

L 62-4
200

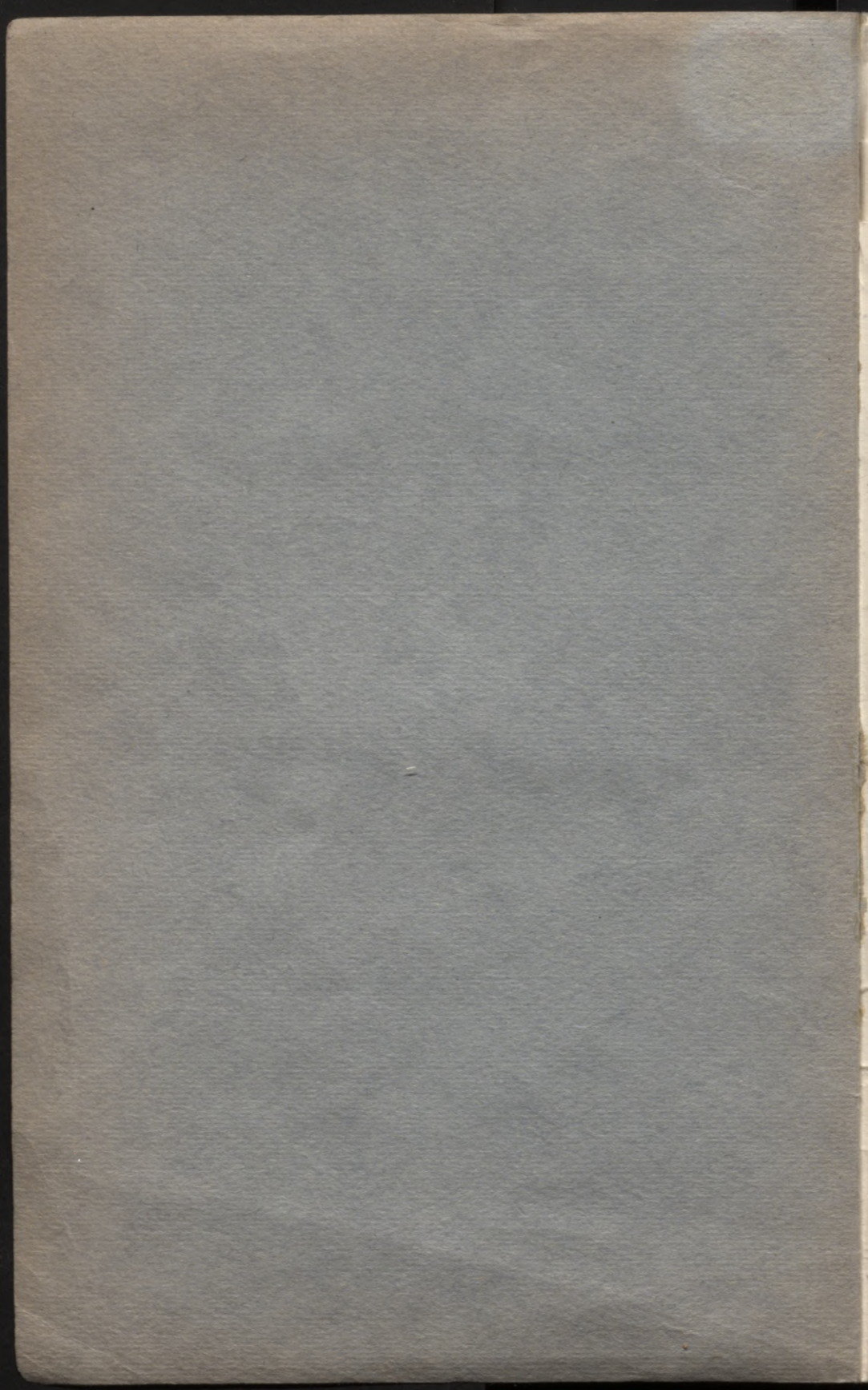
I. E. ROZENCVEIGS

L 62-4
200

RADIO RAIDIEKĀRTAS

METODISKS PALĪGLĪDZEKLIS

Rīgā, 1961. g.



~~62-4~~
200

62-4
200

I. E. ROZENCVEIGS

L
621

RADIO RAIDIEKĀRTAS

METODISKS PALĪGLĪDZEKLIS

Rīga, 1961. g.

И. Е. Розенцвейг
РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА
Методическое пособие

На латышском языке

Latv. PSR Valets biblioteka

62—25.752

0309065434

Tehniskais redaktors: R. Ķipēns
Tulkojis: R. Ķipēns

PRIEKŠVārds

Šā metodiskā palīglīdzekļa pamatā ir I. Modeļa un I. Nevojažskova mācību grāmatā «Radio raidiekārtas» (Sakarū izdevniecības 1949. g. izdevums) izklāstītā viela.

Metodiskais pamatlīdzeklis nevar aizstāt mācību grāmatu. Tā nolūks ir sniegt metodisku palīdzību tiem, kas mācās pēc mācību grāmatas.

Bez tam šinī palīglīdzeklī īsumā ir izklāstīti daži programmas jautājumi, kuri nav apskātīti mācību grāmatā (piemēram, DFT sistēma, N. Kruglova shēma, jauno ģeneratoru īpatnības, pārspriegta režīma aprēķināšanas principi, bufera pastiprinātājs utt.).

Pēdējā daļā doti norādījumi par to, kā izpildāmi kursa projekti radiatoraidītājiem.

Pielikumos atrodami dati par dažiem kondensatoru tipiem, kurus pielieto radio raidiekārtās, kā arī dati par ģeneratoru un modulatoru lampām, bez tam dotas vidējo un īso viļņu tipveida raidītāju shēmas.

Sikāks radiatoraidītāju projektēšanas apskats ir atsevišķo mācību līdzekļu uzdevums.

Autors izsaka pateicību docentam B. Šteinam par vairākām vērtīgām piezīmēm, kuras tika ņemtas vērā, sastādot šo palīglīdzekli, kā arī inženieriem N. Guļajevam, A. Ķulgačevam un B. Romanovam par sniegto palīdzību, sagatavojot rokrakstu iespiešanai.

AUTORS

VISPĀRĒJIE METODISKIE NORĀDĪJUMI

Radio raidiekārtu kurss uzskatāms par eksaktu inženierzinātņu disciplīnu. Sakarā ar to šā kursa galvenajos uzdevumos ietilpst pamatīga teorijas apgūšana, no vienas puses, bet no otras puses — prasme pielietot teoriju radiatoraidītāju darbā, to regulēšanā, pārbaudē un aprēķinos. Studējot teorētisko kursu, sevišķa uzmanība jāveltī fizikālajiem procesiem radio raidiekārtās.

Teorētiskā materiāla pētīšana jāpapildinā ar uzdevumu rēķināšanu un kontroldarbu izpildīšanu radio raidiekārtu shēmu sastādīšanā un elektriskajos aprēķinos. Programā paredzēts izpildīt arī vairākus laboratorijas darbus lampu ģeneratoru un raidītāju pētīšanā un pārbaudē. Kursa studēšana noslēdzas ar radiatoraidītāju kursa projekta izstrādāšanu.

Labākai materiāla apgūšanai atsevišķu nodaļu beigās ir doti jautājumi pašpārbaudei.

Z. Modeļa un I. Ņevjažska mācību grāmatas pilnīgs nosaukums izklāstījumos aizstāts ar saīsinātu nosaukumu — «mācību grāmata».

Tiek ieteikta šāda papildu literatūra:

- 1) С. И. Евтянов. Радиопередающие устройства. Связьиздат, 1950 г.
- 2) А. М. Бройде. Радиотехнические устройства. Госэнергоиздат, 1949 г.
- 3) Л. А. Копытин. Передающие радиоцентры. Связьиздат, 1951 г.
- 4) Задачник по радиопередающим устройствам под редакцией С. И. Евтянова и Е. Р. Гальперина. Связьиздат, 1951 г.
- 5) А. М. Писаревский. Курсовое проектирование радиопередатчиков. Издание ЛЭИС, 1950 г.
- 6) И. С. Гоноровский. Проектирование L, C и R радиопередатчиков. Издание II, 1934 г.

IEVADS

Literatūra: 1) Mācību grāmata. Ievads.

2) S. I. Jevljanovs. Radio raidiekārtas.
Ievads. 5.—23. lpp.

Radio raidiekārtu, kā arī visas radiotehnikas attīstības vēsture sākas ar ievērojamā krievu zinātnieka un izgudrotāja A. S. Popova darbiem. Radiosakaru attīstības sākumā tika attīstīti dziestošo svārstību raidītāji ar dzirksteļspraugu. Par pirmo nedziestošo svārstību generatoru uzskatāms loka generators. Šo generatoru vēlāk nomainīja augstfrekvenču mašīna. Veselu sēriju mašīnu ar dažādām jaudām un oriģinālām konstrukcijām izstrādāja zinātnieks V. Vologdins. Pateicoties viņa darbiem, padomju radiotehnika tika papildināta ar dažādiem jauninājumiem.

Tomēr īsts radiotehnikas uzplaukums mūsu zemē sākās tikai pēc Lielās Oktobra sociālistiskās revolūcijas uzvaras. Milzīga loma padomju radiotehnikas attīstībā bija Nižņijnovgorodas radio laboratorijai, kuru vadīja izcils zinātnieks un izgudrotājs M. Bonč-Brujēvičs. Šī laboratorija tika noorganizēta 1918. gadā tieši pēc Ļeņina norādījuma.

Bonč-Brujēvičs panāca sevišķi izcilas sekmes dažādu elektrona lampu konstrukcijā un raidošo radiostaciju būvē. Viņš izgudroja lampu ar vara anodu un ar ūdens dzesēšanas iekārtu. Kā zināms, šai lampai vēlāk bija izšķiroša loma modernu raidošo radiostaciju attīstībā.

1922. g. 19. septembrī pēc Ļeņina uzdevuma tika atklāta Maskavas centrālā radioteleфона stacija. No šā laika PSRS pastāvīgi ieņem pirmo vietu pasaulē jaudīgo radiofona staciju būvē. Piecgadu periodos tika uzbūvēts liels skaits raidošo radiostaciju ar plašu diapazonu un ar ļoti labu kvalitāti. Izcila loma lieljaudīgajās radiobūvēs bija PSRS ZA korespondējošam loceklim Mincam. Šādu radiostaciju būvju attīstībā aktīvu līdzdalību ņēma daudz padomju zinātnieku un inženieru: Kļackins, Models Ņevjažskis, Kuguševs, Ostrjakovs, Terentjevs, Titovs, Ļebedevs-Karmanovs, Topurija, Kopitins, Kruglovs, Persons, Ivanovs u. c.

Teorētisko pētījumu nozarē par radio raidiekārtām Padomju Savienība ieņēma un ieņem pirmo vietu pasaulē. Sevišķi atzīmējama izcilā akadēmiķa Šuļeikina loma šīnī nozarē; viņš ra-

dija padomju radioinženieru skolu un lika pamatus daudziem teorētiskajiem kursiem. Šuleikinam pieder prioritāte lampu ģeneratoru aprēķina metodei pēc iztaisnotām statistiskām raksturlīknēm. Šo metodi savos darbos tālāk attīstīja Bergs, Kļackins, Mincs, Asejevs, Jevtjanovs, Sosunovs, Drobovs u. c. Šinī kursā izklāstītajiem generatoru aprēķiniem pamatā ir Šuleikina metode, kura pilnīgi izstrādāta akadēmiķa Berga darbos. Teorētisko zināšanu attīstība dažādās radio raidiekārtu nozarēs saistīta ar veselu rindu padomju zinātnieku vārdiem, starp kuriem minami: Mandelštams, Papaleksi, Rožanskis, Neimans, Asejevs, Zeitlenok, Kobzarevs, Gonorovskis, Jevtjanovs, Drobovs u. c.

Krievu un padomju zinātnieku un speciālistu ieguldījums radio raidiekārtu tehnikā un teorijā ir tik liels, ka to apskatam vajadzētu veltīt atsevišķu grāmatu. Radio raidiekārtu attīstības vēsturiskais apskats ir aprakstīts Z. Modeļa, I. Ņevjažska un S. Jevtjanova mācību grāmatās. (Sakaru izdevniecība.)

1. tēma

ĢENERATORU LAMPU PAMATĪPAŠĪBAS

Literatūra: Mācību grāmatas 1. daļa.

Šinī daļā galvenā uzmanība jāpievērš ģeneratoru lampu pielietošanas īpatnībām.

Raidītājos pielietojamām ģeneratoru triodēm parasti ir sa-
biezināti tikliņi ar mazu caurtveri ($D=1\div 3\%$) un lielu pastipri-
nāšanas koeficientu. Ģeneratoru triodēm statistiskās raksturlīknes
novietojas tuvu viena otrai un galvenokārt atrodas tikliņa pozī-
tīvo potenciālu robežās («labās raksturlīknes»).

Ģeneratoru lampām par svarīgu faktoru uzskatāma to sta-
tisko raksturlīkņu stāvums. Jo jaudīgāka lampa, jo lielākam jā-
būt tās raksturlīkņu stāvumam. Ar stāvuma «S» palielināšanos
samazinās vājadzīgie spriegumu un ierosmes jaudas lielumi;
uzlabojas ģeneratora pašierosmes noteikumi.

Lai nodotu lielu jaudu, ģeneratoru lampām jābūt ar lielām
emisijas strāvām un anodspriegumiem.

Ar to ir saistīti ģeneratoru lampu izmēri un konstrukcijas.

Par ļoti svarīgu ģeneratora lampas parametru uzskatāmi pie-
laižamie jaudas zudumi uz anoda. Jaudīgās lampās siltuma zu-
dumu novadīšanai no anoda pielieto ūdeni vai gaisu. Ģenera-
toru lampu tehnika attīstījies, zināmā mērā pateicoties krievu
zinātnieku un inženieru darbiem. Izcila loma pieder profesoram
Bonč-Brujēvičam. Viņš izstrādāja sava laika jaudīgākās ģene-
ratoru lampas (1922. g. — ar jaudu 30 kW, 1925. g. — ar
jaudu 100 kW).

Bonč-Brujēvičs pirmo reizi pasaules tehnikā ieviesa lampām
dzesēšanas principu ar ūdeni.

Lielus darbus šinī nozarē veica arī viens no Bonč-Brujēviča
līdzstrādniekiem profesors P. Ostrjakovs, kurš pirmais nāca
klajā ar izstrādātu konstrukciju dzesēt ģeneratoru lampas ar
gaisa palīdzību.

Lielu interesi sagādā izjaukamās ģeneratoru lampas. Atšķi-
rībā no parastajām lampām, izjaukamās lampās atsevišķās deta-
ļas savienotas nevis ar lodēšanu un metināšanu, bet gan precīzi
pieslīpējot tās vienu otrai un piepildot šuves ar speciālu va-
kuuma tepi. Šinīs lampās iegūst augstu vakuumu (10^{-7} mm
dzīvsudraba staba) ar speciāliem vakuuma un priekšvakuuma

sūkņiem. Izjaucamo lampu var uzskatīt par mūžīgu; tai periodiski (1—2 reizes gadā) jāmaina tikai nolietotais katods. Izjaucamās lampas praktiski var konstruēt jebkurām jaudām. To konstrukcija un pamatdati atrodami L. Kopitina grāmatā «Radiošie radiocentri» 48.—52. lpp., 1951. g. izdevums. Ģeneratoru lampu raksturliknes parasti attēlo divās koordinātu sistēmās:

- a) anodstrāvas i_a atkarībā no tīkļsprieguma pie dažādiem anodspriegumiem (tīkļa sistēmas koordinātēs), $i_a = f(e_t)$, mācību grāmatā zīmējumi 1.4 un 1.5.
- b) anodstrāvas i_a atkarībā no adonsprieguma e_a pie dažādiem tīkļspriegumiem $i_a = f(e_a)$ (anodsistēmas koordinātēs), mācību grāmatā zīmējums 1.6.

Kā turpmāk būs norādīts, aprēķinot lampu ģeneratoru, liela nozīme ir lampu darba raksturliķnēm pie samērā zemiem anodspriegumiem. Šādam nolūkam izdevīgāk ir lietot anodsistēmas koordinātes.

Kā no 1.6. zīmējuma redzams, pie maziem anodspriegumiem raksturliknes novietotas ļoti tuvu viena otrai, gandrīz saplūstot vienā kopējā līnijā. Pēc tam pārejot izliekumu, raksturliknes iet lineāri un paralēli viena otrai. Jo mazāka caurtvere D , jo lielāks raksturliknes stāvoklis šinī apvidū. Pie $D=0$ raksturlikne iet paralēli abscisu asij. Fizikāli tas nozīmē, ka mazu anodspriegumu apvidū anodstrāva ir lineāri atkarīga no sprieguma uz anoda; pie lieliem anodspriegumiem anodstrāva gandrīz nav atkarīga no anodsprieguma izmaiņām. 1.7. zīmējumā parādītas tīkļstrāvu raksturliknes.

Radio raidiekārtās ar $1 \div 2$ kW jaudu pakāpē pielieto galvenokārt lampas ar ekranētu anodu — tetrodes un pentodes. Šīs lampās taisa ļoti biezu ekrāntīkļu un reizē ar to tiek stipri samazināta netiešā kapacitāte starp anoda un stūrējošo tīkļu.

Tetrodes pamatpašības:

a) Kā no mācību grāmatas 1.9. zīmējuma redzams, pateicoties mazam D lielumam, tetrodei pie dotā ekrāna sprieguma, anodstrāvas raksturliknes iet ļoti tuvu viena otrai;

b) raksturliķnes stāvokli nosaka galvenokārt ekrāna sprieguma lielums. Palielinot ekrāna spriegumu, raksturliķnes nobīdās pa kreisi. Izvēloties pietiekami lielu ekrāntīkļa spriegumu, varam realizēt darba režīmu ar mazākām tīkļstrāvām nekā triodei, t. i. ar mazāku ierosmes jaudas patēriņu;

c) tetrodes trūkums — anoda ekrāntīkļa dinatrona strāvas (1.10. zīm.), kas stipri sakropļo anodstrāvas liķnes formu. Šis trūkums ievērojamā mērā ir novērsts «staru» tetrodēs.

Pateicoties bremztīkļam, tiek novērstas dinatrona parādības pentodes anoda un ekrāntīkļa ķēdēs. Tas dod iespēju strādāt ar paaugstinātiem ekrāntīkļa spriegumiem un, pateicoties tam, pentodes raksturliķņu saime nobīdās pa kreisi, stūrējošā tīkļa negatīvo spriegumu apvidū, ar ļoti mazām stūrē-

jošā tīkliņa strāvām. Tīkliņķēdē patērētā jauda šinī gadījumā ir vēl mazāka nekā tetrodei.

Lampas ar ekranētu anodu izgatavo jaudām līdz 1 kW ieskaitot.

Pēdējos gados tiek izlaistas jaunas sērijas ģeneratoru lampas, kurām ir elektriskās un konstruktīvās priekšrocības. Šinīs lampās plaši pielietots ekonomisks aktivizēts katods no torizēta karbidēta volframa un oksidēti katodi netiešām kvēlēm. Jauno lampu konstrukcija nodrošina elektrodu izvadu induktivitātes samazināšanos. Izstancētais plakanais pamats atļauj samazināt lampas augstumu, kā arī samazināt izvadu garumu un induktivitāti; cokola likvidēšana arī atļauj samazināt lampas ieejas kapacitāti. Lampās ar speciāli iekārtotu anodu ir novērsta caursišanas iespēja anoda un balona metināšanas vietā, kā arī samazinās anoda kapacitāte pret katodu un tīkliņu un ir iespējams samazināt tīkliņa un katoda ievadu garumus.

Lai samazinātu induktivitāti un augstfrekvenču zudumus, pielieto gredzenveidīgu tīkliņa izvadu. Katoda pievadu induktivitātes samazināšanu jaudīgās lampās panāk, savienojot katoda kvēldieģus paralēli. Moderno lampu izmēri salīdzinājumā ar tikpat lielu jaudu vecā izlaiduma lampām ir stipri samazināti. Reizē ar to šo jaunā tipa lampu elektriskie parametri ir ievērojami uzlaboti.

Ir jāpiegriež vērība jaunajai lampu apzīmēšanas sistēmai. Pirmais burts «Г» nozīmē «ģeneratora». Ar otru burtu apzīmē frekvenču diapazonu: «K» — īsviļņu, «У» — ultraīsviļņu, «С» — centimetru. Divi nākošie cipari attiecas uz rūpnīcas izgatavotājas numuru. Jaudīgo lampu dzesēšanas paņēmieni tiek uzrādīti apzīmējumu beigās ar burtiem: «А» — ūdens dzesēšana un «Б» — piespiesta gaisa dzesēšana.

Piemēram, ГУ-10Б: ģeneratora, ultraīsviļņu dzesē ar gaisa palīdzību. Dažām lampām ir iespējams pielietot piespiedu dzesēšanu vai nu ar ūdeni, vai ar gaisu (piemēram, ГУ-5Б un ГУ-5А vai ГУ-10Б un ГУ-10А).

Gaisa dzesēšanu panāk, uzliekot vara anodam radiatoru. Turpretim dzesējot ar ūdeni, radiatoru nopem. Jaunā apzīmējumu sistēma pielietota jaunākā tipa lampām, kā arī dažām agrāko tipu lampām, kuru ražošana paredzēta arī turpmāk.

Mācību palīglīdzekļa beigās dotas tabulas, vairāk lietoto ģeneratoru un modulatoru lampām.

Jautājumi pašpārbaudei

- 1) Kāpēc ģeneratoru lampām ir «labās» raksturlieknes?
- 2) Kādu iemeslu dēļ triodēs un tetrodēs ir dinatrona efekts?
- 3) Kāds fizikāls izskaidrojums ir lampu statisko raksturliekņu stāvoklim pie zemiem un augstiem anodsprīegumiem?

4) Kāpēc lampās ar ekranētu anodu, anoda spriegums maz iespaido statisko raksturlikņu stāvokli?

5) Kāda loma ir pozitīvam spriegumam uz pentodes breztīkliņa?

Ieteicams izpildīt uzdevumu, kas ievietots mācību grāmatas beigās.

II t ē m a

SVĀRSTĪBU KONTŪRI

Literatūra: 1) Mācību grāmatas II daļa.

2) M. V. A m a l i c k i j s. Radiotehnikas pamati.

Svārstību kontūru teorija ir sīki izklāstīta kursā «Radiotehnikas pamati». Šinī kursā šie jautājumi, ņemot vērā to svarīgumu, tiek apskatīti atkārtoti, ievērojot to pielietošanas specifiku radio raidiekārtās.

Lampu ģeneratoram kā slodzi pielieto noskaņotu svārstību kontūru, kura ekvivalento pretestību var izteikt šādi:

$$R_e = \frac{\rho^2}{r} = \frac{L}{C_r}$$

Praksē pie aprēķiniem ir ļoti ērti lietot šādas izteiksmes:

$$X_L = \frac{1,88 \cdot L_{cm}}{\lambda_m} = \frac{1880 L_{\mu H}}{\lambda_m} \approx \frac{2L_{cm}}{\lambda_m} \approx \frac{2000 L_{\mu H}}{\lambda_m}$$

Kapacitatīvā pretestība

$$X_C = \frac{478 \lambda_m}{C_{cm}} = \frac{532 \cdot \lambda_m}{C_{pF}} \approx \frac{500 \cdot \lambda_m}{C_{cm}} \approx \frac{500 \cdot \lambda_m}{C_{pF}}$$

Kontūra izmēri, tā noskaņošanas noteikumi, kā arī tā pamatīpašības raksturojas ar kontūra rimšanas lielumu $\delta = \frac{1}{\rho}$. Bieži

rimšanas vietā ņem kontūra labuma koeficientu $Q = \frac{1}{\delta}$.

Kontūra labuma koeficients vai vienkārši kontūra labums nosaka reaktīvās jaudas attiecību pret aktīvo jaudu kontūra rezonanses gadījumā. Kontūra spoļu un kondensatoru izmēri un to izmaksa atkarīgi galvenokārt no reaktīvās jaudas lieluma.

Ieteicams pievērst uzmanību skaitliskajam piemēram mācību grāmatā. Kontūrām ar jaudu 10 kW un labuma koeficientu $Q = 20$ ir apmēram tādi pat izmēri (un tāda pat izmaksa) kā kontūram ar jaudu 1 kW, bet ar labuma koeficientu $Q = 200$. Abos gadījumos reaktīvā jauda būs 200 kVA.

Paralēlas rezonanses gadījumā ar Q^1 lielumu nosaka kontūra strāvas I_k attiecību pret strāvu ārējā ķēdē I_a .

Rezonanses liknes būs jo stāvākas, jo mazāka ir kontūra rimšana, t. i. jo lielāks ir Q .

§ 11.3 parādīts, ka pie augstākām harmoniskām frekvencēm, kā arī pie subharmoniskajām paralēlā kontūra šķietamā pretestība² sastāda tikai dažus procentus vai procenta daļas no pamatfrekvences R_e pretestības.

Studējot sarežģītākus rezonanses kontūrus, jāvērs uzmanība uz vispārējo likumu, t. i. rezonanses gadījumā jebkura reaktīvā pretestība kontūrā skaitliski vienlīdzīga pēc savas absolūtās vērtības pārējo reaktīvo pretestību summai. Kontūra viena zara reaktīvai vadāmībai rezonanses gadījumā jābūt skaitliski vienādi ar pārējo reaktīvo vadāmību summu.

Raidiekārtās reizē ar vienkontūru sistēmām plaši pielieto arī saistītus kontūrus. Visbiežāk ir darišana ar divkontūru sistēmām (piemēram, raidītāju izejas pakāpēs).

Studējošiem ieteicams atkārtot nodaļu par saistītām sistēmām pēc kursa radiotehnikas pamati, kā arī uzmanīgi izlasīt mācību grāmatā § 11.5, vērsot uzmanību uz strāvu un spriegumu savstarpējām pamattattiecībām saistītās sistēmās un arī uz enerģētiskajām atkarībām. Mācību grāmatas II daļas beigās doti labi uzskatāmi skaitliski piemēri svārstības kontūru aprēķiniem un uzdevumi ar atbildēm.

Šos uzdevumus ieteicams studējošiem izrēķināt patstāvīgi.

Jautājumi pašpārbaudei

- 1) Ko sauc par kontūra viļņa pretestību un no kādiem parametriem tā ir atkarīga?
- 2) Ar ko izskaidrojams tas apstāklis, ka sērijas rezonanses gadījumā neliels E.D.S. izsauc kontūrā lielu strāvu?
- 3) Kā noteikt jaudu kontūrā paralēlās rezonanses gadījumā?

Kāpēc nevar pieņemt, ka $P_{\sim} = I_{a1}^2 r$?

III t ē m a

LAMPU ĢENERATORS AUGSTĀM FREKVENCĒM

Literatūra: Mācību grāmatas II daļa. Papildu literatūra:

S. I. Jevtjanovs. Radio raidiekārtas, II daļa, 27. ÷ 32. lpp.

un III daļa 42. ÷ 47. lpp.

Vienkāršības labad sākumā tiek apskatīts generatora darbs bez slodzes anoda ķēdē. Atkarībā no darba punkta izvēles uz

1) Aprēķināt raidītāja kontūru, kas saistīts ar antenu (vai ar fideru), ir darišana ar reducēto labuma koeficientu Q_{red} , kas ir mazāks par kontūru Q .

$$Q_{red} = Q(1 - \eta_k),$$

kur η ir pirmā kontūra lietderības koeficients. (Red.)

2) Pašreiz vairāk izplatīts termins «pilna pretestība».

lampas raksturliknes iespējams ģeneratora darbs divos režīmos — pirmās kārtas vai otrās kārtas svārstību režīmā.

Pirmās kārtas svārstību gadījumā spriegums uz stūrējošā tīkļa neiziet no lampas statiskās raksturliknes taisnās daļas robežām. Anoda strāva pēc savas formas sakrīt ar spriegumu uz ģeneratora tīkļa. Ja darba punkts izvēlēts tā, ka spriegums uz stūrējošā tīkļa iziet no raksturliknes taisnās daļas robežām, tad ir darišana ar otrās kārtas svārstību režīmu.

Radio raidiekārtās parasti pielieto otrās kārtas svārstību režīmu. Pirmās kārtas svārstības to necīgā lietderības koeficienta dēļ ($25 \div 40\%$) pielieto ļoti reti.

Mācību grāmatā III.3 zīmējumā dotajā piemērā parādīts, kā strāvas likni anoda ķēdē otrās kārtas svārstību gadījumā var sadalīt komponentēs:

$I_a =$ — līdzstrāvas (vidējā vērtība), un

I_{a1}, I_{a2}, I_{a3} utt. — maiņstrāvas (harmoniskās).

Tālāk mācību grāmatas § III.2 apskatīts sevišķi svarīgs jautājums par anodsprieguma formu un fāzu attiecībām ģeneratorā, ja anoda ķēdē ir ieslēgta slodze. Tiek precizēts ļoti svarīgs fakts, ka spriegums uz kontūra, neskatoties uz sakropļoto strāvas liknes formu lampas anodā ķēdē, praktiski izmainās pēc kosinusa likuma un atrodas fāzē ar anodstrāvas pirmo harmonisko.

Anodsprieguma izmaiņas, noteiktas ar maiņspriegumu uz kontūra, ir pretējā fāzē tīkliņspriegumam un anodstrāvas pirmajai harmoniskai.

Lai noskaidrotu šos faktoros, ir uzmanīgi jāapskata mācību grāmatā dotie zīmējumi III.6 un III.7.

Ieteicams piegriezt sevišķu uzmanību tam apstāklim, ka laika sprīdī, kad uz tīkļa ir sprieguma pozitīvais pusvilnis ($E_t + U_t$), lampai ir maksimālais anodstrāvas impulss $I_{a \max}$ un minimālais spriegums uz tās anoda:

$$e_{a \min} = E_a - U_a ;$$

šo spriegumu sauc arī par «atliku spriegumu» uz anoda.

Laika sprīdī, kad uz tīkļa ir negatīvais pusvilnis, spriegums uz lampas anoda ir lielāks par barošanas avota spriegumu E_a , sasniedzot maksimuma momentā šādu vērtību:

$$e_{a \max} = E_a + U_a ,$$

pie tam otrās kārtas svārstību rezultātā anodstrāvas nav un zudumi uz anoda ir līdzīgi nullei.

Interesanti atzīmēt, ka svārstību procesā spriegums uz kontūra var sasniegt lielākas vērtības nekā E_a . Šis parādības norāda uz to, ka ģenerators ir slogots ar svārstību kontūru. Zem anodstrāvas mainīgo impulsu iespaيدا kontūrā rodas sprieguma brīvās svārstības, kuru lielums atkarīgs no impulsa spēka un kontūra parametriem. Spriegums uz kontūra $U = I_{a1} \cdot R_e$ pie

attiecīga režīma ģeneratorā var pārsniegt E_a lielumu. Šāda parādība iespējama tikai tad, ja anoda ķēdē ir svārstību sistēma. Ja anoda slodzei nepiemīt īpašība uzkrāt enerģiju (aktīva pretestība), tad spriegums uz slodzes nevar būt lielāks par barošanas avota spriegumu.

Tas, ka ģeneratora anoda ķēdē ir slodzes pretestība, norāda uz to, ka anodstrāva izmainīsies ne pēc statiskās raksturliknes, bet pēc kaut kādas citas liknes, kura attēlo anodstrāvas atkarību no momentānām spriegumu vērtībām uz lampas tīkliņa un anoda.

Anodstrāvas atkarību no tīkliņsprieguma, ja anoda ķēde ir slogota, sauc par dinamisko raksturlikni. Analogiski statiskai raksturliknei, dinamisko raksturlikni var uzkonstruēt divās koordinātu sistēmās — anoda un tīkliņa. Dinamiskās raksturliknes konstruēšanas piemēri pēc statisko raksturlikņu saimes doti mācību grāmatas zīm. III.7, III.8, III.10.

Ģeneratora enerģētiskā bilance un darba režīmi

Ģeneratora anoda ķēdē notiek līdzstrāvas barošanas avota enerģijas pārveidošana maiņstrāvas enerģijā, kura izdalās svārstību kontūrā. Daļa šīs enerģijas zūd uz lampas anoda siltuma veidā.

Pētot lampu ģeneratoru, ir jāievēro šāds pamatuzdevums: noteikt svārstību jaudas un lietderības koeficienta atkarību no ģeneratoram pieliktiem spriegumiem, no kontūra un lampas parametriem (izteiksmes III.8–III.12). Enerģētiskās pamatattiecības ieteicams atcerēties.

Palielinoties kontūras ekvivalentai pretestībai, pieaug lie-lums

$$U_a = I_{a1} \cdot R_e .$$

Mācību grāmatā sīki apskatīts sprieguma U_a iespaids uz ģeneratora darbu. Grafiski uzskatāmā veidā parādīta strāvu, spriegumu, jaudas un impulsu formas atkarība no U_a .

Apskatot anodstrāvas impulsu formu atkarībā no U_a , redzams (zīm. III.11), kā, palielinot U_a , impulsu augstums samazinās; pēc tam kad sasniegts svārstību jaudas maksimums, impulsu virsotnē parādās iekritums, kas turpina padziļināties, palielinoties U_a . Tīkliņstrāvu impulsi pie tam palielinās atbilstoši zīm. III.14.

Par vislabvēlīgāko momentu tīkliņstrāvas pieaugšanai var uzskatīt to, kad uz anoda ir minimālais spriegums ($e_{a \min}$), bet uz tīkliņa maksimālais spriegums ($e_{t \max}$). Izejot no tīkliņstrāvu lielumiem, izšķir šādus lampu ģeneratora režīmus:

1) Nepārspriegtais — generatora darbs režīmā ar anodstrāvas impulsiem bez iekrituma. Nepārspriegtā režīmā tiklīņstrāvas impulsi ir mazi, salīdzinot tos ar anodstrāvas impulsiem.

2) Pārspriegtais — generatora darbs režīmā ar izkropļotiem anodstrāvas impulsiem, maza anoda atliku sprieguma dēļ ($e_{a \min}$). Šo režīmu raksturo lielas tiklīņstrāvas.

3) Vidējo režīmu starp nepārspriegto un pārspriegto — sauc par robežrežīmu vai kritisko.

Kā no zīm. III.12 dotā grafika redzams, ģenerators atdod maksimālo jaudu apmēram robežrežīmā. Ģeneratoram ir maksimālais η (lietderības koeficients) drusku pārspriegtā režīmā, tomēr tas maz atšķiras no η robežrežīmā.

Labākai jautājuma izpratnei par ģenerators režīmiem, apskatīsim lampu statiskās raksturlīknes, kuras ir attēlotas anod sistēmas koordinātēs $i_a = f(e_a)$; uzskatāmi tas parādīts mācību grāmatā zīm. 4. Raksturlīknes sākas no līnijas Oa , kura nosaukta par «robežrežīma (kritiskā) līniju». No zīm. IV.4 redzams, ka katru lampas raksturlīkni pie dotā sprieguma uz tās tīkļa (piemēram, e_{t0}) var iedalīt 2 joslās. Augstu anodspriegumu apvidū pa labi no līknes lūzuma punkta, kurš atrodas uz kritiskā režīma līnijas, anodstrāva maz atkarīga no anodsprieguma. Tiklīņstrāvas šeit ir mazas. Turpretim zemu anodspriegumu apvidū, pa kreisi no lūzuma punkta, anodstrāva ir stipri atkarīga no anodsprieguma un raksturlīkne sakrīt ar kritiskā režīma līniju. Tam par iemeslu ir ievērojamā tīkļstrāva, kas izkropļo raksturlīkni.

Tīkļsprieguma iespaidam ir pretējs raksturs. Labā pusē no abscisas anodstrāva ir stipri atkarīga no sprieguma izmaiņām uz tīkļa. Kreisajā pusē turpretim anodstrāva praktiski nav atkarīga no sprieguma izmaiņas uz tīkļa.

Raksturlīknes lūzums un tīkļstrāvas pieaugums notiek pie noteiktām attiecībām starp spriegumiem uz anoda un tīkļa, kas atkarīgi no lampas tipa $e_a = k \cdot e_t$.

Vairumam ģeneratoru triodēm

$$k = 1,5 \div 2.$$

Attiecībā uz lampas ģenerācijas režīmu var teikt, ka ģeneratora robežrežīmam atbilst vienlīdzība:

$$e_{a \min} = k \cdot e_{t \max}.$$

Šeit $e_{a \min} = E_a - U_a$ — atliku spriegums uz anoda, $e_{t \max} = E_t + U_t$ — maksimālais spriegums uz lampas tīkļa.

Koeficients k norāda, cik reizes spriegumam uz lampas anoda jāpārsniedz spriegums uz tīkļa, lai iegūtu robežrežīmu.

Režīms būs pārspriegts, ja $e_{a \min} < k \cdot e_{t \max}$ un nepārspriegts, ja $e_{a \min} > k \cdot e_{t \max}$.

Kā jau norādīts, vairumam ģeneratoru triodēm $k = 1,5 \div 2$. Jāgriež uzmanība uz to faktu, ka pie vienlīdzības $e_{a \min} = e_{t \max}$ būs pārspriegts režīms (liela tīkļstrāva).

Salīdzinot dažādus lampu generatoru režīmus, var izdarīt šādus secinājumus:

- 1) Generators nodod maksimālo jaudu apmēram robežrežīmā.
- 2) U_a , E_t un R_e izmaiņas pārspriegtā režīmā maz iespaido I_{a1} , kā arī U_a .

No šāda redzes viedokļa pārspriegtais režīms ir stabilāks, tāpēc ka ieejas sprieguma vai nejaušas slodzes maiņas maz atsaucas uz U_a lielumu. Ieturēt lielu stabilitāti izejas spriegumam sevišķi svarīgi ir raidītāju starppakāpēs, kurās galvenokārt tiek pielietots pārspriegtais režīms. E_a izmaiņas pārspriegtajā režīmā krasi iespaido generatora režīmu. Turpretim nepārspriegtajā režīmā E_a izmaiņas maz iespaido generatora režīmu; no otras puses U_t , E_t un R_e izmaiņas izsauc proporcionālas U_a izmaiņas.

- 3) Pie dažiem modulācijas veidiem (piemēram, anoda) tikai pārspriegtajā režīmā var dabūt labu modulācijas raksturlīkni.

- 4) Pārspriegtā režīmā triodu tīkliņstrāvas ir ievērojamas. Tas palielina zudumus tīkliņa ķēdēs un prasa no ierosinātāja lielāku jaudu. Reizē ar to pārspriegtā režīmā ir izslēgta iespēja iestāties dinatrona efektam.

- 5) Vāji pārspriegtā režīmā no generatora var iegūt tādu pat jaudu kā robežrežīmā pie maksimālā η .

Pārspriegtā režīmā lampas zudumu jauda ir ievērojami mazāka nekā nepārspriegtā režīmā.

Jāatzīmē, ka termins «pārspriegtais» režīms var radīt tādu priekšstatu, it kā šāds režīms lampai ir smagāks nekā nepārspriegtais. Tomēr, kā no iepriekš teiktā redzams, patiesībā stāvoklis ir pretējs. Pārspriegtam režīmam ir vairākas priekšrocības, kas padara tā pielietošanu par ļoti vēlamu raidītāju starppakāpēs. Pie anoda modulācijas pārspriegtais režīms ir obligāts.

Lampās ar ekranētu anodu režīmus izšķir pēc stūrējošā un ekrāna tīkliņiem.

Robežrežīma noteikumu pēc stūrējošā tīkliņa šinīs lampās nosaka vienādojums:

$$E_{t2} = k_1 \cdot e_{\max}.$$

Ja $E_{t2} > K_1 \cdot e_{\max}$ — nepārspriegts režīms.

Ja $E_{t2} < K_1 \cdot e_{\max}$ — pārspriegts režīms.

Šeit $K_1 = 1,2 \div 1,4$.

Generatoru tetrodes un pentodes parasti strādā attiecībā uz stūrējošo tīkliņu nepārspriegtā režīmā. Pie tam stūrējošā tīkliņa ķēdē ir maza strāva un līdz ar to samazinās ierosmes jauda.

Robežrežīma noteikumu attiecībā uz ekrāntīkliņu dod šāda izteiksme:

$$e_{a \min} = K_2 \cdot E_{t2}.$$

Atbilstoši tam nepārspriegtā režīmā

$$e_{a \min} > K_2 \cdot E_{t2}$$

un pārspriegtā režīmā

$$e_{a \min} < K_2 \cdot E_{t_2}.$$

Koeficients K_2 atrodas robežās:

tetrodēm — $K_2 = 1,4 \div 1,6$,

pentodēm — $K_2 = 0,2 \div 0,4$.

Lielāko tiesu prakses gadījumos ģeneratoru tetrodes un pentodes strādā pārspriegtā vai robežrežīmā attiecībā uz ekrāntīkliņu.

Parasti, kad runa ir par spriegumu režīmiem lampām ar ekrānētu anodu, neuzrādot tīkliņu, ir jāsaprot sprieguma režīms attiecībā uz ekrāntīkliņu.

Spriegumu režīmu var arī raksturot kā uz slodzes esošā sprieguma U_a amplitūdas attiecību pret barošanas avota spriegumu E_a :

$$\xi = \frac{U_a}{E_a}.$$

Tā kā $U_a = E_a - e_{a \min}$, tad

$$\xi = 1 - \frac{e_{a \min}}{E_a}.$$

Parasti kritiskā (robežas) režīmā ξ atrodas robežās:

$$\xi_{\text{rob}} = 0,8 - 0,95.$$

Pārspriegtam režīmam atbilst:

$$\xi > \xi_{\text{rob}}.$$

Nepārspriegtā režīmā:

$$\xi < \xi_{\text{rob}}.$$

Kā jau tika norādīts, ģeneratora anoda un tīkliņstrāvu impulsu forma atkarīga no viņa darba režīma.

Pārspriegtā režīmā, anodstrāvas impulsā parādās šim režīmam raksturīgs iekritums, kurš stipri pārspriegtā režīmā noved pie pilnīgas impulsa saskaldīšanas (zīm. III.11 un III.16).

Par ģeneratora darba režīmiem var spriest pēc anoda un tīkliņa ķēdēs ieslēgto līdzstrāvas mērinstrumentu nolasījumiem.

Triodes darbam robežrežīmā atbilst:

$$I_{t=} \approx (0,1 \div 0,15) I_{a=};$$

pārspriegtā režīmā:

$$I_{t=} > (0,1 \div 0,15) I_{a=};$$

nepārspriegtā režīmā:

$$I_{t=} < (0,1 \div 0,15) I_{a=}.$$

Ultraīso viļņu triodēs robežrežīma gadījumā bieži novērots:

$$I_{t=} \approx (0,2 \div 0,3) I_{a=}.$$

Ja tetrode strādā robežrežīmā:

$$I_{t=} \approx (0,07 \div 0,1) I_{a=},$$

$$I_{t_2=} \approx (0,15 \div 0,25) I_{a=}.$$

Pentodes robežrežīmam atbilst:

$$I_t \approx (0,05 \div 0,08) I_{a=},$$

$$I_{t2} \approx (0,15 \div 0,25) I_{a=},$$

$$I_{t3} \approx (0,01 \div 0,06) I_{a=}.$$

Jautājumi pašpārbaudei

1) Kādas priekšrocības ir lampu generatoram, strādājot otrās kārtas svārstību režīmā?

2) Kādas izmaiņas uzrāda ģenerators anoda ķēdē ieslēgtais līdzstrāvas mērinstruments, ja uz lampas tīkliņa ir ierosmes spriegums un ja tāda nav:

a) pirmās kārtas svārstību gadījumā?

b) otrās kārtas svārstību gadījumā?

3) Kāda starpība ir starp miera strāvu un anodstrāvas komponenti pirmās un otrās kārtas svārstību gadījumos?

4) Kā fizikāli izskaidrot zudumu jaudas samazināšanos uz lampas anoda otrās kārtas svārstību gadījumā? Tas pats pārsprīgtā režīmā?

5) Ko sauc par lampas dinamisko raksturlielni un kāda ir tās loma ģenerators darbā?

6) Kāpēc kontūra spriegumam ir kosinusoidāla forma, ja lampas anoda ķēdē strāvai ir sakropļota forma?

7) Kādā režīmā ģenerators nodod maksimālo jaudu un strādā ar maksimālo η ?

8) Kā var noskaņot ģenerators robežrežīmā, vadoties no ģenerators kontūrā ieslēgtā siltuma mērinstrumenta nolasījumiem?

9) Kādas priekšrocības un trūkumi ir pārsprīgtam režīmam?

10) Noteikt triodes ģenerators režīmu pēc nolasījumiem uz mērinstrumentiem:

a) $I_{a=} = 5 \text{ A}; I_t = 0,5 \text{ A},$

b) $I_{a=} = 3 \text{ A}; I_t = 1,5 \text{ A},$

c) $I_{a=} = 2 \text{ A}; I_t = 0,05 \text{ A}.$

Izpētīt uz mērinstrumentiem nolasītos mainīgos lielumus, palielinoties (samazinoties) $R_e, E_a, U_t, E_t.$

11) Noteikt tetrodes ģenerators režīmu pēc nolasījumiem uz mērinstrumentiem (pēc abiem tīkliņiem):

$$I_{a=} = 0,2 \text{ A},$$

$$I_t = 0,01 \text{ A}.$$

a) $I_{t2} = 0,04 \text{ A};$ b) $I_{t2} = 0,08 \text{ A};$ c) $I_{t2} = 0,02 \text{ A}.$

LAMPU ĢENERATORA TEORIJA UN APRĒĶINS

Literatūra: Mācību grāmata, IV nod.

Lampu ģeneratora aprēķina pamatā ir statisko raksturliķņu iztaisnošanas metode — to apmaiņa ar taisnu līniju nogriežņiem. Kā pirmais šo metodi izstrādāja akadēmiķis Šuļeikins, pēc tam tā tika papildināta un tālāk attīstīta Berga, Minca, Kļackina u. c. darbos. Statisko raksturliķņu iztaisnošanas princips paskaidrots mācību grāmatas zīm. IV.1 un IV.2. Idealizētas raksturliķnes tiek pieņemtas kā paralēli ejošas viena otrai ar tādu stāvumu S un caurtveri D , kāda ir šiem parametriem statisko raksturliķņu vidējā daļā.

Ir jāgriež uzmanība uz šādiem diviem lielumiem, kuriem ir liela loma ģeneratora aprēķinā:

1) «Pieņemtais spriegums» E_a — anoda spriegums, pie kāda iztaisnotā statiskā raksturliķne iet caur koordinātu sākumu.

2) Spriegums uz tīkliņa $E'_t = D(E_{a0} - E_a)$ atbilstošs statiskās raksturliķnes sākumam pie anoda sprieguma E_a .

Piegrieziet uzmanību idealizētu statisko raksturliķņu saimes pamatnolidzinājumam (IV.2). Idealizējot ir pieņemts, ka raksturliķnes paliek taisnas līdz punktiem, atbilstošiem:

$$i_{a-} = I_s \text{ un } e_a > e_t \text{ (zīm. IV.2).}$$

Tāpēc nolidzinājums (IV.2) ir pielietojams tikai uzrādītās robežās.

Mācību grāmatas zīm. IV.4 dota statisko raksturliķņu saime un ievests jēdziens par robež režīma līnijas stāvumu S_{rob} . Šā ļoti svarīgā lieluma nozīme ģeneratora aprēķinos dota ģeneratoru lampu tabulās.

Lampu ģeneratora režīmu un viņa enerģētiskās sakarības nosaka anodstrāvas impulsa forma un tā ilgums. Impulsa ilgumam ir liela nozīme pie ģeneratoru aprēķiniem. Tāpēc tiek pieņemts speciāls lielums, kas raksturo impulsa ilgumu, t. i., perioda laiku no maksimālās strāvas vērtības līdz nullei.

Par anodstrāvas nogriešanas leņķi vai vienkārši nogriešanas leņķi sauc pusi laika sprīža, kādā noris pilns impulss, izteikts grādos vai radiānos.

Mācību grāmatas zīm. IV.7 parādīts impulss ar nogriešanas leņķi $\Theta = 180^\circ$ (pirmās kārtas svārstības).

Zīm. IV.6 parādīts raksturīgs gadījums ar nogriešanas leņķi $\Theta = 90^\circ$.

Zīm. IV.8 un IV.9 parādīta nogriešanas leņķa un anodstrāvas maksimālā impulsa nozīmes atkarība no priekšsprieguma un ierosmes sprieguma uz lampas tīkliņa.

Lampu ģenerators aprēķina uzdevumā ietilpst noteikt visu strāvu un spriegumu lielumus tā ķēdēs. Pielietojot analitiskā aprēķina metodi, izmanto teoriju par izvirkzīšanu Furjē rindā. Šī metode dod iespēju aprēķināt koeficientus, kuri atkarīgi no nogriešanas leņķa Θ un ar kuru palīdzību var noteikt ģenerators līdzstrāvas komponenti $I_{a=}$ un harmonisko I_{a1}, I_{a2}, I_{a3} utt. amplitūdas.

Mācību grāmatas zīm. IV.11 attēlotas izvirkzījumu koeficientu a_0, a_1, a_2, a_3 utt. atkarība no nogriešanas leņķa Θ . No šiem grafikiem redzams, ka koeficients a_1 sasniedz savu maksimumu pie $\Theta=120^\circ$. a_2 un a_3 maksimumi iestājas attiecīgi pie $\Theta=60^\circ$ un $\Theta=40^\circ$. Koeficientiem a_2 un a_3 ir mazākas vērtības nekā a_1 .

Mācību grāmatas § IV.4 izvesti lampu ģenerators pamatnolīdzinājumi (IV.8 — IV.10) un aprēķinu pamatformulas, kuras saista lielumus $i_{a \max}, U_t, U_a$ un Θ :

$$i_{a \max} = S(U_t - DU_a)(1 - \cos \Theta) \dots \quad (IV.12)$$

$$\cos \Theta = \frac{-E_t - D(E_a - E_{a0})}{U_t - DU_a} \dots \quad (IV.13)$$

Šeit priekšsprieguma E_t vērtība ir ņemta ar tam atbilstoši zīmi. Praktiski uz tīkliņa parasti dod negatīvu priekšspriegumu un tāpēc šinī gadījumā nolīdzinājumā (IV.13):

$$-(-E_t) = +E_t.$$

Mācību grāmatas § IV.5 zīm. IV.14 dotas dinamiskās raksturliiknes divās koordinātu sistēmās un anodstrāvu impulsu formas pie dažādiem R_e slodzes lielumiem. Lai precizētu ģenerators darba noteikumus robežrežīmā, sevišķi ērtas un uzskatāmas ir raksturliiknes anodsistēmas koordinātēs.

Izejot no šo raksturliikņu apskata, var taisīt sekojošas piezīmes: ja ģenerators strādā robežrežīmā, tad katram sprieguma svārstību lielumam uz anoda (U_a) atbilst pie dotā sprieguma uz tīkliņa pilnīgi noteikta anodstrāvas ($i_{a \max}$) impulss. Svārstību spriegumam U_a jābūt jo mazākam, jo lielāks $i_{a \max}$. Atbilstoši tam atliku spriegumam uz anoda $e_{a \min} = E_a - U_a$ jābūt jo lielākam, jo lielāks $i_{a \max}$.

Nemot vērā šos apsvērumus, iespējams pēc lampu reālajām raksturliiknēm atrast $i_{a \max}$ vērtību, izvēloties atliku sprieguma lielumu robežās $e_{a \min} = (0,05 \div 0,2)E_a$ vai $\xi = (0,8 \div 0,95)$ dažādām lampām un otrādi, izvēloties lielumu $i_{a \max}$, noteikt pielaižamo $e_{a \min}$ darbam robežrežīmā.

Kā no mācību grāmatas zīm. IV.4 un IV.14 redzams, kritiskā režīma līnijas stāvums

$$S_{\text{rob}} = \frac{i_{a \max}}{E_a - U_{a \text{ rob}}} = \frac{i_{a \max}}{e_{a \min}}$$

Tālāk izvestas aprēķiniem ļoti svarīgas sakarības:

$$\xi_{\text{rob}} = 1 - \frac{i_{a \text{ max}}}{S_{\text{rob}} E_a} \text{ un } \eta = 0,5 \xi \gamma.$$

Tāda veida ģenerators lietderības koeficients ir tieši proporcionāls anoda sprieguma izmantošanas koeficientam ξ un

$$\gamma = \frac{\alpha_1}{\alpha_0}.$$

Jautājuma atrisināšanai par visizdevīgākā nogriešanas leņķa lielumu jāņem vērā, ka parasti uzstāda noteikumu dabūt pēc iespējas lielāku svārstību jaudu pie pietiekami liela η . Svārstību jauda savukārt

$$P_{\sim} = \frac{U_a \cdot I_{a1}}{2} = \frac{U_a \cdot \alpha_1 \cdot i_{a \text{ max}}}{2}.$$

No šejienes izriet, ka pie visiem pārējiem vienādiem noteikumiem, svārstību jauda ir atkarīga no koeficienta, kurš sasniedz maksimumu pie $\Theta = 120^\circ$. Lai gan, no otras puses, η lielums atkarājas no $\gamma = \frac{\alpha_1}{\alpha_0}$. Šis lielums, kā tas redzams no zīm. IV.13, palielinās ar Θ samazināšanos.

Tādā veidā rodas divi pretēji stāvokļi: palielinoties Θ , svārstību jauda aug, bet η krīt, un otrādi, samazinoties Θ , P_{\sim} krīt, bet η aug.

Mācību grāmatas zīm. IV.11 un IV.13 doto grafiku sīkāka analīze noved pie sekojošiem slēdzieniem. Intervālā $180^\circ > \Theta > 90^\circ$, koeficientam α_1 ir strups maksimums, t. i., maz pieaug svārstību jauda. Reizē ar to $\gamma = \frac{\alpha_1}{\alpha_0}$ pieaug no $1 (\Theta = 180^\circ)$ līdz $1,57 (\Theta = 90^\circ)$. Ja Θ samazināsies tālāk α_1 samazināsies, bet γ turpina pieaugt. Aprēķins rāda, ka pie nogriešanas leņķa $\Theta = 90^\circ$ derīgā jauda krīt tikai par 7%, bet η pieaug par 20%. Pie tam pie $\Theta = 120^\circ$ vairumam ģeneratoru triodēm vajadzīgs uz lampas tīkliņa pozitīvs spriegums (sk. piemēru «b» mācību grāmatas 87.—88. lpp.), kas praksē atgadās ļoti reti.

Pie maziem nogriešanas leņķiem no ģeneratora var dabūt mazāku jaudu, bet ar ļoti lielu η . Θ samazināšana saistīta arī ar nepieciešamību palielināt uz lampas tīkliņa ierosmes spriegumu un priekšspriegumu. Tehniskajos aprēķinos nogriešanas leņķi izvēl, izejot no aprēķina nodrošināt nepieciešamo jaudu pie pietiekami liela η .

Mācību grāmatas § IV.6 apskatīta ekvivalenta shēma, kurā ģenerators apmainīts pret ekvivalentu ģeneratoru ar E. D. S.

$\frac{U_t}{D}$ un reducētu iekšējo pretestību $R_1' = R_1 \alpha_1$, kur α_1 atkarīgs

no leņķa θ . Dots ekvivalentās shēmas pierādījums ar nolīdzinājumu. Jāņem vērā, ka zīm. IV.15 dotā shēma bieži ir kā pieņemta shēma un enerģētiskajiem aprēķiniem tā nav derīga.

§ IV.7 tiek apskatīts ģeneratora darbs tanī gadījumā, kad anodstrāvas impulsam ir plakana forma. Ir atzīmēts šāda režīma neizdevīgums, neskatoties uz to, ka pie šāda režīma tiek panākts neliels jaudas ieguvums. Lampās ar oksidētu katodu galīgi izslēgts darbs ar plakānu impulsu.

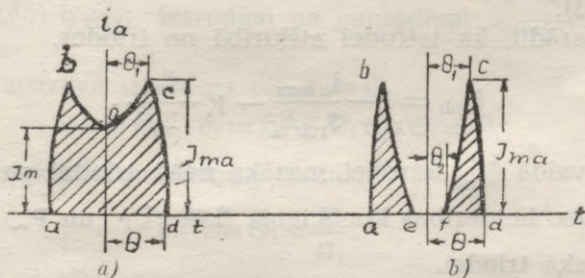
Praktiski ievērojami lielāka nozīme ir ģeneratora darbam pārspriegtā režīmā. Kā jau tika aizrādīts, pārspriegtam režīmam ir vairākas priekšrocības, kuras tā pielietošanu daudzos gadījumos dara ļoti vēlamu, bet pie anoda modulācijas pat obligātu.

Aprēķinu procesā izšķir divus gadījumus:

$$1) \xi_{\text{rob}} < \xi < 1; \quad 2) \xi < 1.$$

Pirmā gadījumā anodstrāva, samazinoties uz tiklīnstrāvu rēķina, nesasniedz nulli. Tādu režīmu sauc par vāji pārspriegtu vai 1-mā veida pārspriegtu režīmu (zīm. 1a).

Otrā gadījumā dažos laika momentos anodstrāva līdzinās nullei. Tādu režīmu sauc par stipri pārspriegtu vai otrā veida pārspriegtu režīmu (zīm. 1b).



1-a zīm. Pirmā veida pārspriegts režīms

1-b zīm. Otrā veida pārspriegts režīms

Ģeneratora impulsu sadalīšanas koeficientu noteikšanai pārspriegtā režīmā ir šāds princips: pirmā gadījumā impulsu novērtē kā plakānu impulsa $abcd$, ar augstumu I_{ma} , starpību ar šķautnainu impulsu boc , ar augstumu $I_{ma} - I_m$; otrā gadījumā impulsu novērtē kā divu plakānu impulsu $abcd$ un $bcfe$, ar kopējo augstumu I_{ma} , starpību. Ar aprēķinu formulām iespējams izrēķināt θ , θ_1 , θ_2 , I_m , I_{ma} , t. i., pilnīgi noteikt impulsa formu.

Tālāk, piemēram, 1-mā veida impulsam pēc Berga tabulām atrodam koeficientus $\alpha_{1\Pi}$ un $\alpha_{0\Pi}$ plakānam impulsam ar augstumu I_{ma} un koeficientus α_1 un α_0 šķautnainam impulsam ar augstumu $I_{ma} - I_m$.

I_{a1} un $I_{a=}$ vērtības visam impulsam atrodam, ka starpību:

$$I_{a1} = I_{ma} \alpha_{1\Pi} - (I_{ma} - I'_m) \alpha'_1$$

$$I_{a=} = I_{ma} \alpha_{0\Pi} - (I_{ma} - I'_m) \alpha'_0.$$

Analoģiski 2-rā veida impulsam α_1 un α_0 vērtības tiks atrastas kā divu plakānu impulsu, ar augstumu I_{ma} , koeficientu $\alpha_{1\Pi}$ un $\alpha_{0\Pi}$ starpība. Pārspriegta režīma aprēķina formulas dotas Jevtjanova mācību grāmatā «Radio raidiekārtas», 7. nod. 121.—124. lpp. un tā paša autora uzdevumu krājumā 10 lpp. Šo grāmatu beigās ievietotas Berga tabulas sadalīšanas koeficientu α_1 un α_0 noteikšanai dažādas formas impulsiem.

Der vērst uzmanību uz dažām īpatnībām, aprēķinot ģeneratoru ar ekrānēta anoda lampu. Tetrodei var pieņemt $D \approx 0$. Pie tam statisko raksturliķņu saime pie dažādiem ekrāntiķļa spriegumiem izskatās kā paralēlas taisnes (zīm. IV.19).

Par aprēķina lielumu ir ekrāna spriegums E_{t20} , pie kura raksturliķne iet caur nulli.

No apskatīto reālo un idealizēto tetrodes statisko raksturliķņu saimes (zīm. IV.20) redzams, ka robežrežīma līnija sākas nevis no koordinātu sākuma, bet pie sprieguma $E'_{a=} = KE_{t2}$ ($K=0,5 \div 1$).

Var parādīt, ka tetrodei atšķirībā no triodes,

$$\xi_{rob} = 1 - \frac{j_{a \max}}{S_{rob} E_a} - K \frac{E_{t2}}{E_a}.$$

Tādā veidā ξ_{rob} tetrodei mazāks nekā triodei par lielumu $K \frac{E_{t2}}{E_a}$. Tāpēc lietderības koeficients $\eta = \frac{1}{2} \xi \gamma$ un P_{\sim} izrādīsies mazāks nekā triodei.

ξ_{rob} pentodei nosaka pēc tās pašas formulas kā triodei. Ģeneratoru lampu tabulā S_{rob} dod pie $E_{t3} = 0$.

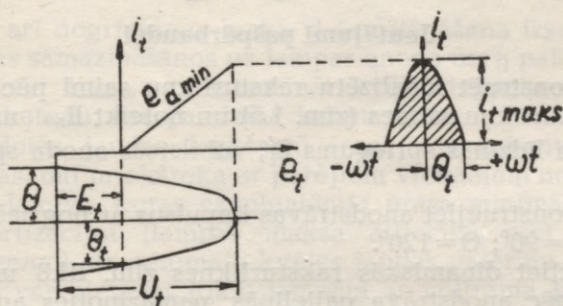
Pie nelieliem pozitīviem spriegumiem uz bremztiķļa ($E_{.3} = 30 \div 50$ V), S_{rob} palielinās par 3÷5%.

Ģeneratora tiķļa ķēde

Ģeneratora tiķļņstrāvas raksturliķnei nepārspriegtā režīmā ir sarežģīts veids (mācību grāmata, zīm. III.13). Bez tam novērojams liels tiķļņstrāvas izkliedes iespaids uz ģeneratora lampu parametriem un ļoti liela jutība uz kvēlsprieguma izmaiņām. Tāpēc precīzs tiķļņstrāvu aprēķins ir ļoti apgrūtināošs. Rēķinot aptuveni, tiķļņstrāvas dinamisko raksturliķni pieņem par lauztu līniju ar lūzumu koordinātu sākumā.

Šinī gadījumā tiķļņstrāvas impulss reprezentē kosinusoidas nogriezni.

Stūrējošo tikliņa ķēdi aprēķina šādā kārtībā:



2. zim. Tikliņstrāvas impulss un idealizēta raksturlikne nepārspriegtā režīmā

Pirms stūrējošā tikliņa ķēdes aprēķina jāaprēķina anoda ķēde:

1) Pēc tikliņstrāvas statisko raksturliķņu saimes nosaka impulsa $i_{t \max}$ augstumu (pie sprieguma uz tikliņa $e_{t \max} = E_t + U_t$ un $e_{a \min} = E_a - U_a$).

Ja nav pieejama raksturliķne, tad triodei var pieņemt $i_{t \max} \approx (0,1 \div 0,15) i_{a \max}$; tetrodēm un pentodēm: $i_{t \max} \approx (0,05 \div 0,1) i_{a \max}$.

2) Tikliņstrāva izbeidzas pie $e_t = 0$;

$$\omega t = \Theta_t; \quad e_t = E_t + U_t \cos \Theta_t = 0;$$

no šejienes nogriešanas leņķis tikliņstrāvai:

$$\cos \Theta_t = \frac{E_t}{U_t}.$$

3) Tikliņstrāvu līdzstrāvas komponente:

$$I_{t-} = i_{t \max} \alpha_0.$$

4) Pirmās harmoniskās amplitūda tikliņstrāvai:

$$I_{t1} = i_{t \max} \alpha_1.$$

Koeficientus α_1 un α_0 atrod pēc tām pašām tabulām kā anodstrāvai.

5) Jauda, kādu patērē tikliņa ķēde no iepriekšējās pakāpes anoda ķēdes:

$$P_{t\sim} = \frac{U_t \cdot I_{t1}}{2}.$$

6) Priekšsprieguma ķēdē izdalītā jauda:

$$P_{t-} = E_t I_{t-}.$$

7) Jaudas zudumi uz tīkliņa:

$$P_t = P_{t\sim} - P_{t=}$$

Jautājumi pašpārbaudei

1) Uzkonstruēt idealizētu raksturlīkņu saimi pēc reālo statisko raksturlīkņu saimes (zīm. 1.5) un noteikt E_{a0} un E'_t .

2) Kam līdzinās spriegums E'_t , atbilstošs anoda spriegumam E_{a0} ?

3) Uzkonstruējiet anodstrāvas impulsus ar nogriešanas leņķi $\Theta = 60^\circ$; $\Theta = 90^\circ$; $\Theta = 120^\circ$.

4) Izpētiet dinamiskās raksturlīknes zīm. III.8 un paskaidrojiet, kāpēc anodstrāva palielinās, pamazinoties anoda spriegumam?

5) Kāda lampa uzskatāma par visizdevīgāku un par mazāk izdevīgu, skatoties pēc svārstību jaudas un η (pie vienādiem E_a un I_s): triode, tetrode vai pentode?

Studējošiem ieteicams izrēķināt mācību grāmatas IV. nodaļā 1, 2 un 3 piemērus.

V t ē m a

LAMPU ĢENERATORA TEHNISKAIS APRĒĶINS

Literatūra: Mācību grāmata, V daļa.

Mācību grāmatas § V.1 dots lampu ģeneratora aprēķinam nepieciešamo formulu sakopojums.

Ievērojiet īpatnības ξ_{rob} , U_t , E_t un $I_{t=}$ noteikšanai lampām ar ekranētu anodu.

§ V.2 iztirzāts provizorisks aprēķins ģeneratoram ar vienkāršu, viegli prātā paturamu formulu palīdzību, kādas bieži praksē pielieto ģeneratora režīma ātrai noteikšanai.

Šīs formulas, kā arī visbiežāk lietojamo koeficientu (α_1 , α_0 pie $\Theta = 90^\circ$) vērtības ieteicams atcerēties.

Ģeneratoru aprēķinu praksē iespējami divi pamatgadījumi:

1) Lampu aprēķins to nominālās jaudas pilnīgai izmantošanai.

Aprēķina kārtība dota V daļā. Nogriešanas leņķa $\Theta = 120^\circ$ izvēle bez sevišķas vajadzības nav lietderīga, tāpēc ka šinī gadījumā svārstību jauda palielinās neievērojami, bet η samazinās ļoti krasi.

2) Ģeneratora aprēķins dotai jaudai.

Ja uzdotā jauda ir mazāka par lampas nominālo jaudu, tad, kā no izteiksmes $P_{\sim} = 0,5 \cdot \alpha_1 \cdot \xi \cdot I_{a \max} E_a$ redzams, jaudas samazināšanu var panākt dažādā veidā.

ξ samazināšanas variants acīm redzot nav piemērojams tāpēc, ka tas izsauc ģenerators lietderības koeficienta samazināšanos ($\eta = 0,5\xi\gamma$).

α_1 , kā arī nogriešanas leņķa Θ samazināšana izsauc ģenerators jaudas samazināšanos uz lampas anoda un η palielināšanos.

Samazinot $i_{a\max}$, var samazināt kvēlspriegumu lampām ar volframa katodu; tas paīdzina lampu mūžu.

Ja uzdotās jaudas iegūšanai iespējams izmantot vairāku tipu lampas, tad priekšroka ar pārējiem vienādiem noteikumiem jādod tai lampai, kuras ekspluatācija prasa minimālos izdevumus amortizācijai (lampas maksa attiecībā pret nokalpoto stundu ilgumu), ar minimālu kvēles jaudas patēriņu. Praktiskos aprēķinos var pieņemt (tikai lampām ar volframa katodu), ka, samazinoties kvēlspriegumam par 1%, paīdzina lampas mūžu par 13% un emisijas strāvas samazinās par 7–8%.

Bez tam vēl, ja lampa strādā ar samazinātu $i_{a\max}$, var iztikt ar mazāku U_t ; samazinās arī stūrējošā tīkļa spriegums.

Gadījumā, ja ir triodes ģenerators, tad $i_{a\max}$ samazināšana izsauks $e_{a\min}$ samazināšanos, kas atļauj palielināt ξ_{rob} un η .

Īpatnība strādāt ar samazinātu $i_{a\max}$ izskaidrojama ar to, ka šādā gadījumā ir japalielina kontūra R_e . Īso un ultraīso viļņu diapazonā iegūt R_e ar lielu vērtību sagādā zināmas grūtības. Turpretim, strādājot ar samazinātu E_a , kontūram nepieciešamā R_e , salīdzinot ar nominālo režīmu, samazinās.

E_a pazemināšana ir labvēlīga arī no shēmas detaļu izolācijas viedokļa. Tomēr līdz ar to drusku pazeminās ξ_{rob} un η lielumi. Bieži jautājumu par E_a lielumu izšķir atkarība no esošajiem barošanas avotiem. Pie tehniskiem aprēķiniem ir jāņem vērā ka lieluma $E_t = D(E_{a0} - E_a)$ vērtība jāizmaina atbilstoši E_a izmaiņām.

Ģenerators aprēķina kārtībā dotajai jaudai parādīta V nodaļā. Tās pašas nodaļas beigās pievesti vairāki aprēķinu piemēri izvēlētai lampai un dotai jaudai. Ļoti noderīgi ir izrēķināt šos piemērus patstāvīgi.

Jautājumi pašpārbaudei

1) Ģenerators strādā robežrežīmā ar kontūru, kura $R_e = 16000$ omi.

Režīms: $I_{a=}$ = 100 mA; $E_a = 3000$ V; $\Theta = 90^\circ$.

Noteikt P_{\sim} un η .

Atbilde: $P_{\sim} = 200$ W ; $\eta = 67\%$.

2) Triodes ģeneratoram robežrežīmā ir šādi dati:

$S = 2$ mA/V; $E_a = 3000$ V; $\Theta = 90^\circ$; $\eta = 70\%$.

Anoda kontūra īsslēguma gadījumā anoda līdzstrāvas komponente $I_{a=}$ pieauga par 17 mA. Noteikt caurtveri D .

Atbilde: $D = 0,01$.

3) Triodes ģenerators mērinstrumenti uzrāda sekojošo:
 Kontūra strāva $I_k = 10$ A.
 $I_{a_1} = 100$ mA. Nepārspriegts režīms. Kontūra: $Q = 90$; $p = 1$.
 Noteikt nogriešanas leņķi.

Atbilde: $\Theta = 90^\circ$.

4) Ģeneratoram izmērīts:
 $I_k = 10$ A; $J_a = 200$ mA; $F_a = 3000$ V; $r_k = 4$ omi.
 Noteikt η , P_a .

Atbilde: $\eta = 67\%$.

5) Ģenerators strādā robežrežīmā ar $\eta = 70\%$.
 Režīms: $F_a = 3000$ V, $U_a = 2700$ V.
 Noteikt Θ un P_a .

Atbilde: $\Theta = 90^\circ$; $P_a = 84$ Wt.

VI t ģ e m a

LAMPU ĢENERATORU SHĒMAS

Literatūra: Mācību grāmata, VI daļa.

No lampu ģenerators aprēķina redzams, ka anoda ķēde ieslēgtam kontūram nepieciešamo ekvivalento pretestību nosaka šādi: $R_e = \frac{U_a}{I_{a1}}$.

Tādā veidā ne pie katras R_e vērtības ir iespējams realizēt izvēlēto ģenerators režīmu, bet gan tikai pie pilnīgi noteiktas R_e vērtības atkarīgas no U_{a1} un I_{a1} . No otras puses, attiecībā uz svārstību kontūru, nepieciešamā R_e vērtība, lai realizētu izvēlēto lampas režīmu, atkarīga no kontūras parametriem un tā ieslēgšanas veida:

$$R_e = p^2 \cdot \frac{\rho^2}{r}$$

Vienkārša ģenerators shēmā R_e vērtības maiņu panāk, izmainot anoda saites koeficienta p lielumu, pārstādot anoda saitē nozarspaili (zīm. VI.2 un VI.3).

Sarežģīta ģenerators shēmā parasti $p = 1$, un R_e izmaiņu panāk izmainot saiti ar slodzi, kā rezultātā izmainās ģenerators anoda kontūrā ienestā pretestība.

Praksē bieži pielieto sarežģītas ģenerators shēmas. Mācību grāmatas zīm. VI.4 dota sarežģīta ģenerators shēma ar diviem kontūriem. Noskaņojot abus kontūrus rezonansē

$$R_e = \frac{\rho_1^2}{r_1 + r_{ien}} = \frac{\rho_1^2}{r_1 + \frac{\omega^2 M^2}{r_2}} \quad (VI.3)$$

Šeit r_{ien} — ienestā pretestība pirmā (anoda) kontūrā,
 r_1 — pirmā kontūra aktīvā pretestība,
 r_2 — otrā kontūra aktīvā pretestība.

Anoda kontūra lietderības koeficientu nosaka ar izteiksmi:

$$\eta_k = \frac{r_{ien}}{r_1 + r_{ien}} = \frac{1}{\frac{r_1}{r_{ien}} + 1} = \frac{1}{1 + \frac{r_1 r_2}{\omega_2 M_2}}$$

Nemot ciešāku saiti palielinās ienestā pretestība un kontūra η , bet samazinās

$$R_e = \rho_1 Q_1 (1 - \eta_k) \quad (\text{VI. } 3')$$

Ja nemaz nav saites ar otru kontūru, tad $\eta_k = 0$ un $R_{et} = \rho_1 Q_1$, kas atbilst ģenerators tukšgaitai.

No otras puses, lai realizētu ģeneratoram aprēķinu ceļā noteikto režīmu, jānodrošina pilnīgi noteikta vērtība $R_e = \frac{U_a}{I_{a1}}$.

No izteiksmes (VI.3') redzams, ka, jo lielāks R_e , jo pie lielāka kontūra lietderības koeficienta η_k var realizēt vajadzīgo R_e vērtību.

Pie mazas R_{et} vērtības (kā tas piemēram ir pie augstām frekvencēm) realizēt pietiekami augstu η_k sagādā zināmas grūtības.

Aprēķinot ģeneratoru pēc sarežģītas shēmas, ir ņemtas vērā šādas η vērtības:

1) η anoda kontūram (starpkontūram), t. i., otrā (antenas) kontūrā esošās jaudas attiecībā pret svārstību jaudu, kādu atdod lampa:

$$\eta_k = \frac{P_A}{P_{\sim}};$$

2) ģenerators lampai: svārstību jaudas, kādu atdod lampa, attiecībā pret jaudu, kādu pievada lampai:

$$\eta = \frac{P_{\sim}}{P_{=}};$$

3) kopējais η ģeneratoram:

$$\eta_{rez} = \frac{P_A}{P_{=}} = \frac{P_A}{P_{\sim}} = \frac{P_{\sim}}{P_{=}} = \eta \cdot \eta_k.$$

Piemērs. Jauda raidītāja antenā $P_A = 100$ kW; starpkontūrā $\eta_k = 0,95$; ģenerators lampas $\eta = 0,7$. Jānosaka svārstību jauda P_{\sim} , kādu atdod lampa, pievadītā jauda $P_{=}$ un ģenerators kopējais η :

$$P_{\sim} = \frac{P_A}{\eta_k} = \frac{100}{0,95} = 105 \text{ kW};$$

$$P_{=} = \frac{P_{\sim}}{\eta} = \frac{105}{0,7} = 150 \text{ kW};$$

$$\eta_{rez} = \eta_k \cdot \eta = 0,95 \cdot 0,7 = 66,5 \%$$

Studējot šo tēmu, ieteicams atkārtot pēc mācību grāmatas «Radiotehnikas pamati» nodaļu par atsevišķiem un saistītiem svārstību kontūriem. Izpētiet pēc mācību grāmatas R_e regulēšanas īpatnības vienkāršā un sarežģītā shēmā.

§ VI.2 apskatītas divas anoda barošanas shēmas — sērijas un paralēlā. Sastādot ģeneratoru shēmas, ieteicams vadīties no vispārējā likuma: barošanas avoti nedrīkst iespaidot augstfrekvenču ķēžu noskaņošanu; augstfrekvenču strāvas nedrīkst nokļūt nevienā shēmas elementā, izņemot kontūru un lampu. Parasti visiem avotiem ģeneratora shēmā ir «zeme».

Izpētiet pēc mācību grāmatas pa detaļām sērijas un paralēlās barošanas shēmas, to īpatnības, detaļu nozīmi, priekšrocības un trūkumus.

Jāgriež uzmanība uz to, ka paralēlas barošanas shēmas augstfrekvences ķēdē, anoda drosele ieslēgta paralēli kontūram. Šī drosele atstāj iespaidu uz kontūra noskaņojumu. Bez tam viņai ir kapacitāte, kura ar frekvences pieaugšanu samazina droseles pretestību. Uz isiem viļņiem droseles kapacitāte palielina shēmas sākuma kapacitāti, līdz ar to ierobežojot lie-

lumumu $\rho = \frac{1}{\omega C}$ un R_e .

Šo iemeslu dēļ paralēlas barošanas shēmai pie isiem viļņiem ir dodama priekšrocība.

Lampas un anoda barošanas avotu aizsardzībai lampu caursišanas un išslēgumu gadījumos jaudīgo lampu anoda ķēdēs išslēdz pretestības-ierobežotājas, drošinātājus, automātus.

Mācību grāmatā dotas formulas (VI.5 un VI.6) anoda droseles induktivitātes un nodalīšanas kondensatora kapacitātes lielumu aprēķināšanai paralēlas barošanas shēmā.

Nodalīšanas kondensatoram jāiztur ne mazāk kā divkārtīgs spriegums F_a .

§ VI.3 apskatītas ģeneratora tīkliņa ķēdes. Zīm. VI.12 dotajā shēmā apskatītas trīs saites shēmas ar ierosmes anoda kontūru, kuras atšķiras viena no otras ar savu saites veidu (induktīvā, konduktīvā un kapacitatīvā). Analogiski anoda ķēdēm arī tīkliņu ķēdēm var būt sērijas un paralēla barošana. No šī redzes viedokļa zīm. VI. 12a attēlotā shēma ir sērijas barošanas shēma, bet zīm. VI.12b un c dotās shēmas — paralēlās barošanas. Tīkliņu sērijas barošanas shēmu praktiski var pielietot tikai induktīvas saites gadījumā (kāpēc?).

Piegrieziet vērību divām automātiskā priekšsprieguma shēmām (zīm. VI.13 un VI.14). Pirmā shēma atšķiras ar īpatnību — nav iespējams dabūt — E_t pēc absolūtās vērtības lielāku par U_t . Otra shēma var strādāt arī bez tīkliņstrāvām (bufera režīms), lai gan tās pielietošana ir ierobežota ar to, ka viņa prasa kvēlei atsevišķus barošanas avotus un šo avotu izolāciju no zemes. Mācību grāmatas 104. lpp. doti pamatlukumi, pēc kuriem

jāvādās, konstruējot tīkliņa ķēžu shēmas. Šie likumi uzskatāmi ilustrēti zīm. VI.15 un VI.16a un b. Studējošiem ieteicams rūpīgi izpētīt šīs shēmas, izanalizēt kļūdu iemeslus un salīdzināt ar zīm. VI.12 attēlotām shēmām.

Lai analogisku shēmu sastādīšanā apgūtu pieredzi, ieteicams patstāvīgi sastādīt vairākas tīkliņa ķēžu shēmas.

Jāgriež uzmanība uz dinatrona efekta kaitīgajām sekām lampas tīkliņa ķēdē, it sevišķi, ja automātiskais priekšspriegums iegūts uz tīkliņstrāvu rēķina. Kā radikālu līdzekli cīņai ar šo parādību var uzskatīt kenotrona katoda pieslēgšanu paralēli tīkliņam (S. A. Zusmanovska priekšlikums). Pielietojot pārspriegto režīmu, arī būs izslēgts dinatrona efekts.

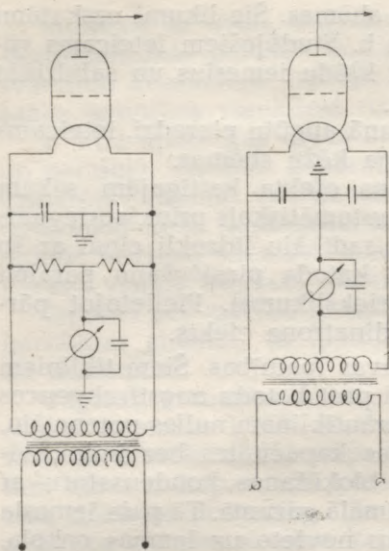
Ekrāna un bremztīkliņam ir savas īpatnības. Šiem tīkliņiem jābūt nulles potenciālam attiecībā pret katodu augstfrekvences ķēdē. Sevišķi svarīgi ir iestādīt ekrāntīkliņam nulles potenciālu. Tam nolūkam bloķēšanai jāizvēlas kapacitātes bez induktivitātes, bet vadiem, kuri savieno bloķēšanas kondensatoru ar ekrāntīkliņu un katodu, jābūt minimālā garumā. Tā paša iemesla dēļ bieži bloķēšanas kondensatoru novieto uz lampas cokola. Praksē visbiežāk ekrāntīkliņu baro no anoda avota. Anodsprieguma pazemināšanai līdz vajadzīgajam lielumam iespējams pielietot sprieguma dalītāju vai dzēšanas pretestību. Tomēr tetrodēs, ja ir dinatrona efekts, ekrāntīkliņa ķēdē parādās pretēji virzīta strāva, kā rezultātā sprieguma kritums uz dzēšanas pretestības samazinās, un, ja elektronu un dinatrona strāvas ir vienlīdzīgas, tas var līdzināties nullei.

Ja nav dinatrona efekta, tad ekrāntīkliņa barošana caur dzēšanas pretestību traucē krasi izmainīt ekrāntīkliņa strāvas lielumu. Tāpēc daudzos gadījumos ir vēlama shēma ar dzēšanas pretestību. Šo shēmu visbiežāk pielieto pentodes generatoros un staru tetrodēs, tāpēc ka šinīs lampās ekrāntīkliņiem nav dinatrona efekta.

Ekrāntīkliņu barošanai visērtāk pielietot potenciometru, ņemot vērā, ka šo tīkliņu strāvas ir ļoti niecīgas un tām ir nepastāvīgs raksturs.

Generatoru lampu kvēles var barot kā no maiņstrāvas avotiem caur kvēles transformatoriem, tā arī no līdzstrāvas avotiem (mašīnas, taisngrieži). 50 Hz fona vājināšanai, barojot no maiņstrāvas tīkla, izmanto t. s. kvēles «viduspunktus» (3. zīm.).

Katoda viduspunktu realizē iezemojot pretestības R vidū punktu, vai kvēles transformatora sekundārā tinuma viduspunkta atzarojumu. Lai dotu ceļu anoda maiņstrāvas komponentei, kvēldiega galus bloķē uz zemi ar kondensatoriem C. Bieži starp viduspunktu un zemi slēdz līdzstrāvas ampermetru; ar kuru izmērī lampām kopējo katodstrāvu (anoda un tīkliņstrāvu summu). Šis jautājums sīkāk iztirzāts Terentjeva mācības grāmatā «Radio iekārtu elektriskā barošana», 210—212 lpp.



3. zīm. Kvēles viduspunkta izveidojums

Radio raidiekārtās bieži pielietots vienlaicīgs lampu darbs uz kopējo slodzi. Tam nolūkam iespējams slēgt lampas pēc prettakta shēmas un paralēli.

Prettakta shēmas ģenerators sastāv no diviem pleciem; lampu tīkliņus ierosina pretfāzē. Lampu anodi pieslēgti pie svārstību kontūra pretējiem galiem un baro to pārmaiņus. Vairāki prettakta shēmu varianti parādīti mācību grāmatas zīm. VI.21 un VI.27. Lai apgūtu prettakta shēmas darbu, sākumā tiek apskatīts vienkāršu shēmu darbs, kuru svārstību kontūri slēgti virknē (zīm. VI.22). Mācību grāmatas zīm. VI.23 un VI.24 ir attēlotas šādā shēmā pamatfrekvences un augstāko harmonisko strāvu un spriegumu diagramas.

Tālāk parādīts, ka prettakta shēma atšķiras no zīm. VI.22 dotās shēmas tikai ar to, ka te nav vada, kas savieno ekvipotenciālos punktus b un c zīm. VI.25 dotā shēmā. Der pievērst sevišķu uzmanību zīm. VI.26 uzrādītai prettakta shēmai vispārējā veidā. Apskatieties uzmanīgi ceļus, pa kādiem plūst anodstrāvas pāru un nepāru harmoniskās prettakta shēmā (parādītas ar šautriņām). Apskatot zīm. VI.26 redzams, ka pirmās un citu nepāra harmonisko strāvas cirkulē virknes slēguma ķēdē: abas lampas un kontūrs.

Pāra harmonisko strāvas turpretim pienāk kontūrā ar viennozīmīgām fāzēm un iznīcinās zarā x_3 , izejot caur zariem x_1 un x_2 , un saskaitas barošanas vadā ab. Attiecībā uz pāra harmoniskām lampu anodu ķēdes ir slēgtas paralēli.

Zīm. VI.21 lampu katodi jāsavieno ar zemi tāpat kā zīm. VI.21-a. Šinī gadījumā dabū shēmu, kura visvairāk ir izplatīta īsvilņu raidītājos. Bieži paceļas jautājums par droseles L_D nozīmi. Par cik kontūrspoles viduspunkta potenciāls attiecībā uz augstfrekvenci līdzinās nullei, tad rodas doma, ka droseļi var izslēgt (saslēgt īsi). Ja tā izdarītu, tad caur kondensatoru, kurš bloķē anoda barošanas avotu, būs izņemots augstfrekvences ķēdē arī kontūra induktīvais zars. Šinī gadījumā radīsies shēma analogiska zīm. VI.22 parādītai shēmai, kurā anoda kontūrs ir saskaldīts divos kontūros. Tāds savienojums var izsaukt kontūriem zināmu izskaņošanu (viduspunkta b potenciāls nebūs

līdzīgs nullei). Bez tam asimetrijas dēļ palielināsies iespēja pāra harmonisko nokļūšanai antenā. Zīm. VI.28 parādīti dažādi prettakta ģenerators ierosinātāju shēmu varianti. Varianti b un c ir raksturīgi gadījumam, kad no ierosinātāja vientakta shēmas pāriet uz ģenerators prettakta shēmu.

Jaudas P_{\sim} aprēķina princips prettakta ģeneratoram ir sekojošs: sākumā parastā kārtībā aprēķina vienu plecu uz pusi no jaudas

$$P_{\sim 1} = \frac{P_{\sim}}{2}.$$

Pievēršoties visai shēmai, dubultoņas kopējais lampu skaits, kā arī jaudas P_{\sim} , $P =$ un strāva $I_{a=}$: $R_e = 2R_{e1}$; $U_k = 2U_a$; I_{a1} un η neizmainās. Mācību grāmatas 113. lpp. dots piemērs prettakta shēmas ģenerators aprēķinam.

Savienojot divas lampas paralēli, varētu dabūt to pašu jaudu P_{\sim} , pie tiem pašiem barošanas spriegumiem un enerģētiskām attiecībām, bet pie citādas kontūra ekvivalentās pretestības:

$$R_e = \frac{R_{e1}}{2}.$$

Tas, ka šinī gadījumā vajadzīga tikai puse no kontūra R_e , vērtības, salīdzinot ar vienu lampu, izskaidrojams ar to, ka

$$R_e = \frac{U_a}{I_{a1}}.$$

I_{a1} divām paralēli strādājošām lampām ir divas reizes lielāka nekā vienai lampai.

Ģenerators aprēķina piemērs ar divām paralēli strādājošām lampām dots mācību grāmatas V. nod. 89.—90. lpp.

Salīdzinot lampu prettakta un paralēlā slēguma shēmas, var norādīt uz šādām to priekšrocībām un trūkumiem:

Prettakta shēma:

- 1) atvieglots pāra harmonisko filtrācijas uzdevums;
- 2) kopējā anoda barošanas vadā nav nepāru harmonisko strāvu;
- 3) iespēja pielietot simetrisku fīderu īsviļņu antenu barošanai;
- 4) atvieglots starpelektrodu kapacitātes anods-tīkliņš neitralizācijas jautājums;
- 5) lampu izejas kapacitātes slēgtas sērijā un shēmas kopējā sākuma kapacitāte ir mazāka, salīdzinot ar paralēlo slēgumu.

Pateicoties savām izcilām īpašībām, prettakta shēma iegūvusi plašu pielietošanu, it sevišķi raidītāju izejas pakāpēs.

Prettakta shēmas trūkums kontūram jābūt ar lielu R_e un ar dubultotu spriegumu uz tā. Salīdzinot ar paralēlo shēmu kontūra pretestība jāpavairo 4 reizes.

Strāvas palielināšana un vajadzīgā R_e samazināšana — paralēlās shēmas priekšrocības. Paralēlai shēmai ir šādi trūkumi:

1) shēmas parazitiskās kapacitātes pieaugšana. Tas apgrūtina realizēt kontūru ar labu raksturlīkni;

2) jaunu parazitisku papildu kontūru rašanās kā rezultātā no kopņu induktivitātes, kuras savieno viennozīmīgo lampu elektrodes, kā arī no starpelektrodu kapacitātēm;

3) spriegumu nesakrišana fāzēs uz tīkliņiem un lampu parametru izkliede noved pie derīgās jaudas samazināšanās uz sloģa, salīdzinot ar nominālo.

Aprādīto iemeslu dēļ praksē cenšas neslēgt paralēli vairāk par divām lampām vientakta shēmā vai arī vienā plecā prettakta shēmā.

Jautājumi pašpārbaudei

1) Vai pastāv principiāla starpība starp paralēlās un sērijas anoda barošanas shēmām?

2) Sarežģītas shēmas ģenerators strādā uz antenu robežrežīmā. Kā izmainīsies ģenerators režīms, antenai pārtrūkstot?

3) Kāpēc barošanas avoti jāslēdz vadā, kura potenciāls attiecībā uz augstfrekvenci pret zemi ir līdzīgs nullei?

4) Ģenerators anodam ir paralēla barošana. $E_a = 3000$ V, $\xi = 0,9$. Noteikt spriegumu uz bloķēšanas droseles un nodalīšanas kondensatora.

5) Kāpēc otrā tīkliņa ķēdes dzēšanas pretestību nevar slēgt tieši pie lampas anoda?

6) Kāpēc, izmantojot taisngriezi kā priekšsprieguma avotu, tas ir jāslēdz ar pretestību?

7) Ģenerators strādā robežrežīmā uz divām vienāda tipa paralēli ieslēgtām lampām. Kā izmainīsies spriegojuma režīms un enerģētiskā bilance anoda ķēdē, ja vienai no lampām pārdegs kvēldiegs?

8) Ģenerators strādā robežrežīmā uz vienas lampas. Kā izmainīsies spriegojuma režīms un enerģētiskā bilance anoda ķēdē, ja pievienos paralēli vēl vienu vienāda tipa lampu ar pirmo lampu?

9) Ģenerators slēgts pēc prettakta shēmas un strādā robežrežīmā. Kā izmainīsies ģenerators režīms un tā atdotā jauda, ja vienai lampai pārdegs kvēldiegs?

10) Kādā režīmā strādāja ģenerators, saslēgts pēc prettakta shēmas, ja, pārdegot kvēldiegam, vienai no lampām:

a) kontūrstrāva samazinājās 2 reizes,

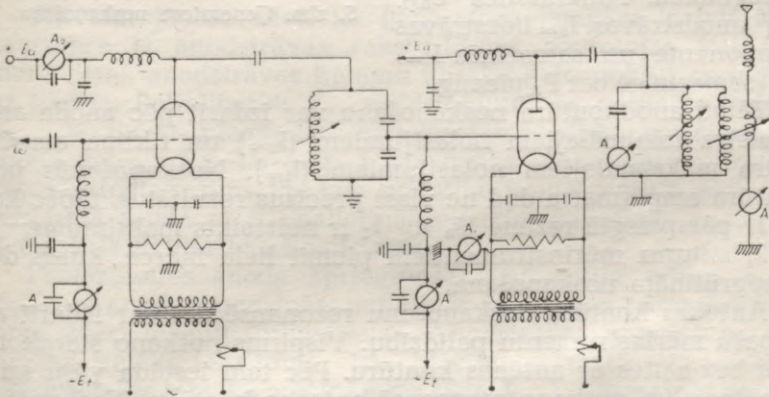
b) kontūrstrāva praktiski nesamazinājās.

NEATKARĪGAS IEROSMES LAMPU ĢENERATORA
NOSKAŅOŠANA

Literatūra: Mācību grāmata, VII nod.

Noskaņojot lampu ģeneratoru, ir jāpanāk no tā nepieciešamā jauda ar iespējami lielāku lietderības koeficientu. Raidītāja kontūru noskaņošanu rezonansē, saites izvēli starp pakāpēm un izejas pakāpei ar antenu izdara vadoties no mērinstrumentu nolasiņumiem. Konkrētā piemērā (4. zīm.) apskatīsim jautājumu par to, kādus mērinstrumentus pielieto raidītāja darba režīma kontrolei, kā arī noteikumus to ieslēgšanai shēmā.

Stacionārā raidītāja pakāpe parasti ir apgādāta ar magneto-elektriskiem mērinstrumentiem anoda un stūrējošo tīkliņu līdzstrāvas komponentu izmērīšanai.



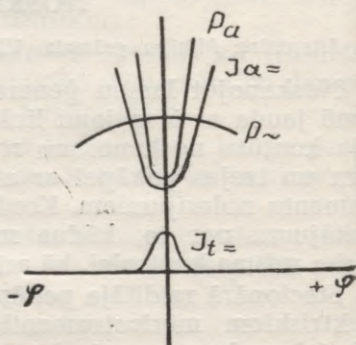
4. zīm. Elementi ģeneratora režīma regulēšanai un kontrolei

Vidējo un garo viļņu raidītāju kontūrā dažreiz ieslēdz siltuma ampērmetrus. Iso un ultraīso viļņu raidītāju kontūrā ampērmetrus neslēdz, tāpēc ka tas palielinātu parazitisko kapacitāti un samazinātu kontūra labuma koeficientu. Ampērmetru ieslēgšana raidītāja shēmā jāizdara tādā veidā, lai tie attiecībā uz augstfrekvenci atrastos zemā potenciāla (labāk nulles) punktā. Vēlams, lai uz mērinstrumentiem līdzstrāvas spriegums pret zemi būtu arī tuvu nullei. Tam nolūkam ampērmetru bieži slēdz starp kvēles un zemes viduspunktu (ampērmetrs A_1 shēmas izejas pakāpē). Šinī gadījumā mērinstruments mēra kopējās līdzstrāvas ($I_a = + I_{t-}$) komponenti. Mērinstruments A_2 mēra anoda līdzstrāvas komponenti priekšpēdējā pakāpē, bet tas atrodas zem anoda barošanas avota pilna sprieguma. Jāuzskata par vispārējo likumu tas, ka visus līdzstrāvas mērinstrumentus raidītāja shēmas augstfrekvenču daļā bloķē ar pastā-

vīgas kapacitātes kondensatoriem. Noskaņojot kontūru rezonansē, izejot no mērinstrumentu nolasījumiem, vadās no sekojošiem apsvērumiem (5. zīm.).

Rezonanses momentam atbilst fāzu nobīde starp spriegumiem uz lampas tīkliņa un anoda par 180° . Anodstrāvas minimums sakrīt ar tīkliņstrāvas maksimumu (līdzstrāvas komponentēm). Izskaņojot anoda kontūru: 1) samazinās tā R_e un U_a , bet pieaug $e_{atl.}$;

2) notiek fāzu nobīde starp tīkliņa un anoda spriegumiem un maksimālais spriegums uz tīkliņa neatbilst minimālajam anodspriegumam. Palielinoties $e_{atl.}$ aug anodstrāvas $I_{a=}$ līdzstrāvas komponente un samazinās $I_{t=}$, $P \sim$ samazinās, bet P_a pieaug.



5. zīm. Ģenerators noskaņošana

Tātad anodkontūra noskaņošanu var izdarīt pēc anoda ampērmetra minimālajiem nolasījumiem ($I_{a=}$) un tīkliņa ampērmetra maksimālajiem nolasījumiem ($I_{t=}$). Noskaņošanās pēc kontūra ampērmetra dod ne visai precīzus rezultātus, tāpēc ka:

- 1) pārspriegtā režīmā U_a un I_t ir neizteikts maksimums;
- 2) siltuma mērinstrumentiem piemīt liela inerģe, kuras dēļ ir apgrūtināta noskaņošana.

Antēnas kontūra noskaņošanu rezonansē arī var izdarīt ar to pašu mērinstrumentu palīdzību. Vispirms noskaņo starpkontūru bez saites ar antēnas kontūru. Pēc tam iestāda vāju saiti ar antenu un noskaņo rezonansē antenas kontūru. Noskaņojoties kā indikatoru var izmantot antenas ampērmetru. Pie tam starpkontūrā ienestā pretestības aktīvā komponente būs maksimālā, kontūra R_e samazināsies. Tā rezultātā līdzstrāvas komponente $I_{a=}$ ies caur maksimumu un tīkliņstrāvas komponente $I_{t=}$ caur minimumu. Pēc kontūru sistēmas noskaņošanas var pastiprināt saiti ar starpkontūru tikdaudz, kamēr dabūs vajadzīgo jaudu antenā.

Lai izprastu fizikālos procesus, kādi notiek pa lampu ģenerators regulēšanas laiku, ir svarīgi iegūt priekšstatu par barojošo spriegumu un sloga pretestības iespaidu uz ģenerators režīmu.

Par ierosmes spriegumu U_t , priekšsprieguma E_t un kontūra ekvivalentās pretestības R_e iespaidu ir apskatīts mācību grāmatas § VII.2, 117. lpp.

Kā izeju pieņem optimālo režīmu, pie kura lampa labi izmantota pēc strāvas un pēc sprieguma tādā režīmā, kas ir tuvs robežrežīmam.

No apskatītā redzams, ka ar U_t samazināšanos lampas emisija tiks vājāki izmantota, un iestāsies nepārspriegtais režīms.

Samazināsies lielumi: I_a , $I_{a=}$, $U_{a=}$, ξ , I_k un P_{\sim} .

Palielinoties spriegumam U_t anodstrāvas impulss kļūs saspīestāks sātstrāvas dēļ. Vēl tālāk palielinot U_t , ģenerators pāriet pārspriegtā režīmā, krasi pieaug tīkliņstrāva $I_{t=}$, P_{\sim} palielināšanās izbeigsies un pēc tam P_{\sim} kritīsies.

Izmainoties priekšspriegumam E_t ģenerators režīms izmainās tāpat kā izmainoties U_t . Palielinoties negatīvam priekšspriegumam, samazinās $i_{a\text{ ma}}$, un nogriešanas leņķis θ , samazināsies arī lielumi: I_1 , I_a , $U_{a=}$, ξ , I_k un P_{\sim} .

Ģenerators režīms paliek aizvien vairāk nepārspriegts. Negatīvā priekšsprieguma samazināšana noved pie pārspriegta režīma.

Apskatīsim, kādu iespaidu atstāj uz ģenerators režīmu anoda sprieguma E_a izmaiņa.

Pie tam jāņem vērā, ka ģeneratoru lampām ir ļoti maza caurtvere D , anodstrāvas raksturliknes novietojas ļoti tuvu viena otrai, anodstrāvas lielumu nosaka galvenokārt spriegums uz tīkliņa. Palielinoties E_a , salīdzinājumā ar optimālo režīmu, $i_{a\text{ max}}$, I_{a1} un U_a pieaugums neievērojams, atliku spriegums uz anoda $e_{a\text{ min}} = E_a - U_a$ aug, ξ samazinās, ģeneratoram iestājas nepārspriegts režīms. Pie tam svārstību jauda gandrīz nemainās, pievadītā jauda ar E_a palielināšanu aug, palielinās anoda zudumi, krīt lietderības koeficients.

Pamazinoties anoda spriegumam, turpretim atliku spriegums uz anoda samazinās, palielinās ξ , iestājas pārspriegts režīms, krasi pieaug tīkliņstrāvas. Anodstrāvas impulsā parādās aizvien lielāks iekritums (sk. Mācību grāmatā zīm. XII. 3, 192. lpp.). Pie tam, kā mēģinājums rāda, I_{a1} , $I_{a=}$ izmainās gandrīz pēc lineāra likuma.

Īsumā apskatīsim ģenerators režīma atkarību no sprieguma uz ekrāna un bremztīkliņiem.

Kā no mācību grāmatas 75. lpp. pievestā zīmējumā IV.19 redzams, izmainoties ekrāna spriegumam E_{t2} , izmainās raksturliknes nobīde par lielumu $D_{t2} \Delta E_{t2} = D_{t2} (E'_{t2} - E_{t2})$. Tas izsauc nogriešanas leņķa izmaiņu un anodstrāvas impulsa augstuma izmaiņu, tāpat kā izmainoties E_t lielumam.

Strādājot ar nominālo jaudu, tetrode parasti darbojas robežrežīmā attiecībā uz ekrāntīkliņu un nepārspriegtā režīmā attiecībā uz stūrējošo tīkliņu.

Palielinot E_{t2} virs nomināla, krasi aug ekrāntīkliņa strāva — iestājas pārspriegtais režīms attiecībā uz ekrāntīkliņu. Samazinoties E_{t2} zem nomināla iestājas nepārspriegts režīms attiecībā uz ekrāntīkliņu.

Samazinoties E_{t2} lielumam, aug režīma spriegojums attiecībā uz stūrējošo tīkliņu; tā režīms tuvojas robežrežīmam. Turp-

mākā E_{t_2} samazināšanās noved pie pārspriegta režīma attiecībā uz stūrējošo tīkliņu.

Nominālās jaudas nodošanas režīmā pentode strādā pie $E_{t_3} \approx 0$ vai arī pie neliela pozitīva sprieguma $E_{t_3} \approx 30 \div 50$ V. Negatīvais spriegums uz brems-tīkliņa ir ekvivalents anoda sprieguma samazinājumam. Samazinoties spriegumam E_{t_3} zem nomināla un pie negatīviem E_{t_3} lielumiem, ģenerators pāriet pārspriegtā režīmā attiecībā uz ekrāna un stūrējošo tīkliņiem. Kā mēģinājums rāda, strāvas I_{a1} un $I_{a=}$ samazinās lineāri līdz nullei (sk. mācību grāmatā zīm. XIV.2, 224. lpp.).

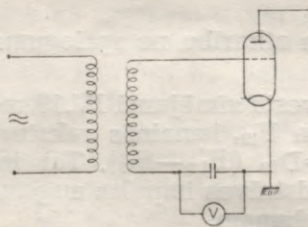
Ja spriegumam uz brems-tīkliņa ir šāds lielums: $E_{t_3} = -\frac{E_a}{\mu_{a13}}$, tad anodstrāva nokrīt līdz nullei.

Barojošo spriegumu iespaids uz ģenerators režīmu ir apskatīts arī mācību grāmatā, modulācijas jautājumiem veltītajās, XI, XII un XIV nodaļās.

Kvēlsprieguma izmaiņa iespaido ģenerators režīmu galvenokārt ar lampu raksturliķņu stāvuma maiņu. Pie tam līdz ar kvēlsprieguma palielināšanos palielinās stāvums S un pie tās pašas U_t vērtības palielinās i_{max} , I_{a1} un U_a .

Režīma spriegojums pieaug. Samazinoties kvēlspriegumam, dabū pretēju ainu: režīma spriegojums samazinās un dažos gadījumos iespējama dinatrona efekta iestāšanās.

Dažos gadījumos ierosmes sprieguma lielumu var izmērīt bez lampu voltmetra ar līdzstrāvas voltmetra palīdzību, kuram ir liela pretestība. Tam nolūkam uz lampas tīkliņa iestāda nepieciešamo U_t , bet voltmetru slēdz sērijā tīkliņa ķēdē (6. zīm.). Tādā slēgumā tīkliņa ķēdi var uzskatīt kā diodes voltmetru ar netiešo nolasiķjumu.



6. zīm. U_t mērīšana ar līdzstrāvas voltmetru

Mainsprieguma lielumu U_a uz anoda var noteikt, ja ir zināmi šādi lielumi: I_k , kontūra kapacitāte C_k un anoda saites koeficients p . pēc formulas:

$$U_a = \frac{I_k \cdot \sqrt{2} \cdot w_a}{\omega C_k \cdot w_k}$$

vai

$$U_a = 750 \frac{I_k \lambda p}{C_k}$$

Seit $p = \frac{w_a}{w_k}$ — anoda saites koeficients, kur w_a — anoda saites tinumu skaits, w_k — kontūrā ieslēgtās spoles tinumu skaits;

I_k — kontūra strāvas efektīvā vērtība ampēros;

λ — viļņa garums metros;

C_k — kontūra kapacitāte pikofarādēs.

Jautājumi pašpārbaudei

1) Kas notiks gadījumā, ja paralēlās barošanas shēmā anoda drošlīdzinātājs būs īsslēgums; kā izmainīsies nolasījumi uz anoda un tīkliņa mērinstrumentiem?

2) Kas notiks gadījumā, ja paralēlās barošanas shēmā slēgtā nodalīšanas kondensatorā būs īsslēgums?

3) Pakāpē ar ГД-400 tipa lampu mērinstrumenti uzrāda šādas vērtības:

$$I_a = 200 \text{ mA}; I_t = 20 \text{ mA}; E_a = 3000 \text{ V}.$$

Noteikt ģenerators režīmu; lampas izmantošanu pēc strāvas un sprieguma. Kā izmainīsies režīms, palielinot R_e ?

4) Noteikt ģenerators režīmu ar triodi pēc mērinstrumentu nolasījumiem:

$$I_a = 6 \text{ A}; I_t = 3 \text{ A}.$$

Kā izmainīsies ģenerators režīms, pastiprinot saiti ar slogu?

5) Pakāpē ar ГД-200 tipa lampu mērinstrumenti uzrāda šādas vērtības:

$$E_a = 3000 \text{ V}; I_a = 50 \text{ mA}; I_t = 3 \text{ mA}.$$

Noteikt lampas izmantošanu pēc strāvas un sprieguma. Kas darāms, lai no lampas iegūtu nominālo jaudu?

VIII tēma

LAMPU ĢENERATORS AR PAŠIEROSMI

Literatūra: Mācību grāmata, VIII nod.

Pašierosmes ģenerators darba noteikumi diezgan stipri atšķiras no neatkarīgās ierosmes ģenerators darba noteikumiem. Dotajā nodalījumā apskatīti jautājumi par ģenerators darbu ar pašierosmes shēmām, noteikumi par svārstību iestāšanos un stabilitāti, svārstību frekvence un tā stabilitāte.

Pašierosmes lampu ģenerators teoriju radīja padomju zinātnieki L. I. Mandelstāms, N. D. Papaleksi, A. A. Andronovs, J. B. Kobzarevs, N. M. Krilovs, N. N. Bogoļubovs u. c., pamatojoties uz ģeniālā krievu matemātiķa A. M. Ļapunova darbiem.

Var uzstādīt zināmu analogiju starp lampu ģenerators un dinamoma mašīnas ierosmes realizācijas paņēmieniem. Pēc ierosmes veida izšķir dinamoma mašīnas ar neatkarīgu ierosmi un ar pašierosmi. Neatkarīgas ierosmes lampu ģenerators var pārvērst pašierosmes ģenerators. Neatkarīgas ierosmes ģenerators pārvēršanas paņēmieni pašierosmes ģenerators parādīts mācību grāmatā zīm. VIII.1. Jāvērš uzmanība uz to apstākli, ka svārstības iestāsies tikai tad, ja starp svārstībām uz anoda un tīkliņa būs 180° fāzu nobīdne. To panāk attiecīgi saslēdzot pretsaites spoles galus.

Mācību grāmatas VIII nod. 2. § apskatītas pašerosmes ģeneratoru pamatshēmas. Pievērsiet sevišķu uzmanību vispārējam triju punktu shēmas sastādīšanas likumam. Šis likums skan: reaktīvai pretestībai starp anodu un tīkliņu Z_{at} jābūt skaitliski vienādei ar reaktīvo pretestību summu starp tīkliņu un katodu (Z_{tk}) un starp anodu un katodu (Z_{ak}) un pie tam ar pretēju raksturu. Saskaņā ar šo likumu, ja starp anodu un tīkliņu ieslēgta induktīva pretestība, tad pārējiem shēmas zariem jābūt kā kapacitatīvām pretestībām; ja turpretim starp anodu un tīkliņu ieslēgta kapacitatīva pretestība, tad pārējiem shēmas zariem jābūt kā induktīvām pretestībām. Pie tam pretestībai starp anodu un tīkliņu jābūt lielākai par pretestību, kas ieslēgta starp tīkliņu un kvēldiegu.

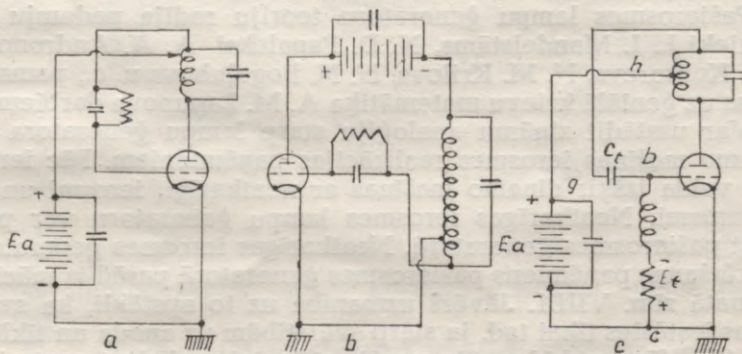
Atbilstoši šim likumam sastādītās shēmas parādītas zīm. VIII.6 un VIII.7 un tās attiecīgi attēlo — konduktīvo pretsaiti (zīm. VIII.6), un kapacitatīvo pretsaiti (zīm. VIII.7).

Pievērsiet uzmanību shēmas pašerosmes noteikumiem (zīm. VIII.9) ar diviem kontūriem anoda un tīkliņa ķēdēs un ar pretsaiti caur kapacitāti anods — tīkliņš. Šī shēma atradusi plašu pielietojanu praksē. Reizē ar to pēc šīs shēmas raidītajos bieži iestājas nevēlamas «parazitiskas» svārstības. No šāda redzes viedokļa svarīgi noskaidrot jautājumu par svārstību iestāšanās un pastāvēšanas noteikumiem līdzīgās shēmās.

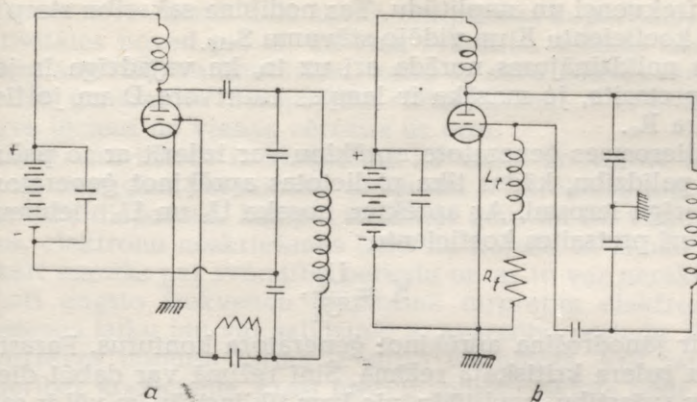
Zīm. VIII.12—14 attēlotas pašerosmes ģeneratoru pretakta shēmas.

VIII nod. apskatītas ģeneratoru shēmas tikai attiecībā uz augstfrekvenci bez barošanas avotiem. Konstruējot shēmas skolēni praktiski bieži izjūt grūtības un bieži pielaiž kļūdas. Tāpēc zemāk doti daži varianti pašerosmes ģeneratoru shēmu pareizai un nepareizai konstruēšanai (7. un 8. zīm.).

Zīm. 7a parādītajā shēmā uz lampas tīkliņa nokļūst liels pozitīvs anodbaterijas spriegums, kas nav pieļaujams. Zīm. 7b attēlotajā shēmā anoda barošanas avots atrodas zem augstfrek-



7. zīm. Shēma ar konduktīvu pretsaiti (a un b — nepareizas, c — pareiza)



8. zīm. Shēma ar kapacitatīvu pretsaiti (a — nepareiza, b — pareiza)

vences potenciāla attiecībā pret zemi. Zīm. 8a shēmā nav ceļa tikliņa līdzstrāvas komponentei I_t .

Mācību grāmatas § VIII.3 ir apskatīti pašierosmes noteikumi ģeneratoram. Uzkonstruētās svārstību raksturliķnes palīdz studēt šo jautājumu. Par svārstību raksturliķni apzīmē anodstrāvas pirmās harmoniskās I_{a1} amplitūdas atkarību no tikliņa ierosmes sprieguma U_t amplitūdas, pie nemainīgiem E_a , E_t un R_t lielumiem. Apskatīti divi darba režīmi pašierosmes ģeneratoram: «mikstais» un «cietais» pašierosmes režīmi. Kā no zīm. VIII.16a redzams, pārbīdot darba punktu pa kreisi, režīms kļūst «cietāks» un tāvad grūtāk realizējams. Reizē ar to darbam ar $\Theta = 90^\circ$, kas parasti praksē atgadās, darba punkta pārbīdīšana pa kreisi ir vēlama.

To var realizēt pašierosmes ģeneratoros, pielietojot automātisko tikliņa priekšspriegumu. Pie tam ieslēgšanas momenta sākuma darba punkts atbilst $E_t = 0$, un viegli iestājas svārstības (zīm. VIII.20b). Pēc tam darba punkts pakāpeniski pārvietojas pa raksturliķni uz leju, līdz kamēr neiestāsies līdzsvara stāvoklis.

Jautājums par svārstību frekvenci apskatīts mācību grāmatas § VIII.4. Var parādīt, ka ģenerējošā frekvence ω nedrīkst sakrist ar rezonanses frekvenci ω_0 .

Ģenerējošā frekvence ω tieši sakrīt ar rezonanses frekvenci ω_0 tikai tad, ja nav tikliņstrāvu un zudumu pretsaites spolē. Jo lielākas tikliņstrāvas un zudumi, jo vairāk ģenerējošā frekvence ω atšķiras no ω_0 . Tikliņstrāvu lielumu izmaiņa savukārt ir atkarīga no barošanas avotu sprieguma stabilitātes. Tāpēc barošanas avotu spriegumu svārstības atsaucas uz ģenerātorā frekvences stabilitāti.

Tālāk ir izvests pamatnolīdzinājums pašierosmei (VIII.10). Ar šo nolīdzinājumu iespējams pirmā tuvinājumā noteikt svār-

stību frekvenci un amplitūdu. Tas nodibina sakarību starp pretsaites koeficientu K un vidējo stāvumu S_{vid} .

Šis nolīdzinājums norāda arī uz to, ka vajadzīga ir jo vājāka pretsaite, jo mazāka ir lampas caurtvere D un jo lielāka kontūra R_e .

Pašierosmes ģenerators aprēķinu var izdarīt ar to pašu formulu palīdzību, kādas tika pielietotas aprēķinot ģeneratoru ar neatkarīgu ierosmi. Ar aprēķinu nosaka U_t un U_a lielumus un tātad arī pretsaites koeficientu

$$K = \frac{U_t}{U_a},$$

kāds ir jānodrošina aprēķinot ģenerators kontūrus. Parasti aprēķinu izdara kritiskajā režīmā. Šinī režīmā var dabūt diezgan stabilu svārstību amplitūdu, pie kam tiklīdz strāvām vēl ir samērā niecīgs iespaids uz frekvences stabilitāti. Anodstrāvas maksimālā impulsa lielums var būt apmēram 0,6 no I_s vērtības; $i_{a\max} \approx 0,6 I_s$. Nogriešanas leņķi izvēlas robežās no $70 \div 80^\circ$.

Ultra augsto frekvenču autoģenerators pamatīpatnības

Literatūra: Mācību grāmata, XXIV nod. 365.—372. lpp., XXVI, XXVII un XXIX nod.

Ultraīso viļņu (metru) ģeneratoriem ir vairākas īpatnības, ar ko tie atšķiras no īso un garo viļņu ģeneratoriem. Vēl krasāk šīs īpatnības parādās decimetru un centimetru viļņu diapazonā. Par jebkuru lampu ģenerators pamatelementiem uzskatāmi ir lampa un svārstību kontūrs. Jo viļņa garums kļūst mazāks, jo mazākām ir jābūt ārējā svārstību kontūra kapacitātes un induktivitātes vērtībām. Pie tam aizvien lielāku nozīmi iegūst lampas starpelektrodu kapacitātes un tās ievadu induktivitātes. Kā no ekvivalentās shēmas (sk. mācību grāmatā XIX.15. zīm.) redzams, pašā ģenerators lampā ir ietverts sarežģīts svārstību kontūrs.

Starpelektrodu kapacitāšu un ievadu induktivitāšu iespaids izsakās galvenokārt sekojoši:

Ģenerators svārstību sistēmas rezonanses frekvence ir ierobežota ar «lampas pašfrekvenci», t. i., ar svārstību kontūra frekvenci, kādu veido lampas starpelektrodu kapacitātes un induktivitātes pie tās īsi slēgtām elektrodēm.

Ģenerators svārstību kontūra viļņa pretestība $\rho = \frac{1}{\omega C}$ samazinās, pieaugot frekvencei, tāpēc ka kapacitāti C nevar dabūt mazāku par starpelektrodu kapacitāti. No otras puses, palielinoties zudumiem, samazinās kontūra labums Q . Tā rezultātā, palielinoties frekvencei, samazinās svārstību sistēmas ekvivalentā pretestība $R_e = Q\rho$, kas savukārt samazina ģenerators lietderības koeficientu un sarežģī pašiesvārstīšanās procesu.

Generators shēmā lielā skaitā ietilpstošās kapacitātes un induktivitātes noved pie tā, ka viņa svārstību sistēma sastāv no dažiem atsevišķiem kontūriem, katrs ar savu pašfrekvenci. Tāpēc UIV ģeneratorā ir iespējama «lidzvilksana», t. i., krass frekvences lēcians no vienas vērtības uz otru.

Elektronu inerce ir uzskatāma kā viena no vairāk sarežģītām un svarīgām parādībām, ar kurām ir jārēķinās ļoti augsto frekvenču diapazonā. Lampai strādājot garo un īso viļņu diapazonos, elektronu noskriešanas laiks no katoda uz anodu ir vairākkārt mazāks par svārstību periodu un ar to var nerēķināties.

Ļoti augsto frekvenču diapazonā turpēsim elektronu noskriešanas laiku jau var salīdzināt ar svārstību periodu. Pie tam anodstrāvas impulsa forma ir stipri izkropļota, krit jauda un lietderības koeficients, krasi pieaug zudumi tiklīdz ķēdē. Autoģeneratorā bez tam vēl parādās fāzu nobīde starp I_{a1} un stūrējošo spriegumu, kas prasa piemeklēt pretsaiti ar tādu aprēķinu, lai kompensētu lieko fāzu nobīdi.

Ar viļņa saīsināšanos visas šīs parādības vēl vairāk izceļas. Tas arī nosaka augšējo robežu frekvencēm, virs kurām dotā tipa lampa praktiski neiesvārstās.

Jautājums par elektronu inerci ir apskatīts mācību grāmatā, XXVI nod. 417. ÷ 431. lpp.

Ģenerējot UAF svārstībām, rodas zināmas grūtības. To novēršanai pielieto speciālas konstrukcijas lampas, kā arī izstrādā speciālas svārstību sistēmas un ģeneratoru shēmas.

UIV diapazonam šie jautājumi ir apskatīti mācību grāmatas XXIV. nodaļā.

§ XXIV.2 apskatītas vairāk lietojamās UIV autoģeneratoru shēmas. Zīm. XXIV.4 dota vientakta ģeneratora principiālā shēma un tās darba un regulēšanas īsa analīze. UIV ģeneratoru īpatnība — jāizolē katods attiecībā pret zemi (kāpēc?). Kā piemērs var noderēt zīm. XXIV.6 attēlotā shēma.

UIV ģenerators plaši pielieto shēmas ar kopējo (iezemēto) tīkliņu (zīm. XXIV.7).

Zīm. XXIV.8 parādīta shēma ar «iezemētu anodu».

Līdz ar viļņa garuma samazināšanos samazinās arī svārstību kontūru fiziskie izmēri. Aug aktīvie zudumi kontūros. Metru viļņu diapazonā kā svārstību sistēmas pielieto kontūrus ar koncentrētiem un sadalītiem parametriem.

Divvadīgas līnijas pielieto kā sistēmas ar sadalītām konstantēm. Dažas konstrukcijas apskatītas mācību grāmatas 368.—369. lpp. Decimetru un centimetru viļņu diapazonā plaši pielieto koncentrisku līniju nogriežņus un tilpuma rezonatorus kā svārstību kontūrus.

Koncentriskām līnijām ir liels Q (labums), un tās atļauj viegli noskaņot ģeneratoru un samērā vienkārši konstruktīvi pielāgot lampu ģeneratora svārstību sistēmai.

Lampu izmēru samazināšanu var uzskatīt kā līdzekli samazināt UIV diapazonā kapacitātes un induktivitātes pašā lampā. Bez tam vēl tiek pastiprināts tikliņa izvads; pielieto speciālu stiklu ar mazu dielektriskā zuduma leņķi. Lampas konstruktīvais izveidojums UIV pie tam maz atšķiras no īso viļņu lampām. Šie pasākumi tomēr vairs nelīdz decimetru un centimetru viļņu diapazonā, kur pielieto speciālas konstrukcijas lampas, kuras būtiski atšķiras no parasto ģeneratoru lampu konstrukcijām.

Jaunas idejas autoģeneratoru lampu konstruēšanā decimetru viļņu diapazonā izteica 1940. g. Devjatkovs. Viņš kopīgi ar Daņilcevu, Hohlovu un Gureviču pirmo reizi attīstīja lampu ar plakanām elektrodēm, kuras bija novietotas ļoti tuvu viena otrai.

Tādu lampu iekārtojuma princips parādīts mācību grāmatā, XXVII.1 zīmējumā (433. lpp.).

Pēc tāda paša principa konstruētas t. s. «bāku» lampas (zīm. XXVII.2). Šāds nosaukums šīm lampām piešķirts tāpēc, ka viņas zināmā mērā atgādina bākas torni. Izmantojot koncentriskas līnijas kā svārstību sistēmu, iegūst vairākas būtiskas priekšrocības, kuras uzrādītas mācību grāmatas 433. ÷ 434. lpp.

Metālu-keramikas lampas reprezentē citu lampu tipu, kas paredzētas darbam decimetru un centimetru viļņu diapazonā. Šinīs lampās stikla vietā pielieto augstvērtīgu keramiku ar maziem dielektriskiem zudumiem. Pielietojot keramiku ir vēl tā priekšrocība, ka šinī gadījumā rodas iespēja piedzīt attālumus starp lampu elektrodēm ar lielu precizitāti.

Mācību grāmatas XXVII nod. 434. ÷ 440. lpp. ir apskatītas decimetru diapazona autoģeneratora shēmas un to darbības princips. Parasti pielieto shēmu ar kopējo (iezemēto) tikliņu. Šī shēma ir daudz izdevīgāka no konstruktīvā redzes viedokļa, izmantojot kā kontūrus koncentriskas līnijas. Bez tam vēl šinī shēmā pretsaite, kuru nosaka kapacitāte anods-katods, daudzkārt mazāka nekā shēmā ar iezemētu katodu.

Vāja pretsaite ģeneratorā ar neatkarīgu ierosmi paaugstina viņa darba stabilitāti. Pašierosmes ģeneratorā ir iespēja regulēt tā pretsaites koeficientu, režīmu un jaudu, ievēdot papildām ārējo pretsaiti.

Lai iegūtu jaudīgas augstfrekvences svārstības centimetru viļņu diapazonā, pielieto magnetrona ģeneratorus. Interesanti atzīmēt, ka elektronu inerces parādība, kurai triodes ģeneratoros ir negatīva loma, magnetronos ir principiāli nepieciešama, lai iegūtu nedziestošas svārstības. Praksē plašu pielietošanu ieguvuši tā sauktie daudzkameru magnetroni, kurus pirmo reizi rekomendēja un aprakstīja Maļarovs un Aļeksejevs 1940. gadā.

Šādu magnetronu veids ir aprakstīts mācību grāmatas XXIX nod. 458. ÷ 474. lpp.

Jautājumi pašpārbaudei

1) Attēlojiet ģenerators shēmu ar kapacitatīvu pretsaiti un sērijas barošanu.

2) Kas nosaka pašierosmes lampu ģenerators svārstību frekvenci?

3) Ko nozīmē «mīksta» un «cieta» svārstību ierosme?

4) Kāpēc pašierosmes ģeneratoros pielieto automātisko priekšspriegumu?

5) Kādas prasības uzstāda pašierosmes ģeneratoru lampu parametriem?

IX tēma

AUGSTĀKĀS HARMONISKĀS ĢENERATORS ĶĒDĒS

Literatūra: Mācību grāmata, IX nod.

Frekvenču reizināšanas paņēmienam radio raidiekārtu starppakāpēs ir vairākas priekšrocības.

1) Pašierosmes ģeneratorā var pielietot zemāku frekvenci, kas atvieglo tās stabilizāciju. No otras puses, stabilizāciju realizēt tieši ar kvarca palīdzību ir iespējams tikai uz viļņiem, ne īsākiem par 30 metriem. Vēl īsākiem viļņiem kvarca plāksnītes iznāk ļoti trauslas. Ar frekvenču reizināšanu ir iespējams realizēt frekvences stabilizāciju ar kvarca palīdzību pat ļoti augstu frekvenču ģeneratoros.

2) Iespēja pāriet raidītāju starppakāpēs no pastiprināšanas režīma frekvenču dubultošanas režīmā atļauj paplašināt raidītāja frekvenču diapazonu, nepaplašinot pašsvārstību ģeneratora diapazonu.

3) Pareizinot frekvenci, priekš un tālāk sekojošo pakāpju kontūri ir noskaņoti uz dažādām frekvencēm. Ar to panāk parazitisko saišu novājināšanu starp kontūriem un arī pretim virzītas reakcijas vājināšanu. Līdz ar to ir atvieglots neitralizācijas uzdevums.

4) Frekvenču reizinātāji dod iespēju pareizināt frekvences novirzi vai fāzi ieejas spriegumam. To izmanto frekvenču modulācijas un manipulācijas raidītājos.

Frekvenču reizinātāju teorija un aprēķinu metodika ir sīki izstrādāti padomju zinātnieku Berga, Jevtjanova un Drobova darbos.

Der pievērst uzmanību frekvenču reizinātāju enerģētiskajām sakarībām (jau da un lietderības koeficients). Maza jau da un zems lietderības koeficients ierobežo iespēju reizināt frekvences trīs un vēl jo vairāk četras reizes. Pie tam šinīs pastiprinātājos ir vajadzīgi ļoti lieli spriegumi tīkliņa ķēdē U_t un E_t , kas arī ierobežo to pielietošanu. Tā kā frekvenču reizinātāja anod-

strāvas n -tā harmoniskā ir mazāka nekā 1-mā, tad pie vienādiem U_a dubultotāja R_e jābūt lielākai nekā pastiprinātājam. Ja lampa strādā kā dubultotājs, tad, salīdzinot ar pastiprinātāju, tā var atdot mazāku jaudu pie mazāka lietderības koeficienta.

Mācību grāmatas § IX.2 apskatīta augstāko harmonisko pielietošana, lai palielinātu raidītāju lietderības koeficientu. Šo metožu pamatideja ir tāda, ka anoda sprieguma līknes formai jābūt nevis kosinusioidālai, bet jātuvojas taisnstūrim. To panāk, slēdzot lampas anoda ķēdē kontūrus, kas noskaņoti uz 2-ro vai 3-šo harmonisko. Izmantot trešo harmonisko jaudas un lietderības koeficienta palielināšanai ierosināja Fomicēvs, Koļesnikova un Kruglova izdarītie pētījumi parādīja, ka palielināt jaudu un lietderības koeficientu var, izmantojot otro harmonisko.

Reizē ar pozitīvajām īpašībām, kādas rodas, pielietojot augstākās harmoniskās frekvenču reizināšanai, lai palielinātu jaudu un η , augstāko harmonisko klātbūtne lampu tīkliņu ķēdēs izkropļo tīkliņstrāvas impulsu un samazina ģeneratora η . Ar šo parādību var sēkmīgi cīnīties, izvēlot starp pakāpēm pareizas saites. Vislabāko atrisinājumu dod kapacitatīva saite.

Ļoti svarīgs uzdevums ir nofiltrēt augstākās harmoniskās, lai tās nenokļūtu antenā.

§ IX.4 apskatīti paņēmieni, kā vājināt un nospiegt augstākās harmoniskās. Tiem pieskaitāmi:

- 1) pielietot prettakta slēguma izejas pakāpē, vienu vai divus starpkontūrus ar kapacitatīvām saitēm;
- 2) papildkontūru — «korķu» pielietošana; tie uzrāda nospiežamai harmoniskai lielu pretestību.
- 3) elektrostātisko ekrānu pielietošana, lai novērstu parazītiskās kapacitatīvās saites starp kontūra spolītēm un antenu.

Jautājumi pašpārbaudei

- 1) Kā fizikāli izskaidrot to, ka pie vienāda nogriešanas leņķa dubultošanas režīmā η mazāks nekā pastiprināšanas režīmā?
- 2) Kāpēc dubultotāji bieži strādā ar nogriešanas leņķi $\Theta > 60^\circ$?
- 3) Pārbaudot kontūra noskaņojumu, viļņu mērs uz 400 un 200 metru viļņiem uzrāda novirzi. Kā uzzināt, uz kāda viļņa noskaņots kontūrs?
- 4) Ar kādu nogriešanas leņķi jāstrādā dubultotājam, lai dabūtu tādu pašu η kā pastiprinātājam pie $\Theta = 90^\circ$, pieņemot, ka abos gadījumos ξ ir vienādi?

Atbilde: $\Theta = 45^\circ$.

- 5) Kā fizikāli izskaidrot filtrācijas uzlabošanas augstākām harmoniskajām, pielietojot kapacitatīvās saites?

AMPLITŪDAS MODULĀCIJA

Literatūra: Mācību grāmata, X nod.

Pie amplitūdas modulācijas strāvas amplitūda antenā izmaiņās atbilstoši toņfrekvences sprieguma signālam. Teorijā vienkāršības labad parasti pieņem, ka modulējošam spriegumam ir sinusoidāls raksturs. Mācību grāmatas § X.2 ir dots modulētas strāvas pamata nolīdzinājuma pierādījums (X.2). No šā nolīdzinājuma redzams, ka modulētas svārstības sastāv no trim augstfrekvences svārstībām: nesēja un divām sānfrekvencēm.

Klusuma brīdī ir tikai nesējfrecvences svārstības. Pa modulācijas laiku rodas papildu svārstības — sānfrekvences, kuras novietojas simetriski pret nesējfrecvenci un atšķiras no tās par toņfrekvenci. Labākai modulācijas procesu izpratnei pievērsiet uzmanību zīm. X.8 un X.9, kuros modulēta svārstība attēlota trīs vektoru veidā. Svarīgi atzīmēt, ka frekvenču joslas platums, kādu aizņem radiotelefona pārraide, līdzīga divkārtotai modulācijas augstākai frekvencei.

Lai izvairītos no savstarpējiem traucējumiem, intervālam starp radiotelefonijas raidītāju nesējfrecvencēm jābūt ne mazākām par abu sānu joslu platumu (zīm. X.10).

Pa modulācijas laiku ģenerators režīms un tā jauda nepārtraukti izmainās. Režīmu, kas atbilst vislielākai strāvas amplitūdas vērtībai pie maksimālā modulācijas koeficienta, sauc par maksimālo. Bet režīmu, kas atbilst minimālās amplitūdas vērtībai, sauc par minimālo.

Režīmu, kad nav modulācijas, sauc par nesējfrecvences vai klusuma režīmu.

100% modulācijas gadījumā ($m=1$) maksimālā jauda ir līdzīga četrkārtīgai nesējfrecvences jaudai

$$P_{\sim \max} = 4P_{\sim T}$$

Par radiotelefonijas stacijas jaudu pieņemts apzīmēt jaudu nesējfrecvences režīmā. Lai gan ģeneratoru lampas izvēlas, izejot no maksimālās jaudas, kādu ģenerators nodod modulācijas galotnē.

Modulācijas laikā jauda izmainās no $P_{\sim \max}$ līdz $P_{\sim \min}$, lai gan vidējā jauda pa zemfrekvences periodu nelīdzinās nesējfrecvences jaudai. Pa modulācijas laiku vidējā jauda ir nesējfrecvences un sānu joslu jaudu summa:

$$P_{\sim \text{vid}} = P_{\sim T} + \frac{m^2}{4}P_{\sim T} + \frac{m^2}{4}P_{\sim T} = P_{\sim T} \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

Šai jaudai ilgstošā laika sprīdī ir liela nozīme pie enerģētiskajiem aprēķiniem, piemēram, aprēķinot siltuma zudumus uz anoda, svārstību kontūros utt.

Pēc amplitūdas modulēto svārstību spektra analīze rāda, ka signāls ietilpst tikai sārnfrekvencēs. Nesārnfrekvence pa modulācijas laiku neizmainās un tātad signālu nesatur. Stacijas telefonijas efekts, t. i. dzirdamība ir atkarīga galvenokārt no sānu joslu jaudas. Bet sānu joslu jauda ir proporcionāla modulācijas koeficienta m kvadrātam. Tā, piemēram, raidītājs ar jaudu $P_{\sim T} = 20$ kW, strādājot ar $m = 1$, satur sārnfrekvencēs šādu jaudu:

$$\frac{m^2}{2} P_{\sim T} = 10 \text{ kW.}$$

Bet raidītājam ar jaudu $P_{\sim T} = 50$ kW, kas strādā pie $m = 0,3$, sārnfrekvenču jauda būs:

$$\frac{m^2}{2} P_{\sim T} = \frac{0,09}{2} 50 = 2,2 \text{ kW,}$$

un pārraide būs mazāk efektīva.

No šejienes izriet, cik liela loma ir stacijas darbam pie dziļas modulācijas.

Lai varētu spriest par radiotelefonijas raidītāja kvalitātes rādītājiem un tajā notiekošajiem procesiem pa modulācijas laiku, tad tam uzņem raksturliknes:

1) Statiskā modulācijas raksturlikne, t. i. strāvas atkarība antenā vai ģeneratora anoda ķēdē no sprieguma, kurš pa modulācijas laiku mainās ar modulējošo frekvenci¹.

2) Amplitūdas modulācijas raksturlikne, t. i. modulācijas koeficienta m atkarība no modulējoša sprieguma amplitūdas.

3) Dinamiskā modulācijas raksturlikne, t. i. strāvas momentāno vērtību atkarība antenā no modulējošā sprieguma.

4) Nelinearitātes raksturlikne, t. i. nelineāro kropļojumu koeficienta atkarība no modulācijas koeficienta.

5) Frekvenču raksturlikne, t. i. modulācijas koeficienta atkarība no frekvences pie nemainīgas modulējošā sprieguma amplitūdas.

Kā svarīgs radiotelefonijas raidītāja rādītājs ir arī tā trokšņu līmenis (fons). Trokšņu iemesli ir dažādi. Tos izsauc galvenokārt barošanas avotu sprieguma pulsācijas, lampu magnetrona efekts, slikti kontakti. Termins «trokšņu līmenis» apzīmē decibelos izteiktu parazītiskās, no trokšņiem radītās modulācijas dziļuma attiecību pret līmeni, kas atbilst 100% modulācijai. Radiofonijas raidītājiem pielaižamais trokšņu līmenis ir —60 db.

¹ Radiofonijas raidītājos par modulējošo frekvenci uzskatāma tonfrekvence. Red.

Tas nozīmē, ka trokšņa amplitūda ir 1000 reizes mazāka par amplitūdu pie 100% modulācijas, t. i. atbilst modulācijas dziļumam 0,1%.

Jāņem vērā, ka jaudīgām radiostacijām uzņemt statisko modulācijas raksturlieknes augšējo daļu praktiski nav iespējams. Tas izskaidrojams ar to, ka barošanas avoti, svārstību kontūri un citas detaļas parasti nav aprēķinātas maksimālam sloga režīmam ($P_{\sim} = 4P_{\sim T}$). Dinamisko raksturliekni var novērot ar elektronu oscilogrāfa palīdzību. Šim nolūkam uz oscilogrāfa horizontālajām platēm padod modulējošo spriegumu, bet uz vertikālajām — spriegumu raidītāja izejā.

Jautājumi pašpārbaudei

1) Radiotelefonijas stacijas jauda antenā $P_{\sim T} = 100$ kW;
 $m = 1$. Noteikt jaudas:

- a) maksimālo — $P_{\sim \max}$,
- b) minimālo — $P_{\sim \min}$,
- c) sãnfrekvencēm.

Noteikt nolasījumu izmaiņas robežas antenas ampērometram, ja antenas aktīvā pretestība $r_A = 20$ omi.

2) Modulējamā ģeneratora mērinstrumenti nesējfrekvences režīmā uzrāda šādus lielumus:

- a) strāva antenā $I_A = 10$ A,
- b) anoda līdzstrāvas komponente $I_a = 1$ A.

Kā izmainīsies mērinstrumentu nolasījumi pie modulācijas $m = 0,8$?

3) Ģeneratora jauda nesējfrekvences režīmā $P_{\sim T} = 10$ kW. Kāda jauda jānodrošina ģeneratora lampām pie $m = 1$, pie $m = 0,5$?

4) Strāva antenā klusuma brīdī $I_{AT} = 10$ A; pie modulācijas $I_{A \text{ mod}} = 15$ A. Vai šini gadījumā modulācija būs simetriska?

XI tēma

TĪKLIŅA MODULĀCIJA

Literatūra: Mācību grāmata, XI nod.

Neatkarīgas ierosmes ģeneratorā ir iespējami divi tīkliņa modulācijas veidi: 1) izmainot priekšspriegumu un 2) izmainot ierosmes amplitūdu.

Ģeneratoru teorija, modulējot ar priekšspriegumu, un to aprēķins izstrādāti padomju zinātnieku: Kļackina, Minca, Berga, Modeļa, Nevjažska u. c. darbos. Tīkliņa modulācija, izmainot priekšspriegumu, ir iespējama tikai pie otrās kārtas svārstībām; turpretim pie pirmās kārtas svārstībām tā nav iespējama. Mā-

cību grāmatā, zīm. XI.4 un XI.5 ir paskaidrots ģenerators statiskās modulācijas raksturlienes veids.

Modulācijas raksturlienes augšējo izliekumu var izskaidrot vai nu ar sātstrāvas iestāšanos, vai arī ar pāreju pārspriegtā režīmā. Tomēr jāatzīmē, ka izliekums ir iespējams arī nepārspriegtā režīmā neizdevīgi izvēlēta nogriešanas leņķa dēļ, kurš nedrīkst pārsniegt 120° . Tādā veidā, lai realizētu nekropļotu tīkliņa modulāciju, ģeneratoram jāstrādā nepārspriegtā režīmā, ar nogriešanas leņķi 90° – 110° un ar maksimālo impulsu, kurš nesasniedz sātstrāvu. Pārspriegtā režīmā nav iespējama efektīva tīkliņa modulācija, tāpēc ka šinī režīmā sprieguma izmaiņa uz tīkliņa maz iespaido anodstrāvu.

Lai sasniegtu simetrisku, nekropļotu modulāciju, nesējfrekvences režīma punkts — «telefonijas punkts» jāizvēlē modulācijas raksturlienes taisnās daļas viduspunktā.

Ja ir zināmi lieli strāvām I_k , $I_a =$ maksimālajā režīmā, telefona punktu var iestādīt, palielinot uz lampas tīkliņa negatīvo priekšspriegumu E_t tik tālu, kamēr I_k , $I_a =$ būs samazinājušās $(1+m)$ reizes — praktiski 2 reizes ($m=1$).

Reizē ar strāvām modulācijas procesā izmainās arī jaudas. Uzskatāmu priekšstatu par enerģētiskajām attiecībām anoda ķēdē modulācijas procesā dod mācību grāmatas zīm. XI.6 attēlotais grafiks. No šā grafika redzams, ka, modulējot ar priekšspriegumu, zudumu jauda uz lampu anodiem var izrādīties lielāka nesējfrekvences režīmā nekā maksimālajā režīmā.

Der vērst uzmanību uz ļoti svarīgu slēdzienu, kurš skan: pie tīkliņa modulācijas modulējamā ģenerators lampu nominālai jaudai jāpārsniedz stacijas jauda nesējfrekvences režīmā vismaz $(1+m)^2$ reizes. Tas nozīmē, piemēram, ka pie uzdotās jaudas stacijai, piemēram, 100 kW, izejas pakāpei jāizvēlas lampas ar jaudu, ne mazāku par 400 kW.

Nesējfrekvences režīmā ģenerators strādā asi izteiktā nepārspriegtā režīmā; ģenerators lietderības koeficients samazinās $(1+m)$ reizes un parasti nepārsniedz 35%.

Pa modulācijas laiku derīgā jauda pieaug $1 + \frac{m^2}{2}$ reizes, pievadītā jauda nemainās, zudumi uz lampu anodiem samazinās. Pie simetriskas modulācijas $I_a =$ lielumu mērojošā mērinstrumenta rādītājam jāpaliek bez pārmaiņām. Strāvas kontūrā un antenā palielinās $\sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}$ reizes.

Pie tīkliņa modulācijas sevišķa nozīme ir modulējamā ģenerators tīkliņa ķēdei, tāpēc ka tīkliņstrāvas izmaiņa nosaka modulatora jaudu un tā darba noteikumus. Mācību grāmatas zīm. XI.9 attēloti tīkliņstrāvas impulsi. Šos impulsus var sadalīt komponentēs $I_t = v_{id}$, toņfrekvences pirmā un augstākās harmoņiskajās.

Mācību grāmatas § XI.2 ir apskatītas pamatshēmas modulācijai ar priekšspriegumu. Kā viena no vairāk pielietotām shēmām ir jāatzīmē shēma ar modulācijas transformatoru (zīm. XI.10).

Der piegriezt uzmanību sevišķai īpatnībai un proti — modulatora darbam uz nelineāras slodzes, kādu reprezentē ģenerātorā tīkļa ķēde.

Ģenerātorā tīkliņstrāva izmainās impulsu veidā, kuri satur augstākās harmoniskās. Šīs harmoniskās, plūstot pa transformatora sekundāro tinumu, savukārt transformējas tā primārajā tinumā — modulatora anoda ķēdē. Kā no zīm. XI.12 a un b dotām ekvivalentām shēmām redzams, tīkliņstrāvas toņfrekvenču augstākās harmoniskās, plūstot modulatora anoda ķēdē, rada tur sprieguma kritumu, kas izkropļo pamatfrekvences U_{t0} sprieguma formu. Lai nelineārie kropļojumi būtu pēc iespējas mazāki, ir jācenšas samazināt modulatora lampai iekšējā pretestība R_{imod} , transformatora izkliedes induktivitāte L un transformācijas koeficients.

Shēmā (zīm. XI.13), kuru izstrādāja A. Mincis, nav trūkumu, kādi piemīt, pielietojot modulācijas transformatoru. Arī šīs shēmas pēdējā variantā (zīm. XI.14) nav šo trūkumu. Minca shēma ir atradusi plašu pielietošanu mūsu 1932.—1939. gados uzbūvētajās radiofonijas stacijās.

Mācību grāmatas 172.—176. lpp. parādīta aprēķinu kārtība ģenerātoram, kurš strādā priekšsprieguma modulācijas režīmā. Nodaļas beigās ievietots aprēķina piemērs (188.—189. lpp.).

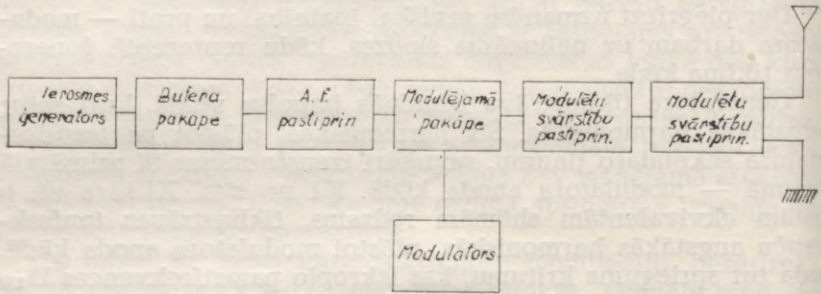
Modulācija, mainot ierosmes amplitūdu (modulētu svārstību pastiprināšana)

Vidējas un lielas jaudas radiostacijās nav lietderīgi pielietot izejas pakāpē tīkļa modulāciju ar priekšsprieguma maiņu, tāpēc ka tādām vajadzībām būtu nepieciešams lielas jaudas modulators un līdz ar to atkrīt vienīgā tīkļa modulācijas priekšrocība — modulējošā iekārta ar mazu jaudu un tās vienkāršība. Šinīs gadījumos modulāciju var realizēt vienā no raidītāja starppakāpēm. Tad aiz modulējamās pakāpes sekojošās pakāpes strādās kā modulētu svārstību pastiprinātāji (zīm. 9). Starppakāpē var būt jebkura veida modulācija — tīkļa, anoda u. c.

Modulētu svārstību pastiprinātāja teorija un aprēķins izklāstīti vairākos padomju zinātnieku darbos (Kļackins, Mincis, Bergs, Terentjevs u. c.).

Lai modulētās svārstības pastiprinātu bez kropļojumiem, ir vajadzīgs, lai I_{a1} un strāvas amplitūda kontūrā būtu lineārā

atkarībā no ierosmes sprieguma amplitūdas. To var sasniegt pirmā veida svārstību režīmā. Tomēr šīnī gadījumā pastiprinātājs strādās ar mazu lietderības koeficientu, kas nav izdevīgi.



9. zīm. Modulētu svārstību pastiprināšanas sistēmas raidītāja blokshēma

Mācību grāmatas § XI. 3 parādīts, ka sprieguma lineāro atkarību pastiprinātāja izejā un ieejā var realizēt arī pie otrā veida svārstībām, attiecīgi izvēlot režīmu un nogriezuma leņķi. Pastiprinātajam strādājot ar nogriešanas leņķi $\Theta = 90^\circ$, starp strāvas amplitūdu I_{a1} un ierosmes amplitūdu U_t pastāv lineāra sakarība tik ilgi, kamēr impulsi nebūs izkropļoti ar sātstrāvām, vai arī, pārejot pārspriegtā režīmā (zīm. XI.18). Modulācijas procesa laikā nogriešanas leņķis nemainās un līdzinās 90° . Pie nogriešanas leņķiem, mazākiem par 90° ($\Theta < 90^\circ$), notiek «modulācijas padziļināšanās». Tas nozīmē, ka pastiprinātāja izejā modulācijas koeficients m_a ir lielāks nekā ieejā.

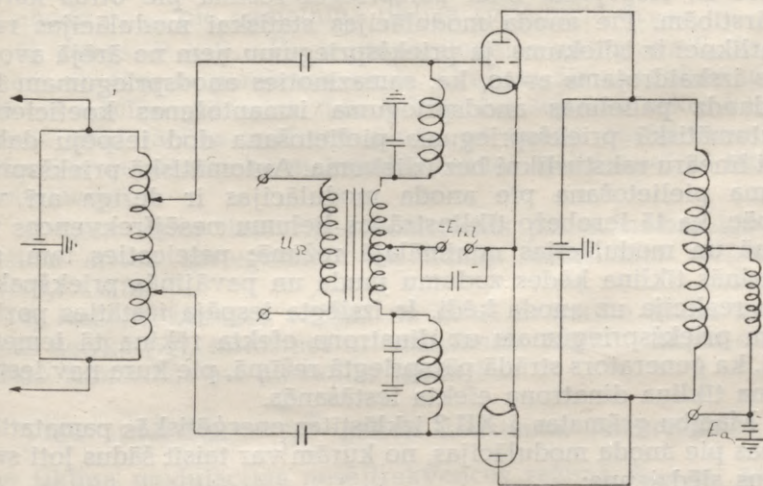
Mācību grāmatas zīm. XI.17 un XI.19 doti pastiprinātāja darba paskaidrojošie grafiki pie $\Theta = 90^\circ$ un $\Theta < 90^\circ$. No šiem grafikiem redzams, ka pie $\Theta < 90^\circ$ un samērā seklas ieejas sprieguma modulācijas, izejā dabū modulētas svārstības ar dziļāku modulācijas koeficientu.

Pie nogriešanas leņķiem, kuri atšķiras no 90° , starp I_a un U_t nepastāv lineāra atkarība, tāpēc ka, izmainot U_t , izmainīsies ne tikai $i_{a\max}$, bet arī nogriešanas leņķis Θ un α_1 . Tomēr, kā rāda teorija un pieredze, ja nogriešanas leņķis ir izvēlēts ne visai mazs ($\Theta_{\max} \geq 70^\circ$), tad var dabūt modulētām svārstībām pastiprinājumu ar nelieliem kropļojumiem. Pie $\Theta > 90^\circ$ modulācijas koeficients anoda šēdē būs mazāks nekā tīkliņa ķēdē; modulācijas raksturliķnes sākumā ir izliekums (zīm. XI.21). To var izmantot ieliekuma kompensācijai, kāds ir modulējamās pakāpes statistiskās modulācijas raksturliķnei. Praksē parasti strādā ar nogriešanas leņķiem tuvu 90° . Modulētu svārstību pastiprinātāja anoda ķēdes aprēķins un enerģētiskās attiecības tanī neatšķiras no priekšsprieguma modulācijas, par cik abos gadījumos tiek izmantota modulācijas raksturliķnes lineārā daļa.

kura atrodas nepārspriegtā režīma apvidū. Klusuma režīmā ģenerators $\eta = 35\%$. Mācību grāmatas 189.—190. lpp. dots modulētu svārstību pastiprinātāja aprēķina piemērs.

Jautājumi pašpārbaudei

- 1) Kā izmainās ģeneratoram anoda zudumu jauda un η pie priekšsprieguma modulācijas, salīdzinot ar nesējfrekvences režīmu?
- 2) Kādai jaudai jāprojektē anoda barošanas taisngriezis, ja ir priekšsprieguma modulācija?
- 3) Vai praktiski ir iespējams pie priekšsprieguma modulācijas uzņemt visu modulācijas raksturlīkni?
- 4) Ģenerators jauda nesējfrekvences režīmā pie priekšsprieguma modulācijas $P_{\text{aT}} = 1 \text{ kW}$. Izvēloties η , noteikt projektējamā taisngrieža jaudu.
- 5) Vai ir iespējams realizēt modulāciju ģenerators kontūrā pēc 10. zīmējumā dotās shēmas?



10. zīm. Shēma

- 6) Kā izmainās tīkliņa līdzstrāvas komponente pie tīkliņa modulācijas, salīdzinot ar nesējfrekvences režīmu?
- 7) Kāpēc pie tīkliņa modulācijas nav ieteicams pielietot no tīkliņstrāvas iegūto automātisko priekšspriegumu?
- 8) Kāpēc modulatorā rodas nelineārie kropļojumi gadījumā, ja modulējamais ģenerators strādā ar tīkliņstrāvām?
- 9) Kā izmainās modulētu svārstību pastiprinātāja anoda zudumu jauda pie modulācijas salīdzinājumā ar nesējfrekvences režīmu?

10) Noteikt raidītāja izejas pakāpes lampām nominālo jaudu, ja tā strādā modulētu svārstību pastiprināšanas režīmā.

Jauda antenā $P_{\sim TA} = 40$ kW; starpkontūra lietderības koeficients $\eta_k = 0,9$, modulācijas koeficients $m = 1$.

XII tēma

ANODA MODULĀCIJA

Literatūra: Mācību grāmata, XII nod.

Anoda modulācijas teorija radīta ar padomju zinātnieku Kļackina, Minca, Persona, Gorodņičeva, Berga u. c. darbiem.

Pie anoda modulācijas notiek modulējamās pakāpes anodsprieguma izmaiņa taktī ar toņfrekvences izmaiņu.

Mācību grāmatas § XII.1 norādīts, ka pie pirmās kārtas svārstībām nav iespējama anoda modulācija. No tālākā izklāsta seko, ka dziļa anoda modulācija ar triodi, kurai ir maza caurtvere D, iespējama tikai pārspriegtā režīmā pie otras kārtas svārstībām. Pie anoda modulācijas statistikai modulācijas raksturliknei ir izliekums, ja priekšspriegumu ņem no ārējā avota. Tas izskaidrojams ar to, ka, samazinoties anodspriegumam E_a , nedaudz palielinās anodsprieguma izmantošanas koeficients. Automātiskā priekšsprieguma pielietošana dod iespēju dabūt ļoti lineāru raksturlikni bez izliekuma. Automātiskā priekšsprieguma pielietošana pie anoda modulācijas ir derīga arī vēl tāpēc, ka tā ierobežo tīkliņstrāvas lielumu nesējfrekvences režīmā un modulācijas minimālajā režīmā; pateicoties tam, samazinās tīkliņa ķēdes zudumu jauda un pavājinās priekšpakāpes reakcija uz anoda ķēdi. Ir izslēgta iespēja iestāties pozitīvam priekšspriegumam uz dinatrona efekta rēķina tā iemesla dēļ, ka ģenerators strādā pārspriegtā režīmā, pie kura nav iespējama tīkliņa dinatrona efekta iestāšanās.

Mācību grāmatas § XII.2 izklāstītas enerģētiskās pamattiecības pie anoda modulācijas, no kurām var taisīt šādus ļoti svarīgus slēdzienus:

1) Anoda sprieguma izmantošanas koeficients ξ paliek konstants pa modulācijas laiku un līdzinās apmēram kritiskajam ξ .

No šejienes būtu bijis nepareizi taisīt slēdzienu, ka ģenerators režīms pa modulācijas laiku arī paliek visu laiku kritisks.

$$\text{Lieta tā, ka } \xi = \frac{U_a}{E_a} = \frac{E_a - e_{a \min}}{E_a} = 1 - \frac{e_{a \min}}{E_a}.$$

Lai ξ nemainītos, ir nepieciešams, lai attiecība $\frac{e_{a \min}}{E_a}$ pa-

liktu visu laiku konstanta, bet tas savukārt nozīmē, ka, sama-

zinoties E_a , samazinās arī $e_{a \min}$ un ģeneratorspāriet pārspriegtā režīmā (priekšspriegums un ierosmes spriegums paliek nemainīgi). Piemēram, maksimālā režīmā: $E_a = 10000 \text{ V}$; $U_a = 8000 \text{ V}$; $\xi = 0,8$;

$$e_{t \max} = 1500 \text{ V};$$

$$e_{a \min} = 10000 - 8000 = 2000 \text{ V};$$

$e_{a \min} > e_{t \max}$; tuvu kritiskajam režīmam.

$$\text{Nesējfrecvences režīmā } E_{aT} = \frac{E_{a \max}}{1+m} = \frac{E_{a \max}}{2} = \frac{10000}{2} = 5000 \text{ V};$$

$$U_{aT} = \frac{8000}{2} = 4000 \text{ V}; \xi = 0,8.$$

$e_{t \max}$ vērtība paliek nemainīga,

$$e_{t \max} = 1500 \text{ V};$$

$$e_{a \min} = 5000 - 4000 = 1000 \text{ V};$$

$e_{a \min} < e_{t \max}$, dabū krasi pārspriegtu režīmu.

Tādā veidā, samazinoties anoda spriegumam E_a , režīms paliek aizvien vairāk pārspriegts, jo samazinās atliku spriegums uz anoda $e_{a \min}$ pie nemainīga tīkliņa sprieguma $e_{t \max}$.

2) Jaudas $P_{=}$, P_{\sim} , P_a ir proporcionālas sprieguma E_a kvadrātam un tām ir parabolas veids. Grafiski šīs sakarības ir attēlotas mācību grāmatas zīm. XII.5b. No šejienes seko, ka pie anoda modulācijas zudumu jauda uz anoda nesējfrecvences režīmā ir mazāka nekā maksimālā režīmā (salīdziniet ar tīkliņa modulāciju).

3) Ģeneratora lietderības koeficients paliek nemainīgs pie visiem anoda spriegumiem un līdzīgs maksimālā režīma η ($\eta = 0,7 \div 0,8$).

4) Nesējfrecvences režīmā un $m=1$ svārstību jauda samazinās četrkārtīgi, salīdzinot ar maksimālo režīmu; tikpat daudz reizes samazinās arī pievadītā jauda $P_{=}$.

Viņu attiecība $\eta = \frac{P_{\sim}}{P_{=}}$ paliek konstanta. Atcerēsimies, ka pie tīkliņa modulācijas nesējfrecvences režīmā P_{\sim} arī samazinās 4 reizes, bet $P_{=}$ samazinās tikai 2 reizes un tāpēc tīkliņa modulācijas lietderības koeficients samazinās 2 reizes.

5) Jaudas $P_{\sim \text{vid}}$, $P_{= \text{vid}}$ un $P_{a \text{vid}}$ palielinās $(1 + \frac{m^2}{2})$ reizes, ja notiek modulācija, t. i. 1,5 reizes pie $m=1$, salīdzinot ar nesējfrecvences režīmu. Papildu jaudu anoda barošanai $P_{= \frac{m^2}{2}}$ anoda ķēdē ienes modulators.

No šejienes izriet, ka pie $m=1$ modulatoram jāatdod jauda līdzīga pusei no ģeneratoram pievadītās jaudas

$$P_M = \frac{1}{2} P_T$$

Pieņemot ģenerators $\eta = 0,7$; $P_{=T} = \frac{P_{\sim T}}{0,7}$, dabūsim $P_M =$
 $= \frac{P_{\sim T}}{0,7 \cdot 2} = 0,7 P_{\sim T}$.

Tas nozīmē, ka pie anoda modulācijas modulatoram jāatdod nekropļota jauda, līdzīga 70% no ģenerators jaudas $P_{\sim T}$.

Tādā veidā pie anoda modulācijas modulators patērētā jauda ir gandrīz vienāda ar ģenerators jaudu $P_{\sim T}$; parasti modulators pielieto tādā pašā tipa lampas kā ģenerators.

Mācību grāmatas § XII.3 izklāstīta ģenerators aprēķina kārtība pie anoda modulācijas.

Šeit nepieciešams pievērst uzmanību uz šādu atšķirīgu īpatnību, izvēloties lampas pie anoda modulācijas. Tā kā maksimālā režīmā ($m=1$) anodspriegums pieaug 2 reizes, tad tikpat reizes palielinās lampu atdodamā jauda.

No šejienes seko, ka, lai nodrošinātu uzdoto derīgo jaudu, vajadzīgais lampu skaits ģenerators būs divas reizes mazāks nekā pie tīkliņa modulācijas.

Apskatīsim to ar piemēru. Pieņemsim, ka raidītājs jāizvēlas lampa ar jaudu $P_{\sim T} = 100$ kW pie tīkliņa un anoda modulācijas. Anoda barošanas avots spriegums E_a ir viens un tas pats.

$$\text{Abos gadījumos } P_{\sim \max} = P_{\sim T}(1+m)^2 = 4P_{\sim T} = 400 \text{ kW.}$$

Lai nodrošinātu $P_{\sim \max} = 400$ kW, pie tīkliņa modulācijas būs jāuzstāda ģenerators lampas ar nominālo jaudu 400 kW (piemēram, 4 lampas katra pa 100 kW).

Pie anoda modulācijas anoda spriegums maksimālajā režīmā pieaug 2 reizes un tāpēc lampa attīsta 2 reizes lielāku jaudu par nominālo. Tāpēc, lai dabūtu to pašu $P_{\sim \max} = 400$ kW, ģenerators būs jāuzstāda lampas ar 2 reizes mazāku jaudu, t. i., 2 lampas ar nominālo jaudu 100 kW katra.

Momentānie zudumi uz lampas anoda maksimālā režīmā 2 reizes pārsniedz izkliedi uz anoda, ja lampa atdot nominālo jaudu. Momentānais spriegums uz anoda sasniedz lielumu

$$e_{a \max} = E_{a \max} + U_{a \max} = 2E_{aT} - 2U_{aT} \approx 4E_{aT}$$

Tomēr mums jāreķinās nevis ar momentānām jaudas nozīmēm, bet ar vidējo nozīmi $P_{a \text{ vid}}$; pēdējā ir mazāka par $P_{a \text{ nom}}$.

Mēģinājums arī parāda, ka pa modulācijas laiku lampas iztur momentāno anoda sprieguma pieaugumu pie nominālām sprieguma nozīmēm nesējfrekvences režīmā, bet ne vairāk par 10 ÷ 11 kV.

Jautājumi pašpārbaudei

1) Ar ko izskaidrojams izliekums modulācijas raksturlīknes sākumā pie anoda modulācijas?

2) Kāpēc pie anoda modulācijas neiestājas dinatrona efekts?

3) Kāds režīms uzskatāms par vairāk atvieglotu lampas anodam pie anoda modulācijas, — nesējfrekvences režīms vai maksimālās jaudas režīms?

4) Kāpēc nav lietderīgi realizēt raidītāja starppakāpēs anoda modulāciju?

5) Kas traucē reālā raidītājā iestādīt anoda modulācijas ģeneratorā maksimālo režīmu?

6) Cik vajadzēs lampu ar nominālo jaudu 30 kW, lai nodrošinātu nesējfrekvences režīmā jaudu antenā $P_{\sim T} = 25$ kW ($m=1$), ja starpkontūra lietderības koeficients $\eta=0,9$?

XIII tēma

ANODA MODULĀCIJAS SHĒMAS

Literatūra: Mācību grāmata, XIII. nod.

Lai izpētītu modulatora darbu pie anoda modulācijas, ir ērti apmainīt ģeneratoru ar aktīvu pretestību $R_G = \frac{E_a}{I_{a=}}$

un uzskatīt modulatoru kā zemfrekvences pastiprinātāju, noslogotu ar aktīvo pretestību R_G . Kad raidītāju jaudas bija mazas, tad modulatorus būvēja pēc vienkāršas shēmas un tie strādāja A klases režīmā.

Pašreiz vidējas un lielas jaudas raidītājos pielieto modulatorus, kuri strādā ekonomiskākā prettakta shēmā, kurā lampas strādā B klases režīmā.

Mācību grāmatā, zīm. XIII.2, dota anoda modulācijas paralēlā shēma (vientakta). Savā laikā šī shēma tika plaši pielietota. Šādā shēmā modulācijas koeficientu nosaka ar nolīdzinājumu

$$m = \frac{U_{a\Omega}}{E_{aT}} = \frac{U_{aM}}{E_{aT}},$$

t. i., līdzīgs modulatora lampas anodsprieguma izmantošanas koeficientam.

Lai nebūtu kropļojumu, modulatoram kā zemfrekvences pastiprinātājam jāstrādā nepārspriegtā režīmā, t. i., ar anodsprieguma izmantošanas koeficientu $\xi < 1$.

Tātad anoda modulācijas shēmā ar modulācijas droseli nevar realizēt 100% modulāciju, lai nebūtu lieli kropļojumi. Iespējama modulācija ar $m=1$ shēmā ar transformatoru (zīm. XIII.7) vai arī pielietojot ģeneratoram zemāku anoda spriegumu, salīdzinot ar modulatora spriegumu E_{aM} .

Mācību grāmatas § XIII apskatītas prettakta modulatora shēmas un darbs pie anodstrāvas nogriešanas leņķa 90° («B klase»).

Parādīta tāda modulatora aprēķina kārtība. No šā iztīrājuma redzams, ka prettakta modulatorā lampa var atdot nekropļotu jaudu līdzīgu apmēram pusei no nominālās jaudas. Modulatora lietderības koeficients sasniedz apmēram 55% (pie $m=1$). Jāgriež uzmanība uz to, ka B klases modulatoriem ir raksturīgs nestabils jaudas patēriņš. Patērējamā jauda aug līdz ar modulācijas koeficienta palielināšanos.

Mācību grāmatā XIII zīm. dotā shēma ir samērā vienkārša. Šinī shēmā transformatora sekundārajā tinumā plūst šādas ģenerators strāvas: līdzstrāva $I_{a=T}$ un toņfrekvences maiņstrāva ar amplitūdu $I_{a\Omega} = m \cdot I_{a=T}$ (zīm. XIII.7 parādītas ar šautriņām).

Strāva $I_{a\Omega}$ noslēdzas caur barošanas avota filtru. Šinī shēmā (bez modulācijas droseles) efektīvās strāvas vērtība sekundārajā tinumā:

$$I_{2ef} = \sqrt{I_{a=T}^2 + \left(\frac{I_{a\Omega}}{2}\right)^2} = \sqrt{I_{a=T}^2 + \left(\frac{m \cdot I_{a=T}}{2}\right)^2} = I_{a=T} \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}$$

Shēmai piemīt trūkums — sekundārajā tinumā plūstošā līdzstrāva nomagnētizē dzelzi, un tāpēc ir jāpalielina transformatora gabarīti.

Zīm. XIII.10 attēlotā modulatora shēma ir atradusi plašu pielietošanu praksē. Šinī shēmā, pateicoties pielietotam nodalīšanas kondensatoram C un modulācijas droselei L_M , līdzstrāvu nodala no maiņstrāvas (zīmējumā parādīti ar šautriņām). Līdzstrāva $I_{a=T}$ cauri transformatoram neplūst.

Šī shēma atļauj samazināt modulācijas transformatora gabarītus, bet līdz ar to nāk klāt jauni elementi — drosele L_M un kondensators C (parasti kondensatoru baterija). Jāņem vērā, ka kondensators C atrodas zem sprieguma, līdzīga E_{aT} ¹.

Tā kā šinī shēmā sekundārajā tinumā plūst cauri tikai toņfrekvences strāva ar amplitūdu $I_{a\Omega} = m I_{a=T}$, tad šīs strāvas efektīvā vērtība būs līdzīga

$$I_{2ef} = \frac{I_{a\Omega}}{2} = \frac{I_{a=T}}{2} \quad (m=1).$$

Sakarā ar to jāņem vērā, ka B klases modulatora aprēķina piemērs, kas dots mācību grāmatas 220. lpp., attiecas nevis uz tās pašas lpp. XIII.21 zīmējumā attēloto shēmu, kas ir tas pats, kas zīm. XIII.10, bet gan uz zīmējumā XIII.7 attēloto shēmu. Tāpēc efektīvo strāvu, kas plūst caur sekundāro tinumu, atrod pēc formulas:

$$I_{2ef} = I_{a=T} \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}$$

¹ Spriegums uz kondensatora C nevar palielināties uz toņfrekvenču sprieguma krituma rēķina vairāk nekā E_{aT} , tāpēc ka zemfrekvences strāvām šī lielā kapacitāte praktiski uzrāda īsslēgumu. (Red.)

kurā ir ievērota arī caur sekundāro tinumu plūstošā līdzstrāva $I_{a=T}$.

Zīm. XIII.10 un XIII.21 dotajās shēmās, kā jau tika aizrādīts

$$I_{2ef} = \frac{I_{a=T}}{\sqrt{2}}.$$

Tālāk apskatīts ļoti svarīgs jautājums par modulācijas transformatora darbu. Der griezt uzmanību uz to, ka modulācijas transformators var būt par iemeslu ne tikai frekvenču, bet arī ievērojamiem nelineāriem kropļojumiem.

Kā ikvienā zemfrekvences pastiprinātājā frekvenču kropļojumu izcelšanās pamatā uz zemām frekvencēm ir nepietiekama induktivitāte transformatora tukšgaitā, bet pie augstām frekvencēm liela izkliedes induktivitāte. Abos gadījumos frekvenču raksturlīknei abos galos ir pastiprinājuma kritums.

Sikāks iztīrājums rāda, ka lielas izkliedes induktivitātes dēļ var rasties nelineārie kropļojumi kā pie vidējām, tā arī pie augstām toņfrekvencēm.

Vēl vairāk, lai izvairītos no nelineārajiem kropļojumiem, pie visām frekvencēm transformatora izkliedei L_s jābūt daudzkārt mazākai par to, kāda vajadzīga, izejot no frekvenču raksturlīknes apsvērumiem.

Jāvērš uzmanība uz to, ka jānodrošina maza izkliede L_s' tieši starp visu sekundāro tinumu un katru sekundārā tinuma pusi.

Lai realizētu transformatoru ar ļoti mazu L_s' , pielieto speciālas konstrukcijas tinumus, izvietojot šos tinumus dažādos veidos (zīm. XIII.14).

Jāvērš arī uzmanība uz submodulatora darba īpatnībām, kurš uzskatāms kā zemfrekvences pastiprinātājs, kas strādā ar impulsu slodzi (modulatora tīkliņa ķēde).

Kropļojumu samazināšanai šeit ir šādi līdzekļi: lampas izvēle ar mazu R_i , neliels modulācijas transformatora transformācijas koeficients un sevišķi maza izkliedes induktivitāte L_s'' .

Dažreiz šuntē sekundāro tinumu ar aktīvu pretestību. Tas palīdz palielināt submodulatora jaudu.

Pēdējā laikā praksē atraduši plašu pielietošanu submodulatori, kuri uzbūvēti pēc shēmas ar katoda saiti un kuros nav submodulācijas transformatora. Šinīs shēmās spriegums uz slodzes nav atkarīgs no tās pretestības un ir līdzīgs ieejas sprieguma formai. Šo priekšrocību panāk, samazinot ievērojamā

mērā pastiprinājuma koeficientu; attiecība $\frac{U_{sl}}{U_{ie}} < 1$.

Submodulatoru shēmas ar katoda saiti parādītas mācību grāmatā, zīm. XIII.17 a un b.

Jāvērš uzmanību uz sevišķām parādībām, kuras var parādīties modulatorā un submodulatorā. Pie tām pieskaitāmas:

- 1) ģenerēšana dinatrona efekta dēļ,
- 2) lieli pārspriegumi, kuri var izcelties modulācijas un submodulācijas transformatora izkliedes induktivitātes dēļ.

Mācību grāmatas 218. un 219. lpp. izanalizēti šo bīstamo parādību izcelšanās iemesli un norādīti līdzekļi cīņai ar tām, un aizsardzībai pret pārspriegumiem.

Jautājumi pašpārbaudei

1) Raidītāja izejas pakāpe ar anoda modulāciju nesējfrekvences režīmā dod jaudu $P_{\sim T} = 100$ kW. Noteikt ģeneratora un modulatora lampu jaudu. Ģeneratora lietderības koeficients anoda ķēdē $\eta = 0,7$.

2) Triodes ģeneratoram ir anoda modulācija, $m = 1$. Pretakta modulators. Ģeneratora mērinstrumentu rādījumi klusuma brīdī: $E_{aT} = 10$ kV, $I_{aT} = 14$ A. Noteikt modulatora lampām nominālo jaudu.

3) Kādam spriegumam jāparedz kondensators C, kas uzrādīts mācību grāmatas XIII.10 zīmējumā attēlotā shēmā?

4) Uzzīmējiet raidītāja izejas pakāpes shēmu pretakta slēgumā ar anoda modulāciju, pie kam modulatoram ir pretakta slēguma shēma. Ģeneratoram ir paralēlā anoda barošana.

5) Kā izskaidrot fizikāli nelineāro kropļojumu iestāšanos modulācijas transformatorā izkliedes induktivitātes dēļ?

XIV tēma

MODULĀCIJA AR EKLANĒTĀM LAMPĀM

Literatūra: Mācību grāmata, XIV nod.

Mācību grāmatas § XIV.1 apskatīts jautājums par modulāciju tetrodes ģeneratorā. Šinis ģeneratoros visbiežāk pielieto modulāciju uz stūrējošā tīkliņa. Pie vienādas svārstību jaudas tetrodei ir mazākas tīkliņstrāvas nekā triodei un tāpēc pie tīkliņa modulācijas ir vajadzīgs mazākas jaudas modulators. Ir atradusi pielietošanu arī anoda-ekrāna modulācija, pie kuras vienlaicīgi modulējas spriegums uz anoda un uz ekrāna tīkliņa.

Pentodes ģeneratorā modulācija principiāli iespējama uz jebkurām elektrodēm. Praksē atradusi plašu pielietošanu modulācija, izmainot priekšspriegumu bremztīkliņa ķēdē.

Mācību grāmatā, zīm. XIV.2 dotas modulācijas statistiskās raksturliiknes. Parasti visa raksturliiknes lineārā daļa atrodas negatīvo spriegumu robežās, kur nav bremztīkliņa strāvas. Tāpēc, modulējot uz bremztīkliņa, ir vajadzīgs ļoti mazas jaudas modu-

lators. Šādam modulācijas veidam vēl ir cita priekšrocība — daudz lineārāka modulācijas raksturlīkne, nekā modulējot priekšspriegumu uz stūrējoša tīkliņa. Palielinot negatīvo spriegumu uz bremztīkliņa, aug ekrāna un stūrējošā tīkliņu strāvas. Ģenerators strādā pārspriegtā režīmā attiecībā uz ekrāna un stūrējošo tīkliņiem. Lai izvairītos no frekvenču liknes krituma, jāņem bloķēšanas kondensators bremztīkliņa ķēdē ar ne visai lielu kapacitāti. Lai izlīdzinātu modulācijas raksturlīkni un ierobežotu ekrāntīkliņa strāvu, ekrāntīkliņu parasti baro no anoda avota caur dzēšanas pretestību. Stūrējošā tīkliņa ķēdē ir lietderīgi pielietot automātisko priekšspriegumu.

Ģenerators aprēķina kārtība pie modulācijas uz bremztīkliņa un enerģētiskās sakarības ir tādas pašas kā pie parastās modulācijas. Aprēķina piemērs dots mācību grāmatas XIV. nodaļas beigās.

Jautājumi pašpārbaudei

- 1) Kāpēc tetrodes ģeneratoros nepielieto anoda modulāciju?
- 2) Kādā spriegojuma režīmā iespējams realizēt anoda-ekrāna modulāciju?
- 3) Vai pentodes ģeneratorā ir iespējama anoda modulācija?
- 4) Noteikt vajadzīgo lampu skaitu ar nominālo jaudu 1 kW, lai nesējfrekvences režīmā nodrošinātu 500 vatu jaudu, modulējot ģeneratoru: a) uz anoda, b) uz stūrējošā tīkliņa, c) uz bremztīkliņa.

XV tēma

MODULĀCIJA PAŠIEROSMES ĢENERATOROS

Šo modulācijas veidu pielieto samērā reti, tāpēc ka, realizējot modulāciju pašierosmes ģeneratorā, neizbēgami samazinās tā frekvences stabilitāte. Lai gan dažos gadījumos — mazjaudas raidītājos — modulāciju autoģeneratoros tomēr pielieto.

1) Tīkliņa modulācija ar priekšspriegumu. Kā no pašierosmes ģenerators svārstību raksturlīkņu analīzes redzams — mācību grāmatā, zīm. VIII.19 — pie ciešas pretsaites svārstības iestājas lēcienveidīgi, kā arī piepeši izbeidzas. Šā jautājuma sīkāka analīze rāda, ka pašierosmes ģeneratorā var realizēt nevisai dziļu modulāciju ar priekšspriegumu, un tādēļ arī šo modulācijas veidu parasti nepielieto.

2) Anoda modulācija. Teorija un prakse rāda, ka pašierosmes ģeneratorā ir iespējams dabūt dziļu anoda modulāciju.

3) Pašierosmes ģeneratoros ir iespējama arī modulācija uz bremztīkliņa un tā paliek lineāra arī pie liela modulācijas koeficienta.

MODULĀCIJAS SHĒMU SALĪDZINĀŠANA. N. KRUGLOVA AUTOANODA MODULĀCIJA

Literatūra: L. A. Kopitins, Radio raidiekārtas, II daļa, 60 ÷ 72. lpp.

Salīdzināsim tīkliņa un anoda modulāciju, izejot no darba režīmiem un enerģētiskajiem rādītājiem.

1) Tīkliņa modulācija. Augstfrekvenču ģenerators strādā nepārspriegtā režīmā ar anodstrāvas impulsiem, kuri nesasniedz sātstrāvu. Šā iemesla dēļ lampām derīgā robežjaua samazinās par 15—20%. Lai iegūtu 100% modulāciju, jāizvēlas tādas lampas, kuru nominālā jauda ir 4,5 ÷ 5 reizes lielāka par nesējfrekvences jaudu. Zudumu jauda uz lampas anoda nesējfrekvences režīmā ir apmēram tikpat un pat drusku lielāka

nekā maksimālajā režīmā. Lietderības koeficients $\eta_T = \frac{\eta_{\max}}{1+m}$, t. i.,

divas reizes mazāka nekā maksimālajā režīmā. Ja pie mikroфона ir klusums, tad ģenerators lietderības koeficients atrodas 30 ÷ 35% robežās un izkļiede uz anoda apmēram 2 reizes pārsniedz ģenerators derīgo jaudu.

Pa modulācijas laiku pievadītā jauda nemainās, derīgā pieaug un anoda zudumi samazinās.

Tīkliņa modulācijas vienīgā priekšrocība, salīdzinot ar anoda modulāciju, ir tā, ka šīnī gadījumā var pielietot mazākas jaudas modulējošo iekārtu.

Praksē iznāk sastapties galvenokārt ar divām tīkliņa modulācijas priekšsprieguma shēmām: shēma ar transformatoru un Minca shēma. Lai samazinātu modulātoru jaudu, jācenšas maksimāli samazināt ģenerators tīkliņstrāvas, piemēram, pielietojot ekranizētas lampas.

2) Anoda modulācija. Ģenerators strādā pārspriegtā režīmā. Ir iespējama lineāra modulācija gandrīz līdz 100%.

Modulācijas raksturlīknes lineārajā daļā ģenerators η nemainās. Ņemot vērā to, ka ģenerators visu laiku strādā pārspriegtā režīmā ($\xi = 0,9 \div 1$), tad ģenerators lietderības koeficients ir nemainīgs un pie tam ļoti augsts. Klusuma brīdī anoda zudumi mazāki nekā pie modulācijas. Pa modulācijas laiku anoda zudumi mazāki nekā tad, kad lampa atdod nominālo jaudu.

Nesējfrekvences režīmā ģenerators var atdot jaudu, līdzīgu pusei no lampas nominālās jaudas.

Katrā gadījumā pie anoda modulācijas ģeneratoram ir vajadzīgs apmēram 2 reizes mazāk lampu nekā pie tīkliņa modulācijas. Reizē ar to pie anoda modulācijas ir vajadzīga jaudīga modulējošā iekārta, kurā parasti uzstāda tāda paša tipa lampas

leņķis (klusuma režīmā). Tādam nolūkam lampas L_1 tīkliņam padots pozitīvs priekšspriegums. Izejas pakāpes anoda līdzstrāvas komponentes ķēdē ieslēgta modulācijas drosele D_1 , bet tīkliņa ķēdē — noplūdes pretestība P_t . Praktiski pretestības vietā uzstāda zemfrekvences droseļi D_2 ar tādu aprēķinu, lai pie toņfrekvenču mainstrāvas komponentēm R_t uzrādītu lielu pretestību, bet pie līdzstrāvas komponentes — mazu.

Priekšpastiprinātāju ar lampu L_2 ar mazjaudīgu modulatora palīdzību modulē pēc vienas no shēmām, piemēram, ar priekšspriegumu uz stūrējošā tīkliņa vai arī uz izejas pakāpes lampas L_2 tīkliņa padod modulētu ierosmi.

Modulācijas shēmas	Tīkliņa	Anoda
Enerģētiskie rādītāji		
Darba režīms	Nepārspriegts	Pārspriegts
Vajadzīgā nominālā jauda lampām ($m=1$)	$P_{\sim n} = (4,5 \div 5) P_{\sim T}$	$P_{\sim n} = P_{\sim T}$
Lietderības koeficients pēc anoda ķēdes nesējfrekvences režīma	$\eta_T = \frac{\eta_{\max}}{1+m} = 0,3 \div 0,35$	$\eta_T = \eta_{\max} = 0,7 \div 0,8$
Anoda zudumi nesējfrekvences režīmā salīdzinājumā ar maksimālo	$P_{aT} \geq P_{a \max}$	$P_{aT} < P_{a \max}$
Anoda zudumi modulācijas režīmā	$P_{a \text{ vid}} < P_{aT}$	$P_{a \text{ vid}} > P_{aT}$; bet ne lielāks par $0,75 P_{a \text{ nom}}$

Modulācijas pozitīvā pusvilņa laikā, kad ierosmes spriegums palielinās, palielinās tīkliņstrāva, bet tīkliņa priekšspriegums, pateicoties tīkliņa ķēdē slēgtai pretestībai, paliek negatīvāks. Šā iemesla dēļ samazinās nogriezuma leņķis un arī anoda līdzstrāvas komponente. Līdzstrāvas komponentes izmaiņa izsauc droseles D_1 reakciju, kura cenšas uzturēt tanī caurplūstošo strāvu. Uz droseles spailēm rodas potenciālu difference ar tādu virzienu, kura rezultātā spriegums uz lampas anoda pieaug.

Modulācijas negatīvā pusvilņa laikā, samazinoties ierosmes spriegumam, priekšspriegums paliek pozitīvāks, palielinās nogriešanas leņķis, un anoda līdzstrāvas komponente tiecas pieaugt. Šinī gadījumā droseles D_1 reakcija izsauc anoda sprieguma samazināšanos.

Tā kā lampa strādā pārspriegtā režīmā, tad anoda sprieguma izmaiņas izsauc proporcionālas izmaiņas anodstrāvas pirmai harmoniskai, t. i., izsauc anoda modulāciju.

Tādā veidā autoanoda modulācijas būtība ir tā, ka augsto ekonomisko režīmu, kurš ir ekvivalents anoda modulācijai, šeit rada nevis uz speciālas lielas jaudas modulējošas iekārtas rēķina, bet gan uz paša ģeneratora lampu pilnīgas izmantošanas rēķina, kuras vienlaicīgi izpilda jaudīga augstfrekvences pastiprinātāja funkcijas, kā arī sava anoda modulatora funkcijas

Praktiski anoda automodulācijas shēmas pielietošana deva salīdzināmus rezultātus ar anoda modulācijas shēmu. Realizējot autoanoda modulāciju, nācās sadurties ar ievērojamiem nelineāriem kropļojumiem, kuri tika novērsti, pielietojot pretsaiti. Autors turpina darbus pie dotās shēmas tālākas uzlabošanas.

XVII tēma

RAIDĪTĀJA FREKVENCES STABILIZĀCIJA

Literatūra: Mācību grāmata, XVII nod.

Sakarā ar augstām ekspluatācijas prasībām frekvenču stabilizācijas jautājumiem radio raidiekārtās ir liela loma. Šiem jautājumiem ir veltīti daudzi padomju zinātnieku darbi. It sevišķu ievērību šinī nozarē pelna zinātnieku Kobzareva, Šembeļa, Neiņa, Šitikova, Krilova, Bogoļubova, Jevtjanova u. c. darbi.

Mācību grāmatas § XVII.1 ievesti ļoti svarīgi jēdzieni par kontūra etalonu īpašībām un tā fiksācijas spējām. Lai nodrošinātu augstu frekvences stabilitāti, kontūram jābūt ar augstām etalonu īpašībām un augstu labuma koeficientu. Der vērst uzmanību uz to, ka ģeneratora frekvences novirze no nomināla saistīta ar diviem dažādiem iemesliem: 1) sākumā frekvence nav iestādīta visai precīzi, 2) frekvence nav stabila pēc laika. Nestabils stāvoklis pēc laika ir uzskatāms kā rezultāts no vairāku destabilizējošu faktoru iedarbes, kā, piemēram: mehāniskās deformācijas, temperatūras un barojošo spriegumu izmaiņas, lampu apmaiņa u. c.

Mācību grāmatas § XVII.2 apskatīts ģenerators, izejot no frekvenču stabilitātes redzes viedokļa, ar vienmērīgu diapazonu, bez kvarca. Noskaidrots destabilizējošu faktoru iespajds uz ģenerējošo frekvenci un to vājināšanas paņēmieni.

Starp citiem destabilizējošiem faktoriem der sevišķi atzīmēt temperatūras izmaiņu, kas izsauc vislielāko frekvences novirzi.

Lai novērtētu temperatūras iespajdus, pieņemti speciāli koeficienti analogiski fizisku ķermeņu lineārās izplešanās temperatūras koeficientam. Uz tiem attiecas: kapacitātes temperatūras

koeficients (KTK) $\alpha_c = \frac{\Delta C}{C \Delta T}$; induktivitātes temperatūras koe-

ficients (ITK) $\alpha_L = \frac{\Delta L}{L \Delta T}$; frekvences temperatūras koeficients

(FTK) $\alpha = 0,5(\alpha_L + \alpha_c)$.

Parasti induktivitātes temperatūras koeficients (ITK) ir pozitīvs ($\alpha_L > 0$) un kontūru FKT var samazināt, pielietojot kondensatoru ar negatīvu KTK.

ITK lielums atkarīgs no spoles materiāla un konstrukcijas. Modernos stabilos pašierosmes ģeneratoros pielieto spoles ar karkasiem pagatavotiem no radiokeramikas un ar izturīgu vada saķēdējumu, ar iededzināšanas metodi.

Pašierosmes ģeneratoru kondensatoriem ir jābūt ar mazu KTK. To var panākt, attiecīgi izvēloties kondensatora materiālu un attiecīgi izveidojot tā konstrukciju. Dažreiz pielieto kondensatorus ar negatīvu KTK, lai kompensētu pozitīvo FTK koeficientu.

Sakarā ar to, ka rodas zināmas grūtības izgatavot mainīgas kapacitātes kondensatorus ar augstu stabilitāti, ir atraduši pielietošanu kondensatori ar pastāvīgu kapacitāti un cietu dielektriķi, kuriem ir ļoti mazs, pat negatīvs KTK (piemēram, tikonda kondensatori). Pie tam kā noskaņošanas elementus pielieto variometrus ar tinumu, kuru novieto uz keramikas ar iededzināšanas metodi.

Dažos gadījumos, kad ir prasība pēc ļoti augstas frekvences stabilitātes, kontūru (vai visu pašierosmes pakāpi) ievieto termostatā, kurā uztur temperatūru ar lielu precizitāti (grādu desmitdaļas).

Uz pašierosmes ģeneratora frekvenci atstāj iespaidu arī ģeneratora lampa. Šis jautājums iztirzāts mācību grāmatas 252. lpp. Ģeneratora frekvence nenostabilizējas uzreiz tāpēc, ka pa lampas detaļu sasilšanas laiku izmainās lampu starpelektrodu kapacitātes, kā arī izmainās kontūra parametri. Pirmo 15÷20 minūšu laikā pēc ieslēgšanas ir vietā frekvences novirze (mācību grāmata, zīm. XVII.1).

Bez tam pie lampu nomaiņas, parametru izkliedes dēļ, izmainās ģeneratora graduēšanas noskaņojums.

Lai samazinātu destabilizējošo lampas iespaidu, pielieto dažādus paņēmienus, piemēram: lampu nostiprina stabili, paralēli kontūram slēdz mazas kapacitātes kondensatoru noskaņošanas vajadzībām pēc lampu nomaiņas, pielieto kontūru ar samērā lielu kapacitāti, salīdzinot ar kuru lampas kapacitāte kļūst neievērojama.

Šādiem nolūkiem pielieto daļēju anoda kontūra ieslēgšanu ($P < 1$).

Ievērojamu iespaidu uz frekvences stabilitāti atstāj arī barošanas avota sprieguma svārstības. Šis jautājums ir apskatīts mācību grāmatas 253.—254. lpp. Svārstoties barojošiem spriegumiem, izmainās ģenerators režīms un tā atdotā jauda. Barojošo sprieguma iespaidu uz ģenerators frekvenci izskaidro ar to, ka, izmainoties barojošiem spriegumiem, izmainās arī fāzu balanss. Fāzu balanss izjaukšanas pamata iemesls ir pretsaites fāzes koeficienta izmaiņa uz tīkliņstrāvas rēķina.

Bez tam izmainās anoda un tīkliņstrāvu impulsu forma, kā arī augstāko harmonisko sastāvs, kas arī iespaido ierosmes fāzi. Lai vājinātu barojošo spriegumu svārstību iespaidu, pielieto šādus pamatnoteikumus:

1) Par cik par vienu no galvenajiem frekvences nestabilitātes iemesliem no barojošo spriegumu izmaiņas uzskatāma tīkliņstrāvas izmaiņa, ģeneratoram iestāda tādu režīmu, lai būtu maza un stabila tīkliņstrāva. To panāk, slēdzot tīkliņa ķēdē samērā lielu noplūdes pretestību.

2) Ir iespēja slēgt tīkliņa vai anoda ķēdē reaktīvas pretestības. Šo pretestību lielumus izvēlē tādā veidā, lai no tām radītā fāzu nobīde kompensētu no barošanas sprieguma svārstību izmaiņām radušos fāzu nobīdi. Šie pasākumi ir pazīstami ar nosaukumu parametriskā stabilizācija. Šā paņēmiena galvenais trūkums ir tas, ka tam nepiemīt diapazona apjoms.

3) Pats radikālākais cīņas veids ar frekvences svārstībām, kuras izsauc barošanas avota sprieguma svārstības, ir šā avota sprieguma stabilizācija ar speciālu stabilizatoru palīdzību.

Pašierosmes ģeneratoros ir lietderīgi pielietot sērijas barošanas shēmu.

Pētot šo, kā arī nākošās nodaļas, vērsiet uzmanību uz FTK, KTK, ITK skaitliskajiem datiem, kā arī uz pievestiem praktiskiem datiem par ģenerators frekvences stabilitāti ar vienmērīgu diapazonu un kvarca stabilizāciju.

Prakse un teorija rāda, ka uzdevums par frekvences iegūšanu ar augstu stabilitāti atvieglojas ar autoģenerators jaudas samazināšanos, kura ļoti stabilos ierosinātajos parasti nepārsniedz dažus vatus.

Lai novērstu slodzes iespaidu, kā arī otras aiz autoģenerators sekojošas pakāpes reakciju, pēdējo iestāda bufera režīmā. Bufera pakāpēs lampām jādarbojas bez tīkliņstrāvām. Lai izpildītu šo noteikumu, buferu pastiprinātājam jāstrādā tikai negatīvo spriegumu apvidū uz stūrējošā tīkliņa. Par bufera režīma noteikumu uzskatāma nevienlīdzība $(E_t) \geq (U_t)$.

Šeit (E_t) ir ar negatīvu zīmi. Bufera pastiprinātāja aprēķina gaita ir apmēram sekojoša:

1) pēc lampas statiskajām raksturlīknēm nosaka anodstrāvu I pie anoda darba sprieguma un pie stūrējošā tīkliņa nulles sprieguma;

- 2) izvēlas maksimālo impulsu $i_{a \max} \approx (0,7 \div 0,75) \cdot I$;
- 3) ieteicams izvēlēties nogriešanas leņķi $100 \div 120^\circ$ robežās;
- 4) pēc parastajām formulām nosaka U_t un E_t lielumus;
- 5) pārbauda pamatnoteikumu $(E_t) \geq (U_t)$.

Ja dabūs $(E_t) < (U_t)$ tad jāsamazina $i_{a \max}$ lielums. Ja turpretim priekšsprieguma absolūtais lielums pārsniegs (U_t) , tad var palielināt $i_{a \max}$. Pēc tam aprēķinu turpina parastajā kārtībā.

Pielietojot bufera pastiprinātajos ekranētas lampas un pentodes un paceļot ekrāna spriegumu, ir iespējams padarīt to raksturliknes «kreisākas», kas dod iespēju palielināt $i_{a \max}$ lielumu.

Jāņem vērā, ka bufera pastiprinātajos nav iespējams realizēt automātisko priekšspriegumu uz tīkliņstrāvas rēķina¹.

XVIII tēma

FREKVENCES STABILIZĀCIJA AR KVARCU

Literatūra: Mācību grāmata, XVIII nod.

Stabilizējot ar kvarcu, ir iespējams dabūt ļoti augstu autoģenerators frekvences stabilitāti.

Mācību grāmatas § XVIII.1 apskatītas kvarca fizikālās īpašības. Ar kvarca mehānisko svārstību palīdzību var dabūt elektriskās svārstības, pateicoties kvarca tiešam un pretējam pjezoelektriskajam efektam. Kvarca plāksnītes viļņa garums (kvarca rezonanses frekvence) atkarīga no tās ģeometriskajiem izmēriem.

Mācību grāmatas § XVIII.2 ir izpētīta kvarca ekvivalentā shēma. Rezonanses momentā strāva caur kvarca plāksnīti stipri pieaug, analogiski sērijas rezonanses gadījumam elektriskajā ķēdē. Ekvivalentā shēmā kvarcu aizstāj ar elektrisko shēmu (zīm. XVIII.6).

Der vērēt uzmanību uz kvarca svārstību kontūra neparastajiem parametriem. Sevišķi svarīgi ir tas, ka kvarca kontūra labuma koeficients ir ļoti liels (10^4 — 10^5). Tāpēc kvarca plāksnītes fiksēšanas spējas ir ievērojami lielākas nekā parastajiem svārstību kontūriem. Kvarca etalona īpašības, pateicoties tā cietumam un maziem izmēriem, arī ir sevišķi augstas. Lai paaugstinātu kvarca ģenerators frekvences stabilitāti, pielieto kvarcus ar speciāliem izgriezumiem un attiecīgām kvarca turētāju konstrukcijām (§ 3).

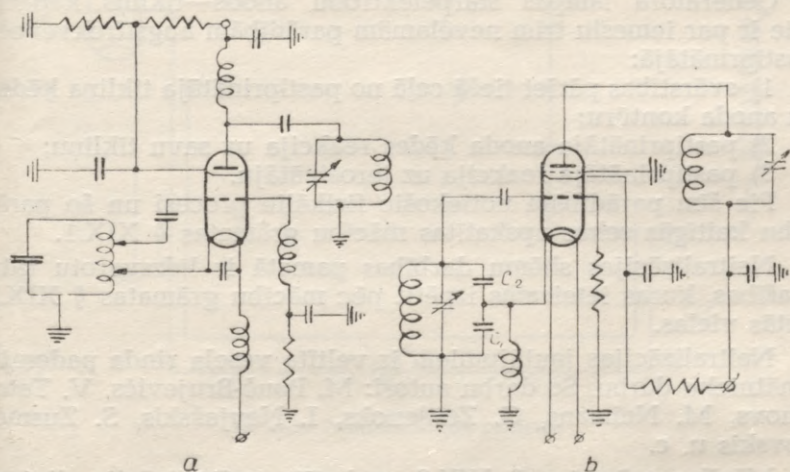
Mācību grāmatas § XVIII.4 apskatītas kvarca ģeneratoru shēmas.

¹ Automātisko priekšspriegumu bieži realizē, ieslēdzot pretestību lampas katoda ķēdē. (Red.)

Tagad lieto divas kvarca slēguma shēmas:

- 1) kvarca slēgšana starp tīkliņu un katodu (zīm. XVIII.10),
- 2) kvarca slēgšana starp tīkliņu un anodu (zīm. XVIII.13).

Otrai shēmai ir priekšrocība — lielāka frekvences stabilitāte.



12. zīm. B. Šembeļa shēma

Tās trūkums — kvarcs atrodas zem augsta anoda kontūra sprieguma.

Nelielas jaudas raidītājos, kā arī pārvietojamos raidītājos bieži pielieto B. Šembeļa shēmu (zīm. XVIII.15 un 17). Šīnī shēmā pielieto lampu ar ekranētu anodu, kurš vienlaicīgi izpilda 2 funkcijas: autoģenerators un augstfrekvences pastiprinātājs vai arī frekvenču reizinātājs.

Der atzīmēt, ka Šembeļa shēmai vēl ir liela nozīme mazjauddīgos un pārvietojamos raidītājos ar vienmērīgu diapazonu, bez kvarca: šeit tā ir atradusi ļoti plašu pielietošanu. Tas izskaidrojams ar to, ka pielietot kvarca shēmu plašā frekvenču diapazonā ir sarežģīts uzdevums, bet, pielietojot Šembeļa shēmu, tiek nodrošināta lielāka frekvenču stabilitāte, nekā tas ir parastajās autoģeneratoru shēmās bez kvarciem un pie tam ar mazāku lampu skaitu un mazākiem gabarītiem.

Šembeļa shēmu var konstruēt ar tetrodēm vai arī ar pentodēm.

Darbam vienmērīgā diapazonā Šembeļa shēmas konstruēšanas piemērs parādīts 12. zīmējumā.

NEUTRALIZĀCIJA

Literatūra: Mācību grāmata, XIX nod.

Ģenerators lampas starpelektrodu anods—tikliņš kapacitāte ir par iemeslu trim nevēlamām parādībām augstfrekvences pastiprinātājā:

- 1) svārstības pāriet tiešā ceļā no pastiprinātāja tikliņa ķēdes uz anoda kontūru;
- 2) pastiprinātāja anoda ķēdes reakcija uz savu tikliņu;
- 3) pastiprinātāja reakcija uz ierosinātāju.

Pie šīm parādībām notiekošie fizikālie procesi un šo parādību kaitīgās sekas apskatītas mācību grāmatas § XIX.1.

Neitralizācijas shēmu darbības pamatā ir līdzsvarotu tiltu īpašības, kuras ieteicams izpētīt pēc mācību grāmatas § XIX.2 dotās vielas.

Neitralizācijas jautājumiem ir veltīta vesela rinda padomju zinātnieku darbu. Šo darbu autori: M. Bonč-Brujevičs, V. Tatarinovs, M. Neimans, G. Zeitlenoks, I. Ņevjažskis, S. Zusmanovskis u. c.

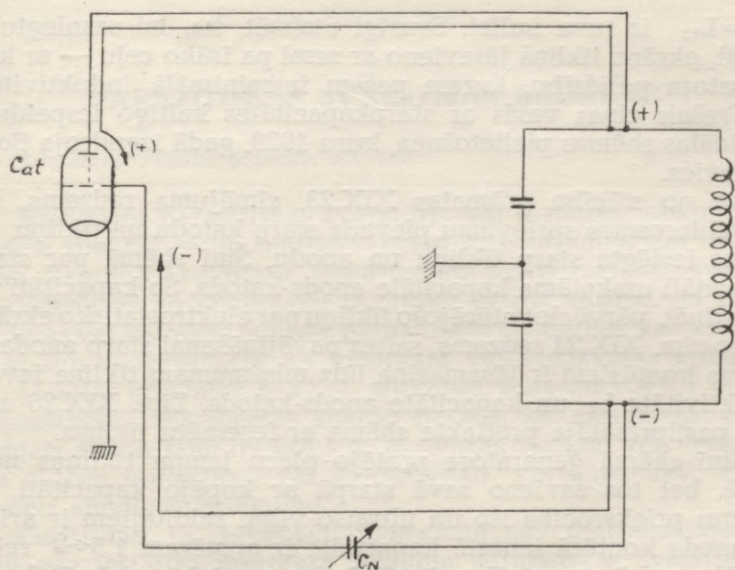
Mācību grāmatas § XIX.3 apskatīta neitralizācija diviem vientakta shēmu veidiem: anoda un tikliņa. Neitralizācijas principa pamatā ir tas, ka anoda—tikliņa kapacitātes darbību kompensē otrās neitrodīna ķēdes darbība, bet pretējā fāzē. Teikto var paskaidrot ar 13. zīmējumā attēlotās shēmas palīdzību. Uz lampas tikliņa dabūtais pozitīvais potenciāls no kontūra augšgala kompensējas ar no kontūra pretējā gala padoto negatīvo potenciālu, pateicoties negatīvai pretsaitei caur neitrodīna kondensatoru C_N , kuru kapacitāte ir līdzīga C_{at} .

Pēc mācību grāmatas ir sīki jāizpēta tikliņa un anoda neitralizācijas shēmās tiešās cauriešanas parādības, reakcija uz tikliņu un ierosinātāju. Radio raidiekārtās galvenokārt pielieto anoda neitralizācijas shēmas.

Vienkāršas neitralizācijas shēmas pilnīgi nenovērš kaitīgās parādības, kādas izsauc lampu starpkapacitātes.

Par pilnīgāku uzskatāma prettakta slēguma neitralizācijas shēma. Šinī shēmā pie noteikuma $C_{N1} = C_{N3} = C_{at1} = C_{at2}$ nav tiešas iedarbes un pretīm virzītas reakcijas uz tikliņiem un ierosinātāju. Praksē šī shēma atradusi visplašāko pielietojumu. Mācību grāmatas § XIX.5 dotas praktiskas metodes neitralizācijai.

Tā kā tilta līdzsvara noteikumā neietilpst darbā frekvence ω , tad pirmā acumirkli var likties, ka attiecībā uz vienu frekvenci neitralizētais pastiprinātājs paturēs šo neitralizācijas stāvokli arī pie visām pārējām frekvencēm. Tomēr jāsaprot, ka ar viļņa



13. zīm. Neitralizācijas princips

garumu samazināšanos parādās savienojošo vadu un elektrodu ievadu inductivitātes iespaids, kas agrāk netika ievērots.

Ņemot vērā inductivitātes, pilnīgi izmainās neitralizācijas shēmas reālais veids.

Mācību grāmatas zīm. XIX.16 un XIX.17 attēlotas neitralizācijas prettakta slēguma shēmas, ievērojot lampu ievadu un montāžas vadu inductivitātes. Teorija rāda, ka šādu tiltu līdzsvarošanai nepieciešams ievērot vairākus noteikumus (mācību grāmata, 287. lpp.).

Praktiski realizēt un regulēt šādas shēmas sagādā zināmas grūtības. Šo iemeslu dēļ moderno raidītāju mazjaudīgās pakāpēs parasti pielieto tetrodes un pentodes kurām neitralizācija nav vajadzīga.

Tetrodu un pentodu ģeneratoros starpkapacitātes C_{at1} samazināta līdz minimumam, t. i., līdz pikofarādu simtām daļām. Būtu pilnīgi nepareizi uzskatīt, ka šīs kapacitātes samazināšana izskaidrojama ar divām sērijā slēgtām kapacitātēm C_{t1t2} un C_{at2} . Patiesībā kapacitātes C_{at1} samazināšanu panāk ar elektrostatiskās ekranēšanas principa izmantošanu.

Kā no mācību grāmatas zīm. XIX.20 redzams, ja ekranējošais tīkliņš būtu pilnīgi ekranējis no anoda a stūrējošo tīkliņu t_1 , tad kapacitāte starp tiem būtu līdzīga nullei. Kaut kāda faktiski esoša atliku kapacitāte izskaidrojama ar nepilnīgu ekranējumu esošo caurumu dēļ ekrāna tīkliņā. Bet pat pie $C_{at1} = 0$ pilnīgu ekranējumu var panākt tikai pie noteikuma, ja ekrāna tīkliņa ievada un savienošanas vada reaktīvā pretestība

$X_{12} = L_{12}$ ir tuva nullei. Svarīgi atzīmēt, ka, lai sasniegtu šo mērķi, ekrāna tīkliņš jāsavieno ar zemi pa īsāko ceļu — ar kondensatora palīdzību, kuram pašam ir minimālā induktivitāte.

Trešais cīņas veids ar starpkapacitātes kaitīgo iespaidu ir oriģinālas shēmas pielietošana, kuru 1929. gadā izgudroja Bonč-Brujevičs.

Kā no mācību grāmatas XIX.23. zīmējuma redzams, šīnī shēmā ierosmes spriegumu pievada starp katodu un tīkliņu, bet slodze ieslēgta starp tīkliņu un anodu. Šīnī shēmā par starpkapacitāti uzskatāma kapacitāte anods-katods. Šo kapacitāti var samazināt, pārvēršot stūrējošo tīkliņu par elektrostatisko ekrānu. Kā no zīm. XIX.24 redzams, saites pavājināšanai starp anoda un tīkliņa kontūriem ir jāsamazina līdz minimumam tīkliņa ievada induktivitāte L_t un kapacitāte anods-katods. Zīm. XIX.26 attēlota pastiprinātāja prettakta shēma ar iezemētu tīkliņu.

Šīnī shēmā ģenerators pretējo plecu lampu tīkļus neiezemē, bet tos savieno savā starpā ar kopējo kapacitāti. Šīs shēmas priekšrocība īso un ultraīso viļņu raidītājiem ir arī tā, ka anoda kontūrā ienestā kapacitāte ir apmēram $1,5 \div 2$ reizes mazāka nekā parastajā neitralizācijas prettakta shēmā. Ierosinātāja patērētā jauda shēmai ar iezemētu tīkliņu ir par $10 \div 15\%$ lielāka, salīdzinot ar parastajām shēmām. Šī jauda izmantojas gala pakāpes kontūrā kā derīgā jauda.

Jautājumi pašpārbaudei

1) Ar ko izskaidrojama tīkliņstrāvas samazināšanās momentā, kad noskaņo rezonansē triodes ģeneratorā anoda kontūru, ja nav pielietota neitralizācija? (Anoda spriegums E_a izslēgts).

2) Kā pārtraukt ģeneratoram neitralizāciju pie izslēgta anodsprieguma, skatoties pēc tīkliņa ampēmetra?

3) Kāpēc neitralizācijas stāvoklī $I_a =$ minimums sakrīt ar $I_t =$ maksimumu?

4) Ja pakāpe pie īsiem viļņiem neitralizēta pie vienas frekvences, vai tas nozīmē, ka neitralizācija pastāv arī pie visām frekvencēm?

5) Kādi galvenie trūkumi ir vienkāršai neitralizācijas shēmai?

6) Kādas priekšrocības ir prettakta neitralizācijas shēmai?

7) Kādas īpatnības uzrāda ģenerators enerģētikas balanss, ja ģeneratoram iezemēts tīkliņš?

8) Pielietojot shēmu ar iezemētu tīkliņu, anoda kontūrā tiek ienesta maza kapacitāte. Dot pamatojumu šādas shēmas priekšrocībai.

9) Kādus noteikumus uzstāda ģeneratoru lampām, ja tās strādā iezemēta tīkliņa shēmā?

PARAZĪTISKĀS SVĀRSTĪBAS RAIDĪTĀJOS

Literatūra: Mācību grāmata, XX nod.

Raidītājos parazitiskās svārstības var iestāties jebkurā frekvenču spektrā — no toņfrekvencēm līdz ultraaugstām frekvencēm. Regulējot raidītāju, jautājumiem par parazitisko svārstību atklāšanu un to novēršanu ir pirmās šķiras nozīme. Ja pakāpē ir divas vai vairākas lampas, parazitiskās svārstības var klasificēt 2 veidos — prettakta un vientakta vai vienkāršās svārstībās.

Mācību grāmatas § XX.2. apskatītā zīmējumā XX.1 attēlota pamatshēma. Šīs shēmas analīze parāda, ka, saīsinoties vilnim, ārējais anoda kontūrs kopā ar montāžas vadiem var veidot vai nu aktīvu pretestību, vai induktivitāti, vai kapacitāti, vai arī lampu anodiem īsslēgumu.

Gadījumā, ja frekvenču diapazonā nav neitralizācijas, tad šeit var iestāties prettakta slēguma parazitiskās svārstības uz vilņiem, kas īsāki par darba vilni. Mācību grāmatas XX.4. zīm. parādīts prettakta parazitisko svārstību iestāšanās piemērs pie paralēli slēgtām lampām.

Mācību grāmatas § XX.3 apskatītas vientakta parazitiskās svārstības. Šīs svārstības var iestāties arī tad, ja ir neitralizācija. Neitrodīnu kondensatori pat atvieglo šādu svārstību iestāšanos.

Vientakta svārstības var iestāties uz frekvencēm, zemākām par darba frekvenci (zemfrekvences svārstības) un virs darba frekvences (augstfrekvenču svārstības). Par zemfrekvenču svārstību kontūriem uzskatāmi galvenokārt anodu un tīkliņu droseles. Tāpēc šīs svārstības sauc par «droseļu svārstībām». Vientakta augstfrekvenču svārstību iestāšanos nosaka induktivitāte kondensatora ķēžu vados. XX.8 zīmējumā attēlota «neitrodīnu» vai «aplocēs» svārstību shēma, kuras nospiegt praktiski ir ļoti grūti.

Mācību grāmatas § XX.4 un XX.6 apskatīta metodika parazitisko svārstību atklāšanai un norādīti paņēmieni cīņai ar šīm svārstībām un to nospiešana.

Vienkāršākā pazīme tam, ka parazitiskās svārstības ir iestājušās, uzskatāma tīkliņstrāva iestāšanās pie atslēgta ierosmes sprieguma un ieslēgta anodsprieguma. Dažreiz tas var būt pie sliktas neitralizācijas. Šīnīs gadījumos pašierosmes jānovērš ar attiecīgas neitralizācijas palīdzību. Atklājot parazitiskās svārstības, vispirms ir jānosaka to raksturs. Ja, slēdzot īsi lampas anodus un tīkliņus ar platas lentes palīdzību, svārstību frekvence un intensitāte nemainās, tad ir darīšana ar vientakta svārstībām. Parazitisko svārstību novēršanai ir divas pamatmetodes:

1) izmainot attiecīgām ķēdēm reaktances, novērš pašieromes iestāšanās noteikumus,

2) ienesot vājinājumu parazīta kontūrā.

Piemēram, ja ir droseļveidīgas parazītiskās svārstības, pirmo metodi var realizēt, samazinot tīkliņa droseles induktivitāti vai palielinot anoda droseles induktivitāti. Vidējo un garo viļņu pakāpēs par ļoti efektīvu līdzekli var uzskatīt kapacitātes ieslēgšanu starp tīkliņu un katodu. Pie tam samazinās pretestība tīkliņš—katods un pretsaites koeficienta lielums augstfrekvenču svārstībām.

Pie otrās metodes parazītisko svārstību ķēdē slēdz pretestības. Jāņem vērā, ka antiparazītiskās pretestības jāslēdz ķēdē, kurā plūst ievērojama parazītisko svārstību strāva un necīga pamatsvārstību strāva. Vidējo un garo viļņu raidītājos labus rezultātus dabū, ieslēdzot pretestības tieši lampas tīkliņa ieejai. Daudz sarežģītāk ir novērst parazītiskās svārstības īsviļņu raidītājos. Mācību grāmatas 304.—305. lpp. apskatīti dažādi līdzekļi parazītisko svārstību novēršanai īsviļņu raidītājos.

Raidītāja regulēšanas procesā, noskaidrojot un nospiežot parazītiskās svārstības, jāvērs sevišķa uzmanība uz drošības tehniku, kā arī uz to, lai tiktu ievēroti vissīngriskākie piesardzības noteikumi, lai izvairītos no nelaimes gadījumiem no augstsprieguma iedarbes.

XXI tēma

KVALITĀTES RĀDĪTĀJI RADIORĀDĪTĀJIEM

Literatūra: Mācību grāmata, XXI nod., XVI nod., 239. ÷ 240. lpp.

Papildu literatūra: B. Terentjevs. Radioraidiekārtu elektriskā barošana, VII nod. 104. ÷ 112. lpp., XIII. nod. 210. ÷ 216. lpp. L. Kopitins. Raidošie radiocentri, II. nod. 29. ÷ 35. lpp.

Šinī nodaļā tiek apskatīti elektroakustiskie rādītāji raidītājiem. Dažādas nozīmes raidītājiem elektroakustisko rādītāju lielumi doti mācību grāmatas XVI nod. 239. ÷ 240. lpp. un L. Kopitina grāmatas «Raidošie radiocentri» II nod. 210. ÷ 216. lpp.

§ XX.1 paskaidrot i frekvenču kropļojumu iemesli radiofonijas raidītāja augstfrekvences traktā (frekvenču kropļojumi modulējošā iekārtā — zemfrekvences pastiprinātājā — izklāstīti kursā par zemfrekvences pastiprinātājiem). Frekvenču kropļojumi modulēto svārstību augstfrekvenču pakāpēs izceļas kontūru rezonašes īpašību dēļ. Par iemeslu frekvenču kropļojumiem var būt arī taisngrieža filtrs, pa kuru plūst ģenerators toņfrekvenču strāvas. Vienkontūra sistēmas frekvenču īpašību analīze rāda, ka šinī gadījumā iespējami frekvenču un fāzu kropļojumi, kurus nosaka ar formulām (XXI.3) un (XX.4)

un tie uzskatāmi ilustrēti mācību grāmatas zīmējumos XXI.5 un XXI.6 attēlotajos grafikos. Palielinoties kontūra vājinājumam, samazinās frekvenču kropļojumi. Ar daudz sarežģītākām parādībām nākas sastapties daudzkontūru sistēmās. Atšķirībā no vienkāršas shēmas generatora generatoros ar diviem saistītiem kontūriem iespējams frekvenču raksturliknes pacelšanos kaut kādā frekvenču joslā. Apskatot mācību grāmatas XXI.8 zīmējumā attēlotās līknes, var secināt, ka kontūros strāvas modulējas ar dažādiem modulācijas koeficientiem. Tāpēc mērinstruments (modulometrs) jāsaista ar antenas kontūru.

Anoda un tīkliņa taisngriežu filtri arī var ienest uz zemām toņfrekvencēm lielus frekvenču kropļojumus. Šis jautājums sīki apskatīts radioiekārtu elektriskās barošanas kursā. Lai izvairītos no šiem kropļojumiem, filtru parametri ir jāizvēlē tā, lai viņu pašfrekvence F_0 būtu zemāka par viszemāko modulācijas frekvenci un lai visām modulējošām frekvencēm filtrs izrādītu nelielu kapacitatīvu pretestību.

Par galveniem nelineāriem kropļojumiem uzskatāmi augstfrekvenču generatora modulācijas raksturliknes nelinearitāte un modulatora lampu raksturlikņu nelinearitāte. Bez šiem iemesliem, kā mācību grāmatas § XXI.2 parādīts, nelineārie kropļojumi iestājas ierosmes sprieguma nestabilitātes, kā arī automātiskā priekšsprieguma dēļ, kuru dabū uz tīkliņa priekšsprieguma potenciometra. Lai izvairītos no šiem kropļojumiem, ierosinātājs jāiestāda pārspriegtā režīmā, bet tīkliņa priekšsprieguma potenciometrs ir jāaprēķina strāvai I_0 , kura 3—4 reizes pārsniedz modulējamās pakāpes tīkliņstrāvu I_t .

Radioiekārtu elektrobarošanas kursā sīki apskatīti parazītiskās modulācijas iemesli ar fonu un pasākumi to novēršanai. Jāpatur vērā, ka, pielietojot daudzfāzu sistēmas kvēles barošanai, savājina fonu, lai gan šis pasākums viens pats nevar apmierināt prasības attiecībā uz trokšņu līmeni —60 db (0,1%). Šī prasība modernajos radiofonijas raidītājos, kuri uzbūvēti pēc anoda modulācijas sistēmas, ir apmierināta, pateicoties šādu pasākumu pielietošanai:

a) pārspriegts režīms visās raidītāja augstfrekvenču pakāpēs,

b) dziļa pretsaite, kura aptver visu raidītāja zemfrekvences traktu, ieskaitot modulatoru.

c) daudzfāzu sistēmas kvēles barošanai.

Kā parādīja pētījumi, augstfrekvenču traktā (pielietojot mākslīgos «viduspunktus» kvēlei) var dabūt trokšņu līmeni apmēram —35 db. Zemfrekvences traktā, ņemot vērā viņa darbu nepārspriegtā režīmā, trokšņu līmenis atrodas —25 ÷ —30 db robežās.

Ģadījumā, ja ģeneratorā ir četras lampas un pielietojot kvēldiegu barošanai astoņfāzu sistēmu, izdodas pazemināt trokšņu līmeni par 20 db. Ģala rezultātā, izmantojot pārspriegtu režīmu

un astoņu fāzu sistēmu raidītāja izejas pakāpes jaudīgo lampu kvēļu barošanai, var dabūt trokšņu līmeni, līdzīgu

$$(-35) + (-20) = -55 \text{ db.}$$

Un zemfrekvenču traktā

$$-30 + (-10) = -40 \text{ db.}$$

(pie divām lampām modulatora plecā ar nobīdi pēc kvēles par 90°).

Lai samazinātu trokšņu līmeni līdz noteiktai normai -60 db, ir nepieciešams pielietot negatīvo pretsaiti. Ir divi pretsaites pielietošanas veidi:

a) platjoslas, apmēram 20 db dziļa, aptver tikai raidītāja zemfrekvenču traktu ar nolūku nospiegt trokšņus un samazināt nelineāros kropļojumus,

b) šauras joslas, apmēram 10 db dziļa, aptver visu raidītāju un izmanto tikai trokšņu nospiešanai frekvenču spektrā no 25 līdz 400 Hz.

Mācību grāmatas § XXI.3 izklāstītas vispārējās ziņas par negatīvās pretsaites pielietošanu radiatoraidītājos.

Jautājumi pašpārbaudei

- 1) Kādi iemesli izsauc frekvenču kropļojumus raidītājos?
- 2) Kādas novirzes pielaižamas radiofonijas un maģistrālo sakaru raidītāju frekvenču raksturliknei?
- 3) Kāds iespaids kontūra vājinājumam uz frekvenču kropļojumu lielumu?
- 4) Kā fizikāli izskaidrot frekvenču raksturliknes pacēlumu divu saistītu kontūru gadījumā?
- 5) Kādas normas pastāv nelineāro kropļojumu koeficientam?
- 6) Kas nosaka jaudu taisngriezī, kas paredzēts tīkliņa priekšsprieguma iestādīšanai pakāpei, kurai ir tīkliņa modulācija?
- 7) Trokšņu (fona) iemesli raidītājos.
- 8) Kādas normas pastāv trokšņu līmeņiem modernos raidītājos?
- 9) Kādā veidā panāk fona nospiešanu modernos raidītājos?
- 10) Vai ir iespējama kvēlēm 90° nobīde pretējos plecos pretakta modulatorā?
- 11) Pie kādas modulācijas sistēmas (anoda vai tīkliņa) ir vieglāk realizēt lampu kvēles barošanu ar maiņstrāvu ar mazu fona līmeni un kāpēc?
- 12) Pie kādas modulācijas sistēmas (anoda vai tīkliņa) ir vairāk izteikts anoda barošanas avotu fons?

SPECIĀLIE MODULĀCIJAS VEIDI

Literatūra: Mācību grāmata, XXV nod.

1) Pārraide ar vienu joslu. Pārraide ar vienu joslu bez nesējfrekvences iegūst plašu pielietojumu uz radiotelefonijas sakaru līnijām. Salīdzinot ar parasto radiotelefonu pārraidi, šai sistēmai ir vairākas priekšrocības. Šīs priekšrocības apskatītas mācību grāmatā, 377.—378. lpp.

Pāreja uz pārraidi ar vienu joslu ir 4 reizes izdevīgāka pēc telefonijas efekta. Bez tam uztvērējā uzlabojas apstākļi attiecībā uz traucējumu signālu uz tā rēķina, ka caurlaišanas josla samazinājusies divkārtīgi. Tas dod sprieguma ietaupījumu $\sqrt{2}$ un jaudas ietaupījumu 2 reizes.

Mēģinājums rāda, ka vienas joslas pārraide ir mazāk padota izvēles vājinājumiem. Šis samazinājums ir ekvivalents divkārtīgam jaudas papildu palielinājumam.

Tādā veidā kopējais ieguvums jaudas ziņā ir 8—16-kārtīgs.

Reālos apstākļos jaudas ieguvums ir drusku mazāks, pateicoties jaudas patēriņam uz nesējfrekvences atlikuma, kurš ir nepieciešams sinhronizācijai uztveršanas vietā. Reizē ar to dotai sistēmai ir augsts η tāpēc, ka pa klusēšanas laiku raidītājs neizstaro un patērē ļoti mazu jaudu.

Tāpēc kā pārraides josla tiek saīsināta un rodas liels ekvivalents ieguvums jaudas ziņā, vienas joslas raidītājus bieži konstruē kā daudzkanālu raidītājus, piemēram, divu telefona sarunu pārraidei vai vairāku telegrāfa kanālu iekārtošanai, neskaitot telefona kanālu.

Vienas sānu joslas izdališana īso viļņu diapazonā notiek speciālā iekārtā — vienas joslas ierosinātājā. Tālāk sekojošās raidītāja pakāpes strādā modulētu svārstību pastiprināšanas režīmā ar nogriešanas leņķi 90° . Nesējfrekvenci nospiež ar balansa modulatora palīdzību.

Mācību grāmatas § XXV.1 apskatītas dažādas balansa modulatoru shēmas. Sānu joslu izdala, pielietojot atkārtotu modulāciju. Tas ir nepieciešams, lai sānu joslas atvirzītu pakāpeniski no palīgnesējfrekvencēm. Mācību grāmatas zīm. XXV.6 dota vienas joslas ierosinātāja blokshēma, kurš uzbūvēts pēc atkārtotas modulācijas sistēmas. Kā bija aizrādīts, vienas joslas sistēma enerģētiskā ziņā ir ļoti efektīva un reizē ar to viņai nav nesējfrekvences izvēles pamirumu.

Vienas joslas līniju uz īsiem viļņiem ar nosaukumu VDR (vienjoslas daudzkārtējais radio) izstrādāja 1939. g. Koteļņikova vadībā Gaņins un Čerenkovs.

2) Vispārējās ziņas par fāzu un frekvenču modulāciju. No vispārējā periodisko svārstību nolīdzinājuma

$$i = I \cos(\omega t + \varphi)$$

redzams, ka strāvas izmaiņa ir iespējama, izmainot amplitūdu (amplitūdas modulācija), frekvenci un fāzi.

Pie fāzes modulācijas augstfrekvenču svārstību amplitūda paliek nemainīga, bet fāze izmainās pēc likuma:

$$\varphi = \Delta\varphi \cos\Omega t.$$

Fāzu modulācijas būtību paskaidro mācību grāmatas XXV.7 zīmējumā dotais grafiks un XXV.8, 9, 10 zīmējumā attēlotās vektoru diagramas. Fāzu modulācijai atšķirībā no amplitūdas modulācijas ir raksturīgs plašs sānu joslu frekvenču spektrs un nesējfrekvences amplitūdas atkarība no leņķa $\Delta\varphi$.

Pie frekvenču modulācijas frekvence izmainās pēc likuma

$$\omega' = \omega + \Delta\omega \cos\Omega t.$$

Frekvenču modulācija, kā tas, piemēram, redzams no mācību grāmatā dotā zīmējuma XXV.7, tanī pašā laikā ir arī fāzes modulācija. Tomēr starp fāzes un frekvenču modulāciju ir zināma atšķirība, un proti: pie fāzes modulācijas fāzes maksimālās novirzes lielums $\Delta\varphi$ nav atkarīgs no modulējošās frekvences Ω . Pie nemainīga modulējošā sprieguma un pie otras frekvences Ω fāzes novirze $\Delta\varphi$ nemainās. Pie frekvenču modulācijas fāzes novirze ir pretēji proporcionāla modulācijas frekvencei F .

Mācību grāmatas § XXV.3. dotas fāzu un frekvenču modulācijas pamatshēmas. Pa detaļām jāizskata ģeneratoru shēmas ar reaktīvo lampu, zīm. XXV.15 a un b.

Lai paaugstinātu frekvences stabilitāti, tiešās frekvenču modulācijas shēmas papildina ar ierosmes ģeneratora automātiskās noskaņošanas iekārtu. FM teorija ir izstrādāta vairākos padomju zinātnieku darbos. 1927. g. Mincs ieteica shēmu frekvenču stūrēšanai, izmantojot elektronu lampu.

G. Braude 1931. g. pirmo reizi attīstīja teoriju par frekvenču stūrēšanu elektronu lampu shēmās. Pirmo FM shēmu ieteica Zeitlenoks un Kamenskis. FM nozarē ir pazīstami arī Smirnova, Gonorovska u. c. darbi.

3) Impulsveida manipulācija. Radiopārraides ar impulsu metodēm plaši izmanto modernajā radiotehnikā. Raidītājs pie tam strādā ar ļoti īsiem impulsiem, kuri nodalīti ar ilgstošām pauzēm. Ieteicams vērst uzmanību uz pamatdefinējumiem un parametriem, kuri raksturo impulsveidīgo pārraidi. Pie tiem var pieskaitīt: impulsa ilgums, to frekvence un impulsa maiņas periods, samērs, jauda impulsā, vidējā jauda perioda laikā.

Vidējā jauda parasti ir daudzkārt mazāka par jaudu impulsā. Īsa taisnstūra veida impulsa aplikācija likne satur ārkārtīgi plašu frekvenču spektru, kurš radio raidiekārtām ir jāizlaiž cauri. Jo īsāks impulss, jo plašāks frekvenču spektrs. Jāvērš uzmanība uz impulsu lampu darbu un konstrukciju īpatnībām.

Mācību grāmatas § XXV.5 apskatītas impulsveidīgo manipulāciju realizēšana un dažādas impulsveidīgo manipulatoru shēmas.

4) Daudzkanālu pārraides. Mācību grāmatas § XXV.6 izklāstītas daudzkanālu pārraižu metodes ar kanālu iedalījumu pēc frekvencēm. Daudzkanālu sistēmas atradušas pielietošanu raidītājos, kuros pielieto iekārtas ar vienu joslu, un arī radioreleju sakaru līnijās. Mācību grāmatas § XXV. 6 apskatīts radioreleju līniju darbības princips. Šinīs līnijās pielieto arī sistēmas ar kanālu pagaidu sadalījumu, izmantojot impulsu modulācijas metodes.

5) Impulsu modulācija. § XXV.7 apskatītas impulsu modulācijas sistēmas:

- 1) Amplitūdas-impulsu (AIM).
- 2) Platjoslas impulsu (PJIM).
- 3) Fāzu-impulsu (FIM).

AIM sistēma ir padota trokšņu iespaidam, tāpēc ka uztvērējā nav iespējams pielietot aprobežotāju. Labāka aizsardzība pret trokšņiem ir PJIM un FIM sistēmām, pie kurām impulsa augstums neizmainās, un tātad traucējumus var viegli novērst, pielietojot aprobežotāju. PJIM sistēmas trūkums — selekcijas josla uztvērējam jāizvēlas pēc visšaurākā impulsa, kurš satur vislielāko frekvenču spektru. Citiem impulsiem ar daudz šaurāku frekvenču spektru tāda josla ir lieka. Tas nosaka zināmu derīgā signāla zaudējumu attiecībā pret traucējumu uztvērēja izejā. Pie FIM impulsu platums nemainās. Vēl ir pazīstama kodu impulsu modulācija (KIM). Tās princips sekojošs: visu modulējošā sprieguma diapazonu iedala iecirkņos. Pie tam modulāciju realizē tā, lai jebkurai modulējošā sprieguma vērtībai katra iecirkņa robežās atbilstu viena un tā pati kodu impulsu kombinācija, bet dažādiem iecirkņiem dažādas kodu impulsu kombinācijas.

Impulsu modulācijas sistēmas atrod pielietošanu daudzkanālu sakaru līnijās ar pagaidu kanālu iedalījumu. Mācību grāmatas XXV.30 zīmējumā attēlota 10 kanālu sakaru sistēmā ar fāzu impulsu modulāciju.

Uztverošajā iekārtā dažādu kanālu lampas atveras pēc kārtas un katru impulsu uztver tikai vienā atbilstošā kanālā.

PSRS pieder prioritāte impulsveidīgu sakaru principa izgudrošanā. Pirmo PJIM sistēmu pieteica krievu zinātnieks Ščukins 1930. gadā. Jautājumus par stabilu trokšņu aizsardzību dažādām

sakaru impulsu sistēmām izstrādāja V. Koteļņikovs. Tāpat pazīstami arī Gonorovska, Izjumova, Mironova, Borodjiča u. c. darbi impulsveidīgu sakaru jomā.

XXIII tēma

TELEGRĀFA MANIPULĀCIJA

Literatūra: Mācību grāmata, XV un XXI nod. § 4, XXV, § 4.

L. Kopitins. Raidošie radiocentri. Ievads, 7.—13. lpp. II nod. § 7, 90.—93. lpp.

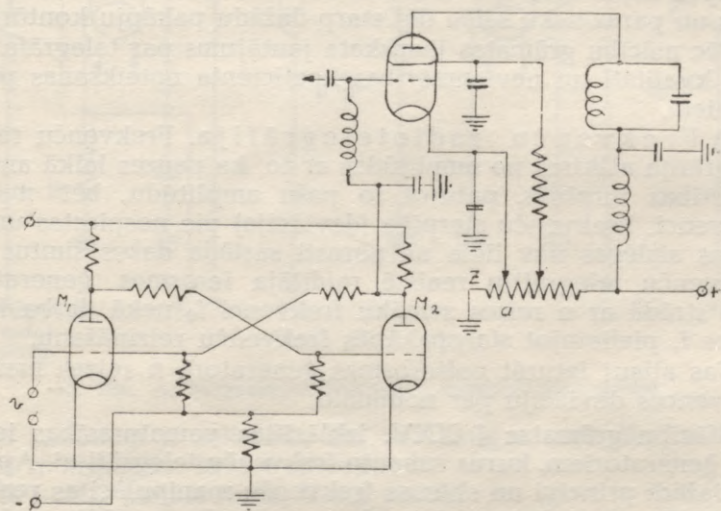
Telegrāfa signālu pārraidi var realizēt ar dažādiem paņēmieniem. Telegrāfa darba pamatveidi apskatīti mācību grāmatas § XV.1 Pirmo reizi radiotelegrāfa sakarus nodemonstrēja A. S. Popovs 1896. gadā. Padomju zinātnieki un izgudrotāji ir veikuši lielus darbus telegrafēšanas metožu papildināšanā, kas Padomju Savienībai nodrošina vadošo vietu šīnī nozarē. A. Šorins jau 1921.—1922. g. Nižņijnovgorodas laboratorijā uzsāka darbus pie drukāto burtu noraidīšanas pa radio. 1938. g. Kerbi un Novikovs uzkonstruēja seškārtīgu Bodo radioaparātu. Tēvijas kara gados Ignatjevs, Gurins un Kozlovs izstrādāja jaudīgu deviņkārtīgu aparātu Bodo-radio ar darba ātrumu līdz 360 vārdiem minūtē. Padomju zinātnieki Agapovs, Magazaņiks un Meļņikovs Tēvijas kara gados izstrādāja frekvenču manipulācijas sistēmu, kas deva iespēju krasi paaugstināt telegrāfa sakariem aizsardzību pret trokšņiem.

1) *Amplitūdas manipulācija.* Amplitūdas manipulācijas shēmām jānodrošina raidītājam normāls režīms, noraidot signālu antenā un sprostojojot antenu pauzes laikā. Manipulāciju vēlams realizēt, pārslēdzot mazas strāvas un spriegumus. Tāpēc visvairāk ir izplatītas manipulācijas shēmas uz stūrējošā un ekrāna tīkliņiem. Manipulāciju parasti realizē raidītāju starppakāpēs un pie tam pakāpē, kura seko aiz bufera pakāpes jeb vēl par vienu pakāpi tālāk. Mazjaudīgos raidītājos iespējama manipulācija izejas pakāpē. Pastāv daudz shēmu amplitūdas manipulācijai. Mācību grāmatas § XV.2 doti dažādi šo shēmu varianti.

Pie lieliem darba ātrumiem mehānisko releju vietā pielieto t. s. «elektrona relejus». 14. zīmējumā parādīta elektronu releja shēma.

Elektronu manipulators būtībā ir divpakāpju līdzstrāvas pastiprinātājs, kuram no izejas ieejā padota pozitīva pretsaite līdzstrāvai (no lampas M_2 anoda uz lampas M_1 tīkliņu). Kaut arī pat abas shēmas puses būtu pilnīgi vienādas, tomēr šādā shēmā iestājas nesimetrisks režīms, t. i. kad viena no lampām, piemēram, M_2 atvērta — otra lampa M_1 aizvērta. Tāds līdzsvara

stāvoklis ir stabils un turpināsies tik ilgi, kamēr no ārpusē padotais spriegums nenostādīs shēmu otrā līdzsvara stāvoklī, arī stabilā. Pie tam lampas it kā mainās ar vietām — lampa M_2 aizveras, bet M_1 atveras. Elektronu releju iedarbošanās laiks ir ļoti mazs, kas nodrošina iespēju strādāt ar jebkuriem ātrumiem, kuriem ir praktiska interese.



14. zīm. Elektronu releja shēma

Pa telegrāfa manipulācijas laiku ģenerators lampas tīkliņam ir jādod aizverošie un atverošie impulsi. Tā kā uz lampas M_2 anoda ir pozitīvs spriegums, bet uz ģenerators lampas tīkliņa ir jādod negatīvs spriegums, tad ģenerators lampas katods attiecībā uz līdzstrāvu nav iezemots un attiecībā pret zemi atrodas zem pozitīva potenciāla. Šinī gadījumā spriegums uz lampas tīkliņa būs līdzīgs starpībai starp spriegumiem uz lampas M_2 anoda un uz potenciometra az. Attiecīgi izvēlot punktu a, pierēgulē releju nepieciešamo spriegumu padošanai ģenerators lampas aizvērsšanai un atvērsšanai.

Mācību grāmatas § XXI.4 apskatīti telegrāfa signālu kropļojumu veidi un iemesli, kas tos izsaukuši.

Frekvenču kropļojumi kontūru rezonanses īpašību dēļ ir neievērojami uz īsiem un vidējiem viļņiem. Uz gariem viļņiem ir iespējami frekvenču kropļojumi signāla sānu kontūriem (zīm. XXI, 24 c).

Viens no telegrāfa signālu formas kropļojumu iemesliem var būt pārejas procesi anoda barošanas ķēdēs un it sevišķi anoda barošanas filtros. Lai šā veida kropļojumus samazinātu,

jācenšas dabūt filtrā pēc iespējas maza L/C attiecība. Tāda paša nolūka dēļ šuntē filtra droseli ar aktīvu pretestību, pārejot uz telegrāfa darbu.

Telegrāfa signāla formas kropļojumus var arī izsaukt parādības translācijas linijā un slikti noregulēti manipulācijas releji. Pauzes laikā ir iespējamās atliku svārstības manipulējamās pakāpes nepilnīgas sprostošanas dēļ vai arī sliktas neitralizācijas un parazitisku saišu dēļ starp dažādu pakāpju kontūriem.

Pēc mācību grāmatas jāapskata jautājums par telegrāfa signāla kvalitāti un nevienmērības koeficienta noteikšanas paņēmieniem.

2) Frekvenču radiotelegrāfija. Frekvenču radiotelegrāfija atšķiras no amplitūdas ar to, ka pauzes laikā antēnā svārstības turpinās, paturot to pašu amplitūdu, bet mainot frekvenci. Frekvenču starpība (deviācija) pie nospiestas un atlaistas atslēgas nav liela un parasti sastāda dažus simtus Hz. Frekvenču telegrāfiju realizē raidītāja ierosmes ģeneratorā, kurš strādā ar n reizes zemāku frekvenci f_0 nekā darba frekvence f , pielietojot starppakāpēs frekvenču reizināšanu.

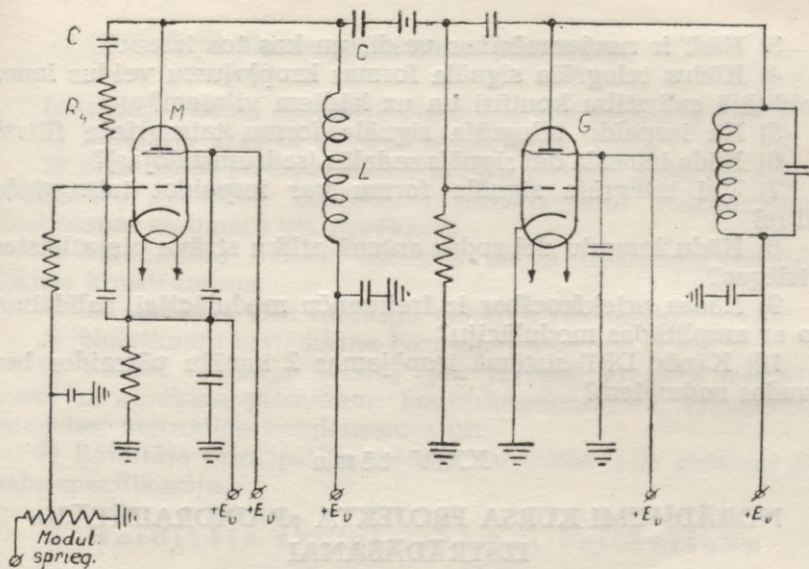
Tas atļauj ieturēt pašierosmes ģeneratorā n reizes mazāku frekvences deviāciju par nominālo.

Mācību grāmatas § XXV. izklāstītas pamatprasības ierosmes ģeneratoriem, kurus izmanto frekvenču telegrāfijai. Apskatīti dažādi principi un shēmas frekvenču manipulācijas realizēšanai. Tagad pielieto shēmu, kuras princips parādīts mācību grāmatas XXV.17. zīmējumā. Ģeneratora frekvenci izmaina, īsi slēdzot spoli L vai arī pielietojot reaktīvo lampu, izmantojot to kā induktivitāti. Šo shēmu izstrādāja A. Magaziņiks (15. zīm.)

Frekvenču radiotelegrāfiju plaši pielieto radiosakaru līnijās, it sevišķi pēc tam, kad šo aparatūru Meļņikova, Magaziņika, Agapova u. c. izstrādājumā sāka ražot sērijveidīgi. Frekvenču radiotelegrāfijas galvenā priekšrocība ir tās stabilitāte attiecībā uz traucējumiem, kas atļauj realizēt uz īsiem viļņiem drošus sakarus ar drukātu burtu palīdzību.

3) Daudzkārtēja radiotelegrāfija. DFT sistēma. Daudzkārtējā darba vienkāršākais paņēmiens — raidītāju iestādīt analogiskā režīmā ar telefonijas raidītāju un to modulēt ar dažām toņfrekvencēm, kuras sauc par subnesējfrekvencēm (sk. mācību grāmatā § XXV.6).

Par šā paņēmiena galveno trūkumu var uzskatīt to, ka kanāla modulācijas koeficientam pie n kanālu skaita jābūt n reizes mazākam par maksimāli pieļaujamo m_{max} . Rezultātā kanālam jauda samazināsies n^2 reizes. 1933. g. padomju zinātnieks Ščūkins izgudroja daudzkārtējā darba metodi, kas ir ievērojama ar to, ka pāreja uz daudzkārtēju darbu nav saistīta ar jaudas samazināšanos kanālā. Ščūkina metodes princips attiecībā uz di-



15. zīm. A. Magazāņika frekvenču manipulācijas shēma

viem kanāliem ir sekojošs. Pie neatkarīgas modulācijas 2 kanālos ir iespējami šādi 4 stāvokļi:

- 1) I-mais kanāls raida, II-am pauze,
- 2) I-am kanālam pauze, II-ais raida,
- 3) raida abi kanāli,
- 4) pauze abiem kanāliem.

Pamatojoties uz Ščūkina metodi, kombināciju 1, 2, 3 noraidīšanai pārmaiņus tiek izstarotas 3 frekvences: f_1 , f_2 , f_3 . Pauzes laikā abos kanālos raidītājs ir sprostots. Tā kā pie katra raidījuma raidītājs izstaro tikai vienu frekvenci, tad šinī gadījumā var izmantot visu raidītāja jaudu. Nekāda jaudas zuduma kanālā šinī gadījumā nav. Attīstoties frekvenču modulācijas sistēmai, F. Agapovs šo paņēmieni izmantoja attiecībā uz frekvenču telegrāfiju, un izstrādāja divkanālu frekvenču telegrāfijas aparāturu — DFT. Agapova sistēmā, salīdzinot to ar Ščūkina metodi, nāk klāt ceturrtā frekvence, kuru izstaro pa pauzes laiku abos kanālos. DFT sistēma blakus frekvenču starpība ir 500 vai 1000 Hz. Šī sistēma ieguvusi plašu pielietojanu uz maģistrālajām sakaru līnijām.

Par frekvenču telegrāfijas jautājumiem ieteicams izlasīt L. Kopitina grāmatas «Raidošie radiocentri» II nod. 90-93. lpp.

Jautājumi pašpārbaudei

- 1) Kādas priekšrocības un trūkumi ir, pielietojot taisnstūra formas telegrāfijas signālus?
- 2) Kādas priekšrocības darbam uz translācijas līnijas ar divpusīgiem toņfrekvenču impulsiem?

- 3) Kādi ir nevienmērības veidi, un kas tos izsauc?
- 4) Kādus telegrāfa signāla formas kropļojumu veidus ienes raidītājā svārstību kontūri un uz kādiem viļņiem?
- 5) Kā iespaido telegrāfa signāla formu taisngrieža filtrs?
- 6) Kāda iemesla dēļ signāls sadalās (sadrumstalojas)?
- 7) Vai telegrāfa signāla formu var iespaidot taisngrieža filtrs?
- 8) Kādu iemeslu dēļ rodas antenā atliku strāva pie atlaistas atslēgas?
- 9) Kādas priekšrocības ir frekvenču modulācijai, salīdzinot to ar amplitūdas modulāciju?
- 10) Kāpēc DFT sistēmā iespējamas 2 kanālu pārraides bez jaudas zudumiem?

XXIV tēma

NORĀDĪJUMI KURSA PROJEKTA «RADORĀIDĪTĀJI» IZSTRĀDĀŠANAI

Kursa projekts uzskatāms par noslēguma etapu radio raidiekārtu studēšanā. Kursa projekta mērķis ir nostiprināt apgūto teorētisko zināšanu piemērošanu radio raidiekārtu aprēķinos. Kursa projekta izstrādāšanas darba procesā audzēkņi izpilda patstāvīgi radiotehnisko aprēķinu kompleksu attiecībā uz radio raidiekārtām. Kursa projektēšana bazējas galvenokārt uz to, ka projektantam ir jāpārzina radoraidītāju pamati, kurss par zemfrekvenču pastiprinātājiem, kā arī radio iekārtu barošana.

Ieteicamā literatūra:

- Z. Models un Nevjažskis. Radio raidiekārtas, 1949. g.
- I. Gonorovskis. L, C un R radoraidītāju projektēšana, 1950. g.
- S. Jevtjanovs. Radio raidiekārtas, 1950. g.
- A. Pisarevskis. Palīgīdzekļi radoraidītāju projektēšanā. LEIS izdevums, 1950. g.
- Uzdevumi radio raidiekārtām, S. Jevtjanova un E. Galperina redakcijā. Sakaru izdevums, 1951. g.

I. Kursa projekta uzdevums

Kursa projekta uzdevums satur šādus datus:

- 1) Raidītāja nozīme, darbības veids.
 - 2) Raidītāja jauda antenā vai fīderā.
 - 3) Darba vilnis vai viļņu diapazons.
 - 4) Ziņas par barošanas avotiem.
- Pamatojoties uz šiem datiem, jautājumus par raidītāja modulācijas un manipulācijas sistēmu un tā kvalitatīvajiem rādītājiem projektants risina patstāvīgi atbilstoši attiecīgām tehniskām prasībām dotā darbības veida raidītājiem.

II. Darba plāns kursa projektam

Izstrādājot kursa projektu, jāpieturas pie sekojoša plāna:

- 1) Raidītāja skeleta shēmas sastādīšana.
- 2) Sīks izejas pakāpes elektriskais aprēķins, ieskaitot augstfrekvenču svārstību kontūru, sakaru organu, noskaņošanas, bloķēšanas elementu utt. aprēķinus.
- 3) Modulatora režīma aprēķins un tā frekvenču raksturlienes konstruēšana.
- 4) Īss aprēķins visu raidītāju pakāpju režīmiem.
- 5) Noteikumu sastādīšana barošanas avotiem.
- 6) Vienas raidītāja detaļas (pēc izvēles) grafisks izstrādājums un aprēķins, piemēram: kontūrkondensatora, variometra, droseles, neitrodina kondensatora utt.
- 7) Raidītāja principiālās shēmas izstrādāšana ar galveno detaļu specifikāciju.

1. Raidītāja skeleta shēmas sastādīšana

Raidītāja projektēšanu iesāk ar tā skeleta shēmas konstruēšanu, kurā iezīmē pakāpju skaitu, to jaudu, lampu tipus, modulācijas un manipulācijas vietu un sistēmu un barošanas avotus. Sastādot skeleta shēmu, kā izejas punkts uzskatāms raidītājam izvēlētajās modulācijas un manipulācijas shēmas pamatojums. Modernos, vidējas un lielas jaudas radiofonijas raidītājos pielieto anoda modulācijas sistēmu ar modulatoru B klases režīmā. Telegrāfa-telefonijas raidītājos, gadījumos, kad to pamatdarbs ir telegrāfs, visbiežāk pielieto tīkliņa modulāciju vienā no mazjaudīgajām pakāpēm ar sekojošu modulēto svārstību pastiprinājumu. Pēc modulācijas sistēmas izvēles aptuveni nosaka pakāpju skaitu, to jaudu un lampu tipus. Vispirms jāizvēlas lampas izejas pakāpei. Tam nolūkam jāizvēlas starpkontūram lietderības koeficienta η_k lielums. Pēdējo izvēlas vidējiem un gariem viļņiem robežās 0,9—0,98. Augšējā robeža attiecas uz jaudīgākiem raidītājiem. Beigās η lielums ir jāprecizē. Vajadzīgo jaudu izejas pakāpes anoda ķēdē nosaka pēc šādas ieteiksmes:

$$P_{\sim} = \frac{P_{\sim A}}{\eta}$$

Vidējās un lielas jaudas pakāpēs parasti izmanto prettakta shēmu. Pie tam katrā prettakta shēmas plecā nedrīkst būt vairāk par 2 paralēli slēgtām lampām. Lampu izvēle visām pakāpēm jāpamato no tehniski ekonomiskās puses. Daudzos gadījumos izrādās lietderīgi pielietot lampas, kuru nominālā jauda pārsniedz vajadzīgo.

Tas dod iespēju samazināt anodspriegumu un paildināt lampas kalpošanas mūžu.

Lampu izvēli augstfrekvenču starppakāpēm var izdarīt, pamatojoties uz sekojošiem norādījumiem.

Divu blakus pakāpju jaudu sakarību nosaka zudumi pastiprinātāja tīkļa ķēdē un iepriekšējās pakāpes anoda kontūrā.

Praksē ir noteiktas apmēram šādas sakarības 2 blakus pakāpēm, kuras strādā uz triodēm:

a) pastiprinot nedomulētas svārstības (telegāfa raidītājs) 1 : 10—1 : 15,

b) pastiprinot modulētas svārstības 1 : 10,

c) ierosinātāja jauda attiecas pret modulējamā pastiprinātāja jaudu ($m=100\%$) kā 1 : 2—1 : 5.

Gadījumā, ja pastiprinātājā pielieto tetodes, šīs attiecības izmainās apmēram 1,5 reizes, bet pentodēm 2 reizes uz jaudas samazināšanās rēķina iepriekšējās pakāpes.

Ja jaudas pakāpe strādā pēc Bonč-Brujeviča shēmas ar ieze-mētu tīkliņu, tad priekšpakāpes jaudai jābūt ne mazākai par 20—25% no izejas pakāpes jaudas. Minētās jaudu sakarības ir aptuvenas un praksē ir pieļaujamas to variācijas uz vienu vai otru pusi, nekaitējot shēmas normālai darbībai.

Gadījumos, kur paredzēta frekvences dubultošana, ir jāpa-redz lampas ar dubultotu nominālo jaudu. Isviļņu raidītājos jaudu attiecības pasliktinās (priekšpakāpju jaudas palielinās) kontūra zemo Q vērtību un palielinātu zudumu dēļ. Starppakāpēs bieži uzstāda jaudīgākas lampas tāpēc, lai tās būtu vienāda tipa, palielinātu tām kalpošanas mūžu, samazinātu barošanas avotu skaitu utt.

Ja pakāpei jaudu var nodrošināt ar apgrozībā esošo pentodu un tetrodu tipa lampām, tad to būvē ar šādām lampām neatka-rīgi no viļņa garuma.

Visas nedomulēto svārstību pastiprināšanas pakāpes ir liet-derīgi iestādīt pārspriegtā režīmā. Ja raidītājā ir divi frekvenču reizinātāji, tad ir lietderīgi paredzēt starp tiem vienu augst-frekvenču pastiprināšanas pakāpi.

Ļoti svarīga loma pie skeleta shēmas konstruēšanas ir apsvē-rumiem par barošanas avotu izvēli. Lampu tipi un to darba režīmi ir tā jāizvēlas, lai varētu realizēt pēc iespējas lielāku pa-kāpju skaitu no kopējiem barošanas avotiem.

Izzīmējot skeleta shēmu, katra pakāpe un barošanas avots jāparāda kā taisnstūris, uzrādot lampu jaudu, to tipu un baro-šanas avotu strāvas un spriegumus.

Mācību grāmatas § XVI.3, § XXII.1 un § XXIII.3 doti norā-dījumi un piemēri raidītāja skeleta shēmu konstruēšanai.

2. Izejas pakāpes aprēķins

Izejas pakāpes režīmu aprēķina atbilstoši lampu genera-toru aprēķinu kursā apskatītajām metodēm. Modulējamās pa-kāpes aprēķina maksimālajā režīmā, nesējfrekvences režīmā un modulācijas režīmā (vidējais telefonijas režīms).

Izejas pakāpes režīma aprēķina rezultāti noder kā izejas dati tālākā projektēšanas etapa izpildei — svārstību kontūru un shēmu detaļu aprēķiniem. Vidējo un garo viļņu raidītāju izejas pakāpes starpkontūru aprēķina šādā secībā:

No pakāpes režīma aprēķina ir zināms lielums R_{ekr} .

Izvēlas kontūra labuma koeficientu Q . Atkarībā no jaudas lieluma var pieņemt $Q = 100 \div 200$. Augstāks labuma koeficients atbilst lielākai jaudai.

1) Nosaka kontūram nepieciešamo raksturlīkni:

$$\rho = \frac{R_{ekr}}{Q(1 - \eta_k)}$$

Tālāk atrod kontūra parametrus.

$$2) C_{pF} = 530 \frac{\lambda_m}{\rho}$$

$$3) L_{\mu H} = 0,53 \lambda_m \rho 10^{-3}$$

4) Nosaka strāvas amplitūdu kontūrā pēc vienas no formulām:

$$I_k = \frac{U_a}{\rho} \text{ vai } I_k = I_{a1} \cdot Q(1 - \eta_k)$$

5) Strāvas amplitūda antenā:

$$I_A = \sqrt{\frac{2P_A}{r_A}}$$

6) Antenas saites reaktīvā pretestība:

$$X_{saites} = \frac{I_A r_A}{I_k}$$

7) Saites savstarpējā induktivitāte.

$$M_{\mu H} = 0,53 \lambda_m X_{saites} 10^{-3}$$

Mācību grāmatas VI. nod. 112.—115. lpp. doti piemēri pretakta pakāpes kontūru un bloķēšanas detaļu aprēķiniem. Aprobežojošo pretestību lielumus, jaudīgo lampu anoda ķēdēs var noteikt, izejot no sprieguma krituma uz šīm pretestībām $\Delta E = 0,05 E_a$. B. Terentjeva mācību grāmatā «Radioiekārtu elektriskā barošana» 211.—212. lpp. doti aprēķina kvēles «viduspunktu» pretestībām.

Isviļņu raidītāja izejas pakāpes aprēķināšanai par izejas datiem uzskatāmi:

1) jauda fīderā P_f ,

2) darba vilnis vai viļņu diapazons,

3) fidera viļņa pretestība.

Lietderības koeficientu starpkontūram izvēlas robežās $\eta_k = 0,7 \div 0,85$ (augšējā robeža attiecas uz jaudīgākiem raidītājiem). Izejas pakāpes aprēķina gaitā visā viļņu diapazonā beidzot ir jāprecizē η_k lielums.

Nepieciešamo jaudu anoda ķēdē nosaka pēc formulas:

$$P_{\sim} = \frac{P_f}{\eta_k}$$

Vidējas un lielas jaudas īsviļņu raidītājiem izejas pakāpes parasti konstruē pēc prettakta shēmas.

Aprēķinu sāk, nosakot shēmas sākuma (ienesto) kapacitāti un izvēloties anoda kontūra noskaņošanas paņēmieni. Shēmas ar neitralizāciju sākuma (ienestās) kapacitātes lielums ir apmēram $C_{ien} = 50 + 100_{pF}$.

Atkarībā no noskaņošanas paņēmiena (ar mainīgu induktivitāti vai kapacitāti) pakāpei iedala visu viļņu diapazonu atsevišķos apakšdiapazonos. Noskaņojot starpkontūru ar kapacitātes

palīdzību, izteiksmei $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ dabūsim vismazāko lielumu pie

visgarākā viļņa dotajā diapazonā. Pie šā viļņa R_e būs vismazākais. Tā rezultātā samazinās kontūra lietderības koeficients un fīderā nodotā jauda. Šā iemesla dēļ pārsegšanas koeficientu

$\frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}}$ izvēlas ne lielāku par 1,5.

Var paaugstināt kontūra ρ , ja netiek pielietots kondensators, bet noskaņojumu izdara ar maināmu induktivitāti (spole ar slidošu kontaktu). Šinī gadījumā shēmas sākuma kapacitāte samazināsies, kontūra ρ paaugstināsies, kas savukārt palīdz dabūt daudz lielāku η_k . Pie tam vissmagākais režīms būs uz visīšākā viļņa apakšdiapazona.

Režīma aprēķinu lāmpai dotai jaudai izdara parastā kārtībā. Pēc tam jāpārbauda kontūra lietderības koeficients un jauda fīderā pie minimālās ρ vērtības:

$$\rho = 530 \frac{\lambda_m}{C_{max}}$$

Nosaka R_e vērtību tukšgaitas $R_{exx} = Q\rho$ (Q izvsēlas robežās 50—200):

$$\eta_k = 1 - \frac{R_{ekr}}{R_{exx}}$$

Šeit R_{ekr} ņemts, izejot no ģenerators kritiskā režīma aprēķina.

Ja $\eta_k > 0,5$, tad nosaka fīderā nododamo jaudu:

$$P_f = P_{\sim} \mu_k$$

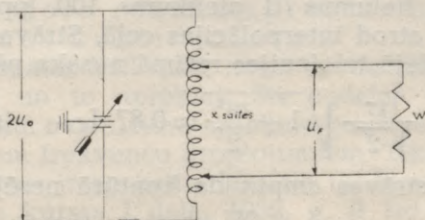
Ja izrādīsies, ka $\eta_k < 0,5$, tad ir vai nu jāpazemina E_a , vai arī jāizvēlas citas lampas.

$$\text{Strāvas amplitūda fiderā } I_f = \sqrt{\frac{2P_f}{W}}$$

Sprieguma amplitūda fiderā $U_f = I_f W$,
kur W — fidera viļņu pretestība.

Pretestība fidera saitei ar starpkontūru prettakta shēmā. (16. zīm.):

$$X_{\text{saite}} = \rho \frac{U_f}{2U_a}$$



16. zīm. Shēma fidera saitei ar starpkontūru

Mācību grāmatas 360.—363. lpp. doti piemēri, kā konstruēt īsviļņu raidītājiem izejas pakāpju kontūrus, bet 339. ÷ 340. lpp. doti piemēri, kā konstruēt vidējo un garo viļņu raidītājiem izejas pakāpju kontūrus.

Vidējo un garo viļņu raidītāju svārstību kontūros parasti ietilpst nepieciešamais kontūrcondensatoru skaits, kas nosaka jaudu un viļņa garumu. Parasti pielieto speciālus kontūrcondensatorus: vizlas, ar gāzi pildītos, keramiskos.

Vidējo un garo viļņu raidītājiem realizē pakāpenisku kontūru noskaņošanu ar variometru palīdzību. Gaisa maiņkondensatorus pielieto tikai pie mazām jaudām nelieliem anodspriegumiem. Diapazonu raidītājos dotā viļņu diapazona pārsegšanai paredzēta kondensatoru pārslēgšana ar pastāvīgu kapacitāti un taustiņu pārstādīšana pa spoles tinumiem. Pie tam bez prasības pārsegt diapazonu jānodrošina arī pietiekama R_e stabilitāte kontūram pa visu diapazonu, ko diktē enerģētiskie apsvērumi.

Kontūra un antenas saites noskaņošanai jāpielieto atsevišķi variometri. Noskaņošanas un saites orgānu apvienošana vienā variometrā nav pieļaujama tāpēc, ka pie noskaņošanas izmaiņās saites lielumi starp kontūriem.

Lielāko tiesu gadījumos pie vidējiem viļņiem un pie gariem viļņiem ar lielām jaudām pielieto noskaņošanai paralēli slēgtu variometru (zīm. XXII 8b attēlotā shēma). Spoļu L_k un L_{saite} induktivitāti izvēlas ar tādu aprēķinu, lai kontūra strāvas ievērojāmā daļa noplūstu caur saites variometru, piemēram, $I_{\text{saite}} =$

$(0,8 \div 0,9)I_k$. L un C lielumus starpkontūrā galīgā veidā nosaka pēc kontūrcondensatora tipa izvēles.

Dažādi kontūrcondensatoru tipi apskatīti mācību grāmatā 345.—347. lpp. Dotā mācību līdzekļa beigās dota tabula KB tipa vizlas kontūrcondensatoriem. Sīkāki dati par šiem kondensatoriem un citām detaļām doti katalogā «Kondensatori un pretestības».

Izmantojot šos kondensatorus modulēto svārstību kontūros, ir jāievēro šādi noteikumi:

1) Strāvas efektīvā vērtība vidējā telefonijas režīmā. Strāvas vērtība vidējā telefonijas režīmā (efektīvā vērtība) nedrīkst pārsniegt dotam vilnim paredzētajā tabulā uzrādītos lielumus (II. pielikums, 100. lpp). Starpviļņiem strāvu vērtības atrod interpolācijas ceļā. Strāvas efektīvo vērtību kontūrā vidējā telefonijas režīmā nosaka pēc formulas:

$$I_{kTvid} = \frac{I_{kT}}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}} \approx 0,87 I_{kT} \quad (m=1).$$

Šeit I_{kT} — strāvas amplitūda kontūrā nesējfrekvences režīmā; prettakta shēmā $I_k = \frac{2U_{aT}}{\rho}$.

2) Maksimālās un efektīvās sprieguma vērtības. Maksimālā (galotnes) sprieguma vērtība augstfrekvencei pie modulācijas nedrīkst pārsniegt lielumus, kas līdzinās vislielākā pielaižamā sprieguma amplitūdai uz kondensatora $\sqrt{2}U_{piel}$. Tātad sprieguma efektīvā vērtība nesējfrekvences režīmā nedrīkst pārsniegt $\frac{U_{piel}}{2}$.

Tabulā doti kapacitātes un darba strāvu lielumi, un tā tad darba spriegumu (efektīvo vērtību) var noteikt:

$$U_{piel} = I_{darba} \frac{1}{\omega C}.$$

Prettakta shēmai sprieguma maksimālā vērtība kontūrā pie modulācijas:

$$U_{amax} = 4U_{aT}.$$

Sprieguma efektīvā vērtība kontūrā nesējfrekvences režīmā

$$U_{kTef} = \frac{2U_{aT}}{\sqrt{2}}.$$

Pirmo noteikumu nosaka kondensatoru baterijas paralēlo zaru daudzums:

$$n_{par} = \frac{I_{kTvid}}{I_{kdarba}}.$$

Otro noteikumu nosaka paralēli savienotu kondensatoru skaits katrā zarā:

$$n_{\text{ser}} = \frac{4U_{aT}}{\sqrt{2}U_{\text{pap}}} \text{ (prettakta shēma).}$$

Pamatojoties uz šiem aprēķiniem, izvēlas savienojumu shēmu un precizē kondensatoru skaitu, lai nodrošinātu vajadzīgo kapacitāti. Galīgā kapacitāte var drusku atšķirties no iepriekš aprēķinātās (pie elektriskā aprēķina). Šinī gadījumā galīgi nosaka:

$$L_{\mu\text{H}} = \frac{0,281\lambda^2 m}{C_{\text{pF}}}.$$

3) Modulatora režīma aprēķins un frekvenču raksturlīknes konstruēšana

Mācību grāmatas XIII nod. dotas anoda modulācijas modulatoru shēmas un to aprēķini. Šis nodaļas beigās ievietots B klases prettakta modulatora aprēķinu piemērs, kā arī aprēķins nelineārajiem un frekvenču kropļojumiem. Tikliņa modulācijas raidītāju aprēķins ir apskatīts Modeļa un Nevjažska grāmatas «Radioraidītāju kurss» I daļā, 1938. g. II izd. 287. + 295. lpp. Zemfrekvences priekšpastiprinātāja pakāpju aprēķins neietilpst kursa projektā.

4) Strāvu un spriegumu aprēķins pārējās raidītāja pakāpēs

Strāvu un spriegumu aprēķinu pārējās raidītāja pakāpēs izdara, pamatojoties uz aptuvenām formulām, kuras ir dotas mācību grāmatas § V.2, 82. + 84. lpp. Pie tam jāievēro, ka, pazeminoties E_a lielumam ievērojamā mērā, salīdzinot ar viņa nominālo vērtību, aptuvenas formulas (V.21) un (V.22) izrādās nepareizas.

5. Noteikumi barošanas avotiem

Patērētās strāvas lielumu no katra taisngrieža nosaka, summējot patērējamās strāvas pakāpēs, sloga pretestībās, potenciometros utt. Radiotelefonijas raidītājiem aprēķinu pamatā ir strāva nesējfrekvences režīmā (līdzstrāvas komponente I_{a-T}).

Anoda barošanas spriegumu katrai pakāpei izvēlas līdzīgu aprēķinātam. Pie anoda modulācijas spriegums nedrīkst pārsniegt 10—11 kV.

Ieteicams samazināt anoda barošanas spriegumu, salīdzinot ar nominālo visos gadījumos, kad tas neizsauc lampu skaita palielināšanu, lai dabūtu uzdoto jaudu, un nepalielina barošanas avotu skaitu. Nosakot taisngriežu spriegumu, jāņem vērā sprieguma kritums uz jaudīgo lampu aprobežotāju pretestībām $\Delta E \approx 0,05 E_a$ un jāņem iztaisnotais spriegums $E_0 = (1,05—1,07) \cdot E_a$.

Lai samazinātu barošanas avotu skaitu, ieteicams Larionova un Volodina shēmās izmantot iespēju noņemt pusi no sprieguma.

Pārspriegtā režīmā strādājošo lampu stūrējošo tīkliņu priekšspriegumam jābūt automātiskam uz tīkliņstrāvu rēķina. Atbilstoši tam raidītāju augstfrekvenču pakāpēs ar anoda modulāciju, ja nav iekārtotas frekvenču reinzinājuma pakāpes, pielieto tikai automātisko priekšspriegumu. Lieljaudīgos raidītājos kā modulatoram, tā submodulatoram parasti ir atsevišķi priekšsprieguma avoti.

Pie tīkliņa modulācijas un strādājot nepārspriegtā režīmā, priekšspriegumu iegūst no atsevišķiem, ar potenciometriem noslogotiem avotiem. Lai izvairītos no demodulācijas, strāvai, kas plūst cauri potenciometram, jābūt vairākas reizes lielāka par ģeneratora tīkliņstrāvas maksimālo vērtību.

Ekrāntīkliņu barošanai izmanto mazjaudīgo pakāpju anodu barošanas avotus.

Ierosmes ģeneratoram un bufera pakāpēm jābūt atsevišķiem barošanas avotiem.

6. Detaļu konstruktīvais izstrādājums

Par kursa projekta sastāvdaļu uzskatāms vienas vai vairāku raidītāja detaļu konstruktīvais izstrādājums.

Šādas detaļas var būt: kontūrcondensatori, neitrodīnas kondensatori, droseles un citas. Šo detaļu elektriskos parametrus un darba noteikumus nosaka ar raidītāja lampu režīmu un kontūru iepriekšējiem aprēķiniem.

Variometru un spoļu konstrukcijām jāatbilst sekojošām prasībām:

- 1) aprēķinātai induktivitātei, vai savstarpējai induktivitātei;
- 2) elektriskai izturībai — starp vijumiem, starp statoru un rotoru pie maksimālā darba sprieguma;
- 3) pielaižamai sildīšanai. Radiotelefonijas raidītājos aprēķinu pamatā ir strāvas efektīvā vērtība vidējā telefonijas režīmā;
- 4) mehāniskai izturībai;
- 5) uzdotiem gabarītiem.

Praksē spolēm un variometriem pielieto dažāda veida konstrukcijas atkarībā no raidītāja viļņu diapazona un pakāpes jaudas. Visvairāk pielietotās konstrukcijas vidējo viļņu raidītājiem apskatītas mācību grāmatas § XXIII.2. Uz gariem un vidējiem viļņiem atkarībā no jaudas pielieto vara caurules ar caurmēru līdz 30 mm. Uz īsiem viļņiem, vidējas un lielas jaudas pakāpēs pielieto spolēm ūdens dzesēšanu. Atdzesēšanai paredzētais ūdens plūst caur virknē saslēgtiem lampu apvalkiem un spolēm. Tā kā no spolēm novadītais siltums ir ievērojami mazāks nekā no lampu anodiem, tad siltuma novadīšanai speciāli aprēķini nav vajadzīgi.

Anoda un tīkliņa bloķējošās droseles parasti izgatavo no porcelāna caurulēm cilindrisku spoļu veidā ar vienu vijuma kārtu. Kā uztīšanas materiālu izmanto emaljētu vadu ar zīda

vai papīra izolāciju. Mācību grāmatas § XXIII.2 doti apsvērumi augstfrekvences droseļu izmēru izvēlei uz īsiem viļņiem.

Porcelāna cauruļu izmērus sk. dotā mācību līdzekļa beigās ievietotajā tabulā.

Tipveida konstrukcijas kontūru gaisa maiņkondensatoriem un neitrodīna kondensatoriem arī dotas mācību grāmatas § XXIII.2. Gaisa kondensatora plašu biezums un to savstarpējais attālums atkarīgi no tām pieliktā sprieguma un plašu izmēriem. Spriegumam līdz 5 kV pielieto līdz 3 mm biezas plates, attālumu starp platēm izvēlas, izejot no pielaižamā galotņu sprieguma 500 V/mm. Pie lielākiem spriegumiem pielieto biežākas plates.

Spoļu, variometru, droseļu, kondensatoru aprēķinu formulas un šo aprēķinu piemēri doti šādos mācību līdzekļos:

I. Gonorovskis. L, C un R radoraidītāju projektēšana. II. izd., 1934. g.

A. Pisarevskis. Metodisks palīglīdzeklis kursa projektēšanā radoraidītājiem. LEIS izdevums, 1950. g.

Projektējamās detaļas konstrukcija jārasē trijās projekcijās uz lapas ar standarta izmēriem, iezīmējot pamatizmērus. Uz tās pašas lapas jādod izstrādājamās konstrukcijas specifikācija, uzrādot materiālus, no kādiem izgatavotas tās atsevišķas detaļas.

7) Principiālās shēmas izstrādāšana raidītājam ar galveno detaļu specifikāciju.

Pamatojoties uz izpildītājiem aprēķiniem, sastāda raidītāja principiālo shēmu. Šinī shēmā jāuzrāda:

- 1) viss raidītāja augstfrekvences trakts,
- 2) divas pēdējās pakāpes modulācijas iekārtai: modulators un submodulators. Telefonijas-telegrāfijas raidītājiem jāuzrāda manipulācijas shēma un pāreja no telefona darba uz telegrāfa darbu.

Principiālai shēmai jāsaturs bez pamatelementiem (lampas, kontūri), arī visas papildu detaļas: bloķēšanas kondensatori, droseles, mērinstrumenti, kvēles «vidus punkti» utt.

Principiālās shēmas specifikācijā jāuzskaita visas izejas pakāpes un modulatora detaļas. Mērinstrumentiem uzrāda instrumenta sistēmu un skalas datus (piemēram, magnetoelektriskais ampērmetrs uz 10 A); kondensatoriem — nozīme (kontūra, bloķēšanas), dielektriķis (gaisa, vizlas utt.), kapacitāte, darba spriegums, tips pēc kataloga; spolēm, variometriem — induktivitāte un darba strāva; pretestībām — to lielums un pielaižamā jauda.

Taisngriežu iekārtu aprēķins dotajā kursa projektā neietilpst. Tomēr uz principiālās shēmas ir jāparāda barošanas ķēdes. Barošanas avotus uz shēmas attēlo, piemēram, kvadrātu veidā, uzrādot to tipus, spriegumus un strāvas.

Principiālā shēma jārasē uz standartizmēru papīra loksnes. Detaļas numurē atbilstoši specifikācijā pielietotai numerācijai. Raidītāju starp un izejas pakāpju shēmu konstrukcijas īpatnības uz gariem un vidējiem viļņiem, kā arī sakariem starp pakāpēm apskatītas mācību grāmatas § XXII.1.

Analogiski norādījumi doti īsviļņu raidītājiem mācību grāmatas § XXIII.3.

Īsviļņu raidītāju pakāpēs pielieto sērijas slēguma shēmu anoda barošanai. Šo shēmu bieži pielieto vidējo un garo viļņu raidītāju ierosmes generatoros un bufera pakāpēs.

Pārējām vidējo un garo viļņu raidītāju pakāpēm parasti pielieto paralēlo shēmu anoda barošanai. Tīkliņa ķēžu barošanu visbiežāk realizē pēc paralēlās shēmas.

Sastādot principiālai shēmai specifikāciju, ieteicams pieturēties pie kataloga «Kondensatori un pretestības» pievestiem datiem.

Porcelāna cauruļu izmēri augstfrekvenču droseļēm¹

D mm	l mm				
	100	150	200	300	400
20	100	150	—	—	—
30	—	—	200	300	—
60	—	—	200	300	400
100	—	—	—	300	400
150	—	—	—	—	400

¹ A. Pisarevskis. Metodisks palīglīdzeklis kursa projektēšanā radiatoraīdītājiem. 1950. g.

Vizlas kondensatori augstfrekvenču kontūriem, tips KB

Kondensatora apzīmējums	Kapacitāte μF	Pārbaudes spriegums ar līdz- strāvu kV	Darba strāva A, pie attiecīgās frekvences, kHz			
			3000	1000	300	100
1	2	3	4	5	6	7
1 KB-1	0,001	17,5	10,0	7,0	4,0	1,6
1 KB-10	0,01	5,0	16,0	20,0	13,5	4,5
2 KB-100	0,1	3,0	—	—	—	21,3
3 KB-2,2	0,0022	18,0	16,0	14,0	8,0	3,6
3 KB-1	0,001	20,0	12,0	9,0	5,5	2,3
3 KB-0,47	0,00047	20,0	9,5	7,0	4,0	1,3
3 KB-027	0,00027	20,0	7,5	6,0	3,0	1,1
3 KB-0,22	0,00022	20,0	7,0	5,5	2,0	1,0
4 KB-10	0,01	12,5	—	—	—	10,6
5 KB-0,47	0,00047	55,0	—	—	—	2,6
3 KB-0,39	0,00039	20,0	9,0	6,5	3,5	1,2
6 KB-10	0,01	10,0	—	—	—	8,5
6 KB-1,8	0,0018	20,0	—	—	—	3,8
6 KB-1,5	0,0015	20,0	—	—	—	3,5
6 KB-1,2	0,0012	20,0	—	—	—	3,0
6 KB-0,22	0,00022	20,0	—	—	—	1,1
7 KB-100	0,1	5,0	30,0	60,0	40,0	35,0
7 KB-50	0,05	7,5	30,0	50,0	40,0	30,0
7 KB-20	0,02	12,5	30,0	45,0	35,0	22,0
7 KB-10	0,01	17,5	27,0	37,0	25,0	15,0
7 KB-2,22	0,0022	35,0	20,0	20,0	13,0	7,5
7 KB-1,8	0,0018	37,0	21,0	20,0	12,0	7,0
7 KB-0,47	0,00047	41,0	12,0	11,0	6,0	3,0
8 KB-2,2	0,0022	41,0	—	—	—	9,0
8 KB-0,68	0,00068	60,0	—	—	—	4,5
9 KB-250	0,25	5,0	34,0	59,0	45,0	45,0
9 KB-100	0,1	7,5	32,0	57,0	45,0	45,0
9 KB-10	0,01	25,0	28,0	42,0	36,0	19,0
9 KB-5,6	0,0056	30,0	27,0	34,0	22,0	15,0
9 KB-3,3	0,0033	37,0	25,0	30,0	17,0	11,0
9 KB-2,7	0,0027	41,0	23,0	23,0	14,0	9,2
9 KB-2,2	0,0022	45,0	22,0	22,0	13,0	9,0
9 KB-1	0,001	60,0	16,0	20,3	11,1	6,0

III pielikums

Vizlas kondensatori anoda nodalitāji, tips KP

Pieņemtais apzīmējums kondensatora tipam un tā datiem	Kapacitāte μF	Līdzstrāvas spriegums, kV		Pielaižamā strāva, A
		darba	pārbaudes	
1 KP-1,5	0,001	5,0	10	1,0
1 KP-1-7,5	0,001	7,5	12	1,0
2 KP-0,27-10	0,00027	10,0	20	1,0
2 KP-0,47-10	0,00047	10,0	20	1,0
2 KP-1-10	0,001	10,0	20	1,0
2 KP-10-5	0,01	5,0	10	1,0
2 KP-100-2	0,1	2,0	4	1,0
3 KP-1-25	0,001	25,0	50	1,5
3 KP-1,5-25 ..	0,0015	25,0	50	1,5
3 KP-3,9-20	0,0039	20,0	40	1,5
3 KP-250-3	0,25	3,0	5	1,5

IV pielikums

Ar gāzi pildītie kontūrcondensatori

Nominālā kapacitāte pF	Galotņu darba spriegums pie modulācijas, kV	Caursišanas spriegums pie 50 Hz kV (ef.)	Izmēri mm		Svars kg	Piezīmes
			augstums a	caurmērs b		
1200	28	34	490	300	47	1) Pildītājs-slāpekļis. Spiediens 15 atmosfēras. 2) Augstākā frekvence 1,2 MgHz 3) Maksimāli pielaižamā strāva 80 A ef.
600	28	36	490	300	45	
300	28	38	490	300	44	
2400	21	36	490	370	82	
4000	21	34	650	370	88	
1700	21	36	650	370	82	

V pielikums

Vakuuma kontūrcondensatori

Kondensatora tips	Kapacitāte, pF	Pielaižamā amplitūdas robeža darba spriegumam, kV	Pielaižamā robeža efektīvās strāvas vērtībai, A	Minimālais viļņa garums m	Piezīmes
KB-25/25	22,5 ÷ 30	25	15	35	Pielietojot kondensatorus pie viļņu garumiem, mazākiem par minimālajiem, strāvu un spriegumu pielaižamās vērtības ir jāsamazina
KB-50/25	45 ÷ 60	25	30	35	
KB-100/8	90 ÷ 120	8	35	55	
KB-100/25	90 ÷ 120	25	30	40	
KB-200/12	180 ÷ 240	12	30	60	

Ģenerátoru tetrodes

Lampas apzīmējums	Lampas tips	Katoda veids	$P_{a\text{ nom}}$	P_a	U_{kv}	I_{kv}	I_s
			W	W	V	A	A
4П11	Pentode	Tiešā kvēles, oksīda	4,6	7,5	4,2	0,325	0,050
ГY-15	Staru pentode	"	12	15	4,4	0,68	0,12
ГY-32	Dubultā staru tetrode	Netiešās kvēles, oksīda	14	15	12,6	6,3 0,8	1,6 2×0,08
ГY-29	"	"	45	40	6,3 12,6	2,25 1,125	2×0,25
ГY-50	Pentode	"	60	40	12,6	0,765	0,450
ГY-13	Staru tetrode	Karbīd. torizēts volfrāms	220	100	10	5	0,600
ГK-71	Pentode	"	250	125	20	3	0,900
ГY-80	"	"	750	450	12,6	10,5	1,9
ГY-27Б	Tetrode	"	1000	800	7,5	25	—

Jaudīgās ģenerátoru

Lampas apzīmējums	P_{nom}	P_a	U_{kv}	I_{kv}	I_s	E_{a1}	E'_t	S
	kW	kW	V	A	A	kV	V	mA/V
Г-431	30	20	22	102	12	15	-70	12
Г-433	100	60	33	210	50	15	-100	32
ГY-12A	40	20	12,6	315	30	10,5	-400	23
ГY-89A	10	5	11	124	9	8,5	-300	10
ГY-89Б	10	5	11	124	9	8,5	-300	10

1) Palielinot darba frekvenci, anoda spriegums E_a parasti drusku pazemina.

un pentodes

VI pielikums

E_a	E_{t2}	E_{t3}	E'_t	S	S_k	D	D_{t2}	μ_{at3}	Maks. frek. f	Darbības ilgums	Cena
V	V	V	V	mA/V	mA/V				MHz	stundas	rbļ.
200	150	0	-14	4	3,5	—	0,1	3,75	100	1000	—
350	200	0	-25	4,7	3,5	—	0,14	1,85	60	1000	—
400	250	—	-28	3,5	2	0,006	0,14	—	200	500	—
400	225	—	-12	8	5	0,005	0,11	—	200	500	—
800	250	0	-25	4	3,5	0,004	0,2	3,12	120	1000	—
2000	400	—	-20	4	3,5	0,004	0,12	—	30	500	200
1500	400	50	-100	4,2	4	0,004	0,2	5	20	600	170
2000	600	0	-170	5,5	4	0,004	0,31	7	50	1000	—
3500	750	—	0	6	5	0,005	0,063	—	110	1000	950

triodes

S_k	D	C_{ie}	C_{iz}	$C_{st. el.}$	f_{max}	Darbības ilgums	Cena
mA/V		pR			MHz	stundas	rbļ.
11	0,02	25	1,5	23	25	2000	700
22	0,02	80	6	67	20	3000	2800
19	0,05	35	2	24	50	1000	2400
7	0,05	23,3	3	17,5	100	1000	—
7	0,05	23,3	8	18,5	100	1000	—

nās. Piemēram lampai Г-431 pie $f > 12$ MHz E pazeminās no 15 kV līdz 7,5 kV.

Jaudīgās ģeneratoru

Lampas apzīmē- jums	Katoda tips	$P_{\sim nom}$	$P_{\sim a}$	U_{kv}	I_{kv}
		kW	kW	V	A
ГУ-5А	Toriz. karbid. volfrāms	3,5	3,5	12,6	23
ГУ-5Б	„	3,5	2,5	12,6	23
ГУ-10А	„	15	10	7	75
ГУ-10Б	„	10	7	7	75
ГУ-11А	Volframa	30	20	12,7	240
ГУ-16Б	„	15	10	13,5	200
ГК-3А	„	100	60	17	430
ГК-1А	Volframa, 3 fāzu	250	200	31,5	580

Modulatoru

Lampas apzīmē- jums	Vecais apzīmē- jums	Katoda tips	Dzesētājs	P_a
				kW
ГМ-57	M-457 УБ-180	Oksīda, tiešās kvēles	Gaiss	0,05
ГМ-51А	M-451	Volframa	Ūdens	15
ГМ-1А	M-20/35	Karbid. toriz. volfrāms	Ūdens	30
ГМ-60	M-600	Volframa	Gaiss	0,6
ГМ-70	M-470	Karbid. toriz. volfrāms	Gaiss	0,150
ГМ-100	M-1000	Volframa	Gaiss	1

triodes

I_s	E_a	E_t	S	S_k	μ	C_{st}	C_{ie}	C_{iz}	i_{max}	Darbības ilgums
A	kV	V	mA/V	mA/V		pF			MHz	Stundas
7	5	-30	15	14	80	16	19	0,5	110	1000
7	5	-30	15	14	80	16	19	0,5	110	1000
15	8	-70	20	19	50	34	40	1,5	25	1000
15	6	-70	20	19	50	34	40	1,5	25	500
20	10	-180	20	18	55	45	55	1,5	25	1500
15	8	-130	25	20	47	42	55	1,5	25	1500
50	12	-100	35	32	40	65	100	3	25	2000
250	10	-50	120	120	45	110	220	7	22	2000

triodes

U_{kv}	I_{kv}	I_s	E_a	S	μ	Darbības ilgums	Cena
V	A	A	kV	mA/V		stundas	rubl.
4	2,1	0,18	0,75	5	9	1000	—
22	102	10	12,5	10	7	2000	870
12,5	190	100	6	20	5	500	—
17	8,4	0,55	10	2,2	16	1250	210
20	3	0,8	1,5	6	6,7	1000	250
17	18	1,6	5	6,5	18	1000	390

№	Имя	Фамилия	Дата	Возраст	Пол	Состояние	Земля	Другое
1	Иван	Иванов	1910	51	М	Жив	100	
2	Петр	Петров	1915	46	М	Жив	100	
3	Александр	Александров	1920	41	М	Жив	100	
4	Сергей	Сергеев	1925	36	М	Жив	100	
5	Михаил	Михайлов	1930	31	М	Жив	100	
6	Андрей	Андреев	1935	26	М	Жив	100	
7	Владимир	Владимиров	1940	21	М	Жив	100	
8	Георгий	Георгиев	1945	16	М	Жив	100	
9	Дмитрий	Дмитриев	1950	11	М	Жив	100	
10	Евгений	Евгеньев	1955	6	М	Жив	100	

№	Имя	Фамилия	Дата	Возраст	Пол	Состояние	Земля	Другое
11	Александр	Александров	1960	1	М	Жив	100	
12	Иван	Иванов	1965	0	М	Жив	100	
13	Петр	Петров	1970	-1	М	Жив	100	
14	Александр	Александров	1975	-2	М	Жив	100	
15	Иван	Иванов	1980	-3	М	Жив	100	
16	Петр	Петров	1985	-4	М	Жив	100	
17	Александр	Александров	1990	-5	М	Жив	100	
18	Иван	Иванов	1995	-6	М	Жив	100	
19	Петр	Петров	2000	-7	М	Жив	100	
20	Александр	Александров	2005	-8	М	Жив	100	

LATVIJAS NACIONĀLĀ BIBLIOTĒKA



0309065734

0 20

968