



J. Eiskon
V. Heinrichsen

ELEKTROONIKA

I

Tallinn
1966

TALLINNA POLÜTEHNILINE INSTITUUT
Automaatika ja telemehaanika kateeder

J. Eiskon
V. Heinrichsen

ELEKTROONIKA

I

Abimaterjalid kursuseprojektide
ja laboratoorse teo tööde tegemiseks

Tallinn
1966

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра автоматики и телемеханики
Ильмар Эйскоп, Владимир Хейнрихсен

Пособие для оформления лабораторных
работ и курсовых проектов

ЭЛЕКТРОНИКА
I
На эстонском языке

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
68803

Kordustrükk

Vastutav toimetaja E. Hansen

Trükkimisele antud 30.III 1966. Paber 60x84 1/16
Trükipg. 6,0+2 kleebist. Tingtrükipg. 5,7
Tiraaž 800 eks. MB-02992. Tell.nr. 140
TPI rotaprint, 1966
Hind 21 kop.

A. ÜLDISED JUHENDID JA EESKIRJAD

1. LABORATOORIUMIDE SISEKORRA JA OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD

I. Laboratoorsele töödele lubamine

1-1. Laboratoorsele tööle lubatakse üliõpilasi, kes:

- tunnevad käesolevaid eeskirju ning on kinnitanud seda allkirjaga laboratooriumi Žurnaalis;
- on tuttavad laboratooriumi toitevõrgu skeemiga;
- on tööks ette valmistunud tööjuhendis märgitud ulatuses;
- on esitanud tähtajaks eelmiste tööde aruanded.

1-2. Laboratoorsete tööde tsükli ajaks moodustatakse üliõpilastest kindla koosseisuga brigaadid. Brigaadi koosseisu ja vanema kinnitab vastavat tsüklit juhendav õppejõud (juhendaja). Brigaadi vanem vastutab korra eest brigaadis.

1-3. Lähteandmete ja katsetulemuste sissekandmiseks on igal brigaadil (või juhendaja nõudmisel igal üliõpilasel) laboratoorsete tööde vihik.

1-4. Enne laboratoorse töö algust kontrollib juhendaja brigaadi liikmete tööks ettevalmistatust, mille järel annab loa tööd alustada. Puuduliku ettevalmistuse korral on juhendajal õigus üksikuid brigaadi liikmeid või ka kogu brigaadi tööle mitte lubada, lugedes neid põhjuseta puudujaiks.

1-5. Juhendaja lubab tööd alustada üksnes siis, kui brigaadi töölelubatud liikmete arv võimaldab antud tööd teha.

II. Ohutustehnika nõuded

2-1. Lülitus tuleb koostada nii, et oleks vaba juurdepääs toitekilbile, kõikidele lülititele ning reguleerimisorganitele.

Mõõteriistade skaalad peavad olema hästi nähtavad. Tuleb vältida ripendavaid ühendusjuhtmeid, kuhu takerdumine võib põhjustada pinge alla sattumist, seadmete paigalt nihutamist või maha tõmbamist. Juhtmete jätkamisel jätkukohad isoleeritakse.

2-2. Mõõteriistadel, mille kere on mõõdetava ahelaga elektriliselt ühendatud (nagu elektronostsilloskoobid), tuleb kere ühendada toitevõrgu maandatud poolusega või, kui see pole võimalik, võtta tarvitusele abinõud elektrilöögi vältimiseks mõõteriista kere puudutamisel.

2-3. Lülitust võib pingestada pärast hoolikat kontrolli, hoiatades enne brigaadi liikmeid.

2-4. Pöörlevate elektrimasinatega töötamisel on vaja vältida ripnevate ühendusjuhtmete, riidetuse (hõlmade, varrukate, kaelasidemete) ning juuste kaasahaaramist masinaosade poolt. Enne masinate igakordset käivitamist tuleb brigaadi liikmeid hoiatada.

2-5. On keelatud:

- puudutada isoleerimata pingestatud metalloosi;
- teha juhtmete ümberühendusi pingestatud ahelais;
- jätta pingestatud lülitus järelevalveta;
- lülitada laboratooriumi peakilbi lüliteid ilma juhendaja erikorralduseta;
- toetuda ning istuda elektriseadmetele, riputada neile üle riideid jms.

III. Laboratoorse töö tegamine

3-1. Kui brigaad koostab lülitusskeemi iseseisvalt, tuleb skeem enne lülituse koostamisele asumist esitada juhendajale kontrollimiseks.

3-2. Lülituse koostamisel on lubatud kasutada üksnes antud tööks ettenähtud seadmeid ja mõõteriistu, mis on töökohale välja pandud või võetakse panipaikadest vastavalt juhendaja korraldusele. Seadmete ja mõõteriistade ühest laboratooriumist teise viimine ilma juhendaja igakordse loata on keelatud.

3-3. Lülituse koostamisel tuleb algul seada kohale seadmed ja mõõteriistad, paigutades nad ratsionaalselt ning ülevaatli-

kult, nii et oleks kindlustatud mõõteriistade skaalade mugav jälgimine ning täidetud ohutustehnika nõuded (p. 2-1, 2-2).

On keelatud omavoliliselt juhtmeid jätkata või katki lõigata.

3-4. Lülitust tohib pingestada tavaliselt ainult õppejõu loal ning silmas pidades ohutustehnika eeskirju (p. 2-3, 2-4). Juhendaja korraldusel võib laboratoorsete tööde tsükli või üksiku töö vältel pingestamine toimuda brigaadi algatusel ning vastutusel.

3-5. Avarii puhul töökohal või seadmete riknemisel tuleb viivitamata välja lülitada töökoha toitekilbi lüliti või lahutada pistikuühendus ning teatada juhtunust juhendajale. On keelatud vahetada läbipõlenud kaitsmeid ilma juhendaja loata.

3-6. Seadmete ja mõõteriistade hooletust või väärast kasutamisest ning kohtlemisest (mahapillamine, ülekoormamine, katse käigus esilekutsutud lühised) tekkinud majanduslik kahju nõutakse sisse süüdlaselt (või süüdlaselt).

3-7. Laboratoorse töö vältel on keelatud:

- lahkuda laboratooriumist pikemaks ajaks juhendaja loata;
- suitsetada laboratooriumis.

IV. Laboratoorse töö lõpetamine

4-1. Laboratoorse töö lõpetamiseks peavad üliõpilased:

- esitama juhendajale laboratoorsete tööde vihiku katse- ja seadmete tulemustega;
- pärast juhendajalt loa saamist lahti võtma lülituse, korrastama töökoha ning paigutama seadmed, mõõteriistad ja juhtmed selleks ettenähtud kohtadesse.

4-2. Töö loetakse lõpetatuks, kui töökoht on üle antud juhendajale, kes kinnitab töö lõpetamist oma allkirjaga laboratoorsete tööde vihikus või laboratooriumi žurnalis.

4-3. Kui brigaad ei lõpeta tööd selleks ettenähtud aja jooksul, töö katkestatakse ning see tuleb kordamisele juhendaja poolt määratud ajal.

4-4. Juhendajal on õigus eemaldada laboratooriumist käesolevate eeskirjade vastu eksinud üliõpilasi või keelduda neil tööd tehtuks lugemast.

V. Aruande esitamine ja tööde arvestamine

5-1. Iga üliõpilane esitab individuaalse laboratoorse töö aruande, mis on vormistatud vastavalt sellekohasele juhendile.

5-2. Aruanne esitatakse juhendaja poolt määratud tähtajaks. Aruande mitteesitamisel või mitterahuldavalt vormistatud aruande esitamisel on juhendajal õigus üliõpilast järjekordsele laboratoorsele tööle mitte lubada. Vähemate puudustega aruande tagastab juhendaja parandamiseks üliõpilasele.

5-3. Punktides 1-4, 4-4 ja 5-2 loetletud põhjustel tööle mittelubatud üliõpilased, samuti põhjusega puudunud üliõpilased võivad teha laboratoorse töö üksnes juhendaja loal. Loa saamisel teeb üliõpilane töö juhendaja poolt määratud ajal, tavaliselt arvestussessiooni vältel. Laboratoorsest tööst põhjusega puudunud üliõpilased teevad töö kokkuleppel juhendajaga (võimaluse korral koos mõne teise brigaadiga). Kateedri juhatajal on õigus asendada antud laboratoorne töö individuaalse tööga.

5-4. Laboratoorsete tööde tsükkel lõpeb arvestusega. Arvestuse saamiseks peavad igal brigaadi liikmel olema esitatud kõigi tööde aruanded. Arvestus toimub küsitluse korras, kusjuures võetakse arvesse ka igale laboratoorsele tööle eelnenud ettevalmistuse kontrolli tulemusi, laboratooriumis ülesnäidatud oskusi ning aktiivsust, samuti aruannete sisulist ja vormilist taset.

VI. Laboratooriumide individuaalse kasutamise kord

6-1. Laboratooriumide kasutamine väljaspool tunniplaani (individuaaltöödeks ning kursuseprojektideks, samuti ÜTÜ töödeks) on lubatud ainult kokkuleppel laboratooriumi juhataja ning tööd juhendava õppejõuga, kellega eelnevalt kooskõlastatakse töö aeg ning töö programm.

6-2. Tööks vajalikud seadmed, mõõteriistad ja materjalid väljastab laboratooriumi juhataja või töö juhendaja vastavalt viimase poolt kinnitatud loetelule. Hinnalisemate riistade väljastamiseks võib laboratooriumi juhataja nõuda juhendaja igakord-

set nõusolekut. Töö lõpetamisel tagastab üliõpilane seadmed ja riistad väljaandjale. Seadmete väljastamine ning tagastamine, samuti töö algus ja lõpp fikseeritakse vastavas Žurnalis.

6-3. Laboratooriumi ning kappide võtmed saab üliõpilane laboratooriumi juhatajalt või juhendavalt õppejõult. Laboratooriumist lahkumisel tagastatakse võtmed väljaandjale või tema poolt nimetatud isikule.

6-4. Kui pole erikorraldust laboratooriumi juhatajalt või juhendajalt, tuleb laboratooriumist lahkumisel välja lülitada kõik pinge all olevad seadmed.

6-5. Kateedri töökoja ja tööriistade kasutamiseks on tarvis laboratooriumi juhataja luba.

2. LABORATOORSETE TÖÖDE VORMISTAMISE JUHEND

1. Laboratoorse töö aruanne vormistatakse valgel kirjutuspaberil formaadis 210x297 mm. Aruande üksikud lehed köidetakse või liimitakse selja kohalt kogu pikkuses kokku, säilitades formaadi.

2. Aruande tiitellehe ülaosas paikneb vormikohane päis, mis täidetakse plokk-kirjas (trükitähtedega). Tiitellehe alla joonestatakse lülitusskeem. Suured skeemid võivad paikneda eraldi leheküljel, väiksemad abiskeemid ka teksti sees.

3. Aruande koostamisel tuleb jälgida põhinõuet, et laboratoorne töö oleks aruande alusel reprodutseeritav. Aruanne peab sisaldama kõiki andmeid, skeeme ja töö käigu kirjeldusi, mis on vajalikud katsete kordamiseks täpselt samade lülituste ja aparatuuriga samades tingimustes.

4. Katseobjekti ning kasutatud seadiste andmed kantakse tiitellehe päise vastavasse lahtreisse. Katseobjekti kohta märgitakse: jrk. nr., nimetus, inventarinumber, põhilised sildiandmed ning muud töö käigus või aruande vormistamisel kasutatud andmed.

Kõigi kasutatud seadiste kohta märgitakse jrk. nr., nimetus, inventari- või tehase number ning tüüp. Sellele lisanduvad vajaduse järgi:

- mõõteriistade puhul: vooluliik, mõõteriista süsteem ja

täpsusklass (tingmärkidena); mõõtepiirkond või universaalmõõteriistadel piirkondade diapason; omatarvet iseloomustavad andmed - sisetakistus, sisepingelang vms.;

- reostaatidel nimitakistus ning nimivool (või -võimsus);

- muude seadiste puhul töös vajalikud andmed.

5. Lülituskeem kujundatakse põhimõtteskeemina, millel on näidatud kõik katse käigus kasutatud seadised, mõõteriistad ja iseseisvat konstruktiivset ühikut moodustavad abi-lülitus-elementid (eeltakistid, voolutrafad jms.). Skeem peab elementide ühendusviisi poolest täpselt vastama kasutatud lülitusele. On lubatud lihtsustada elektrilist skeemi laboratoorse töö juhendis näidatud viisil.

6. Lülituskeem tuleb joonestada korrektselt (kasutades joonlauda ja sirkli) tšäsi või pliiatsiga (pliiatsijoon olgu tume ja terav). Tingmärgid peavad vastama kehtivale standardile ГОСТ 7624-55 ning asjaomase kateedri soovitustele. Pea- ja abiahelaid tähistavad jooned olgu jämeduselt selgesti eristatavad, ahela sõlmed hästi nähtavate punktidega tähistatud. Kasutatud seadised varustatakse skeemil samade järjekorranumbritega nagu aruande päises.

7. Aruande tekstiosa sisaldagu katseetappide lühida kirjelduse ning mõõte- ja arvutustulemused. Viimaste täpsus peab olema vastavuses mõõteandmete täpsusega. Tekst peab vastama õigekeelsusreeglitele, koosnedes seotud lausetest ühes kõigi vajalike kirjavahemärkidega, ka valemite järel.

8. Aruande tekst kirjutatakse tindiga käsitsi või masinakirjas, valemid tavaliselt käsitsi. Kõigi suuruste tähised nii tekstis kui ka valemites ning tabelite päises kirjutatakse plokk-kirja tähtedega.

9. Aruande tabelid peavad sisaldama nii otseseid mõõteandmeid kui ka hiljem nende põhjal arvutatud tulemusi. Tabeli päises paiknevad suuruste ning mõõtühikute tähised (eraldi lahtrites), vajaduse korral ka suuruse nimetus, katse või režiimi iseloomustus, arvutuslikud abiseosed jm. Katseandmeid sisaldava tabeli esimeses veerus on katsepunktide järjekorranumbrid. Tabelid tuleb aruande ulatuses nummerdada. Kõik kasutatud arvutusvalemid peavad leiduma aruande tekstis.

10. Graafikud ja diagrammid tuleb joonestada millimeetri-paberile, mis kõidetakse aruande vahele täisformaadiliste lehtedena. Ühele lehele võib paigutada mitu graafikut. Igale graafikule kirjutatakse nimetus ja katsel iseloomustavad andmed, mis võimaldavad mõista tema sisu tekstist täiendavaid seletusi otsimata. Lisaks on graafikud aruande ulatuses nummerdatud. Graafikute tekst olgu plokk-kirjas.

11. Karakteristikute joonestamisel tuleb kasutada sellist mastaapi ja skaalat, mille puhul kõvera kuju iseloomustab katse tulemust kõige ilmekamalt. Graafiku teljele kantakse suuruse tähis ning arvvärtuste skaala, märkides mõõtühiku skaala viimase arvvärtuse juurde. Skaala olemasolul pole telje kõrvale noolt vaja.

12. Graafikud joonestatakse tušiga või hästi nähtavalt pliiatsiga, kasutades seejuures lekaale ning joonlauda. Katsepunktid märgitakse graafikule ringikestena, suure arvu eri liikide punktide puhul mitut tüüpi märkidena (ruudukesed, kolmnurkad jne.). Kõver tõmmatakse üldjuhtumil katsepunktide vahelt läbi sujuva joonena, kooskõlas funktsiooni sisulise kulgemisega. Teoreetiliselt arvutatud kõveraile punkte ei kanta.

13. Ühe ja sama sõltuvuse mõõdetud ning arvutatud karakteristikud tuleb võimaluse korral kanda ühele graafikule, eraldades neid üksteisest joone liigi või värviga. Samuti on soovitatav kujutada ühisel graafikul mitmest katses saadud üheliigilised karakteristikud.

14. Aruanne lõpeb kokkuvõttega, mis sisaldab konkreetset formuleeritud tötulemuste kriitilise analüüsi ning hinnangu. Selles tuleb hinnata tulemuste vastavust teoreetilistele kaalutlustele, katseobjekti kohta teadaolevatele andmetele ning kehtivaile normidele, samuti kasutatud mõõtmismeetodite ja mõõteriistade sobivust antud ülesande lahendamiseks. Erilist rõhku tuleb panna tulemuste võimalike lahkuminekute, katseviigade ning töö käigus esinenud ebanormaalsuste analüüsile. Aruande lõpus on koostaja allkiri.

15. Täiendavad nõuded aruande vormistamiseks antakse üksikute ainete laboratoorsete tööde meetodilistes juhendites.

kateeder

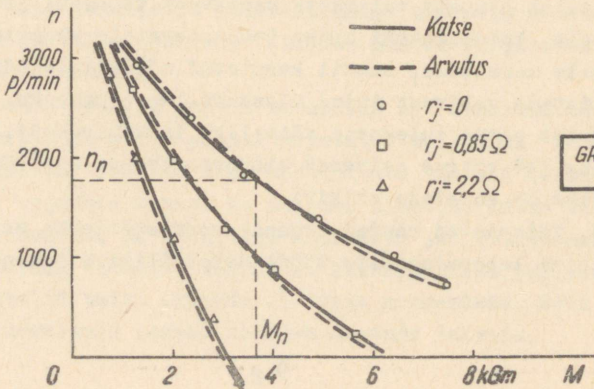
	65	25	55	20
46	Üliõp. (Õpperühm)		Töö tehtud 196...a.	
9	Matr. nr.		(Kontrollija märkmed)	
9	Juhendaja (Brigaad)			
14	(Aine nimetus)			
14	Töö nr.	(Töö nimetus)		
60	30	Kasutatud seadised:		
	Katseobjektid: 3. Voltmeeter EE316; M45M; - (1.0) 0-3-15-150V; 7,5mA		
	65	165	100	

Tabel 2

Jrk. nr.	n	I_a	I_s	M_e	M_o	M
	p/min	A	A	kGm	kGm	kGm

TABELI
PÄISE
NÄIDIS

Graafik nr.4. Alalisvoolu peavoolumootori EE348
reostaatkarakteristikud



GRAAFIKU
NÄIDIS

3. KURSUSETÜÜDE JA -PROJEKTIDE VORMISTAMISE JUHEND

A. Projekti sisu

Projekt peab sisaldama järgmisi punkte:

1. Sisukord.
2. Projekteeritud mõõteriista tehnilised andmed.
3. Ülevaade analoogilistest kodu- ja välismaistest mõõteriistadest.
4. Ülevaade mõõtemetoditest ja selle valik.
5. Plokkskeemi valik.
6. Ekspluatatsiooni hõlbustavate lisatingimuste püstitamine ja nende rahuldamine.
7. Skeemi arvutus (üksikute plokkide ja astmete kaupa, näidates iga ploki (astme) ülesande (funktsioonid) ning põhjendades lambi ja selle tööpunkti valikut. Lõppastme amplituudkarakteristiku määramine. Osutiriista kaitse ülekoormuse vastu.
8. Reguleerimis- ja käsitsemisorganite valik, nende ulatuse ja nominaalväärtuste arvutus.
9. Mõõtetäpsuse arvutus. Harmooniliste mõju. Lampide ja üksikosade parameetrite hajumise ja vananemise ning toitepinge kõikumise mõju. Temperatuuri ja niiskuse mõju määramine.
10. Detailide (takistite ja kondensaatorite) valik.
11. Mürapinge ja dünaamilise diapasooni arvutus.
12. Ökonoomsuse ja töökindluse arvutused.
13. Konstruktiivne kujundus.
14. Mõõteriista reguleerimine.
15. Mõõteriista käsitsemine.
16. Kasutatud kirjanduse loetelu.
17. Mõõtmiste ja katsete andmed (kui neid on tehtud).

Tekstile lisatav graafiline materjal:

1. Arvutuslikud skeemid, graafikud jne. (võivad olla tekstis).
 2. Skeem spetsifikatsiooniga.
 3. Skaala joonis.
 4. Eestvaade.
 5. Detailide paigutus šassiil.
- Teksti orienteeruv maht 30 lk.

B. Üldjuhendid projekti koostamiseks

Projekt peab olema kirjutatud selge, loetava käekirjaga või kirjutusmasinal valgele kirjutuspaberile formaadis 210x297 mm ning tal olgu sisukord ja leheküljed nummerdatud. Kõik punktid ja alapunktid tähistatagu järjekorranumbriga ning tähtedega.

Suurematele graafikutele ja tekstijoonistele pandagu järjekorranumbrid, millele viidata tekstis.

Samade valemite põhjal korduvalt tehtud arvutuse tulemused esitada tabelina.

Kõik käsitletavad suurused tähistada vastavate tähtedega, millel on vajalikud indeksid. Iga suuruse tähis peab säilima muutumatuna projekti vältel.

Kasutatud valemite ja lähteandmete juures tuleb märkida, mis tingimustel nad on tuletatud või määratud, ning viidata kirjanduse loetelus toodud kirjanduslikule allikale. Soovitav on kasutada allikaid, kus on olemas vastava valemi tuletus. Viimase puudumisel näidatagu tuletuskäik lühidalt.

Projektis tuleb kasutada kõige uuemaid ja perspektiivsemaid lampe ja detaile ning materjale.

B. ARVUTUSLIKUD ABIMATERJALID

1. Pingete ja voolude tähistus elektroonikas

- E, U, I - emj., pinge ja voolu alaliskomponent.
 U, I - siinuselise suuruse efektiivväärtus.
 U_m, I_m - siinuselise suuruse amplituudväärtus.
(Teised indeksid kirjutada ettepoole: näit. U_{1m}, I_{1m} - esimese harmoonilise amplituudväärtus.)
 e, u, i - siinuselise või mittesiinuselise emj., pinge ja voolu hetkväärtus.
 $e_{max}, u_{max}, i_{max}$ - mittesiinuselise emj., pinge ja voolu maksimumväärtus.

2. Matemaatilisi valemeid

a) Trigonomeetria

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta \pm \cos\alpha \cdot \sin\beta,$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha \cdot \cos\beta \mp \sin\alpha \cdot \sin\beta.$$

$$\sin\alpha + \sin\beta = 2 \sin\left[\frac{1}{2}(\alpha + \beta)\right] \cos\left[\frac{1}{2}(\alpha - \beta)\right],$$

$$\sin\alpha - \sin\beta = 2 \cos\left[\frac{1}{2}(\alpha + \beta)\right] \sin\left[\frac{1}{2}(\alpha - \beta)\right].$$

$$\sin\alpha \sin\beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]; \quad \sin^2\alpha = \frac{1}{2} (1 - \cos 2\alpha).$$

$$\cos\alpha \cos\beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]; \quad \cos^2\alpha = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\alpha).$$

$$\sin^3\alpha = \frac{1}{4}(3 \sin\alpha - \sin 3\alpha).$$

b) Euleri valem $e^{jx} = \cos x + j \sin x$.

$$\text{Muavre'i valem } [\rho(\cos\alpha + j \sin\alpha)]^n = \rho^n(\cos n\alpha + j \sin n\alpha).$$

c) Arendus ritta

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots;$$

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots = \frac{e^{jx} - e^{-jx}}{2j};$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots = \frac{e^{jx} + e^{-jx}}{2}.$$

d) Kui $x \ll 1$, siis $(1 \pm x)^2 = 1 \pm 2x$; $(1 \pm x)^n = 1 \pm nx$; $\sqrt{1 \pm x} = 1 \pm \frac{x}{2}$;

$$\frac{1}{(1 \pm x)^2} = 1 \mp 2x; \quad \frac{1}{\sqrt{1 \pm x}} = 1 \mp \frac{x}{2}; \quad \ln(1 \pm x) = \pm x - \frac{x^2}{2}.$$

e)

Funktsoon	$u \cdot v$	u^n	$\ln u$	e^{mx}	a^{mx}
Tuletis	$uv' + vu'$	$nu^{n-1} \cdot u'$	$\frac{u'}{u}$	me^{mx}	$ma^{mx} \ln a$

f) Ruutvõrrandi $ax^2 + bx + c = 0$ lahendid $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$.

$$\text{Ruutvõrrandi } x^2 + px + q = 0 \text{ lahendid } x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}.$$

g) Diferentsiaalvõrrandi $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{\tau} q = \frac{q_{\max}}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$
 lahend on $q = q_0 + q_{\max}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

Diferentsiaalvõrrandi $L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = E(t)$ lahend on:

α) Kui $E(t) = E_m \sin(\omega t + \psi)$ ja $\frac{R}{2L} < \frac{1}{LC}$ (s.o. võnkuv siirde-
toimus)

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{E_m}{Z} \sin(\omega t + \psi - \varphi) - \frac{E_m}{Z} e^{-\alpha t} \left\{ \sin(\psi - \varphi) \cos \omega_0 t + \left[\frac{\cos(\psi - \varphi)}{\omega \cdot \omega_0} - \frac{\alpha}{\omega_0} \sin(\psi - \varphi) \right] \sin \omega_0 t \right\};$$

kus $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$; $\text{tg } \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$; $\alpha = \frac{R}{2L}$; $\omega_0 = \sqrt{\alpha^2 - \frac{1}{LC}}$.

β) Kui $E(t) = E_m = \text{const.}$, siis $i = \frac{dq}{dt} = \frac{E_m}{\omega_0 L} e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega_0 t$,
 kus α, ω_0 - endised.

$u_L = \frac{dI}{dt} L$; $u_R = iR$; $u_C = \frac{q}{C}$.

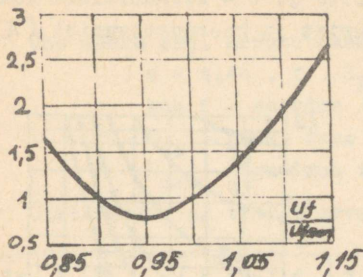
3. Töökindluse arvutamine

Töökindluse arvutamiseks grupeeritakse seadme ühesuguse suhtelise avariisagedusega λ_i detailid omaette rühmadesse. Ku-
 junegu selliseid rühmi n . Siis avariita töö tõenäosus e. töö-
 kindlus P aja t jooksul

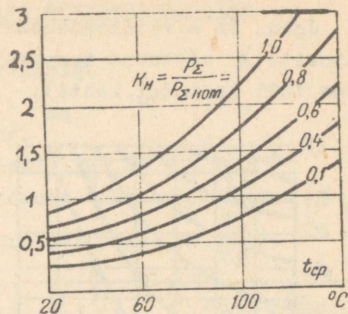
$$P = e^{-t \sum_{i=1}^n \lambda_i N_i} \approx 1 - t \sum_{i=1}^n \lambda_i N_i,$$

kus λ_i - ühte tüüpi detailide keskmine avariisagedus,
 N_i - detailide arv ühes grupis,
 n - gruppide arv.

Lampide, takistite ja plokk-kondensaatorite λ sõltub nende töörežiimist ning määratakse joonistel 1 - 3 toodud graafikute abil.

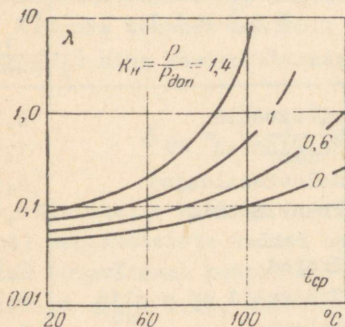


Joon. 1a

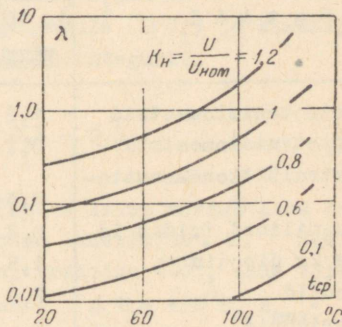


Joon. 1b

Joon. 1. Elektronlampide keskmine avarisagedus (suhtelises ühikutes) a - sõltuvalt küttepingest; b - sõltuvalt õhutemperatuurist ja koormustegurist (P_{Σ} - kõikide elektroodide summaarne kaovõimsus).



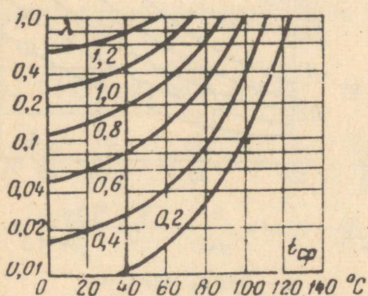
Joon. 2a



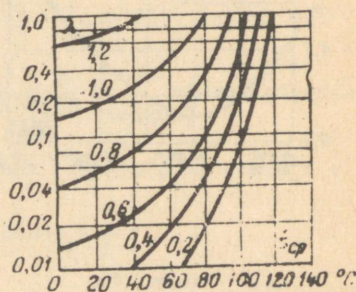
Joon. 2b

Joon. 2a - süsi-kihttakistite λ sõltuvus temperatuurist ja koormustegurist; b - paberkondensaatorite λ sõltuvus temperatuurist ja koormustegurist (λ %-des 1000 töötunni kohta).

Joon. 3a - vilkkondensaatorite ja b - keraamiliste kondensaatorite λ sõltuvus temperatuurist ja koormustegurist (λ - %des 1000 tšötunni kohta).



Joon. 3a



Joon. 3b

Mitmesuguste detailide keskmine avariisagedus nimikoormusel 20°C juures on toodud tabelis I.

Tabel I

Detail	$\lambda \times 10^5$ 1 tund	Detail	$\lambda \times 10^5$ 1 tundi
Traatpotentsiomeetrid	1,2	si-dioodid	0,5
Kihtpotentsiomeetrid	0,7	Ge-dioodid	1,0
Elektrolüüt-kondensaatorid	0,5	Seleenalaldajad	4,5
Keraamilised trimmerid	0,3	Transistorid	2,0
1 ja 2x diodid	1,5	Trafod	0,5
Triodid	2,0	Drosselid ja poolid	0,2
Duotriodid	3	Releed	2
Pentodid	2,5	Osutiriistad	4
Võimsad elektronlambid	7	Selsiinid, el-mootorid	5
Stabilovoldid	3	Kipplülitid	0,3
Barretterid	7	Lülitid	1,5
		Surunupud	0,02
		Üks pistikühendus pesas	0,05
		Joode, juhe	0,01

4. Väikeste toitetrafode arvutusmetoodika

Ühe keeru emj. arvutatakse valemiga

$$e = 4,44 \cdot f \cdot S_{Fe} \cdot B_{\max} \cdot 10^{-8} \text{ /V/},$$

kus f - sagedus /Hz/,

S_{Fe} - puhta raua ristlõige [cm^2],

B_{\max} - magnetvoo tiheduse maksimaalväärtus [Gs].

Otstarbekas on trafot arvutada järgmises tabelis:

Mähis	I_1 [A]	U_1 [V]	ΔU_1 [V]	E_1 [V]	w_1	d_1 [mm]	S_{Cu1} [mm ²]	$w_1 \cdot S_{Cu1}$	l_1 [10 ² m]	r_0 [Ω]	r_1 [Ω]	Kontroll		
												U_1	U_1	
1-2														
3-4														
...														
$\sum w_1 S_{Cu1} =$									[cm ²],					

kus lahtrites on: mähiste otste numbrid, vool, pinge, pingelang, emj., keerdude arv, traadi vase \emptyset ja vase ristlõige, mähise vase ristlõige, mähise pikkus 100-des m-tes, 100 m traadi takistus 60°C juures r_0 , mähise takistus r_1 .

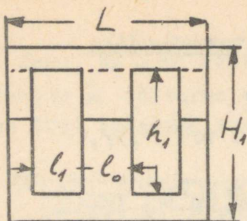
Lõpuks tehakse kontroll pingelangule (ΔU_1) ja klemmipinge (U_1) ning kontrollitakse akna täitetegurit.

$$\delta_{Cu} = \frac{\sum w_1 S_{Cu1}}{S_{aken}} = 0,2 - 0,3.$$

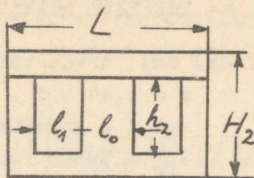
Minimaalse kaaluga trafode (keele laius võrdub akna laiusega) magnetahelate andmed on toodud tabelis nr. 2. Seal antud tüüpvõimsus kehtib kerimisel traadiga ПЭВ, akna täiteteguriga $\delta_{Cu} = 0,25$, ületemperatuuri $\Delta t = +50^\circ\text{C}$, $B_{\max} = 12\text{kGs}$ puhul.

Plekipaki paksused B on normitud järgmistele väärtustele /mm/: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100.

Magnetahel võib olla koostatud kas kõrgeaknalisena (joon. 4 a) või madalaaknalisena (joon. 4 b). Viimasel on aken keele laiuse võrra madalam ja seega magnetvoo teepikkus rauas ($1''_{Fe}$) lühem, mistõttu on sobivam väljundtrafodeks.



Joon. 4a



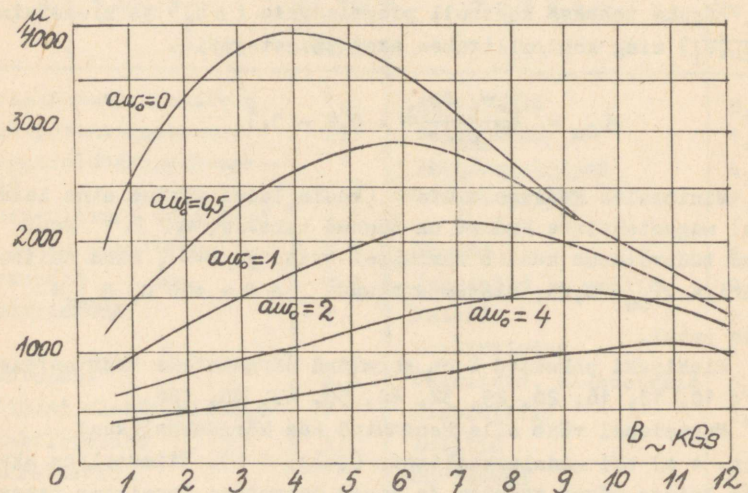
Joon 4b

Peale tabelis toodute on olemas veel nn. Y^{III} -magnetahelad, kus suhe $l_0/l_1=1,5-1,6$. Neid kasutatakse laiatarbetoodeteks, sest nad annavad vases kokkuhoidu, kuid trafod tulevad kaalult raskemad. Andmeid Y^{III} -magnetahelate kohta saab ajakirjast 'Радио' 1959 nr. 1 ja ka vastavaist normaalidest.

Sekundaarpinged nimikoormusel soovitatakse valida järgmisest reast, korrutades seda teguriga 10^n ($n=0, \pm 1; \pm 2$):
 10; 11,5; 12,6; 14; 16; 18; 20; 22,5; 25; 28;
 31,5; 35,5; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90.

6. Magnetmaterjalide magnetilisi karakteristikuid

Elektrotehnilistest lehtmaterjalidest trafoplekkide magnetilise läbitavuse μ sõltuvus magnetvoo vahelduvkomponendist



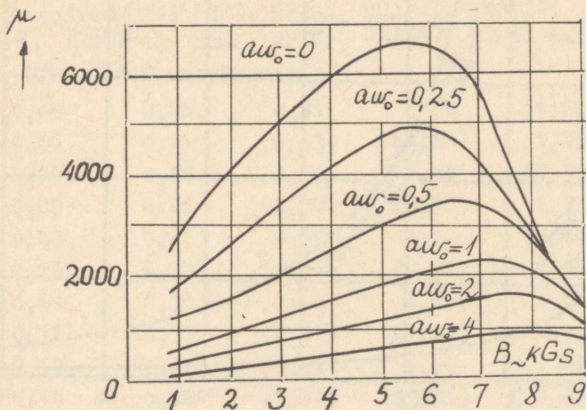
Joonis 5. Elektrotehniline lehtteras ЭЧАА paksusega 0,3 - 0,5 mm. Lõõmutatud enne stantsimist.

5. Minimaalse kaaluga trafode magnetahelate andmeid

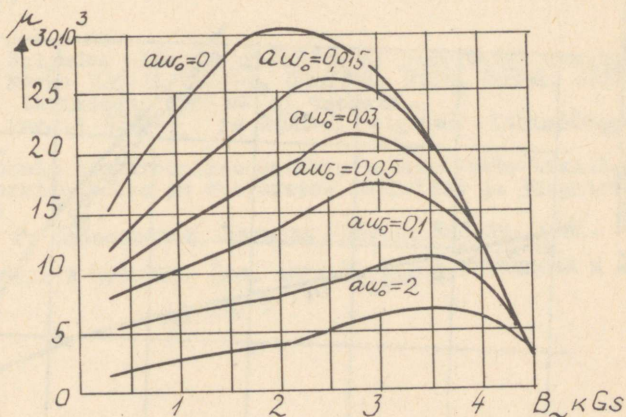
Tabel 2

Plektpaki pakused [mm]	Tüüp	Mõõtmed /mm/								Voolutihedus A [mm ²]	Tüüpvõimsus P [W]	Konstruktiivne tegur A' [x10 ⁻⁵]	Kaal G_{Fe} [kg]	Raua ristlõige q_{Fe} cm ²	Plekhide $\delta=0,35$ mm arv	Rauatee pikkus l_{Fe} [cm]	Trafo üldkaal $G_{Cu} + G_{Fe}$ /kg/	Madalaaknaalne			
		L	H ₁	H ₂	B	l ₀	l ₁	h ₁	h ₂									Kaal G_{Fe} /kg/	Rauatee pikkus l_{Fe} [cm]	Tüüpvõimsus P [W]	Konstruktivne tegur A'' [x 10 ⁻⁵]
	9	Keelatud uutes väljatöötlustes																			
10-32	1216	48	42	30	16	12	12	30	18	4,0	7,0	8,97	0,14	1,75	42	10,03	0,201	0,11	7,63	4,5	7,08.10 ⁻⁵
10-40	1620	64	56	40	20	16	16	40	24	3,5	18	17,37	0,32	2,91	52	13,7	0,470	0,25	10,5	11	13,61
16-50	2020				20					3,2	32	30,35	0,50	3,64	52		0,78	0,39		18	23,74
	2025				25					3,1	40	35,58	0,62	4,55	65		0,92	0,48		22	27,83
	2032	80	70	50	32	20	20	50	30	3,0	48	41,86	0,80	5,82	83	17,14	1,10	0,62	13,14	27	32,76
	2040				40					2,9	58	47,97	0,99	7,28	104		1,35	0,77		31	37,53
16 kuni 63	2516				16					3,1	50	37,82	0,62	3,64	42		1,1	0,48		28	29,55
	2520				20					3,0	60	45,19	0,77	4,55	52		1,3	0,60		32	35,31
	2525	100	87,5	62,5	25	25	25	62,5	37,5	2,9	72	53,41	0,97	5,68	65	2,14	1,5	0,75	16,4	39	41,76
	2532				32					2,8	90	64,07	1,23	7,28	83		1,8	0,96		50	50,08
	2540				40					2,7	100	73,90	1,55	9,10	104		2,15	1,20		55	57,77
	2550				50					2,6	130	84,63	1,93	11,40	130		2,55	1,50		65	66,32
	2563				63					2,5	153	95,65	2,43	14,28	163,4		3,15	1,89		73	74,69
20-80	3232				32					2,6	170	92,16	2,02	9,32	83		3,2	1,58		106	71,7
	3240	128	112	80	40	32	32	80	48	2,5	210	108,12	2,53	11,65	104	27,0	3,7	1,97	21,0	128	84,1
	3250				50					2,4	250	125,5	3,17	14,56	130		4,4	2,46		160	97,6
	3263				63					2,28	295	144	3,98	18,34	163,4		5,33	3,10		197	111,5
25 kuni 100	4025				25					2,4	250	109	2,47	9,10	65		4,5	1,92		160	85,71
	4032				32					2,4	310	133	3,16	11,65	83		5,25	2,46		200	104
	4040	160	140	100	40	40	40	100	60	2,3	375	157	3,96	14,56	104	34,3	6,2	3,08	26,3	240	123
	4050				90					2,2	450	184	4,95	18,20	130		7,2	3,85		300	144
	4063				63					2,11	542	213	6,22	22,93	163,4		8,6	4,84		354	167
	4080				80					2,1	660	248	7,92	29,12	208		10,5	6,16		430	194
	40100				100					1,9	800	274	9,86	36,4	260		12,7	7,69		510	217

mitmesuguste alalis-eelmagnetiseerimiste a_{ω_0} juures on näi-
 atud joonisel 5.

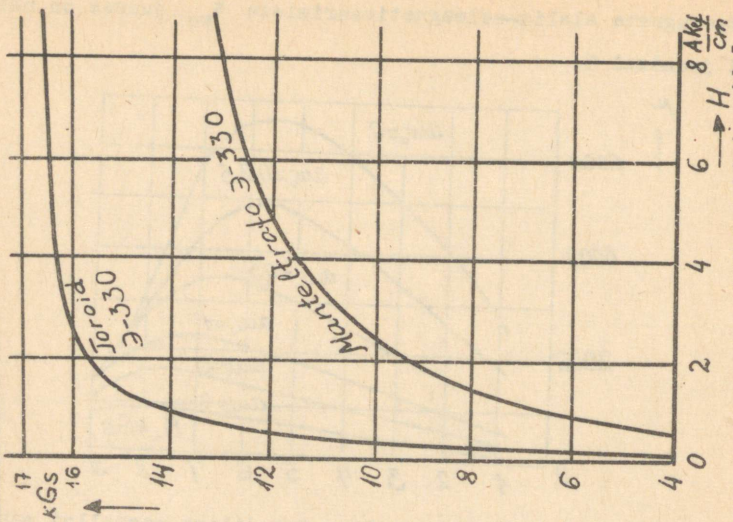


Joonis 6. Lõõmutatud 45-protsendiline permalloyi paksu-
 sega 0,2 mm. Algläbitavus $\mu_0 = 2000$.

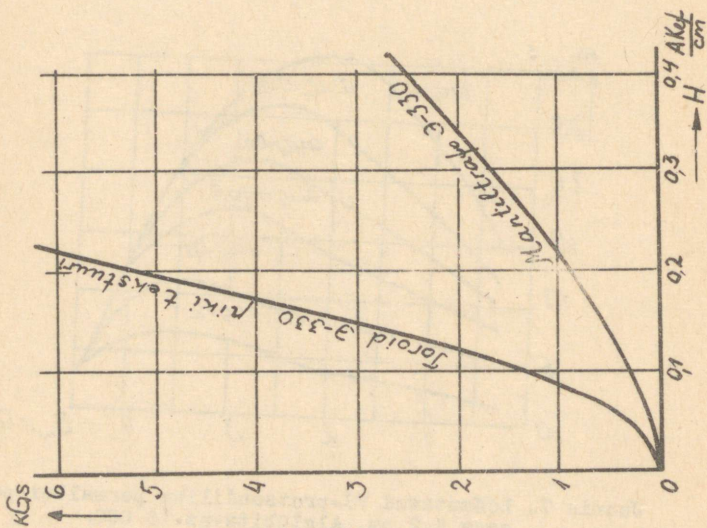


Joonis 7. Lõõmutatud 78-protsendiline permalloyi paksu-
 sega 0,2 mm. Algläbitavus 10 000.

7. Toroid- ja manteltrafo magneetimisõõverad



Joon. 9. Suurteel induktsioonidel.



Joon. 8. Väikestel induktsioonidel.

8. Toodetavate mähisetraatide läbimõõdud

Traadimarkide ПЭЛ, ПЭВ-І, ПЭЛР-І, ПЭВТЛ-І, ПЭТВ, ПЭВ-2, ПЭЛР-2, ПЭВТЛ-2, ПЭЛУ, ПЭТК, ПЭЛШКО, ПЭЛШО vasksoone toode-
tavad läbimõõdud on järgmised:

0,05	0,20	0,51	0,80	(1,20)	1,81
0,06	0,21	(0,53)	(0,83)	1,25	(1,88)
0,07	0,23	0,55	0,86	(1,30)	1,95
0,08	0,25	(0,57)	(0,90)	1,35	(2,02)
0,09	0,27	0,59	0,93	(1,40)	2,10
0,10	0,29	(0,62)	(0,96)	1,45	2,26
0,11	0,31	0,64	1,00	(1,50)	2,44
0,12	0,33	(0,67)	(1,04)	1,56	
0,13	0,35	0,69	1,08	(1,62)	
0,14	0,38	(0,72)	(1,12)	1,68	
0,15	0,41	0,74	1,16	(1,74)	
0,16	0,44	(0,77)			
0,17	0,47				
0,18	(0,49)				
0,19					

M ä r k u s e d:

1. Sulgudes olevaid läbimõõtte ei soovitata kasutada.
2. Marke ПЭВ-І, ПЭЛР-І, ПЭВТЛ-І, ПЭТВ, ПЭВ-2, ПЭЛР-2, ПЭВТЛ-2 läbimõõdus 0,05 mm ei toodeta.
3. Margid ПЭЛР-І ja ПЭЛР-2 algavad läbimõõduga 0,10 mm.

Andmeid elektroonikatööstuses kasutatavate traadi- ja juhtmemarkide kohta on vastavates GOST-ides ja järgmistes raamatutes:

А. Г. Соболевский, Провода. Шнуры. Кабели, 1962.

Кабели и провода. Под. ред. В. А. Привезенцева и др.

9. Lakkisolatsiooniga vasktraadi [E]andmeid

Vase Ø mm	Isolat- siooniga läbim. mm	Lubatav vool /A/			Rist- lõige mm ²	100 m takis- tus 60°C	100m kaal g	Keerde 1 cm kõhta	Keerde 1 cm ² kõhta vake- peberita kerimisel
		2 $\frac{A}{mm^2}$	2,5 $\frac{A}{mm^2}$	3 $\frac{A}{mm^2}$					
0,05	0,065	0,0039	0,0049	0,0059	0,00196	1095	1,75	143	18000
0,06	0,075	0,0057	0,0071	0,0085	0,00283	758	2,5	124	12600
0,08	0,095	0,0101	0,0126	0,0152	0,00502	428	4,5	97	8200
0,10	0,12	0,0157	0,0196	0,0235	0,00785	264	7,0	77,5	5700
0,12	0,14	0,0226	0,0283	0,0340	0,01131	183	10,1	66,5	4000
0,15	0,17	0,0354	0,0443	0,0530	0,01767	117	15,7	54,7	2800
0,18	0,20	0,0508	0,0635	0,0760	0,02545	81,1	22,6	46,5	2070
0,20	0,225	0,0628	0,0785	0,094	0,03142	65,8	28	41,5	1720
0,23	0,255	0,083	0,104	0,124	0,04155	50,0	37	36,5	1350
0,25	0,275	0,098	0,125	0,147	0,04909	42,1	43,7	33,8	1140
0,27	0,31	0,114	0,143	0,172	0,05726	36,1	51	30	980
0,29	0,33	0,132	0,165	0,198	0,06605	31,4	59	28,2	860
0,31	0,35	0,151	0,189	0,227	0,07548	27,5	67	26,6	763
0,35	0,39	0,192	0,241	0,290	0,09621	21,5	86	23,8	565
0,38	0,42	0,226	0,283	0,340	0,1134	18,3	101	22,2	520
0,41	0,45	0,264	0,330	0,395	0,1320	15,7	118	20,7	445
0,44	0,49	0,304	0,380	0,455	0,1521	13,6	135	19,0	388
0,49	0,54	0,382	0,478	0,573	0,1885	11,0	168	17,2	321
0,55	0,60	0,478	0,595	0,714	0,2376	8,72	212	15,5	255
0,59	0,64	0,547	0,683	0,820	0,2734	7,59	243	14,5	226
0,69	0,74	0,745	0,935	1,12	0,3739	5,53	333	13,1	169
0,80	0,86	1,01	1,26	1,51	0,5027	4,12	447	10,8	140
0,90	0,96	1,27	1,59	1,91	0,6362	3,24	568	9,7	120
1,0	1,07	1,57	1,96	2,36	0,7854	2,64	700	8,7	94
1,2	1,28	2,26	2,83	3,39	1,131	1,83	1000	7,3	65
1,5	1,58	3,54	4,43	5,30	1,767	1,17	1570	5,9	45
1,74	1,83	4,78	5,95	7,12	2,378	0,868	2120	5,1	35

M ä r k u s e d:

1. Takistus 60°C juures on arvatatud kui 1,18-kordne takistus 20°C juures.

2. Keerdude arv 1 cm kohta on arvestatud täiteteguriga 0,93.

3. Keerdude arv 1 cm^2 kohta on tüüpidel ПЭВ-1, ПЭВ-2, ПЭВММ vastavalt 10%, 17% ja 35% väiksem ($\varnothing = 0,2$ mm puhul).

4. Soovitatav vaheisolatsioon:

\varnothing 0,3 mm ja alla - 1 kiht kondensaatorpaberit 0,01; 0,022 või 0,03 mm (GOST 1903-57);

\varnothing 0,3 - 0,6 mm - 1 kiht mähisepaberit 0,05 mm

\varnothing 0,6 - 0,9 mm - 1 kiht mähisepaberit 0,07 mm (GOST 1931-42);

\varnothing üle 0,9 mm - 1 kiht kaablipaberit 0,12 mm (GOST 645-41).

Mähiste vahele:

$U_{\text{proovi}} \leq 1600$ V - 3 kihti kaablipaberit 0,12 mm;

1600 V $< U_{\text{proovi}} \leq 2400$ V - 4 kihti kaablipaberit 0,12 mm;

$2400 < U_{\text{proovi}} \leq 2900$ V - 5 kihti kaablipaberit 0,12 mm.

Mähiste väliskatteks 2 kihti kaablipaberit 0,12 mm.

5. Proovipinged.

Kui $U_{\text{tõõ}} \leq 110$ V, siis $U_{\text{proovi}} = 500 + 2U_{\text{tõõ}}$ [V].

Kui $U_{\text{tõõ}} > 110$ V, siis $U_{\text{proovi}} = 1000 + 2U_{\text{tõõ}}$ [V].

10. Elmagnetiseeritud trafode ja drosselite arvutus

Alalis-eelmagnetiseerimise puhul tuleb magnetahelasse sisse tuua õhupilu, sest siis saadakse sama keerdude arvu W juures märksa suurem induktiivsus kui ilma õhupiluta. Optimaalse õhupilu δ_{opt} määramiseks arvutatakse eelkõige valitud magnetahela raua maht

$$V_{\text{Fe}} = q_{\text{Fe}} \cdot l_{\text{Fe}} \quad [\text{cm}^3],$$

kus q_{Fe} - südamiku puhta raua ristlõige,

l_{Fe} - magnetvoo teepikkus ahelas,

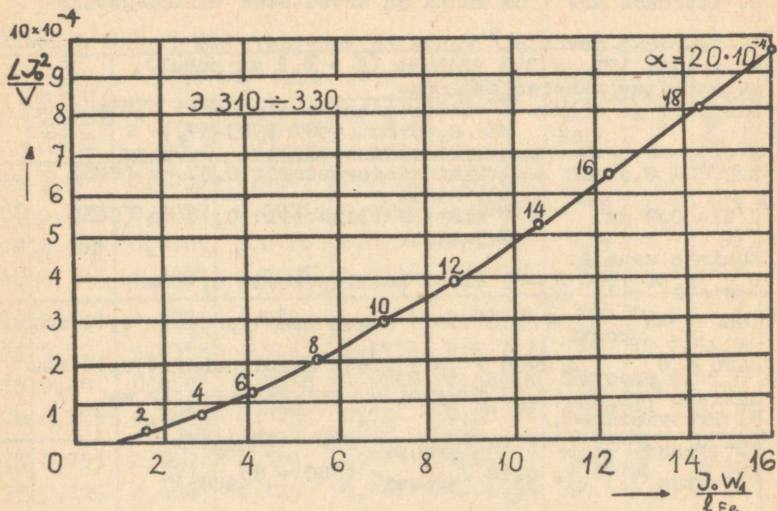
ja magnetiline energia 1 cm^3 kohta

$$\frac{L_1 I_0^2}{V_{\text{Fe}}},$$

kus L_1 - vajalik induktiivsus [H],

I_0 - mähist läbiva voolu alaliskomponent [A].

Seejärel kasutatakse järgmist graafikut (joon. 10).



Joon. 10

Graafikust saadakse õhupilu suhteline pikkus α ja eelmag-netiseeriv eriergutus

$$aw_0 = \frac{I_0 w_1}{I_{Fe}} \left[\frac{AK}{cm} \right],$$

millest leitakse vajalik keerdude arv

$$w_1 = \frac{aw_0 \cdot l_{Fe}}{I_0}.$$

Suuremate aw_0 väärtuste puhul kasutatakse nn. ekvivalentse algläbitavuse μ_{ekvo} meetodit. Siin arvutatakse eelkõige

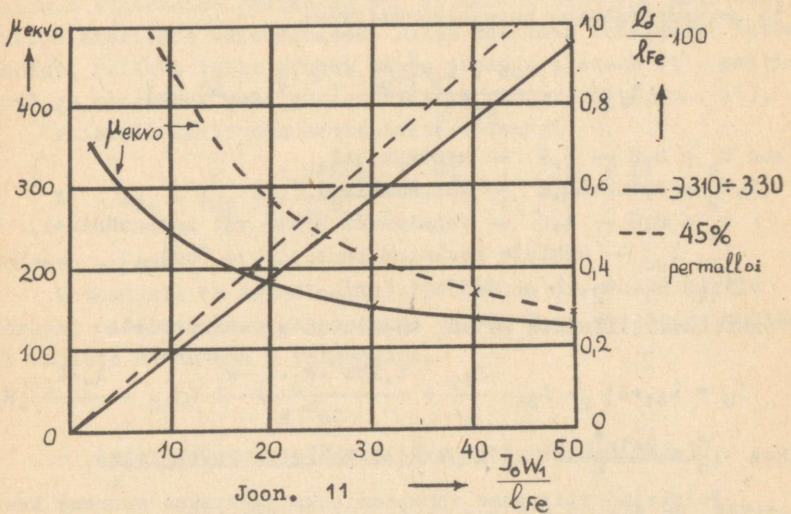
$$aw_0 = \frac{I_0 w_1}{I_{Fe}} \left[\frac{AK}{cm} \right].$$

Optimaalne õhupilu määratakse järgmisest katselisel teel määratud graafikust (joon. 11).

Seejärel määratakse samale aw_0 -le vastav ekvivalentne algläbitavus μ_{ekvo} ja induktiivsus arvutatakse valemiga

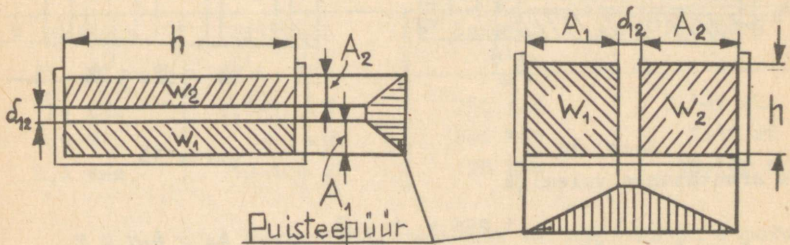
$$L_1 = \frac{1,256 \mu_{ekvo} w_1^2 q_{Fe}}{10^8 l_{Fe}} [H];$$

mõõtmised - [cm] .



11. Puisteinduktiivsuse arvutamine

Kui on kasutatud kihtmähist (joon. 12) või lihtsat ketas-
mähist (joon. 13),



Joon. 12

Joon. 13

siis primaarmähise puisteinduktiivsus

$$L_{\delta 1} = \frac{1,256 \cdot k_p \cdot w_1^2 \cdot l_{o1}}{10^8 h} \left(\frac{\delta_{12}}{2} + \frac{A_1}{3} \right) [H]$$

ja sekundaarmähise puisteinduktiivsus

$$L_{\delta 2} = \frac{1,256 \cdot k_p \cdot w_2^2 \cdot l_{o2}}{10^8 h} \left(\frac{\delta_{12}}{2} + \frac{A_2}{3} \right) [H],$$

kus $k_p = 0,8 - 0,9$ — kihtmähisel,

$k_p = 0,7 - 0,8$ — ketasmähisel,

$k_p = 0,9 - 1,0$ — vahelduval kiht- või ketasmähisel,

l_{o1}, l_{o2} — mähiste keskmine keerupikkus [cm],

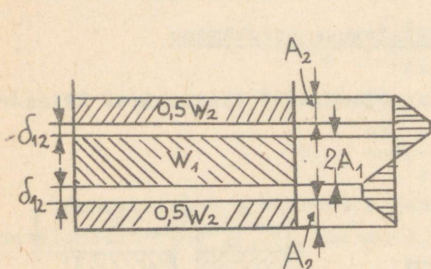
δ_{12}, A_1, A_2, h — mõõtmised [cm].

Puisteinduktiivsuste summa, taandatud primaarpoolele

$$L_{\delta} = L_{\delta 1} + L'_{\delta 2} = L_{\delta 1} + \frac{L_{\delta 2}}{n^2} = \frac{1,256 \cdot k_p \cdot l_o \cdot w_1^2}{10^8 h} \left(\delta_{12} + \frac{A_1 + A_2}{3} \right) [H],$$

kus $l_o = \frac{l_{o1} + l_{o2}}{2}$ — mähise keskmine keerupikkus.

Puisteinduktiivsuse vähendamiseks jagatakse suurema keerude arvuga mähis kahte ossa järgmiselt (joon. 14):

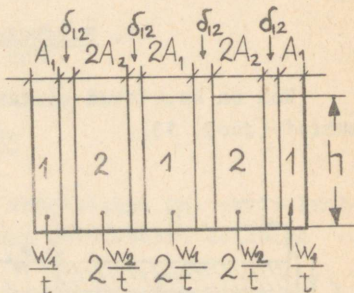


Joon. 14

ja arvutatakse valemiga

$$L_{\delta} = L_{\delta 1} + L_{\delta 2} = \frac{1,256 \cdot k_p \cdot l_o \cdot w_1^2}{10^8 h \cdot 2} \left(\delta_{12} + \frac{A_1 + A_2}{3} \right) [H],$$

mõõtmised — [cm].



Joon. 15

Teguri 2 tõttu nimetajas ja et A_1, A_2 on vähenenud 2 korda, väheneb siis L_{δ} 4 korda. Kui jaotada suurema keerdude arvuga mähis kahte ebavõrdsesse ossa, võib puisteinduktiivsust suurendada ja viia arvutusega ettenähtud täpse väärtuseni. Vahelduva kihtmähise puuduseks on, et mähise mahtuvus suureneb. Puiste edasiseks vähendamiseks tuleb kasutada vahelduvat ketasmähist. Selleks tuleb kumbki mähis jaotada t osaks (t - paarisarv) ja paigutada vaheldumisi teise järgmiselt (joon. 15).

Puisteinduktiivsust arvutatakse valemiga

$$L_{\delta} = L_{\delta 1} + L_{\delta 2} = \frac{1,256 \cdot k_p \cdot l_o \cdot w_1^2}{10^8 \cdot h \cdot t} \left(\sigma_{12} + \frac{A_1 + A_2}{3} \right) [H],$$

mõõtmed - [cm].

Ketasmähis on tehnoloogiliselt kallim ja mehaaniliselt nõrgem, mistõttu teda kasutatakse vähem. Tema eriliseks eeliseks on mähiste mahtuvuse C vähenemine.

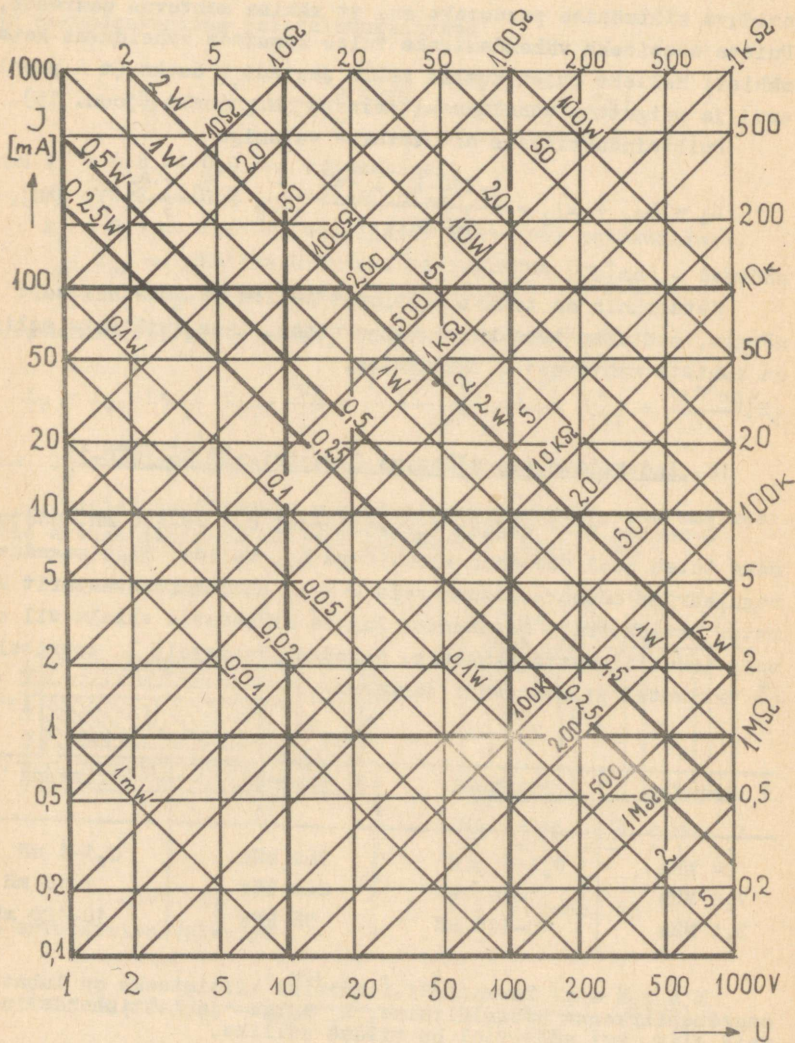
12. Induktiivsuste mõõtmine Q-meetriga E 9-1 (KB-1)

Q-meeter KB-1 mõõdab induktiivsusi 0,1 μH -100 mH. Mõõtmiseks tuleb pool ühendada klemmidega L_x , valida õige sagedus, reguleerida mõõtevool suurusele $Q \times 1$, pöördkondensaatorit kee- rates otsida välja resonants. Lugeda mahtuvuste skaala all olevalt induktiivsuste skaalalt. Sagedus, vastavalt L_x suurusele, on üksikutel piirkondadel järgmine:

Sagedus	Piirkond	Sagedus	Piirkond
24 MHz	0,1-1 μH	760 kHz	0,1-1 mH
7,8 MHz	1-10 μH	240 kHz	1-10 mH
2,4 MHz	10-100 μH	76 kHz	10-100 mH

M ä r k u s. Termoristi riknemise vältimiseks on lubatud sageduspiirkonna ümberlüümine, L_x külge- ja lahtiühendamine vaid siis, kui mõõtevool on viidud nulliks.

13. Nomogramm PURI võimsuse, pinge, takistuse ja voolu määramiseks



Joon. 16

14. R ja C nominaalväärtuste rida
(C - väikesed mahtvused)

Klass I ± 5%	Klass II ± 10%	Klass III ± 20%	Klass I ± 5%	Klass II ± 10%	Klass III ± 20%
10	10	10	33	33	33
11			36		
12	12		39	39	
13			43		
15	15	15	47	47	47
16			51		
18	18		56	56	
20			62		
22	22	22	68	68	68
24			75		
27	27		82	82	
30			91		

15. Nomogramm L ja C reaktantsi määramiseks

Nomogramm joonisel 17 määrab kõiki praktikas ettetulevaid L ja C väärtusi helisageduspiirkonnas 10 - 10 000 Hz reaktantsiga $10\Omega - 1\text{ M}\Omega$, nimelt induktiivsusi 0,5 mH kuni 500 H ja mahtvusi 50 pF kuni 200 μF . Graafiku täpsus $\pm 20\%$. Täpsema väärtuse saamiseks tuleb analoogiliselt kasutada kõrvalasuvat peengraafikut (joon. 18), mis on välja joonistatud ühe dekaadi kohta ja võimaldab täpsuse ca $\pm 5\%$. Veel suurema täpsuse saamiseks tuleb teha järelarvutus lükatiga (täpsus $\pm 1\%$). Et suurusjärk on teada graafikult, jääb ära tulikas koma asukoha määramine.

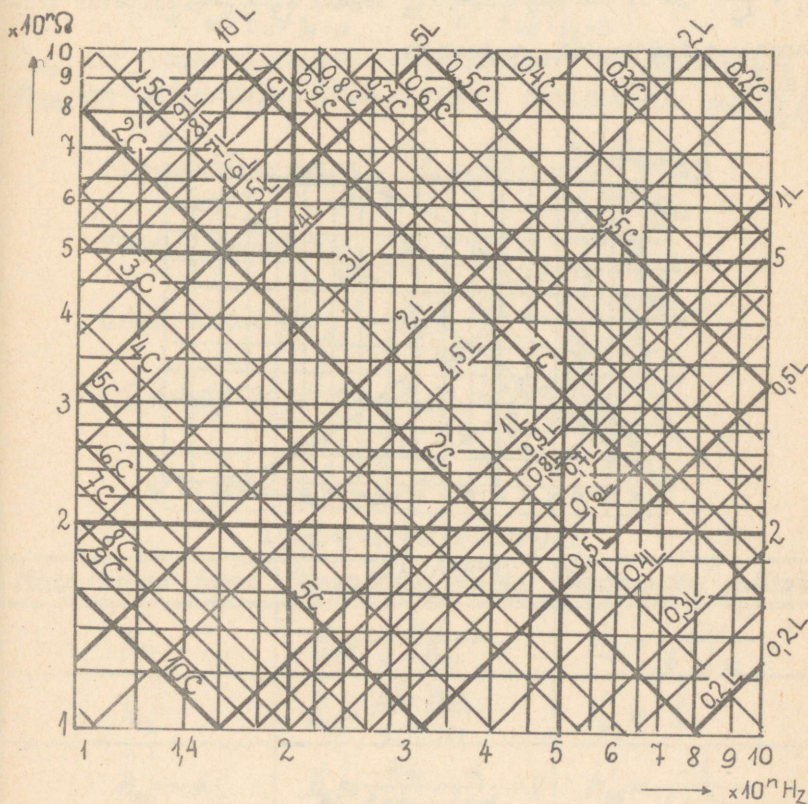
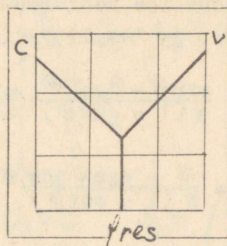
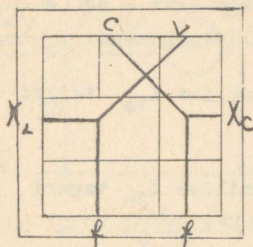
Peale reaktantside on nomogrammidel määratav ka antud L ja C paralleel- või järjestikülütusel kujuneva võnkeringi resonantssagedus.

Graafiku (joon. 17) laiendamiseks on sellele lisatud veel teine sageduskaala 10 kHz-st kuni 10 MHz-ni. Sellele vastavad L ja C väärtused on kantud väljapoole graafiku äärejoont. Reaktantside skaala on ühine.

GRAAFIKUTE KASUTAMISE NÄITED

Reaktantside määramine

Resonantssageduse määramine



Joonis 18

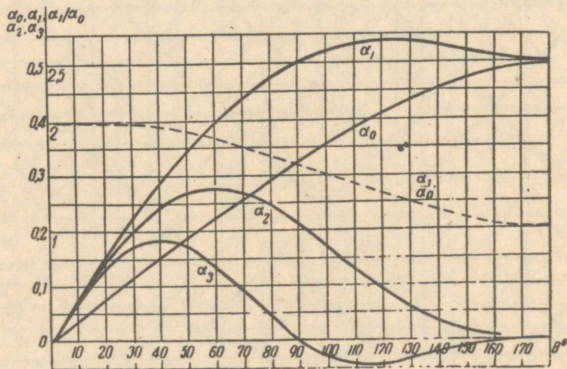
16. Siinuselise impulsi harmoonilised

Siinuselise vooluimpulsi kestusega $\omega t = 2\theta$ (θ - nn. lõikenurk) ja amplituudiga I_m alaliskomponendi I_0 teguri

$$\alpha_0 = \frac{I_0}{I_m} = \frac{\sin \theta - \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}, \quad 1. \text{ harmoonilise } I_{1m} \text{ teguri}$$

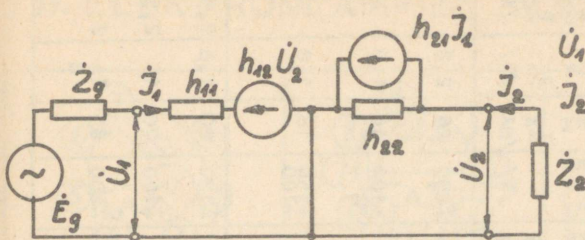
$$\alpha_1 = \frac{I_{1m}}{I_m} = \frac{\theta - \sin \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}, \quad 2. \text{ harmoonilise } I_{2m} \text{ teguri}$$

$\alpha_2 = \frac{I_{2m}}{I_m}$ ja 3. harmoonilise I_{3m} teguri $\alpha_3 = \frac{I_{3m}}{I_m}$ sõltuvus lõikenurgast θ on toodud joonisel 19.



Joon. 19

17. Transistorite sega- e. hübriidparameetrite süsteem



$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= h_{11} \dot{I}_1 + h_{12} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 &= h_{21} \dot{I}_1 + h_{22} \dot{U}_2 \end{aligned}$$

h_{11} on sisendtakistus kui $\dot{U}_2 = 0$ $h_{11} = \left(\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right)_{\dot{U}_2 = 0}$
 $h_{12} = \left(\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \right)_{\dot{I}_1 = 0}$ $h_{21} = \left(\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} \right)_{\dot{U}_2 = 0}$

h_{21} on vooluvõimendus lühistatud väljundiga $\left(\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} \right)$
 h_{22} on väljundjuhtivus avatud sisendiga: $h_{22} = \left(\frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} \right)_{\dot{I}_1 = 0}$

Pingevoimendus $K_p = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{h_{21} \dot{Z}_2}{h_{11} + \Delta h \dot{Z}_2}$

Vooluvoimendus $K_v = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = \frac{h_{21} \dot{Y}_2}{h_{22} + \dot{Y}_2}$

Sisendtakistus $\dot{Z}_{sis} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \frac{\Delta h + h_{11} \dot{Y}_2}{h_{22} + \dot{Y}_2}$

Väljundtakistus $\dot{Z}_{välj} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} = \frac{h_{11} + \dot{Z}_g}{\Delta h + h_{22} \dot{Z}_g}$
 $\Delta h = h_{11} h_{22} - h_{12} h_{21}$

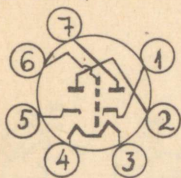
Ümberarvutustabel

Maandatud baas	Maandatud emitter	Maandatud kollektor
h_{11}	$h_{11}^e \approx \frac{h_{11}}{1 + h_{21}}$	$h_{11}^k \approx \frac{h_{11}}{1 + h_{21}}$
h_{12}	$h_{12}^e \approx \frac{\Delta h - h_{12}}{1 + h_{21}}$	$h_{12}^k \approx 1$
$h_{21} = -\alpha$	$h_{21}^e \approx \frac{-h_{21}}{1 + h_{21}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \beta$	$h_{21}^k \approx \frac{-\alpha}{1 + h_{21}}$
h_{22}	$h_{22}^e \approx \frac{h_{22}}{1 + h_{21}}$	$h_{22}^k \approx \frac{h_{22}}{1 + h_{21}}$
Δh	$\Delta h^e \approx \frac{\Delta h}{1 + h_{21}}$	$\Delta h^k \approx \frac{1}{1 + h_{21}}$

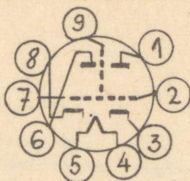
18. Elektronlampide andmeid

Lambi tüüp	Kontrollpunkt			Parameetrid kontrollpunktis						Maksim. lubatav režiim					
	U _F /V/	Anoodi- varivõre- pinge /V/	Katoodtak- tus või eelpinge	I _F /mA/	I _a /mA/	Varivõre- I _{g2} /mA/	S Põus /mA/	Võlmendus- tegur μ	Anoodipinge U _a /V/	Varivõre- U _{g2} /V/	Katood- kütteniid- suhtes /V/	I _k /mA/	Katoodvool Anoodi- P _a /W/	Katoodvool Anoodi- P _a /W/	Katoodvool Anoodi- P _a /W/
6H1II	6,3	250	600Ω	600 ±50	7,5 ±1,5	-	4,35 ±0,65	35 ±7	300	-	±250	25	2,2	-	-
6H2II	6,3	250	-1,5V	340 ±25	2,3 ±0,9	-	2,1 ±0,55 -0,5	97,5 ±17,5	300	-	±100	10	1,0	-	-
6H3II	6,3	150	-2V	350 ±30	8,5 ±3,5 -3	-	5,9 ±1,9 -1,8	36 ±8	300	-	±150	18	1,8	-	-
6 III	6,3	120	200Ω	170 ±15	7,35 ±2,35 ±3	5,15 ±1,25	5,15 ±1,25	-	200	150	±120	20	1,8	0,55	0,55
6 IIIP	6,3	250	-12,5V	500 ±40	44 ±11	±7	4,9 ±1,1	-	250	250	±100	70	12	2,5	2,5
6III4II	6,3	256	120Ω	760 ±60	48 ±8	5-7	12 ±2,5	-	300 400	300	±200	65	14	8	2

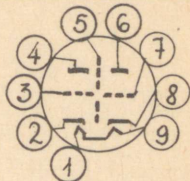
19. ELEKTRONLAMPIDE SOKLILÜLITUSI



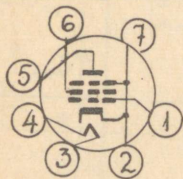
6X2П



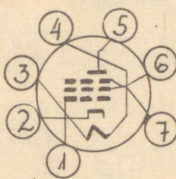
6H1П 6H2П
6H5П



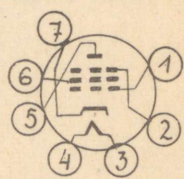
6H3П



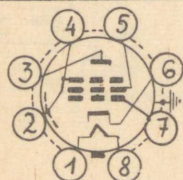
6Ж1П 6Ж3П
6К1П



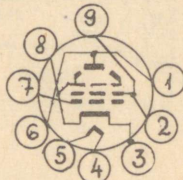
6Ж2П



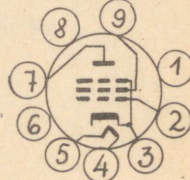
6Ж4П 6Ж5П
6К4П



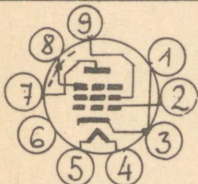
4Ж1Л 12Ж1Л



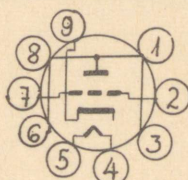
6П1П



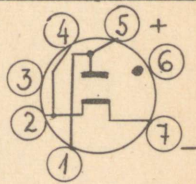
6П14П 6П18П



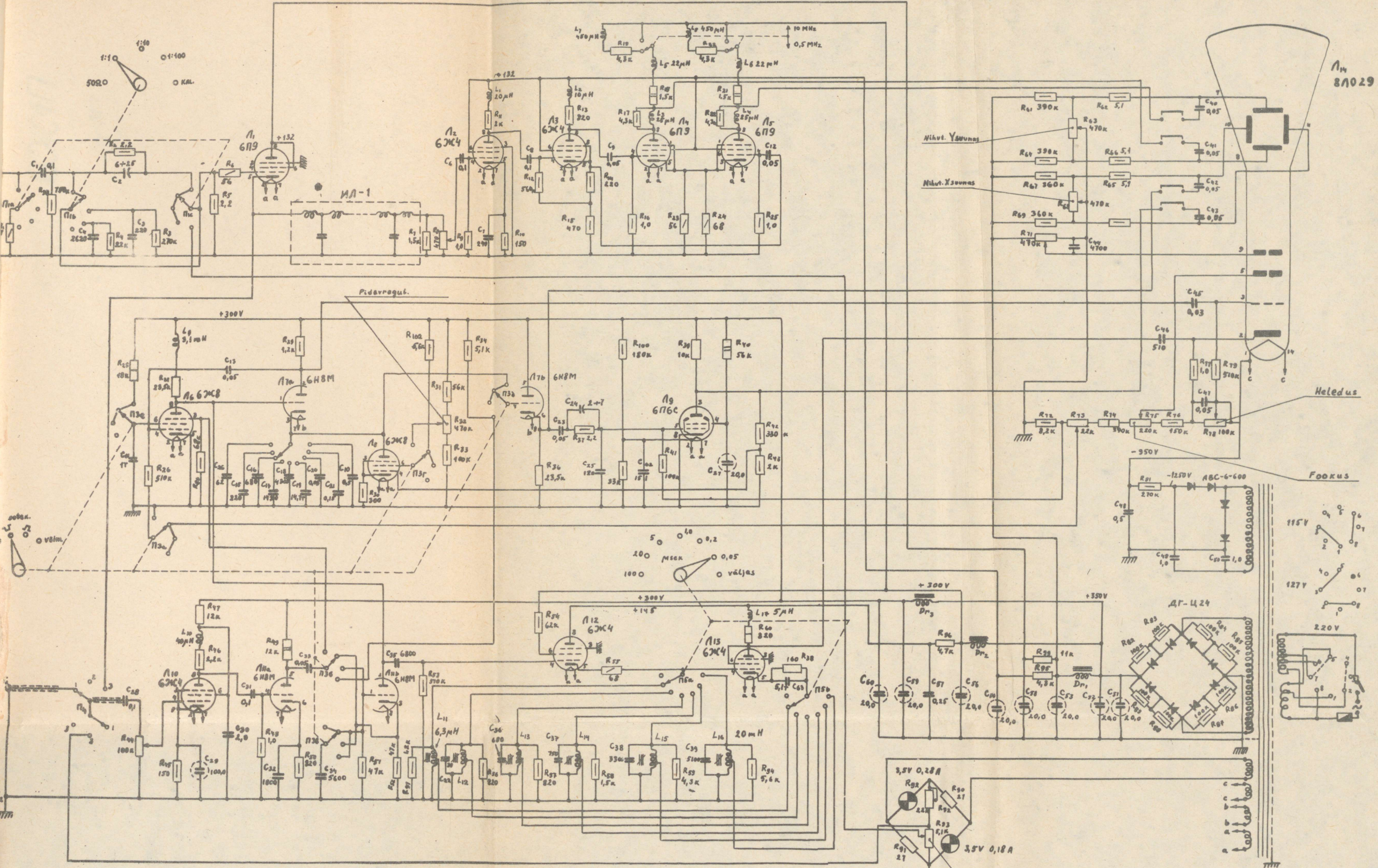
6Ж9П 6Ж10П
6Ж11П



6С19П

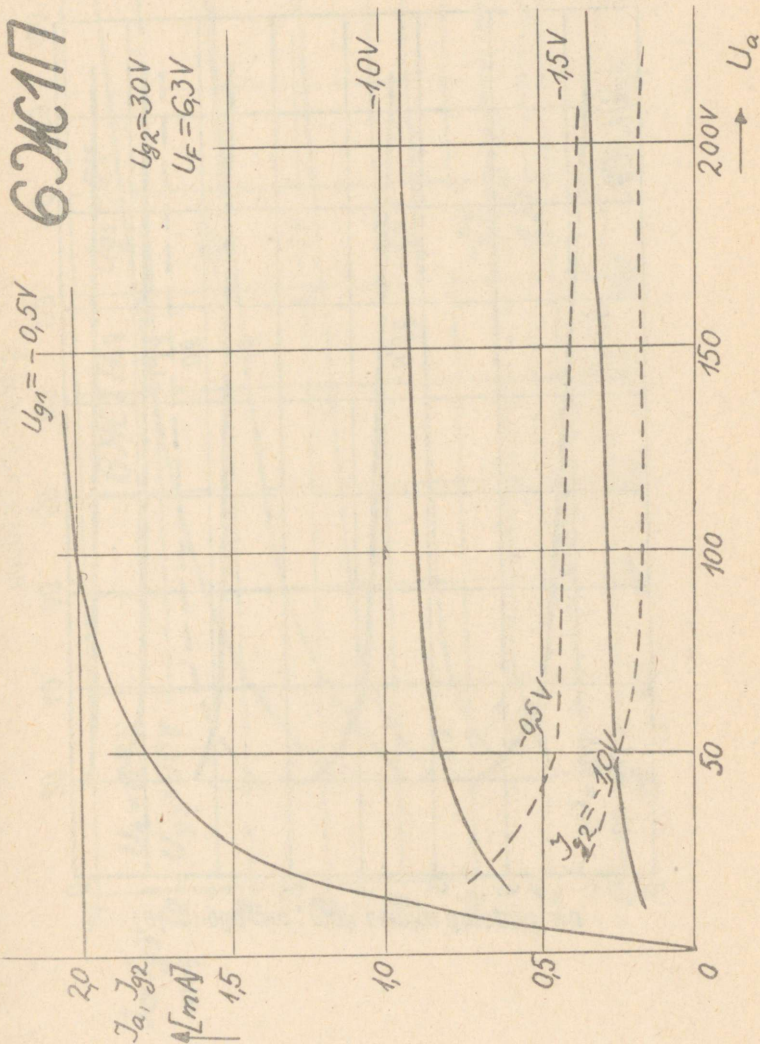


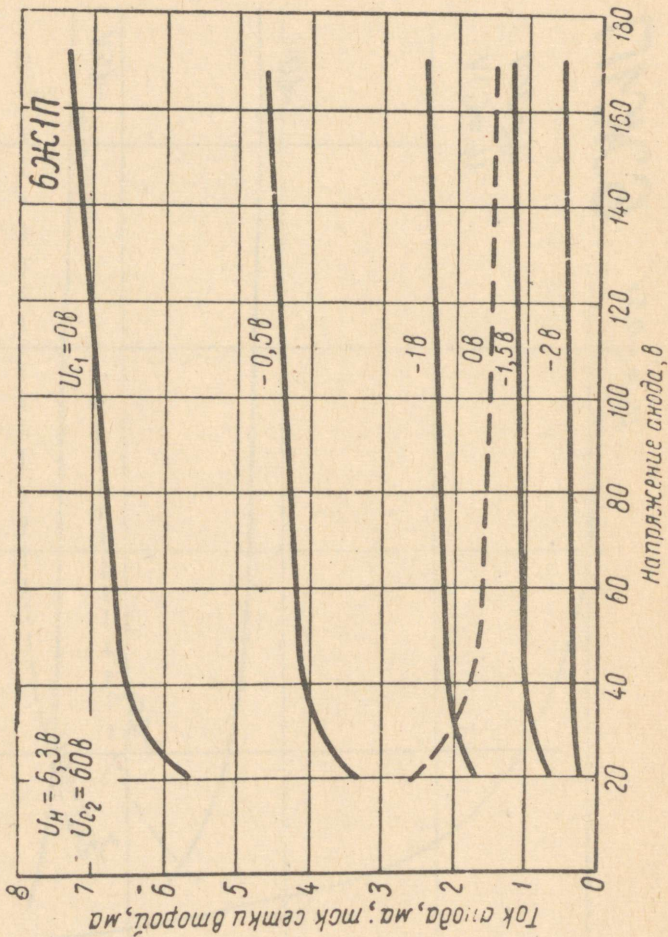
6Г1П 6Г2П
6Г13П; 6Г15П; 6Г16П

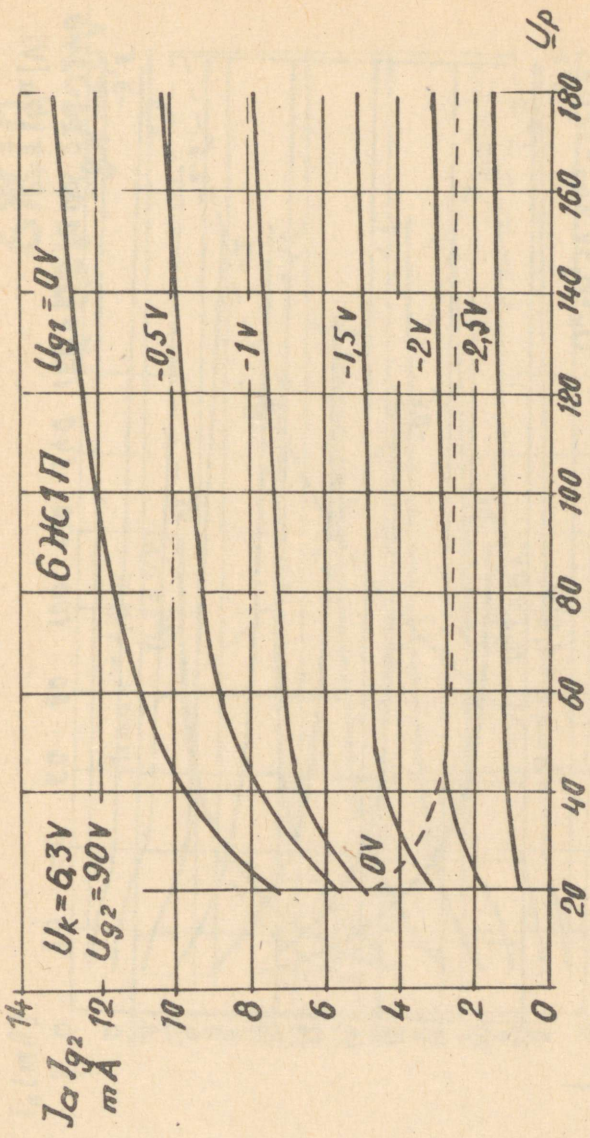


Joon. 24. Impulssüstlograafi G 1-5 (GII-I) skeem.

Haldiregitiid Potentsiometer







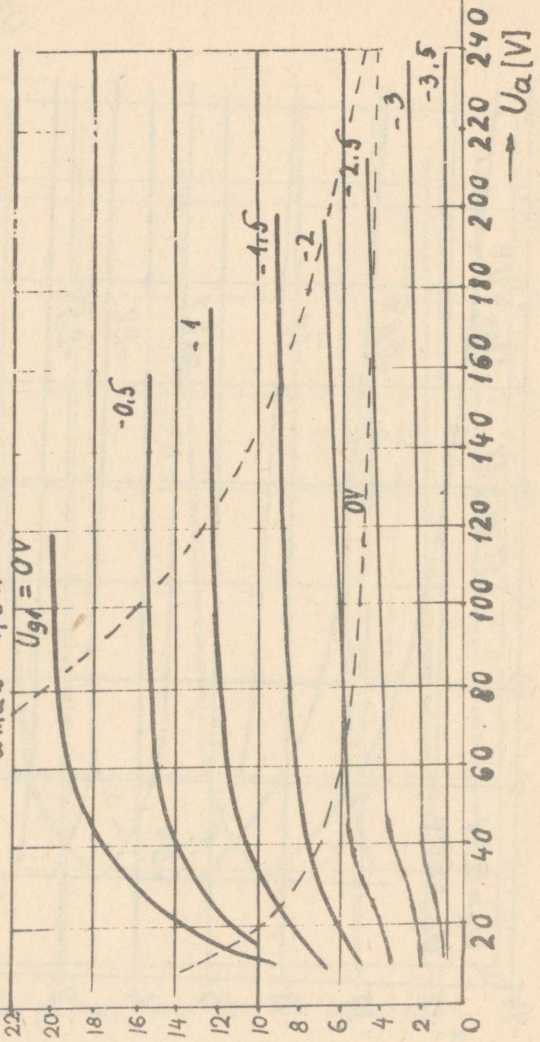
6Ж1П

$U_K = 6,3V$ $U_{g2} = 120V$

I_a [mA]

$P_{a\max} = 1,8W$

$U_{g1} = 0V$

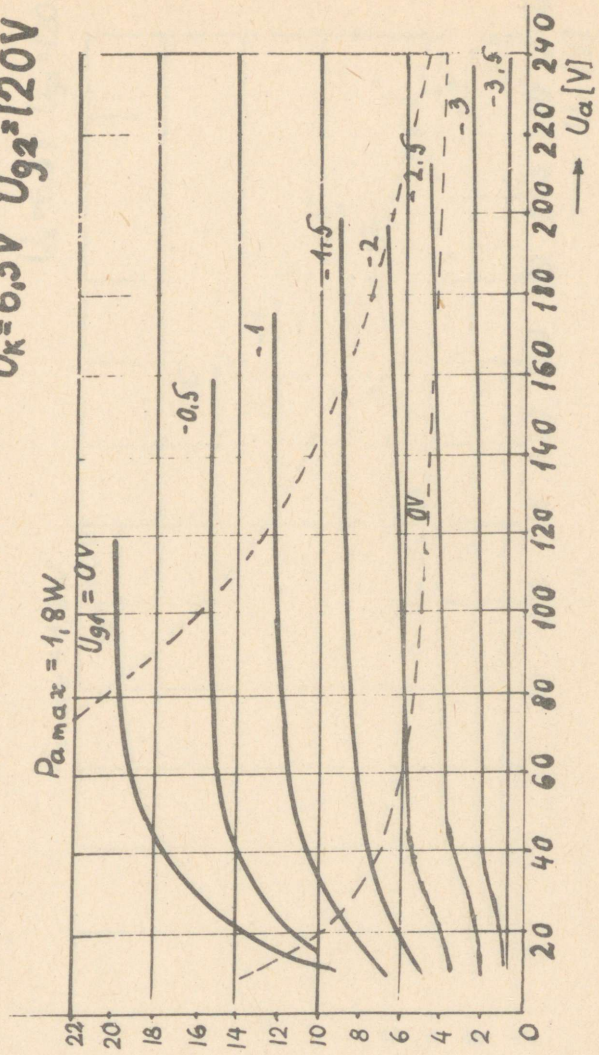


U_a [V]

6Ж1П

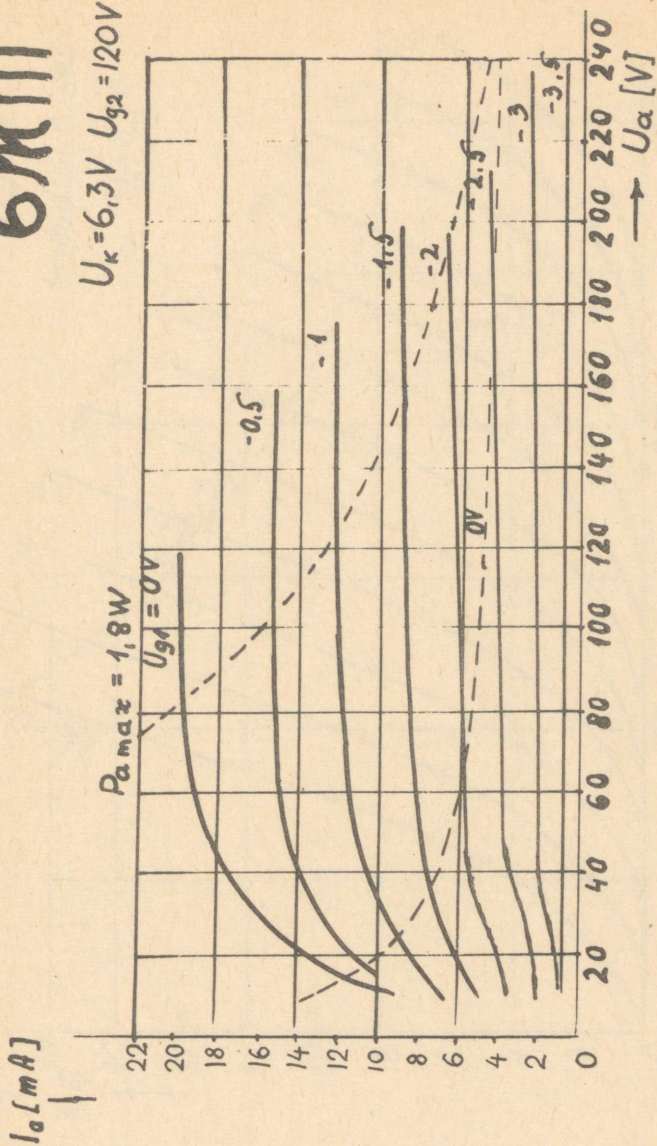
$U_k = 6,3V$ $U_{g2} = 120V$

I_a [mA]



6Ж1П

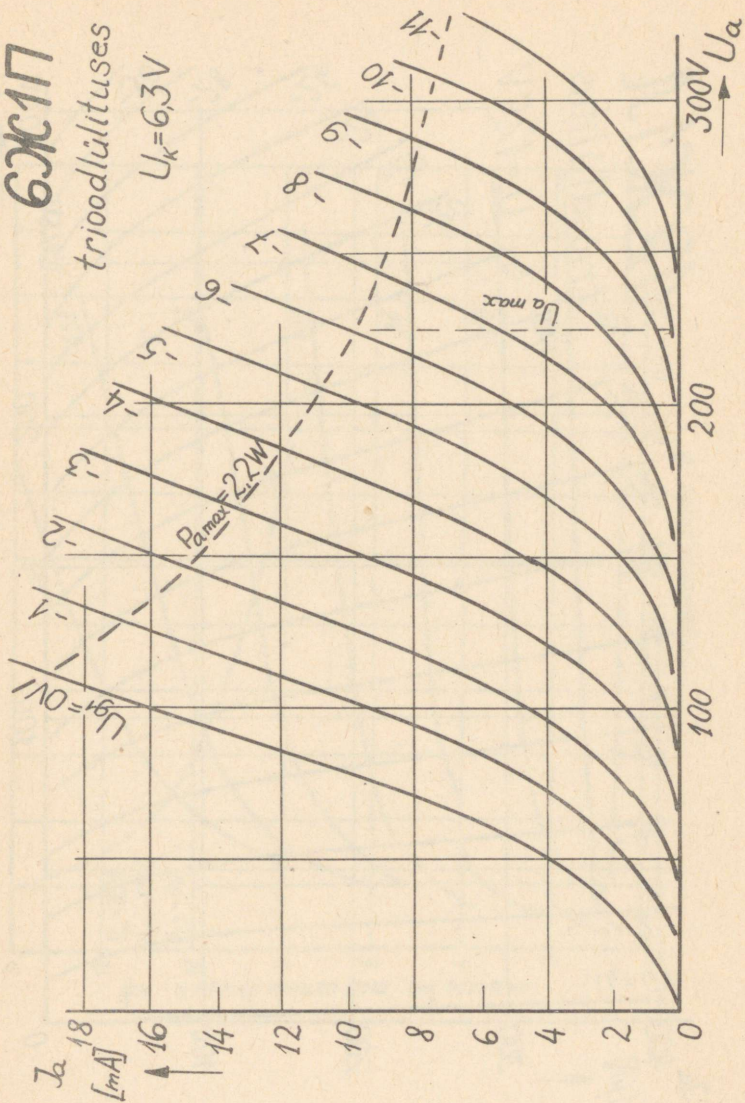
$U_k = 6,3V$ $U_{g2} = 120V$



6Ж1П

trioodlülütuses

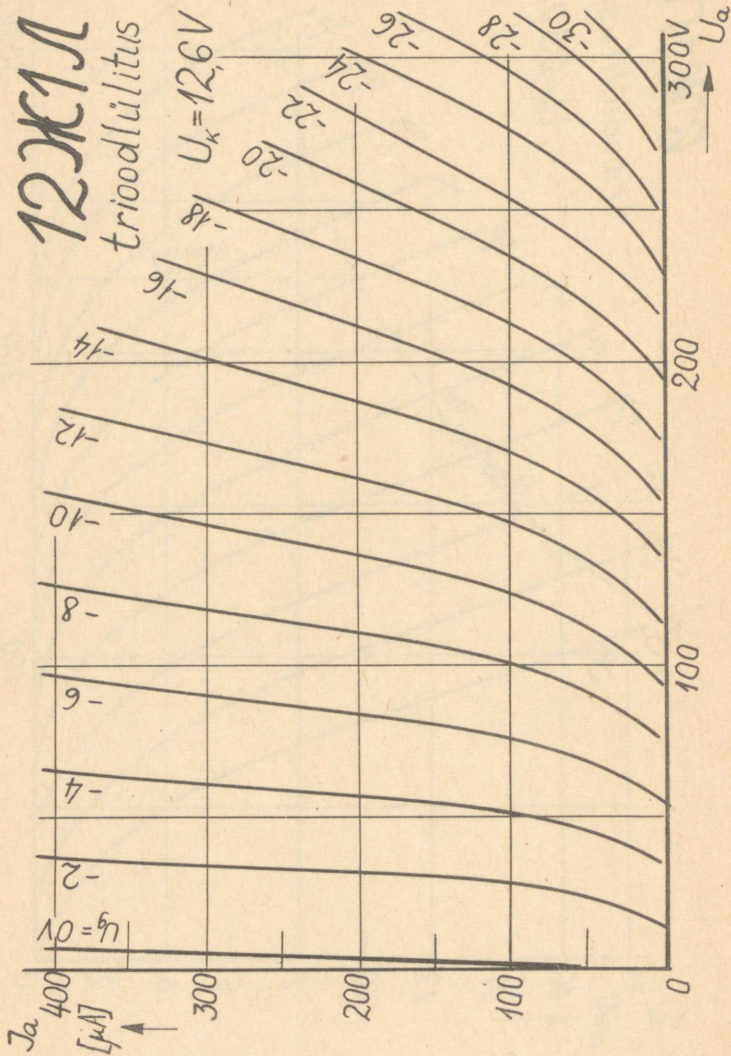
$U_k = 6,3V$

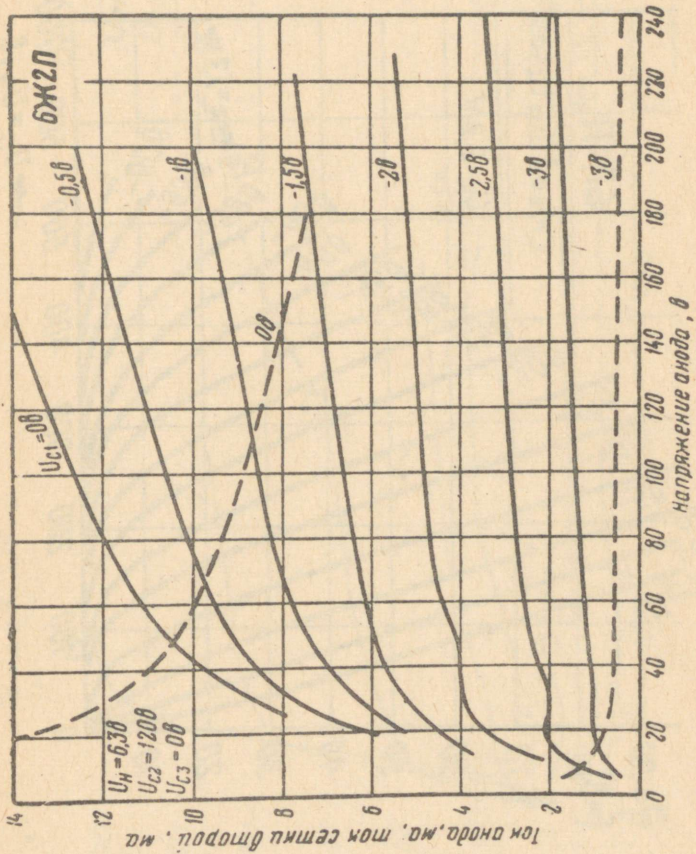


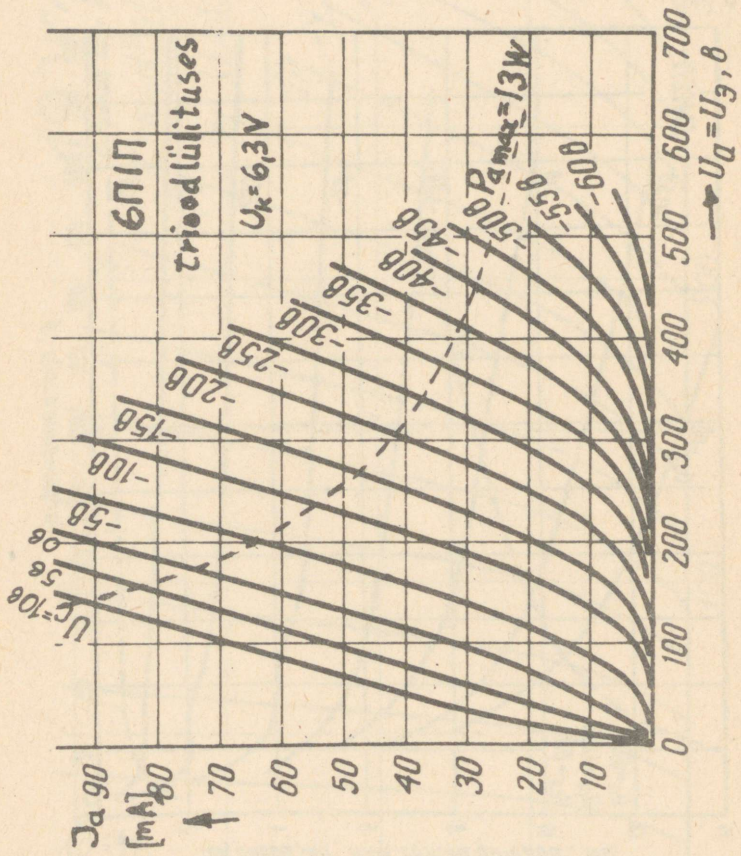
12Х1А

triодlülitus

$U_x = 12.6V$







6П1П

$U_{g2} = 850V$
 $U_k = 6.3V$

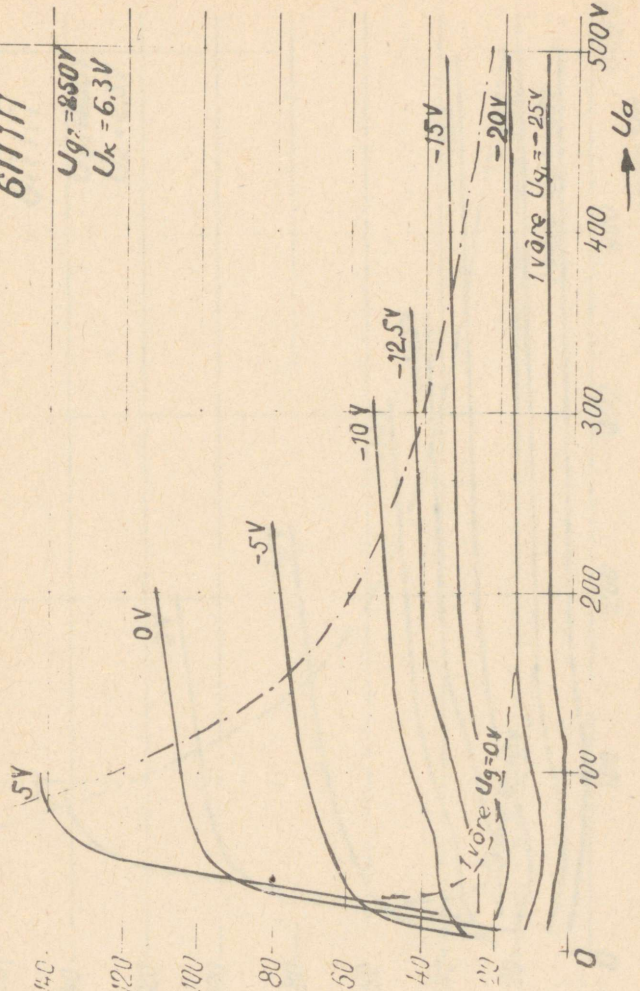
$P_{amax} = 12W$

I_a

mA



160
140
120
100
80
60
40
20
0



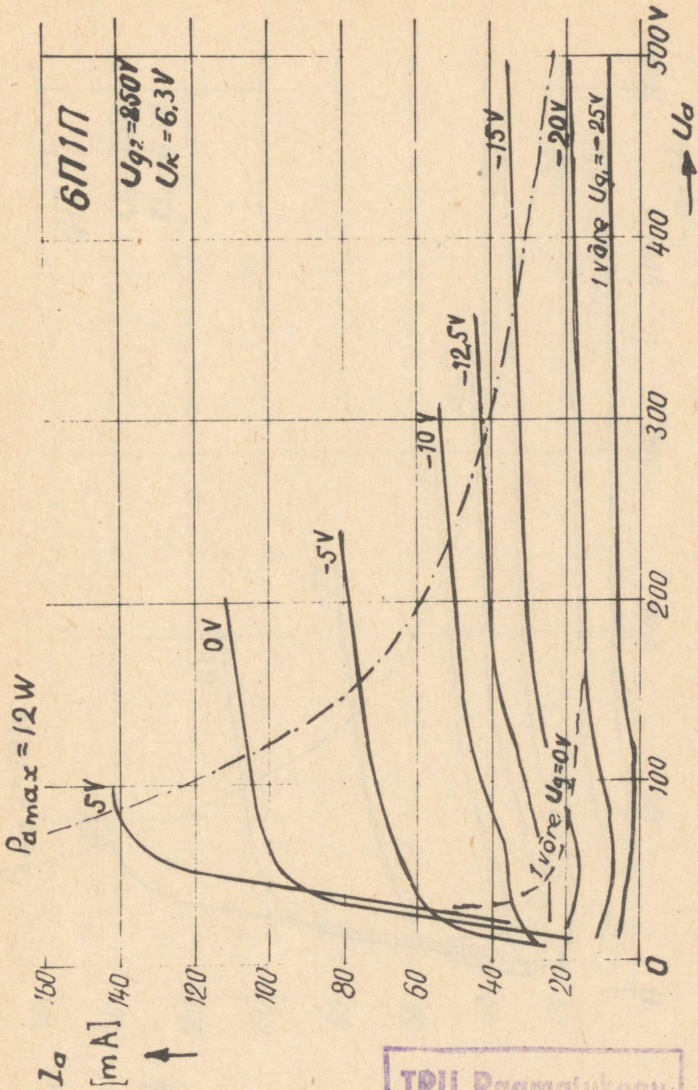
200

300

400

500V



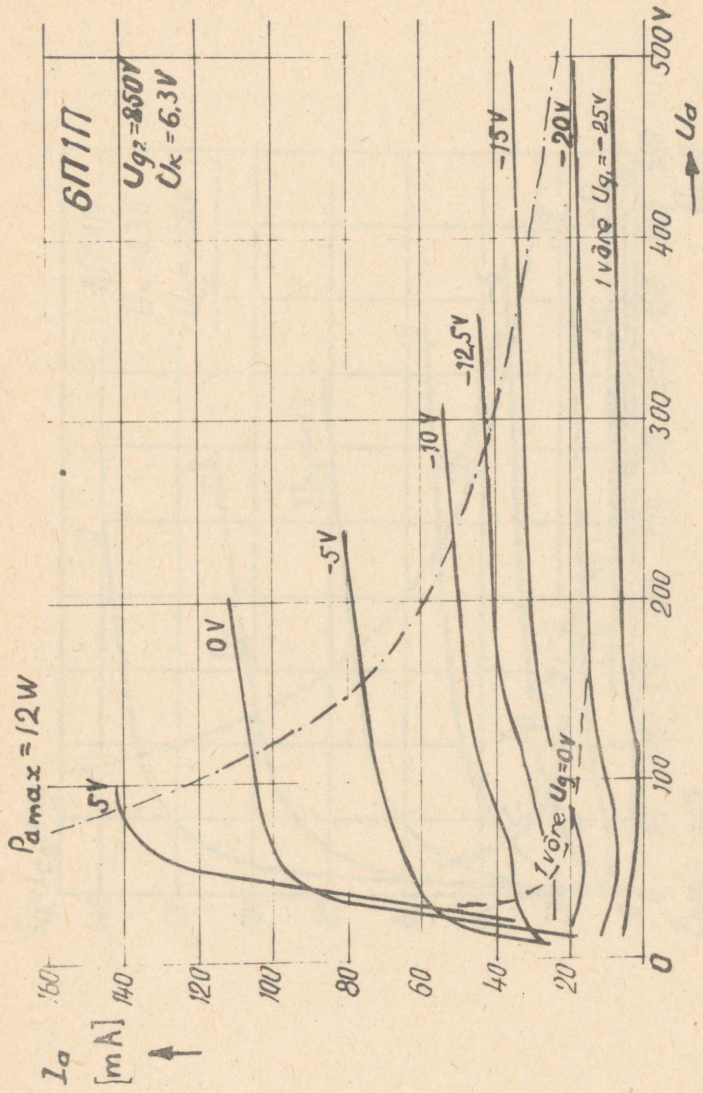


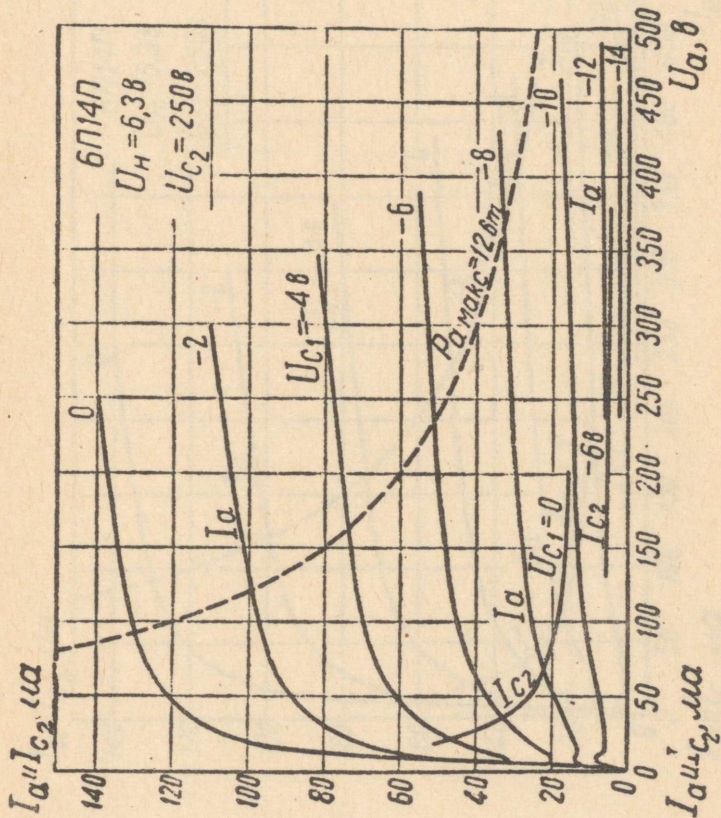
TRU Raamatukogu

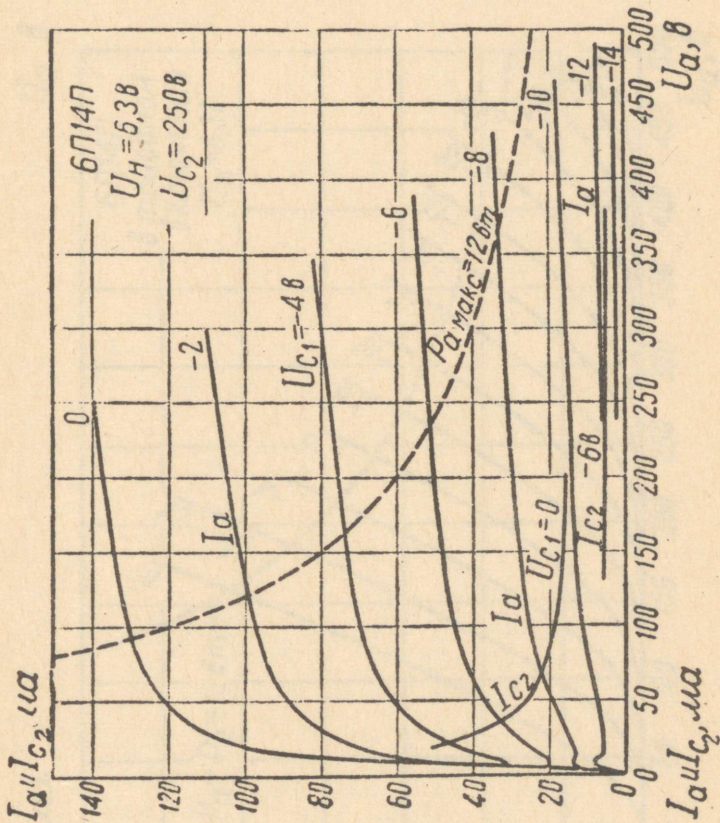


1000

1000

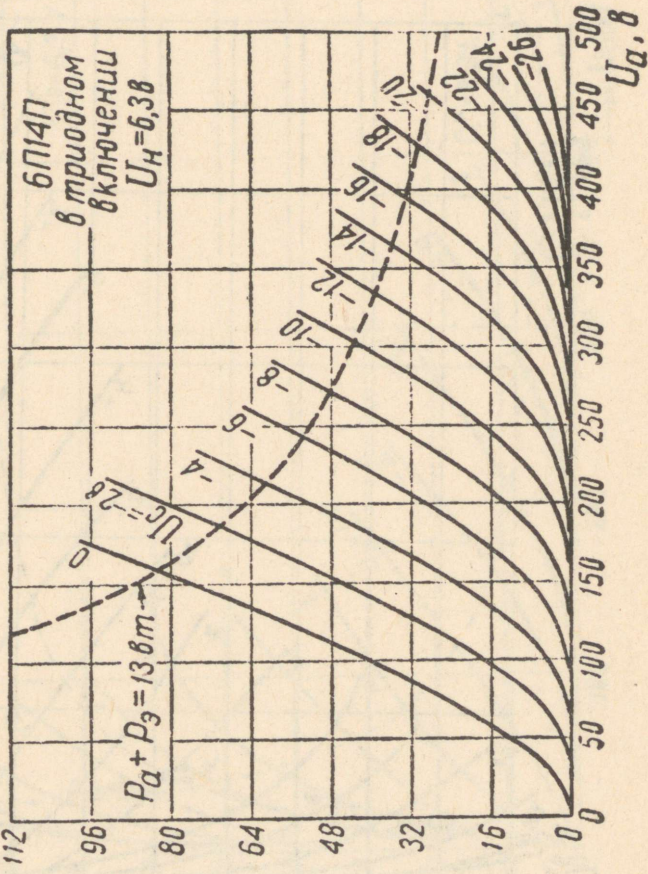




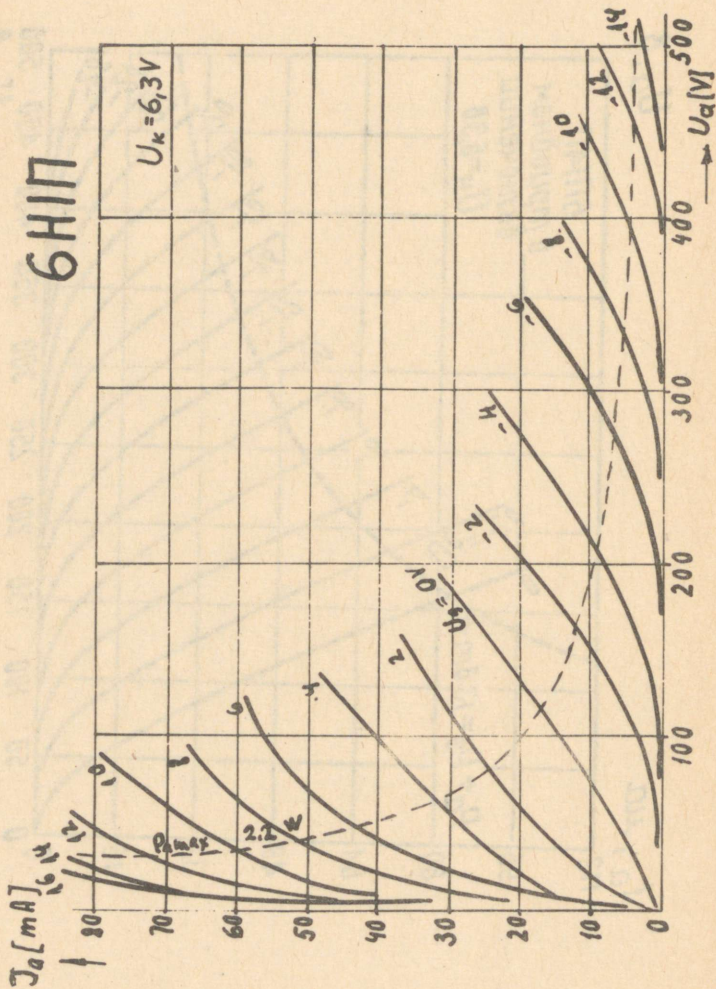


$U_a, \text{В}$

$I_a, \text{мА}$

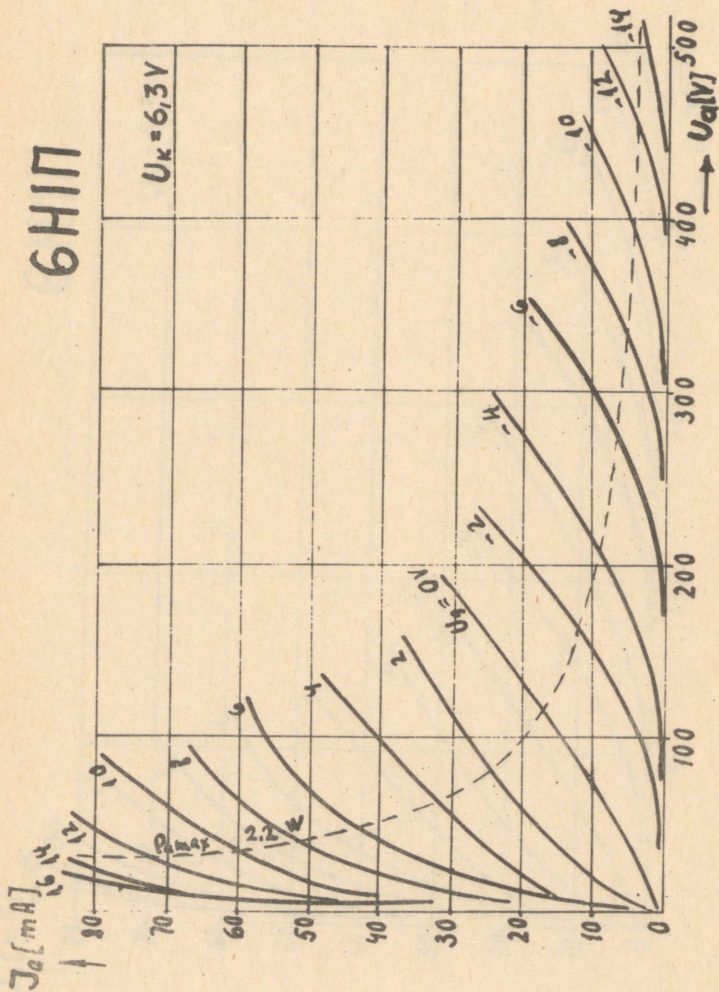


6H1П



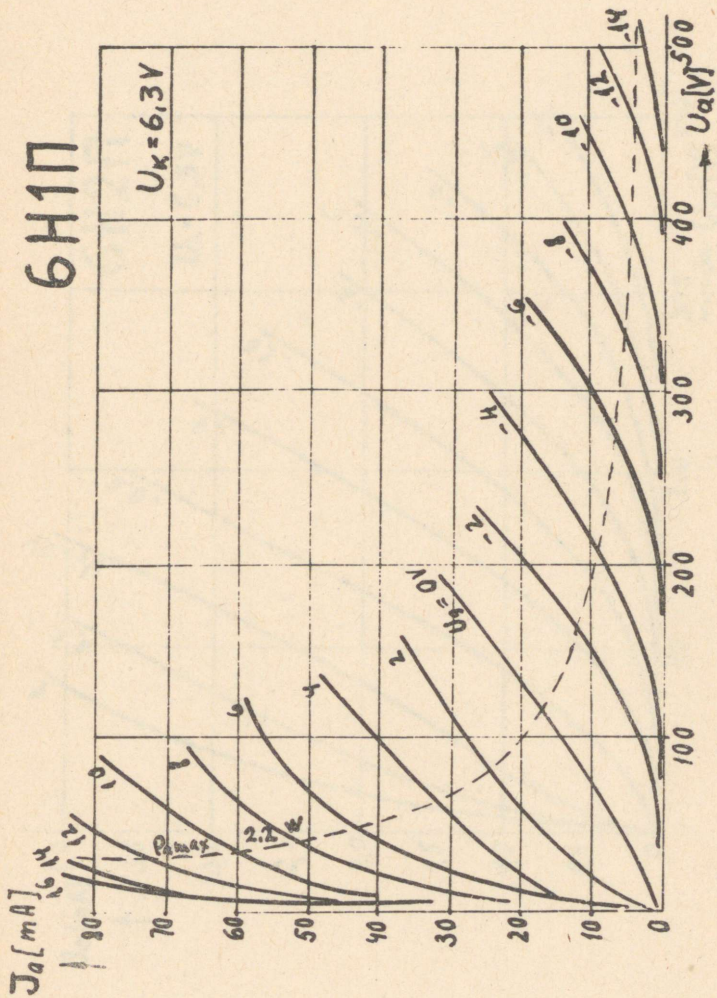
6H1П

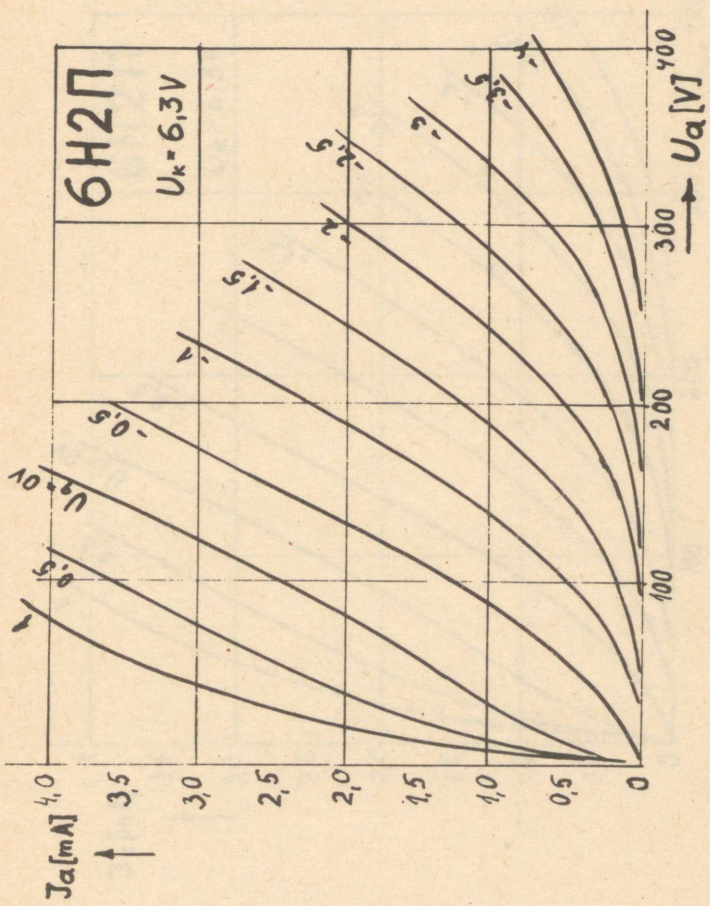
$U_k = 6,3V$

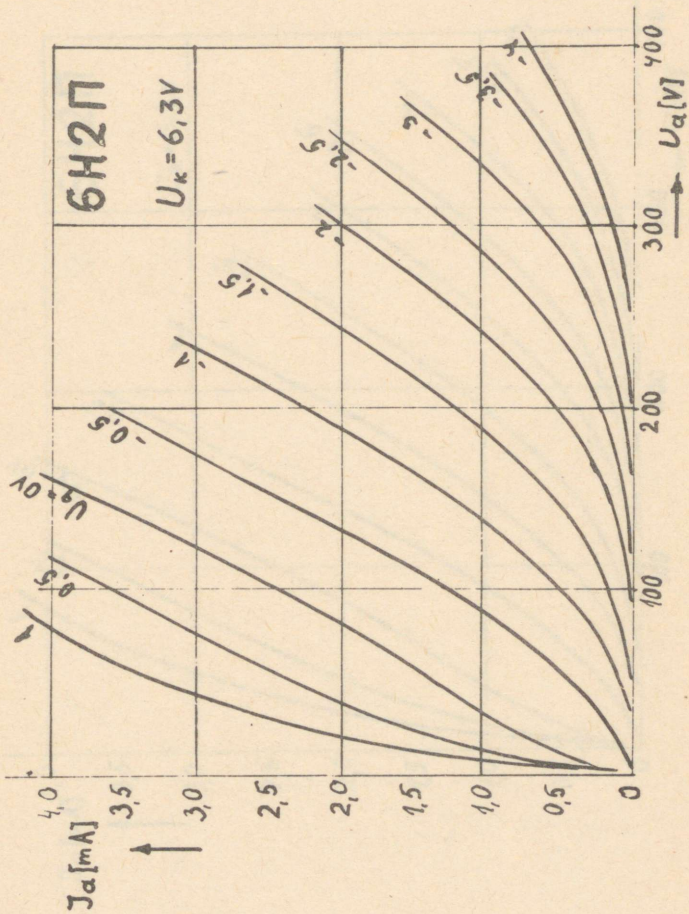


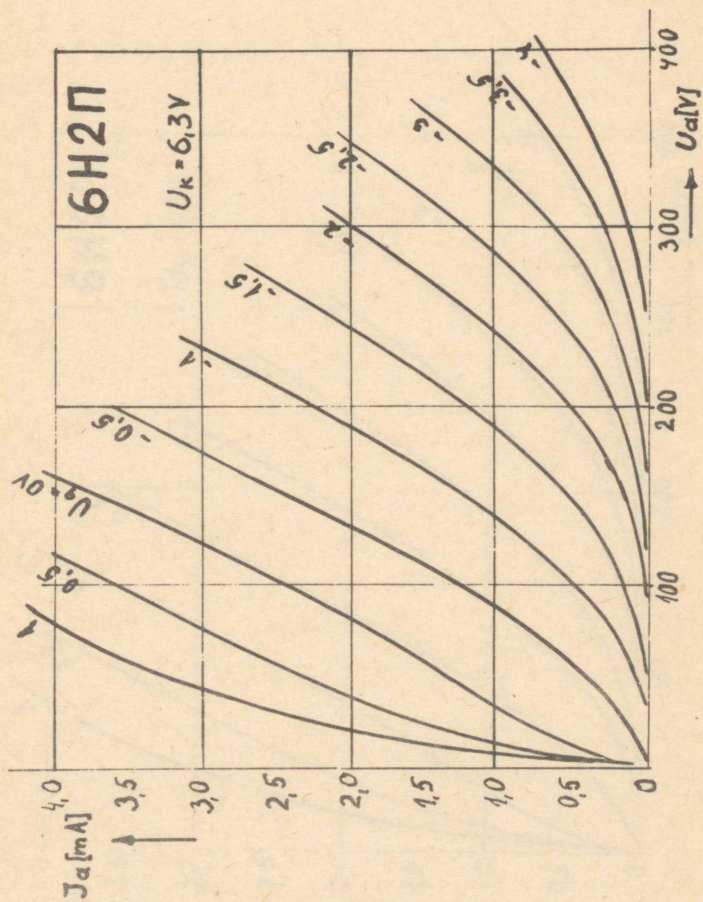
6H1П

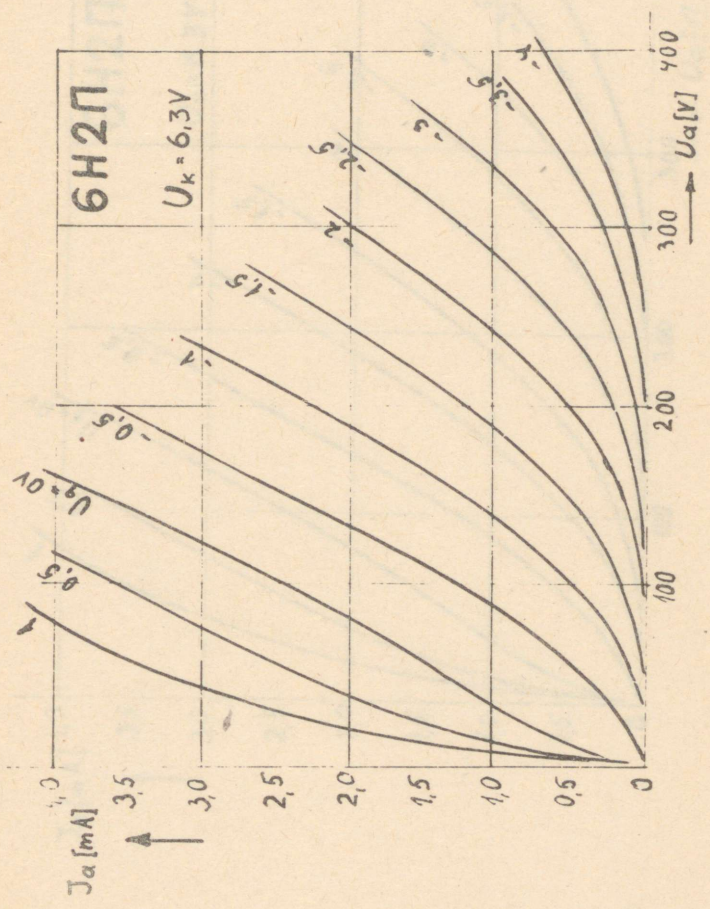
$U_K = 6.3V$

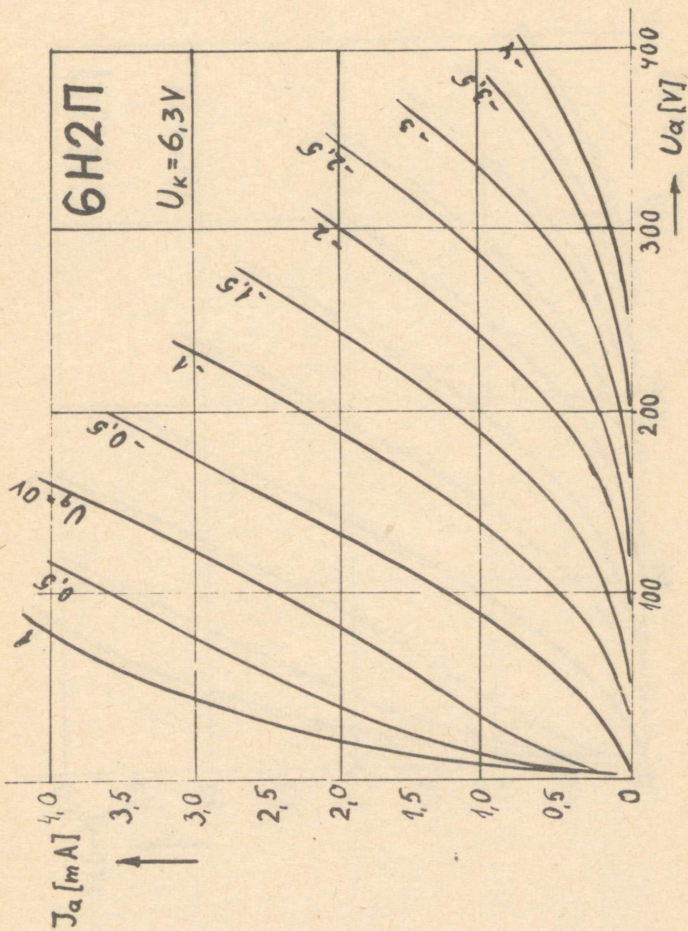


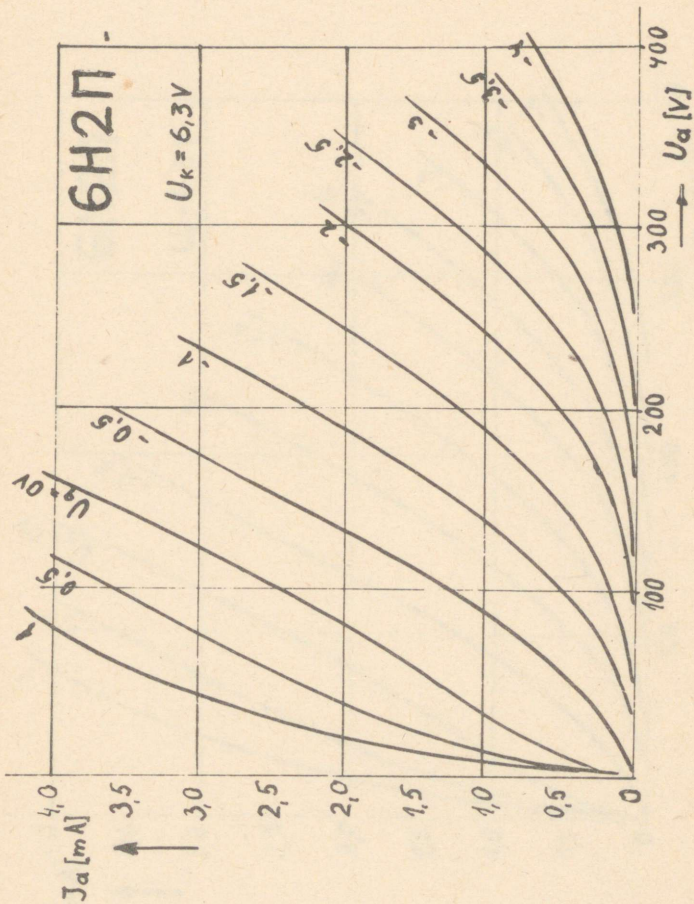


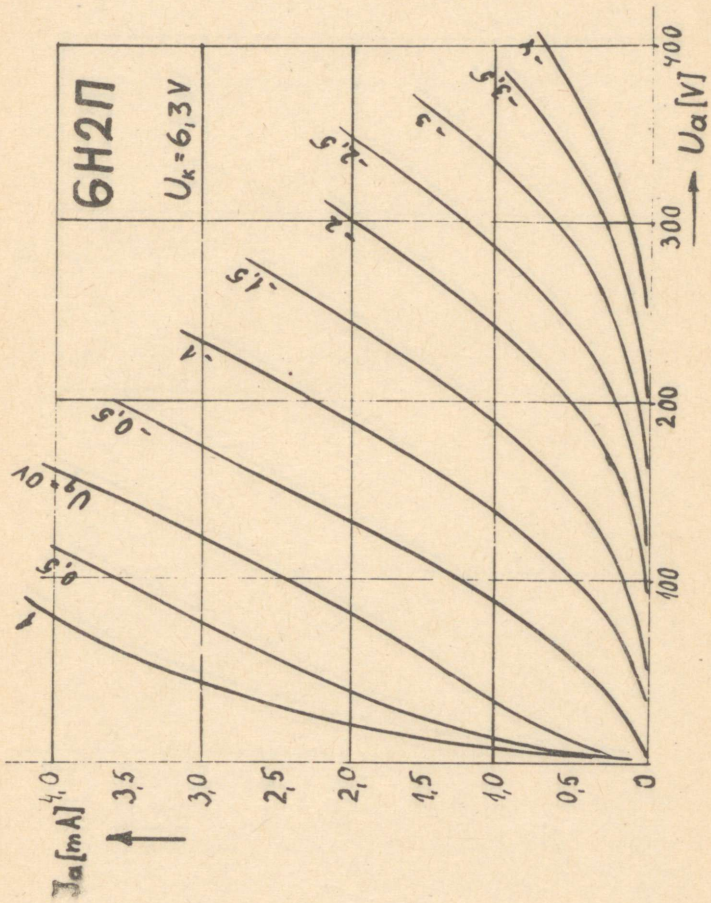


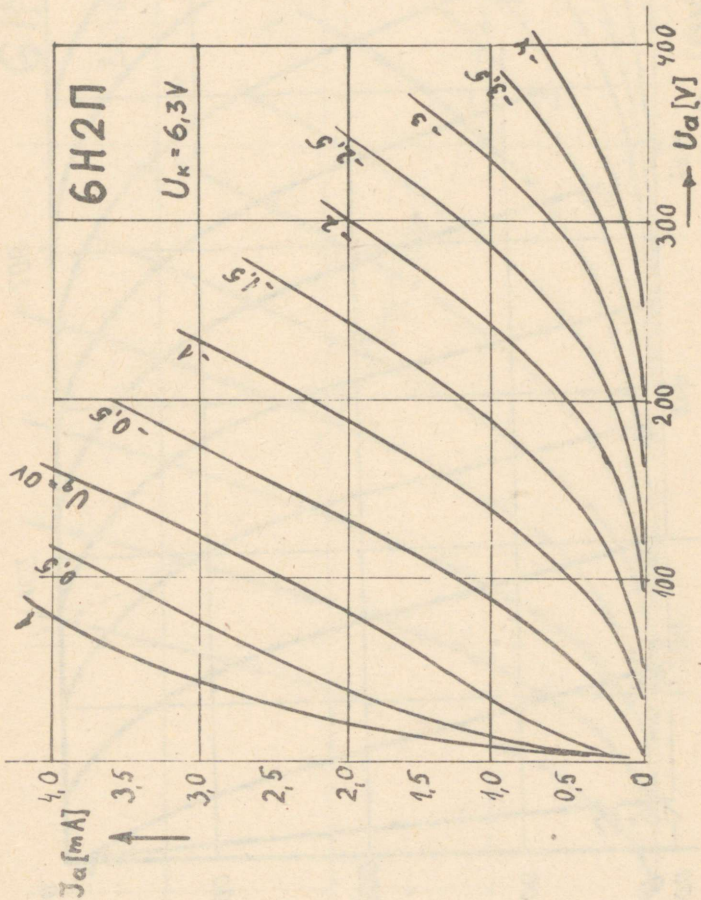






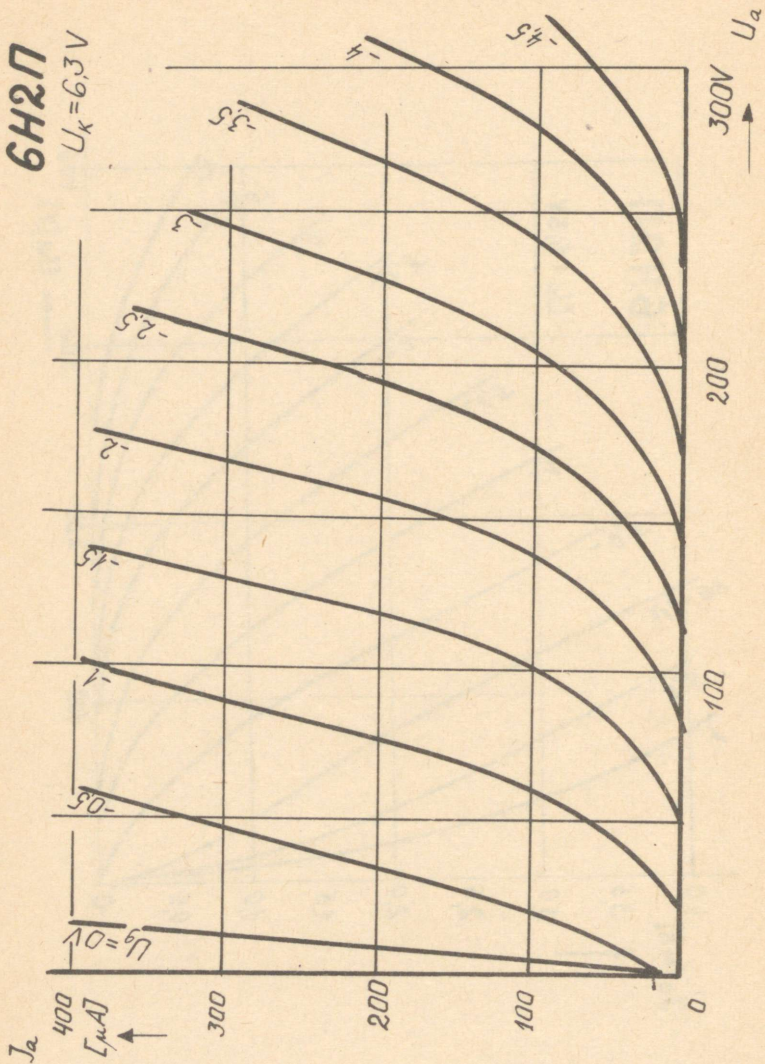






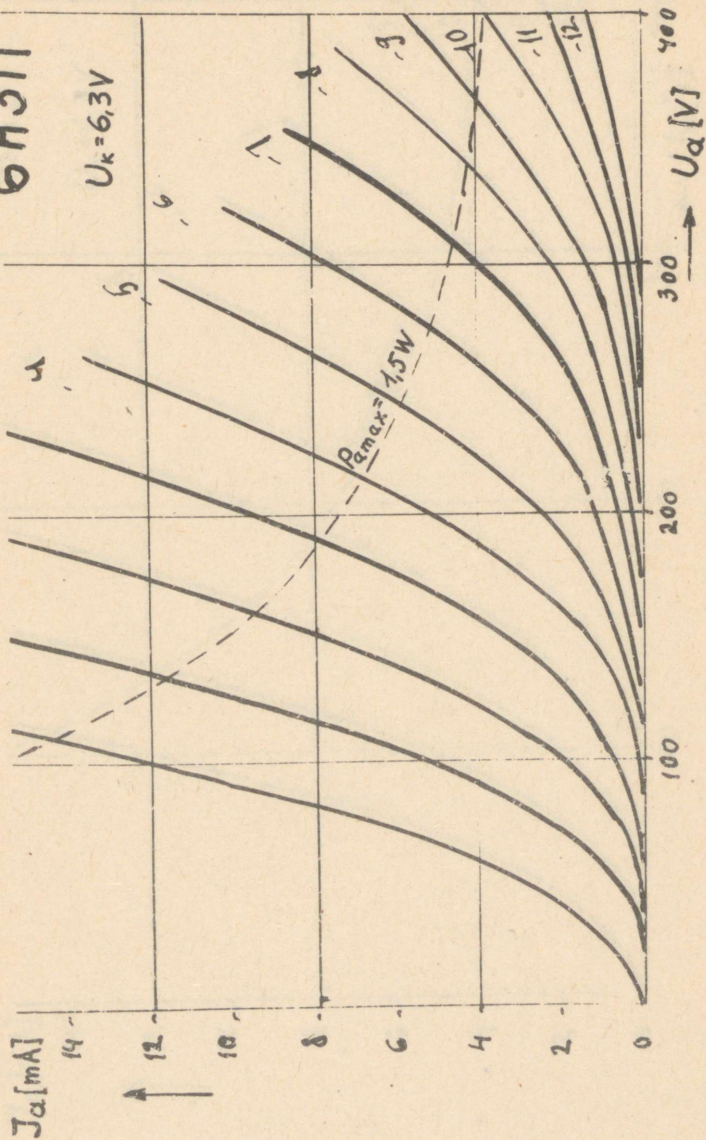
6H2П

$U_k = 6,3 V$



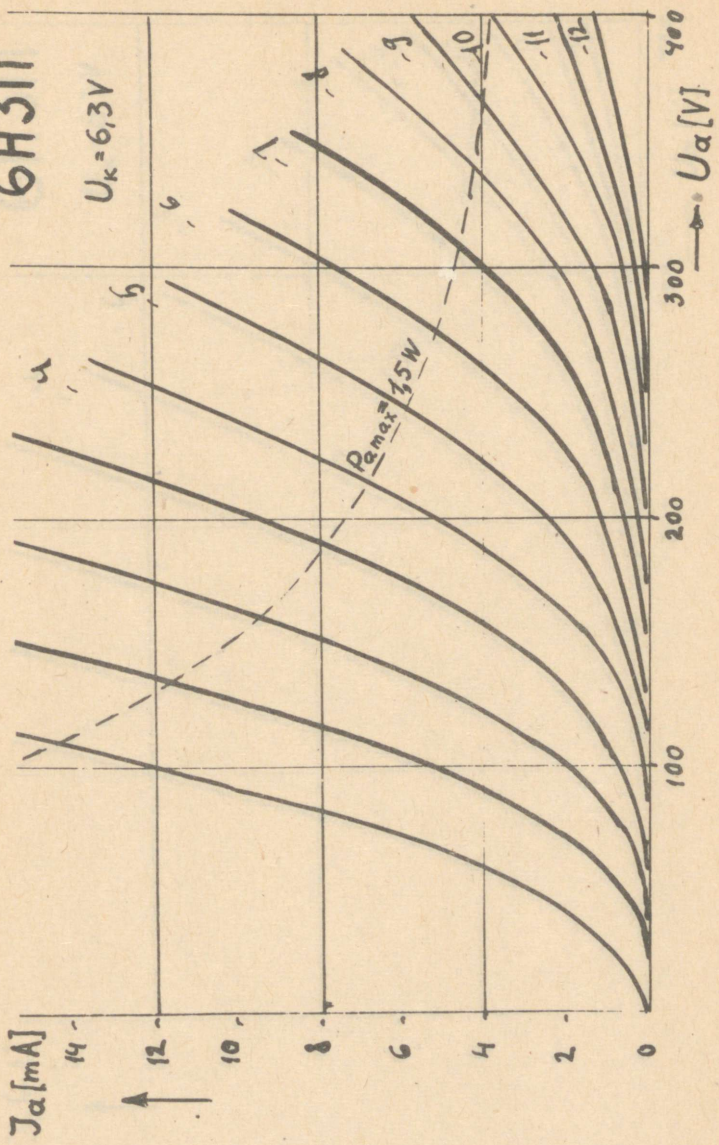
6H3П

$U_k = 6,3V$



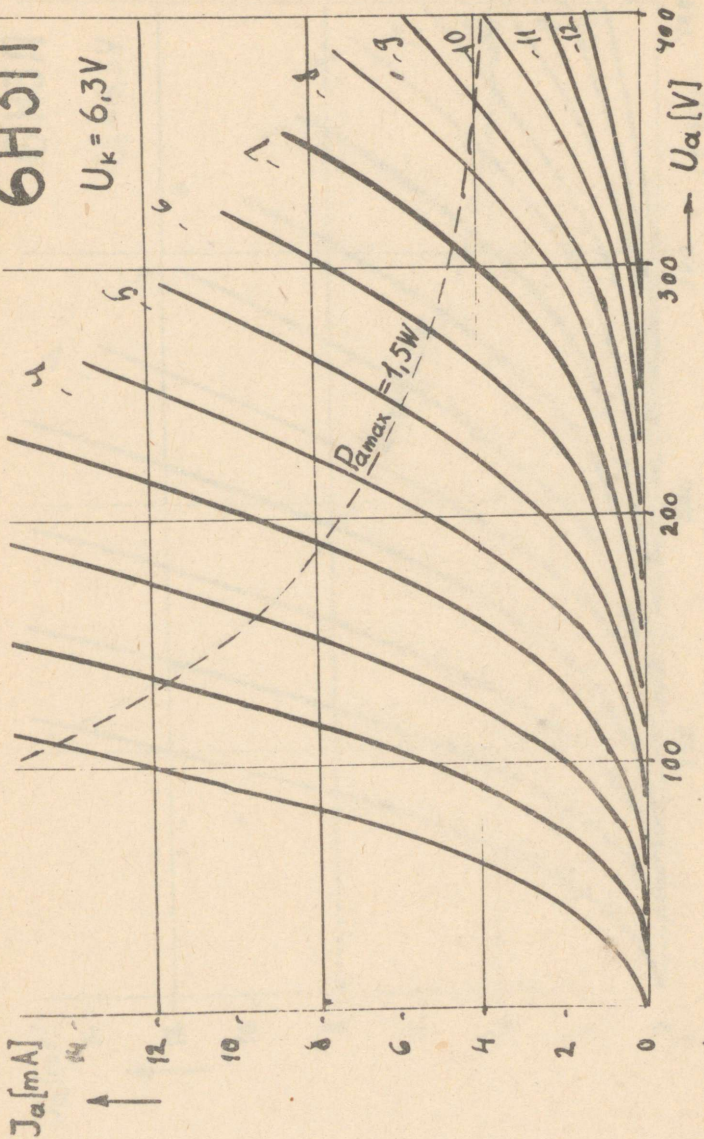
6H3П

$U_K = 6,3V$



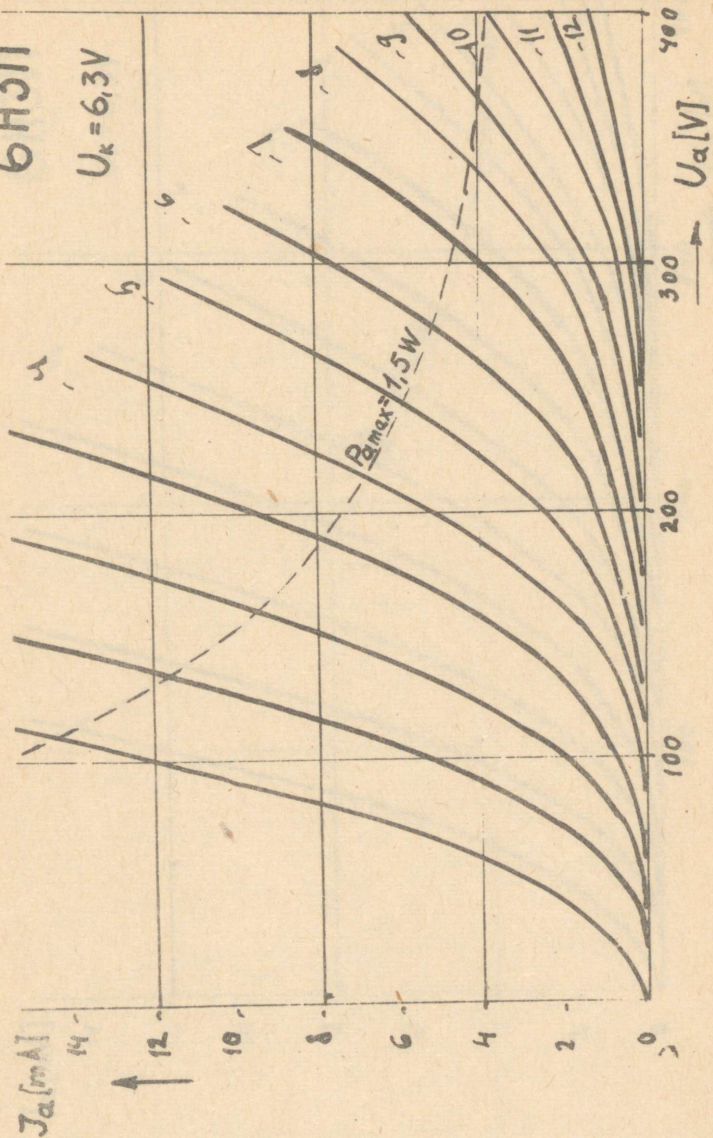
6H3П

$U_k = 6,3V$



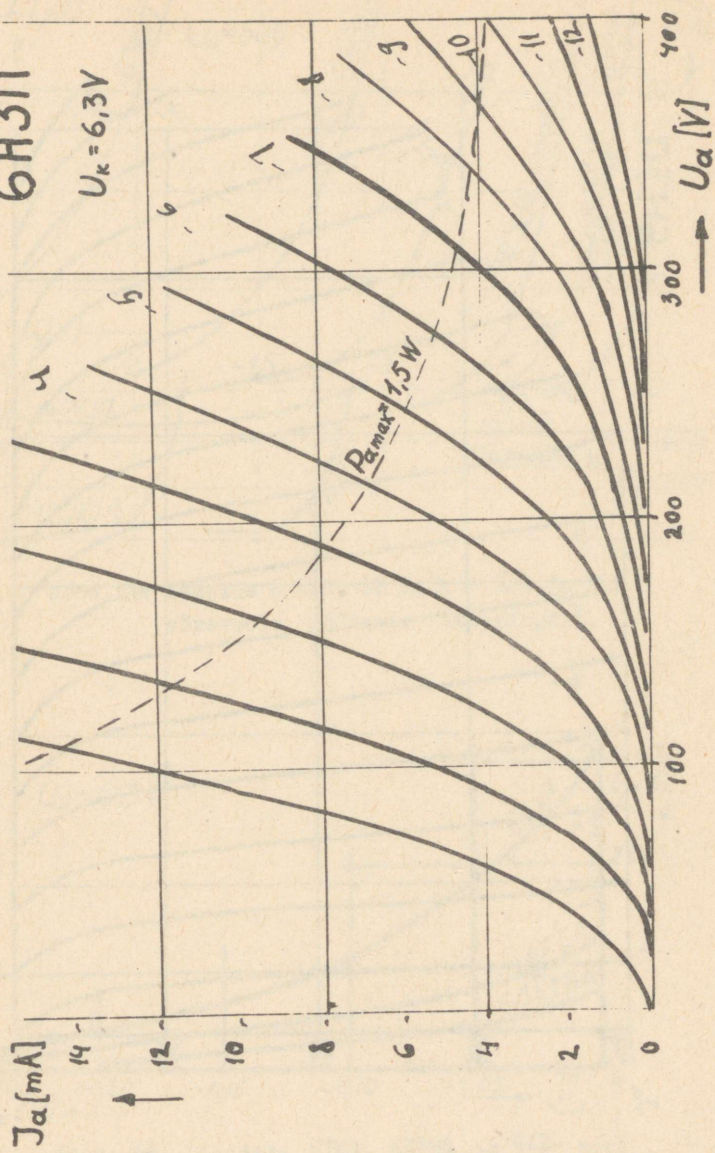
6Н3П

$U_k = 6,3V$



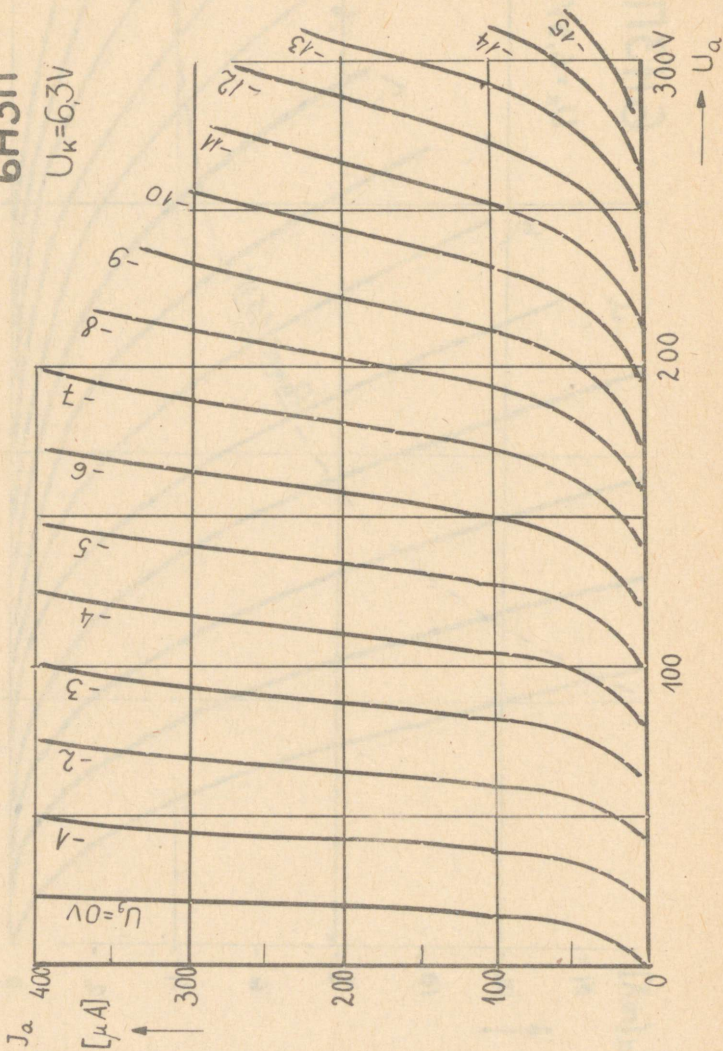
6H3П

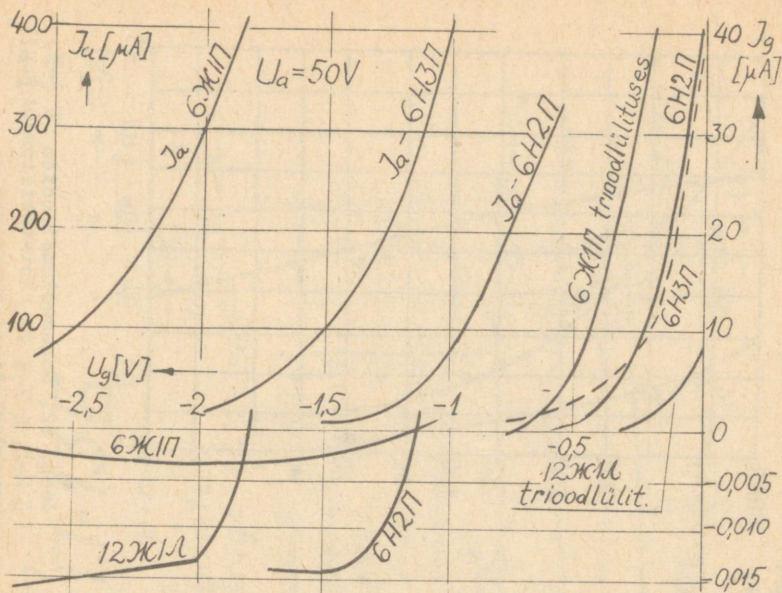
$U_k = 6,3V$



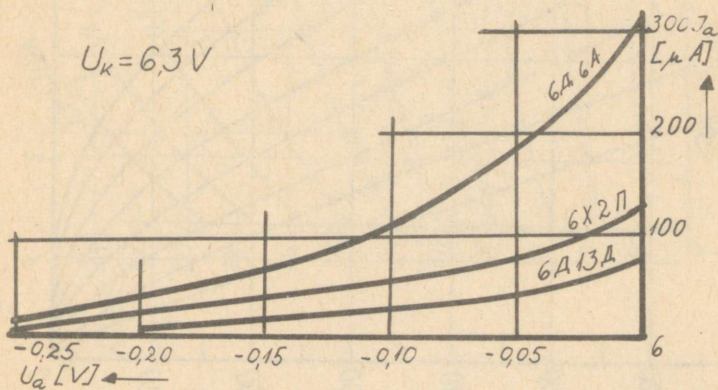
6H3П

$U_k = 6,3V$



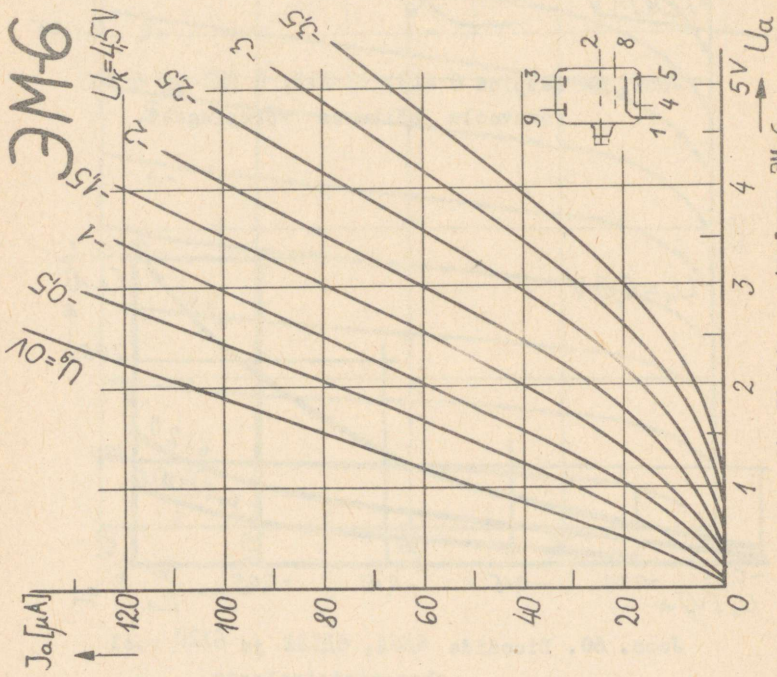


Joon. 59. Lampide 6 Ж1П, 12 Ж1Л, 6 Ж2П ja 6 Ж3П võrevoolu sõltuvus võrepingest.

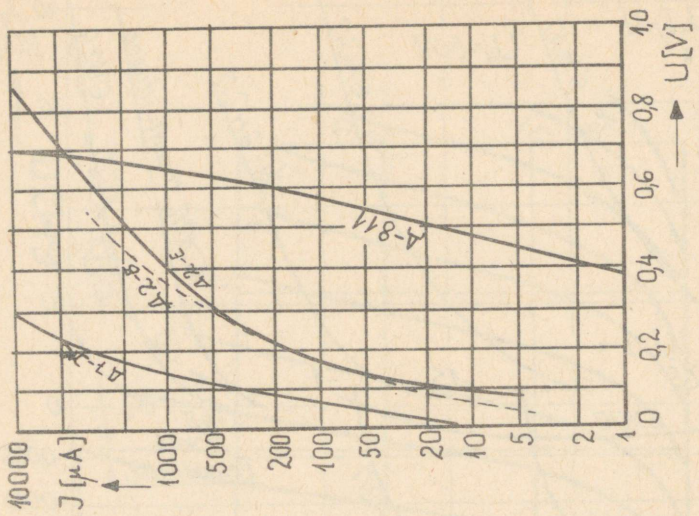


Joon. 60. Dioodide 6Д6А, 6Д13А ja 6Х2П vool eksponentsiaalosas.

ЭМ-6



Joon. 61. Elektromeeterlamp ЭМ-6.

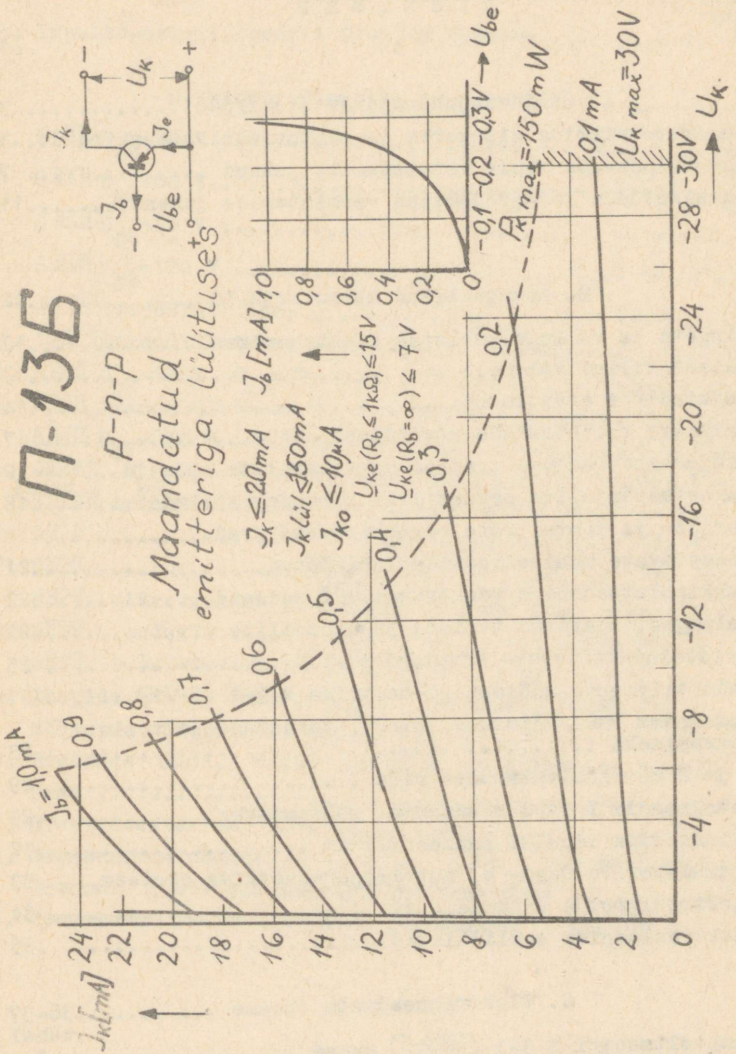
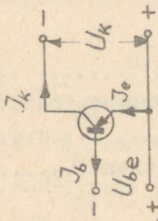


Joon. 62. Germaaniumdioodeid A 2-E, A 2-B, A 7-M ja ränistabilitroni A-811 karakteristikud avasuunas.

П-13Б

P-n-p

Maandatud
emitteriga lülituses



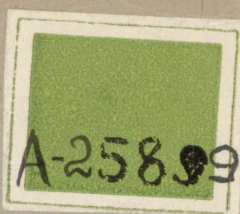
A. Üldised juhendid ja eeskirjad.....	3
1. Laboratooriumide sisekorra ja ohutustehnika eeskirjad..	3
2. Laboratoorsete tööde vormistamise juhend	7
3. Kursusetööde ja -projektide vormistamise juhend.....	11
 B. Arvutuslikud abimaterjalid	12
1. Pingete ja voolude tähistus elektroonikas.....	12
2. Matemaatilisi valemeid	13
3. Töökindluse arvutamine.....	14
4. Väikeste toitetrafode arvutusmetoodika.....	17
5. Minimaalse kaaluga trafode magnetahelate andmeid... vahel	18-19
6. Magnetmaterjalide magnetilisi karakteristikuid.....	18
7. Toroid- ja manteltrafo magneetimiskõverad.....	20
8. Toodetavate mähisetraatide läbimõõdud.....	21
9. Lakkisolatsiooniga vasktraadi ПЭЛ andmeid.....	22
10. Belmagnetiseeritud trafode ja drosselite arvutus.....	23
11. Puisteinduktiivsuse arvutamine	25
12. Induktiivsuste mõõtmine Q-meetriga E 9-1 (KB-1).....	27
13. Nomogramm PURI võimsuse, pinge, takistuse ja voolu määramiseks	28
14. R ja C nominaalväärtuste rida	29
15. Nomogramm L ja C reaktantsi määramiseks	29
16. Siinuselise impulsi harmoonilised	32
17. Transistorite sega- e. hübriidparameetrite süsteem.....	33
18. Elektronlampide andmeid.....	34
19. Elektronlampide soklilülitusi	35
 C. Elektronseadmete skeeme	36-37
1. Lampvoltmeetri B 3-3 (МБЛ-3) skeem..... vahel	"-
2. Teraommeetri E 6-3 (МOM-4) skeem.....	"-
3. Puckle'i generaatori skeem	"-

4. Ostsillograafi alalispingevõimendi skeem36-37
vahel
5. Impulss-ostsillograafi C1-5(CM-I)skeem..... -"-

D. Elektronlampide tunnusvälju..... 37

1. 6Ж1П $U_{g2}=30$ V 37
- 6Ж1П $U_{g2}=60$ V..... 38
- 6Ж1П $U_{g2}=90$ V 39
- 6Ж1П $U_{g2}=120$ V 40, 41, 43
- 6Ж1П trioodlülituses 45
2. 12Ж1Л trioodlülituses 46
3. 6Ж2П $U_{g2}=120$ V, $U_{g3}=0$ V 47
4. 6П1П trioodlülituses 48
- 6П1П $U_{g2}=250$ V 49, 51, 53
5. 6П14П $U_{g2}=250$ V 55, 57
- 6П14П trioodlülituses 59
6. 6Н1П 60, 61, 63
7. 6Н2П 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79
- 6Н2П mikrovoolude piirkonnas 80
8. 6Н3П 81, 83, 85, 87, 89
- 6Н3П mikrovoolude piirkonnas 90
9. Lampide 6Ж1П, 12Ж1Л, 6Н2П ja 6Н3П võrevoolu
sõltuvus võrepingest 91
10. Dioodide 6Д6А, 6Д13А ja 6Х2П vool eksponentsiaal-
osas 91
11. Elektromeeterlamp ЭМ-6 92
12. Germaaniumdiodide Д2-Е, Д2-В, Д7-Ж ja ränistabi-
litroni Д-811 karakteristikud avasuunas 92
13. Transistor П-13Б maandatud emitteriga lülituses 93

Hind 21 kop.



TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00360222 6

A white rectangular sticker with the text 'TÜ RAAMATUKOGU' at the top, a barcode in the middle, and the number '1 0300 00360222 6' at the bottom.