

Eesti NSV Kõrgema ja Kesk-erihariduse  
Ministeerium  
Teaduslik-metoodiline Kabinet

# ELEKTRIMÕÕTMISED

## Laboratoorsed tööd

Koostanud  
T. KOLLIST

Tallinn 1970

EESTI NSV KÕRGEMA JA KESK-ERIHARIDUSE  
MINISTEERIUM

TEADUSLIK-METOODLINE KABINET

ELEKTRIMÕÕTMISED

Laboratoorsed tööd

Koostanud T. Kollist

Tallinn 1970

Käesolev laboratoorsete tööde kogumik on mõeldud kasutamiseks Tallinna Polütehnikumi päevase, õhtuse ja kaugõppeosakonna õpilastele. Kogumik vastab täielikult kõigi erialade elektrimõõtmiste programmi nõuetele. Väikesed muudatused on toodud sisse ainult elektrimõõteriistade tootmise erialal, kus mõned programmis ettenähtud tööd on asendatud analoogiliste, kohapealsetes oludes sobivamatega.

Koostaja

## TEHNILISE AMPERMEETRI TAATLEMINE

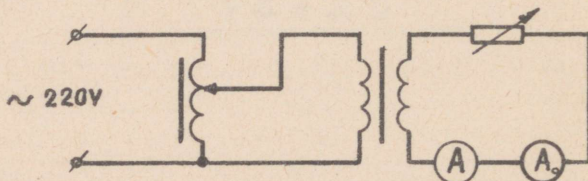
Töö eesmärk. Tutvuda tehnilise ampermeetri taatlemise metoodikaga. Õppida määrama mõõtevigu.

Töövahendid:

- 1) kontrollitav ampermeeter;
- 2) taatlampermeeter;
- 3) autotrafo;
- 4) pingemadaldustrafo;
- 5) reostaat.

Töö käik.

1. Tutvuda tehniliste mõõteriistade taatlemise metoodikaga (vt. lisa 1-1).
2. Tutvuda töö läbiviimiseks vajalike seadmetega. Märkida üles nende tehnilised andmed (tüüp, tehase number, täpsusklass, nimivool, -pinge, -takistus jne.). Valida reostaat.
3. Koostada lülitus (joon. 1-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 1-1

4. Kontrollida skaala kõiki põhijaotusi (nummerdatud jaotused). Arvutada absoluutne, suhteline ja taandatud viga ning parandus. Mõõtmis- ja arvutustulemused koondada tabelisse 1-1.

Katse nr.	Kontrollitava ampermeetri näit	Taatelampermeetri näit			Vead			Parandus	Märkused
		voolu suu- rendamisel	voolu vä- hendamisel	keskmine	absoluutne	suhteline	taandatud		
-	A	A	A	A	A	%	%	A	-

5. Saadud tulemuste põhjal joonestada veakõverad:

$$\Delta I=f(I); \delta I=f(I); \gamma_I=f(I); \beta_I=f(I).$$

Järeldused.

1. Analüüsida kontrollitud ampermeetri vastavust täpsusklassile.

2. Selgitada üldisi põhimõtteid tehniliste mõõteriistade taatlemisel.

Kirjandus. 1. [1, § 1-2].

2. [2, §§ 1-3; 1-4; 1-5].

Lisa 1-1

JUHENDID AMPER-, VOLT- JA VATTMEETRITE TAATLEMISEKS  
(KONTROLLIMISEKS)

Mõõteriista eksploateerimisel esineb ta osade vigastusi, deformeerumist ja kulumist, mis põhjustab mõõteriista ebanormaalselt töötamist ja lubamatuid mõõtevigu. Seetõttu tuleb nii tehases väljastamisel kui ka perioodiliselt eksploaatatsiooni käigus mõõteriistu kontrollida.

Mõõteriistu kontrollivad perioodiliselt:

- 1) Riikliku Mõõtmistehnika Kontroll-laboratoorium;
- 2) mõõteriistu eksploateerivad asutused ning ettevõtte-

ted.

Mõõteriistade kontrollimine koosneb neljast osast:

- 1) mõõteriista välisest ülevaatuses;
- 2) taatelmõõteriista valikust ja kontrollimiseks ettevalmistamisest;

3) mõõteriista näitude kontrollimisest;

4) kontroll-dokumentatsiooni vormistamisest.

Välise ülevaatus eesmärgiks on selliste defektide avastamine, mis võiksid takistada mõõteriista edasist kasutamist; näiteks klaasi, korrektori ja osuti vigastused, lahitud detailid jne.

Taatelmõõteriist valitakse lähtudes voolu liigist, nimisuurusest, täpsusklassist.

Vooluliik on määratud kontrollitava mõõteriista süsteemi, konstruktsiooni, omaduste ja ülesandega. Näiteks magnetoelektrilisi mõõteriistu kontrollitakse ainult alalisvooluga; induktsioonmõõteriistu - ainult vahelduvvooluga, termoelektrilisi mõõteriistu alalis- või vahelduvvooluga, olenevalt nende termomuunduri konstruktsioonist; elektromagnetilisi - alalis- või vahelduvvooluga, olenevalt südameki konstruktsioonist ja terase liigist.

Vooluliigi valikul tuleb arvestada kontrollitava mõõteriista skaalal olevat voolu liigi märki.

Taatelmõõteriista nimisuurus tuleb valida nii, et selle ülemine mõõtepiir oleks võrdne või lähedane kontrollitava mõõteriista ülemisele mõõtepiirile; vastasel juhul võivad taatelriista suhtelised vead (mitte aga taandatud vead) olla lubamatult suured.

Taatelmõõteriista täpsusklass tuleb valida nii, et ta lubatav taandatud viga oleks vähemalt kolm korda väiksem kontrollitava mõõteriista lubatavast taandatud veast. Järelikult mõõteriistu täpsusklassiga 1,5 ja 2,5 kontrollitakse mõõteriistaga, mille täpsusklass on 0,5; mõõteriistu täpsusklassiga 1 - mõõteriistaga, mille täpsusklass on 0,2; mõõteriistu täpsusklassiga 0,5 - mõõteriistaga, mille täpsusklass on 0,1. Mõõteriistu täpsusklassiga 0,1 ja 0,2 võib kontrollida ainult kompensatoriga, mis tagab täpsuse 0,02... 0,03 %.

Kompensaatoriga mõõteriistade kontrollimisel tuleb ka-  
gutada II täpsusklassi normaalelementi.

Tehnilise mõõteriista kontrollimisel võrreldakse ta  
näitu taatelmõõteriista näiduga. Lülitusskeem peab olema  
koostatud nii, et kontrollitava ampermeetri vool võrduks  
täpselt taatelampermeetri vooluga, kontrollitava mõõteriis-  
ta pinge võrduks täpselt pingega taatelmõõteriistal. Vatt-  
meetri kontrollimisel peab ta voolumähise vool võrduma täp-  
selt taatelvattmeetri vooluga ja pinge ta pingemähise klem-  
midel taatelvattmeetri pingemähisel oleva pingega.

Sellele lisaks peab mõõteskeem ja kasutatav aparatuur  
tagama:

- 1) mõõteriista näitude sujuva reguleerimise kogu skaa-  
la ulatuses;
- 2) vähima energiakulu kontrollimisel;
- 3) töötamise mugavuse.

Pärast lülituse koostamist tuleb reguleerivate sea-  
diste käepidemed seada asendisse, mis vastavad mõõteriistade  
vähimale näidule (vähimale voolu või pinge väärtusele).

Kontrollitakse kõiki põhilisi (nummerdatud) skaalajao-  
tusi. Seepärast seatakse enne lüliti sulgemist mõõteriista-  
de osutid skaala nulljaotusele, mis märgitakse kontrollimi-  
se protokollis esimese sissekanadena. Pärast seda pingesta-  
takse lülitus ja muudetakse reguleerivate seadiste abil voo-  
lu ja pinget nii, et kontrollitava mõõteriista osuti pea-  
tuks õigel skaala põhijaotusel; sealjuures märgitakse üles  
mõlema mõõteriista näidud. Reguleerida tuleb nii, et kont-  
rollitava mõõteriista näidud esiteks järk-järgult suurenek-  
sid nullist nimiväärtuseni, siis aga väheneksid sujuvalt  
nullini. Lülitil lahutamise järel määratakse mõõteriistade  
osutite seis ja protokollitakse viimane sissekanne. Kui  
pärast lüliti lahutamist kontrollitava mõõteriista osuti ei  
lähe nullini, siis viitab see tunduvale hõõrdeveale.

Vead ja parandused määratakse erialases kirjanduses  
antud valemitega.

Mõõteriistade (laboratoorse) kontrollimisel tuleb  
vormistada kontrollimise protokoll, milles peab olema pa-  
randuste tabel ja graafik.

## TEHNILISE VOLTMEETRI TAATLEMINE

Töö eesmärk.

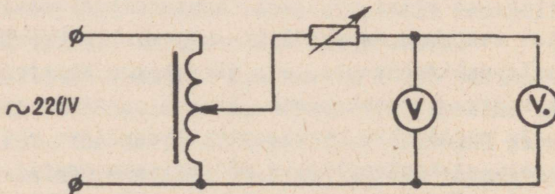
Tutvuda tehnilise voltmeetri taatlemisega. Õppida määrata mõõtevigu.

Töövahendid:

- 1) kontrollitav voltmeeter,
- 2) taatelvoltmeeter,
- 3) autotrafo,
- 4) reostaat.

Töö käik.

1. Tutvuda tehniliste mõõteriistade taatlemise metoodikaga (vt. lisa 1-1).
2. Tutvuda tööks vajalike seadmetega. Märkida üles nende tehnilised andmed.
3. Koostada lülitus (joon. 2-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 2-1

4. Kontrollida skaala kõiki põhijaotusi. Arvutada absoluutne, suhteline ja taandatud viga ning parandus. Mõõtmis- ja arvutustulemused koondada tabelisse 2-1.

Katse nr.	Kontrollitava voltmeetri näit	Taatelvoltmeetri näit			Vead			Parandus	Märkused
		pinge suu- rendamisel	pinge vä- hendamisel	keskmine	absoluutne	suhteline	taandatud		
-	v	v	v	v	v	%	%	v	-

5. Saadud tulemuste põhjal joonestada veakõverad:

$$\Delta U=f(U); \delta U=f(U); \gamma_U=f(U); \beta_U=f(U).$$

#### Järeldused.

1. Analüüsida kontrollitud voltmeetri vastavust täpsusklassile.

2. Kuidas valitakse mõõteriistade kontrollimisel taatelriista täpsusklass?

Kirjandus. 1. [1, § 1-2].

2. [2, §§ 1-3; 1-4; 1-5].

### Töö nr.3

#### MAGNETOELEKTRILISE MÕÕTERIISTA KOOSTAMINE

#### Töö eesmärk.

Õppida koostama magnetoelektrilisi amper- ja voltmeetreid mõõtemehhanismi, šundi ja eeltakisti baasil.

#### Töövahendid:

- 1) magnetoelektriline mehhanism;
- 2) milliampermeeter;
- 3) takistussalv;
- 4) reostaadid - 2 tk;

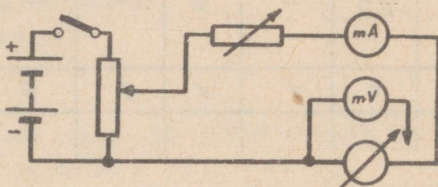
5) akupatarei;

6) lüliti.

### Töö käik.

1. Tutvuda tööks vajalike seadmetega. Kontrollida nende sobivust antud töö läbiviimiseks. Märkida üles seadmete tehnilised andmed (tüüp, tehase number, täpsusklass, nimiparameetrid jne.).

2. Koostada lülitus vastavalt joonisel 3-1 toodud skeemile ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 3-1

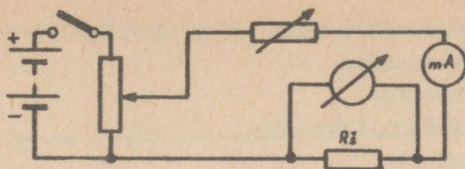
3. Mõõta mehhanismi nimivool ja -pinge ning arvutada tema takistus. Tulemused kanda tabelisse 3-1.

Tabel 3-1

Nimivool $I_n$			Nimipinge $U_n$			Takistus $R_m$
Milli- amper- meetri konstant $C_I$	Milli- amper- meetri näit $\alpha$	$I_n$	Milli- volt- meetri konstant $C_U$	Milli- volt- meetri näit $\alpha$	$U_n$	
mA/jaot.	jaot.	mA	mV/jaot.	jaot.	mV	
						$\Omega$

4. Arvutada šunt nõutud voolupiirkonnale.

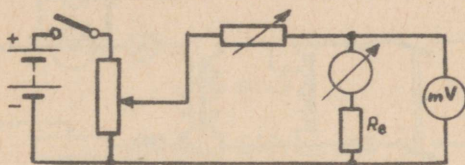
5. Koostada lülitus uue piirkonna kontrollimiseks (joon.3-2). Reguleerida piirkond täpselt. Märkida üles tegelikult vajalik šundi takistus. Arvutada tegeliku ja arvutatud šundi takistuse erinevus protsentides.



Joonis 3-2

6. Arvutada eeltakisti nõutud pingepiirkonnale.

7. Koostada lülitus uue pingepiirkonna kontrollimiseks (joon. 3-3). Reguleerida piirkond täpseks. Märkida üles tegelikult vajalik eeltakisti väärtus. Arvutada erinevus protsentides tegeliku ja arvutatud eeltakisti takistuse vahel.



Joonis 3-3

Järeldused.

1. Analüüsida arvutatud ja tegelikult vajalike takistuste erinevuse põhjuseid.

2. Selgitada, miks šunt ja eeltakisti valmistatakse mangaanist.

Kirjandus. 1. [1, § 5-1].

2. [2, §§ 5-1; 5-2; 5-4; 5-5].

Töö nr.4

TERMOMUUNDURIGA MÕÕTERIISTA GRADUEERIMINE

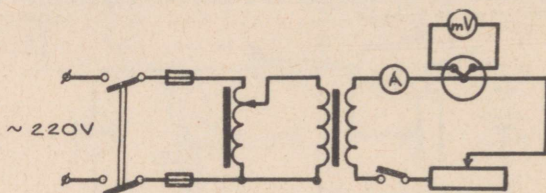
Töö eesmärk. Õppida gradueerima termomuunduriga magnetoolektrilist mõõteriista.

### Töövahendid:

- 1) magnetoelektriline millivoltmeeter;
- 2) termomuundur;
- 3) autotrafo;
- 4) pingemadaldustrafo;
- 5) reostaat;
- 6) ampermeeter;
- 7) lüliti.

### Töö käik.

1. Märkida vihikusse riistade nimiaandmed.
2. Lülitada millivoltmeeter läbi termomuunduri vahelduvvooluahelasse (joon. 4-1).



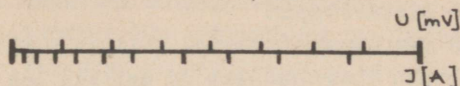
Joonis 4-1

3. Esitada lülitus juhendajale kontrollimiseks.
4. Muutes reostaadiga voolu nullist kuni nimiväärtuseni ja nimiväärtusest nullini, märkida tabelisse 4-1 millivoltmeetri skaala põhijaotustele vastavad pinged ja vooluväärtused.

Tabel 4-1

Jrk. nr.	$\alpha$	U	I	Märkused
-	jaot.	mV	A	-
1				
2				
...				
...				

5. Joonestada pinge ja voolu võrdluskala (vt. joon. 4-2).



Joonis 4-2

6. Joonestada graafik  $\alpha = f(I)$ .

Järeldus.

Põhjendada graafiku  $\alpha = f(I)$  mittelineaarsust.

Kirjandus. 1. [1, § 5-4].

2. [2, § 5-7].

Töö nr.5

ALALDIGA MÕÕTERIIST

Töö eesmärk.

Tutvuda pooljuhtalaldi ehituse ja tööpõhimõttega.

Võtta üles alaldi pinge-voolu karakteristik. Õppida koostama alaldiga mõõteriista vahelduvpinge mõõtmiseks.

Töövahendid:

- 1) magnetoelektriline mehhanism;
- 2) pooljuhtalaldi;
- 3) ampermeeter;
- 4) voltmeeter;
- 5) taatelvoltmeeter;
- 6) akupatarei;
- 7) oommeeter;
- 8) reostaadid - 2 tk.;
- 9) pingemadaldustrafo;
- 10) lüliti.

Töö käik.

1. Märkida üles tööks vajalike seadmete tehnilised andmed.

2. Tutvuda pooljuhtalaldi ehitusega. Teha vastav joonis.

3. Määrata oommeetriga alaldi takistus ava- ja tõkkesuunas. Arvutada alaldustegur.

4. Joonise 3-1 baasil koostada lülitus alaldi pingevoolu karakteristiku ülesvõtmiseks ja esitada see juhendajale kontrollimiseks. Lülituses näha ette toitepinge polaarsuse muutmise võimalus (kasutada kahepooluselist ümberlülitit).

5. Võtta üles alaldi pingevoolu karakteristik ava- ja tõkkesuunas, mitte ületades alaldile lubatud voolutugevust. Arvutada alaldi takistus igal katsel. Mõõte- ja arvutustulemused kanda tabelisse 5-1.

Tabel 5-1

Jrk. nr.	U	I	R
-	V	A	$\Omega$
1.	0	0	-
2.	+0,5		
3.	+1,0		
...	...		
...	-0,5		
...	-1,0		
...	-1,5		

6. Mõõtetulemuste põhjal joonestada graafik  $I = f(U)$ .

7. Arvutada eeltakistus antud magnetoelektrilisele mehhanismile, et teda koos alaldiga saaks kasutada vahelduvpinge  $\leq 5$  V mõõtmiseks. Vajaduse korral määrata mõõtemehhanismi nimiparameetrid (vt. töö nr.3 p.2 ja 3).

8. Mõõta sobival reostaadil välja arvutatud eeltakistus.

9. Koostada lülitus alaldiga magnetoelektrilise mõõteriista graduerimiseks (joonise 2-1 baasil). Väikeste pin-

gete saamiseks kasutada skeemis autotrafo järel pingemadaldustrafot ning potentsiomeeterlülituses reostaati. Esitada lülitus juhendajale kontrollimiseks.

10. Teostada nullikorreksioon.

11. Kontrollida mõõteriista nimihälbe vastavust ~5 V-le. Vajaduse korral teostada eeltakisti järelreguleerimine.

12. Määrata erinevus eeltakistuse arvatatud ja tegeliku väärtuse vahel (protsentides).

13. Gradueerida mõõteriist. Selleks suurendada vahelduvpinget 0,5 V kaupa 0-st kuni 5 V-ni ja märkida seejuures üles mõõteriista osuti hälbe väärtused. Gradueerimistulemused kanda tabelisse 5-2.

Tabel 5-2

Jrk. nr.	U	$\alpha$	Märkused
-	V	jaot.	-
1.			
2.			
...			
...			

14. Joonestada graafik  $\alpha = f(U)$ .

Järeldused.

1. Millest oleneb alaldustegur ja kuidas ta mõjutab alaldiga mõõteriista näitu?

2. Miks ja kuidas mõjutab kujutegur alaldiga mõõteriista näitu?

3. Anda hinnang alaldiga mõõteriistadele (eelised ja puudused, kasutatavus).

Kirjandus. 1. [1, § 5-3].

2. [2, § 5-8].

## PEEGELGALVANOMEETER

Töö eesmärk.

Õppida määrama galvanomeetri kriitilist takistust ja konstanti.

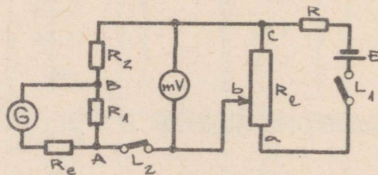
Töövahendid:

- 1) peegelgalvanomeeter;
- 2) takistussalved - 3 tk.;
- 3) reostaadid - 2 tk.;
- 4) galvaanielement;
- 5) millivoltmeeter;
- 6) lülitid - 2 tk.

Töö käik.

1. Tutvuda tööks vajalike seadmetega. Kontrollida nende sobivust antud töös kasutamiseks. Märkida üles seadmete tehnilised andmed.

2. Koostada lülitusskeem (joon. 6-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 6-1

3. Seada üles optiline seadis peegellugemi sooritamiseks ja reguleerida see nii, et valguslaik oleks skaala nullil selgepiirilisel eraldatav.

NB! Galvanomeetriga tuleb tema vigastamise vältimiseks töötada äärmiselt hoolikalt.

4. Tutvuda lisaga 6-1.
5. Määrata galvanomeetri kriitiline takistus.
6. Tutvuda lisaga 6-2.

7. Määrata galvanomeetri voolukontakt voolu mitmesuguse väärtuse puhul (hälbe n mitmesuguse väärtuse puhul).

8. Saadud andmete põhjal joonestada galvanomeetri graadueerimiskõver  $I = f(n)$ .

9. Mõõte- ja arvutustulemused koondada tabelisse 6-1.

Tabel 6-1

Jrk. nr.	U	n	$C_I$	I	$R_g$	$R_e$	$R_1$	$R_2$	$R_{kv}$	$R_{kk}$	Märkusid
-	V	jaot.	$\frac{mA}{\text{jaot.}}$	$\frac{mA}{\text{jaot.}}$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	-
1.											
2.											
...											

Järeldused.

1. Võrrelda galvanomeetri tundlikkust mikroampermeetrite tundlikkusega (konstantide kaudu).

2. Selgitada, mis tähtsus on kriitilisel välistakistusel.

3. Millised on peegelgalvanomeetri eelised ja puudused?

Kirjandus. 1. [1, § 5-2].

2. [2, § 5-6].

Lisa 6-1

PPEGELGALVANOMEETRI KRIITILISE TAKISTUSE MÄÄRAMINE

Galvanomeetri kriitilise takistuse määramiseks koostatakse joonisel 6-1 antud lülitusskeem, kus G on peegelgalvanomeeter;  $R_e$ ,  $R_1$  ja  $R_2$  - takistussalved; R - kolme kontaktiga reostaat; R - konstantse takistusega takisti; E - galvaanielement; mV - millivoltmeeter;  $L_1$  ja  $L_2$  - ühepooluselised vinnaklülitid.

Pärast optilise seadise ülespanemist peegellugemi saamiseks ja valguslaigu juhtimist skaala nullile, kui eel-

takisti  $R_e$  väärtus on ligikaudu üks kümnendik galvanomeetri kriitilisest takistusest, ning reostaadi liuguri viimist klemmi C juurde, suletakse lülitid  $L_1$  ja  $L_2$ . Liuguri b nihutamiseega kallutatakse galvanomeetri pöörduvat osa nurga võrra, mis vastab valguslaigu liikumisele poole skaalani. Seejärel lahutatakse lüliti  $L_2$  ja jälgitakse pöörduva osa liikumist. Nüüd tehakse analoogilised mõõtmised, suurendades eeltakisti  $R_e$  takistust.

Mingil kindlal takistusel  $R_e = R'_e$  on galvanomeetri pöörduva osa liikumine veel aperioodiline, kui aga  $R_e$  väärtus on suurem kui  $R'_e$ , on liikumine juba võnkuv.

Sellisel piirrežiimil töötavat galvanomeetrit nimetatakse kriitiliselt summutatuks ja galvanomeetri vooluringi takistust  $R_g + R'_e + R_1 = R_{kk}$  - galvanomeetri kriitiliseks kogutakistuseks.

Suurust  $R_{kk} - R_g = R'_e + R_1 = R_{kv}$  nimetatakse kriitiliseks välistakistuseks.

Lisa 6-2

#### GALVANOMEETRI KONSTANDI MÄÄRAMINE

Galvanomeetri voolukonstandi määramiseks kasutatakse joonisel 6-1 toodud skeemi.

Nihutades liugurit b galvanomeetri kriitilisel sumbumisel, saadakse mitmesuguseid galvanomeetri hälbeid (valgustäpi hälve skaalal  $n = 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150$  mm) ja märgitakse samaaegselt üles millivoltmeetri näidud. Galvanomeetri voolu võib määrata järgmistest seostest lähtudes.

Pinge punktide A ja B vahel

$$U_{AB} = I_g (R_g + R_e) = I \frac{(R_g + R_e) R_1}{R_g + R_e + R_1},$$

millest

$$I_g = I \frac{(R_g + R_e) R_1}{(R_g + R_e + R_1) (R_g + R_e)} = I \frac{R_1}{R_g + R_e + R_1}.$$

Vool

$$I = \frac{U}{R_2 + \frac{(R_g + R_e) R_1}{R_g + R_e + R_1}} \cdot$$

Asetades voolu I väärtuse  $I_g$  võrrandisse, saame:

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{U}{R_2 + \frac{(R_g + R_e) R_1}{R_g + R_e + R_1}} \cdot \frac{R_1}{R_g + R_e + R_1} = \\ &= \frac{UR_1}{\frac{R_2(R_g + R_e + R_1) + R_1(R_g + R_e)}{R_g + R_e + R_1} \cdot (R_g + R_e + R_1)} = \\ &= \frac{UR_1}{R_1(R_g + R_e) + R_2(R_g + R_e + R_1)} \cdot \end{aligned}$$

Galvanomeetri voolukonstant

$$C_I = \frac{I_g}{n} = \frac{U}{n} \cdot \frac{R_1}{R_1(R_g + R_e) + R_2(R_g + R_e + R_1)},$$

kus U - millivoltmeetri näit;

n - valguslaigu hälbele vastav millimeetrite arv skaalal.

Töö nr.7

PINGE JA TAKISTUSE MÕOTMINE KOMPENSAATORIGA

Töö eesmärk.

Tutvuda kompensatsioonimeetodiga. Õppida mõõtma kompensatori abil pinget ja takistust.

Töövahendid:

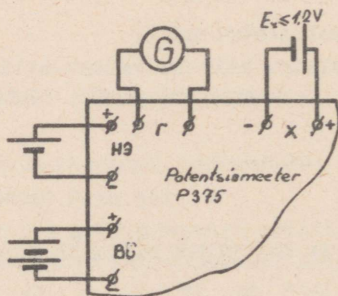
- 1) alalisvoolukompensator (potentsiomeeter) P375;
- 2) voltmeeter 359;
- 3) voltmeeter M45M;
- 4) voltmeeter B3 - 10 A;
- 5) vooluallikas ( $E \leq 1,2$  V);
- 6) akupatarei (5...7 V);

- 7) akupatarei (2 V);
- 8) normaalelement;
- 9) galvanomeeter;
- 10) pingejagur;
- 11) reostaadid - 2 tk.;
- 12) mõõdetav takisti;
- 13) taateltakisti;
- 14) ampermeeter;
- 15) takistussild (või oommeeter);
- 16) normaalelemendi pass;
- 17) lüliti.

### Töö käik.

#### I. Pinge mõõtmine.

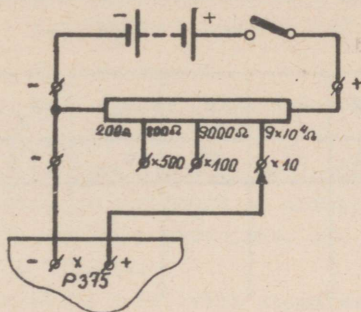
1. Tutvuda potentsiomeetriga P375 ning tema abil pinge mõõtmise käiguga (vt. lisa 7-1). Märkida üles töö juures kasutamisele tulevate seadmete ja mõõteriistade andmed. Koostada lülitus pinge  $U \leq 1,2$  V mõõtmiseks (joon. 7-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 7-1

2. Mõõta vooluallika ( $E \leq 1,2$  V) emj.:
  - a) voltmeetriga J59;
  - b) voltmeetriga M45M;
  - c) voltmeetriga B3 - 10 A;
  - d) potentsiomeetriga P375.
3. Koostada lülitus pinge  $U > 1,2$  V mõõtmiseks (joon. 7-2) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.

Mõõdetava pinge ligikaudse väärtuse alusel valida pingejagu-  
ri ülekandetegur.



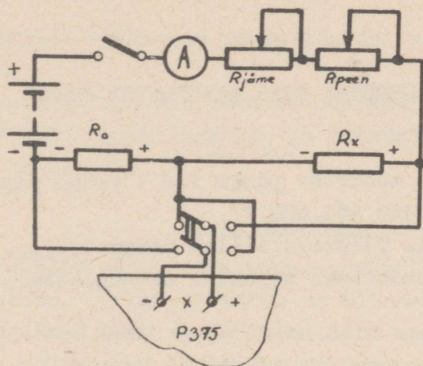
Joonis 7-2

4. Mõõta antud akupatarei pinget:

- voltmeetriga M45M;
- potentsiomestriga.

II. Takistuse mõõtmine.

- Mõõta tundmatu takistus ligikaudselt silla või oommeetriga.
- Valida sobiv taateltakisti.
- Koostada lülitus (joon. 7-3) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 7-3

4. Kontrollida töövoolu õigsust.

5. Määrata tundmatu takistus kolme erineva töövoolu väärtuse juures. Mõõtmis- ja arvutustulemused kanda tabelisse 7-1.

Tabel 7-1

Jrk. nr.	I	$R_0$	$U_0$	$U_x$	$R_x$
	A	$\Omega$	V	V	$\Omega$
1.					
2.					
3.					

...  $R_x$  kesk $m$  =

Järeldused.

1. Analüüsida emj.  $E \leq 1,2$  V mõõtmisel erinevate tulemuste saamise põhjusi.

2. Analüüsida kompensatsioonimeetodi häid ja halbu külgi.

3. Millest sõltub kompensaatoriga saavutatav täpsus?

4. Kas takistuse mõõtmisel ampermeetri täpsusklass on oluline (joon. 7-3)?

Kirjandus. 1. [1, §§ 6-1; 6-2; 6-3].

2. [2, §§ 5-13; 5-14; 5-15].

Lisa 7-1

POTENTSIOMEETRI P375 KASUTAMISE JUHIS

Andmed.

1. Maksimaalne mõõdetav pinge 1,2 V (koos pingejaguriga  $\mu H-1$  kuni 12; 120 või 600 V).

2. Töövool 0,1 mA. Töövoolu allika pinge 1,3 ... 2,2 V.

3. Töövoolu seadmiseks vajaliku normaalelemendi emj. 1,01800...1,01890 V.

Mõõtmise käik.

Pinge alla 1,2 V

1. Vastavalt kaanel olevale skeemile ühendada normaal-

element, töövoolu allikas (õige polaarsusega) ja magnetoelekt-riline galvanomeeter.

2. Määrata normaalelemendi emj. toatemperatuuril:

$$E_t = E_{20} - 0,0000406 (\ominus - 20), V$$

kus  $E_t$  - emj.  $\ominus$  C juures;

$E_{20}$  - emj.  $20^{\circ}\text{C}$  juures (vaadata normaalelemendi passist);

$\ominus$  - ruumi temperatuur,  $^{\circ}\text{C}$ .

Märkus. III kl. normaalelemendi emj. sõltub temperatuurist nii vähe, et parandust ei arvestata.

3. Lüliti  $H_3$  viia asendisse, mis vastab kasutatava normaalelemendi emj.-le.

4. Ümberlülitati  $X-H_3$  viia asendisse  $H_3$  ja reguleerida õigeks töövool (galvanomeeter viia nulli). Alustada jämereguleerimisega ( $50\ 000\ \Omega$ ) ja lõpetada peenreguleerimisega (nupp 0) (Vajutada nupule 50 000, kui sellele vajutamisel jääb tasakaalu, siis vajutada nupule 0 ja vajaduse korral jätkata peenreguleerimist tasakaalu saavutamiseni). Galvanomeetri riknemise vältimiseks jämereguleerimisel olgu galvanomeetriga järjestikku kaitsetakisti  $R = 50\ 000\ \Omega$ .

5. Mõõta tundmatu pinge  $U_x$ . Selleks viia ümberlülitati  $X-H_3$  asendisse X ja pöörates nuppe  $x0,1$ ;  $x\ 0,01$ ;  $x\ 0,001$  jne. (alustada nupust  $x0,1!$ ) viia kompensator tasakaalu. Algul olgu galvanomeetriga jällegi järjestikku kaitsetakisti.

6. Märkida vihikusse dekaadide näitude liitmisel saadud tulemus.

7. Kontrollida, kas töövool jäi muutumatuks. Selleks viia lüliti  $X-H_3$  asendisse  $H_3$  ja veenduda, et galvanomeeter näitab tasakaalu.

### Pinge üle 1,2 V

1. Mõõdetav pinge anda kompensatorile läbi pingejaguri (arvestada, et kompensator ei või saada pinget üle 1,2 V). Ülejäänud osas on mõõtmise käik analoogiline pingete  $U\ 1,2\ V$  mõõtmisega. Tulemuse väljaarvutamisel tuleb dekaadide näitude summa korrutada pingejaguri ülekande teguriga.

TAKISTUSE MÕÕTMINE OOMMEETRI JA SILLAGA NING  
VOLTMEETRI-AMPERMEETRI MEETODIL

Töö eesmärk.

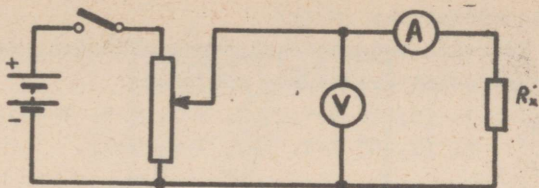
Õppida mõõtma takistust mitmesuguste mõõteriistadega. Tutvuda mõõteriistade sisetakistuse mõjuga mõõtmistulemustele.

Töövahendid:

- 1) tester;
- 2) sild MMB;
- 3) oommeeter;
- 4) ampermeeter;
- 5) voltmeeter;
- 6) vooluallikas;
- 7) reostaat;
- 8) mõõdetav takisti;
- 9) lüliti.

Töö käik.

1. Märkida üles oommeetri, testri ja silla nimiaandmed.
2. Tutvuda oommeetri ja testri kasutamise juhistega ning teha vajalikud korrektsioonid (osuti algasendi korrektsioon ja nullikorrektsoon).
3. Mõõta takistus oommeetriga. Tulemus märkida tabelisse 8-1.
4. Mõõta takistus testriga.
5. Mõõta takistus sillaga.
6. Tutvuda seadmetega, mille abil toimub takistuse mõõtmine voltmeetri-ampermeetri meetodil, ja märkida üles nende tehnilised andmed.
7. Koostada lülitus 1 (joon. 8-1) ning esitada see juhendajale kontrollimiseks.



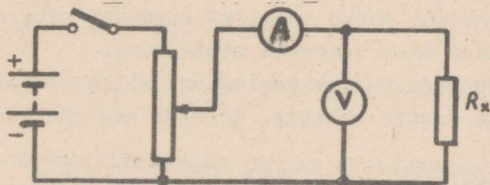
Joonis 8-1

8. Mõõta pinge ja vool ning arvutada tundmatu takistus nii mõõteriistade sisetakistusi arvesse võtmata kui ka neid arvestades. Tulemused kanda tabelisse 8-1.

Tabel 8-1

Oom- meet- riga	Test- riga	Silla- ga	Voltmeetri-ampermeetri meetodil							
			Lüli- tuse nr.	Paranduseta			Parandusega			
				U	I	$R_x$	$R_A$	$R_V$	$R_x$	
$R_x$	$R_x$	$R_x$	-	V	A	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	
$\Omega$	$\Omega$									
			1							
			2							

9. Koostada lülitus 2 (joon. 8-2) ning esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 8-2

10. Korrata p.8.

Järeldused.

1. Kirjeldada kasutatud takistuse mõõtmise meetodite eeliseid ja puudusi ning selgitada, millal missugust meetodit kasutada.

2. Selgitada, kumb skeem takistuse mõõtmisel voltmeet-

ri-ampermeetri meetodiga on sobivam väikeste ja kumb suurte takistuste mõõtmiseks. Miks?

3. Võrrelda tundmatu takistuse mõõtmisel saadud tulemusi ja analüüsida erinevuste põhjusi.

Kirjandus. 1. [1, §§ 9-1; 9-2; 9-3; 9-4; 9-10].

2. [2, §§ 7-1; 7-2; 7-5; 7-7].

Töö nr.9

### TAKISTUSE MÕÕTMINE ÜHEKORDSE SILLAGA

#### Töö eesmärk.

Tutvuda ühekordse silla koostamisega ja takistuste mõõtmisega ühekordse silla abil.

#### Töövahendid:

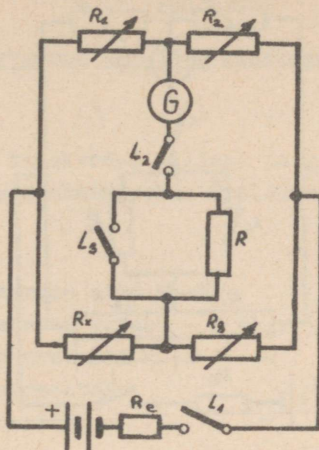
- 1) takistussalved - 4 tk.;
- 2) galvanomeeter;
- 3) kaitsetakisti;
- 4) reohord;
- 5) akupatarei;
- 6) reostaat;
- 7) lülitid - 3 tk.

#### Töö käik.

1. Tutvuda tööks vajalike seadmete ning nende otstarbega. Märkida üles seadmete nimiaandmed.

2. Tutvuda takistussalvedega silla skeemiga (joon.9-1) ja koostada vastav lülitus. Esitada see juhendajale kontrollimiseks.

3. Tasakaalustada sild, kui  $R_1 = 0,5 R_2$ ;  $R_1 = R_2$ ;  $R_1 = 2 R_2$  ja  $R_1 = 5 R_2$ . Arvutada tundmatu takistuse  $R_x$  väärtus. Tulemused kanda tabelisse 9-1.



Joonis 9-1

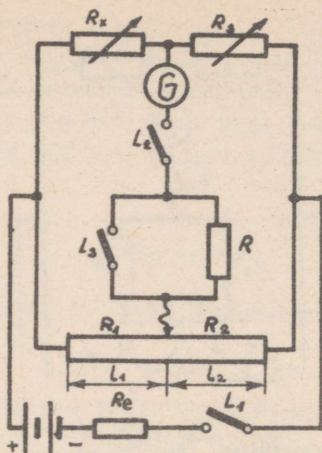
Tabel 9-1

Jrk. nr.	$R_1$	$R_2$	$\frac{R_1}{R_2}$	$R_3$	$R_x$ arvut.	$R_x$ teg.
-	$\Omega$	$\Omega$	-	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$
1.						
2.						
3.						
4.						

4. Leida arvutustulemuste põhjal  $R_x$  keskmine väärtus.

5. Koostada reohordiga traatsilla lülitus (joon.9-2) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.

6. Tasakaalustada sild võrdlustakistuse  $R_3$  järgmiste väärtuste juures:  $R_3 = 0,5R_x$ ;  $R_3 = R_x$ ;  $R_3 = 2R_x$ . Arvutada tundmatu takistuse  $R_x$  väärtus. Tulemused kanda tabelisse 9-2.



Joonis 9-2

Tabel 9-2

Jrk. nr.	$R_3$	$l_1$	$l_2$	$\frac{l_1}{l_2}$	$R_x$ arvut.	$R_x$ teg.
-	$\Omega$	mm	mm	-	$\Omega$	$\Omega$
1.						
2.						
3.						

7. Leida arvutustulemuste põhjal  $R_x$  keskmine väärtus.

Järeldused.

1. Analüüsida mõõtmise täpsust mõlema sillatüübi puhul.

2. Kirjeldada tasakaalustamise erinevusi ning mõlema sillatüübi eeliseid ja puudusi.

Kirjandus. 1. [1, § 9-10].

2. [2, § 7-5].

**TAKISTUSE MÕOTMINE KAHEKORDSE SILLAGA**

**Töö eesmärk.**

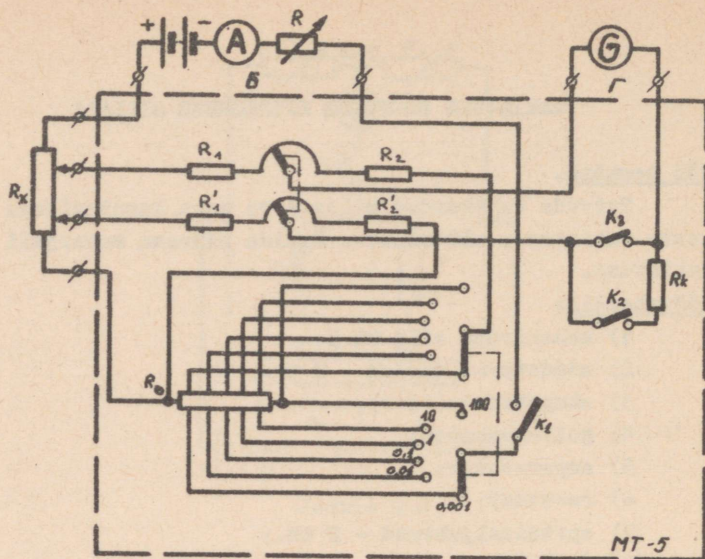
Tutvuda kahekordse sillaga ja tema kasutamisega väikeste takistuste mõõtmiseks. Õppida määrama materjali eritakistust.

**Töövahendid:**

- 1) kahekordne sild MT-5;
- 2) mõõdetavad vardad - 2 tk.;
- 3) akupatarei (12 V);
- 4) galvanomeeter;
- 5) ampermeeter;
- 6) reostaat;
- 7) spetsiaaljuhtmed - 2 tk.;
- 8) nihkmõõdik;
- 9) mõõtjoonlaud;
- 10) šunt.

**Töö käik.**

1. Märkida üles seadmete tehnilised andmed.
2. Tutvuda silla skeemiga ja mõõtmise käiguga (vt. MT-5 kaas).
3. Valida reostaat. Koostada lülitus (joon.10-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.
4. Mõõta varraste takistused kolme erineva pikkuse korral.  
NB! Mõõtmisel jälgida, et silla töövool ei ületaks maksimaalset lubatavat voolu, mis on ri piirkondadel erinev.
5. Määrata varraste mõõtmed ning arvutada varraste materjalide eritakistused. Kõik mõõtmis- ja arvutustulemused koondada tabelisse 10-1.



Joonis 10-1

Tabel 10-1

Jrk. nr.	Varda materjal: vask					Varda materjal: alumiinium				
	R	l	d	S	$\rho$	R	l	d	S	$\rho$
-	$\Omega$	m	mm	mm <sup>2</sup>	$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	$\Omega$	m	mm	mm <sup>2</sup>	$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
1.										
2.										
3.										

6. Lähtudes šundi nimiaandmetest arvutada šundi takistus ja kontrollida seda katseliselt.

Järeldused.

1. Võrrelda saadud eritakistuste väärtusi käsiraamatutes toodutega ning analüüsida lahkumineku põhjusi.

2. Milline on kahekordse silla eelis, võrreldes ühekordse sillaga, ning mis on selle põhjuseks?

3. Miks peab silla töövool olema võimalikult lähedane maksimaalsele lubatavale voolule?

- Kirjandus. 1. [1, § 9-11].  
2. [2, § 7-6].  
3. [6, tabel 2-3].

Töö nr.11

## ISOLATSIOONITAKISTUSE MÕÕTMINE

### Töö eesmärk.

Õppida mõõtma pingestatud ja pingestamata seadmete isolatsioonitakistust.

### Töövahendid:

- 1) megaoommeeter;
- 2) voltmeetrid - 3 tk.;
- 3) katsetatav liinilõik;
- 4) katsetatav mootor;
- 5) takisti.

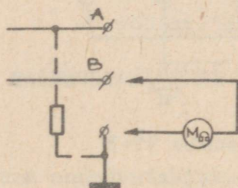
### Töö käik.

1. Tutvuda katsetatavate seadmete ja mõõteriistadega. Märkida üles nende tüüp, tehase number, täpsusklass ja nimiparameetrid.

2. Vabastada pingest katsetatav liinilõik (kaitsmete väljavõtmise teel) ja kontrollida indikaatoriga pingepuudumist.

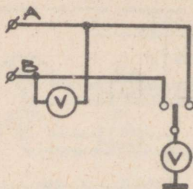
3. Kontrollida megaoommeetri näitude õigsust punktides 0 ja  $\infty$ .

4. Mõõta megaoommeetriga isolatsioonitakistus juhtmete vahel ning iga juhtme ja kesta vahel (joon. 11-1). Mõõtmistulemused kanda tabelisse 11-1.



Joonis 11-1

5. Pingestada liin ja mõõta isolatsioonitakistus kahe voltmeetri abil (joon. 11-2). Tulemused kanda tabelisse 11-1.



Joonis 11-2

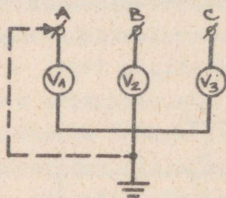
6. Korrata punktides 4 ja 5 nõutud mõõtmisi ühe juhtme kunstlikult halvendatud isolatsiooni korral (juhe maandada läbi antud takisti).

Tabel 11-1

Jrk. nr.	Megaohmmeetriga			Kahe voltmeetriga						Märkused
	$R_A$	$R_B$	$R_{AB}$	U	$U_A$	$U_B$	$R_V$	$R_A$	$R_B$	
	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	V	V	V	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	
1.										normaalne liin
2.										

7. Kontrollida voltmeetrite abil kolmefaasilise võrgu isolatsiooni kvaliteeti normaalse ja ühefaasilise lühisega süsteemi korral (joon. 11-3). Mõõtmistulemused kanda tabelisse 11-2.

Märkus. Keelatud on maandada korraka kaht liinijuhet - tekib lühis!



Joonis 11-3

Jrk. nr.	$U_A$	$U_B$	$U_C$	Märkused
	V	V	V	
1.				$R_A = R_B = R_C$
2.				$R_A = 0; R_B = R_C$
3.				$R_B = 0; R_A = R_C$
4.				$R_C = 0; R_A = R_B$

8. Mõõta kolmefaasilise mootori isolatsioonitakistused megaohmmeetriga. Mõõtmistulemused kanda tabelisse 11-3.

Tabel 11-3

Jrk. nr.	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_{AB}$	$R_{BC}$	$R_{CA}$	Märkused
	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	
							Minimaalne lubatav isolatsioonitakistus $R =$

### Järeldused.

1. Hinnata katsetatud seadmete isolatsiooni kvaliteeti, võrreldes seda nõutavaga.

2. Kirjeldada, kuidas voltmeetrите näitude järgi kindlaks määrata vigastatud isolatsiooniga juhe kolmefaasilises süsteemis.

Kirjandus. 1. [1, §§ 9-12; 9-13; 9-14].

2. [2, § 7-8].

Töö nr.12

### MAANDUSTAKISTUSE MÕÖTMINE

### Töö eesmärk.

Õppida mõõtma maandustakistust voltmeetri-ampermeetri

meetodil. Tutvuda maandustakistuse mõõtja MC-08 ehituse ja käsitlemisega.

Töövahendid:

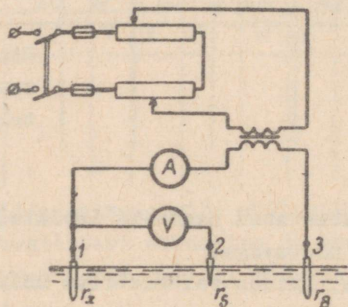
- 1) jõutrafo;
- 2) voltmeeter;
- 3) ampermeeter;
- 4) reostaadid - 2 tk.;
- 5) maandid - 2 tk.;
- 6) sond;
- 7) mõõteriist MC-08.

Töö käik.

1. Tutvuda tööks vajalike mõõteriistadega. Märkida üles nende tehnilised andmed.

2. Kontrollida olemasoleva aparatuuri sobivust antud töös kasutamiseks.

3. Koostada joonise 12-1 järgi mõõtelülitus ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.

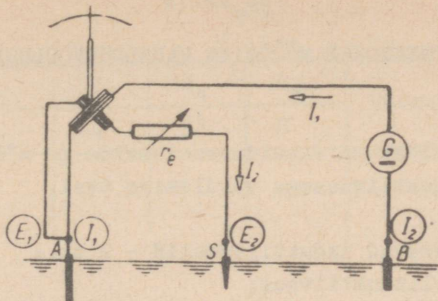


Joonis 12-1

4. Amper- ja voltmeetrit kasutades määrata kontrollitava maandi takistus  $r_x$ , abimaandi takistus  $r_a$  ja sondi takistus  $r_g$ . Mõõte- ja arvutustulemused kanda tabelisse 12-1.

5. Tutvuda maandustakistuse mõõtja MC-08 ehituse ja töö põhimõttega.

6. Koostada lülitus (joon. 12-2) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 12-2

7. Määrata mooteriistaga MC-08 takistused  $r_x$ ,  $r_a$  ja  $r_s$ .  
Mõõtetulemused kanda tabelisse 12-1.

Tabel 12-1

Katse nr.	Ampermeetri-voltmeetri meetodil					Maandustakistuse mõõtjaga			Märkused
	U	I	$r_x$	$r_a$	$r_s$	$r_x$	$r_a$	$r_s$	
	V	A	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	
1.									
2.									
...									

Järeldused.

1. Hinnata maandustakistuse vastavust normidele.
2. Miks kasutatakse riistas MC-08 logomeetrit?
3. Kuidas on MC-08 juures välditud 50-hertsiste uit-  
voolude mõju mõõtetulemusele?

Kirjandus. 1. [1, §§ 9-17; 9-18; 9-20].

2. [2, § 7-10].

3. [7, ptk. 1-7].

## INDUKTIIVSUSE MÕÖTMINE VAHELDUVVOOLUSILLAGA

Töö eesmärk.

Õppida koostama vahelduvvoolusilda ja mõõtma induktiivsust taatelinduktiivsusega võrdlemise teel.

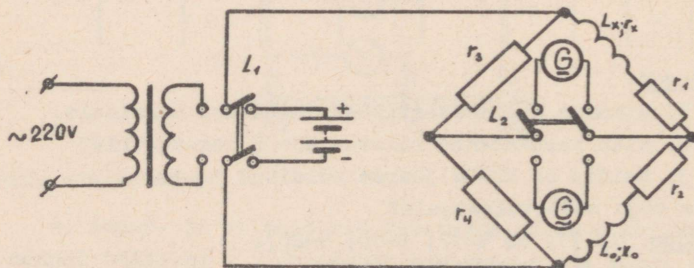
Töövahendid:

- 1) mõõdetavad induktiivpoolid - 2 tk.;
- 2) taatelinduktiivsus;
- 3) takistussalved - 4 tk.;
- 4) magnetoelektriline galvanomeeter;
- 5) vibratsioongalvanomeeter;
- 6) pingemadaldustrafo;
- 7) akupatarei;
- 8) ümberlülitid - 2 tk.

Töö käik.

1. Tutvuda vibratsioongalvanomeetri kasutamisega. Märkida üles tööks vajalike mõõteriistade ja seadmete tehnilised andmed.

2. Koostada lülitus joonisel 13-1 toodud skeemi kohaselt ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 13-1

3. Määrata kahe antud pooli induktiivsus. Mõõtmis- ja arvutustulemused kanda tabelisse 13-1.

Tabel 13-1

Katse nr.	$L_0$	$r_3$	$r_4$	$L_x$	Märkused
	H	$\Omega$	$\Omega$	H	
1.					
2.					

Järeldused.

1. Kirjeldada silla tööõhimõtet ja mõõtmise käiku.
2. Põhjendada vektordiagrammiga, miks sild vajab kahekordset reguleerimist.
3. Millest oleneb mõõtmise täpsus?

Kirjandus. 1. [1, § 10-8a].

2. [2, §§ 7-11; 7 - 12; 7 - 14].

Töö nr.14

MAHTUVUSE MÕÕTMINE VAHELDUVVOOLUSILLAGA

Töö eesmärk.

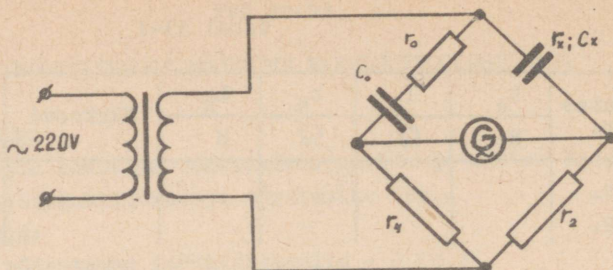
Õppida mõõtma mahtuvust vahelduvvoolusillaga.

Töövahendid:

- 1) mõõdetavad kondensaatorid - 2 tk.;
- 2) taatelkondensaator;
- 3) takistussalved - 3 tk.;
- 4) vibratsioongalvanomeeter;
- 5) pingemadaldustrafo.

Töö käik.

1. Tutvuda vibratsioongalvanomeetri kasutamisega. Märkida üles tööks vajalike mõõteriistade ja seadmete tehnilised andmed.
2. Koostada lülitus joonisel 14-1 toodud skeemi kohaselt ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.
3. Määrata kahe antud kondensaatori mahtuvus ja kaonurga tagens. Tulemused kanda tabelisse 14-1.



Joonis 14-1

Tabel 14-1

Katse nr.	$r_2$	$r_4$	$C_0$	$C_x$	$\text{tg } \delta_x$	Märkused
	$\Omega$	$\Omega$	$\mu\text{F}$	$\mu\text{F}$	-	
1.						
2.						

4. Määrata antud kondensaatorite ekvivalentne mahtuvus nende rööp- ja jadaühenduse puhul (katseliselt ja arvutuslikult),

Järeldused.

1. Anda hinnang töö tulemustele.
2. Tuua ära silla tasakaaluvõrrandid ja vektordiagramm.

Kirjandus. 1. [1, § 10-10].

2. [2, §§ 7-13; 7-14].

Töö nr.15

VOOLUTRAFO TAATLEMINE

Töö eesmärk.

Tutvuda voolutrafo taatlemisega kompensatsioonimeetodil. Selgitada primaarvoolu ja sekundaarahela koormustakistuse mõju ülekandetegurile ja veale.

### Töövahendid:

- 1) voolutrafode taatlemise aparaat ATT;
- 2) spetsiaalne protsentskaalaga ampermeeter;
- 3) taatelvoolutrafo;
- 4) kontrollitav voolutrafo;
- 5) autotrafo;
- 6) koormustrafo;
- 7) reostaat;
- 8) sekundaarahela koormustakisti;
- 9) vibratsioongalvanomeeter;
- 10) ATT kasutamise juhis;
- 11) taatelvoolutrafo pass.

### Töö käik.

1. Tutvuda voolutrafo taatlemisega kompensatsioonimeetodil (vt. lisa 15-1).

2. Tutvuda aparaadi ATT, vibratsioongalvanomeetri ja teiste tööks vajalike seadmete kasutamisega ning märkida üles nende tehnilised andmed.

3. Joonestada skeem voolutrafo taatlemiseks (ATT instruksiooni baasil).

4. Arvutada reostaat primaarvoolu reguleerimiseks.

5. Koostada lülitus ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.

6. Mõõta kontrollitava trafo voolu- ja nurgaviga sekundaarahela nimikoormuse  $Z_2 = Z_{2n}$  juures primaarvoolu väärtustel 20; 40; 60; 80; 100 ja 120 % nimivoolust.

7. Mõõta voolu- ja nurgaviga primaarvoolu väärtusel 20 % nimivoolust sekundaarahela koormusel 25; 50; 100 ja 200 % tema nimitakistusest. Kõik mõõtmistulemused kanda tabelisse 15-1.

8. Arvutada tabelis 15-1 nõutud suurused.

9. Ehitada graafikud:  $\gamma = f(I_1)$ , kui  $Z_2 = \text{const}$ ;

$\delta = f(I_1)$ , kui  $Z_2 = \text{const}$ ;  $\gamma = f(Z_2)$ , kui  $I_1 = \text{const}$  ja

$\delta = f(Z_2)$ , kui  $I_1 = \text{const}$ .

Tabel 15-1

Katse nr.	Sekundaarhe- la koormus $Z_2$	Pri- maar- vool $I_1$		Vooluviga				Nurgaviga			Tegelik ülekan- detegur $K$	Tegelik pri- maar- vool $I_1$	Märkused	
		%	A	n	$\gamma'$	$\gamma_0$	$\gamma_x$	n	$\delta'$	$\delta_0$				$\delta_x$
-		%	A	-	%	%	%	-	'	'	'	%	A	
1.	100		20											
2.	"		40											
3.	"		60											
4.	"		80											
5.	"		100											
6.	"		120											
7.	25		20											
8.	50		20											
9.	100		20											
10.	200		20											

Voolutrafo andmed:  
 $I_{1n} =$   
 $I_{2n} =$   
 $Z_{2n} =$   
 $t.k.l. =$

... n - tegur, sõltub aparadi ATT mõõtepiirkonnast.

## Järeldused.

1. Kirjeldada aparraadi ATT tööõhimõtet.
2. Analüüsida saadud graafikuid.
3. Analüüsida taadeldud voolutrafo vastavust täpsusklassile.

- Kirjandus. 1. [1, §§ 7-3; 19-9].  
2. [2, § 6-2].

## Lisa 15-1

### VOOLUTRAFO TAATLEMINE KOMPENSATSIOONIMEETODIGA

Taatlemine toimub aparraadi ANT või ATT abil, mis sisuliselt on ristkoordinaatides mõõtvad vahelduvvoolukompensaatorid. Nende aparraatide vahendusel võrreldakse taadeldava voolutrafo sekundaarvoolu  $I_x$  taateltrafo sekundaarvooluga  $I_0$  ja mõõdetakse nendevaheline faasinihe  $\delta'$  juhul, kui trafode primaarmähiseid läbib sama voel  $I_1$  (vt. vektordiagramm joonisel 15-1). Trafod ühendatakse vastavalt skeemile joonisel 15-1 nii, et takistit R läbib nende sekundaarvoolude vahe:

$$\Delta \dot{I} = \dot{I}_x - \dot{I}_0 .$$

Mõlema trafo primaar- ja sekundaarnimivoolud peavad olema võrdsed.

Kuna vooluviga:

$$\gamma' = \frac{I_x - I_0}{I_0} \cdot 100 \%$$

on väike (kuni paar protsenti), siis

$$I_x \approx I_0 .$$

Voolutrafode nurgaviga  $\delta'$  on samuti väike (paarkümmend minutit kuni paar kraadi). Seega

$$\delta' \approx \text{tg } \delta' .$$

Vektordiagrammist (joon. 15-1) nähtub, et voolu  $\Delta I$  komponent  $\Delta I_\delta$  on sel juhul võrdeline nurgaveega, sest:

$$\text{tg } \delta' = \frac{\Delta I_\delta}{I_0} .$$

Seega

$$\Delta I_{\mathcal{L}} \approx \delta' \cdot I_0 .$$

Teine komponent  $\Delta I_{\mathcal{L}}$  on võrdne vooluveega:

$$\Delta I_{\mathcal{L}} \approx I_X - I_0 .$$

Järelikult on ka takistusel R tekkiva pingelangu

$$\Delta U = \Delta I \cdot R$$

komponent

$$\Delta U_{\mathcal{L}} = \Delta I_{\mathcal{L}} \cdot R$$

võrdeline nurgaveega, komponent

$$\Delta U_{\mathcal{L}} = \Delta I_{\mathcal{L}} \cdot R$$

aga võrdeline vooluveega.

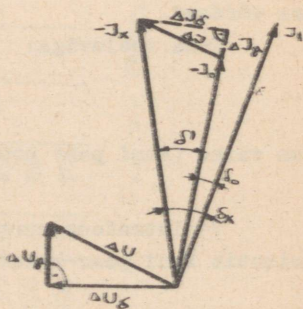
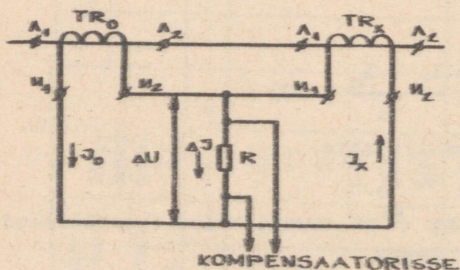
Need pingekomponendid tasakaalustatakse vahelduvvoolu-kompensaatoriga, mille skaalalt on  $\gamma'$  ja  $\delta'$  otseselt loetavad.

Et ka taateltrafol esineb nurgaviga  $\delta_0$  ja vooluviga  $\gamma_0$ , siis tegelik nurgaviga

$$\delta_x = \delta' + \delta_0$$

ja vooluviga

$$\gamma_x = \gamma' + \gamma_0 .$$



Joonis 15-1

## VÕIMSUSE JA VÕIMSUSTEGURI MÕÖTMINE

Töö eesmärk.

Õppida mõõtma laboratoorse vattmeetri ning fasomeetri-  
g. Omandada voolutrafo kasutamise ning voolutrafo ülekandeteguri  
ja vattmeetri konstandi arvutamise oskus.

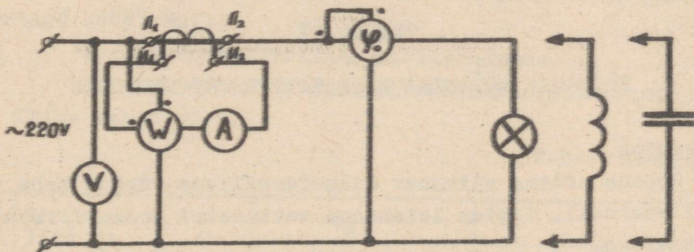
Töövahendid:

- 1) ampermeeter;
- 2) voltmeeter;
- 3) vattmeeter;
- 4) voolutrafo;
- 5) fasomeeter;
- 6) hõõglamp;
- 7) mähis;
- 8) kondensaatorpatarei.

Töö käik.

1. Tutvuda töövahenditega ning teha kindlaks nende sobi-  
vus antud töö läbiviimiseks. Märkida üles mõõteriistade nimi-  
andmed.

2. Koostada antud skeemile (joon. 16-1) vastav lülitus  
ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 16-1

3. Mõõta tarbija võimsus ja  $\cos \varphi$  järgmistel juhtudel:
- a) aktiivkoormus;
  - b) induktiivne segakoormus;

c) mahtuvuslik segakoormus;

d) mahtuvuslik koormus.

Mõõtmistulemuste põhjal täita tabel 16-1.

Tabel 16-1

Jrk. nr.	Koor- muse ise- loom	Pinge	Vool					Võimsus			cos $\varphi$		$\varphi$
		U	$K_I$	$C_I$	$\alpha$	I	$K_P$	$C_P$	$\alpha$	P	otse- selt	kaud- selt	
-	-	V	-	A/ jaot.	jaot.	A	-	W/ jaot.	jaot.	W	-	-	o
1.													
2.													
3.													
4.													

Järeldused.

1. Võrrelda nihkenurga  $\varphi$  mõõdetud väärtusi teoreetiliselt oodatutega.

2. Analüüsida cos  $\varphi$  kaudsel ja otsesel mõõtmisel saadud tulemuste erinevuse põhjusi.

Kirjandus. 1. [1, §§ 11-3; 11-4; 11-5; 13-1].

2. [2, §§ 8-2; 10-2].

Töö nr.17

VÕIMSUSE MÕÕTMINE KAHE VATTMEETRI MEETODIL

Töö eesmärk.

Õppida mõõtma võimsust kolme faasilises võrgus kahe vattmeetri meetodil. Õppida laiendama vattmeetri voolupiirkonda voolutrafoga.

Töövahendid:

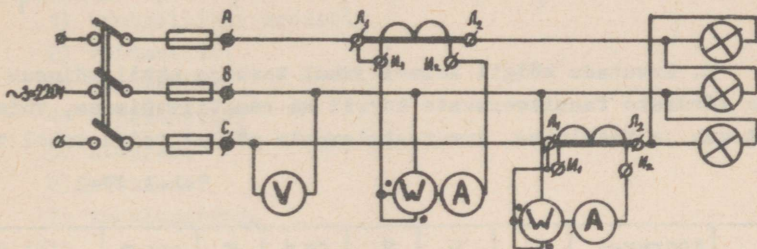
- 1) vattmeetrid - 2 tk.;
- 2) voolutrafod - 2 tk.;
- 3) ampermeetrid - 2 tk.;
- 4) voltmeeter;
- 5) faasinäitur;

6) hõõglampid - 4 tk.;

7) kolmefaasiline asünkroonmootor.

Töö käik.

1. Tutvuda töövahenditega. Märkida üles nende nimiaandmed.
2. Määrata faasinäituriga faasijärjestus toitevõrgus.
3. Koostada lülitus (joon. 17-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 17-1

4. Lühistada voolutrafode primaarmähised, pingestada lülitus ja valida kõige sobivamad nimiprimaarvoolud.
  5. Mõõta kolmefaasilise tarbija aktiivvõimsus kolmel juhul:
    - a) sümmeetriline aktiivkoormus (kolm ühesuguse võimsusega hõõglampi);
    - b) mittesümmeetriline aktiivkoormus;
    - c) sümmeetriline induktiivkoormus (elektrimootor).
- Täita tabel 17-1.

Tabel 17-1

Katse nr.	Koormuse liik ja nimiandmed	U	$I_A$			$I_C$		
			$K_I$	$I_2$	$K_I I_2$	$k_I$	$I_2$	$K_I I_2$
		V	-	A	A	-	A	A
1.								
2.								
3.								

Tabel 17-1 (järg)

P <sub>1</sub>				P <sub>2</sub>			
k <sub>I</sub>	C <sub>P</sub>	α	k <sub>I</sub> C <sub>P</sub> <sup>α</sup>	k <sub>I</sub>	C <sub>P</sub>	α	k <sub>I</sub> C <sub>P</sub> <sup>α</sup>
-	W/jaot.	jaot.	W	-	W/jaot.	jaot.	W

6. Arvutada kõigil kolmel juhul tarbija aktiivvõimsus ning võrdsete faasikoormuste korral ka reaktiivvõimsus, võimsustegur ja faasinihe. Arvutustulemuste põhjal täita tabel 17-2.

Tabel 17-2

Katse nr.	Koormuse liik ja nimiandm.	P	Q	S	tg φ	φ	cos φ	Märkused
		W	var	VA	-	°	-	
1.								
2.								
3.								

#### Järeldused.

1. Analüüsida mõõtmistulemuste vastavust koormuste nimiandmetele ning lahkumineku põhjusi.

2. Mida ja millistel tingimustel saab mõõta kahe vattmeetri meetodil?

3. Milleks on skeemis vajalikud ampermeetrid ning milal nad võivad puududa?

Kirjandus. 1. [1, §§ 11-8; 11-9; 13-3].

2. [2, §§ 8-4; 8-5].

## ÜHEFAASILISE INDUKTSIOONARVESTI TAATLEMINE

Töö eesmärk.

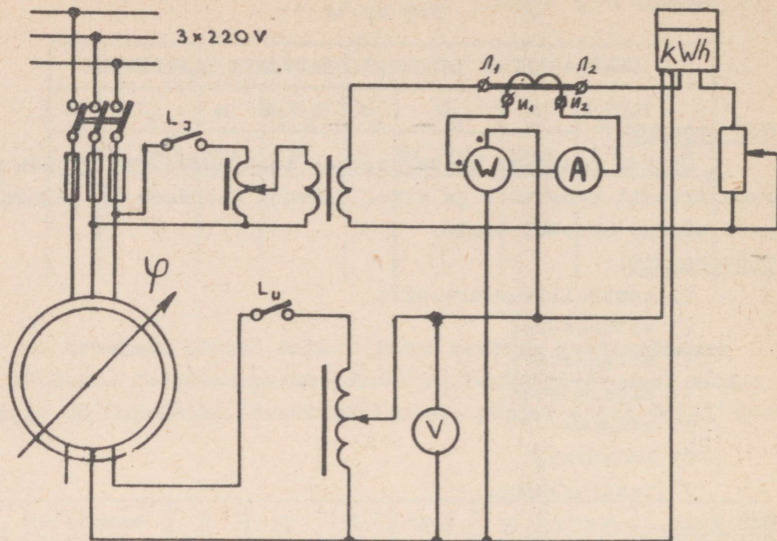
Õppida kasutama mõõteriistade taatlusstendi. Õppida määrata arvesti konstanti ja viga. Tutvuda koormuse ja võimsusteguri mõjuga arvesti veale.

Töövahendid:

- 1) kontrollitav arvesti;
- 2) vattmeeter;
- 3) voltmeeter;
- 4) ampermeeter;
- 5) stopper;
- 6) reostaat;
- 7) taatlusstend.

Töö käik.

1. Tutvuda tööks vajalike seadmetega ning märkida üles nende tüübid, tehaseumbrid, nimisuurused, täpsusklassid jne.
2. Tutvuda arvesti konstruktsiooniga.
3. Tutvuda taatlusstendiga. Teha selgeks:
  - a) kuhu arvesti ja mõõteriistad ühendada;
  - b) kuidas reguleerida voolu ja pinget;
  - c) kuidas reguleerida faasinihet.
4. Koostada lülitus joonisel 18-1 toodud skeemi kohaselt ning esitada see juhendajale kontrollimiseks.
5. Kontrollida tühijooksu puudumist pingel  $U = 1,1U_n$ . Reguleerida kompensatsioonimoment (vajaduse korral).
6. Määrata arvesti tundlikkus (minimaalne koormus, mille puhul ketas hakkab pöörlema).
7. Määrata arvesti tegelik konstant koormustel 5, 10, 25, 50, 75, 100 ja 200 % nimikoormusest  $\cos \varphi = 1,0$  ja  $\cos \varphi = 0,5$  juures.
8. Arvutada arvesti viga nimetatud koormustel ja joonestada veakõver  $\gamma = f(I/I_n) \cos \varphi = 1,0$  ja  $\cos \varphi = 0,5$  juures.
9. Töö tulemused esitada tabeli kujul (tabel 18-1).



Joonis 18-1

Tabel 18-1

Katse nr.	U	cos $\varphi$	I			
			$k_I$	$C_I$	$\alpha$	$k_I C_I \alpha$
	V	-	-	A/jaot.	jaot.	A
1.	220	1,0				
2.	"	"				
--	"	"				
8.	"	0,5				
--	"	"				
--	"	"				
14.	"	"				

P				N	t	k	$\delta$
$k_I$	$C_P$	$\alpha$	$k_I C_P \alpha$				
-	W/jaot.	jaot.	W	pööret	s	Ws/pööre	%

Järeldused.

1. Anda hinnang arvesti täpsusklassile vastavuse kohta.
2. Analüüsida, millest sõltub arvesti viga.

- Kirjandus. 1. [1, §§ 12-2; 19-16].  
2. [2, § 9-2].

## Töö nr.19

AKTIIV- JA REAKTIIVENERGIA ARVESTITE LÜLITAMINE  
KOLMEFAASILISSE VOOLUAHELASSE

Töö eesmärk.

Tutvuda aktiiv- ja reaktiivenergia arvestite ehitusega.

Õppida lülitama arvesteid kolmefaasilisse vooluahelasse.

Töövahendid:

- 1) aktiivenergia arvesti;
- 2) reaktiivenergia arvesti;
- 3) ampermeetrid - 3 tk.;
- 4) voltmeetrid - 2 tk.;
- 5) vattmeetrid - 2 tk.;
- 6) reostaadid - 3 tk.;
- 7) induktiivne tarbija (mootor, trafo, induktiivpoolid);
- 8) faasinäitur;
- 9) stopper.

Töö käik.

1. Tutvuda põhjalikult aktiiv- ja reaktiivenergia ar-

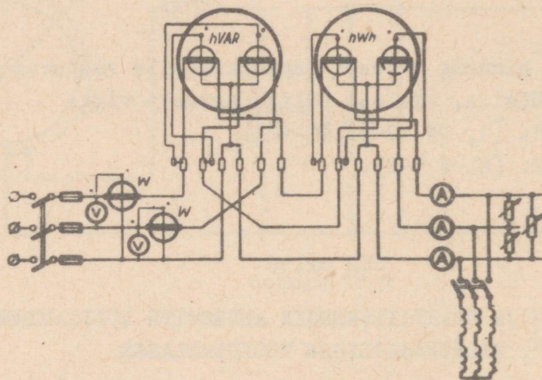
vestite ehitusega, märkida üles arvestite tehnilised andmed.

2. Tutvuda tööks vajalike mõõteriistadega, märkida üles nende süsteemid, nimiaandmed, täpsusklassid, tehase numbrid ja tehaste nimetused.

3. Kontrollida olemasoleva aparatuuri sobivust antud töös kasutamiseks.

4. Määrata kolmefaasilise vooluahela faaside järjestus.

5. Koostada joonise 19-1 järgi mõõtelülitus ja lasta seda juhendajal kontrollida.



Joonis 19-1

6. Ühtlasel reaktiivsuvabal koormusel veenduda, et reaktiivenergia arvesti ketas ei pöörle.

7. Ühtlasel induktiivsel segakoormusel märkida tabelisse 19-1 kõigi mõõteriistade näidud ning määrata arvestite näitude järgi mingil ajavahemikul võrgust võetud aktiiv- ja reaktiivenergia.

8. Arvutada amper-, volt- ja vattmeetri näitudest tarbitud aktiiv- ja reaktiivenergia ja seadme võimsustegur ning aktiiv- ja reaktiivenergia arvestite näitudest seadme keskmine võimsustegur. Arvutustulemused koondada tabelisse 19-1.

Tabel 19-1

Jrk. nr.	I	U	P	t	Pt	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	Q	Qt
	A	V	W	s	Ws	-	-	var	var·s
1.									
2.									
3.									
...									

Tabel 19-1 (järg)

Aktiivenergia arvesti			Reaktiivenergia arvesti			$\cos \varphi_k$
N'	$K_n$	$W_a$	N''	$K_n$	$W_r$	
p.	Ws/p.	Ws	p.	var·s/p.	var·s	-

Järeldused.

1. Võrrelda otsese ja kaudse mõõtmismeetodiga saadud aktiiv- ja reaktiivenergia ning võimsusteguri väärtusi.

2. Põhjendada kolmefaasilise voolu vektordiagrammi abil, miks reaktiivenergia arvesti ketta pöörlemiskiirus on võrdeline tarbitud reaktiivenergiaga.

Kirjandus. 1. [1, §§ 12-3; 12-4; 19-19].

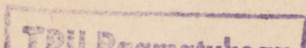
2. [2, §§ 9-3; 9-4].

Töö nr.20

## PINGE MÕOTMINE ISEKIRJUTAVA VOLTMEETRIGA

Töö eesmärk.

Tutvuda voltmeetri H376 konstruktsiooniga, lindi veomehhanismiga, lindi paigutamise ja voltmeetrise pingemõõtmise ja ajamõõtkava määramisega.

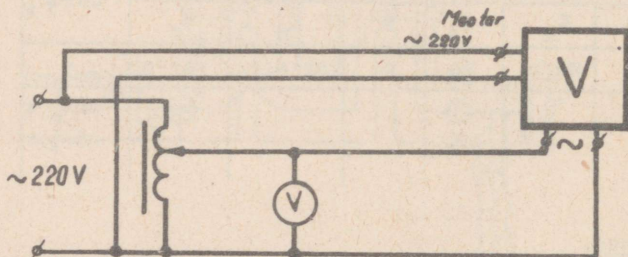


### Töövahendid:

- 1) isekirjutav voltmeeter H376;
- 2) mõõteriista konver vahenditega;
- 3) mõõteriista kasutamise juhised (instruktsioon);
- 4) pingeregulaator (autotrafo koos voltmeetriga).

### Töö käik.

1. Selgitada instruktsiooni abil, kuidas paigutada lint voltmeetrisse, ja paigaldada lint.
2. Selgitada, kuidas saab nõutud kiirused ( $v_{\min}$  ja  $v_{\max}$ ).
3. Koostada lülitus voltmeetri töölerakendamiseks (joon. 20-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 20-1

4. Muutes autotrafoga mõõdetavat pinget, võtta üles pingegraafik lindi maksimaalse ja minimaalse kiiruse juures.

5. Mõõta lindilt nõutud pinge ja ajavahemik.

Märkus. Enne lindi veomehhanismi väljavõtmist eemaldada sulg, muidu võib see puruneda!

### Järeldused.

1. Tuua ära riista põhilised tehnilised andmed (mõõtepiirkond, kiirused jne.).

2. Kleepida aruandesse tükk diagrammiga linti ja kirjeldada pinge ning ajavahemiku määramist diagrammilt.

3. Selgitada, miks on lindil mitu kiirust.

Kirjandus. [1, §§ 14-1; 14-2; 14-5].

## ELEKTRONOSTSILLOGRAAF

Töö eesmärk.

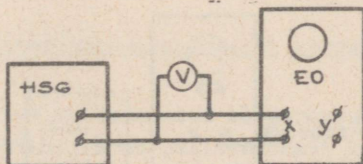
Tutvuda elektronostsillograafi ja tema kasutamise võimalustega (pinge, voolu ja sageduse mõõtmine).

Töövahendid:

- 1) elektronostsillograaf;
- 2) helisagedusgeneraator;
- 3) voltmeeter;
- 4) autotrafo;
- 5) terassüdamikuga pool;
- 6) reostaat;
- 7) ampermeeter.

Töö käik.

1. Märkida üles töö läbiviimiseks vajalike aparaatide ja seadmete tehnilised andmed.
2. Tutvuda ostsillograafi esiplaadile paigutatud nuppude otstarbega (vt. lisa 21-1).
3. Reguleerida ostsillograaf töökorda (vt. lisa 21-2).
4. Ühendada ostsillograaf helisagedusgeneraatoriga (joon. 21-1).



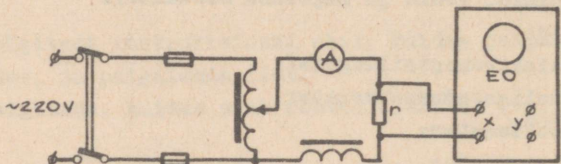
Joonis 21-1

5. Ostsillografeerida uuritav pinge (ostsillogramm joonestada pauspaberile). Märkida üles pinge efektiivväärtus ja sagedus.

6. Jälgida, kuidas mõjub ostsillogrammile amplituudi ja sageduse ning laotuspinge sageduse muutmine. Tähelepanekud märkida vihikusse.

7. Joonestatud ostsillogrammi alusel määrata ostsillograafi tundlikkus.

8. Koostada lülitus magnetimisvoolu ostsillograafeerimiseks (joon. 21-2) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



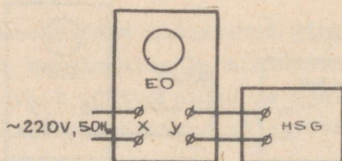
Joonis 21-2

9. Saada ekraanile takisti  $r$  pingekõver, mis vastavas mastaabis on ka selle takisti voolukõveraks ( $u = ir$ ;  $r = \text{const}$ ).

10. Suurendades pinget, jälgida terassüdamikuga mähist läbiva magnetiva voolu kõvera muutumist.

11. Joonestada vihikusse voolukõverad kolme erineva voolu ja pinge väärtuse juures.

12. Koostada lülitus Lissajous' kujundite saamiseks (joon. 21-3).



Joonis 21-3

13. Võtta üles ostsillogrammid, mis vastavad uuritava sageduse väärtustele 25, 50, 100 ja 1000 Hz.

14. Arvutada absoluutne ja suhteline sagedusviga, kui võrgusagedus lugeda täpselt (50 Hz).

15. Mõõtmis- ja arvutustulemused koondada tabelisse 21-1.

Tabel 21-1

Jrk. nr.	$f_0$	n	$f_x$	$\Delta f$	$\% f$
-	Hz	-	Hz	Hz	%
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

... n - sageduste suhe (määratakse ost-sillograafi ekraanilt).

#### Järeldused.

1. Hinnata helisagedusgeneraatori väljundpinge kvaliteeti (kõrgemate harmooniliste suhtes).
2. Hinnata magnetimisvoolu kõvera kuju ja selle sõltuvust voolu tugevusest. Põhjendada.
3. Hinnata helisagedusgeneraatori sageduskaala täpsust.

- Kirjandus.
1. [1, §§ 15-1; 15-3].
  2. [2, §§ 11-1; 11-3].
  3. [8]

#### Lisa 21-1.

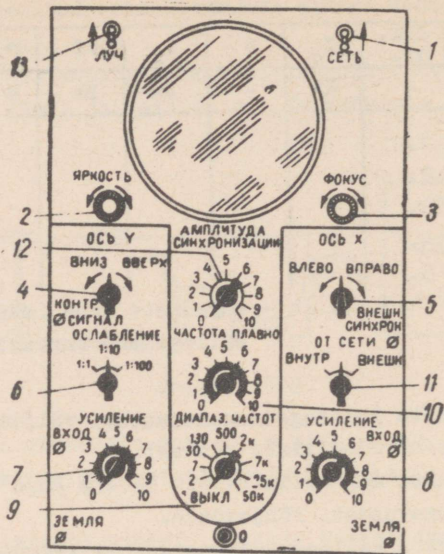
#### ELEKTRONOSTSILLOGRAAFI KIRJELDUS

Joonisel 21-4 on kujutatud elektronostsillograafi 90-7 välisvaade. Ta esiküljel on peale ekraani ka juhtimispaneel.

Ostsillograaf ühendatakse ühendusjuhtmete abil vahelduvvooluvõrku pingega 127 või 220 V. Ühendusjuhtme klemmid asuvad ostsillograafi tagaküljel.

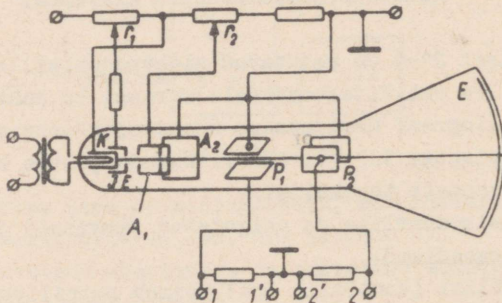
Juhtimispaneelile on paigutatud järgmised juhtimis- ja reguleerimisreedid:

1. Lülitite (tumbleri) abil toimub ostsillograafi ühendamine vahelduvvooluvõrguga, mille tagajärjel süttib signaal-lamp;



Жоонис 21-4

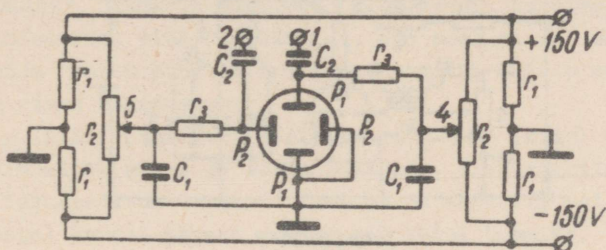
2 - pöördnupp pealkirjaga "Яркость" (heledus) on ühendatud reostaadi  $r_1$  liugkontaktiga (joon. 21-5); nupu pööramisel muutuvad tüürvõre potentsiaal ja elektronide arv kiirtevihus, s.o. täpi heledus ostsillograafi ekraanil;



Жоонис 21-5

3 - pöörnuppu pealkirjaga "Фокус" (fookus) on ühendatud reostaadi  $r_2$  (joon. 21-5) liugkontaktiga; nupu pööramisel muutuvad esimese anoodi  $A_1$  potentsiaal ja fookuskaugus;

4 ja 5 - osutinupud pealkirjadega "Ось Y" (telg Y) ja "Ось X" (telg X) (joon. 21-6) on ühendatud pingejagurite liugkontaktidega, mille abil muudetakse hälvitusplaatide potentsiaale; järelikult nende nuppude pööramisel muudab elektronkiir ekraanil oma asukohta, nihkudes kas Y- või X-telje suunas;



Joonis 21-6

6 - osutinuppu pealkirjaga "Ослабление" (nõrgenemine) on ühendatud pingejaguri ümberlülitiga, mis annab pinget Y-võimendile; osuti asendis 1:1 võib sisendklemmidele anda vahelduvpinge efektiivväärtusega mitte üle 2,5 V; osuti asendis 1:10 võib sisendklemmidele anda mitte üle 25 V pinget ja osuti asendis 1:100 vastavalt 250 V;

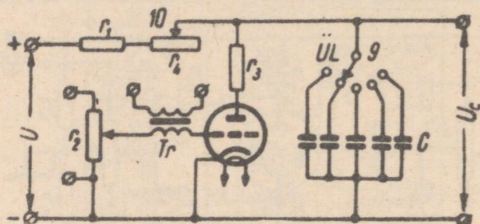
7 - osutinuppu pealkirjaga "Усиление" (võimendus) on ühendatud pingejaguri liugkontaktiga, mis muudab Y-võimendi elektronlambi võrele antavat pinget; selle võimendi väljundklemmid on ühendatud elektronkiiretoru vertikaalsete hälvitusplaatidega  $P_1$  (joon. 21-6).

Nuppude 6 ja 7 abil on võimalik laiades piirides muuta suhet uuritava pingele, mis rakendatakse paneeli vasakul pool asetsevatele klemmidele "Вход - Земля" (sisend - maa), ja hälvitusplaatidele  $P_1$  rakendatava pingele vahel;

8 - osutinuppu pealkirjaga "Усиление" (võimendus) on ühendatud teise pingejaguri liugkontaktiga, mis muudab X-võimendi elektronlambi võrele antavat pinget; selle võimendi väljundklemmid on ühendatud elektronkiiretoru horisontaalhälvitusplaatidega  $P_2$ ; paneeli paremal pool asetseva nupu 8 abil

on võimalik muuta suhet sisendklemmidele "Вход - Земля" (sisend - maa) rakendatava pingega ja hälvitusplaatidele  $P_2$  rakendatava pingega vahel (klemm 2, joon. 21-6);

9 - osutinupu abil pealkirjaga "Диапазон" (sageduspiirkond) saab astmeliselt muuta hammaspingegeneraatori mahtuvust  $C$  (joon. 21-7) ja seega ka selle pingega sagedust;



Joonis 21-7

10 - osutinupu abil pealkirjaga "Частота" (sagedus) saab sujuvalt muuta hammaspingegeneraatori laadimistakistust (joon. 21-7) ja seeläbi kondensaatoreid  $C$  laadimiskiirust; hammaspinge sagedus muutub sel puhul sujuvalt;

11 - osutinupu saab seada kolme asendisse "Внутренняя" (sisemine), "От сети" (võrgust) ja "Внешняя" (väline).

Uuritavast pingest ostsillograafi ekraanil liikumatu kujutise saamiseks on vaja, et hammaspinge perioodi kestus oleks uuritava pingega perioodi kestusega täpselt võrdne või sellest täisarvu kordselt pikem. Kui pingete perioodide kestused ülalnimetatud nõudmisi ei rahulda, siis hakkab kõvera kujutis ekraanil paigast nihkuma ja seda kiiremini, mida suurem on sageduste erinevus.

Hammaspingegeneraatorite sageduse stabiilsus on suhteliselt väike. Liikumatu kujutise saamiseks tuleb hammaspingegeneraatori pinget sünkroniseerida uuritava pingega või mõne teise pingega, näiteks selle võrgu pingega, millega töötab ostsillograaf.

Sünkroniseeriv pinget antakse hammaspingegeneraatori türatroni võrele trafo kaudu (joon. 21-7); see tagab türatroni kindla sagedusega süttimise, millega ka sünkroniseerimise nõue on täidetud.

Mõõdetava pingega sünkroniseerimisel seatakse osutinupp 11 asendisse "Внутренняя"; sünkroniseerimisel võrgupingega, millest toidetakse ostsillograafi, asendisse "От сети". Väliste allikaga sünkroniseerimisel seatakse osutinupp 11 asendisse "Внешняя". Sealjuures tuleb väline toiteallikas ühendada klemmidega "Внешняя синхронизация" (väline sünkroniseerimine);

12 - osutinupuga, mis kannab pealkirja "Амплитуда синхронизации" (sünkronisatsiooni amplituud), reguleeritakse sünkroniseeriva pinge amplituudi, mis peab olema seda suurem, mida rohkem generaatori pinge sagedus erineb sünkroniseeriva pinge sagedusest;

13 - lüliti (tumbler) pealkirjaga "Луч" (kiir) võimaldab elektronkiirt sisse ja välja lülitada. Elektronkiirte heledalt fokuseeritud täppi ei tohi jätta ekraanil paigale, sest vastasel korral ekraan muutub sel kohal tuhniks.

#### Lisa 21-2.

#### ELEKTRONOSTSILLOGRAAFI TÖÖKORDA SEADMINE

1. Asetada ostsillograafi juhtimisnupud (joon. 21-4) järgmiselt: 1 - väljas; 2, 3, 4, 5 - keskmistes asendites; 6 - asendis 1:100; 7 ja 8 - nullasendis; 9 - asendis 30 või 130; 10 - nullasendis; 11 - "Внутренняя"; 12 - asendis 2 või 3; 13 - sees.

2. Ühendada ostsillograafi toitering vahelduvvooluvõrguga (tumbler 1).

3. Pärast heleda laigu ekraanile ilmumist saavutada nuppude 2 ja 3 pööramisega teravustatud hele täpp (NB! Elektronkiire heledus peab olema minimaalne, vastasel korral võib ekraan rikneda).

4. Nuppude 4 ja 5 abil juhtida täpp ekraani keskpunkti.

5. Kustutada kiir (tumbler 13).

## MAGNETVOO MÕOTMINE MILLIVEEBERMEETRIGA

Töö eesmärk.

Tutvuda milliveebermeetri töö põhimõtte ja kasutamisega.

Töövahendid:

- 1) milliveebermeeter;
- 2) püsिमagnetid;
- 3) mõõtepool.

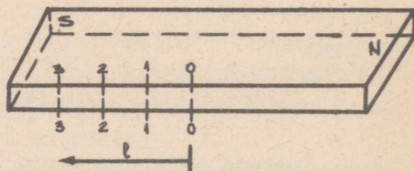
Töö käik.

1. Tutvuda kasutatavate seadmetega ja märkida üles nende nimilõhmed.

2. Märkida püsिमagnetile keskjoon ja sellest kuni magneti otsani 3-4 joont võrdsete vahemaade järel (joon. 22-1).



Joonis 22-1



Joonis 22-2

3. Mõõta joonlauaga joonte kaugused keskjoonest ja kanda tulemused tabelisse 22-1.

Tabel 22-1

Ristlõike nr.	Kaugus keskjoonest $l$	Lugemilliveebermeetri skaalalt $\alpha$	Milliveebermeetri konstant $C_\phi$	Mõõtepooli keerude arv $w$	Magnetvoog $\phi$	Magneti ristlõige $S$	Magnetvoo tihedus $B$
-	cm	jaot.	mWb/jaot.	-	mWb	m <sup>2</sup>	T
1-1							
2-2							
...							

4. Ühendada mõõtepool milliveebermeetri klemmidega ja mõõta magnetvoog kõigis märgitud ristlõigetes (mõõtmise käiku on kirjeldatud lisa 22-1).

5. Määrata magneti ristlõige ja arvutada magnetvoo tihe-  
dus kõigis ristlõigetes (vt. lisa 22-1). Mõõte- ja arvutustulemused kanda tabelisse 22-1.

6. Arvutada magnetvood  $\phi_0 \dots \phi_3$  (joon. 22-1).

7. Määrata puistevood  $\phi_{p0} \dots \phi_{p3}$ .

8. Teostada analoogilised mõõtmised ja arvutused teise püsimagnetiga (vt. joon. 22-2).

#### Järeldused.

1. Mida mõõdab milliveebermeeter?

2. Kas alati on vaja kasutada korrektorit?

Kirjandus. 1. [1, § 16-2].

2. [2, § 12-5].

#### Lisa 22-1.

### MÕÕTMINE MILLIVEEBERMEETRIGA

A. Mõõtmise käik.

1. Asetada mõõdetav magnet mõõtepooli.

2. Keerata lüliti asendist "Arretiir" asendisse "Korrektor".

3. Nupu "Korrektor" pööramisega tuua osuti nulli.

4. Keerata lüliti asendisse "Mõõtmine".

5. Tõmmata magnet mõõtepoolist välja ja lugeda riista näit.

B. Magnetvoo arvutamine.

Kui milliveebermeetri klemmidega ühendatud mõõtepooli läbiv magnetvoog muutub, siis poolis indutseeritud emj. mõjul tekki-  
vooluimpulss põhjustab milliveebermeetri hälbe. Kehtib

$$\text{seis } \Delta \phi = \frac{C \phi \cdot d}{w} \text{ mWb,}$$

kus  $\Delta \phi$  magnetvoo muutus;

$C \phi$  liveebermeetri konstant, mWb/jaot.;

$d$  liveebermeetri hälbe, jaot.;

$w$  - mõõtepooli keerdude arv.

## ERITERASESKAOVÕIMSUSE MÕÕTMINE

Töö eesmärk.

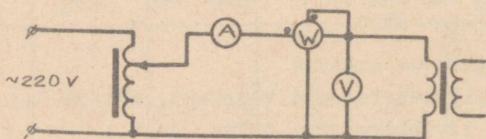
Määrata eriteraseskaovõimsuse sõltuvus magnetvoo tihedusest.

Töövahendid:

- 1) terassüdamikuga pool või trafé;
- 2) autotrafo;
- 3) vattmeeter ( $\cos \varphi_N = 0,1$ );
- 4) ampermeeter;
- 5) voltmeeter ( $U_N \geq 250 \text{ V}$ );
- 6) sild MMB;
- 7) voltmeeter ( $U_N = 10 \text{ V}$ );
- 8) painduv juhe;
- 9) mõõtjoolaud.

Töö käik.

1. Mõõta südamiku ristlõige  $S$  ja määrata südamiku mass  $m$ .
2. Kerida südamikule painduvast juhtmest lisamähis ( $w = 10 \dots 20$  keerdu), ühendada selle otsad vultmeetriga, pingestada primaarmähis pingega  $220 \text{ V}$  ja mõõta lisamähise pinge.
3. Arvutada seosest  $B_m = \frac{U}{4,44 f S w}$  antud pingele vastav maksimaalne vootihedus.
4. Arvutada vootihedusele  $0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2$  ja  $1,4 \text{ T}$  vastavad primaarpinged.
5. Mõõta primaarmähise aktiivtakistus.
6. Määrata, milliste mõõteriistade omatarbevõimsused võtab arvesse vastavalt antud skeemile (joon. 23-1) lülitatud vattmeeter.



Joonis 23-1

7. Määrata mõõteriistade parameetrid, mis on vajalikud nende omatarbevõimsuste arvutamiseks.

8. Koostada iseseisvalt mõõtmis- ja arvutustulemuste koondtabeli kavand ning esitada see juhendajale kontrollimiseks.

9. Koostada lülitus (joon. 23-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.

10. Määrata sõltuvus  $P = f(U)$ . Mõõtmised teostada punktis 4 arvutatud pingete juures. Tulemused kanda tabelisse.

11. Arvutada terases- ja eriteraseskaovõimsused. Tulemused kanda tabelisse.

12. Joonestada graafik  $p = f(B_m)$ .

#### Järeldused.

1. Analüüsida eriteraskaovõimsuse sõltuvust vootihedusest ja pingest.

2. Hinnata viga, mis tekib, kui ei arvestata vaseskao ja mõõteriistade omatarbe mõju.

3. Kirjeldada, millest sõltuvad terases- ja eriteraseskaovõimsus.

4. Põhjendada, miks on otstarbekas kasutada vattmeetrit, mille  $\cos \varphi_N = 0,1$ .

Kirjandus.

1. [1, § 16-8].
2. [2, § 12-8].
3. [6, § 14-10].

Töö nr.24

### TERASE MAGNETILISTE OMADUSTE UURIMINE

#### Töö eesmärk.

Tutvuda terase magnetiliste omadustega. Õppida töötama elektronostsillograafiga. Võtta üles terase magneetimiskõver.

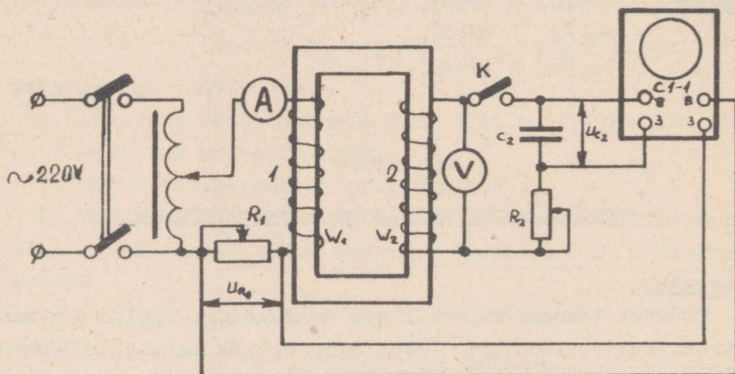
#### Töövahendid:

- 1) elektronostsillograaf;
- 2) trafo (220/12 V);
- 3) autotrafo;

- 4) reostaat ( $28 \Omega$ ; 5 A);
- 5) reostaat ( $6000 \Omega$ );
- 6) kondensaatorpatareid;
- 7) ampermeeter;
- 8) voltmeeter;
- 9) lüliti;
- 10) m  dulint.

T   k  ik.

1. Tutvuda t  oks vajalike seadmetega. Märkida üles nende nimia  ndmed.
2. Skitseerida töövihikusse antud trafo südamik koos mõõtmetega ja selle põhjal m  arata magnetj  ujoonte keskmine pikkus. (Kui mähiste keerdude arvud ei ole teada, siis tuleb ka need m  arata. Selleks asetada südamikule lisam  his ja mõõta pinged.)
3. Tutvuda elektronostsillograafi reguleerimisega (vt. lisa 21-1).
4. Valmistada elektronostsillograaf t  oks ette (vt. lisa 21-2).
5. Koostada mõõtelülitus vastavalt joonisele 24-1 ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 24-1

6. Tutvuda lisaga 24-1.
7. Pingestada lülitus. Sulgeda lüliti K ning lülitada

sisse tumbler "Kiir". Reostaatidega  $R_1$  ja  $R_2$  ning nappudega "Võimendus" reguleerida hüstereesisilmus soovitava suuruse- ni. Jälgida, et silmus oleks sümmeetriline ja maksimaalsed suurused  $B_m$  ja  $H_m$  võimaluse korral ühtiksid mingi koordinaat- võrgu punktiga. Silmuse vale asendi puhul vahetada sisendil otsad ("Sisend" ja "Maa").

8. Märkida üles ampermeetri näit, kui lüliti K on su- letud, ja voltmeetri näit, kui lüliti K on avatud. Kasutades koordinaatruudustikku ostsillograafi ekraani ees, joonestada hüstereesisilmus millimeeterpaberile loomulikus suuruses või 2 korda suuremana.

9. Vähendada pinget autotrafo abil 20 V kaupa kuni 20 V-ni ja märkida hüstereesisilmuse tipud punktidenä millimee- terpaberile. Ühendada need punktid (saame esialgse magneeti- miskõvera).

10. Arvutada väljatugevuse ja magnetvoo tiheduse maksi- maalväärtused (vt. lisa 24-1).

11. Määrata väljatugevuse ja magnetvoo tiheduse mõõt- kavad (vt. lisa 24-1).

12. Esialgselt magneetimiskõveralt määrata südamikü mag- netiline läbitavus vootihedusel  $B = B_m$  ja magneetimiskõvera lineaarses osas.

13. Mõõtmis- ja arvutustulemused koondada tabelisse 24-1.

Tabel 24-1

Jrk. nr.	Mõõdetud						
	$w_1$	$w_2$	K	I	$U_2$	$n_x$	$n_y$
	-	-	-	A	V	mm	mm

Tabel 24-1 (järg)

Arvutatud						
$H_m$	$\Phi_m$	$B_m$	$m_H$	$m_B$	$M_1$	$M_2$
A/m	Wb	T	A/m·mm	T/mm	H/m	H/m

## Järeldused.

1. Võrrelda saadud magneetimiskõverat kirjanduses antud kõveratega.

2. Määrata hüstereesisilmusest südamiku jääkmagnetism ja koertsitatiivjõud.

- Kirjandus.
1. [1, § 16-6].
  2. [2, §§ 12-6; 12-7].
  3. [6, §§ 5-16; 5-17].

## Lisa 24-1

### TERASE MAGNETILISTE OMADUSTE MÄÄRAMINE

#### A. Põhimõte.

Hüstereesisilmuse saamine ostsillograafi abil seisneb selles, et väljatugevus on võrdeline vooluga mähises 1 (joon. 24-1), magnetvoo tihedus südamikus aga võrdeline sekundaarmähises indutseeritud elektromotoorjõuga.

Kui pinge  $U_{R1}$  (võrdeline vooluga I) anda horisontaalhälvitusplaatidele, siis horisontaalkiire kaldumine horisontaalselt on võrdeline väljatugevusega. Kui nüüd indutseeritud emj.  $E_2$  anda vertikaalhälvitusplaatidele, siis horisontaalselt liikuva kiire kõrvalekalle vertikaalsuunas on võrdeline magnetvoo tihedusega. Kuna sagedus on 50 Hz, siis elektronkiir läbib teekonna 50 korda sekundis ja me näeme liikumatut kujundit.

Hüstereesisilmuse saamiseks peavad hälvitusplaatidele anatavad pinged  $U_{R1}$  ja  $U_{C2}$  faasis ühte langema. Pinge  $U_{C2}$  on voolust nurga  $\varphi_2$  (veidi suurem kui  $90^\circ$ ) võrra nihutatud. Seepärast on vaja kasutada faasipöördeahelat  $R_2C_2$ . Sekundaar-ahela takistus on suur ( $R_2 = 5000 \Omega$ ;  $C_2 = 12 \mu F$ ), mistõttu sekundaarmähis töötab praktiliselt tühijooksu olukorras ja  $U_2 = E_2$ .

#### B. Arvutusvalemid.

##### 1. Väljatugevus

$$H_m = \frac{\sqrt{2} I w_1}{l_k} \quad \text{A/m,}$$

- kus  $I$  - ampermeetri näit, A;  
 $w_1$  - primaarmähise keerdude arv;  
 $l_k$  - magnetjõujoonte keskmine pikkus, m.

### 2. Magnetvoo tihedus

$$B_m = \frac{\Phi_m}{S} = \frac{U_2}{4,44fW_2S} T,$$

- kus  $U_2$  - voltmeetri näit, V;  
 $f$  - sagedus, Hz;  
 $W_2$  - sekundaarmähise keerdude arv;  
 $S$  - südamiku ristlõige,  $m^2$ .

### 3. Mõõtkavad

$$m_H = \frac{H_m}{n_x}, \quad A/m \cdot mm;$$

$$m_B = \frac{B_m}{n_y}, \quad T/mm,$$

- kus  $n_x$ ;  $n_y$  - lõikude pikkused, mm.

Töö nr.25

## LOGOMEETRI TAATLEMINE

### Töö eesmärk.

Tutvuda logomeetri lülitusskeemi ja töö põhimõttega.  
 Määrata logomeetri vastavus täpsusklassile.

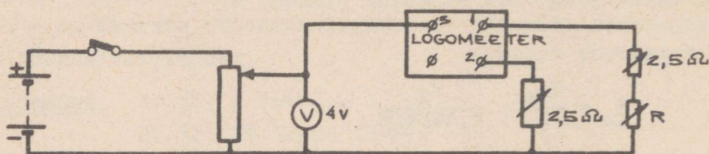
### Töövahendid:

- 1) logomeeter;
- 2) takistussalved - 3 tk.;
- 3) reostaat;
- 4) voltmeeter;
- 5) logomeetri gradueerimistabel.

### Töö käik.

1. Märkida vihikusse riistade nimiaandmed.
2. Määrata gradueerimistabeli alusel logomeetri skaala põhijaotustele vastavad takistused.

3. Koostada lülitus (joon. 25-1) ja esitada see juhendajale kontrollimiseks.



Joonis 25-1

4. Kontrollida osuti vaba liikumist kogu skaala ulatuses.

5. Kontrollida kõik põhijaotused:

- a) takistuse suurendamisel;
- b) takistuse vähendamisel.

Tulemused kanda tabelisse 25-1.

Tabel 25-1

Jrk. nr.	Logomeetri näit	Näidule vastav takistus	Taotlemissel saadud takistused			Taandatud	
			takistuse suurendamisel	takistuse vähendamisel	keskmise	variatsioon	viga
-	$^{\circ}\text{C}$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	%	%
1.							
2.							
...							
...							
10.							

6. Kontrollida  $\pm 20\%$ -lise pingemuutuse mõju logomeetri näidule. Selleks reguleerida nimipingel takisti R abil osuti skaala keskele. Nüüd muuta pinget ja registreerida logomeetri näidud  $0,8U_n$  ja  $1,2U_n$  juures.

Järeldused.

1. Hinnata logomeetri vastavust täpsusklassile.

2. Hinnata toitepinge mõju logomeetri näidule. Põhjen-  
dada.

Kirjandus. 1. [4, lisa I].

2. [3, §§ 12-1; 12-2].

Töö nr.26

### TAKISTUSTERMOMEETRI TAATLEMINE

#### Töö eesmärk.

Tutvuda takistustermomeetri ehitusega. Võtta üles takistustermomeetri gradueerimiskõver  $R = f(\ominus)$ .

#### Töövahendid:

- 1) takistustermomeeter;
- 2) klaastermomeeter;
- 3) takistussild;
- 4) liivavann;
- 5) statiiv;
- 6) takistustermomeetrite gradueerimistabelid.

#### Töö käik.

1. Märkida vihikusse tööobjekti ja kasutatavate seadmete nimilõhmed (takistustermomeetril tüüp, gradueering, pikkus, takistus  $^{\circ}\text{C}$  juures, tehase number).

2. Tutvuda takistussilla käsitlemisega.

3. Mõõta takistustermomeetri takistus toatemperatuuril (märkida vihikusse temperatuur ja takistus).

4. Kinnitada termomeetrid statiivi külge ja asetada nad liivavanni soojenema. Mõõta takistus iga 5-10 kraadi järele. Mõõtetulemused kanda tabelisse 26-1.

5. Kasutades takistustermomeetri gradueerimistabelit arvutada mõõtmiste absoluutne ja suhteline viga. Tulemused kanda tabelisse 26-1.

6. Joonestada ühises teljestikus graafikud  $R_x = f(\ominus)$  ja  $R = f(\ominus)$ .

Jrk. nr.	Temperatuur $\ominus$	Mõõdetud takistus $R_x$	Gradueerimistabelist leitud takistus $R$	Absoluutne viga $\Delta R$	Suhteline viga $\gamma_R$
-	$^{\circ}\text{C}$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	%
1.					
2.					
...					
...					
10.					

Järeldused.

Hinnata tegelike takistuste ja gradueerimistabelis antud takistuste erinevuse suurust ja põhjusi.

- Kirjandus. 1. [4, § 5-3; lisa I].  
2. [1, § 17-2d].  
3. [3, §§ 12-1; 12-2].

Töö nr.27

## TEMPERATUURI MÕÖTMINE AUTOMAATSILLAGA

Töö eesmärk.

Tutvuda silla ЭМД ehituse ja käsitlemisega.

Töövahendid:

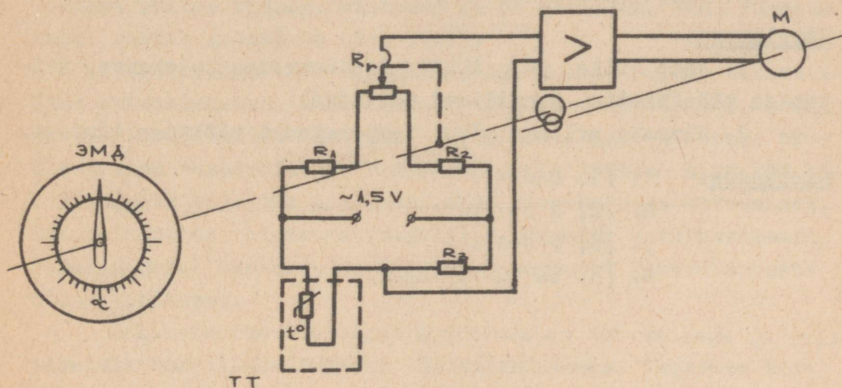
- 1) automaatsild ЭМД;
- 2) takistustermomeeter;
- 3) takistussalv;
- 4) liivavann;
- 5) takistustermomeetri gradueerimistabel;
- 6) silla ЭМД pass.

Töö käik.

1. Märkida üles töös kasutatavate seadmete nimiaandmed.

2. Tutvuda põhjalikult silla  $\Theta M \Delta$  ehituse ja tööpõhimõttega (temperatuuri mõõtmine, registreerimine ja reguleerimine).

3. Kontrollida silla skaalat, kasutades selleks skeemi joonisel 27-1 ning lülitades takistustermomeetri TT asemele takistussalve. Kontrollimise tulemused kanda tabelisse 27-1.



Joonis 27-1

Tabel 27-1

Jrk. nr.	Takistus-salve takistus $R$	Temperatuur mõõteriista järgi $\Theta_x$	Temperatuur gradueerimistabeli järgi $\Theta$	Taandatud viga $\beta = \frac{\Theta_x - \Theta}{\Theta} \cdot 100$	Märkused
-	$\Omega$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	%	-
1.					
2.					
...					
10.					

4. Võtta üles liivavanni soojenemiskõver. Selleks asetada takistustermomeeter liivavanni ning iga 2-3 min, järel märkida üles temperatuur (tabel 27-2).

Tabel 27-2

t, s								
$\varpi$ , °C								

5. Joonestada graafik  $\varpi = f(t)$ .

Järeldused.

1. Anda silla ЭМД lühike iseloomustus (otstarve, ehitus ja tööpõhimõte, tehnilised näitajad).

2. Hinnata sillaga ЭМД temperatuuri mõõtmise täpsust.

Kirjandus.

1. [1, § 6-4].
2. [2, § 5-17].
3. [5, § 4-4].
4. [3, §§ 12-1; 12-2].

Lisa 1

## LABORATOORSETE TÖÖDE LÄBIVIIMISE KORD

Iga õpilane on kohustatud osa võtma laboratoorsetest töödest selles rühmas, millesse ta on määratud. Tööd rühmade vahel jaotab juhendaja (õppejõud).

Laboratoorse töö tegemiseks on vajalik eelnev teoreetiline ettevalmistus, mis seisneb töö sisuga tutvumises, tööga seotud teoreetilise materjali kordamises, laboratoorses töös ülesseatud eesmärkide ja ülesannete selgitamises ning töö läbiviimiseks vajalike operatsioonide järjekorraga tutvumises. Ettevalmistuse tulemused (vajalikud skeemid, arvutusvalemid, tabelid jne.) kantakse oma nimega varustatud laboratoorsete tööde vihikusse.

Laboratoorne töö algab aparatuuriga tutvumisega ja selle peamiste tehniliste andmete ülesmärkimisega. Vajaduse korral arvutatakse ligikaudu vool ja pingeline (täpsusega  $\pm 10 \dots \dots 20 \%$ ) kõigis vooluringi osades reostaatide või teiste reguleeritavate seadmete maksimaalse ja minimaalse takistuse puhul. Saadud andmete põhjal valitakse vajalikud seadmed või kontrollitakse nende andmete põhjal olemasolevaid seadmeid.

Pärast seadmete valikut koostatakse nende asetusplaan töölaual. Sealjuures on vaja:

1) mõõteriistad, abi- ja reguleerimisseadmed paigutada nii, et koostatav lülitus oleks võimalikult lihtne ja ülevaatlik ning ühendusjuhtmete pikkus tuleks minimaalne;

2) mõõteriistad ja reguleerimisseadmed paigutada nii, et nendega töötamine (jälgimine, reguleerimine) oleks mugav ega nõuaks liigseid liigutusi;

3) mõõteriistad (eriti elektrodünaamilised ja elektromagnetilised) paigutada nii, et välistest magnetväljadest tingitud lisaviga oleks minimaalne.

Enne ühenduste tegemisele asumist peab välja selgitama, missugused mõõteriistade ja aparatuuride klemmid vastavad

skeemi ühele või teisele punktile ja missugusesse asendisse tuleb seada reostaatide liugkontaktid ning reguleerimisseadmete käepidemed.

Alati tuleb vooluringi elemente püüda ühendada nii, et lülitus oleks maksimaalselt lihtne ja käega puudutamata kontrollitav. Selle nõude täitmiseks tuleb lisaks mõõteriistade ja aparaatide õigele paigutamisele valida ka sobivad ühendusjuhtmed. Juhtmete pikkus peab vastama klemmidevahelisele kaugusele. Peale selle on soovitatav ühendada peavooluringid (järjestikused või töövooluringid) ühesuguse (suurema) ristlõike ja ühevärviliste juhtmetega, abivooluringide (paralleelsed) ühendamiseks tuleb kasutada erivärvilisi ja väiksema ristlõikega juhtmeid.

Lülituse koostamist on soovitatav alustada peavooluringist ja seejärel ühendada paralleelharud. Koostamisel tuleb lähtuda toiteallika ühest klemmist ja lõpetada teisel klemmil. Lülituse koostab üks lüli liige. Teised kontrollivad koostatud lülitust. Järgmised lülitused koostavad järjekorras lüli teised liikmed. Lülituse kontrollimisel vaadatakse kõigepealt üle peavooluring ja seejärel paralleelharud. Keerukate lülituste puhul on soovitatav täiendavalt kontrollida kõiki lülituse sõlmi. Lõpuks tuleb veenduda, et kõik klemmühendused oleksid küllalt kindlad, et reostaatide liugkontaktid ja teiste reguleerimisseadmete käepidemed oleksid õiges asendis ja et kõigi mõõteriistade osutid oleksid nullis.

Õpilaste poolt kontrollitud lülitust peab tingimata kontrollima ka juhendaja, kelle loal võib lülituse pingestada. Vooluahela pingestamisel tuleb äärmise tähelepanuga jälgida ampermeetrite ja teiste mõõteriistade osuteid, mitte aga vaadata suletavat lülitit, nagu seda sageli juhtub. Kui lülitamisel esineb ebanormaalselt kiire ampermeetri osuti hälve skaala lõppu (mis viitab suurele voolule vooluahelas), tuleb lüliti viivitamatult lahutada ja seega vooluring võimalikult kiiresti toiteallikast või võrgust eraldada.

Pärast lüliti sulgemist on soovitatav läbi viia kõik reguleerimised ja järjekorras sisse seada tööolukorrad. Esimalt teha vaatlusi ilma ülesmärkimiseta ja alles operatsioo-

nide teistkordasel läbitegemisel märkida vajalikud näidud töövihikusse. Mõõteriistade näidud tuleb fikseerida äärmiselt tähelepanelikult ja korralikult. Näidud kirjutatakse üles kas lugemi teostamise ajal või otsekohe pärast lugemi teostamist. Täiesti lubamatu on mälu järgi ülesmärkimine pärast seda, kui lugemi vaatlemisest on palju aega möödunud.

Laboratooriumis tuleb töötada äärmiselt ettevaatlikult ja iga kord ette näha, milliseid tagajärgi põhjustab iga vooluringi tööolukorra muutmine. Kõikidest aparaatide riketest tuleb viivitamatult teatada juhendajale. Töötamisel tuleb hoiduda teisi segamast. Samuti peab silmas pidama, et asjalt ei raisataks elektrienergiat ega koormataks seadmeid.

Pärast kõigi vaatluste ja arvutuste sooritamist näidatakse neid juhendajale, kes töö kordamineku puhul lubab selle lõpetada.

Pärast lülituse lahtivõtmist tuleb seadised juhendajale üle anda. Sealjuures keeratakse seadiste klemmid kinni ja juhtmed pannakse korralikult nende jaoks ettenähtud kohta. Enne töökohalt lahkumist tuleb see täiesti korda seada (laud puhtaks teha, toolid paika panna, toitekilp välja lülitada). Õppevahendite enda kätte jätmine või koju kaasa viimine on keelatud.

Laboratoorse töö ülesmärkimiseks tuleb eelnevalt kodus ette valmistuda. Märkmel tuleb teha hoolikalt ja korralikult isiklikku laboratoorsete tööde vihikusse. Teiste rühmade mõõtmistulemusi on keelatud kasutada. Märkmel peavad olema tehtud selliselt, et sealt võiks ilma töö tegija täiendavate seletusteta saada kõik töö kohta vajalikud andmed.

Märkmel peavad sisaldama:

- 1) töö nimetuse, numbrilise ja tegemise kuupäeva;
- 2) aparatuuri loetelu ja tehnilised andmed (tüüp, tehase number, täpsusklass, nimiparameetrid);
- 3) elektrilise lülitusskeemi;
- 4) skeemielementide arvutuse ja valiku;
- 5) teoreetilised väljavõtted, arvutusvalemid, töö ettevalmistuse kui ka läbiviimise ajal tekkinud küsimused ja märkused;

- 6) tabelitesse kantud vaatlus- ja arvutusandmed;
- 7) kõverad ja graafikud vabakäejoonistena.

Töö tegemisel on vaja jälgida ohutuseeskirjade täitmist. Kategooriliselt on keelatud kätega puudutada isoleerimata juhtmeid ja klemme, kui lülitus on pingestatud. Enne laboratoorsetele töödele asumist tuleb tutvuda laboratooriumis kehtivate ohutuseeskirjadega ning anda selle kohta allkiri vastavasse žurnaali.

Laboratoorsetelt töödelt puudumine ei ole soovitav, sest tegemata jäänud töid tagant järgi ei ole võimalik teha.

Laboratoorsed tööd kuuluvad hindamisele. Seejuures võetakse arvesse:

- 1) töödest osavõtmist;
  - 2) hoolsust töötamisel;
  - 3) oskust iseseisvalt käsitseda mõõteriistu ja seadmeid;
  - 4) aruannete esitamise tähtpäevadest kinnipidamist ja nende valmistamise korralikkust ning puhtust;
  - 5) aruannete kaitsmisel ülesnäidatud teadmisi.
- Õpilased, kes ei ole sooritanud laboratoorseid töid või on sooritanud need mitterahuldavalt, saavad vastava aine semestrihindeks mitterahuldava.

## Lisa 2

### LABORATOORSE TÖÖ ARUANDE VORMISTAMINE

Iga sooritatud laboratoorse töö kohta koostatakse aruanne. Aruanne vormistatakse valgele paberile formaadis 11 (297x210 mm). Paberi vasakusse serva jäetakse 3 cm laiune äär köitmiseks. Aruanne kirjutatakse puhta selge käekirjaga täitesulepea või pastapliiatsiga. Skeemid, graafikud ja tabelid joonestatakse tušiga. Jooniste tegemisel tuleb kasutada joonestusvahendeid.

Aruanne peab sisaldama:

- 1) nõuetekohaselt vormistatud tiitellehe (vt. lisa 3);
- 2) töö eesmärgi kirjelduse;

- 3) lühikese töö käigu kirjelduse koos isiklike tähelepanekutega (NB! Mitte juhendit ümber kirjutada!);
- 4) mõõtetulemused (tabelites);
- 5) arvutusvalemid koos tähiste seletusega;
- 6) arvutustulemused (soovitav tabelites);
- 7) diagrammid ja graafikud;
- 8) järeldused (vastused juhendis esitatud küsimustele; töötulemuste kriitiline hinnang);
- 9) aruande vormistamise kuupäeva;
- 10) allkirja.

Tiitellehele märgitav aruande number peab ühtima juhendis antud vastava töö numbriga, mitte aga töö järjekorranumbri-  
ga õpilase suhtes.

Lahtrisse "Tööobjekti andmed" tuleb koondada kõik olemasolevad andmed ja numbrid aparadi, mõõteriista või muu seadme kohta, mida uuriti, taadeldi või mille omadusi määrati. Numbriliste ja täheliste andmete puudumisel tuleb tööobjekti lähemalt kirjeldada.

Lahtrisse "Kasutatud riistad" tuleb märkida mõõteriistade, vooluallikate, reostaatide, trafode jms. abivahendite-  
na kasutatud seadmete tehnilised andmed (nimetus, tüüp, tehasenumber, täpsusklass, nimiparameetrid ja teised iseloomustavad suurused).

Töö skeemi joonestamisel tuleb vältida liigseid nurki ja ristumisi, mis vähendavad skeemi selgust ja loetavust. Peavooluring tuleb tõmmata jämeda joonega, abivooluringid pinge- jt.) - peene joonega. Skeemide joonestamisel tohib kasutada ainult riiklikule standardile GOST 7624-62 vastavaid tingimärke. Skeemil märgitud tähised peavad olema kooskõlas aruande tekstis, arvutustes ja tabelistes kasutatud tähistega.

Diagrammid ja graafikud, mis töös esinevad, joonestatakse millimeetripaberile, mis seejärel kleebitakse aruandelehele. Kinnitamine nõelte, klambrite või traadiga pole lubatud. Diagrammi minimaalne lubatav formaat on 80 x 80 mm, maksimaalne 297 x 210 mm. Mastaap graafiku koordinaattelgedele kantavatele suurustele valitakse selgelt loetavana

(näit. 10 kohta võib valida 100, 50, 20 või 10 ühikut, mitte aga 70, 40 või 30 ühikut). Kui ühele teljele kantakse mitu suurust, siis tuleb välja joonestada ka mitu kõrvuti asuvat mõõtjoont. Kõverate valmistamisel tuleb esiteks kanda mõõtmisel saadud punktid tušiga diagrammile, siis õrnalt pliiatiga välja tõmmata ja alles siis kõverjooned lekaalide abil lõplikult välja joonestada. Kui diagrammile kantakse mitu kõverat, on soovitatav joonestada iga kõver eri värvi. Kõverate jooned ei tohi olla nii jämedad, et nad raskendaksid punkti väärtuse täpset kindlaksmääramist. Kõver tuleb joonestada ühtlase pideva joonena läbi mõõtmisel saadud punktidest. Kui kõik punktid ei satu nn. "loogilisele" kõverale, viitab see mõõtevigadele, mis on aga mõõtmistehnikas lahutamatud kaaslased.

Peale koordinaatteljestiku ja kõverate peab diagramm sisaldama veel järgmisi andmeid:

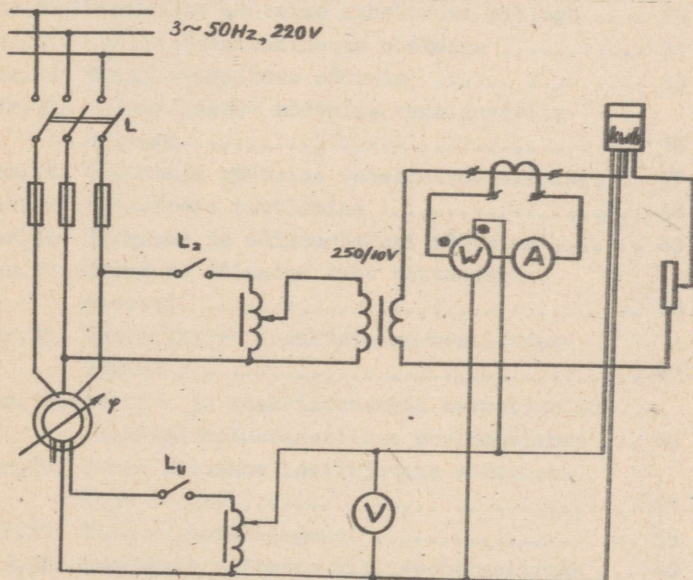
- 1) aruande number (ülal paremas nurgas);
- 2) diagrammi pealkiri (keskel);
- 3) mastaap ja mõõtühik iga suuruse kohta;
- 4) nimetus või tähis iga kõvera kohta;
- 5) õpilase allkiri ja diagrammi valmistamise kuupäev.

Aruanne esitatakse järgmises laboratoorses tunnis.

Põhjuseta hiljem esitatud aruannet hinnatakse mitterahuldavalt.

LABORATOORSE TÖÖ ARUANDE TITULEERISE NÄIDIS  
TALLINNA POLÜTEHNİKUM

Laboratoorne töö aines: ELEKTRIMÕÕTMISED		№ 18
Õpilase perekonna- ja eesnimi: Karm, Rein		
Õppertühm: 303 - 67	Töörühm: II - 3	Töö tehtud: 15.04.68
Aruanne esitatud: 22.04.68	Hinne:	Õppejõud:
Töö nimetus: ÜHEFAASILISE INDUKTSIOONARVESTI TAATLEMINE		
Töö objekti andmed:		Kasutatud riistad:
Arvesi: CO-2M nr. 48125 220V; 5A t.kl. 2,5 4kWh = 4280 pööret		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ampermeeter 30-2; nr. 48048; 5A; t.kl. 2,5</li> <li>2. Voltmeeter A335; nr. 48957; 15-300-600V; 2,5-5A; t.kl. 0,5</li> <li>3. Reostaat PCN; nr. 07364; 70 ± 40% Ω; 2,6 A</li> <li>4. Voolutrafo NS4; nr. 4846; t.kl. 0,5; 0,5+50/5</li> <li>5. Autotrafo ARTP-1; nr. 2372; 0-280V; 3A</li> <li>6. Frekvensregulaator, da. nr. 25036.</li> </ol>



## Kirjandus

1. V.S.Popov. Elektrimõõtmised ja mõõteriistad. 1966.
2. J.Nael, E.Nero. Elektrimõõtmised. 1965.
3. J.Elgas. Elektrimõõtmiste käsiraamat. 1963
4. A.Annus jt. Andurid. 1968.
5. H.Sillamaa. Automaatkontrolli süsteemid. 1966.
6. N.N.Mansurov, V.S.Popov. Tepreetiline elektrotehnika. 1965.
7. Elektriseadmete ehituse eeskirjad. I jagu. 1966.
8. J.Hendre. Füüsikakatseid elektronostsilloskoobi ja heligeneraatoriga. 1968.

## S i s u k o r d

Töö nr.1.	Tehnilise ampermeetri taatlemine .....	4
Töö nr.2.	Tehnilise voltmeetri taatlemine .....	8
Töö nr.3.	Magnetoelektrilise mõõteriista koostamine .....	9
Töö nr.4.	Termomuunduriga mõõteriista gradueerimine .....	11
Töö nr.5.	Alaldiga mõõteriist .....	13
Töö nr.6.	Peegelgalvanomeeter .....	16
Töö nr.7.	Pinge ja takistuse mõõtmine kompensatoriga .....	19
Töö nr.8.	Takistuse mõõtmine oommeetri ja sillaga ning voltmeetri-ampermeetri meetodil .....	24
Töö nr.9.	Takistuse mõõtmine ühekordse sillaga .....	26
Töö nr.10.	Takistuse mõõtmine kahekordse sillaga .....	29
Töö nr.11.	Isolatsioonitakistuse mõõtmine .....	31
Töö nr.12.	Maandustakistuse mõõtmine .....	33
Töö nr.13.	Induktiivsuse mõõtmine vahelduvvoolusillaga .....	36
Töö nr.14.	Mahtuvuse mõõtmine vahelduvvoolusillaga ..	37
Töö nr.15.	Voolutrafo taatlemine .....	38
Töö nr.16.	Võimsuse ja võimsusteguri mõõtmine .....	43
Töö nr.17.	Võimsuse mõõtmine kahe vattmeetri meetodil .....	44
Töö nr.18.	Ühefaasilise induktiooniarvesti taatlemine .....	47
Töö nr.19.	Aktiiv- ja reaktiivenergia arvestite lülitamine kolmefaasilisse vooluahelasse ...	49
Töö nr.20.	Pinge mõõtmine isekirjutava voltmeetriga .....	51
Töö nr.21.	Elektronostsillograaf .....	53
Töö nr.22.	Magnetvoo mõõtmine milliveebermeetriga ...	60
Töö nr.23.	Rüüteraeskao võimsuse mõõtmine .....	62

Töö nr.24. Teras magnetiliste omaduste uurimine .....	63
Töö nr.25. Logomeetri taatlemine .....	67
Töö nr.26. Takistustermomeetri taatlemine .....	69
Töö nr.27. Temperatuuri mõõtmine automaatsillaga .....	70
Lisa 1. Laboratoorse töö läbiviimise kord .....	73
Lisa 2. Laboratoorse töö aruande vormistamine .....	76
Lisa 3. Laboratoorse töö aruande tiitellehe näidis ...	79
Kirjandus .....	80

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Лабораторные работы**

Составитель Т.Коллист

На эстонском языке

Министерство высшего и среднего  
специального образования ЭССР

Научно-методический кабинет

Таллин, ул. Валли 4

Toimetaja L. Abo

=====

Trükiüksuse antud 22. I 1970. Peber 30 x 42. 1/4.  
Trükiroognaid 5,25. Tingtrükiroognaid 4,88. Arvee-  
tusroognaid 3,1. Trükiarv 900. MB 00915. Tell.nr.54.  
TRÜ rotaprint 1970. ENSV, Tartu, R. Pälsoni tn. 14.

Hind 16 kop.

Hind 16 kop.

A  
30397

76129

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00463350 1