

E T S

# TEHNILINE RINGVAADE

MASINAEHITUSE, LAEVAEHITUSE, ELEKTROTEHNIKA, TEHNOLOOGIA, E HITUSTEADUSE JA ARHITEKTUURI AJAKIRI.

Jlmub iga kuu 1. ja 15. E. T. S. ajakirja kaasandena.

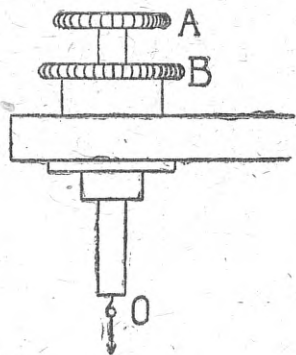
SISU: Elektrimõetmise viisid.

## ELEKTRIMOETMISE VIISID.

Ingener A. Markson.

### I. Galvanomeeter ja tema ülesseadimine.

Harilikkude laboratooriumi mõetmiste juures kõige rohkem tarvitusele tulev galvanomeeter on Deprez-d'Arsonvali süsteemi — mähkmetest liikuva raamiga, mis 0,1 kuni 0,15 mm läbimõeduga hõbedast ehk pronksist traadi abil kahe kindla punkti vahel on kõva magneedivälja sisse üles riputud nõnda, et viimased keeramise telje läbi raami raskuse keskpäika kujutavad. Ülemine traat on galvanomeetri käänamise pea külge punktis 0 kinnitunud, pea ise seisab kahest üksteisest eraldi



Joon. 1.

tellitavast diskusest A ja B koos. Diskuse A käänamine võimaldab punkti 0 vertikaalset paigast nihutamist, nõnda et ülesriputamise traadile enam ehk vähem pinget anda võib, kuna diskuse B käänamine raami ennast ümber vertikaaltelje käända lubab.

Alumine traat on elastilise vibu külge kinnitunud, mis traatidele nõutavat pinget anda lubab. Ülesriputamise traadi külge on ühte teatud sihti tellitavalt ehk ka lihtlabaselt kautshuki abil peeglikene kinnitunud.

Tasakaalu seisukohas peab mähkmete plaan seisma paralleelselt magneedivälja sihiga, mis kätte saadakse diskuse B käänamisega.

Tarvitusele tulevate peeglikeste fookuse

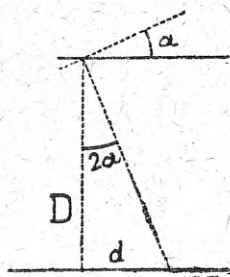
kaugus on harilikult 0,5 m, ja kui nüüd 1 m kaugusel peeglist läbipaistev, tselluloidist, umbes 0,5 m pikkune, mõet horisontaalselt kandja jala külge on kinnitunud, mille alla ehk peale kinnise kasti sisse, millel väike avaus vastu peeglit ettenähtud, hõõglamp üles seada, siis viskab peeglikene lambi hõõgniidi kuju vastu tselluloidist joonelauda, mis omast kohast gradueeritud mõedupuu moodi kriipsudega. Hõõgniidi kuju joonelaua peal nimetakse apparadi indexiks.

Kui nüüd joonelaud ülesseatud on umbes ühe meetri kaugusel galvanomeetrist, siis tõstetakse joonelaud ise jala otsast ära ja otsitakse valgustuse kiire sihti, mis peeglikene tagasi viskab. Kui ülesleitud on niisugune koht, kus peeglikese terve pind valgustatud paistab olevat, nihutakse joonelauda kandvat jalga tarviduse järele nõnda paigast, et peeglist tagasivisatud kiir gradueeritud joonelauda trehvaks, kui viimane jala külge uuesti tagasi pandakse. Sellele järgneb täpipealne nullpunkti sissereguleerimine.

Selleks aga, et joonelaua peal ühel ehk teisel pool nullpunkti, kui galvanomeetri raam tasakaalust välja lööb, teatud voolu kõrguse juures ühetaolisi väljalööki kätte saada, peab raami tasakaalus tagasivisatud, joonelaua peale langev valguse kiir viimase peale perpendikulaarselt langema, s. o. lambist peeglisse kukkuv kiir võib ükskõik missuguse nurga all langeda, kuna aga peeglikesest tagasivisatud 90° joonelauaga tegema peab.

Sel tingimisel, kui  $a$  nurka kujutab, mille all raam tasakaalust välja lööb, keerab tagasivisatud kiir ennast  $2 a$  võrra ja deviatsioon

(väljatöök)  $d$ , mis joonelaua peal äraloe-takse, on:



Joon. 2.

$$d = D \cdot \operatorname{tg} 2a$$

Kui nurk  $a$  väga väike, 5 ehk  $6^\circ$  on, siis on ligikaudu  $\operatorname{tg} 2a \approx a$  ja  $d = 2 \cdot D \cdot a$ .

Voolu kõrgus, mis raami väljalööma paneb, on proportsionaalne  $a$ , see tähendab:

$$d = K \cdot i,$$

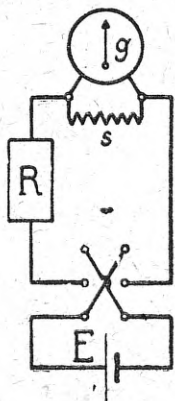
kus juures  $d$  joonelaua peal äraloetud deviatsiooni millimeetrites kujutab.

Galvanomeetrilised kindlad: Kui vormelis  $d = K \cdot i$  vool  $i = 1$  mikroampeer on, siis on  $d = K$ . — Kindel (konstant)  $K$  kujutab deviatsiooni joonelaua peal millimeetrites, mis 1 mikroampeerile vastab. Number  $K$  kujutab ka väärtust megoomides vooluringis, mille sees galvanomeeter nõnda üles seatud, et 1 volt ühe millimeetrilise deviatsiooni sünnitab.

Teensuse vormel: Selle all mõistetakse takistuse väärtust, mida galvanomeetri vooluringi lülitada tuleks, nõnda et üks Danieli element indexile joonelaua peal ühe 1 millimeetrilise deviatsiooni annab.

Telegrafistide kindel: Tähendab deviatsiooni, mida üks Danieli element tekitab, kui galvanomeetri vooluringi üldine takistus kokku 1 megoom välja teeb.

Kindla  $K$  leidmine: Selleks tulevad ühendused joonistuse 3 all äratähendatud sheema



Joon. 3.

mille järele deviatsioonid mõlemail pool nullpunkti äraloetakse, millest

järele teha, milleks tarvis on: üks suure pinnaga Danieli element  $E = 1,08$  volti, sise-mise takistusega  $= r$ , üks ümberlülitamise võti, üks takistuse kast  $R$  (10000 oomi), üks takistuse kast  $s$  (500 oomi) ja galvanomeeter ise, mille enese takistus  $= g$ .

Takistused  $R$  ja  $s$  reguleeritakse nõnda sisse, et deviatsioon kuni 150 mm läheb,

siis keskmine väärtus  $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$  võetakse.

Kõrvalühendatud galvanomeetri takistus on  $\frac{g \cdot s}{g + s}$ ; kõrvalühenduse (shundi) kasvata-

mise koeffitsient on  $m = \frac{g + s}{s}$  ja galvanomeetrist käib vool

$$i = \frac{E \cdot 10^6}{(R + r + \frac{g \cdot s}{g + s}) \cdot \frac{g + s}{s}} \text{ mikroampeeri,}$$

läbi, millele deviatsioon  $d$  vastab.

Sellest järgneb:

$$K = \frac{d}{i} = \frac{(R + r + \frac{g \cdot s}{g + s}) \cdot \frac{g + s}{s}}{10^6 \cdot E} \cdot d;$$

$r$  ja  $\frac{g \cdot s}{g + s}$  on  $R$  vastu võrdlemisi väikesed, nii et kirjutada võib:

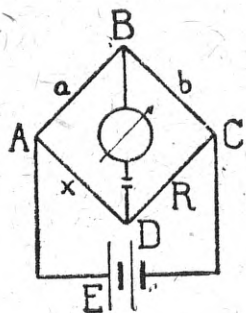
$$K = \frac{R \cdot m \cdot d}{10^6 \cdot E}$$

## II. Takistuste mõetmine.

### A. Keskmised takistused.

Takistuste võrdlemine võetakse ette eri-aparadi abil, mille nimetus Wheatstone sild. Kahe traadi otsa vahel, punktides A ja C,

mis ühe elemendiga ühenduses, loodakse kaks vooluharu ABC ja ADC, millest voolud  $i_1$  ja  $i_2$ , takistustega  $a + b$  ja  $x + R$  ümberpöörduvalt proportsionaalselt, läbi käivad. Nendes kahes haruliinis on potentsiaali langemine proportsionaalne takistusele, mille tõttu igaühes nendest punktisid, näituseks B ja D, leida võib, missugused ühesuuruse potentsiaali all on. Kui nende kahe viimase punkti vahele lülitada galvanomeeter, siis ei näita ta mingisugust voolu. Tingimine selleks on, et  $\frac{a}{x} = \frac{b}{R}$  kust  $x = R \frac{a}{b}$ , tähendab kui  $R$  ja  $\frac{a}{b}$  teada on.

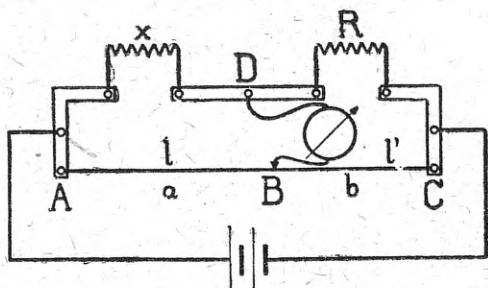


Joon. 4.

Kaks opereerimise viisi:

1)  $R$  jääb featud suuruses kindlaks, kuna

väärtust  $\frac{a}{b}$  punkti B paigast nihutamise-  
ga muudetakse, galvanomeeter lööb ühele poole  
välja, jõuab lõpuks nullpunkti peale ja rap-  
porti edasimuutmise-  
ga teisel pool nullpunkti.  
Kui galvanomeeter nullis on, siis on ka võrd-  
lus  $x = R \cdot \frac{a}{b}$  õige. Aparaat, milles raport  
 $\frac{a}{b}$  muudetakse, nimetakse traadiga silda-  
deks; mõlemad takistused a ja b kuju-  
tavad ühe ühetaolise (homogeen) traadi pikku-  
seid, mis mööda ärajaotud (graduateeritud)  
joonelauda tõmmatud on; punkti B kauguse  
võrdlus punktide A ja C vastab nende punk-  
tide vahelistele takistustele. Kokkusead on

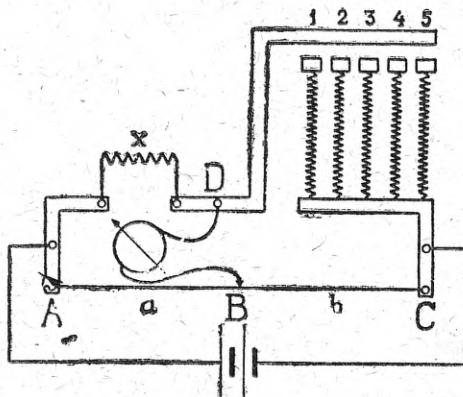


Joon. 5.

kõrvaloleva sheema järele tehtud ja aparadi  
tarvitamine võrdlemisi lihtne. Takistused a,  
b, x ja R on omavahel suure läbilõikega, tä-  
hendab väga väikese takistusega, juhtide abil  
ühendatud. Traadil AC peab võimalikult nii  
suur takistus olema, et ühendatavate abi-  
voolujuhtide takistused tema kõrval ära kadu-  
vad on. Mis puutub takistuste omavahelisi  
rapporti, on  $\frac{a}{b} = \frac{l}{l'}$ , ainult siis õige, kui  
traat täieliselt ühetaoline (homogeen) on. Rap-  
port  $\frac{l}{l'}$ , ei tohi teatud piiridest üle minna,  
sest nii väikesed kui ka abiühenduste takis-  
tused r ja r' olema saavad, on ikka  $\frac{x}{R} =$   
 $= \frac{l + r}{l' + r'}$ , mis seda rohkem võrdlusest  $x =$   
 $= \frac{l}{l'}$  lahku läheb, mida enam l ja l' ükstei-  
sest kaugemal seisavad. Mõetmine on seda  
täpise-  
sem, mida lähemal x ja R omavahel  
on. Harilikult ei lähe  $\frac{l}{l'}$  mitte üle  $\frac{1}{5}$  ehk  $\frac{5}{1}$   
ja tarvitusele tulev mõedutraat on konstan-  
taanist, takistusega 2,5 kuni 2,8 oomi meetri  
pealt.

### Chauvin — Arnoux oommeeter.

See aparat on Wheatstone sild, juures-  
oleva sheema järel kokku seatud. Takistus  
R on üks viiest takistusest, mille väärtused

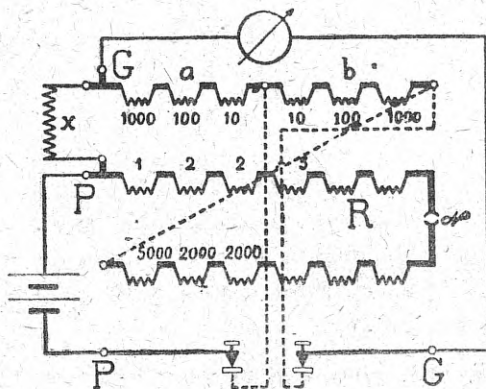


Joon. 6.

10, 100, 1000, 10000 ja 100000 oomi ja mis  
kergesti üksteise asemele lülitavad. A B  
on ühe isoleeriva tsilindri peale keritud traat,  
millel 40 sm pikkuse juures mittu tuhat oomi  
takistust. Libiseja kontakt B lubab raporti  
 $\frac{a}{b}$  muuta, mille väärtust sellekohaselt ära-  
jaotud lindi pealt otsekohe äralugeda võib.  
Võrdlemise takistused on numberdud 1, 2, 3,  
4 ja 5, missugused numbrid 10-mne potentsi  
kujutavad, mille peale seda väärtust, mis gal-  
vanomeetri tasakaalule vastab, kasvatada  
tuleb, et siis otsitavat takistust kindlaks teha.  
Kõik need võrdlemise takistused on ühise kasti  
sees, kus ka üks pika alumiiniumist nõelaga  
galvanomeeter, mille ots suurekstegeva klaasi  
all liigub. Ühe käänamise pea abil on kerge  
nõela nullpunkti reguleerida. Kui element  
näpitsete külge, mis + ja - märgitud, õieti  
ühendatud on, siis näitavad aparadi nõela all  
väikesel poolringis joonelaual kaks noolt, kuhu  
poole külge jooksjat kontakti B lükata tuleb,  
et nõel nullpunktist enam üle ei lööks. See  
aparati võimaldab takistuste mõetmist 0,1  
oomist kuni 20 megoomini, kusjuures ühest  
elementist küll saab, et kuni 100 oomini mõeta;  
üle selle väärtuse tuleb rohkem elementisi tar-  
vitusele võtta.

2) Sillakast: Võrdlemise takistus R  
on muudetakse, raport  $\frac{a}{b}$  jääb kindlaks. R sei-

sab ühest takistusekastist koos, milles takistused 1 kuni 11110 oomini tõusevad. a ja b proportsiooni harudel on kindlad väärtused, 10, 100 ehk 1000. Kõik need takistused on ühe kasti sisse mahutatud, mille nimetus sillakast. Rapportil  $\frac{a}{b}$  võib väärtust 1,  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ , ehk 1, 10, 100 anda. Neil tingimistel on kõige nõrgem mõedetav takistus  $\frac{1}{100}$  oomi ja kõige suurem 1 megoom. Sillakastide sheema on siin juures ära tähendatud. Tema muudab ennast vahel ehitajate järele, aga harilikult on näpitsete juure ühendustraatide otsade



Joon. 7.

nimetused sisse graveeritud. Vahel võib ehk teadmatus proportsiooni harude väärtuse kohta tekkida, mis aga kaob, kui tähele panna, et võrdluses  $x = \frac{a}{b} \cdot R$ , rapporti  $\frac{a}{b}$  arvestaja (numeraator) a selle haru takistust tähendab, mille külge galvanomeeter ja takistus x ühendud.

Rapporti  $\frac{a}{b}$  üht ja sedasama väärtust võib mitmel viisil kokku seada, nimelt:

$$\frac{a}{b} = 1 = \frac{10}{10} = \frac{100}{100} = \frac{1000}{1000}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{10} = \frac{10}{100} = \frac{100}{1000}$$

ja 
$$\frac{a}{b} = \frac{1}{100} = \frac{10}{1000}$$

Takistuste a ja b väljavalik rippub galvanomeetrist enesest. Praktiliselt on sellest küll, kui galvanomeetri takistus suurem ei ole kui a + b. Harilikult tarvitakse galvano-

meetrit 200-oomilise takistusega ja siis on kõige parema galvanomeetri tundlikkuse kättesaamise suhtes soovitatav rapportisi  $\frac{10}{100}$ ,  $\frac{100}{100}$

ja  $\frac{100}{10}$  tarvitada. — Tarvitusele võetavad em (elektromootorilised) jõud: Takistused, millest takistusekastid koos seisavad, on väga peentest traatidest ja võivad selle tõttu ainult väikseid voolukõrgusi välja kannatada. Üksikutele takistustele on kõige rohkem järgnevad voolukõrgused lubatavad:

1 oom 10 oomi 100 oomi 1000 oomi 10.000 oomi  
0,32 amp. 0,1 amp. 0,032 amp. 0,01 amp. 0,0032 amp.

Takistuse poolide ümbrus on kastide sees paraffiiniga täidetud ja jahutuse tingimised selle tõttu ka halvad, kõrgema voolu läbikäik poolidest (tsilindritaoliselt mähitud), toob enesega tuntava soendamise kaasa, mis vähemalt, kui mitte poolisid ei hävita, suuremaid vigu aparadi täpisealusel luua võivad.

Wheatstone sildades läheb elemendi vool mõlemasse proportsiooni harudesse, ja kui need harud a ja b üksteisest relatiivselt kaugemal lahku lähevad, tekkivad nendes lahku minevad soojused, mille tõttu ka rapport  $\frac{a}{b}$  muutuda võib. Järeldus on, et tarvitusele tulev vool küllalt nõrk olema peab ja mitte üleliigseid soojusi proportsiooni poolides ja ka mõedetavas takistuses eneses tekitada ei tohi. Tarvitusele võetav emj ripub harilikult mõedetavast takistusest x ära, viimase kõrged väärtused nõuavad ka kõrgemaid emj. Harilikult on kahest ehk kolmest Leclanché ehk Danieli elemendist, mille sise-mine takistus suur, mõetmiseks küllalt.

Kui akkumulaatorid tarvitusele võetakse, siis jääb tingimiseks, et vooluringi küllalt suur rheostaat ühendakse, mille abil vool, mis sillast läbi käib, lubatavatesse piiridesse viiakse.

Opereerimise viis: Ühendused kastiga võetakse ette andmete järele, mis kasti näpitsete (klemmide) juure graveeritud. Kontaktid peavad hästi puhtad ja kõvasti kiinnitõmmatud olema, niisama ka pistjad, mille kontaktikohte mitte näppude vahel pidada ei või. Mõedetav takistus tuleb voolujuhtide abil, mille eneste takistus võrdlemisi ärakaduv on, kastiga ühendada. Ühendamiseks on sellest

küllalt, kui paenduvad traadid läbilõikega 4 kuni 6 mm<sup>2</sup>, mõne detsimeetrilise pikkusega, tarvitusele tulevad ja nende külge kõige väiksemaid takistusi kinnitada võib, on ju näituseks ühel meetrilisel traadijupil, mille läbimõet 2 mm, takistust 0,0051 oomi võrra.

Kui mõedetav takistus sootumaks teadmata on, tuleb süstemaatiliselt pihta hakata, nii kui tuleks umbes midagi vinna (balanci) kaaluga kaaluma hakata. Kaks takistust a ja b tõmmatakse proportsiooni harudest ja takistus R võrdlemise harust, peale seda vajutakse elemendi võti alla ja siis järsku galvanomeetri oma. Kui esiteks galvanomeeter väga vähe välja lööb, oldakse juba tasakaalu läheduses, mille järel galvanomeetri vooluringi kinnitada võib ja väljalöök takistuse R otstarbekohalise muutmisega nullpunkti viiakse.

Teiseks, kui väljalöök väga suur on, tuleb tähele panna, kuhu poole nõel välja lööb. Kui R väga väike on ( $R = 0$ ) ja kui ta väga suur on ( $R = \infty$ ), võib kohe vaadata, kas on üleüldse võimalik haruga R mõedetavat takistust taasakaalu viia. Kui takistusest R ei jatku, tuleb rapporti  $\frac{a}{b}$  suurendada, ümberpöörduvalt tuleb viimast vähendada, kui mõedetav takistus liig väikese haru R väärtusega tasakaalus seisab. Lõpulik tasakaal seatakse sel viisil sisse, et harus R võimalikult suur takistus seisab, mis sellega kätte saadakse, et üksikste järele muutmisi ette võetakse tuhandete, sajade, kümnete ja ühede üksuste kaupa, kuni silmapilguni, kus ühe ainsama üksuse muutmine väljalöögi teisele poole annab. Takistus x on siis piiride vahel:

$$\frac{a}{b} \cdot R \text{ ja } \frac{a}{b} \cdot (R + 1)$$

Kui väärtus R suurem kui 1000 oomi, siis kujutavad need kaks ülemalnimetatud piiride suurus väärtust x vähem kui 0,1% kõrvalekalduvusega, — harilikus praktikas, küllalt suures täpisealsuses. Kui R väike on, siis võib interpolatsiooni abil üksuse fraktsiooni, mida tasakaalu kättesaamiseks juure lisada tuleb, kindlaks teha.

Olgu a väljalöök mis takistusele R vastab, » a » » » R' » kui a ja a' väikesed on, siis võib ütelda, et

väljalöögid takistustele proportsionaalsed on ja väärtus x järgneb:  $x = \frac{a}{b} \cdot (R + \frac{a}{a+a'})$ .

Näitus: a = 5,8 ja a' = 7,3 jaotust, täiendav fraktsioon  $\frac{a}{a+a'} = \frac{5,8}{13,1} = 0,44$ .

See parandus on ainult siis õigustatud, kui sillaga mõetmiste juures püsiva (konstant) em jõuga elemendid, näituseks Danieli omad, tarvitusel on.

Märkused: Mõetmise algusel, kobamise perioodis, on soovitat tundelikkuse vähendamiseks galvanomeetri, ehk veel parem — elemendi vooluringi, üht takistust ühendada, mille tõttu voolu kõrgus kõigis silla haruliinides ja ka viimasega seotud soendamise tagajärjed vähenevad. Kui tasakaalule ligi jõutakse, võetakse takistus välja ja viiakse sissereguleerimine lõpule.

Kui takistustes omainduktsiooni leidub, tuleb kõigepealt elemendi vooluring ja peale seda galvanomeetri oma lülitada, katkestamise puhul enne galvanomeetri vooluring ja siis alles elemendi oma katkestada. Kui takistus induktsiooni ei ole, on soovitat just ümberpöörduvalt talitada.

Ülesanded: a) Tähtaoliste takistuste mõetmine.

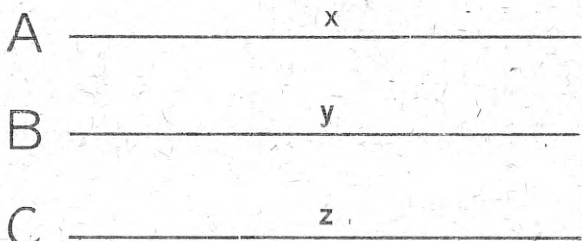
Otsad A, B, C on üksi ligipääsevad. Üksteise järel mõedetakse:

$R_1 = x + y$ ;  $R_2 = y + z$  ja  $R_3 = x + z$ , millest järgneb:

$$x = \frac{R_1 + R_3 - R_2}{2}$$

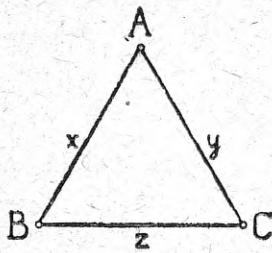
$$y = \frac{R_1 + R_2 - R_3}{2}$$

ja  $z = \frac{R_2 + R_3 - R_1}{2}$



Joon. 8.

b) Kolmnurgataoliste takistuste mõetmine.



Joon. 9.

Üksteise järel mõetatakse takistused A ja B, A ja C, B ja C vahel, mis oleks a, b, c.

Paneme

$$a + b + c = 2s,$$

väärtused x, y ja z on

antud siledest

$$x = a + \frac{(s - b) \cdot (s - c)}{s - a}$$

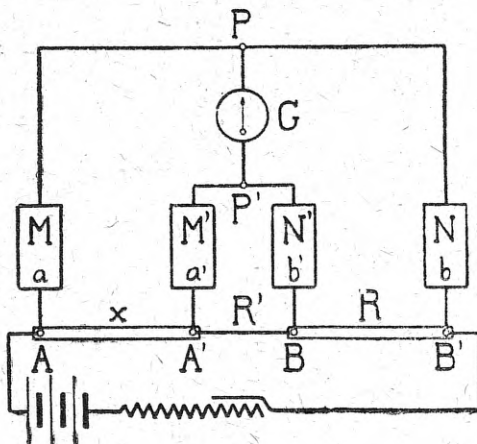
$$y = b + \frac{(s - a) \cdot (s - c)}{s - b}$$

$$z = c + \frac{(s - a) \cdot (s - b)}{s - c}$$

B. Väikesed takistused.

Ühe lühikese voolujuhi jupi, millel suur läbilõige, takistuse kindlakstegemine (alla  $\frac{1}{10}$  oomi), võib suuremate kõrvalekaldumistega seotud olla: halvad kontaktid, vigastused ühendavates voolujuhtides jne. võivad suuremat takistuse väärtust enesega kaasa tuua, kui seda mõedetaval takistusel üleüldse on.

Lord Kelvini meetod, mis niisugustel juhtumistel tarvitusele võetakse, lubab ühe voolujuhi takistust punktide vahel, mis voolujuhi otsades on, mõeta, punktide vahel, kus voolukõrgus mõetmise ajal ühetaoline (konstant) olema peab, tähendab kahe voolujuhi takistusi punktide AA' ja BB' vahel võrrelda. Selleks otstarbeks ühendakse mõedetavad



Joon. 10.

voolujuhid omavahel, üksteise järel võimalikult hästi ja akkumulaator, mis tarvilist voolu anda jaksab, lülitakse vooluringi.

A ja B' vahel seatakse 2 takistusekasti M, N ja A' ja B » » » » M', N'

üles, kuna galvanomeeter G punktide P ja P' vahel tuleb. Takistusekastides tulevad küllalt suured takistused a, b, a', b' tõmmata, mille kõrval kontaktide takistusi A, A' ja B, B' ja abiühenduste takistusi tähelepanemata jätta võib. Kui galvanomeetri tasakaal kätte saadud on, siis tekitab vooluringis järgmine võrdlus:

$$\frac{R}{b} - \frac{x}{a} = \left(\frac{a'}{a} - \frac{b'}{b}\right) \cdot \frac{R}{R' + a' + b'}$$

Ühendustiki takistus R' valistakse küllalt väikene a' ja b'-ga võrreldes, ja kui rapport  $\frac{a'}{a}$  ühesuurune rapportiga  $\frac{b'}{b}$  on, siis reductseerub eelmine võrdlus:

$$\frac{R}{b} = \frac{x}{a} \text{ ehk } \frac{x}{R} = \frac{a}{b}$$

Selle mõetmise tagajärg ripub ära teatud määral kontaktidest punktides A, A', B ja B'.

Opereerimise viis: Kõigepealt tuleb umbkaudselt, juba eelpool näidatud viisil, punktide A ja A' vahel kindlaks teha takistus x. Kastides M ja N tõmmatakse takistused a ja b ja sellesamas raportis kastides M' ja N' takistused a', b', nõnda et  $\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'}$  ja peale seda lülitakse vooluring. Harilikult lööb galvanomeeter välja, kusjuures ta tasakaalu viiakse, takistusi a, b, a' ja b' nõnda muutes, et  $\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'}$  jääb. Sel tingimisel on

$$x = R \cdot \frac{a}{b}$$

Näitus: Takistuse  $x = 0,002$  oomi võrdlemine ühe prätsisiooni (standart) takistusega  $R = 0,01$  oomi 13° C juures. Tarvitusel olev emj = 2 volti, voolutugevus = 70 amp. galvanomeetri kindel 12 megoomi. Rapport  $\frac{x}{R} = \frac{0,002}{0,01} = \frac{2}{10}$ . Meie võtame  $b = b' = 1000$  oomi,  $a = a' = 5000$  oomi. — Vooluring on kinni, galvanomeeter lööb välja; et teda nullpunkti (tasakaalu) viia, tuleb väärtusi a, a'

muuta ja võtta  $a = a' = 4964$ ,  $b = b' = 1000$  oomi, millest järgneb

$$x = 0,01 \cdot \frac{1000}{4964} = 0,002014 \text{ oomi.}$$

Seesama takistus võrreldud 0,001 oomilise prätsisiooni takistusega, andis

$$x = 0,001 \cdot \frac{1000}{496} = 0,002016.$$

Kõrvalekaldumus kahe mõetmise vahel seega 0,1 %. Kui mõedetava takistuse väärtuseks 0,002 oomi võtta, mis hariliku takistusekastiga leiti, siis on kõrvalekaldumus viimase meetodiga võrreldes 0,75 %, tähendab umbes piirides, mis temperatuuri muutumise tõttu tekkida võivad.

Selle asemel et takistusi  $a$ ,  $b$ ,  $a'$  ja  $b'$  muuta, võib neile alal hoida kindla rapporti ja ainult takistuse  $R$  väärtust teatud suurustes muuta.

Thomsoni kahekordne sild on selle põhjusemõtte järel ehitatud. Takistus  $R$ , mille väärtus 0,01 oomi, on ühetaolise argentaan-

peal libisejad vasest, kontakti loovad vedrud kinnitud.

Takistused on nõnda ärajaotud (vaata joonis- tus), et rapportid  $\frac{1}{100}$ ,  $\frac{1}{10}$ , 1, 10 ja 100 kätte saadakse, mis kontaktide eneste peale ka äramärgitud. Ühendused mõedetava takistusega, galvanomeetriga ja akkumulaatoritega, võetakse ette nelja paari näpitskruvi kontaktide abil, kus peale iga ühendus märgitud, nii kuidas ülemalkujutud sheema seda näitab.

Aparadi tarvitamise piirid on  $\frac{1}{100} \cdot 100 = 1$  oom (rapportiga 100) ja  $\frac{1}{10000} \cdot \frac{1}{100} = 10^{-6}$  oomi (rapp.  $\frac{1}{100}$ ) vahel. Maksimaalne voolukõrgus, mis argentaantraat (joonelaua peal) välja kannatab, on 8 ampeeri, ja on soovitatav sellest väärtusest mitte üle minna, sest vastasel puhul võib traat üleliiga soojaks minna, mille tagajärjeks takistuse muutumine olla võib.

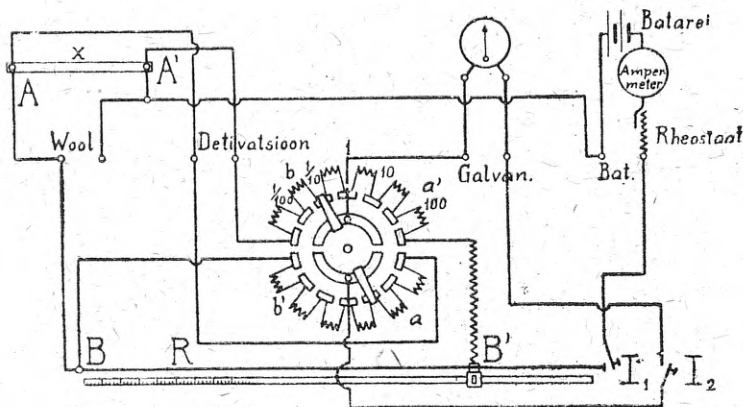
Opereerimise viis: Kui mõedetava takistuse  $x$  kohta igasugused andmed puuduvad, siis keeratakse libisev kaksikkontakt kontakti 1 peale ja talitakse järgnevalt;

1.) kalibreeritud argnetaantraadi peal libiseja kontakt lükatatakse traadi ühte otsa,

2.) kinnitakse vool lülitaja  $I_1$  läbi,

3.) vajutakse galvanomeetri lülitaja  $I_2$  peale ja pannakse tähele, kuhupoole galvanomeeter välja lööb.

Peale seda katkestatakse galvanomeetri vool ja siis akkumulaatorite vool ja viiakse uuesti läbi seesama operatsioon kalibreeritud traadi kontaktiga teisepool traadi otsas. Kui viimasel puhul galvanomeeter vastuoksa välja löi, siis jätkub galvanomeetri tasakaalu viimiseks kalibreeritud traadi peal libiseva kontakti edasi-tagasi nihutamisest. — Kui aga mõlemail puhul galvanomeetri väljalöök ühtepoole järgneb, siis tuleb pööratava kaksikkontakti seisukohta niikaua muuta, kuni rahuldav resultaadi saadakse. Kui galvanomeeter null-



Joon. 11.

traadi näol mööda saja jaosse jaotud joonelauda tõmmatud. Ühenduse koht  $B$  on kindel, kuna teine punkt  $B'$  libiseva kontakti näol traadi peal edasi-tagasi liikuda võib, kusjuures iga sajandik joonelaua peal  $\frac{1}{10000}$  oomile vastab.

Takistused  $a$ ,  $b$ ,  $a'$  ja  $b'$  on rõngataoliselt eboniidist alusele kinnitud kontaktide vahele lülitud. Kaks diametraalselt vastamisi seisvat kontakti viiakse ühendusse kahe kaarega, käänatava isoleermaterjalist pideme abil, mille alla isoleeritult kontaktide ja kaarte

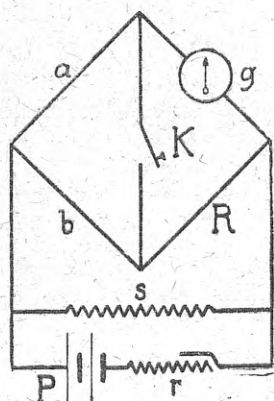
punktis on, siis on tundmata takistus  $x$  antud produkti läbi, mis koos seisab joonelaua pealt äraloetud numbrist ja faktorist kontakti kohal, mille peal seisab kaksikkontakt.

### Galvanomeetri takistuse mõetmine.

1.) Seda takistust võib kui igat harilikku takistust Wheatstone sillaga mõeta, tarvilisi ettevaatuse abinõusid mitte silmast lastes ja aparadi liikuvat raami kergelt kinni kiiludes. See meetod nõuab aga läbiviimiseks veel teist galvanomeetrit.

2.) Kui ainult üks galvanomeeter käepärast on, siis võib nõndanimet. lord Kelvini meetodi tarvitada.

Tarvitusele võetakse harilik Wheatstone silla kast, mõedetavat galvanomeetrit tundmata



Joon. 12.

katkestamise puhul ühetaoliselt kindlaks, s. o. muutmataks.

Mõetmise läbiviimisel peab voolukõrgust nõnda reguleerima, et galvanomeetri väljalöök võimalikult suur oleks, aga siiski mitte joonelaua piiridest väljaspool. Selle kättesaamiseks tuleb sünnis takistus elemendi diagonaalsesse panna ja, kui tarvis, siis veel elemendile kõrvalühendus (shunt), luua, millel küllalt takistust olema peab, et element selle kõrvalühenduse tõttu lühikelselt ühendud ei oleks.

Opereerimise viis: Tulevad kaks ühesuurust takistust  $a$  ja  $b$  tõmmata, kuna  $R$  umbkaudu võetakse. Elemendi vooluring tuleb kinnitada ja siis  $r$  ja  $s$  nõnda reguleerida, et väljalöök 200 kuni 250 üm oleks; võti  $K$  tuleb alla vajutada ja galvanomeetri väljalööki tähele panna. Kui viimane suuremaks läks, siis on  $R$  liig suur, aga kui vähenes, siis on

takistuse  $x$  harusse ühendades ja galvanomeetri diagonaalsesse üles seadides lühikese ühenduse lülitajat (võtit). Galvanomeeter lööb temast enesest läbikäiva voolu mõju all välja, kui aga silla tasakaal kättesaadud on, jääb galvanomeetri väljalöök lühikese ühenduse kinnitamise ja

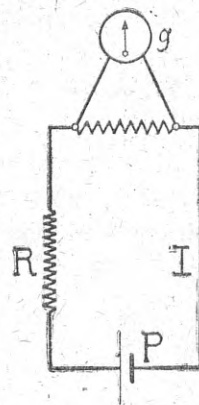
$R$  liig väike; kui nüüd väärtust  $R$  niikaua muudetakse, kuni galvanomeeter oma väljalööki enam ei muuda, siis on  $R = g$ . Sturema täpiseks kättesaamiseks on soovitatav takistuste  $r$  ja  $s$  muutmise abil alal hoida võimalikult suurt väljalööki.

Näitus: Tarvitusel oli 1 Leclanché element. Takistus elemendi peavoolus  $r = 7000$  kuni 8000 oomi;  $s = \infty$ ;  $a = b = 1000$  oomi. Galvanomeetri väljalöök 231 mm. Takistus  $R$ , mille abil tasakaal kättē saadi, oli 212 ja 213 oomi vahel, sellest järgneb  $g = 212$  kuni 213 oomi 20° C juures.

### 3.) Poole deviatsiooni meetod.

Ühendused tehakse sheema 13 järele. Takistus  $R$  tuleb nõnda reguleerida, et galvanomeetri väljalöök (deviatsioon) umbes 100 jaotust välja teeks, siis lülitakse shunt  $s$  nõnda, et galvanomeetri väljalöök poole vähemaks läheb.

Kui takistus  $R$  takistusega  $g$  võrreldes suur on, siis ei too vooluringi takistuse muutmine kõrvalühenduse  $s$  tõttu enesega kaasa märgatavat voolukõrguse muutmist.



Joon. 13.

Olgu  $a$  väljalöök, mis voolule  $I$  vastab

»  $a$  » » »  $I'$

Harilikult on:  $\frac{I}{I'} = \frac{a}{a'}$  ja kui  $a' = \frac{a}{2}$

siis on  $I' = \frac{I}{2}$ , millest järgneb  $g = s$ . Juhutumistel, kui  $R$  väga suur ei ole  $g$  vastu, siis on täpisepealne vormel:

$$g = s \cdot \frac{R}{R - s}$$

Opereerimise juures tuleb silmas pidada, et galvanomeeter selle tõttu, kui vool katkestatakse, mitte nullpunkti peale, ülesriputamise traadi koha peal ärakäänamise (torsiooni) mõjul, seisma ei jää, mis mõetmise ajal kõrvalkalduvusi enesega kaasa tuua võib.

Näitus: Tarvitusel 1 Danieli ehk Leclanché element;  $R = 21340$  oomi;  $a = 120$  jaotust;  $s = 205$  oomi, vastavalt 60 jaotusele, millest järgneb  $g = 205$  oomi.

(Järgneb.)