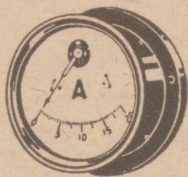


INSENER V. SEPHANS

ELEKTROMONTAAŽ

II

MÕÕTMISTEHNIKA



RK

PEDAGOOGILINE KIRJANDUS

TALLINN

ELEKTROMONTAŽ

ELEKTROMONTAŽ

II

MONTAŽNÍ PRÁCE

PROJEKTACE A MONTAŽ
V ELEKTROENERGETICE

1958

STAVBA ELEKTROENERGETICKÝCH
ZÁSOBNÍCH ÚSTŘEDÍ

INSENER V. SEPHANS

ELEKTROMONTAAŽ

II

MÕOTMISTEHNIKA

KAASA TÖÖTANUD INSENERID:
R. KULBAS, R. RAVA JA E. PUUSEPP

2438

RK
PEDAGOOGILINE KIRJANDUS
TALLINN 1941

I. SISSEJUHATUS.

1. Mõõtmiste eesmärk.

Mõõtmisi toimetatakse elektrotehnikas ühelt poolt tegevuse ratsionaliseerimiseks, rakendades näit. masinaid tööle vastavalt vajadusele ning surudes sellega alla kadusid ja kulusid; teiselt poolt rikete, nagu ülekoormatuse, maaühenduse jne. kindlaksmääramiseks ning vältimiseks.

2. Mõõtmisviisid.

a) O t s e n e. Enamik mõõduriistu (amper-, volt-, vattmeetrid jne.) on varustatud osuti ja skaalaga; mõõdetav suurus on viimaselt otseselt loetav. Erandjuhtumel kasutatakse ka muid abinõusid, nagu numeraatorit (kWh-mõõtjad), vibreerivaid ribasid (sagedusmõõtjad), valguskiirt jne.

b) K a u d n e. Otsitav suurus leitakse arvutuse teel; mõõdetakse näit. voolu ja pinge suurused ning arvutatakse nende abil välja takistus või võimsus.

3. Mõõduriistade liigid.

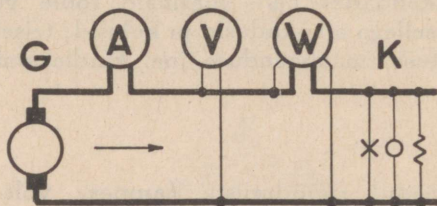
Vastavalt mõõdetavale suurusele on tarvitusel järgmised mõõduriistade liigid: 1) Ampermeetrid (A). 2) Voltmeetrid (V). 3) Vattmeetrid (W). 4) Sageduse-(laine-)mõõtjad (f). 5) Võimsusteguri ($\cos \varphi$) ja reaktiivvoolu mõõtjad. 6) Oommeetrid (Ω) takistuse ja isolatsiooni mõõtmiseks. 7) Voolulugejad energia mõõtmiseks. 8) Induktiivsusemõõtjad (L). 9) Mahtuvusemõõtjad (C). 10) Mõõduriistad magnetiliste omaduste (B, hüstereesi jne.) mõõtmiseks. 11) Mõõduriistad dielektriliste omaduste mõõtmiseks. 12) Mõõduriistad optilisteks (valgusjõu, valgusvoo jne.) mõõtmisteks. 13) Mõõduriistad termilisteks mõõtmisteks.

Neist on tarvitusel: 1 ja 2 — üldiselt, 3—5 — ainult vahelduvvoolul, 6 — ajutiselt külge ühendatava kontrollaparaadina, 7 — energia müümisel ja ostmisel, 8—13 — tööde juures laboratooriumis ja proovisaalis ning erijuhtudel ka tööstustes.

II. AMPERMEETRID.

4. Ülesanne.

Ampermeetrit kasutatakse voolutugevuse mõõtmiseks. Mõõduriist lülitatakse vooluahelasse järjestikku (joon. 1-A). Vastavalt elektrilisele ja mehaanilisele ehitusele jagunevad nad allpool pp. 5—25 loetletud liikidesse.



Joon. 1. Amper-, volt- ja vattmeetri lülitus.

Peale voolutugevuse otseselt mõõtmise kasutatakse tundlikke nõrkvoolu ampermeetreid erilülitustes veel mitmesugusteks teisteks mõõtmisteks, nagu voltmeetrina, oommeetrina, temperatuuride mõõtmiseks koos termoelemendiga jne. Säärased mõõduriistad omavad vastavat eriskaalat.

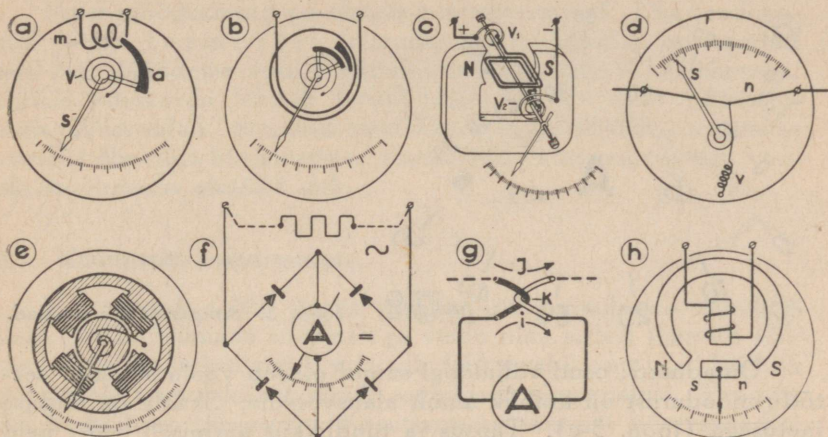
Mõningate mõõtmiste juures (näit. takistuse mõõtmine „sil-laga“) ei ole täpne voolusuurus amprites oluline, vaid arvesse tuleb ainult voolu olemasolu või suuna kindlaksmääramine. Sellisel juhul kasutatakse *galvanomeetrit* — väikest ampermeetrit ilma amperskaalata, enamikus skaala keskel asetseva nullpunktiga.

5. Pehmeraud-ampermeeter.

Selle mõõduriista tööviis põhjeneb rauatükikese liikumisnähtusel magnetväljas.

Ehituse põhimõte on näidatud joonisel 2-a. Pöördumist võimaldava telje külge on kinnitatud osuti *s* ja rauast ankur *a*. Mõlemad hoiab nullasendis spiraalvedru *v*. Voolu läbimisel tõmbab solenoid' (mähis) *m* ankrut enda sisse, ja seda enam, mida suurem on voolutugevus.

Mõnikord on solenoidisse asetatud kõrvuti kaks rauatükikest, kusjuures pöörlevalt asetatud rauatükk tõukub paigalseisvast rauatükikesest eemale (joon. 2-b).



Joon. 2. Ampermeetrite ehitus skemaatiliselt.

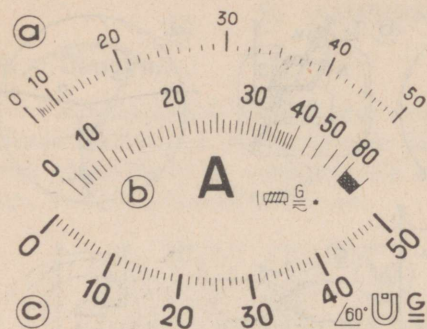
Solenoidi keerdude arv on 1 kuni parkümmend, olenevalt voolu ja vedru tugevusest.

Omadused: kõlblik alalis- ja madalsagedusega vahelduvvoolule, kuid täpsemais riistades on skaala eraldi normitud alalis- ja vahelduvvoolule, kuna osuti hälved on veidi erinevad. Skaala jaotus on ebauhtlane (joon. 3-a), esimene mõõtkriips on ca $\frac{1}{10}$ lõppnäitamisest. Täpsus on raua hüstereesi tõttu väike (vea suurus täpsemais 0,5%, tavalisis kuni 3%). Ehituselt tugev, lihtne ja odav — seetõttu levinuim.

Kasutamine: Peamiselt talitusriistana (jõujaamades, töökodades), täpsed ka proovisaalis. Ehitatakse neid tavaliselt paarisaja amprini, üle selle — vt. pp. 21—23.

6. Pöördpool-ampermeeter.

Ehitus: tugevate magnetpooluste N ja S vahel asetseval teljel (joon. 2-c) on alumiiniumist raam peenest traadist mähisega. Mähist läbib vool läbi vedrude V_1 ja V_2 ; viimased hoiavad ühtlasi osuti nullasendis. Voolu mõjul pöörduv mähis (vedrusid pingutades) seda enam, mida suurem on voolutugevus. Magnetivälja ühtlasemaks jaotamiseks ja õhuvahe lühendamiseks asetatakse pooluste vahele, pöörleva mähise keskele, veel paigalseisev rauast silinder.



Joon. 3. Ampermeetri skaalad.

Omadused: osuti väljalöögi suund oleneb voolu suunast, seetõttu mõõduriist on kõlblik ainult alalisvoolule. Skaala on ühtlase jaotusega (joon. 3-c). Täpsus ja tundlikkus äärmiselt suur; neid mõõduriistu saab ehitada veega 0,1% ja voolutugevuse jaoks (skaala lõppnäitus) minimaalselt kuni 0,0001 mA. Maksimaalne voolutugevus on tavaliselt 10 mA, suuremate voolutugevuste korral kasutatakse šunte (vt. p. 22).

Kasutamine: a) laboratooriumides, b) talitusriistana ühenduses šundiga, c) juhul, kui vajalik teada voolu suunda (aku laadimisel jne.). Skaala nullpunkt — äärel või keskel.

Tavaliselt kasutatakse ülalkirjeldatud tüüpi ampermeetreid, erijuhtumel ka alljärgnevaid.

7. Pöördpool-ampermeeter õgvendajaga.

Vahelduvvool muundatakse alalisvooluks (pulseeruvvooluks) ning lastakse selliselt läbi pöördpool-milliampermeetri. Paremused: a) suure tundlikkuse tõttu võimaldab see mõõtriist ka nõrkade vahelduvvoolude mõõtmist; b) ühenduses šuntide ja eeltakistustega võimaldab igasuguseid mõõdupiire nii alalis- kui ka vahelduvvoolule. Voolu liigi muutmiseks kasutatakse tavaliselt kuivõgvendajaid sildlülituses (joon. 2-f).

8. Pöördpool-ampermeeter termomuundajaga.

Vahelduvvoolu poolt juhtmes tekitatud soojus mõjub termoelemendile; viimasel soojuse mõjul tekkinud nõrk alalisvool lastakse läbi tundliku pöördpool-ampermeetri.

Need mõõduriistad on ehituselt mitmesugused. Üks tundliku-
maid — nn. termorist muundajaga mõõduriist on toodud
joon. 2-g. Mõõdetav vool J tekitab kontaktpunktis K soojenemise,
viimane omakorda tekitab termoelemendina töötavas juhtmete-
paaris alalisvoolu i. Suurema tundlikkuse saavutamiseks asetatakse
termorist õhutühja klaastorusse. Kasutatakse kõrgesagedusega voo-
lude mõõtmiseks alates 1 mA.

9. Kuumtraat-ampermeeter.

Vool lastakse läbi peene plaatina-iriidiumisulamist traadi n.
(joon. 2-d). Viimane soojeneb ja venib ning sellest tingitud suu-
renev lõdve kantakse vedru v ja silindri kaasabil osutile s. Kõlblik
igasugustele vooluliikidele nende sagedusest olenematult. Tundlik,
kuid keskpärase täpsusega. Kasutamisel peamiselt kõrgesagedus-
voolude mõõtmisel (raadio, diatermia). Viimasel ajal kasutatakse
vähe, selle asemel tarvitatakse termomuundajaga pöördpool-mõõ-
duriistu.

10. Bimetall-ampermeeter.

Mõõduriista oluliseks osaks on nikli- ja valgevaseriba kokku-
needitult, mis soojeneb viimast läbiva voolu mõjul. Et vask pai-
sub enam, siis kooldub ribapaar kõveraks, lükates osutit edasi.
Väga aeglane, lühiaegsetele voolutõugetele ei reageeri. Kasuta-
takse ülekoormatuste mõõtmiseks, tihti ühenduses signaalkontakti
või kaasaveetava osutiga, — kõige suurema voolutugevuse märki-
miseks teatud ajavahemikus (vt. p. 25-e) jne.

11. Elektrodünaamiline ampermeeter.

Ehitus nagu elektrodünaamilisel vattmeetril (joon. 10), kuid
mõlemad mähised kas järjestikku (kuni 1 A) või paralleellülituses
(kuni paarsada A). Kõlblik sama skaalaga nii alalisele kui ka ma-
dalsagedusega vahelduvvoolule. Skaala ebaühtlase jaotusega. Täp-
sus suur (viga umbes 0,2%). Kasutatakse laboratooriumides; tali-
tusriistana aga harvem, viimasel juhul on mõõdusüsteem võõrastest
magnetiväljadest hoidumiseks raudkapselduses ja mõnikord veel
raudsüdamikuga (ferrodünaamilised riistad).

12. Induktsioon- (Ferraris'e) ampermeeter.

Kõlblik ainult vahelduvvoolule. Töötamisprintsiibilt vastab ühefaasilisele assünkroon-(induktsioon-)mootorile (joon. 2-e). Alumiinium-trumlile (või -kettale) mõjub kaasakiskuvalt keerlev (või edasinihkuv) magnetiväli. Trumlit hoiab tasakaalus vedru. Pöördejõud suur; täpsuselt võrdne, kuid hinnalt kallim pehme-
raud-riistadest. Kasutatakse harva — peamiselt registreerivate või suure skaalaga riistade juures.

13. Polariseeritud pehmeraud-ampermeeter.

Ehitus: permanentmagneti poolused NS hoiavad rauatükki n s „magnetvedruna“ nullseisundis (joon. 2-h); viimast mõjutab elektromagnet. Väljalöögi suund oleneb voolu suunast. Kõlblik ainult alalisvoolule. Täpsus väga väike. Kasutatakse peamiselt autodel, \pm skaalaga.

14. Mõõtmise täpsus.

Vastavalt täpsusele jagunevad ampermeetrid järgmistesse klassidesse: klass 0,2, 0,5, 1,0, 1,5 ja 2,5; kusjuures täpsusklassi tähistav arv näitab ühtlasi lubatavat maksimaalset vea %; näit. mõõduriistadel täpsusklassist 0,5 ei tohi viga suurem olla kui $\pm 0,5\%$.

Klass 0,2 ja 0,5 on peenmõõduriistad, laboratooriumi jaoks, need on kallid ja õrnad; 1,0—2,5 on talitusriistad.

Varemalt kasutati täpsusklassi tähistamiseks ka tähti: klass E — maksimaalne viga $\pm 0,2-0,4\%$; F — $\pm 0,3-0,6\%$; G — $\pm 1,5\%$; H — $\pm 3\%$.

15. Ülekoormatus.

Täpsed riistad (klass 0,2 ja 0,5) peavad kestvalt taluma nimivoolutugevust (skaala näitamise), harilikud talitusriistad (klass 1—2,5) kestvalt 1,2-kordse ja tõukeliselt 10-kordse nimivoolutugevust. Mootorite jaoks määratud ampermeetrid varustatakse vahest 1,5—3-kordse ülekoormatuse skaalaga (joon. 3-b).

16. Isolatsioon ja pinge.

Isolatsioon valitakse vastavalt võrgu pingele. Normaalselt valmistatakse ampermeetreid järgmiste pingete jaoks.

| Maksim. tööpinge * | Proovipinge kV | Tähistusmärk skaalal | |
|--------------------|----------------|----------------------|---------------------|
| | | Vana | Uus |
| 0— 40 | 0,5 | Must täht | Must täht |
| 40— 100 | 1 | Pruun „ | — |
| 100— 650 | 2 | Punane „ | Must täht, arvuga 2 |
| 650—1000 | 3 | Sinine „ | „ „ „ 3 |
| 1000—1500 | 5 | Roheline „ | „ „ „ 5 |
| 1500—3000 | 10 | — | „ „ „ 10 |

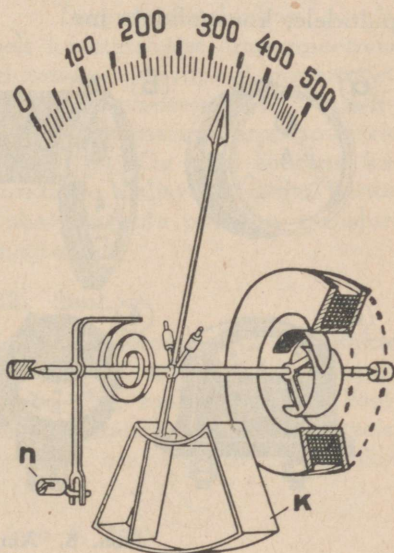
17. Mõõdusüsteemi laagrid.

Enamasti toetub mõõduriista osuti telg teavikkudega poleeritud kividele, näit. safiirile, rubiinile, granaadile jne. (joon. 4). Pöörlev süsteem tasakaalustatakse raskuste või spiraalvedrudega. Täpsed (vahest ka talitus-) riistad on varustatud väljaspoolse kruviga osuti nullseisundisse viimiseks (joon. 4-n). Kantavad mõõduriistad on mõnikord varustatud osuti „areteerijaga“, mis takistab pöörleva osa liikumist ja põrumist transpordil.

18. Summutaja.

Voolu sisselülitamisel kõigub vabalt asetatud osuti tüki aega edasi-tagasi (erandiks on bimetall-riist), takistades hälve lugemist;

Joon. 4. Mõõdusüsteemi laagrid.



* Juhtme ja korpuse (kere) vahel.

selle vältimiseks varustatakse mõõduriistad summutajaga. Summutaja tüübid: a) õhuga — teljega ühenduses olev tiib liigub poolkinnises karbis (joon. 4-k); b) magnetiline — alumiiniumketas liigub magnetpooluste vahel.

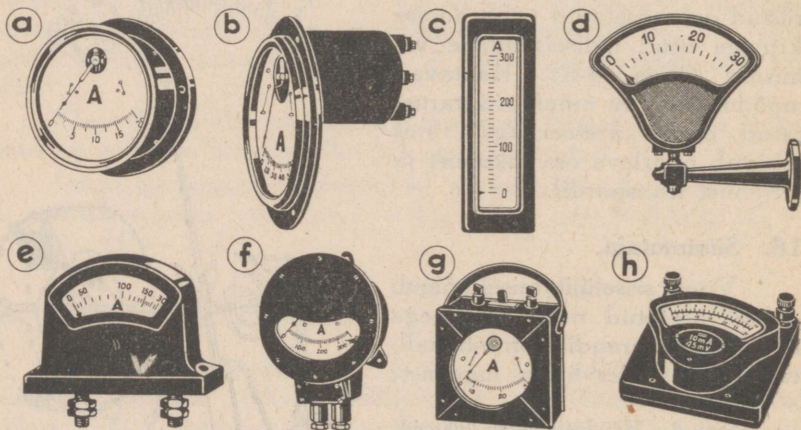
19. Osuti ja skaala.

Talitusmõõduriistadel tehakse osuti odakujuline, lai, eemalt silmapaistev, täpseil laboratooriumiriistadel serviti asetatud noa kujuline. Skaala on esimestel harva-, viimastel peenjaotusega. Et vältida paralaksist (viltusest vaatamisest) tingitud viga, asetatakse täpsete riistade skaala alla peegel; vaatamise suund on õige, kui osuti ja ta peegelpilt on kohastikku. Skaala suund on normaalselt vasakult paremale (joon. 3) või alt üles.

20. Korpuse ehitus.

Vastavalt välisele kujule on tarvitusel peamiselt järgmised joonisel 5 näidatud ampermeetri tüübid.

A. Kohtkindlaks asetuseks — lülituskilpidele, pultidele, konsoolidele jne.



Joon. 5. Ampermeetri tüübid.

a) Ümmargune, plekk-korpusega, kinnitamiseks lülituskilbile. Kõige levinum tüüp. Sokli (alumise ringi) läbimõõt harilikult 135, 185, 225 mm. Ühenduspoldid tavaliselt taga, soovi korral ka eesasetsevate klemmidega. Harvem ehitatakse väline korpus ka kandilisena. Pleki asemel kasutatakse mõnikord ka isoleerainet.

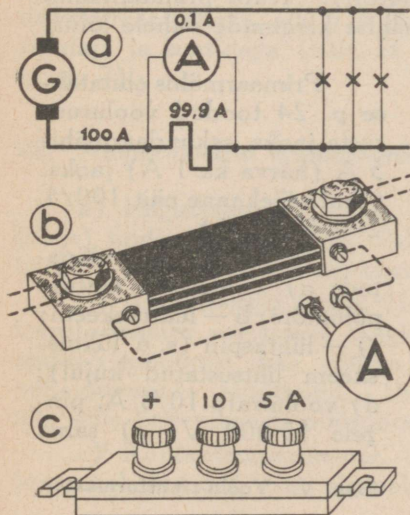
b) Sama frontringiga, lülituskilbi sisse asetamiseks. c) „Profiilkuju“, tasapinnalise või kumera skaalaga. Skaala asetus on, vastavalt tellimisele, püsti või põigiti. Kasutatakse vähese ruumi korral. d) Sektorikujuline, väga suure skaalaga; kasutatakse suure vaatekauguse puhul, enamikus konsoolile või sambale asetatult.

e) Malmkestas — lülituskastidele asetamiseks; pritsvee-kindel ehitusviis. f) Sama, pressvee-kindel (laevadel, kaevandustes jne.). Ampermeetri normaalasend on püstine, soovi korral ka viltune (pultidel) või lamav.

B. K a n t a v a d, kergeks ümberpaigutamiseks ühelt kohalt teise.

g) Montaaži juures kasutamiseks — lihtsa tugeva ehitusega. h) Laboratooriumis — täpsemad, õrnamad.

21. Suure voolutugevuse mõõtmine.



Tugevvoolutehnikas tavaliselt kasutatavaist ampermeetrist ehitatakse pöördpool-ampermeetrid maksimaalselt kuni 0,1 ampriini, pehmeraud-ampermeetrid 300 A-ni. On vool suurem, kasutatakse alalisvoolu puhul šunte, vahelduvvoolu puhul — transformatoreid.

22. Šunt.

Mõõdetav vool juhatakse läbi teatud takistuse — šun di (joon. 6), millega on paralleelselt kasutatavaist ampermeetrist Suurem osa voolust läheb läbi

Joon. 6. Šunt.

šundi, ampermeetrit läbibstab ainult väike osa (näit. 1/10, 1/50, 1/100 jne.) kogu voolust.

Ampermeetriks on pöördpool-, harva ka elektrodünaamiline või kuumustraati-riist; pehmeraud-riist ei kõlba — on ebatäpne. Vähemail talitusriistadel (tavaliselt alla 100 A) asetseb šunt sees, suuremail eraldi.

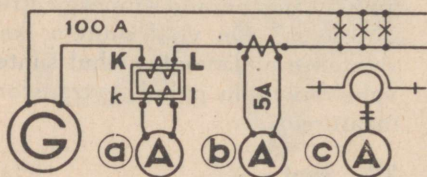
Šundid ehitatakse normaalselt 60- ja 150-mV pingelangusega nimi-(täis-)voolu juures. Tellida ja normida võib šunte ka mõõduriistast lahus.

Ühendusjuhtmete põikpind 1—6 mm², pikkus 2×1—10 m. Täpsetes riistades või suurte pikkuste juures tuleb kasutada ühendusjuhtmeid, mis normitud koos ampermeetriga; harilike lülituskilbi riistade juures võib ühendusjuhtmete takistust ka mitte arvestada.

Laboratooriumiriistadel on harilikult mitu vahetatavat šunti (joon. 6-c), vastavalt voolu tugevusele. Tavaliselt valmistatakse šunt ainest, mille takistus ei muutu temperatuuri tõusuga (mangaaniin, konstantaan).

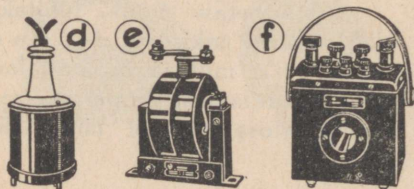
23. Voolu-transformaator.

Voolu-transformaatori abil mõõtes juhitakse vool ampermeetrisse üle transformaatori (voolureduktori). Trafo primaarmähis läbibstab mõõdetav vool, sekundaarmähise klemmide vahele lülitatakse ampermeeter (joon. 7).



Primaarmähis ehitatakse p. 24 toodud voolusuuruste jaoks, sekundaarmähis 5 A (harva ka 1 A) jaoks. (Trafo ülekanne näit. 100/5, 200/5 jne. A).

Joonisel 7 on näidatud: a) voolutrafo ehituse põhimõte; b — lülituskeem; c) — lülituspilt (s. o. lülituskeem lihtsustatud kujul); d) voolutrafo 10/5 A, pingele 15 000 V; e) sama



Joon. 7. Voolu-transformaator.

100/5 A 1 000 V; f) sama, laboratoorseks otstarbeks, kuid mitmesuguseile voolupiirkondadele, kusjuures suuremate voolude puhul, üle 100 A, mõõdetav vool juhitakse isoleeritud juhtmega (NGA) läbi trafo keres asetseva avause, vastavalt voolu suurusele üks (suure voolu korral) või enam korda.

Voolutrafosid võib kasutada ka nimipingest madalamate pingete juures, näit. 15-kV-list 6 või 3 kV juures.

Mõõduriistade puudumisel tulevad töötava voolutrafo sekundaarmähise otsad ühendada otsesisesse (vt. p. 103).

24. Mõõdupiirkond.

Kohtkindlad ampermeetrid ehitatakse ühe mõõdupiirkonnaga. Tugevvoolutehnikas kasutatakse normaalselt (IEC) alljärgnevaid suursi:

| | | | | | | | | | |
|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
| 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| (400) | 500 | (600) | (800) | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 3 000 | A jne. | |

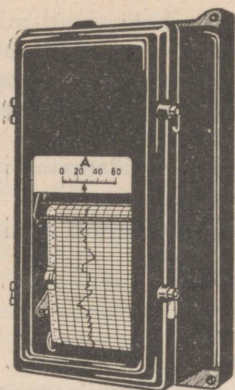
Kantavad ehitatakse maksimaalselt 2—3 mõõdupiiriga, näit. 5/10 või 5/10/20 A. Suurem mitmekesidus saavutatakse: a) alalisvoolul pöördpool-ampermeetriga ühenduses ümbervahetatavate šuntidega; b) vahelduvvoolul üle 5 A ümberlülitatavate voolu transformaatoritega, alla 5 A pöördpool-ampermeetriga seoses õgvendaja ja šuntidega (näit. H & B „Multavi“; SG „Tavo“ jne. vt. p. 7).

25. Ampermeetrid eriotstarbeiks.

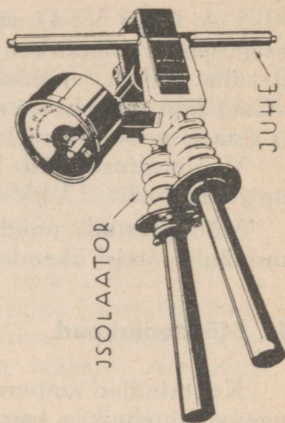
a) Registreerivad (joon. 8). Kirjutavad näitamise (osuti hälve) tindiga paberiribale. Paberi kiirus 3—240 mm tunnis. Pabeririba veab edasi kellamehhanism.

b) Ampertangid (joon. 9), ühenduses ampermeetriga. Voolu transformaator asetatakse tangide kujuliselt ümber juhtme. Võimaldab mõõtmist ilma juhtme läbilõikamiseta. Kasutatav ainult vahelduvvoolu mõõtmisel. Üle 50 A pehmeraud-ampermeeter, alla selle õgvendajaga pöördpool-ampermeeter.

c) Kontaktampermeeter. Teatud, näit. maksimaalsel voolutugevusel ühendab osuti signaal- või abivooluringi. Vähe tarvitu-



Joon. 8. Registreeriv ampermeeter.



Joon. 9. Ampertangid.

sel, sest parema kontakti ja töökindluse mõttes on vastavad reeled soovitatavamad.

d) Ettelükatud osutiga, mootorite käivitusvoolu mõõtmiseks.

e) Kaasaveetava osutiga, ülekoormatuse märkimiseks. Mõõdumehhanismiga ühendatud peaosuti lükkab abiosutit edasi; peaosuti tagasiminekul jääb abiosuti suurima voolutugevuse peale seisma, mehhanism harilikult bimetallist.

26. Normimine.

Kontrollitav ampermeeter lülitatakse täpse ampermeetriga järjestikku. Reostaadi abil muudetakse ampermeetreid läbistavat voolutugevust ja võrreldakse mõlema näitamisi. Ebatäpse näitamise korral: a) märgitakse õiged hälbed eri tabelis või graafikus; b) tehakse uus skaala; c) muudetakse hälvet. Hälve muutmiseks võib näit. sisešundi takistust ribade külgejootmise või täkete sisseaagimisega muuta jne. Pöördpool-mõõduriistad on hälve muutmiseks mõnikord varustatud erilise reguleeritava magnet-šundiga.

Pöördpool-süsteemi puhul võib normida šunti ja ampermeetrit eraldi, elektrodünaamilistel ja kuumtraat-riistadel harilikult koos.

Täpsete, normaalampereetrite normimine toimub elektrolüütiliselt („voltameetriga“) või normaalelemendi ja takistuse abil.

III. VOLTMEETRID.

27. Ülesanne.

Voltmeetreid kasutatakse pinge mõõtmiseks voltides (V), millivoltides (mV) või kilovoltides (kV). Lülitatakse võrguga, aparadi klemmidega või mõõdetava vooluallikaga paralleelselt (joon. 1 V). Kõrgepinge juures toimub pinge mõõtmine pingetransformaatori kaudu.

28. Pehmeraud-voltmeeter.

Ehitus- ja töötamisviis samad, mis ampermeetril (vt. p. 5) ainult magnetmähises on paari jämedast traadist keeru asemel paar tuhat peenikesest traadist keerdu. Suure sisetakistuse tõttu on läbiminev voolutugevus väga väike ning mõõduriista võib otsekohe kahe pooluse vahele ühendada. Läbimineva voolu tugevus on võrdeline pingele, ning skaalale on märgitud pinge suurus.

29. Pöördpool-voltmeeter.

Ehitus täpselt sarnane ampermeetri omaga (vt. p. 6), kuid mõõdusüsteemiga on lülitatud järjestikku teatud, tavaliselt paari või enam tuhande-oomiline eeltakistus; viimane on harilikult mõõduriista sisse ehitatud, suurte pingete korral (üle 500 V) ja laboratooriumi-riistadel ka eraldi.

Ühte ja sama pöördpool-mõõduriista võib kasutada ühenduses šuntidega ampermeetrina ja ühenduses eeltakistusega voltmeetrina.

30. Kuumtraat-, elektrodünaamiline ja induktsioon-voltmeeter.

Ehitus ja omadused samad vastavate milliampermeetritega, kusjuures mõõduriist on varustatud voltskaalaga ja esimesel kahel eeltakistusega, viimasel peenema ja rohkema keerdudega mähisega.

31. Elektrostaatiline voltmeeter.

Osutile mõjub kahe või enam plaadi omavaheline külgetõmbe- või tõukumistung elektervälja mõjul. Kasutamisel harva ja kõrgemate, tavaliselt üle 1000 V pingete juures; voolutarvitus praktiliselt null.

32. Ehitus ja täpsus.

Korpuse ehituse, osuti, skaala, laagrite, summutaja ja täpsuse kohta on maksev ampermeetri kohta öeldu.

33. Mõõdupiir.

Kohtkindlad voltmeetrid ehitatakse ühe mõõdupiiriga, tugevvoolule harilikult: 140, 260, 500, 650, 900 ja 1500 V, vastavalt võrgupingetele 110, 220, 380 V jne. Mõnikord on skaala lühendatud; näit. 0—260 V asemel 180—260 V.

Kantavaid laboratooriumi mõõduriistu ehitatakse ümberlülitavate mähiste või eeltakistustega, mitmes mõõduulatuses, näit.: 0,06—15—150—300—750 V.

IV. VATTMEETER.

34. Vattmeetri ülesanne.

Vattmeetreid kasutatakse võimsuse mõõtmiseks vattides (W), (W), kilovattides (kW) või megavattides (MW).

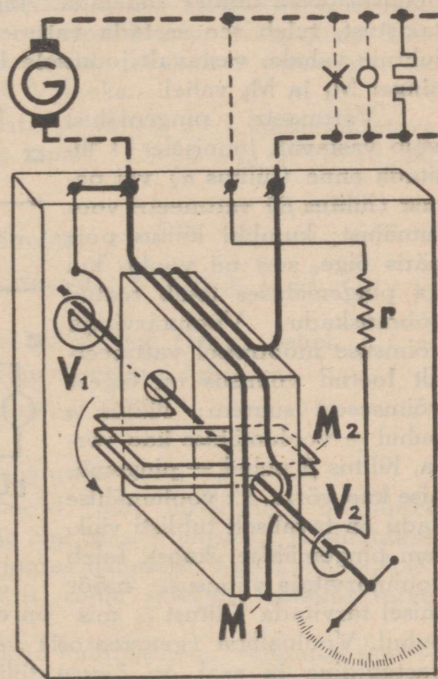
Alalisvoolu juures pole vattmeetrid tingimata vajalikud, sest võimsust arvutatakse valemiga $N = U \cdot J$, kus $N =$ võimsus (W), $U =$ pinge (V), $J =$ voolutugevus (A). Sama valem on maksev ka ühefaasilise vahelduvvoolu kohta, kui koormatus on induktsoonivaba (lambid, küttekehad). Reaktiivsel koormatusel (mootorid, drosslid, kondensaatorid) on üleantav võimsus, võrdse U ja J juures, väiksem:

$$N = U \cdot J \cdot \cos \varphi,$$

kusjuures võimsustegur $\cos \varphi$ (koosinus fii) kõigub 0 ja 1 vahel. Tegelikku võimsust mõõdetakse vattmeetriga.

35. Dünaamiline vattmeeter.

Elektrodünaamilise vattmeetri ehitusskeem on näidatud joonisel 10. Jämedast traadist paigalseisva mähise M_1 (voolumähis) magnetiväljas asetseb teljel olev mähis M_2 (pingemähis); viimase ehitus on sarnane pöördpool-mõõduriista omaga. Voolumähis läbib mõõdetav vool, kuna pingemähis ühendatakse mõõdetava pingega, harilikult üle eeltakistuse (joon. 10-r). Mähiste M_1 ja M_2 magnetiväljade vastastikusel mõjul pöörduvad mähise M_2 vedrusid pingutades ja seda enam, mida suurem on U , J ja võimsus-



Joon. 10. Dünaamiline vattmeeter.

tegur. Skaala jaotus on ühtlane. Kõlblik ühe ja sama skaalaga alalis- ja vahelduvvoolule. Talitusriistades on mõõdusüsteem ümbritsetud rauaga (ferrodünaamiline), mistõttu pöördejõud suureneb, kuid täpsus väheneb.

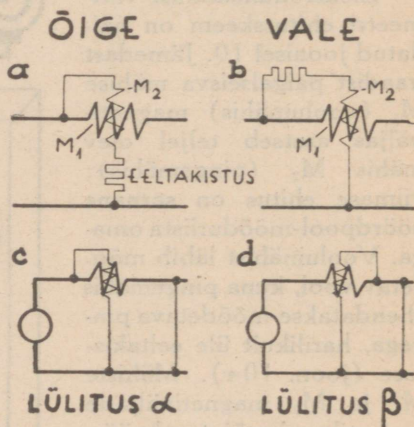
36. Induktsioon- (Ferraris'e) vattmeeter.

Kõlblik ainult vahelduvvoolule. Tööviis sama, mis indukt-sioon-mootoril või -lugejal (vt. p. 65): teljele asetatud kettale või trumlile mõjuvad voolu- ja pingemähise magnetiväljad, kuid ketas või trummel ei saa vabalt pöörelda — tema liikumist takistab spiraalvedru. Trumli või ketta pöördeulatus on võrdeline võimsusega.

37. Vattmeetri lülitus.

Ühendamine võrguga toimub vastavalt joonistele 1, 10, 11 ja 12-a. Kui osuti lööb tagurpidi välja, tuleb pinge- või voolumähiste otsad ümber vahetada. Juhul, kui kasutatakse eraldi eel-takistust, tuleb see asetada vattmeetri ja vattmeetril mitteläbiva juhtme vahele, vastavalt joonisele 11-a, et vältida ohtlikku kõrget pinget M_1 ja M_2 vahel.

Vattmeetri pingemähis võib vastavalt joonisele 11 lülitada enne (lülitus α) või pärast (lülitus β) vattmeetri voolumähis; kumbki lülitus pole päris õige, sest nii voolu- kui ka pingemähises tekib teatud võimsuskadu. Voolutarvitaja võimsuse mõõtmisel vattmeetrilt loetud võimsus on õigest võimsusest suurem: lülitus α puhul — voolumähise kao võrra, lülitus β puhul — pingemähise kao võrra. Et voolumähise kadu on tavaliselt tublisti väiksem pingemähise kaost, tuleb voolutarvitaja võimsuse mõõtmisel tarvitada lülitust α , mis on eriti tähtis väikeste võimsuste puhul. Vooluallika (generaatori) võimsuse mõõtmisel on olukord vastupidine ja seal on õigem lülitus β .



Joon. 11. Vattmeetri lülitus.

Võimalike vigade vältimiseks tuleb veel vattmeetrile juurde-
toodavad volujuhtmed suurte volude puhul asetada võimalikult
kõrvuti ja rauata elektrodünaamiliste riistadega mõõtmistel mõõt-
misriistad asetada umbes 0,75 m kaugusele üksteisest.

38. Ehitus.

Väliskorpuse, mehhanismi laagrite, skaala, samuti ülekoor-
matuse ja täpsuse suhtes on maksev ampermeetrile kohta öeldu.

Normaalselt asetseb skaala nullpunkt äärel; soovi korral (kui
energia suund on vahelduv) ka keskel.

39. Mõõduulatus.

Lülituskilbi vattmeetrid ehitatakse 5 A ja 110, 220, 380 ja
500 V jaoks, suurema volutugevuse korral mõõdetav vool juhi-
takse vattmeetrise volutransformaatori kaudu. Kõrgepinge kor-
ral kasutatakse mõõtttransformaatoreid, kusjuures vattmeeter ise
on ehitatud 5 A ja 100 või 110 V jaoks.

Kantavad vattmeetrid ehitatakse vahest 2—3 ümberlülitatava
voolu- ja pingemõõteulatusega, näit. 25/50 A, 5/10/20 A,
110/220/440 V jne.

40. Keerdvoolu võimsuse mõõtmine.

Keerdvoolu võimsus vattides on $N = \sqrt{3} \cdot U \cdot J \cdot \cos \varphi =$
 $= 3 \cdot u \cdot J \cdot \cos \varphi,$

kus: u = pinge voltides faasi ja nulljuhtme (maa) vahel,

U = pinge kahe faasi (väliste traatide) vahel,

J = volutugevus ühes juhtmes,

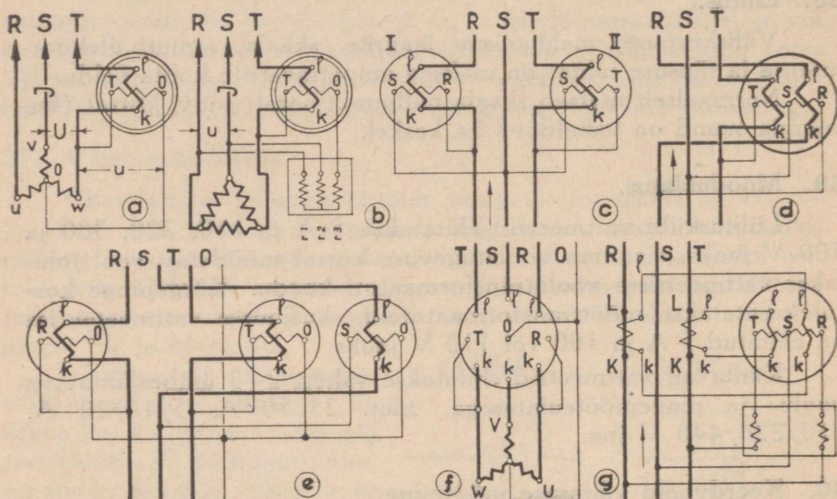
$\cos \varphi$ = võimsustegur.

Vattmeetri lülitused on näidatud joonisel 12.

a) Ühtlaselt koormatud faasid (näit. mootorid), nullpunkt
kättesaadav. Mõõdetakse ainult ühe faasi võimsust. Kasutatakse
kas ühefaasilist vattmeetrit, kusjuures näitamist 3-ga korrutatakse,
või erilist keerdvoolu vattmeetrit, mille skaalalt loetakse terve
keerdvoolu võimsus.

b) Ühtlaselt koormatud faasid nulljuhtmeta. Nullpunkt saavu-
tatakse kunstlikult, eeltakistuse abil, kusjuures $r_1 = r_2 = (r_A + r_B),$
kus r_p = vattmeetri pingemähise takistus.

c) Ebäühtlaselt koormatud faasid, nulljuhtmeta. Mõõtmine toimub kahe ühefaasilise vattmeetriga (Aroni-lülitus). Mõlema hälbed arvatakse kokku. On $\cos \varphi$ üle 0,5 (täiskoormatusel mootorid, lambid, küttereostaadid), on hälve alati positiivne; kui $\cos \varphi$



Joon. 12. Keerdvoolu-vattmeetrite lülitus.

on alla 0,5 (mootorid ja transformatorid tühijooksul), on esimese (olenedes faaside järjekorrast) hälve negatiivne (lööb tagurpidi välja); pinge- või voolumähise otsad ümber vahetada ning ühe hälve teisest maha arvata.

d) Sama — kuid kaks vattmeetrit on asetatud ühisesse kesta ja mõjutavad üht osutit; skaalalt on loetav terve keerdvoolu võimsus.

e) Ebäühtlaselt koormatud faasid nulljuhtmega. Mõõtmine toimub kolme ühefaasilise vattmeetriga. Hälbed arvatakse kokku.

f) Sama — kuid kolm vattmeetrit on ühises kesta ja skaalalt on loetav terve keerdvoolu võimsus.

Märkus: Voolude juures üle 5 A kasutatakse harilikult voolutransformatorit (joon. 12-g). Pingemähis tuleb viimasel juhul ühendada alati sama faasiga, milles on voolumähis.

41. Võimsuse mõõtmine kWh-lugeja (voolulugeja) abil.

Aeglaselt (veerand või enam tunni vältel) muutuva koormatuse puhul (linnad, alevikud jne.) võib kindlaks määrata keskmist võimsust, märkides kWh-lugeja numeraatori seisuga iga $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ või 1 tunni järgi.

Näide: Numeraatori algseis — 3 762 kWh, seis $\frac{1}{2}$ tundi hiljem — 3 765 kWh. Keskmine võimsus $\frac{1}{2}$ tunni vältel:

$$N = (3\,765 - 3\,762) \times 2 = 6 \text{ kW.}$$

Momendil olemasolevat võimsust võib ligikaudselt kindlaks määrata nn. lugeja konstandi (vt. p. 87 ja 91) ja stopperi või sekundikella abil. Lugeja poolt registreeritav võimsus on:

$$N = \frac{3\,600 \cdot n}{K \cdot t} \text{ (kW),}$$

kus: n = loetud ketta pöörete arv;

t = aeg (sek.), mille vältel n loetud;

K = lugeja konstant.

Näide: Voolulugeja ketas teki 40 pööret 50 sek. vältel; lugeja konstant 1 kWh = 1 200 pööret. Võimsus:

$$N = \frac{3\,600 \times 40}{1\,200 \times 50} = 2,4 \text{ kW.}$$

V. TAKISTUSTE MÕÖTMINE.

A. Mõõtmisviisid.

42. Volt- ja ampermeetriga.

Vool lastakse läbi mõõdetava takistuse. Pinge U mõõdetakse voltides ja voolutugevus J amprites (joon. 13-a). Ohmi seaduse põhjal on otsitav takistus oomides: $R_x = U : J \quad (\Omega)$.

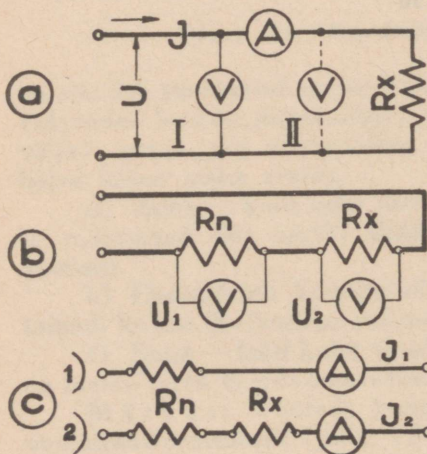
Voltmeetrit võib lülitada enne (joon. 13-a I) või pärast (joon. 13-a II) ampermeetrit. Esimesel juhul mõõdetav vool on õige, kuna mõõdetav pinge on takistuse klemmpingest suurem pingelanguse võrra ampermeetris; teisel juhul on mõõdetav pinge õige, kuid mõõdetav vool on takistuse voolust suurem voltmeetri voolu võrra.

Et takistuse mõõtmisel saada väiksemaid vigu, on kasulikum tarvitada:

lülitust I — kui mõõdetav takistus on suur (võrreldes ampermeetri sisetakistusega) ja

lülitust II — kui mõõdetav takistus on väike (võrreldes voltmeetri sisetakistusega).

43. Normaaltakistusega ja voltmeetriga.



Tuntud normaaltakistus R_n ja tundmatu R_x lülitatakse järjestikku (joon. 13-b). Mõlemast lastakse vool läbi. Mõõdetakse pinget takistuste klemmidel.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_n}{R_x} \text{ ja } R_x = R_n \cdot \frac{U_2}{U_1} \quad (\Omega).$$

Kasutatakse ainult väikeste takistuste mõõtmisel, kui J on küllalt suur.

Joon. 13. Takistuste mõõtmine.

44. Normaaltakistusega ja ampermeetriga.

Vool lastakse kord üksnes läbi R_n -i ja teinekord läbi $R_n + R_x$ (joon. 13-c). Mõõdetakse voolutugevused.

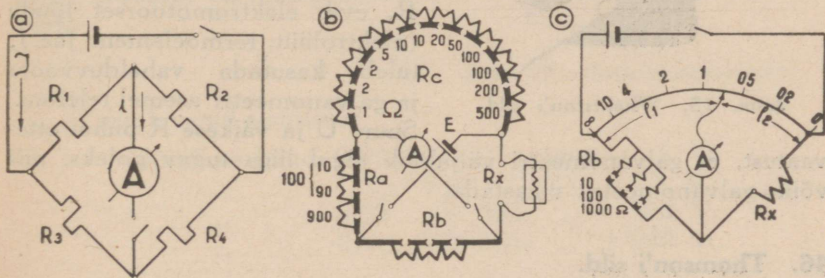
$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{R_n + R_x}{R_n}, \text{ ja } R_x = R_n \cdot \left(\frac{J_1}{J_2} - 1\right).$$

Kasutatakse suurte takistuste mõõtmiseks.

45. Wheatston'i (loe uitstoni) sild.

a) Lülitus näidatud joonisel 14-a. Kui vool i galvanomeetris A on null, siis $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ ja $R_4 = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3$ (Ω).

Tarvitusel kahel allpoolkirjeldatud kujul:



Joon. 14. Wheatston'i sild.

b) Wheatston'i sild topptakistustega (joon. 14-b).

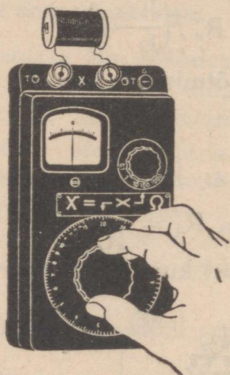
R_x = mõõdetav takistus; R_a ja R_b = ballasttakistused, võetult ümmarguselt 1, 10, 100, 1 000 jne. oomi.

R_c — muudetav; muutmine toimub topiste väljavõtmisega (takistus suureneb) või sisseasetamisega, kuni galvanomeetri osuti jääb nullile püsima. Sel juhul $R_x = R_c \cdot \frac{R_b}{R_a}$ (Ω).

Mõõtmise tulemus on seda täpsem, mida võrdsemad on kõik neli takistust.

c) Wheatston'i sild kontakttraadiga — nn. traatsild (joon. 14-c). Ballasttakistuste asemel kalibreeritud traat; kuna viimasel R on võrdeline pikkusele, on $R_x = R_b \cdot \frac{l_2}{l_1}$ (Ω).

Selline sild, kus ühte kesta on kokku monteeritud vooluallikas, galvanomeeter, muudetav takistus ja kontaktraat, on toodud joonisel 15; vastavalt valitud muudetavale takistusele (0,1, 1, 10, 100, 1000 Ω), on R_x kas otsest äraloetav, või 0,1-, 10- jne. kordne, võrreldes skaala näitamisega. Täpsus väiksem, kuid töökiirus suurem kui eelmistel.



Joon. 15. Wheatston'i sild.

Märkus: Tehniliseks mõõtulatuseks Wheatston'i sillal on 0,05 Ω kuni 1 M Ω ; väiksemate takistuste juures on see mõõduriist ebatäpne, suuremate puhul vajab liiga kõrget pinget. Kui R_x evib elektromotoorset jõudu (elektrolüüt, termoelement jne.), tuleb kasutada vahelduvvoolu ja galvanomeetri asemel telefoni.

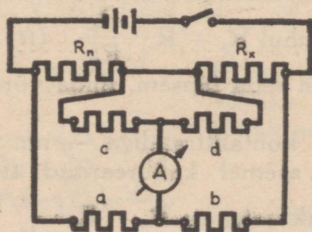
Suure U ja väikese R puhul ettevaatust, et galvanomeetri väljalöök algul liiga tugev poleks, mis võiks galvanomeetrit vigastada.

46. Thomson'i sild.

Lülitus joonisel 16. R_x mõõdetav, R_n reguleeritav normaal-takistus. Kui vool $i = 0$ ja $a = b$ ning $c = d$, siis $R_x = R_n$ (Ω).

Muidu $R_x = R_n \cdot \frac{b}{a}$ (Ω), kusjuures $a : b = c : d$.

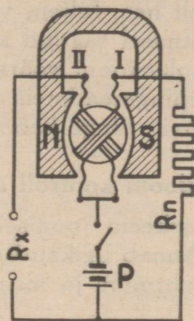
Kasutatakse väga väikeste (0--1 Ω) takistuste mõõtmiseks.



Joon. 16. Thomson'i sild.

47. Oommeeter ristpooliga.

Lülituskeem on näidatud joonisel 17. Terasmagneti pooluste N—S vahel asetsevad ühisel teljel kaks ristiasetatud pooli; neist saab I voolu üle tuntud takistuse R_n , II üle mõõdetava R_x ; kumbki pool püüab osutit pöörata vastupidises suunas, väljalöök oleneb ainult R_x ja R_n suhtest; mõõdetava takistuse suurus on skaalalt otseselt loetav. U kõikumised mõju ei avalda. Vooluta olekus osutil kindlat seisukohta pole. Vooluallikaks on galvaani element, induktor või ka alalisvooluvõrk.



Joon. 17. Ristpool-oommeeter.

Enamlevinud suurused:

| | | | |
|---------------|------------------------|-------|----------|
| Mõõdupiirkond | 0,001...1 Ω ; | pinge | 2 V, |
| „ | 1...1 000 Ω ; | „ | 4 V, |
| „ | 0,05...50 M Ω ; | „ | 500 V, |
| „ | 0,1...100 M Ω ; | „ | 1 000 V. |

B. Isolatsiooni mõõtmine.

48. Isolatsioon.

Isolatsiooniks nimetatakse lühidalt isolatsiooni takistust kahe juhtme või juhtme ja maa vahel. Et isolatsiooni takistus ka parima materjali ja töö juures pole lõpmata suur, siis voolab osa elektrit alati läbi isolatsiooni. Tähendatud vool normide kohaselt ei tohi olla suurem kui 1 mA iga elektriseadme osa kohta, kusjuures seadme osaks loetakse osa kahe üksteisele järgneva kaitsme vahel või lõpposa pärast viimast kaitsset. Sellele vastavalt peab isolatsiooni takistus olema mitte alla 1000 Ω iga voldi kohta või vähemalt:

| | | | | |
|---------------|-------|--------------------|---|--------|
| 0,11 megaoomi | 110 V | võrgupinge juures, | | |
| 0,22 | „ | 220 V | „ | „ |
| 0,38 | „ | 380 V | „ | „ jne. |

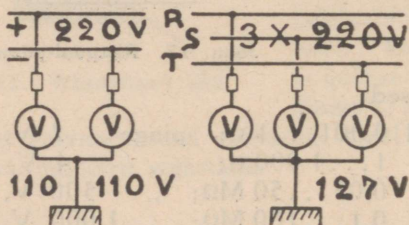
Suurema, mitmest haruliinist koosneva võrgu takistus võib olla vastavalt väiksem.

Isolatsiooni suurus on muutuv; näit. õhuliinides kuivalt hea, uduga halb, uuel krohvalusel tööil halb, hiljem kuivades parem; tallides uuelst hea, hiljem võib halveneda jne., mistõttu pole isolatsiooni mõõtmisel saadud arvud kindlad ja püsivad suurused, vaid näitavad isolatsiooni väärtust mõõtmise momendil.

Kõrgepingeseadmeis on isolatsiooni kõrval tähtis veel läbilöögi (proovi) pinge kahe juhtme või juhtme ja maa vahel.

49. Isolatsiooni kontroll maandatud voltmeetriga.

Lülitusskeem joonisel 18. Töötamise põhimõte analoogiline p. 43-le. Annab ligikaudse ülevaate töötava võrgu isolatsiooni seisukorrast juhtmete ja maa vahel. Normaalselt näitab alalisvoolul



Joon. 18
Isolatsiooni kontroll.

$1/2$, keerdvoolul $1/\sqrt{3}$ võrgupingest; vea korral väheneb vastava V-meetri väljalöök, kuna teistel tõuseb. Kasutada võib lihtsat pehmeraud-voltmeetrit; ümberlülitil kasutamisel saab läbi ka ühe voltmeetriga.

50. Isolatsiooni mõõtmine voltmeetriga.

Kui voltmeetriga järjestikku lülitada mingi väline takistus R_x , siis väheneb V-meetrit läbistav voolutugevus ja osuti hälve seda enam, mida suurem on R_x .

Kui näit. voltmeetri sisetakistus $R_v = 30\,000$ oomi ja R_x samuti 30 000, langeb voltmeetri hälve poole võrra (näit. 220 V-lt 110 V-le). Töötamise põhimõte vastab p. 44-le, kusjuures milli-amperemeetriks on voltmeeter ja normaaltakistuseks voltmeetri enda sisetakistus, mis täpsemal laboratooriumiriistadel harilikult skaalale märgitakse.

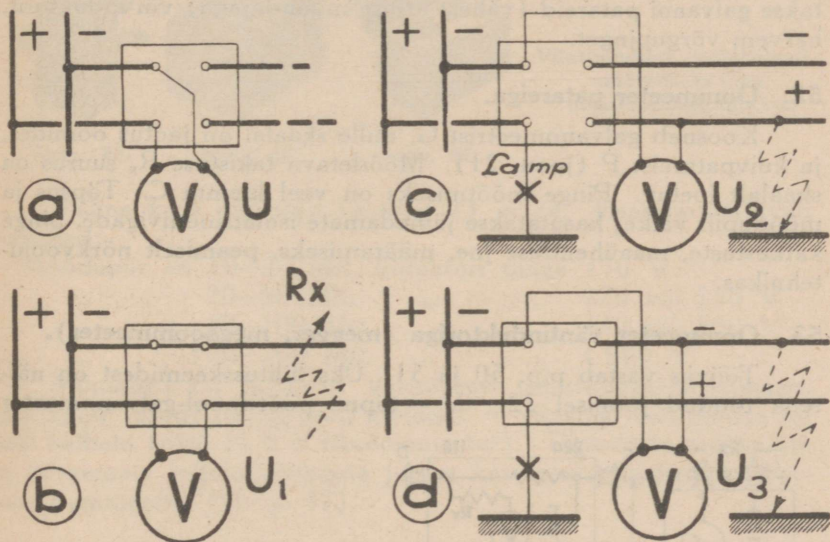
$$\begin{aligned} \text{Otsitav takistus arvutatakse valemiga } R_x &= R_v \cdot \left(\frac{U}{u} - 1 \right) = \\ &= R_v \frac{U - u}{u} \quad (\Omega), \end{aligned}$$

kus: R_v = voltmeetri sisetakistus (Ω); U = võrgu pinge (V), u — sama voltmeetri hälve (V) üle mõõdetava isolatsiooni mõõtes.

Joonisel 19 on näidatud: a) pinge U mõõtmine, b) isolatsiooni mõõtmine kahe juhtme vahel, c) sama, positiivse juhtme ja maa vahel, d) sama, negatiivse juhtme ja maa vahel.

Märkus: Voltmeeter peab olema suure sisetakistusega, näit. pöördpool-riist.

See viis on kasutatav ainult alalisvoolu võrkudes.

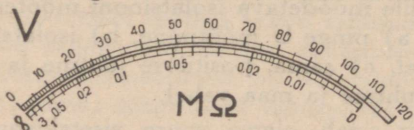


Joon. 19. Isolatsiooni mõõtmine voltmeetriga.

Näide: $R_v = 50\,000$ oomi, $U = 225$ V, $U_1 = 15$ V, $U_2 = 20$ V (vt. joon. 19-b ja c). Isolatsiooni takistus kahe juhtme vahel on: $R = 50\,000 \times (225 - 15) : 15 = 700\,000$ oomi; takistus + juhtme ja maa vahel $R = 50\,000 \times (225 - 20) : 20 = 512\,500$ oomi.

51. Pöördpool-oommeeter üldiselt.

Teatud püsiva mõõdupinge, näit. 110, 220, 250 V jne. jaoks võib voltmeetrile (vt. p. 50) voltskaala kõrvale ka vastava oomskaala märkida, nii et takistuse suurus on skaalal kohe loetav; kuid hälve on õige ainult seni, kuni mõõtmine toimub pingega, millise



Joon. 20. Oommeetri skaala.

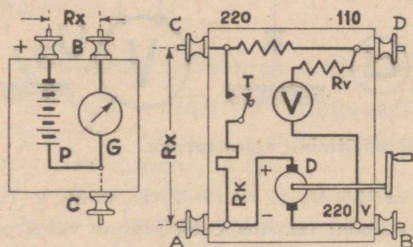
jaoks oomskaala tehtud, s. o. pingega, milline on voltskaalal kohastikku oomskaala nulljaotusega (joon. 20). Vooluallikana kasutatakse galvaani patareid (vahest erilise muundajaga) või induktorit, harvem võrgupinget.

52. Oommeeter patareiga.

Koosneb galvanomeetrist G, mille skaalal on jaotus oomides, ja kuivpatareist P (joon. 21). Mõõdetava takistuse R_x suurus on skaalalt loetav. Pinge mõõtmiseks on veel klemm C. Täpsus ja mõõdupiir väike; kasutatakse jämedamate isolatsioonivigade, pinge katkestuste, maaühenduse jne. määramiseks, peamiselt nõrkvoolutehnikas.

53. Oommeeter väntinduktoriga (megger, megaoommeeter).

Tööviis vastab p.p. 50 ja 51. Üks lülitusskeemidest on näitena toodud joonisel 22. V = täpne pöördpool-galvanomeeter



Joon. 21 ja 22. Oommeeter patarei- ja väntinduktoriga.

volt- ja oomskaalaga, nagu joonisel 20, D = induktor (väike kahe-lamellilise kollektoriga pulseerivoolu dünamo) antud juhul 220-V,

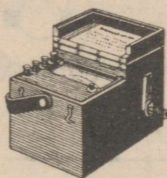
R_v = voltmeetri eeltakistus (antud juhul 60 000 oomi), T = lüliti — taster, R_k = kaitsetakistus (paarkümmend oomi — tihti puudub), R_x = mõõdetav takistus (isolatsioon).

Algul mõõdetakse induktori pinget: lüliti T surutakse alla ning induktorit vändatakse sellise kiirusega (umbes 3 tiiru/sek.), et osuti näitab 0 oomi (220 V); seejärel lastakse lüliti lahti ning endise kiirusega edasi vändates loetakse skaalalt mõõdetav takistus.

Isolatsiooni mõõtmiseks 110-V alalisvoolu võrgupingega ning pingete endi mõõtmiseks omab eelpool kirjeldatud vântinduktor veel klemmid D ja B .



Joon. 23.



Joon. 24.



Joon. 25.

Vântinduktor isolatsiooni mõõtmiseks ning maaühenduse mõõtja.

Väline kuju näidatud joonisel 23 ja 24. Enamtarvitatavad suurused:

| | | | | |
|--------------|----------------------|-----------|-------|---------------|
| Mõõdupiir ca | 10—20 M Ω , | induktori | pinge | 110 V |
| „ | 20—50 M Ω , | „ | „ | 220 või 250 V |
| „ | 40—100 M Ω , | „ | „ | 440 või 500 V |
| „ | 100—200 M Ω , | „ | „ | 1 000 V. |

Mõnikord on induktor varustatud tsentrifugaal-päästikuga, mis õigete tiirude juures osuti areteerib — viimane jääb seisma õigele hälbele (näit. H & B fiksoommeeter). Täpsemate mõõtmiste ja kõrgemate induktoripingete juures kasutatakse vahest ka ristpool-oommeetrit (vt. p. 47).

54. Juhtnöörid isolatsiooni mõõtmiseks.

a) Isolatsiooni takistus kahe juhtme, samuti üksikute juhtmete ja maa vahel (erand: maandatud nulljuhtmed) peab vastama p. 48-le.

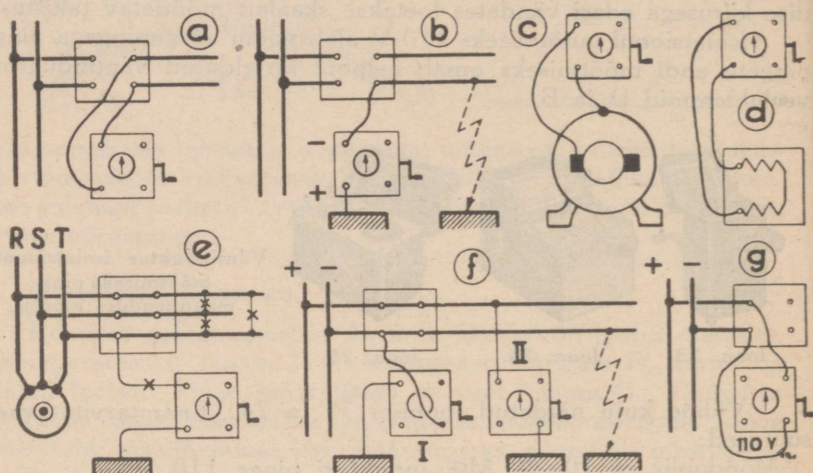
b) Mõõtmist tugevvooluseadmeis teostatakse pingega mitte alla 100 V, kuid soovitavalt võrgupingega.

c) Soovitav on tarvitada alalisvoolu, vahelduvvoolule mõju-

vad segavalt mahtuvusvoolud; kõrgemate (üle 500-V) pingete juures ei tohi ka alalisvoolu pinge olla liiga pulseeriv.

d) Mõõtmise toimub harilikult vältinduktoriga, harvemini (alalisvoolul) ka võrgupinge abil.

e) Mõõtmist toimetatakse harilikult mittetöötavais lünnides, harvem ka töö ajal.



Joon. 26. Mõõtmised vältinduktoriga.

Tarvitavad lülitused on näidatud joonisel 26.

a) Isolatsiooni mõõtmine kahe vooluta juhtme vahel. Kõik liinosad, kaitsmed, lülitid jne. tuleb sisse lülitada. Kõik tarvitajad, aparaadid jne. lahutada (lambid välja keerata, lugeja pingepoolid eraldada jne.).

b) Isolatsiooni mõõtmine vooluta juhtme ja maa vahel. Soovitav maandada induktori plusspoolus (metalloosakeste liikumine elektrolüüsi mõjul negatiivsele poolusele võimaldab mõnikord väikeste vigade kergemat avastamist).

Maanduseks viiakse traat veetoru —, maasse ulatuva raudkonstruktsiooni jne. külge.

c) Isolatsiooni mõõtmine ja kereühenduse kindlaksmääramine masinail ja aparaatidel.

d) Juhtmete proovimine: katkestuste kindlaksmääramine aparaatides.

e) Isolatsiooni mõõtmine töötaval vahelduvvooluvõrgul induktori pingega; viimane ei või olla madalam kui võrgupinge. Annab ainult terve võrgu (2—3 juhet) ühise takistuse maa suhtes. Nulljuhtmega võrkudes ei saa antud moodust kasutada.

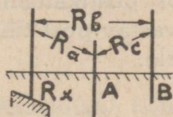
f) Isolatsiooni mõõtmine töötaval alalisvooluvõrgul juhtme (I positiivse, II negatiivse) ja maa vahel võrgupingega. Annab isolatsiooni terve võrgu kohta. Võrgu pinge peab vastama oomskaalale (vt. p. 50); tarbe korral ümber arvutada (p. 50).

g) Pinge mõõtmine (ainult alalisvoolul).

h) Isolatsiooni mõõtmine alalisvoolu võrgupingega, mittetöötavais liiniosades, toimub analoogiliselt p. 50.

55. Maanduse takistuse mõõtmine.

Piksekaitsete, kõrgepinge maandajate jne. maaühenduse takistuse R_x mõõtmine toimub Wheatston'i silla abil vahelduva vooluga (alalisvoolul polarisatsioon segab). Mõõtmiseks kaks abielektroodi A ja B (joon. 27).



Joon. 27. Maanduse takistuse mõõtmine.

$$R_x = (R_a + R_b - R_c) : 2.$$

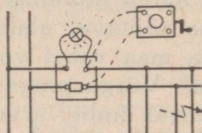
Eriline sild maaühenduste mõõtmiseks on näidatud joonisel 25 — otsitav takistus on otse skaalalt loetav.

C. Isolatsioonirikete leidmine.

56. Siseinstallatsioonides.

Puudulik isolatsioon on enamasti tingitud üksikuist vigaseist kohtadest. Vea leidmiseks proovitakse seadet väntinduktoriga, haruliinisid ükshaaval eraldades (näit. harutoosides ühendusi lahti võttes), kuni viga kaob (või ümberpöörduvalt). Induktor lülitatakse nüüd vigase haru peale ning eelpoolkirjeldatud viisil tehakse vea asukoht lõplikult kindlaks. Lülitaid tarbe korral mitmes seisangus proovida. Otseside korral (kaitsepadrunite läbipõlemine) võib

oommeetri asemel kasutada proovilampi (joon. 28). Lamp põleb, kuni otseside olemas (aparaadid peavad olema seejuures välja lü-



Joon. 28. Isolatsioonirikete leidmine.

litatud). Enamasti on veaallikaiks laearmatuurid, lambipesad, seinakontaktid, harutoosid ja krohvialuse seadise korral seintesse löödud naelad.

57. Õhuvõrgud.

Vea leidmine on analoogiline eelpooltoodule. Soovitav on suuremate (alevi, linna jne.) võrkude ehitamisel liinidesse asetada lahutuskohad, lahklülite või postikaitsmete näol. Raudliinides hakkab maaühenduse korral vastav post tihti undama; heli kandub piki liini paarisaja m kaugusele.

58. Kaabelliin.

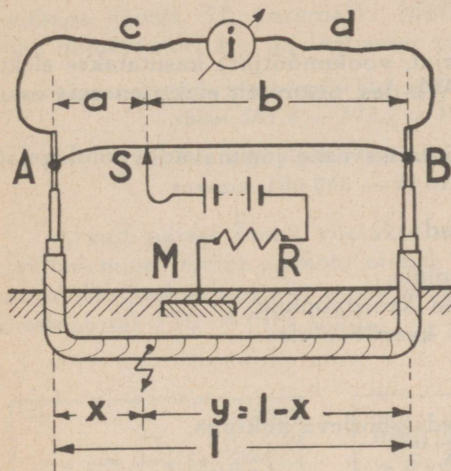
Enamesinevaks rikkeks on maaühendus, harvem otseside kahe soone vahel. Vea asukohta määramiseks on olemas erilised mõõduuriistad; nende puudumisel võib vea asukohta määrata ka allpool toodud viisil.

a) Silla meetod.

Lülitusskeem joonisel 29. Kaabli otste AB vahele tõmmatakse kaabli asetusplaani järgi kaabli kohale ühtlase jämedusega traat (näit. raudtraat, läbimõõduga 2–3 mm). Voolutugevuse piiramiseks tarbe korral takistus R; vooluallikaks patarei või alalisvoolu võrk. Kui $i = 0$, siis $a : b = x : y = x : (1 - x)$ ning kontakt s asetseb otse maaühenduse kohal. Maaühenduse M asukoht, samuti c–d pikkus ja jämedus pole tähtsad. Kontaktid A ja B tuleb korralikult kinni joota. Kasutusel lühikeste kaabelliinide puhul.

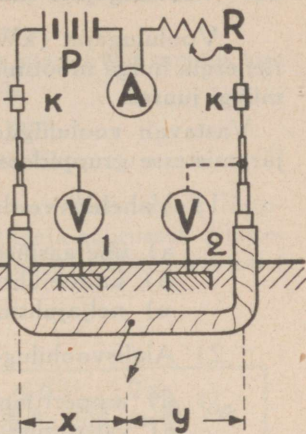
b) Pingelanguse meetod.

Lülitus joonisel 30. Kaablist lastakse maast hästi isoleeritud akupatarei P abil tugev vool läbi. Kaabli otstel pinged mõõde-



Joon. 29.

Kaablirikke leidmine.



Joon. 30.

takse. Maaühenduse kaugus x arvutatakse võrrandiga $x : y = U_1 : U_2$.

Voltmeeter peab olema tundlik ja suure sisetakistusega (vähemalt 300 x kaabli viga); R = reguleertakistus, k — kaitsmed. Soovitav on teha kaks mõõtmist, vastupidiste voolusuundadega, arvutades mõlemast keskmist. Tagasisjuhtmeks võib kasutada teist, tervet kaablijoont.

59. Otseside kaabelliinis.

Vigase koha leidmiseks üks soontest maandatakse, teisel soonel määratakse kaugus p. 58 kirjeldatud viisil kindlaks. Enamasti on rikkekohtadeks kaabli muhvid või kohad, kus tehakse kanalisatsioonitööd.

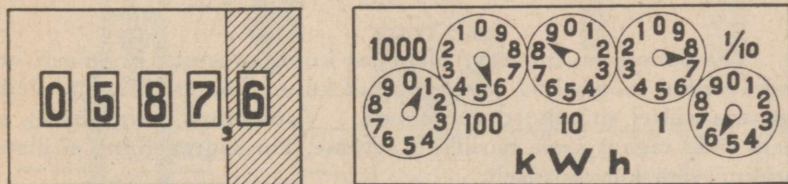
61. Numeraator.

Harilikult kasutatakse numeraatorit hüppavate numbritega (joon. 32, vasakul); erandjuhtumel (laboratooriumiriistades) ka osutitega (joon. 32, paremal). Mõõdetava energia hulka näitab vahe numeraatori alg- ja lõppseisu vahel.

Näide: 1) Seis kuu algul 572,7 kWh, lõpul 587,6 kWh; tarvitus kuu vältel $587,6 - 572,7 = 14,9$ kWh.

2) Seis kuu algul 99 875, lõpul 46 kWh;
tarvitus $100\,046 - 99\,875 = 171$ kWh.

Arvud pärast koma võetakse arvesse harilikult ainult lõpparve tegemisel. Koma asukoht oleneb voolulugeja suurusel. Numeraatori läbijooksu aeg, s. o. üleviskumine uuesti nullile, on täiel koormatusel 750–8 000 tundi.



Joon. 32. Voolulugeja numeraatorid.

62. Vool. Pinge. Ülekoormatus.

Voolulugejad ehitatakse alljärgnevatele voolutugevustele: (3), 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1 000 A jne. kuni 10 000 A.

Vahelduvvoolulugejad ehitatakse otsesele lülitamisele kuni 100 A, üle selle kasutatakse 5 A lugejat ühes voolutrafodega. Iga lugeja peab normide kohaselt taluma ülekoormatust:

5–30-ampriline: 2 min 100%; 2 tundi 50%.

50–10 000-ampriline: 2 min 50%; 2 tundi 25%.

Tööpinge — vastavalt normaalseile võrgupingeile, proovipingele alalisvoolul 1 000 V, vahelduval 2 000 V.

63. Täpsus. Viga.

Voolulugeja ei registreeri elektrienergiat päris täpselt; näitab ta rohkem, on viga positiivne, näitab vähem — negatiivne. Vea suurus, s. o. kõrvalekaldumine õigest näitamisest ühele või teisele poolele ei tohi lugeja normimisel või kordaseadmisel suurem olla kui allpool märgitud:

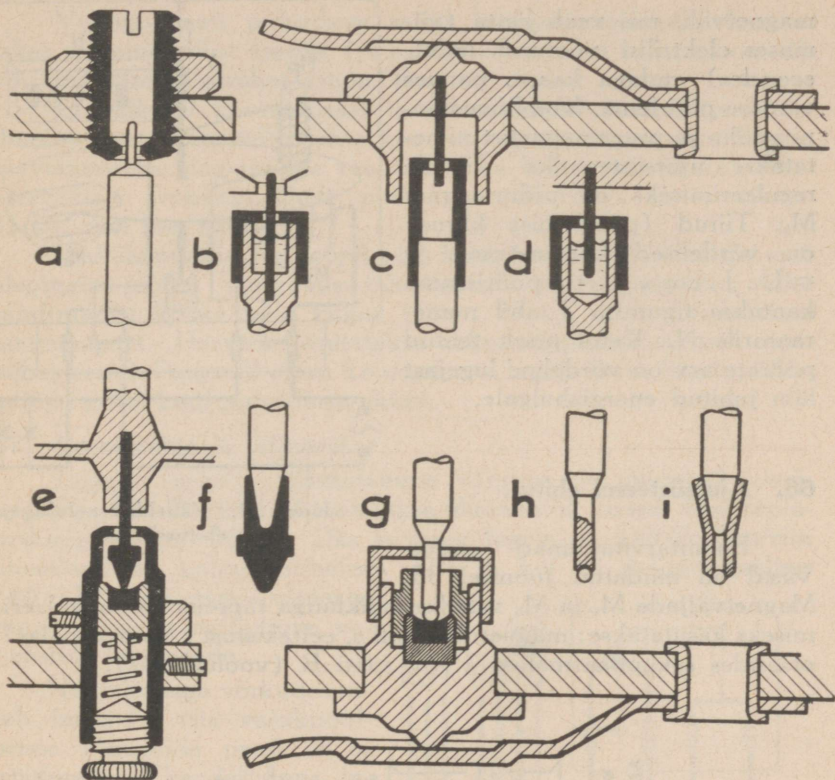
| | Alalisvoolulugeja | | | | | | | Vahelduvvoolulugeja $\cos \varphi = 1$ juures | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 20 | 50 | 75 | 100 | 125 | 5 | 10 | 20 | 50 | 75 | 100 | 125 |
| Koormatus % | 5 | 10 | 20 | 50 | 75 | 100 | 125 | 5 | 10 | 20 | 50 | 75 | 100 | 125 |
| Vea % \pm | 9 | 6 | 4,5 | 3,6 | 3,4 | 3,3 | 5,8 | 7 | 5 | 4 | 3,4 | 3,3 | 3,2 | 5,8 |

Vea suurus on muutuv, olenedes koormatusest. Enamasti on weakõverikul joonisel 37 ja 41 toodud kuju. Töötaval lugejal võib viga aja vältel mõnikord suureneda. Vooluhinna arvutamisel ei võeta seda tagantjärele harilikult arvesse, kui suurenemine ei ületa normimisviga kahekordselt.

64. Laagrid.

Laagrite ehitus on näidatud joonisel 33. Ülemine ehitatakse tapplaagrina (a, b) või nõellaagrina (c, d) õlikambriga või ilma; kohale kinnitatakse neid keermestikuga (a) või vedruklambri (c).

Alumine laager (joon. 33-e, g) koosneb õõnsakspoleeritud rubiinkivist, mis on asetatud vaskpuksi abil juhthülssi, tihti vetruvalt. Kivil pöörleb terastelje tapp. Viimane on enamasti vahetatav kas tervikuna (e, f) või vahetatakse ainult kuuli. Kuuli hoiab kohal vaskhülss (i) või magnetiseeritud telje ots (h). Laagrid töötavad kuival või õlitatult. Õlitada 2—5 a. tagant, erilise puhta, happe- ja vaiguvaba ning mitteauruva õliga.



Joon. 33. Voolulugeja laagrid.

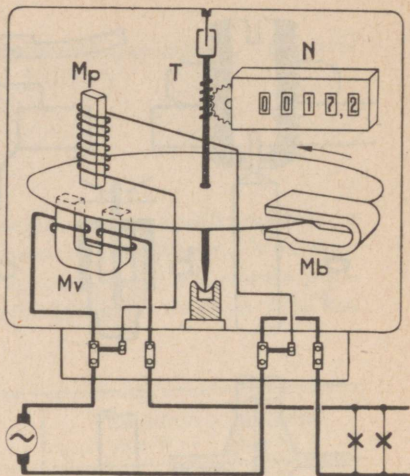
B. Ühefaasilised vahelduvvoolulugejad.

(Induktsioonlugejad.)

65. Tööviis.

Tööviisilt sarnane induktsioonmootorile. Ehituskeem näidatud joonisel 34. Alumiiniumkettale mõjuvad voolumagnet M_v (2–20 keerdu) ja pingemagnet M_p (5 000–10 000 keerdu). Mõlemas tekivad vahelduvad magnetväljad, kuid viimases hilineb välja tekkimine omainduktsiooni tõttu ligi 90° ($1/4$ perioodi) võrra, mistõttu saavutatakse kestvalt ühe pooluse alt teiseni nihkuv

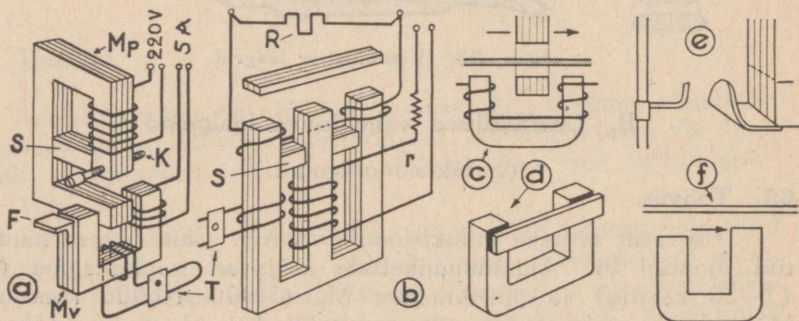
magnetväli, mis veab ketta (viimases elektrilisi voolusid indutseerides) endaga kaasa, pannes viimase pöörlema. Kombinatsiooni voolu- ja pingemagnetist nimetatakse ajursüsteemiks. Tiirude reguleerimiseks on pidurmagnet M_b . Tiirud (pöörlemise kiirus) on võrdelised koormatusele $= U \cdot J \cdot \cos \varphi$. Ketta pöörlemine kantakse tigruratta T abil numeraatorile N . Ketta poolt tehtud pöörete arv on võrdeline lugejast läbi juhitud energiahulgale.



66. Ajursüsteemi ehitus.

Enamtarvitatuimad ehitusviisid on näidatud joonisel 35. Magnetväljade M_v ja M_b vahelise nihknurga täpseks väljareguleerimiseks kasutatakse: magnetilist šunti s , eeltakistust r (pingeahelas), otsesides sekundaarmähist T või šunti R (vooluahelas).

Joon. 34. Vahelduvvoolulugeja ehituskeem.



Joon. 35. Vahelduvvoolu ajursüsteemi ehitusi.

Voolumagneti pidurdava mõju kompenseerimiseks kasutatakse asümmeetrilist asetust (joon. c), magnetilist šunti (joon. d) või ebahühtlast õhuvahet (joon. f).

Et väikesel koormamisel mõjub pidurdavalt laagrite hõõrdumine, asetatakse selle nähte kompenseerimiseks vajaliku lisajõu saavutamiseks pingemähise raudsüdamikule külge rauatükike asümmeetriliselt (rohkem ühele poole), reguleeritava kruvi (joon. 35 k), riivi jne. näol.

Ülaltähendatud jõu mõjul võib ketas ka tühjalt pöörelda, eriti ülepinge juures. Tühijooksu takistamiseks on magnetpidur: väike raudtraadist lipuke telje küljes (joon. 35 e), mida hoiab kinni pingemagnet. Harvem kasutatakse auku või pealekleebitud rauakübet kettal. Pinge all oleva koormamata lugeja ketas liigub pikka-mööda edasi kuni pidurduspunkti.

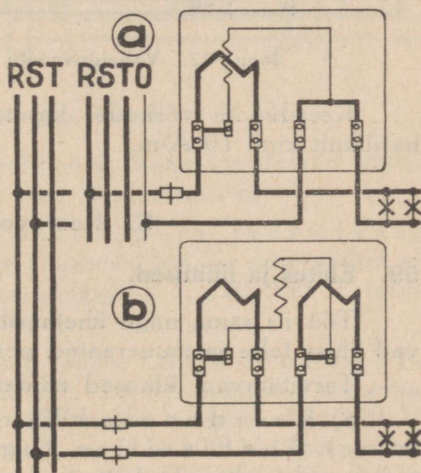
67. Kasutamine ja lülitused.

Lugeja (mõõtja) ühendamine võrguga on näidatud joonisel 34 ja 36. Harilikult kasutatakse ühefaasilist lugejat ühe voolumähisega (joon. 36 a). Üks ja sama lugeja on kõlblik ühte viisi ühendamiseks kolmejuhtmehises 220 V, kui ka neljajuhtmehises 380/220 V võrgus; viimases ainult faasi- ja nulljuhtme vahelistele tarvitajatele.

Nulljuhtmega võrkudes tuleb faasisuhe viia vasakpoolseisse klemmide paari, s. o. voolumähise kaudu, kuna lugeja muidu maaühenduse korral valesti võib näidata.

Ketta pöördsuund on lugejal noolega märgitud, normaalselt vasakult paremale. Keerleb ketas vales suunas, on voolumähisesse minevad otsad ära vahetatud.

Erandjuhtumel kasutatakse mõnikord nulljuhtmehise võrkudes ka lugejaid kahe voolumähisega (joon. 36 b).



Joon. 36. Ühefaasilise lugeja ühendamine võrguga.

68. Tehnilised andmed ja omadused.

Ehitatakse 5–100 A ja 650 voldini; üle selle kasutatakse 5 A \times 100 V (või 110 V) lugejat mõõdutransformaatoritega.

Käimaminek: 0,3–0,5%-lisel koormatusel (5 A lugejal ca 3–5 vatiga).

Omatarvitus pingemähises (tühijooksu kadu) 0,5–1 W; voolumähises 0,7–1,5 W.

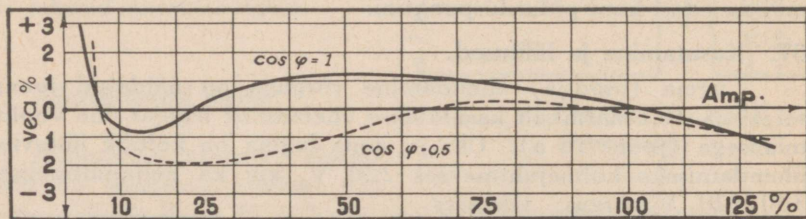
Ankrukaal: 10–30 g.

Tiirud täiskoormatusel 45–65 t/min.

Pöördemoment 3–7 gcm.

Normaalne veaköverik vastavalt joonisele 37.

Netokaal 1–2 kg.



Joon. 37. Vahelduvvoolu kWh-lugeja veaköverik.

Keerdvoolu võrkudes kasutatakse ühefaasilisi kWh-lugejaid harilikult kuni 10 A-ni.

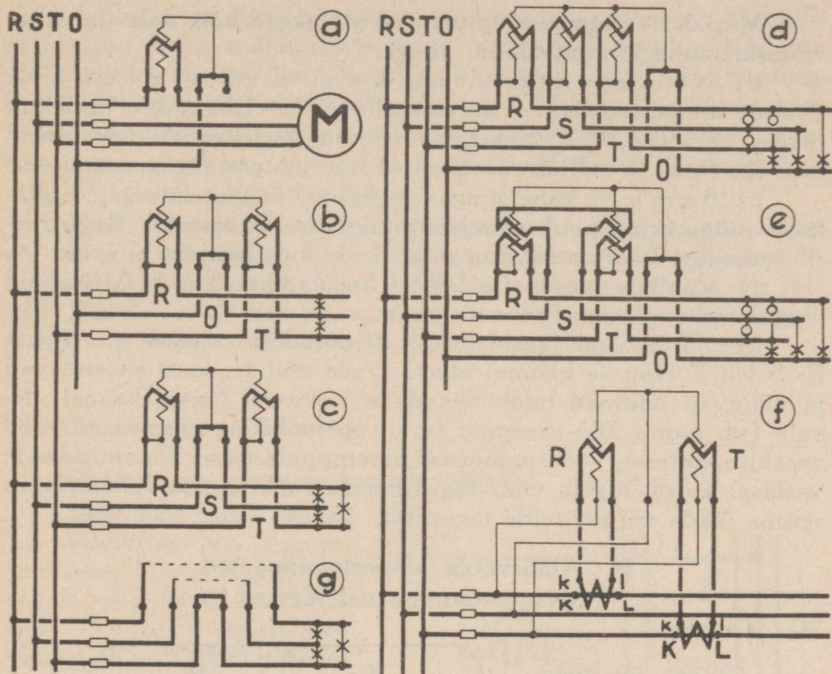
C. Keerdvoolulugejad.

69. Ehitus ja lülitused.

Tööviis sama nagu ühefaasilisel, kuid ühises korpuses mõjuvad ühise telje ja numeraatori peale 2–3 ajursüsteemi.

Tarvitatavad lülitused näidatud joon. 38.

a) Keerdvoolu kWh registreerimine (mõõtmine) ühefaasilise lugeja abil. Ühtlaselt koormatud faasid, nullpunkt kättesaadav (neljajuhtmelised — tähtlülitusega võrgud) — harilik ühefaasiline lugeja. Näidatud arvu korrutatakse 3-ga.



Joon. 38. Keerdvoolulugeja lülitusi.

Tarvitatakse harva, erandjuhtumel, kuna kirjeldatud lugeja ei registreeri vooluvõtmist kahe teise faasijuhtme vahel.

b) Osaline keerdvoolulugeja (kahefaasiline). Tarvitusel nulljuhtmega võrkudes, kui on sisse viidud ainult 2 faasi ja nulljuhe; ehitatakse pingele $2 \times 220/380 \text{ V}$, tarvitusel vähe.

c) Kolmejuhtmeline keerdvoolulugeja (kahe ajursüsteemiga, Aron'i lülitus). Erineb eelmisest numeraatori ülekande ja pinge poolest. Ehitatakse pingele $3 \times 220 \text{ V}$, $3 \times 380 \text{ V}$, $3 \times 500 \text{ V}$, üle selle on $3 \times 100 \text{ V}$ lugeja ühes mõõdutrafodega. Kasutatav igasugusele, ka ebauhtlasele koormatusele, kuid neljajuhtmelistes võrkudes ainult faasidevahelistele tarvitajaile (mootorid, ahjud jne.).

Märkus: Vanemal tüüpidel olid mõnikord kõik sisse- ja väljaviimisklemmid kõrvuti (joon. 38-g).

d) Neljajuhtmeline keerdvoolulugeja (kolme ajursüsteemiga — universaallugeja). Ehitatakse harilikult pigele $3 \times 380/220$ V. Kasutatav neljajuhtmelistes võrkudes igasuguse (ka faasi- ja nulljuhtmevahelise) koormatuse registreerimiseks.

e) Sama — kahe pinge- ja kolme voolumähisega. Ehitatakse mõne firma poolt eelmises punktis toodu asemel. Registreerib igasugust koormatust, kui pinged üksikuis faasides ei erine.

f) Voolude juures üle 100 A kasutatakse 3×5 A lugejaid ühenduses voolutransformaatoritega.

Mis järjekorras faasid lugeja klemmidesse viiakse (s. o. kas R, S või T esimese klemmi alla), ei ole oluline, kuid sissetulevad ja väljuvad juhtmed tuleb ühendada vastavalt lugeja kaanel olevale (vt. joonis 38) skeemile (s. o. vooluallikast tulevad juhtmed vasakpoolsetesse, edasiminevad parempoolsetesse klemmidesse); vastasel korral lugeja võib registreerida rohkem või vähem, võib seisma jääda või pöörelda tagurpidi.

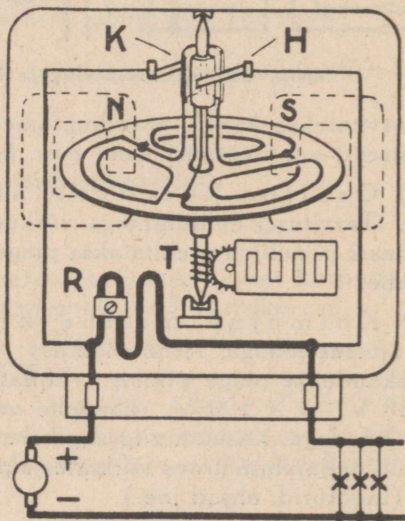
D. Alalisvoolu ampertunnilugejad.

(Magnetomotoorsed lugejad.)

70. Tööviis.

Tööviis on analoogiline alalisvoolu-mootorile, kusjuures magnetivoog tekitab terasmagnetite abil. Ehitusskeem näidatud joonisel 39.

Permanentmagnetite NS vahel (joonisel on viimased märgitud ülevaatlikkuse mõttes punktiiris), püstteljel, asetseb pöörlev ankur.



Joon. 39.
Alalisvoolu ampertunni-
lugeja ehitusskeem.

Ankruks on alumiiniumseib või trummel, millele on ühtlaselt paigutatud kolm mähisesektsiooni. Viimastest lastakse läbi osa mõõdetavast voolust üle 3 lamelliga (lestaga) kollektori (kommutaatori) K ning harjade H. Terasmagneti väljade ja mähiste voolude poolt tekitatud magnetväljade vastastikusel mõjutusel hakkab ankur pöörlema, kusjuures tiirud on võrdelised voolutugevusele. Pöörlemine kantakse tiguratta T abil üle numeraatorile.

Harilikult läbib ankrut ainult väike osa voolust, sest ankur on lülitatud paralleelselt reguleeritavale šundile R. Hõõrumise kompenseerimine on harilikult odavuse ja lihtsuse mõttes ära jäetud. Harva, erandjuhtudel, saavutatakse viimane liikuvate harjade ja viltuselt asetatud kollektorilamellidega.

71. Kasutamine ja lülitused.

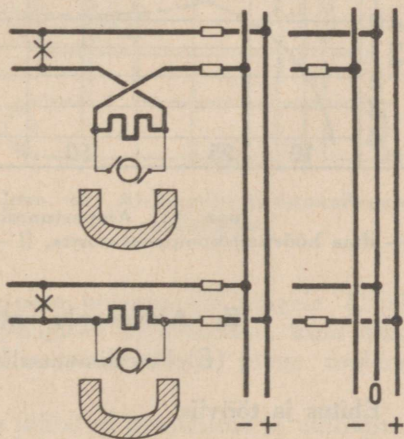
Ühendamine võrguga toimub vastavalt joonisele 40.

Sissetulev juhe viiakse kas vasakusse või parempoolsesse klemmi vastavalt sellele, kas lugeja on lülitatud $+$ - või $-$ -juhtmesse; valesti ühendamisel pöörleb ketas tagurpidi.

Lugeja registreerib ainult ampertunde (Ah), kuid aluseks võttes teatud võrgupinget (110, 220 V), normitakse harilikult kWh-des. Pinge üle normaalse suuruse tõusmisel näitab vähem, langemisel rohkem kui kWh tegelikult on läbi läinud.

110-V Ah lugejat võib kasutada ka 220-V võrgus — korrutades näidatud arvu 2-ga ja ümberpöördukt.

Kasutatakse vähemate, peamiselt valgustusseadmete juures. Levinuim alalisvoolulugeja tüüp.



Joon. 40. Ampertunnilugeja lülitus.

72. Tehnilised andmed.

Ehitatakse kuni 550 V ja 1200 A-ni; 3–100 A-ni sisse ehitatud, suuremate voolude korral (alates 20 A) eraldi asetatud šundiga.

Käimaminek ca 1%-lisel koormatusel.

Omatarvitus: Pinge langus vähemal (alla 10 A) 1–1,5 V, s. o. võimsuse kadu 1–1,5 W iga ampri kohta, suurematel 0,7–1 V. Tühijooksukadu puudub.

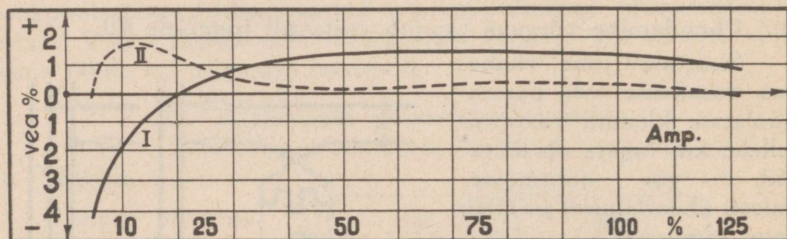
Ankrukaal 50–80 g.

Tiirud täiskoormatusel 60–150 t/min.

Pöördemoment 11–15 gcm.

Normaalne veakõverik vastavalt joonisele 41.

Netokaal 2,5–3,5 kg.



Joon. 41. Ampertunnilugeja veakõverik.

I — ilma hõõrumiskompensaatorita, II — ühes hõõrumiskompensaatoriga.

E. Alalisvoolu vatt-tunnilugejad.

(Elektrodünaamilised lugejad.)

73. Ehitus ja tööviis.

Ehitusskeem näidatud joonisel 42. Tööviisilt analoogiline ampertunnilugejale, ainult permanentmagnetite asemel on raudsüdamiketa elektromagnetid, nn. voolumähised M_v . Tiirude pidurdamiseks ja reguleerimiseks omab eraldi pidurdusmagneti M_b ja pidurdusketta. Hõõrumise kompenseerimiseks asetatakse voolumähiste kõrvale nn. abimähis M_a . Et viimane tühijooksu ei teki-

taks, on pidurduskettale kinnitatud väike rauatükike või kasutatakse pidurdamiseks eraldi elektromagnetit, ühenduses võlli külge asetatud lipukesega (joon. 35-e).

74. Kasutamine ja lülitus.

Vatt-tunnilugejaid kasutatakse suuremate koormatuste puhul. Tarvitavad lülitused ja ühendamine võrguga on näidatud joonisel 43.

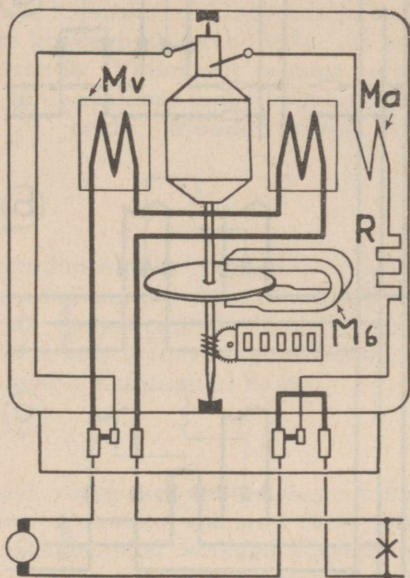
a) Kahejuhtmeline. Ehitatakse normaalselt pingele 110, 220 ja 440 V. Kasutatav ühtviisi nii kahe- kui ka kolmejuhtmelistes (nulljuhtmega) võrkudes (vt. käesoleva raamatu kolmas osa „Jõujaamad ja vooluallikad“ p. 6). Nulljuhtme paigutuse ja pöörd-suuna ning selle muutmise kohta maksab eespool p. 67 öeldu.

b) Kolmejuhtmeline — pingemähis on lülitatud kahe peajuhtme vahele. Ehitatakse normaalselt pingele 2×110 ja 2×220 V. Näitab õigesti igasugusel koormatusel, kuid ainult seni, kuni mõlemad peajuhtmed on pinge all ja pinge mõlemal võrgupoolel ühtlane.

c) Sama — pingemähis on lülitatud peajuhtme ja nulljuhtme vahele. Omadused samad mis eelmisel.

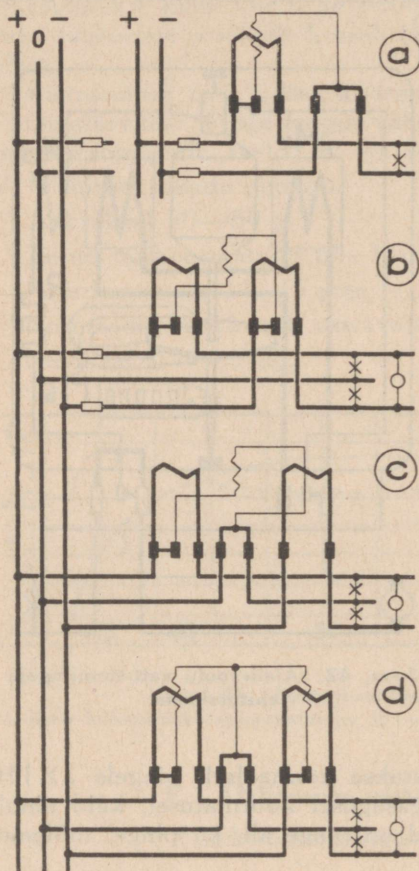
d) Sama — kahe pingemähisega. Näitab õigesti igasugusel koormatusel ja pingel. Väga vähe tarvitusel — selle asemel eraldi kaks kahejuhtmelist.

Mis järjekorras poolused mõõtjasse viia, s. o. kas + või — esimese klemmi alla, pole oluline.



Joon. 42. Alalisvoolu vatt-tunnilugeja ehituskeem.

75. Tehnilised andmed ja omadused.



Ehitatakse kuni 1500 V-ni ja 10000 A-ni; 100 A-st ülespoole tavaliselt eraldi asetatud šundiga.

Käimaminek 0,8–1% lisel koormatusel.

Omatarvitus: Ankrus (tühijooksukadu) 0,01–0,02 A, s. o. 1–2 W iga 100 V kohta); voolumähises vähemal (5–50 A) ca 8–12 W, suuremal – kuni 50 W.

Ankrukaal 100–180 g.

Tiirud täiskoormatusel 40–70 t/min.

Pöördemoment 6–7 gcm.

Netokaal vähemal (alla 200 A) 4–6 kg.

Joon. 43. Alalisvoolu vatt-tunnilugeja lülitus.

F. Alalisvoolulugejad eriehitusega.

76. Elektrolüütiline ampertunnilugeja.

Põhjeneb elektrolüüsi seadusel: Voolu mõjul eraldatud aine hulk on võrdeline ampertundidele.

Lülitus analoogiline magnetomotoorsele ampertunnilugejale (joon. 40), selle erandiga, et ankur asemel on üle eeltakistuse ühendatud elektrolüütkaar.

Mõõtkärg — täielikult kinnine klaasnõu, elektrodide ja kalibreeritud klaastoruga. Viimasesse kogunenud elavhõbeda- või vesinikusamba kõrgus näitab ampertunde. Välimuselt sarnane termomeetriga, Täitunud mõõdutoru tühjendatakse ümberkallutamisega. Kasutamise suhtes maksab p. 71 öeldu. Mõõdu (kärje) vool 1–20 mA, pingelangus 0,5 V.

77. Ostsilleeriv vatt-tunnilugeja.

Tööviis nagu harilikul elektrodünaamilisel lugejal, kuid ankur ei tiirle, vaid liigub $\frac{1}{4}$ -tiiru viisi edasi-tagasi. Ankur koosneb ainsast mähisest, mis saab voolu läbi traatspiraalide. Kollektor puudub, selle asemel on kontakteleed, mis lõppseisangus voolusuuna ümber ja numeraatori edasi lülitavad. Kasutamisel harva.

78. Võnkuv (pendel-) lugeja.

Kaks pingemähistega pendlit võnguvad voolumähiste kohal. Ajurjõuks harilik kellamehhanism. Polariteet esimesel ühe-, teisel vastusuunaline, mistõttu võnkesagedus ühel vooluga tõuseb, teisel — langeb. Võnke diferents kantakse planetaar-hammasrataste abil üle numeraatorile. Tundlik ja täpne riist, kuid kallis.

G. Voolulugejad eriotstarveteks ja eritariifidele.

79. Mitmetariifilised lugejad.

Kasutamisel siis, kui voolu teatud kellaajal kallimalt (öhtul) või odavamalt (öösi) müüakse. Ehitus täpselt sama, mis ühetariifilistel, ainult numeraatoreid on 2 või 3. Kindlaksmääratud vaheaegadel on pöörleva süsteemiga ühendatud vastav numeraator, näiteks: kella 23–7 num. 1 (odav tariif), kl. 7–16 num. 2 (keskm. tariif), kl. 16–23 num. 3 (kallis tariif).

Hammasrataste ümberlülitamine toimub harilikult sisseehitatud relee ja eraldi asetatud (ka mitme lugeja jaoks ühise) kontaktkella abil. Ehitatakse igasugustele vooluliikidele.

80. Rabattlugeja.

Kantav lugeja, mida iga seinakontakti juures pealugeja ja kasutusaparaadi vahele saab asetada. Kasutatakse siis, kui on olemas erilised odavamad tariifid tööstuslikuks või majapidamise otstarbeks, kuid ei taheta installeerida eraldi kohtkindlat tööstuslugejat ja liine. Rabattlugeja näitamist arvestatakse eritariifi järgi, pea- ja rabattlugeja poolt registreeritud arvude vahet — valgustustariifiga. Käimaminek toimub alles teatud koormatuse, näit. 200 W juures, et vältida rabattlugeja kasutamist laualampide jne. juures. Lugeja ehitatakse ampertunni- ja ühefaasilise 3—10-A lugejana.

81. Tippkoormatuse lugeja.

Hakkab lugema teatud koormatusel, näit. 200 W juures; ei registreeri sel juhul aga tervet tarvitust, vaid ainult üle 200 W tõusvat osa; 500 W ja 2 tunni juures näit. $(500 - 200) \times 2 = 600$ Wh. Kasutatakse astmeliste ja segatariifide juures, tihti seoses teise, hariliku pealugejaga: põhitarvitus arvestatakse paušaal- või ühe tariifiga, ületarvitus — teise tariifiga.

82. Lugeja maksimaalse koormatuse näitajaga.

Näitab lugemise perioodi kestel ettetulnud teatud aega (10, 15, 30, 60 min.) kestnud maksimaalse koormatuse. Enamik tüüpe on varustatud osutiga, mis jääb seisma maksimaalsete kW-de peale, ja numeraatoriga, mis kWh registreerib. Kasutatakse põhimaksutariifi juures või kui voolu hinna juures võetakse arvesse koormatuse ühtlus.

83. Voolutarvitude kestuse lugeja (ajalugeja).

Näitab sisselülitamise kestust tundides. Ehitatakse: a) alalis- ja vahelduvvoolule, kellamehhanismi ja elektromagnetilise päästikuga; b) ainult vahelduvvoolule ferraris-süsteemilise mootoriga, harvemiini ka sünkroonmootoriga.

84. Lugejad rahakasseerimise automaadiga.

Harilik lugeja, mis on ühendatud rahaautomaadiga; võimaldab teatud raha sissepanemisel teatud hulga energia võtmist, summa lõppemisel katkestab voolu.

85. Reaktiiv- ja näivvõimsuse-mõõtjad.

Vajalikud ainult vahelduvvoolu võrkudes. Kasutatakse harva, suurtarvitajate juures, kui tahetakse arvesse võtta liine, trafosid jne. koormavat reaktiivvõimsust (ebavõimsust).

86. Voolutugevuse-piirajad.

Kasutamisel paušaaltariifi juures. Katkestavad vooluringi, kui vool ületab lubatud maksimumi. Töötavad elektromagnetilisel või soojuse mõjul deformeeruva metallriba põhimõttel. Ehitus joonisel 31-d.

H. Voolulugeja käsitlus.

87. Lugeja silt.

Iga lugeja sildil peab normide kohaselt olema märgitud: firma nimi, lugeja number, voolu liik, pinge ja voolu suurus, sagedus ning lugeja konstant (vt. p. 91).

88. Lugeja suuruse valik.

Lugeja valida nii, et tema nimivool vastaks ligikaudu täiskoor-
matusevoolule.

Näiteks: 380-V 10-HP mootoril on vool 15—16 A. Lugeja võtta mitte alla 3×15 A ja mitte üle 3×75 A. Ülekoormatusel võib (vt. p. 62) lugeja läbi põleda, väga väikesel koormatusel ta näitab aga valesti või jääb seisma.

89. Lugeja monteerimine.

Lugeja tuleb asetada vertikaalselt, kas otse seinale või eraldi alusele, ning kohta, kus ei ole karta põrutusi ja lööke (näit. us-
tega). Ruum olgu võimalikult puhas ja kuiv.

Kõrgus: ca 2 m põrandast.

Ühendada vastavalt lülitusskeemile; lülitusskeem on harilikult antud ka klemmlaua kaane siseküljel (joon. 36, 38, 40 ja 43).

Peale kohalemonteerimist koormamisega kontrollida, kas ke-
tas pöörleb õigesti.

Exhib. univ. T

90. Korrastus.

Aeg-ajalt, soovitav 2—4 a. järel, tuleb lugeja puhastada, õlitada, üle normida ja tarbe korral järele reguleerida ning varustada uue laagrikivi ja tapiga.

Laagreid ja tappe õlitatakse erilise puhta, vaigu- ja happevaba ning mitteauruva, -oksüdeeriva või -pakseneva vedela õliga. Õlitamine toimub terava tiku või laiakslöödud traadi kaasabil ja õli panna võimalikult vähe — et ei esineks tilkumist. Laagrikivi jaoks kasutatakse vahest ka erilist määrdesalvi. Tigu- ja hammasrattad töötavad kuivalt.

Alalisvoolulugejal on õrnemaks ja tundlikumaks osaks kollektor ühes harjadega. Kollektor tuleb puhastamiseks üle hõõruda paari mm laiuse puhta linase riide või seemisnaha ribaga; kui see ei aita (põlenud plekid), siis klaaspaberiribaga. Kollektorit õliste või rasvaste näppudega mitte puudutada!

91. Normimine.

Normimine on lugeja võrdlemine teiste, õigestinäitavate aparaatidega. Lugeja sildil märgitud lugeja konstant „K“ on õieti numeraatori konstant ja näitab, mitu pööret peab lugeja ketas (ankur) tegema selleks, et numeraatori rullid liiguksid edasi ühe kWh võrra. Seega konstant näitab ketta ja numeraatori vahelist hammasrattaste ülekannet, näit.: $1 \text{ kWh} = 2\,500 \text{ kettapööret}$ (või $1 \text{ Wh} = 2,5 \text{ kettapööret}$).

Mõnikord on lugeja konstant väljendatud ka teisiti, näit.: $1 \text{ pööre} = 0,4 \text{ Wh}$.

Suuruselt on lugeja konstant:

| | |
|--|--------------|
| ühefaasilistel vah.-voolu ja väikestel | |
| alal.-voolu lugejail — | 1 000—10 000 |
| keerdvoolu- ja suuremail alal.-voolu | |
| lugejail — | 50— 1 500 |
| kõrgepingelugejail — | 1— 200 |

Tegelikult aga lugeja ketta pöörete arv ühe kWh kohta pole täpselt võrdne lugeja konstandile „K“; lugeja jookseb kiiremini või aeglasemalt (vt. p. 63) ja teeb ühe kWh kohta mitte „K“, vaid „C“ pööret. C võib olla suurem või väiksem „K“-st.

Normimiseks on kolm võimalust:

1) **Vattmeetri ja stopperiga:** Kontrolliks asetatakse wattmeeter ja proovitav lugeja järjestikku. Reostaadi abil neid koormatakse teatud püsiva võimsusega (harilikult 100, 50 ja 10% nimikoormatusest). Stopperi abil määratakse aeg t (mitte alla 1 min.), mis lugeja vajab n pöörete-arvu tegemiseks.

$$C = \frac{3\,600\,000 \cdot n}{N \cdot t} \text{ (pööret/kWh).}$$

Lugeja viga: $F = C - K$ (\pm pööret/kWh),

kus: C — tegelik kettapöörete arv ühe kWh kohta;

K — tarvilik kettapöörete arv ühe kWh kohta (lugeja konstant);

n — loetud kettapöörete arv;

t — aeg, mille vältel n loetud (sek.);

N — lugeja koormatus (W).

$$\text{Lugeja viga (\%-des)} = \frac{C - K}{K} \cdot 100 (\%).$$

Näide: Ühefaasiline lugeja (5 A, 220 V, 50 per./sek., 1 kWh = 3 800 pööret) kontrollimisel 150 W-ga tegi 8 pööret 48 sek. vältel.

$$C = \frac{3\,600\,000 \cdot 8}{150 \cdot 48} = 4\,000 \text{ pööret/kWh, kuid tarvilik on } 3\,800 \text{ pööret/kWh.}$$

Lugeja viga: $C - K = 4\,000 - 3\,800 = +200$ pööret ühe

$$\text{kWh kohta ehk (\%-des): } \frac{200}{3\,800} \cdot 100 = +5,26\%.$$

On vahelduvvoolulugejal ette näha reaktiivkoormatust, tuleb kontrollida veel $\cos \varphi = 0,5$ juures; $\cos \varphi = 0$ juures ketas peab seisma või nõrgalt ette jooksma.

Alalisvoolul kasutatakse wattmeetri asemel amper- ja voltmeetri.

2) **Normimislucejaga:** Eriline täpne lugeja, mis võimaldab silmapilkset käivitamist ja seismajätmist. Skaalal on märgitud kWh-de asemel pöörete arv. Asetatakse proovitavaga järjestikku, lastes viimast teha 10–20 pööret ja võrreldakse mõlema pöörete arvu.

$$\text{Viga } F \% = \left(\frac{n \cdot b}{m \cdot K} - 1 \right) \cdot 100,$$

kus K — konstant, n — tiirud proovitava lugejal; b ja m — samad normimislugejal.

3) T ä p s e l u g e j a g a: Kontrollitav lugeja asetatakse teise, hariliku täpse lugejaga järjestikku ja lastakse käia päev või paar. Näitamiste vahe on viga.

Võimaldab normida korraga kuni 30 lugejat, kuid sel juhul tuleb lülitada vatt-tunnilugejail voolumähised järjestikku ja pingemähised eraldi paralleelselt — pingelanguse mõju kõrvaldamiseks.

Märkus: Normimist toimetab Riiklik Katsekoda ja kõik suuremad avalikud elektrihaamad.

92. Lugejate vigu.

I t u n n u s: Lugeja seisab.

Põhjus: 1) Pingemähis on läbi põlenud. 2) Ankur on kinni jäänud.

Abistamine: 1) Lambi või induktoriga proovida; uus mähis panna. 2) Käsitsi ringi ajades kontrollida, telg õiendada või numeraator uuendada.

II t u n n u s: Lugeja jookseb tühjalt.

Põhjus: Koormamata lugeja ketas võib hõõrumiskompensaaatori (vt. p. 66 ja 73) mõjul tühjalt pöörelda, kui

1) pinge on liiga kõrge,

2) pinge ettejooks on liiga tugevaks reguleeritud,

3) tühijooksu (käimamineku) pidurdus on liiga nõrk.

Abistamine: 1—3) Koormatus kõrvaldada, ketast jälgida, talitada nagu p. IV-2 ja 3 või telje küljes asetsevat pidurduslipukest (joon. 35 e) el.-magnetile lähemale murda, nii et käimaminek toimuks ca 0,5—1%-sel koormatusel. Erandjuhul rauakübe seibile piduriks kleepida.

III t u n n u s: Lugeja ei lähe väikesel koormatusel käima või näitab vähem.

Põhjus: 1) Kivi on katki või laagrid kulunud. 2) Pidurdus on liiga tugev.

Abistamine: 1) Katkine kivi (märkab terava nõelaga urgitsedes) uuendada. 2) Talitada vastupidiselt p. II-le.

IV t u n n u s: Lugeja valetab väikesel (5—10%-sel) koor-matusel.

Abistamine: 1) Laagri kivi (kui see katki) ühes tapiga uuen-dada; 2) vahelduvvoolulugejal p. 66 tähendatud hõõrumiskom-pensaatorit (kruvi, riiv) reguleerida, kuni lugeja tühjana nõrgalt ette jookseb; 3) alalisvoolu Wh-lugejal abimähist (joon. 42-Ma) nihutada voolumähisele lähemale; 4) ampertunnilugejal, hõõrumis-kompenseerimisega, harjasid vedru pingutamisega piki kollektorit edasi nihutada. Harilikel lugejail, hõõrumiskompensaatorita, viga ei ole reguleeritav.

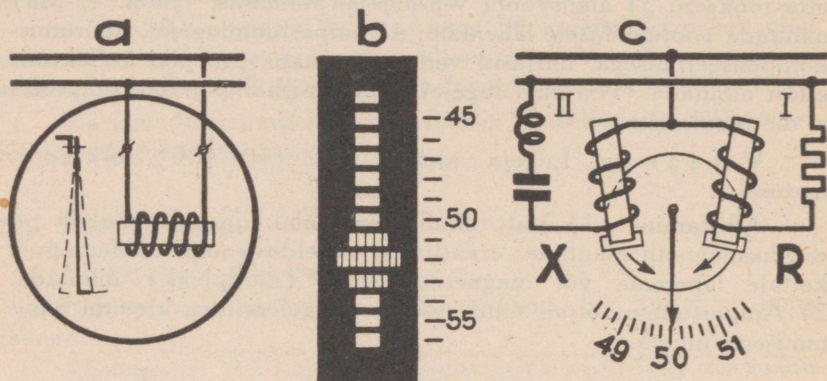
V t u n n u s: Lugeja valetab suurel (10—100%-sel) koor-matusel.

Abistamine: 1) Vatt-tunnilugejal (alal.- ja vah.-voolul) pi-durdusmagnetit nihutada; erandjuhul vahelduvvoolul voolumagnet kettale lähemale või magnetilist šunti (raudplekk) nihutada. 2) Ampertunnimõõtjail šundi takistust reguleeritava klemmi ni-hutamise muuta.

VII. MÕÕDURIISTAD ERIOTSTARVETEKS.

93. Sageduse mõõtmine.

a) Tiirumõõtjaga: Mõõdetakse alternaatori või sünkroonmootori tiirud; sagedus f (per/sek.) = $(p \cdot n) : 60$,
 p — masina poolusepaaride arv, n — pöörete arv minutis.
 Näide: 6 poolust (3 paari); 1100 tiiru; $f = 55$ per/sek.



Joon. 44. Sagedusmõõtjad.

b) Sagedusmõõtja vibreerivate keeltega (joon. 44 a ja b):

Elektromagneti ees reas on mitmesuguse pikkusega teraskeeled. Resonantsi tõttu hakkab võnkuma see keel, mille sagedus vastab elektrivoolu sagedusele. Ehitatakse 100–500 V ja 10–500 per/sek. jaoks.

c) Sagedusmõõtja osutiga:

Ekstsentrilisele alumiiniumkettale mõjuvad vastupidises suunas kaks elektromagnetit; neist saab I voolu üle aktiiv-, II üle reaktiivtakistuse; f muutumisel muutub ka reaktiivtakistuse suurus ja ühtlasi magnet II-se tugevus ning osuti hälve.

94. Võimsusteguri ($\cos \varphi$) mõõtmine.

Väikestes valgustusvõrkudes on $\cos \varphi = 1$; tema mõõtmine ei ole vajalik. Laialdastes võrkudes võib $\cos \varphi$ induktiivse (mootorid

jne.) või, harvem, mahtuvusliku (kõrgepingekaablid) koormatuse tõttu olla piirides $\cos \varphi = 0,6-0,9$. Võrdse kW juures suureneb vool amprites, viimasega ühtlasi aga liini ja alternaatori kaod ning pingelangus. Võimsustegurit tuleb kontrollida ning tarbe korral parandada üleergutatud sünkroonmasinate või kondensaatorite abil.

Mõõtmine toimub:

a) Kaudselt: Vatt-, volt- ja ampermeetriga. Mõõdetakse võimsus N vattides, pinge U voltides ja vool J amprites. Ühefaasilisel voolul

$$\cos \varphi = \frac{N}{U \cdot J}$$

keerdvoolul

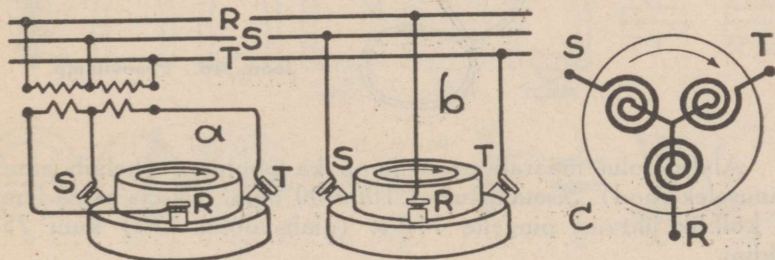
$$\cos \varphi = \frac{N}{1,73 \cdot U \cdot J}$$

b) Võimsusteguri mõõtjaga: $\cos \varphi$ on skaalalt otse loetav. Mõõduriist koosneb, nagu vattmeeter, voolu ja pinge vooluringidest, ainult siselülitis on isesugune.

Märkus: Mõnikord, vähemais seadmeis, mõõdetakse $\cos \varphi$ asemel ka reaktiivvoolu — reaktiiv kW-des või amprites.

95. Keerdvoolu-suunanäitaja.

Keerdvoolul saavutab vool tippsuuruse järjekorras R- S- ja T-faasides. Esimese, R-faasi, võib valida vabalt, järgmised kaks on aga siis määratud pöördsuunaga. Viimase kindlaksmääramiseks kasutatakse keerdvoolu-suunanäitajat.



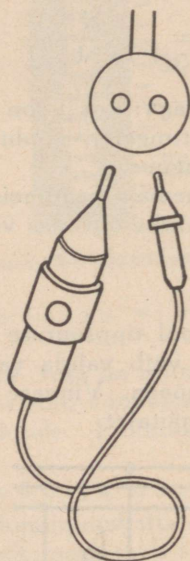
Joon. 45. Keerdvoolu-suunanäitaja.

Ehituskeem on näidatud joonisel 45-c. Kolme tähesühendatud elektromagneti kohal asetseb pöörlev alumiiniumketas, mille pöördsuund näitab faaside järjekorda.

Vajalik õige RST suuna määramiseks kõrgepingelugejail, majajühenduskastides, mootoreil jne.

96. Proovilamp.

Väike helklamp bakeliitkestas (joon. 46). Hakkab helkima ühendamisel kahe pooluse (faasi) või pooluse ja maa vahele (suure tundlikkuse tõttu piisab viimasel juhul ühest otsast käega kinnivõtmisest — isegi isoleeralusel, näit. kummikallossides).



Joon. 46. Proovilamp.

Alalisvoolul määrab proovilamp ka poolused (helgib ainult miinuselektrood). Sisetakistus ca 100 000 oomi. Üks ja sama lamp on kõlblik ühtviisi pingeile 110-st (alalisvoolul 130) kuni 750 voldini.

Hädavajalik abinõu installatsioonitööde juures.

VIII. MÕÕDURIISTADE PEALKIRJAD.

97. Vajalikud pealkirjad.

Igal mõõduriistal on normide kohaselt märgitud:

Üldiselt: 1) Firma nimetus (või märk). 2) Seeria- (järjekorra-) number (ainult täpseil). 3) Mõõdupiir. 4) Täpsusklass (E, F, G, H või %-des jne.). 5) Voolu liik (alaline, keerdvool). 6) Mõõdusüsteemi ehitus (pehmeraud- jne.). 7) Asetus (püst, viltu, lamav). 8) Proovipinge voltides. 9) Vahelduvvoolul — sagedus; viimane võib ära jääda, kui see on 15—60 p/sek. piires. 10) Kui mõõduriist on määratud ühendamiseks mõõdutrafoodega — viimaste ülekanne (näit. 10/5 A; 6 000/100 V jne.). 11) Talitusriistadel rohkem kui kahe klemmi puhul vastav lülitusskeem.

Täpseil ampermeetritel: 12) Alalisel: pingelangus mV-des; vahelduval sisetakistus ja induktiivsus 50 per/sek. juures.

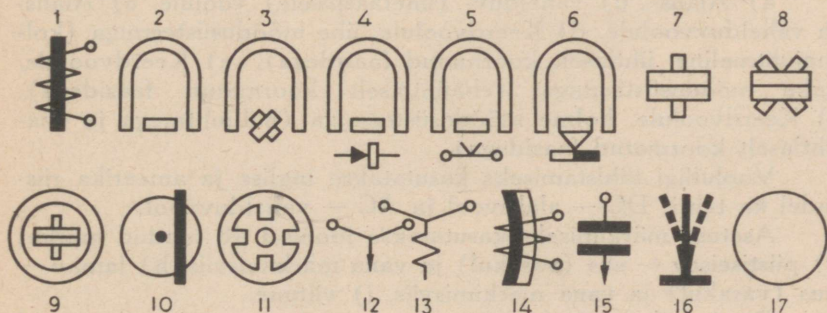
Täpseil voltmeetritel: 13) Sisetakistus.

Vattmeetritel: 14) Nimipinge. 15) Nimivoolutugevus.

Šuntidel: 1) Firma nimetus. 2) Seerianumber (täpseil).

Vahetatavail veel: 3) Täpsuse klass. 4) Šundi voolutugevus. 5) Aparaaadi voolutugevus (kui see on üle 0,1%). 6) Nimi-pingelangus (mV).

Eeltakistustel: 1) Firma nimetus. 2) Seerianumber. 3) Aparaaadi mõõdupiir antud takistuse juures. 4) Täpsuse klass. 5) Sisetakistus (ainult täpseil, vahetatavail). 6) Proovipinge. 7) Tarbe korral lülitusskeem.

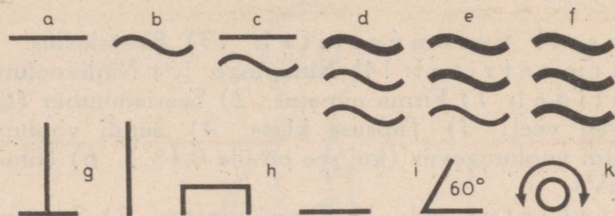


Joon. 47. Mõõdusüsteemi märgid.

98. Tingmärgid.

Mitmed iseloomustavad andmed on mõõduriista skaalal märgitud tingmärkidega. Mõõdusüsteemi märkimiseks kasutatavad tingmärgid on näidatud joonisel 47.

1) Pehmeraud-mõõduriist. 2) Pöördpool-mõõduriist. 3) Sama ristpooliga. 4) Sama kuivõgvendajaga (vahelduvvoolule). 5–6) Sama termoumformeriga (termoelemendiga) uues (vasakul) ja vanas kujutusviisis. 7) Elektrodünaamiline mõõduriist. 8) Sama ristpooliga. 9) Sama raudkapselduse ja südamikuga (ferrodünaamiline). 10–11) Induktsioon (ferraris-) mõõduriist uues (vasakul) ja vanas kujutusviisis. 12–13) Kuumtraat-mõõduriist uues (vasakul) ja vanas kujutusviisis. 14) Bimetall-mõõduriist. 15) Elektrostaatiline mõõduriist. 16) Vibratsioonmõõduriist. 17) Märk raudkapselduse tähistamiseks.



Joon. 48. Vooluliigi ja asetuse märkimine.

Vooluliigi märkimise viisid on näidatud joonisel 48.

a) Alalis-, b) vahelduv- (ühefaasilisele) voolule. c) Alalis- ja vahelduvvoolule. d) Keerdvoolule, ühe mõõdusüsteemiga (kolmejuhtmeline, ühtlaselt koormatud faasidega). e) Keerdvoolule, kahe mõõdusüsteemiga (ebaühtlaselt koormatud faasidega). f) Keerdvoolule, kolme mõõdusüsteemiga (nulljuhtmega ja ebaühtlaselt koormatud faasidega).

Vooluliigi tähistamiseks kasutatakse inglise ja ameerika riistadel ka tähti: DC — alalisvool ja AC — vahelduvvool.

Asetuse märkimiseks kasutatakse joonisel 48 toodud märke: g) püstiseisev — uus (vasakul) ja vana märkimisviis, h) lamav — uus (vasakul) ja vana märkimisviis, i) viltune.

Osuti nullpunkti asetamise kruvi märk on näidatud joonisel 48-k.

Töö- ja proovipinge märkimiseks kasutatakse skaalal p. 16 kirjeldatud märke.

99. Mõõduriista tellimine.

Mõõduriista tellimisel tuleb üles anda: 1) Nimetus (A-, V-, W-meeter jne.). 2) Mõõdupiir — skaala nimiväärtus (näit. 260 V, 50 A jne.). 3) Võrgupinge. 4) Vooluliik, sagedus. 5) Täpsus või otstarve. 6) Korpuse ehitus ja mõõdud (näit.: plekist ümmargune $d = 185$ mm — asetuseks lülituskilbile). 7) Keerdvooluvattmeetritel koormatuse liik (ühtlane, ebahütlane) ja soovitatav maksimaalne voolutugevus.

Erijuhtumel üles anda: 8) Kui mõõduriist on määratud lahus tellitud šundi jaoks — viimase voolutugevus ja pingelangus (näit. $60 \text{ mV} \times 1000 \text{ A}$). Täpseil mõõduriistadel soovi korral ka ühendusjuhtmete pikkus — viimaste takistus võetakse normimisel arvesse. 9) Kui mõõduriist on määratud lahus tellitud trafole — viimase ülekanne (näit. $6000/100 \text{ V}$).

Eri soovil: 10) Ülekoormatuse skaala, anormaalne skaala (näit. 0—90 A), kahekordne skaala eraldi alalis- ja vahelduvvoolule, skaala voltides ja oomides jne. 11) Ühendus eest. 12) Nullpunkt keskel (pöördpoolil ja vattmeetril). 13) Asetus viltuselt (puldil), — konsoolile jne. 14) Mõõduriist signaalkontaktidega, tipokoormatusele seisma jääva kaasaveetava osutiga jne.

IX. KÕRGEPINGE MÕÕTMINE.

100. Pinge mõõtmine.

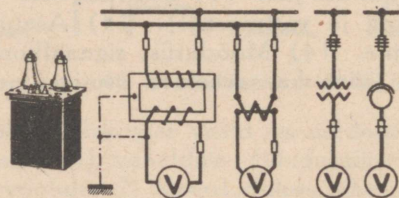
Vahelduvvoolul pingega üle 1 000 V ühendatakse voltmeeter üle erilise pingetransformaatori. Voltmeetri skaala jaotus on tehtud vastavalt võrgupingele, kuid mehhanism ainult 100 (või 110) V jaoks.

Alalisvoolu puhul on kolm võimalust:

- 1) Voltmeeter, eeltakistusega, kasutatav ca 15 kV-ni.
- 2) Elektrostaatiline voltmeeter.
- 3) Mõõtmine toimub vahelduvvooluga, kasutatav juhul, kui kõrgepinge alalisvool saadakse, nagu enamasti, õgvendajast.

101. Pingetransformaator.

Pingetransformaator (pingereduktor, pingemuutja) kujutab endast harilikku väikest transformaatorit, kuid täpse ülekande ja väikese magnetilise küllastusega. Ehitus- ja lülitusskeem on näidatud joonisel 49.



Joon. 49.

Pingetransformaator.

Pinge ülekande: Primaar: normaal-võrgupinge 1, 3, 6, 10, 15 kV jne.

Sekundaar: 100 V (harvem 110 V või 100/110 V).

Ülepinge: Pingetrafo talub kestvalt normaalseid, kuni 20%-seid pingekõikumisi, näit. 3 000/100-V trafol võib tööpinge tõusta 3 600/120 voldini.

Isolatsioon: Madalamail pingeil õhk või isoleermass, kõrge-mail (alates 5 kV) pingeil õli. Õliisolatsiooniga trafod tuleb kohale monteerida püstasendis, kuvisolatsiooniga trafode juures ei ole asend oluline.

Isolatsiooni- ja dielektriku tugevuse määrab nominaal- ja proovipinged. Viimaste kohta on andmed toodud käesoleva raamatu IX osas „Kõrgepingetehnika“.

Võimsus: Igale trafrole on märgitud tema nominaal- ja maksimumvõimsus, näit. 30/200 VA. Esimene näitab, milleni võib teda koormata, ilma et täpsus langeks alla ettenähtud % (vt. p. 107); teine näitab maksimaalset koormatust, ilma et trafo soojeneks ohtliku temperatuurini.

Pingetrafole võib lülitada paralleelselt mitu mõõduriista (voltmeetri, vattmeetri- ja lugeja pingemähised jne.). Trafo valida nii, et tema võimsus ületaks mõõduriistade tarvituse (vt. p. 108) summa.

Normitud nominaalvõimsused on: 15, 30 ja 60 VA.

Ülevoolu vastu asetatakse kõrgepinge poolele kõrgepinge torukaitsmed, madalpinge poolele — harilikud (näit. diazed) madalpingekaitsmed (maandatud juhe jääb kaitsmata).

102. Voolutugevuse mõõtmine.

Isolatsiooni poolest ampermeetrid ehitatakse tööpingeile kuni 1 500 V. Kõrgema pinged korral on kaks võimalust:

a) Mõõdetav vool lastakse otse läbi ampermeetri, kuid viimane asetatakse kõrgepingeisolaatorile. Ampermeetri kere tuleb ühe vooluklemmiga nähtavalt ühendada ja juhusliku külgepuutumise eest kaitsta, sest ta on pinges all; kere tuleb välg-noolega tähistada.

b) Ampermeeter lülitatakse vooluringi kaudselt üle p.p. 23 ja 103 kirjeldatud voolutransformaatori.

103. Voolutransformaator.

Voolutransformaatori (voolureduktori) primaarmähisest lastakse läbi mõõdetav kõrgepingevool, kuna mõõduriistad lülitatakse sekundaarmähisesse. Ehitus- ja lülitusskeem vastavalt joonisele 7. Kõrgemate pingete jaoks ehitatakse voolutrafo peamiseks pütti (joon. 7 d) või läbistusisolaatori kujulised. Viimased paigutatakse mõnikord teiste aparatuuride, näit. õlilülite külge.

Voolu ülekand: Primaar 5, 10, 20 A jne. (vt. p. 24); sekundaar 5 A, erandjuhul 1 A.

Ülevool: Iga voolutrafo peab veatult taluma kestvalt 20% ja lühiajaliselt paarikümnekordse ülevoolu. On viimased suuremad (nõrgad haruliinid, vahenditult suurjaamadest), tuleb see tellimises eraldi tähendada. Harilikult on trafote märgitud voolusuurus kA-des, millist trafo talub 1 sek. vältel ilma ohtliku soojenemiseta (kA therm.) ja ilma mehaanilise ülepingtonuseta (kA dyn.).

Isolatsioon ja proovipinged: nagu pingetransformaatoril.

Võimsus: Trafote võib järjestikku (joon. 50) ühendada mitu mõõduriista: ampermeetri, vattmeetri ja lugeja voolumähised, releeid jne. Mida suurem on välisahela takistus, seda suurem on transformaatori koormatus; on sekundaarmähise otsad lahti, s. o. takistus lõpmata suur, puuduvad sekundaarahela poolt tekitatavad vastuamperkeerud; seetõttu võib primaarmähise poolt tekitatav magnetivoog niivõrd suureneka, et trafo raudsüdamik üle lubatava piiri kuumeneb. Iga trafole on märgitud oomides välistakistuse nominaal- ja maksimaalsuurused (näit. 0,2/10 Ω). Esimene näitab, milleni võib trafote koormata, ilma et täpsus alla p. 107 märgitud %-i langeks, teine koormatust 10%-se vea juures. Trafo tuleb valida nii, et mõõduriista ja ühendusjuhtmete kogutakistus ei ületaks lubatud nominaaltakistust. Mõnikord on võimsus antud ka vattides või voltamprites; N vattides = $J^2 R$, kus J on sekundaarvool (A) ja R välisahela takistus (Ω). Normitud nominaaltakistused on: 0,2, 0,6 ja 1,2 oomi.

Töötava voolutransformaatori otsi, vastandina pingetrafole, ei või kunagi ühendamata (lahti) jätta; mõõduriistade puudumisel ühendada need otsesidesse, muidu transformaator kuumeneb ning võib suurte voolude juures hädaohtlikult kõrgeid pingeid tekitada. Voolutrafo sekundaarringi kaitseid mitte asetada!

104. Võimsuse ja energia mõõtmine.

Mõõtmine toimub vastavalt joonistel 10, 12, 36 ja 38 toodud skeemidele, selle erandiga, et vool ja pinged ei lasta mõõduriista mitte otseselt, vaid kaudselt, üle mõõdutransformaatorite. Mõõduriista läbib ainult sekundaarvool.

Skaala jaotused võivad olla:

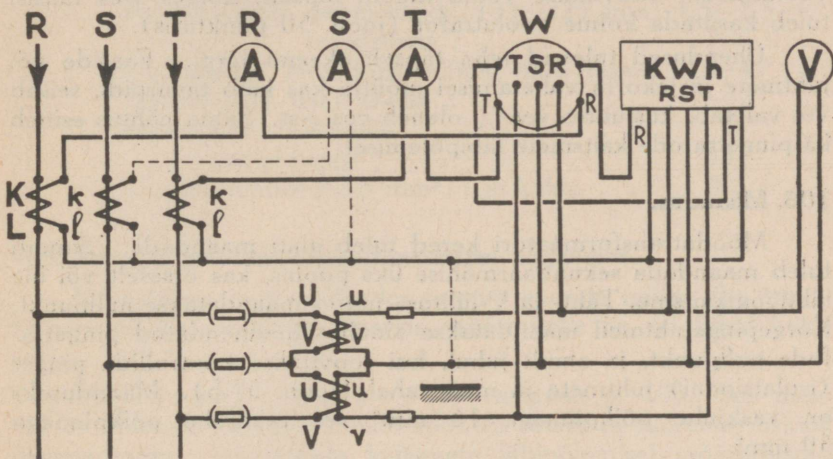
1) Vastavalt primaarvoolule, s. o. võimsus on skaalal otseselt loetav. Säärasel juhul on skaalal või sildil trafote ülekannet (näit. 100/5 A ja 3 000/100 V). 2) Vastavad 5 A-le ja

100 voldile. Sel juhul tuleb hälvet korrutada pinget- ja voolu-
trafode ülekandega (näit. 100/5 A ja 3 000/100 V juures 20
ja 30-ga).

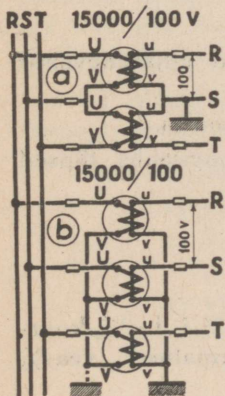
Esimene on kasutusel talitus-, teine laboratooriumitüüpide
juures.

105. Keerdvoolu mõõtmine.

Mõõduriistade lülitamist keerdvooluvõrku näitab joon. 50.



Joon. 50. Kõrgepinge-keerdvoolu mõõtmine.



a) P i n g e t r a f o d: Vattmeetri ja
voolumõõtja jaoks kasutatakse harilikult kahte
ühefaasilist pingetrafot V-lülituses (joon. 50
ja 51-a).

On vaja mõõta pingeid kõige kolme faasi
ja maa vahel, ühendatakse kolm samasugust
tähes (joon. 51-b).

Joon. 51. Pingetransformaatorite lülitus keerdvoolu-
võrgus.

Kahe või kolme üksiku ühefaasilise pingetrafo asemel võib kasutada ka ühte kolmefaasilist. Vajatakse pinget ainult vattmeetri, voolumõõtja jne. toiteks või pinge mõõtmiseks faaside vahel — võib tähendatud trafo olla kolme südamikuga; on vaja mõõta pinget ka faaside ja maa vahel — tuleb kolmefaasiline trafo võtta viie südamikuga või kasutada kolme ühefaasilist. Mõõduriis-
tad jäävad kõigil ülaltähendatud juhtumeil samadeks.

b) **Voolutrafo:** W-meetri ja voolumõõtja jaoks kaks voolutrafo. Soovitakse voolu mõõta täpselt, kõiges 3-es faasis, tuleb kasutada kolme voolutrafo (joon. 50 punktiiris).

Ühendused tulevad teha täpselt skeemi järgi. Faaside või juhtmete järjekorra vahetamisel mõõtja kas käib tagurpidi, seisab või valetab, kusjuures vea-% oleneb $\cos \varphi$ -st. Sama nähtus esineb ka pingetrafoade kaitsmete läbipõlemisel.

106. Maandus.

Mõõdutransformaatori kered tuleb alati maandada. Samuti tuleb maandada sekundaarmähise üks poolus, kas otseselt või üle läbilöögikaitsme. Täht- ja V-lülituse juures maandatakse nullpunkt. Kõrgepingetuhtmeil maandatakse ainult tähesühendatud pingetrafoade nullpunkt, ja ainult juhul, kui soovitakse kontrollida pinget (isolatsiooni) juhtmete ja maa vahel (joon. 51-b). Maanduseks on vaskjuhe põikpinnaga 16 mm^2 või raudjuhe põikpinnaga 50 mm^2 .

107. Täpsus.

Vastavalt täpsusele jagunevad mõõdutrafod alljärgnevasse klassidesse:

- kl. 0,2 täpseiks mõõtmisteks laboratooriumides,
- „ 0,5 mõõtmisteks laboratooriumis ja proovisaalis, täpsed lugejad,
- „ 1,0 lugejaile,
- „ 3,0 ampermeetritele, releedele,
- „ 10 lihtsaile ülevoolureleedele.

Klassi number näitab lubatud maksimaalset vea-%-i $1-1/4$ -koormatusel. Ülekoormatusel, samuti vähemal koormatusel, vea-% tõuseb.

108. Mõõduriistade voolutarvitus.

a) Pingemähises:

| | |
|---|-----------|
| Voltmeeter, pehmeraud-, läbimõõduga 135—185 mm | 5—10 VA |
| Voltmeeter, üle 225 mm ja registreeriv | 10—25 „ |
| Vattmeeter, ferrodünaamiline, ühes faasis | 2—6 „ |
| Voolulugeja, ühes faasis | 0,8—1,6 „ |
| Relee, nullpinge-, maaühenduse- | 6—12 „ |

b) Voolumähises:

| | |
|--|-----------|
| Ampermeeter, pehmeraud-, 135—225 mm | 1,5—2,5 „ |
| „ registreeriv | 7,5 „ |
| Vattmeeter, ferrodünaamiline, ühes faasis | 3—4 „ |
| Voolulugeja ühes faasis | 1,5—2 „ |
| Relee, kiir-, ülevoolu- | 5 „ |
| „ aeg-piduriga | 15 „ |
| Ühendusjuhtmed 2,5 mm ² , 1 m kohta | 0,2 |

109. Energia mõõtmine transformaatori alajaamas.

Kõrgepingeline jaotusvõrkudes toimub energia müük tihti transformaatori alajaamades. Energia mõõtmiseks on sel juhul kolm viisi:

a) Kõrgepingepoolt, vastavalt p. 105. See meetod on ehituselt kulukas, nõuab rohkem ruumi ja suuremat oskust ülesseadmisel; pingeahela kaitsmete läbipõlemisel mõõduriistad näitavad valesti. Kasutatakse suuremate võimsuste juures, tavaliselt 100 kW ülespoole, võimsustel alla 100 kW on madalpingepoolt mõõtmine soovitam.

b) Madalpingepoolt, hariliku kWh-lugejaga. Transformaatorikaod arvestatakse eraldi juurde.

Näide: 20-kW transformaatorjaamal:

- 1) Voolu tarvitatud voolulugeja järgi 2252 kWh
- 2) Tühijooksu- (rauas) kaod kuu vältel
 $210 \text{ W} \times 720 \text{ tundi} = \dots\dots\dots 151 \text{ „}$
- 3) Voolu-(vases) kaod $2252 \times 1\% \dots\dots\dots 22 \text{ „}$

Kokku kuuaja vältel . . 2425 kWh

Transformaatorikadude andmed saab vastavaist tabeleist, firmalt või mõõtmisega. Normaalkatode kohta on vastavad andmed toodud käesoleva raamatu IX osas: „Kõrgepingetehnika“.

Kui alajaam katkuliselt töötab (tööstused ööseks väljalülitatava transformaatoriga), tuleb üles seada p. 83 kirjeldatud eriline ühefaasiline mõõtja, mis loetleb töötunde.

c) Osaline kõrgepinge mõõtmine: voolutrafod kõrgepinge poolel, pinge võetakse jõu transformaatori madalpinge klemmidelt. Vähemsoovitatav kui eelmine, kuna viga pingelanguse ja faasi nihknurga tõttu on suurem.

110. Mõõdutrafode pealkirjad.

Mõõdutrafol on normide kohaselt märgitud:

1) Firma nimetus või märk. 2) Järjekorranumber. 3) Reaja proovipinge (näit. 20/64 kV). Viimaste kohta on täpsemad andmed toodud käesoleva raamatu IX osas „Kõrgepingetehnika“. 4) Sagedus. 5) Täpsuseklass (näit. kl. 0,5). 6) Soovi korral tüüp ja ehitus.

Voolutrafol:

7) Nominaalne voolutugevus, primaar- ja sekundaarahelas (näit. 20/5 A). 8) Maksimaalne voolutugevus (näit. 1,5 kA therm.). 9) Nominaalne ja maksimaalne lubatud välistakistus (näit. 0,2/10 oomi).

Pingetrafol:

10) Ülekanne — primaar- ja sekundaarpinge (näit. 15 000/100 V). 11) Võimsus, nominaalne ja maksimaalne.

SISUKORD.

Lk.

I. Sissejuhatus.

1. Mõõtmiste eesmärk. 2. Mõõtmisviisid. 3. Mõõduriistade liigid 3

II. Ampermeetrid.

4. Ülesanne. 5. Pehmeraud-ampermeeter. 6. Pöördpool-ampermeeter. 7. Pöördpool-ampermeeter õgvendajaga. 8. Pöördpool-ampermeeter termomuundajaga. 9. Kuumtraat-ampermeeter. 10. Bimetall-ampermeeter. 11. Elektrodünaamiline ampermeeter. 12. Induksioon- (Ferraris'e) ampermeeter. 13. Polariseeritud pehmeraud-ampermeeter. 14. Mõõtmise täpsus. 15. Ülekoormatus. 16. Isolatsioon ja pinged. 17. Mõõdusüsteemi laagrid. 18. Summutaja. 19. Osuti ja skaala. 20. Korpuse ehitus. 21. Suure voolutugevuse mõõtmine. 22. Šunt. 23. Voolu-transformaator. 24. Mõõdupiirkond. 25. Ampermeetrid eriotstarbeiks. 26. Normimine 4

III. Voltmeetrid.

27. Ülesanne. 28. Pehmeraud-voltmeeter. 29. Pöördpool-voltmeeter. 30. Kuumtraat-, elektrodünaamiline ja induksioon-voltmeeter. 31. Elektrostaatiline voltmeeter. 32. Ehitus ja täpsus. 33. Mõõdupiir 15

IV. Vattmeeter.

34. Vattmeetri ülesanne. 35. Dünaamiline vattmeeter. 36. Induksioon- (Ferraris'e) vattmeeter. 37. Vattmeetri lülitus. 38. Ehitus. 39. Mõõduulatus. 40. Keerdvoolu võimsuse mõõtmine. 41. Võimsuse mõõtmine kWh-lugeja (voolulugeja) abil 17

V. Takistuste mõõtmine.

A. Mõõtmisviisid. 42. Volt- ja ampermeetriga. 43. Normaaltakistusega ja voltmeetriga. 44. Normaaltakistusega ja ampermeetriga. 45. Wheatston'i sild. 46. Thomson'i sild. 47. Oommeeter ristpooliga.

B. Isolatsiooni mõõtmine. 48. Isolatsioon. 49. Isolatsiooni kontroll maandatud voltmeetriga. 50. Isolatsiooni mõõtmine voltmeetriga. 51. Pöördpool-oommeeter üldiselt. 52. Oommeeter patareiga. 53. Oommeeter väntinduktoriga (megger, mega-oommeeter). 54. Juhtnöörid isolatsiooni mõõtmiseks. 55. Maanduse takistuse mõõtmine.

C. Isolatsioonifrikete leidmine. 56. Siseinstallatsioonides. 57. Ohuvörgud. 58. Kaabelliin. 59. Otseside kaabelliinis 22

VI. Energia mõõtmine.

A. Sisese juhatus. 60. Voolulugejate tüübid. 61. Numeraat. 62. Vool. Pinge. Ülekoormatus. 63. Täpsus. Viga. 64. Laagrid.

B. Ühefaasilised vahelduvvoolulugejad. (Induktsioonlugejad.) 65. Tööviis. 66. Ajursüsteemi ehitus. 67. Kasutamine ja lülitused. 68. Tehnilised andmed ja omadused.

C. Keerdvoolulugejad. 69. Ehitus ja lülitused.

D. Alalisvoolu ampertunnilugejad. (Magnetomotoorsed lugejad.) 70. Tööviis. 71. Kasutamine ja lülitused. 72. Tehnilised andmed.

E. Alalisvoolu vatt-tunnilugejad. (Elektrodünaamilised lugejad.) 73. Ehitus ja tööviis. 74. Kasutamine ja lülitus. 75. Tehnilised andmed ja omadused.

F. Alalisvoolulugejad eriehitusega. 76. Elektrolüütiline ampertunnilugeja. 77. Ostsilleeriv vatt-tunnilugeja. 78. Vönkuv (pendel-) lugeja.

G. Voolulugejad eriotstarveteks ja eritariifidele. 79. Mitmetariifilised lugejad. 80. Rabattlugeja. 81. Tippkoormatuse lugeja. 82. Lugeja maksimaalse koormatuse näitajaga. 83. Voolutarvituse kestuse lugeja (ajalugeja). 84. Lugejad rahakasseerimise automaadiga. 85. Reaktiiv- ja näivvõimsuse-mõõtjad. 86. Voolutugevuse-piirajad.

H. Voolulugeja käsitus. 87. Lugeja silt. 88. Lugeja suuruse valik. 89. Lugeja monteerimine. 90. Korrastus. 91. Normimine. 92. Lugejate vigu 34

VII. Mõõduriistad eriotstarveteks.

93. Sageduse mõõtmine. 94. Võimsusteguri ($\cos \varphi$) mõõtmine. 95. Keerdvoolu-suunanäitaja. 96. Proovilamp 54

VIII. Mõõduriistade pealkirjad.

97. Vajalikud pealkirjad. 98. Tingmärgid. 99. Mõõduriista tellimine 57

IX. Kõrgepinge mõõtmine.

100. Pinge mõõtmine. 101. Pingetransformaator. 102. Voolutugevuse mõõtmine. 103. Voolutransformaator. 104. Võimsuse ja energia mõõtmine. 105. Keerdvoolu mõõtmine. 106. Maandus. 107. Täpsus. 108. Mõõduriistade voolutarvitus. 109. Energia mõõtmine transformaatori alajaamas. 110. Mõõdutrafoode pealkirjad

60

Vastutav toimetaja: A. Põdrus. Korrektor: M. Kures. Tehniline toimetaja:
H. Treumann. Laduda antud: 14. I 1941. Trükki antud: 17. VI 1941. Trüki-
tähtede arv trükipoognas: 39936. Trükipoognate arv: 4½. Autori arvutus-
poognate arv: 3,24. Kirjastuse arvutuspoognate arv: 3,44. Trükiarv: 4150
eksemplari. Kaust: A5. Paber: 61 . 86 cm ¹/₃₂. Trükikoja tellimise nr. 1428.
MB-6242. Trükikoda: SARK AMO, Tallinn, Lühijalg 4.

Печатано на эстонском языке. В. Сепханс. Электромонтаж II. ГИЗ
Педагогическая Литература, Таллин, Типография АХО НКВД
Таллин, Люхиялг 4

