

TRü
829-64



ÜLDELEKTRO- TEHNIKA

Laboratoorse te tööde
juhend

TALLINN 1967

F₂

Tahtliku Ühikool

Õppejõudkogu

75231

1. Sissejuhatus

Käesolev mitteelektrikutele määratud üldelektrotehnika laboratoorsete tööde juhend on koostatud vastavalt programmi- ning määratud Tallinna Polütehnilise Instituudi nii päevastele (statsioonarsetele) kui ka kaugõppe (mittestatsioonarsetele) üliõpilastele. Juhendi koostamisel on eeldatud, et üliõpilased tunnevad katsete sooritamiseks ja tulemuste läbitöötamiseks vajalikku teoreetilist materjali loengute või õpikute põhjal. Teoreetilisi aluseid antakse juhendis vaid niipalju, kui on vaja laboratoorse töö sisu ja kulgemise korra selgitamiseks. Algul on antud mõningad juhendid laboratooriumi mõõteriistade ja aparatuuride kasutamiseks. Juhendi peaosas moodustavad laboratoorsete tööde ülesannete kirjeldused, tööde lühike iseloomustus ja nende tegemist käsitlevad märkused.

Laboratoorsete tööde nimestikus esinevatest töödest jätkub õppeplaanides ettenähtud mis tahes tundide arvu puhul. Esitatud töödest tehakse igal konkreetsel erialal vastav valik, mis oleb erialale laboratoorseteks töödeks eraldatud tundide arvust.

Juhendi lõpul antakse juhtnõure laboratoorsete tööde andmete läbitöötamiseks ja aruande vormistamiseks.

2. Mõõteriistade kasutamisest laboratoorsetel töödel

Elektriliste suuruste mõõtmiseks kasutame laboratoorsetel töödel ampermeetreid, voltmeetreid, vattmeetreid, oommeetreid, arvsteid jt. mõõteriistu. Põrlemiskilruse mõõtmiseks kasutame tahhomeetreid ja tahhogeneeratoreid.

Elektrimõõteriistade skaalale on märgitud mitmesugused tingmärgid, milledest selgub mõõteriista täpsusklass, ülessead-

mise viis ja paljud muud andmed. Mõõteriistad valmistatakse ühele, harvem mitmele mõõdetava suuruse mõõtepiirkonnale. Mõõteriistade mõõtepiirkonda laiendatakse šuntide, eeltakistite ning voolu- ja pingetrafoode abil. Harvem kasutatakse nn. univertsaalseid mõõteriistu. Viimastega saab mõõta pinget, voolu, mõnikord ka takistust, ja seda mitmes mõõtepiirkonnas.

Laboratoorsetel töödel loendatakse mõõteriistade skaaladelt skaalajaotusi, sest kasutatakse mõõteriistu, millede skaalale märgitud jaotuste arv ei vasta mõõdetava suuruse väärtusele. Viimase leidmiseks tehtagu kindlaks mõõteriista konstant. Seepärast nähakse laboratoorse töö aruandes alati ette mõõtetulemuse märkimiseks kolm lahtrit: ühte märgime loendatud skaalajaotused, teise mõõteriista konstandi, kolmandasse aga mõõdetava suuruse väärtuse (amprites, voltides jne.). Viimane on saadud esimeses lahtris oleva arvu korrutamisel mõõteriista konstandiga. Mõõteriista konstant näitab, mitmele mõõdetava suuruse ühikule vastab skaala üks jaotus (mingi skaala jaotuse väärtus mõõdetava suuruse ühikutes). Ennekõike määratakse kindlaks mõõteriista konstant ning märgitakse see üles. Allpool anname juhendeid mõõteriistade konstantide määramiseks mitmesugustel juhtudel.

Voolu mõõtmine alalisvooluahelas. Selleks kasutatakse peaaegu eranditult magnetelektirilisi mõõteriistu. Need mõõteriistad võimaldavad otseselt mõõta suhteliselt väikesi voolusid ja seepärast kasutatakse neid peaaegu alati koos šundiga. Šundi takistus on väga väike ja teda läbib kogu mõõdetav vool. Milliampermeeter mõõdab pingelangu šundi otstel. Šundile märgitakse nimivool ja pingelang (näiteks 75 või 150 mV). Šundiga milliampermeetri konstant võrdub:

$$C = \frac{\text{šundi nimivool}}{\text{skaala jaotuste koguarv}} \text{ A/ jaotusele} .$$

Pinge mõõtmiseks alalisvooluahelas kasutatakse samuti magnetelektirilisi eeltakistusega mõõteriistu. Tihti on eeltakistus asetatud mõõteriistaga ühisesse kesta ning vastavad ühendused on toodud mõõteriistal asuvatele klemmidele.

Klemmid tähistatakse vastava pinge väärtusega. Eeltakistusega mõõteriista konstant on:

$$C = \frac{\text{klemmil tähistatud pinge}}{\text{skaala jaotuste koguarv}} \quad V/\text{jaotusele} .$$

Vahel asub eeltakistus eraldi kastis. Siis ühendatakse see juhtme abil mõõteriista külge.

Voolu mõõtmine vahelduvvooluahelas. Enamasti toimub see elektromagnetilise mõõteriista abil. Vahetult saab voolusid mõõta mõnekümne amprini (laboratoorseses tingimustes kuni 5A). Mõõteulatuse laiendamiseks kasutatakse voolutrafosid, millede sekundaarmähis on mõeldud voolule 5A. Ampermeetri kasutamisel koos voolutrafoga on konstant

$$C = \frac{\text{mõõteriista nimivool}}{\text{skaala jaotuste arv}} \cdot \frac{\text{voolutrafo primaarvool}}{\text{voolutrafo sekundaarvool}}$$

A/ jaotusele .

Voolutrafo primaarmähise klemm Π_1 ühendatakse vooluallika poolt tuleva juhtmega. Sama mähise klemm Π_2 ühendatakse tarbi- ja poole mineva juhtmega. Voolutrafo sekundaarmähise klemmid M_1 ja M_2 ühendatakse mõõteriistaga (ampermeetriga).

Peetagu meeles, et voolutrafo töötab lühisele lähedases olukorras. Seepärast on pinged primaar- ja sekundaarmähises väga väikesed. Jätnud voolutrafo sekundaarmähise klemmid lahti, kui trafo primaarmähis on ühendatud vooluahelasse, tekib sekundaarmähise klemmidel ohtlik kõrgepinge ning trafo südamikus suur kadu. Viimane võib põhjustada trafo ülemäärase kuumenemise. Selle vältimiseks peab alati voolutrafo mähise sekundaarahelasse ühendama ampermeetri või lühistama selle mähise.

Pinge mõõtmine vahelduvvooluahelas toimub enamasti elektromagnetilise mõõteriista abil. Kasutades eeltakistusi, saab mõõtepiirkonda laiendada kuni 600 V-ni. Mõõteriista konstant arvutatakse siis samuti kui eespool. Suuremate pingete mõõtmisel kasutatakse mõõtepiirkonna laiendamiseks pingetrafosid. Sellisel juhul on konstant arvutatav järgmiselt:

$$C = \frac{\text{mõõteriista nimipinge}}{\text{skaala jaotuste koguarv}} \cdot \frac{\text{pingetrafo primaarpinge}}{\text{pingetrafo sekundaarpinge}}$$

V/ jaotusele .

Võimsuse mõõtmine vahelduvvooluahelas. Vattmeetrina kasutatakse peaaegu alati elektrodünaamilisi mõõteriistu. Tavaliselt vattmeetri vooluharu on arvatatud 5-A-le voolule, pingeharus aga kasutame eeltakitusi mõõtepiirkonna laiendamiseks kuni 600 V. Kui voolu tugevus ületab 5 A ja pinge 600 V, kasutatakse voolu- või pingetrafosid.

Vattmeetri konstant (ilma voolu- või pingetraforta või eeltakituseta) arvutatakse järgmiselt:

$$C = \frac{\text{mõõteriista nimipinge} \cdot \text{mõõteriista nimivool}}{\text{skaala jaotuste koguarv}} \quad W/\text{jaotusele.}$$

Nimipinge ja nimivoolu all mõistame vattmeetri vastavate klemmide juurde märgitud pinge ja voolu suurusi.

Tihti kasutatakse võimsuse mõõtmisel mõõtepiirkonna laiendamiseks voolutrafot ja eeltakistit vastavalt voolu- ja pingepiirkonna laiendamiseks. Niisugusel juhul on vattmeetri konstant:

$$C = \frac{\text{laiendatud nimipinge} \cdot \text{mõõteriista nimivool}}{\text{skaalajaotuste koguarv}} .$$

$$\cdot \frac{\text{voolutrafo primaarvool}}{\text{voolutrafo sekundaarvool}} \quad W/\text{jaotusele.}$$

Laiendatud nimipinge all mõistame pinget, mida talub vattmeeter koos lisatakistiga. Arvutatakse see alljärgnevalt:

Vattmeetri pingemähise sisetakistuse 5 k Ω korral on lubatud (nimi-)pinge 150 V; lülitades juurde lisatakistuse 5 k Ω on kogu pingeringi takistus 10 k Ω ja järelikult laiendatud pinge 300 V. Lülitades juurde 10 k Ω , saame laiendatud pingeks 450 V jne.

Võimsus alalisvooluahelas arvutatakse tavaliselt vattmeetri ja ampermeetri näitude alusel.

3. Laboratoorseste tööde üldised juhendid

Laboratoorse töö õnnestumise eeltingimuseks on rida nõudeid, mida tuleb täita nii enne tööle asumist kui ka töö tegemise ajal.

Kõik tööd peavad toimuma vastavalt Energeetikateaduskonna meetodikakomisjoni poolt koostatud ühtsetele sisekorra ja ohutustehnika eeskirjadele, mis on kehtestatud kõikide Energeetikateaduskonna elektrotehnika laboratooriumides.

Laboratoorse töö tegemisele asudes tutvutagu enne tähelepanelikult tööülesannetega ning tehtagu endale selgeks töö teoreetilised alused.

Kõigepealt muretsetagu tööks vajalikud mõõteriistad ja aparaadid. Mõõteriistade valik peab toimuma katsel oodatavate elektriliste suuruste kohaselt, s.o. esineda võivate pingete, voolude jms. alusel. Seejärel varutagu eri pikkusega ja vajaliku ristlõikepinnaga ning isolatsiooniga juhtmed ning kommutatsiooniparaatid, nagu lülitid, ümberlülitid, reostadid jm. Lülilima asudes on kõige parem paigutada mõõteriistad ja aparaadid lauale nii nagu joonisel. Lülituse üksikud elemendid asetatagu kindla korra järgi. Nii asetatagu alalisvoolumasinat katsetades ergutusahelasse kuuluvad mõõteriistad lähestikku, ankruahela omad aga teisale. Lülitus olgu ülevaatlik ning võimaldagu kergesti leida mis tahes mõõteriista või aparaati. Ühendusjuhtmed lülituse üksikute elementide vahel peavad olema paigutatud korrapäraselt, et nad ei läheks risti üle mõõteriistade skaalade või aparaatide. Vältitagu suuremate voolutugevustega juhtmete kulgemist mõõteriistade läheduses. Samuti ei tohi ka mõõteriistad üksteisele liiga lähedal asuda.

Ebasobiv mõõteriistade ja juhtmete paigutus võib põhjustada mõõteriistades lisavea tekkimist. Enne lülituse pingestamist kontrollida hoolega kõiki ühendusi ning veenduda nende õigsuses. Kui pingestamisel tekkida võivate voolude, pingete jne. suurused ei ole täpselt teada, ühendada mõõteriistad suurimale võimalikule mõõtepiirkonnale. Skeemi võib pingestada ainult laboratoorse töö juhendaja loal. Kui pärast sisselülitamist on märgata mõnel mõõteriistal väljalööki skaala lõpuni või häiret (lõhna, suitsu) mõne teise lülituselemendi juures, teha lülitus otsekohe pingevabaks. On aga kõik normaalse, võib asuda mõõtmisele. Enne reguleeritagu lülitus, s. t. kehtestatagu katse läbiviimiseks ettekirjutatud voolud, pinged jms. vastavate elementide muutmise teel.

Nuud võib asuda mõõtmisele, lugedes mõõteriistade skaalade näitusid. Loetakse korruga kõikidelt mõõteriistadelt selleks antud käskluse järgi. Saadud andmed märgitakse vastavasse vihkusse, kuhu olgu joonestatud lülitusskeem ja andmete märkimiseks vajalik tabel. Skeem ja andmete tabel on allpool antud iga ülesande kohta.

Mõõtmistel ei selgu tabeli andmeist alati, kas tulemused on õiged või mitte. Kergesti võib aga selles veenduda, kui joonestada (kas või harilikul ruudulisel paberil) mõõdetava suuruse graafik. Kui punktid, mis vastavad mõõtmistele, graafikus liigselt hajuvad või moodustavad erineva joone, peab mõõtmistes esinema viga. Nii saame vea õigeaegselt avastada ja vältida asjatut ajakulu ning mõõtmiste kordamist. Ärgu unustatagu üles märkida kõikide kasutatavate mõõteriistade numbreid ja muid iseloomulikke andmeid, samuti ka teiste aparaatide (lülitiste, reostaatide jm.) andmeid. Kahtluse korral tulemuste õigsuses on nende kaudu alati võimalik lülitust taastada.

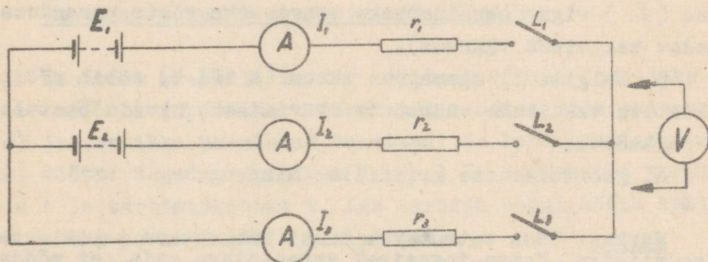
4. Laboratoorse te tööde ulesanded

T 5 5 n r. 1

Hargnev alalisvooluahel

1. Koostada skeemile vastav lülitus.
2. Mõõta voolud I_1 , I_2 ja I_3 , pingelangud takistitel ΔU_{r_1} , ΔU_{r_2} ja ΔU_{r_3} ning vooluallikate klemmipinged U_1 ja U_2 lülitamise kõikide kombinatsioonide puhul.
3. Mõõta mõõtesilla abil skeemis kasutatud takistite takistused r_1 , r_2 ja r_3 .
4. Arvutada voolud I_1 , I_2 ja I_3 , lähtudes vooluallikate klemmipingete ja takistuste mõõdetud väärtustest.

Märkus. Kasutatav skeem võimaldab luua mitmesuguse ise-loomuga vooluahelaid, mõõta neis esinevaid voole ja pingeid ning kontrollida arvutuste teel saadud mõõtmistulemuste tõepärasust. Et töö tegemisel vooluallikate sisetakistusi ei määrata, tekib teatud lahkumineku voolude mõõdetud ja arvatud väärtuste vahel. Sõltuvalt vooluallikate emj-de suurusest võib voolu suund vooluahela üksikutes osades lülitite erinevate asendite puhul muutuda. Seepärast tuleb muutunud suunaga voolu lugemiseks ampermeetri külge ühendatud juhtmed ümber ühendada.



Jrk N ^o	Sule- tud lüli- tid	Pinge takistite klemmidel									Vooluallikate klemmipinged						
		ΔU_1 [V]			ΔU_2 [V]			ΔU_3 [V]			U_1 [V]			U_2 [V]			
		α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	
1	-																
2	$L_1 L_2$																
3	$L_1 L_3$																
4	$L_2 L_3$																
5	$L_1 L_2 L_3$																

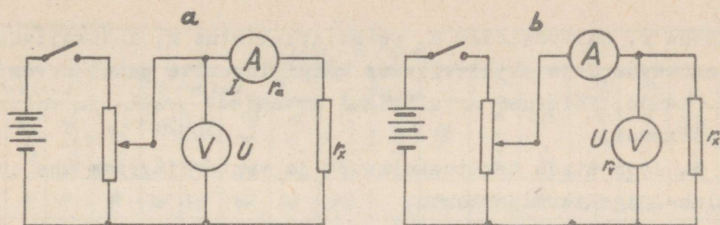
Jrk N ^o	Sule- tud lüli- tid	Möödetud voolud									Arvutatud voolud						
		I_1 [A]			I_2 [A]			I_3 [A]			I_1	I_2	I_3				
		α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	[A]	[A]	[A]				

T 8 8 n r. 2

Takistuse mõõtmine volt- ja ampermeetriga

1. Koostada skeemile a ja skeemile b vastav lülitus.
2. Mõõta mõlema skeemi puhul kahel uuritava takistil voolu I ja pinget U kahe erineva pinge korral.
3. Arvutada mõõdetavate takistite väärtus mõõteriistadest tingitud vea parandust arvestades ja seda arvesse võtmata.
4. Määrata takistuse mõõtmise absoluutne (Δr_x) ja suhteline (δ) viga (absoluutseks väärtuseks võtta paranduse puhul saadav takistuste väärtus).
5. Selgitada, missugune skeem (a või b) sobib mõõdetavate takistite takistuse väärtuste määramiseks, kui mõõtetulemust ei parandata.
6. T88 tulemuste kriitiline hinnang.

Märkus. Töös tutvutakse tihti kasutatava takistuste mõõtmise viisiga. Katse tegemisel arvestatagu seda, et mõõdetavast takistusest läbiminev vool eraldab soojust, mille mõjul takisti temperatuur tõuseb. Sellest tingituna muutub ka takistuse väärtus. Vea vältimiseks peab takistit mõõtmisel läbima vool, mis ei ületaks 1/10 kuni 1/5 takistile normaalselt lubatavast voolust.



Jrk. Nr	Kaitsetar. takistus	Skeem	Mõõdetud					Arvutatud				Sobiv skeem	
			Pinge [V]			Vool [A]		r_x' [Ω]	r_x [Ω]	Viga			
			u	u_v	U	i	I			Δr_x	$\delta r_x \%$		
1	I	a											
2													
3		b											
4													
5	II	a											
6													
7		b											
8													

T ö ö n r. 3

Vahelduvvoolu võimsuse ja töö mõõtmine

1. Koostada skeemile vastav lülitus, võttes tarbijaks a) reostaadi, b) järjestikku ühendatud reostaadi ja paispooli ning c) järjestikku ühendatud reostaadi ja kondensaatorpatarei.

2. Mõõta: sagedus f , pinge U , vool I , võimsus P , tarbitud energia A ja tarbimiskestus t . Iga tarbija puhul mõõta kaht eri pinget (umbes poolt ja täit nimipinget).

3. Määrata vattmeetri pingeringi takistus r_{uw} ja voltmeetri takistus r_v mõõteriistade sildiaandmete järgi.

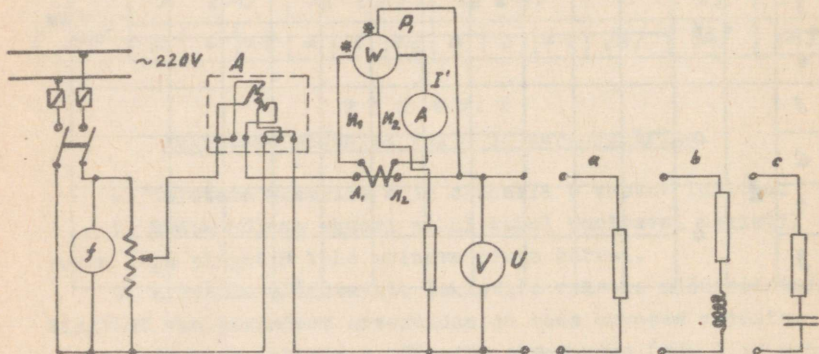
4. Mõõtmistulemuste alusel arvutada näivvõimsus S , võimsustegur $\cos \varphi$, faasinihe φ , reaktiivvõimsus Q , tarbija aktiiv-

takistus r , näivtakistus z , reaktiivtakistus x , induktiivsus L või mahtuvus C ja aktiivvõimsus kõigi lugemite puhul arvesti P_{arv} kaudu. Võimsuse arvutamisel arvestada vatt- ja voltmeetri omatarvet.

5. Joonestada takituskolmnurk ja vektordiagramm ühe lugemi alusel iga tarbija kohta.

Märkus. Töös tutvume tihti kasutatavate elektri töö ja võimsuse mõõtmise meetoditega vahelduvvooluahelais. Arvesti poolt arvestatava energiahulga määramiseks tuleb mõõta aeg (t), mis kulub arvesti kettal mingi pöõrete arvu (N) tegemiseks. Selleks jälgime arvesti kettal olevat punast märki, lugedes stopperi abil selle märgi teatud kohast möõdumise kordi määratud aja kestel. Tarbitava energiahulga määramine arvesti lugemisseadme abil ei ole energia väiksuse tõttu võimalik.

Mitte unustada mõõteriistade sisetakistusi üles märkida (volt- ja vattmeetri pingeharu omi).



Jrk. №		Mõõdetud															
		Pinges U				Vool I'				Võimsus P				Energia A			
		α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	N	C_{arv}	$N \cdot C_0$	t	$P_{\text{arv}} = \frac{A}{t}$		
	H_2	o		V	o		A	o		W	Pöön	$\frac{W_{\text{sek}}}{\text{pöön}}$	Wsek	sek	W		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		

Arvutatud

Vool I				Võimsus P				S = UI	cos φ = P/S	φ	Q = S sin φ	Z = U/I	r = Z cos φ	x = Z sin φ	L = Xc / 2πf	C = 10 ⁶ / 2πf Xc
I ₁ = U ₁ /r ₁	I ₂ = U ₂ /r ₂	I ₃ = U ₃ /r ₃	I ₄ = U ₄ /r ₄	P ₁ = U ₁ ² /r ₁	P ₂ = U ₂ ² /r ₂	P ₃ = U ₃ ² /r ₃	P ₄ = U ₄ ² /r ₄									
A	A	A	A	W	W	W	W	VA	°	VAR	Ω	Ω	Ω	H	μF	
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33

T ö ö n r. 4

Võimsusteguri parandamine kondensaatorite abil

1. Koostada skeemile vastav lülitus, milles induktiivset tarbijat ja faasiparandajat (kondensaatorpatareid) toidetakse liini asendava aktiivtakisti kaudu.

2. Muutes kondensaatorpatarei mahtuvust nullist maksimaalväärtuseni, hoida liini alguses pinge $U_1 = \text{const}$ ja mõõta: vool liinis I_1 , sagedus f , pingelang liinis ΔU ; liini lõpus - tarbija pinge U_2 , vool I_2 , võimsus P_2 ja kondensaatorpatarei vool I_c .

3. Arvutada võimsuskadu liinis ΔP , tarbija võimsus P_1 ; liini alguses võimsustegur $\cos \varphi_1$, ülekandeliini kasutegur η , kondensaatorpatarei mahtuvuse tõeline väärtus C üksikute lugemite puhul ja tarbija andmed: $\cos \varphi_2$, z_2 , r_2 , x_2 ja L_2 .

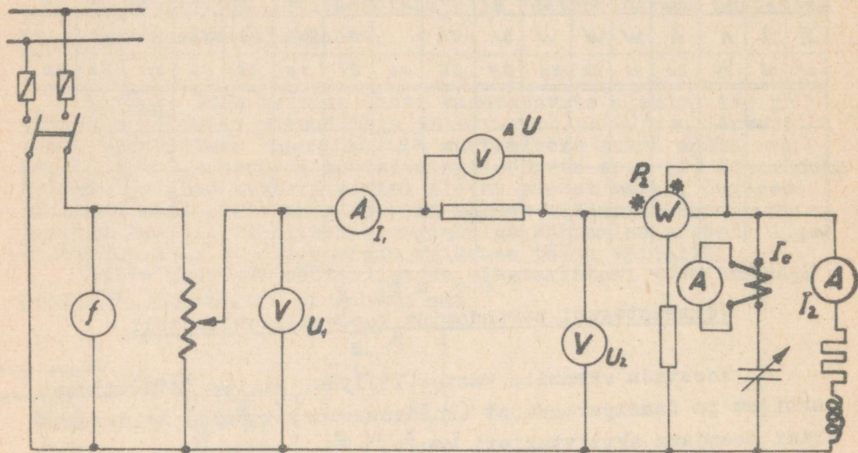
4. Kujutada graafiliselt η , $\cos \varphi_1$, I_1 , P_1 ja $P_2 = f(C)$.

5. Joonestada täielikud vektordiagrammid kogu süsteemi jaoks, kui

- a) kondensaatorpatarei mahtuvus võrdub nulliga,
- b) kondensaatorpatarei mahtuvus omab ülekande maksimaalsele kasutegurile vastavat optimaalset väärtust ja
- c) kondensaatorpatarei mahtuvus on maksimaalne.

Märkus. Töös jälgendatakse tööstusliku (jõu-) tarbija puhul elektrienergia ülekandmisel esinevat olukorda ning paranda-

takse vajadust mõõda võimsustegurit. Et saavutada õigeid tulemusi, jälgitagu kondensaatorpatarei mahtuvust muutes liini voolu I_1 muutumist. Suurendades kondensaatorpatarei mahtuvust üle nulli, hakkab vool I_1 esmalt vähenema, siis uuesti tõusma. Katse sooritamisel saavutatagu tingimata voolu I_1 muutumine ülalkirjeldatud moel, et saada tööks vajalikke andmeid.



№	Mõõdetud															
	U_1			ΔU			U_2			I_1			I_2			
	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	
	0		V	0		V	0		V	0		A	0		A	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Mõõdetud							Arvutatud									
I_2			P_2			f	$\Delta P = \Delta UI_1$	$P = R_2 + \Delta P$	$\rho = \frac{P}{P_2}$	$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{U_1 I_1}$	$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{U_2 I_2}$	$C = \frac{I_2 \cdot 10^6}{2\pi f U_2}$	$Z_2 = \frac{U_2}{I_2}$	$r_2 = Z_2 \cdot \cos \varphi_2$	$X_2 = Z_2 \cdot \sin \varphi_2$	$L_2 = \frac{X_2}{2\pi f}$
α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$											
0		A	0		W	W	W									
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33

Kolmefaasilise süsteemi kolmnurklülitus

1. Koostada skeemile vastav lülitus, milles kolmnurka ühendatud aktiivset koormust toidetakse kolmefaasilisest sümmeetrilisest süsteemist.

2. Mõõta pinged U_{12} , U_{23} ja U_{31} ; tarbijate faasivoolud I_{12} , I_{23} ja I_{31} ; liinivoolud I_1 , I_2 ja I_3 ning arvestiketta N pöörde sooritamiseks kuluv aeg sümmeetrilise ja ebasümmeetrilise tarbija puhul. Pingete ja voolude indeksid kooskõlastada faasijärjestusega, mis määratakse faasijärjestuse määraja abil.

Märkida, kuidas muutuvad pinged ühe liinijuhtme katkemisel (kaitsme läbipõlemisel).

3. Arvutada tarbija poolt tarbitud energia A , tarbija faasivõimsused P_{12} , P_{23} ja P_{31} ning takistused r_{12} , r_{23} ja r_{31} .

Võrrelda tarbija faasivõimsuste arvatud summat arvesti lugemi abil arvatud võimsusega ning tarbija nimilandmetega.

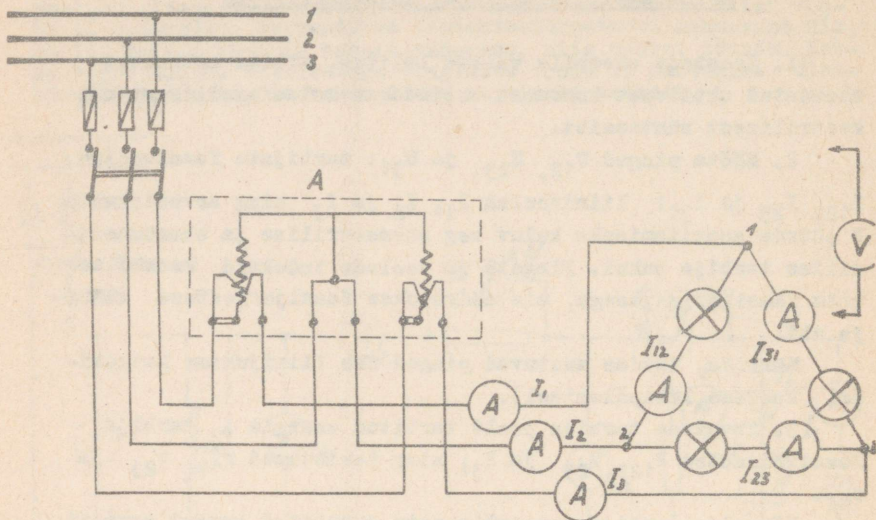
4. Joonestada vektordiagrammid sümmeetrilisele ja ebasümmeetrilisele koormusele.

Märkus. Töös selgitatakse kolmefaasilise kolmnurkühenduses süsteemi omadusi. Väga oluline on õigesti mõõta pinged ja voolud. Sellepärast märgime faasijärjestust määrates faasid nähtavalt (näiteks kriidiga).

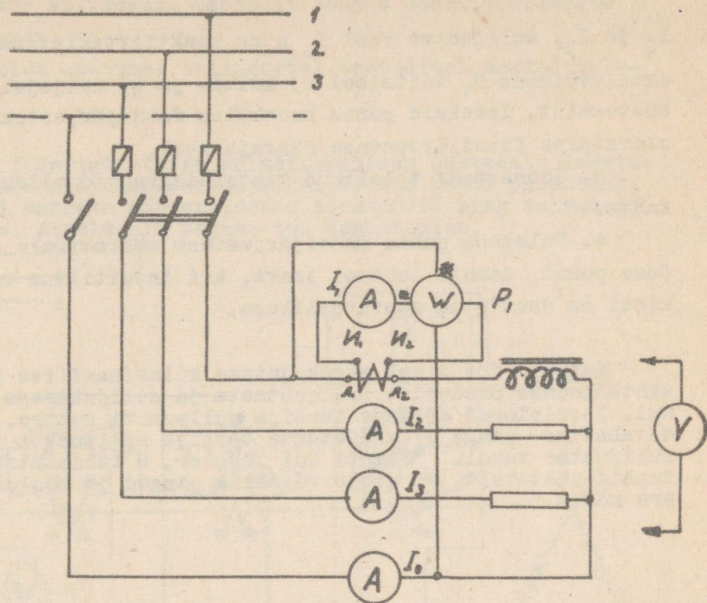
Kolmefaasilise süsteemi tähtlülitus

1. Koostada skeemile vastav lülitus, milles tähte ühendatud ebasümmeetrilist koormust (ühes faasis aktiiv- ja reaktiivtakisti, teistes omavahel võrdsed aktiivtakistid) toidetakse sümmeetrilisest kolmefaasilisest süsteemist.

2. Mõõta liinipinged U_{12} , U_{23} ja U_{31} , faasipinged U_{10} , U_{30} ja U_{20} , nullpunktidevaheline pinge U_0 , liinivoolud I_1 ,



Koor- mus	U_{12}	U_{23}	U_{31}	I_{12}	I_{23}	I_{31}	I_1	I_2	I_3	P_{12}	P_{23}	P_{31}	$\Sigma P_2 P_{12} + P_{23} + P_{31}$	Σ Parvesti nõidu kaudu					
	V	V	V	A	A	A	A	A	A	W	W	W		W	N	f	c	AN	$P \frac{A}{3}$
	V	V	V	A	A	A	A	A	A	W	W	W	W	P ₁₂ d ₁₂	sex	$\frac{W_{12}}{P_{12}}$	W ₁₂	W	
Sümmee- riline																			
Ebasüm- meetriiline																			



Lülitus	U_{12}	U_{23}	U_{31}	U_{10}	U_{20}	U_{30}	U_0	I_1	I_2	I_3	I_0	P_1			
												α	c	$\alpha \cdot c$	
Nelja-juhtme-line															
Kolme-juhtme-line															

I_2 ja I_3 , nulljuhtme vool I_0 ning reaktiivtakistusega faasi aktiivvõimsus P_1 toitmisel a) kolme- ja b) neljajuhtmelisest süsteemist. Indeksid panna kooskõlas faasijärjestusega, mis määratakse faasijärjestuse määraja abil.

3. Joonestada täielikud vektordiagrammid mõlema juhtumi kohta.

4. Tuletada juhised faasijärjestuse määramiseks antud lülituse puhul, samuti juhtumi jaoks, kui induktiivne reaktiivtakisti on asendatud mahtuvuslikuga.

Märkus. Töö annab ettekujutuse kolmefaasilise süsteemi tähtühenduse omadusist nulljuhtmeta ja nulljuhtmega liini puhul. Faasipinged mõõdame tarbija nullpunkti suhtes. Nullpunkti- vaheline pinge U mõõdetakse tarbija nullpunkti ja liini nulljuhtme vahel. Samuti kui töös nr. 6 tähistatakse ka siin faasid nähtavalt, et oleks võimalik pinged ja voolud õigesti ära mõõta.

T ö ö n r. 7

Kolmefaasilise tarbija võimsus

1. Koostada lülitus kolmefaasilise sümmeetrilise tarbija (asünkroonmootori) voolu I , pinge U , tarbitava aktiivvõimsuse P ja reaktiivvõimsuse Q mõõtmiseks.

2. Mõõtmistulemuste alusel arvutada:

a) tarbija aktiivvõimsus:

- 1) ühe vattmeetri meetodil kunstliku nullpunktiga ja
- 2) kahe vattmeetri meetodil;

b) tarbija reaktiivvõimsus:

- 1) ühe vattmeetri meetodil ja
- 2) kahe vattmeetri meetodil;

c) tarbija näivvõimsus volt- ja ampermeetri näitude põhjal;

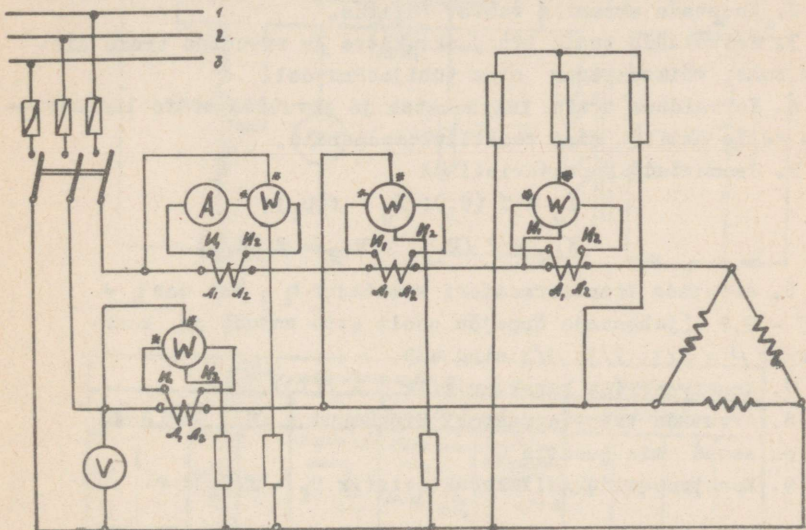
d) võimsustegur:

- 1) aktiiv- ja näivvõimsuse kaudu ja

2) kahe vattmeetri meetodil saadud mõõtmistulemuste kaudu.

3. Võrrelda omavahel erisugustel meetoditel saadud tulemusi.

Märkus. Töös tutvutakse kolmefaasilises süsteemis kasutatavate võimsuse mõõtmise meetoditega. Et töö hästi õnnestuks, tuleb õigesti määrata mõõteriistade konstandid ning tulemused arvutada kohe. Ainult nii tagame töö õnnestumise.



Jrk. nr	skeem	Mõõdetud						Arvutatud					
		Pinge U	Vool I	P_1			P_2			P	Q	S	$\cos \varphi$
				α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$				
		V	A	o		W	o	W	W	Var	VA		
1	1												
2													
3													
4	2												
5													
6	3												

T ö ö n r. 8
Transformaatorid

A. Ühefaasiline transformaator

1. Tutvuda transformaatori konstruktsiooniga ja kirjutada üles sildiandmed.
2. Koostada skeemile vastav lülitus.
3. Korraldada trafo tühijooksukatse ja arvutada trafo ülekande suhe, võimsustegur ning tühijooksuvool.
4. Korraldada trafo lühisekatse ja arvutada trafo lühisepinge ja selle aktiiv- ning reaktiivkomponendid.
5. Joonestada karakteristikud

$$I_0 = f(U_1); P_0 = f(U_1);$$

$$I_{1k} = f(U_{1k}); P_{1k} = f(I_{1k}).$$

6. Arvutada transformaatori kasutegur η , kui $\cos\psi_2 = 0,7 - 0,9$ (juhendaja õppejõu poolt ette antud) ja koormustegur $\beta = 1/3; 2/3; 3/3$ ning $4/3$.

7. Konstrueerida karakteristik $\eta = f(I_2)$.

8. Arvutada transformaatori pingemuutus ΔU_2 , kui $\cos\psi_2$ ja β on samad mis punktis 6.

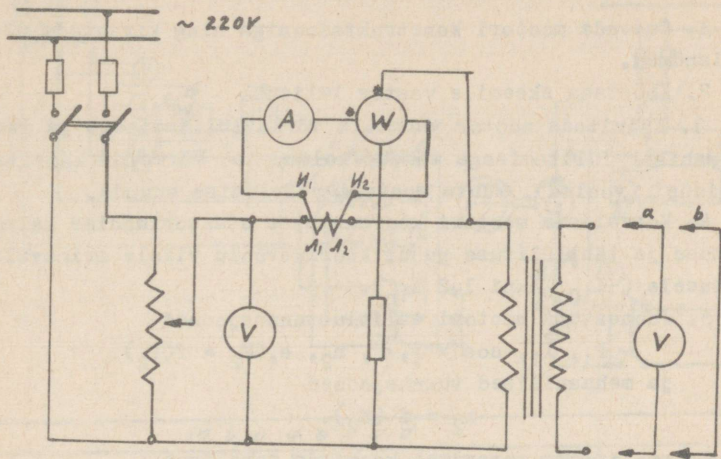
9. Konstrueerida väliskarakteristik $U_2 = f(I_2)$.

Märkus. Pööratagu tähelepanu sellele, et punktide 6-9 täitmiseks on tarvis teada tühijooksu- ja vaseskadusid nimikoormusel ning nimilühispinget. Selleks omakorda peab teadma transformaatori nimipinget ja nimivoolu, mis arvutatagu varem välja.

Rauaskaod on ligikaudu võrdsed tühijooksukadudega ning määratakse katsest, kus pinge võrdub nimipingega.

Vaseskaod on ligikaudu võrdsed lühisekadudega, mil mahises on nimivool. Samast katsest saab ka nimilühispinge, mis on 5-10% nimipingest.

Lühisekatsel vattmeetri pingemõõtepiirkonda laiendada pole tarvis, kuna pinge on madal. Kui vattmeetril on olemas 30-V klemm (1000 Ω), siis kasutada seda.



Tühjooksukatse						Lühisekatse				
Möödetud				Arvutatud			Möödetud			
U_1	U_{20}	P_1	I_0	Ülevande suhe $k = \frac{U_1}{U_{20}}$	Võimsus- tegur $\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{I_0^2 \cdot U_{20}}}$	Suhteline tühjooksu vool $\frac{I_0}{I_{1N}} \cdot 100\%$	U_{1K}	I_{1K}	P_{1K}	φ
V	V	W	A			%	V	A	W	°C

Lühisekatse								
Arvutatud								
Lühise- takistus			75° taandatud lühise- takistus		Suhteline lühise- pinge			
r_K	x_K	Z_K	$r_{K75} = \frac{r_K \cdot 230,5 + 75}{234,5 + 3}$	$x_{K75} = \sqrt{r_{K75}^2 + x_K^2}$	U_a	U_r	U_x	
Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	%	%	%	

Lühisrootoriga asünkroonmootor

1. Tutvuda mootori konstruktsiooniga ning kirjutada üles sildiandmed.

2. Koostada skeemile vastav lülitus.

3. Käivitada mootor vahetult võrku lülitamisega ja staatorimähise lülitamisega tähest kolmnurka. Võrrelda käivitamis-tingimusi (voolud). Muuta mootori pöörlemise suunda.

4. Korraldada mootori koormuskatse staatorimähise kolmnurklülituse ja tähtlülituse puhul koormusvoolu viiele erinevale väärtusele (I_{10} kuni $1,2 I_{1n}$).

5. Joonestada mootori talitlustunnusjooned

$$P_1, I_1, \cos \varphi_1, \eta, n_2, s, M_2 = f(P_2)$$

ja mehaanilised tunnusjooned

$$n_2 = f(M_2).$$

Katse- ja arvutusandmed koondada tabelisse.

Märkus. Tõës tutvume lühisrootoriga asünkroonmootori omadustega ja tema käsitsemisega. Koormuskatsel hoiame alalisvoolu koormusgeneraatori ergutusvoolu konstantsena ($I_{ag} = 0,2$)A. Koormusmomendi leiame alalisvoolu koormusgeneraatori kohta koostatud graafikust. Ankruvoolu I_{ag} alusel leiame graafikust $M_{el} = f(I_{ag})$ elektromagnetilise momendi M_{el} . Pöörlemiskiiruse n_2 alusel leiame graafikust $M_o = f(n)$ niinimetatud tühijooksu-
momendi M_o . Viimane on tingitud peamiselt hõõrdekadudest. Koormus-
momendi saame M_{el} ja M_o liitmisel, s.o. $M_2 = M_{el} + M_o$.

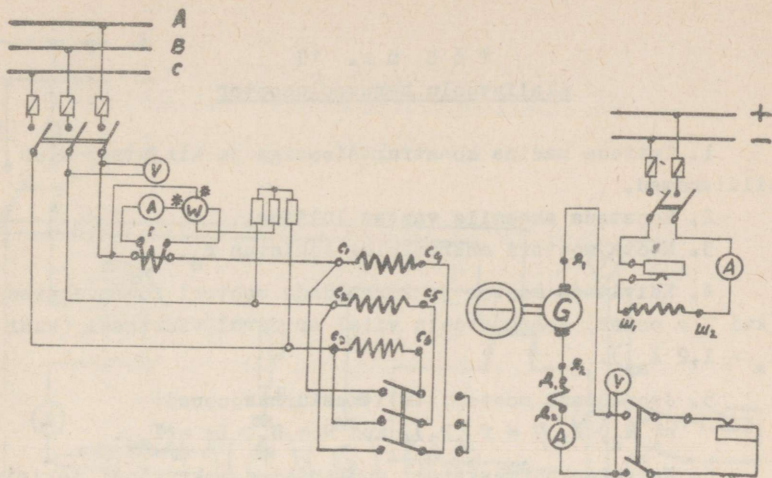
Pöörlemiskiirus n määratakse tahhomeetri abil.

Libistus arvutatakse valemiga

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1},$$

kus n_1 on magnetvälja pöörlemiskiirus, mis leitakse toitesageduse f_1 ja mootori pooluspaaride arvu p (vt. mootori sildilt) järgi.

Rootorivoolu sagedus f_2 ei ole võrdne toitesagedusega f_1 ning see tuleb arvutada.



Mõõdetud

Jrk. №	statori-pinge U			statori-vool I ₁			Võrgust võetav võimsus P			Gener. klemm-pinge U _g			Gener. ankru-vool I _{ag}		
	α	C	α.C	α	C	α.C	α	C	α.C	α	C	α.C	α	C	α.C
	o		V	o		A	o		W	o		V	o		A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Arvutatud

Pöörlemiskiirus n	Rootori voolu-sagedus f ₂	Elektriline moment M _e = f(I _{ag})	Tühjooksu moment M ₀ = f(n)	Keermusmoment M _s = M _e · n ₀	Kesulik meh. võimsus P ₂ = $\frac{M_s \cdot n}{955}$	Võimsustegur cos φ = $\frac{P_2}{P_{1, U}}$	Libistuse s	Kasutegur η = $\frac{P_2}{P_1}$
Pöör. min	Hz	Nm	Nm	Nm	W			
17	18	19	20	21	22	23	24	25

Alalisvoolu haruvoolumootor

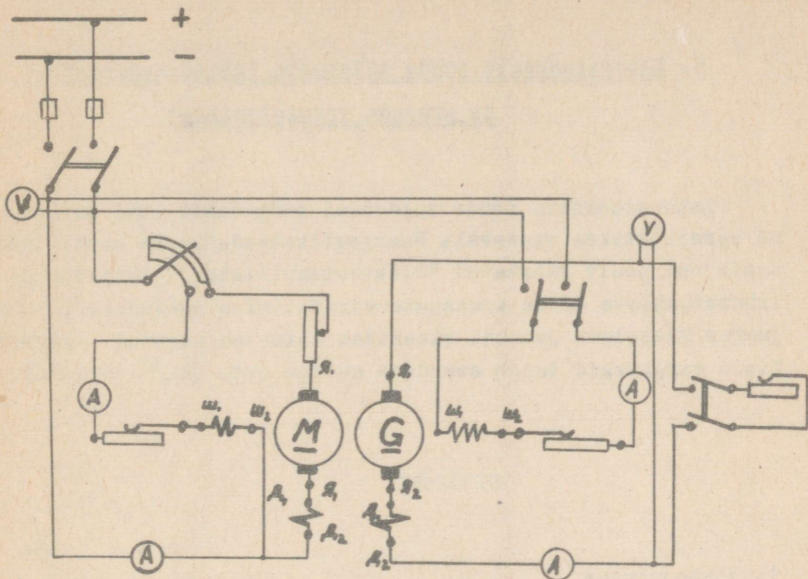
1. Tutvuda masina konstruktsiooniga ja kirjutada üles sildiaandmed.
2. Koostada skeemile vastav lülitus.
3. Mõõta mootori ankrumähise takistus r_a .
4. Käivitada mootor ja korraldada mootori koormuskatset (kui $U = \text{const}$) koormusvoolu viiel erineval väärtusel (kuni $I_a = 1,2 I_{an}$).
5. Joonestada mootori talitlustunnusjooned:
 $n, M_2, I, \eta = f(P_2)$, kui $U = U_N, I_e = I_{eo}$.
6. Korrata koormuskatset suurendatud ankruringi takistuse puhul, kui võrgupinge $U = U_n, I_e = I_{eo}$.
7. Korrata koormuskatset nõrgema ergutusvooluga, kui $U = U_n$ ja $I_e < I_{eo}$.
8. Punktide 4, 6 ja 7 alusel joonestada mootori mehaanilised tunnusjooned

$$n = f(M_2).$$

Märkus. Alalisvoolu haruvoolu mootorit käivitades tuleb alati mootori ergutusvool ja käiviti takistus reguleerida maksimaalseks. Nii käivitub mootor suure momendiga ($M = c\Phi I_a$), kuid piiratud käivitusvooluga.

Enne koormuskatset reguleerime mootori ergutusvoolu tühijooksul nii, et mootor pöörleks nimipöörlemiskiirusega. Selle ergutusvoolu väärtuse I_{eo} jätame muutumatuks edaspidisel mootori katsetamisel (muutmata ergutusreostaadi takistuse väärtust). Märkime mootori tühijooksule vastavaid andmeid (koormusgeneraator koormamata!). Koormates-koormusgeneraatorit, koormame mootorit, hoides seejuures $U = \text{const}$ ning $I_e = I_{eo} = \text{const}$. Ka koormusgeneraatori ergutusvoolu (I_{ge}) peab hoidma konstantse.

Katse tulemuste läbitöötamisel arvestatagu, et tühijooksu-kaos määrame tühijooksule vastavaist andmeid (vaata ülal). Kuna koormusgeneraator on sidurdatud mootoriga, siis oletame, et tühijooksukadu jaguneb võrdselt mootorile ja generaatorile. Pöörlemiskadu, olles peamiselt hõõrdekadu, sõltub pöörlemiskiirusest. Seepärast peame iga katse korral (4, 6 ja 7) märkima ka tühijooksule vastava punkti. Kasuliku võimsuse leiame kadude arvutamise alusel, aga ka koormusgeneraatorite vastavaist graafikuist $P_{el} = f(I_{ag})$ ja $P_o = f(n)$. See toimub samuti nagu töös nr. 10.



Haruvoolumootor

Jrk. N ^o	Klemmipinge U			Ankrüvool I			Ergut. vool I _e			Pöörate arv n	Kasutegur $\eta = \frac{P_2}{P_1}$	Võrgust võetatav võimsus P ₁ = UI
	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$	α	C	$\alpha \cdot C$			
	°		V	°		A	°		A	Pöörat m/n		W
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Koormusgeneraator

Klemmipinge U			Ankrüvool I _g			Ergutusvool I _g	Elektril. moment M _{el}	Tühjekoormusmoment N ₀	Koormusmoment M ₂ = M ₀ + M _h	Kasulik võimsus P ₂ = $\frac{M_2 \cdot n}{9,55}$
α	C	$\alpha \cdot C$	°	C	$\alpha \cdot C$					
°		V	°	A		A	Nm	Nm	Nm	W
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

5. Laboratoorsete tööde tulemuste läbitöötamisest
ja aruande vormistamisest

Laboratoorsete tööde tulemused töötatakse läbi ja aruanne vormistatakse vastavalt Energeetikateaduskonna metoodikakomisjoni poolt koostatud "Elektrotehniliste distsipliinide laboratoorsete tööde aruannete vormistamise juhendile", kusjuures käesoleva juhendi skeemides esinevad aegunud graafilised tingmärgid tuleb asendada uutega (vt. ГОСТ 7624-62).

SISUKORD

	Lk.
1. Sissejuhatus	1
2. Mõõteriistade kasutamisest laboratoorsetel töodel..	1
3. Laboratoorsete tööde üldised juhendid	4
4. Laboratoorsete tööde ülesanded	7
5. Laboratoorsete tööde tulemuste läbitöötamisest ja aruande vormistamisest	24

Täienduste ja parandustega kordustrukk

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра информационной техники

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Руководство по лабораторным работам

На эстонском языке

Trükkimisele antud 14.VII 67. Paber 60x84/16
Trükipg. 1,5. Tingpg. 1,4. Tiraaž 250
TPI rotaprint, 1967. Teil.329. Tasuta

Tasuta

A-30133

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00417701 2