

TALLINNA POLÜTEHNILINE INSTITUUT

H.JÄNES, T.VESKE

LABORATOORSETE TÖÖDE  
ÜLESANDED ÕPPEAINES  
ELEKTROTEHNIKA  
TEOREETILISED ALUSED

TALLINN  
1962



A-24881  
TALLINNA POLÜTEHNILINE INSTITUUT  
Teoreetilise ja üldise elektrotehnika kateeder

Laboratoorse teööde ülesanded  
õppeaines

ELEKTROTEHNIKA TEOREETILISED ALUSED

osad

FÜSİKALISED ALUSED

ELEKTRI- JA MAGNETAHELATE TEORIA ALUSED

ARHIIVKOGU  
Kocstanud H. Jänes ja T. Veske

Tallinn  
1962

Таллинский политехнический институт  
Кафедра теоретической и общей электротехники  
Лабораторные задания  
по дисциплине  
"Теоретические основы электротехники"

разделы

"Физические основы"

"Основы теории электрических и магнитных цепей"

Составили Х. Янес и Т. Веске

На эстонском языке

2



~~ARHIIVKOOGU~~

Järjestikahel

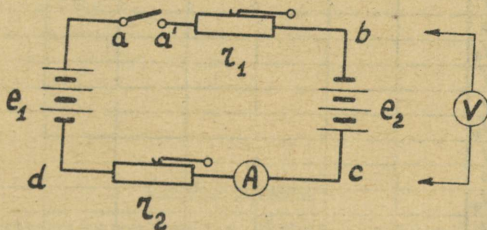
Töö eesmärgiks on tunda õppida alalisvoolu puhul järjestikahela ja tema elementide omadusi ning järjestikahelas keh-tivaid seaduspärasusi. Erilist rõhku panna pingete, potentsiaa-lide ja potentsiaalide vahede ning voolude määramisele algebra-liste suurustena, s.o. märgiga.

1. Tutvuda kasutatavate lülituselementide ja mõõteriista-dega ning märkida töö protokollis nende olulised andmed.

2. Mõõta ahela voolusid ja pingeid avatud ja suletud lü-liti puhul iga allpool toodud lülitusskeemi kohaselt koosta-tud ahelas.

Mõõtetulemused vormistada tabeli 1 - 1 kujul.

Leida voltmeetri abil lülitusele joon. 1 - 1 lüliti sule-tud asendi puhul koht, mille potentsiaal oleks võrdne lüliti klemmide potentsiaaliga. Veenduda, et nende või mis tahes sa-ma potentsiaaliga punktide omavahelisel lühistamisel ahela re-žiim ei muutu.



Joon. 1 - 1

Lülitusskeemid:

- joonis 1 - 1,
- joonis 1 - 1 ilma pingeallikata  $e_2$ ,
- joonis 1 - 1 ilma pingeallikata  $e_1$ ,
- joonis 1 - 1, kusjuures suurema emj-ga pingeallika po-laarsus on vastupidine joonisel näidatuga.

TABEL 1-1

MÕÖ- SUURUS	SKEEM		a		b		c		d	
			AVAT.	SULET.	AVAT.	SULET.	AVAT.	SULET.	AVAT.	SULET.
i	$\alpha$	o								
	C	A/o								
	$\alpha C$	A								
U <sub>aa'</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>ab</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>ac</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>ad</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>a'b</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>bc</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>cd</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>bd</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>a'c</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								
U <sub>a'd</sub>	$\alpha$	o								
	C	V/o								
	$\alpha C$	V								

Märkus: Kui mõõteriista ühe jaotuse väärtus C on  $10^n$  ning n on positiivne või negatiivne täisarv, siis võib tabelisse kirjutada otseselt mõõdetava tulemuse, ilma mõõteriista lugemist skaala jaotustes märkimata.

Märkus 1. Mõõteandmetesse kanda voolud algebraliste suurustena, s.o. positiivse või negatiivse märgiga vastavalt töö tegija poolt skeemil näidatavale leppelisele voolu positiivsele suunale.

2. Mõõteandmetesse kanda pinged algebraliste suurustena, s.o. positiivse või negatiivse märgiga.

Siinjuures võtta teadmiseks, et potentsiaalide vahe  $U_{xy}$  loetakse positiivseks, kui  $U_x - U_y > 0$ , ja negatiivseks, kui  $U_x - U_y < 0$ .

3. Arvutada mõõteandmeist reostaatide takistused  $r_1$  ja  $r_2$  ning pingeaallikate sisetakistused  $r_{s1}$  ja  $r_{s2}$ .

4. Joonestada ahelale joon. 1 - 1 potentsiaalidogramm avatud ja suletud lüliti puhul. Lüliti ühe pooluse potentsiaal lugeda võrdseks nulliga.

5. Selgitada, missugustes katsetatava ahela elementides ja missugustel tingimustel esinevad potentsiaalne väli, elekt-rostaatiline väli ja võõrväli ning kuidas on need väljad suunatud. Märkida skeemi elementidel nende väljade suunad.

6. Analüüsida töö tulemusi. Selgitada pingeaallikate sisetakistuste mõju katsetulemustele. Kuidas katsetulemused rahuldavad superpositsiooni printsiipi?

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. I, гл. I...5.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. I, гл. I.

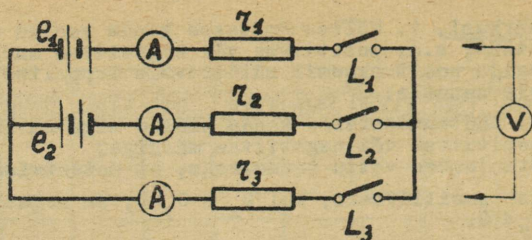
Töö nr. 2

#### Paralleelahel

Töö eesmärgiks on tundma õpida paralleelselt ühendatud harudega alalisvooluahelas kehtivaid seaduspärasusi.

1. Tutvuda kasutatavate lülituselementide ja mõõteriistadega ning märkida töö protokollis nende olulised andmed.

2. Mõõta ahela harude voolusid ja pingeaallikate ning takistite ja ampermeetrite järjestikühenduste klemmidel pingeid kõigi allpool toodud lülitusskeemide kohaselt koostatud ahelatel lülitite  $L_1$ ,  $L_2$  ja  $L_3$  tabelis 2 - 1 näidatud lülituskombinatsioonide korral.



Joon. 2 - 1

Lülitusskeemid:

- joonis 2 - 1,
- joonis 2 - 1 ilma pingeaallikata  $e_2$ ,
- joonis 2 - 1 ilma pingeaallikata  $e_1$ ,
- joonis 2 - 1, millest on välja jäetud  $e_2$  ning  $e_1$  on asetatud  $e_2$  kohale.

3. Mõõta takistussillaga kõikide ahela harude takistite ja ampermeetrite summaarsed takistused  $r_1$ ,  $r_2$  ja  $r_3$ .

4. Määrata kõik mõõdetud voolud arvutamise teel. Arvutuse andmeteks kasutada pingeaallikate elektromotoorsete jõududena nende voltmeetritega mõõdetud tühijooksupingeid ja harude takistustena nende takistussillaga mõõdetud  $r_1$ ,  $r_2$  ja  $r_3$  suurusid.

5. Joonestada potentsiaalidiagramm kontuurile, mis haarab mõlemaid pingeaallikaid vastavalt skeemile a) kõigi lülitite suletud asendi puhul.

6. Mõõtetulemustest määrata takisti  $r_2$  suhtes ekvivalentse generaatori sisetakistus ja elektromotoorne jõud skeemi a) kõigi lülitite suletud oleku korral. Joonestada ekvivalentse generaatori aseskeem.

7. Võrrelda ja analüüsida arvutus- ja mõõtetulemusi. Misugune on pingeaallikate sisetakistuste mõju? Kuidas mõõtetulemused rahuldavad superpositsiooni ja vastastikkuse printsiipi ning ekvivalentse generaatori teoreemi?



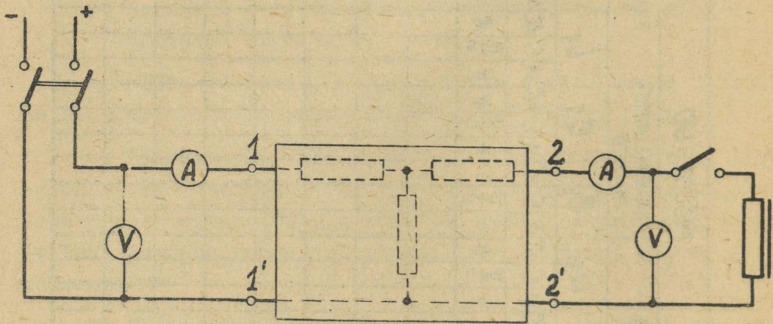
### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. I, гл. I...5.  
Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. I, раздел I, гл. I.

Töö nr. 3

### Alalisvooluneliklemm

Töö eesmärgiks on tutvuda passiivse alalisvooluneliklemmi omaduste ja põhiseostega tühijooksul, lühisel ja koormusel.



Joon. 3 - 1

1. Koostanud lülituse vastavalt joon. 3 - 1, mõõta neliklemmi voolusid ja pingeid tühijooksu ja lühise režiimidel toite puhul klemmidelt 1 - 1' ja toite puhul klemmidelt 2 - 2'.

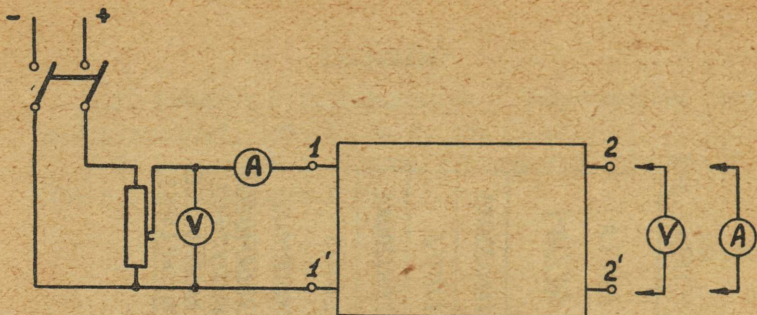
2. Mõõta neliklemmi voolusid ja pingeid toite puhul klemmidelt 1 - 1', kui klemmidele 2 - 2' on lülitatud mittelineaarne takisti.

3. Koostanud lülituse vastavalt joon. 3 - 2, mõõta neliklemmi toitevoolusid ja toitepingeid tühijooksu ja lühise režiimidel, millede sekundaarpinge ja -vool võrduvad koormuspingega ja -vooluga režiimis p. 2.

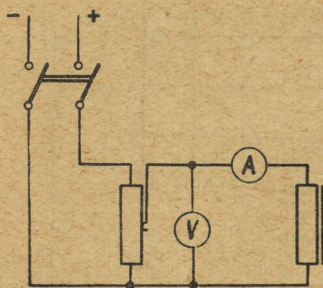
4. Koostanud lülituse vastavalt joon. 3 - 3, määrata mittelineaarse takisti volt-amperekarakteristik reguleeritava pingega ja voolu mõõtmisega.

TABEL 3-4

JRK. NR.	TOIDE	$U_1$			$I_1$			$U_2$			$I_2$			AHELA REŽIIM
		$\alpha$	C	$\alpha C$	$\alpha$	C	$\alpha C$	$\alpha$	C	$\alpha C$	$\alpha$	C	$\alpha C$	
		°	V/o	V	°	A/o	A	°	V/o	V	°	A/o	A	
1	1-1'													TÜHIJOOKS
2	1-1'													LÜHIS
3	2-2'													TÜHIJOOKS
4	2-2'													LÜHIS
5	1-1'													KOORMUS
6	1-1'													KOORMUSELE VASTAV TÜHIJ.
7	1-1'													KOORMUSELE VASTAV LÜHIS



Joon. 3 - 2



Joon. 3 - 3

5. Mõõtetulemustest arvutada neliklemmi sisendtakistused tühi-  
jooksul ja lühisel  $r_{10}$ ,  $r_{1k}$ ,  $r_{20}$ ,  
 $r_{2k}$ . Kontrollida tulemuste õigsust  
seosega  $\frac{r_{10}}{r_{20}} = \frac{r_{1k}}{r_{2k}}$ .

6. Mõõtetulemustest arvutada  
neliklemmi konstandid  $a$ ,  $b$ ,  $c$  ja  $d$ .  
Kontrollida tulemuste õigsust seo-  
sega  $ad - bc = 1$ .

7. Määrata katsetatud neliklem-  
mi ekvivalentse  $T$ - ja  $\Pi$ -kujulise aseskeemi parameetrid.

8. Arvutada mõõtetulemustest mittelineaarse takisti koor-  
musrežiimile (p. 2) vastav staatiline takistus.

9. Joonestada mittelineaarse takisti volt-amperekarakte-  
ristik. Määrata karakteristikult koormusrežiimi (p. 2) dtnaa-  
miline takistus.

Samuti määrata antud koormusrežiimis mittelineaarsele ta-  
kistile ekvivalentse pingevallika emj.

Joonestada ekvivalentse pingevallika aseskeem, millele  
kanda voolu ja emj. suunad.

10. Arvutada neliklemmi võrrandite ja p. 2 koormusrežiim-  
i pinge  $u_2$  ja voolu  $i_2$  abil toitesuurused  $u_1$  ja  $i_1$ . Võrrelda

arvutustulemusi otseselt mõõdetutega.

11. Mõõte- ja arvutustulemuste kriitilisel hindamisel näidata, kuidas mõõtetulemused rahuldavad vastastikkuse ja superpositsiooni printsiipi ning ekvivalentse generaatori teoreemi. Kas kasutatud neliklemm on lineaarne ja sümmeetriline?

Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.А. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 1, гл. 4...6.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 1, гл. 1...5.

Töö nr. 4

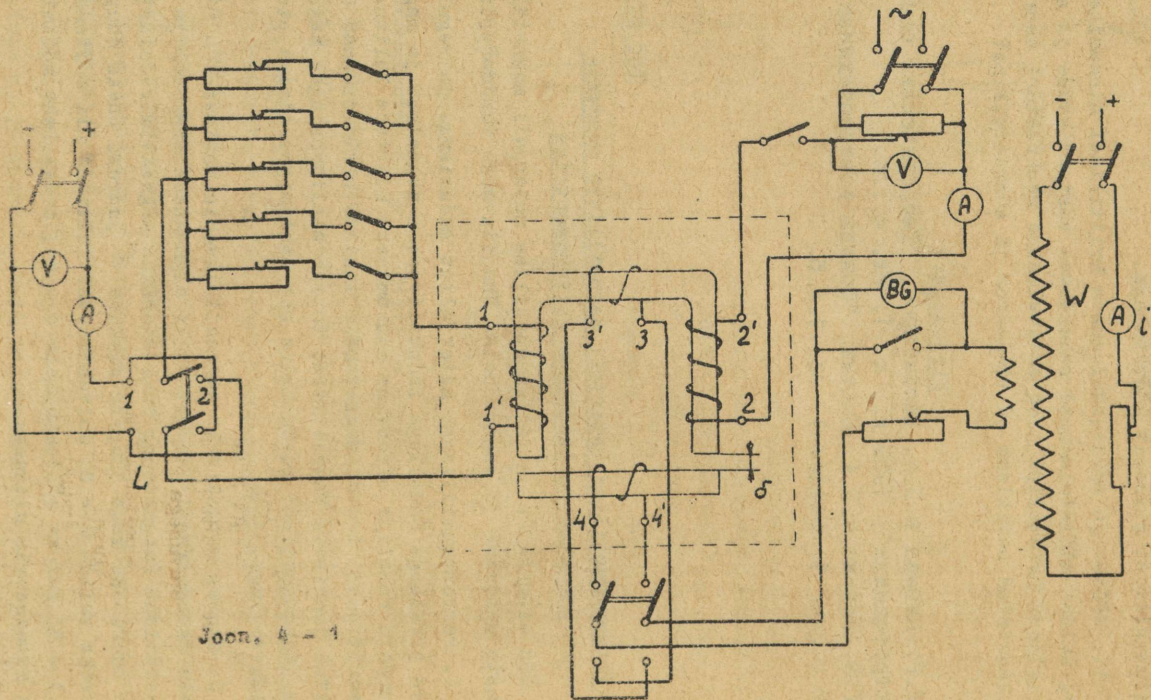
Ferromagnetilise materjali magnetiliste omaduste uurimine ballistilise galvanomeetriga

Töö eesmärgiks on ferromagnetilise materjali magnetiliste omaduste uurimine ja magnetahelas õhupilu mõju tundmaõppimine.

1. Ferromagnetilisest materjalist südamikuga ja reguleeritava pikkusega õhupiluga induktiivpooli magnetvoo ja magneetimisvoolu vahelise olenevuse määramiseks koostada lülitus vastavalt joon. 4 - 1. Magnetahela mähiste kerimissuunad on märgitud joonisel. Magneetimine toimub alalisvooluga. Magnetahela jääkmagnetismi kustutamine ehk lahtimagneetimine teha vahelduvvooluga.

2. Muutes astmeliselt magneetimisvoolu mähises  $1 - 1'$ , määrata ferromagnetilise materjali algmagneetimiskõver ja hüstereesisilmus (magnetvoog funktsioonina magneetimisvoolust). Katse sooritada kahe õhupilu pikkuse  $\sigma$  juures. Üheks õhupilu pikkuseks valida  $\sigma = 0$ . Galvanomeeter lülitada nii mõõtemähisele  $3 - 3'$  kui ka mõõtemähisele  $4 - 4'$ , seega teha mõõtmised nelja katseseeria ulatuses.

Enne mõõtmisi määrata proovimise teel galvanomeetri eeltakistuse suurus sobivate galvanomeetri hälvete saavutamiseks.



Joon. 4 - 1

Vahenditult mõõtmiste eel magneetida ahel lahti mähises 2 - 2' sujuvalt suurimalt väärtuselt nullini vähendatava vahelduvvooluga.

Märkus: Ballistilist galvanomeetrit šunteeriv lüliti olgu normaalselt suletud ning see avatakse ainult lugemi või vaatluse tegemise ajaks.

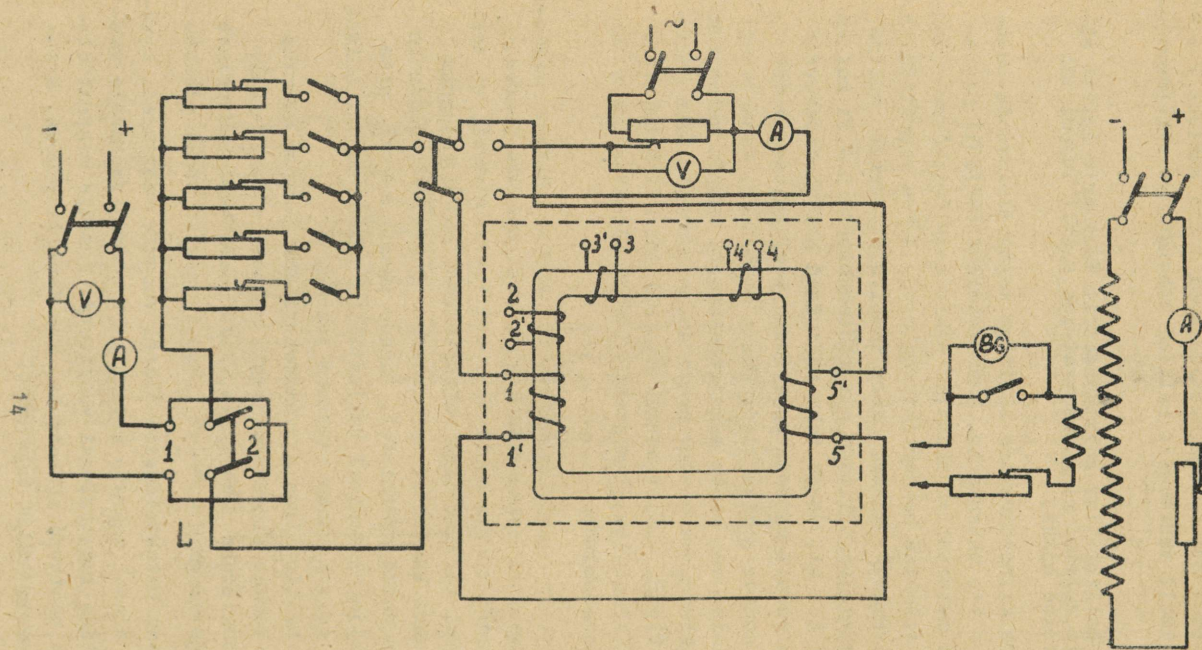
3. Muutes kiiretoimelise lülitiga magneetimisvoolu suunda mähises 1 - 1', määrata nn. kommutatsioonimeetodil ferromagnetilisest materjalist südanimiku põhimagneetimiskõver (magnetvoog funktsioonina magneetimisvoolust). Katse sooritada kahe šupilu pikkuse  $\delta$  juures. Üheks šupilu pikkuseks valida  $\delta = 0$ . Galvanomeeter lülitada nii mõõtemähisele 3 - 3' kui ka mõõtemähisele 4 - 4', seega teha mõõtmised nelja katseseeria ulatuses. Eelnevalt määrata proovimise teel galvanomeetri eeltakistuse suurus sobiva tundlikkuse saamiseks. Vahenditult iga üksikmõõtmise eel muuta magneetimisvoolu suunda umbes kümnel korral selleks, et saadav punkt asuks sümmeetrilise hüstereesisilmuse tipus, s.t. teostada magnetiline ettevalmistus.

Mõõtmisi alustada jääkmagnetismi mõju kõrvaldamiseks suurima magneetimisvooluga.

4. Ballistilise galvanomeetri ühe jaotuse väärtus määrata iga galvanomeetri eeltakistuse kasutatud suurusel juures. Selleks reguleerida pika pooli vool sellise suuruseni, et tema väljalülitamisel ballistilise galvanomeetri hälve kujuneks ühe galvanomeetri kasutatud eeltakistuse juures võrreldavaks hälvetega eelnevatel mõõtmistel. Lageda paaril korral pika pooli voolu väljalülitamisel ballistilise galvanomeetri hälvet iga kasutatud eeltakistuse väärtuse juures.

Arvutada ballistilise galvanomeetri ühe jaotuse väärtus pika pooli ja temaga sidestatud pooli andmete alusel igale kasutatud eeltakistuse suurusel. Pika pooli keskosas esineb magnetväli tugevusega  $H = \frac{1 \cdot W}{l}$ , kus  $l$  on pika pooli pikkus.

5. Arvutada katsetulemuste alusel voogude väärtused. Raudkeha mõõtmete alusel määrata katseliselt saadud voogudele vastavad magnetilise induktsiooni väärtused. Nendele magneetimisvooludele, mis vastavad olukorrale, kui šupilu puudub, arvutada vastavad magnetvälja tugevused.



Жоом. 5 - 1

6. Joonestada magnetilise induktsiooni väärtus funktsioonina magneetimisvoolust ja magnetvälja tugevusest kõikide katsete kohta.

7. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Milline on õhupilu mõju induktiivpooli magnetahela magnetilisele takistusele ja magnetilisele puistele?

#### Kirjandus:

П.Л. Калантаров и Л.Р. Нейман, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 1, гл. 9.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 1, гл. 6.

Töö nr. 5

#### Magnetahel

Töö eesmärgiks on uurida magnetvoogude jaotust õhupiluga kolmesambalises ferromagnetilisest materjalist magnetahelas alalisvooluga magneetimisel.

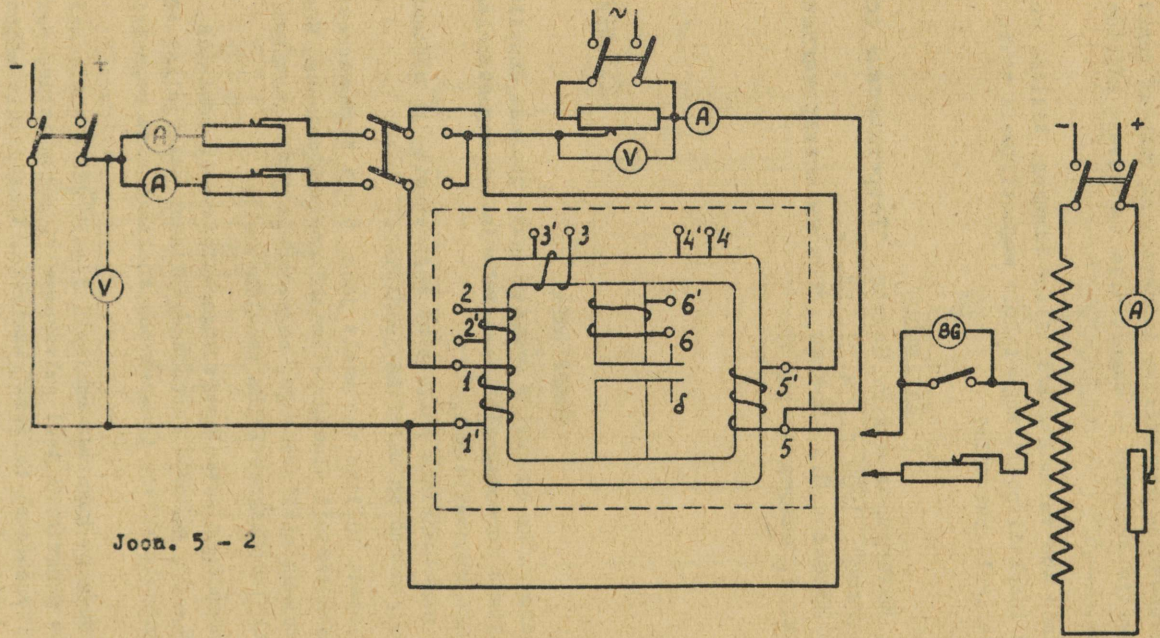
Kõigi magnetahelale paigutatud magneetimis- ja mõõtemähiste kerimissuunad on märgitud joonistel.

1. Koostada lülitus vastavalt joon. 5 - 1 ferromagnetilise südamik materjali algmagneetimiskõvera määramiseks. Magneetimine toimub alalisvooluga, magnetahela jääkmagnetismi kustutamine ehk lahtimagneetimine vahelduvvooluga.

2. Suurendades astmeliselt magneetimisvoolu mähistes 1 - 1' ja 5 - 5', määrata ferromagnetilisest materjalist südamiku algmagneetimiskõver (magnetvoog funktsioonina magneetimisvoolust).

Mõõtemähisena kasutada mähiseid 3 - 3' või 4 - 4'. Belnevalt määrata proovimise teel galvanomeetri eeltakistuse suurus sobivate galvanomeetri hälvete saamiseks. Vahenditult mõõtmiste eel magneetida ahel lahti sujuvalt suurimalt väärtuselt nullini vähendatava vahelduvvooluga.

15



Жон. 5 - 2

3. Koostada lülitus vastavalt joon. 5 - 2 magnetvoogude jaotuse määramiseks kolme haruga magnetahelas. Keskmisel magnetahela sambal on õhupilu ja mõõtemähis. Helejäädud sammastel on magneetimis- ja mõõtemähised.

4. Reguleerida magneetismähiste 1 - 1' ja 5 - 5' harude takistused niisugusteks, et sisselülitamisel tekiks id etteantavad magneetimisvoolud. Peale südamiku lahtimagneetimist vahelduvvooluga ja galvanomeetri ühendamist ühe mõõtemähisega lülitada sisse magneetimisvoolud ja lugeda galvanomeetri hälve. Katset korrata samade magneetimisvoolude puhul galvanomeetri ühendamisel järjekorras kõikidè mõõtemähisega. Enne iga mõõtmist määrata proovimise teel galvanomeetri eeltakistuse suurus sobivate galvanomeetri hälvete saamiseks.

5. Ballistilise galvanomeetri ühe jaotuse väärtus määrata ja arvutada iga galvanomeetri eeltakistuse kasutatud suuruse juures nagu töös nr. 4 p. 4.

6. P. 2 mõõtetulemustest ja südamiku mõõtetest arvutada ja joonestada ferromagnetilise südamiku materjali algmagneetiskõver  $B = f(H)$ , mis on lähedane põhimagneetiskõverale.

7. Katsel kasutatud magnetomotoorsete jõudude  $w_{11}$  ja  $w_{5 \cdot 15}$ , magnetahela mõõtmete ning p. 6 saadud materjali algmagneetiskõvera alusel leida grafoanalüütiliselt magnetahela magnetvood. Arvutada magnetvoogude väärtused katsetulemuste põhjal ja kanda eksperimentaalsed tulemused arvutatud graafikutele.

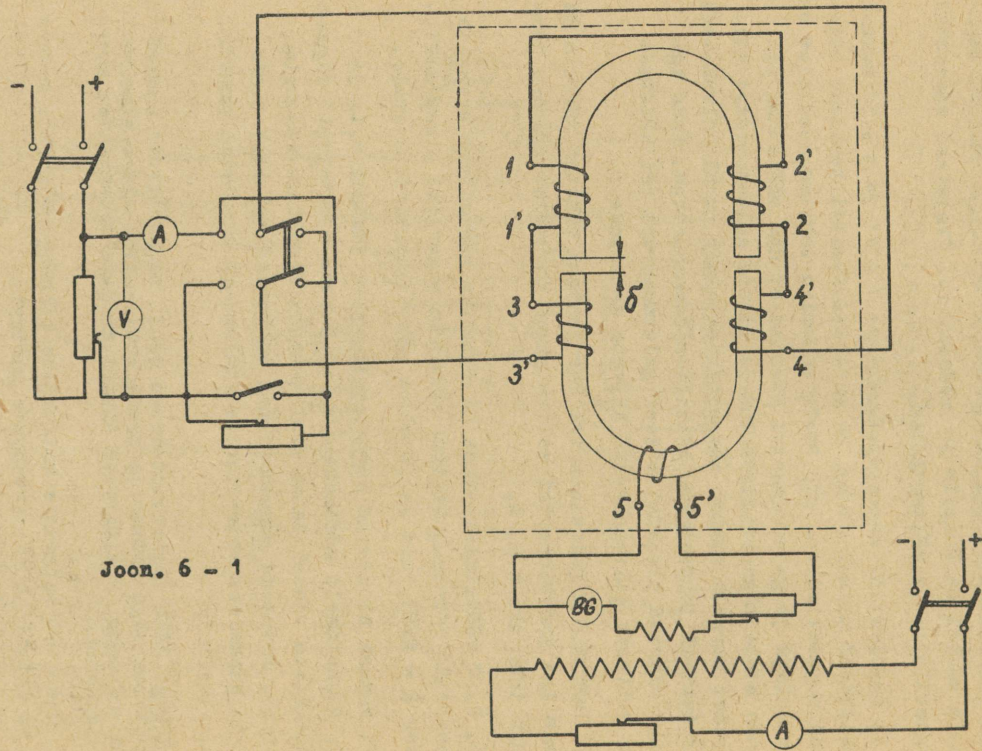
Märkus. Kõik magnetomotoorsed jõud, magnetilised pinged ja magnetvood olgu katse- ja arvutustulemustes antud algebrailiste suurustena. Positiivsed suunad näidata tööaruandes skeemil noolekestena.

8. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Võrrelda teoreetilist ja katselist magnetvoogude jaotust.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 1, гл. 9.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 1, гл. 6.



Magnetahel permanentmagnetiga

Töö eesmärgiks on tutvuda permanentmagnetiga magnetahela seaduspärasustega. Selgitada ahelas kehtivaid seoseid magneetimisergutuse ning õhupilu muutumise korral.

1. Koostada lülitus vastavalt joon. 6 - 1 permanentmagnetiga magnetahela uurimiseks. Katseobjektiks on kaks ühesugust permanentmagnetit. Magneetimine toimub alalisvooluga. Magnetvood määratakse ballistilise galvanomeetriga.

2. Õhupilu puududes magnetite vahel viia läbi suure küllastuse juures sümmeetrilise hüstereesisilmuse otspunktide ja jääinduktsiooni määramiseks vajalikud ballistilised mõõtmised kahe magneetimisvoolu juures. Üks magneetimisvool olgu  $0,75$  teisest. Kui peale magnetilist ettevalmistust voolu väljalülitamisele ja teisesuunalise voolu sisselülitamisele galvanomeetri hälvete  $\alpha_1$  ja  $\alpha_2$  vahe, s.t. jääinduktsioon, on mõlema voolu juures praktiliselt sama, siis on küllastus antud voolude puhul saavutatud.

Märkus. Antud töö kõikide mõõtmiste eel määrata proovimisega ballistilise galvanomeetri eeltakistuse suurus sobivate galvanomeetri hälvete saamiseks.

3. Võtta üles andmed sümmeetrilise hüstereesisilmuse lahtimagneetimiskõvera määramiseks igakordse sümmeetrilise hüstereesisilmuse otspunktile vastava suurima magneetimisvoolu väljalülitamisega ja mitmesuguse väärtusega vastassuunalise voolu sisselülitamisega. Vastassuunalise voolu sisselülitamisel lugeda ballistilise galvanomeetri hälbed.

4. Teha mõõtmised nn. tagastusjoonte otspunktide määramiseks lahtimagneetimiskõvera mõnele punktile. Selleks lülitada välja hüstereesisilmuse 2. kvadrandi mõnedele punktile vastavad magneetimisvoolud ahelast ning lugeda samaaegselt ballistilise galvanomeetri hälbed.

5. Määrata induktsiooni muutus  $\Delta B$ , mis tekib magnetitevahelise õhupilu sissetoomisega. Selleks reguleerida vastava

piiraja abil, pärast ahela magnetilist ettevalmistamist ja magneetimisvoolu väljalülitamist positiivselt väärtuselt, õhupilu pikkus kiiresti kuni etteantava väärtuseni ning lugeda samaaegselt ballistilist galvanomeetrit.

6. Teha mõõtmised permanentmagneti induktsiooni ja tagastegurite määramiseks õhupilu uuesti nulliks muutmise järgi. Selleks reguleerida õhupilu pikkus kiiresti nulliks ja lugeda samaaegselt ballistilist galvanomeetrit.

7. Teha mõõtmised ühe tagastusjoone määramiseks õhupilu astmelise vähendamise meetodil. Ahela algolukord olgu sama, mis on kirjeldatud p. 5 pärast õhupilu sisseviimist. Õhupilu astmelisel vähendamisel lugeda ballistilise galvanomeetri häälbid.

8. Ballistilise galvanomeetri ühe jaotuse väärtus määrata ja arvutada iga galvanomeetri eeltakistuse kasutatud suuruse juures nagu töös nr. 4 p. 4.

9. Magnetahela andmete ja p. 2 mõõtmistulemustest arvutada jääkinduktsioon ning p. 3 mõõtmistulemuste, lahtimagneetiskõvera ja ahela andmete alusel teised punktid ja koertsiitivjõud. Tulemused esitada graafiliselt.

10. Arvutada ja kujutada graafiliselt hüstereesisilmuse 2. kvadrandid ühises teljestikus kõik ülejäänud katseliselt määratud magnetahela magnetilised olukorrad. Arvutada tagastegurite väärtused.

11. Magnetahela mõõtmete ja p. 7-s leitud lahtimagneetiskõvera andmete alusel määrata grafoanalüütiliselt magnetilise induktsiooni väärtus magnetahelas, kui õhupilu pikkus on võrdne p. 5 suurima õhupilu pikkusega.

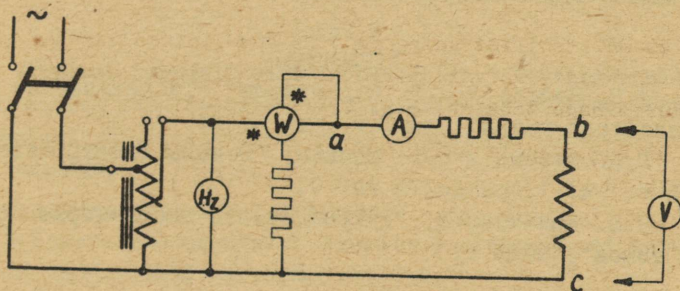
12. Anda töö tulemuste analüüs. Võrrelda p. 11 grafoanalüütiliselt leitud induktsiooni väärtust katselisega.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 1, гл. 9.

Induktiiv- ja aktiivtakistust sisaldav järjestikahel

Töö eesmärgiks on tutvuda induktiiv- ja aktiivtakistust sisaldava järjestikahela seaduspärasustega ja võimsuse mõõtmisega ühefaasilises süsteemis siinuselisel toitepingel.



Joon. 7 - 1

1. Koostada lülitus vastavalt joon. 7 - 1.
2. Mõõta sagedust  $f$ , voolu  $I$ , summaarset aktiivvõimsust  $P$  ning skeemi elementidel kujunevaid pingeid  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$  ja  $U_{ac}$ . Lisaks eelnevale mõõta vattmeetriga induktiivpooli ja reostaadi aktiivvõimsusi. Selleks ühendada vattmeetri pingeharu üks ots punktiga  $b$ .

**Märkus.** Vattmeetris tekkiiv pöördemoment omab siis osutit paremale kallutatavat suunda, kui vattmeetri voolu- ja pingeharus on voolud tähekestega märgitud klemmide suhtes sama suunaga. Teades vattmeetri märgitud klemme, saab temaga määrata peale võimsuse suuruse ka võimsuse märki, s.o. suunda.

3. Mõõdetud pingete, summaarse aktiivvõimsuse ja voolu alusel arvutada  $\cos \varphi$ , üldine aktiivtakistus  $r$ , reostaadi aktiivtakistus  $r_r$ , induktiivpooli aktiivtakistus  $r_L$  ning induk-

tiivsus  $L$ . Arvutamisel arvestada vattmeetri omatarvet.

4. Mõõdetud pingete, osavõimsuste ja voolu alusel arvutada reostaadi ja induktiivpooli parameetrid.

5. Joonestada vektordiagramm, mis sisaldaks voolu  $I$ , pingeid  $\bar{U}_{ab}$ ,  $\bar{U}_{bc}$ ,  $\bar{U}_{ac}$  ning pingeid induktiivpooli aktiiv- ja induktiivtakistusel. Vektordiagramm joonestada efektiivväärtustes.

6. Joonestada siinuskõveraina vektordiagrammis olevad suurused, võttes seejuures arvesse nendevahelise ajalise nihke. Siinuskõverad peavad iseloomustama antud hetkväärtuste ajalist muutumist.

7. Analüüsida töö tulemusi. Võrrelda eri viisidel määratud ahela elementide parameetreid.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. II, гл. 1.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 2, гл. 9.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Töö nr. 8

#### Induktiiv-, aktiiv- ja mahtuvustakistust sisaldav paralleelahel

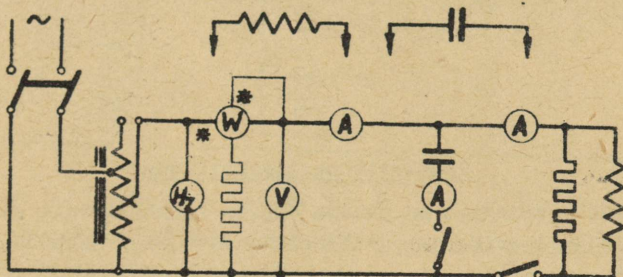
Töö eesmärgiks on tutvuda induktiiv-, aktiiv- ja mahtuvustakistust sisaldava vahelduvvoolu paralleelahela seaduspärasustega ja võimsuse mõõtmisega ühefaasilises süsteemis siinuselisel toitepingel.

1. Koostada lülitus vastavalt joon. 8 - 1.

2. Konstantse toitepinge efektiivväärtuse  $U$  juures mõõta harude voolusid, summaarset aktiivvõimsust ja sagedust järgmistel juhtudel:

a) kui koormuseks on mahtuvuslik tarbija,

- b) kui koormuseks on induktiivne tarbija,  
 c) kui koormuseks on mahtvusliku ja induktiivse tarbi-  
 ja paralleelühendus.



Joon. 8 - 1

Viimasel juhtumil määrata katseliselt tarbijate paral-  
 leelühenduse resulteriva reaktiivjuhtivuse iseloom lisakon-  
 densaatori või lisainduktiivpooli koormusega paralleelselt  
 lülitamisega.

3. Mõõtetulemustest arvutada:

- kondensaatorpatarei mahtvus  $C$  oletusel, et konden-  
 saatori aktiivjuhtivus võrdub nulliga,
- induktiivse tarbija  $\cos \varphi$ , järjestikaseskeemi induk-  
 tiivsus  $L$  ja aktiivtakistus  $r$  ning paralleelaseskeemi induk-  
 tiivsus  $L'$  ja aktiivjuhtivus  $g'$ ,
- paralleelühenduse  $\cos \varphi$  pärast kondensaatorpatarei  
 juurdelülitamist.

Arvutamisel arvestada vattmeetri omatarvet.

4. Joonestada vektordiagrammid kõigile mõõdetud juhtumi-  
 tele.

5. Analüüsida töö tulemusi. Missugune seos on järjestik-  
 ja paralleelaseskeemi parameetrite vahel?

Kas kasutatud kondensaator omab märgatavaid kadusid?

Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические ос-  
 новы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 1.

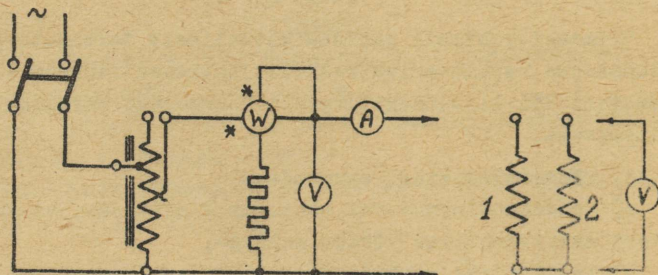
Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники",  
1955 г., ч. 1, раздел 2, гл. 9.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Töö nr. 9

### Vastastikune induktiivsus

Töö eesmärgiks on tundma õppida induktiivselt sidestatud poolide järjestik- ja paralleelühendust ning õhksüdamikuga transformaatorit.

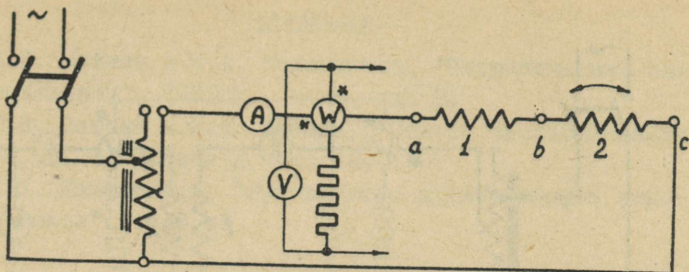


Joon. 9 - 1

1. Koostada lülitus vastavalt joon. 9 - 1 induktiivpoolide aktiivtakistuste, induktiivtakistuste ja vastastikuse induktiivsuse mõõtmiseks.

2. Mõõta toitepinget  $U$ , voolu  $I$ , võimsust  $P$  ja indutseeritud pinget  $U_2$  mõlema pooli toite puhul. Määrata poolide samanimelised klemmid voltmeetri abil pärast kummagi pooli ühete klemmide omavahelist ühendamist.

Kahe pooli samanimelisteks klemmideks nimetame neid klemme, milledest samasuunaliste voolude sissejuhtimisel poolidesse vastastikuse induksiooni aheldusvoog hakkab tugevdama kummagi pooli omainduksiooni aheldusvoogu. Antud lülituses on samanimeliste klemmide omavahelise ühenduse korral poolide järjestikühenduse pinge võrdne poolide pingete vahega.

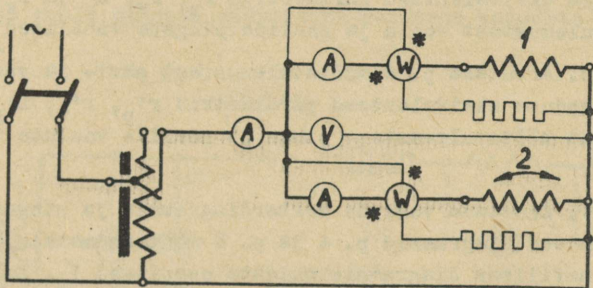


Joon. 9 - 2

3. Koostada lülitus vastavalt joon. 9 - 2 poolide järjekühenduse parameetrite mõõtmiseks.

4. Mõõta poolide päri- ja vastujärjestikühenduse voolu  $I$ , pingeid  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$ ,  $U_{ac}$  ning võimsusi  $P_{ab}$ ,  $P_{bc}$  ja  $P_{ac}$ . Võimsuse mõõtmisel peab wattmeetri pingeharu olema ühendatud vastavalt võimsuse indeksitele ja nende järjekorrale.

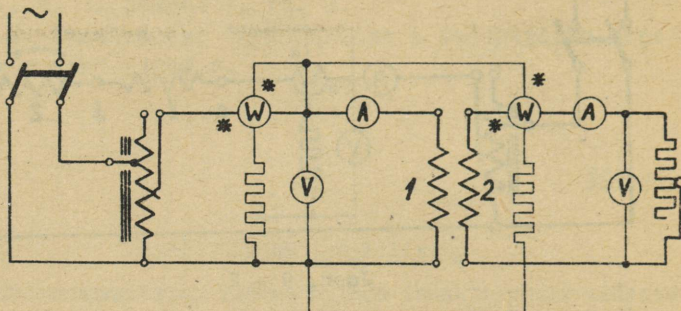
5. Koostada lülitus vastavalt joon. 9 - 3 poolide paralleelühenduse parameetrite mõõtmiseks.



Joon. 9 - 3

6. Mõõta poolide päri- ja vastuparalleelühenduse voolusid  $I$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ , võimsusi  $P_1$  ja  $P_2$  ning pinget  $U$ .

7. Koostada lülitus vastavalt joon. 9 - 4 õhksüdamikuga transformaatori katsetamiseks. Koormata transformaatorit ühelt poolelt aktiivtakistusega viimase mitme väärtuse juures. Mõõta kõiki pingeid, voolusid ja võimsusi.



Joon. 9 - 4

8. Arvutada p. 2 mõõtmistulemustest induktiivpoolide parameetrid  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  ja  $M$ . Leitud tulemuste alusel arvutada päri- ja vastujärjestikühenduse ekvivalentsed parameetrid  $r_p$ ,  $r_v$ ,  $L_p$ ,  $L_v$  ning päri- ja vastuparalleelühenduse ekvivalentsed parameetrid  $r'_p$ ,  $r'_v$ ,  $L'_p$  ja  $L'_v$ . Võrdluseks arvutada ka  $L'_p$  ning  $L'_v$  ilma poolide aktiivtakistusi arvestamata.

9. Arvutada p. 4 mõõtetulemustest päri- ja vastujärjestikühenduse ekvivalentsed parameetrid  $r_p$ ,  $r_v$ ,  $L_p$  ja  $L_v$ . Arvutada mõõtetulemustest voolu ja poolide pingete vahelised nurgad.

10. Arvutada p. 6 mõõtetulemustest päri- ja vastuparalleelühenduse ekvivalentsed parameetrid  $r'_p$ ,  $r'_v$ ,  $L'_p$  ja  $L'_v$ . Arvutada mõõtetulemustest pinge ja poolide voolude vahelised nurgad.

11. Koostada voolude vektordiagrammid ja pingete topograafilised diagrammid p. 4 ja p. 6 mõõteandmetele. Pingete topograafilises diagrammis näidata osapinged  $I_r$ ,  $I\omega L$  ja  $I\omega M$ .

12. Vastavalt p. 8 andmetele leida teoreetiliselt õhk-südamikuga transformaatori T-kujulise aseseemi parameetrid ja konstrueerida sekundaarvoolu ringdiagramm. Kanda p. 7-s mõõdetud sekundaarvoolud ringdiagrammile.

13. Anda t88 tulemuste kriitiline hinnang. Võrrelda p. 8 tulemusi punktide 9 ja 10 tulemustega.

### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 3.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 2, гл. 12.

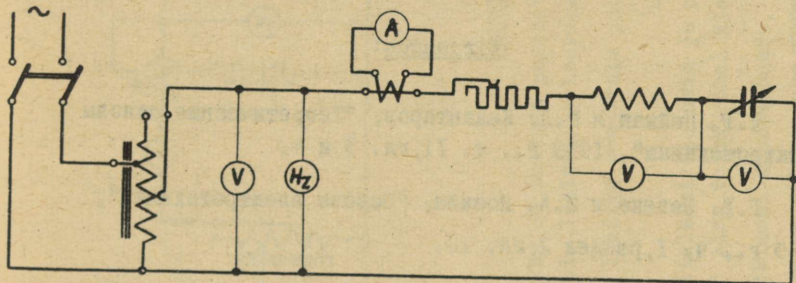
П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Töö nr. 10

### Mõõtmisi resonantsahelas

Töö eesmärgiks on tutvuda resonantsinähtustega RLC järjestikahelas. Resonantsinähtusi uuritakse käesolevas töös olenevalt kondensaatorpatarei mahtuvusest  $C$  konstantse ahela toitepinge efektiivväärtuse ja konstantse sageduse juures.

1. Koostada lülitus vastavalt joon. 10 - 1. Laias piires muutuva voolu mõõtmine toimub voolutransformaatoriga. Kondensaatori ja pooli pingete mõõtmiseks kasutada kadudeta voltmeetreid.



Joon. 10 - 1

2. Mõõta konstantse toitepinge efektiivväärtuse  $U$  ja sageduse  $f$  juures pooli klemmpinget  $U_p$ , kondensaatori klemmpinget  $U_c$  ja voolu  $I$  sõltuvalt kondensaatorpatarei mahtuvusest  $C$ . Mõõtmised teha reostaadi kahe takistuse väärtuse juures.

3. Arvutada kondensaatorpatarei mahtuvuse kasutatud väärtused mõõtmistulemustest.

4. Koostada graafikud  $\dot{U}_c = f(C)$ ,  $U_p = f(C)$  ja  $I = f(C)$  mõlemale reostaadi takistuse väärtusele.

5. Määrata pooli induktiivsus  $L$  ja aktiivtakistus  $r_p$  ning reostaadi aktiivtakistus  $r_r$  resonantsolukorra mõõtetulemustest.

6. Selgitada teoreetiliselt voolu ning pooli ja kondensaatori pingete avaldiste ning nende mahtuvuse järgi võetud tule-  
tiste alusel järgmised küsimused:

a) kas voolu maksimum esineb samal mahtuvuse väärtusel, mille juures esineb paispooli pinge maksimum?

b) kumb maksimaalsetest väärtustest on suurem, kas pooli või kondensaatori pinge oma?

c) millisel juhtumil on mõlemal pingemaksimumil võrdne väärtus?

d) millisel juhtumil kondensaatori pingekõver lõikab pooli pingekõverat viimase maksimumväärtusel?

e) millal esinevad voolu ning pooli ja kondensaatori pingemaksimumid sama mahtuvuse väärtuse juures?

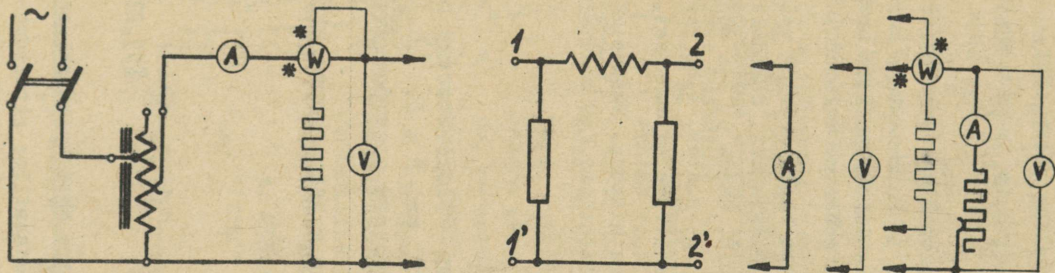
7. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Võrrelda teoreetilisi tulemusi katseandmetega.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. II, гл. 3 и 4.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. I, раздел 2, гл. 10.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.



Joon. 11 - 1

Töö nr. 11

### Vahelduvvooluneliklemm

Töö eesmärgiks on tutvuda passiivse neliklemmi omaduste ja põhiseostega vahelduvvoolu juures tühijooksul, lühisel ja koormusel.

1. Koostada lülitis vastavalt joon. 11 - 1 mittesümmeetrilise  $\Pi$ -kujulise neliklemmi katsetamiseks.

2. Mõõta neliklemmi voolusid ja pingeid tühijooksu ja lühise režiimidel toite puhul klemmidelt 1 - 1' ning toite puhul klemmidelt 2 - 2'.

3. Teha neliklemmi koormuskatse, koormates neliklemmi 2 - 2' poolelt reguleeritava aktiivtakistiga viimase mitmesuguse väärtuse juures. Fikseerida koormusvoolu faasi määramiseks toitepinge suhtes vattmeetri mõõtetulemus, kui tema voolumähist läbib koormusvool ning pingeharu on pingestatud neliklemmi toitepingega.

4. Arvutada mõõtetulemustest sisendtakistused tühijooksul ja lühisel  $Z_{10}$ ,  $Z_{1k}$ ,  $Z_{20}$  ja  $Z_{2k}$ , millede alusel kontrollida tulemusi sisendtakistuste omavahelise seose abil.

5. Arvutada neliklemmi konstandid A, B, C ja D tühijooksu ja lühise mõõtetulemustest.

6. Arvutada ühele koormusolukorrale vastavad toitevoolu ja toitepinge väärtused koormusvoolu ja koormuspinge kaudu, rakendades neliklemmi võrrandeid ja eelmises punktis arvutatud konstante. Võrrelda arvutatud ja mõõdetud tulemusi.

7. Lähtudes p. 2 mõõtetulemustest konstrueerida neliklemmi primaar- ja sekundaarvoolude ringdiagrammid. Samadele joonistele, kuhu on kantud ringdiagrammid, kanda p. 3-s mõõdetud voolud. Nende voolude faasid toitepinge suhtes, s.o. vastavad nurgad joonisel, olgu määratud vattmeetrite tulemustest.

8. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Kuidas mõõtetulemused rahuldavad vastastikkuse printsiipi? Kas kasutatud neliklemm on lineaarne ja sümmeetriline?

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 5 и 6.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 2.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

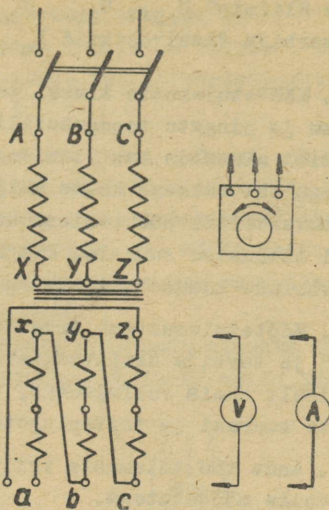
Тöö nr. 12

#### Kolmefaasiline mittesümmeetriline ahel kolmnurkühenduses

Töö eesmärgiks on tutvuda kolmefaasilise mittesümmeetrilise passiivse ahelaga kolmnurkühenduses, kolmefaasilise transformaatoriga ja faasijärjestuse määramisega kolmefaasilises süsteemis.

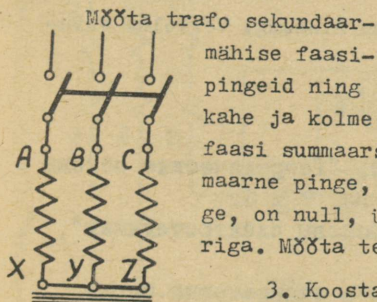
1. Tutvuda kasutatava kolme faasilise transformatori ehitusega - tema mähiste paigutuse, tähistuse ning skeemiga.

2. Koostada lülitus vastavalt joon. 12 - 1. Kontrollida faasijärjestuse määraja abil, kas toitepingete faasijärjestus ühtib klemmide ABC järjestusega. Mittevastavuse korral teha lülituses muudatus.



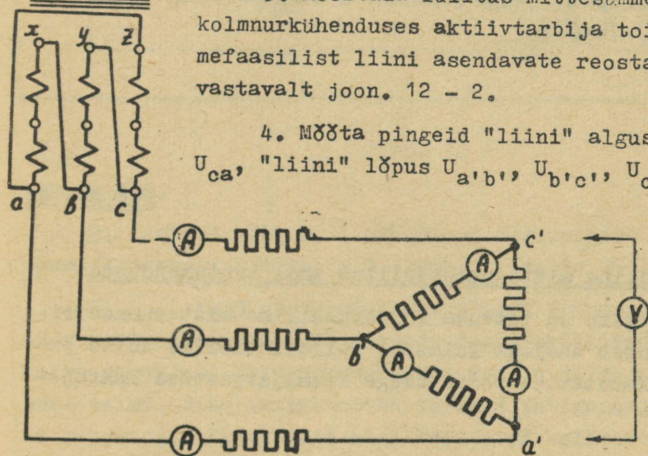
Joon. 12 - 1

faasi summaarseid pingeid. Kui kolme faasi summaarne pinge, s.o. lahtise kolmnurga klemmipinge, on null, ühendada klemmid z ja a ampermeetriga. Mõõta tekkivat voolu.



3. Koostada lülitus mittesümmeetrilise kolmnurkühenduses aktiivtarbija toitmiseks kolme faasilist liini asendavate reostaatide kaudu vastavalt joon. 12 - 2.

4. Mõõta pingeid "liini" alguses  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$ ,  $U_{ca}$ , "liini" lõpus  $U_{a'b'}$ ,  $U_{b'c'}$ ,  $U_{c'a'}$  ja pin-



Joon. 12 - 2

gelange "liinis"  $U_{aa'}$ ,  $U_{bb'}$ ,  $U_{cc'}$  ning liinivoolusid  $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$  ja tarbija faasivoolusid  $I_{a'b'}$ ,  $I_{b'c'}$ ,  $I_{c'a'}$ .

5. Mõõtetulemuste alusel joonestada ahela voolude vektor-diagramm ja pingete topograafiline diagramm. Diagrammide konstrueerimist alustada kas liinivoolude või tarbija faasipingete kolmnurga ehitamisega kolme külje järgi. Võtta teadmiseks, et diagrammvektorite pöörlemissuunaks loetakse suunda vastu kellaosuti liikumise suunale. Diagrammvektoritele vastavad pingete ja voolude suunad näidata skeemil noolekestega.

6. Mõõtetulemustest arvutada Ohmi seaduse alusel kõigi "liini" ja tarbija aktiivtakistuste väärtused. Arvutada analüütiliselt ahela voolujaotus, võttes aluseks ahela aktiivtakistuste suurusi ja toitepingete süsteemi.

7. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Võrrelda arvatud voole mõõdetutega.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 7 и 8.

Г.В. Зевеле и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 2, гл. 14.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Тöö nr. 13

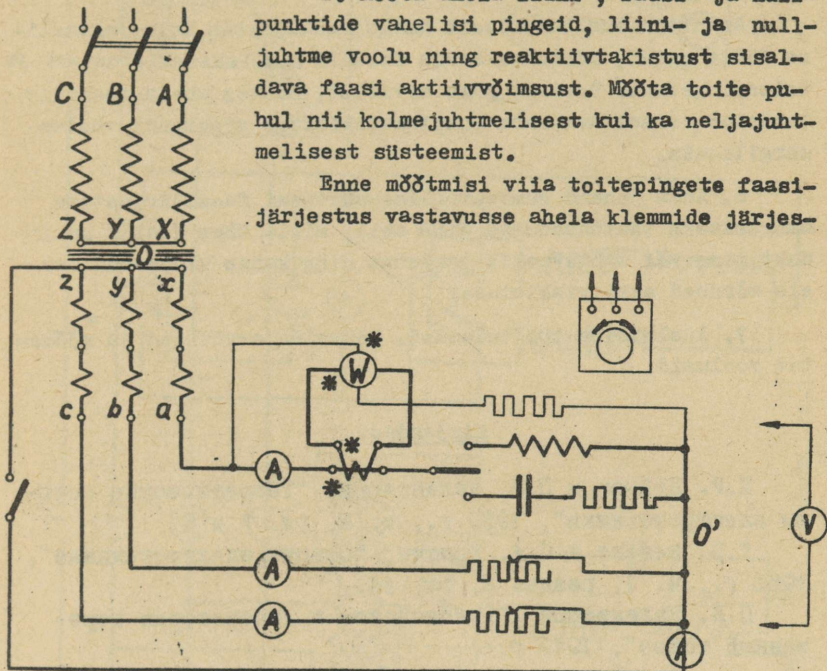
#### Kolmefaasiline mittesümmeetriline ahel tähtühenduses

Töö eesmärgiks on tutvuda kolmefaasilise mittesümmeetrilise tähtühenduses ahelaga kolme ja neljajuhmelise toite puhul ning tema kasutamise võimalusega faasijärjestuse määrajana.

1. Koostada lülitus kolme faasilise tähtühenduses mitesümmeetrilise tarbijaga, mille ühes faasis on aktiiv- ja reaktiivtakistus ning ülejäänud kahes faasis võrdsed aktiivtakistused vastavalt joon. 13 - 1.

2. Mõõta ahela liini-, faasi- ja nullpunktide vahelisi pingeid, liini- ja nulljuhtme voolu ning reaktiivtakistust sisaldava faasi aktiivvõimsust. Mõõta toitepuhul nii kolmejuhtmelisest kui ka neljajuhtmelisest süsteemist.

Enne mõõtmisi viia toitepingete faasijärjestus vastavusse ahela klemmide järjes-



Joon. 13 - 1

tusega ABC.

3. Korrata kõik p. 2 mõõtmised vastupidise toitepingete faasijärjestuse juures, s.t. faasijärjestus ahelas olgu CBA.

4. P. 2 ja 3 mõõtetulemuste alusel joonestada ahela voolude vektordiagrammid ja pingete topograafilised diagrammid toitepuhul nii kolmejuhtmelisest kui ka neljajuhtmelisest süsteemist. Diagrammvektorite tähised ühtigu objekti ja skeemi tähistega. Diagrammid olgu koostatud eeldusel, et vektori-

te pöörlemis-suund joonisel on vastu kellaosuti liikumisele. Diagrammvektoritele vastavad pingete ja voolude suunad näidata skeemil noolekestega.

5. Mõõtetulemustest arvutada tarbija faaside komplekstakistused.

Arvutada analüütiliselt ahela voolujaotus kolmejuhtmeline toite puhul, lähtudes ahela faaside komplekstakistustest ja toitepingetest. Korrata sama arvutust, muutes ahela reaktiivtakistust sisaldava haru komplekstakistuse argumendi vastasmärgiliseks.

6. Anda juhend sümmeetrilise süsteemi faasijärjestuse määramiseks tähtühenduses ahela abil, mille ühes faasis on induktiivne või mahtuvuslik takistus ning kahes ülejäänud faasis võrdsed aktiivtakistused.

7. Analüüsida töö tulemusi. Võrrelda arvutatud ja mõõdetud voolusid.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 7 и 8.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 2, гл. 14.

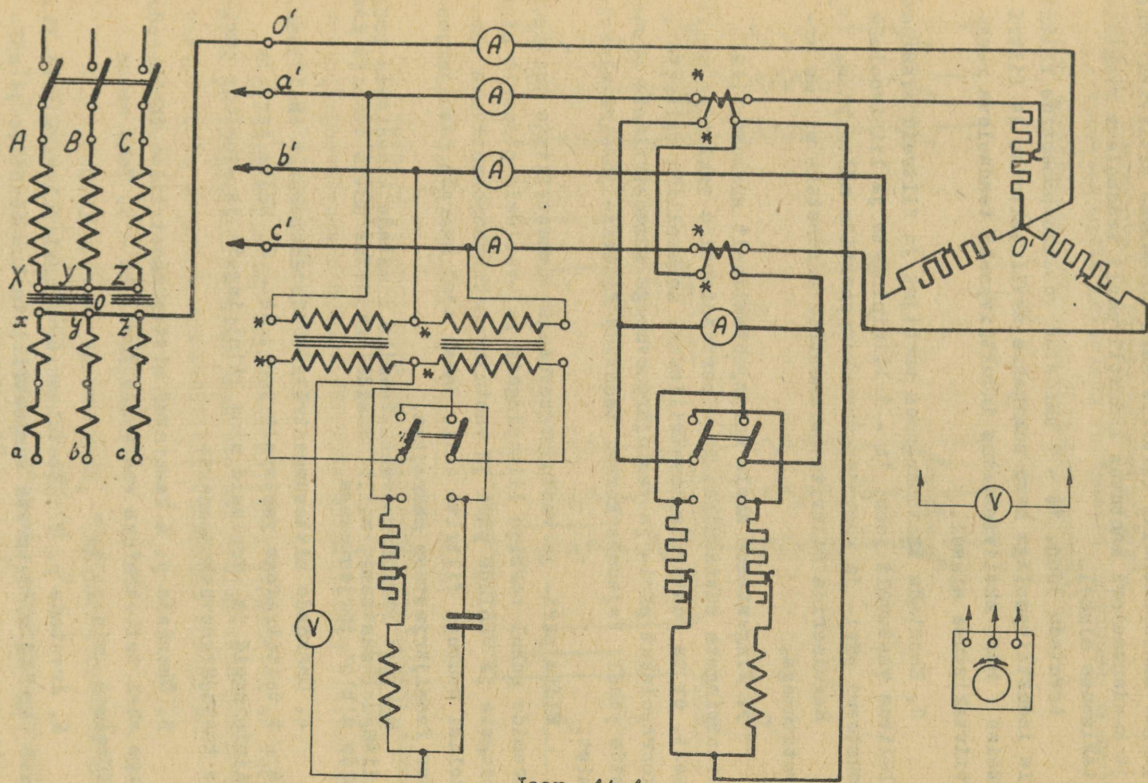
П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Тöö nr. 14

#### Pinge ja voolu päri- ja vastujärgnevuskomponendid

Töö eesmärgiks on tutvuda vahelduvvoolu kolme faasilise nulljuhtmata ahela voolude ja liinipingete päri- ja vastujärgnevuskomponentidega ja nende määramisega.

1. Arvutada joon. 14 - 1 näidatud pinge päri- ja vastu-



järgnevuskomponentide filtrile haru summaarne aktiivtakistus ja kondensaatori mahtuvus induktiivpooli teadaoleva reaktiivtakistuse alusel.

Arvutada joon. 14 - 1 näidatud voolukomponentide filtrile induktiivpooliga haru summaarne aktiivtakistus ja filtri teise haru aktiivtakistus induktiivpooli teadaoleva reaktiivtakistuse alusel.

2. Koostada tähtühenduses tarbijat ja filtreid sisaldav lülitus vastavalt joon. 14 - 1 liinipingete ja liinivoolude süsteemi päri- ja vastujärgnevuskomponentide mõõtmiseks.

Reguleerida filtrite parameetrid võrdseteks p. 1-s arvatututega.

3. Pingestanud ahela neljajuhtmeliselt sümmeetrilise liinipingete süsteemiga, reguleerida tarbija takistusi selliselt, et ta muutuks sümmeetriliseks. Kontrollida filtrite korrasolekut päri- ja vastujärgnevusega sümmeetriliste süsteemide puhul. Vajaduse korral teostada filtrite järelreguleerimist.

Mõõta päri- ja vastujärgnevusega sümmeetriliste toitesüsteemide puhul tarbija liinipingeid ja -voolusid otseselt ning pingete ja voolude päri ja vastujärgnevuskomponentidega võrdelisi suurusi filtrite abil. Samal ajal määrata faasijärjestus faasijärjestuse määrajaga.

Märkus: Pärijärgnevussüsteemiks nimetada käesolevas töös niisugust süsteemi, mille faaside järjestus ühtib tarbija faaside a'b'c' järjestusega.

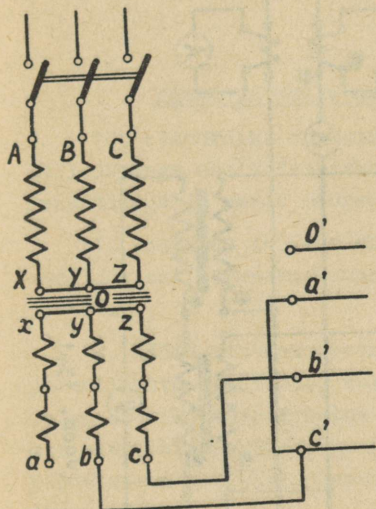
4. Ühendada mittesümmeetrilise tähtühendusega ahel joon. 14 - 1 toitetrafoga vastavalt joon. 14 - 2. Mõõta tarbija liinipingeid ja -voolusid ning liinipingete ja -voolude päri- ja vastujärgnevuskomponente.

5. Ühendada p. 4 kasutatud mittesümmeetrilise tähtühendusega ahel toitetrafoga vastavalt joon. 14 - 3. Teha samad mõõtmised mis p. 4.

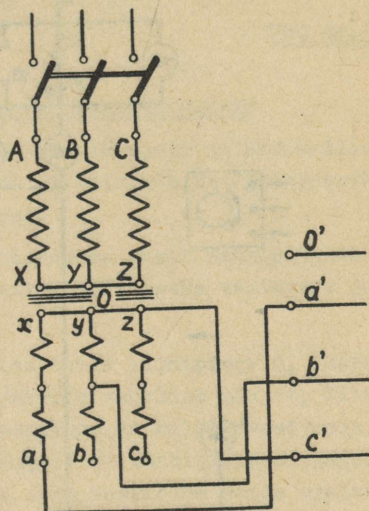
6. Arvutada p. 3 mõõdetulemuste alusel filtrite võrdelise tegurid mõõdetavate sümmeetriliste komponentide ja mõõteriista poolt näidatud suuruse vahel.

Arvutada samad suurused filtritele analüütiliselt, läh-  
tudes p. 1 arvutatud filtrite parameetritest.

Arvutustes mitte arvestada voltmeetri juhtivuse ja amper-  
meetri takistusega. Võrrelda tulemusi omavahel.



Joon. 14 - 2



Joon. 14 - 3

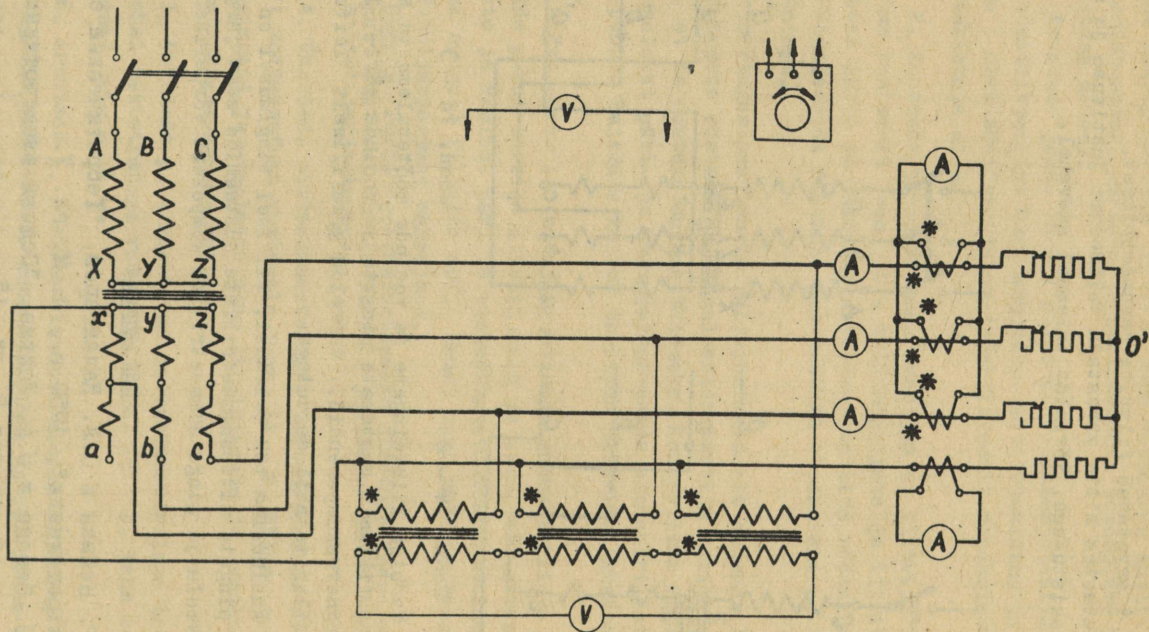
7. Tarbija liinipingete ja voolude mõõtetulemuste alusel leida graafiliselt vastavate pingete ja voolude päri- ja vastujärgnevuskomponendid. Võrrelda graafiliselt leitud tulemusi filtrite abil saadutega.

8. Analüüsida töö tulemusi. Millisel tingimusel on voolude ja pingete mittersümmeetriliste süsteemide sama järgnevusega voolu ja pinge sümmeetriline komponent võrdelised?

Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 7.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 1, раздел 2, гл. 15.



Joon. 15-1

Pinge ja voolu nulljärgnevuskomponendid

Töö eesmärgiks on tutvuda vahelduvvoolu kolmefaasilise nulljuhtmega ahela faasivoolude ja -pingete nulljärgnevuskomponentidega ja nende määramisega.

1. Koostada lülitus tähtühenduses ahela faasipingete ja -voolude nulljärgnevuskomponentide mõõtmiseks vastavalt joon. 15 - 1.

2. Mõõta mittesümmeetrilise ahela liinipingeid, faaside ja nulljuhtme voolusid, nullpunktide vahelist pinget, filtrite poolt mõõdetavaid kolme faasipinge ja kolme faasivoolu summat ning toitesüsteemi faasipingeid ja tarbija faasipingeid. Mõõdetavate suuruste nimetused olgu kooskõlas nende ajalise järgnevusega.

3. Teostada samad mõõtmised, mis p. 2 sümmeetrilise ahela puhul. Ahela sümmeetriliseks muutmiseks pingestada ta sümmeetrilise päri- või vastujärgnevussüsteemiga ning reguleerida takistusi nii, et faasivoolud muutuksid võrdseteks.

4. Filtrite abil mõõdetud tulemustest arvutada faasipingete ja -voolude nulljärgnevuskomponendid mittesümmeetrilisele ja sümmeetrilisele ahelale. Viimasele arvutada ka ahela nulljärgnevustakistus.

5. Mõõdetud liini- ja faasipingete ning faasivoolude alusel leida vektordiagrammist graafiliselt faasipingete ja -voolude nulljärgnevuskomponendid.

Võrrelda tulemusi p. 4-s leitudtega.

6. Arvutada mõõtetulemustest sümmeetrilise ahela parameetrid ning ahela nulljärgnevustakistus parameetrite kaudu.

7. Analüüsida töö tulemusi. Võrrelda eri viisidel saadud sümmeetrilise ahela nulljärgnevustakistusi.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. II, гл. 7.

Г.В. Зевеке и П.А. Ионкин, "Основы электротехники", 1955 г., ч. I, раздел 2, гл. 15.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Тöö nr. 16

#### Harmoniliste analüsaator

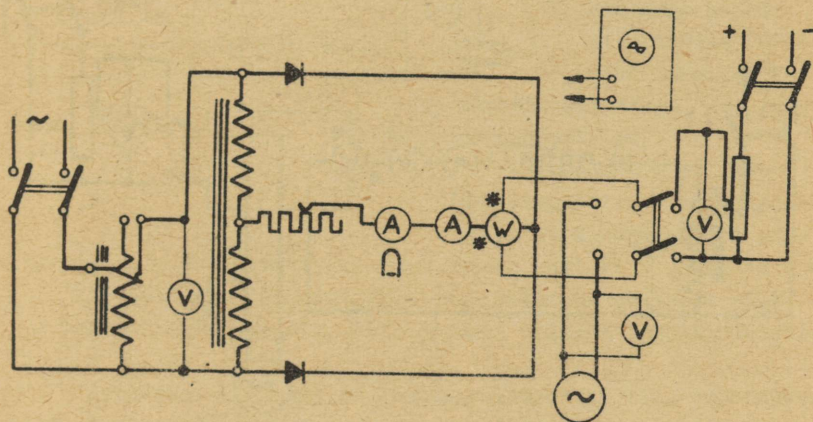
Töö eesmärgiks on tutvuda elektrodünaamilise vattmeetri kasutamise võimalustega harmooniliste analüsaatorina. Vattmeetri kasutamine harmooniliste analüsaatorina põhineb asjaolul, et vattmeeter annab näidu  $P = U \cdot I \cos \varphi$ , kui tema pingemähise pinge ja voolumähise vool on sama sagedusega. Sageduste küllalt väikese erinevuse korral tekib vattmeetri osuti tuiklemine tuikesagedusega, mis on ligikaudselt võrdne sageduste vahega, kusjuures vattmeetri maksimaalne näit  $P_{\max} = U \cdot I$ .

1. Koostada lülitus reostaadiga koormatud täisperiood-aldali koormusvoolu ehk -pinge harmooniliste analüüsamiseks vastavalt joon. 16 - 1. Vattmeetri voolumähist toita koormusvooluga. Vattmeetri pingemähisele võimaldada toide alalispinge allikast või reguleeritava sagedusega siinuselise pinge generaatorist.

2. Pingestanud vattmeetri pingeharu alalispingega, fikseerida alaliskomponendi määramiseks voltmeetrite, ampermeetrite ja vattmeetri lugemid.

Pingestada vattmeetri pingeharu siinuselise pingega gene-

raatori abil voluharmoniliste määramiseks kuni 7. harmooniliseni (kaasa arvatud). Reguleerida generaatori sagedust alates 25 Hz ülespoole ning fikseerida vattmeetri lugemite vastavad maksimumid osuti väikeste tuikesageduste juures. Üheaegselt vattmeetri tulemuste fikseerimisega fikseerida voltmeetri ja ampermeetrite tulemused.



Joon. 16 - 1

Joonestada ostsilloskoobi ekraanilt koormuspinge kõver läbibipaistvale paberile.

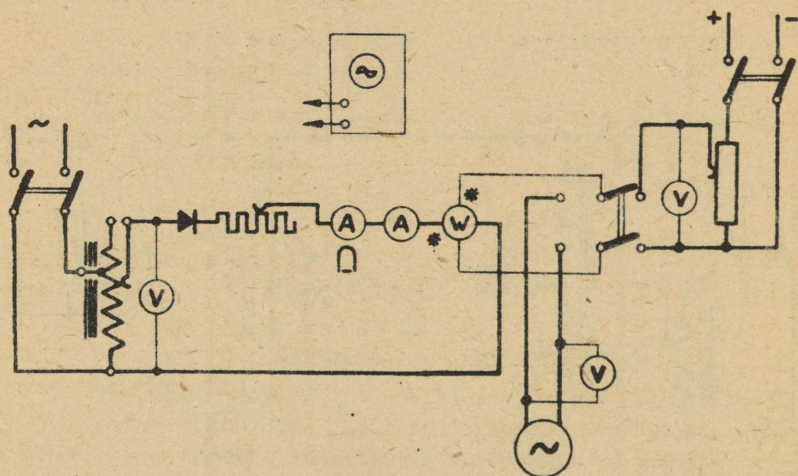
3. Koostada lülitis reostaadiga koormatud poolperioodalaldi koormusvoolu ehk -pinge harmooniliste analüüsimiseks vastavalt joon. 16 - 2.

4. Korrata kõik p. 2 kirjeldatu.

5. Arvutada vattmeetri ja tema pingeharu voltmeetri tulemuste alusel täis- ja poolperioodalaldi koormusvoolu alalis-komponent ja harmoonilised.

6. Lugeses alaldatud voolusid siinuse poolperioodide järgi muutuvateks, arvutada magnetelektirilise, s.t. keskväärtust

mõõtna ampermeetri mõõtetulemustest koormusvoolude maksimaalväärtused. Maksimaalväärtuste järgi arvutada koormusvoolude harmooniliste amplituudid kas õpikus toodud valemite abil või otsese integreerimisega.



Joon. 16 - 2

7. Arvutada p. 5 ja 6 tulemuste alusel koormusvoolu efektiivväärtus ning võrrelda seda elektromagnetilise ampermeetri mõõtetulemusega.

8. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Võrrelda eri meetoditel määratud koormusvoolu harmoonilisi omavahel.

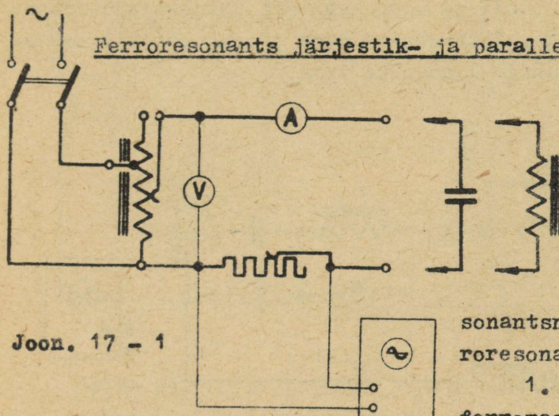
Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 8.

А.В. Нетушил, С.В. Страхов, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 2, раздел 3, гл. 2.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

## Ferroresonants järjestik- ja paralleelühenduse puhul



Joon. 17 - 1

Tõõ eesmärgiks on tutvuda mõningate ferromagnetilise südamikuga pooli sisaldavate lihtsate ahelate resonantsnähtustega, nn. ferroresonantsiga.

1. Koostada lülitus ferromagnetilise südamikuga pooli ja kondensaatori pingevoolu karakteristikute määramiseks vastavalt joon. 17 - 1.

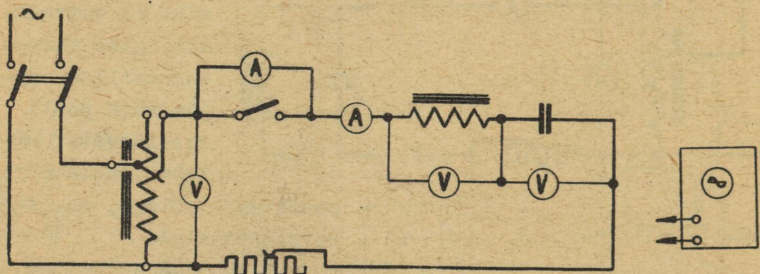
Voolukõvera kuju selgitamiseks lülitada ahelasse väikese takistusega reostaat, mille pinget jälgida ostsilloskoobiga.

Reguleerida pinget ja lugeda voltmeetrit ning ampermeetrit. Suurima toitepinge puhul joonestada pooli ja kondensaatori voolukõverad ostsilloskoobi ekraanilt.

2. Koostada lülitus vastavalt joon. 17 - 2 ferroresonantsnähtuste uurimiseks pooli ja kondensaatori järjestikühenduses pingereguleerimisega. Et laiades piirides muutuvat voolu tuleb mõõta ahelat katkestamata, on järjestikku kaks ampermeetrit, millest väiksema piirkonnaga on šunteeritav lülitiga. Mõõta voolu  $I$ , pooli ja kondensaatori pingeid  $U_L$  ja  $U_C$ , toitepinget  $U$  ja sagedust  $f$  kahel juhtumil: toitepinge monotoonsel suurendamisel nullist kuni maksimaalseni ja toitepinge monotoonsel vähendamisel maksimaalsest nullini. Enne mõõtmisele asumist selgitada ampermeetri šunteeritud olekus, missuguse toitepinge juures tekib voolu hüpe pingemonotoonsel tõstmisel.

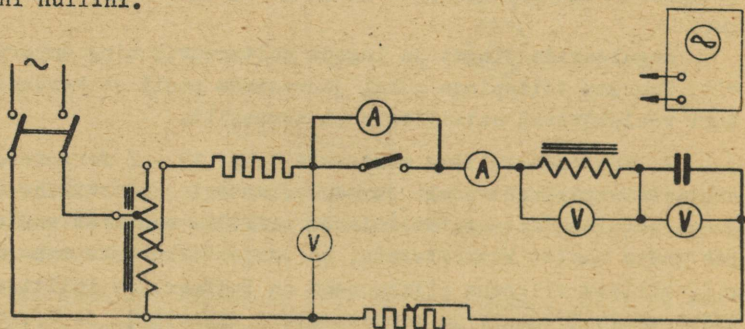
Joonestada ostsilloskoobi ekraanilt pingemonotoonse vähendamise juhtumile enne ja pärast voolu hüppe kõverad  $i$ ,  $u_L$  ja  $u_C$ .

3. Koostada lülitis vastavalt joon. 17-3 ferroresonantsnähtuste uurimiseks pooli ja kondensaatori järjestikühenduses voolu reguleerimisega. Katseobjektidega on järjestikku suhteliselt suure takistusega lineaarne lüli.



Joon. 17 - 2

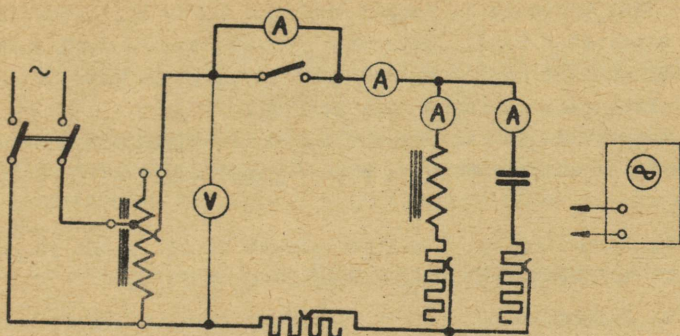
Mõõta voolu  $I$ , paispooli ja kondensaatori pingeid  $U_L$  ja  $U_C$ , toitepinget  $U$  ja sagedust  $f$  voolu monotoonsel suurendamisel nullist kuni maksimaalseni ja vähendamisel maksimaalsest kuni nullini.



Joon. 17 - 3

Joonestada ostsilloskoobi ekraanilt kõverad  $i$ ,  $u_L$ ,  $u_C$  ja  $u$  ühe suure ja ühe väikese voolu väärtuse juures.

4. Koostada lülitis vastavalt joon. 17 - 4 ferroresonantsnähtuste uurimiseks pooli ja kondensaatori paralleelühenduses pinge reguleerimisega. Voolude jälgimiseks ostsilloskoobi abil on kõikidesse harudesse lülitatud väikese takistusega aktiivtakistid.

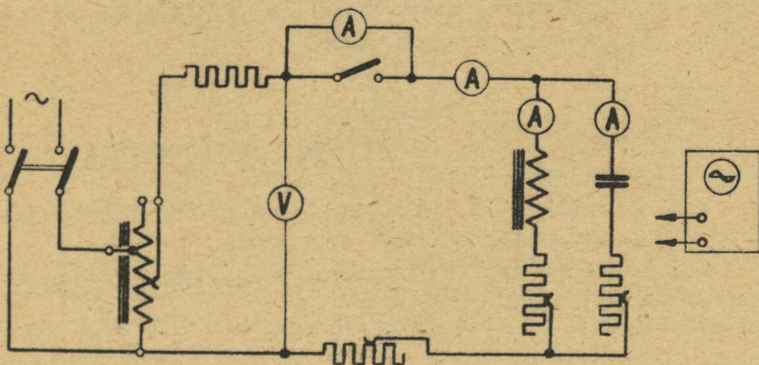


Joon. 17 - 4

Mõõta üldvoolu  $I$ , pooli ja kondensaatori voolusid  $I_L$  ja  $I_C$ , toitepinget  $U$  ja sagedust  $f$  toitepinge monotoonisel suurendamisel nullist kuni maksimaalseni ja vähendamisel maksimaalsest kuni nullini.

Joonestada ostsilloskoobi ekraanilt kõverad  $i$ ,  $i_L$  ja  $i_C$  ühe suure ja ühe väikese toitepinge juures.

5. Koostada lülitus vastavalt joon. 17 - 5 ferreso-  
nantstuste uurimiseks paispooli ja kondensaatori paralleelühenduses voolu reguleerimisega. Paralleelühendusega on järjestikku suhteliselt suure takistusega lineaarne lüli.



Joon. 17 - 5

Mõõta üldvoolu  $I$ , harude voolusid  $I_C$  ja  $I_L$ , toitepinget  $U$  ja sagedust  $f$  kahel juhtumil: üldvoolu monotoonsel suuren-  
damisel nullist kuni maksimaalseni ja üldvoolu monotoonsel vä-  
hendamisel maksimaalsest kuni nullini.

Joonestada otsilloskoobi ekraanilt voolu monotoonse vä-  
hendamise juhtumile enne ja pärast pinge hüpet kõverad  $i$ ,  $i_L$ ,  
 $i_C$  ja  $u$ .

6. Joonestada p. 1 mõõtetulemuste alusel pooli ja konden-  
saatori karakteristikud  $U_L = f(I)$  ja  $U_C = f(I)$ .

7. Joonestada p. 2 ja p. 3 mõõtetulemuste alusel karakte-  
ristikud  $U = f(I)$ ,  $U_L = f(I)$  ja  $U_C = f(I)$ .

Kanda samale graafikule p. 6 joonestatud karakteristikud  
 $U_L = f(I)$  ja  $U_C = f(I)$ . Konstrueerida viimase kahe karakteris-  
tiku alusel  $U = f(I)$ .

Võrrelda p. 2 ja p. 3 ning p. 6 alusel saadud järjestik-  
ühenduse voolu-pinge karakteristikuid.

8. Joonestada p. 4 ja p. 5 mõõtetulemuste alusel karakte-  
ristikud  $I = f(U)$ ,  $I_L = f(U)$  ja  $I_C = f(U)$ . Kanda samale graafika-  
le p. 6  $I_L = f(U)$  ja  $I_C = f(U)$ . Konstrueerida viimase kahe ka-  
rakteristiku alusel  $I = f(U)$ . Võrrelda p. 4 ja p. 5 ning p. 1  
alusel saadud karakteristikuid  $I = f(U)$ .

9. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Selgitada pooli  
mähise aktiivtakistuse, rauaskadude ning ahela voolu ja pinge  
harmooniliste mõju katsetulemustele.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические осно-  
вы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 13.

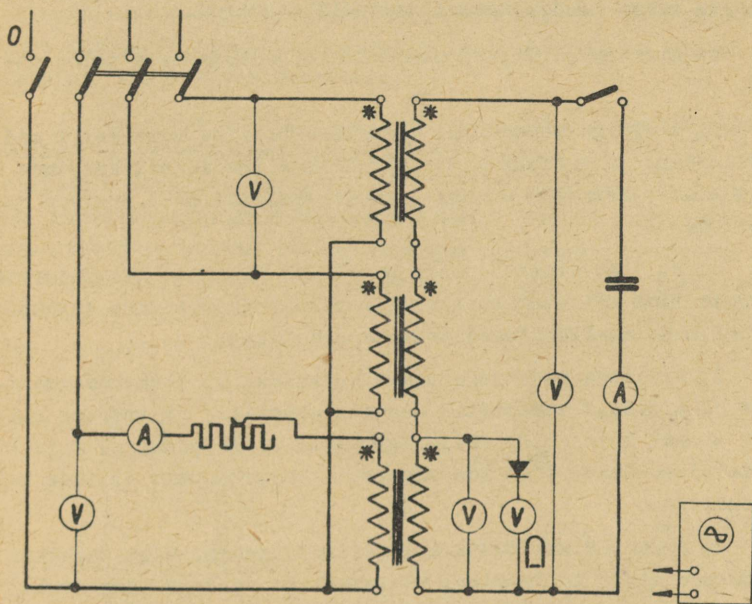
А.В. Нетушил, С.В. Страхов, "Основы электротехники",  
1955 г., ч. 2, раздел 3, гл. 4.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории пере-  
менных токов", 1949 г.

Sageduse kolmekordistamine küllastatud ühefaasiliste transformaatoriga abil

Töö eesmärgiks on tutvuda sageduse kolmekordistamise võimalusega küllastatud ühefaasiliste transformaatoriga abil ja kõrgemate harmoonilistega kolmeefaasilistes vahelduvvooluahelates üldse.

1. Koostada sageduse kolmekordistaja lülitus vastavalt joon. 18 - 1.



Joon. 18 - 1

2. Mõõta kolmejuhtmeline toite puhul mõõtekondensaatori lahtilülitatud olukorras ühe transformaatoriga primaarvoolu, primaarpinget ja sekundaarpinget ning kolme transformaatoriga sekundaarpingete summat.

Joonestada ostsilloskoobi ekraanilt transformaatoriga

primaarpoolse ühe liini- ja faasipinge, sekundaarpingete summa ja primaarvoolu kõverad.

Magnetvoo maksimaalväärtuse määramiseks trafo südamikusse mõõta alaldiga varustatud magnetelektrilise voltmeetri abil ühe trafo sekundaarmähise klemmipinget. Kõik mõõtmised teha ja pinge- ning voolukõverad joonestada toitepinge mitme väärtuse jaoks.

3. Mõõta kolme transformaatori sekundaarpingete summa sageduse määramiseks teadaoleva mahtuvusega mõõtekondensaatori voolu ja pinget toitepingete samade väärtuste juures kui p. 2. Jälgida, kuidas muutub kolme transformaatori sekundaarpingete summa kondensaatori juurdelülitamisel.

4. Korrata p. 2 ja 3 nimetatut neljajuhtmelise toite puhul.

5. Alaldiga varustatud magnetelektrilise voltmeetri mõõtetulemuste ja trafode sekundaarmähiste teadaoleva keerdude arvu alusel arvutada magnetvoo maksimaalväärtused trafode südamikesse.

6. P. 5 arvutustulemuste ja trafode südamikesse teadaolevate mõõtmete ning täiteteguri alusel arvutada magnetilise induktiooni maksimaalväärtused trafode südamikesse.

7. Arvutada ühe trafo pingekujutegur  $k_p$  elektromagnetilise ja alaldiga varustatud magnetelektrilise voltmeetri näitude alusel kolme- ning neljajuhtmelise toite puhul p. 2 ja 4 mõõtetulemustest. Võrrelda arvutatud kujutegureid siinuse kujuteguriga.

8. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Miks sageduse kolmekordistaja koormamisel mahtuvusliku vooluga tema väljundi klemmipinget suureneb? Mille poolest erinevad kolme- ja neljajuhtmelise toite antud ahelas?

#### Kirjandus:

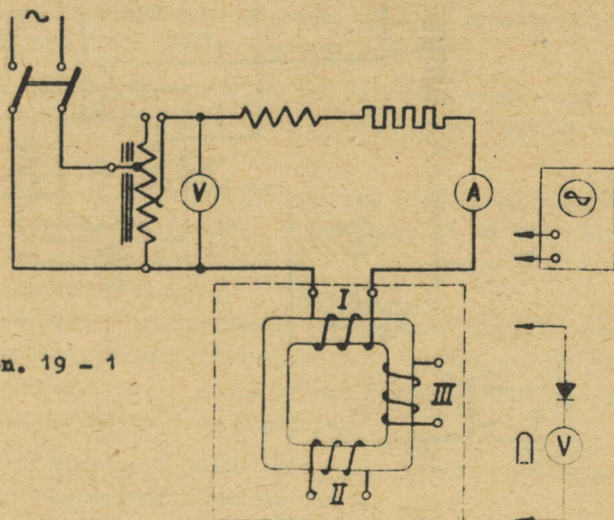
Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. 2, гл. 13.

А.В. Нетушил, С.В. Страхов, "Основы электротехники", 1955 г., ч. 2, раздел 3, гл. 4.

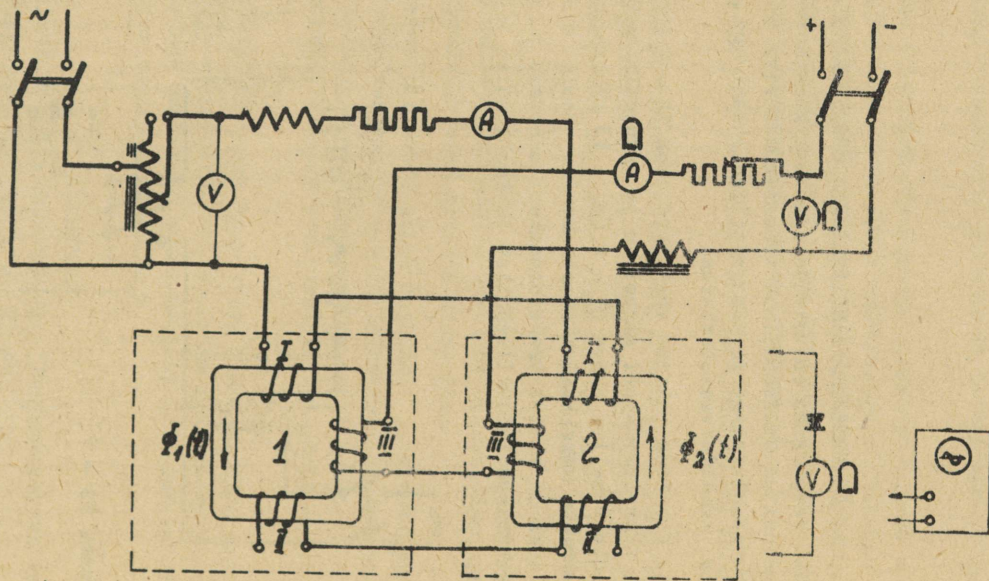
Ferromagnetiline sageduse kahekordistaja

Töö eesmärgiks on tutvuda sageduse kahekordistamisega eelmagneeditud ühefaasiliste transformaatorite abil ja kõrgete harmoonilistega ferromagnetilise südamikuga pooli sisaldavates vahelduvvooluahelates.

1. Koostada lülitus vastavalt joon. 19 - 1 ühe töös kasutatava transformaatori magnetvoo ja magnetimisergutuse hetkväärtuste vahelise seose  $\phi = f(\omega_1 \cdot i)$  määramiseks nimetatud suuruste maksimaalväärtuste kaudu. Voolu siinuseliseks muutmiseks on ahelas transformaatori mähisega järjestikku suure takistusega induktiivpoolist ja reostaadist koosnev lineaarne osa.



Joon. 19 - 1



Joon. 19-2

2. Reguleerida ja mõõta trafo primaarmähise voolu ning trafo magnetvoo maksimaalväärtuse määramiseks teadaoleva keerdu arvuga mähise II või III pinget alaldiga varustatud magnetotelektirilise voltmeetriga.

Kontrollida magneetimisvoolu siinuselisust ostsilloskoobi abil.

3. Koostada lülitus vastavalt joon. 19 - 2 ferromagnetilise sageduse kahekordistaja uurimiseks tühijooksul siinuselise primaarvoolu juures. Eelmagneetismähiste III toiteallikasse pinget vahelduvkomponendi tõkestamiseks ühendada mähiste järjestikku suure induktiivsusega pool.

4. Sageduse kahekordistaja väljundpinge keskvaartuse ja eelmagneetimisvoolu olenevuse  $U_2 \text{ kesk} = f(i_0)$  määramiseks, kui toitevool omab konstantset efektiivväärtust  $I_1 = \text{const}$ , mõõta alaldiga varustatud magnetotelektirilise voltmeetriga mähiste II summaarset pinget ja magnetotelektirilise ampermeetriga mähiste III voolu. Samal ajal alalisvoolu reguleerida nullist kuni maksimaalväärtuseni ja vahelduvvoolu hoida etteantud väärtusel.

Joonestada ostsilloskoobi ekraanilt sageduse kahekordistaja mähiste I summaarse pinget  $u_1$  ja voolu  $i_1$  ning kummagi trafo mähise II pinget  $u_{II}$  ja samade mähiste summaarse pinget  $u_2$  kõverad ühe alalisvoolu väärtuse juures.

5. P. 2 mõõtetulemuste alusel arvutada magnetvoogude ja voolude maksimaalväärtused ning joonestada trafode karakteristik  $\phi = f(w_I \cdot i)$ .

6. Lähtudes p. 5 karakteristikust ja teadaolevatest mähiste I ja III keerdu arvudest, konstrueerida mõlema trafo magnetvoo ajast olenevuse kõverad  $\phi_1(t) = f(t)$  ja  $\phi_2(t) = f(t)$  varem kasutatud toitevoolu  $I_1$  juures.

Magnetvoogude positiivseteks suundadeks lugeda joon. 19-2 näidatud suundi. Eelmagneetimisvoolu  $i_0$  suurus valida võrdseks selle väärtusega, mille puhul toimus kõverate joonestamine ostsilloskoobi ekraanilt p. 4 kohaselt.

7. Kasutades p. 6 saadud kõveraid, konstrueerida mähiste I summaarse aheldusvoo olenevus ajast

$$\psi_{1-2}(t) = W_I \cdot \phi_1(t) - W_I \cdot \phi_2(t).$$

Konstrueerida kõvera  $\psi_{1-2}(t)$  graafilise diferentseerimise teel mähiste I summaarse pinge kõver  $u_1(t)$ . Võrrelda saadud pingekõverat  $u_1(t)$  otsillooskoobi ekraanilt joonestatuga.

8. Kasutades p. 6 saadud kõveraid, konstrueerida mähiste II summaarse aheldusvoo olenevus ajast

$$\psi_{1+2}(t) = W_{II} \cdot \phi_1(t) + W_{II} \cdot \phi_2(t).$$

Saadud kõvera maksimaal- ja minimaalväärtuste kaudu arvutada pinge  $u_2$  keskväärtnus  $U_{2\text{kesk}}$ . Võrrelda saadud tulemust p. 4 otseselt mõõdetutega.

9. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. II, гл. 13.

А.В. Нетушил, С.В. Страхов, "Основы электротехники", 1955 г., ч. II, раздел 3, гл. 4.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Тöö nr. 20

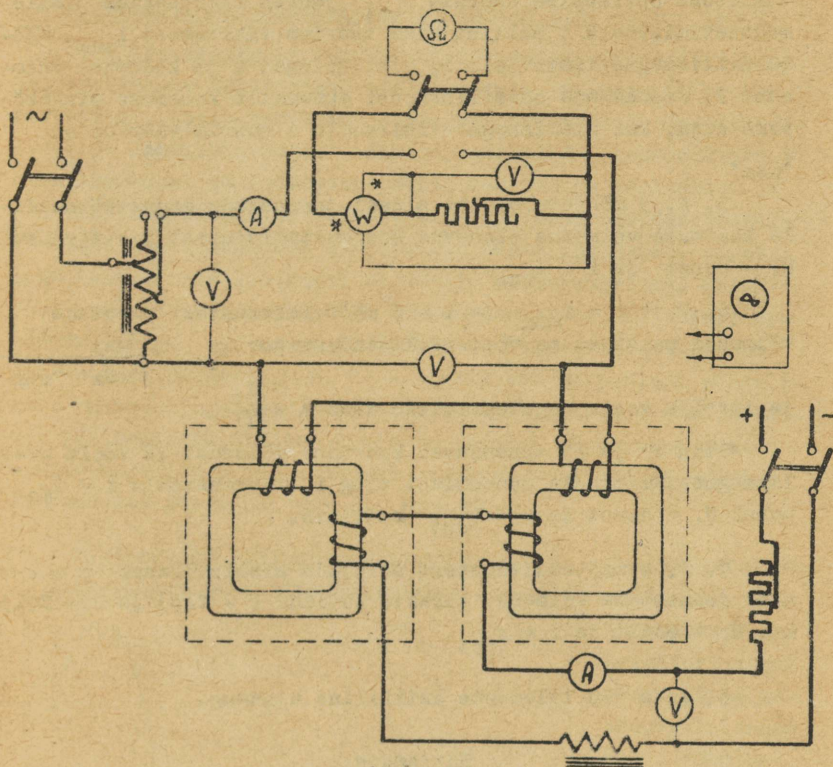
#### Magnetvõimendi

Töö eesmärgiks on tutvuda eelmagneeditud ferromagnetilise südamikuga poolide kasutamise võimalusega magnetvõimendina.

1. Koostada lülitus vastavalt joon. 20 - 1 magnetvõimendi uurimiseks. Magnetvõimendi koormuseks kasutada reostaati, millele korraldada pinget, voolu, võimsuse ja takistuse mõõtmine.

2. Reguleerida ja mõõta magnetvõimendi kui eelmagneeditud ferromagnetilise südamikuga pooli pinget  $U_L$  ja voolu I ala-

lismagneetimisvoolu i mitme väärtuse juures. Mõõtmiste ajaks reguleerida koormusreostaadi takistus nulliks.



Joon. 20 - 1

3. Belmises punktis kasutatud suurima alismagneetimisvoolu  $i_{\max}$  juures reguleerida koormustakistuse suurust, kusjuures hoida toitepinge efektiivväärtus  $U_1$  konstantsena.

Mõõta koormuse pinget  $U$ , voolu  $I$ , võimsust  $P$ , magnetvõimendi väljundpinget  $U_L$ , alismagneetimisvoolu  $i_{\max}$  ja alalispinget  $u_{\max}$  ning Umberlüliti abil koormusreostaadi takistuse  $r$  väärtust oommeetriga iga mõõdetud režiimi lõpul. Ühe mõõdetava režiimina olgu fikseeritud niisugune, mille juures koormuse võimsus  $P$  omandab maksimaalse väärtuse  $P_{\max}$ . Selle režiimi koormustakistust nimetatakse optimaalseks  $r_{\text{opt}}$ .

4. Konstantse toitepinge efektiivväärtuse  $U_1$  ja koormustakistuse optimaalse suuruse  $r_{opt}$  juures reguleerida alalismiagneetimisvoolu  $i$  nullist kuni suurima väärtuseni  $i_{max}$ . Mõõta alalismiagneetimisvoolu  $i$ , alalispinget  $u$  ja koormuse võimsust  $P$ . Joonestada ostsillooskoobi ekraanilt koormuse pingekõvera kuju, kui alalismiagneetimisvoolu  $i$  suurim väärtus on  $i_{max}$ .

5. P. 3 mõõtetulemuste alusel joonestada magnetvõimendile koormuse võimsuse olenevus koormustakistusest  $P = f(r)$ , kui  $U_1 = const$  ja  $i = i_{max}$ .

6. P. 4  $i = i_{max}$  ja  $i = 0$  mõõtetulemustest arvutada võimendi maksimaalne võimsusvõimendustegur  $k_{max} = \frac{P_{max} - P'}{i_{max} \cdot u_{max}}$  ja tarbija voolu reguleerimiskordsus  $\lambda = \frac{I_1}{I'}$ .

Siin  $P'$  ja  $I'$  tähendavad koormuse võimsust ja voolu alalismiagneetimisvoolu puudumisel ning  $I_1$  koormusvoolu  $i = i_{max}$  puhul  $U_1 = const$  ja  $r = r_{opt}$  režiimis.

7. P. 4 mõõtetulemustest arvutada alalismi võimsus  $p = i \cdot u$  ning joonestada võimendi karakteristikud  $P = f(p)$  ja  $P = f(i)$ , kui  $U_1 = const$  ja  $r = r_{opt}$ .

8. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang.

#### Kirjandus:

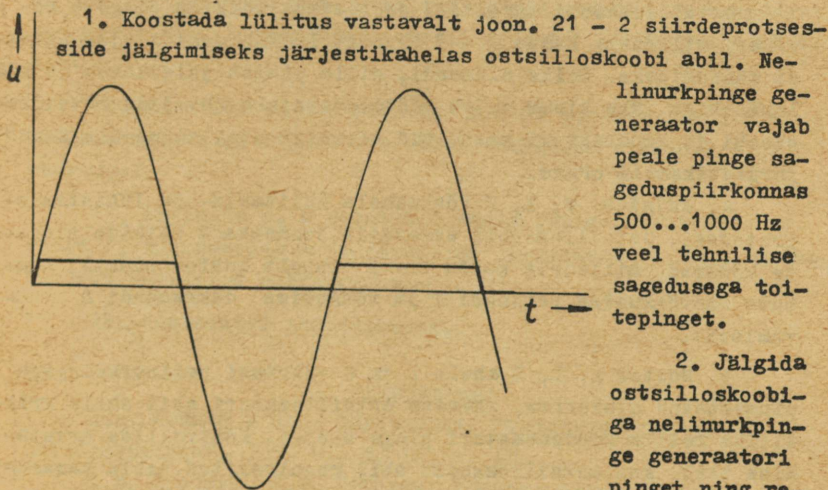
Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. II, гл. 13.

А.В. Нетушил и С.В. Страхов, "Основы электротехники", 1955 г., ч. II, раздел 5, гл. 4.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Lineaarse järjestikahela lülitamine alalispinge puhul

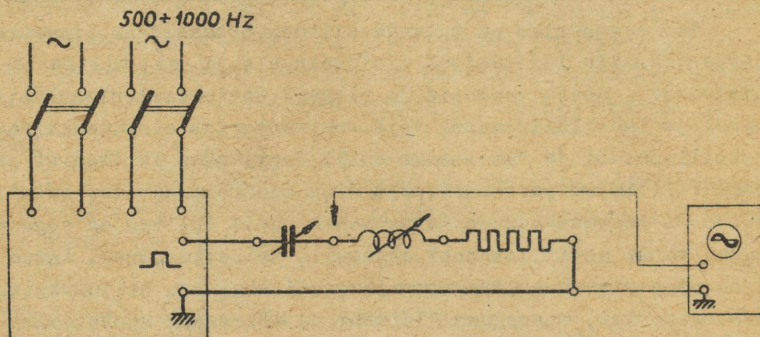
Töö eesmärgiks on tutvuda siirdeprotsessidega lineaarse järjestikahela lülitamisel alalispingele ja emj-allika lühistamisel. Ahela voolusid ja pingeid ühekordsel sisselülitamisel ja lahtilülitamisel võib registreerida elektronkiireostsilloskoobi ja fotoseadme abil. Sooritades lülitamist ja lahtilülitamist perioodiliselt ning sünkroniseerides ostsilloskoobi laetussageduse katsetatava ahela lülitamise sagedusega, saame ostsilloskoobi ekraanile seisevkujutuse. Antud töös pingestatakse lineaarne järjestikahel nn. nelinurkpinge generaatorist, missugune "lõikab" ja võimendab spetsiaalse generaatori pingest joon. 21 - 1 näidatud ühepoolsed suhteliselt väikesepingelised impulsid. Impulsi sisselülitamine vastab lülitamisele alalispingele ja impulsi lõpetamine vastab alalispingeallika lühistamisele ahelas. Generaatori sagedus on muudetav piirides 500 ... 1000 Hz.



Joon. 21 - 1

2. Jälgida ostsilloskoobi- ja nelinurkpinge generaatori pinget ning registreerida ostsilloskoopi nii, et kiire vertikaalulatus kataks umbes veerandi ekraani kõrgusest ja horisontaalulatus sisaldaks 1,5...2

pinge täisperioodi. Töö edasises käigus ostsilloskoopi mitte reguleerida.



Joon. 21 - 2

3. Jälgida  $r$ ,  $C$  ja  $r$ ,  $L$  ahela lülitamis- ja lühistamisprotsessi ostsilloskoobi ekraanil. Selleks võtta mõlemal juhutulil järjestikahelast välja liigne element.

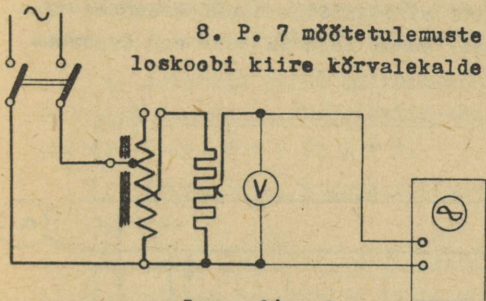
Ostsilloskoobi ekraanilt joonestada kõikide pingete kõverad, milledele kanda 2 - 3 täpselt loetud punkti ajakonstandi määramiseks. Selle elemendi, mille pinget jälgitakse ostsilloskoobiga, üks klemm tuleb mõõtmiste ajaks ühendada ostsilloskoobi ja generaatori maandatud klemmiga ning teine ülejäänud järjestikahela osaga.

4. Jälgida  $r$ ,  $L$ ,  $C$  võnkeahela lülitamis- ja lühistamisprotsessi. Ostsilloskoobi ekraanilt joonestada kõikide pingete kõverad, milledele kanda 2 - 3 täpselt loetud punkti sumbuva omavõnkumise perioodi  $T$  ja võnkumise dekremendi  $\Delta$  määramiseks.

5. Muutes  $r$ ,  $L$ ,  $C$  ahela  $L$  ja  $C$  väärtusi nelinurkpingega pingestatud olukorras, määrata ostsilloskoobi abil ahela kriitiline režiim kondensaatori pingel alusel. Kontrollida arvutamise teel, kas ostsilloskoobi abil reguleeritud ahela parameetrid annavad sama kriitilise takistuse kui teadaolev ahela aktiivtakistus. Ostsilloskoobi ekraanilt joonestada kõikide pingete kõverad.

6. Jälgida  $r$ ,  $L$ ,  $C$  aperioidilise ahela lülitamis- ja lühistamisprotsessi. Ostsilloskoobi ekraanilt joonestada kõikide pingete kõverad.

7. Koostada lülitus vastavalt joon. 21-3 ostsilloskoobi tundlikkuse määramiseks tema vertikaaltelje võimendusregulaatori etteantud asendi juures. Selleks reguleerida ja mõõta pinget ning fikseerida ostsilloskoobi kiire kõrvalekaldu- mist.



Joon. 21 - 3

8. P. 7 mõõtetulemuste alusel joonestada ostsilloskoobi kiire kõrvalekalde ja mõõdetava pingeline seos. Tulemustest määrata ostsilloskoobi kiire kõrvalekalde ühe jaotuse keskmine väärtus.

9. Teades ostsilloskoobi kiire kõrvalekalde ühe jaotuse väärtust ja nelinurkpinge generaatori sagedust, varustada kõik joonestatud ostsillogrammid pingea-ja mõõtkavaga.

10. Arvutada p. 3 kasutatud ahelate ajakonstandid  $\tau$  ning ajakonstantide ja teadaoleva aktiivtakistuse  $r$  alusel  $L$  ja  $C$  väärtused.

11. Arvutada p. 4 kasutatud ahela sumbuva võnkumise periood  $T$ , nurksagedus  $\omega$  ja võnkumise dekrement  $\Delta$  ning mittesumbuva võnkumise nurksagedus  $\omega_0$ .

12. Analüüsida tõi tulemusi.

#### Kirjandus:

Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1959 г., ч. II, гл. 10.

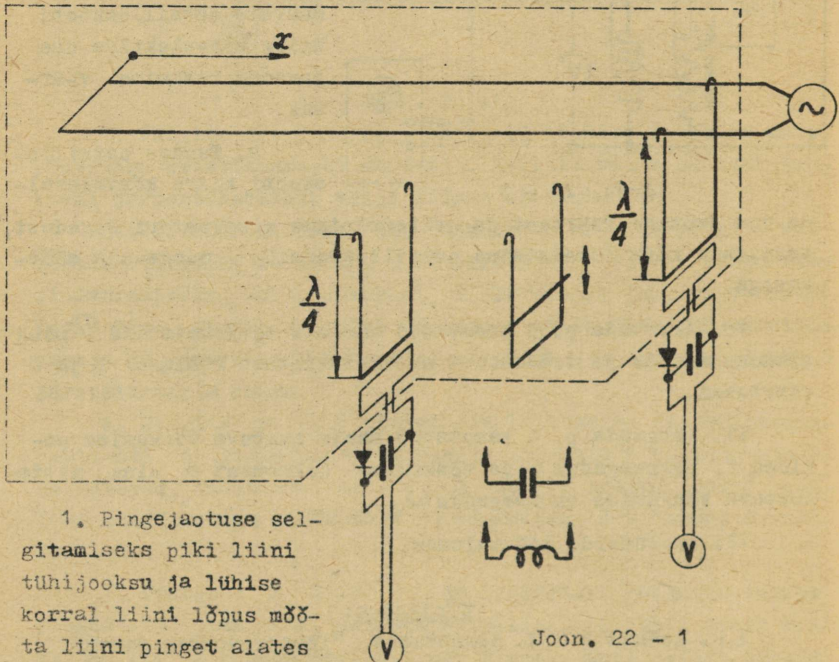
А.В. Нетушил, С.В. Страхов, "Основы электротехники", 1955 г., ч. II, раздел 4.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

Homogeenne liin

Töö eesmärgiks on tutvuda pingeaotusega jaotatud parameetritega ahelas, s.o. homogeenses liinis.

Pingeaotust homogeenses liinis võib jälgida resonantsvoltage-meetri abil. See koosneb lühistatud veerandlaine liinist (võnkeahel) ning temaga induktiivselt sidestatud diodvoltage-meetrist. Sellise voltage-meetri sisetakistus oleks kadudeta võnkeahela (veerandlaine liini) puhul lõpmatu suur ega koormaks uuritavat liini.



1. Pingeaotuse selgitamiseks piki liini tühijooksu ja lühise korral liini lõpus mõõta liini pinget alates

liini lõpust iga 5 cm tagant 2 kuni 3 poollaine ulatuses liini alguse poole. Pinge maksimum- ja miinimumkohad liinis fikseerida võimalikult täpselt.

2. Ühendada liini lõppu kondensaator. Pingeaotuse selgitamiseks piki liini mõõta liini pinget nagu p. 1.

Ühendada liini lõppu reguleeritava pikkusega lühisliin ning muuta tema pikkus selliseks, et pingemiinimumide asukohad satuksid samadesse kohtadesse kui liini lõppu ühendatud kondensaatori korral. Mõõta lühisliini pikkus.

3. Ühendada liini lõppu induktiivpool. Pingejaotuse selgitamiseks piki liini mõõta liini pinget nagu p. 1.

Ühendada liini lõppu reguleeritava pikkusega lühisliin ning muuta tema pikkus selliseks, et pingemiinimumide asukohad satuksid samadesse kohtadesse kui liini lõppu ühendatud induktiivpooli korral. Mõõta lühisliini pikkus.

4. Arvutada liini mõõtmetest liini pikkusühiku parameetrid  $L$  ja  $C$  ning karakteristiklik takistus  $Z$ , lugedes liini kaod nulliks, s.o.  $r = 0$  ja  $g = 0$ .

5. Arvutada p. 1 katsetulemustest liini toitva generaatori sagedus.

6. Leida liini lõppu ühendatud kondensaatori mahtuvus  $C_k$  pingemiinimumi asukoha ja lühistatud liini andmete järgi.

7. Leida liini lõppu ühendatud pooli induktiivsus  $L_k$  pingemiinimumi ja lühistatud liini andmete järgi. Reguleeritava lühisliini parameetrid võtta samad mis põhiliinil.

8. Anda töö tulemuste kriitiline hinnang. Kas vaadeldavat liini oleme õgustatud vaatama kaovabana?



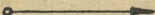














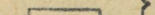


#### Kirjandus:

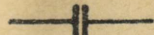
Л.Р. Нейман и П.Л. Калантаров, "Теоретические основы электротехники", 1950 г., ч. II, гл. 11.

А.В. Нетушил, С.В. Страхов, "Основы электротехники", 1955 г., ч. II, раздел 2, гл. I.

П.Л. Калантаров, "Руководство к лаборатории переменных токов", 1949 г.

## Skeemidel kasutatavad tähised

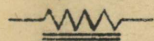
	põhiühendused ahelas
	abiühendused ahelas
	ühe otsaga küljes hoitav või ajutiselt ühendatav kontaktjuhe
	eraldusjoon tähistega joonestatud skeemi ja ehitust kirjeldava skeemi vahel
	põhiühenduse voolu suund
	pinge suund (noolekene joonestatakse ahela elemendi tähise kõrvale)
	sõlm ahelas
	seadme klemm, millel on nimetus või mida tuleb töö käigus sulgeda või avada
	ühepooluseline lüliti
	kahepooluseline ümberlülititi
	toiteklemmid
	siinuseline pinge
	alalispinge polaarsus
	keemiline emj-allikas
	siinuselise pinge generaator
	kolme klemmiga reostaat
	takisti, eeltakisti või kaksklemm
	mittelineaarne takisti või kaksklemm
	induktiivpool
	kaovaba induktiivpool



kondensaator



reguleeritav kondensaator



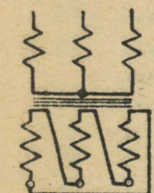
ferromagnetilise südamikuga induktiivpool



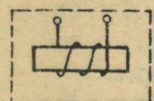
trafo



reguleeritav autotrafo



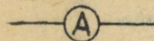
kolmefaasiline trafo  $\nabla/\Delta$  ühenduses



mähis ferromagnetilisel sambal



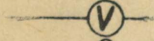
voltmeeter



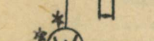
ampermeeter



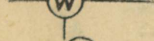
ventiil; alaldi



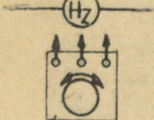
magnetelektriline voltmeeter (mõõdab pinget keskväärtust)



vattmeeter



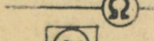
sagedusmõõtja



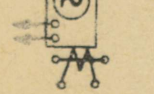
faasijärjestusmääraja kontaktjuhtmetega



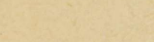
ballistiline galvanomeeter



ohmmeeter



ostsilloskoop kontaktjuhtmetega



voolutrafo

## Sisukord

Tõõ nr.		lk.
1.	Järjestikahel .....	3
2.	Paralleelahel .....	5
3.	Alalisvooluneliklemm .....	8
4.	Ferromagnetilise materjali magnetiliste omaduste uurimine ballistilise galvanomeetriga	11
5.	Magnetahel .....	15
6.	Magnetahel permanentmagnetiga .....	19
7.	Induktiiv- ja aktiivtakistust sisaldav järjestikahel .....	21
8.	Induktiiv-, aktiiv- ja mahtuvustakistust sisaldav paralleelahel .....	22
9.	Vastastikune induktiivsus .....	24
10.	Mõõtmisi resonantsahelas .....	27
11.	Vahelduvvooluneliklemm .....	29
12.	Kolmefaasiline mittesümmeetriline ahel kolm-nurkühenduses .....	30
13.	Kolmefaasiline mittesümmeetriline ahel tähtühenduses .....	32
14.	Pinge ja voolu päri- ja vastujärgnevuskomponendid .....	34
15.	Pinge ja voolu nulljärgnevuskomponendid ...	39
16.	Harmooniliste analüsaator .....	40
17.	Ferroresonants järjestik- ja paralleelühenduse puhul .....	43
18.	Sageduse kolmekordistamine küllastatud ühefaasiliste transformaatorite abil .....	47
19.	Ferromagnetiline sageduse kahekordistaja..	49
20.	Magnetvõimendi .....	52
21.	Lineaarse järjestikahela lülitamine alalispinge puhul .....	55
22.	Homogeenne liin .....	58
23.	Skeemidel kasutatavad tähised .....	60

Toimetaja E. Puusepp

---

TPI rotaprint, 1962. Trükipg. 4  
Tiraaž 700 eks. Tell.nr. 268  
Hind rbl. -.12





A-24881

Hind 12 kop.

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00418264 0