G. KARU

ELEKTROTEHNIKA PRAKTIKUM KESKKOOLIS

A-24230 IV

G. KARU

ELEKTROTEHNIKA PRAKTIKUM KESKKOOLIS

PÕLTSAMAA KESKKOOLI TÖÖKOGEMUSI

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1961

6-T 2. 1
K 17

21 2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
53355

SISSEJUHATUS

Tänapäeva tööstuses rakendatakse ulatuslikult kompleksset mehhaniseerimist ja automatiseerimist. Tsehhide ja tervete tehaste automatiseerimine laieneb pidevalt. On loomulik, et tootvale tööle siirduval noorel peab olema teatud ettekujutus üldisest elektrotehnikast ja automatiseerimise alustest. Vastavad teadmised omandavad õpilased elektrotehnika praktikumi käigus, mis vastavalt õppeplaanidele viiakse läbi 11. klassis.

Elektrotehnika praktikumi ülesandeks on kaasaegse elektrotehnika saavutuste tutvustamine ja oskuste andmine nende rakendamiseks igapäevases elus ja tootmises. Põhilise osa praktikumi ajast hõlmavad praktilised tööd. Seepärast on ka käesolevas raamatus toodud ainult praktiliste tööde kirjeldused, teoreetilisi küsimusi on aga puudutatud niivõrd, kuivõrd neid on vaja läinud konkreetsete töökirjelduste juures.

Teatavat raskust valmistab koolides praegu vajalike seadmete ja mõõteriistade vähesus. Põltsamaa Keskkooli kogemused aga näitavad, et sellest saab kohalike tööstus- ja remondiettevõtete ja teiste asutuste heatahtliku abiga kergesti üle. Kõik kirjeldatud tööd on Põltsamaa Keskkoolis mitme aasta jooksul praktiliselt läbi tehtud. On loomulik, et paljudes koolides tuleb kasutada teistsuguseid seadmeid, ning sellega seoses ka tööde juhendeid muuta. Suures osas peaksid aga toodud tööjuhendid olema rakendatavad kõikides koolides.

I. PRAKTIKUMI ORGANISEERIMINE

Põltsamaa Keskkoolis puuduvad elektrotehnika praktikumiks vajalikud spetsiaalsed ruumid. Tunnid toimuvad füüsika klassis (suurusega 6,82 m × 6,85 m), milles on 16 horisontaalset lauda ja demonstratsioonilaud. Klass on varustatud kolmefaasilise vahelduvvooluga. Õpilaste laudadel voolu võtmise kohad puuduvad.

Õppevahendite ruum asub klassi kõrval ega vasta nõuetele ei suuruse (7,09 m × 2,53 m) ega muude tingimuste poolest.

Kõike seda tuli arvestada praktikumi organiseerimisel.

Elektrotehnika praktikumi riistade jaoks eraldasime osa õppevahendite kapist. Riistad paigutasime kappi komplektide kaupa. Riistakomplektide väljavõtmine ning tagasitoomine pärast praktikumi lõppu oli usaldatud õpilastele. Selline moodus võimaldas vahetunni jooksul praktikumi kiiresti üles seada ja tunni lõpul uuesti koristada. Samuti arendas selline moodus õpilaste korra- ja tööharjumusi. Töökohad ja klassiruum seati õpilaste poolt iga praktikumi lõpul täielikku korda. Töövahendite kaotsiminekut, tööriistade purunemist hooletu käsitsemise tagajärjel ja muid selliseid pahandusi ei ole meil siiani esinenud.

Kui alustasime elektrotehnika praktikumi organiseerimist, oli kooli materiaalne baas üsna napivõitu. Puudusid täielikult vahelduvvoolu mõõteriistad. Füüsika kabineti materjale sai ainult osaliselt kasutada.

Kuna koolil puudusid suuremad summad õppevahendite muretsemiseks, siis tuli leida teisi teid praktikumiks vajalike riistade saamiseks. Kohalikest ettevõtetest õnnestus hankida mõndagi vajalikku. Nii saime elektrijaamast vahelduvvoolu voltmeetri ja ampermeetri, tööstuskombinaadi mehhaanikatöökojast starteri ja autogeneraatori,

Tallinna Kaubasadamast elektrimootoreid, rajooni sidekontorist telefoniaparaadi, mitmesuguseid detaile jne.

Suur osa vajalikke riistu valmistati õpilaste poolt. Nii ehitati kenotronalaldaja, stend korteritüüpi elektriseadmestiku tundmaõppimiseks, stend kolmefaasilise vahelduvvoolu seaduste uurimiseks jne.

1956/57. õ.-a. oli juba enam-vähem täielikult võimalik täita programmiga määratud ülesandeid. Aastate jooksul on praktikumiks vajalike vahendite hulk pidevalt kasvanud, võimaldades viia läbi juba üsna arvukalt töid programmi nõuete terves ulatuses.

Elektrotehnika praktikumi põhiliseks ülesandeks on õpilastele oskuste andmine tehniliste elektrimõõteriistade, elektrimootorite, generaatorite, transformaatorite ja lihtsamate raadio-konstruktsioonide käsitsemises. Seepärast püüdsime enamiku programmis ettenähtud ajast pühendada praktilistele töödele. Nii kulutatakse praegu X—XI klassile ettenähtud 58 tunnist 40 tundi praktilistele töödele ja ainult 18 tundi teooriale.

Selline suhe teoreetiliste ja praktiliste tundide vahel võimaldab küllaldaste oskuste andmist programmi piirides. Nii väike teoreetiliste tundide arv ei võimalda kõiki teoreetilisi küsimusi tundides käsitleda. Osa teoreetilisi küsimusi tuleb seepärast juhenditesse sisse võtta. Nagu näitavad kogemused, ei kannata selle all õpilaste teadmiste tase. Nad tulevad juhendites antud teoreetilise materjaliga hästi toime.

Selleks et praktikum kulgeks häireteta, on tarvis tutvustada õpilastele sisekorra ja ohutustehnika eeskirju. Samuti on tarvis teatavaks teha tööde läbiviimise graafik.

Ohutustehnika eeskirjadega tuleb õpilasi tutvustada sissejuhatavas praktikumitunnis. Eriti tuleks rõhutada allpool toodud sisekorra eeskirjade punkte.

1. Iga õpilane peab töötama selles rühmas, kuhu ta on registreeritud.

2. Tööle asudes tuleb hoolikalt tutvuda juhendiga.

3. Töö käigu ja vaatlusandmete ülesmärkimiseks peab igal õpilasel olema vihik. Tööd tuleb vormistada korralikult. Eksituse korral tuleb mittetarvilik osa läbi kriipsutada ja uuesti kirjutada.

4. Iga praktikumis olev õpilane peab jälgima, et ta kaasõpilasi ei segaks.

5. Tööriistu ja -vahendeid tuleb käsitseda ettevaatli-

kult ja hoolikalt. Pärast töö lõppu tuleb kõik töövahendid puhtalt ning korrastatult oma endistele kohtadele tagasi panna.

6. Enne töökohalt lahkumist tuleb see täielikult korrastada.

7. Kõikidest aparaatide riketest tuleb viivitamatult teatada.

8. Õppevahendite enda kätte jätmine või koju viimine on keelatud.

9. Tööd tuleb teha iseseisvalt. Mitte kasutada teiste poolt varem saadud vaatlusandmeid.

10. Pärast töö sooritamist tehakse arvestus, kus kontrollitakse nii õpilaste teoreetilisi teadmisi kui ka tööga seotud praktilisi oskusi.

Nimetatud eeskirjad tuleb õpilastele teatavaks teha ja praktikumi ruumis asuvale teadete tahvlile ka välja panna.

Samas tunnis tutvustatakse õpilasi ka praktikumi protokollide vormistamise järgmiste küsimustega.

1. Protokollid tuleb kirjutada erivihikusse.

2. Igal tööl peab olema järjekorranumber, töö pealkiri, töövahendite loetelu ja töö sooritamise kuupäev.

3. Töö käigu kirjelduses peavad esinema vaatlusandmed, arvutused ja tulemused, mis tuuakse tööjuhendis antud tabeli kujul. Kõik arvutused, mida ei tehta peast, peavad olema toodud protokollis.

4. Iga töö lõpul peavad esinema kokkuvõte ja järeldused.

Töö praktikumis toimub teadete tahvlile väljapandud graafiku järgi. Sellisel graafikul võiks olla lk. 8 toodud tabeli kuju.

Samale tahvlile asetatakse ka tööde loetelu.

Iga tööd tehakse selleks ettenähtud laual. Tööde paigutus laudadele on varem kindlaks määratud ja on õpilastele teada. Selline moodus võimaldab koheselt tööd alustada.

Tööde hoolika teostamise ning ettenähtud materjali kindla omandamise tagamiseks on vajalik tihe ja süstemaatiline juhendamine ning hindamine. Meie tööpraktikas on välja kujunenud järgmine süsteem.

Töö käigus esinevate küsimuste lahendamiseks pöörduvad õpilased õpetaja poole selgituste saamiseks. Tundides teeb õpetaja tähelepanekuid ka üksikute õpilaste töösse suhtumise kohta.

Jrk. nr.	Kuup. / Õpilase nimi	17. IX	1. X	15. X	29. X	12. XI	26. XI
1.	Allik, Mare Annus, Anne	Töö nr. 1	Töö nr. 2	Töö nr. 3	Töö nr. 4	Töö nr. 5	Töö nr. 6
2.	Freiberg, Vello Gutman, Aili Jaanre, Maire	2	3	4	5	6	1
3.	Jõenurm, Kalju Karlson, Ivo Kasesalu, Maie	3	4	5	6	1	2
4.	Koobas, Eerik Kool, Jüri Kurik, Mati	4	5	6	1	2	3
5.	Paju, Mati Laissaar, Helle	5	6	1	2	3	4
6.	Laur, Vello Leidur, Koidu	6	1	2	3	4	5

Pärast töö sooritamist võib iga rühm ühe eksemplari tööjuhendist endaga koju kaasa võtta. (Teine eksemplar jääb füüsika kabinetti. Samas säilitatakse ka tagavaraeksemplarid, mida tuleb kasutada siis, kui keegi õpilastest juhtub järgmisel tunnil puuduma ja ei ole tema käes olevat juhendit ära saatnud.) Järgmiseks praktikumi tunniks peavad kõik rühmad esitama tööde aruanded, mis on kantud selleks ettenähtud vihikusse. Samuti peavad õpilased olema tuttavad töös esineva teoreetilise materjaliga ja praktikumi juhendites antud lisaküsimustega.

Samal tunnil toimub ka eelmise tunni töö arvestus ja hindamine. Töö hindamisel kontrollitakse niihästi õpilaste teoreetilisi teadmisi kui ka praktilisi oskusi. Näiteks lastakse avomeetri tundmaõppimisel korraldada sellega praktilisi mõõtmisi, selgitada skeemide koostamist jne.

Selline süsteem võimaldab õpetajal saada iga õpilase teadmistest ja oskustest põhjaliku ülevaate ja innustab õpilasi tööle, sest nad teavad, et iga nende tööd kontrollitakse ja hinnatakse.

Praktikumi lõpul toimub kokkuvõtlik tund, kus korratakse ja üldistatakse läbivõetud küsimusi.

Sellist kontrollimissüsteemi rakendades on võimalik kõiki õpilasi objektiivselt hinnata nii teoreetiliste teadmiste kui ka praktiliste oskuste osas.

II. PRAKTIKUMIKS VAJALIKUD VAHENDID JA MATERJALID.

Praktikumi läbiviimisel on määrava tähtsusega tööks vajalike materjalide ja mõõteriistade õige ja ratsionaalne komplekteerimine. Õppevahendeid ja materjale ei saa muretseda juhuslikult, ilma eelneva perspektiivplaanita.

Alustada tuli tööriistadest, mida sai kasutada suurema arvu tööde juures. Selline tööriistade soetamine võimaldas juba esimesel õppeaastal viia läbi arvukalt praktilisi töid. Uute seadmete juurdemuretsemisega suurenes vastavalt ka tööde arv, mida oli võimalik läbi viia. Momendil on meil elektrotehnika praktikumi läbiviimiseks kasutada järgmine töö- ja mõõteriistade ning seadmete kogu.

Jrk. nr.	Vahendi nimetus	Arv	Millises töös kasutatakse (töö järjekorranumber)
1.	Autogeneraator KATƏK . . .	1	8
2	Autostarter	1	9
3.	Asünkroonmootor (2,2 kW) . .	1	11
4.	Asünkroonmootor (4,5 kW) . .	1	11
5.	Asünkroonmootor (0,125 kW) . .	1	11, 17
6.	Kommutaatormootor	1	12
7.	Kooli universaal-transformaator .	1	13, 18
8.	Kino autotransformaator KAT-12	1	14
9.	Kenotronalaldaja	3	18, 20, 21
10.	Alalis- ja vahelduvvoolu generaatori mudel	1	20
11.	Grammofon	1	21
12.	Madalsagedusvõimendaja püstpaneelil	1	21
13.	Gasotronalaldaja	1	18

Jrk. nr.	Vahendi nimetus	Arv	Millises töös kasutatakse (töö järjekorranumber)
14.	Telefoniaparaat УКАИ-42 . . .	1	17
15.	Magnetelektriline voltmeeter lahtivõtmiseks	1	1
16.	Elektromagnetiline voltmeeter lahtivõtmiseks	1	1
17.	Elektromagnetiline ampermeeter lahtivõtmiseks	1	1
18.	Etaloon-ampermeeter	1	2
19.	Kontrollitav ampermeeter . . .	1	2
20.	Etaloon voltmeeter	1	2
21.	Kontrollitav voltmeeter . . .	1	2
22.	Milliampermeeter ПМ-70 (10 mA)	1	18
23.	Milliampermeeter ПМ-70 (150 mA)	1	8, 18
24.	Alalisvoolu ampermeeter (3 A)	1	3
25.	Alalisvoolu voltmeeter M340 (30 V)	1	18
26.	Voltmeeter ACTB (150/300 V) . .	1	18
27.	Elektrienergia arvesti CO-1 .	2	4, 13, 14
28.	Vahelduvvoolu ampermeeter ЭК-120 (5 A)	1	4, 13
29.	Vahelduvvoolu voltmeeter Э30 (250 V)	2	4, 13, 14
30.	Vahelduvvoolu voltmeeter ЭН (450 V)	1	10
31.	Vahelduvvoolu ampermeeter ЭП-2 (1 A)	1	10, 13
32.	Vahelduvvoolu ampermeeter ЭП-2 (2,5 A)	2	11, 14
33.	Kooliavomeeter	1	5, 11
34.	Vahelduvvoolu voltmeeter ЭП-2 (30 V)	1	13
35.	Demonstratsioon-galvanomeeter koos šuntide ja eeltakistuste komplektiga	1	3
36.	Stopper	3	4, 12, 13, 14
37.	Valjuhääldaja	1	19
38.	Kaalud koos vihtidega	1	12
39.	Nihkkaliiber	1	12
40.	Pööretelugeja	1	12
41.	Kooli ostsillograaf koos pöördpeegliga	1	20
42.	Kumerlääts alusel	1	20
43.	Filmoskoop	1	20
44.	Kruvikeeraja	2	1, 6, 7
45.	Taskulambi patarei	4	1, 2, 8, 9
46.	Lamp (3,5 V)	4	1, 5, 8, 9
47.	Lamp (12 V)	2	13
48.	Laboratoorset tüüpi lüliti . . .	4	1, 2, 3, 8, 9

Jrk. nr.	Vahendi nimetus	Arv	Millises töös kasutatakse (töö järjekorranumber)
49.	Ümberlüliti	1	18
50.	Juhtmete komplekt kaablikingadega	4	1, 2, 3, 18, 21
51.	Reostaat (10 Ω, 2 A)	1	2
52.	Reostaat (560 Ω, 0,6 A)	1	2, 13
53.	Potentsiomeeter (5000 Ω, 0,2 A)	1	18, 21
54.	Potentsiomeeter (1100 Ω, 0,4 A)	1	16
55.	Reostaat (28 Ω, 5 A)	1	4, 18
56.	Potentsiomeeter (500 kΩ)	1	21
57.	Väljandtransformaator	1	21
58.	Elektripliit (600 W)	1	4, 17
59.	Ühendusjuhtmed	4	4, 6, 13, 14, 17, 18
60.	Komplekt raadiotakistusi	1	5
61.	Lambipesa	12	6, 7, 10
62.	Pistikupesa	3	6, 7
63.	Lihtlüliti	2	6, 7
64.	Vahelduslüliti	2	7
65.	Kahepooluseline lüliti	1	7
66.	Lamp (220 V)	17	4, 6, 7, 10, 14
67.	Harukarp	5	6, 7
68.	Pistik	2	6, 7
69.	Isoleerpael	1	6
70.	Nuga	2	6
71.	Sulavkaitsmed	6	6, 7, 10
72.	Kolmepooluseline lüliti	1	10
73.	Koormuste kogumik	1	12
74.	Pangeke liivaga	1	12
75.	Ekraan	1	20
76.	Lampreostaat	2	4, 14, 20
77.	Kogumik «Raadiotehnik»	1	19
78.	Kaksiktriood 6H7C	1	18
79.	Küttepatarei	1	19
80.	Anoodpatarei	1	19
81.	Termorelee töötav mudel	1	15
82.	Magnetkäiviti töötav mudel	1	15
83.	Magnetkäiviti РПМР-О-3	1	15
84.	Automaatlüliti АП25	1	16
85.	Vahelduvvoolu ampermeeter ЭП-2	1	16

Tabeli vaatlemisel selgub, et on välditud keerukaid ja kalleid seadmeid. Seda seepärast, et kooli eelarve ei ole võimaldanud nende muretsemist. Kuid ka olemasolevate vahenditega saab küllaltki edukalt täita porgrammi nõudeid.

III. TÖÖJUHENDID.

Töö nr. 1.

Elektrimõõteriistade tundmaõppimine.

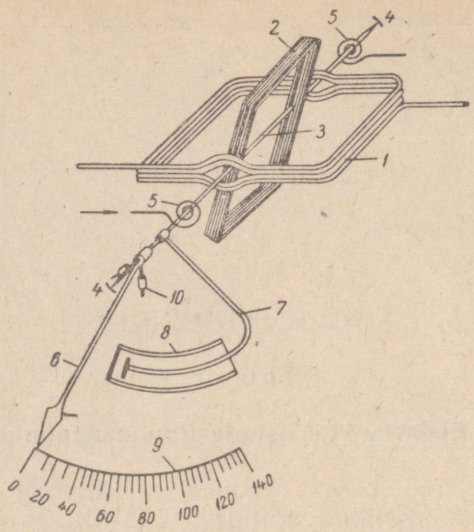
Töövahendid: 1) magnetelektriline voltmeeter, 2) elektromagnetiline voltmeeter, 3) elektromagnetiline ampermeeter, 4) kruvikeeraja, 5) vooluallikas, 6) lamp, 7) lüliti, 8) juhtmed.

Elektrodünaamiline mõõteriist koosneb kahest poolist — seisvast poolist ja osutiga ühendatud pöörduvast poolist. Töötamise põhimõttelt on elektrodünaamiline mõõteriist analoogiline magnetelektrilise mõõteriistaga. Püsivmagneti magnetvälja asendab siin seisva pooli poolt voolu läbiminekul tekitatud magnetväli (vt. joon. 1).

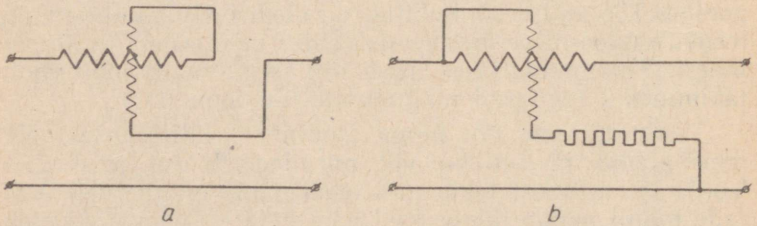
Voolutugevuse või pinge mõõtmisel lülitatakse mõlemad poolid järjestikku või paralleelselt (vt. joon. 2,*a*). Voolu läbiminekul tekib mõlemas poolis magnetväli. Väljade mõjul püüab liikuv pool pöörduda nii, et väljad oleksid paralleelsed. Liikuvat pooli ja sellega ühendatud osutit hoiavad nullseisus vastavad spiraalvedrud. Voolu suuna muutmisel muutub välja suund korraga mõlemas poolis ja seetõttu jääb hälve endiseks.

Siit järeldub riista kõlblikkus nii alalis- kui ka vahelduvvoolu mõõtmiseks. Mõõtmise täpsus on kuni 0,2% lõpphälbest. Skaala on ebaühtlase jaotusega, sest hälve on võrdeline voolutugevuse ruuduga.

Riista kasutatakse vahelduvvoolu täpseks mõõtmiseks. Peamiselt rakendatakse teda aga vattmeetrina elektrivoolu võimsuse mõõtmisel. Sel juhul lülitatakse poolid joonisel 2, *b* toodud skeemi kohaselt. Üht mähist läbib siis kogu mõõdetav vool ja teist läbi suure eeltakistuse pingega võr-



Joon. 1. Elektrodünaamilise mõõteriista skeem.

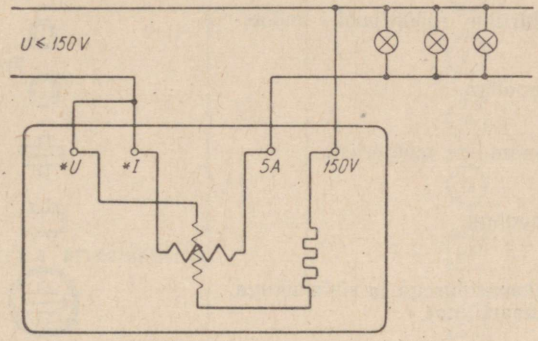


Joon. 2. Elektrodünaamilise mõõteriista lülitus.
a — voolutugevuse mõõtmisel; *b* — võimsuse mõõtmisel.

deline vool. Sellise lülituse korral on hälve võrdeline poolide voolutugevuste korrutisega. Et aga ühe pooli voolutugevus on võrdeline pingega, siis on hälve võrdeline voolutugevuse ja pinge korrutisega, s. o. voolu võimsusega. Vattmeetril on tavaliselt neli klemmi. Kaks neist on voolumähise ja kaks pingemähise klemmid. Vattmeetri АСТД ühendusskeem on toodud joonisel 3.

Iga mõõteriista skaalale on normide kohaselt märgitud:
1) tehase nimetus (või märk),

2) seeria- (järjekorra-) number,
3) mõõtepiirkond,
4) täpsusklass,
5) vooluliik ja faaside arv,
6) mõõtesüsteemi ehitus (vt. tabel 1. I),
7) normaalne asend (vt. tabel 1. II),
8) proovipinge voltides,
9) sagedus vahelduvvooluriistal (võib ka ära jääda, kui see on 15—60 Hz piirides),



Joon. 3. Vattmeetri põhimõtteline lülitusskeem.

10) mõõtetrafo ülekandearv, kui mõõteriist on määratud ühendamiseks mõõtetrafo kaudu (näit. 10/5 A või 6000/100 V),
11) talitlusriistade lülitusskeem, kui riistal on rohkem kui kaks klemmi.

GOST 1845-52 järgi jaotatakse elektrimõõteriistad seitsmesse täpsusklassi: 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 ja 4,0. Täpsusklass on märgitud skaalale ja ümbritsetud ringiga. Märgitud numbrid näitavad suurimat lubatavat taandatud viga protsentides. (Mõõteriista taandatud veaks nimetatakse tema skaala lõpphälbele vastavat relatiivset viga.) Näiteks täpsusklassi 0,5 puhul võib suurim relatiivne viga skaala lõppjaotisel olla $\pm$ 0,5%, skaala teistes osades aga tunduvalt suurem.

Täpseteks mõõtmisteks kasutatakse riistu täpsusklassiga 0,1, 0,2 ja 0,5. Tehnilised mõõteriistad vastavad enamasti täpsusklassile 1,5 ja 2,5. Koolimõõteriistad («школьные») on väljaspool täpsusklasse.

Tabel 1. I.

Mõõteriistade mõõtesüsteemi ehituse tähistamiseks kasutatavad tingmärgid.

Mõõtesüsteem	Mõõtesüsteemi tingmärk
Elektromagnetiline (pehmeraud-) mõõteriist.	
Magnetelektriline (pöördpool-) mõõteriist.	
Sama ristpooliga.	
Elektrodünaamiline mõõteriist.	
Sama ristpooliga.	
Sama raudkapseldusega ja südamikuga (ferrodünaamiline).	
Kuumtraatmõõteriist.	

Vooluliigi ja tarvitamisasendi märkimine. Tabel 1. II

Vooluliik või asetusviis	Tingmärk
Kõlblik mõõtmisteks alalisvooluringis.	
Kõlblik mõõtmisteks ühefaasilises vahelduvvooluringis.	
Kõlblik mõõtmisteks alalis- ja ühefaasilistes vahelduvvooluringides.	
Püstine asend — uus tähistus.	
Püstine asend — vana tähistus.	
Lamav asend — uus tähistus.	
Lamav asend — vana tähistus.	
Kaldasend.	
Osuti nullkorrektsioon	

Tabel 1. III.

Mõõteriistade tingtähistused skeemidel.

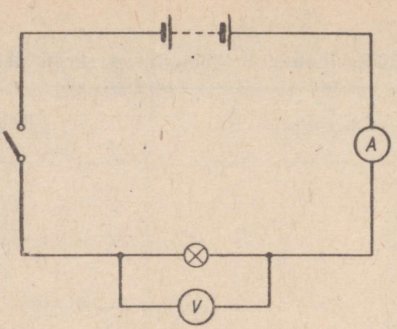
Riista nimetus	Tähistus
Ampermeeter	
Voltmeeter	
Sagedusmõõtja	
Vattmeeter	
Oommeeter	
Arvesti (energia arvestamiseks)	
Elektrihulga arvesti	

Skeemidel tähistatakse elektrimõõteriistad ringidega. Ringis olev täht näitab, millise mõõteriistaga on tegemist. Isekirjutavad mõõteriistad märgitakse ruutudega. Arvesti märgitakse ruuduga, mille kohale on kujutatud ristkülik.

Mõõteriistade tingtähistused skeemidel on esitatud tabelis 1. III.

T ö ö k ä i k. Võta maha antud mõõteriistade katted ja tutvu nende ehitusega. Määra kindlaks mõõtesüsteemi liik. Leia tingtähistused ja kanna nad aruandesse. Mõõteriistade ehituse skeemid joonesta vihikusse.

Võrdle elektromagnetilise ampermeetri ja voltmeetri ehitust. Mille poolest ja miks nad erinevad teineteisest? Kirjelda mõõteriistade töötamise põhimõtet. Tutvu volt- ja ampermeetri instruktsiooniga. Koosta vooluring joonisel 4 toodud skeemi kohaselt ja lülita sellesse mõõteriistad ilma kateteta. Jälgi mõõteriistade tööd. Määra volt- ja ampermeetri näitude järgi lambi võimsus.



Joon. 4. Vooluring mõõteriistade töötamisega tutvumiseks.

Täiendavaid küsimusi.

1. Mis on absoluutne, relatiivne ja taandatud viga?
2. Arvutada mõõtmisel tehtav absoluutne viga, kui mõõteriista täpsusklass on 1,5 ja mõõdupiirkond on 450 V.

Kirjandus.

Vardja ja Agur. Amatöörelektrik.
A. Põdrus. Elektriteooria ja mõõtmistehnika.
K. A. Kask. Elektrienergia kasutamine ja säästmine.
Astafjev jt. Elektrotehnika.
Pjoriškin. Füüsika X—XI kl. § 83.

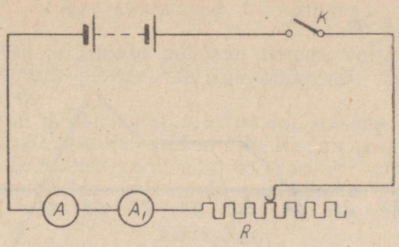
Märkus. Üksikasjalised andmed kirjanduse kohta on toodud raamatu lõpus.

Töö nr. 2.

Voltmeetri ja ampermeetri näitude kontrollimine.

Töövahendid: 1) täpne ampermeeter; 2) kontrollitav ampermeeter; 3) täpne voltmeeter; 4) kontrollitav voltmeeter; 5) lüliti; 6) reostaat; 7 vooluallikas; 8) ühendusjuhtmed.

Töö käik: Kuna igasuguste mõõteriistade näidud aja jooksul muutuvad, siis on tarvis neid aeg-ajalt kontrollida, s. o. võrrelda täpsemate sama liiki mõõteriistadega. Kooliampermeetri kontrollimine vii läbi joonisel 5 toodud skeemi järgi. Väikeste voolutugevuste saamiseks kasuta algul suurema takistusega reostaati. Kui voolutugevus on juba ületanud selle reostaadi jaoks suurima lubatud väärtuse (0,8 amprit), siis lülita vooluringi teine reostaat.



Joon. 5. Skeem ampermeetri kontrollimiseks. *A* — kontrollitav ampermeeter; A_1 — täpne (etaloon-) ampermeeter.

Suurenda voolutugevust nullseisust alates 0,1 A kaupa ja märgi üles mõlemate riistade näidud. Kui oled jõudnud maksimaalse hälbeni, siis vähenda voolutugevust 0,1 A kaupa kuni nullseisuni. Tulemustest leia aritmeetiline keskmine ja kanna alltoodud tabelisse. Saadud andmete alusel võib leida mõõteriista paranduse.

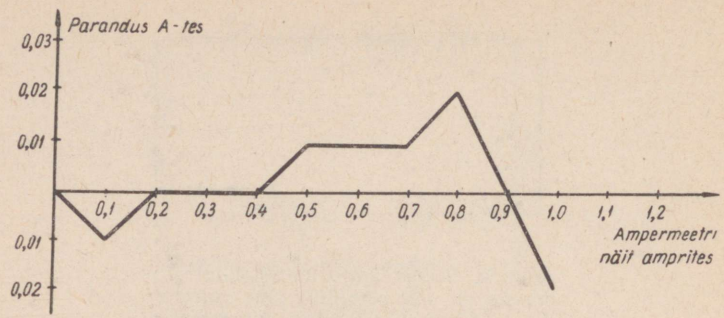
Kontrollitav ampermeeter nr.	Täpne ampermeeter	Parandus
0 A	0 A	—
0,1 A	0,15 A	+0,05
0,2 A	0,18 A	−0,02

Mõõteriista paranduseks nimetatakse täpse mõõtmistulemuse ja mõõteriista näidu vahet. Selleks et saada õiget mõõtmistulemust, tuleb mõõteriista näidule liita parandus.

Saadud tulemuste põhjal koosta paranduste kõver (joon. 6). Mõõteriistu ei tohi võrdlemisel mitte liiga lähestikku asetada, kuna siis nende magnetväljad mõjutaksid teineteist ning mõõteriistad näitaksid valesti.

Teine paranduste kõver tuleb teha eraldi paberile ja anda õpetajale koos kontrollitud ampermeetriga. Paranduste kõverale märkida kontrollija nimi ja kontrollimise aeg.

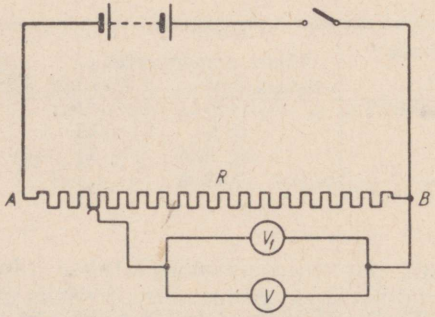
Voltmeetri kontrollimisel kasutatakse reostaati potentsiomeetrilises lülituses (vt. joon. 7). Selline lülitus võimaldab muuta sujuvalt pinget nullist kuni täisväärtuseni. Reostaatidest tuleb kasutada suurema takistusega reos-



Joon. 6. Ampermeetri paranduste kõver.

taati. Vooluallikaga ühendatakse reostaadi alumised klemmid.

Lükates liikuvat kontakti punktist *B* järjest eemale, suurendad pidevalt pinget.



Joon. 7. Skeem voltmeetri kontrollimiseks. *V* — kontrollitav voltmeeter; V_1 — täpne (etaloon-) voltmeeter.

Määra voltmeetrite näidud iga kümnendiku voldi tagant kuni maksimaalse hälbeni ja sealt tagasi nullini ning koosta paranduste tabel ning paranduste kõver (analoogiliselt ampermeetri paranduste tabeliga ja kõveraga). Mõõteriistu mitte liiga lähestikku asetada!

Teine paranduste kõver joonesta erilehele, märgi sellele voltmeetri number, kontrollija nimi ja kuupäev ning anna õpetajale koos kontrollitud voltmeetriga.

1. Defineerida järgmised mõisted: amper, volt, kulon, oom.
2. Kuidas sõltub juhtme takistus pikkusest, ristlõikest, materjalist, temperatuurist?
3. Miks antud töös kasutatav suure takistusega reostaat kannatab väiksemat voolutugevust kui väikse takistusega reostaat?
4. Kuidas lülitatakse vooluringi voltmeeter? ampermeeter?
5. Mida nimetatakse mõõteriista paranduseks?

Kirjandus.

Pjorõškin. Füüsika X—XI kl.

Töö nr. 3.

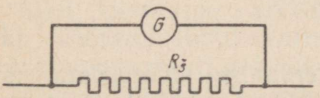
Lihtsaima universaalse mõõteriista koostamine alalisvoolu tugevuse ja pinge mõõtmiseks. Šuntide ja eeltakistuste valimine.

Töövahendid: 1) kooli demonstratsioongalvanomeeter; 2) mitmesugused šundid ja eeltakistused; 3) lampreostaat; 4) vooluallikas; 5) ühendusjuhtmed; 6) etaloonampermeeter; 7) reostaat (5 A).

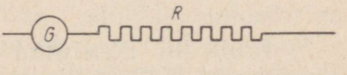
Tehnilistel mõõtmistel kasutatakse universaalseid mõõteriistu, mis võimaldavad mõõta mitmesuguseid pingeid, voolutugevusi ja takistusi. Selliseid mõõteriistu nimetatakse avõmeetriteks. Lihtne universaalne mõõteriist koosneb galvanomeetrist, šuntidest ja eeltakistusest. Šunte ja eeltakistusi kasutatakse galvanomeetri mõõtepiirkonna laiendamiseks. Šuntide ja eeltakistuste valiku põhimõtetega tuleb tutvuda füüsika õpiku põhjal. (Füüsika X—XI kl. §46 ja 48.)

Koolis kasutatav demonstratsioongalvanomeeter on varustatud šuntidega 3 A ja 10 A ning eeltakistustega 5 V ja 15 V.

Šundi ühendamist galvanomeetriga selgitab joonis 8. Šunt ühendatakse galvanomeetriga paralleelselt, sest ta peab üleliigse voolu galvanomeetrist mööda juhtima.



Joon. 8. Ampermeetri ehituse skeem.



Joon. 9. Voltmeetri ehituse skeem.

Eeltakistuse ühendamine galvanomeetriga on toodud joonisel 9.

Enne universaalse mõõteriistaga mõõtmist tuleb selgitada, millist šunti või eeltakistust on vaja antud juhul kasutada. Selleks on tarvis orienteeruvalt määrata mõõdetava voolu tugevus või pinge.

Töö käik. 1) Tutvu hoolikalt universaalse mõõteriista skeemidega joonistelt 8 ja 9. Määra antud galvanomeetri elektrilised andmed: nimivool, sisetakistus või nimipinge, ja märgi saadud andmed tööaruandesse.

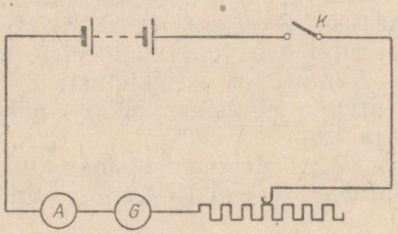
2) Määra orienteeruvalt voolutugevus vooluringis, mis koosneb 6-voldise pingega akumulaatorist ja 15-vatise võimsusega ja 6-voldise pingega lambist.

3) Leitud voolutugevuse põhjal tee kindlaks, milline šunt on vajalik ühendada galvanomeetriga, et mõõta voolutugevust antud lambis. Varusta galvanomeeter vastava skaalaga.

4) Koosta vooluring, esita see kontrollimiseks ja määra pärast seda tegelik voolutugevus lambis.

5) Vooluring koosneb akumulaatorpatareist pingega 6 V, reostaadist ja autolambist. Määra orienteeruvalt pinge lambis, vali selle põhjal galvanomeetrile sobiv eeltakistus ja paiguta mõõteriista sellele takistusele vastav skaala.

6) Koosta vooluring, esita see kontrollimiseks ja määra seejärel pinge lambi klemmidel ning reostaadis.



Joon. 10. Universaalse mõõteriista näitude kontrollimine. *A* — etaloon-mõõteriist; *G* — koostatud universaalne mõõteriist.

7) Kontrolli koostatud universaalse mõõteriista näitude õigsust. Selleks koosta vooluring joonisel 10 toodud skeemi kohaselt.

Jälgi etaloon-mõõteriista ja reguleeri reostaadi abil

voolutugevust seni, kuni see saavutab antud šundiga varustatud mõõteriistale määratud suurima lubatud väärtuse (näiteks 3 A šundi puhul 3 amprit). Seejärel kontrolli universaalse mõõteriista näitu. Kui selle osuti ei ühti skaala lõppjaotisega, on šundi takistus vale. Kui erinevused on suured, ei saa antud šunti kasutada, vaid tuleb valmistada uus šunt või mõõteriist ümber gradueerida.

Täiendavaid küsimusi.

1. Millist mõõteriista nimetatakse universaalseks?
2. Milleks ühendatakse mõõteriistaga šunt?
3. Milleks ühendatakse mõõteriistaga eeltakistus?
4. Kuidas kontrollida valitud eeltakistuse sobivust antud mõõteriistaga?

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Vardja ja Agur.* Amatöörelektrik.
3. *Põdrus.* Elektriteooria ja mõõtmistehnika.

Töö nr. 4.

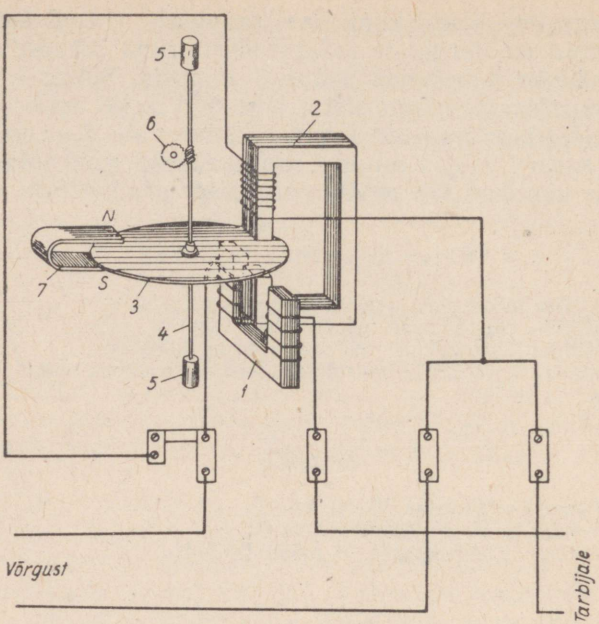
Elektriarvesti tundmaõppimine ja kontrollimine.

Töövahendid: 1) arvesti (voolumõõtja), 2) elektripliit, 3) ampermeeter mõõtepiirkonnaga 5 A, 4) voltmeeter mõõtepiirkonnaga 220 V, 5) stopper, 6) ühendusjuhtmed, 7) lampreostaat, 8) liikuva kontaktiga reostaat voolutugevusele kuni 5 A.

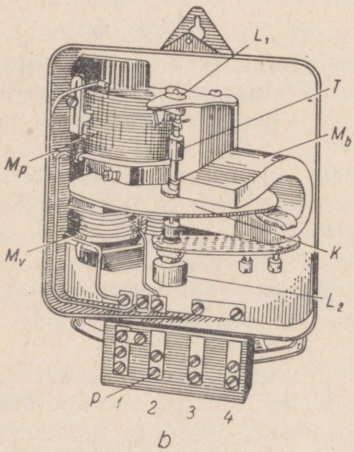
Elektriarvestiteks nimetatakse riistu, mis registreerivad (arvestavad) tarvitatud elektrienergiat. Elektriarvestites pannakse voolu mõjul pöörlema vertikaalsel teljel olev ankur. Pöörete arv, mis on võrdeline vatt-tundidega, kantakse tiguajami ja hammasrataste abil numeraatorile. Mõõdetavat energiahulka näitab numeraatori alg- ja lõppseisude vahe.

Meil kasutatav arvesti kuulub induktsioonarvestite liiki. Töötamisviisilt sarnaneb ta induktsioonmootoriga. Induktsioonarvesti ehituse skeem on näidatud joonisel 11.

Alumiiniumkettale mõjuvad voolumagnet M_v, (2—20 keerdu) ja pingemagnet M_p (500Ω—10 000 keerdu). Mõlemad tekitavad magnetväljad, kuid viimases hilineb välja



a

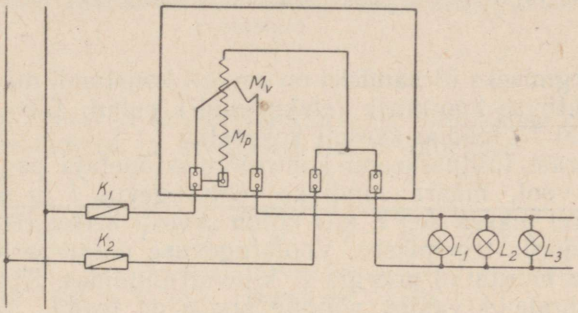


b

Joon. 11. Induktsioonarvesti. *a* — arvesti skeem; *b* — arvesti ehitus. M_v — voolumagnet; M_p — pingemagnet; M_b — pidurmagnet, K — alumiiniumketas; L_1, L_2 — tugiaagrid; T — tiguajam; P — klemmlaud.

tekkimine omainduktsiooni tõttu ligikaudu 90° ($\frac{1}{4}$ perioodi) võrra, mistõttu saavutatakse kestvalt ühelt pooluselt teiseni nihkuv magnetväli, mis veab ketta (selles voolu indutseerides) endaga kaasa. Voolu- ja pingemagneti kombinatsiooni nimetatakse ajursüsteemiks. Selleks et pöörlemise kiirus oleks võrdeline koormusega, kasutatakse pidurmagnetit M_b. Ketta pöörlemine kantakse tiguratta T abil numeraatorile N. Ketta poolt tehtud pöörete arv on võrdeline arvestit läbinud energiahulgaga.

Arvesti ühendamine võrguga on näidatud joonisel 12.



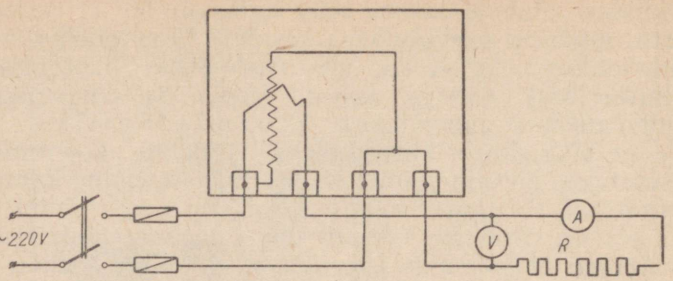
Joon. 12. Ühefaasilise arvesti ühendamine võrguga. K_1, K_2 sulavkaitsmed; M_p — pingemagnet; M_v — voolumagnet; L_1, L_2, L_3 — lambid.

Arvestid ehitatakse voolutugevusele 5 ja 10 A ning pingele 127 ja 220 V. Tugevamate voolude ja kõrgemate pingete korral kasutatakse trafosid.

Iga arvesti sildil peab olema normide kohaselt märgitud tehase nimi, arvesti number, vooluliik, pinge, nimivool, sagedus ja arvesti konstant. Arvesti konstant K näitab, mitu pööret peab arvesti ketas (ankur) tegema selleks, et numeraatori rullide edasiliikumine vastaks ühele kilovatt-tunnile.

Tegelikult aga pole arvesti ketta pöörete arv ühe kilovatt-tunni kohta täpselt võrdne konstandiga K. Arvesti ketas pöörleb kiiremini või aeglasemalt ja teeb 1 kWh kohta mitte K, vaid C pööret. C võib olla K-st suurem või väiksem.

Töö käik. Võta arvestilt kate, tutvu arvesti ehitusega ja joonesta skeem vihikusse.



Joon. 13. Arvesti konstandi määramise skeem. *R* — elektripliit.

Järgmiseks ülesandeks on arvesti konstandi määramine puhtaktiivse koormuse (elektripliidi) puhul. Töö vii läbi joonisel 13 toodud skeemi kohaselt.

Pärast lülitusskeemi kontrollimist õpetaja poolt lülita sisse vool, määra kindlaks voolutugevus *I* ja pinge *U*. Seejärel määra aeg *t*, mis kulub arvesti kettal 100, 120 ja 150 pöörde tegemiseks. Voolutugevuse pinge ja aja järgi arvuta kulutatud energia *A* kilovatt-tundides. Kuna energiahulgale *A* vastav pöörete arv *n* on teada, siis saab määrata arvesti konstandi.

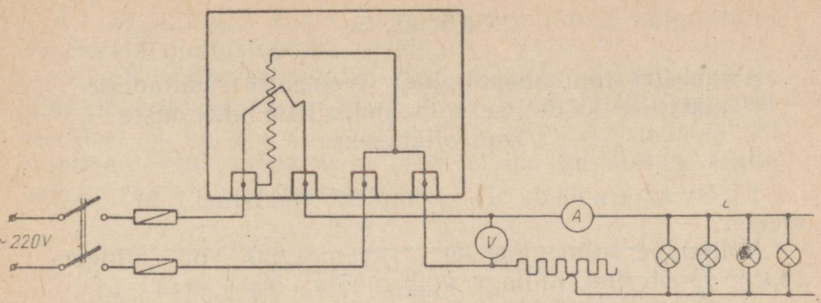
Tulemused kanna tabelisse.

Jrk. nr.	*U*	*I*	*n*	*t*	*A*	*K*
	V	A	pööret	sec	kWh	
1.			100			
2.			120			
3.			150			
				Keskmine:		

Järgnevalt kontrolli arvesti täpsust. Selleks kasuta joonisel 14 esitatud lülitusskeemi.

Normide kohaselt ei tohi arvesti konstandi relatiivne viga olla üle 2,5%.

Vali reostaatide abil erinevaid koormusi ja määra seejuures arvesti konstant. (Koormusvoolude leidmisel arvesta seda, et kasutadaoleva arvesti nimivool on 5 A.) Seejärel arvuta arvesti konstandi relatiivne viga erinevate



Joon. 14. Lülitusskeem arvesti täpsuse hindamiseks. *L* — lampreostaat.

koormuste korral ja tee järeldus arvesti kõlblikkuse kohta. Mõõtmistulemused ja arvutused kanna tabelisse.

Jrk. nr.	Koormusvool (protsentides) nimiväärtusest	*I*	*U*	*n*	*t*	*A*	K_1	*K*	$\frac{K_1}{K}$
		A	V	pööret	sec	kWH			%
1.	5 %			10					
2.	10 %			10					
3.	25 %			10					
4.	50 %			50					
5.	00 %			50					

Täiendavaid küsimusi.

1. Milles seisneb elektromagnetiline induktsioon?
2. Sõnastada Lenzi reegel.
3. Kuidas arvutatakse elektrivoolu tööd? Milliseid ühikuid kasutatakse selle töö mõõtmisel?

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *A. Põdrus.* Elektriteooria ja mõõtmistehnika.
3. *K. A. Kask.* Elektrienergia kasutamine ja säästmine.

Töö nr. 5.

Avomeetri tundmaõppimine. Avomeetri kasutamine takistuse mõõtmiseks ja elektriliste ühenduste kontrollimiseks.

Töövahendid: 1) komplekt takistusi, 2) avomeeter.

Milliampervoltoommeeter (avomeeter) on universaalne mõõteriist, millega võib mõõta:

a) alalisvoolu tugevust;
b) alalisvoolu pinget;
c) vahelduvvoolu tugevust;
d) vahelduvvoolu pinget;
e) takistust.

Tehnilised andmed:

1) tööasend — horisontaalne;

2) mõõteriist töötab temperatuurivahemikus +50 kuni —35° C piirides;

3) mõõtepiirkonnad:

a) alalisvoolu tugevus . 0—500 mA;
b) vahelduvvoolu tugevus 0—500 mA;
c) alalispinge . . . 0—500 V;
d) vahelduvpinge . . 0—500 V;
e) takistus . . . . 0—2 megoomini (MΩ);

4) mõõtmistäpsus:

a) alalisvoolu ja pinge puhul on taandatud viga ±3%;
b) vahelduvvoolu tugevuse ja pinge (sagedus 50 Hz) mõõtmisel on taandatud viga ±4%;
c) takistuse mõõtmisel on relatiivne viga ±10%.

Mõõteriista põhiosaks on magnet-elektrilist süsteemi mikroampermeeter «ИТ», mis on varustatud šuntide ja eeltakistustega alalisvoolu tugevuse ja pinge mõõtmiseks. Vahelduvvoolu tugevuse ja pinge mõõtmisel lülitatakse sisse vaskoksüüdalaldaja ВК-07-14.

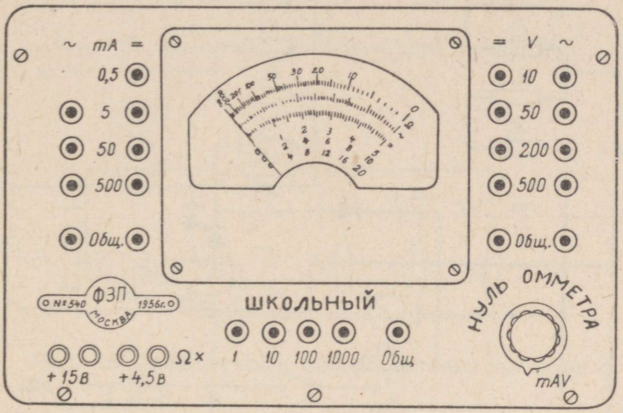
Takistuse mõõtmisel kasutatakse kuivelementi ФБС elektromotoorse jõuga 1,5 V.

Avomeeter on tundlik mõõteriist. Riista normaalse töö tagamiseks on vaja täita järgmisi nõudeid:

a) hoida riista löökide ja tõugete eest;
b) eriti tähelepanelikult kontrollida enne riista lülimist pistikute õiget asetust pesades;

c) lülitades riista pingestatud juhtmete külge, täita vastavaid ohutustehnika eeskirju;

e) mõõtmiseks tuleb riist asetada horisontaalsele pinnale, avada kaas, võtta kaanel asuvatest pesadest juhtmed ja vajaduse korral võtta pistikutelt spetsiaalsed näpitsad. Kui mõõteriista osuti ei ole nullseisus, seada see korrektori abil asendile «0».



Joon. 15. Avomeeter.

A l a l i s v o o l u t u g e v u s e m õ õ t m i n e. 1) Kontrollida paremal all asuva muudetava takistuse regulaatori asendit. Osuti peab asetsema all (vastu tähist mAV). Osuti sellise asendi korral on takistus välja lülitatud.

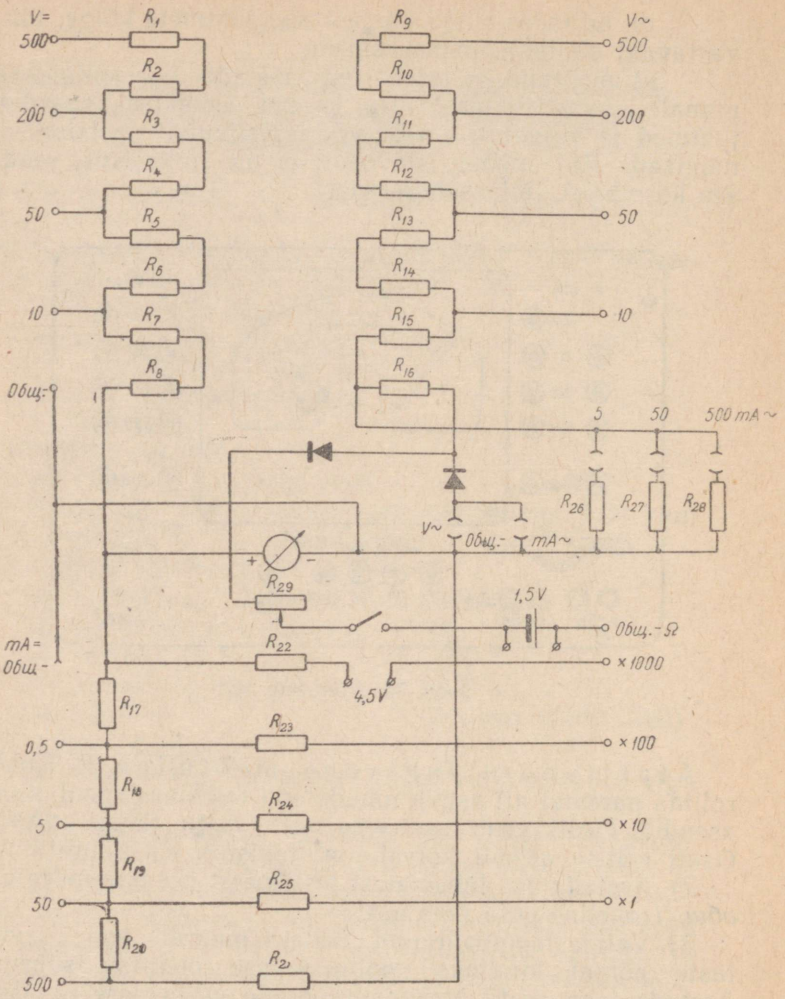
2) Asetada üks lühematest pistikutest pesasse märgiga *общ.* (roheline pesa reas mA =).

3) Valida mõõtepiirkond. Selleks määrata enne arvutuste põhjal kindlaks voolutugevuse oletatav suurus. Asetada teine pistik mõõtepiirkonnale vastavasse pesasse (rohelised pesad).

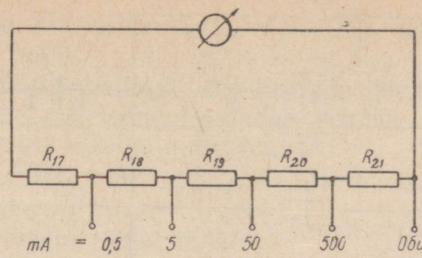
Kui pole teada täpset voolutugevust, tuleb valida alati kõige suurem võimalik mõõtepiirkond. Hiljem saab vajaduse korral mõõtepiirkonda muuta.

Pärast pistikute kohaleasetamist tuleb tingimata kontrollida, kas pistikute lülitus on õige.

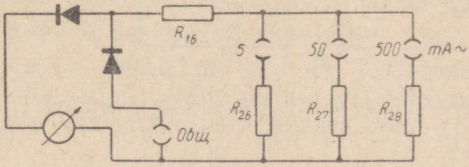
4) Lülitada riist pikemate pistikute abil mõõdetavasse vooluahelasse.



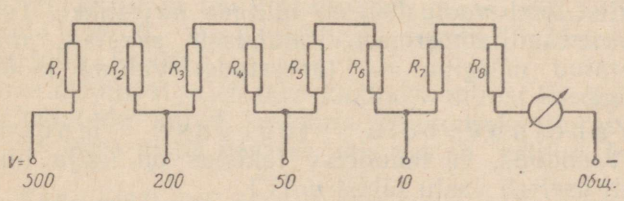
Joon. 16. Avomeetri põhimõtteline skeem.



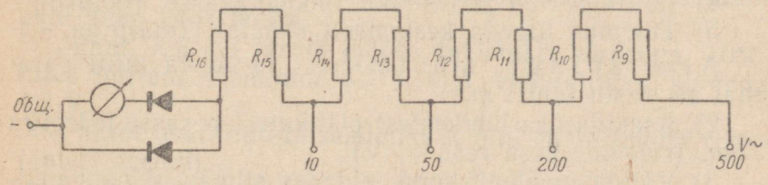
Joon. 17. Alalisvoolu milliampermeetri vooluring.



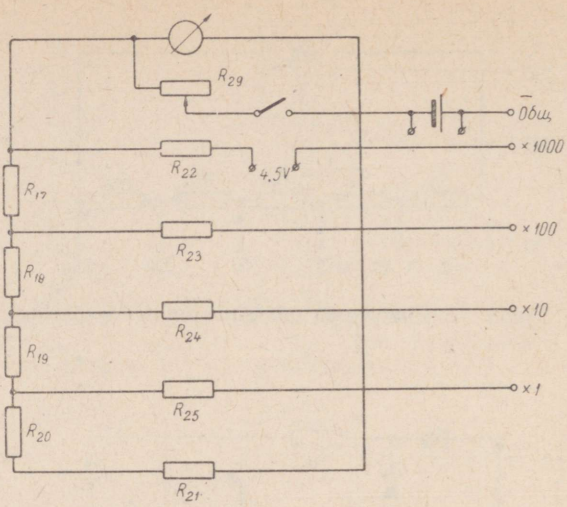
Joon. 18. Vahelduvvoolu milliampermeetri vooluring.



Joon. 19. Alalisvoolu voltmeetri vooluring.



Joon. 20. Vahelduvvoolu voltmeetri vooluring.



Joon. 21. Oommeetri vooluring.

Tingimata tuleb arvestada vooluahela punktide polaarsust. Juhe, mis on ühendatud pesaga *общ.*, on tingimata tarvis ühendada juhtmega, mis tuleb vooluallika miinusklemmilt.

Riist tuleb vooluahelasse lülitada järjestikku. Tulemus loetakse milliampermeetri alumiselt skaalalt, mis on tähistatud märgiga ═, (arvestades valitud mõõtepiirkonda).

Vahelduvvoolu tugevuse mõõtmine. 1) Veenduda, et muudetav takistus on välja lülitatud (osuti asetseb vastu tähist *mAV*).

2) Asetada üks lühike pistik pesasse *общ.* (lilla värviga pesa reas ⌣mA).

3) Valida mõõtepiirkond, pidades silmas eespool toodud ettevaatusabinõusid.

4) Lülitada riist järjestikku mõõdetavasse vooluringi.

5) Tulemus lugeda keskmiselt skaalalt (märgiga ~).

Alalispinge mõõtmine. 1) Aseta lüliti paremal all vastu tähist mAV.

2) Asetada üks lühikestest pistikutest pesasse märgiga *общ.* (roheline pesa reas ═ V).

3) Valida mõõtepiirkond, pidades silmas eespool mainitud ettevaatusabinõusid ja asetada teine pistik valitud

mõõtepiirkonnale vastavasse pessa (üks rohelistest pesadest samas reas).

4) Pikemate pistikute abil lülitada riist paralleelselt mõõdetavasse ahelasse, pidades silmas voolu suunda (pluss plussiga, miinus miinusega).

5) Mõõteriista näit lugeda alumiselt skaalalt.

Vahelduvpinge mõõtmine. 1) Asetada lüliti paremal all vastu tähist mAV.

2) Asetada üks pistikutest pessa *общ.* (lilla pesa reas ~V).

3) Valida mõõtepiirkond! Ettevaatust, mitte valida liiga väikest!

4) Lülitada riist vooluringi (paralleelselt).

5) Näit lugeda keskmiselt skaalalt.

Takistuse mõõtmine. 1) Takistuste mõõtmist võib toimetada ainult väljalülitatud vooluallika korral.

2) Asetada üks pistikutest pesasse *общ.* (punane pesa reas Ω×).

3) Teiste samas reas asuvate pesade alla on kirjutatud: ×1, ×10, ×100, ×1000. Nimetatud tähised näitavad arvu, millega tuleb korrutada skaalalt võetud lugemit, et saada takistuse tegelikku väärtust. Kui näiteks skaalalt võetud lugem on 28,5Ω ja teine pistik asub pesas, mille alla on märgitud ×100, siis takistuse tegelik väärtus on $28{,}5 \times 100 = 2850\Omega$.

Enne mõõtmist tuleb teha kindlaks, millist kordajat on vaja kasutada antud takistuse mõõtmiseks ja asetada alles siis teine pistik pesasse, mis vastab valitud kordajale.

4) Enne mõõtmist määrata kindlaks oommeetri nullpunkt. Selleks tuleb ühendada omavahel pikemad pistikud ja pöörata all paremal asuvat reguleerimisnuppu kella osuti liikumise suunas seni, kuni osuti jõuab nullseisu. Elemendi asjatu tühjenemise vältimiseks ei tohi pistikuid kaua koos hoida.

Juhul, kui on tarvis mõõta takistust kordsega 1000, tuleb lülitada klemmide *4,5 V* alla vooluallikas pingega 4,5 V.

Pärast osuti nullile seadmist ei tohi enam muuta regulaatori asendit.

5) Ühendada pikemad pistikud mõõdetava takistusega.

6) Tulemus lugeda ülemiselt skaalalt.

7) Pärast mõõtepiirkonna muutmist tuleb nullseisu uuesti korrigeerida.

Töökäik. 1) Voltmeetri mõõtepiirkonnaks alalisvoolu puhul on valitud 200 V. Leia sellele mõõtepiirkonnale vastav absoluutne viga.

2) Leia avomeetri põhimõtteliselt skeemilt (joon. 16) joonistel 17—21 märgitud vooluringid.

Joonesta üldine skeem jooniselt 16 ja märgi iga vooluringi ise värviga.

3) Sea mõõteriist töökorda, kui on teada, et mõõdetavate suuruste ligikaudsed väärtused on järgmised:

a) alalisvoolu tugevus — 75 mA, 7 mA ja 12 mA;
b) vahelduvvoolu tugevus — 3 mA, 16 mA ja 420 mA;
c) alalispinge — 5 V, 20 V, 70 V, 300 V ja 120 V;
d) vahelduvpinge — 15 V, 3 V, 70 V, 200 V, 127 V ja 30 V.

4) Milliselt skaalalt tuleb igal erijuhul lugeda vastus? Milliseid skaalale märgitud arve on kõige otstarbekam kasutada igal eri juhul? Määra iga mõõtepiirkonna jaoks ühe jaotise väärtus (s. o. arv, mis näitab, mitmele voolutugevuse ühikule vastab üks jaotis).

5) Määra antud takistuste suurused, kasutades juhiseid takistuste määramise kohta.

Arvestades suhtelist viga (±10%) määra piirid (kõige suurem ja kõige väiksem lubatud väärtus).

6) Oommeetriga on hõlpus kontrollida, kas antud juhtmete vahel on elektrilist ühendust või ei ole. Juhul, kui elektriline ühendus puudub, näitab oommeeter lõpmatult suurt takistust (osuti on asendil ∞).

Kui juhtmed on lühises, näitab oommeeter takistust 0. Kontrolli antud vooluringe!

Täiendavaid küsimusi.

1. Defineerida voolutugevuse, pinge ja takistuse ühikud.
2. Kirjeldada vaskoksüüdalaldaja ehitust ja tööd.

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Vardja ja Agur.* Amatöörelektrik.
3. *Põdrus.* Elektromontaaž I.

Töö nr. 6.

Elektromontaaž.

Töövahendid: 1) lambipesa, 2) pistikupesa, 3) lüliti, 4) lamp, 5) harutoos, 6) pistik, 7) sulavkaitsmed, 8) ühendusjuhtmed, 9) isoleerpael, 10 kruvikeeraja, 11) nuga.

Siseinstallatsioon. Juhtmete valik ja asetusviis oleneb peamiselt ruumi kasutamisviisist ja neis valitsevaist tingimusist (niiskus, soojus, sööbivad gaasid jne.). Asetusviisilt jaotatakse installatsiooniseadmed kolme põhiliiki:

1) lahtine asetusviis (paljad või isoleeritud juhtmed kinnitatakse üksikutes kinnituspunktides isoleerivate vahendite abil);

2) pinnapealne asetusviis (sobivad juhtmed asetatakse seinte ja lagede pinnale);

3) süvistatud asetusviis (isoleertorudesse paigutatud juhtmed asetatakse seinte ja lagede pinna alla).

Juhtmete asetusviis peab vastama järgmistele põhinõuetele:

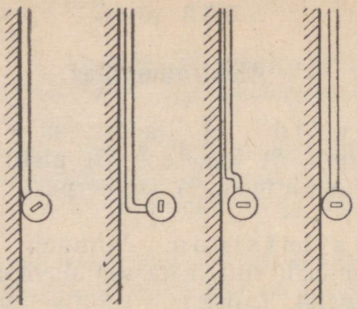
1) isolatsioon olgu hea. See väldib energia kadu, rikkeid ja õnnetusi;

2) juhtmed olgu kaitstud mehhaaniliste vigastuste vastu. Selleks asetada juhtmed niisugusesse kõrgusesse, kus ei ole karta nende vigastamist. Madalamal asuvaid juhtmeid tuleb mehhaaniliste mõjude vastu kaitsta torudesse asetamisega;

3) juhtmete asetusviis olgu selline, et tarbekorral oleks võimalik nende kontrollimine ja ümbervahetamine.

Eluruumides tuleb juhtmed asetada võimalikult varjatult või selliselt, et nad «sulaksid» kokku olemasolevate joontega — liistudega, karniisidega jne. Lüliteisse minevaid juhtmeid saab hästi varjata uksepiidaga. Joonisel 22 on näidatud mõned juhtmete asetusviisid. Lülitite tavaline kõrgus põrandast on 1,25—1,5 m, pistikupesade kõrgus — 0,5 kuni 0,8 m. Ebasoovitav on tugevvoolujuhtmete kokkupuutumine elektrikella, telefoni ja teiste nõrkvoolu juhtmetega, mille isolatsioon on nõrk. Keelatud on nõrk- ja tugevvoolu juhtmete asetamine ühisesse torru.

Juhtmete ühendamiseks aparaatidega tuleb juhtmete otsad noaga isolatsioonist puhastada. Puhastamisel tuleb



Joon. 22. Juhtmete asetusviisid.
a, *b* — tavalised asetusviisid;
c, *d* — ebaesteetilised asetusviisid.

olla ettevaatlik, et nuga traati ei vigastaks. Vigastatud juhtme ristlõige väheneb ning traat võib juhtme painutamisel kergesti murduda. Otsa puhastamisel lõigatakse isolatsioon lahti, hoides noatera poolviltu juhtmel (samuti nagu pliiatsi teritamisel). Isolatsioonikihi lõpp mähitakse isoleerpaelaga või niidiga, et vältida isolatsiooni ülemiste kihtide lahtihargnemist. Peenemad juhtmed ühendatakse otseselt klemmkruvide alla, kuna jämedamaile kinnitatakse otsa nn. kaablikingad.

Juhtmete hargnemiseks kasutatakse harukarpe. Harukarpide arv ja asetus tuleb valida selliselt, et ühe kontaktkruvi alla ei tuleks üle kolme juhtme.

L a h t i n e a s e t u s v i i s. Lahtine asetusviis on vananenud, mistõttu teda võiks kasutada peamiselt ajutistes seadistes, välisinstallatsioonide juures, põllumajanduslikes tootmishoonetes ja kõrvalistes ruumides.

Juhtmed monteeritakse isoleerrullidele. Rullide vahemaa tuleb võtta juhtmete rõhtsalt seinale asetamisel mitte üle 0,8 m, püstasendis kuni 1 m, laes võib see olla ka suurem.

Kui kõik isoleerrullid on kohale asetatud, kinnitatakse juhe ühele rullile, tõmmatakse pingule ja seotakse järgmistele rullidele. Et sidumistraat ei vigastaks isolatsiooni, kaetakse juhe sideme kohalt isoleerpaelaga. Kindel ja lihtne sidumisviis on järgmine: sidumistraat asetatakse juhtmest teisele poole rulli, tuuakse otsad juhtme alt läbi, ristatakse ja viiakse pealpool juhet jälle teisele poole rulli

tagasi, kus otsad keerutatakse kokku. Ülearused traadiosad lõigatakse ära ja surutakse traadi kokkukeerutatud osa vastu rulli.

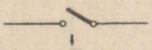
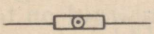
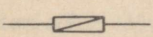
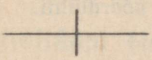
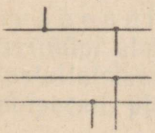
Juhtmete asetus torudesse. 1) Ühte torusse võib asetada ainult ühe vooluringi juhtmed.

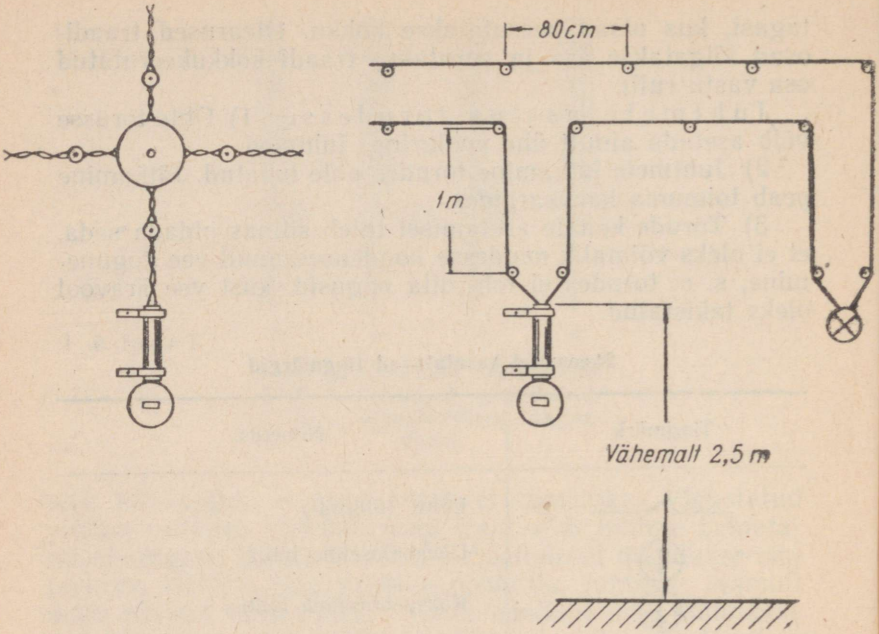
2) Juhtmete jätkamine torudes pole lubatud. Jätkamine peab toimuma harukarpides.

3) Torude kohale asetamisel tuleb silmas pidada seda, et ei oleks võimalik nendesse kondenseerunud vee kogunemine, s. o. torudes ei tohi olla nõgusid, kust vee äravool oleks takistatud.

Tabel 6. I.

Skeemidel kasutatavad tingmärgid

Tingmärk	Nimetus.
	Lüliti (üldiselt).
	Ühepooluseline lüliti.
	Kahepooluseline lüliti
	Vaheldusülüliti.
	Sulavkaitse (üldiselt).
	Keermekaitse.
	Ribakaitse.
	Pistikupesa.
	Hõõglamp.
	Energiaarvesti.
	Maaühendus.
	Juhtmete ristumine (ilma ühenduseta).
	Juhtmete hargnemine.

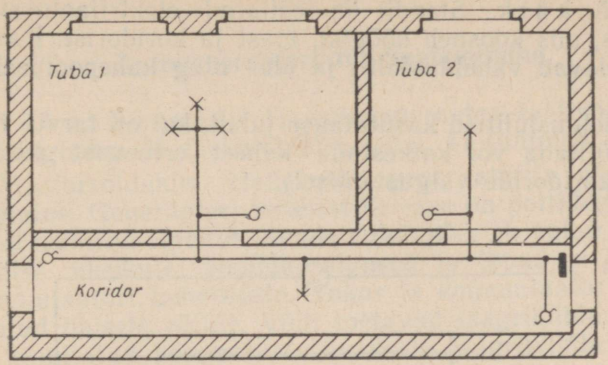


Installatsiooniplaanidel ei märgita tavaliselt juhtmete asetust mitme joonega, vaid kasutatakse ühejoonelist skeemi. Ka kasutatakse siin spetsiaalseid tingmärke. Installatsiooniplaanidel kasutatavad tingmärgid on toodud tabelis 6. I.

Tabel 6. II.

Installatsiooniskeemidel kasutatavad tingmärgid

Tingmärk	Nimetus.
▬	Jaotuskilp.
—(◎)—	Pistikupesa.
∘—∘	Ühepooluseline pöördlüliti.
∘—∘	Vahelduslüliti.
—×—	Hõõglamp.
—+—	Harukarp.



Joon. 24. Korteri elektriseadmestiku ühejooneline skeem.

Esitame näitena korteri elektrijuhtmestiku ühejoonelise skeemi (joon. 24.).

Töö käik. Koosta vooluahel lülitist, lambist ja seinakontaktist.

Enne ühenduste tegemist koosta lülitusskeem ja esita see kontrollimiseks.

Võrku lülimiseks ühenda vabad juhtmeotsad pistikuga.

Pärast ühenduste tegemist esita skeem kontrollimiseks ja alles seejärel proovi võrku lülimise teel.

Täiendavaid küsimusi.

1. Joonestada töövihikusse oma korteri installatsiooniskeem.

Kirjandus.

1. Kogumik. Polütehnilise õpetuse küsimusi koolis.
2. *Vardja ja Agur.* Amatöörelektrik.
3. *Sazonov.* Elektrimontööri käsiraamat.
4. *Põdrus.* Elektromontaaž II.

Töö nr. 7.

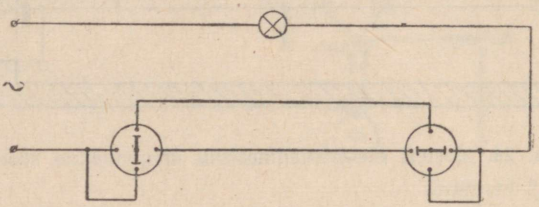
Korteritüüpi elektrijaotusseadme tundmaõppimine.

Töövahendid: stend lülitusskeemi uurimiseks.

Korteritüüpi elektrijaotusseadmes on kasutusel järgmised installatsioonimaterjalid: sulavkaitsmed, harukarbid, lambipesad, pistikupesad, mitut liiki lülitid, juhtmed.

Töö käik. Stendil on esitatud elektrijaotusskeem korteris, mis koosneb köögist, toast ja koridorist. Kasutamist leiavad vaheldusslüliti ja ühe- ning kahepooluselised lülitid.

Vaheldusslüliteid kasutatakse juhul, kui on tarvis voolu sisse lülitada või katkestada kahest erinevast punktist (näit. koridoride valgustamisel).



Joon. 25. Lambi lülitamine kahest kohast.

Joonesta antud skeem (joon. 25) lülitite kõikvõimalike asendite puhul ja määra iga juhu jaoks, kas lamp põleb või mitte.

Uuri ülejäänud stendi osa lülitusskeemi, joonesta töövihikusse elektriline ühendusskeem ja ühejooneline installatsiooniplaan. Plaanidel kasuta tabelites 6. I ja 6. II toodud tingmärke. Kontrolli stendil antud detailide töötamist, lülides stendi valgustusvõrku.

Täiendavaid küsimusi.

1. Kirjelda sulavkaitsmete ehitust ja kasutamist.
2. Nimeta valgustusarmatuuri detailid, kirjelda nende ehitust ja ülesannet.
3. Milliste reeglite järgi toimub juhtmete paigaldamine?
4. Milliseid juhtmete asetusviise kasutatakse?

Kirjandus.

1. *Sazonov.* Elektrimontööri käsiraamat.
2. *Põdrus.* Elektromontaaž II.
3. *V. Popov jt.* Elektrotehnika.

Töö nr. 8.

Autogeneraatori tundmaõppimine.

Töövahendid: 1) autogeneraator lahtivõtmiseks, 2) hõõglamp, 3) taskulambi patarei, 4) juhtmed.

Mootorsõidukite alalisvoolu generaatorite ehitus on järgmine. Generaatori terasest keresse on poltidega kinnitatud elektromagnetid. Nende vahel pöörleb ankur. Ankrumähise üksikute poolide algused ja lõpud on joodetud kommutaatori lamellidele. Ankur ja kommutaator on kinnitatud ühisele võllile. Võlli toetavad laagrikilbid. Harjad on kinnitatud kommutaatoripoolsele laagrikilbile.

Ankru kere koosneb õhukestest (paksusega 0,35—0,5 mm) elektrotehnilisest lehtterasest väljastantsitud plekkidest. Ankru uuretesse on paigutatud ankrumähis. Keerdude arv üksikus poolis on 2—20. Kommutaatori lamellid on valmistatud vasest. Lamellid on üksteisest isoleeritud mikaniidiga.

Ergutusmähise poolid on paigutatud pehmest terasest südamikule ja koosnevad umbes 100-st keerust isoleeritud traadist. Poolid on mähitud isoleerpaelaga ja ühendatud omavahel järjestikku.

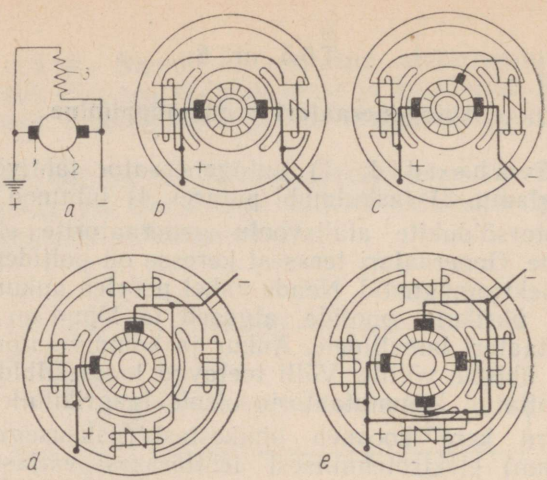
Ergutusmähise üks ots on ühendatud ühe, teine teise harjaga. Seega ergutusmähis on lülitatud rööbiti ankruga, s. o. tegemist on haruvoolulülitusega.

Kodumaiste autode generaatoreil on mähise plusspoolus ühendatud generaatori kerega, miinuspoolus on aga kerest isoleeritud. Generaatori harjad on valmistatud söe ja grafiidi segust.

Kahepooluselistel generaatoritel on kaks või kolm harja. Kolmandat harja nimetatakse ergutusharjaks. Ergutushari on nihutatav ja teda kasutatakse generaatori pinge reguleerimiseks.

Ergutusharja võib ka eemaldada, ergutusmähise ots ühendatakse siis negatiivse harjaga.

Neljapooluselistel generaatoritel on kere külge kinnitatud neli magnetpoolust nelja ergutusmähisega. Poolid on keritud südamikule nii, et samanimelised poolused asetseksid vastastikku. Neljapooluselisel generaatoril on kas neli või kaks harja, sõltuvalt generaatori mähkimise viisist (vt. joon. 26.).



Joon. 26. Ühendused mitmesugust tüüpi generaatorites. *a* — generaatori skeem; *b* — ühendused kahepooluselises generaatoris; *c* — ühendused ergutusharjaga generaatoris; *d* — ühendused neljapooluselises kahe harjaga generaatoris; *e* — ühendused neljapooluselises nelja harjaga generaatoris.

Töö käik. 1) Leia generaatorilt kõik eespool loetletud osad ja määra kindlaks:

a) generaatori tüüp,
b) pooluste ja harjade arv,
c) võimsus,
d) nimipinge,
e) ankrumähise uurete arv,
f) kommutaatori lamellide arv.

2) Tutvu generaatori kontrollimisega, vigade avastamisega ja remontimisega.

Ankrumähise korrasolekut kontrollitakse milliampermeetri ja taskulambi patarei abil.

Vooluallika klemmid ühendatakse kommutaatori diametraalselt asetsevate lamellidega.

Milliampermeetri klemmidega ühendatud juhtme otstega puudutatakse järgemööda kõiki kõrvutiasetsevaid lamellipaare. Milliampermeeter peab näitama mõnekümne milliampri tugevust voolu. Hälve peab olema kõigi lamellipaaride vahel peaaegu võrdne ja samasuunaline. Elemendiga ühendamise kohast mööodes muutub osuti hälve vastassuunaliseks.

Kui ei teki hälvet kogu kommutaatori poolel, on mähises kusagil katkestus. Sel korral tuleb kontrollida jootekohti lamellidel.

Kui ei teki hälvet üksiku lamellipaari puhul, siis on nende vahel lühis. Lühis tuleb kõrvaldada lamellide puhastamise teel, muidu põleb lühistunud pool läbi. Kui mõnel lamellipaaril on hälve väga väike (pool normaalsest hälbest), siis on pooli keerdude vahel lühis. Sellisel juhul tuleb mähis maha võtta ja uuesti mähkida.

Kereühendus otsitakse proovilambiga, milleks sobib taskulambipatarei koos vastava hõõglambiga. Juhtme üks ots ühendatakse ankru kerega, teine lamelliga. Kui kereühendust ei ole, siis lamp ei sütti. Selliselt tuleb kontrollida kõik lamellid.

Ergutusmähise korrasolekut kontrollitakse samal viisil. Kui ergutusmähisega järjestikku ühendatud proovilamp ei põle, siis on ergutusmähises katkestus. Sel juhul tuleb kontrollida proovilambiga iga pooli eraldi, et selgitada, millises poolis katkestus esineb.

Ergutusmähise ja generaatori kere vahelist kereühendust otsitakse samuti proovilambiga. Selleks vabastatakse ergutusmähise kerega ühendatud ots kere küljest. Ühendades nüüd järjestikku ühendatud proovilambi ja voolualika ühe klemmi ergutusmähise ühe otsaga, teise aga kerega, ei tohi lamp süttida. Kui lamp süttib, siis on mähise ja kere vahel ühendus. Kereühendus on tingitud harilikult sellest, et isoleerpael mõnes kohas ei kata mähist. See viga on vaatluse teel kergesti kindlaks tehtav ja isoleerpaela abil kõrvaldatav.

Ergutusmähise keerdudevahelist lühist otsitakse milliampermeetri ja paarivoldise pingega vooluallika abil. Selleks ühendatakse vooluallika klemmid ergutusmähise otstega. Milliampermeetri klemmide alla ühendatud juhtmete otstega puudutatakse kord ühe, kord teise pooli otsi. Sealjuures on milliampermeetriga järjestikku ühendatud mõnesajaoomine takistus. Hälve peaks olema mõlemal juhul enam-vähem võrdne. On ühel juhul hälve väiksem, siis on selles poolis lühis. Säärane võte on õige ainult eeldusel, et üks poolidest on korras.

Teosta eespool kirjeldatud juhendite põhjal generaatori kontrollimine ja anna tulemuste kohta kirjeldus.

1. Kirjelda generaatori ehitust ja tööd.
2. Määrata jooniselt 26 generaatori ergutusmähise poolused.
3. Kuidas on võimalik muuta generaatori ankru pöörlemise suunda?

Kirjandus.

1. *Vardja ja Agur.* Amatöörelektrik.
2. *Rokk.* Auto elektriseadmed.

Töö nr. 9.

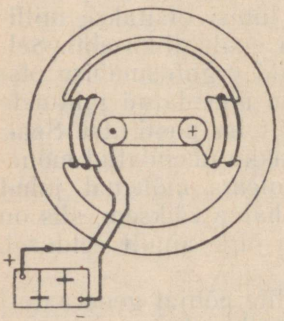
Autostarteri tundmaõppimine.

Töövahendid: 1) autostarter (lahtivõtmiseks); 2) milliampermeeter; 3) taskulambi patarei; 4) proovilamp; 5) ühendusjuhtmed.

1. Starteri töötamise põhimõte. Auto mootori käivitamiseks kasutatakse elektrimootorit, mida nimetatakse starteriks ehk käivitiks. Starteri abil antakse mootorile töö alustamiseks esimesed pöörded.

Starterina kasutatakse alati peavoolumootorit, millel ankrumähis ja ergutusmähis on ühendatud järjestikku (vt. joon. 27).

Starteri võimsuse tõstmiseks on tarvis, et töötamisest võtaks üheaegselt osa mitte ainult üks silmusjuhe, vaid kõik ankrul asetsevad silmusjuhtmed. Selleks ühendatakse need kommutaatori abil järjestikku. Starteri ankrumähis ja ergutusmähis erinevad generaatori ankru ja ergutusmähisest selle poolest, et siin ei saavutata tugevat ergutust mähise suure keerdude arvu ja nõrga vooluga, vaid vähese keerdude arvu ja tugeva vooluga. Tugeva voolu tõttu peab aga ergutus- ja ankrumähis olema jämedast traadist (vaata uuritava ankru mähiseid).



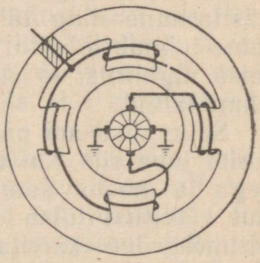
Joon. 27. Autostarteri elektriliste ühenduste skeem.

Starteri kommutaatori ülesanne

on vastupidine generaatori kommutaatori ülesandele. Teatavasti muutis generaatori kommutaator ankrus indutseeritava vahelduvvoolu välisringis alalisvooluks. Starteri kommutaator aga muudab akupatareist saabuva alalisvoolu ankrumähise sektsioonide vahelduvvooluks. See on vajalik starteri ankru pöörlemissuuna säilitamiseks.

Starteri harjad paigutatakse selliselt, et need oleksid starteri täiskoormusel neutraaljoonel. Vastasel korral tekib starteri töötamisel sädelemine kommutaatori ja harjade vahel. Harjade õige asukoha määramiseks koormatakse starter normaalse koormusega ning nihutatakse harjad sellisesse asendisse, kus ei teki sädelemist ja kus starteri ankur pöörleb kõige kiiremini. Sobivateks starteri harjadeks on osutunud vask-grafiit harjad (80—90% vaske, 20—10% grafiiti).

Automootorite starterid on tavaliselt nelja poolusega (vt. joonis 28). Neljapooluselisel starteril on kaks vastastikku asetsevat harja elektriliselt ühendatud. Üks paar harju on maandatud (ühendatud starteri kerega), kuna teine paar harju on ühendatud kerest isoleeritud kontaktkruviga, millesse suubub vool akupatareist.



Joon. 28. Autostarteri lülituse skeem.

2. Starteri ühendamine automootoriga. Käivitamise ajaks tuleb starter sidurdada auto mootoriga. Seostus teostub peamiselt hammasrataste abil. Selleks on starteri ankru võllile kinnitatud väike hammasratas, mis ühendatakse mootori hooratta küljes oleva hammaspöiaga. Starteri hammasratta ja hooratta hammaspöia ühendamine võib toimuda:

1) mehhaaniliselt,
2) elektromagnetiliselt,
3) elektromagnetilis-mehhaaniliselt ja
4) inertsi toimel.

Inertsi mõjul ühendamiseks kasutatav seadeldis koosneb liikuvalt ankru võllil asuvast keermesmuhvist, keermesmuhvil asuvast käiviti hammasrattast, ühe otsaga keermesmuhvi külge ja teise otsaga rõnga ning kruvi abil starteri ankru võlli külge ühendatud vedrust. Starteri hammasratas on tehtud ühelt küljelt raskem, mille tõttu ta püüab

alati püsida raskema osaga allapoole. See takistab starteri hammasratast mootori töötamise ajal sattumast juhuslikku ühendusse hoorattaga.

Kui käivitamisel hakkab ankur pöörlema (ankur saab vajaliku pöörlemiskiiruse kiiresti, sest ta ei ole algul koormatud), veab ankru võll vedru abil kaasa ka keermesmuhvi, pöörates seda endaga koos. Starteri hammasratas aga ei hakka koos keermesmuhviga pöörlema, sest selle raskem pool hoiab ennast inertsi tõttu endises asendis. Selle tagajärjel tõmbab keermesmuhv starteri hammasratast pikisuunas kuni hammasratta ühinemiseni hooratta hammaspöiaga. Kui hambad on täielikult ühinenud, satub starteri hammasratas vastu keermesmuhvi otsrõngast. See sunnib hammasratast kaasa võtma ka hooratta hammaspöia — mootor käivitatakse. Kohe pärast mootori käivitamist pöörab hooratas starteri hammasratast kiiremini starteri ankrust, seega pööratakse starteri hammasratas keermesmuhvil tagasi ja lahutatakse selliselt hammaspöiast.

Kirjeldatud ühendusviisi eeliseks on lihtne ehitus ja käsitsemine ning täiesti automaatne töötamine. Käivitamine toimub löögita, sest seda pehmendab vedru. Käivitamise algkiirus on suur, mistõttu starter koormab vähe akupatareid.

Selle süsteemi puuduseks on starteri lahutumine mootorist juba siis, kui ühes või paaris silindris süttib küttesegu ja mootor saab väikese hoo, kuid ei käivitu. Enne uut käivitust tuleb oodata starteri ankru seismajäämist. Mitmekordne käivitamine on aga seotud suurendatud energiakuluga.

3. Starteri kontrollimine ja vigade avastamine. Ankrumähise korrasolekut kontrollitakse milliampermeetri ja taskulambi patarei abil. Vooluallika klemmid ühendatakse kommutaatori diametraalselt asetsevate lamellidega.

Milliampermeetri klemmidega ühendatud juhtme otstega puudutakse järgemööda kõiki kõrvuti asetsevaid lamellipaare. Milliampermeeter peab näitama mõnekümne milliamprist voolu. Hälve peaks olema kõigi lamellipaaride puhul peaaegu võrdne ja samasuunaline. Elemendiga ühendamise kohast möödudes muutub osuti hälve vastassuunaliseks. Kui ei teki hälvet kogu kommutaatori poolel, on mähises kusagil katkestus. Sel korral tuleb kontrollida jootekohti lamellidel.

Kui ei teki hälvet üksiku lamellipaari puhul, siis on nende vahel lühis. Lühis tuleb lamellide puhastamisega kõrvaldada, sest muidu põleb lühistunud mähis läbi. Kui mõnel lamellipaaril on hälve väga väike (pool normaalsest hälbest), siis on pooli keerdude vahel lühis. Sellisel juhul tuleb mähis maha võtta ja uuesti mähkida.

Kereühendust otsitakse proovilambiga. Selleks sobib taskulambi patarei koos vastava hõõglambiga. Juhtme üks ots ühendatakse ankru kerega, teine vastava lamelliga. Kui mähis on korras, siis lamp ei sütti. Selliselt tuleb kontrollida kõik lamellid.

Ergutusmähiste korrasolekut kontrollitakse samal viisil. Kui ergutusmähise otste vahele ühendatud proovilamp ei põle, siis on ergutusmähises katkestus. Sel juhul proovitakse proovilambiga iga pool eraldi, et selgitada, millises poolis katkestus esineb.

Ergutusmähise ja kere vahelist kereühendust otsitakse samuti proovilambiga. Järjestikku lülitatud proovilambi ja vooluallika üks klemm ühendatakse ergutusmähise ühe otsaga, teine aga kerega. Kui kereühendust pole, siis lamp ei sütti. Kereühendus on tingitud harilikult sellest, et isoleerpael mõnes kohas ei kata mähist. Seda viga saab vaatluse teel kindlaks teha ja isoleerpaela abil kergesti kõrvaldada.

Ergutusmähise keerdudevahelist lühist otsitakse milliampermeetri ja paarivoldise pingega vooluallika abil. Selleks ühendatakse vooluallika klemmid ergutusmähise otstega. Milliampermeetri klemmide alla ühendatud juhtmete otstega puudutatakse kord ühe, kord teise pooli otsi. Sealjuures on milliampermeetriga ühendatud järjestikku mõne sajaoomine takistus. Hälve peaks olema mõlemal juhul enam-vähem võrdne. On hälve ühel juhul väiksem, siis on selles poolis lühis. Säärane võte on õige ainult eeldusel, et üks poolidest on korras.

Teosta varem kirjeldatud juhiste põhjal käiviti kontrollimine ja anna tulemuste kohta kirjeldus.

Täiendavaid küsimusi.

1. Kuidas määrata solenoidi pooluseid?
2. Sõnastada vasaku käe reegel.
3. Määrata jooniselt 27 ankru pöörlemise suund, kasutades vasaku käe reeglit.
4. Selgitada, kuidas hakkab tööle joonisel 27 kujutatud mootor.

5. Määrata jooniselt 28 ergutusmähise poolused.
6. Milline on kommutaatori ülesanne?
7. Kuidas kontrollida starterit, kui proovilambi asemel on kasutada oommeeter?

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. Auto elektrotehnika.
3. *Anohhin.* Autode ehitus.
4. *Vardja ja Agur.* Amatöörelektrik.

Töö nr. 10.

Tarbijate lülimine tähte ja kolmnurka.

Töövahendid: 1) voltmeeter (450 V); 2) ampermeeter (1 A); 3) stend elektrilampidega ja kolmepooluselise lülitiga.

Elektrilampide ühendamine tähte. Tähtlülituse puhul ühendatakse generaatorist tulevate liinijuhtmete külge lampidest tulevate juhtmete otsad, teised otsad ühendatakse omavahel. Ühenduskoht moodustab nullpunkti. Igasse stendil olevasse lambipessa keeratakse üks 100-vatine lamp ja igasse kaitsmepessa sulavkaitse vastavalt joonisele 29.

Tähtlülituse juures tehakse vahet liini- ja faasipingete ning liini- ja faasivoolude vahel. Liinipingeks nimetatakse pinget kahe liinijuhtme vahel (U_l). Faasipingeks nimetatakse pinget mingi liinijuhtme ja nulljuhtme (nullpunkti) vahel (U_f). Tähtlülituse puhul:

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

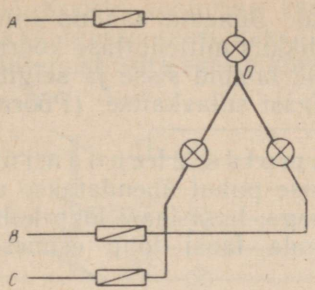
$$I_l = \sqrt{I_f}$$

(Liinivool võrdub faasivooluga.)

Järgnevalt asume liini-, faasipingete ning voolutugevuse mõõtmisele.

Ettevaatust töö teostamisel! Pinge on ohtlik! Kõik ühendused teha pingestamata olekus!

Töö käik. 1) Koosta vooluring vastavalt joonisele 29. Võta kolmefaasilise voolu sulavkaitsmetelt kate ja ühenda juhtmete otsad klemmide alla. Vool peab olema



Joon. 29. Lampide ühendamine tähte.

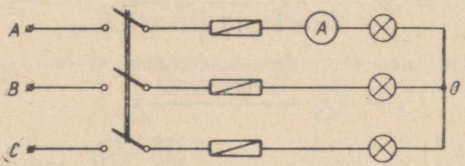
välja lülitatud. Jälgi juhtmete järjekorda! Lüliti peab olema lahutatud.

Pärast ühenduste tegemist esita vooluring kontrollimiseks! Seejärel lülita vool vooluringi, pöörates lüliti käepidet lampide poole.

2) Mõõda liinipinged U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}, ühendades voltmeetri vastavate klemmide alla.

3) Mõõda faasipinged U_{AO}, U_{BO} *ja* U_{CO}, ühendades voltmeetri vastava faasijuhtme ja nullpunkti vahele.

4) Mõõda voolutugevus, lülitades ampermeetri ühte faasi (joon. 30).



Joon. 30. Faasivoolude määramine.

5) Saadud tulemused kanna tabelisse ja arvuta suhe

$$U_l : U_f.$$

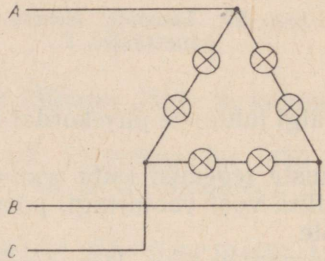
6) Muuda faaside koormust, lülides ühte faasi 100-vatise lambi asemele lambi võimsusega 40 W ja teise faasi lambi võimsusega 150 W.

Jälgi lampide heleduse muutumist. Kontrolli voltmeet-

riga faasipingeid. Sõnasta saadud tulemus. Siit selgub nulljuhtme vajalikkus mitteühtlase koormuse korral.

7) Lülita kõik lambid sisse ja selgita, mis juhtub, kui põleb läbi ühe faasi sulavkaitse. (Pööra kaitse ühest faasist välja.)

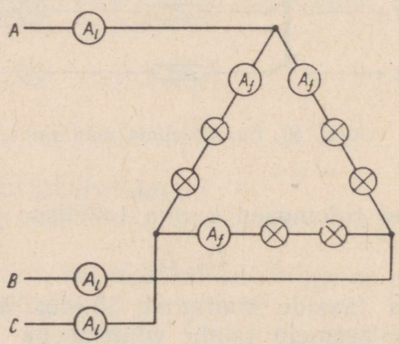
Elektrilampide ühendamine kolmnurka. Kolmnurkühenduse puhul ühendatakse esimese faasi lõpp teise faasi algusega, teise faasi lõpp kolmanda faasi algusega ja kolmanda faasi lõpp esimese faasi algusega (joon. 31).



Joon. 31. Lampide ühendamine kolmnurka

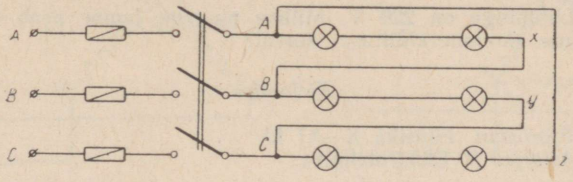
Kolmnurklülituse puhul tehakse samuti vahet faasi- ja liinipinge ning faasi- ja liinivoolude vahel. Siin kehtib seos:

$$U_l = U_f \text{ ja } I_l = \sqrt{3}\, I_f$$



Joon. 32. Liini- ja faasivoolude mõõtmine.

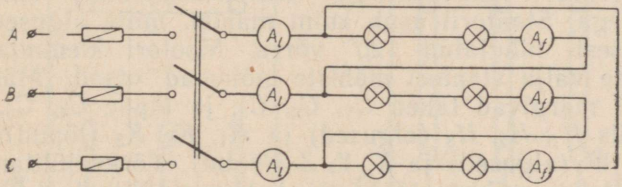
Töö käik. 1) Koosta vooluring vastavalt joonisele 33. Lülita järjestikku igasse faasi kaks 100-vatist lampi. Enne voolu sisselülitamist esita skeem kontrollimiseks!



Joon. 33. Lampide kolmnurkühenduse skeem.

2) Mõõda liinipinged U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} ja faasipinged U_{AX}, U_{BY} ja U_{CZ}, lülitades voltmeetri paralleelselt vastava faasiga.

3) Mõõda liinivoolud ja faasivoolud vastavalt joonisele 34. Mõõtmistulemused kanna tabelisse.



Joon. 34. Liini- ja faasivoolude mõõtmine kolmnurkühenduse puhul.

4) Leia suhe:

$$I_l : I_f.$$

5) Muuda faaside koormust. Selleks asenda ühes faasis kaks 100-vatise võimsusega lampi 150-vatise võimsusega lampidega. Jälgi lampide heledust. Mõõda liinipinged.

6) Lüli kõik lambid sisse ja selgita, mis juhtub, kui põleb läbi sulavkaitse ühes faasis (keera ühest faasist kaitse välja).

7) Selgita, mis juhtub, kui katkeb kaks faasi korraga (pööra kahest faasist kaitsmed välja).

1. Kuidas võib veel tähistada skeemidel täht- ja kolmnurkühendust?
2. Miks kasutatakse valgustusvoolu saamiseks tähtlülituse korral nulljuhet?
3. Liinipinge on 220 V. Millise pingega lampe peab kasutama tähtlülituse (kolmnurklülituse) korral?

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Astafjev jt.* Elektrotehnika.

Töö nr. 11.

Asünkroonmootori tundmaõppimine. Mähiste ühendamine tähte ja kolmnurka.

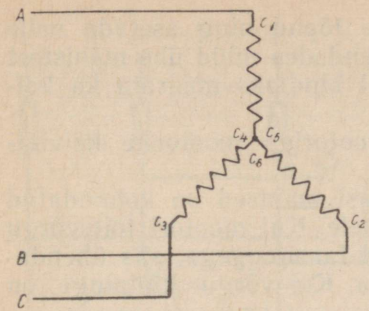
Töövahendid: 1) kaks asünkroonmootorit lahtivõtmiseks; 2) töökorras asünkroonmootor; 3) avomeeter; 4) lamp; 5) ampermeeter mõõtepiirkonnaga 2,5 A.

Tutvume lühisrootoriga asünkroonmootori staatori ehitusega. Staatoril asub kolm mähist, mille algused on üksteisest nihutatud 120° võrra. Mootori klemmlauale tuuakse välja staatori mähiste mõlemad otsad. Mähiste algusi märgivad tähed C_1, C_2, C_3, ja lõppe C_4, C_5, C_6; või siis H_1, H_2, H_3 (algused) ja K_1, K_2, K_3 (lõpud); või U, V, W (algused) ja X, Y, Z (lõpud). Võrku lülitamisel kasutatakse mähiste täht- või kolmnurklülitust. Lülituse liik koos liini- ja faasipinge märkimisega on antud iga mootori passil. Tähtlülituse korral ühendatakse kõikide staatorimähiste lõpud ühte punkti, algused aga võrgujuhtmetega (joon. 35).

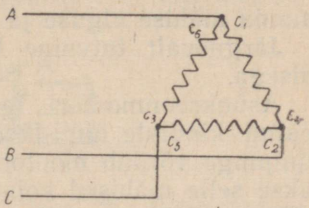
Kolmnurklülituse korral ühendatakse ühe staatorimähise lõpp teise algusega (joon. 36).

Klemmide ühendamine klemmlaual on kujutatud joonisel 37.

Staatorimähiste kontroll. Kui staatorimähiste otstel tähised puuduvad, tuleb esiteks kindlaks teha, millised mähise otsad kuuluvad samale mähisele. Selleks kasutatakse oommeetrit. Kui oommeetri klemmidega on ühendatud sama mähise otsad, näitab oommeeter väikest takistust, kui aga erinevate mähiste otsad, siis on takistus lõpmata suur.

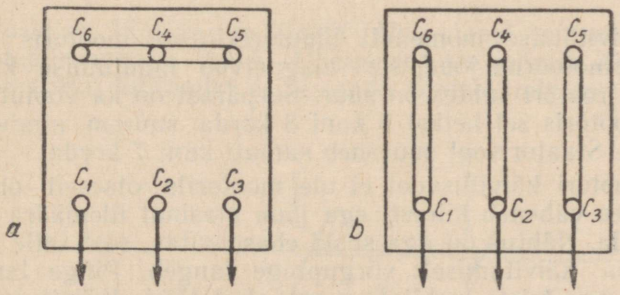


Joon. 35. Staatorimähiste tähtlülitus.



Joon. 36. Staatorimähiste kolmnurklülitus.

Järgnevalt kontrollitakse staatorimähiste isolatsioonitakistust. Selleks ühendatakse oommeetri üks ots staatorimähisega, teine kerega. Takistust ei tohi olla väiksem kui 500 000 Ω.



Joon. 37. Klemmide ühendamine klemmlaual. *a* — tähtlülitus; *b* — kolmnurklülitus.

Edasi tuleb kindlaks määrata, millised otsad kuuluvad staatorimähiste algustele, millised lõppudele. Seda tehakse järgmiselt. Kaks mähist ühendatakse vabalt omavahel ja lülitatakse nad vahelduvvoolu ringi. Kolmanda mähise otste vahele lülitatakse voltmeeter. Kui kolmandas mähises indutseeritakse pinge, mida võib kindlaks teha voltmeetriga, siis tähendab see seda, et kahel esimesel mähisel on ühendatud algus algusega ja lõpp lõpuga. Voltmeetri asemel võib kasutada ka hõõglampi. Lambi helendumine näitab pinge olemasolu. Selliselt saab määrata esi-

mese kahe mähise algused ja lõpud ning asetada neile tähised «algus» ja «lõpp». Ühendades nüüd ühe mähistest kolmandaga, võib samal viisil kindlaks määrata ka kolmanda mähise alguse ja lõpu.

Järgnevalt tutvume lühisrootoriga mootorite käivitamisega.

Asünkroonmootori iga faasi mähised on kohandatud teatud kindlale nimi-faasipingele. Kui mootori toitevõrgu liinipinge võrdub mootori nimi-faasipingega, siis ühendatakse selle mähised kolmnurka. Kui võrgu liinipinge on $\sqrt{3}$ korda mootori nimi-faasipingest kõrgem, tuleb kasutada tähtühendust. Kui näiteks võrgupinge $U=380$ V ja mootori nimi-faasipinge on 220 V, siis tuleb mootori mähised tingimata ühendada tähte, juhul kui võrgu liinipinge oleks aga 220 V, tuleks sama mootori puhul kasutada kolmnurklülitust.

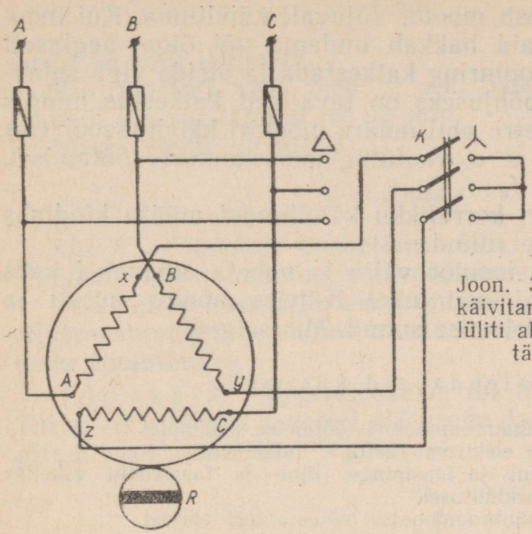
Väikese võimsusega mootoreid (kuni 10—20 kW) käivitatakse lihtsalt võrgulüliti sisselülitamisega. Suurema võimsusega mootorite käivitamiseks kasutatakse lisaseadmeid.

Käivitamise momendil indutseeritakse mootoris suur elektromotoorne jõud, sest magnetvoo muutumise kiirus seisva rootori suhtes on suur. Seepärast on ka voolutugevus rootoris sel hetkel 5 kuni 8 korda suurem nimiväärtusest. Staatorivool suureneb samuti kuni 7 korda.

Mootori käivitusvool ei ole mootorile otseselt ohtlik, sest see väheneb kiiresti ega jõua masinat ülemäära soojendada. Nähtus on aga siiski ebasoovitav, sest selle tulemusena käivitamisel võrgupinge langeb. Pinge langus häirib aga teiste tarbijate normaalset tööd. Käivitusvoolu vähendamiseks kasutatakse täht-kolmnurklülitit. Kui mootor töötab normaalselt kolmnurklülituses, siis võib pinget alandada sel teel, et ühendatakse staatori mähised käivitamise momendil tähte. Kui mootor saavutab teatud kiiruse, lülitatakse mähised ümber kolmnurka. Sellise käivitusmeetodiga saavutatakse käivitusvoolu kolmekordne vähenemine. Täht-kolmnurklüliti skeem on toodud joonisel 38.

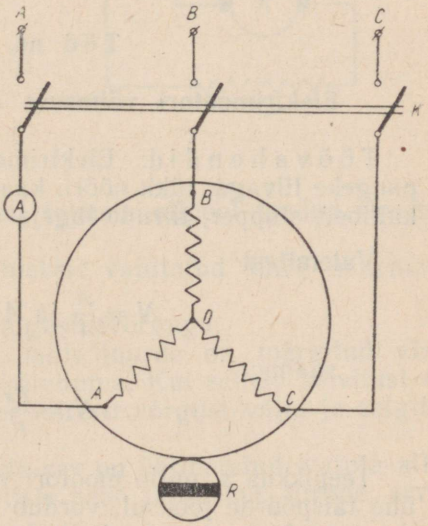
Väikese võimsusega mootori käivitamisel saab kasutada ka tavalist kolmepooluselist lülitit.

T ö ö k ä i k. Määra kindlaks mootori passilt, millist ühendusviisi tuleb kasutada antud mootori lülitamiseks võrku. Ühenda staatorimähiste otsad klemmlaual kolme-



Joon. 38. Asünkroonmootori käivitamine täht-kolmnurk-lüliti abil. *R* — rootor; *K* — täht-kolmnurklüliti.

pooluselise lülitiga ja aseta ühte faasi ampermeeter mõõtepiirkonnaga 2,5 A. Ühendused tee joonise 39 järgi. Enne võrku lülitamist esita seade kontrollimiseks.



Joon. 39. Asünkroonmootori lülitusskeem. *A* — ampermeeter mõõtepiirkonnaga 2,5 A; *R* — rootor; *K* — lüliti.

Lülitamisel peab mootor sujuvalt käivituma. Kui mootor ei käivitu, vaid hakkab undama või õige aeglaselt pöörlema, tuleb vooluring katkestada ja otsida viga sulavkaitsmetes, sest põhjuseks on tavaliselt katkestus mingis faasis. Ampermeetri abil määra mootori käivitusvool (I_k) ja nimivool (I_n), s. o. voolutugevus mootori töötamisel, ning arvuta suhe $I_k : I_n$.

Pärast mootori korralikku käivitumist määra kindlaks rootori pöörlemise suund.

Seejärel lülita mootor välja ja vaheta omavahel kaks mootori juurde minevat juhet. Käivita mootor uuesti ja määra rootori pöörlemise suund. Mis selgus?

Täiendavaid küsimusi.

1. Kirjeldada asünkroonmootori töötamise põhimõtet.
2. Milles seisneb elektromagnetiline induktsioon?
3. Milline on liini- ja faasipinge, liini- ja faasivoolu vaheline seos täht- ja kolmnurklülitusel?
4. Kirjeldada asünkroonmootori lühisrootori ehitust.

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Astafjev jt.* Elektrotehnika.
3. *Popov jt.* Elektrotehnika.

Töö nr. 12.

Elektrimootori võimsuse (võllil) määramine.

Töövahendid: Elektrimootor, raskuste kogu, rihm, pangeke liivaga, tükk nööri, kaalud, nõu liiva jaoks, nihkkaliiber, stopper, tiirude lugeja.

Valemitest

$$N = \frac{A}{t} \text{ ja } A = Fs$$

saame:

$$N = \frac{Fs}{t}.$$

Teepikkus s, mille mootori võllile asetatud rihm läbib ühe täispöörde jooksul, võrdub mootori võlli ümbermõõduga, mida saame arvutada, teades võlli läbimõõtu:

$$s = \pi d,$$

kus d = võlli läbimõõt.

Kui mootori võll teeb 1 sek. jooksul n pööret, siis sekundi jooksul läbitud tee on πdn.

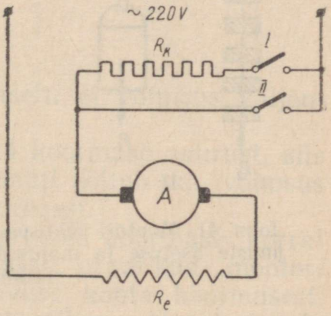
Seega võime kirjutada:

$$N = F\pi dn,$$

kus F — mootori tõmbejõud võllil, d — mootori võlli läbimõõt ja n — mootori võlli pöörete arv sekundis.

Töö juures kasutatav elektrimootor on varustatud käivitusreostaadiga, mis aitab mootori sisselülitamisel vähendada voolutõuget.

T ö ö k ä i k. Mootori skeem on toodud joonisel 40. Tutvu selle põhjal mootori ehitusega ja leia skeemil märgitud osad mootorilt.



Joon. 40. Mootori ühendusskeem. A — ankur; R_e — ergutusmähis; R_k — käivitusreostaat; I, II — lülitid.

Mootori sisselülitamist toimeta allpool toodud skeemi järgi.

1) Veendu, et sisse oleksid vajutatud lüliti mõlemad mustad nupud.

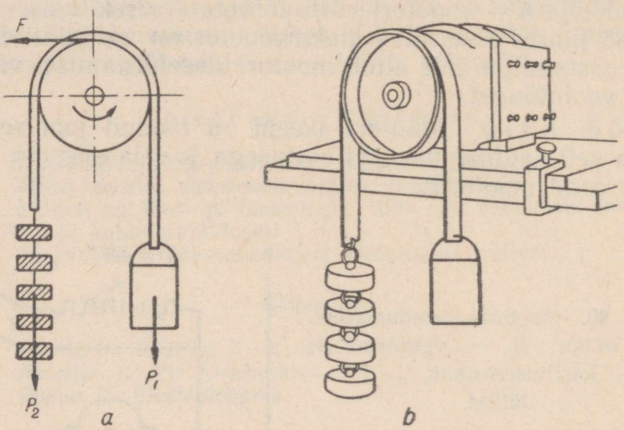
2) Ühenda mootor valgustusvõrguga.

3) Vajuta alla lüliti, mille juurde on märgitud «I». Seejuures peab mootor käivituma. Kui sellele käivitust ei järgne, siis lülita mootor kiiresti võrgust välja ja selgita vea põhjus.

4) Kui mootori tiirude arv on ühtlustatud, vajuta alla ka teine must nupp. Sellele peab järgnema tiirude arvu suurenemine.

5) Pärast seda lülita mõlemad lülitid välja. Mootor jääb selle tulemusena seisma.

Nüüd aseta rihma ühele otsale raskus 300—350 G ja teisele otsale pangeke liivaga, mille kogukaal on koormuste kaaluga (300—350 G) võrdne. Rihm aseta üle mootori võlli. Rihm tuleb asetada võllile selliselt, et mootor pöörleks koormuste suunas (joon. 41). Mootori sisselülitamisel hakkab pangeke tõusma. Nüüd tuleb lisada pange senikaua liiva juurde, kuni pange tõusmine lõpeb.



Joon. 41. Mootori võimsuse (võllil) määramine. *a* — koormuste asetuse ja mõjuvate jõudude skeem; *b* — katseseadme üldvaade.

Hõõrdejõud võlli ja lindi vahel ongi mootori tõmbejõuks. Kui pang ja koormused on tasakaalustatud, siis pange kaal (P_1) on tasakaalustatud hõõrdejõuga (F) ja vihtide kaaluga (P_2), s. t.

$$F + P_2 = P_1.$$

Järelikult

$$F = P_1 - P_2.$$

Selliselt saab arvutada mootori tõmbejõu võllil.

Võlli ümbermõõtu võib määrata kahel viisil:

1) mõõda võlli diameeter ja arvuta ümbermõõt valemi $u = \pi d$ järgi;

2) mõõda vahetult nööri abil võlli ümbermõõt ja joonlaua abil määra nööri pikkus.

Mootori pöörete arvu määramiseks kasuta tiirudelugejat. Ühenda see mootori võlliga ja tee kindlaks, mitu tiiru teeb võll 2 minuti jooksul.

Katset korda kahel korral ja arvuta pöörete arv sekundis.

Nii on saadud võimsuse määramiseks kõik vajalikud suurused ja võib arvutada võimsuse valemi $N = F\pi dn$ järgi.

Andmed märgi tabelisse.

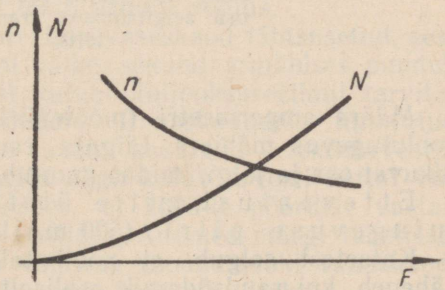
Jrk. nr.	P_1	P_2	F	d	t	p	n	N
	G	G	G	cm	sec	pööret	$\frac{\text{pööret}}{\text{sec}}$	W
1.								
2.								
3.								

Arvutamisel vali ühikud selliselt, et võimsus väljenduks vattides.

Kui muuta võllile rakendatud koormuse suurust, siis muutub ka võlli pöörete arv. Samuti sõltub ka võimsus võllile rakendatava koormuse suurusest.

Määra mootori võimsus viie erineva koormuse korral ja koosta saadud tulemuste põhjal graafikud mootori pöörete arvu ja võimsuse sõltuvuse kohta koormusest.

Graafikud koosta samas teljestikus. Abstsissteljele kanna koormuse suurused, ordinaatteljele pöörete arv ja võimsus. Sellise graafiku näidis on toodud joonisel 42.



Joon. 42. Kommutaatormootori pöörete arvu ja võllil arendatud võimsuse sõltuvus koormusest.

1. Nimetada võimsuse ühikud ja nendevahelised seosed.
2. Kuidas sõltub mootori võimsus koormusest?
3. Milleks on vajalik käivitusreostaat?

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika VIII—IX kl.
2. *Astafjev jt.* Elektrotehnika.

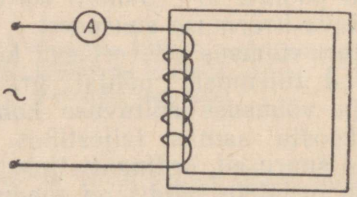
Töö nr. 13.

Transformaatori ehitus ja selle kasuteguri määramine.

Töövahendid: 1) transformaator; 2) voltmeeter (30 V); 3) ampermeeter (1 A); 4) 2 autolampi; 5) elektriarvesti; 6) stopper; 7) ampermeeter (5 A); 8) reostaat (560Ω, 0,6 A).

Töö käik. 1. Raudsüdamiku osa selgitamine transformaatoris.

Aseta mähis, millele on märgitud «220 V» raudsüdamikule, sulge raudsüdamik ja koosta vooluring vastavalt joonisele 43.



Joon. 43. Skeem raudsüdamiku osa selgitamiseks transformaatoris.

Määra ampermeetri (mõõtepiirkond kuni 1 A) abil voolutugevus mähises. Liiguta raudsüdamikul asetsevat liikuvat osa ja jälgi, kuidas muutub voolutugevus mähises.

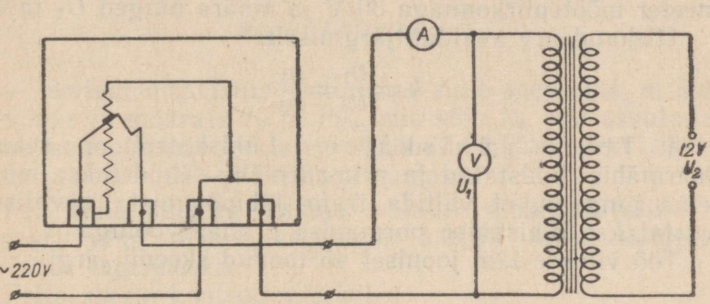
Ettevaatust, mitte ületada lubatud voolutugevuse piiri (500 mA)!

Katsetest selgub, et pooli takistus vahelduvvoolule väheneb, kui raudsüdamik osaliselt avada (voolutugevus

kasvab). Samal ajal aga pooli aktiivne (oomiline) takistus ei muutu. See on tingitud asjaolust, et raudsüdamiku sulgemisel kasvab pooli induktiivsus. Järelikult ühendab suletud raudsüdamik sekundaarmähise suurema magnetvooga ja võimaldab paremat energia ülekannet.

Selgita, miks koosneb raudsüdamik üksikutest raudlehtedest. (Pöörisvoolude kohta vt. X—XI kl. õpik § 93.)

2. Transformaatori tühijooksu katse. Transformaatori primaarmähis (220 V) ühenda võrgupingega, sekundaarmähis (12 V) jäta avatuks. Koosta vooluring vastavalt joonisele 44.



Joon. 44. Transformaatori tühijooksu uurimise skeem. *A* — ampermeeter mõõtepiirkonnaga 1 A; *V* — voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V.

Kuna tühijooksurežiimil on sekundaarmähis ühendamata, kulub kogu tarvitatud võimsus kadude ületamiseks.

Trafos esinevad 1) vaseskaod, mis lähevad juhtmete soojendamiseks ja 2) rauaskaod — see osa kulub raudsüdamiku korduvaks ümbermagnetiseerimiseks ja pöörisvoolude tekitamiseks.

Rauaskadude mõjul tekib samuti soojus.

Tühijooksu katse korral on vaseskaod tähtsusetud, sest primaarmähises on vool väike, sekundaarmähises puudub aga hoopiski. Seepärast kulub tühijooksurežiimil tarvitatud võimsus rauaskadudele. Rauaskadudele kulutatud võimsuse määramiseks saab kasutada elektriarvestit. Määra kindlaks, kui palju aega kulub arvesti kettal viie pöörde tegemiseks. Teades, et 2500-le pöördele vastab 1 kWh, määra võimsus vattides. Andmed märgi tabelisse.

Selliselt arvestatud võimsus moodustabki rauaskaod.

Enne lülitamist esita seade kontrollimiseks!

U	I	n	t	P_{Fe}
V	A	pööret	sec	W
		5		

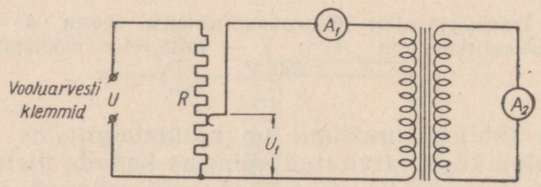
3. Transformaatori ülekandearvu määramine. Trafo üekandearvu määramiseks ühenda joonisel 44 toodud skeemi sekundaarmähise otstega voltmeeter mõõtepiirkonnaga 30 V ja määra pinged U_1 ja U_2.

Ülekandearv avaldub järgmiselt:

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

4. Trafo lühiskatse. Lühiskatsel on sekundaarmähis lühistatud ja primaarmähist toidetakse väiksema pingega, et vältida trafo läbipõlemist. Tavaliselt teostatakse lühiskatse normaalse primaarvooluga.

Töö viiakse läbi joonisel 45 toodud skeemi järgi.



Joon. 45. Skeem transformaatori lühiskatseteks.
A — ampermeeter (1 A); A_2 — ampermeeter (5 A);
R — reostaat potentsiomeetrilises lülituses.

Lühiskatse puhul on magnetvoog raudsüdamikus väga väike, sest primaarpinge on madal. Seetõttu kulutatakse kogu võimsus vaseskadudele. Järelikult saab lühiskatsel määrata vaseskaod.

$$P_{Cu} = I_1^2 R_1 + I^2 2 R_2,$$

kus I_1 — vool primaarmähises, I_2 — vool sekundaarmähises, R_1 — primaarmähise oomiline takistus, R_2 — sekundaarahela oomiline takistus.

Kasuta suhet:

$$\frac{I_1}{I_2} = n,$$

siit:

$$I_1 = nI_2$$

(kehtib ainult siis, kui voolud ei erine normaalseist).

Asenda:

$P_{Cu} = I_2^2(R_2 + n^2R_1)$: Tähistades

$R_2 + n^2R_1 = R_e$

saab:

$$P_{Cu} = I_2^2R_e, \text{ kus}$$

R_e — ekvivalenttakistus — tuuakse sisse seepärast, et kui on võimalik määrata I_2 ja P_{Cu}, siis võib R_e abil arvutada vaseskao võimsuse ka teiste režiimide puhul, sest ekvivalenttakistus jääb praktiliselt samaks.

P_{Cu} määramiseks kasuta samuti elektriarvestit ja stopperit ning määra aeg, mis arvesti ketas kulutab 5 pöörde tegemiseks.

Esita skeem kontrollimiseks!

Algul peab olema reostaadi liikuv kontakt punktis *B*. Seejärel muuda sujuvalt pinget, kuni ampermeeter A_1 näitab 300 mA. See on antud trafo jaoks normaalseks primaarvooluks. Kuna arvesti võtab lülituses arvele ka kaod reostaadis, siis tuleb algul määrata kogu kulutatud võimsus, seejärel lülitada trafo välja ja määrata võimsus reostaadis. Nende andmete järgi on võimalik määrata vaseskaod.

Andmed märgi tabelisse.

Kaod reostaadis ja transformaatoris			Kaod reostaadis			Kaod transformaatoris	Ekvivalenttakistus
n	t	P_2	n	t	P_1	$P_{Cu} = P_2 - P_1$	$R_e = \frac{P_{Cu}}{I_2^2}$
pööret	sec	W	pööret	sec	W	W	Ω
5			5				

5. Trafo kasuteguri määramine mitmesugustel koormustel. Trafo kasutegur

$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

kus

P_2 — koormuse poolt tarbitud võimsus,

P_1 — trafo poolt võrgust võetud võimsus,

$P_1 = P_2 + P_{Fe} + P_{Cu}$, kus P_{Fe} — rauaskao võimsus, P_{Cu} — vaseskao võimsus.

Seega

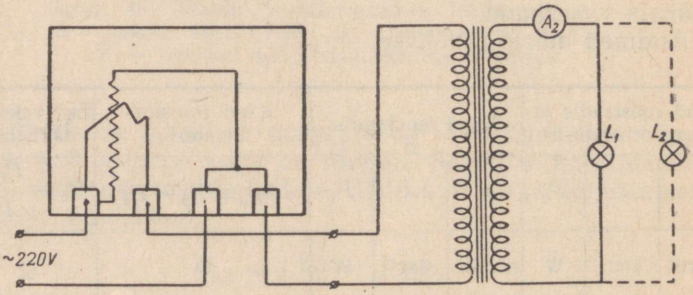
$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{Fe} + P_{Cu}} = \frac{P_2}{P_2 + P_{Fe} + I_2^2 R_e}.$$

Selle valemi abil määrataksegi praktiliselt trafo kasutegur. Kasuteguri määramisel kasuta joonisel 46 toodud skeemi, lülitades algul sekundaarahelasse ühe ja seejärel kaks autolampi.

Tarbitav võimsus P_2 määra jällegi elektriarvesti ja stopperi abil.

Tulemuste tabel:

Jrk. nr.	I_2	n	t	P_2	P_1	η
	A	pööret	sec	W	W	
1.		5				
2.		5				



Joon. 46. Skeem transformaatori kasuteguri määramiseks mitmesugustel koormustel. A_2 — ampermeeter (5 A); L_1, L_2 — autolambid (12 V)

1. Miks ei kasutata trafosid alalisvoolu pinge muutmiseks?
2. Kuidas mõjustavad trafo kasutegurit südamikus tekkivad keerisvoolud?

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Astafjev jt.* Elektrotehnika.
3. *Sazanov.* Elektrimontööri käsiraamat.

Töö nr. 14.

Transformaatori võimsusteguri määramine mitmesugustel koormustel.

Töövahendid: 1) autotrafo (KAT-12), 2) elektriarvesti, 3) voltmeeter mõõtepiirkonnaga 250 V, 4) ampermeeter mõõtepiirkonnaga 2,5 A, 5) stopper, 6) lampreostaat koos lampidega.

Kui alalisvooluringis määratakse võimsus valemiga

$$P = IU$$

ja tema määramiseks piisab ampermeetrist ja voltmeetrist, siis vahelduvvoolu puhul nende mõõteriistade hälvete korrutis annab ainult näivvõimsuse. Tegevvõimsuse määramiseks on vaja veel vattmeetrit või lisaks volt- ja ampermeetrile veel faasimõõtjat (cos φ mõõtjat), mis näitab kas võimsusteguri suurust või faasi nihkenurga suurust.

Valemist

$$P = IU \cos \varphi$$

Järgneb:

$$\cos \varphi = \frac{P}{IU} = \frac{P}{S},$$

kus P — tegevvõimsus,
S — näivvõimsus.

Võimsustegur näitab, millise osa generaatori poolt toodetud energiast moodustab kasulikuks tööks muutunud energia. Võimsusteguril on väga suur tähtsus kaasaegses tööstuses, sest:

1) madala võimsusteguriga töötav tarbija pole jaamale kasulik, kuna sama tasusumma puhul tarvitab ta suuremat voolu kui kõrgema võimsusteguriga tarbija;

2) mida madalam on tarbija võimsustegur, seda vähem niisuguseid tarbijaid suudab generaator toita ilma ülekoormuseta;

3) tarbijate madala võimsusteguri puhul on generaatori võimsus halvasti kasutatud;

4) madala võimsusteguriga töötav sama tegeliku võimsusega generaator omab suuremaid mõõte, on raskem ja kallim.

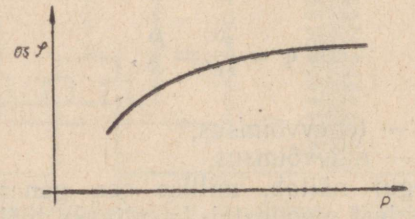
Tarbija ise ei kannata aga peaaegu üldse mitte madala võimsusteguri all.

Seepärast rakendatakse tarbijate maksustamisel eritariife, mis sõltuvad tarbija võimsusteguri suurusest. Näiteks tarbija töötamisel $\cos\varphi = 0{,}8$ maksab tarbija energia eest normaaltariifi alusel, töötamisel $\cos\varphi$-ga üle 0,8 tariifi alandatakse, töötamisel $\cos\varphi$-ga alla 0,8 — tariifi suurendatakse.

Kuna seadme võimsustegur sõltub suurel määral koormusest, siis peab mootorite ja transformaatorite paigaldamisel arvestama nende koormatust. Käesolevas töös tuleb uurida, kuidas transformaatori võimsustegur sõltub temale rakendatud koormuse suurusest.

Transformaatori tühijooksul on ta võimsustegur madal ja kõigub 0,2—0,3 piirides, koormuse suurenedes suureneb ka võimsustegur ja saavutab nimikoormusel väärtuse 0,90 kuni 0,95.

Transformaatori võimsusteguri sõltuvust koormusest võib väljendada graafiliselt. Selline graafik on toodud joonisel 47. Võimsusteguri parandamine on tähtis rahvamajanduslik ülesanne. See võimaldab kokku hoida miljo-

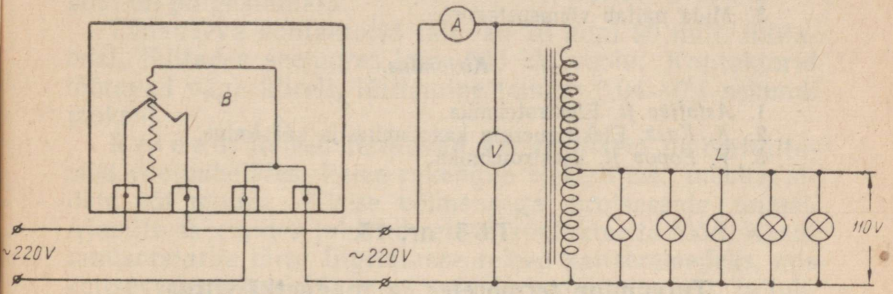


Joon. 47. Transformaatori võimsusteguri sõltuvus koormusest.

neid kilovatt-tunde elektrienergiat, mis muidu läheks kaduma.

Võimsusteguri parandamine on samaväärne uute elektrijaamade ehitamisega, seepärast on tähtis tunda selleks kasutatavaid abinõusid.

T ö ö k ä i k. Võimsusteguri määramiseks koosta vooluring joonisel 48 esitatud skeemi põhjal.



Joon. 48. Skeem transformaatori võimsusteguri määramiseks. *B* — arvesti; *A* — ampermeeter (2,5 A); *V* — voltmeeter (250 V), *L* — lampreostaat.

Valmis vooluring esita kontrollimiseks.

Seejärel lüli transformaator võrku ja määra stopperi abil, kui palju aega kulutab arvesti ketas 5 pöörde tegemiseks juhul, kui transformaator on koormamata. Määra samuti voolutugevus ja pinge. Samu mõõtmisi korda veel viiel korral, suurendades lampreostaadi abil transformaatori koormust, kuni on sisse lülitatud kõik lambid.

Mõõtmistulemused esita järgmise tabeli kujul:

Jrk. nr.	*I*	*U*	*t*	*P*	*S*	*n*	cos φ
	A	V	sec	W	VA	pööret	
1.							
2.							
3.							

Tegevvõimsuse määramiseks tee kindlaks arvesti konstant.

Saadud tabeli andmete põhjal konstrueeri graafik, mis

väljendab võimsusteguri sõltuvust koormusest. Abstsissteljele kanna tegevvõimsuse, ordinaatteljele võimsusteguri väärtused.

Täiendavaid küsimusi.

1. Selgitada graafiku põhjal, kuidas võimsustegur sõltub koormusest.
2. Mis on autotrafo?
3. Mida näitab võimsustegur?

Kirjandus.

1. *Astafjev jt.* Elektrotehnika.
2. *K. Kask.* Elektrienergia kasutamine ja säästmine.
3. *V. Popov jt.* Elektrotehnika.

Töö nr. 15.

Tutvumine termorelee ja magnetkäivitiga.

Töövahendid: 1) termorelee töötav mudel; 2) magnetkäiviti töötav mudel; 3) elektripliit; 4) juhtmed; 5) reverseeriv magnetkäiviti РПМР-0-3; 6) asünkroonmootor.

Tänapäeva tehnikas kasutatakse järjest laialdasemalt tootmisprotsesside automatiseerimist ja kaugjuhtimist. Automatiseerimata juhtimise korral tehakse kõik elektrimasina juhtimisoperatsioonid teenindava personali poolt käsitsi.

Kui mootorite juhtimine toimub juhtimisaparatuuri abil teenindava personali vahelesegamiseta ning sõltub ainult aparaatide karakteristikutest ja nende seosest tootmisprotsessiga, siis on tegemist automaatjuhtimisega.

Automaatse juhtimise aparatuuri võib jaotada kolme rühma:

1) kontaktorid — kaugjuhtimise teel sisse- ja väljalülitamise aparaadid;

2) releed — mootori juhtimisseadmete, s.t. kontaktorite, lülitite jne. tööd mõjutavad aparaadid;

3) komandoaparaadid — nende abil mõjutab kaht esimest aparaatide rühma kas teenindav personal või töömasin ise.

Kontaktorid. Kontaktoriteks nimetatakse automaat- ja kaugjuhtimiseks ettenähtud lüliteid, mida kasu-

tatakse elektriseadmetes vahelduvpingega kuni 500 V, alalisvoolu korral aga kuni 3000 V. Kontaktorid on arvestatud suure arvu sisse- ja väljalülitamiste teostamiseks ning neid valmistatakse nii alalis- kui ka vahelduvvoolule. On olemas kontaktoreid normaalasendis suletud ja normaalasendis avatud kontaktidega. Kontaktide normaalasendiks loetakse asendit, mille juures elektromagneti pool on pingestamata.

Tänapäeva kontaktorid taluvad 20 kuni 50 milj. lülitamist, lülitades seejuures kuni 600 A voolu. Kontaktorid töötavad väga kiirelt, lülitamine toimub 0,04—0,1 sekundi jooksul.

R e l e e d. Releed teostavad automaatseid ümberlülitamisi vooluahelates. Relee rakendub elektriliste, mehhaaniliste või muude väikese võimsusega protsesside toimel. Ajamite skeemides juhivad releed kontaktorite tööd. Kasutamisotstarbe järgi liigitatakse releed kaitsereleedeks, mis kaitsevad seadmeid ja mootoreid ülekoormuste eest, ja juhtimisreleedeks. Releed rakenduvad kas hetkeliselt või viivitusega, mida on võimalik reguleerida.

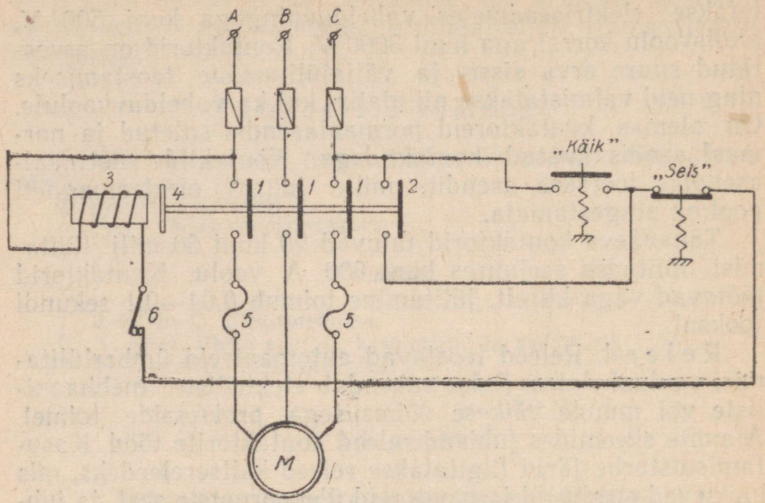
Tööpõhimõttelt jagunevad releed 1) elektromagnetilisteks; 2) induktsioon-; 3) elektrodünaamilisteks; 4) termo-, 5) mehhaanilisteks jne. releedeks.

Kaugjuhtimise puhul on aparatuuris kaks voolusüsteemi: juhtimisvooluring ja peavooluring. Juhtimisvooluringis kasutatakse väikese võimsusega seadmeid (mitmesugused releed ja nende juhtimisnupud), mis lülitavad kontaktorite abil peavooluringis sisse ja välja suure võimsusega masinaid ja aparaate.

Vaatleme distants- ja automaatjuhtimise põhimõtete rakendamist magnetkäiviti juures.

Joonisel 49 on antud skeem lühisrootoriga asünkroonmootori käivitamiseks magnetkäiviti abil. Magnetkäiviti koos termoreleega koosneb kolmepooluselisest kontaktorist *1*, plokk-kontaktidest *2*, elektromagnetist *3*, ankrust *4*, bimetallplaatidest *5*, termorelee survenupust *6* ning survenuppudest «*Käik*» ja «*Seis*». Juhtimisvooluring on märgitud skeemil peente, peavooluring jämedate joontega.

Vedrud hoiavad survenuppe «*Käik*» ja «*Seis*» joonisel märgitud asendis. Kui vajutada survenupule «*Käik*», liigub vool juhtimisvooluringis läbi elektromagneti *3* mähise. Selles tekkiva magnetvälja mõjul tõmmatakse ankur *4* vasakule. Samaaegselt sulgub kolmepooluseline



Joon. 49. Magnetkäiviti skeem.

kontaktor *1* ja plokk-kontaktid *2* ning mootor lülitatakse vooluringi. Kuna plokk-kontaktid šunteerivad survenupu «*Käik*», siis jääb kontaktor sisselülitatuks ka peale survenupu «*Käik*» vabastamist.

Kui vajutada survenupule «*Seis*», katkeb juhtimisvooluring ja ankur *4* liigub paremale, lahutades kontaktori abil ka peavooluringi ning mootor lülitub välja.

Ülekoormuse puhul katkestab bimetallplaat *5* kontaktid *6* ja mootor seiskub.

Enne mootori järjekordset käivitamist tuleb pärast bimetallplaatide jahtumist vajutada survenupule *6*, mille tulemusena sulguvad termorelee kontaktid. Käivitamiseks tuleb uuesti vajutada nupule «*Käik*».

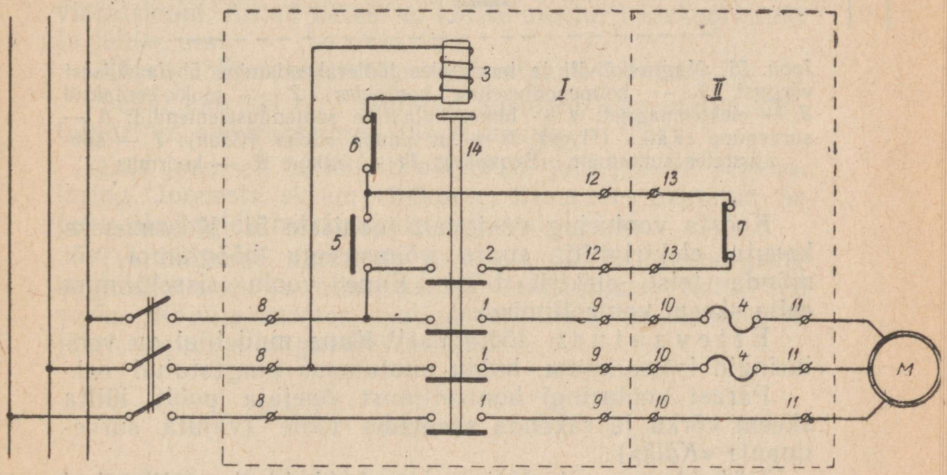
Magnetkäiviti kaitseb mootorit ka pinge alanemisel. Sel juhul nõrgeneb vool elektromagneti *3* poolis. Magnetväli ei jõua ankrut *4* elektromagneti südamiku vastas hoida, kontaktor *1* avaneb ja mootor lülitub välja.

Magnetkäiviti ei kaitse mootorit lühiühenduse eest. Seepärast tuleb kasutada võrku lülitamisel sulavkaitsmeid.

Tutvume magnetkäiviti ja termorelee töötavate mudelitega.

Tehnilised andmed. Tööpinge — 220 V ±20 V. Tööasend vertikaalne. Kõrvalekalle vertikaalasendist ei tohi olla üle 10°. Elektromagneti tõmbejõud nimipingel: a) avatud kontaktide korral — 150 G; b) tööasendis — 2000 G. Kontaktori maksimaalne koormusvool — 10 A. Bimetallplaat on valmistatud sulamitest, milledest ühel on minimaalne (36% niklit, 64% rauda), teisel aga maksimaalne (20% niklit, 2,5—3% kroomi, ülejäänud osa rauda) joonpaisumiskoefitsient. Soojenduselement — kroomnikkel ø 0,45 mm, takistus 21Ω nimivool 5 A. Traat on keritud asbotsemendist (asbesti ja portlandtsemendi segust saadav materjal) alusele.

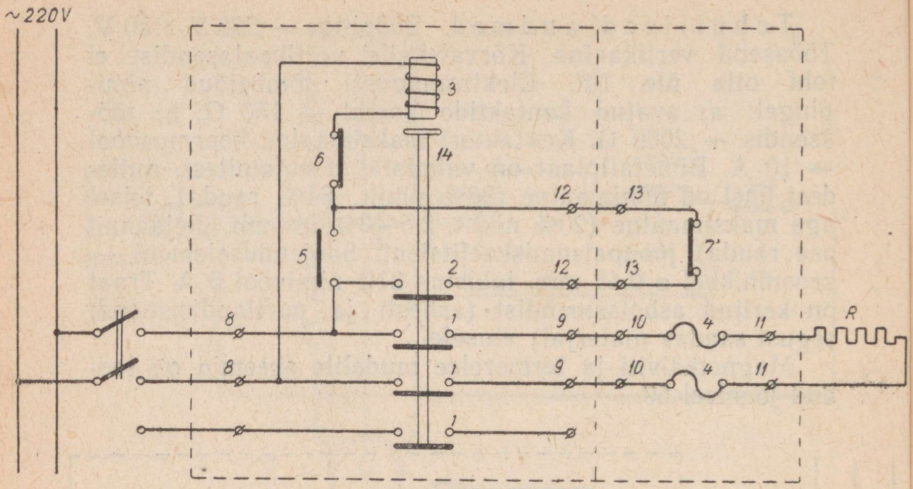
Magnetkäiviti ja termorelee mudelite skeemid on toodud joonisel 50.



Joon. 50. Magnetkäiviti ja termorelee mudelite skeem. I — magnetkäiviti; II — termorelee.

Töö käik. Leia seilelt skeemilt ja mudelitelt magnetkäiviti ja termorelee põhiosad, kasutades joonist 49. Mudelitel on juhtimis- ja peavooluringid kujutatud eri värvidega. Tee kindlaks, millist värvi on kasutatud kummagi vooluringi puhul.

Kui liinipinge on 380 V, mudelite tööpinge aga 220 V, tuleb seadmed rakendada tööle ühefaasilisest võrgust vastavalt joonisele 51.



Joon. 51. Magnetkäiviti ja termorelee töölerakendamine ühefaasilisest võrgust. *1* — kolmepooluseline kontaktor; *2* — plokk-kontaktid *3* — elektromagnet; *4* — bimetallplaatide soojenduselemendid; *5* — survenupp «Käik» (Пуск); *6* — survenupp «Seis» (Стоп); *7* — soojusrelee survenupp (Возврат); *14* — ankur; *R* — koormus.

Koosta vooluring vastavalt joonisele 51. Koormuseks kasuta elektripliiti, suure võimsusega hõõglampi või mõnda teist elektritarbijat. Enne voolu sisselülimist esita skeem kontrollimiseks!

Ettevaatust töötamisel! Kuna mudelitel on vooluringid isoleerimata, hoidu puutumast pingestatud osi.

Pärast vooluringi kontrollimist õpetaja poolt lülita skeem võrku ja rakenda seadeldis tööle (vajuta survenupule «*Käik*»).

Tähelepanu! Kui ankur hakkab sisselülitamisel vibreerima, lülita seadeldis kohe välja ja kontrolli elektromagneti südamiku ning ankru paralleelsust. Õige lülitamise korral ei tohi esineda mingit vibratsiooni ega sellega kaasnevat müra.

Vii läbi mitu sisse- ja väljalülimist ning jälgi seejuures magnetkäiviti detailide tööd. Tee kindlaks, millist teed mööda kulgeb vool nii juhtimis- kui ka peavooluringis.

Järgnevalt ühenda soojusrelee kontaktid *11* omavahel juhtmega, mille läbimõõt oleks 0,5—1,0 mm. Lüli seadeldis vooluringi ja jälgi termorelee tööd. Pärast bimetallplaatide jahtumist vajuta termorelee survenupule (*Возврат*).

Tutvu termorelee tundlikkuse reguleerimise moodusega.

Edasi vaatle magnetkäiviti РПМР-0-3 ehitust ja kasutamist asünkroonmootori distantsjuhtimiseks. Antud käiviti on määratud elektrimootorite distantsjuhtimiseks nii püsiva kui ka vaheajalise töörežiimi korral vastavalt ГОСТ 2491-44-le ja võimaldab teostada kuni 150 lülitust tunnis. Käiviti töötamisel ei tohi pinge kõikumine ületada —15% kuni +5% nimiväärtusest. Käiviti on kaetud plastmassist kattega. Käiviti asetatakse sellisele kohale, mis oleks kaitstud tolmu ja niiskuse eest ning monteeritakse vertikaalasendis (kaldenurk ei tohi ületada ±5°). Käiviti kere maandatakse. Keskkonna temperatuur ei tohi olla üle +35° C.

Käiviti ekspluateerimisel on vaja kontrollida kontaktori puhtust. Detaile ei õlitata. Ei tohi esineda magnetsüsteemi vibratsiooni. Antud käiviti ei kaitse mootorit ülekoormuste ja lühise eest.

Käiviti lülitatakse vooluringi vastavalt joonisele 52.

Sellel joonisel on kasutatud uuemaid leppemärke kontaktori ja elektromagneti tähistamiseks.

Leia jooniselt 52 käiviti põhiosad, juhtimis- ja peavooluring. Joonesta skeem vihikusse, kasutades juhtimis- ja peavooluringide märkimiseks erinevaid värve.

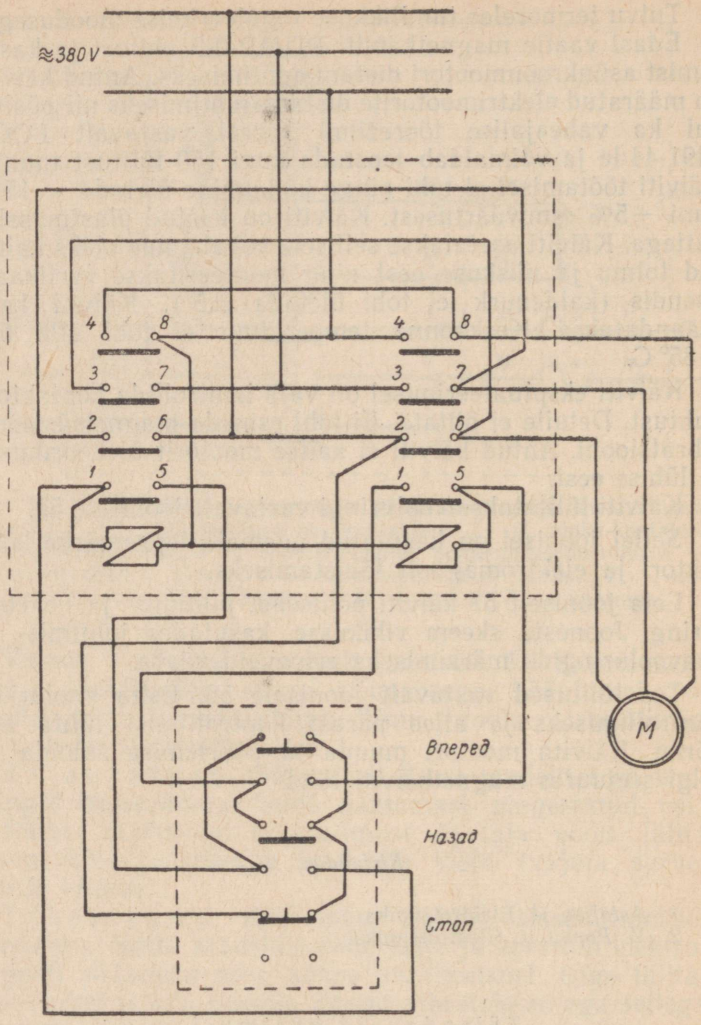
Tee lülitused vastavalt joonisele 52. Esita vooluring kontrollimiseks ja alles pärast kontrollimist lülita see võrku. Käivita mootor, muuda ta pöörlemise suunda ja jälgi seejuures magnetkäiviti tööd.

Kirjandus.

1. *Astafjev jt.* Elektrotehnika.
2. *V. Popov jt.* Elektrotehnika.

Täiendavaid küsimusi.

1. Näidata joonisel 49 voolu teekond pea- ja juhtimisvooluringis mootori sisselülitamise momendil.
2. Kirjeldada voolu teekonda joonisel 49 pärast survenupu «Käik» vabastamist.
3. Mis juhtub, kui ankur ei asetu kindlalt vastu elektromagneti pooluseid?
4. Kuidas tuleb kaitsta mootorit käiviti РПМР-0-3 kasutamisel ülekoormuse ja lühise eest?



Joon. 52. Magnetkäiviti РПМР-0-3 lülitusskeem.

Töö nr. 16.

Tutvumine automaatlülitite ehituse ja kasutamisega.

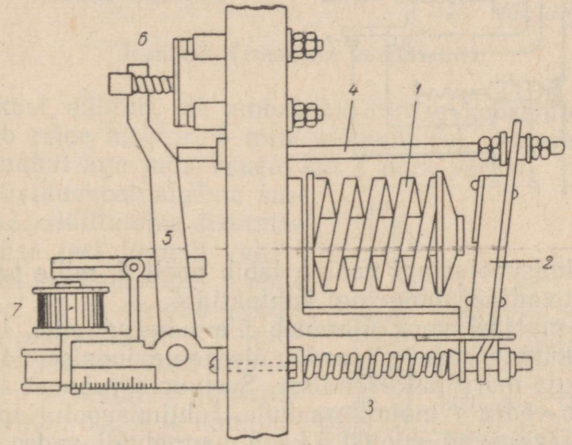
Töövahendid: 1) automaatlüliti АП 25; 2) transformaator 220/12 V; 3) ampermeeter 20 A; 4) kell; 5) reostaat; 6) ühendusjuhtmed.

Õhkautomaatlüliteid kasutatakse alalis- ja vahelduvvooluringide automaatseks või käsitsi distants-väljalülitamiseks kuni 500 V pinge juures.

Automaatlüliti lülitab kaitsva vooluahela välja:

1) kui välisvõrgus on lühis;
2) liigkoormus ületab lüliti sätteväärtuse;
3) pinge langeb allapoole lubatud piiri või katkeb hoopis.

Maksimaalvoolu ja minimaalpinge kaitseks on automaatlülitis vastavad releed.



Joon. 53. Hetkelise toimega maksimaalvoolurelee.

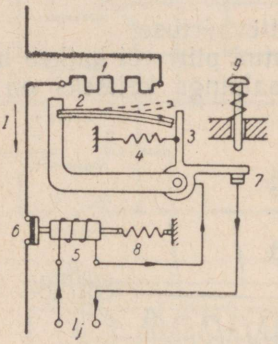
Elektromagnetilise maksimaalvoolurelee skeem on toodud joonisel 53. Neid releesid kasutatakse mootorite kaitseks lühisvoolude ja ülekoormuste eest. Relee võib olla kas hetkelise toimega või viivitusega.

Relee töötab järgmiselt.

Kui vool mootori peavooluringis ületab 2—2,5 korda nimivoolu, siis muutub vooluringi järjestikku ühendatud pooli *1* tõmbejõud vedru *3* mõjust suuremaks ning relee ankur *2* tõmmatakse pooli vastu.

Ankru otsas asetseb varras *4*, mis toetub kangile *5*. Varras lükkab kangi vasakule ja avab sellega kontaktid *6*.

Mootori kaitseks voolutugevuse eest, mis ei põhjusta maksimaalvoolurelee rakendumist, kuid põhjustab pikemaajalise töö korral mootori ülekuumenemise, kasutatakse termoreleed. Termorelee põhimõtteline ehitus on toodud joonisel 54. Selle relee põhiosaks on kahest erineva joonpaisumiskoefitsiendiga ainest koosnev bimetallplaat *2*. Mootori vool, mis läbib takistust *1*, soojendab bimetallplaati. Plaadi *2* üks ots on jäigalt kinnitatud, teise otsa vastu surub vedru *4* kangi *3*.



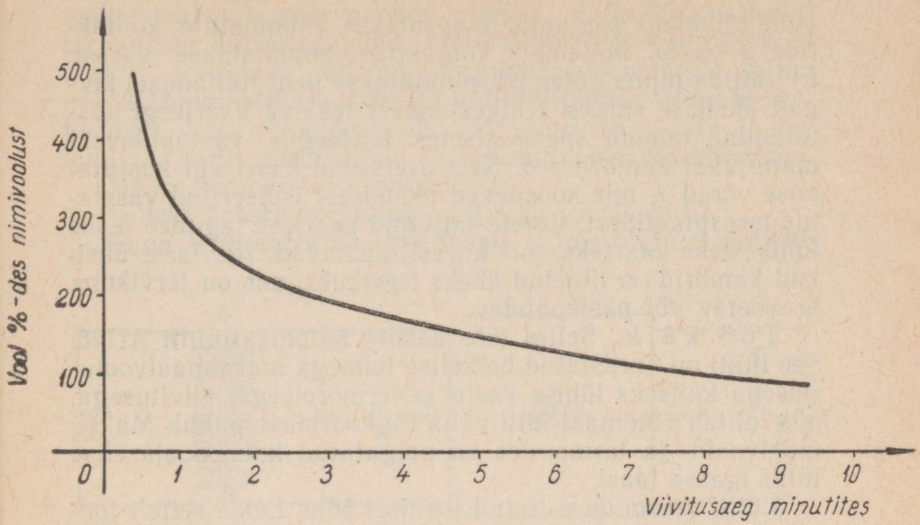
Joon. 54. Termorelee põhimõtteline ehitus.

Juhtimisvooluringi vool I_j läbib pooli *5*, mille tagajärjel sulguvad peavooluringi kontaktid *6*.

Kui mootori vool suureneb üle lubatud piiri, hakkab plaat *2* kuumenema ja kaardub ülespoole, joonisel 54 punktiirjoonega märgitud asendisse. Seejuures vabaneb kang *3* ja liigub vedru *4* mõjul vasakule. Juhtimisvooluringi kontaktid *7* avanevad, poolist *5* kaob magnetväli, vedru *8* tõmbab südamiku paremale ja katkestab peavooluringi kontaktid *6*. Survenupu *9* abil seatakse kang *3* uuesti tööasendisse.

Termorelee ei katkesta mootori peavooluringi voolu tõusmisel üle nimiväärtuse mitte silmapilkselt, vaid teatava aja möödumisel. Sealjuures sunnivad suuremad ülekoormused releed kiiremale tegevusele. See on otstarbekas, sest suuremad ülekoormused põhjustavad mootori tugevamat soojenemist ja neid kannatab mootor muidugi ka lühema aja vältel kui madalamaid ülekoormusi.

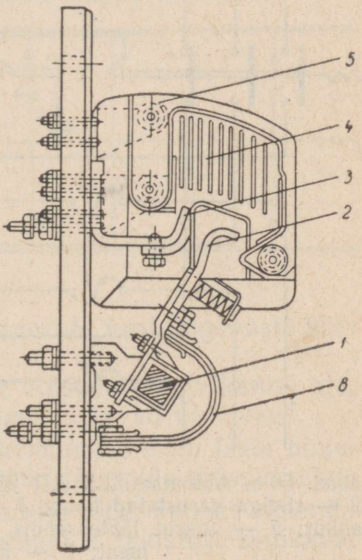
Joonisel 55 on toodud termorelee karakteristik. Karak-



Joon. 55. Termorelee karakteristik.

teristikust nähtub, et umbes 1,5-kordse koormuse puhul lahutab relee mootori 5 min. möödumisel, 3-kordse koormuse puhul aga juba vähem kui 1 min. pärast.

Vahelduvvooluahelate sisse- ja väljalülitamine distantsjuhtimise teel toimub vahelduvvoolukontaktorite abil. Joonisel 56 on toodud vahelduvvoolukontaktori KT kontaktide süsteem. Need kontaktorid on arvestatud nimivoolule 75 kuni 600 A ja nimipingele kuni 500 V. Võlli *1* isoleeritud osa külge on kinnitatud liikuvad kontaktid *2*, mis on ühendatud liiniklemmidega painduva sideme *6*



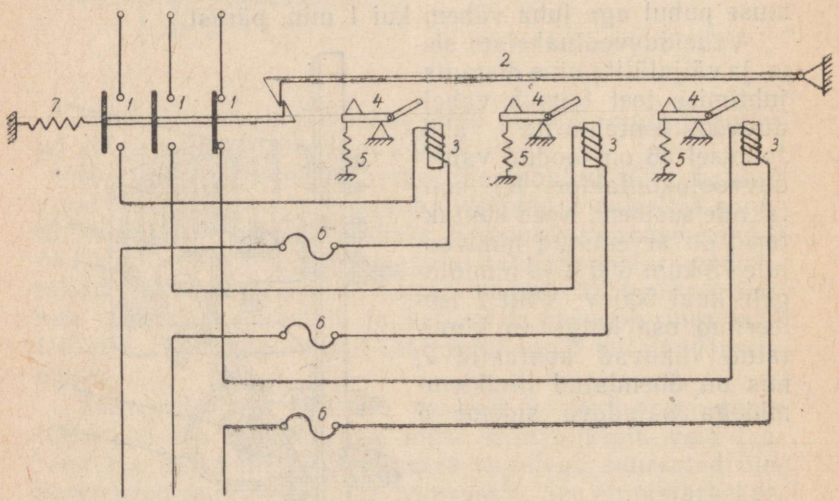
Joon. 56. Vahelduvvoolu kontaktori KT kontaktide süsteem.

abil. Liikuvad kontaktid *2* surutakse liikumatute kontaktide *3* vastu. Mõlemad kontaktid valmistatakse vasest. Et vältida pinna põlemist, nihutatakse neid lülitamisel kergelt üksteise suhtes. Katkestamisel tekkiva kaarleegi kustutamine toimub spetsiaalsetes karleegile vastupidavast materjalist kambrites *5*. Neis asetsevad kaarleegi kustutamise võred *4*, mis koosnevad üksteisest isoleeritud vasetatud terasplaatidest. Võrele sattunud kaarleek jaguneb reaks lühikesteks kaarteks, mis kiiresti kustuvad. Iga faasi üksikud kambrid on liidetud üheks tervikuks, mis on tervikuna äravõetav või pealepandav.

T ö ö k ä i k. Selles töös kasuta automaatlülitit АП25. See lüliti on varustatud hetkelise toimega maksimaalvoolureleega kaitseks lühise vastu ja termoreleega, viivitusega, mis lülitab automaatlüliti välja liigkoormuse puhul. Maksimaalvoolu- ja termorelee on paigutatud kolmepooluselise lüliti igasse faasi.

Lüliti skeem on esitatud joonisel 56-a. Leida sellelt jooniselt automaatlüliti põhiosad ja kirjelda maksimaalvoolu ning termorelee tööd.

Leia automaatlülitilt joonisel 56-a märgitud detailid:



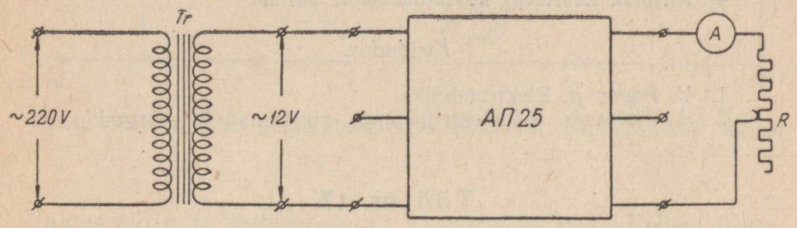
Joon. 56-a. Automaatlüliti АП 25 skeem. *1* — kontaktori kontaktid; *2* — riiviga varustatud kang; *3* — maksimaalvoolurelee poolid; *4* — ankur; *5* — ankrut lähteasendis hoidev vedru; 6-termorelee kütteelement; *7* — kontaktori vedru.

maksimaalvoolurelee poolid, ankrud, vedrud ja kangid; termorelee kütteelemendid, bimetallplaadid, kangid; kontaktori kontaktid, vedrud, leegikustutuskambrid. Tutvu antud automaatlüliti sisse- ja väljalülitamise kangide süsteemiga. Leia rakendusvoolu sättesuuruste skaala ja tee kindlaks lüliti minimaalne ja maksimaalne rakendusvool.

Määra soojusrelee karakteristik.

Selleks koosta vooluring vastavalt joonisele 57.

Kuna termorelee on igas faasis, ei ole oluline, milliste



Joon. 57. Skeem termorelee karakteristiku määramiseks.

klemmidega võrgujuhtmed ühendada. Määra voolutugevus ja aeg automaatlüliti sisselülitamise momendist kuni termorelee rakendumiseni. Tulemused kanna tabelisse.

I A								
t sec								

Tee vähemalt 5 mõõtmist erinevate voolutugevuste korral.

Tulemused esita graafiliselt. Abstsissteljele kanna aja, ordinaatteljele aga voolutugevuse vastavad väärtused.

Märkus. Pärast relee rakendumist tuleb lasta bimetallil jahtuda ja alles siis teostada järgmine sisselülimine.

Õpi tundma maksimaalvoolurelee tööd. Selleks vähenda joonisel 57 antud skeemis reostaadi *R* takistust senikaua,

kuni toimub maksimaalvoolurelee rakendumine. Jälgi relee ankrute liikumist. Kui on kasutada sobiva mõõtepiirkonnaga ampermeeter, siis määra rakendusvoolu tugevus.

Täiendavaid küsimusi.

1. Milleks kasutatakse releekaitset?
2. Kirjelda voolu teekonda joonisel 56 pärast kontaktori sulgemist.
3. Miks võib termorelee karakteristikut ja maksimaalrelee rakendumist määrata ka madalapingelise vooluga?
4. Kirjelda kaarleegi kustutuskambri ehitust.

Kirjandus.

1. *V. Popov jt.* Elektrotehnika.
2. *A. Zlatovski.* Maaelektrijaamad, -alajaamad ja -võrgud.

Töö nr. 17.

Välitelefoniaparaadi tundmaõppimine.

Töövahendid: 1) telefoniaparaat УНАИ-42; 2) ühendusjuhtmed.

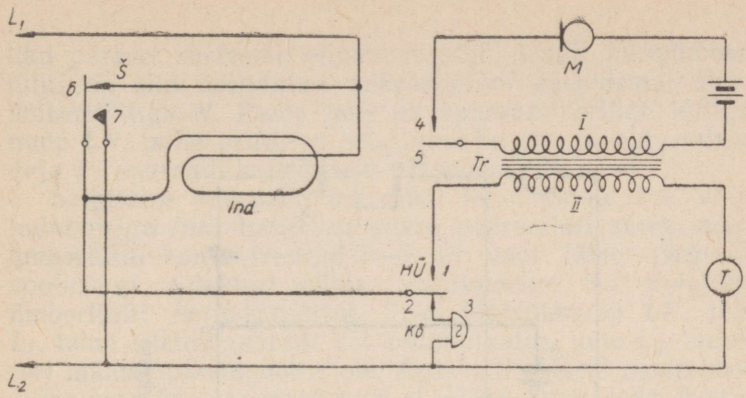
Kohaliku patarei süsteemi telefoniaparaadi ehitus ja töö. Välitingimustes kasutatakse telefonisideks kohaliku patarei süsteemi induktor- või foonilise väljakutsega aparaate. Aparaadid paigutatakse puit- või plastmasskasti, mis on varustatud kanderihmaga.

Kohaliku patarei süsteemi puhul toidetakse mikrofoni iga aparaadi juurde paigutatud kohalikust patareist. Sellist süsteemi aparaadi põhimõtteline skeem on esitatud joonisel 58.

Abonendi väljakutsumiseks kasutatakse telefoniaparaatides lihtsaid vahelduvvoolu generaatoreid, mida nimetatakse induktoriteks. Induktori ehitus ja tööprintsiip on järgmine.

Hobuserauakujuliste püsivmagnetite magnetväljas asub teljel pöörlev ankur. Ankrumähise otsad on ühendatud ankru telje kummalgi otsal oleva isoleeritud tihvtiga. Ankru pöörlemisel indutseeritakse mähises vahelduv elektromotoorne jõud. Kui induktorit ei kasutata, siis sulgub mähis induktori šundivedrudega *1* ja *2* (joon. 59).

Induktori vända pööramisel nihkub peatelg paremale ja šundi ümberlülija vedrud *2* ja *3* sulguvad. Šunt lülita-



Joon. 58. Kohaliku patarei süsteemi aparaadi põhimõtteline skeem.

takse välja ja kutsungivool saadetakse induktoriga ühendatud vooluringi. Kui induktori vänta ei pöörata, toob spiraalvedru peatelje tagasi endisesse asendisse ja šunt sulgub uuesti.

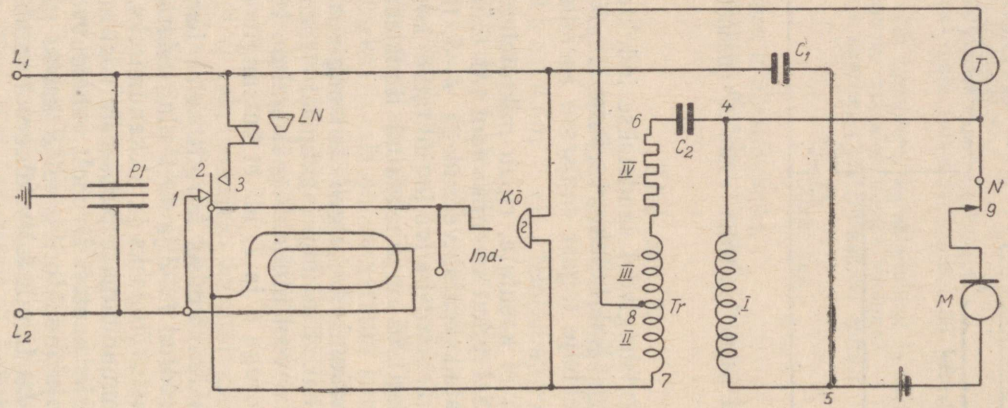
Kui aparaati ei kasutata, ripub mikrotelefon harkümberlülitil *HÜ*. Sel juhul on mikrofoni *M* toite-vooluring patareist lahutatud kontaktvedrudega *4—5*, telefon *T* ja transformaator *Tr* on aga välja lülitatud kontaktvedrudega *1—3*, kõlisti *Kõ* on ühendatud liiniklemmidega L_1 ja L_2.

Kutsungi saabumisel kulgeb kutsungivool šundi *Š* kaudu läbi kõlisti. Kutsungi saatmisel läheb induktori mähistes tekkinud vool liinile. Samal ajal on kõlisti lühistatud kontaktvedruga *6* ja *7*, nii et kutsungivool ei pääse aparaati.

Mikrotelefoni äravõtmisel hargilt suleb hark-ümberlüliti *HÜ* kontaktvedrud *1—2* ja *4—5* ning tekitab kõnevooluringid kõne vastuvõtmiseks ja ülekandmiseks.

Kõnelemisel muundatakse pulsseeriv vool mikrofoni *M* vooluringis transformaatori *Tr* poolt vahelduvvooluks, mis kontaktide *1—2* ja induktori šundi *Š* kaudu pääseb liiniklemmidele L_1—L_2. Liinilt tulev kõnevool satub aga šundi *Š* kaudu telefoni *T*.

Joonisel 59 on toodud aparaadi УНАИ-42 põhimõtteline skeem. Nagu selgub jooniste 58 ja 59 võrdlemisest, on aparaadi УНАИ-42 koostisosad põhiliselt samad, mis koha-



Joon. 59. Telefoniaparaadi УНАИ-42 põhimõtteline skeem.

liku patarei süsteemi seinaaparaadil. Ainult hark-ümberlüliti on siin asendatud mikrotelefoni käepidemel oleva ümberlülitiga *N*. Peale selle on aparaadil eriline lülitusnupp *LN*, mille otstarvet selgitame hiljem, ja pingelahendaja *Pl* aparaadi kaitsmiseks pikselaengute vastu.

Selgitame aparaadi töötamist. Jaam kutsutakse välja induktoriga *Ind*. Induktori ankru pööramisel suleb vedru ümberlüliti kontaktvedrud *2—3* ja vool läbib järgmise vooluringi: induktori mähise vasakpoolne ots, induktori ümberlüliti kontaktvedrud *2—3*, lühistusnupp *LN*, juhe L_1, teine telefoniaparaat või kommutaator, juhe L_2, induktori mähise parempoolne ots. Aparaadi skeemi parempoolsesse ossa indutseeritud vool ei pääse, kuna seda šunteerivad kontaktvedrud *2—3*. Kui kutsungi saatmisel vajutada nupule *LN*, siis šunt lahutatakse ja kutsungivool läbib ka kõlisti *Kõ* ning kell heliseb.

Aparaadi väljakutsumine liinilt või jaamast toimub induktorikutsungi teel, kusjuures vool läbib järgmise vooluringi: liinilt L_1 läbi kõlisti *Kõ* ja kontaktide *1—2* liinile L_2 ning sealt kutsuva aparaadi või jaama induktorisse.

Kõnelemisel suletakse mikrofoni toite-vooluring, vajutades mikrotelefoni käepidemel olevale ümberlülitile *N*.

Mikrofoni vooluringis kõnelemisel tekkiv pulseeriv vool muundatakse transformaatori abil vahelduvvooluks, mis pääseb liinile ja jaama või teise aparaati järgmise vooluringi kaudu: transformaatori *Tr* ots *7*, induktori kontaktid *1—2*, liin L_2, teine aparaat või kommutaator, liin L_1, kondensaator C_1, üldpunkt *5*, transformaatori mähis *I*, kondensaator C_2, takistus *IV* ja transformaatori mähis *III*. Seejuures kõnevool telefoni ei satu.

Liinilt tulev kõnevool läbib järgmise vooluringi: liin L_1, kondensaator C_1, transformaatori mähis *I*, telefon *T*, transformaatori punkt *8*, mähis *II*, induktori kontaktid *1—2*, liin L_2.

Töö käik. Välitelefoniaparaadi kontrollimine.

I. *Kutsungivooluringi kontroll.*

1) Induktori ja kella korrasoleku kontrolliks pööra induktori käepidet. Liinijuhtmete otsad jäta seejuures

ühendamata. Induktori ankur peab pöörlema kergesti. See näitab, et kutsungivooluringides lühist ei esine.

2) Juhtme abil lühista liinijuhtmed L_1 ja L_2 ning pööra uuesti induktori käepidet. Kui induktori ankur pöörleb raskelt, siis kutsungivooluringides ei esine katkestust.

3) Pöörates induktori käepidet lühistatud liinijuhtmete korral, vajuta nupule *LN*. Kell peab nüüd helisema. Kui kell ei helise, siis aparaadi kutsungiosa ei tööta.

II. Kõnevooluringide kontroll.

1) Puhu mikrofoni, kuid ära vajuta ümberlülitile *N*. Telefonis ei tohi seejuures kuulduda mingeid kahinaid. See näitab, et ümberlüliti kontaktid on avatud ja ümberlüliti on töökorras.

2) Vajuta ümberlülitile *N* ja puhu mikrofoni. Telefonis peab kuulduma selge kahin. See näitab, et vooluallikas, mikrofon, telefon, ümberlüliti *N*, transformaatori mähised *II* ja *III*, takisti *IV* ja kondensaatorid on töökorras.

3) Vajuta ümberlülitile *N* ja puhu ühtlaselt mikrofoni, samaaegselt ava ja sulge liinijuhtmeid L_1 ja L_2. Telefonis kuuldav kahin peab muutuma. See näitab, et transformaatori mähis *I* ja eralduskondensaator C_1 on töökorras.

III. Pingelahendaja kontroll.

Ühenda juhtmetega klemmid L_1 ja *A*, vajuta lühistusnupule *LN* ja pööra induktori käepidet. Kell ei tohi seejuures heliseda. Sama korda lühistatud klemmide L_2 ja *A* korral. Kui kell heliseb, siis pingelahendaja vastava liinijuhtmega ühendatud plaat puutub kokku maandatud plaadiga.

Vii kirjeldatud juhiste põhjal läbi telefoniaparaadi kutsungi- ja kõnevooluringide ning pingelahendaja kontroll. Vigade esinemisel selgita nende põhjus. Tutvu telefoniaparaadi ehitusega joonise 59 põhjal ja leia aparaadist kõik joonisel näidatud osad. Aparaadi põhimõtteline skeem joonesta töövihikusse.

Täiendavaid küsimusi.

1. Selgitada lühistusnupu otstarvet.
2. Milline on induktori ümberlüliti ülesanne?

3. Milline on mikrotelefonil oleva ümberlüliti ülesanne?
4. Kirjeldada voolu teekonda joonisel 59, kui kutsungi saatmisel vajutada nupule *LN*.
5. Kirjeldada süsimikrofoni ja telefoni ehitust ja tööprintsiipi.

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Gumelja jt.* Telefoni-telegraafiside kaugeliinide korrastaja.

Töö nr. 18.

Trioodi tunnusjoonte määramine.

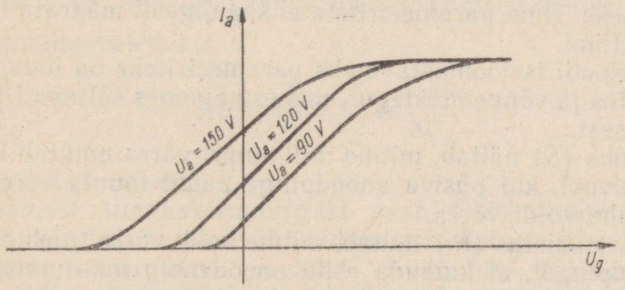
Töövahendid: 1) voltmeeter mõõtepiirkonnaga 300 V; 2) voltmeeter mõõtepiirkonnaga 30 V; 3) milliampermeeter mõõtepiirkonnaga 10 mA ja 150 mA; 4) potentsiomeeter (5000 Ω, 1,2 A); 5) potentsiomeeter (1100 Ω, 0,4 A); 6) kaksiktriood 6H7C; 7) kenotronalaldaja; 8) gasotronalaldaja; 9) ümberlülija; 10 juhtmed.

Trioodi iseloomustamiseks on vajalik teada, kuidas tema anoodvool sõltub anoodpingest ja võrepingest. Tavaliselt väljendatakse need sõltuvused graafiliselt. Saadud graafikuid nimetatakse lambi tunnusjoonteks. Trioodi iseloomustamiseks antakse kaks tunnusjoont:

1) anoodvoolu sõltuvus võrepingest mingil konstantsel anoodpingel,

2) anoodvoolu sõltuvus anoodpingest mingil konstantsel võrepingel.

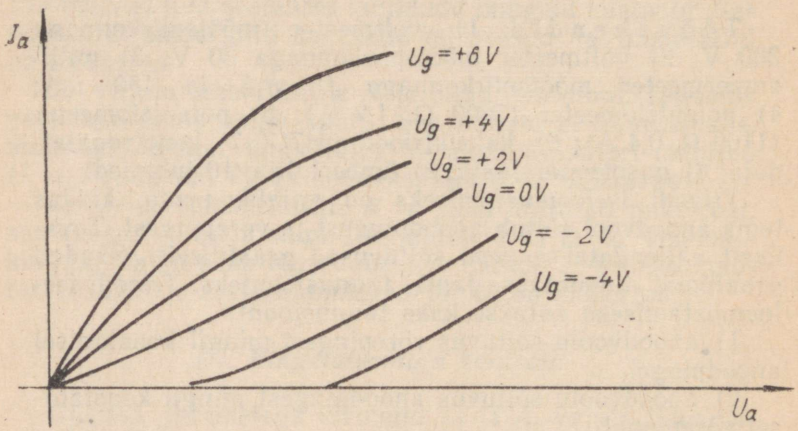
Esimest tunnusjoont nimetatakse võre tunnusjooneks ja väljendatakse graafikuna, kus püsttelg väljendab anoodvoolu ja rõhttelg — võrepinget. Trioodi võre tunnusjooned



Joon. 60. Trioodi võre tunnusjoonte sari.

tuleb ehitada erinevate anoodpingete jaoks. Niisiis saadakse trioodi võre tunnusjoonte sari, kus iga joon vastab ühele kindlale anoodpingele ja määrab seejuures anoodvoolu sõltuvuse võrepingest. Hariliku trioodi võre tunnusjoonte sari on kujutatud joonisel 60.

Teist tunnusjoont nimetatakse trioodi anoodi tunnusjooneks. Ka anoodi tunnusjooned ehitatakse erinevate võrepingete jaoks. Selliselt saadakse anoodi tunnusjoonte sari, kus iga joon vastab ühele kindlale võrepingele ja määrab seejuures anoodvoolu sõltuvuse anoodpingest. Trioodi tunnusjoonte sari on kujutatud joonisel 61.



Joon. 61. Trioodi anoodi tunnusjoonte sari.

Tunnusjoonte sarja on tarvis lambi parameetrite arvutamiseks. Ilma parameetriteta ei saa õigesti määrata lambi töörežiimi.

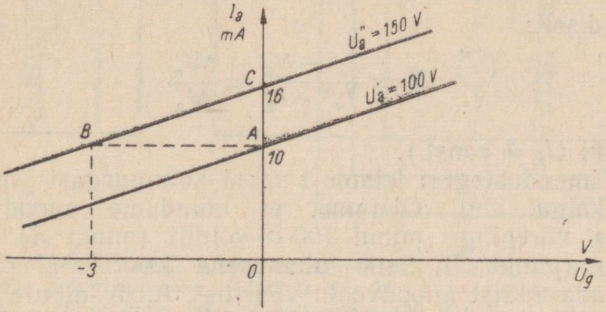
Trioodi iseloomustavateks parameetriteks on tõus, sisetakistus ja võimendustegur, mis esmajoones sõltuvad lambi ehitusest.

Tõus (S) näitab, mitme milliampri võrra muutub lambi anoodvool, kui püsiva anoodpinge puhul muuta võre pinget ühe voldi võrra.

Sisetakistus (R_i) näitab, mitme voldi võrra tuleb muuta anoodpinget, et kutsuda esile anoodvoolu muutumist ühe milliampri võrra. Sisetakistused antakse enamasti kiloomides.

Võimendustegur (μ) näitab, mitu korda tugevamini mõjutab võrepinge muutumine anoodvoolu kui niisama suur anoodpinge muutumine.

Vaatleme, kuidas määrata trioodi parameetreid võre tunnusjoonte sarjast.



Joon. 62. Trioodi parameetrite määramine tunnuskolmnurgast.

Joonisel 62 on antud kaks lõiku võrepinge tunnusjoonte sarja sirgjoonelisest osast. Nende vahele on ehitatud kolmnurk nii, et täisnurk asub madalamale anoodpingele vastaval tunnusjoonel ning kaatetid on paralleelsed vastavate telgedega. Saadud kolmnurka nimetatakse tunnuskolmnurgaks. Tema rõhtne kaatet AB iseloomustab võrepinge muutust, püstkaatet AC anoodvoolu muutust. Jooniselt näeme, et võrepinge muutmisel 3 voldi võrra (— 3-st voldist nullini) kasvab anoodvool 6 milliampri võrra (10 mA kuni 16 mA-ni). Arvutame, kuipalju muutub anoodvool võrepinge muutmisel ühe voldi võrra. Saame $6 : 3 = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$, mis ongi lambi tõus S. Üldiselt saame tõusu arvutamise valemiks:

$$S = \frac{I_a'' - I_a'}{U_g'' - U_g'} = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g}$$

(kui $U_a = \text{const.}$).

Samast tunnuskolmnurgast saab leida trioodi sisetakistuse. Antud juhul 50-voldine anoodpinge juurdekasv alumise tunnusjoone punktist A ülemise tunnusjoone punkti C (mööda püsivale võrepingele vastavat püstjoont)

kutsub esile anoodvoolu 6 milliamprise juurdekasvu. Leiame pinge juurdekasvu 1 milliampri kohta, s. o. sisetakistuse ja saame:

$$R_i = 50 : 6 = 8{,}33 \text{ k}\Omega.$$

Üldiselt:

$$R_i = \frac{U_a'' - U_a'}{I_a'' - I_a'} = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$$

(kui U_g = const.).

Võimendusteguri leiame samast kolmnurgast järgmise mõttekäigu abil. Oletame, et muudame anoodpinget püsiva võrepinge puhul 100-lt voldilt (punkt A) 150-le voldile (punkt C). Selle tulemusena kasvab anoodvool. Et saada endist anoodvoolu väärtust, tuleb muuta võrepinget negatiivsemaks (punktist C punkti B). Anoodpinge muutuse suhe võrepinge muutusega on niisugusel juhul võrdne lambi võimendusteguriga:

$$\mu = 50 : 3 = 16{,}67.$$

Üldiselt

$$\mu = \frac{U_a'' - U_a'}{U_g'' - U_g'} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} \text{ (kui } I_a = \text{const.)}.$$

Trioodi kolme parameetrit seob sõltuvus

$$\mu = R_i S,$$

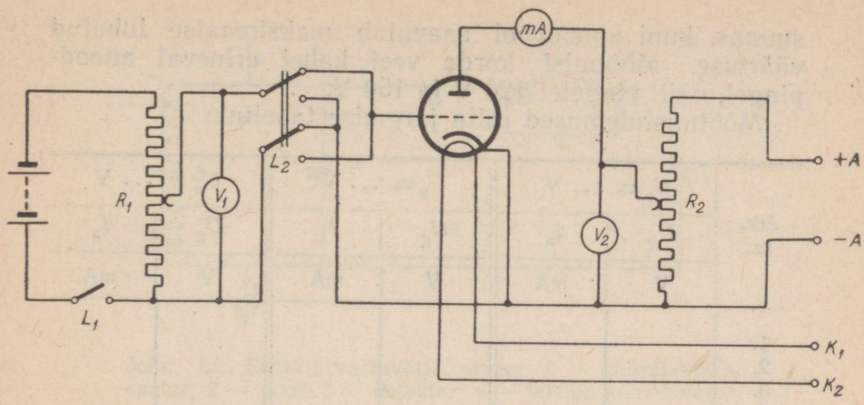
kui sisetakistus on antud kilo-oomides ja tõus milliampri-tes voldi kohta. Nimetatud seost võib kasutada arvutuste kontrolliks.

T ö ö k ä i k. Tunnusjoonte määramiseks koosta lülitused joonisel 63 toodud skeemi kohaselt.

Pärast lülituste tegemist esita skeem kontrollimiseks.

Pärast kütte- ja anoodpinge sisselülitamist ja lambi soojenemist reguleeri võrepinge mingile konstantsele negatiivsele väärtusele ning hakka anoodpinget (nullist alates) suurendama. Anoodvoolu tugevus registreeri näit. iga 10 V järel. Anoodpinge suurendamine lõpeta, kui anoodvool on saavutanud antud trioodile lubatud maksimaalse väärtuse.

See võib olla näiteks 35 mA. Mõõtmisi korda kolmel erineval võrepingel.



Joon. 63. Skeem trioodi tunnusjoonte määramiseks. R_1 — võrepinget reguleeriv potentsiomeeter (1100 Ω 0,4 A); L_2 — võrepinge ümberlüliti; V_1 — võrepinget mõõtev voltmeeter (30 V); R_2 — anoodpinget reguleeriv potentsiomeeter (5000 Ω, 0,2 A), V_1 — anoodpinget mõõtev voltmeeter (300 V); *mA* — anoodvoolu mõõtev milliampermeeter (10 mA ja 150 mA).

Selliselt saad trioodi tunnusjoonte sarja. Mõõtmistulemused kanna järgmisse tabelisse:

Jrk. nr.	U_a	$U_g = \ldots$ V	$U_g = \ldots$ V	$U_g = \ldots$ V
		I_a	I_a	I_a
	V	mA	mA	mA
1.				
2.				
.....				
.....				

Saadud tabeli põhjal konstrueeri millimeeterpaberil trioodi anoodi tunnusjoonte sari.

Võre tunnusjoonte määramiseks vali mingi konstantne anoodpinge (näiteks 90 V) ja reguleeri võrepinge nii negatiivseks, et anoodvoolu ei esine. Vähenda 1 voldi kaupa võrepinget ja registreeri alati anoodvoolu tugevus. Kui oled jõudnud võrepingeni 0, aseta ümberlülija nii, et võrepinge oleks positiivne ja suurenda võrepinget positiivses

suunas, kuni anoodvool saavutab maksimaalse lubatud väärtuse. Mõõtmisi korda veel kahel erineval anoodpingel, näit. pingetel 120 V ja 150 V.

Mõõtmistulemused esita järgmise tabelina:

Jrk. nr.	U_a = ... V		U_a = ... V		U_a = ... V	
	U_g	I_a	U_g	I_a	U_g	I_a
	V	mA	V	mA	V	mA
1.						
2.						
3.						
4.						

Saadud tabeli alusel konstrueeri millimeeterpaberil võre tunnusjoonte sari.

Ehita tunnuskolmnurk ja määra trioodi parameetrid.

Täiendavaid küsimusi.

1. Selgita joonise 60 põhjal, kuidas anoodpinge muutus mõjutab tunnusjoone asendit.
2. Selgitada joonise 61 põhjal, kuidas sõltub anoodi tunnusjoone asend võrepinge suurusest.

Kirjandus.

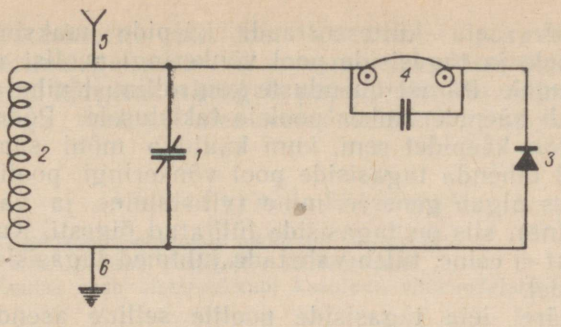
1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *A. Pedusaar.* Elektro- ja raadiotehnika algajaile.
3. *Izjumov.* Raadiotehnika kursus.

Töö nr. 19.

Detektorvastuvõtja ja lihtsa lampvastuvõtja kokkupanek ja katsetamine.

Töövahendid: 1) komplekt «Raadiotehnik»; 2) küttepatarei; 3) anoodpatarei; 4) juhtmed antenniks ja maanduseks.

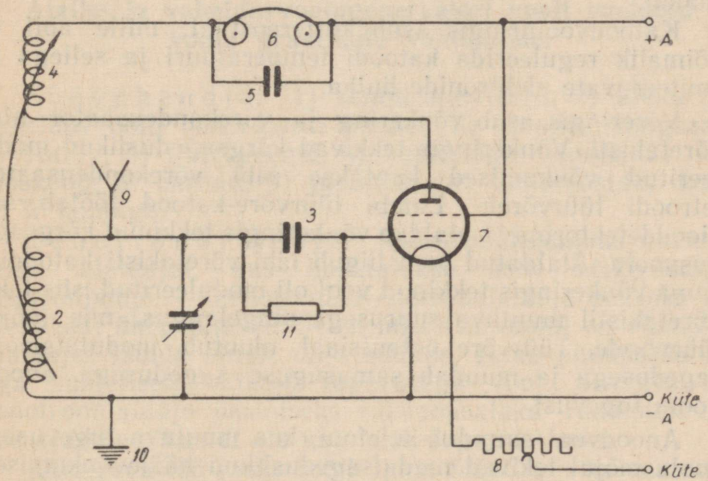
Töö käik: 1. Detektorvastuvõtja. Vastuvõtja koosta joon. 64 kohaselt.



Joon. 64. Detektorvastuvõtja skeem. *1* — pöördkondensaator; *2* — pool; *3* — detektor; *4* — telefon koos kondensaatoriga; *5* — antenn; *6* — maandus.

Pärast aparaadi kokkumonteerimist aseta pähe peatelefonid ja pööra pöördkondensaatorit seni, kuni kuuled mõnda saatjat. Proovi niihästi kesk- kui ka pikklaine poolidega.

2. Ühelambiline vastuvõtja. Vastuvõtja monteeri kokku joon. 65 toodud skeemi järgi.



Joon. 65. Ühelambiline vastuvõtja. *1* — pöördkondensaator; *2* — võnkeringi pool; *3* — võrekondensaator; *4* — tagasiside pool; *5* — kondensaator; *6* — telefon; *7* — lamp; *8* — küttereostaat; *9* — antenn; *10* — maandus; *11* — võretakisti.

Algul aseta küttereostaadi käepide maksimaalsele takistusele ja tagasiside pool võnkeringi poolist võimalikult kaugele. Pärast ühenduste kontrollimist nihuta küttereostaadi käepide ümber poolele takistusele. Pööra kondensaatori käepidet seni, kuni kuuldub mõni saatejaam. Seejärel lähenda tagasiside pool võnkeringi poolile. Kui seejuures algab genereerimine (vilistamine ja vastuvõtu katkemine), siis on tagasiside lülitatud õigesti. Kui genereerimist ei esine, tuleb vahetada juhtmed tagasiside pooli klemmidel.

Seejärel leia tagasiside poolile selline asend, mille juures vastuvõtt on kõige tugevam, kuid genereerimist ei esine.

Vaatleme lähemalt joonisel 65 toodud skeemi. Lambina kasutatakse siin kahe võrega lampi, nn. tetroodi. Teine võre asetatakse lampi selleks, et suurendada anoodi mõju. Seetõttu saadakse suurem võimsus.

Ühe osa anoodvooluringi energia tagasikandmiseks võreringi kasutatakse tagasiside pooli. Viimane on induktiivselt sidestatud võnkeringi pooliga ja seetõttu indutseerib selles võnkumised. Nii saadakse suurem võimendus, mis võimaldab vastu võtta nõrgemaid ja kaugemaid saatejaamu.

Katoodvooluringis asub küttereostaat, mille abil on võimalik reguleerida katoodi temperatuuri ja sellega ka emiteeruvate elektronide hulka.

Võreringis asub võnkering ja võrekondensaator ning võretakisti. Võnkeringis tekkivad kõrgsageduslikud moduleeritud võnkumised kantakse läbi võrekondensaatori tetroodi tüürvõrele. Lambi tüürvõre-katood töötab siin diooddetektorina ja alaldab võnkeringis tekkinud kõrgsagedusvoolu. Alaldatud vool liigub läbi võretakisti katoodile. Kuna võnkeringis tekkinud vool oli moduleeritud, siis tekib võretakistil muutuva suurusega pingelangus, mis mõjub tüürvõrele. Tüürvõre potentsiaal muutub modulatsioonisagedusega ja muudab samasuguse sagedusega anoodvoolu tugevust.

Anoodvool suundub telefoni, kus muutuva tugevusega voolu mõjul tekivad madalsageduslikud häälevõnkumised. Sellist protsessi nimetatakse võredetekteerimiseks. Võredetekteerimise puhul toimub samaaegselt ka vastuvõetud võnkumiste võimendamine, mistõttu sellist detekteerimise moodust kasutatakse lihtsamate vastuvõtjate juures.

Võredetektorite laialdast kasutamist piiravad koos detekteerimisega esinevad moonutused. Moonutused ilmnevad eriti kõrgemate pingete puhul, mistõttu suurema võimendusega vastuvõtjates võredetekteerimist ei kasutata.

Täiendavaid küsimusi.

1. Kirjeldada võnkumiste tekkimist võnkeringis.
2. Kuidas toimub vastuvõtja häälestamine.
3. Kuidas saab elektronlampi kasutada võimendajana?

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Elgas.* Raadioseadmed.
3. *Isotamm.* Raadioamatööri käsiraamat.
4. *V. Borissov.* Noor raadioamatöör.
5. *H. Pedusaar.* Elektro- ja raadiotehnika algajaile.

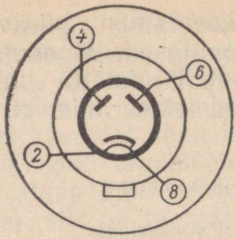
Töö nr. 20.

Vahelduvvoolu alaldajate ehituse ja töö tundmaõppimine. Alalis- ja vahelduvvoolugeneraatori poolt toodetud voolu graafikute vaatlemine.

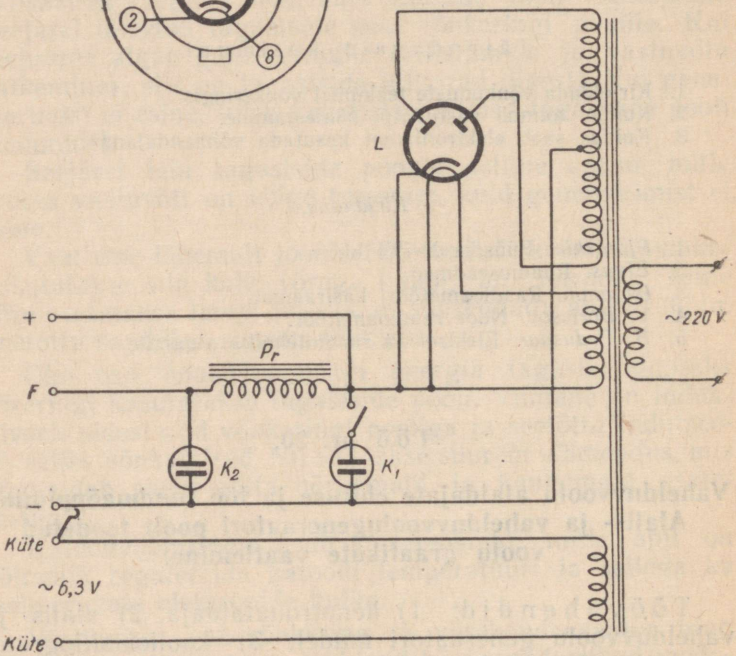
Töövahendid: 1) kenotronalaldaja; 2) alalis- ja vahelduvvoolu generaatori mudel; 3) kooliostsillograaf; 4) statiiv; 5) pöördpeegel; 6) kumerlääts alusel; 7) filmoskoop; 8) ekraan; 9) juhtmed; 10) lampreostaat koos 25 W lambiga.

Kenotronalaldaja. Kenotronalaldajaks nimetatakse alaldajat, kus kasutatakse kahe elektroodiga elektronlampi — kenotroni. Kenotronalaldaja eeliseks on ideaalselt ühepoolne juhtivus, mistõttu voolul on võimalik alaldajat läbida ainult ühes suunas. Tema puuduseks on aga suhteliselt väikese tugevusega vool. Seetõttu on kenotronalaldaja peamiseks rakendusalaks raadiotehnilised seadmed, kus ei ole vaja eriti tugevat voolu.

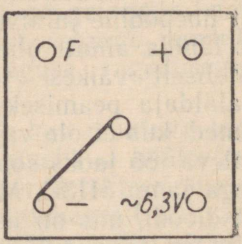
Käesoleva töö jaoks sobib lamp 5Ц4С või ka suurema võimsusega lamp 5Ц3С. Mõlemad lambid kujutavad enesest kaht dioodi, mis on asetatud ühisesse kesta. Lambi elektroodid on toodud kontaktjalgade külge. Joonisel 66 on antud lambi 5Ц4С sokliühenduse skeem.



Joon. 66. Lambi 5ЦНС sokliühenduse skeem.



Joon. 67. Kenotronalaldaja põhimõtteline skeem. L — kenotronalaldaja; P_r — induktiivsus (madalsageduspaispool ehk drossel); K_1 ja K_2 — elektrolüütkondensaatorid.

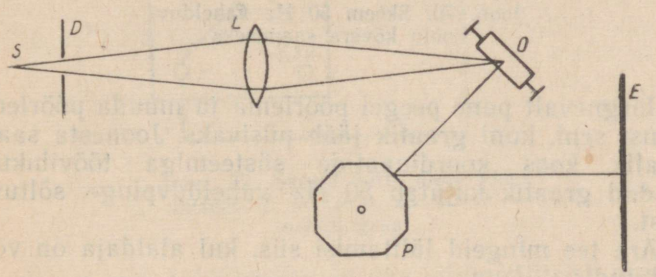


Joon. 68. Kenotronalaldaja klemmlaud.

Täisperioodalaldaja põhimõtteline skeem on antud joonisel 67.

Põhimõttelisel skeemil toodud juhtmete asetust lülituslaual selgitab joonis 68. Kondensaatoritest ja drosselist koosnevat seadet nimetatakse filtriks. Filtri ülesandeks on pulseerivvoolu silumine.

Töö käik. Katseriistade paigutuse skeem on antud joonisel 69.



Joon. 69. Katseriistade paigutuse skeem kenotronalaldaja töö tundmaõppimiseks. *S* — filmoskoop; *D* — väike ava filmoskoobi kondensaatori ees (asetatakse sisse filmihoidjaga); *L* — lääts; *O* — ostsillograafi peegel; *P* — pöördpeegel; *E* — ekraan.

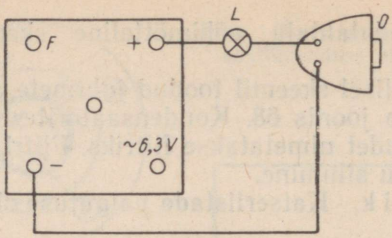
Riistade paigutamisel tuleb jälgida, et ostsillograafi peegel asetseks filmoskoobist tulnud kiirte teel ja lääts koondaks kiired peeglile ühte punkti.

Ostsillograafi peeglilt peab valguskiir langema pöördpeeglile ja sealt peegelduma ekraanile. Jälgi, et kasutatavad seadmed oleksid ühel kõrgusel.

1. 50 Hz sagedusega vahelduvvoolu kõvera saamine. Kui katseriistad on paigaldatud ja ekraanile tekib lambi hõõgniidi kujutis, siis ühenda ostsillograafi mähise klemmid kenotronalaldaja klemmlaual olevate klemmidega vastavalt joonisel 70 toodud skeemile.

Valmis ühendused esita kontrollimiseks!

Seejärel lülita kenotronalaldaja ühendusjuhtmete abil võrku. Pärast lampide soojenemist venib hõõgniidi kujutis pikaks kriipsuks. Kriips peab tekkima vertikaalsuunas. Kui ta tekib horisontaalsuunas, tuleb ostsillograafi 90° võrra pöörata. Ostsillograafi mähisesse suundub nüüd vahelduvvool pingega 6,3 V.

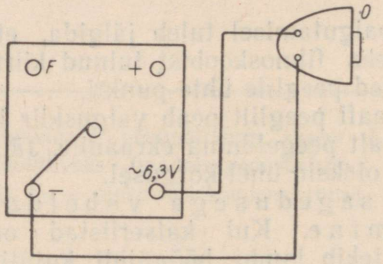


Joon. 70. Skeem 50 Hz vahelduvvoolu kõvera saamiseks.

Järgnevalt pane peegel pöörlema ja muuda pöörlemise kiirust seni, kuni graafik jääb püsivaks. Joonesta saadud graafik koos koordinaatide süsteemiga töövihikusse. Saadud graafik kujutab 50 Hz vahelduvpinge sõltuvust ajast.

Ära tee mingeid lülitamisi siis, kui alaldaja on võrku lülitatud!

2. Täisperioodalaldaja graafiku saamine (ilma filtrita). Riistade asetusskeem jääb samaks (vt. joon. 69). Ostsillograaf ühenda nüüd vastavalt joonisel 71 toodud skeemile.



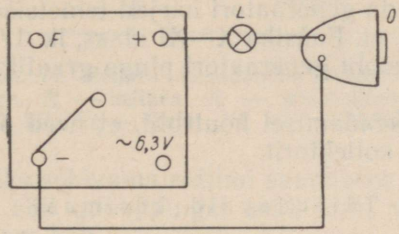
Joon. 71. Skeem täisperioodalaldaja graafiku saamiseks (ilma filtreerimata).

Esita skeem kontrollimiseks! Ühendus keskmise klemmi ja «—» vahel võta lahti.

Kõik lülitused tee pingestamata olukorras, sest siin on tegemist alalispingega umbes 300 V. Pannud pöördpeegli pöörlema, saad ekraanile graafiku täisperioodalaldaja

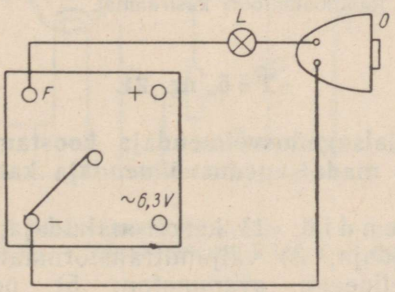
pinge sõltuvuse kohta ajast. Joonista see graafik töövihikusse!

3. Filtri mõju jälgimine. Tee ühendused vastavalt joonisele 72. Ühenda keskmine klemm «—» klemmiga.



Joon. 72. Skeem filtri mõju jälgimiseks. *L* — lamp, 25 W; *O* — ostsillograaf.

Antud ühenduse juures on osa silumisfiltrist (kondensaator K_1) tööle rakendatud ning alaldatud voolu pulsatsioon väheneb tunduvalt. Joonesta ekraanile saadav graafik töövihikusse!



Joon. 73. Skeem alaldatud voolu filtreerimise uurimiseks. *L* — lamp, 25 W; *O* — ostsillograaf.

Järgnevalt ühenda ostsillograaf alaldajaga vastavalt joonisel 73 toodud skeemile. Nüüd on tööle rakendatud kogu silumisfilter. Joonesta saadud graafik töövihikusse!

4. Vahelduv- ja alalisvoolugeneraatori pingete graafikute saamine. Ühenda ostsillograafi klemmid vahleduvvoolugeneraatori mudeli klemmi-

dega. Kontrolli harjade asendit! Harjad peavad toetuma vastu kahte teineteisest isoleeritud rõngast (vt. Füüsika X—XI klass, lk. 161. joonis 180).

Pane vända abil generaatori ankur pöörlema ja samuti ka pöördpeegel. Saad antud mudeli pinge ajast sõltuvuse graafiku. Joonesta see ekraanilt vihikusse!

Edasi ühenda generaatori harjad teineteisest isoleeritud poolrõngaga (vt. Füüsika X—XI klass, lk. 177, joonis 203) ja võta alalisvoolu generaatori pinge graafik. Joonesta see vihikusse!

Harjade ühendamisel kontrolli, et need puutuksid korralikult vastu kollektorit.

Täiendavaid küsimusi.

1. Kirjelda pooljuhtalaldajate ehitust.
2. Kirjelda kahe elektroodiga elektrontoru ehitust ja tööd.
3. Millised on induktiivsuse ja mahtuvuse ühikud?
4. Kirjelda kondensaatorite liike.

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Borissov.* Noor raadioamatöör.
3. *Elgas.* Raadioseadmed.
4. *Isotamm.* Raadioamatööri käsiraamat.

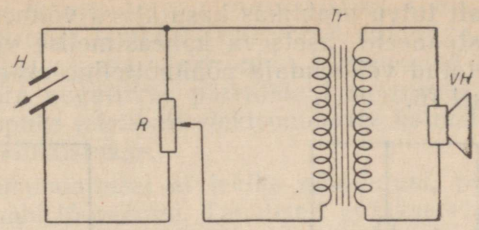
Töö nr. 21.

Lihtsa madalsagedusvõimendaja koostamine. Kaheastmelise madalsagedusvõimendaja katsetamine.

Töövahendid: 1) kenotronalaldaja; 2) dünaamiline valjuhääldaja; 3) väljandtransformaator; 4) piesoelektrilise helipeaga grammofon; 5) potentsiomeeter 500 kΩ; 6) potentsiomeeter 5 kΩ; 7) elektronlamp 6H7C alusel; 8) kaheastmeline madalsagedusvõimendaja püstpaneelil.

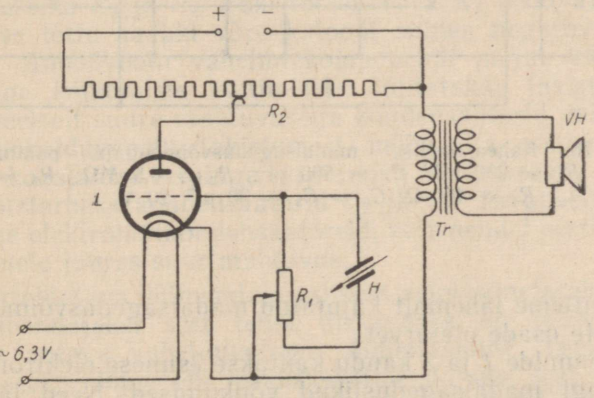
Töö käik. 1) Ühenda helipea valjuhääldajaga joonisel 74 toodud skeemi kohaselt. Kui asetada grammofonile plaat ja käivitada mootor, kuuldub valjuhääldajas tasane heli.

2) Kasuta helipea ja valjuhääldaja ühendamiseks joonisel 75 toodud skeemi. Pärast grammofoni mootori käivitamist kuuldub valjuhäädajast hoopis tugevam heli.



Joon. 74. Helipea ühendamine valjuhäälda-jaga. *H* — helipea; *R* — potentsiomeeter 500 kΩ; *Tr* — trafo; *Vh* — valjuhääldaja.

Lambi tööks sobivama režiimi saamiseks muuda potentsiomeetri R_2 abil anoodpinget seni, kuni valjuhääldajast kostab tugevam heli.



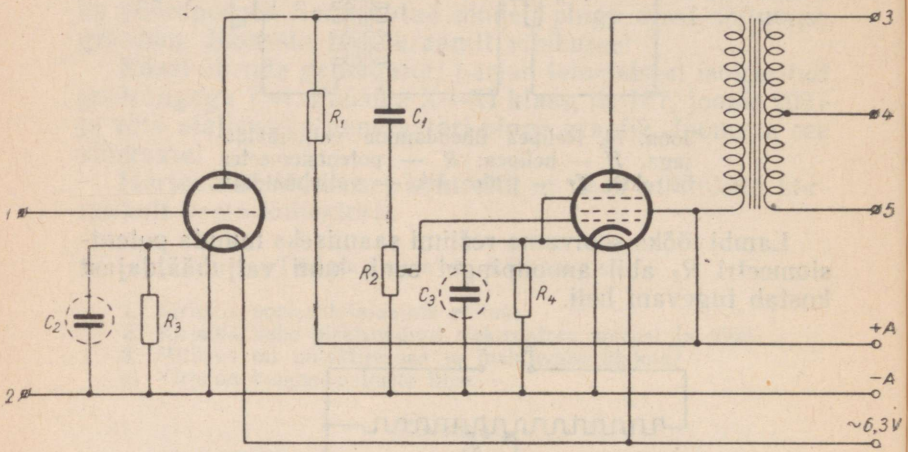
Joon. 75. Lihtsa võimendaja skeem. R_1 — potentsiomeeter, 500 kΩ R_2 — potentsiomeeter 5 kΩ; *L* — triood 6 H7C.

Teise katse juures antakse helipeast tulev muutuva tugevusega vool elektronlambi võrele, kus toimub anoodvoolu tüürimine. Anoodvooluringi lülitud valjuhääldajasse suundub nüüd juba tunduvalt tugevam vool, mis põhjustabki heli tugevuse suurenemise.

Tehtud katsete võrdlemisel saab teha järelduse elektronlambi võimendavate omaduste kohta.

Praktilistes skeemides sellist lülitust ei kasutata, sest selle juures esineb rida puudusi (nagu suured moonutused võimendamisel, väike võimendus jne).

Järgnevalt tutvu praktikas kasutatava võimendaja ehitusega (püstpaneelil asetseva kaheastmelise võimendaja abil). Nimetatud võimendaja põhimõtteline skeem on esitatud joonisel 76.



Joon. 76. Kaheastmelise madalsagedusvõimendaja põhimõtteline skeem. R_1 = 200 kΩ; C_1 = 500 pF; R_2 = 0,5 MΩ; R_3 = 2 kΩ; R_4 = 400 Ω; C_2 = C_3 = 30 µF, 20 V.

Vaatleme lähemalt kujutatud madalsagedusvõimendaja üksikute osade otstarvet.

Klemmide *1* ja *2* kaudu kantakse esimese elektronlambi võreringi madalsageduslikud võnkumised. Need lähevad võimendatud kujul anoodvooluringi. Takisti R_1 on esimese elektronlambi koormustakistuseks, kus tekib vahelduva suurusega pingelangus, mis juhitakse kondensaatori C_1 kaudu lambi L_2 tüürvõrele. Kondensaatorit C_1 nimetatakse eralduskondensaatoriks. Ta takistab kõrge alalispinge pääsu lambi L_2 tüürvõrele, kuid laseb läbi madalsageduslikud võnkumised. Kui kondensaator C_1 puuduks, lakkaks lamp L_2 töötamast.

Lambi L_2 koormustakistuseks on väljandtransformaatori primaarmähis, kus areneb maksimaalne võimsus, mida kasutatakse valjuhääldaja töölerakendamiseks. Valjuhääldaja ühendatakse väljandtransformaatori sekundaarmähise klemmide *3* ja *4* vahele.

Takistit R_2 nimetatakse võretakistiks. Tema kaudu juhitakse elektronid lambi L_2 tüürvõrelt katoodile. Kui takisti R_2 puuduks, algaks elektronide kogunemine lambi tüürvõrele, võre negatiivne potentsiaal suureneks pidevalt ja sulgeks lõpuks täielikult elektronide tee katoodilt anoodile. Lamp L_2 «lukustuks».

Et võimendamisel ei tekiks moonutusi, peab sobivalt valima lambi töörežiimi. Tavaliselt antakse võrele katoodi suhtes mõnevoldine negatiivne potentsiaal, mis takistab võrevoolu tekkimist ja hoiab lambi tööpunkti tunnusjoone soovitavas kohas.

Võrele negatiivse pinge andmiseks (eelpingestamiseks) ei kasutata praktilistes skeemides eraldi vooluallikat. Eelpinge tekitatakse siin anoodvoolu alaliskomponendi abil. Selleks lülitatakse lampide katoodi ja vooluallika negatiivse klemmi vahele takistus. Meie skeemis on nendeks takistusteks R_3 ja R_4. Takistustel R_3 ja R_4 tekkiva pingelanguse tõttu saabki võre katoodi suhtes negatiivse eelpinge. Anoodvoolu vahelduvkomponendi mõjul tekkivate eelpinge kõikumiste vältimiseks lülitatakse takistustega paralleelselt suure mahtuvusega kondensaatorid, mis juhivad vahelduvvoolu takistustest mööda ja võimaldavad seega konstantse eelpinge säilitamist. Meie skeemis on selleks otstarbeks kondensaatorid C_2 ja C_3. Tavaliselt kasutatakse elektrolüütkondensaatoreid, sest nendel on väikeste mõõtmete juures suur mahtuvus.

Kirjeldatava võimendaja esimest astet nimetatakse pingevõimendajaks, sest tema ülesandeks on teise lambi võrele antava vahelduvpinge võimendamine. Teist astet nimetatakse lõpp- ehk võimsusvõimendajaks, sest siin on eesmärgiks anoodkoormusel võimalikult suurema võimsuse saamine. Suurim võimsus tekib teatavasti siis, kui lambi sisetakistus võrdub koormustakistusega. Seepärast peab väljandtransformaatori sobitama kasutatava lambiga. Lõpplampidena kasutatakse suure anoodvoolu tugevusega lampe, mis annavad suurema võimsuse.

Tutvu madalsagedusvõimendaja ehitusega joonise 76 põhjal. Võta kenotronalaldajast lampide toide, ühenda klemmid *1* ja *2* helipeaga ning klemmid *3* ja *4* valjuhäälda-jaga. Enne võrku lülitamist esita lülitus kontrollimiseks! Pärast kontrollimist ühenda alaldaja võrguga, käivita grammofoni mootor ja jälgi valjuhääldajast kuuldavat heli. Potentsiomeetri R_2 abil reguleeri lambi L_2 võrele antava

pinge suurust ja selgita, kuidas see mõjutab heli tugevust valjuhääldajas.

Hinda jooniste 75 ja 76 põhjal koostatud võimendajate võimenduse suurust ja kvaliteeti.

Joonesta töövihikusse võimendajate skeemid.

Täiendavaid küsimusi.

1. Näidata jooniselt 76, millise potentsiomeetri liikuva kontakti asendi puhul on valjuhääldajas heli kõige tugevam.
2. Selgitada madalsagedusvõimendaja osade otstarvet.
3. Milleks kasutatakse madalsagedusvõimendajaid?

Kirjandus.

1. *Pjorõškin.* Füüsika X—XI kl.
2. *Borissov.* Noor raadioamatöör.
3. *Elgas.* Raadioseadmed.
4. *Isotamm.* Raadioamatööri käsiraamat.
5. *Pedusaar.* Elektro- ja raadiotehnika algajaile.
6. *Izjumov.* Raadiotehnika kursus.

IV. METOODILISI MÄRKMEID.

Kuna tööjuhendid on koostatud õpilastele, siis ei saanud nendesse paigutada küsimusi, mis on seoses tööde ettevalmistamisega ja läbiviimise metoodikaga. Mainitud küsimus on aga küllalt tähtis õpetajatele, kuna ainult tööjuhendi lugemisest ei selgu alati praktikumi organiseerimisega seotud küsimused. Seepärast osutus vajalikuks teha mõningad täiendavad märkused kirjeldatud tööde kohta.

Töös nr. 1 kasutati uurimisobjektina kooli laboratoorseteks töödeks ettenähtud voltmeetrit mõõtepiirkonnaga 4 V ja ampermeetrit mõõtepiirkonnaga 2 A. Veel oli kasutusel üks lülituskilbi voltmeeter mõõtepiirkonnaga 25 V ja 250 V. Nimetatud mõõteriistu teiste tööde juures ei kasutatud, kuna sagedane lahtivõtmine ja kokkupanek mõjub riista täpsusele.

Lambi võimsuse määramisel pöörasid õpilased peatähelepanu mõõteriistade töö jälgimisele, mitte saadud tulemuse täpsusele.

Vastamise ajal peavad õpilased teadma teoreetilises osas kirjeldatud mõõteriistade töö põhimõtet ja skeemidel toodud tingmärke, samuti oskama kasutada täpsusklassi mõistet mõõtmistulemuste täpsuse määramiseks.

Töö nr. 2 peamiseks ülesandeks on tutvustada õpilasi mõõteriistade aegajalise kontrollimise vajadusega ja selleks kasutatava meetodiga — etalonmõõteriistaga võrdlemisega. Nimetatud töö andis praktiliselt kasu ka teisest küljest. Füüsika kabinetis olevad laboratoorsete tööde mõõteriistad varustati paranduskõveratega, mida võis hiljem kasutada nende mõõteriistadega töötamisel.

Paranduse mõistega ei ole õpilased varem tegemist teinud, seetõttu tuleb see defineerida ja selgitada ta sisu. Paranduste leidmisel tuleb pöörata tähelepanu ka mõõt-

mistulemuse vea hindamisele. Selleks võetakse mõõteriistade näidud nullist maksimaalse hälbeni ja tagasi ning leitakse saadud näitude aritmeetiline keskmine kui kõige tõenäolisem tulemus. Parandused aga leitakse juba aritmeetiliste keskmiste järgi.

Selles töös tuleb samuti jälgida, et õpilased õpiksid õigesti lugema mõõtmistulemusi mõõteriista skaalalt. Nagu praktika näitab, teeb see algul küllaltki suuri raskusi. Sellele küsimusele tuleb tähelepanu pöörata ka kontrollimisel. Samuti on vaja selgitada reostaadi potentsiomeetrilist lülitusviisi, millega õpilased selles töös esmakordselt kokku puutuvad.

Sageli on töö juures vaja muuta kasutatava elektrimõõteriista mõõtepiirkonda. Selleks kasutatavaid seadmeid ja vajalikke teoreetilisi aluseid käsitlebki t ö ö nr. 3.

Töös võib kasutada kooli demonstratsioon-galvanomeetrit koos eeltakistuste ja šuntide komplektiga.

Töö praktiline osa õpilastele raskusi ei valmista, sest mõõtmiseks kasutatavad vooluringid on lihtsad. Selliseid mõõtmisi on nad X kl. füüsika praktikumis küllalt teinud. Peatähelepanu tuleb selles töös aga pöörata koostatud vooluringides mõõdetavate pingete ja voolutugevuste eelnevale ligikaudsele määramisele ja selle põhjal vajaliku mõõtepiirkonnaga mõõteriistade valimisele (või mõõteriista mõõtepiirkonna sobivale muutmisele).

See küsimus on õpilastele uus ja nõuab küllaldast harjutamist. Tuleb jälgida, et õpilased kasutaksid siin ligikaudse arvutamise meetodeid, kuna mõõdetava suuruse täpne väärtus määratakse ju otse mõõtmise teel. Mõõdetavate suuruste eelnevale ligikaudsele määramisele peab peatähelepanu osutama ka selle töö kontrollimisel.

Selles töös tutvuvad õpilased muudetud mõõtepiirkonnaga mõõteriista näitude õigsuse kontrollimise meetodiga. Õpetaja võib lasta kontrollida ka ampermeetrile valitud šundi või ka voltmeetrile valitud eeltakistuse sobivust antud mõõteriistaga.

Selline kontroll on vajalik, sest see õpetab õpilasi hindama mõõteriistade täpsust. Peale selle võib mõnikord juhtuda, et mõõteriistaga kaasas olev šunt või eeltakistus on kogemata ära vahetatud mõne teise sama tüüpi mõõteriista šundi või eeltakistusega ja kontrollimata mõõtmisi teostades saame hoopis valed tulemused.

Šuntide ja eeltakistuste praktiline valmistamine elekt-

rotehnika praktikumis ei ole otstarbekas. See võtaks liiga palju aega ja tulemuste täpsus oleks kaheldav. Õpilastele on küllalt arvutusmeetodite ja põhimõtete tundmisest.

Töö nr. 4 peamiseks ülesandeks on tutvustada õpilastele induktsioonarvesti ehitust ja kasutamist.

Liikuva magnetvälja tekkimise sügavam teoreetiline põhjendamine käib õpilastele üle jõu. Samuti ei saa siin rääkida veel võimsustegurist, sest vastav teoreetiline osa on läbi töötamata. Seetõttu tuleb sellest vaikides mööda minna.

Töö teises osas õpivad õpilased hindama arvesti täpsust ja saavad kogemusi vigade arvutamiseks. Tabelis antud koormusvoolude protsentuaalsed väärtused, arvestatuna nimiväärtusest, võivad olla ka teistsugused, tähtis on vaid, et arvesti oleks kontrollitud väikestel, keskmistel ja nimikoormustel. Tabelis antud protsentide järgi peavad õpilased arvutama vastava koormusvoolu suuruse ampritès ning reostaatide abil selle välja reguleerima. Esialgu reguleeritakse koormusvoolu lampreostaadi *L* abil ja seejärel täpsustatakse liugkontaktiga reostaadiga *R*.

Töö on heaks Lenzi seaduse demonstratsiooniks ja aitab seda sügavamalt omandada.

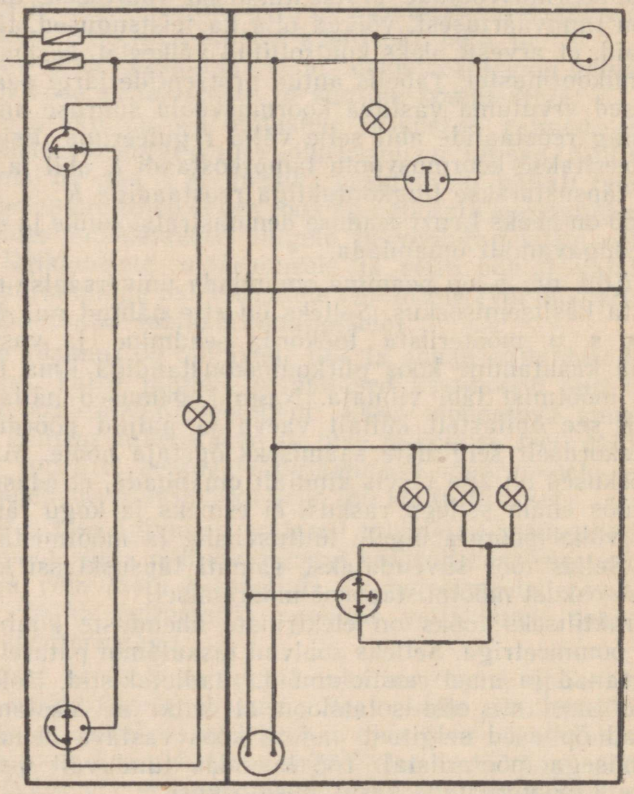
Töös nr. 5 on peamine omandada universaalse mõõteriista käsitsemisoskus. Selleks on ette nähtud nn. «kuiv drill», s. o. mõõteriista töökorda seadmine ja vastava skaala kasutamine koos piirkonnakonstandiga ilma tegelikku mõõtmist läbi viimata. Nagu kogemused näitavad, nõuab see õpilastelt küllalt vaeva ja paljud pöörduvad mitmekordselt selgituste saamiseks õpetaja poole. Mainitud oskused on aga tarvis kindlalt omandada, et edaspidises töös enam sellega raskusi ei esineks ja kogu tähelepanu võiks pöörata õigele lülitusviisile ja mõõtmistäpsusele. Selles töös süvendatakse samuti täpsusklassi kasutamise oskust mõõtmistäpsuse määramisel.

Praktiliseks tööks on elektriliste ühenduste kontrollimine oommeetriga. Selleks sobivad taskulambi patarei pirnid, vanad ja uued raadiolambid, raadiotakistid, isoleeritud juhtmed, mis olid isolatsiooni alt katki jne. Vastamisel peavad õpilased selgitust andma koos vastava demonstreerimisega mõõteriistal. Töö laiendab tunduvalt universaalsete mõõteriistade kasutamise oskust.

Töö nr. 6 annab õpilastele praktilisi oskusi elektromontaaži alal. Kasutada tuleb juhtmete lahtist asetusviisi.

Valgustusarmatuuri detailid on otstarbekas varem alusele kinnitada. Õpilaste ülesandeks jääb koostada lülitusskeem, varuda vastava pikkusega juhtmed, need lülituseks ette valmistada ja ühendada vastavalt vahepeal kontrollitud skeemile. Ühendusviiside õigsust ja stendi tööd kontrollitakse ka stendi võrku lülitamisega, mis on muide õpilastele oodatud, kuid ühtlasi ka kardetud silmapilguks. Töös on vaja tähelepanu pöörata õigete töövõtete kasutamisele ja töö puhtusele ning esteetilisele küljele. Teoreetilist osa kontrollitakse järgmisel tunnil.

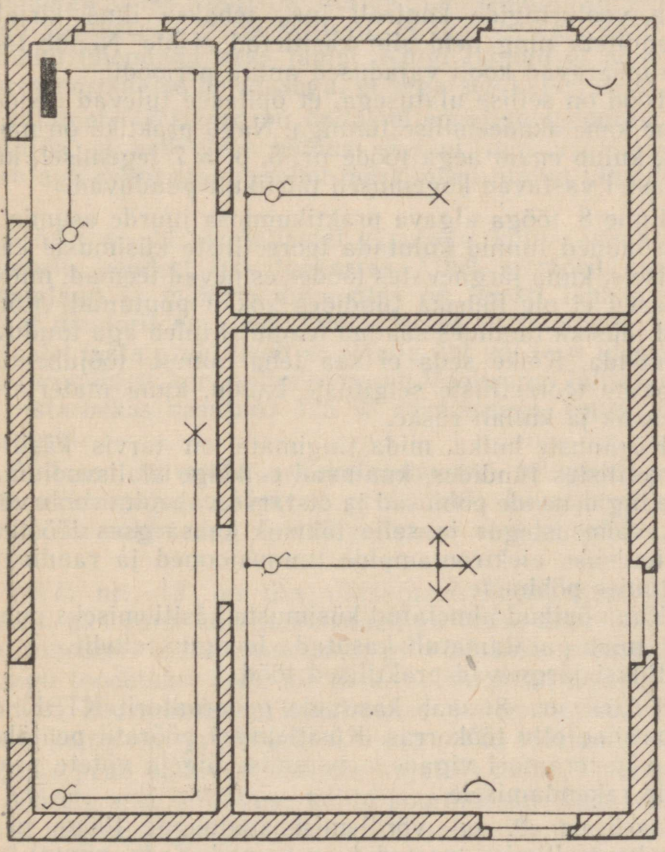
T ö ö s nr. 7 põhiülesandeks on õpetada õpilasi koostama lihtsamaid elektriskeeme ja koostatud skeeme kasu-



Joon. 77. Stend korteri elektrijaotusseadmete tundmaõppimiseks.

tama. Stendil on tüüpiline korteri elektriseadmestik. Ühendustega tutvuvad õpilased praktiliselt, võttes selleks detailidelt katted ja jälgides juhtmete asetust. Stendi kontrollitakse tema lülitamisega valgustusvõrku. Suurt huvi pakub õpilastele vaheldusülititega tutvumine, sest igapäevases elus puutuvad nad selliste lülititega harvemini kokku.

Joonisel 77 on toodud praktikumis kasutatava stendi elektriliste ühenduste skeem ja joonisel 78 sama stendi ühejooneline installatsiooniplaan.



Joon. 78. Joonisel 77 toodud stendi installatsiooniplaan.

Antud lülitusskeemi praktilise kontrollimise tulemusena omandavad õpilased selliste ühenduste iseseisva teostamise oskuse. Skeemidel kasutatavad leppemärgid peavad olema ühesugused nii töös nr. 6 kui ka nr. 7.

Üldiselt võib öelda, et esimese seitsme töö teostamiseks ei ole vaja erilisi teoreetilisi tunde. Õpilased saavad siin edukalt läbi füüsika tundides omandatud teadmistega. Seepärast võib piirduda enne praktikumi alustamist ainult ühe sissejuhatava tunniga, kus tutvustatakse ohutustehnika eeskirju, sisekorra reegleid ja praktikumi sisu.

Osa elektromontaažtöid, nagu elektri-soojendusriistade parandamine, lambipesade ja lülitite asendamine, elektrikella vooluringide kontroll jne., tehakse ilma kirjalike juhenditeta ning neid siin käsitletud ei ole. Nende tööde sisu määravad kooli vajadused antud perioodil.

Tööd on sellise ulatusega, et õpilased tulevad nendega toime kahe akadeemilise tunniga. Nagu praktika on näidanud, kulub enam aega tööde nr. 5, 6 ja 7 tegemisel, kuna õpilastel vastavad kogemused täielikult puuduvad.

Enne 8. tööga algava praktikumiosa juurde asumist on vaja mõned tunnid kulutada teoreetiliste küsimuste käsitlemisele, kuna järgnevates töödes esinevad teemad, millega õpilased ei ole füüsika tundides kokku puutunud. Mõningaid füüsika tundides saadud teadmisi tuleb aga tunduvalt laiendada. Kõike seda ei saa teha ainult tööjuhendites antavate teoreetiliste selgituste kaudu, kuna materjal on ulatuslik ja küllalt raske.

Küsimuste hulka, mida tingimata on tarvis käsitleda teoreetilistes tundides, kuuluvad eelkõige alalisvoolumasinate liigid, nende põhiosad ja otstarve, vahelduvvoolu võimsus, võimsustegur ja selle tähtsus kaasaegses tööstuses, telefoniside, elektronlampide tunnusjooned ja raadio teel juhtimise põhimõte.

Kuna õpikud nimetatud küsimuste käsitlemiseks puuduvad, tuleb paratamatult kasutada loengumeetodit.

Edasi järgnevad praktilised tööd.

Töös nr. 8 saab kasutada generaatorit KTЭK, mis ei tarvitse olla töökorras. Küsitlemisel pöörata peatähelepanu generaatori vigade avastamise õigete võtete praktilisele rakendamisele.

Töö nr. 9. on võrdlemisi analoogne tööga nr. 8, sest kontrollimise meetodid on samad. Seda enam tuleb juhtida tähelepanu generaatori ja starteri ühistele ja erine-

vatele omadustele ning erinevuste põhjustele. Kontrollimisel on otstarbekas korrata praktilisi reegleid elektromagnetismi osast. Kasutatav käiviti ei tarvitse olla töökorras.

Töös nr. 10 peavad õpilased tundma õppima kolmefaasilise voolu põhiseadusi.

Tähtlülituse korral tuleb moodustada nullpunkt kunstlikult, ühendades selleks omavahel liinijuhtmete otsad läbi lampide (joonis 30). Kui füüsika kabinetti tuleb neljajuhtmeline süsteem liinipingega 380 V, siis saab tähtlülituse uurimiseks kasutada 220-voldiseid hõõglampe. Et nende lampidega oleks võimalik uurida ka kolmnurkühendust, tuleb valmistada stend selliselt, et igasse faasi saab järjestikku ühendada kaks lampi. Kuigi lambid ei põle seejuures normaalse heledusega, ei sega see katsetamist.

Juhtmete järjekord on õpilastel soovitav seepärast ära märkida, et neil oleks hõlpus skeemi uurida. Vestluses tuleb aga selgitada, et sellel märkimisel olulist tähtsust ei ole.

Töös nr. 11 on õpilastel kasutada kolm asünkroonmootorit, nendest üks töökorras. Ühel mootoril puudub klemmlaud ja mähiste kuus otsa on täiesti tähistamata. Teisel mootoril on klemmlaud olemas. Vastamisel tuleb õpilastel lasta praktiliselt sooritada üht või teist ülesannet staatorimähiste kontrollimise osast. Vooluringi lülitamiseks on otstarbekas kasutada 125 W võimsusega ventilaatorimootorit.

Õpilased tutvuvad asünkroonmootori lülimisel esinevate nähtustega, määravad praktiliselt käivitusvoolu ja nimivoolu suhte ning õpivad muutma rootori pöörlemise suunda.

Töö nr. 12 on üks lihtsamaid. Koolil seisis kasutamata üks vana käivitusreostaadiga ventilaatori kommutaatormootor. Seda kasutasimegi võimsuse määramisel. Praegu toodetakse selle töö jaoks spetsiaalset katseseadet. Mootori koormamiseks kasutatakse 100-grammiste koormuste komplekti ja pangekest liivaga. Töö teostamise tulemusena peab õpilastel tekkima kujutlus mootori võimsuse ja pöörete arvu sõltuvuse kohta koormusest. Töös tuletatakse meelde ka nihkkaliibri kasutamist. Samasse töösse võib lülitada ka mootori kasuteguri määramise. Selleks on tarvis vattmeetrit aktiivvõimsuse määramiseks ja arvestit.

Töö nr. 13 on üks keerukamaid. Asja muudab keerulisemaks veel see, et koolil puudub vattmeeter võimsuse määramiseks. Tööd saab aga teha, kui kasutada võimsuse määramiseks elektriarvestit ja stopperit. Kuna töö elektriarvestiga on varem tehtud, ei tekita küsimuse teoreetiline külg raskusi, vaid nõuab ainult rohkem aega. Ei tahtnud kasuteguri määramisel leppida ka näivvõimsusega, kuna cos φ on transformaatorite (eriti koolitransformaatorite puhul) väike.

Nagu kogemused näitavad, tulevad õpilased praktikumi jooksul toime selle töö katselise osaga, kuid katsetulemuste läbitöötamine jääb enamikus koduseks tööks. Töö kiirendamiseks võib mõõtmised läbi viia juhendiga võrreldes natuke erinevas järjekorras. Nimelt võib teha algul transformaatori tühijooksukatse ja kohe selle järel võtta andmed ka kahel erineval koormusel (vastavalt joonisele 46). Alles seejärel viiakse läbi lühiskatse. Selline järjekord võimaldab teha kõik katsed ainult ühekordse lülitusskeemi suurema muutmisega.

Mõned võib-olla arvavad, et see materjal on õpilastele raske. Kogemuste põhjal võib öelda, et sellega tullakse siiski toime. Õpilaste hulgas võib märgata selle töö vastu isegi mõningal määral suuremat huvi kui mõne teise töö vastu.

Töö nr. 14 ülesandeks on õpilastele selgitada, et transformaatoreid, samuti ka elektrimootoreid ei tohi koormuseta võrku lülitada, kuna sel juhul nende võimsustegur on väike.

Vahelduvvoolu võimsusega ja võimsusteguri mõistega on õpilased teoreetilistest tundidest juba tuttavad. Kuna võimsusteguri tõstmine on tähtis rahvamajanduslik ülesanne, siis on vajalik, et keskkoolilõpetajad oleksid selle küsimusega hästi tuttavad.

Töös saab kasutada autotrafot KAT-12. Võib muidugi kasutada ka ükskõik millist teist transformaatorit või siis asünkroonmootorit, mille koormust tuleb muuta.

Pärast mõõtmistulemuste läbitöötamist valmistavad õpilased graafiku, kust selgub ilmekalt võimsusteguri sõltuvus koormusest.

Töö küsitlemisel tuleb tähelepanu pöörata vahelduvvoolu võimsusele ja sellele, miks madal võimsustegur on ebamajanduslik.

Töö nr. 15 tutvustab õpilasi automaat- ja distantsjuhtimise skeemides kasutatavate seadmetega. Kuna selline juhtimismoodus omandab järjest suuremat tähtsust ja magnetkäivitite kasutamine on väga laialdaselt levinud, on vajalik õpilasi nende probleemidega tutvustada. Töö teoreetilises osas on antud mõningaid andmeid automaat- ja distantsjuhtimise põhimõtete ja seal kasutatavate elementide kohta.

Magnetkäiviti ja termorelee töö praktiliseks tundmaõppimiseks toodetakse praegu päris kohaseid ja ülevaatlikke töötavaid mudeleid, mida võib osta õppevahendite baas-kauplustest. Nende mudelite eeliseks on suur ülevaatlikkus, kõigi põhiosade ning juhtimis- ja peavooluringide selge eraldamine.

Termorelee karakteristiku koostamiseks ei ole antud mudel sobiv, kuna kütteelemendi asbotsemendist alus on suure soojusmahtuvusega ning bimetallplaadi jahtumine pärast relee rakendumist toimub aeglaselt. Seepärast suudetakse teha vähe mõõtmisi.

Tööstuslikest magnetkäivititest võib kirjeldatud tööks kasutada Rostovi Elektromehhaanika Tehase poolt toodetud reverseerivat käivitit ПМР-О-3. Sobivam oleks küll kasutada mõnd reverseerimata magnetkäivitit, kuna selle skeem on lihtsam ja montaaž võtab vähem aega. Et vähendada reverseeriva käiviti kasutamisel õpilaste poolt teostatavate ühenduste arvu, on otstarbekas joonisel 52 antud skeemis osa ühendusi teha juba töö ettevalmistamisel püsivatena. Õpilaste ülesandeks jääb siis kontaktori ühendamine võrguga, asünkroonmootoriga ja survenuppudega. Selline moodus vähendab tunduvalt ühenduste tegemiseks kulutatud aega ja annab võimaluse pühenduda enam uurimuslikku laadi küsimustele.

Magnetkäiviti on otstarbekas monteerida selleks valmistatud stendile.

Töös nr. 16 saavad õpilased ülevaate mõningatest releekaitses kasutatavatest seadmetest. Selles töös võib kasutada õhkautomaatlülitit AP25 nimivooluga 6,4 A. Antud lüliti nimivoolu väike väärtus teeb ta eriti otstarbekaks koolis kasutamisel. Lüliti üksikud osad on hästi nähtavad ja tööprintsiip kergesti mõistetav. Kuna lüliti reageerib ainult voolule, tuleb ta rakendada tööle läbi pinget madaldava transformaatori. See võimaldab vältida ohtlikku pinget ja vähendab kasutatavat võimsust. Kui

koolil on olemas kolmefaasiline pinget madaldav transformaator, näiteks 380/12 V, võib seda edukalt kasutada. Sel juhul tuleks koormused vastavalt kalibreerida ja kasutada täht- või kolmnurklülitust. Selline lülitus tuleks aga kaunis keeruline ja omaette probleemiks kujuneb faasidele ühtlaste koormuste tagamine, sest vastasel juhul tuleks ühendada ampermeeter igasse faasi. On otstarbekas kasutada selles töös lihtsamat moodust. Selleks tuleb võtta automaatlüliti töölerakendamiseks vajalik vool kooli ühefaasilise universaaltransformaatori 6-voldise pingega sekundaarmähisest. Antud transformaatori võimsusest piisab täielikult termorelee karakteristiku koostamiseks, kuna juba 10-amprise voolu korral rakendub relee vähem kui ühe minuti jooksul. Koormuse reguleerimiseks võib kasutada näiteks reostaate 5 A, 28 Ω.

Kuna antud relee soojenduselemendi soojusmahtuvus on tunduvalt väiksem kui eelmises töös kasutatud termorelee mudelil, siis toimub bimetalli jahtumine kiiresti. See võimaldab küllalt lühikese aja jooksul teha graafiku ehitamiseks küllaldane arv mõõtmisi.

Kontrollimisel tuleb pöörata tähelepanu releekaitse eelistele ja vaadeldud releede ning kontaktorite tööprintsiibi selgitamisele.

T ö ö s nr. 17 õpivad õpilased teoreetiliselt ja praktiliselt tundma välitelefoniaparaati.

Välitelefoniaparaate saab ajutiseks kasutamiseks laenata liini-tehnilistest sõlmedest, sidekontoritest või ALMAVÜ rajoonikomiteedelt.

Telefoni põhimõttega on õpilased tuttavad X kl. füüsika tundidest. Välitelefoniaparaadi tundmaõppimine teoreetilisi raskusi ei tekita. Juurde õpitakse siin praktiliselt telefoniaparaadi üksikute vooluringide korrasoleku kontrollimist.

Selle töö kontrollimisel tuleb lasta õpilastel praktiliselt kontrollida üht või teist vooluringi ja selgitada põhimõtteliselt skeemilt aparaadi tööd.

T ö ö nr. 18 annab praktilisi kogemusi keerukamate vooluringide koostamiseks.

Kuna elektronlambi parameetreid on tarvis teada lambi õige töörežiimi valikuks, on vajalik neid õpilastele tutvustada. Parameetrite määramine toimub tunnusjoonte sarjast, mille õpilased töö käigus ehitavad. Töös saab kasutada kaksiktrioodi 6H7C. Triood on paigutatud püstpaneelile, kuhu on joonestatud ka trioodi tingmärk. Tingmärgi

elektroodide tähiste juurde on kinnitatud klemmid, kuhu tulevad juhtmed lambipesast. Sama eduga võib aga kasutada ka mõnd teist trioodi.

Tunnusjoonte määramisel saab algul kasutada milliampermeetrit ПМ-70 mõõtepiirkonnaga 10 mA. Kui voolutugevus läheb suuremaks, tuleb nimetatud mõõteriist asendada milliampermeetriga, mille mõõtepiirkonnaks on 150 mA. Nii suure mõõtepiirkonna järgi ei ole tegelikult vajadust; võib kasutada ka väiksema mõõtepiirkonnaga riista (meil koolis sellist kahjuks pole).

Töö kontrollimisel tuleb selgitada, kas õpilased on õigesti aru saanud elektronlampide tunnusjoonte ja parameetrite mõistetest.

Töös nr. 19 puutuvad õpilased esmakordselt praktiliselt kokku keerulisemate skeemidega. Ühelambilise vastuvõtja koostamine nõuab paljudelt küllalt vaeva ja kannatust. Tugevamad grupid tulevad sellega aga toime suhteliselt kiiresti. Nendele võib täiendava tööna anda ka kahelambilise vastuvõtja skeemi, mida saab koostada samadest detailidest. Saadud vaev tasutakse aga mitmekordselt, kui omakoostatud aparaadist kuuldakse esimest saatejaama.

Töö nr. 20 põhiülesanne on kenotronalaldaja ehituse ja töö tundmaõppimine. Kui voolukõverate vaatlemiseks ei ole võimalik kasutada elektronostsillograafi, siis võib kasutada elektromagnetilist ostsillograafi. Tööst selgub, et tulemused on küllalt head. Kõverate saamine ja nende vaatlemine on õpilastele huvitav, nii et tekib isegi hädaoht, et nad sellele panevad pearõhu ja alaldaja ehitusega seejuures üldse ei tutvu. Seda tuleb antud töö kontrollimisel silmas pidada.

Selle töö sooritamine nõuab pimedat ruumi. Tööd võib seepärast läbi viia õppevahendite ruumis, kui seda on võimalik hästi pimendada. Sel korral saab põhiruumi kasutada teiste tööde jaoks.

Teatud raskusi tekitab püsiva graafiku saamine ekraanile. Mõninga harjutamise tagajärjel õpivad aga õpilased peeglile sellist kiirust andma, mis tagab teatud ajavahemikuks püsiva graafiku.

Töö nr. 21 esimeses osas tutvuvad õpilased võimendamise printsiibiga, teises osas aga madalsagedusvõimendaja praktikas rakendatava skeemiga. Otseseid mõõtmisi antud töös ei esine, kuna võre- ja anoodpingete

või voolutugevuste mõõtmiseks ei jätkunud koolis mõõteriistu. Võimenduse üle tuli seepärast otsustada valjuhääldajast kostva heli põhjal.

Võimendaja väljandtransformaatoril on sekundaarmähis seepärast kahe väljavõttega, et sama madalsagedusvõimendajat saaks kasutada ka võnkumiste moduleerimiseks. Sel juhul ühendatakse kõrgsagedusgeneraatoriga klemmid *4* ja *5*. Antud töös jääb see ühendus kasutamata.

Kontrollimisel tuleb pöörata peatähelepanu madalsagedusvõimendaja üksikute osade ülesannetele ja võimendaja tööprintsiibile.

V. KASUTATUD KIRJANDUS.

1. N. S. Hruštšov. NSV Liidu rahvamajanduse arendamise kontrollarvud aastaiks 1959—1965. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1959.
2. Seadus kooli ja elu sidemete tugevdamise ja haridussüsteemi edasiarendamise kohta NSV Liidus. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1959.
3. Kogumik. Polütehnilise õpetuse küsimusi koolis. ERK 1954.
4. A. Põdrus. Elektromontaaž I. RK «Pedagoogiline Kirjandus», Tallinn, 1949.
5. A. Põdrus. Elektromontaaž II. RK «Pedagoogiline Kirjandus», Tallinn, 1947.
6. Sazonov. Elektrimontööri käsiraamat. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1955.
7. S. A. Astafjev, G. P. Sorokin, E. K. Jurkovski. Elektrotehnika. RK «Pedagoogiline Kirjandus», Tallinn, 1948.
8. V. Popov, N. Mansurov, S. Nikolajev. Elektrotehnika. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1958.
9. K. Kask. Elektrienergia kasutamine ja säästmine. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1959.
10. D. Vardja ja U. Agur. Amatööreelektrik. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1955.
11. Rokk. Auto elektriseadmed, Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1951.
12. A. Innos. Auto elektrotehnika. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1950.
13. Anohhin. Autode ehitus. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1953.
14. A. N. Gumelja, E. N. Kirillov, N. V. Luskinovitš. Telefoni-telegraafiside kaugeliinide korrastaja. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1954.
15. V. Borissov. Noor raadioamatöör. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1953.
16. N. M. Izjumov. Raadiotehnika kursus. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1951.
17. J. Elgas. Raadioseadmed. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1953.
18. A. Isotamm. Raadioamatööri käsiraamat. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1958.
19. H. Pedusaar. Elektro- ja raadiotehnika algajaile. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1959.
20. «Вопросы преподавания физики в школе». Учпедгиз, 1954.

21. Д. Д. Галанин, Е. Н. Горячкин, С. Н. Жарков, Д. И. Сахаров, А. В. Павлин. Физический эксперимент в школе. Том III и IV. Учпедгиз, 1954.
22. Физический практикум под редакцией проф. В. И. Ивероновой. Государственное издательство технико-теоретической литературы. Москва, 1955.
23. Б. С. Зворыкин. Электромагнитные колебания и волны в курсы физики средней школы. Издательство Академии Педагогических Наук РСФСР. Москва, 1955.
24. А. А. Брандт. Техника монтажа и налаживания радиосхем. Издательство Московского Университета, 1956.
25. С. К. Андриевский, А. Л. Бартновский. Практикум по электротехнике. Учпедгиз, 1958.
26. Е. И. Маянский. Организация практикума по электротехнике. Учпедгиз, 1956.
27. Ajakiri «Физика в школе».
28. Ajakiri «Политехническое обучение.»

SISUKORD

Sissejuhatus 3
I. Praktikumi organiseerimine 5
II. Praktikumiks vajalikud vahendid ja materjalid 10
III. Tööjuhendid 13
Töö nr. 1. Elektrimõõteriistade tundmaõppimine 13
Töö nr. 2. Voltmeetri ja ampermeetri näitude kontrollimine 18
Töö nr. 3. Lihtsaima universaalse mõõteriista koostamine alalisvoolu tugevuse ja pinge mõõtmiseks. Šuntide ja eeltakistuste valimine 21
Töö nr. 4. Elektriarvesti tundmaõppimine ja kontrollimine 23
Töö nr. 5. Avomeetri tundmaõppimine. Avomeetri kasutamine takistuse mõõtmiseks ja elektriliste ühenduste kontrollimiseks 28
Töö nr. 6. Elektromontaaž 35
Töö nr. 7. Korteritüüpi elektrijaotusseadme tundmaõppimine 39
Töö nr. 8. Autogeneraatori tundmaõppimine 41
Töö nr. 9. Autostarteri tundmaõppimine 44
Töö nr. 10 Tarbijate lülitamine tähte ja kolmnurka . . . 48
Töö nr. 11. Asünkroonmootori tundmaõppimine. Mähiste ühendamine tähte ja kolmnurka 52
Töö nr. 12. Elektrimootori võimsuse (võllil) määramine 56
Töö nr. 13. Transformaatori ehitus ja selle kasuteguri määramine 60
Töö nr. 14. Transformaatori võimsusteguri määramine mitmesugustel koormustel 65
Töö nr. 15. Tutvumine termorelee ja magnetkäivitiga . . 68
Töö nr. 16. Tutvumine automaatlülitite ehituse ja kasutamisega 75
Töö nr. 17. Välitelefoniaparaadi tundmaõppimine . . . 80
Töö nr. 18. Trioodi tunnusjoonte määramine 85
Töö nr. 19. Detektorvastuvõtja ja lihtsa lampvastuvõtja kokkupanek ja katsetamine 90
Töö nr. 20. Vahelduvvoolu alaldajate ehituse ja töö tundmaõppimine. Alalis- ja vahelduvvoolugeneraatori poolt toodetud voolu graafikute vaatlemine 93
Töö nr. 21. Lihtsa madalsagedusvõimendaja koostamine. Kaheastmelise madalasagedusvõimendaja katsetamine 98
IV. Metoodilisi märkmeid 103
V. Kasutatud kirjandus 115

Кару, Гуннар Юханович
ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ
На эстонском языке
Оформление И. Торн
Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja R. Siirak
Kunstiline toimetaja H. Keigo
Tehniline toimetaja E. Lumet
Korrektorid L. Golberg ja E. Karus

Ladumisele antud 1. IX 1961. Trükkimisele antud 27. X 1961. Paber 54×84, 1/16. Trükipoognaid 7,5. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 6,15. Arvutuspoognaid 5 73. Trükiarv 3000. MB-08221. Tellimise nr. 7705. Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. I

Hind 31 kop.

6—6

Trükivigu

Lk. 27 tabelis on trükitud:

A	K_1	K	$\frac{K_1}{K}$
kWH			%

Peab olema:

A	K	ΔK	$\frac{\Delta K}{K}$
kWh	$\frac{\text{pööret}}{\text{kWh}}$	kWh	%

Tell. 7705

31 kop.

A-24230

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00367511 5