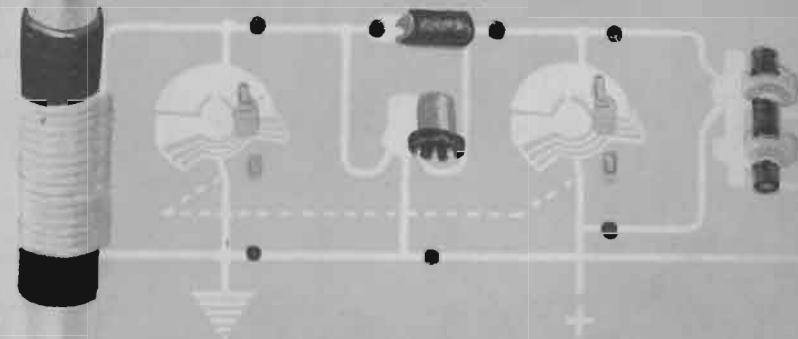


V. F. BARKAN

# REAȚIA ÎN RADIORECEPTOARE



RADIO și TELEVIZIUNE

*Editura Tehnică*

V. F. BARKAN

# REAȚIA ÎN RADIORECEPTOARE

TRADUCERE DIN LIMBA RUȘĂ



EDITURA TEHNICĂ

București 1961

Cartea cuprinde descrierea utilizării reacției negative și pozitive în circuitele radioreceptorului și într-o serie de scheme aplicabile în cele mai diferite scopuri (amplificatoare, oscilatoare, inversoare de fază etc.). Se insistă asupra reacției parazite, asupra metodelor de descoperire și înlăturare a acestora din radioreceptoare.

Cartea este destinată radioamatorilor care au cunoștințe elementare asupra fenomenelor fizice ce au loc în radioreceptoare.

В. Ф. БАРКАН  
ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ  
В РАДИОПРИЕМНИКАХ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1959

МОСКВА

ЛЕНИНГРАД

## Capitolul I GENERALITĂȚI

### 1. Reacția în radioreceptoare

Reacția negativă a căpătat o largă aplicare în aparatura de radiorecepție și de amplificare, în scopul îmbunătățirii reproducerii programelor radio. Pe lângă reacția negativă, în radioaparatură se utilizează și reacția pozitivă. Aceasta din urmă permite îmbunătățirea sensibilității și a selectivității radioreceptorului.

Reacția este dată de cuplajul între ieșirea și intrarea sistemului de amplificare (fig. 1). Când există reacție, o parte din energia oscilațiilor amplificate trece de la ieșirea sistemului la intrarea sa.

Reacția este pozitivă atunci când tensiunea de intrare și cea de reacție sunt în fază, și negativă când aceste tensiuni sunt în antifază. În cazul reacției pozitive, tensiunea rezultantă la intrare crește. În cazul reacției negative, tensiunea rezultantă la intrare scade. Dacă se produce o reacție nedorită între intrarea și ieșirea amplificatorului, aceasta se numește reacție parazită. Acțiunea reacției parazite înrăutățește într-un fel sau altul funcționarea instalației de amplificare; într-o serie de cazuri, când acest cuplaj este pozitiv, amplificatorul oscilează, adică se transformă într-un oscilator.

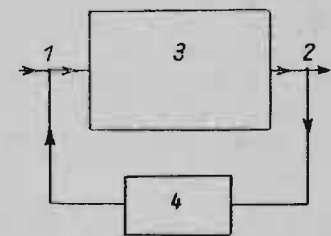


Fig. 1. Schema-bloc a amplificatorului cu reacție:  
1—intrare; 2—ieșire; 3—amplificator; 4—circuit de reacție.

## 2. Amplificarea sistemelor cu reacție

Reacția poate cuprinde amplificatorul de radiofrecvență sau de frecvență intermediară, etajul detector și amplificatorul de audiofrecvență ale radioreceptorului. Aprecierea posibilităților de amplificare ale unuia sau altuia din sistemele cu reacție, indiferent de semn, se poate obține prin

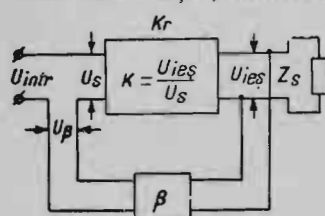


Fig. 2. Schema pentru deducerea valorii amplificării sistemului cu reacție.

studierea schemei din fig. 2. Aici, amplificatorul cu coeficientul de

amplificare  $K = \frac{U_{ies}}{U_s}$  cuprinde

reacția realizată cu ajutorul unui circuit special însemnat cu  $\beta$ . Raportul dintre tensiunea  $U_\beta$  aplicată de la circuitul de reacție la intrarea sistemului și tensiunea de la ieșire  $U_{ies}$  se numește

$$\beta = \frac{U_\beta}{U_{ies}}. \quad (1)$$

$U_\beta$  se numește tensiune de reacție. Coeficientul  $\beta$  poate lua valori de la 0 la +1 în cazul reacției pozitive și de la 0 la -1 în cazul reacției negative. Pe măsura creșterii valorii numerice, reacția crește. Astfel, tensiunea de reacție în cazul general este dată de expresia

$$U_\beta = \pm \beta U_{ies} \quad (2)$$

Coeficientul de amplificare al amplificatorului cu circuit de reacție se poate determina prin raportul dintre tensiunea de ieșire pe sarcină  $U_{ies}$  și tensiunea aplicată:

$$K_r = \frac{U_{ies}}{U_{intr}}. \quad (3)$$

Tensiunea la intrarea amplificatorului este compusă din tensiunea aplicată și tensiunea de reacție:

$$U_s = U_{intr} + U_\beta.$$

Ținând seamă de expresia (2) pentru  $U_\beta$ , obținem:

$$U_s = U_{intr} + (\pm \beta U_{ies}), \quad (4)$$

de unde

$$U_{intr} = U_s - (\pm \beta U_{ies}). \quad (5)$$

Înlocuind valoarea lui  $U_{intr}$  în formula (3) obținem:

$$K_r = \frac{U_{ies}}{U_s - (\pm \beta U_{ies})}.$$

Împărțim numărătorul și numitorul cu  $U_s$ . În acest caz:

$$K_r = \frac{\frac{U_{ies}}{U_s}}{1 - \left( \pm \beta \frac{U_{ies}}{U_s} \right)}.$$

Sub forma finală expresia coeficientului de amplificare al sistemului cu reacție capătă aspectul:

$$K_r = \frac{K}{1 - (\pm \beta K)}. \quad (6)$$

Produsul  $\pm \beta K$  se numește factor de reacție; semnul factorului de reacție coincide cu însuși semnul reacției. Pentru reacția pozitivă, numitorul fracției scade, iar coeficientul de amplificare al sistemului crește de  $1 - \beta K$  ori. Pentru reacția negativă, numitorul fracției crește și coeficientul de amplificare  $K_r$  scade de  $1 + \beta K$  ori. Însă micșorarea amplificării, care are loc în cazul reacției negative, se compensează printr-un important câștig calitativ: în cazul utilizării acestei reacții se poate obține o micșorare bruscă a tuturor formelor de distorsiuni, crește posibilitatea de menținere a amplificării și se asigură stabilitatea amplificării față de apariția unor oscilații parazite.

Reacția pozitivă a fost utilizată cu mulți ani înaintea reacției negative; ea a început să fie utilizată încă din timpul primului război mondial.

Schemele de reacție dădeau posibilitatea unei creșteri sensibile a selectivității și sensibilității receptoarelor care utilizau în acel timp triodele, iar circuitele oscilante aveau un factor de calitate relativ scăzut.

În decurs de mai mult de 20 de ani, schema cu reacție și-a găsit o largă aplicație în majoritatea radioreceptoarelor. Ea nu este învechită nici în prezent și este destul de întrebuințată în radioreceptoarele de amatori, cu puține tuburi electronice.

Metoda recepției cu superreacție, bazată de asemenea pe utilizarea reacției pozitive, a fost propusă în anul 1922. Ea asigură receptoarele cu tuburi puține o sensibilitate și mai bună și se utilizează mult și astăzi în gama U.U.S.

Reacția negativă a început să fie introdusă în perioada cînd s-a ridicat problema reproducerilor de înaltă calitate a programelor radio. Utilizarea sa în limite largi a fost determinată și de dezvoltarea tuburilor electronice.

## Capitolul 2

### REAȚIA NEGATIVĂ

#### 3. Metodele de aplicare a reacției negative

Reacția între ieșirea și intrarea amplificatorului se poate realiza în diferite moduri. În fig. 3, *a*, circuitul de reacție este conectat în paralel cu sarcina  $Z_s$  și tensiunea de reacție  $U_\beta$  este proporțională cu tensiunea de ieșire a amplificatorului. Această reacție se numește de tensiune.

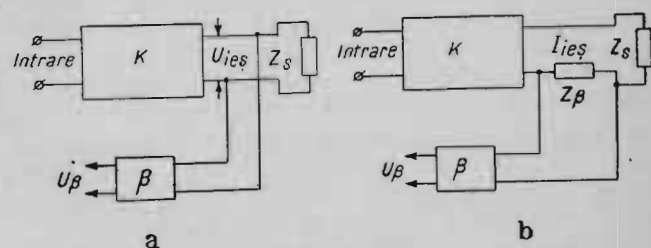


Fig. 3. Două moduri de aplicare a reacției.

Tensiunea de reacție poate fi luată de pe impedanța suplimentară  $Z_\beta$ , conectată în serie cu sarcina amplificatorului (fig. 3, *b*). În acest caz, reacția se numește de curent, deoarece mărimea tensiunii de reacție depinde de curentul din circuitul de sarcină. Tensiunea de reacție obținută prin metoda întâi

sau a doua se poate aplica la intrarea amplificatorului fie în serie, fie în paralel. În schema din fig. 2, tensiunea de reacție  $U_\beta$  și tensiunea de intrare  $U_{intr}$  sînt aplicate în serie; o astfel de schemă se numește cu reacție de tensiune serie.

Pentru a înțelege funcționarea schemelor amplificatoarelor de joasă frecvență cu reacție negativă trebuie să cunoaștem bine rolul tubului electronic în schema de amplificare. Circuitul anodic al tubului electronic poate fi considerat ca o rezistență a cărei valoare se schimbă în funcție de tensiunea alternativă de grilă. În semiperioadele pozitive rezistența tubului scade, iar în cele negative crește. În consecință, curentul anodic al tubului capătă un caracter pulsatoriu și o dată cu el și tensiunea anodică devine pulsatorie. Acțiunea semiperioadei pozitive pe grila tubului este însoțită de creșterea curentului anodic și deci a tensiunii de sarcină. Creșterea tensiunii de sarcină, pentru o sursă de alimentare continuă a circuitului anodic, determină scăderea tensiunii anodice. Semiperioada negativă a tensiunii alternative de grilă determină, dimpotrivă, creșterea tensiunii anodice. Astfel, fiecărei semiperioade a tensiunii de grilă îi corespunde o semiperioadă a tensiunii anodice opusă ca semn; aceasta înseamnă că între tensiunile alternative anodice și de grilă există un defazaj de  $180^\circ$ .

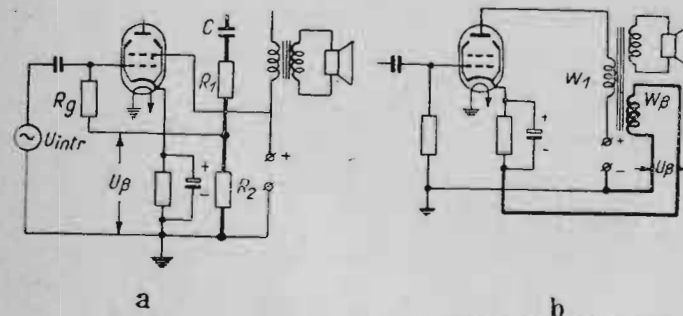


Fig. 4. Schemele etajului de ieșire cu reacție de tensiune.

Toate acestea trebuie reținute atunci cînd se studiază schemele de amplificare cu reacție negativă. În fig. 4 sînt arătate schemele etajului de ieșire al amplificatorului cu reacție de tensiune serie. Circuitul de reacție constă din

divizorul de tensiune compus din condensatorul de decuplaj  $C$  și rezistențele  $R_1$ ,  $R_2$ . Divizorul de tensiune este conectat în paralel cu circuitul de ieșire și de aceea tensiunile pe circuit și pe tub sînt egale. Pentru ca tensiunea de reacție  $U_\beta$  să coincidă ca fază cu tensiunea circuitului anodic, trebuie satisfăcută condiția:

$$R_1 + R_2 \gg \frac{1}{\omega C}.$$

Tensiunea de reacție luată de pe rezistența  $R_2$  are faza opusă tensiunii de grilă și se aplică acesteia prin rezistența de scurgere  $R_g$ , în serie cu tensiunea de intrare:

$$\beta = \frac{U_\beta}{U_{\text{intr}}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}. \quad (7)$$

Mărimea  $\beta$  se ia între 0,05–0,2. Rezistențele divizorului de tensiune se aleg astfel încît puterea consumată de ele să fie neglijabilă. În cazul utilizării tuburilor 6П14П, 6П18П și a echivalentelor lor,  $R_1 + R_2 \approx 100 \text{ k}\Omega$ .

Reactanța condensatorului  $C$  la frecvența cea mai joasă nu trebuie să depășească 0,4 ( $R_1 + R_2$ ), ceea ce se realizează dacă  $C \geq 0,1 \text{ }\mu\text{F}$ :

$$R_2 = \beta (R_1 + R_2) \text{ și } R_1 = (1 - \beta)(R_1 + R_2).$$

O altă variantă de schemă cu reacție serie de tensiune mai frecventă este dată în fig. 4, b.

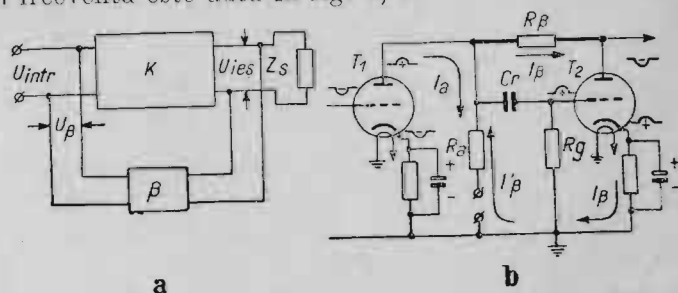


Fig. 5. Amplificator cu reacție de tensiune în paralel:  
a — schema-bloc; b — schema practică.

Aici tensiunea de reacție se ia de pe o înfășurare suplimentară a transformatorului de ieșire și se aplică în serie la intrarea etajului. În schema de tensiune în paralel (fig. 5, a),

tensiunea de reacție  $U_\beta$  și tensiunea de intrare  $U_{\text{intr}}$  se aplică în paralel. Această metodă de realizare a reacției se aplică în schema amplificatorului cu două etaje arătată în fig. 5, b. Cel de-al doilea etaj poate fi amplificator de putere și în același timp și amplificator de tensiune. Tensiunea de reacție se aplică în paralel la intrarea celui de-al doilea etaj, prin rezistența  $R_\beta$ . Cînd pe grila tubului  $T_1$  acționează tensiunea semiperioadei negative, tensiunea alternativă pe anod este defazată cu  $180^\circ$  față de tensiunea de grilă și se caracterizează prin semiperioada pozitivă. Din aceleași motive, semiperioada tensiunii pe anodul tubului devine negativă. Cercetînd în acest caz tubul ca sursă a componentei alternative a curentului anodic, se poate indica, în funcție de semnul semiperioadei tensiunii anodice, sensul curentului din tub. În schemă (fig. 5, b) sînt indicate prin săgeți sensul curentului anodic al primului tub  $I_a$  și al curentului de reacție  $I_\beta$ . Curentul  $I_a$  și o parte din curentul de reacție,  $I'_\beta$ , trec în sens invers prin rezistența de sarcină  $R_a$ . În consecință, acțiunea reacției micșorează curentul rezultat în sarcină și o dată cu el tensiunea alternativă aplicată pe grila tubului  $T_2$ .

În schema de reacție serie de curent (fig. 6, a), tensiunea de reacție  $U_\beta$  se ia de pe impedanța  $Z_\beta$ , conectată în serie cu sarcina și se aplică în serie la intrare. Ca exemplu de aplicare a reacției în acest mod este schema oricărui etaj

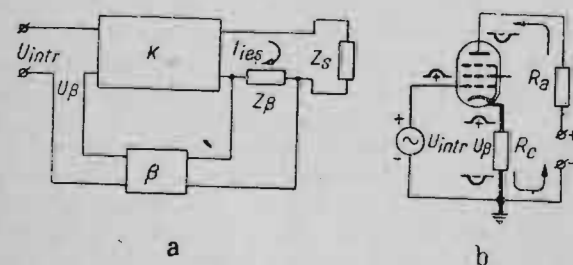


Fig. 6. Amplificator cu reacție de curent:  
a — schema-bloc; b — schemă practică.

amplificator în care rezistența din catod nu este decuplată prin condensator (fig. 6, b). Tensiunea de reacție în această schemă depinde de curentul total din circuitul anodic și se

aplică pe grila tubului în serie cu tensiunea de intrare. Este ușor să observăm că reacția din schemă (fig. 6, b) este negativă, dacă cercetăm acțiunea asupra intrării, de exemplu a tensiunii semiperioadei pozitive. În acest caz, tensiunea anodică alternativă se caracterizează prin semiperioada negativă, iar componenta alternativă a curentului anodic din circuitul exterior este îndreptată dinspre catod spre anod.

În consecință, pe rezistența  $R_c$  se formează tensiunea de reacție  $U_\beta$  de semn opus cu tensiunea de intrare.

Mărimea reacției în aceste scheme depinde de raportul rezistențelor din circuitul anodic și catodic, adică:

$$\beta = \frac{R_c}{R_a + R_c}. \quad (8)$$

Observăm că reacția de curent poate lua naștere și atunci cînd rezistența  $R_c$  este decuplată de un condensator cu o capacitate prea mică. În acest caz, o parte oarecare a componentei alternative a curentului anodic trece prin rezistență și dă pe ea o tensiune de reacție. Reacția în acest caz are un caracter parazit.

#### 4. Influența reacției asupra distorsiunilor de neliniaritate

Distorsiunile de neliniaritate constau în aceea că forma oscilațiilor de frecvență acustică la ieșirea amplificatorului este deosebită de forma oscilațiilor aplicate la intrarea sa. Aceste distorsiuni iau naștere în amplificatoarele de joasă frecvență ca urmare a neliniarității caracteristicilor tuburilor electronice și ale circuitelor cu miez de fier. În fig. 7 se arată că oscilația pur sinusoidală aplicată la intrarea tubului, datorită neliniarității caracteristicii capătă la ieșirea tubului o formă diferită de cea sinusoidală, adică este distorsionată.

În acest caz, la ieșirea amplificatorului apar armonici — oscilații acustice cu frecvențe multiple față de fundamentală oscilației aplicate la intrare. Acționînd asupra difuzorului dinamic o dată cu oscilația fundamentalei, ele distorsionează sunetul. În fig. 7 (jos, dreapta) este prezentată descompunerea grafică a oscilației nesinusoidale în fundamentală și primele două armonici.

Frecvența fundamentalei este egală cu frecvența oscilației de bază, iar frecvențele armonicii a doua și a treia sînt de două și respectiv de trei ori mai mari decît frecvența fundamentalei.

Distorsiunile de neliniaritate se apreciază cantitativ prin coeficientul de distorsiuni:

$$\gamma = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}{I_1}, \quad (9)$$

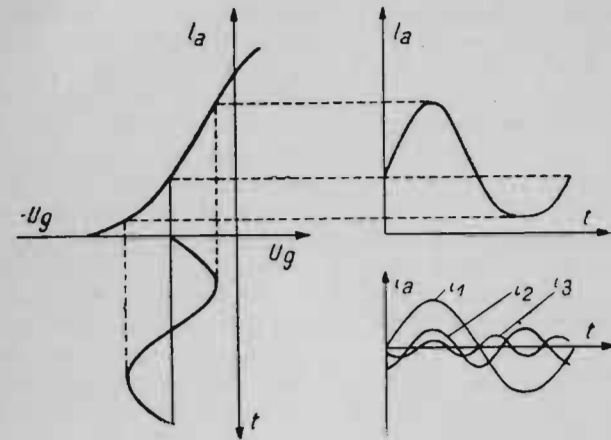


Fig. 7 — Referitor la distorsiunile de neliniaritate.

unde  $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$  sînt amplitudinile corespunzătoare fundamentalei, armonicilor a doua, a treia ș.a.m.d.

Utilizarea în amplificatoare de joasă frecvență a reacției negative micșorează distorsiunile de neliniaritate. Armonicile la ieșirea amplificatorului fiind aplicate prin circuitul de reacție la intrarea amplificatorului și amplificate, ajung la ieșirea sa în antifază, dînd naștere la compensarea distorsiunilor. Coeficientul de distorsiuni cînd există reacție este

$$\gamma_\beta = \frac{\gamma}{1 + \beta K}, \quad (10)$$

unde  $\gamma_\beta$  este coeficientul de distorsiuni al amplificatorului cu reacție;

$\gamma$  — același coeficient cînd nu este reacție.

## 5. Influența reacției asupra caracteristicii de frecvență a amplificatorului

Caracteristica de frecvență ne permite să apreciem uniformitatea amplificării semnalelor de diverse frecvențe, precum și să determinăm banda de trecere a amplificatorului. Forma ideală a caracteristicii de frecvență este o dreaptă

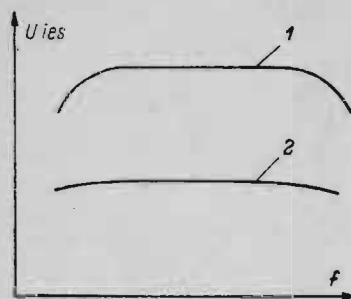


Fig. 8. Caracteristici de frecvență:

1 — fără reacție; 2 — cu reacție.

orizentală și în acest caz semnalele sînt amplificate uniform într-un spectru larg de frecvențe. În amplificatoarele folosite în practică se observă deviații ale caracteristicii de la linia dreaptă. Astfel, de exemplu, în cazul căderii caracteristicii de frecvență în domeniul frecvențelor joase, oscilațiile de joasă frecvență denumite bași se aud mai slab.

O formă a caracteristicii de frecvență întilnită mai des în practică este arătată prin

curba 1 din fig. 8. După cum se vede, tensiunea de ieșire rămîne constantă în domeniul frecvențelor medii și scade mult în domeniul frecvențelor joase și înalte ale gamei audio. Tensiunea de intrare în acest caz se presupune fixă.

Să lămurim cum influențează reacția negativă asupra formei caracteristicii de frecvență.

Dacă  $\beta$  nu depinde de frecvență, atunci pentru caracteristica de frecvență existentă, reacția negativă nu influențează uniform diversele frecvențe. În domeniul frecvențelor medii, unde tensiunea de ieșire este maximă, valoarea tensiunii de reacție  $U_{\beta} = \beta U_{ies}$  va fi maximă. Aceasta duce la o scădere sensibilă a amplificării și a tensiunii de ieșire rezultate. În domeniile frecvențelor superioare și inferioare, acțiunea reacției are un efect mai mic datorită valorii mai mici a tensiunii de ieșire și respectiv rezultă o valoare mai mică a tensiunii de reacție  $U_{\beta}$ . Astfel, acțiunea reacției devine mai puternică asupra frecvențelor medii decît asupra frecvențelor de la extremități și de aceea caracteristica de frecvență a amplificatorului cu reacție devine mai liniară (curba 2).

În cazul în care caracteristica de frecvență a amplificatorului are o creștere a amplificării în unul din domeniile de frecvență, acțiunea reacției are un efect contrariu, dar determină liniarizarea caracteristicii. Forma caracteristicii de frecvență a amplificatorului depinde de mărimea reacției și de numărul de etaje cuprinse de reacție.

Creșterea mărimii reacției apropie forma caracteristicii de cea ideală. Pentru un număr mare de etaje însă și o reacție destul de mare, poate avea loc o creștere a amplificării la frecvențele din extremitățile gamei, chiar în cazul în care caracteristica pînă la introducerea reacției a avut o cădere a amplificării la aceste frecvențe. Studiarea acestui fenomen arată că la amplificatoarele cu multe etaje, la aceste frecvențe, reacția în loc să fie negativă adesea devine pozitivă și în același timp determină nu scăderea amplificării, ci creșterea sa. Aceasta poate duce la autooscilația amplificatorului.

## 6. Influența reacției asupra impedanței de intrare a amplificatorului

Impedanța de intrare a amplificatorului este impedanța pe care o prezintă etajul în curent alternativ înspre bornele de intrare. Impedanța de intrare a etajului șuntează sarcina etajului precedent și în același timp micșorează amplificarea sa.

Impedanța de intrare a etajului amplificator este determinată de proprietățile spațiului grilă-catod al tubului și la frecvențe joase are caracter capacitiv. De aceea prin creșterea frecvenței, impedanța de intrare a etajului scade și acțiunea sa de șuntare se simte mai puternic. Aceasta determină scăderea amplificării la frecvențe superioare.

Acțiunea reacției negative asupra mărimii impedanței de intrare depinde de modul de aplicare a tensiunii de reacție la intrarea amplificatorului. Să determinăm impedanța de intrare a schemei cu reacție serie (fig. 9, a). Notăm impedanța de intrare, ținînd seamă de circuitul de reacție, cu  $Z_{intr} = U_{intr}/I_{intr}$ , fără a ține seama de reacția  $Z_s = U_s/I_{intr}$ .

Pentru semnul negativ al reacției

$$U_s = U_{intr} - U_{\beta},$$

de unde  $U_{intr} = U_s + U_{\beta}$ .

Divizind toți termenii cu  $I_{intr}$ , obținem

$$\frac{U_{intr}}{I_{intr}} = \frac{U_s}{I_{intr}} + \frac{U_\beta}{I_{intr}}.$$

Folosind notațiile obișnuite și însemnind  $U_\beta/I_{intr} = Z_\beta$  obținem:

$$Z_{intr} = Z_s + Z_\beta.$$

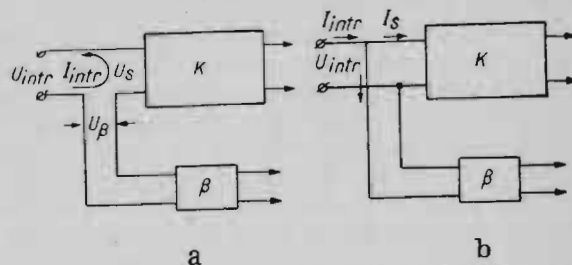


Fig. 9. Referitor la impedanța de intrare a amplificatorului.

Astfel se produce creșterea impedanței de intrare și deci influența sa asupra etajului precedent scade. Din punct de vedere fizic, creșterea impedanței se explică prin scăderea curentului de intrare al tubului, ca urmare a faptului că din tensiunea de semnal se scade tensiunea de reacție.

Pentru reacția în paralel, după cum rezultă din fig. 9, b, curentul de intrare rezultat este  $I_{intr} = I_s + I_\beta$ . Creșterea curentului pentru o anumită valoare a tensiunii de intrare  $U_{intr}$  înseamnă scăderea impedanței de intrare a etajului. Din acest punct de vedere, utilizarea reacției paralel se recomandă mai puțin decât a reacției serie.

## 7. Influența reacției asupra impedanței de ieșire a amplificatorului

Pentru a lămuri sensul impedanței de ieșire a amplificatorului vom utiliza formula coeficientului de amplificare al etajului fără reacție:

$$K = \frac{\mu Z_a}{Z_a + R_i} \quad (11)$$

În această formulă, impedanța  $Z_a$  caracterizează sarcina anodică de orice fel. Folosind relația cunoscută din teoria tuburilor electronice  $\mu = R_i S$ , obținem:

$$K = S \frac{R_i Z_a}{Z_a + R_i} = S Z_e. \quad (12)$$

Mărimea  $Z_e$  reprezintă impedanța de sarcină în paralel cu rezistența internă a tubului electronic și se numește impedanța de ieșire a amplificatorului. Această impedanță apare ca o mărime independentă de frecvență și de aceea poate avea o mare influență asupra stabilității tensiunii de ieșire și deci asupra formei caracteristicii de frecvență.

Utilizarea tuburilor cu rezistență internă  $R_i$  mică micșorează impedanța  $Z_e$  și o face mai puțin dependentă de rezistența de sarcină  $Z_a$ .

Influența reacției asupra impedanței de ieșire depinde numai de modul de obținere a tensiunii de reacție și nu depinde de aplicarea ei la intrare. Să stabilim mărimea impedanței de ieșire a amplificatorului pentru reacția negativă de tensiune. Introducând în expresia (6) valoarea lui  $K$  din formula (11), obținem:

$$K_r \frac{\mu \frac{Z_a}{R_i + Z_a}}{1 + \beta \frac{\mu R_i}{R_i + Z_a}} = \frac{\mu Z_a}{Z_a + R_i (1 + \beta \mu)}.$$

Scoatem din paranteză pe  $1 + \beta \mu$ . Atunci

$$K_r = \frac{\mu}{1 + \beta \mu} \cdot \frac{Z_a}{\frac{R_i}{1 + \beta \mu} + Z_a}.$$

Introducem coeficientul echivalent al amplificării tubului  $\mu_e = \frac{\mu}{1 + \beta \mu}$  și rezistența internă echivalentă a tubului  $R_{ie} = \frac{R_i}{1 + \beta \mu}$ . Atunci  $K_r = \frac{\mu_e Z_a}{R_{ie} + Z_a}$ .

Pentru noii parametri ai tubului, rămâne valabilă relația  $\mu_e = R_{ie}S$ . Înlocuind pe  $\mu_e$ , obținem

$$K_r = S \frac{R_{ie}Z_a}{R_{ie} + Z_a} = S Z'_e, \quad (13)$$

în care

$$Z'_e = \frac{R_{ie}Z_a}{R_{ie} + Z_a}$$

reprezintă impedanța de ieșire a etajului, ținând seamă de reacție. De aici urmează că în urma acțiunii reacției negative de tensiune, parametrii tubului  $R_i$  și  $\mu$  scad de  $1 + \beta\mu$  ori. O astfel de scădere a parametrilor pentodei denotă că proprietățile sale se apropie de ale triodei. Micșorarea rezistenței interne a tubului duce la micșorarea impedanței de ieșire a amplificatorului  $Z'_e$ , iar aceasta se reflectă în mod favorabil asupra funcționării etajului amplificator.

Determinarea matematică a mărimii impedanței de ieșire în cazul reacției negative de curent prezintă oarecare dificultăți. De aceea ne mărginim să precizăm că în cazul acesta, rezistența internă echivalentă a tubului  $R_{ie}$  crește și deci crește de asemenea și impedanța echivalentă de ieșire a etajului amplificator.

O impedanță de ieșire mare a amplificatorului nu influențează micșorarea distorsiunilor și poate duce chiar la creșterea lor. Din acest punct de vedere utilizarea reacției de tensiune este mai rațională.

### 8. Calculul amplificatorului cu reacție negativă

În problema calculului intră asigurarea unui astfel de regim de funcționare a amplificatorului, în care puterea de ieșire dată de tubul etajului final după introducerea reacției se menține aceeași ca și fără reacție.

Datele de calcul inițiale sînt următoarele:

- puterea de ieșire dată de tub  $P_{ies}$  se ia cea maximă (această mărime se dă de obicei în cataloagele de tuburi);
- valoarea admisibilă a coeficientului de distorsiuni  $\gamma_\beta$ .

Ordinea de calcul recomandată este următoarea:

1. Se alege tipul tubului după mărimea  $P_{ies}$  și se notează principalii săi parametri pentru regimul tip:  $R_i$ ,  $\mu$ , coeficientul de distorsiuni  $\gamma$ .

2. Se găsește tensiunea de excitație pe grilă fără a ține seama de reacție (dacă ea nu este dată):

$$U_g = \frac{1 + \alpha}{\mu} \sqrt{\frac{2 P_{ies} R_i}{\alpha}},$$

unde  $\alpha = \frac{R_a}{R_i}$  este coeficientul de sarcină (pentru pentode și tetrode cu fascicul  $\alpha \simeq 0,4$ ), iar mărimea rezistenței de sarcină anodică dată  $R_a$  se dă de obicei în cataloage.

3. Se calculează coeficientul de amplificare fără reacție

$$K = \frac{U_1}{U_g} = \frac{\sqrt{2 R_a P_{ies}}}{U_g},$$

unde  $R_a \simeq R_i$ .

4. Se găsește tensiunea pe înfășurarea primară a transformatorului de ieșire, corespunzătoare puterii de ieșire date:

$$U_1 = K \cdot U_g.$$

5. Se stabilește factorul de reacție  $\beta K$  din condiția obținerii coeficientului de distorsiuni dat  $\gamma_\beta$ :

$$\gamma_\beta = \frac{\gamma}{1 + \beta K}, \text{ de unde } \beta K = \frac{\gamma - \gamma_\beta}{\gamma_\beta}.$$

6. Se găsește coeficientul de reacție:

$$\beta = \frac{\beta K}{K}.$$

7. Se calculează coeficientul de amplificare al etajului în prezența reacției:

$$K_r = \frac{K}{1 + \beta K}.$$

8. Se stabilește tensiunea de intrare necesară, pentru obținerea valorii date  $P_{ies}$  în prezența reacției:

$$U_{intr} = \frac{U_1}{K_r}.$$

Valoarea obținută a tensiunii de intrare aplicată la amplificatorul de putere ne permite să rezolvăm problema amplificării și a numărului de etaje amplificatoare de tensiune.

9. Se găsește valoarea rezistenței interne echivalente a tubului, necesară pentru a stabili parametrii transformatorului de ieșire:

$$R_{ie} = \frac{R_i}{1 + \beta\mu}$$

10. Se calculează elementele circuitului de reacție. Pentru schema din fig. 4, *a*, se folosesc formulele date în § 3; pentru schema din fig. 4, *b* și cele asemănătoare ei se găsește numărul de spire al bobinei de reacție:

$$W_\beta = \beta W_1$$

Numărul de spire al înfășurării primare a transformatorului de ieșire trebuie să fie în acest caz cunoscut.

**Exemplu de calcul.** Amplificatorul trebuie să asigure puterea de ieșire  $P_{ies} = 3W$  și admite distorsiuni de neliniaritate  $\gamma_\beta = 2\%$ .

1. Să alegem tubul de ieșire 6П18П. Datele sale sînt în regimul tip (vezi anexa p. 86):

$$R_i = 23k\Omega; \quad \mu = 250; \quad \gamma = 8\%$$

$$2. U_g = \frac{1 + \alpha}{\mu} \sqrt{\frac{2 P_{ies} R_i}{\alpha}} = \frac{1 + 0,1}{250} \sqrt{\frac{2 \times 3 \times 23\,000}{0,1}} \approx 5 V.$$

$$3. K = \frac{\sqrt{2 R_a P_{ies}}}{U_g} = \frac{\sqrt{2 \times 23000 \times 3}}{5} = 24.$$

$$4. U_1 = K U_g = 5 \times 24 = 120 V.$$

$$5. \beta K = \frac{\gamma - \gamma_\beta}{\gamma_\beta} = \frac{8 - 2}{2} = 3.$$

$$6. \beta = \frac{\beta K}{K} = \frac{3}{24} = 0,125.$$

$$7. K_r = \frac{K}{1 + K} = \frac{24}{1 + 3} = 6.$$

$$8. U_{intr} = \frac{U}{K_r} = \frac{120}{6} = 20 V.$$

$$9. R_{ie} = \frac{R_i}{1 + \beta\mu} = \frac{23}{1 + 250 \times 0,125} = 710 \Omega.$$

Se poate stabili coeficientul de amplificare al sistemului cu reacție  $K_r$ , cînd se cunoaște amplificarea sa fără reacție  $K$ , cu ajutorul fig. 10, unde se dă relația între  $K_r$  și  $K$  pentru diferite valori  $\beta$ .

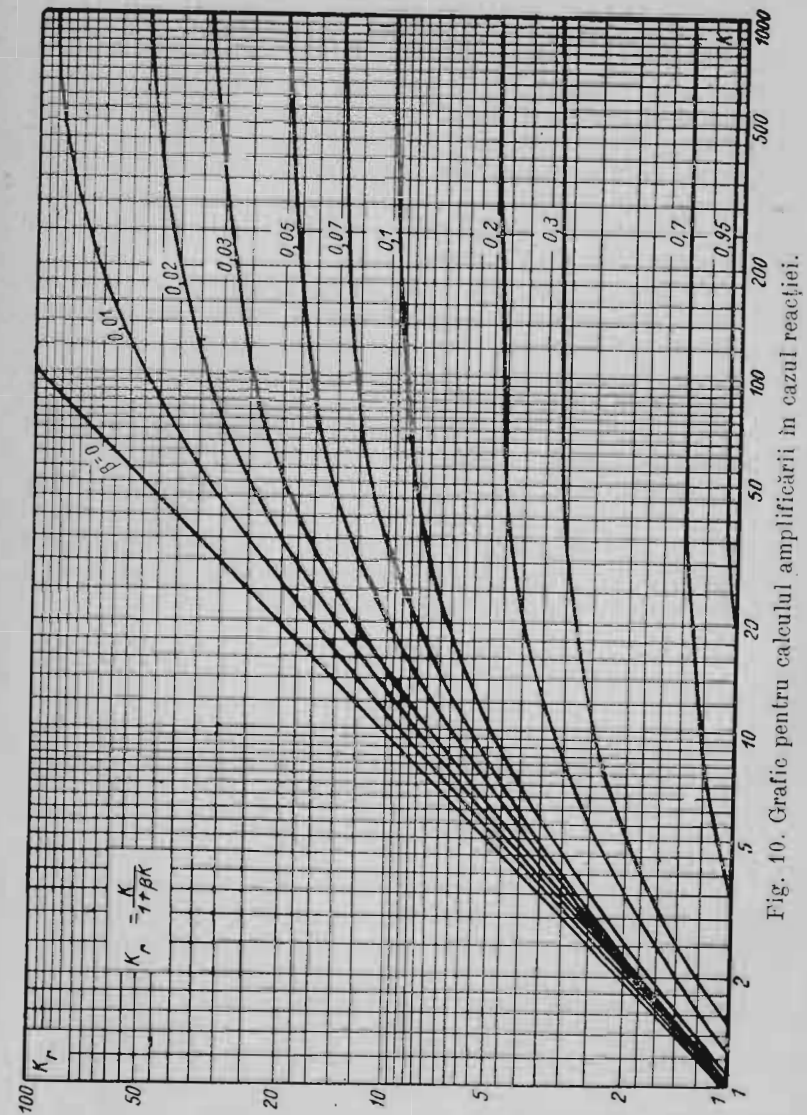


Fig. 10. Grafic pentru calculul amplificării în cazul reacției.

În încheierea capitolului să tragem unele concluzii generale asupra proprietăților reacției negative.

Reacția negativă de orice tip, pentru parametri de amplificarea fieși, duce la scăderea coeficientului de amplificare. Adesea este posibil să se mențină valoarea anterioară a coeficientului de amplificare dacă o dată cu utilizarea reacției negative se crește rezistența de sarcină anodică. În acest caz, creșterea coeficientului de amplificare datorită creșterii rezistenței de sarcină se compensează prin scăderea amplificării, condiționat de acțiunea reacției. Utilizarea reacției scade toate formele de distorsiuni.

Rezultatele cele mai bune le dă utilizarea reacției de tensiune. Aplicarea reacției de curent determină scăderea impedanței de intrare a amplificatorului, creșterea impedanței sale de ieșire, ceea ce nu este de dorit din punct de vedere al scăderii distorsiunilor.

De aceea, în amplificatoarele de joasă frecvență se folosește mai mult reacția negativă de tensiune.

Comparind schemele cu reacție de tensiune, metoda reacției serie prezintă avantajul că duce la creșterea rezistenței de intrare a amplificatorului. În schemele practice ale amplificatoarelor de joasă frecvență se utilizează reacția de tensiune serie, precum și cea paralel.

### Capitolul 3

## UTILIZAREA REACȚIEI NEGATIVE

### 9. Etaj cu sarcină catodică

Etajul cu sarcină catodică (fig. 11, a), cunoscut sub denumirea de „repetor catodic”, se utilizează în primul rînd în amplificatoarele semnalelor video ale receptoarelor de televiziune. Rezistența sa de sarcină se conectează în circuitul anodic al tubului înspre catodul său. În acest caz, sarcina apare conectată simultan atât în circuitul de ieșire cît și în circuitul de intrare, datorită cărui fapt în etaj ia naștere o puternică reacție negativă. În acest caz, anodul tubului este conectat direct la sursa de alimentare; din această cauză,

din punct de vedere al componentei alternative a curentului anodic, el este pus la masă. Tensiunea de ieșire, luată de pe sarcina catodică, este în fază cu tensiunea de intrare. Este ușor să ne convingem de aceasta, dacă cercetăm acțiunea unei semiperioade a tensiunii alternative, asupra grilei. Astfel, de exemplu, pentru semiperioada negativă a tensiunii de grilă, semiperioada tensiunii anodice devine pozitivă. În

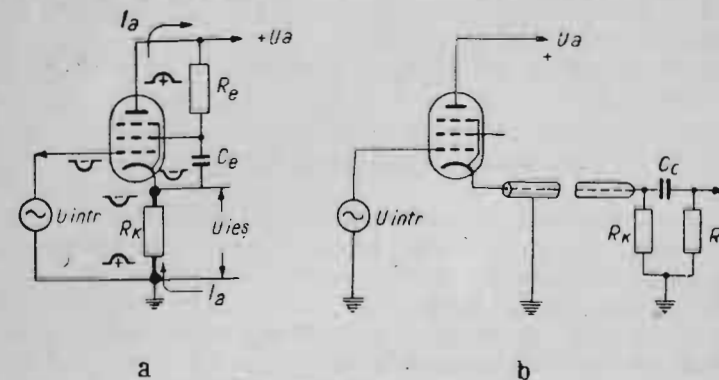


Fig. 11. Repetor catodic.

acest caz, componenta alternativă a curentului anodic al tubului, avînd sensul indicat cu săgeată, dă naștere unei tensiuni de ieșire pe sarcina catodică, a cărei polaritate este aceeași cu a tensiunii de intrare. În această schemă, tensiunea de ieșire se aplică integral la intrarea etajului și este în același timp tensiunea de reacție. Ținînd seama că în această schemă, coeficientul de amplificare al etajului cu reacție este  $K_r = \frac{K}{1 + \beta K}$ , iar coeficientul de transfer al reacției este  $\beta = U_{\beta} / U_{ies} = 1$ , obținem amplificarea etajului  $K_r < 1$ , adică repetorul catodic nu dă amplificare de tensiune.

Existența unei puternice reacții negative în repetorul catodic ( $\beta = 1$ ) înlătură aproape total toate felurile de distorsiuni și deci forma tensiunii la ieșire rămîne aceeași ca și la intrare. Astfel, în etajul cu repetor catodic, tensiunea de ieșire repetă tensiunea de intrare nu numai ca fază, dar și ca formă; prin aceasta se confirmă denumirea sa de repetor.

Repetorul catodic aparține categoriei de scheme cu reacție serie de tensiune și de aceea are o impedanță de intrare mare și o impedanță de ieșire destul de mică. Aceasta dă posibilitatea să fie utilizat ca sistem de adaptare cu bandă largă de frecvențe, spre exemplu pentru conectarea cu ajutorul cablului coaxial, la receptorul de televiziune, a unui tub catodic dispus la distanță față de acesta.

La ieșirea cablului se conectează rezistența  $R_k$ , egală cu rezistența caracteristică a cablului (fig. 11, b) și a cărei tensiune se aplică pe grila de comandă a tubului, prin circuitul  $C_c R_c$ .

### 10. Scheme inversoare de fază

Amplificatorul de putere, executat după o schemă în contratimp, are două brațe identice, fiecare din ele avînd o tensiune de excitație de valoare egală și opusă ca fază. Astfel de tensiuni pot fi obținute fie cu ajutorul transformatorului cu priză mediană în înfășurarea secundară, fie cu schema denumită inversoare de fază. Prin inversare de fază se înțelege transformarea tensiunii monofazice în două

tensiuni de valoare egală și opuse ca fază.

Funcționarea schemelor inversoare de fază este bazată pe utilizarea reacției negative. Un inversor de fază simplu constă dintr-un amplificator cu un tub a cărui sarcină este formată din două rezistențe egale  $R_a/2$  conectate una în circuitul anodic și cealaltă în circuitul de catod (fig. 12). Tensiunea se aplică etajului următor prin circuitul divizor

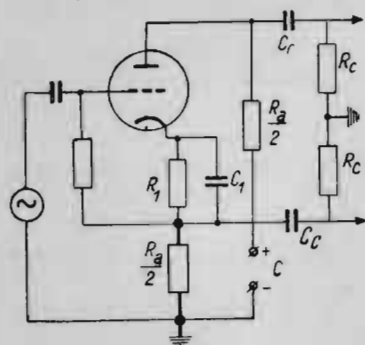


Fig. 12. Schemă inversoare de fază cu sarcina divizată.

$R_c C_c$ . Elementele  $R_1$  și  $C_1$  asigură negativarea pe grila tubului.

Tensiunea de reacție  $U_B$  se aplică la intrarea etajului de pe rezistența catodică  $R_a/2$ . Ca valoare ea este egală cu jumătate din tensiunea de ieșire.

În acest caz  $\beta = 0,5$  și deci coeficientul de amplificare al acestui inversor de fază este:

$$K_r = \frac{K}{1 + \beta K} = \frac{1}{\frac{1}{K} + \beta} = \frac{1}{\frac{1}{K} + 0,5} < 2$$

și nu depinde de valoarea lui  $K$ . Reacția de curent determină creșterea impedanței de ieșire echivalente a etajului spre brațul anodic și de aceea brațele inversorului de fază devin asimetrice. Însă, acest fenomen trebuie luat în considerație numai la frecvențe înalte.

Rezultate mai bune ca simetrie și ca amplificare se obțin în schema inversoare de fază cu două tuburi, cu cuplaj catodic (fig. 13).

Pe rezistența  $R_K$ , conectată în circuitul comun al catodilor ambelor tuburi, tensiunea de reacție este dată de diferența componentelor alternative a curenților anodici  $I_{a1}$  și  $I_{a2}$ . Valoarea reacției în această schemă este mică și de aceea schema dă o amplificare mare.

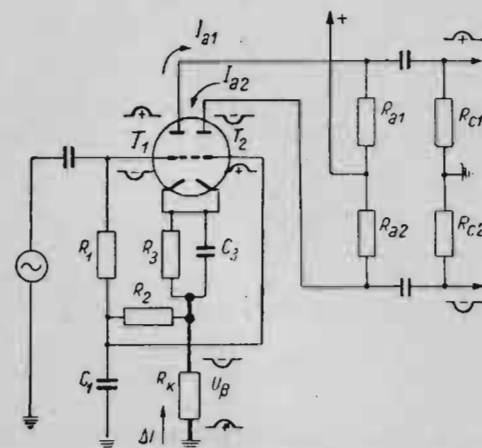


Fig. 13. Schemă inversoare de fază cu cuplaj catodic.

Pentru a asigura îndeplinirea inegalității  $I_{a1} > I_{a2}$ , este suficient să creștem puțin rezistența  $R_{a2}$  în comparație cu  $R_{a1}$ .

Corectitudinea fazelor în această schemă se verifică ușor pentru orice semiperioadă a tensiunii de intrare. Astfel, pentru semiperioada negativă a tensiunii aplicate pe grila tubului  $T_1$ , semnele semiperioadelor sînt indicate în fig. 13.

Componentele alternative ale curenților anodici  $I_{a1}$  și  $I_{a2}$ , pentru această polaritate a tensiunilor anodice alternative, trec în sens invers prin tuburi, iar curențul diferență  $\Delta I = I_{a1} - I_{a2}$  coincide cu sensul curențului  $I_{a1}$  (deoarece  $I_{a1} > I_{a2}$ ), în circuitul rezistenței catodice comune  $R_K$ .

Tensiunea de reacție  $U_\beta$ , dată de curențul diferență  $\Delta I_a$ , se aplică pe grila tubului  $T_2$  prin condensatorul de separare  $C_1$  și dă o excitație în antifază cu trioda din stînga. Ca rezultat, tensiunile la ieșirea fiecărui braț devin în antifază.

Negativarea grilei este asigurată de elementele  $R_3C_3$  și se aplică pe grila tubului  $T_1$ , prin rezistențele  $R_1$  și  $R_2$  și pe grila tubului  $T_2$  prin rezistența  $R_2$ . Coeficientul de amplificare al fiecărui braț poate fi stabilit după următoarea formulă aproximativă:

$$K_1 \approx K_2 = \frac{1}{2} \frac{\mu R_a}{R_i + R_a},$$

unde  $R_a$  reprezintă valoarea medie a sarcinilor anodice  $R_{a1}$  și  $R_{a2}$ . O bună simetrie în schemă este asigurată de alegerea corectă a mărimii rezistenței  $R_K$ ; ea poate fi găsită după formula:

$$R_K \approx \frac{R_a(R_i + R_a)}{(1 + \mu)(R_{a2} - R_{a1})}.$$

Valoarea rezistenței  $R_a$  se stabilește ca pentru o schemă obișnuită de amplificare cu rezistență

$$\Delta R_a = (0,02 \div 0,04)R_a, \quad R_{c1} = R_{c2} = (5 \div 10)R_a.$$

### 11. Reacția negativă în amplificatoarele cu ieșirea în contratimp

În amplificatoarele cu etaj de ieșire în contratimp, reacția poate avea efect asupra acestui etaj, precum și asupra etajului de preamplificare.

Să cercetăm metodele principale de luarea tensiunii de reacție de la ieșirea etajelor în contratimp. În fig. 14, tensiunea de reacție se ia de la înfășurarea secundară a transformatorului de ieșire și se aplică la intrarea etajului prefinal. Aici, circuitul de reacție este format din rezistențele  $R_1$  și  $R_2$ . Ultima este conectată în circuitul catodic al tubului  $T_1$ . Cursorul rezistenței  $R_2$  permite varierea mărimii reacției.

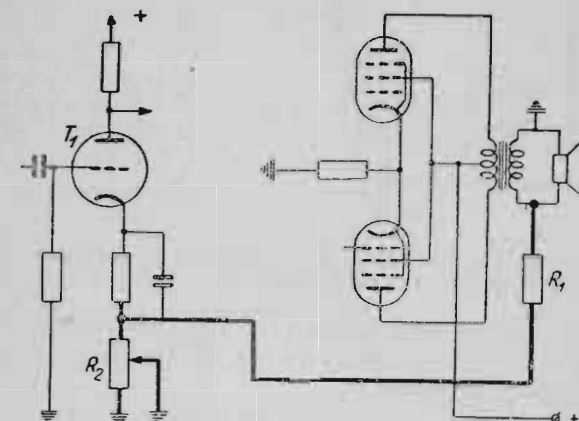


Fig. 14. Amplificatorul cu ieșirea în contratimp și reacție.

Tensiunea de reacție poate fi obținută de asemenea de pe înfășurări speciale de reacție ale transformatorului de ieșire. În schema din fig. 15, *a*, transformatorul de ieșire  $Tr_2$  are două înfășurări suplimentare identice II. Tensiunea de reacție se aplică de pe aceste înfășurări pe grilele de comandă ale tuburilor aceluiasi etaj, în serie cu tensiunea de excitație obținută pe înfășurările secundare ale transformatorului  $Tr_1$  dintre tuburi. Negativarea grilei se aplică de pe rezistența  $R$ .

În fig. 15, *b*, tensiunea de reacție de pe înfășurările suplimentare se introduce în circuitul de catod al tuburilor.

În fig. 16, transformatorul de ieșire are o înfășurare suplimentară, a cărei tensiune se aplică pe grila unuia din tuburile din etajele preamplificatoare.

Reglarea reacției, în acest caz, se realizează prin deplasarea cursorului rezistenței  $R$ , conectată în paralel cu înfășurarea de reacție.

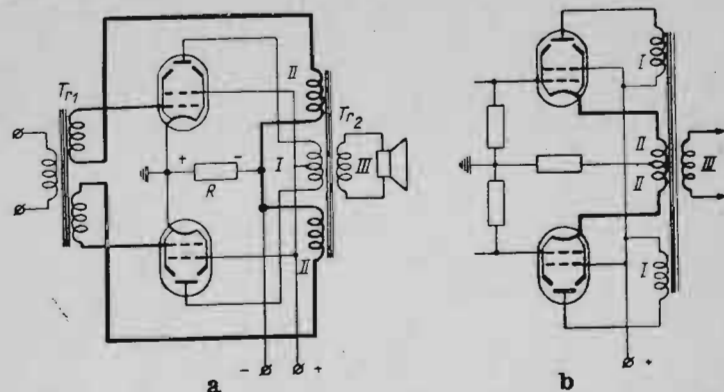


Fig. 15. Reacția în schema în contratimp cu înfășurări suplimentare ale transformatorului de ieșire.

șurarea de reacție. Mărimea reacției în aceste scheme depinde de raportul numărului de spire ale înfășurării de reacție și ale înfășurării primare.

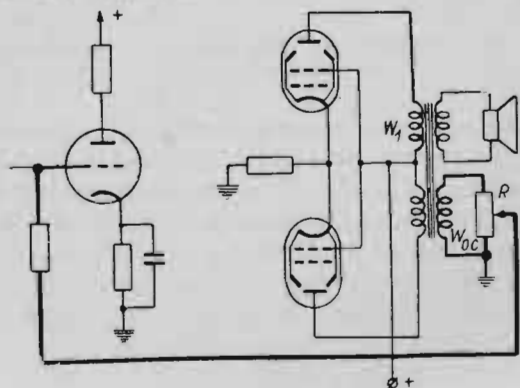


Fig. 16. Reacție în amplificatorul cu ieșirea în contratimp.

Numărul de spire în înfășurarea de reacție poate fi stabilit prin formula:

$$W_r = \beta W_1,$$

unde  $\beta$  este coeficientul de reacție, iar  $W_1$  — numărul de spire ale înfășurării primare a transformatorului de ieșire.

În etajul în contratimp cu sarcină catodică (Fig. 17), transformatorul de ieșire este conectat în circuitul catodic al tuburilor și de aceea ia naștere în amplificator o puternică reacție negativă ( $\beta = 1$ ). Acest etaj are proprietățile repetorului catodic, fiind eliminate în primul rând toate formele de distorsiuni. Între calitățile schemei se enumără posibilitatea de a utiliza ca transformator de ieșire orice transformator scoboritor de tensiune.

Astfel de transformatoare nu impun condiția unei inductanțe de scăpări mici și nici un coeficient de transformare determinat. De exemplu, se pot utiliza înfășurările primare și de filament ale transformatorului de putere. În afară de aceasta, în funcționarea difuzorului este de dorit ca rezistența echivalentă de ieșire a etajului legată de reacția negativă să fie neglijabilă.

Datorită însă unei reacții negative puternice, amplificarea de tensiune a etajului este subunitară și în consecință pentru obținerea unei tensiuni mari pe înfășurarea primară a transformatorului de ieșire este necesară o tensiune și mai mare de excitație, aplicată pe grilele tuburilor. Practic, tensiunea de excitație trebuie să fie mai mare de 100 V și de aceea în etajul prefinal trebuie să se utilizeze un amplificator de tensiune cu tub de putere.

Trebuie să ținem seama că prin amplificarea etajului de ieșire se înțelege raportul tensiunii de pe înfășurarea primară a transformatorului față de tensiunea de intrare a etajului.

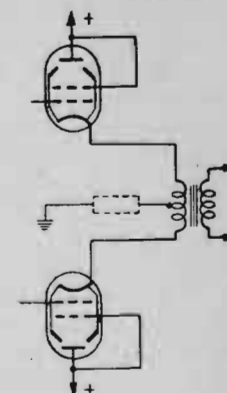


Fig. 17. Schema etajului în contratimp cu sarcină catodică.

## 12. Reglajul de ton

Utilizarea reglajului de ton la amplificatoarele de joasă frecvență dă posibilitatea ascultătorului să varieze după dorință, în oarecare limite, caracteristica de frecvență a amplificatorului și în același timp dă sunetului tonalitatea necesară.

În receptoarele simple sau în amplificatoare, regulatoarele de ton pot doar să micșoreze amplificarea în domeniul inferior sau superior al spectrului; astfel de exemplu la reproducerea discurilor de picup, scăderea amplificării la frecvențele acustice superioare înlătură zgomotele și dă sunetului un ton mai jos. În receptoarele de clasă superioară și în amplificatoarele de înaltă calitate, regulatoarele de ton realizează scăderea, precum și creșterea amplificării în aceste domenii de frecvențe.

Reglajul de ton se poate realiza prin trei metode: cu ajutorul reacției negative, fără reacție și prin combinarea acestor două metode. Reglajul de ton cu ajutorul reacției negative se folosește mult în amplificatoarele de joasă frecvență și urmează să fie expuse în cele ce urmează.

Pentru reglajul de ton se poate aplica așa-numita reacție negativă variabilă cu frecvența, adică reacția a cărei mărime variază cu frecvența.

Într-o oarecare măsură, aproape orice reacție negativă variază cu frecvența, însă valoarea acestei variații poate fi mai mare sau mai mică și este dată de specificul circuitului de reacție. Astfel, de exemplu, în majoritatea schemelor studiate mai înainte, se neglijează variația reacției, deoarece aceasta este dată în primul rând de raportul rezistențelor.

Circuitul de reacție variabilă funcție de frecvență este construit dintr-o serie de rezistențe și reactanțe legate în serie sau paralel. În acest caz, impedanța circuitului variază cu frecvența, iar o dată cu ea variază mărimea reacției.

În fig. 18 este dată schema reacției de tensiune folosită pentru reglajul de ton în domeniul frecvențelor joase ale gamei. Tensiunea de reacție este luată de pe înfășurarea secundară a transformatorului și este aplicată prin circuitul de reacție, care este în serie cu circuitul catodic al tubului unuia din etajele preamplificatoare. Circuitul de reacție este un divizor de tensiune format din conectarea în serie a rezistențelor  $R_1$ ,  $R_3$  și a bobinei de șoc  $L$ , șuntată prin rezistența  $R_2$ . Rezistența variabilă  $R_1$  este conectată în serie cu circuitul catodic; pe el se formează tensiunea de reacție  $U_\beta$  care se aplică pe grila tubului. Impedanța pentru frecvențele superioare ale gamei este  $\omega_s L \gg R_1$  și de aceea tensiunea  $U_\beta$  la aceste frecvențe este mică, iar reacție în fond nu există. În domeniul frecvențelor inferioare, impe-

danța  $\omega_s L$  și rezistența  $R_1$  devin mărimi comparabile și deci tensiunea  $U_\beta$  de pe rezistența  $R_1$  depinde de raportul mărimilor acestor rezistențe. Pentru rezistența  $R_1$  introdusă în întregime, adîncimea reacției devine maximă, ceea ce corespunde scăderii maxime a amplificării în domeniul frecvențelor inferioare. La valoarea minimă a rezistenței, circuitul de reacție este scurtcircuitat și reacția dispăre.

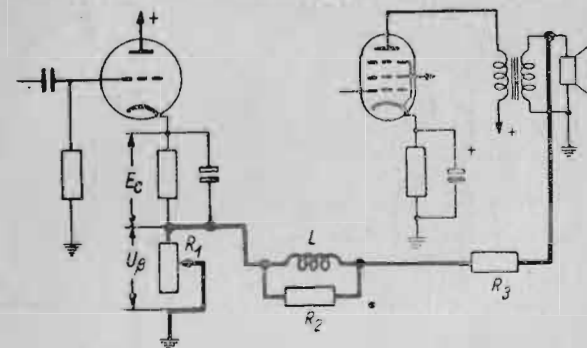


Fig. 18. Schema reglajului de ton la frecvențele joase.

Se recomandă ca toate mărimile din circuitul de reacție să fie alese experimental; orientativ se dau următoarele valori ale elementelor circuitului:  $R_1 \approx 100 \Omega$ ,  $R_2 = 200 - 600 \Omega$ ,  $R_3 = 100 - 300 \Omega$ ,  $L = 10 - 20 \text{ mH}$ .

Pentru reglajul de ton în domeniul frecvențelor superioare se pot folosi diverse scheme de reacție serie de tensiune.

În fig. 19, a, circuitul de reacție este format din rezistența fixă  $R_2$ , bobina de șoc  $L$  și rezistența reglabilă  $R_1$ . Pentru frecvențele inferioare ale spectrului, rezistența bobinei de șoc este  $\omega_s L \ll R_2$  și de aceea reacția în acest domeniu al gamei lipsește. În domeniul frecvențelor superioare  $\omega_s L$ , și  $R_2$  sînt de același ordin de mărime și pe bobina de șoc ia naștere o tensiune de reacție, a cărei mărime variază în funcție de poziția cursorului rezistenței  $R_1$ . Pentru rezistența  $R_1$  scoasă, bobina de șoc este scurtcircuitată și reacția lipsește. Pentru rezistența introdusă în întregime, reacția devine maximă.

La alegerea experimentală a elementelor schemei, ca date inițiale, se pot folosi următoarele valori:  $R_1 = 100 \Omega$ ;  $R_2 = 100 - 200 \Omega$ ;  $L = 10 - 20 \text{ mH}$ .

În schemă din fig. 19, *b*, circuitul de reacție  $CR_1R_2$  este conectat în paralel cu tubul de ieșire. Reglajul de ton se realizează prin variația rezistenței  $R_2$  care este conectată în circuitul catodic al primului tub.

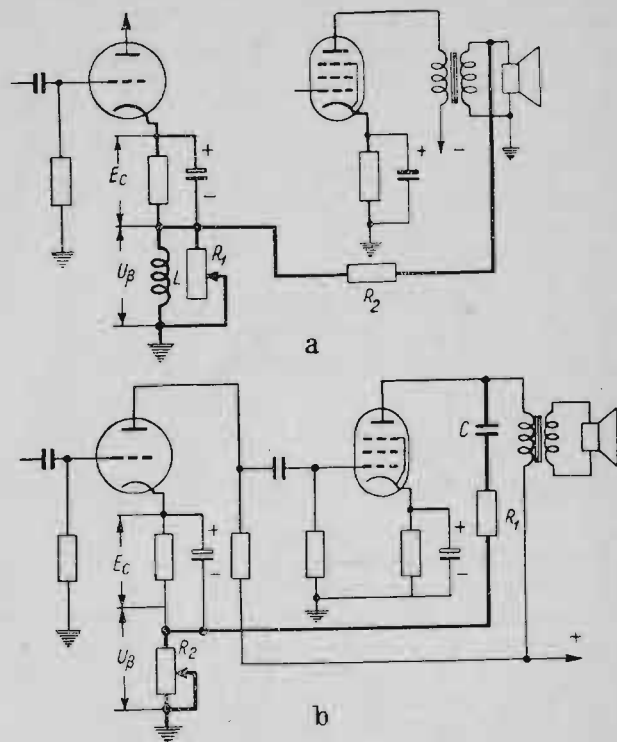


Fig. 19. Schema reglajului de ton în domeniul frecvențelor superioare.

În domeniul frecvențelor inferioare, rezistența  $\frac{1}{\omega_j C} + R_1 \gg R_2$  și de aceea reacția lipsește. La frecvențele superioare  $\frac{1}{\omega_s C}$  este neglijabilă și pe rezistența  $R_2$  ia naștere tensiunea de reacție  $U_\beta$ .

La alegerea elementelor schemei este necesar să se aibă în vedere că nu este nevoie ca mărimea reacției să crească prin mărirea rezistenței  $R_2$ , deoarece pentru valori mari ale rezistenței  $R_2$  poate lua naștere reacția de curent condiționată de curentul primului tub. Se dau următoarele exemple de valori:  $R_2 = 300 \dots 500 \Omega$ ,  $C \approx 10\,000 \text{ pF}$ ,  $R_1$  în limitele zecilor de  $k \Omega$ .

În fig. 20 este dată schema etajului final cu reacție paralel de tensiune care permite să se realizeze reglajul de ton în domeniul frecvențelor superioare. Tensiunea de reacție se ia de pe anodul tubului și se aplică pe grila sa de comandă, printr-un condensator de valoare mică (de ordinul a  $100 \text{ pF}$ ).

În această schemă, reacția ia naștere mai ales în domeniul frecvențelor superioare, deoarece la aceste frecvențe reactanța condensatorului din circuitul de reacție este mică.

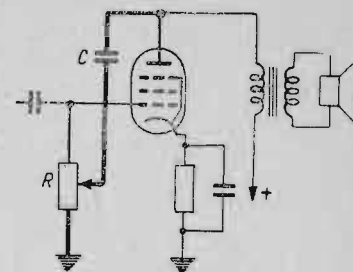


Fig. 20. Reglajul de ton în domeniul frecvențelor superioare cu ajutorul reacției paralel de tensiune.

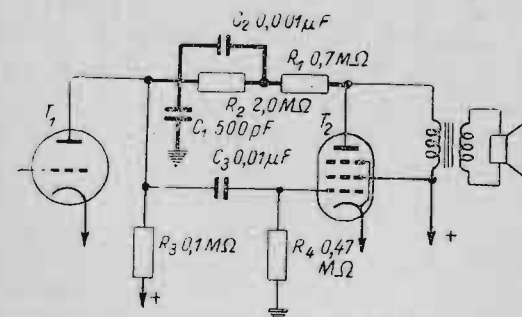


Fig. 21. Schema care asigură creșterea amplificării frecvențelor superioare și inferioare.

Reglajul de ton se realizează prin rezistența variabilă din circuitul de grilă cu o valoare de  $0,3-0,5 \text{ M}\Omega$ .

Schema din fig. 21 permite realizarea creșterii amplificării în domeniul frecvențelor inferioare și superioare ale

spectrului. Principiul său de funcționare se bazează pe micșorarea sensibilă a amplificării în domeniul frecvențelor medii, având drept consecință accentuarea frecvențelor superioare și inferioare. În schemă se folosește reacția negativă nereglabilă, variabilă cu frecvența, care se încadrează în categoria reacției paralel de tensiune. Circuitul de reacție este format din rezistențele  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  și condensatoarele  $C_1$ ,  $C_2$ . Rezistențele  $R_3$  și  $R_4$ , în același timp, sînt rezistențe de sarcină ale tubului etajului prefinal. Rezistența circuitului de reacție depinde de frecvență și de aceea mărimea reacției variază în gama de frecvențe.

În domeniul frecvențelor inferioare, reacțiile condensatoarelor  $C_1$  și  $C_2$  sînt destul de mari și în consecință influența lor asupra reacției este mică. În domeniul frecvențelor medii apare pronunțată mai ales acțiunea condensatorului  $C_2$ , deoarece el este conectat în paralel cu o rezistență mare. În acest caz, reacția crește, iar amplificarea scade. La frecvențele superioare, în afară de acțiunea capacității  $C_2$ , apare de asemenea influența șuntării prin condensatorul  $C_1$ , care aduce după sine micșorarea amplificării, în acest domeniu de frecvențe.

Schema dată în fig. 20 se folosește în unele receptoare ale firmei franceze ARCO. Mărimea reacției la frecvențele medii este:  $\beta \approx 10\%$ . Valorile indicate în schemă pot fi considerate ca date inițiale pentru realizarea practică a acestei reacții.

În fig. 22 este reprezentat un amplificator cu două etaje cu reacție de tensiune serie reglabilă, depinzînd de frecvență, care permite realizarea creșterii amplificării în domeniul frecvențelor inferioare și superioare. Circuitul de reacție este format din elementele  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $C_3$ ,  $R_4$  și  $R_K$ . Cu rezistența variabilă  $R_1$  se reglează amplificarea frecvențelor inferioare, iar cu rezistența  $R_4$  a celor superioare.

Rezistența  $R_1$  este conectată în paralel cu condensatorul  $C_2$ , a cărui reacțanță este mare la frecvențele joase; de aceea variînd valoarea rezistenței  $R_1$  se poate varia rezistența grupului  $R_1 C_2$  și în același timp și reacția la frecvențele joase. Pentru valoarea minimă a rezistenței  $R_1$ , reacția la frecvențele joase este mai mare, iar amplificarea minimă.

La creșterea rezistenței  $R_1$ , reacția scade, coeficientul de amplificare la frecvențele joase crește, iar banda de trecere se lărgeste.

Condensatorul  $C_3$ , împreună cu rezistența  $R_4$ , la frecvențele superioare, șuntează porțiunea circuitului de reacție formată din rezistențele  $R_3$  și  $R_K$ .

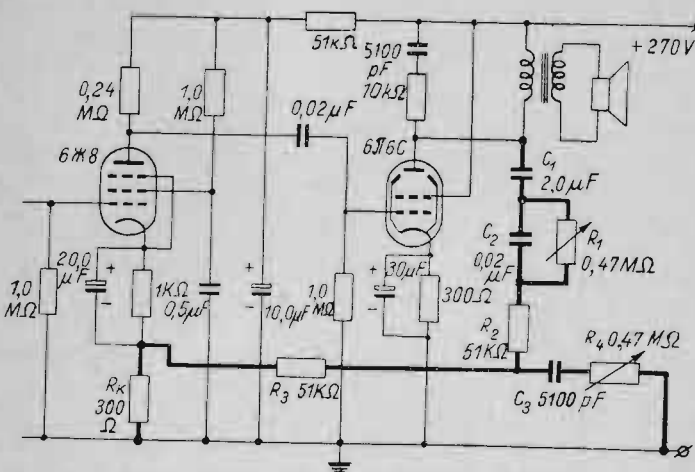


Fig. 22. Schema amplificatorului cu reacție variabilă cu frecvența.

În funcție de valoarea rezistenței  $R_4$ , acțiunea sa de șuntare crește sau scade și deci variază tensiunea de reacție de pe rezistența  $R_K$ . Pentru valoarea maximă a rezistenței  $R_4$ , reacția devine maximă și se obține o scădere sensibilă a amplificării în domeniul frecvențelor superioare. Pentru rezistența  $R_4$  scosă, rezistența  $R_K$  se șuntează prin condensatorul  $C_3$ , reacția nu acționează și amplificarea devine maximă.

Încă o schemă cu reglaj de ton separat pentru frecvențe superioare și inferioare este dată în fig. 23. Tensiunea de reacție se ia de pe anodul tubului etajului final și se aplică printr-un circuit de reacție complex, pe grila sa. În circuitul de reacție sînt conectate rezistențele variabile  $R_3$  și  $R_4$  prin care se realizează reglajul de ton. Elementele schemei — rezistența  $R_2$  și condensatorul  $C_2$  sînt alese

astfel încât să asigure o oarecare scădere a amplificării la frecvențele medii și superioare în comparație cu frecvențele inferioare. Prin rezistența  $R_3$  se realizează reglajul amplificării în domeniul frecvențelor inferioare; ea este conectată în paralel cu condensatorul  $C_3$  și îl șuntează. Pentru valoarea minimă a rezistenței  $R_3$ , efectul de șuntare al

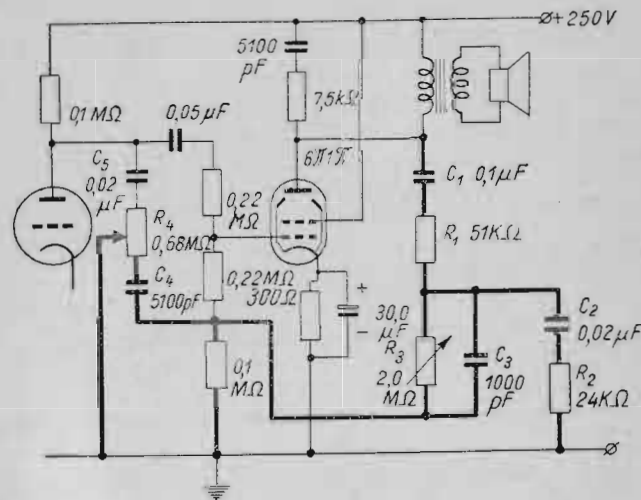


Fig. 23. Schemă de reglaj separat pentru frecvențele superioare și inferioare.

condensatorului  $C_3$  este maxim, reacția crește, iar amplificarea la frecvențele inferioare scade. Pentru valoarea maximă a rezistenței  $R_3$  se obține creșterea amplificării.

Reglajul de ton în domeniul frecvențelor superioare se realizează prin rezistența  $R_4$  care împreună cu condensatorul  $C_4$  blochează o parte din circuitul de reacție în domeniul frecvențelor superioare. Pentru poziția inferioară a cursorului, reacția este mică și amplificarea la frecvențele superioare crește; în poziția sa superioară, amplificarea scade ca urmare a șuntării sarcinii anodice a tubului etajului precedent prin condensatorul  $C_5$ .

## Capitolul 4

### REAȚIA POZITIVĂ

### 13. Recepția cu reacție

Reacția pozitivă, atunci cînd este artificială și nu parazită, poate fi constantă și reglabilă.

Să stabilim proprietățile esențiale ale etajului cu reacție cu ajutorul schemei date în fig. 24, *a*.

Circuitul de grilă al etajului are o tensiune de excitație  $E$  și este adus la rezonanță cu oscilațiile aplicate. Curentul în circuit  $I_g$  dă o cădere de tensiune pe condensatorul  $C$ ,  $U_g = I_g \frac{1}{\omega C}$ , care se aplică pe grila tubului. Tensiunea de grilă, dirijind fluxul de electroni, dă în circuitul anodic o componentă alternativă a curentului anodic:

$$I_a \approx SU_g = SI_g \frac{1}{\omega C}.$$

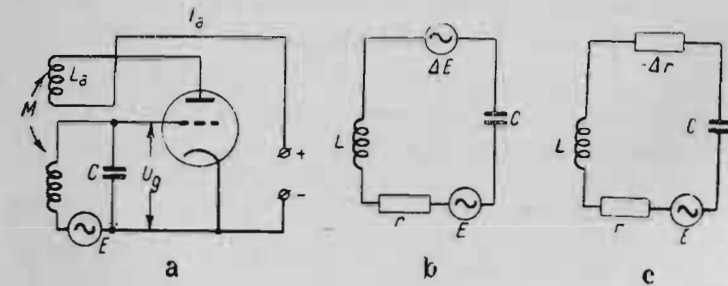


Fig. 24. Schema principală a etajului cu reacție și schemele sale echivalente.

În circuitul tubului este conectată bobina de reacție  $L_a$  cuplată prin fluxul magnetic cu bobina circuitului  $L$ . Componenta alternativă a curentului anodic care trece prin bobina  $L_a$  creează în jurul ei un câmp magnetic alternativ, datorită căruia în bobina circuitului  $L$  se induce o f.e.m. Această f.e.m., la o conectare corespunzătoare a bobinei de reacție, coincide ca fază cu f.e.m. principală  $E$  și poate

fi denumită f.e.m. de reacție. Acțiunea reacției asupra circuitului este reprezentată prin schemele echivalente.

În fig. 24, b, f.e.m. de reacție indicată printr-un generator suplimentar este  $\Delta E$ , iar rezistența  $r$  caracterizează pierderile proprii ale circuitului. F.e.m. de reacție este:

$$\Delta E = I_a \omega M,$$

unde  $\omega M$  este impedanța de reacție, iar  $M$  este coeficientul de inducție mutuală. Înlocuind pe  $I_a$  cu expresia arătată mai înainte, obținem:

$$E = I_g S \frac{1}{\omega C} \omega M, \text{ sau } \Delta E = I_g \frac{MS}{C}.$$

Ultima expresie, prin structura sa, poate fi chiar produsul între curent și rezistență, adică  $\Delta E = I_g \Delta r$  și de aceea fracția  $\frac{MS}{C}$  nu este altceva decât rezistența

$$\Delta r = \frac{MS}{C}.$$

Dimensional, această fracție corespunde unei rezistențe, deoarece  $\frac{H}{F} = \Omega^2$ .

Se poate face o apreciere calitativă a influenței reacției pozitive asupra funcționării etajului prin stabilirea curentului din circuit. La rezonanță

$$I_g = \frac{E + \Delta E}{r}.$$

Înlocuind pe  $\Delta E$  prin valoarea sa, obținem

$$I_g = \frac{E + I_g \Delta r}{r}.$$

Rezolvind această ecuație în raport cu  $I_g$ , obținem

$$I_g = \frac{E}{r - \Delta r}.$$

Pe baza ultimei formule, generatorul cu reacție poate fi reprezentat printr-o nouă schemă echivalentă (fig. 24, c). Aici, în locul tensiunii de reacție  $\Delta E$  este introdusă în circuit o rezistență negativă suplimentară  $-\Delta r$ .

Rezistența negativă are următorul sens fizic: dacă rezistența pozitivă caracterizează pierderile de energie electrică, sub formă de căldură, rezistența negativă dimpotrivă determină sursa de energie electrică. În cazul concret ce se studiază, apariția unei surse de energie suplimentară se explică prin aceea că aceasta din urmă se introduce prin reacție, din circuitul anodic al tubului pe circuitul de grilă. Drept consecință apare micșorarea pierderilor totale de energie în circuit și prin urmare creșterea amplitudinilor oscilațiilor din el.

Rezistența echivalentă a circuitului sub acțiunea reacției este

$$r_e = r - \Delta r = r - \frac{MS}{C}.$$

O dată cu creșterea reacției, rezistența  $r_e$  scade și deci factorul de calitate al circuitului echivalent crește. Factorul de calitate al circuitului, după cum se știe, este mărimea care indică de câte ori crește tensiunea de ieșire a circuitului în comparație cu tensiunea aplicată la intrarea sa.

De aceea, creșterea factorului de calitate al circuitului echivalent, sub acțiunea reacției pozitive, crește coeficientul de amplificarea al generatorului, ceea ce este echivalent cu creșterea sensibilității sale.

Acțiunea reacției pozitive influențează de asemenea selectivitatea oscilatorului. O reprezentare sugestivă a proprietăților selective ale circuitelor este dată de curbele de rezonanță (fig. 25).

Curba mai ascuțită caracterizează proprietățile de rezonanță ale circuitului în prezența reacției; factorul său de calitate echivalent  $Q_1$  este mai mare decât factorul de calitate  $Q_2$  al circuitului fără reacție. Ca măsură a selectivității se folosesc ordonatele din grafic, care indică gradul de atenuare a semnalului stației vecine, ca frecvență, pentru un dezacord dat  $\Delta f_1$ . Astfel, ordonata  $Y_1$  arată că sub acțiunea reacției, semnalul stației vecine este atenuat mai mult decât în lipsa ei ( $Y_2$ ).

În grafic se vede de asemenea că ascuțirea curbei de rezonanță, datorită reacției pozitive, determină îngustarea benzii de trecere.

Din formula care caracterizează rezistența echivalentă  $r_e$  a circuitului se deduce că prin variația lui  $\Delta r = \frac{MS}{C}$  se poate influența factorul de calitate  $Q_1$  al circuitului echivalent și în același timp se poate varia sensibilitatea și selectivitatea sistemului. Efectul maxim datorit acțiunii reacției pozitive se obține atunci cînd rezistența  $\Delta r$  se apropie ca valoare absolută de  $r$ , iar  $r_e$ , rămînînd pozitivă, tinde spre zero.

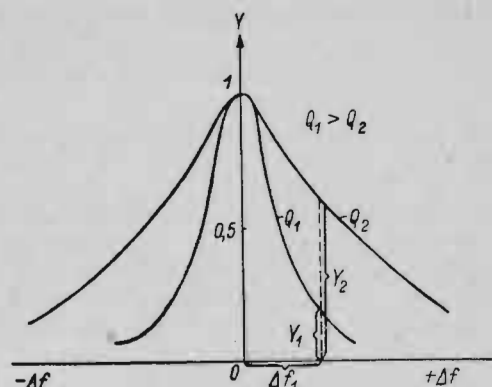


Fig. 25. Curbe de rezonanță ale circuitului oscilant cu reacție și fără reacție.

Această stare a generatorului se numește limită.

La creșterea ulterioară a lui  $\Delta r$ , rezistența  $r_e$  devine egală cu zero sau negativă. Existența rezistenței negative în circuit constituie condiția apariției oscilațiilor neamortizate, sau exprimîndu-ne altfel, a transformării sistemului amplificator, în generator. Funcționarea generatorului în situația limită este nestabilă; o variație mică a pantei caracteristicii tubului poate determina oscilațiile generatorului, în care caz nu se mai face recepția normală a semnalelor. Un alt neajuns al generatorului cu reacție este variația acordului său în funcție de mărimea reacției. Acest fenomen se constată prin aceea că în circuitul de grilă, alături de rezistența  $-\Delta r$ , se introduce de asemenea reactanța  $\Delta X$  care determină dezacordul etajului. Trebuie să ținem seamă de caracteristica specifică a recepției cu reacție. De obicei,

stațiile radiotelefonice se recepționează, cu o reacție mare, în regim de oscilații. Se variază frecvența proprie de oscilație pînă cînd valoarea sa va fi apropiată de frecvența semnalului recepționat. Acesta se poate constata după formarea fluierăturilor specifice în difuzor sau telefon, care dispar pentru o mică variație a capacității condensatorului variabil al circuitului. Apariția fluierăturilor se explică prin aceea că pe detector acționează simultan două semnale de înaltă frecvență: semnalul stației recepționate și oscilațiile proprii ale generatorului. Dacă frecvența de oscilație este apropiată de frecvența semnalului recepționat, la ieșirea detectorului iau naștere bătăi de audiofrecvență.

După înălțimea tonului bătăilor se poate constata precizia de acord: cu cît tonul este mai jos cu atît este mai mică diferența de frecvență între două semnale și deci acordul receptorului este cu atît mai precis. După acest acord, se micșorează treptat reacția pînă la întreruperea oscilațiilor, în care caz dispăre fluieratul, iar în telefon se aud semnale distorsionate ale stației recepționate. Nu trebuie să uităm că în cazul acestei metode de acord, antena receptorului radiază, iar oscilatorul devine o sursă de paraziți. În scopul micșorării radiației se introduce cel puțin un etaj amplificator de înaltă frecvență, înaintea etajului oscilator cu reacție.

#### 14. Schemele etajelor oscilatoare cu reacție

Schemele etajelor oscilatoare cu reacție se deosebesc după metoda obținerii reacției pozitive și după metoda de reglare a acesteia. În afară de aceasta, în schemele practice, reacția pozitivă este legată de obicei de detecția pe grilă și de aceea schemele de acest gen se numesc adesea de detecție pe grilă cu reacție. O schemă clasică de generator cu reacție este cea cu reacție inductivă (fig. 26). Circuitul  $R_1C_1$  asigură negativarea automată pe grila tubului, necesară pentru funcționarea sa ca detector de grilă. Tensiunea de joasă frecvență se aplică de pe sarcina  $R_2$  la intrarea etajului următor, prin condensatorul de decuplare  $C_a$ . În circuitul anodic, alături de componenta de joasă frecvență a curentului, există și componenta de înaltă frecvență. Pentru ca tensiunea obținută pe sarcina  $R_2$  să varieze numai în ritmul joasei frecvențe,

ca se şuntează cu condensatorul  $C_2$ , a cărui reactanță devine neglijabilă pentru curentul de înaltă frecvență în comparație cu rezistența  $R_2$ . Reglajul reacției se face prin variația coeficientului de inducție mutuală  $M$ , prin deplasarea relativă a bobinelor  $L_a$  și  $L$ . Acțiunea reacției pozitive, după cum s-a mai spus, provoacă variația rezistenței echiva-

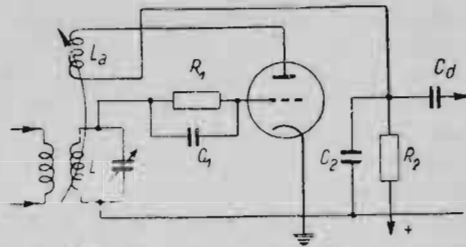


Fig. 26. Schema generatorului cu reacție inductivă.

lente a circuitului  $r_c$ . Mărimea sa depinde nu numai de coeficientul de inducție mutuală  $M$ , dar și de panta caracteristicii tubului,  $S$ . Aceasta dă posibilitatea reglării reacției prin variația pantei caracteristicii  $S$  și nu prin variația inducției mutuale. În fig. 27 este indicată o schemă asemănătoare de

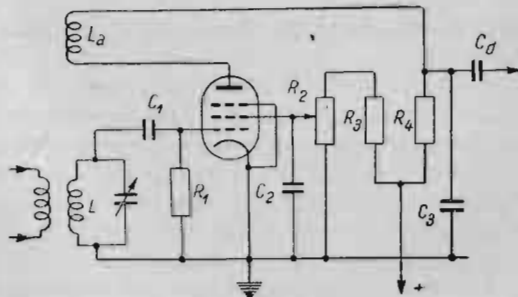


Fig. 27. Reglarea reacției prin variația pantei caracteristicii tubului.

deteție pe grilă cu reacție, în care se folosește o pentodă de înaltă frecvență; aici, ca și în schema precedentă, se realizează reacția pozitivă inductivă între bobinele  $L$  și  $L_a$ .

Așezarea relativă a bobinelor în această schemă se menține constantă, iar reglarea reacției se realizează prin variația pantei  $S$  a tubului, datorită variației tensiunii pe grila ecran a pentodei, realizată cu ajutorul rezistenței variabile  $R_2$ .

Reacția pozitivă se utilizează de asemenea în receptoarele superheterodină cu tuburi puține, pentru a crește sensibilitatea și a îmbunătăți selectivitatea.

Schema celui de al doilea detector al superheterodinei cu reacție este dată în fig. 28; aici bobina de reacție  $L_R$  este conectată în circuitul anodic înspre catodul tubului, iar reglarea reacției se realizează prin variația tensiunii pe grila ecran, cu ajutorul potențiometruului  $R_2$ .

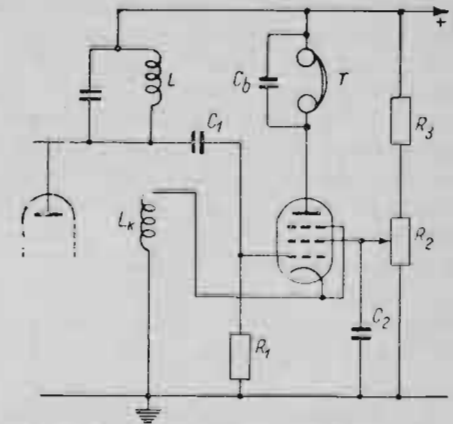


Fig. 28. Schema etajului cu reacție a receptorului P.14.

În fig. 29 este dată schema etajului de amplificare de frecvență intermediară cu reacție pozitivă. Bobina de reacție  $L_0$ , conectată în circuitul catodic prin condensatorul de decuplare  $C$ , este șuntată de rezistența variabilă  $R$ , care permite variația mărimei reacției.

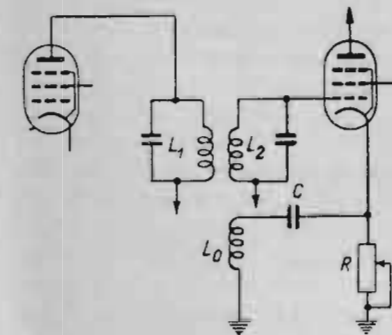


Fig. 29. Schema amplificatorului de frecvență intermediară cu reacție pozitivă.

este șuntată de rezistența variabilă  $R$ , care permite variația mărimei reacției. Pentru frecvența intermediară de 465 kHz și la utilizarea tubului 6K11I, bobina de reacție are 15–20 spire cu conductor ППД 0,15,  $R = 25 \Omega$  și  $C = 0,1 \mu F$ . Pentru tuburile cu o pantă mare, numărul de spire trebuie micșorat, iar rezistența se alege experimental.

Să ținem seamă că utilizarea reacției pozitive în receptoarele superheterodină, care au reglaj automat de amplificarea, aduce după sine reglajul automat al benzii sale de trecere. Acțiunea RAS, după cum se știe, este bazată pe variația automată a negativării de grilă a tuburilor reglate, în funcție de intensitatea semnalului primit.

În acest caz, variază panta caracteristicii tubului și deci și valoarea componentei alternative a curentului anodic. La un semnal puternic, panta  $S$  scade, ceea ce determină micșorarea curentului anodic și o dată cu aceasta mărirea reacției. În acest caz, banda de trecere se lărgeste, ceea ce favorizează îmbunătățirea calității reproducerii programelor. Pentru un semnal slab, banda se îngustează, ceea ce ușurează îndepărtarea semnalelor parazite. Se realizează în felul acesta, concomitent în controlul automat al amplificării, un reglaj automat al selectivității.

Pentru a crește selectivitatea receptorului pe canalul imagine, reacția pozitivă poate fi folosită în amplificatorul de înaltă frecvență.

### 15. Schemele etajelor cu utilizarea simultană a reacției pozitive și negative

Neajunsurile principale ale etajului oscilator cu reacție pot fi înlăturate în mare măsură prin introducerea în schemă a reacției negative. O schemă de acest gen este dată în fig. 30. Pentru a crea o reacție pozitivă și negativă, în circuitul catodic al tubului se conectează bobina  $L_0$  și rezistența  $R_K$ . Reacția negativă se realizează cu ajutorul rezistenței  $R_K$  și se referă la categoria reacției de curent. Reacția pozitivă se realizează prin inducția mutuală între bobina circuitului  $L_K$  și bobina de reacție  $L_0$ . Tensiunea de reacție negativă se formează pe rezistența  $R_K$  și se aplică pe grila de comandă a tubului prin bobina  $L_0$  și condensatorul  $C_1$ ; reactanțele acestor elemente fiind mici în comparație cu  $R_h$  se poate neglija influența lor asupra adâncimii reacției negative și ne dă posibilitatea să o considerăm constantă.

În ceea ce privește reacția pozitivă, aceasta din urmă variază cu frecvența. Pentru o valoare constantă a coeficientului de inducție mutuală  $M$ , reacția pozitivă are o influență maximă asupra frecvenței de rezonanță, deoarece rezistența

de grilă a circuitului  $Z$  devine în acest caz maximă, tensiunea de grilă și o dată cu aceasta componenta alternativă a curentului anodic  $I_a$ , devin de asemenea maxime și deci tensiunea de reacție introdusă în circuit  $E_r = I_a \omega M$  capătă valoarea maximă. La frecvențele diferite de cea de rezonanță, rezistența circuitului și tensiunea sa scad, curentul anodic devine mai mic și tensiunea de reacție aplicată scade.

Astfel, o dată cu îndepărtarea de frecvența de rezonanță, influența reacției pozitive scade.

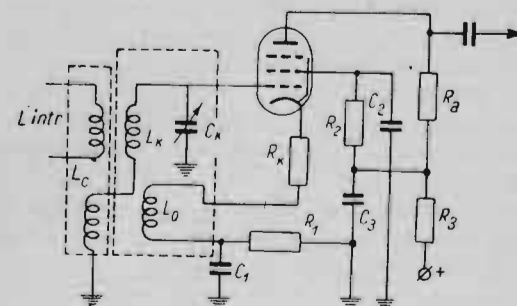


Fig. 30. Schema generatorului cu reacție negativă suplimentară.

Mărirea fiecărei reacții este astfel aleasă, încît acțiunea acestora asupra frecvenței de rezonanță să fie compensată în întregime. Atunci, la frecvențele diferite de cea de rezonanță, reacția rezultată capătă semnul minus, iar gradul ei de influență crește pe măsură ce ne depărtăm de frecvența de rezonanță.

În calculul final al acestei reacții negative se ajunge la o ascuțire bruscă a curbei de rezonanță, ceea ce este echivalent cu o creștere sensibilă a factorului de calitate  $Q$  al circuitului. După cum se dă în literatură, factorul de calitate  $Q$  al unei astfel de scheme poate ajunge pînă la 1 000.

Rezistența  $R_a$ , în schema din fig. 30, apare drept sarcină anodică a etajului,  $R_1 C_1$  asigură negativarea necesară pe grila de comandă a tubului,  $R_2 C_2$  și  $R_3 C_3$  sînt filtre de decuplare în circuitele corespunzătoare. Cuplajul între circuitul  $L_K C_K L_c$  și etajul precedent (sau cu antenna) se realizează cu ajutorul bobinei de cuplaj  $L_c$  din circuitul grilei; această bobină, împreună cu bobina  $L_{intr}$ , se află situate într-un ecran

separat. O schemă asemănătoare se poate folosi pentru amplificarea frecvenței înalte, precum și a celei intermediare.

Punerea la punct a acestui etaj se face în ordinea următoare: se determină tensiunea la ieșirea receptorului cu reacția necesară, apoi se introduce reacția pozitivă; acțiunea sa se determină prin creșterea tensiunii de ieșire. Mărimea reacției este bine să ajungă la starea limită, prin deplasarea bobinei  $L_0$ . Apoi se introduce reacția negativă. Prin schimbarea rezistenței  $R_K$ , care trebuie să fie variabilă la acord, se obține o compensare totală a acțiunii reacției pozitive asupra frecvenței de rezonanță. Aceasta se poate constata după indicațiile aparatului de măsurat, care trebuie să fie aceleași ca și în cazul reacției scoase.

În categoria schemelor cu două feluri de reacție intră de asemenea detectorul catodic (fig. 31, a). În această schemă există simultan reacție negativă în joasa frecvență și reacție pozitivă în înaltă frecvență. Existența reacției negative este condiționată de conectarea sarcinii în circuitul catodic al tubului. Condensatorul  $C_1$ , conectat în paralel pe sarcină, nu influențează acțiunea reacției negative la frecvența joasă, deoarece capacitatea sa este mică. Condensatorul  $C_2$  pune la masă anodul din punct de vedere al înaltei frecvențe.

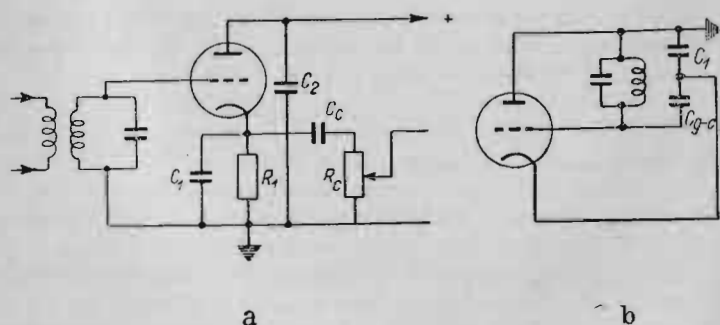


Fig. 31. Detector catodic.

Existența reacției pozitive în înalta frecvență se poate constata după schema echivalentă (fig. 31, b). Circuitul oscilant este conectat între grilă și anod, care are înalta frecvență pusă la masă. În paralel cu circuitul oscilant se conectează

condensatorul  $C_1$  și capacitatea spațiului grilă-catod  $C_{gc}$ , care formează un divizor de tensiune capacitiv. Tensiunea de reacție se ia de pe capacitatea  $C_{gc}$  și se aplică în circuitul de grilă al tubului. Mărimea reacției în această schemă depinde de raportul  $C_1/C_{gc}$ . Detecția în detectorul catodic, precum și în cel anodic, se face ca urmare a neliniarității caracteristicii curentului anodic, în regiunea sa inferioară.

După proprietățile sale, detectorul catodic se aseamănă cu detectorul cu diodă.

Coeficientul de reacție al tensiunii de pe catodul detectorului, datorită reacției negative puternice, ca și în detectorul cu diodă, este subunitar. Din aceeași cauză, rezistența sa de intrare este mare, ceea ce are drept consecință că, spre deosebire de detectorul cu diodă, acesta șuntează mai puțin circuitul etajului precedent și de aceea influențează într-o mică măsură selectivitatea și amplificarea lui.

Detectorul catodic poate avea suprasarcini.

Existența reacției pozitive la înalta frecvență favorizează creșterea factorului de calitate  $Q$  echivalent al circui-

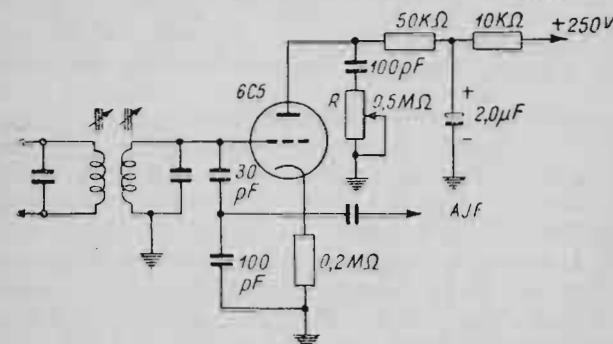


Fig. 32. Schema detectorului catodic cu reacție.

tului de grilă, ceea ce duce la creșterea tensiunii la intrarea detectorului.

Dacă în această schemă se schimbă mărimea reacției pozitive, atunci schema poate fi folosită ca detector catodic cu reacție.

În fig. 32 este dată metoda de reglare a reacției pozitive cu ajutorul rezistenței variabile  $R$ . Schema acestui etaj

poate fi utilizată în receptorul superheterodină ca detector cu reacție.

O schemă interesantă de inversor de fază cu sarcina divizată și cu reacție pozitivă pe etajul precedent este dată în fig. 33.

Inversorul de fază cu sarcina divizată, după cum știm, i se aplică o reacție negativă de curent și de aceea are o amplificare mică. În schema

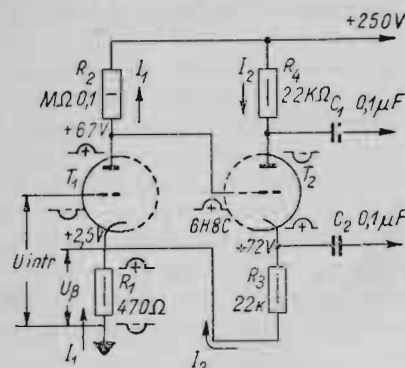


Fig. 33. Inversor de fază cu reacție pozitivă pe etajul precedent.

curentilor în schemă, pentru semiperioada negativă a tensiunii de intrare. Pentru polaritatea indicată în schemă, componentele alternative ale curentilor  $I_1$  și  $I_2$  trec prin rezistența  $R_1$  în sens contrar. Curentul  $I_2$  condiționat de o tensiune de grilă mai mare decât pentru curentul  $I_1$ , depășește mult curentul  $I_1$  și de aceea diferența curentilor în rezistența  $R_1$  are același sens cu  $I_2$ . Astfel, pe rezistența  $R_1$  ia naștere o tensiune de reacție pozitivă  $U_\beta$ , care împreună cu tensiunea  $U_{intr}$  crește tensiunea rezultantă pe grila tubului  $T_1$ .

## 16. Recepția cu superreacție

Oscilatorul cu superreacție, ca și cel cu reacție, face parte din categoria radioreceptoarelor cu reacție pozitivă. Însă, la baza funcționării oscilatorului cu superreacție stă cu totul alt principiu. Mărimea reacției pozitive, la recepția cu superreacție, nu este constantă și variază periodic între

cele două valori limită. Într-unul din intervalele de timp se introduce în sistem o reacție a cărei valoare determină autooscilațiile și transformă sistemul în autooscilator; în alt interval de timp, reacția nu există sau este neglijabilă și oscilațiile care au luat naștere în primul interval de timp se amortizează. Astfel, în cazul superreacției, procesul oscilant capătă forma unor trenuri de unde periodice, a căror frecvență de repetiție se alege în afara limitelor spectrului acustic datorită cărui fapt ele nu pot fi auzite în sistemul de ieșire. Funcționarea oscilatorului cu superreacție se bazează pe faptul că trenurile de undă care iau naștere în el sînt comandate de semnalul recepționat și urmează legea sa de variație.

Una din metodele de realizare a oscilațiilor întrerupte este utilizarea unui oscilator auxiliar care aplică în mod periodic pe grila tubului oscilatorului cu superreacție o negativare variabilă suplimentară, cu frecvență supersonică. În acest caz, panta caracteristicii tubului în punctul inițial de funcționare se alege din condiția obținerii unui regim al oscilatorului cu superreacție, apropiat de cel limită; în semiperioadele pozitive ale tensiunii auxiliare, punctul de funcționare se deplasează la dreapta, panta caracteristicii crește, mărimea reacției devine maximă și sistemul trece în regim de oscilații. În semiperioada negativă, punctul de funcționare se deplasează la stînga, panta caracteristicii și o dată cu ea reacția scad brusc, iar oscilațiile generatorului cu superreacție se amortizează.

Trebuie să menționăm în special că în generatorul cu superreacție procesul oscilant este atenuat prin acțiunea asupra lui a impulsurilor electrice care iau naștere în receptor, sau prin acțiunea semnalelor din antenă.

În acest caz, amplitudinea trenurilor de undă depinde de nivelul semnalului aplicat. Unui semnal slab îi corespunde o serie de trenuri de undă de valoare mică, așa după cum este arătat în fig. 34, a, iar la acțiunea semnalelor puternice amplitudinea trenurilor de undă crește.

Variația amplitudinii trenurilor de undă în funcție de nivelul semnalului exterior reprezintă proprietatea datorită căreia oscilatorul cu superreacție poate fi folosit ca radio-receptor.

În fig. 35 este prezentat graficul care ilustrează procesul recepției oscilațiilor modulate în amplitudine. În el se arată că semnalele care se aplică la intrarea oscilatorului cu superreacție provoacă trenurile de undă care repetă ca formă legea de modulație.

Proprietatea esențială a generatorului cu superreacție este sensibilitatea deosebit de bună, care este la același nivel

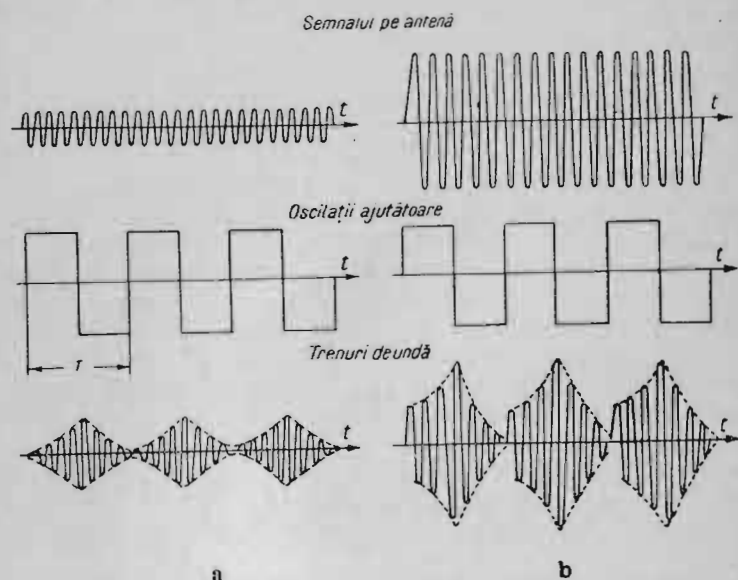


Fig. 34. Procesele fizice în cazul superreacției.

cu zgomotele proprii și este de ordinul microvolților. O asemenea sensibilitate este echivalentă cu o amplificare care depășește un milion. Dacă realizarea unei sensibilități destul de mari în radioreceptoarele din toate celelalte categorii se obține prin utilizarea amplificatoarelor cu multe etaje, în generatorul cu superreacție, ea este asigurată de propria energie a unui etaj cu superreacție comandat de semnale din antenă destul de mici. În afara unei înalte sensibilități, oscilatorul cu superreacție are o mare stabilitate la paraziți. După cum rezultă din însuși principiul de funcționare al

oscilatorului cu superreacție, acțiunea semnalului exterior asupra lui se face numai în momentele corespunzătoare începutului trenului de unde; creșterea ulterioară a amplitudinii se face nu numai datorită semnalului exterior, ci și datorită creșterii procesului oscilant; aceasta înseamnă că acțiunea paraziților externi asupra oscilatorului cu superreacție se realizează numai în intervale de timp scurte, când el recepționează semnale exterioare.

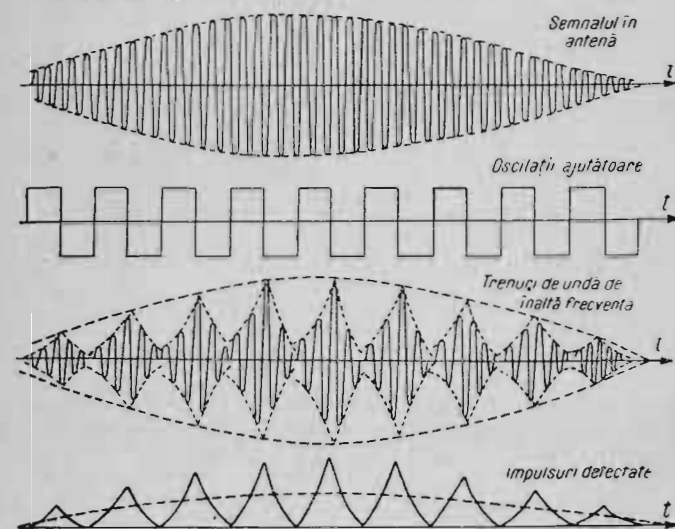


Fig. 35. Procesele în generatorul cu superreacție în cazul recepționării oscilațiilor modulate în amplitudine.

Oscilatorul cu superreacție are o mare stabilitate față de paraziți externi, dar în același timp este foarte sensibil la zgomotele interne; aceasta decurge din principiul său de funcționare, având ca urmare faptul că procesul oscilant ia naștere în el sub acțiunea oricăror semnale slabe, inclusiv a zgomotelor interne.

Între neajunsurile oscilatorului cu superreacție trebuie menționate și selectivitatea sa proastă, precum și radiația — ca sursă de paraziți pentru alte radioreceptoare. Faptul că oscilatorul cu superreacție funcționează în regim de oscilații

întrerupte, înseamnă că rezistența echivalentă a circuitului variază periodic cu frecvența generatorului auxiliar.

Drept consecință, curba de rezonanță a generatorului cu superreacție are o serie de maxime dispuse la intervale egale cu frecvența oscilațiilor auxiliare (fig. 36). Prin lărgirea acestor intervale de frecvență, proprietățile selective ale

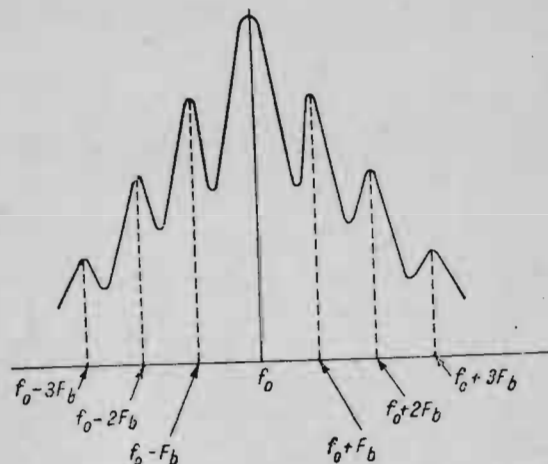


Fig. 36. Curbă de rezonanță a generatorului cu superreacție.

oscilatorului cu superreacție se îmbunătățesc; pentru aceasta, este necesar ca raportul între frecvența recepționată și cea auxiliară să nu fie sub 100.

Această proprietate limitează utilizarea oscilatoarelor cu superreacție în orice gamă de frecvențe. Frecvența minimă la care este posibilă funcționarea oscilatorului cu superreacție se determină dintr-o serie de considerente simple. Numărul de trenuri de undă, cu ajutorul cărora se reproduce forma curbei înfășurătoare a semnalului modulat, trebuie să nu fie mai mic de 4—5. Ținând seama de relația între frecvența înaltă și cea ajutătoare trebuie să considerăm că la fiecare tren de undă este necesar să existe de exemplu 100 oscilații. Dacă în sfârșit se consideră frecvența maximă de modulație egală cu 6 000 Hz, atunci ca rezultat al înmulțirii cifrelor obținem

o frecvență de ordinul a 3 MHz, ceea ce corespunde unei lungimi de undă de 100 m. Practic, rezultate mai bune sînt date de recepția cu superreacție în banda U.U.S.

Oscilatoarele cu superreacție pot fi utilizate de asemenea pentru recepția semnalelor modulate în frecvență fără nici o modificare a schemei. În acest caz, circuitul osci-

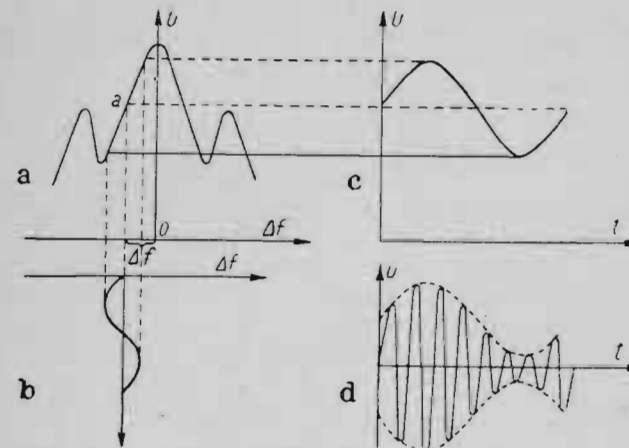


Fig. 37. Procesul transformării oscilațiilor modulate în frecvență în oscilații modulate în amplitudine:  
a — curba de rezonanță a generatorului cu superreacție;  
b — deviația de frecvență la modulația de frecvență; c — înfășurătoarea de înaltă frecvență după transformare; d — oscilații de înaltă frecvență transformate.

latorului cu superreacție se dezacordă puțin față de frecvența centrală a semnalului modulat în frecvență și are rolul de a transforma oscilațiile modulate în frecvență în oscilații modulate în amplitudine (fig. 37). La dezacordul circuitului, poziția punctului de funcționare se deplasează pe caracteristica de rezonanță din vârful său în partea înclinată (punctul a). Deviația de frecvență față de valoarea sa centrală, determină deplasarea punctului de funcționare pe porțiunea înclinată a curbei de rezonanță, în sus și în jos, față de poziția inițială, și dă variația tensiunii pe circuit, după legea de modulație. Astfel, la orice creștere a frecvenței semnalului va corespunde creșterea tensiunii pe circuit și deci variațiile de frecvență ale semnalului se vor transforma în variații

de amplitudine. Semnalul astfel transformat este detectat în mod obișnuit, în oscilatorul cu superreacție. Mărimea creșterii tensiunii depinde de panta curbei de rezonanță. Rezultate mai bune se obțin pentru un factor de calitate  $Q$  mare al circuitului, la o caracteristică de rezonanță ascuțită.

Oscilatoarele cu superreacție se recomandă să fie utilizate pentru realizarea aparatului cu gabarit redus, portativă. Pentru a înlătura radiația proprie, la intrarea oscilatorului cu superreacție, trebuie să existe măcar un etaj de înaltă frecvență.

### 17. Scheme de oscilatoare cu superreacție

Se disting două categorii de scheme de oscilatoare cu superreacție: în unele, oscilațiile întrerupte se obțin cu ajutorul unui generator auxiliar separat; în altele acest proces se realizează automat în însuși etajul de superreacție. Schemele oscilatoarelor din categoria a doua au căpătat denumirea de scheme cu autoîntreruperi sau cu autoamortizare.

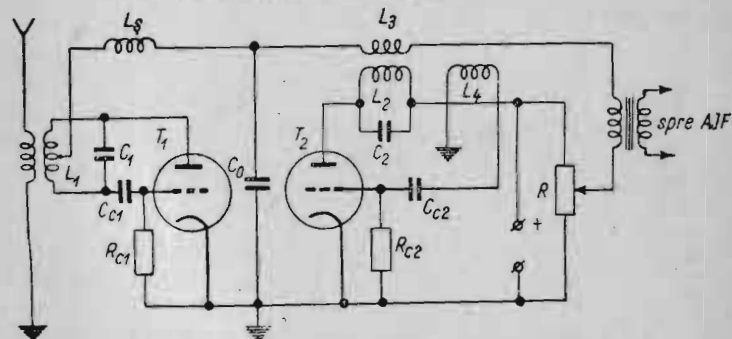


Fig. 38. Schema radioreceptorului cu superreacție cu oscilator separat de frecvență auxiliară.

Adesea, etajul oscilatorului cu superreacție îndeplinește și funcția detectorului pe grilă. În fig. 38 este dată schema radioreceptorului cu superreacție cu generator separat de frecvență auxiliară.

Etajul din stînga cu tubul  $T_1$  este detector pe grilă cu superreacție, iar etajul cu tubul  $T_2$  — generator de frecvență

auxiliară. Tensiunea de reacție în primul etaj se ia prin autotransformator dinspre partea inferioară a bobinei  $L_1$  și se aplică la intrarea tubului între grilă și catodul său. În acest scop, catodul tubului este legat de bobină prin condensatorul  $C_0$  și bobina  $L_3$ .

Etajul din dreapta nu se deosebește prin nimic de o heterodină obișnuită și este executat după schema cu reacție prin inducție mutuală între bobinele  $L_2$  și  $L_4$ .

Tensiunea de frecvență auxiliară se ia de pe autogenerator cu ajutorul bobinei  $L_3$  și se aplică pe grila tubului  $T_1$  a oscilatorului cu superreacție. Rezistența  $R$  permite să se regleze amplificarea oscilatorului cu superreacție, prin variația tensiunii anodice de pe tubul  $T_1$ .

Schema în care același tub se folosește simultan ca oscilator cu superreacție și generator de frecvență auxiliară este dată în fig. 39, a. În ea, circuitul oscilant al oscilatorului cu superreacție este conectat între anod și grilă, iar tensiunea de reacție se ia prin autotransformator din partea inferioară a bobinei  $L_1$  și se aplică în circuitul grilă-catod prin condensatoarele  $C_3$ — $C_4$ .

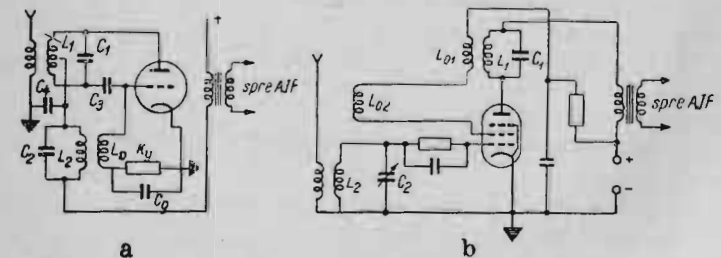


Fig. 39. Scheme de generatoare cu superreacție cu dublă generare într-un tub.

Generatorul de frecvență auxiliară este realizat după schema cu reacție inductivă cu circuitul  $L_2C_2$  în circuitul anodic. Bobina  $L_0$  este bobină de reacție. Circuitul  $R_gC_g$  dă negativarea automată pe grila tubului, cu ajutorul căreia se asigură regimul de detecție pe grilă. O altă variantă a acestei scheme este dată în fig. 39, b. În această figură se folosește pentoda în locul a două tuburi. Primul tub este

format din sistemul catod-anod, avînd grila-ecran drept grilă de comandă. Tubul împreună cu circuitul oscilant  $L_1C_1$  și bobina de reacție  $L_{01}$  formează generatorul de frecvență

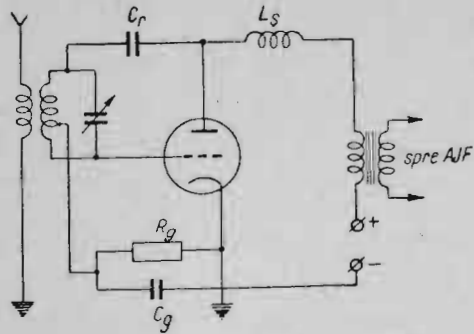


Fig. 40. Generator cu superreacție cu schemă de autoîntreruperi.

circuitul anodic al pentodei iau naștere trenuri de unde cu oscilații de înaltă frecvență.

Să ne oprim la cercetarea funcționării generatorului cu superreacție cu autoîntreruperi. În fig. 40 este dată una din variantele acestei scheme. Etajul cu superreacție are reacția cu autotransformator cu utilizarea alimentării în paralel.

Regimul de oscilații întrerupte în acest etaj se obține prin creșterea sensibilă a rezistenței  $R_g$ , din circuitul de negativare automată, peste valoarea utilizată în autogeneratoarele obișnuite. Procesul oscilant în oscilator cu superreacție cu autoîntrerupere este reprezentat în fig. 41. Sub acțiunea semnalului din antenă iau naștere oscilații în circuit; în circuitul de grilă apare curentul de grilă  $i_g$  care

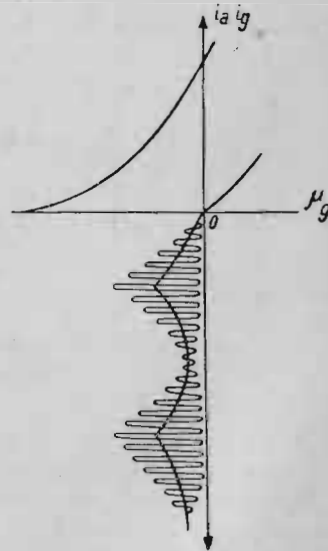


Fig. 41. Procesul oscilant în generatorul cu superreacție cu autoîntrerupere.

încarcă condensatorul  $C_g$ . Pe măsura creșterii amplitudinii oscilațiilor, curentul de grilă crește și tensiunea pe condensator crește, punctul de funcționare în acest caz se deplasează spre stînga, în domeniul cu pantă mai mică a caracteristicii curentului anodic. Valoarea mare a rezistenței  $R_g$  împiedică descărcarea condensatorului  $C_g$ . Deplasarea punctului de funcționare spre stînga se va produce pînă cînd panta caracteristicii va fi suficientă pentru menținerea procesului oscilant. La un moment dat, această condiție nu mai este îndeplinită, oscilațiile se întrerup și condensatorul începe să se descarce prin rezistența  $R_g$ , în care caz procesul oscilant se va stinge, iar punctul de funcționare se va întoarce în poziția inițială. Sub acțiunea semnalului extern, acest proces se repetă periodic. Amplitudinea trenurilor de undă, și deci valoarea medie a curentului anodic, va repeta legea semnalului aplicat din antenă. Periodicitatea formării

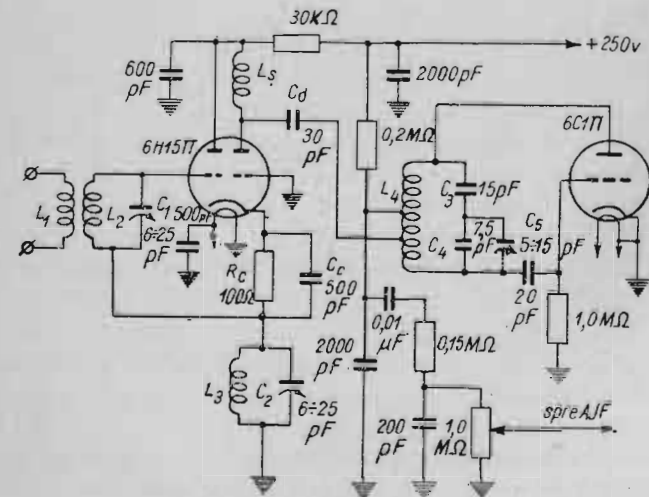


Fig. 42. Schema radioreceptorului cu superreacție.

trenurilor de undă în aceste scheme depinde de alegerea mărimilor elementelor  $R_gC_g$ .

O variantă practică de schemă de radioreceptor cu superreacție pentru gama 80–90 MHz este dată în fig. 42.

Pentru a înlătura radiațiile din antenă și a micșora influența parametrilor antenei asupra acordului generatorului cu superreacție, în radioreceptor sint utilizate două etaje de amplificare de înaltă frecvență. Ținând seama de faptul că pentru o sensibilitate mare a receptorului, zgomotele proprii ale etajului de intrare au o influență maximă, amplificatorul de înaltă frecvență este executat după o schemă specială cu un nivel de zgomot scăzut cu două triode ale tubului 6H15Π. Trioda din stînga a tubului este folosită în schema cu sarcină catodică sub forma circuitului  $C_2L_3$ . Cel de-al doilea etaj cu trioda din dreapta este executat după schema cu grila la masă cu alimentare paralel. Ca sarcină anodică se folosește circuitul etajului cu superreacție reprezentat prin elementele  $L_4, C_3, C_4, C_5$ . Bobina de șoc  $L_5$  și condensatorul de decuplaj  $C_d$  asigură alimentarea în paralel a acestui etaj, iar circuitul  $R_cC_c$  asigură negativarea automată pe grilele ambelor triode. Ca etaj cu superreacție se folosește schema cu autoîntreruperi pe tubul de tipul 6C1Π. Amplificatorul de înaltă frecvență are un acord fix pe frecvența medie de 80 MHz și asigură recepția semnalelor în gama dată. Aceasta se explică prin faptul că curbele de rezonanță ale circuitului în gama de U.U.S. se caracterizează printr-o bandă destul de largă care asigură recepția semnalelor într-un interval larg de frecvențe. Acordul oscilatorului cu superreacție se asigură prin condensatorul variabil  $C_5$  cu capacitatea de 5–15 pF.

Bobinele au următoarele date:  $L_1$  are 2,75 spire cu lungimea înfășurării de 8 mm;  $L_2, L_3$  au câte 5 spire cu lungimea înfășurării de 30 mm;  $L_4$  are 5,5 spire cu lungimea de 25 mm. Priza mediană pe bobina  $L_4$  se face la a 3-a spirală, iar priza inferioară la a 4-a sau a 5-a spirală de deasupra. Bobinele se bobinează pe un miez cu diametrul de 14 mm, cu conductor argintat de 2 mm. Bobina de șoc de înaltă frecvență este bobinată pe rezistența BC-0,5 cu valoarea sub 100 kΩ și are 40 de spire cu conductor ПЭЛ-0,25. Pentru amplificarea joasei frecvențe se poate folosi o schemă cu un etaj sau două, în funcție de destinația receptorului.

## Capitolul 5

### REAȚII PARAZITE ȘI METODE DE ÎNLĂTURARE

#### 18. Formele reacției parazite

Reacția parazită poate fi negativă sau pozitivă. În cel de-al doilea caz, diferitele părți ale schemei radioreceptorului pot să intre în oscilație, adică în ele iau naștere de la sine oscilații proprii. Dacă acest sistem este un amplificator, ca urmare a producerii autooscilațiilor, el se transformă în autogenerator. Trebuie să ținem seama că autooscilațiile amplificatoarelor iau naștere independent dacă există sau nu tensiune alternativă la intrarea sa.

În receptorul superheterodină, amplificarea semnalelor se face consecutiv la frecvențele înaltă, intermediară și joasă. Existența amplificatoarelor care funcționează la diferite frecvențe ne arată că autooscilațiile în superheterodină pot lua naștere la oricare din aceste frecvențe.

Producerea oscilațiilor proprii în amplificator este însoțită de apariția la ieșirea receptorului a fluierăturilor de diverse frecvențe, zgomot, pîrîituri, care amintesc zgomotul bărcii cu motor.

La autooscilarea amplificatorului de frecvență intermediară apar oscilații, apropiate ca frecvență de cea intermediară. Oscilațiile cu aceste frecvențe nu se aud în difuzor, iar autooscilațiile se observă de obicei numai sub acțiunea semnalului de intrare al receptorului. Semnalul recepționat în acest caz se transformă în oscilații de frecvență intermediară și ca rezultat la intrarea detectorului iau naștere oscilații cu două frecvențe: oscilațiile transformate în frecvențe intermediare și oscilațiile parazite a căror frecvență este de obicei mai mică decât cea intermediară.

Detectorul receptorului are rolul de convertizor de frecvență; la ieșirea sa se obțin oscilații cu frecvența egală cu diferența frecvențelor semnalelor aplicate. Oscilațiile acestea sint de obicei în gama frecvențelor audio și dau zgomotul caracteristic autooscilațiilor.

Formele principale ale reacției parazite în amplificatoare sînt:

1. Cuplaj între ieșirea și intrarea etajului amplificator prin capacitatea dintre electrozii tubului.
2. Cuplaj prin sursele de alimentare comune.
3. Reacția acustică.
4. Reacția pozitivă care ia naștere prin circuitul de reacție negativă.
5. Reacția care determină autooscilațiile la frecvențe ultrainalte.

Aceste enumerări nu cuprind toate posibilitățile de apariție a reacției parazite. Cuplajul între ieșirea și intrarea etajelor, separat, sau a amplificatorului în întregime, poate lua naștere prin orice interacțiune cu caracter capacitiv sau inductiv. Astfel de acțiuni iau naștere între conductoarele amplificatorului, între bobine, transformatoare și alte piese. Preîntîmpinarea acestor reacții nedorite se realizează prin așezarea rațională a elementelor schemei, montaj corect, ecranarea bobinelor, a transformatoarelor și a conductoarelor.

### 19. Reacția datorită capacității dintre electrozi

Acest fel de reacție este întîlnit mai ales în amplificatoarele de frecvență înaltă și intermediară.

În radioreceptoare, etajele de amplificare se realizează mai ales după schema cu catodul comun și reacția parazită

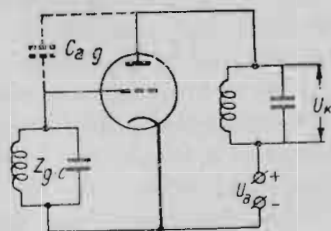


Fig. 43. Autooscilațiile amplificatorului cu rezonanță.

ia naștere între ieșirea și intrarea etajului, prin capacitatea între anod și grilă. Să analizăm esența proceselor fizice, care provoacă oscilațiile amplificatorului.

În fig. 43 este prezentată schema simplificată a amplificatorului rezonant cu un etaj, la a cărui intrare este conectat circuitul care face parte

din etajul precedent. Să presupunem că semnalul exterior nu se aplică pe grila tubului.

Procesul oscilant în acest etaj poate lua naștere de la sine, sub acțiunea unui impuls electric întîmplător. Acest impuls poate fi dat de creșterea curentului continuu în circuitul anodic, după conectarea sursei de alimentare.

Variația de scurtă durată a curentului în bobina din circuitul anodic este suficientă pentru a lua naștere o f.e.m. de inducție mutuală și pentru apariția procesului oscilant (a tensiunii alternative  $U_k$ ) în circuit. După cum se vede din schemă, această tensiune se aplică divizorului care are un braț format din capacitatea anod-grilă  $C_{ag}$ , iar cel de-al doilea din impedența  $Z_{gc}$  a circuitului de grilă. Tensiunea obținută la bornele circuitului de grilă se aplică pe grilă și de aceea comandă curentul anodic al tubului.

Curentul anodic variabil al tubului trece prin circuitul oscilant, recuperează pierderile de energie, datorită cărui fapt oscilațiile în circuit nu se amortizează, iar sistemul se transformă în întregime în autogenerator. Autooscilațiile în amplificator iau naștere numai în cazul în care componenta alternativă a curentului anodic care recuperează energia în circuit are o valoare suficient de mare. La rîndul său, valoarea acestei componente alternative este determinată de tensiunea alternativă pe grilă, iar aceasta din urmă depinde de relația între rezistențele brațelor divizorului. Capacitatea parazită grilă-anod trebuie să fie destul de mică pentru ca tensiunea de reacție aplicată pe grilă să nu provoace nașterea autooscilațiilor. Amplificatorul în care sînt îndeplinite condițiile care exclud autooscilațiile, se numește stabil. Problema stabilității în teoria amplificatoarelor de înaltă frecvență este de prim ordin. În lucrările teoretice ale lui V. I. Sîforov se arată că amplificatorul trebuie să lucreze în regim depărtat de autooscilații și este introdus coeficientul de stabilitate al amplificării etajului:

$$K_{st} = 0,42 \sqrt{\frac{S}{\omega C_{pg}}}$$

Formula dată permite să se analizeze amplificarea limită posibilă a etajului; din formulă rezultă de asemenea că parametrul principal al amplificării — coeficientul său de amplificare — depinde, în mare măsură, de tipul tuburilor utilizate; amplificarea stabilă maximă a etajului se obține

pentru o capacitate  $C_{ag}$  mică și o pantă  $S$  mare, adică se caracterizează prin raportul  $\frac{S}{C_{ag}}$ . Acest raport capătă o valoare maximă numai la pentodele de înaltă frecvență, care constituie principalul tip de tub pentru amplificarea oscilațiilor de înaltă frecvență. Funcționarea stabilă a amplificatorului este influențată în mare măsură de frecvența oscilațiilor amplificate; este mai greu satisfăcută condiția de stabilitate la frecvențe mai înalte, deoarece o dată cu creșterea frecvenței, reactanța spațiului grilă-anod  $\frac{1}{\omega C_{ag}}$  scade și reacția crește.

În tabela 1 sînt date valorile  $\frac{S}{C_{ag}}$  și coeficienții amplificării stabile pentru pentodele mai des folosite.

Tabela 1

| Tipul tubului | S, mA/V | $\frac{S}{C_{ag}}$<br>mA/V·F | $K_{st} = 0,42 \sqrt{\frac{S}{\omega C_{ag}}}$ |         |        |
|---------------|---------|------------------------------|------------------------------------------------|---------|--------|
|               |         |                              | 150 kHz                                        | 1,5 MHz | 15 MHz |
| 6K1Π          | 1,85    | $1,85 \cdot 10^{11}$         | 185                                            | 49      | 15     |
| 6K3           | 2,0     | $6,7 \cdot 10^{11}$          | 353                                            | 111     | 35     |
| 6K4           | 4,7     | $9,4 \cdot 10^{11}$          | 420                                            | 136     | 42     |
| 6K4Π          | 4,4     | $12,5 \cdot 10^{11}$         | 486                                            | 157     | 48     |
| 1K1Π          | 0,75    | $0,75 \cdot 10^{11}$         | 118                                            | 37      | 12     |
| 6K7           | 1,45    | $2,9 \cdot 10^{11}$          | 132                                            | 73      | 23     |

Cele expuse ne permit să tragem unele concluzii.

Amplificarea etajului nu trebuie să fie mai mare decît valoarea sa admisă  $K_{st}$ . Pentru aceasta, este necesar ca impedanța anodică de sarcină la rezonanță să nu depășească valoarea corespunzătoare tipului de tub dat. Aceasta înseamnă că utilizarea oricărui tip de filtru în amplificatorul de frecvență intermediară poate provoca autooscilații. Practic, la utilizarea filtrelor gata executate, este necesar să se cunoască tipul tubului pentru care este destinat. Același filtru poate fi folosit și cu alt tub, la care valoarea  $\frac{S}{C_{ag}}$  este mai mare decît pentru tubul destinat funcționării sale.

## 20. Reacția datorită surselor de alimentare

Reacția prin sursele comune de alimentare, mai ales în schemele cu multe etaje, poate fi o cauză a autooscilațiilor amplificatorului. Acest fel de reacție apare în amplificatoarele de joasă și înaltă frecvență.

La frecvențele ultrainalte trebuie să se țină seama și de cuplajul prin alimentarea comună a filamentelor tuburilor. Elementul de cuplaj în aceste cazuri este rezistența internă a sursei sau rezistența de amortizare în circuitul comun de alimentare. Pentru lămurirea proceselor care dau naștere autooscilațiilor se prezintă schema amplificatorului cu trei etaje de joasă frecvență în fig. 44.

Vom socoti ca impuls electric inițial variația întâmplătoare a tensiunii la intrarea primului etaj.

Să presupunem că polaritatea acestei tensiuni instantanee corespunde plusului pe grilă. Ținând seama că tubul electronic defazează tensiunea cu  $180^\circ$  și socotind tubul ca generator de curent alternativ, se pot indica pe schemă semnele tensiunii instantanee pe fiecare tub și sensurile componentelor alternative ale curenților anodici  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$ . Prin

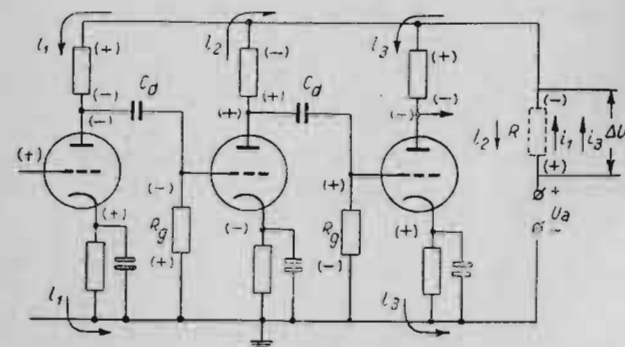


Fig. 44. Reacția parazită în amplificatorul cu multe etaje prin sursa de alimentare comună.

rezistența sursei  $R$  trec curenții tuturor celor trei tuburi, în care caz  $i_1$  și  $i_3$  au același sens, iar curențul  $i_2$  are sens contrar. Ținând seama de amplificarea etajelor trebuie să socotim că suma curenților instantanei  $i_1 + i_3$  este mai mare

decît  $i_2$ . În acest caz, tensiunea instantanee  $\Delta U$  pe rezistența  $R$  va avea semnul corespunzător sensului curentului sumă. Tensiunea  $\Delta U$  pe rezistența  $R$  are polaritatea corespunzătoare tensiunii de pe rezistența anodică de sarcină a primului tub și de aceea ele se vor însuma.

În consecință, tensiunea de grilă a celui de-al doilea tub crește, și în amplificator ia naștere reacția pozitivă, care poate da autooscilații. Procesul autooscilării amplificatorului se poate reprezenta sub următoarea formă. Ca urmare a reacției pozitive, tensiunea la intrarea celui de-al doilea tub crește, creșterea tensiunii la intrare duce la mărirea tensiunii de reacție care crește din nou tensiunea la intrare. Astfel, amplitudinea oscilațiilor va crește neîntrerupt și amplificatorul se transformă în generator de oscilații de joasă frecvență.

În amplificatorul cu două etaje nu există condiții pentru apariția reacției pozitive prin sursa de alimentare.

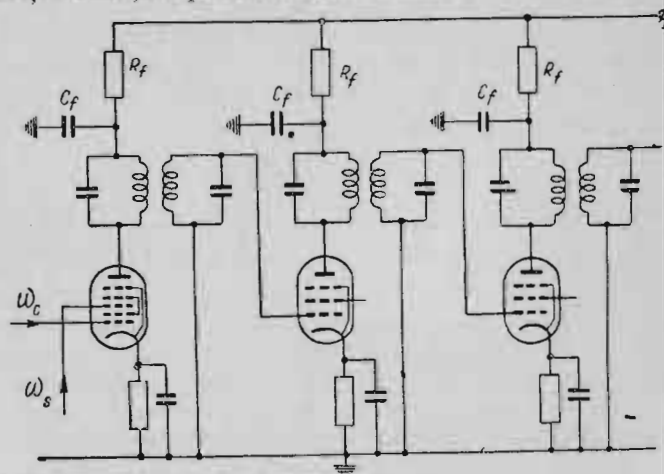


Fig. 45. Amplificatorul de frecvență intermediară cu filtre de decuplare.

Autooscilațiile prin sursele de alimentare se înlătură prin conectarea în circuitul anodic a filtrului de decuplaj de tipul  $L$ , format din rezistența  $R_f$  și condensatorul  $C_f$  (fig. 45). Ultima schemă conține mixerul și două etaje de

amplificare de frecvență intermediară. Filtrele de decuplaj sînt conectate nu numai în circuitele anodice ale amplificatoarelor de frecvență intermediare, dar și în circuitul anodic al schimbătorului.

Filtrul în formă de  $L$  se poate considera ca divizor de tensiune specific (fig. 46). La intrarea filtrului sînt conectate două surse, dintre care una reprezintă tensiunea constantă de alimentare, iar cealaltă tensiunea alternativă care ia naștere pe rezistența internă a sursei.

Aceste tensiuni se divid proporțional între impedanțele filtrului,  $R$  și  $X_c$ . Tensiunea de pe condensator se aplică pe anodul tubului. Tensiunea alternativă  $\Delta U'$  la ieșirea filtrului poate fi micșorată în comparație cu  $\Delta U$  pînă la 1 000 ori, în funcție de raportul  $R$  și  $X_c$ .

Tensiunea constantă  $E'$  are de obicei o valoare de ordinul a (0,8—0,9)  $E$ .

Practic, la amplificatoarele de joasă frecvență, condensatorul filtrului are o capacitate în limitele 5—10  $\mu F$ , iar rezistența are o valoare de ordinul zecilor de  $k\Omega$ . În circuitele de frecvență intermediară, rezistența se ia în limitele 1—5  $k\Omega$ , iar capacitatea 0,05—0,1  $\mu F$ .

Autooscilațiile amplificatorului de joasă frecvență care apar sub formă de zgomot asemănător celui dat de bara cu motor, sînt condiționate de următoarele cauze. În funcționarea amplificatorului, mai ales în regimul cu volum mare, se produce variații mari ale curentului anodic al tubului de ieșire, ceea ce la rîndul său determină oscilațiile tensiunii anodice. În consecință, tensiunea de alimentare pulsează cu o frecvență joasă din gama de audiofrecvență. Pulsația tensiunii anodice se aplică la grilele tuburilor amplificatoare prin circuitele formate din condensatoarele de decuplaj dintre etaje  $C_d$  și rezistențele de scurgere ale grilelor  $R_g$  (fig. 44). Ca urmare se produce reacția între intrarea și ieșirea amplificatorului. Preîntîmpinarea acestui fel de oscilații se poate obține prin micșorarea amplificării la frecvențele cele mai joase. Amintim că amplificarea în domeniul frecvențelor joase ale gamei de audiofrecvență depinde în

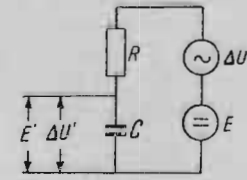


Fig. 46. Explicarea principiului de funcționare a filtrului în formă de  $L$ .

primul rând de capacitatea condensatorului de decuplaj. Pentru valori mari ale capacității, nu numai că amplificarea crește la frecvențele joase, dar și reacția pe ele crește. De aceea, micșorarea capacității condensatorului de decuplaj constituie o soluție de înlăturare a autooscilațiilor. O dată cu aceasta este bine să se folosească filtre de decuplaj în circuitele anodice ale tuburilor amplificatoare. Trebuie să notăm că în cazul utilizării schemelor în contratimp, autooscilațiile în amplificatoare iau naștere relativ rar. În acest caz, în circuitul comun de alimentare, componentele alternative ale curenților fiecărui braț trec în sensuri contrarii și curentul diferență există doar datorită asimetriei brațelor și este neglijabil ca valoare.

O cauză care poate produce autooscilații la radioreceptoare poate fi, de asemenea, existența rezistenței de amortizare din circuitul comun de alimentare anodică. De aceea, scăderea tensiunii trebuie să se facă separat în circuitele anodice ale fiecărui tub.

În acest caz, rolul rezistențelor de amortizare îl pot avea rezistențele filtrelor de decuplaj.

## 21. Reacția acustică

Reacția la radioreceptoare se poate realiza nu numai prin circuitele electrice, dar și prin mediul acustic. Așa este șasiul, cutia receptorului etc. Închiderea circuitului electric prin mediul acustic, adică formarea unei bucle închise de reacție, este posibilă doar atunci când în componența acestei bucle există elementul care transformă oscilațiile acustice în oscilații electrice. Principiul de funcționare al acestor traductoare amintește funcționarea microfonului și de aceea procesul care ia naștere în ele a căpătat denumirea de „efect de microfonie“.

Efectul de microfonie se produce sub acțiunea oscilațiilor acustice, care determină vibrația elementelor schemelor radioreceptorului. Efectul de microfonie este dat în primul rând de tuburile amplificatoare de joasă frecvență, tubul heterodină și blocul de condensatoare de capacitate variabilă. Oscilațiile acustice date de difuzor se transmit prin mediul acustic și acționează de exemplu asupra

primului tub amplificator de joasă frecvență. Vibrația electrozilor tubului determină variația curentului anodic cu frecvența acestor vibrații și tubul începe să aibă efect de microfonie.

Pentru o relație determinată între faze și o reacție puternică, aceste oscilații suplimentare ale curentului anodic, suprapunându-se peste oscilațiile fundamentale, dau în sistem oscilații care apar sub formă de miorlăit în difuzor.

Dacă tubul heterodină sau condensatorul variabil sînt supuse vibrațiilor, tensiunea de frecvență intermediară va varia cu frecvența variațiilor; faza acestor oscilații suplimentare poate coincide cu înfășurătoarea tensiunii de frecvență intermediară, ceea ce poate duce de asemenea la oscilații.

Între măsurile care trebuie luate pentru a preîntîmpina apariția microfoniei, menționăm: amortizarea blocului de condensatoare variabile și a șasiului radioreceptorului. Pentru amortizare se pot folosi șaipe din cauciuc.

Apariția microfoniei în cazul utilizării tuburilor electronice actuale este mai puțin posibilă, deoarece în ele se realizează o prindere rigidă a electrozilor și ei sînt prea puțin sensibili la vibrații mecanice.

## 22. Autooscilațiile amplificatorului cu reacție negativă

Așa cum s-a arătat în capitolul 2, în amplificatoarele cu multe etaje, la frecvențele limită ale gamei, reacția poate deveni pozitivă dînd o creștere a amplificării la aceste frecvențe și chiar autooscilații.

Amplificatorul cu reacție reprezintă o buclă închisă în care se formează procesul de transmitere consecutivă a tensiunii de la intrarea amplificatorului la ieșirea sa și apoi prin circuitul de reacție din nou la intrarea sa. În această buclă se includ tuburile și o serie de elemente reactive, care influențează faza tensiunii transmise. Tubul, după cum se știe, defazează tensiunea cu  $180^\circ$ ; de asemenea, elementele reactive cum sînt condensatoarele de cuplaj, capacitățile parazite, inductanțele de scăpări ale transformatoarelor etc., introduc diferite defazaje. Circuitele formate din elementele active nu dau defazaje.

Ca urmare a acestui fapt, defazajul de  $180^\circ$  între tensiunea de intrare și cea de reacție prezintă unele greutăți în schemele cu multe etaje și cu o bandă largă de frecvențe. Dacă defazajele date de elementele reactive amintite, însumate, vor da la unele frecvențe un defazaj suplimentar de  $180^\circ$ , reacția se va transforma din negativă în pozitivă și amplificatorul poate să oscileze la aceste frecvențe.

Defazaje suplimentare mari ca valoare se observă mai ales la limitele benzii de trecere și deci de cele mai multe ori frecvența la care iau naștere oscilații se găsește în afara limitelor gamei de funcționare. Oscilațiile date de această reacție nu apar sub formă de zgomot caracteristic și de aceea sînt înlăturate cu oarecare greutate. În acest caz, tubul etajului de ieșire consumă o parte din putere pentru crearea oscilațiilor parazite și puterea utilă pe sarcină scade mult.

Funcționarea amplificatorului cu reacție negativă este cu atît mai stabilă cu cît numărul de etaje la care se aplică reacția este mai mic. De aceasta trebuie să ținem seama la construirea amplificatoarelor cu multe etaje cu o reproducere de calitate a semnalelor. Micșorarea distorsiunilor de neliniaritate care apar mai ales în etajul final, se poate obține prin aplicarea reacției numai la acest etaj. Pentru îmbunătățirea caracteristicilor de frecvență, precum și pentru reglajul de ton, reacția poate cuprinde două, trei și mai multe

etaje de amplificare. În acest caz însă, reacția trebuie să fie mică. La amplificatoarele cu un număr de etaje mai mare de patru se recomandă să se utilizeze circuite de reacție separate, formînd de exemplu două bucle de reacție și nu una. Astfel, fiecare buclă trebuie să nu cuprindă mai mult de două etaje.

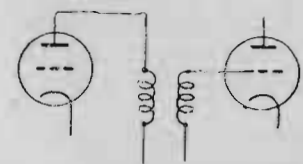


Fig. 47. Conectarea corectă a înfășurărilor transformatorului între tuburi.

Să ținem seama că atunci cînd în schemă se utilizează transformatoare, oscilațiile amplificatorului pot lua naștere și în cazul cînd reacția cuprinde un etaj sau două.

Pentru a preîntîmpina această reacție, se recomandă ca între tuburi să se introducă transformatoare, ca în fig. 47.

Oscilațiile amplificatoarelor la frecvențe ultrainalte, adică în gamele de unde metrice și decimetrice, sînt întîlnite mai ales în etajele de ieșire cu putere relativ mare și în special la schemele în contratimp.

Ele iau naștere cel mai des la așezarea simetrică a conexiunilor din montaj în circuitele de grilă și a conexiunilor care leagă anozii tuburilor cu transformatoarele de ieșire. Acest montaj duce la formarea circuitelor oscilante cu constante repartizate care au frecvențe proprii în gama dată.

În cazul oscilațiilor în UUS, puterea de ieșire a amplificatorului scade și apar importante distorsiuni de neliniaritate.

Înlăturarea oscilațiilor în UUS este dificilă.

### 23. Măsurî practice pentru înlăturarea oscilațiilor

La acordul radioreceptorului, un radioamator chiar cu înaltă calificare, întîlnind fenomene de oscilații, întîmpină de obicei mari dificultăți în înlăturarea lor. Dificultățile cele mai mari le prezintă stabilirea locului de apariție a oscilațiilor în radioreceptor și a cauzei lor.

Oscilațiile în amplificatorul de joasă frecvență iau naștere de obicei la orice frecvență inferioară sau superioară a gamei de audiofrecvență. Oscilațiile la frecvențe superioare se aud sub formă de țuit, fluierături sau fișit și pot fi observate după încălzirea grilei sau a anodului tubului final.

Dacă după deconectarea părții de înaltă frecvență a receptorului, zgomotul se menține, oscilațiile iau naștere în amplificatorul de joasă frecvență. Pentru deconectarea părții de înaltă frecvență este suficient să se scoată tubul amplificatorului de frecvență intermediară, care precede detectorul.

Apoi trebuie să se stabilească dacă se produce oscilații ale amplificatorului de joasă frecvență, prin circuitul de reacție negativă sau ca urmare a existenței unei interacțiuni cu caracter capacitiv sau inductiv. Influența reacției negative asupra oscilațiilor se verifică prin deconectarea ei; dispariția oscilațiilor în acest caz determină controlul circuitului de reacție. La control, în primul rînd, se recomandă să se stabilească dacă este corect executat circuitul de reacție.

În cazul când amplificatorul de joasă frecvență are unul sau mai multe transformatoare trebuie să se încerce inversarea capetelor uneia din înfășurările sale.

În cazul când circuitul de reacție este corect executat, oscilațiile pot lua naștere când amplificatorul cuprinde un număr mai mare de etaje și la limita superioară a spectrului, reacția se transformă din negativă în pozitivă. În acest caz, se recomandă, ca cel mai simplu mijloc de înlăturare a oscilației, conectarea unui condensator variabil de ordinul a 100–200 pF între unul din capetele circuitului de reacție în care se obține rezultatul nedorit și masa amplificatorului. Dacă oscilațiile nu pot fi înlăturate, se conectează un filtru de corecție în circuitul de reacție. Însă, această metodă necesită aparatură care permite ridicarea caracteristicii de frecvență a amplificatorului și o înaltă calificare a reglorului. Una din schemele cu un astfel de circuit de corecție — filtru paralel — este prezentată în fig. 48. Ea constă din circuitul paralel care împreună cu rezistența  $R$ , formează un divizor ce se și conectează în serie în circuitul de reacție; în acest caz, punctul  $a$  este legat la ieșirea circuitului de reacție, iar punctul  $b$  spre intrarea sa.

Circuitul acordat pe frecvențe apropiate de frecvența oscilațiilor amplificatorului, se caracterizează printr-o rezistență de rezonanță mare  $R_r = \frac{L}{Cr}$  și împreună cu rezistența  $R$  formează divizorul de tensiune. Dacă rezistența

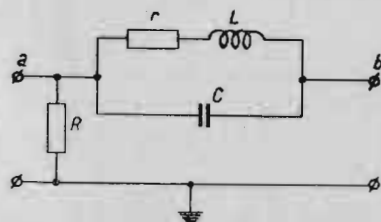


Fig. 48. Circuit de corecție folosind filtru paralel.

terii maxime a caracteristicii sale de frecvență. Elementele circuitului trebuie alese astfel încât frecvența proprie de rezonanță a circuitului să fie ceva mai mică decât frecvența de oscilație. Rezistența  $R$  trebuie să depășească de 10–20

$R_r > R$ , atunci la frecvența de oscilație, mărimea reacției scade și deci oscilațiile se intrerup. La frecvențele medii are loc de asemenea micșorarea reacției, care depinde de raportul rezistențelor  $R$  și  $r$ .

Frecvența oscilațiilor amplificatorului poate fi găsită după domeniul creș-

ori rezistența  $r$  și să fie mai mică decât  $R_r$ . În amplificatoarele care au câteva circuite de reacție negativă, înlăturarea autooscilațiilor trebuie să se facă prin deconectarea consecutivă a fiecărei rețele separat și apoi să se acționeze corespunzător celor indicate mai sus.

Dacă la deconectarea circuitului de reacție nu dispar oscilațiile, trebuie să se caute cauza lor în montaj. Trebuie utilizate conexiuni scurte pentru circuitele de intrare și ieșire; nu se admite ca aceste conexiuni să fie așezate paralel. Se pot ecrana de asemenea conexiunile circuitelor de grilă ale tubului, punând în acest caz ecranul la masă.

Oscilațiile amplificatorului de joasă frecvență iau naștere adesea și la limita inferioară a spectrului acustic. Un indiciu caracteristic al acestor oscilații este zgomotul asemănător bărcii cu motor, sau zgomotul sub formă de ușoare pirlituri. După cum s-a mai arătat, oscilații asemănătoare se observă mai ales în amplificatoarele cu multe etaje, datorită reacției prin sursa anodică de alimentare comună. Înlăturarea oscilațiilor se realizează prin conectarea filtrelor de decuplare. Dacă ele există deja, este bine să se mărească valoarea capacităților și a rezistențelor filtrului.

Micșorarea capacității condensatoarelor de decuplare în circuitele de legătură ale amplificatorului poate să favorizeze de asemenea înlăturarea zgomotului de motor. Trebuie să mai amintim despre canalul de reacție prin masa comună de negativare de grilă. Un asemenea canal există numai la radioreceptoarele la care tensiunea de negativare se aplică de pe divizorul comun, conectat la minusul alimentării anodice.

Utilizarea filtrelor de decuplare în aceste circuite (fig. 49) este singura măsură pentru înlăturarea oscilațiilor parazite. Capacitățile se iau în acest caz în limitele 0,1–1  $\mu$ F, iar rezistențele 0,1–0,2 M $\Omega$ .

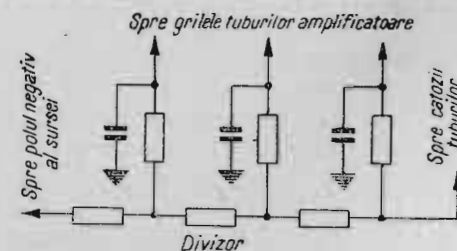


Fig. 49. Filtre de decuplare în circuitele de negativare a grilei.

Oscilațiile în circuitele de frecvență înaltă și intermediară apar sub forma diverselor zgomote sau sub forma oscilațiilor întrerupte. De cele mai multe ori, zgomotele apar cu antena conectată sau când tensiunea de la generatorul de semnale standard se aplică la intrare. De obicei, acestea indică oscilații ale amplificatorului de frecvență intermediară, precum și ale amplificatorului de înaltă frecvență. Dacă la intrarea etajului schimbător se aplică o tensiune de frecvență intermediară de la generatorul de semnale standard, atunci zgomotul specific în difuzor permite să se constate prezența oscilațiilor parazite în amplificatorul de frecvență intermediară. Tubul amplificatorului de înaltă frecvență, în acest caz, trebuie scos.

În lipsa generatorului de semnale standard se poate folosi ca indicator de oscilații parazite microampermetrul. În fig. 50 este arătat modul de conectare al microampermetrului într-o schemă răspîndită a etajului de detecție.

Dacă la scoaterea etajului de înaltă frecvență, miliampermetrul indică o valoare oarecare, înseamnă că amplificatorul de frecvență intermediară oscilează. De asemenea,

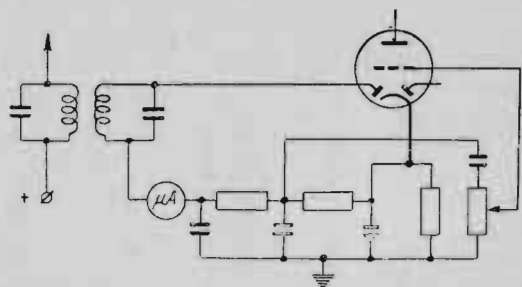


Fig. 50. Conectarea microampermetrului în circuitul de detecție.

oscilațiile amplificatorului de înaltă frecvență se constată cu ajutorul microampermetrului, însă cu etajul de înaltă frecvență conectat.

Cauzele oscilațiilor amplificatoarelor de înaltă frecvență și de frecvență intermediară pot fi: reacția prin condensatorul  $C_{ag}$ , reacția prin sursa de alimentare anodică, mai ales la un număr de etaje mai mare de două, și cel mai

des prin cuplajele date de un montaj nereușit și o ecranare insuficientă a elementelor separate ale circuitului. Înlăturarea oscilațiilor trebuie începută cu controlul montajului. În acest caz, toate recomandările făcute pentru circuitele de joasă frecvență se mențin în întregime și pentru circuitele de frecvență înaltă și intermediară.

Autoexcitarea amplificatorului de înaltă frecvență, care se realizează de obicei într-un etaj, se poate produce prin capacitatea  $C_{ag}$ . În cazul utilizării schemei amplificatorului cu cuplaj prin transformator sau autotransformator, trebuie micșorat cuplajul circuitului oscilant cu circuitul anodic, prin deplasarea bobinei circuitului și a bobinei de cuplaj; în cazul cuplajului prin autotransformator, cuplajul se micșorează prin trecerea prizei anodice spre capătul mai scurt al bobinei.

În schema în care circuitul este introdus în întregime, atunci când este posibil, este bine să se introducă cuplajul prin autotransformator; ca măsură limită se poate încerca șuntarea circuitului printr-o rezistență de câteva sute de kilohmi. În acest caz, trebuie să se țină seama că șuntarea micșorează rezistența echivalentă de rezonanță a circuitului și deci amplificarea etajului; în afară de aceasta scade factorul de calitate  $Q$  al circuitului și în același timp se înrăutățește selectivitatea față de canalul imagine. Reacția prin sursa de alimentare comună este întâlnită mai ales la amplificatorul de frecvență intermediară. În cazul acestei reacții, utilizarea filtrelor de decuplare reprezintă mijlocul cel mai eficace.

Reacția prin sursa de alimentare comună poate lua naștere și pentru un număr mic de etaje — ca urmare a pătrunderii oscilațiilor de frecvență intermediară în primul etaj de amplificare de joasă frecvență, prin detector. În acest caz, acest etaj devine etaj aperiodic de amplificare a frecvenței intermediare și în consecință apar defazaje favorabile reacției pozitive. Într-o serie de cazuri, înlăturarea acestui cuplaj se poate realiza prin introducerea unei rezistențe de ordinul a 1—20 k $\Omega$ , între capătul de grilă și rezistența de scurgere a primului etaj de amplificare. Această rezistență, împreună cu capacitatea de intrare a tubului, formează un divizor de tensiune, datorită căruia tensiunea de frecvență intermediară la intrarea amplificatorului de joasă frecvență scade brusc.

Unul din aspectele producerii oscilațiilor receptorului la frecvența intermediară este acela constatat prin observarea lui la acordul radioreceptorului la limitele gamelor de unde lungi și medii.

Rezistența de rezonanță a circuitelor de intrare, la aceste frecvențe (415 și 520 kHz), se apropie de rezistența de rezonanță a filtrelor de bandă de frecvență intermediară. Atunci, între circuitul anodic al mixerului și circuitul său de intrare, ia naștere reacția, datorită capacității dintre electrozii  $C_{ag}$  sau capacității montajului între aceste circuite.

Un gen asemănător de oscilații este ușor de constatat prin dispariția oscilațiilor la variația acordului receptorului și poate fi înlăturat prin aceleași metode care au fost recomandate pentru amplificatorul de înaltă frecvență.

Un aspect des întâlnit al oscilațiilor radioreceptorului este generarea lor întreruptă; producerea sa se datorește cuplajelor electrice cercetate și cuplajului electroacustic. La amplificatoarele de frecvență înaltă sau intermediară, generarea întreruptă se constată prin ochiul magic sau în lipsa lui cu ajutorul microampermetrului conectat în circuitul detectorului; la ochiul magic, se produce fie o variație a sectorului întunecat, fie o oscilare a acului microampermetrului în ritmul introducerii și dispariției sunetului. Metodele de înlăturare a generării întrerupte nu se deosebesc cu nimic de metodele cercetate mai înainte.

Dacă oscilațiile întrerupte sau miorlăielile sînt date de reacția electroacustică, ele se constată în primul rînd la un volum mare de redare a sunetului. La micșorarea sa, oscilațiile dispar. Reacția electroacustică poate fi înlăturată prin amortizarea șasiului receptorului și a blocului de condensatoare variabile, prinderea conexiunilor din montaj care merg la heterodină, precum și prin înlăturarea atingerilor între pereții cutiei și butoanele organelor de reglaj.

Microfonia dată de tuburi se înlătură prin punerea peste ele a unor inele de oțel.

Să ne oprim puțin asupra metodelor de înlăturare a oscilațiilor la frecvențe ultrainalte. Existența oscilațiilor în UUS poate fi constatată cu ajutorul unui tub cu neon care se aprinde atunci cînd este dus în apropierea tubului de ieșire sau a intrărilor lui.

Oscilațiile pot fi constatate de asemenea prin blocarea grilei tubului, prin condensatoare. În acest caz, indicațiile miliampermetrului, conectat în circuitul anodic, scad brusc, ceea ce este caracteristic amorsării oscilațiilor parazite.

În unele cazuri, oscilațiile parazite pot fi observate cu ajutorul oscilografului. La intrarea amplificatorului se aplică oscilații sinusoidale de joasă frecvență; la frecvențe ultrainalte, în prezența oscilațiilor, pe ecranul oscilografului se observă o sinusoidă cu o margine caracteristică.

Un mijloc mai eficace de înlăturare a oscilațiilor la frecvențe foarte înalte este conectarea rezistențelor antiparazite direct la intrare pe grilele și anozii tuburilor. Rezistența în circuitul anodic trebuie să aibă o valoare de ordinul a 30—50  $\Omega$ .

În circuitul de grilă al tuburilor care lucrează în clasă A și  $B_1$  (fără curenți de grilă), se conectează rezistențe pînă la 10 k $\Omega$ , iar în cazul regimului în clasă  $B_2$  și  $AB_2$  — de ordinul a 50  $\Omega$ .

## Capitolul 6

### REAȚIA ÎN SCHEMELE CU TRANZISTOARE

#### 24. Reacția negativă

În schemele cu tranzistoare, ca și în cele cu tuburi, reacția poate fi artificială și parazită. Reacția parazită, în tranzistoare se mai numește de asemenea și reacție internă. Reacția pozitivă internă poate fi o cauză a oscilațiilor.

În schemele cu tranzistoare, reacția artificială se folosește în general în aceleași scopuri ca și în schemele cu tuburi electronice. Utilizarea reacției pozitive determină creșterea sensibilității și a selectivității radioreceptorului. Cu ajutorul reacției negative se realizează micșorarea oricăror distorsiuni, se mărește stabilitatea receptorului și siguranța funcționării lui.

Reacția negativă artificială, realizată cu ajutorul elementelor exterioare, poate fi serie sau paralel. În acest caz,

ea poate cuprinde etajul cu componenta continuă, precum și alternativă. În fig. 51 sînt date schemele tipice ale etajelor de amplificare de joasă frecvență cu rezistențe, după schema cu emiterul comun cu reacție paralel. În schema din fig. 51, *a*, etajul conține aplicarea simultană a reacției componentei continue și alternative; ambele reacții se realizează cu ajutorul rezistenței  $R_\beta$ , conectată între colector și bază.

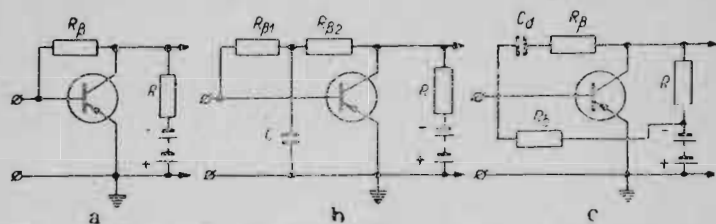


Fig. 51. Schemele etajelor cu tranzistoare cu reacție paralel.

Reacția negativă a etajului se obține datorită faptului că în schema cu emiterul la masă, defazajul între tensiunea de intrare și cea de ieșire este de  $180^\circ$ . După principiul său de funcționare, această reacție este asemănătoare cu reacția paralel; ea micșorează distorsiunile de orice fel, impedanța de intrare și de ieșire a etajului și, ca orice reacție negativă micșorează coeficientul de amplificare al etajului. Existența reacției negative în curent continuu permite stabilizarea regimului de amplificare, adică atenuarea influenței instabilității parametrilor și a caracteristicilor tranzistorului, precum și a tensiunilor de alimentare asupra funcționării amplificatorului. Pentru schema cu emiterul la masă, regimul în curent continuu este dat de tensiunea pe colector, iar curentul de negativare a bazei are rolul negativării de grilă din schemele cu tuburi electronice. Regimul în curent continuu poate fi stabilizat prin menținerea unei valori fixe a componentei continue a curentului colectorului; în acest scop este necesar ca schimbările componentei continue a curentului colectorului sau a tensiunii pe colector să dea variații de semn contrar ale curentului de negativare a bazei. În acest sens, este analog exemplul menținerii unei valori constante a curentului anodic, în cazul în care

creșterea tensiunii anodice se compensează cu creșterea tensiunii de grilă opusă ca semn și corespunzătoare ca valoare. Un asemenea cuplaj între circuitul de intrare și cel de ieșire al tubului sau al tranzistorului nu este altceva decît reacția negativă în curent continuu. Să presupunem că din cauza creșterii temperaturii sau din altă cauză a crescut curentul colectorului. Atunci, tensiunea pe rezistența de sarcină  $R$  va crește și se va aplica pe baza tranzistorului, prin rezistența  $R_\beta$ , o tensiune suplimentară care va determina micșorarea negativării bazei; în acest caz, curentul colectorului va scădea, menținându-și aproape valoarea sa inițială. Eficacitatea stabilizării regimului în această schemă depinde de valoarea rezistenței  $R$ . Pentru valori mici ale rezistenței  $R$ , tensiunea pe colector variază neglijabil și de aceea influențează puțin asupra curentului de negativare.

Rezistența de reacție  $R_\beta$  se determină din condiția obținerii unei valori date a curentului de negativare a bazei  $I_{b0}$  după formula:

$$R_\beta = \frac{U_{c0} - U_{b0}}{I_{b0}}.$$

unde  $U_{c0}$  este componenta continuă a tensiunii pe colector,  $U_{b0}$  — componenta continuă a tensiunii pe bază.

Valoarea  $U_{b0}$  fiind mică în comparație cu  $U_{c0}$ , practic poate fi neglijată.

În cazurile în care este nedorită acțiunea simultană a reacției componentei continue și alternative, se ajunge la înlăturarea cuplajului uneia din componente. În schema din fig. 51, *b* lipsește reacția componentei alternative. Pentru aceasta, rezistența  $R_\beta$  este formată din două părți  $R_{\beta1}$  și  $R_{\beta2}$ , al căror punct comun este pus la masă printr-un condensator de capacitate mare  $C$ . Acțiunea sa înlătură reacția componentei alternative. În schema din fig. 51, *c* lipsește, dimpotrivă, reacția componentei continue.

În acest scop, în circuitul de reacție se conectează un condensator de decuplare  $C_d$ . Curentul de negativare al bazei se aplică prin rezistența  $R_b$ . În cazul aplicării negativării în acest mod nu este asigurată stabilitatea regimului în curent continuu.

Reacția paralel se folosește și în amplificatoarele cu multe etaje. De exemplu, în amplificatorul cu trei etaje, reacția negativă poate fi realizată cu ajutorul circuitului serie  $R_e C_d$  conectat între colectorul ultimului etaj și baza primului etaj.

După principiul de funcționare și după proprietăți, schema cu reacție negativă serie (fig. 52) este analogă cu schemele cu reacție negativă de curent în amplificatoarele cu tuburi. Aici reacția negativă serie se realizează pentru componenta alternativă și continuă prin rezistența  $R_e$  din circuitul emiterului. Acțiunea reacției în curent alternativ face să crească impedanța de intrare a etajului, datorită cărui fapt devin mai ușoare condițiile de adaptare între etaje, iar acțiunea sa în ceea ce privește componenta continuă stabilizează regimul etajului în curent continuu. La creșterea curentului colectorului, crește căderea de tensiune pe rezistența  $R_e$  și de aceea potențialul pozitiv pe emiter devine mai mic, în care caz curentul de negativare al bazei scade, realizând în același timp stabilizarea regimului. În schema din fig. 52 reacția componentei alternative poate fi înlăturată prin șuntarea rezistenței  $R_e$  printr-un condensator de capacitate mare.

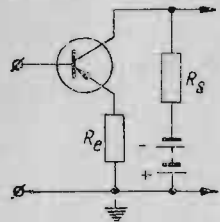


Fig. 52. Etaj de amplificare cu tranzistor cu reacție serie.

## 25. Reacția internă și metodele de neutralizare

Tranzistorul se deosebește de tubul electronic prin aceea că în el cuplajul dintre intrare și ieșire are caracter bilateral. Pentru acest cuplaj, variația regimului circuitului de ieșire se reflectă asupra regimului circuitului de intrare și invers — orice variație a curentului sau a tensiunii de intrare determină reacția la ieșire. Reacția internă în tranzistoare este condiționată de existența rezistențelor între electrozi.

Această reacție internă bilaterală provoacă, la frecvențe înalte, o interacțiune între acordul circuitelor de intrare și de ieșire, care se manifestă mai ales în schemele cu multe

etaje. O cercetare mai amănunțită a reacției interne în triodele cu semiconductoare este simplificată cu ajutorul schemelor echivalente, care la fel ca și la tuburile electronice, se reprezintă fie prin scheme echivalente cu rezistențe, fie prin scheme echivalente cu conductanțe.

În fig. 53, *a* este dată schema echivalentă în *T* a impedanțelor tranzistorului cu joncțiune. În ea rezistența cu-

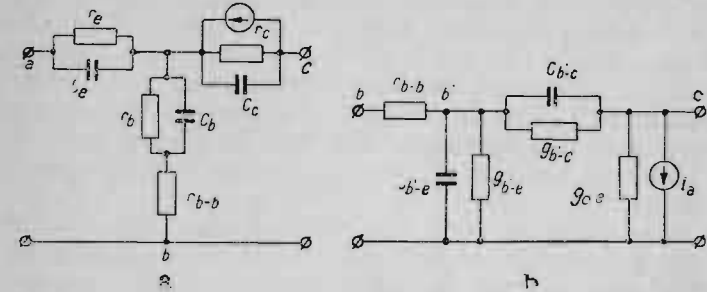


Fig. 53. Schemele echivalente ale tranzistorului:

*a* — schema impedanțelor în *T*; *b* — schema conductanțelor în *II*.

plajului prin emiter se înseamnă cu  $r_e$ , rezistența trecerii colectorului prin  $r_c$ , iar rezistența bazei este indicată prin două componente  $r_b$  și  $r_{b-b'}$ . Baza tranzistorului poate fi reprezentată ca formată din două straturi. Într-un strat, care ia parte nemijlocită în funcționarea tranzistorului, se produce o mișcare de difuzie a purtătorilor de sarcină de la emiter la colector; rezistența acestui strat se numește activă și se înseamnă prin  $r_b$ . Alt strat realizează legătura electrică a domeniului activ  $r_b$  cu ieșirea bazei  $b$ .

Rezistența acestei părți a bazei se numește distribuită  $r_{b-b'}$ ; mărimea sa depinde de material și construcția triodelor și de obicei este de ordinul a 50—500 Ω. În schema echivalentă din fig. 53, *a* sînt date de asemenea capacitățile între electrozii corespunzători și generatorul fictiv de curent  $\alpha I_c$ , care reprezintă proprietățile de amplificare în curent ale tranzistorului.

În schema cu baza comună există două circuite de reacție. Reacția negativă, care intră în categoria reacției serie de curent, ia naștere prin rezistența bazei. Cel de-al doilea circuit de reacție este format din capacitatea între

colector și emiter; acțiunea sa este asemănătoare reacției din amplificatorul cu tuburi cu grila pusă la masă prin capacitatea anod-catod. Această reacție este pozitivă și acțiunea sa strică stabilitatea etajului amplificator.

La cercetarea schemelor cu emiterul comun, mai răspândite, este mai comod să se utilizeze schema echivalentă a conductanțelor sub formă de  $\Pi$ . Schema de acest tip este dată în fig. 53 *b*. În ea sînt indicate conductanțele și capacitățile dintre punctele respective ale schemei. În ambele scheme echivalente, punctul *b* reprezintă ieșirea bazei, iar punctul *b'* — punctul între rezistența activă și distribuită a bazei. Aici, ca și în schema echivalentă a rezistențelor, proprietățile amplificatoare sînt date de generatorul fictiv de curent  $i_g$ , conectat în paralel și nu în serie cu circuitul de ieșire.

După cum se vede din schema echivalentă, reacția în amplificatorul cu emiterul comun se realizează prin conductanța  $g_{b'-c}$  și capacitatea  $C_{b'-c}$ . După caracterul său, acest cuplaj este asemănător reacției de tensiune paralel.

Reacțiile interne, reprezentînd unul din neajunsurile esențiale ale tranzistoarelor, pot fi neutralizate în mare măsură. La baza metodei de neutralizare stă principiul de echilibrare a punții de curent alternativ. În circuitul exterior al tranzistorului se conectează un circuit de compensare, care împreună cu schema echivalentă utilizată a triodei, formează o punte echilibrată. Schema punții se calculează astfel încît intrarea și ieșirea etajului să fie conectate în diagonală sa. După cum se știe teoretic, la echilibrul punții, variația curentului în una din diagonalele sale nu se reflectă asupra curentului din cealaltă diagonală. Aceasta înseamnă că cuplajul parazit între intrare și ieșire se înlătură în sens direct, precum și în sens invers. Astfel, transmiterea semnalului util în sens direct se menține datorită faptului că în schema echivalentă există un generator fictiv, comandat de semnalul de intrare.

Reacția internă la tranzistoare este variabilă cu frecvența, de aceea este greu să se obțină o neutralizare totală într-o gamă largă de frecvențe.

În schemele practice se asigură o neutralizare suficientă într-o bandă largă de frecvențe de ordinul a câteva sute de kHz.

În fig. 54, *a* este dată schema de neutralizare a tranzistorului cu baza la masă. Elementele circuitului de compensare din schemă sînt rezistențele  $R_1$ ,  $R_2$  și capacitatea  $C$ . Indicii 1—1' și 2—2' arată capetele de intrare și de ieșire ale tranzistorului neutralizat. Neutralizarea se realizează pe baza schemei echivalente în  $T$  cu rezistențe.

În fig. 54, *b* și *c* sînt date schemele echivalente ale tranzistorului și ale circuitului de compensare, în care caz

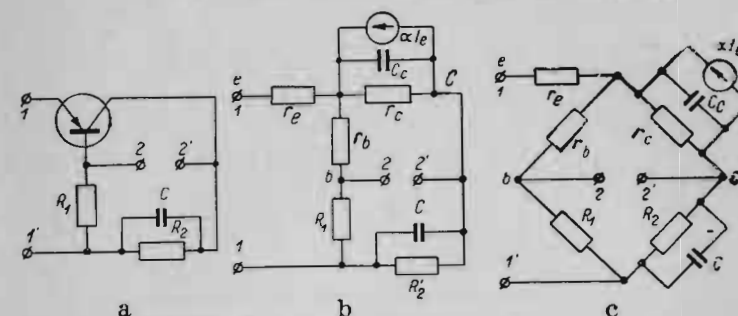


Fig. 54 Neutralizarea reacției interne în schema cu baza pusă la masă.

schema echivalentă a tranzistorului (între punctele *c*, *b*, *c*) este intrucitva simplificată în comparație cu schema indicată în fig. 53, *a*. Cea de-a doua schemă echivalentă (fig. 54, *c*) este dată sub formă de punte. Condiția de echilibru a acestei punți, adică condiția de neutralizare, este determinată de egalitatea produselor impedanțelor brațelor sale opuse. Trebuie să avem în vedere că în toate schemele de neutralizare sub formă de punte, între care intră și schema cercetată, lipsește punctul comun (pămîntul) pentru bornele de intrare și de ieșire. De aceea, la constituirea schemelor cu multe etaje, este necesar să se folosească transformatoare de cuplaj.

La alegerea schemei de neutralizare, este necesar ca obținînd rezultate optime să se tindă de asemenea spre simplificarea circuitelor de compensare. Aceste cerințe sînt satisfăcute de schema de neutralizare pentru tranzistorul cu emiterul comun bazat pe schema echivalentă a conductanțelor în  $\Pi$ . În fig. 55, *a* este dată schema principală a unui etaj cu circuit de compensare, iar în fig. 55, *b* schema sa echivalentă.

Reacția în această schemă echivalentă se realizează prin capacitatea  $C_{b'-c}$  și conductanța  $g_{b'-c}$  și ca urmare circuitele oscilante  $L_1C_1$  și  $L_2C_2$  ale etajelor diferite se cuplează între ele și se influențează reciproc. Influența celui

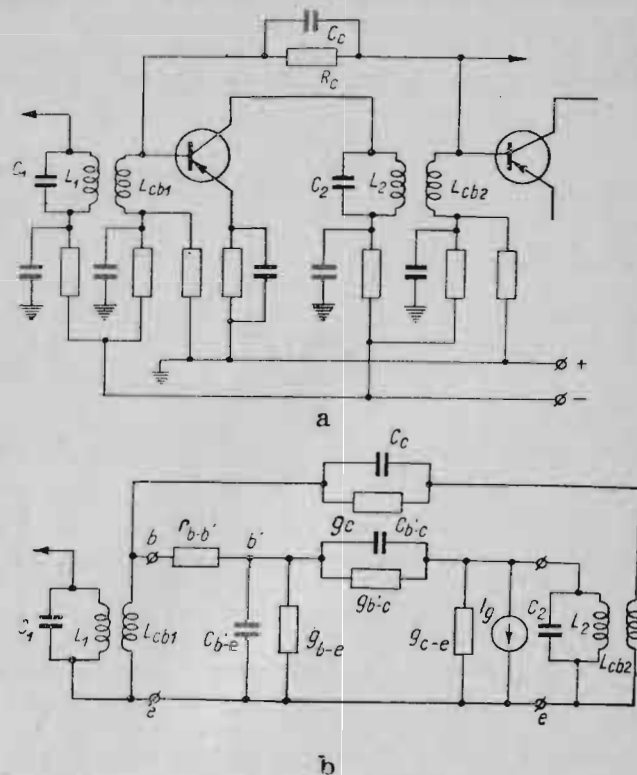


Fig. 55. Neutralizarea reacției în amplificatorul de frecvență intermediară după schema cu emiterul comun.

de-al doilea circuit asupra primului se realizează prin curentul de reacție, care trece prin bobina de cuplaj  $L_{cb1}$  a primului circuit. Pentru înlăturarea acestei influențe se folosește un circuit de compensare, reprezentat în schema principală de elementele  $C_cR_c$ , iar în schema echivalentă prin elementele  $C_{cg}$ . Problema circuitului de compensare

constă în crearea — în aceeași bobină de cuplaj a primului circuit — a acestui curent de compensare, a cărui mărime trebuie să fie egală și de semn opus cu curentul de reacție. Pentru obținerea curentului de compensare de fază opusă, circuitul  $C_{cg}$  este legat de bobina de cuplaj  $L_{cb2}$  a celui de-al doilea circuit a cărei tensiune este defazată față de tensiunea bobinei circuitului  $L_2$  cu  $180^\circ$ . Valoarea necesară curentului de compensare se obține pentru cazul când rezistența și capacitatea circuitului de compensare  $C_{cg}$  vor fi de atâtea ori mai mari decât elementele corespunzătoare ale circuitului de reacție, de câte ori scade tensiunea pe bobina  $L_{cb2}$  în comparație cu bobina  $L_2$ . În schemele cu multe etaje, aceste circuite de compensare se conectează între emiterii etajelor vecine.

## 26. Reacția pozitivă

Reacția pozitivă poate fi folosită de asemenea în schemele cu tranzistoare, ca mijloc de creștere a sensibilității și selectivității radioreceptoarelor.

Principiul de funcționare al etajului cu reacție cu tranzistoare nu se deosebește cu nimic de funcționarea aceluiași etaj cu tuburi electronice. Reacția se poate introduce în etajul detector al receptorului, precum și în etajul de înaltă frecvență. În fig. 56 este dată schema amplificatorului aperiodic de înaltă frecvență cu reacție pozitivă. Schema a fost luată dintr-o revistă străină și a fost verificată de autor.

În amplificator se folosește tranzistorul punctiform de tipul C1T, conectat după schema cu baza comună. În circuitul emiterului este conectat un circuit oscilant de acord.

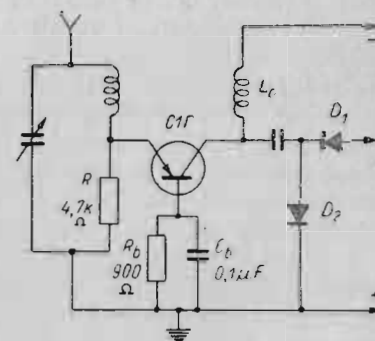


Fig. 56. Schema practică a amplificatorului de înaltă frecvență cu reacție pozitivă.

Sarcina circuitului colector este formată de bobina de soc  $L_0$ , care este în același timp bobină de reacție.

În schemă este dată o rezolvare originală a problemei adaptării unei rezistențe de intrare mici a etajului cu o rezistență de intrare mare a circuitului. În acest scop, în circuitul de intrare, în serie cu elementele reactive este conectată rezistența  $R$ , de pe care se aplică tensiunea pe emiterul tranzistorului. Această conectare a rezistenței în circuit este admisă numai în prezența reacției pozitive în etaj. Acțiunea ei, după cum se știe, este echivalentă cu introducerea în circuit a unei energii suplimentare, în urma căreia se produce compensarea nu numai a pierderilor în rezistența proprie a circuitului, dar și a pierderilor în rezistența suplimentară  $R$ . Pentru o reacție puternică, curentul în circuit capătă o valoare mare și dă o tensiune mare pe rezistența  $R$ , care se aplică la intrarea etajului. Pentru acoperirea gamei de unde medii, în circuitul acordat al acestui receptor se folosește un condensator variabil de gabarit redus, cu capacitatea de 10–100 pF. Ca inductanțe ale circuitului și ale reacției sînt utilizate bobine cu înfășurare universală. Bobina din circuit are o inductanță de ordinul a 600  $\mu\text{H}$ . Valoarea inductanței bobinei de reacție este ceva mai mică. Ea se alege experimental.

Rezistența  $R_b$  și condensatorul  $C_b$  din circuitul bazei asigură aplicarea negativării pe emiterul tranzistorului. În receptor, pentru detecție se folosește schema de dublare cu două diode semiconductoare  $D_1$  și  $D_2$ . Amplificarea în joasa frecvență poate fi realizată cu orice schemă. Receptorul se alimentează de la baterii cu tensiunea de 4,5 V. Recepția semnalelor se face cu antenă telescopică cu înălțimea de 1 m. Acest receptor, după cum au arătat rezultatele obținute, are un acord destul de selectiv și — în funcție de schema de amplificare în joasa frecvență — poate asigura o înaltă sensibilitate. Astfel, în cazul utilizării amplificatorului cu trei etaje de joasă frecvență, receptorul a asigurat, pe o rază de 70 km în raionul Moscovei, o recepție bună a stațiilor cu trei programe.

În concluzie, ne vom opri asupra aspectelor reacției pozitive caracteristice doar tranzistoarelor de tip punctiform. Reacția în acest caz, poate fi realizată cu ajutorul

rezistenței  $R_b$ , conectată în circuitul bazei (fig. 57) și se numește reacție rezistivă.

Curentul emiterului  $I_e$  și curentul colectorului  $I_c$  trec prin rezistența  $R_b$  în sensuri contrare și dau tensiunea

$$U_b = R_b(I_e - I_c).$$

Curentul colectorului poate fi exprimat prin coeficientul de amplificare de curent  $I_c = \alpha I_e$ ; atunci

$$U_b = R_b I_e (1 - \alpha).$$

Dacă se ține seama că pentru tranzistoare punctiforme,  $\alpha > 1$ , atunci creșterea pozitivă a curentului emiterului  $\Delta I_e$  determină creșterea negativă a tensiunii  $\Delta U_b$ . Pentru această relație între tensiunea  $U_b$  și curentul  $I_e$ , rezistența porțiunii emiter-masă capătă un caracter negativ, ceea ce este echivalent cu formarea în această porțiune a reacției pozitive.

În schema din fig. 57, circuitul conectat în emiter se șuntează printr-o rezistență negativă, datorită cărui fapt, rezistența echivalentă a circuitului scade, iar factorul de calitate  $Q$  al circuitului crește. O astfel de schemă poate avea rol de autogenerator, precum și rolul generatorului cu reacție. Reglarea reacției sale se realizează prin schimbarea valorii rezistenței  $R_b$ .

Adesea, reacția prin rezistența  $R_b$  în circuitul bazei, în tranzistoarele de tip punctiform, are caracter parazit și poate da oscilații în amplificator. Stabilitatea optimă a acestor tranzistoare se obține în schemele cu baza comună.

Aceasta se explică prin faptul că amorsarea oscilațiilor în această schemă este posibilă doar pentru o valoare relativ mare a rezistenței  $R_b$ .

În schemele cu emiterul sau colectorul comun, valoarea rezistenței  $R_b$ , care asigură stabilitatea de funcționare, este neglijabilă și de aceea astfel de scheme sînt cel mai mult supuse oscilațiilor.

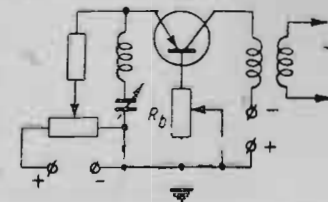


Fig. 57. Schema amplificatorului cu reacție pozitivă realizată prin rezistența din circuitul bazei tranzistorului.

La cercetarea acestei probleme trebuie să se țină seama că rolul rezistenței  $R_b$  în schemele cu emiterul sau colectorul comun îl are rezistența internă a sursei de semnal conectată în serie cu baza.

Pentru a ne imagina ordinul de mărime a rezistenței bazei  $R_b$ , pentru care rezistența de intrare a etajului cu baza comună capătă semnul minus, vom folosi următoarea formulă aproximativă:

$$R_{intr} \approx r_e + (R_b + r_b) (1 - \alpha),$$

unde  $r_e$  este rezistența emiterului,

$r_b$  — rezistența bazei.

Pentru tranzistorul punctiform de tipul C1Г:

$$r_e = 550 \, \Omega, \quad r_b = 200 \, \Omega, \quad \alpha = 1,5.$$

Este ușor să ne convingem că pentru valorile rezistenței  $R_b > 900 \, \Omega$ , rezistența de intrare  $R_{intr}$  devine negativă. Astfel, de exemplu, pentru  $R_b = 1\,200 \, \Omega$ :

$$R_{intr} \approx 550 + (1\,200 + 200) (1 - 1,5) = -150 \, \Omega.$$

În schemele cu emiterul comun, după cum arată analiza amănunțită a etajului, pentru rezistența de sarcină din circuitul colectorului, de câteva mii de ohmi, rezistența de intrare are caracter negativ de ordinul a zecilor și chiar a sutelor de ohmi — și doar la creșterea rezistenței de sarcină până la zeci și sute de kiloohmi, ea capătă valoare pozitivă.

De aceea, pentru o amplificare stabilă a oscilațiilor de înaltă frecvență, etajele cu tranzistoare de tip punctiform se execută după schema cu baza comună.

## BIBLIOGRAFIA

Баркан В. Ф., Жданов В. К., Радиоприемные устройства, Оборонгиз, 1956.

Войшвилло Г. К., Усилители низкой частоты, Связьиздат, 1939.

Гольдрейер И. Г., Ламповый каскад с обратной связью, Госэнергоиздат, 1954.

Геризон Е. В. и Николиевский Н. Ф., Полупроводниковые триоды в схемах радиовещательной и телевизионной аппаратуры, Госэнергоиздат, 1957.

Кризе С. Н., Усилители напряжения низкой частоты. Госэнергоиздат, 1953.

Куликовский А. А., Линейные каскады радиоприемников, Госэнергоиздат, 1958.

Лабутин В. К., Новое в технике высококачественного усиления, Госэнергоиздат, 1957.

Методы нейтрализации внутренней обратной связи в полупроводниковых триодах, Госэнергоиздат, 1957.

Ризкин А. А., Основные теории усилительных схем, Изд. «Советское радио», 1958.

Токарев П. Д., Настройка радиоприемников, Лениздат, 1957.

Цыкин Г. С., Отрицательная обратная связь и ее применение, Связьиздат, 1940.

## Anexă

Tabela datelor principale ale pentodelor de ieșire și a tetrodelor cu fascicul, folosite în etajele finale ale amplificatoarelor de joasă frecvență

| Datele principale                                       | Tipurile de tuburi |      |     |      |       |       |
|---------------------------------------------------------|--------------------|------|-----|------|-------|-------|
|                                                         | 6П3С               | 6П6С | 6П9 | 6П1П | 6П14П | 6П18П |
| Puterea de ieșire $P_{ieș}$ , W                         | 5,4                | 3,6  | 3   | 3,8  | 5     | 3     |
| Amplitudinea tensiunii de grilă $U_g$ , V               | 14                 | 12,5 | 3   | 12,5 | 4     | 4     |
| Rezistența internă $R_i$ , kΩ                           | 24                 | 52   | 130 | 50   | 30    | 23    |
| Panta caracteristicii $S$ , mA/V                        | 6                  | 4,1  | 11  | 4,5  | 11,3  | 11    |
| Coeficientul de amplificarea $\mu$                      | —                  | —    | —   | —    | 350   | 250   |
| Coeficientul de distorsiuni de neliniaritate $\gamma\%$ | 10                 | 6    | 7   | 7    | 8     | 8     |
| Rezistența sarcinii anodice $R_a$ , kΩ                  | 2,5                | 5    | 10  | 5    | 4,8   | 3     |
| Tensiunea anodică, V                                    | 250                | 250  | 300 | 250  | 250   | 250   |
| Tensiunea de ecran, V                                   | 250                | 250  | 150 | 250  | 250   | 250   |

## TABLA DE MATERIE

|                                                                                     | Pag. |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Capitolul 1. Generalități</b>                                                    |      |
| 1. Reacția în radioreceptoare .....                                                 | 3    |
| 2. Amplificarea sistemelor cu reacție .....                                         | 4    |
| <b>Capitolul 2. Reacția negativă</b>                                                |      |
| 3. Metodele de aplicare a reacției negative .....                                   | 6    |
| 4. Influența reacției asupra distorsiunilor de neliniaritate .....                  | 10   |
| 5. Influența reacției asupra caracteristicii de frecvență a amplificatorului .....  | 12   |
| 6. Influența reacției asupra impedanței de intrare a amplificatorului .....         | 13   |
| 7. Influența reacției asupra impedanței de ieșire a amplificatorului .....          | 14   |
| 8. Calculul amplificatorului cu reacție negativă .....                              | 16   |
| <b>Capitolul 3. Utilizarea reacției negative</b>                                    |      |
| 9. Etaj cu sarcină catodică .....                                                   | 20   |
| 10. Scheme inversoare de fază .....                                                 | 22   |
| 11. Reacția negativă în amplificatoarele cu ieșirea în contratimp .....             | 24   |
| 12. Reglajul de ton .....                                                           | 27   |
| <b>Capitolul 4. Reacția pozitivă</b>                                                |      |
| 13. Recepția cu reacție .....                                                       | 35   |
| 14. Schemele etajelor oscilatoare cu reacție .....                                  | 39   |
| 15. Schemele etajelor cu utilizarea simultană a reacției pozitive și negative ..... | 42   |
| 16. Recepția cu superreacție .....                                                  | 46   |
| 17. Scheme de oscilatoare cu superreacție .....                                     | 52   |

|                                                                | Pag. |
|----------------------------------------------------------------|------|
| <i>Capitolul 5. Reacții parazite și metode de înlăturare</i>   |      |
| 18. Formele reacției parazite .....                            | 57   |
| 19. Reacția datorită capacității dintre electrozi .....        | 58   |
| 20. Reacția datorită surselor de alimentare .....              | 61   |
| 21. Reacția acustică .....                                     | 64   |
| 22. Autooscilațiile amplificatorului cu reacție negativă ..... | 65   |
| 23. Măsurile practice pentru înlăturarea autooscilațiilor ..   | 67   |
| <i>Capitolul 6. Reacția în schemele cu tranzistoare</i>        |      |
| 24. Reacția negativă .....                                     | 73   |
| 25. Reacția internă și metodele de neutralizare .....          | 76   |
| 26. Reacția pozitivă .....                                     | 81   |
| Bibliografie .....                                             | 85   |
| Anexă .....                                                    | 86   |

Redactor responsabil : ing. Varia Mihai  
Tehnoredactor : Logan Irada

*Dat la cules 05.12.1960. Bun de tipar 07.01.1961  
Apărut 1961. Tiraj 10.000+110. Hîrtie semivclădă  
de 65 gr/m<sup>2</sup>. 540×840/16. Coli editoriale 4,50. Coli  
de tipar 5,50. A. 06246/1960. C.Z. pentru biblio-  
tecile mari 621.396.62. C.Z. pentru bibliotecile  
mici 621.*

Tiparul executat sub com. nr. 1902 la Combinatul  
Poligrafic Casa Scintei „I. V. STALIN”,  
București — R.P.R.

**LUCRARILE DIN  
COLECȚIA RADIO  
ȘI TELEVIZIUNE**

**PE ANUL 1961**

SCHEME DE AMPLIFICARE DE  
JOASĂ FRECVENȚĂ  
de **P. APOSTOL**

REAȚIA ÎN RADIORECEP-  
TOARE  
(trad. din l. rusă)  
de **V. F. BARKAN**

ÎNTREȚINEREA ȘI DEPANAREA  
RADIORECEPTOARELOR  
CONSTRUITE ÎN R. P. R.  
de **D. LĂZĂROIU**

ANTENE DE RECEPȚIE CU FERITĂ  
(trad. din l. rusă)  
de **V. I. HOMICI**

EMIȚĂTOR RADIO DE BUZUNAR  
(trad. din l. rusă)  
de **L. I. KUPRIANOVICI**

APLICAȚIILE ÎNREGISTRĂRII  
MAGNETICE  
(trad. din l. rusă)  
de **A. F. JOFFE**

SCHEME ELECTRICE DE  
MAGNETOFON  
(trad. din l. rusă)  
de **V. G. KOROLIKOV**

ANTENE DE TELEVIZIUNE  
(trad. din l. rusă)  
de **N. ZAGHIK** și **N. KUPCINSKI**



COLECȚIA