

Tehnilised õppevihikud.

V. 6.

Käsikirja
õigustega.

Mõõduriistade praktikum.

Elektro-praktikum IV.

Dipl.-ins. K. Grimm.

Autori kirjastus.
Tartus 1932.

Rust Balke

TEHNILISED ÕPPEVIHIKUD .

Vihik 6.

Käsikirja
õigustega.

MÕÕDURIISTADE
PRAKTIKUM .

Elektro-praktikum IV.

Dipl.-ins. K.Grimm.

Autori kirjastus.

Tartus 1932.

- II -

S i s u .	lhk.
1. Ampermeetri kontrollimine	1
2. " graduateerimine	3
3. " töötamise piiri laiendamine	6
4. Voltmeetri kontrollimine	10
5. " graduateerimine	12
6. " tarvitamise piiri laiendamine	14
7. Tangensgalvanomeetri reduktisiooniteguri leidmine	18
8. Vattmeetri kontrollimine ühe vooluga	20
9. " " " kahe vooluga	23
10. Mõõduriistade omakulu kindlaksmääramine	25
11. Ampermeetri omakulu leidmine	26
Voltmeetri " " 	27
Vattmeetri " " 	27
11. Voolulugeja abil J, R ja W leidmine	28
12. Ampertundide-lugeja /Ah/ C kontrollimine	33
13. Vatttundide-lugeja /Wh/ C kontrollimine	37
14. Ampertundide-lugeja omakulu ja tundlikkuse leidmine	40
15. Vatttundide-lugeja omakulu ja tundlikkuse leidmine	44

1. A m p e r m e e t r i k o n t r o l -
l i m i n e .

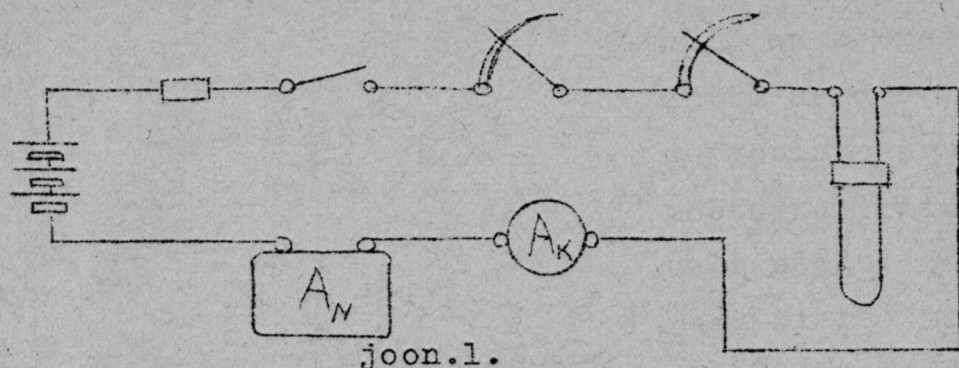
R i i s t a d.

1. Normaali-ampermeeter.
2. Kontrollitav ampermeeter.
3. Kaitse.
4. Reostaat ligikaudseks reguleerimiseks.
5. " täpsamaks " "
6. " õige täpsaks "
7. Vooluallikas /akkumulaatorid või reguleeritav transformator/.
8. Katkestaja.

Töökodades ettetulevad el.-mööduriistad, enamasti amper- ja voltmeetrid on nn. "tehnilised" mööduriistad. See täh., et nad on odavamad liiki ja väiksema tundlikkuse ja täpsusega. Samuti muudavad nad ajajooksul omadusi ja näitavad teisiti, kui see oli vabrikus nende gradueerimisel. Sellest järeldub, et selliseid mööduriistu peab tihti kontrollima, s.t. nende näite tuleb võrrelda teise, kallima ja täpsa riista näiduga.

Kontrollimiseks läheb tarvis õige täpsat voolutugevuse reguleerimist, seepärast ongi ühenduse skeemis /joon. 1/ ette nähtud kolm järjestikkuühendatud reostaati. Kui sellest on vähe ja kui mingisugune voolutugevus oleks täpsalt veel kätte saa-

mata, siis muudame vooluallika pinget.



Kontrollimisel reguleerime voolutugevust niikaua et normaal-/kontroll-/ampermeetri osuti seisakstap salt skaala esimese suure jaotise vastu /näit. 10. amp. ampermeetril näitaks ta 1 amp. 5 amp. - 0,5 amp. 1 amp. - 0,1 või 0,05 amp. jne/.

Kanname tabelisse mõlema ampermeetri näidud.
/Tab. I/. Tabelis on tähistatud: J_N - normaalamper -
meetri näit.

T a b e l I.

N	J_N	J_K	Δ	$\delta\%$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

J_K - kontrollitava am -
permeetri näit.

$\Delta = J_K - J_N$ - näitude
vahe /viga/.

$$\delta = \frac{J_K - J_N}{J_N} \cdot 100 \text{ viga \% -des.}$$

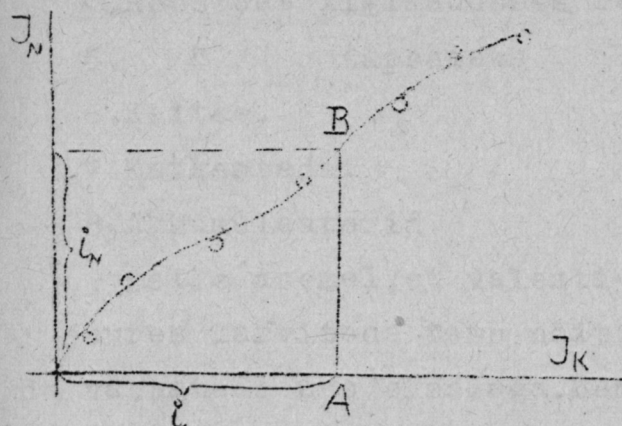
$$\delta = \frac{100 \cdot \Delta}{J_N}$$

Tabeli andmete põhjal

seame kokku riista näi-

tude diagrammi. Abstsissideks võtame J , ja ordinaat

tideks J /joon.2/.



joon.2.

Selle kõvera abil on kergesti kätte saadav õige voolutugevuse mõõtmine riista vale näidu juures. Riista minisuguse näidu J asetame abstsissiks, püstitame

ristjoone A-B ja tema ning kõvera lõikepunktist tõmbame paralleeljoone J -le kuni ordinaatide teljeni. See ongi õige voolutugevus. Veel lihtsamini öeldud - ristjoone A-B pikkus ongi otsitav õige suurus. Peale riista kontrollimise kõvera joonestame veel riista vigade ja suhteliste vigade kõverjooned, arusaadavalt teise ordinaatide mõõtkavaga.

Märkus. On väga soovitatav katset korrata tagurpidi, s.o. alata maksimaalsest näidust ja minna allapoole nullini.

2. A m p e r m e e t r i g r a d u - e e r i m i n e .

R i i s t a d .

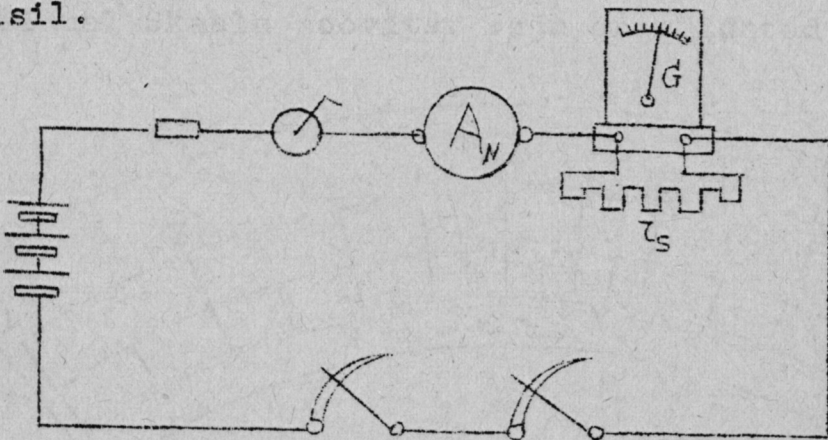
1. Demonstratsioon-/universaal/ galvanomeeter.

2. Šunt temale /0,6; 1,5; 3 või 5 amp/.

3. Ampermeeter /normaal-/ 1,3 või 5 amp.
4. Reostaat ligikaudseks reguleerimiseks.
5. " täpsamaks "
6. Kaitse.
7. Katkestaja.
8. Akkumulaatorid.

Selle asemel, et valesti-näitava ampermeetri juures tarvitada tema näitude kõverat, võib teha varustada uue skaalaga. Samuti, kui me suurendame tema näitamise piiri šunti abil, on ka soovitatav valmistada uus skaala või vähemalt vanale skaalale teha uued jaotused.

Gradueerimise töö korraldamiseks tarvitame šunteeritud universaalgalvanomeetrit, mil on skaala hästi kättesaadav kriipsude tõmbamiseks. Riistade ühendused sünnivad joonises 3 äratähistatud viisil.

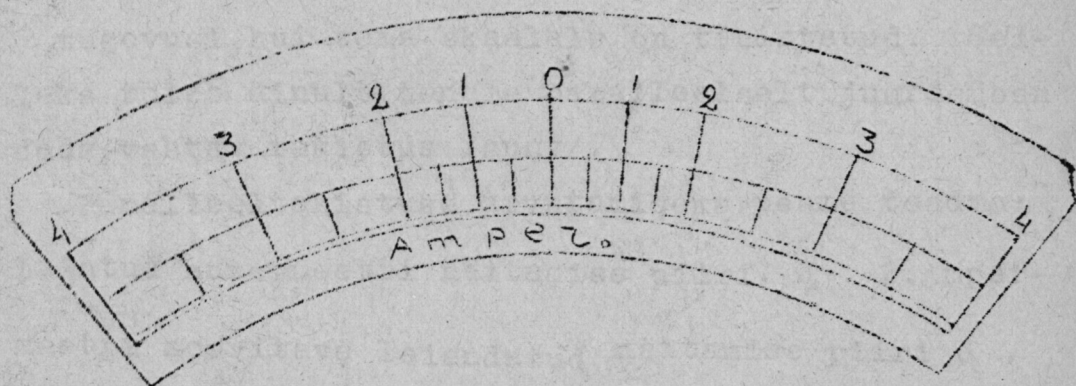


joon.3.

Galvanomeetri skaalale asetame paksemast joo -

nestuspaberist välja lõigatud kaare, kuhu märgime gradueerimisel terava pliiatsiotsaga jaotused.

Gradueerimine sünnib nii, et enne reguleerime voolutugevust nii kaua, kuni normaalampromeeter näitab täpsalt väikseima jaotise, mis peab olema uuel skaalal. Seejuures liigub galvanomeetri osuti nullasendist, mille kohale varem tõmbame kriipsu, paremale või vasakule. Et aga meie galvanomeetri osuti ei liigu hõõrumiseta, siis tuleb galvanomeetri tagalaual paar korda koputada sõrmega. Peale selle jääb osuti seisma õigele kohale. Nüüd märgime skaalale kriipsuga ära osuti asendi. Galvanomeetri null asub keskkohal, selle tõttu lähevad skaala jaotused mõlemale poole. Teisel poolel jaotiste saamiseks vahetame galvanomeetrit olevate stöpslite kohad. Lõplik skaala väljajoonestamine tuleb sünnib joonestuslaua. Skaala soovitatav kuju on näidatud joonisel 4.



joon.4.

Märkus. Meie galvanomeetri skaala ei tule proportsionaalne välja. Keskel jaod on väiksemad, kui alul ja lõpul.

3. A m p e r m e e t r i t ö ö t a m i -
s e p i i r i l a i e n d a -
m i n e .

R i i s t a d .

1. Ampermeeter 3amp. või mavomeeter.
2. Kontrollampermeeter 5-30amp.
3. Reostaadid 2-3tk.
4. Takistused šunt'i jaoks.
5. Wheatstone'i sild või Thomsoni kaksiksild lisariistadega ja akkumulaatoriga.
6. Kaitse.
7. Katkestaja. /Edisoni akkumulaatorid
8. Vooluallikas. või madalpinge transformaa-
tor/.

Iga ampermeetriga võib mõõta suuremaid voolutugevusi, kui tema skaalale on tähistatud. Selleks tuleb ainult temale paralleelselt juurdeühendada vastav takistus /šunt/.

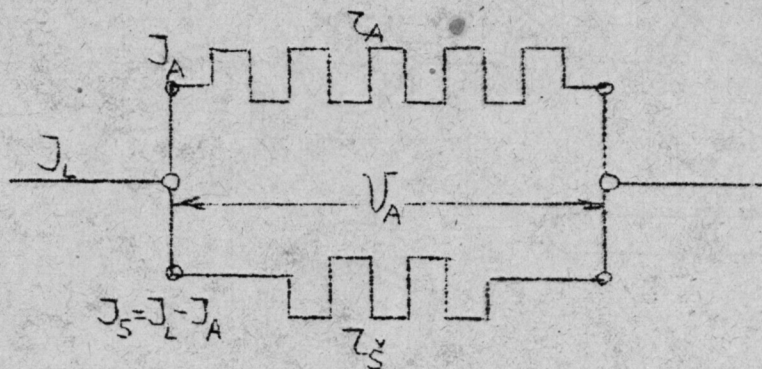
Paralleeltakistuse arvutamiseks peame teadma:

1. Antud ampermeetri näitamise piiri. J_A .
2. Ampermeetri soovitava laiendatud näitamise piiri J_L .
3. Ampermeetri takistust. z_A .

Tähistame veel ära šunt'i takistuse r_s ja laien-

datud riista kogutakistuse /šunt'iga koos/ r_0 .

Voolu harunemise seadusest on teada, et haruvoolud on harude takistustega vastuproportsionaalsed. Meil on kahe paralleelvoolu süsteem. /joon.5/.



joon.5.

Tema jaoks võime kirjutada:

$$J_L = J_A + J_S ; \quad \frac{J_A}{J_S} = \frac{r_S}{r_A} ,$$

kust järeldub, et

$$r_S = \frac{J_A \cdot r_A}{J_S} = \frac{J_A \cdot r_A}{J_L - J_A} \text{ oomi}$$

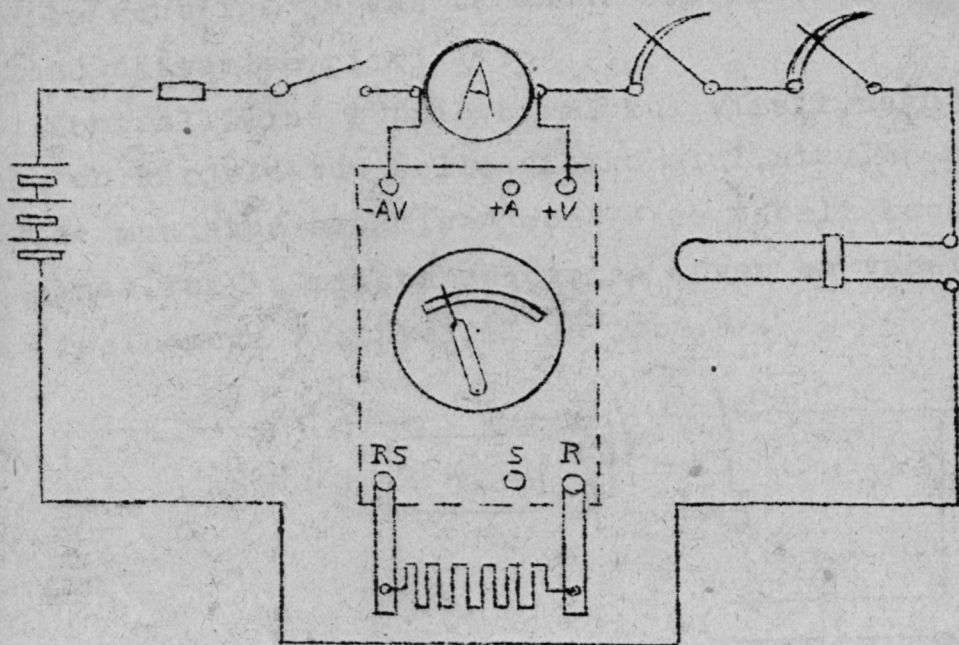
Märkus. Kolmeamprilisel riistal / $J_A = 3\text{amp}$ / on takistus $r_A = 0,2\text{oomi}$. Kui suure takistusega šunt'i tuleb ühendada temaga paralleelselt, et mõõtnise piir suureneks kuni $J_L = 15\text{amp}$?

$$J_A = 3\text{amp}.$$

$$r_S = \frac{3 \cdot 0,2}{15 - 3} = \frac{0,6}{12} = 0,05\text{oomi}.$$

r_A leidmiseks tarvitame Wheatstone'i silda, kui ampermeetri J_A on 3amp, või väiksem. On ta suurem 3. amprist, siis on parem tarvitada takistuse mõõtniseks Thomson'i kaksiksilda või otsida r_A pingelan-

guse abil. Pingelangusega mõõtmiseks tarvitame millivoltmeetrit /mavomeeter ilma lisatakistuse-
ta/. Ühenduste skeem on antud joonisel 6.



joon.6.

Koormame ampermeetri maksimaalselt, siis ta näi-
tab J_A ja voltneeter näitab V_A . Järelikult on:

$$r_A = \frac{V_A}{J_A}$$

Näiteks on $J_A = 15 \text{ amp}$, $V_A = 0,05 \text{ volti}$ ja

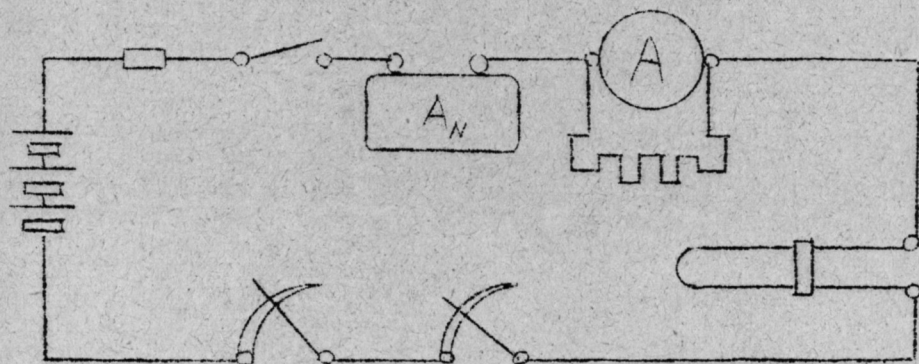
$$r_A = \frac{0,05}{15} = 0,0033 \text{ oomi.}$$

Wheatstone'i ja Thomson'i siididega takistuse
mõõtmise on ära seletatud I. vihikus /El.-prakti-
kum I. "Takistuste mõõtmine"/.

Kui r_A on ühel või teisel viisil kätte saadud,

siis arvutame eelpool-seletatud viisil r_s ja valime tagavarast vastava takistuse. Peale selle tuleb veel kontrollida, kuidas töötab ampermeeter selle šunt'iga ja kas ta annab soovitava laiendatud näitamise piiri J_L .

Kontrollimine sünnib harilikul viisil, nagu see on kirjeldatud selle vihiku alul, ainult on väike muudatus skeemis /joon.7/ ja tabeli koostamises, kui ka riista näitamise kõver on väheteise iseloomuga /v.tabel II ja joon.8/.



joon.7.

T a b e l II.

NN	J_N	J_A	n
1			
2			
3			
4			
o			
o			
o			
o			
o			

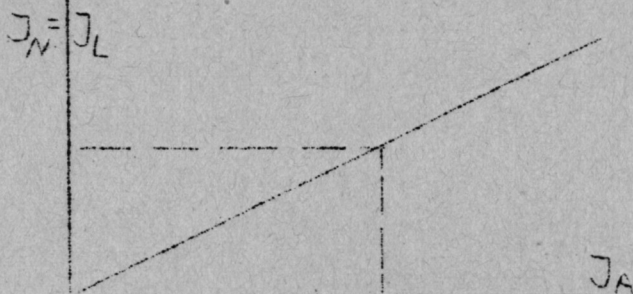
J_N - kontrollampermeetri näidud.

J_A - šunteeritud ampermeetri näidud.

$n = \frac{J_N}{J_A}$ - nende suhe.

/Ülemineku tegur, millega tuleb korrutada J skaala arve, et saada õiget voolu

tugevuse suurus/.
 $J_N = J_L$



joon.8.

Šunteeritud ampermeetri näitude kõvera joonestamiseks võtame abstsissideks J_A suurused ja ordinaatideks J_N .

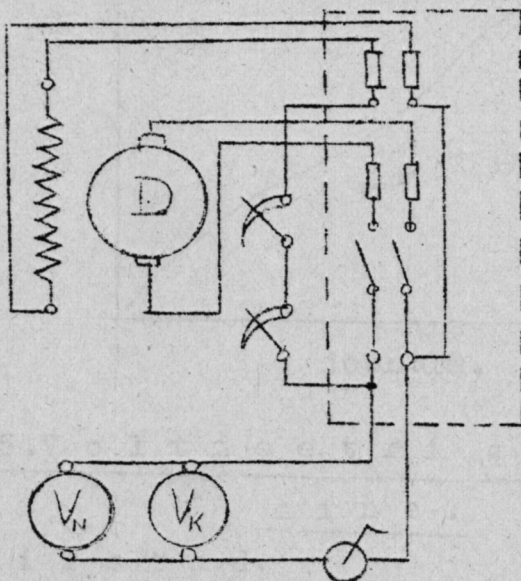
Märkus. Ühendusjuhtmete ja kontaktide takistuste tõttu on võimalik, et arvestatud šunt ei anna õigeid tagajärgi. Vea parandamiseks tuleb šunt'i vastavalt muuta /harilikult valida šunt'iks suurem takistus/.

4. V o l t m e e t r i k o n t r o l l i m i t e .

R i i s t v a d .

1. Normaalvoltmeeter.
2. Kontrollitav voltmeeter.
3. Kaitse.
4. Katkestaja. /Dünamomasin ühes reguleerimis-
5. Vooluallikas. se reostaadiga või reguleerimis-
transformaator lisatakistusega/.

Voltmeetrite kontrollimist tuleb ette võtta samadel põhjustel, mil tarvitsetakse ampermeetrite kontrollimist. Nimelt odavamad "tehnilised" riistad ei näita igakord õieti ja neid tuleb võrrelda täpsamate laboratooriumi riistadega. Me korraldame selle töö nii, et ühendame kaks voltmeetril paralleelselt dünamomasina või transformaatori klemmidega /v. joon. 9a ja 9b/. ja reguleerime pinget nii et normaal-/kontroll-/voltmeeter näitaks terved jaotised üle 5, 10 või 25 voldi, voltmeetri näitamise piirile vastavalt. Andmed kanname jälle tabelisse /Tabel III/ ja arvutame, nagu see on seletatud ampermeetri kontrollimise juures, absoluutse ja suhtelise vea /%-des/.

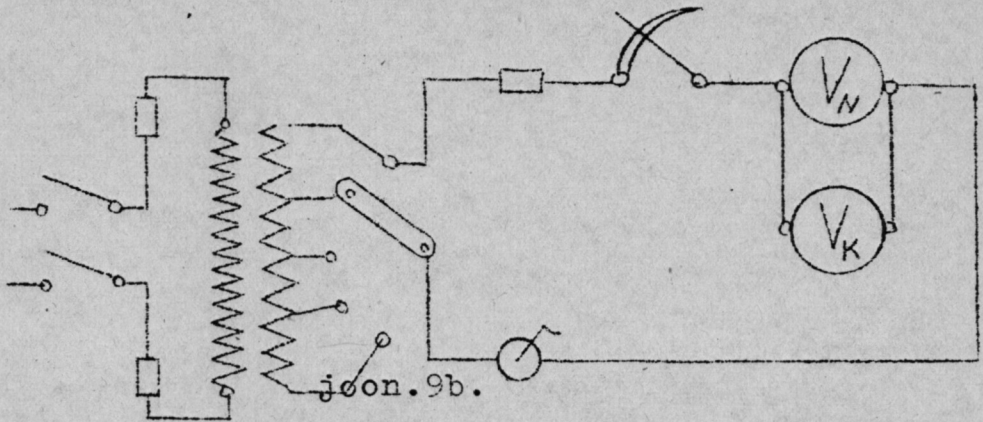


joon. 9a.

T a b e l III.

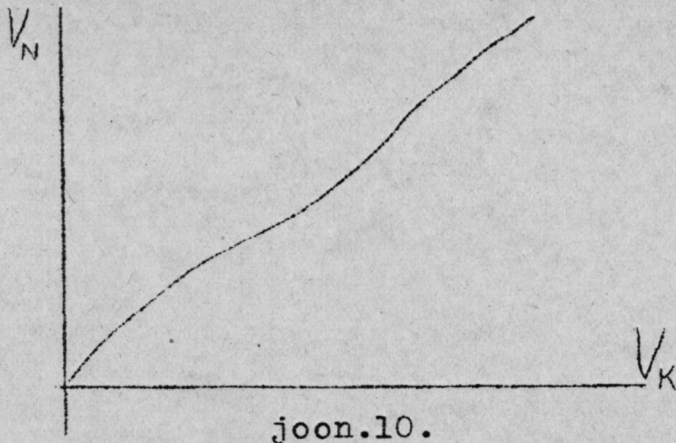
NN	V_N	V_K	Δ	$\delta \%$
1				
2				
3				
4				
...				
...				
...				

Tabeli põhjal koostame kontrollitava voltmeetri



näitude kõvera millimeetripaberil /joon.10/.

Pinge reguleerimine sünnib kas dünamo reguleerimise riistadega või transformaatori tarvitamise juhul transformaatori vända ja lisatakistusega.



5.V o l t m e e t r i g r a d u e e r i - n i n e .

R i i s t a d .

1.Universaalgalvanomeeter.

2.Lisatakistused galvanomeetrile.

3. Potentsiomeeter-reostaat $20\ \Omega$

4. Reostaat $100\ \Omega$

5. Reostaat $10\ \Omega$

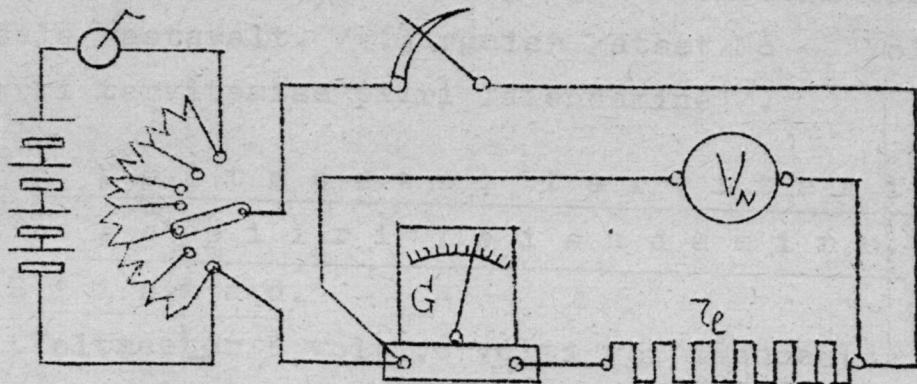
6. Katkestaja.

7. Kaitse.

8. Normaalvoltmeeter 3,6 või 10 volti.

9. Akkumulaatorite patarei 6-15 volti.

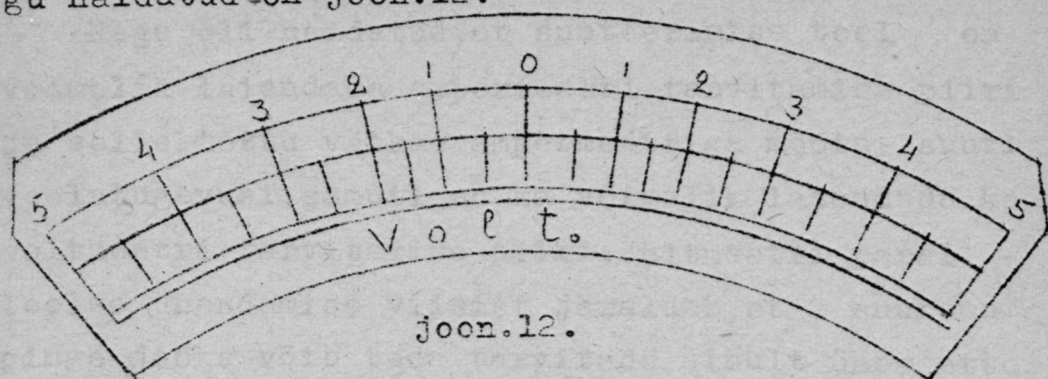
Katse läbiviimine sarnaneb ampermeetri gradueerimisega, selle vahega, et voltmeetrid ühendatakse paralleelselt /ühenduskeem joonisel 11/.



joon.11.

Kriipsud tõmbame terava pliiatsiga mõlematele pooltele osuti nullasendist vastavate vahedega /0,1; 0,2; 0,25; 0,5 või 1 volti/, vahetades igakord galvanomeetri stöpslite asukohti. Jälle tuleb enne kriipsu tõmbamist koputada sõrmega galvanomeetri tagalauale, et saada õiget osuti asendit. Peale gradueerimist joonestame tušiga skaala, na-

gu näidatud on joon.12.



Lisatakistuse galvanomeetrile valime praktiliselt, proovides tagavarast üht või teist takistust, või arvutame tema välja galvanomeetri takistusele vastavalt. /v.järgmist katset N6 - "Voltmeetri tarvitamise piiri laiendamine"/.

6. Voltmeetri tarvitamise piiri laiendamine.

R i i s t a d.

- 1.Voltmeeter 3 volti, 6 volti või megomeeter.
- 2.Kontrollvoltmeeter.
- 3.Wheatstone'i silla skeemilaud I lisariistadega ja akkumulaatoriga.
- 4.Kaitse.
- 5.Katkestaja.
- 6.Reostaat 100Ω
- 7.Reostaat 10Ω
- 8.Vooluallikas./Akkumulaatorite patarei või reguleerimistransformaator/.

Nagu oli näidatud, et šunteerimise teel on võimalik laiendada ampermeetri tarvitamise piiri ja selle tõttu väikse ampermeetriga mõõta suuri voolutugevusi, samuti on ka võimalik laiendada ka voltmeetri tarvitamise piiri. Voltmeetri paral - leelse ühendamise viisist järeldub, et suurema pinge jaoks võib teda tarvitada ainult ühes ette lülitatud lisatakistusega. Selle lisatakistuse õi - ge leidmine ongi katse raskuspunkt. Oletame, et min - gisugusel viisil, näiteks Wheatstone'i silla või pingelanguse abil on meile teatavaks saanud volt - meetri takistus r_v . Voltmeetrile maksimaalselt lu - batud voolutugevus, mille juures voltmeetri osuti viimasel skaala kriipsul seisab - on i_v . Voltmeet - ri enda näitamise piir V_v . Siis on Ohmi seaduse põhjal:

$$i_v = \frac{V_v}{r_v}$$

Nüüd, kui me paneme voltmeetrile järjestikku et - te lisatakistuse r_ℓ , siis kulub sama i_v saamiseks juba suurem pinge, olgu V_L . Voltmeetri ja lisata - kistuse üldtakistus on r_L .

$$r_L = r_v + r_\ell$$

$$i_v = \frac{V_L}{r_L} = \frac{V_L}{r_v + r_\ell}$$

Siit saame otsitava lisatakistuse:

$$r_\ell = \frac{V_L}{i_v} - r_v ; r_\ell = \frac{V_L r_v}{V_v} - r_v$$

Näiteks. Voltmeeter on ehitatud $V_r = 10$ völdile. Tema takistus on leitud ja võrdub $r_r = 200 \Omega$. Küsitakse, kui suur peab olema lisatakistus, et selle voltmeetriga oleks veel võimalik mõõta $V_L = 60$ volti?

Lubatud voolutugevus:

$$i_r = \frac{V_r}{r_r} = \frac{10}{200} = 0,05 \text{ amp.}$$

Kogutakistus, voltmeetri $r_r + r_l = r_L$ on siis

$$r_L = \frac{V_L}{i_r} = \frac{60}{0,05} = 1200 \Omega$$

ja otsitav lisatakistus r_l võrra väiksem:

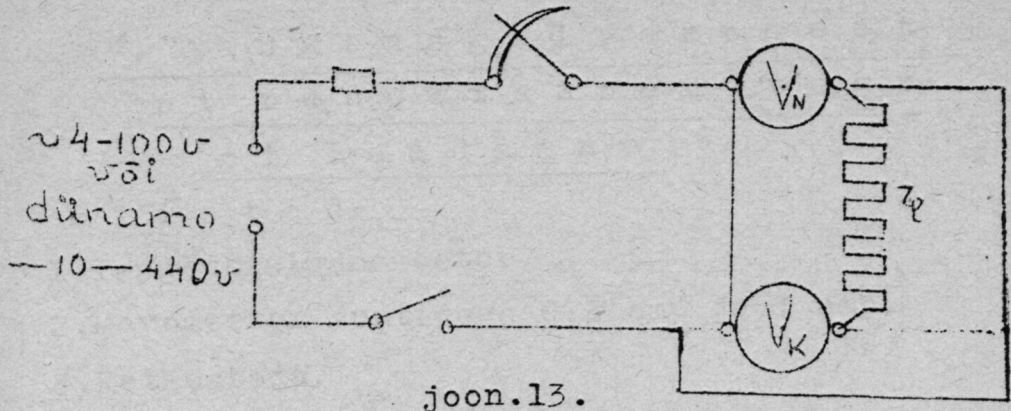
$$r_l = r_L - r_r = 1200 - 200 = 1000 \Omega$$

Sama leiame valemi abil:

$$\begin{aligned} r_l &= \frac{V_L r_r}{V_r} - r_r = \frac{V_L}{V_r} - 1/r_r = \\ &= \frac{60}{10} - 1/200 = 6 - 1/200 = 1000 \Omega \end{aligned}$$

Kui lisatakistus on välja arvutatud ja valitud siis jääb ainult kontrollida, kas ta ka tegeli - kult laiendab voltmeetri näitamise piiri kuni ettearvatud V_L -ni. See töö on kirjeldatud katse 4.-da juures ja sünnib samal viisil väikse muudatusega ühenduste skeemis /joon.13/.

Vaatlemistest saadud andmed kanname tabelisse /tabel IV/ ja nende põhjal joonestame millimeetripaberil laiendatud töötamise piiriga voltmeetri näitude kõvera /joonis 14/. On väga soovitatav välja arvutada seda takistust r_l , mis vastab ühe-



voldilisele pingelangusele voltmeetris.

$$r_i = \frac{r_r}{V_r}$$

Ta annab meile mõõdupuu voltmeetri omaduste üle otsustamiseks: nimelt on voltmeeter seda parem , mida suurem on r_i ja vastavalt, mida väiksem on tema i_v .

Voltmeetri enda maksimaalse kulu /el.-voolu võimsus vattides/ arvutame nii:

$$W_{v_r} = i_{v_r} \cdot V_{v_r} = \frac{V_{v_r}^2}{r_{v_r}}$$

Eelpooltoodud näite jaoks oleks ta:

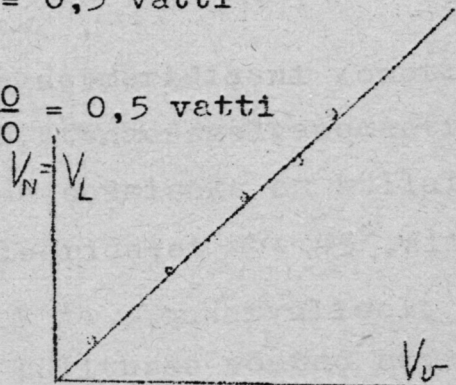
$$W_{v_r} = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ vatti}$$

või sama

$$W_{v_r} = \frac{10^2}{200} = \frac{100}{200} = 0,5 \text{ vatti}$$

T a b e l IV.

NN	V	V	n
1			
2			
3			
4			
5			
6			



7. Tangensgalvanomeetri
reduktsiooniteguri
leidmine.

Riistad.

1. Tangensgalvanomeeter.
2. Mavomeeter šuntidega 0,1 amp ja 1 amp.
3. Katkestaja.
4. Reostaat 100Ω
5. Reostaat 10Ω
6. Reostaat $4,5\Omega$
7. Akkumulaatorid 3,5-4 volti.

8.

See katse koosneb kahest osast:

1. Tangensgalvanomeetri reduktsiooniteguri leidmisest.

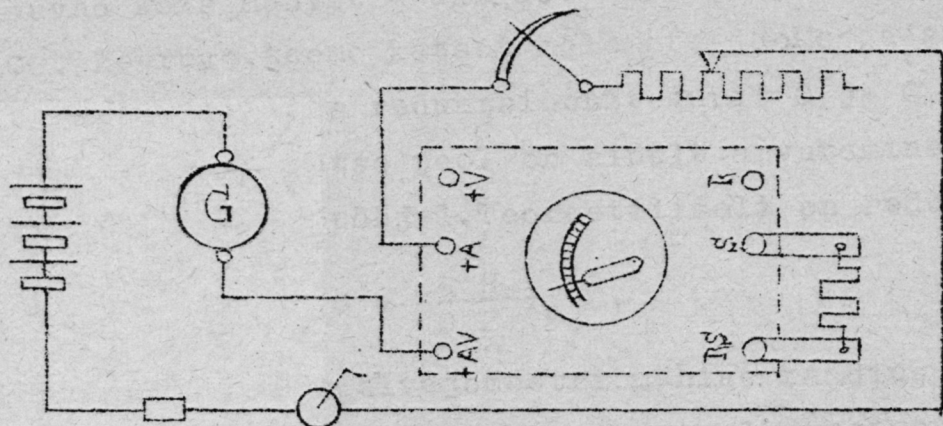
2. Maa magnetvälja horisontaalkomponendi H_h kindlaksmääramisest. Nagu teoreetilisest osast teada on, võrdub tangensgalvanomeetri näidatud voolutugevus

$$i = C \cdot \tan \varphi ,$$

kus φ on nurk osuti ja magnetmeridiaani /osuti nullasendi/ vahel. C - nim. "tangensgalvanomeetri reduktsiooniteguriks". Tema saamiseks on küllalt voolutugevust i nii reguleerida, et $\varphi = 45^\circ$, siis on $\tan \varphi = \tan 45^\circ = 1$ ja i ja C on arvuliselt võrdsed. Nüüd jääb ainult lülitusse võetud amper-

meetritihv ära lugeda tema näit ja reduktsioonitegur C on käes.

Katse korraldamiseks ühendame tarvisminevad riista nii, nagu see on ära tähendatud joon.15.



joon.15.

Asetame tangensgalvanomeetri magnetmeridiaani sihis, milleks aegamööda pöörame teda nii kaua, kuni osuti jääb skaala nulli sihis seisma. Et osuti ja teravikuvahelise hõõrumise mõju vähendada, koputame sõrmega riista alusele või klaasile. Nüüd reguleerime reostaatide abil voolutugevust nii, et osuti jääks 45° nurga all seisma /jälle koputades alusele sõrmega/ ja loeme ampermeetrit aheliku voolutugevuse, saame $i_1 = C_1$.

Pöörame voolu sihi ahelikus ja jälle reguleerime voolutugevust nii, et tangensgalvanomeetri osuti näitab uuesti 45° nurka, nüüd aga nullseisust teisele poole ja saame $i_2 = C_2$.

Reduktsiooniteguriks valime nende aritmeetilise keskmise:

$$C_{10} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

Silmas pidades, et meie tangensgalvanomeetril asuvad kaks mähist - üks 10. keeruga ja teine 100. keeruga, teeme katsed mõlemate jaoks ja saame vastavalt kaks reduktsioonitegurit C_{10} ja C_{100} põhjal. Teine katse pool on ainult arvutamine saadud C_{10} või C_{100} põhjal. Teoreetiliselt on reduktsioonitegur

$$C = \frac{R \cdot H_h}{0,2 \pi \cdot \varphi},$$

kus R on tangensgalvanomeetri mähise raadius cm-tes; H_h - maa magnetvälja horisontaalkomponent ja φ keerdude arv. Meil on $R = 20\text{cm}$ ja $\varphi_1 = 10$ keerdu, $\varphi_2 = 100$ keerdu.

Nagu valemist järeldub, on :

$$H_h = \frac{0,2 \pi \cdot C}{R}$$

On soovitatav H_h leida kaks korda - C_{10} ja C_{100} kaudu ja võtta aritmeetiline keskmine.

8. Voltmeetri kontrollimine ühe vooluga.

Riistad.

1. Vattmeeter 3 KW.
2. Ampermeeter 10 amp.
3. Voltmeeter 240 volti.

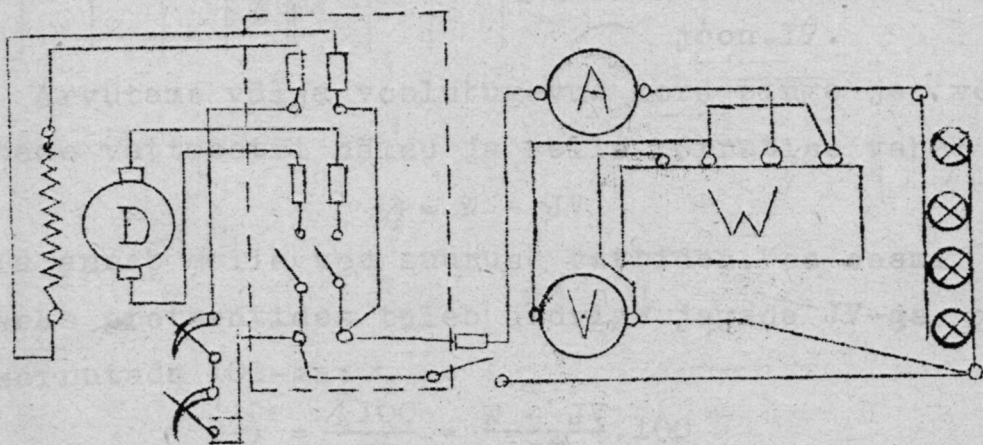
4. Süsiniidiga lambireostaadid à 4 lampi 3tk.
5. Kaitse 10amp.
6. Katkestaja.
7. Vooluallikas - dünamomasin 220 v.

Vattmeetril on kaks nähist - üks peavoolu ja teine haruvoolu mähis. Esimene lülitatakse vooluahelikku järjestikku, teine paralleelselt.

El.-võimsus, mida mõõdame vattmeetri abil, on:

$$W = J.V$$

Sellest on näha, et vattmeetri võime kontrollida ampermeetri ja voltmeetri abil. Aheliku koormamiseks tarvitame süsiniidiga lampreostaate. Riistad ühendame omavahel, nagu seda näitab joonis 16.



joon.16.

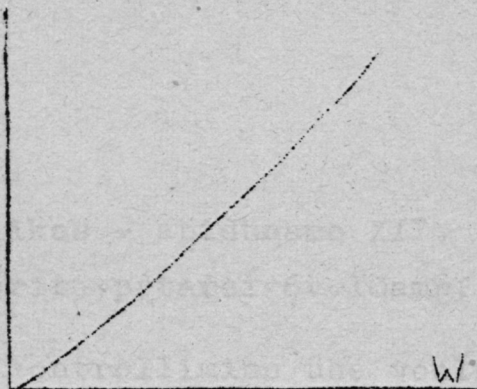
Voolutugevuse reguleerimine sünnib üksikute lampide sissekruvimise teel. Kui aga tuleks voolu tugevust vähendada, siis on seda soovitatavam t

teha dünamoreguleerimise reostaadi abil või lampide väljakruvimise teel. Seejuures tuleb tähele panna, et pinge ei kasvaks ja et voolu enne lambi väljakruvimist tingimata katkestataks, muidu tekitab lambipesas volta kaar, mis põletab ära pesaja lambi kontaktid. Amper-, volt- ja vattmeetri näidud kirjutame tabelisse /tabel V/.

T a b e l V.

JV

NN	J	V	W	JV	Δ	$\delta\%$
1						
2						
3						
o						
o						
o						



joon.17.

Arvutame välja voolutugevus kord pinge ja võtame vattmeetri näidu ja selle korrutise vahe:

$$\Delta = W - JV$$

Ta annab meile vea suuruse vattides. Vea saami - seks protsentides tuleb üldviga jagada JV-ga ja korrutada 100-ga:

$$\delta = \frac{\Delta 100}{JV} = \frac{W - JV}{JV} \cdot 100\%$$

Tabeli andmete põhjal joonestame millimeetripa - beril vattmeetri kontrollimise kõvera /joon.17/.

9. V a t t m e e t r i k o n t r o l -
l i m i n e k a h e v o o l u g a .

R i i s t a d .

- 1.Vattmeeter 3 KW.
- 2.Ampermeeter 15 amp.
- 3.Voltmeeter 500 volti.
- 4.Reostaat 2,5 oomi.
- 5.Reostaat 0,5 oomi.
- 6.Reostaat 0,06 oomi.
- 7.Katkestaja 20 amp.
- 8.Kaitse 1 amp.
- 9.Kõrgepinge vooluallikas - abidünamo XII.
- 10.Edisoni akkumulaatorite patarei 6v.10amp.

Suurema vattmeetri kontrollimine ühe vooluga läheks kalliks maksma.Näiteks 100. KW vattmeetri katsumine, arvates keskmise võimsuse 50-le KW-le ja töö kestuse 1.tunnile, saame juba 50KWh à 24 senti, see teeks välja 1200 senti ainult voolu kulu.Sellepärast laboratooriumis tarvitatakse tihti sellist võtet, kus peavoolu mähist toidetakse madala pingega /akkumul. või vastav transformator/ ja haruvoolu mähise jaoks tarvitatakse - kõrgema pingega vooluallikat.Harumähis on õige suure takistusega ja temast läbi voolav el.-vool on väike, 0,02-0,005 amp. ja seisab 200.v. pinge

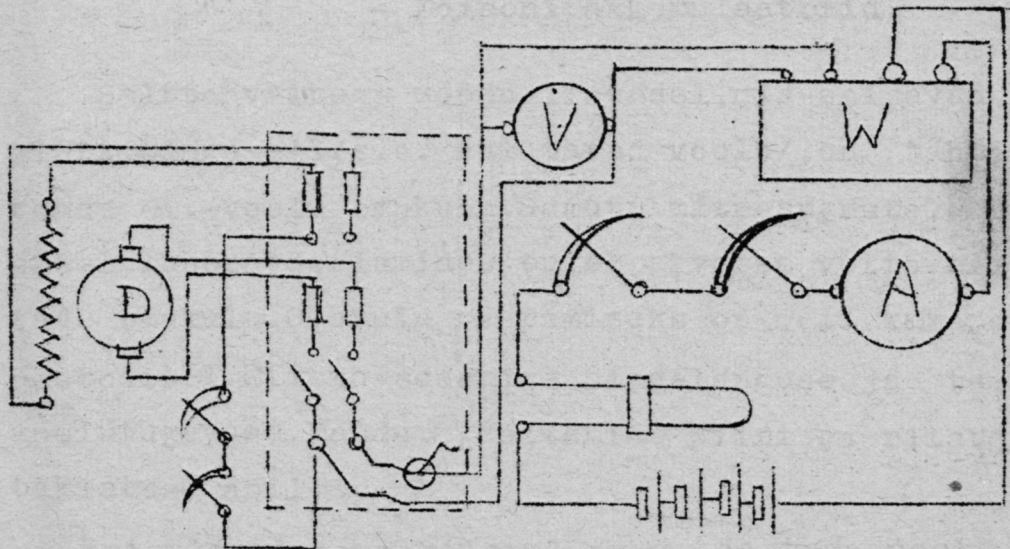
mõju all. Peavoolu mähise toitmiseks on aga võetud akkumulaatorite patarei, mil pinge on 4 volti ja voolutugevus 500 amp. Jälle arvame, et kontrollimine kestab 1 tund ja keskmine voolutugevus on 250 amp. See annab peavoolu mähise jaoks:

$$W_p = J_p V_p = 250 \cdot 4 = 1000 \text{ vatti}$$

ja haruvoolu mähisele:

$$W_h = I_h V_h = 0,01 \cdot 200 = 2 \text{ vatti},$$

mis välja teeb ühe tunni jooksul ligikaudu 1 KWh ja maksab 24. senti ümber. Sama võtet tarvitame ka oma vattmeetri kontrollimiseks. Peavoolu aheliku koormamiseks tarvitame kolme reostaati ja toitmiseks Edisoni akkumulaatorite patareid. Haruvoolu mähis jääb katse ajal 300. voldilise pinge alla. Ühendused teeme joonisel 18 näidatud skeemi järgi. Mõõduriistade näidu kanname jälle tabelisse -



joon.18.

/tabel V/ ja joonestame tema põhjal millimeetri-paberil vattmeetri kontrollimise kõverjoone / v. joon.17/.

10. Mõõduriistade oma-
kaalu kindlaksmäära-
mine.

Riistad.

- 1.Ampermeeter.
- 2.Voltmeeter.
- 3.Vattmeeter.
- 4.Mavomeeter.
- 5.Wheatstone'i silla skeemilaud I.
- 6.Kaitse.
- 7.Katkestaja.
- 8.Vooluallikas - dünamo.
9. " - Edisoni akkumulaatorid.

Salttahvlitega mõõduriistadel, mis seisavad alati pinge all/s.o. kulutavad voolu/, on tähtis teada el.-voolu omakulu. Samuti mitmesugustel katsetel laboratooriumides tuleb arvesse võtta riistade omakulu. Omakulu määramiseks on meil kakspea meetodit: 1. Riista seesmise pingelanguse ja tema voolutugevuse kaudu. 2. Näitamise piiri ja riista takistuse abil.

Kui pingelangus riistal on v ja tema poolt

tarvitatav voolutugevus i_z , siis väljendub omakulu vattides:

$$W_z = i_z v_z \text{ vatti.}$$

On aga teada mõõduriista takistus r_z ja tema näitamise piir kas J või V , siis saame eelmist valemit teisendades Ohmi seaduse põhjal:

$$V = i_z r_z$$

$$J = \frac{V_z}{r_z}$$

$$W_z = V \cdot \frac{V}{r_z} = \frac{V^2}{r_z} \text{ vatti}$$

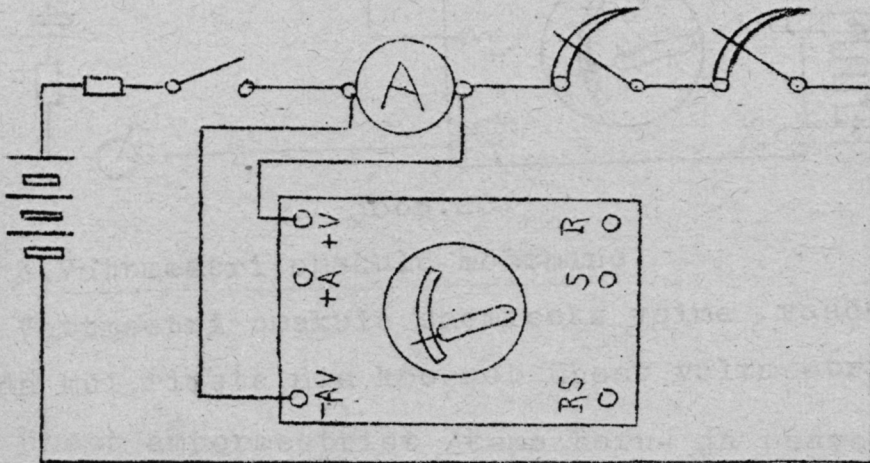
$$W_z = J \cdot J r_z = J^2 r_z \text{ vatti}$$

1. Ampermeetri omakulu leidmine.

Enne leiame Wheatstone'i või Thomson'i silla abil ampermeetri takistuse r_A , siis võtame arvesse se tema näitamise piiri J_A ja saame riista maksimaalse omakulu:

$$W_A = J_A^2 r_A \text{ vatti.}$$

Kui meil puudub Thomson'i kaksiksild, siis teeme ühendused skeemi 19./joon.19/ ja tarvitades ma-



joon.19.

vomeetrit millivoltmeetriks, leiame pingelanguse
ampermeetris tema tervele koormatisele vastavalt
/V_A /.

$$W_A = J_A V_A \text{ vatti.}$$

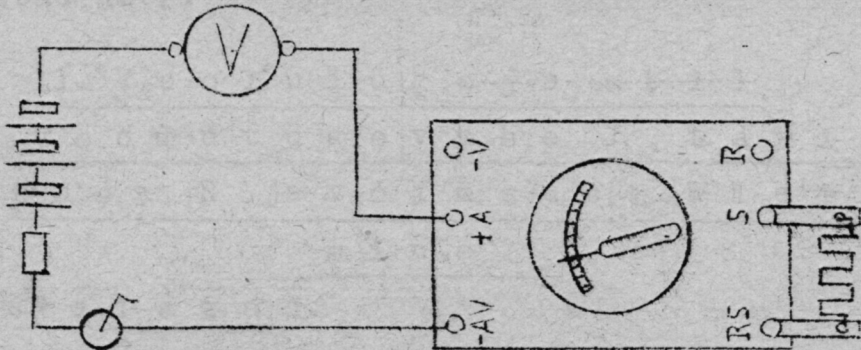
2. Voltmeetri omakulu leidmine.

Wheatstone'i silla abil mõõdame voltmeetri takistuse r_v . Võtame arvesse näitamise piiri V ja arvutame tema maksimaalse omakulu:

$$W_v = \frac{V^2}{r_v} \text{ vatti.}$$

Või teeme ühendused joon.20. näidatud viisil ja mõõdame mavomeetriga voltmeetri voolutugevuse i_v . Valem annab meile voltmeetri omakulu:

$$W_v = i_v V \text{ vatti}$$



joon.20.

3. Vattmeetri omakulu mõõtmine.

Vattmeetri omakulu saamiseks võime vaadelda teda kui riista, mis koosneb ühest voltmeetrist ja ühest ampermeetrist /tema haru- ja peavoolu mähistele vastavalt/. Leiame, et

$$W = W_h + W_p ,$$

$$W = W_h + W_p \text{ vatti } ,$$

kus : 1a. $W_h = V i_h$ vatti 1b. $W_p = J V_p$ vatti

või : 2a. $W_h = \frac{I^2}{r_h}$ " ja 2b. $W_p = J r_p$ "

i_h - on siin harumähise vool.

V_p - pingelangus peamähises.

r_h - harumähise takistus /suur/.

r_p - peamähise " /väike/.

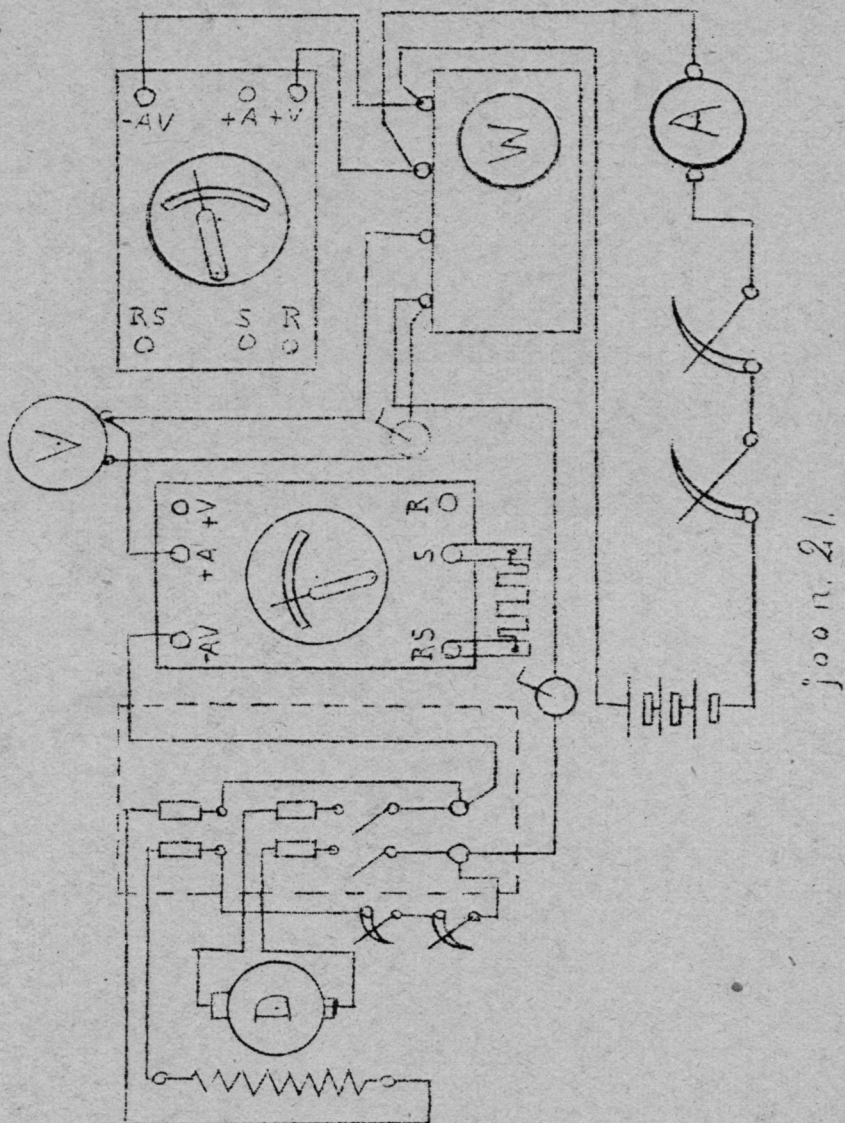
Kui me tarvitame arvutamiseks valemeid 1a ja 1b, siis tuleb ühendused läbi viia joonis 21. jär-
gi.

Samad omakaalu valemid lubavad neid raken-
dada ka teiste elektririistade omakulu määrami-
seks /reostaadid, lambid, voolulugejad, el.-soojuse
riistad jne/.

11. Voolulugeja abil voolutugevuse J , takis- tuse R ja võimsuse W leid- mine.

Riistad.

1. Voolulugeja.
2. Voolutarvitaja /lambid, keeduanum või triik-
raud/.
3. Kaitse.
4. Katkestaja.
5. Ajanäitaja /stopper või kell sekundinäita-
jaga/.
6. Vooluallikas - dünamo või vahelduv vool 220v.



Teatavatel tingimustel on võimalik mõõta voolu tugevust, võimsust ja takistust, ilma et selleks oleks tarvis amper-, volt-, vattmeetrit, Wheatstone'i silda või teisi laboratooriumis ettetulevaid el.-mõõduriistu. On küllalt, kui meil on käe pärast voolulugeja. See on eriti tähtis el.-voolu sisseseadete majades, kus peale voolulugeja puuduvad teised mõõduriistad, kus aga tihti oleks soovitav kontrollida lampide, keeduanumate, triikraua või kellatransformaatori voolukulusid.

Oletades, et el.-jaam annab enam-vähem püsivat pinget /Tartus 220volti/ ja arvesse võttes, et voolulugeja on el.-töö mõõtmise riist, võtame mõõtmise aluseks eeskätt el.-töö ja -võimsuse valemid.

El.-töö ühikud on džaul ja temast 3.600.000 korda suurem ühik 1 kilovatttund /lühidalt KWh/.

Elektritöö on võimsus kord aeg:

$$A = Wt$$

Sellest järeldub, et võimsus on:

$$W = \frac{A}{t}$$

On töö mõõdetud KWh-des ja aeg tundides, siis me saame võimsuse kilovattides. On aga el.-töö mõõdetud džaulides ja aeg sekundites, siis tuleb võimsus välja vattides. Edasi on teada, et võimsus on voolutugevus kord pinget:

$$W = JV \text{ vatti}$$

On pinget teada, siis tuleb voolutugevuse leidmiseks

$$J = \frac{W}{V} \text{ amp., kus } W \text{ on tingimata vattides.}$$

või $J = \frac{A}{Vt}$ A - džaulides.

$$J = \frac{3600000A}{Vt} \quad A - \text{KWh-des.}$$

Takistuse leidmiseks teisendame valemid, võttes abiks Ohmi seaduse:

$$J = \frac{V}{R} \quad ; \quad \text{järelikult } R = \frac{V}{J} \text{ või eelmisesse valemitesse asetades:}$$

$$R = \frac{W}{J} \quad \text{või} \quad R = \frac{A \cdot t}{J} \quad A - \text{džaulides,}$$

Samuti $R = \frac{V}{\frac{W}{V}} \quad \text{või} \quad R = \frac{V}{\frac{V}{At}} \quad t - \text{sekundites.}$

Igal voolulugejal on peaosaks tiirlev ketas /ankur/. Mõõdetud el.-töö hulk on päripöörproportsionaalne selle ketta tiirude arvuga. Selle tõttu 1. KWh-le vastab kindel kettatiirude arv, mida meie tähistame C-ga. Ta on lugeja kilbile ära märgitud ja me nimetame teda "voolulugeja konstandiks".

Kui C tiirule vastab 1 KWh või teiste sõnadega 3600000 dž, siis 1. tiirule vastab $\frac{1}{C}$ KWh või $\frac{3600000}{C}$ dž.

Kui me tahame selle põhjal kindlaks teha voolu võimsust, siis vabalt võetud aja t sek. loeme ära lugeja ankru tiirude arvu n. Selle aja jooksul /t- sek./ kulunud el.-töö võrdub:

$$A = \frac{3600000}{C} \cdot n \text{ džauli}$$

ja võimsus

$$W = \frac{A}{t} = \frac{3600000n}{Ct} \text{ vatti}$$

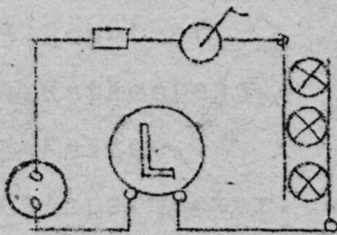
Pidades meeles eelpool-kirjeldatud **voolutuge** - vuse ja takistuse valemite kohta, on kerge **välja** arvutada otsitavaid J ja R -i.

$$J = \frac{W}{V} = \frac{3600000n}{CtV} \text{ amp.}$$

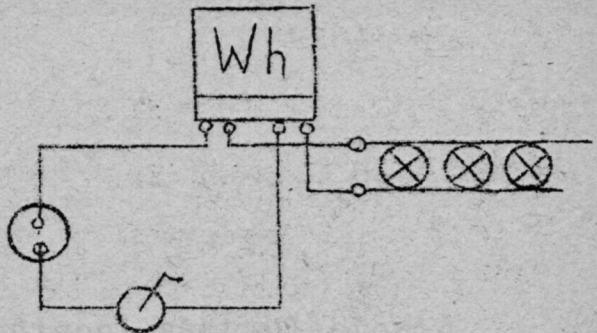
ja $R = \frac{V^2 C t}{3600000n} \text{ oomi}$ või

$$R = \frac{3600000n}{Ct J^2} \text{ oomi.}$$

Riistade ühenduse skeemi näitab joonis 22a ja 22b.



joon.22a.



joon.22b.

Näide. Voolulugeja, mil $C=4500$, on ühendatud triikrauaga. Tema ankur tegi $t=60$ sek. jooksul $n = 30$ tiiru. Küsitakse: 1. Kui suurt vooluvõimsust tarvitab triikraud? 2. Kui tugev on see vool? 3. Kui suur on triikraua takistus? Pinge on 220 v.

1. Vastused:

1. Võimsus:

$$W = \frac{3600000 \cdot 30}{4500 \cdot 60} = 400 \text{ vatti}$$

2. Voolutugevus

$$J = \frac{3600000 \cdot 30}{4500 \cdot 60 \cdot 200} = 2 \text{ amp.}$$

3. Takistus

$$R = \frac{200^2 \cdot 4500 \cdot 60}{3600000 \cdot 30} = 100 \Omega \text{ või}$$

$$R = \frac{3600000 \cdot 30}{4500 \cdot 60 \cdot 2} = 100 \Omega$$

12. Ampertundide lugeja

/Ah/ konstandi C kontroll-
line.

Riistad.

1. Ah lugeja.
2. Reostant.
3. Reostaat.
4. Katkestaja.
5. Kaitse.
6. Ampermeeter.
7. Vooluallikas - Edisoni akkumulaatorid.
8. Stopper või kell sekunditeosutiga.

Teoreetilises osas /v. Tehnilised õppevihikud vihik 5. "El.-mööduriistad"/ oli selletatud, et alalise voolu lugejad jagunevad ampeetundide ja vatt tundide lugejateks. Ampertundide lugejate välis-tunnusmärk on kaks kontakti. Töötamisviisilt on

nad aga õieti el.-hulga lugejad ja el.-töö on el. hulgaga proportsionaalne ainult püsiva pinge puhul. Seda oletatakse ka linna -el.-võrkudes.

Nagu teada, on el.-võimsus:

$$W = J.V \text{ vatti}$$

Korruktamine.
Järgneva mõlemad vörrandi pooled ajaga t , siis

saame:

$$\frac{W.t}{t} = \frac{J}{t} . V.t$$

On aga teada, et

$$\frac{W.t}{t} = A, \text{ kus } A \text{ on el.-töö}$$

$$\text{ja } \frac{J.t}{t} = Q, \text{ } Q \text{ on el.-hulk.}$$

Järelikult me oleme õigustatud kirjutama:

$$A = Q.V$$

Kui pinge V püsiv ei ole, siis näitavad amper-tundide lugejad valesti ja harilikult madalama pinge tõttu, el.-jaama kasuks.

Nii ampertundide lugeja näitab alati üht ja sama el.-voolu töö hulka KWh-des, pinge suurusele vaatamata, kui ainult voolutugevus J on endine.

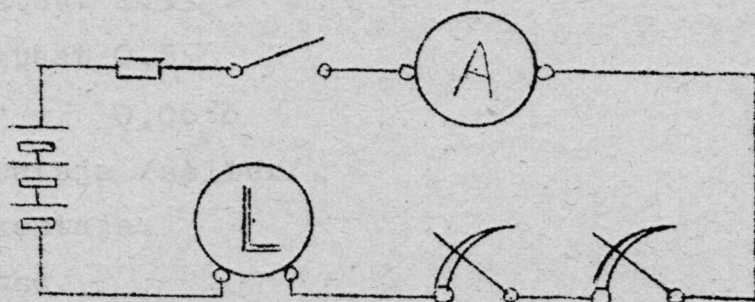
Sellest järeldub, et teda on võimalik kontrol-lida igasuguse pingega. Me tarvitame selleks 4-6 volti, mida annab kergesti võrdlemisi väike Edi-soni akkumulaatorite patarei. Voolulugeja kontrol-limine sünnib mitmesuguste koormatiste juures.

5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100%, 125% ja 150%. Et koor-matised on voolutugevustega proportsionaalsed ,

T a b e l VII.

1%	100%	90	80	70	60	50	40	30	20	10	4
Viga ± %	3,30	3,33	3,37	3,48	3,50	3,60	3,75	4,00	4,50	6,00	25,00

dused skeemi 23.järgi.Vaatleme,kas ketas tiirleb voollugeja kapil äramärgitud sihis ja loeme ankru tiire,mis võib sündida kahesugusel viisil.Üks vaatlaja.Momendil,kus ankru märk /punane või must/liigub kapi aknast mööda,ärajutatakse stopperi nupule ja loetakse tiirude arv,kuni enne-kokkulepitud arvuni./väiksemal koormatisel - ka väiksem tiirude arv,suuremal koormatisel,kus lugeja ankur tiirleb kiiresti - suurem tiirude arv/.Loetud tiirude ar-



joon.23.

vu tähistame n-ga ja aja,mida näitab stopper,t-ga. Kaks vaatlejat.Sel juhul võib tarvitada stopperi asemel taskukella sekunditeosutiga.Üks Vaatleja jälgib lugeja ankru tiirlemist,teine aega.Kepitakse kokku aja suhtes,näiteks 2-3min./120-180sek/.

Märkus. Enne lugemise algust peab lugeja ankur tiirlema kõige vähemalt 1-2 min, et ta tiirlemine oleks juba ühtlane. Lugemise ajal ja lõpul märgine üles ampermeetri näidu ja kirjutame tabelisse VI nende aritmeetilise keskmise.

13. V a t t t u n d i d e l u g e j a
/Wh/ k o n s t a n d i C k o n t r o l -
l i m i n e .

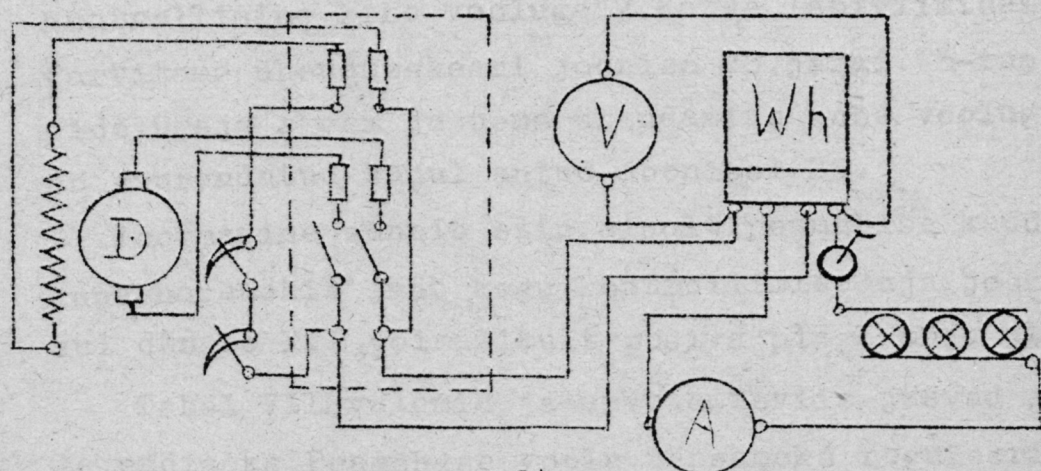
R i i s t a d .

1. Vatttundide lugeja.
2. Ampermeeter.
3. Voltmeeter /120v. või 240v/.
4. Lampreostaat.
5. Reostaat $2,5\Omega$.
6. Reostaat $0,5\Omega$.
7. " $0,06\Omega$
8. Kustutaja /šalter/.
9. Katkestaja.
10. Kaitse.
11. Vooluallikas - Edisoni akkum. patarei.
12. " - abidünamo XII.

Vatttundidelugeja ehitus erineb ampertundi-
delugeja omast selle poolest, et tal magnetvälja te-
kitajaks ei ole mitte püsivad terasmagnetid, vaid
erimähis raudsüdameta /peavoolumähis/. Ankrule on

aga asetatud haruvoolumähisõmis ühendatakse ahelikuga paralleelselt. Selle poolest sarnaneb vatttundidelugeja oma ehituselt vattmeetriga ja järelilikult on ka teda võimalik kontrollida samuti kas ühe või kahe vooluga. Töötamisviisilt erineb vatttundidelugeja ampertundidelugejast seega, et ta näidud ole nevad peale voolutugevuse ka voolupingest. Tagajärg on, et ta näitab alati õieti, sellest hoolimata, kas el.-jaam annab alandatud või kõrgendatud pinget. Tarvitatakse teda vähe tema kalliduse pärast - ta on 2,5-3 korda Ah-lugejast kallim.

Tema kontrollimine sünnib nii, nagu see on kirjeldatud eelmises katses ampertundide kohta, selle vahega, et nüüd tuleb ühendusse võtta vattmeeter ja lugeja ise, tema neljale kontaktile vastavalt, tuleb ühendada nagu vattmeeter /joon.24/.



joon.24.

Pinge vaatlemise tõttu ei kõlba andmete sisse -
kandmiseks tabel VI. Teda tuleb täiendada ühe laht-
riga pinge äramärgimiseks /tabel VIII/. Koormati -
sed, valemid ja arvutamised jäävad aga samadeks ,
mis katsel 12. Arusaadav, et pinge peab olema täis-

T a b e l VIII

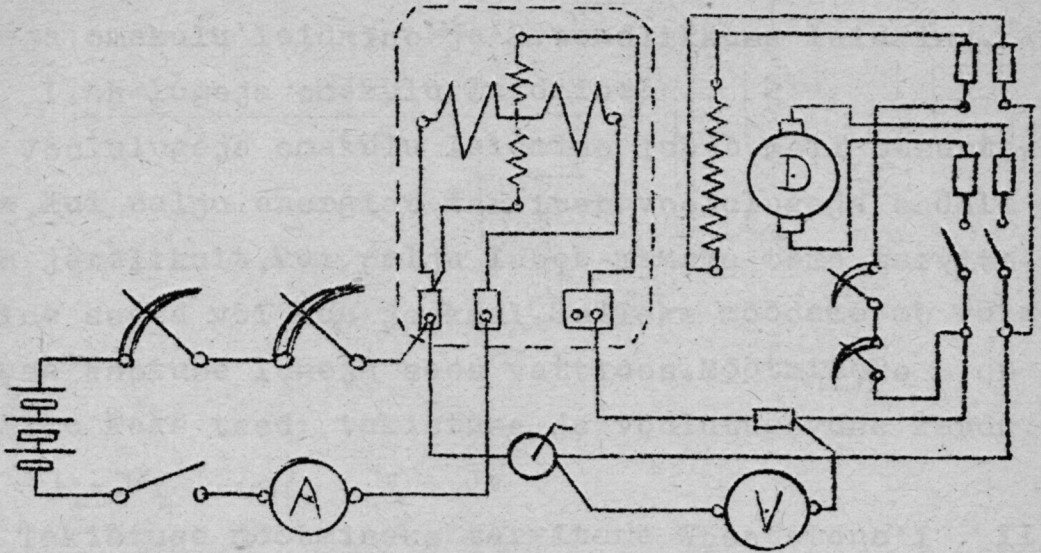
NN	K%	J	V	n	t	C_x	Δ	$\delta\%$
1								
2								
3								

pinge ja voolutarvitajateks valime el.-hõõglambid
Kui voolulugeja /Wh/ on liig suur, siis voolu kulu
vähendamiseks võime teda kontrollida kahe voolu -
allika abil. Peamähise jaoks võtame Edisoni akku -
mulateorid, harumähisele abidünamo. /v. "Vattmeetri
kontrollimine kahe vooluga"/. Katse läbiviimiseks
tarvitame ühendusskeemi joonise 25. järgi. Wh-tun -
didelugeja skeem ja tema ühendamine kahe vooluga
on suurendatud kujul antud joonisel 25.

Koormamine sünnib siin ainult peamähise kaudu,
kuna harumähis jääb kogu kontrollimise aja jook-
sul dünamo XII võimalikult püsiva pinge mõju alla.

Tabel VIII, valemid ja arvutamisiis jäävad jäl-
le endiseks. Peamähise voolu täpsamaks reguleeri -

miseks on jälle ette nähtud kolm reostaati /v.kat-



joon.25.

set "Ampermeetri kontrollimine"/.

14. Amper tundide lugeja
omakulu ja tundlikkuse
leidmine.

Riistad.

1. Ampertundide-lugeja.
2. Mavomeeter.
3. Voltmeeter 3 volti.
4. Ampermeeter /^vlugeja järele/.
5. Reostaat.
6. Akkum. patarei 3-5tükki.
7. Katkestaja.

8. Reostaat 100Ω .

Katse jaguneb kaheks iseseisvaks tööks: 1.v-lugeja omakulu leidmine ja 2.tundlikkuse leidmine.

I.Ah-lugeja omakulu leidmine.

Voolulugeja omakulu leidmine lubab meil otsustada, kui palju energiat tarvitab voolulugeja endale ja järelikult, kui palju läheb maksma tema tarvitamine aasta või kuu jooksul. Selleks mõõdame me võimsuse kaotuse lugeja sees vattides. Mõõtmiseks on jälle kaks teed: takistuse ja voolutugevuse kaudu.

$$W_L = J^2 r \quad \text{või} \quad W_L = Jv$$

Takistuse mõõtmiseks tarvitame Wheatstone'i II skeemilauda. Saadud takistuse r korrutame 50%, 75% või 100% koormamise ruudu J -ga, saame vattides võimsuse W_L , mis kulub Ah-lugeja enda peale. Kui on antud voolulugeja keskmine töötamise aeg päevas t tundides, siis arvutame, mitu KWh el.-energiat tarvitab Ah-lugeja näiteks aasta, s.o. 365.päeva jooksul.

$$A = \frac{365tJ^2r}{1000}$$

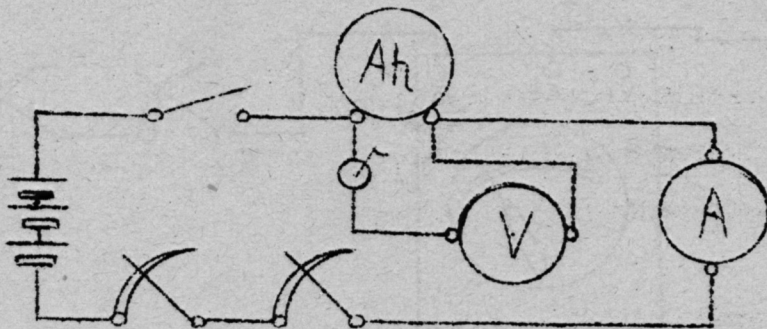
Leitud A KWh korrutame ühe KWh-i hinnaga ja saame voolulugeja ülalpidamise aastakulu.

Sama on võimalik leida ka teisel teel - Ah-lugeja pingelanguse v kaudu:

$$A = \frac{365tJv}{1000}$$

Ah-lugeja pingelanguse leidmiseks tarvitame skee-

mi joon.26.järgi.Möötmiseks koormame Ah-lugejat 0,5.,0,75. ja terve koormaga ja mõõdame igakord vastava pingelanguse.Märkus: Voolutugevuse ülesmärkimise ajal lülitame välja voltmeetri,et lah-
ti saada veast,mis võiks tekkida harusse-ühenda-
tud voltmeetri voolu läbi.



joon.26.

II.Ah-lugeja tundlikkuse leidmine.

El.-jaama huvides seisab,et voolutarvitajate voolulugejad oleksid küllalt tundlikud,et registreerida ka kõige väiksemaid koormatisi. Nõuetav tundlikkus on 2% J_{max} . Näiteks: voolulugeja on ehitatud $J=10\text{amp}$. jaoks.Küsitakse: missugune minimaalne voolutugevus /koorem/ peab teda kindlasti mõjutama?

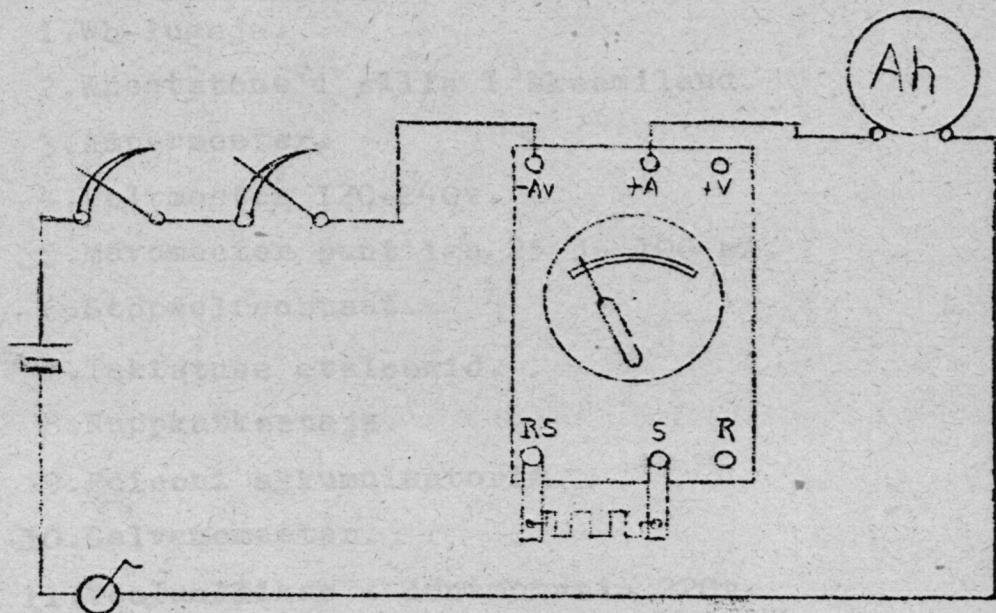
$$i_{min} \leq 0,02J = 0,02 \cdot 10 = 0,2\text{amp}.$$

Harilikult näitavad Ah-lugejad palju suuremat tundlikkust,nimelt

$$i_{min} \leq 0,005J \text{ ,s.o. tihti alla } 0,5\%$$

täiskoormast.Praktiliselt tundlikkuse leidmiseks

tarvitame ühendusskeemi joon.27.järgi.Vooluallikaks tarvitame üht Edisoni akkumulaatorit,voolutugevuse reguleerimiseks reostaate 500Ω ja 100Ω. Katset on soovitav korrata 2-3 korda ja võt-



joon.27.

ta vastlustest aritmeetiline keskmine.

Minimaalse koorma arvutame %-des, see sünnib järgmiselt:

$$\delta = \frac{i_{\min}}{J \cdot 0,01} \%$$

Mavomeetri abil on leitud $i_{\min} = 0,04$ amp., $J = 5$ amp

$$\delta = \frac{0,04}{5 \cdot 0,01} = 0,8 \%$$

15. V a t t t u n d i d e - l u g e j a
o m a k u l u j a t u n d l i k k u -
s e l e i d m i n e .

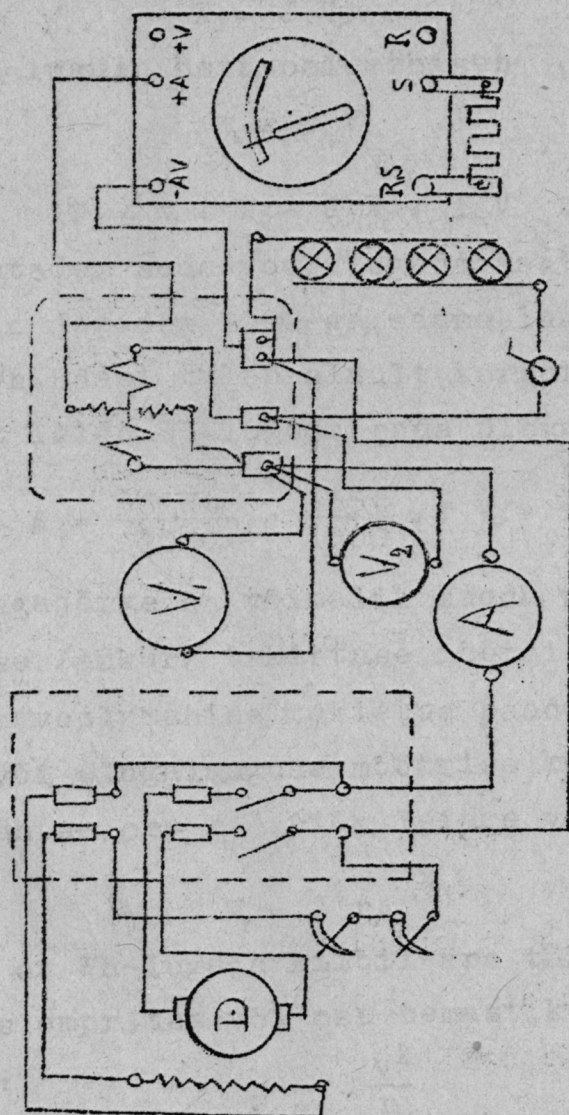
R i i s t a d .

1. Wh-lugeja.
2. Wheatstone'i silla I skeemilaud.
3. Ampermeeter.
4. Voltmeeter 120-240v.
5. Mavomeeter šunt'iga 25 ja 100 mA.
6. Stöpselreostaat.
7. Takistuse etaloonid.
8. Nuppkatkestaja.
9. Edisoni akkumulaatorid.
10. Galvanomeeter.
11. Vooluallikas - dünamomasin 220v.
12. Voltmeeter 3v.

Vatttundide-lugeja omakulu leidmist võime läbi viia kabel teel: ühe vooluga ja kahe vooluga , sellele vastavalt, kas tegenist on väikeamprilise või suureamprilise voolulugejaga.

Wh-lugeja omakulu leidmiseks ühe vooluga teeme ühendused joonisel 28 näidatud skeemi järgi.

Vooluallikaks võtame dünamo, koormamiseks - lampide reostaadid. Vaatleme voolutugevust Wh-lugeja penvoolumähises J, pinget haruvoolumähises V/võrk-



joon. 28

pinge/,pingelangust peavoolumähises v_p ja voolu tugevust haruvoolumähises i_h . Wh-lugeja kaotused /omakulu/ jagunevad kahte ossa: voolukulu peavoolumähises

$$W_p = J V_p$$

ja voolukulu haruvoolumähises

$$W_h = i_h V$$

Kokku

$$W = W_p + W_h = J V_p + i_h V \text{ /vatti/}.$$

Korrutades seda voolulugeja aasta töötundidega 365 t ja jagades 1000-ga, saame lugeja kogu voolukulu KWh. Edasi tuleb ainult korrutada voolu hinnaga, et leida Wh-lugeja enda ülevaapidamise kulusid.

$$A = \frac{365 W t}{1000} = \frac{365 t}{1000} / J V_p + i_h V / \text{KWh/}$$

Sama tagajärge on võimalik saada peamähise ja harumähise /ankur/ takistuse mõõtmise kaudu. Nimelt olgu peavoolumähise takistus saadud Wheatstone'i silla või pingelanguse mõõtmise kaudu - r_p ; haruvoolumähise oma r_h , siis leiame voolu kao vattides:

$$W_p = J^2 r_p$$

kus J on Wh-lugeja kilbil ära tähistatud voolutugevus amprites või osa temast, koormatisele vastavalt:

$$W_h = \frac{V^2}{r_h}$$

kus V on Wh-lugeja kilbil antud pinge voltides ja kogu kulu:

$$W = W_p + W_h = J^2 r_p + \frac{V^2}{r_h} \text{ /vatti/}$$

II. Wh-lugeja omakulu leidmiseks kahe vooluga tarvitame madalpinge ahelikku peavoolu jaoks /akkuulaatorid paralleel- või segaühenduses/ ja haruvoolu jaoks - kõrgepingeahelikku /dünamo/. Riistade ühendused on näidatud joonisel 29. Jälle tuleb rõhku panna J lugerisel sellele, et pingelangust näitav voltmeeter oleks vooluta. Arvutamiseks tarvita-

$$W_p = J v_p$$

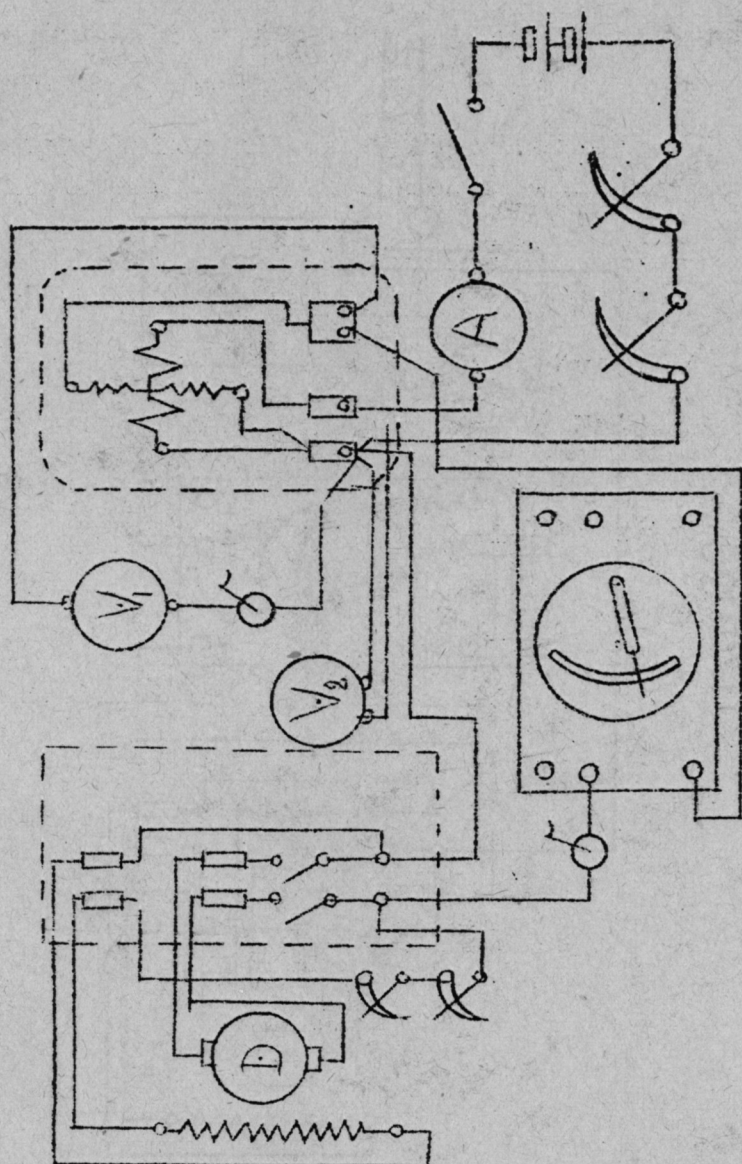
$$W_h = i_h V \quad \text{ja} \quad W = J v_p + i_h V \quad \text{/vatti/}$$

või $W = W_p + W_h = J^2 r_p + \frac{v^2}{r_h} \quad \text{/vatti/}$

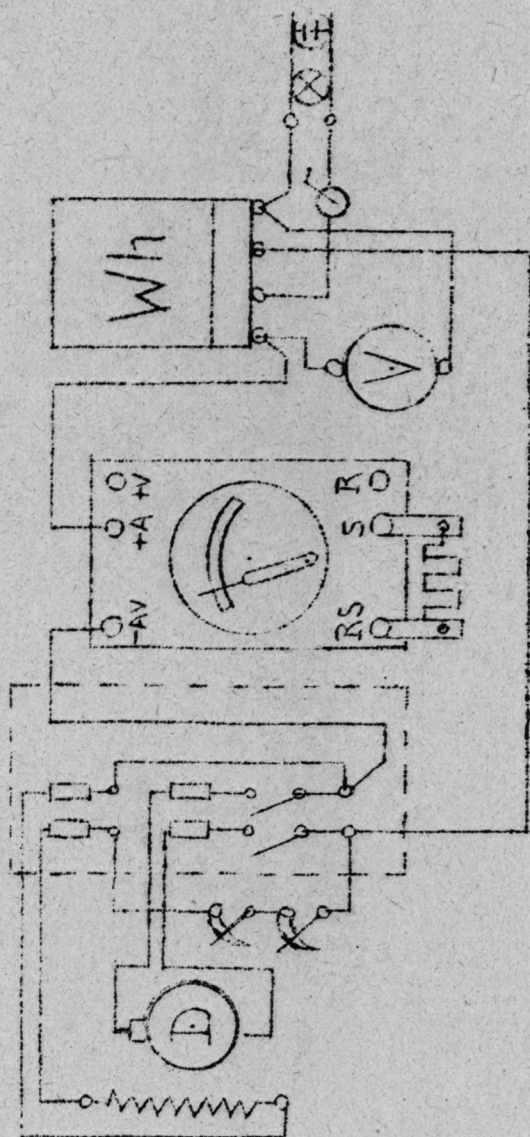
III. Wh-lugeja tundlikkuse leidmine.

Wh-lugeja tundlikkuse leidmiseks ühendame riistad, nagu see on näidatud joonisel 30. Koormamiseks tarvitame väikseamprilisel voolulugejal huumlampe, suureamprilisel - väiksemaid /10, 15 vatti/ hõõglampe, ja vaatleme missuguse minimaalse voolutugevuse i_{min} juures hakkab lugeja ankur liikuma. Arvutame katse N14 II eeskuju järgi.

$$\delta = \frac{i_{min}}{J_{0,01}} \quad \%$$



joon. 29.



joon.30

EESTI
RAHVUSRAAMATUKOGU
AR

AR2-05-02248

