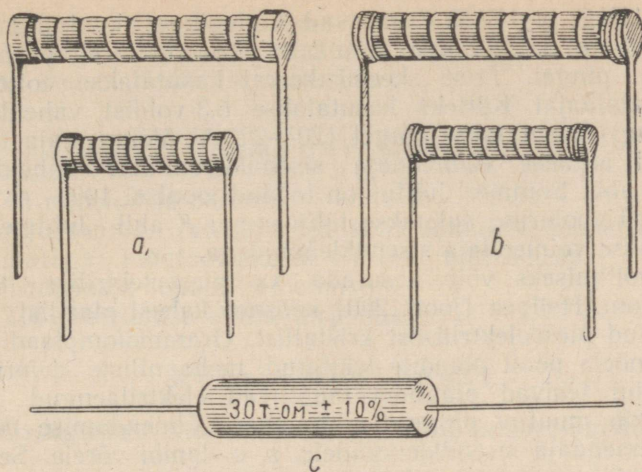


Joon. 195. Lihtsate madalsagedusvõimendajate skeeme. *a* — otsese küttega lambiga; *b* — kaudse küttega lambiga.

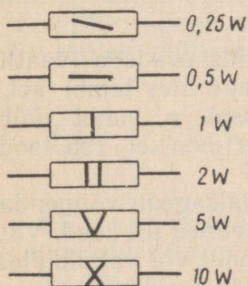
toodud skeemi



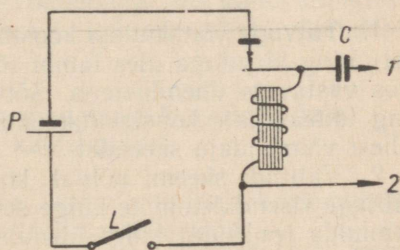
Joon. 196. Madalsagedusvõimendajates kasutatavate lampide sokleid. *a* — sõrmlamp diood-pentood 1Б1П; *b* — sõrmlamp pentood 1K1П; *c* — väiksegabariidilised pentoodid 2K2M ja 2Ж2M; *d* — metallkesktaga ja kaudse küttega pentoodid 6K7 ja 6Ж7.



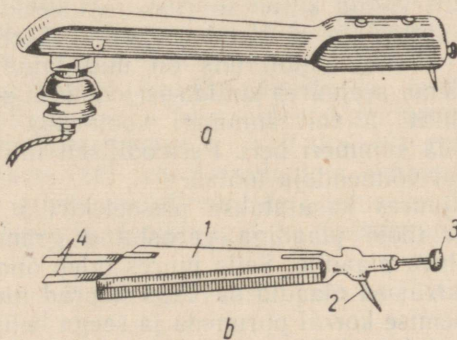
Joon. 197. Masstakistid. *a* ja *b* — tüüp BC; *c* — tüüp TO.



Joon. 198. Võimsuse tingmärgid takistitel.



Joon. 199. Summeri lülitusskeem.



Joon. 200. Piesoelektriline helipea. *a* — üldvaade; *b* — helipea ehitus: 1 — piesoelement; 2 — nõel; 3 — kruvi; 4 — ühendusklemmid.

lambid 1K1Π ja 1B1Π kasutavad küttepinget kuni 1,2 V, lambid 2K2M ja 2Ж2M aga kuni 2 V. Anoodpatarei peab andma 80-voldist pinget. Teise skeemi korral kasutatakse toiteallikana kenotronaaldaajat. Kütteks kasutatakse 6,3-voldist vahelduvvoolu. Anoodringis kasutatakse pinget 120—200 V. Võimendaja töö kontrollimisel antakse võimendaja sisendklemmidele vahelduvpinge summeri abil. Summeri lülitus on toodud joonisel 199.

Patarei vooluring suletakse lülitusnupu *K* abil. Juhtmed *I* ja *2* ühendatakse võimendaja sisendklemmidega.

Kontrollimiseks võib kasutada ka piesoelektrilise helipeaga grammofoni. Heli pea (joon. 200) koosneb kahest plaadist, mis on valmistatud piesoelektrilisest kristallist. Grammofoniplaadi soones jooksva nõela poolt plaadile tekitatud mehaaniliste deformatsioonide mõjul tekivad plaadidel muutuvad elektrilaengud. Plaatide vahel tekib muutuv pinge. See antakse võimendamise eesmärgil edasi võimendaja sisendklemmidele, s. o. lambi võrele. Selle tulemusena tekib peatelefoni (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 195 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 iseloomulik sumin.

4. Sulgege lüliti *K* 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 käsitlemise korral puruneda ja seega helipea rivist välja viia. 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 sumneri ja peatelefoniga). Kirjutage vihikusse vooluallikate andmed, lambi tüüp ning skeemi lühike iseloomustus.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Kogu seadme (võimendaja koos sumneri, 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. 28. Kaheastmelise madalsagedusvõimendaja ehitamine ja katsetamine

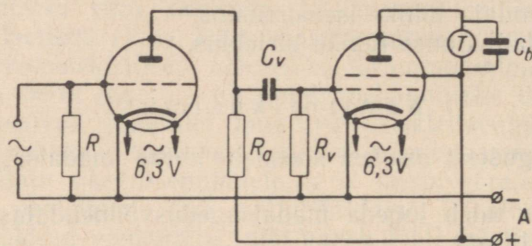
Töö eesmärk. Koostada valmisosadest kahelambiline madalsagedusvõimendaja ning kontrollida selle tööd.

Tööriistad ja seadmed: 1) triood 6C2C või 6C5C; 2) elektronlamp tüüp 6П3С, 6П6С või 6Ф6С; 3) lambipesad klemmidega alusel vastavalt kasutatava lambi tüübile — 2 tk.; 4) 2 kondensaatorit mahtuvusega 10000 pF; 5) takistid: $R_1 = 1,5 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 250 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 400\Omega$; 6) reguleeritav takisti $R_3 = 500 \text{ k}\Omega$, kinnitatud alusele; 7) elektrodünaamiline valjuhääldaja koos väljetrafoga (tüüp 1ГДМ-1,5); 8) paneelid klemmide ja spetsiaalsete hoidjatega kondensaatorite ja takistite ühendamiseks — 5 tk.; 9) paneelid klemmide ja puksidega valjuhääldaja ning vooluallika ühendamiseks — 2 tk.; 10) grammofon plaatidega; 11) helipea; 12) kenotronaalidaja võimendaja anoodringi toitmiseks koos mähisega kütteniitude 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 madalsagedusvõimendajaks on takistussidestusega võimendaja. Siin on anoodringi koormuseks takisti R_a (joon. 201). Selle takistuse 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 võreeringi veel



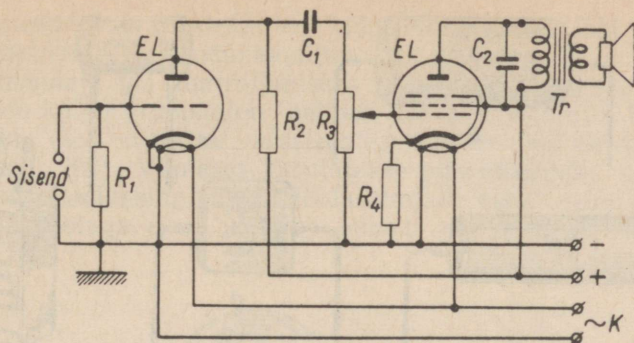
Joon. 201. Kahelambilise madalsagedusvõimendaja skeem.

võretakisti R_v . See takistus on vajalik selleks, et võrele langenud elektronid vabalt võiksid voolata katoodile. 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. 201) 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.

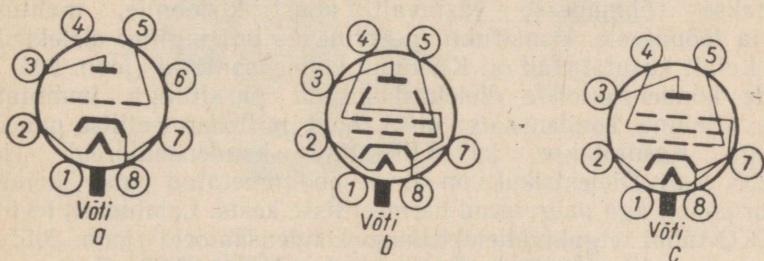
Madalsagedusvõimendaja skeemi kirjeldus

Vahelduvvooluvõrgust toidetava (lampalaldaja abil) võimendaja põhimõtteskeem on toodud joonisel 202. Esimene lamp skeemil EL_1 on triood 6C2C või 6C5C. Teine lamp EL_2 on kas pentood 6Φ6C või jugatetrood 6Π3C (või 6Π6C). Nende lampide soklid on kujutatud joonisel 203. Esimese lambi võreeringi on lülitatud võretakisti $R_1=1,5$ MΩ. Võimendajasse juhitud 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 võreeringi 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



Joon. 202. Madalsagedusvõimendaja võrgutoitega.

on 10 000 pF. Takisti $R_4 = 400 \Omega$ on vajalik lampide normaalse töörežiimi kindlustamiseks. Seda takistit läbib anoodvool, kusjuures tekkiva pingelangu pluss asub katoodiga ühendatud otsal, miinus

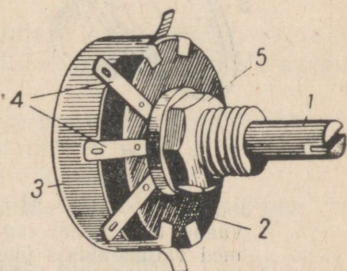


Joon. 203. Vahelduvvooluvõrgust toidetavates madalsagedusvõimendajates kasutatavate lampide soklid. *a* — trioodid 6C2C ja 6C5; *b* — jugatetroodid 6П3C ja 6П6C; *c* — pentood 6Ф6C.

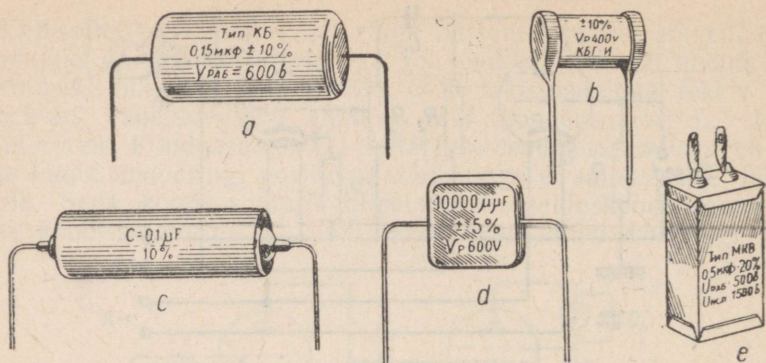
aga tüürvõrel. Sellest järeldub, et lamp töötab ilma võrevooludeta ning moonutusteta tunnusjoone sirgjoonelises osas.

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. 204) 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.

Takistite kõrval esinevad võimendajas veel kondensaatorid. Neid



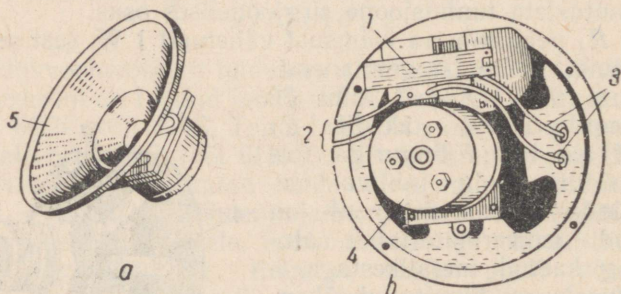
Joon. 204. Reguleeritav takisti.



Joon. 205. Konstantse mahtvusega kondensaatorid. *a* — КБ-tüüpi paberdielektrikuga kondensaator; *b, c* — КБГ-tüüpi hermeetiline paberdielektrikuga kondensaator; *d* — КСО-tüüpi vilgukividielektrikuga kondensaator; *e* — МКБ-tüüpi suure mahtvusega paberdielektrikuga kondensaator.

jagatakse rühmadesse vastavalt konstruktsioonile, mahtuvusele ja tööpingele. Konstruktiivne erinevus on tingitud dielektrikutest. Laialt kasutatavad on КБ-tüüpi kondensaatorid (joon. 205, *a*). Nende kondensaatorite dielektrikuks on parafiiniga immutatud paber. Selline kondensaator on kaetud mittehermeetilise paberist kestaga. Kasutatakse ka КБГ-tüüpi kondensaatoreid (joonis 205, *b, c*). Dielektrikuks on siin eespoolnimetatud paber, kondensaator ise on aga paigutatud hermeetilisse kesta. Laialdaselt levinud on КСО-tüüpi vilgukividielektrikuga kondensaatorid (joon. 205, *d*). Ülanimetatud kondensaatorite mahtvus ei ületa $0,25 \mu\text{F}$. Suurema mahtvusega on paberdielektrikuga МКБ-tüüpi kondensaatorid (joon. 205, *e*).

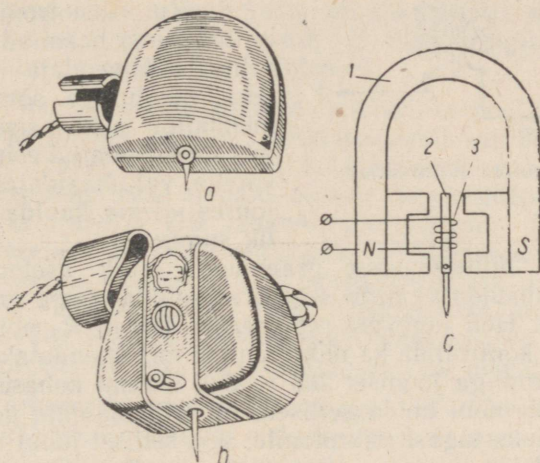
Antud võimendaja juures võib kasutada ükskõik missugust ülalkirjeldatud kondensaatori tüüpi, ainult nõutava mahtvusega.



Joon. 206. Elektrodünaamiline valjuhääldaja. *a* — üldvaade; *b* — vaade tagaküljelt; 1 — väljetrafo; 2 — juhtmed valjuhääldaja ühendamiseks vastuvõtjaga; 3 — traotid valjuhääldaja helipooliga ühendavad juhtmed; 4 — magnet.

Võimendaja väljeklemmide külge lülitatakse läbi väljetrafo püsivmagnetiga elektrodünaamiline valjuhääldaja (joon. 206).

Võimendaja töö kontrollimiseks lülitatakse võimendaja sisendklemmide külge grammofoni helipea. Helipea võib olla kas piesoelektriline (see on tuttav varasematest töödest) või elektromagnetiline (joon. 207). Viimases kasutatakse püsivmagnetit tema külge kinnitatud pooluskingadega. Pooluskingade vahel asub pool raudankru ja nõelaga (joon. 207, c). Plaadi mängimisel nõel võngub



Joon. 207. Elektromagnetiline helipea. *a* — tüüp «Радист»; *b* — tüüp 96 (Аккорд); *c* — helipea skeem: *1* — püsivmagnet; *2* — ankur; *3* — pool.

koos ankruaga ning selle tõttu magnetvoog muutub. Voog tugevneb ankru lähenemisel poolustele ning nõrgeneb ankru kaugenemisel. Magnetvoogu 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.

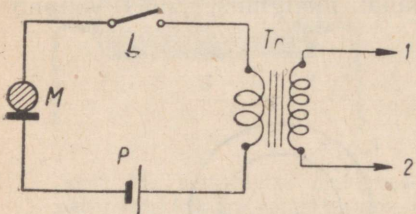
3. Võimendaja sisendklemmide külge kinnitage helipea või mikrofoni juhtmed.

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 edaspidiste 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.



Joon. 208. Mikrofoni lülitusskeem.

8. Kui kenotroni kütteniit on hõõguma hakanud, siis kontrollige võimendaja tööd. Selleks puudutage sõrmega võimendaja seda sisendklemmi, mis on ühendatud esimese lambi võreaga, valjuhääldajas peab seejuures olema kuulda iseloomulik sumin.

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 208 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. 29. 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;

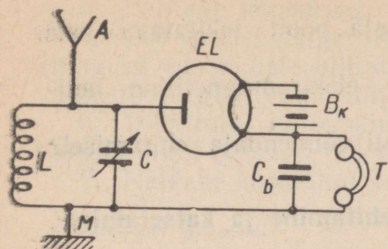
Märkus. Poolide andmed: silindrilise poolialuse läbimõõt 60 mm ja pikkus 90 mm. Kesklainepoolil on 38 keerdu traadist ПЭ; traadi läbimõõt on 0,3—0,35 mm. Jäetakse 10 mm vahe ning mähitakse samale alusele tagasisidepool, millel on 26 keerdu traadist ПЭ läbimõõduga 0,2 mm. Nüüd jäetakse 4 mm laiune vahe 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) pöörde kondensaator mahtuvusega 18—500 pF; 3) 2K2M, 2Ж2M, 1K1П 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 1MΩ; 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.

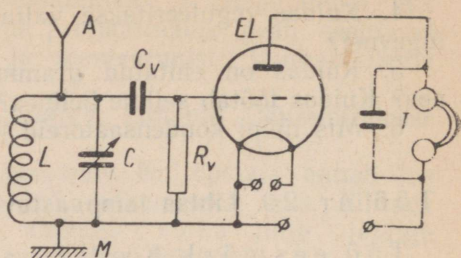
Teoreetilisi juhiseid

Lampvastuvõtjas täidab detektori ülesandeid elektronlamp. Lihtsaima lampdetektoriga vastuvõtja skeem on toodud joonisel 209. Selles kasutatakse detektorina diodi. Sellist detekteerimise viisi nimetatakse dioddetekteerimiseks. Selle juures vastuvõtt mitte ei tugevne, vaid nõrgeneb. Diodekteerimist kasutatakse tänapäeva raadiovastuvõtjates ainult seepärast, et sellise detekteerimise juures ei esine vastuvõtu moonutusi. Diodektektorile langevat pinget võimendatakse lampvõimendaja abil.

Teistsugust detekteerimise viisi on kasutatud joonisel 210 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 vahelduv-



Joon. 209. Diioddetektoriga vastuvõtja skeem.



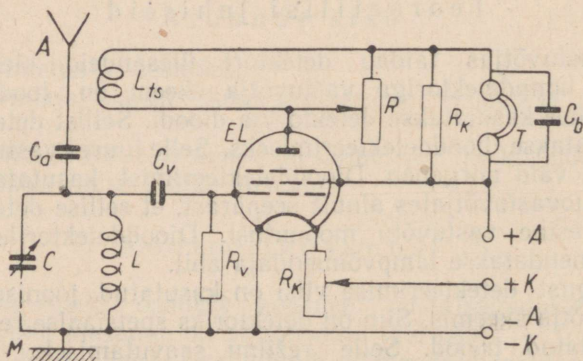
Joon. 210. Triioddetektoriga vastuvõtja skeem.

pinge läbi kondensaatori trioodi võrele. Lambi võre ja katood töötavad siin diioddetektorina. Seejuures tekivad alaldatud madalsagedusega vool läheb võrelt läbi takisti R_v katoodile. Takistil tekib madalsageduslik pingelang, mis mõjub lambi võrele. Selle tulemusena on peatelefoni läbiva anoodvoolu muutumine. Telefonid muudavad madalsageduslikud vooluvõnkumised helivõnkumisteks. Sellist protsessi nimetatakse võredekteeerimiseks. Võredekteeerimisega samaaegselt toimub vastuvõtetavate signaalide võimendamine. Seepärast kasutataksegi lihtsates vastuvõtjates võredekteeerimist.

Võredekteeerimist kasutatakse ainult lihtsates vastuvõtjates, sest sellise dekteeerimise juures esineb moonutusi.

Lampvastuvõtja skeemi kirjeldus

Lihtsa lampvastuvõtja skeem on toodud joonisel 211. Vastuvõtja võnkering koosneb poolist L ja pöördkondensaatorist C . Antenn lülitatakse võnkeringi külge läbi kondensaatori C_a , mille mahtvus on 150—300 pF. See kondensaator vähendab antenni mõju võnkeringile, parandab aparadi selektiivsust ja sta-



Joon. 211. Regeneratiivvastuvõtja skeem.

biilsust. Pentood töötab võredetekteerimisrežiimis. Selleks kasutatakse kondensaatorit $C_v = 100 \text{ pF}$ ja võretakistit $R_v = 1 \text{ M}\Omega$.

Lambi anoodringi on lülitatud pool L_{ts} , mis on induktiivselt sidestatud võnkeringi pooliga. Pooli L_{ts} läbib anoodvool, mis indutseerib võnkeringi poolis elektromotoorse jõu. Pool on lülitatud selliselt, et indutseeritav elektromotoorne jõud suurendaks vastuvõetavate võnkumiste tugevust. Võimenduse reguleerimiseks kasutatakse muudetava takistusega takisti 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 2K2M ja 2Ж2M küttepinge ei tohi ületada 2 volti ning lambi 1K1П küttepinge 1,2 volti).

6. Pöörake muudetava takistusega takisti R nuppu seni, kuni telefonides on kuulda vile. 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 tööd.

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 ülesannete, 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. 30. Väikese võimsusega kõrgsagedusgeneraatori tööle lülitamine ja katsetamine

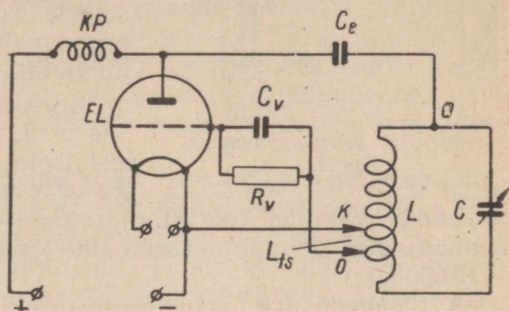
Töö eesmärk. Õppida tundma kõrgsagedusgeneraatori ehitust ning tutvuda tema osadega. Õppida tundma generaatori tööle lülitamist ning reguleerimist. Saada praktiliselt resonantsinähtus.

Tööriistad ja seadmed: 1) paralleeltoitega ning autotransformatoorse sidestusega kõrgsagedusgeneraator (õppetstarbeline); 2) elektronlamp 6Π3C, 6Π6C või 6H7C; 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. 173) on võreringi ühendatud spetsiaalne tagasisidepool L_{ts} , mis on 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 võre ringi autotransformatoorse sidestusega. Sellise generaatori skeem on toodud joonisel 212. 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.



Joon. 212. Endaergutusega ja anood- ning võre ringi autotransformatoorse sidestusega kõrgsagedusgeneraatori skeem.

Tagasisidestust reguleeritakse liugkontakti o nihutamisega mööda võnkeringi pooli L keerde.

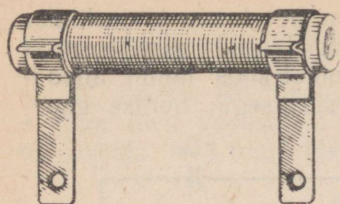
Kolmpunktlülitus on lihtsam induktiivlülitusest, sest siin kasutatakse ainult ühte pooli L ning selle pooli üks osa täidab tagasisidepooli ülesannet.

Kõrgsagedusgeneraatori skeemi kirjeldus

Õppeotstarbeline kõrgsagedusgeneraator põhineb paralleeltoitega kolmpunktlülitusel (joon. 212). 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



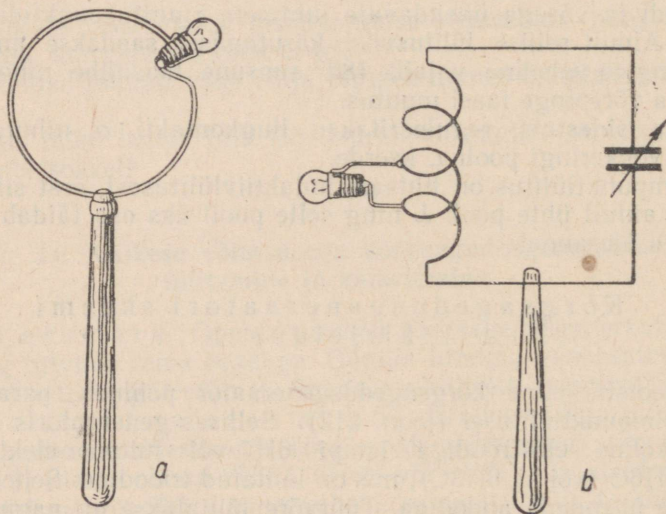
Joon. 213. Kõrgsageduspaispool.

aga anoodvoolu kõrgsagedusliku komponendi läbipääsu, mis on vajalik summutamata võnkumiste tekitamiseks võnkeringis. Selleks et kõrgsageduslik vool ei saaks liikuda läbi anoodvoolu allika, lülitatakse vooluallika ette kõrgsageduspaispool *KP*.

Kõrgsageduspaispool on silindri-line pool, mis koosneb 120—160 keerst isoleeritud traadist läbimõõduga 0,2—0,3 mm (joon. 213).

Lambi vajaliku töörežiimi tagamiseks on võreeringi lülitatud kondensaator *C* (mahtuvusega 100—250 pF) ja takisti R_v (10000—15000 Ω).

Kõrgsageduslike võnkumiste kindlakstegemiseks kasutatakse kõrgsageduse proovilampi, mis koosneb isoleeritud käepideme külge kinnitatud traatsilmusest (jämedast traadist, vt. joon. 214, *a*). Traatsilmusesse on paigutatud indikaatorlambina taskulambi lambike. Elektrilise resonantsi kindlakstegemiseks ning võnkeringi



Joon. 214. Seadmed kõrgsagedusgeneraatori töö kontrollimiseks. *a* — proovilamp; *b* — resonantsvõnkering.

häälestuse ja generaatori võnkumiste sageduse vahelise seose vaatlemiseks kasutatakse resonantsvõnkeringi. Viimane koosneb 6—8 keeruga poolist ning muutuva mahtuvusega kondensaatorist (maksimaalse mahtuvusega 200—250 pF). Võnkeringi skeem on toodud joonisel 214, *b*. Pooli ühe keeru külge ühendatakse indikaatorlambike, kogu seade aga kinnitatakse isoleerainest käepideme külge.

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 indikaatorlambike põlema. Kui lambike helendab väga nõrgalt, siis, nihutades kontakte k ja o (joon. 212), 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.
9. 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 monteeri generaator lahti.

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 nähtavakstegemiseks.
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 võnkeringide vahelise sidestuse tugevus resonantsvõnkeringi voolu tugevusele?

Töö nr. 31. Kahepoolse raadioside praktiline teostamine

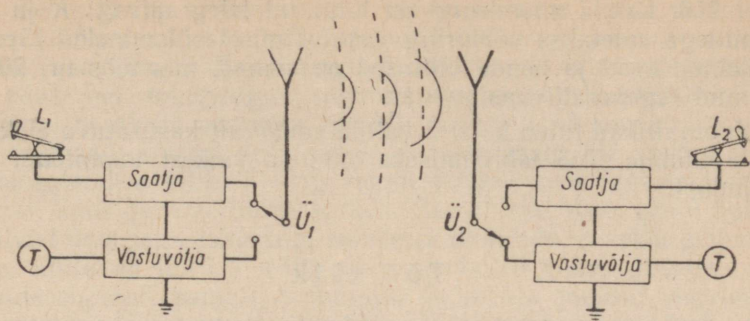
Töö eesmärk. Organiseerida kahepoolne telegraafside kahe punkti vahel lihtsate raadiosaatjate-vastuvõtjate abil ning vahetada raadiogramme.

Tööriistad ja seadmed: 1) kaks lihtsat raadiosaatjate-vastuvõtjat (vt. töö nr. 29); 2) saatjatele-vastuvõtjatele vajalikud vooluallikad (vt. töö nr. 29); 3) kaks telegraafivõtit; 4) kaks paari peatelefone; 5) ühendusjuhtmed; 6) kruvikeeraja ja lapiktangid.

Teoreetilisi juhiseid

Nagu eespool kirjeldati, teostatakse raadiosidet sidepunktide vahel levivate raadiolainete abil. Kahepoolse raadioside põhimõtteskeem on toodud joonisel 215. Skeemilt on näha, et mõlemas jaamas on saatja, vastuvõtja, antenn ja maandus. Saate vastuvõtmiseks on mõlema vastuvõtjaga ühendatud peatelefonid. Saatjaga ühendatakse kas mikrofon või telegraafivõti (olenevalt saate iseloomust). Antenn ja maandus on jaama saatja ja vastuvõtja jaoks ühine, neid lülitatakse vastavalt vajadusele kas saatejaama või vastuvõtja külge.

Lihtsaimaks sideviisiks on raadiotelegraafside. Selle side teostamiseks on tarvis kõrgsagedusgeneraatorit. Selle anoodringi lülitatakse telegraafivõti — manipulaator, mille abil toimub kõrgsageduslike võnkumiste juhtimine ehk manipuleerimine. Generaatoris

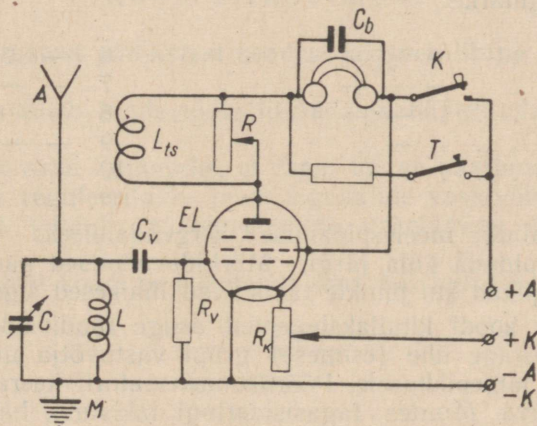


Joon. 215. Kahepoolse raadioside skeem.

tekkivate elektromagnetiliste võnkumiste energia suunatakse antenni, mille tulemusena antenni ümbritsevas ruumis tekivad raadiolained. Levides maapinna kohal jõuavad need lained vastuvõtja antennini. Antenni poolt vastuvõetud elektrilised signaalid muudetakse vastuvõtja poolt helivõnkumisteks. Raadiosides kasutatakse nn. morsetähestikku. Selles tähestikus on tähed asendatud punktide ja kriipsude süsteemiga. Selle alusel koostatakse teenistuskoovid. Nendes tähendavad tähed koos numbritega kas sõnu või isegi fraase. Raadiosides peetakse rangelt kinni vastavate instruksioonidega kehtestatud korrast.

Saate-vastuvõtuaparaadi skeemi kirjeldus

Saate-vastuvõtuaparaat kujutab endast veidi muudetud ühelambilist regeneratiivvastuvõtjat. Viimase skeemi kirjeldus on toodud töös nr. 29. Raadiosides kasutatava seadme skeem on toodud joo-



Joon. 216. Regeneratiivvastuvõtjast tehtud saate-vastuvõtuseade.

nisel 216. Lambi anoodringi on lülitatud telegraafivõti K ja lüliti T , millega suletakse vooluring vastuvõtmisele üleminekul. Seadme ülejäänud osad ja nende lülitused on samad, mis töös nr. 29 kirjeldatud regeneratiivvastuvõtjas.

Vooluallikad tuleb ka siin valida vastavalt kasutatava elektronlambi tüübile. Töö läbiviimiseks on vaja väikest toantenni ning maandust.

Töö käik

1. Töö viiakse läbi üheaegselt kahe õpilastegrupiga. Kumbki grupp saab saate-vastuvõtuseadme koos kõigi vajalike osade ja vooluallikatega.

2. Tutvuge seadme montaažiga, milleks võrrelge seadet tema põhimõtteskeemiga. Leidke seadme juures kõik skeemil märgitud osad.

3. Paigutage saate-vastuvõtuseadmed praktikumi ruumi erinevatesse nurkadesse või (mis veel parem) eri ruumidesse (üks praktikumi ruumi, teine näiteks koridori või praktikumi ruumi kõrval olevasse õppevahendite ruumi). Ühendage antennid ja maandused. Sulgege lüliti T ning kontrollige vastuvõtuseadme tööd. Selleks võtke vastu mõne raadiosaatja saadet.

4. Veendunud vastuvõtuseadme normaalses töös, alustage raadioside loomisega. Enne seda lepivad mõlemad õpilastegrupid aga kokku oma jaamade väljakutsesignaalide suhtes. Ühe jaama väljakutsesignaaliks võib olla näiteks kolm pikka signaali — kriipsu (— — —), teisel aga kaks pikka (kriipsu) ja üks lühike (punkt) signaal (— — .). Selle kõrval tuleb kasutada veel järgmisi numbrite tingmärke:

1	. — — — —	6	—
2	.. . — — —	7	— — . . .
3	. . . — —	8	— — — . .
4	. . . —	9	— — — — .
5	10	— — — — —

5. Signaalide meelepidamise kergendamiseks soovitatakse neid meeles pidada kõla järgi. Märkidevahelised pausid peavad olema sama pikad kui punkte tähistavad lühikesed signaalid.

6. Pärast koodi kindlakstegemist asuge raadioside loomisele. Selleks häälestage ühe (esimese) grupi vastuvõtja mingile pikk-laineastmiku lainepikkusele. Pöördkondensaatorit keerake algasen-dist 60° võrra. Muutes tagasisideringi takistust, hakkab saatja genereerima. Lülitage välja lüliti T ning andke võtmega K edasi oma jaama väljakutsesignaali. Iga signaali järgi pidage signaali edasiandmisajaga võrdse pikkusega paus.

7. Teine grupp häälestab oma jaama esimese jaama vastuvõtmiseks. Häälestamine toimub 3 minutit. Selle aja jooksul saadab esimene jaam oma väljakutsesignaali. Pärast seda annab esimene jaam edasi neli mingisugust numbrit vastavalt eeltoodud koodile. Lõpetanud numbrite saatmise, saadab ta veel 2—3 korda oma väljakutsesignaali. Pärast seda läheb esimene jaam üle vastuvõtule. Selleks suletakse lüliti T ning reguleeritakse seni tagasisideringi takistus, kuni genereerimine katkeb. Samal ajal teise grupi õpilased viivad oma tagasisideringi sellisesse olukorda, et tekib genereerimine, lülitavad lüliti T välja ning saadavad vaheaegadega oma väljakutsesignaali samuti 3 minutit. Selle aja jooksul reguleeritakse esimese jaama vastuvõtja kõige tugevamale vastuvõtule.

8. Oma saate alguses annab teine saatja edasi tingmärgi, mis kinnitab esimese jaama saate vastuvõttu teise jaama poolt. Pärast seda antakse edasi vastus vastavalt vastuvõetud raadiogrammidele ning lõpuks saadetakse jälle oma väljakutsesignaali.

Selliseid telegrammivahetusi võib teha nii mitmel korral, et kõik gruppide liikmed saaksid iseseisvalt läbi teha nii saate kui vastuvõtu protsessi.

Aruande sisu

1. Töö nimetus ja eesmärk.
2. Kahepoolse raadioside täielik põhimõtteskeem.
3. Saate-vastuvõtuseadme lühike kirjeldus.
4. Töö käik.
5. Signaalide edasiandmise ja vastuvõtmise käik.

Kontrollküsimusi

1. Missugustest põhilistest osadest koosneb lihtne saate-vastuvõtuseade?
 2. Kuidas tuleb seade tööle lülitada ja häälestada signaalide saatmiseks?
 3. Mis on selle tunnuseks, et jaam töötab saatjana?
 4. Kuidas reguleeritakse jaam signaalide vastuvõtuks?
 5. Kuidas toimub raadiogrammide vahetamine kahe jaama vahel?
 6. Missugust koodi te kasutasite oma töö juures?
-

SISUKORD

Sissejuhatus

§ 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 valgustusseadme montaaž	21
§ 7.	Praktilised elektromontaažitööd	36
	Töö nr. 1. Praktiline tutvumine elektrivalgustusseadme aparaatidega	36
	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 lamejuhtmega	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	67

Teine osa. Tehnilised elektrimõõteriistad.

§ 10.	Elektrimõõteriistade klassifikatsioon	73
§ 11.	Tingmärgid mõõteriistade skaaladel. Mõõteriistade tingmärgid skeemidel	79
§ 12.	Praktilisi töid tehniliste elektrimõõteriistadega	80
	Töö nr. 7. Elektrimõõteriistade ehituse tundmaõppimine	80
	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)	97
	Töö nr. 13. Elektrilise võimsuse mõõtmine	101
	Töö nr. 14. Elektrienergia arvesti ülesseadmine ning kontrollimine	105

Kolmas osa. Alalis- ja vahelduvvoolumasinad. Kolmefaasiline vool.

§ 13.	Alalisvoolumasinade kasutamine	110
§ 14.	Alalisvoolugeneraatorid	111

§ 15.	Alalisvoolumootorid	114
§ 16.	Peavoolumootor	117
§ 17.	Haruvoolumootor	117
§ 18.	Vahelduvvoolu mõiste	118
§ 19.	Pöörlev magnetväli	119
§ 20.	Ühefaasilise vahelduvvoolumootori tööpõhimõte	121
§ 21.	Kolmefaasilise asünkroonmootori ehitus ja tööpõhimõte	123
§ 22.	Vahelduvvoolumootori võimsustegur	126
§ 23.	Transformaatorid	127
§ 24.	Praktilisi töid teemal: «Alalis- ja vahelduvvoolumasinad. Kolme- faasiline vool»	131
Töö nr. 15.	Alalisvoolumootori lahti- ja kokkumonteerimine ning selle lülitamine elektrivõrku	131
Töö nr. 16.	Auto alalisvooludünamo lahti- ja kokkumonteerimine ning katsetamine	135
Töö nr. 17.	Alalisvoolumootori võimsuse ja kasuteguri määramine	141
Töö nr. 18.	Ühefaasilise vahelduvvoolumootori lahti- ja kokkumonteerimine ning lülitamine elektrivõrku	147
Töö nr. 19.	Hööglampide lülitamine kolmefaasilisse võrku	150
Töö nr. 20.	Kolmefaasilise asünkroonmootori lahti- ja kokkumonteerimine ning võrku lülitamine	158
Töö nr. 21.	Kolmefaasilise asünkroonmootori võimsuse ja kasuteguri määramine	163
Töö nr. 22.	Trafo võrku lülitamine ning kasuteguri määramine mitmesuguste koormuste korral	168

Neljas osa. Raadioside

§ 25.	Raadio leitamine ja kasutamine	173
§ 26.	Raadioside põhimõte	174
§ 27.	Raadiotehniliste detailide tingmärgid joonistel	175
§ 28.	Antenn ja maandus	185
§ 29.	Pikselüliti	186
§ 30.	Detektorvastuvõtja	187
§ 31.	Elektron-(raadio-)lambid	189
§ 32.	Kenotronalaldajad	192
§ 33.	Madalsagedusvõimendaja	194
§ 34.	Endaergutusega lampgeneraator	196
§ 35.	Praktilised raadiotehnilised tööd	197
Töö nr. 23.	Detektorvastuvõtja ehitamine ja katsetamine	197
Töö nr. 24.	Elektronlampide tunnusjoonte koostamine	201
Töö nr. 25.	Trafota lampalaldaja ehitamine ja katsetamine	207
Töö nr. 26.	Trafoga lampalaldaja ehitamine ja katsetamine	211
Töö nr. 27.	Üheastmelise madalsagedusvõimendaja ehitamine ja katsetamine	215
Töö nr. 28.	Kaheastmelise madalsagedusvõimendaja ehitamine ja katsetamine	219
Töö nr. 29.	Lihtsa lampvastuvõtja ehitamine ja katsetamine	225
Töö nr. 30.	Väikese võimsusega kõrgsagedusgeneraatori tööle lülitamine ja katsetamine	228
Töö nr. 31.	Kahepoolse raadioside praktiline teostamine	232

С. К. Андриевский и А. Л. Бартиовский
ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ
для XI класса средней школы

*

Эстонское Государственное Издательство,
Талли, Пярнуское шоссе, 10.

*

Toimetaja L. A b o

Tehniline toimetaja Ü. L a u l

Korrektorid H. P e e k m a n n ja H. A b o

Ladumisele antud 28. I 1960. Trükkimisele antud
23. III 1960. Paber 60×92, $\frac{1}{16}$. Trükipoognaid 15. Arvu-
tuspoognaid 15,17. Trükiarv 1000. Tellimise nr. 1002.
Hans Heidemanni nimeline trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19

Hind rbl. 5.10

Rbl. 5.10

A-23/21

///

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00354676 1