

## AMPLIFICATORUL CU CIRCUITE CUPLATE

### 1. Obiectul lucrării

Pentru un etaj de amplificare cu un tranzistor având drept sarcină două circuite acordate derivație cuplate se studiază efectul capacitații de cuplaj asupra frecvenței de acord și asupra caracteristicilor de selectivitate.

### 2. Aspecte teoretice

A. Schema de principiu a etajului este prezentată în figura 1. Rezistența  $R'_1$  este rezistența de pierderi din circuitul primar. Ea include pierderile în bobina  $L_1$  și eventuala rezistență fizică montată în paralel pe circuit. Similar rezistența  $R_2$  este datorată pierderilor în bobina  $L_2$  și, eventual, rezistenței fizice montate în paralel pe circuitul acordat din secundar, dar și rezistenței de intrare în etajul următor (care poate fi un alt circuit sau un aparat de măsură).

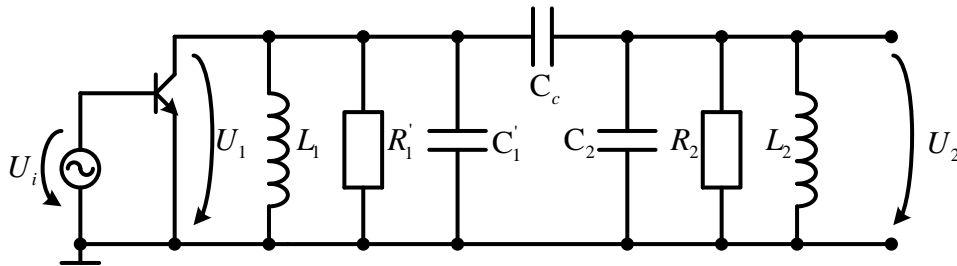


Figura 1

B. Înlocuind tranzistorul printr-un generator echivalent se obține schema din figura 2, pentru care se fac următoarele notații:

$$R_1 = \frac{R'_1 R_{22}}{R'_1 + R_{22}} \quad (1)$$

$$C_1 = C'_1 + C_{22}$$

unde s-a considerat admitanța de ieșire  $Y_{22}$  a tranzistorului

$$Y_{22} = \frac{1}{R_{22}} + j\omega C_{22} \quad (2)$$

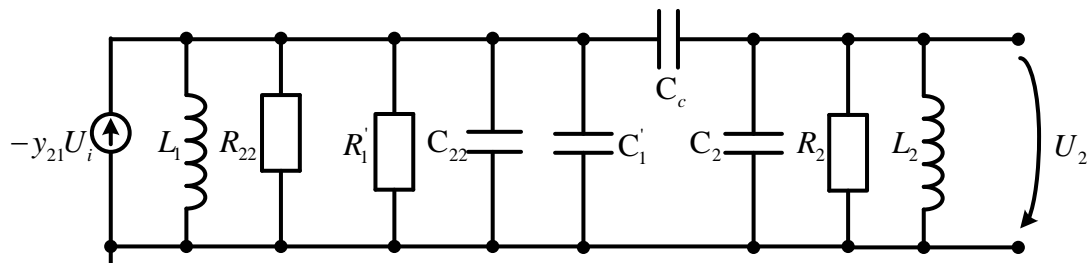


Figura 2

C. Pentru cuadripolul de cuplaj, format din condensatorul de cuplaj  $C_c$  și condensatoarele  $C_1$  și  $C_2$  coeficientul de cuplaj este:

$$k = \frac{C_c}{\sqrt{(C_1 + C_c)(C_2 + C_c)}} \quad (3)$$

Dacă  $C_1 = C_2 = C$  atunci coeficientul de cuplaj devine:

$$k = \frac{C_c}{C + C_c} \quad (4)$$

D. Frecvența de acord a primarului este:

$$\omega_{01} = \frac{1}{\sqrt{L_1(C_1 + C_c)}} \quad (5)$$

iar cea a secundarului este:

$$\omega_{02} = \frac{1}{\sqrt{L_2(C_2 + C_c)}} \quad (6)$$

E. Factorii de calitate ai primarului, respectiv secundarului sunt:

$$Q_1 = \frac{R_1}{\omega_{01}L_1} \quad Q_2 = \frac{R_2}{\omega_{02}L_2} \quad (7)$$

F. Indicele de cuplaj este:

$$g = k\sqrt{Q_1Q_2} \quad (8)$$

G. Se notează cea mai mare tensiune realizabilă în circuitul secundar prin:

$$U_{2MM} = \frac{-jY_{21}U_1}{2} \sqrt{R_1R_2} \quad (9)$$

H. Variația cu frecvența a tensiunii din circuitul secundar  $U_2$  este determinată de relația:

$$\frac{U_2}{U_{2MM}} = \frac{2g}{(1 + jx_1)(1 + jx_2) + g^2} \quad (10)$$

în care variabilele universale  $x_1$  și  $x_2$  sunt:

$$x_1 = \left( \frac{\omega}{\omega_{01}} - \frac{\omega_{01}}{\omega} \right) Q_1 \approx \frac{2(\omega - \omega_{01})}{\frac{\omega_{01}}{Q_1}} = \frac{\omega - \omega_{01}}{\pi B_1} \quad (11)$$

$$x_2 = \left( \frac{\omega}{\omega_{02}} - \frac{\omega_{02}}{\omega} \right) Q_2 \approx \frac{2(\omega - \omega_{02})}{\frac{\omega_{02}}{Q_2}} = \frac{\omega - \omega_{02}}{\pi B_2}$$

$$B_1 = \frac{f_{01}}{Q_1} \quad B_2 = \frac{f_{02}}{Q_2}$$

benzile  $B_1$  și  $B_2$  fiind mărimi de calcul, fără semnificație fizică imediată.

I. Principalele proprietăți ale caracteristicii de amplitudine sunt determinate de funcția:

$$\left| \frac{U_2}{U_{2MM}} \right| = \frac{2g}{\sqrt{(1 + g^2 - x_1x_2)^2 + (x_1 + x_2)^2}} \quad (12)$$

J. Caracteristicile amplitudine - frecvență sunt nesimetrice dacă  $\omega_{01} \neq \omega_{02}$ . Din acest motiv, acordul circuitelor cuplate urmărește realizarea frecvențelor de acord identice pentru primar și secundar:

$$\omega_{01} = \omega_{02} = \omega_0 \quad (13)$$

În condițiile indicelui de cuplaj  $g < 1$ , acordul succesiv al primarului și secundarului prin urmărirea tensiunii maxime din secundar conduce la acordarea celor două circuite pe frecvența de acord.

K. Dacă primarul și secundarul sunt acordate pe aceeași frecvență  $\omega_0$  se poate scrie:

$$\frac{U_2}{U_{2MM}} = \frac{2g}{\sqrt{x^4 + 2\left(g^2 - \frac{b}{2}\right)x^2 + (1 + g^2)^2}} \quad (14)$$

în care:

$$b = \frac{Q_1}{Q_2} + \frac{Q_2}{Q_1} \qquad x = \frac{2(\omega - \omega_0)}{\omega_0} \sqrt{Q_1 Q_2} \quad (15)$$

L. Caracteristicile de selectivitate (amplitudine) sunt reprezentate în figura 3 pentru cazul  $Q_1 = Q_2 = Q$  ( $b = 2$ ). Cuplajul  $g = 1$  se numește cuplaj critic.

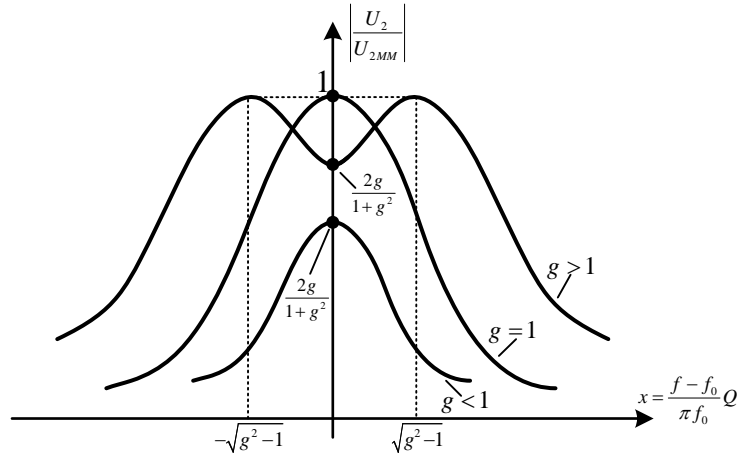


Figura 3

M. Caracteristicile de selectivitate pentru  $Q_1 \neq Q_2$  ( $b > 2$ ), sunt prezentate în figura 4. Cuplajul  $g_t = \sqrt{b/2}$  se numește cuplaj de tranziție. Sub cuplajul de tranziție, caracteristica de selectivitate are un singur maxim. Peste cuplajul de tranziție, caracteristica de selectivitate are două maxime, dar mai mici ca unitatea.

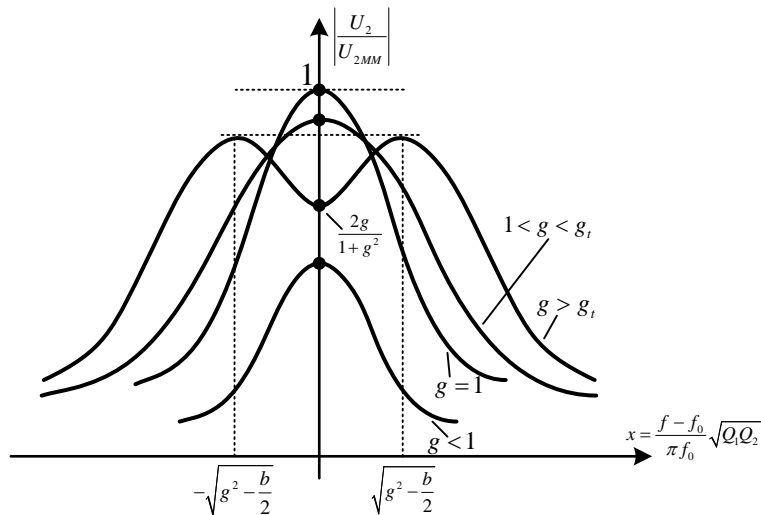


Figura 4

N. Caracteristicile de frecvență se reprezintă în funcție de dezacordul  $\Delta f = f - f_0$ , ca în figura 5.

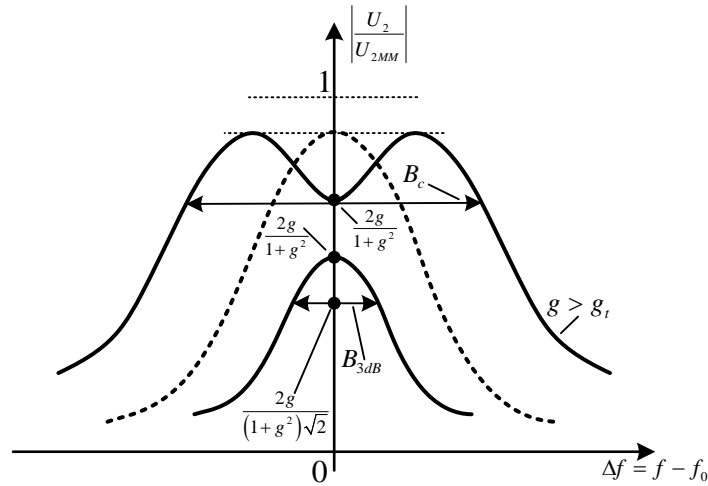


Figura 5

- O. Lărgimea benzii de trecere la o atenuare de 3 dB, notată  $B_{3dB}$  se determină, dacă  $g > g_t$  cu relația:

$$B_{3dB} = \frac{f_0}{\sqrt{Q_1 Q_2}} \sqrt{g^2 - \frac{b}{2} + \sqrt{\left(g^2 - \frac{b}{2}\right)^2 + (g^2 + 1)^2}} \quad (16)$$

- P. Lărgimea benzii de trecere în sens Cebîșev se determină dacă  $g > g_t$  (vezi figura 5) cu relația:

$$B = \frac{f_0}{\sqrt{Q_1 Q_2}} \sqrt{g^2 - \frac{b}{2}} \quad (17)$$

Benziile în sens Cebîșev i se asociază neuniformitatea în bandă:

$$\eta = \frac{2g}{1 + g^2} \cdot \left| \frac{U_{2MM}}{U_2} \right| \quad (18)$$

Relațiile (17) și (18) se simplifică dacă  $Q_1 = Q_2 = Q$  ( $b = 2$ ). Rezultă:  $g_t = 1$  și deci pentru  $g > 1$ :

$$B_c = \left(\frac{f_0}{Q}\right) \sqrt{2(g^2 - 1)} \quad (19)$$

$$\eta = \frac{2g}{(1 + g^2)} \quad (20)$$

În unele aplicații sunt utile schemele echivalente ale primarului, respectiv secundarului reprezentate în figura 6. În raport cu notațiile din figura 2, în figura 6 avem următoarele semnificații:

$$I_0 = -y_{21} U_1 \quad Y_{11} = \left(\frac{1}{R_1}\right) (1 + jx_1) \quad Y_{22} = \left(\frac{1}{R_2}\right) (1 + jx_2) \quad (21)$$

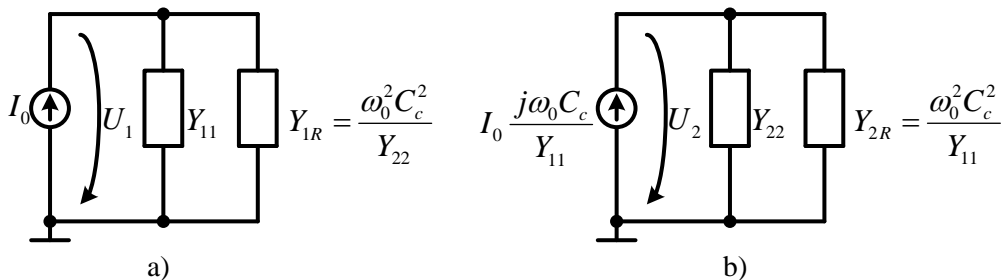


Figura 6

$Y_{1R}$  și  $Y_{2R}$  reprezintă admitanțele reflectate din secundar în primar, respectiv din primar în secundar.

Dacă primarul și secundarul sunt acordate pe aceeași frecvență  $\omega_0$ , la această frecvență se obțin:

$$Y_{1R} = G_{1R} = \omega_0^2 C_c^2 R_1 = \frac{g^2}{R_1} = \frac{1}{R_{1R}} \quad (22)$$

$$Y_{2R} = G_{2R} = \omega_0^2 C_c^2 R_2 = \frac{g^2}{R_2} = \frac{1}{R_{2R}}$$

unde  $R_{1R}$  este rezistența reflectată paralel de secundar pe primarul echivalent, iar  $R_{2R}$  rezistența reflectată de primar pe secundarul echivalent.

### 3. Desfășurarea lucrării

A. Macheta amplificatorului cu circuite cuplate are schema de principiu reprezentată în figura 7. Rezistențele  $R_1$  și  $R_2$  reprezintă simbolic rezistențele totale de pierderi ale primarului și secundarului. Ele corespund rezistențelor  $R_1$  și  $R_2$  din figura 2.

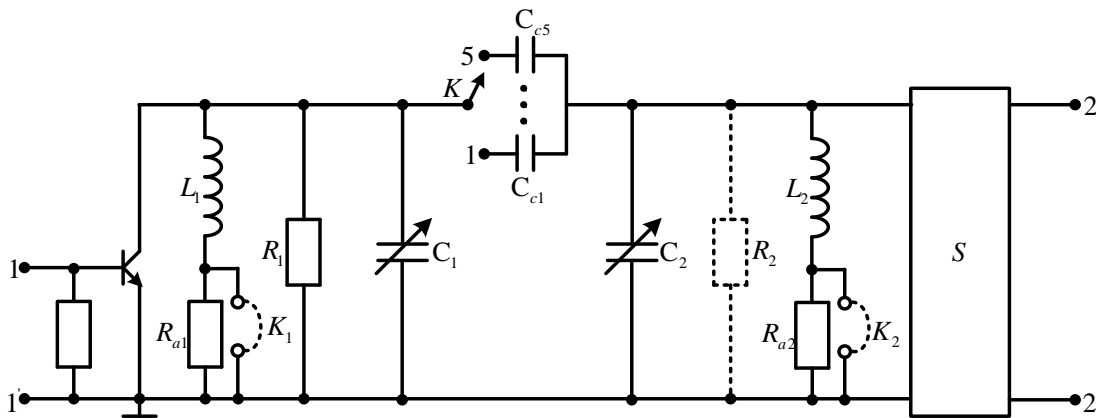


Figura 7

Călăreții  $K_1$  și  $K_2$  scurtcircuitează rezistențele adiționale  $R_{a1}$  și  $R_{a2}$ . Comutatorul  $K$  schimbă condensatorul de cuplaj. Separatorul  $S$  elimină influența aparatului de măsură conectată la bornele 2-2' asupra amplificatorului. Se identifică elementele componente ale machetei.

B. Schema bloc de măsură este reprezentată în figura 8.

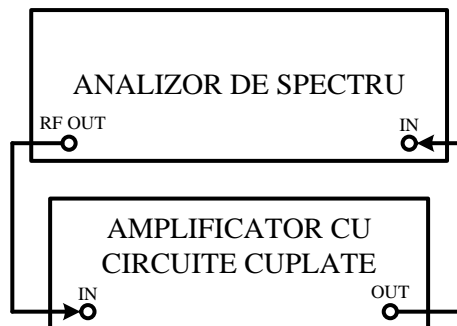



Figura 8

Se realizează schema din figura 8. Macheta se utilizează cu rezistențele adiționale  $R_{a1}$  și  $R_{a2}$  scurtcircuitate de călăreții  $K_1$  și  $K_2$ .

**Modul de lucru cu analizorul de spectru**

- 1) Fixarea frecvenței centrale (de lucru)
  - se apasă tasta CENTER;
  - se introduce valoarea frecvenței centrale 1,6 și se apasă butonul MHz;
- 2) Se fixează valoarea intervalului de frecvențe cuprins într-o diviziune (SPAN)
  - se apasă tasta SPAN;
  - se folosește reglajul "SPINER" (roata de reglaj) și se selectează 100 kHz/div.
- 3) Afișarea caracteristicii amplitudine – frecvență:
  - Se apasă tasta SHIFT, apoi tasta deasupra căreia scrie cu albastru TRK GEN;
  - Se activează opțiunea TRK GEN prin apăsarea tastei  până când mesajul "OFF" trece în "ON".
- 4) Reglarea nivelului de referință (nivelul maxim care va putea fi măsurat):
  - Se apasă tasta REF LVL;
  - Se folosește reglajul "SPINER" pentru alegerea valorii 10 dB (nu se alege 0 dB, deoarece pentru o amplificare supraunitară, respectiv atenuare subunitară, caracteristica nu se mai poate vizualiza în întregime pe ecran, ci ar depăși marginea superioară, deci nu se va putea măsura corect. Aparatul poate măsura numai ceea ce este cuprins pe ecran).
- 5) Afișarea cursorilor (markers) și măsurarea modulului caracteristicii de transfer:
  - se apasă tasta MKR pentru a se afișa cei doi cursori pe ecran. Cu ajutorul acestora se poate măsura valoarea modulului caracteristicii de transfer la frecvențele de interes;
  - se tastează frecvența dorită și se apasă butonul MHz (de exemplu 1,6 MHz);
  - pentru deplasarea pe ecran a unui cursor se selectează cu săgețile de lângă spiner cifra din valoarea frecvenței ce urmează a fi modificată (cifra unităților, zecilor, sutelor etc.). Cifra selectată se modifică rotind reglajul "SPINNER";
  - trecerea de la un cursor la altul se face prin apăsarea tastei ENTER când unul din cursori este selectat;
  - Atenție: aparatul poate măsura numai la frecvențele care se găsesc cuprinse în ecran conform reglajelor curente (CENTER, SPAN). Dacă un cursor este reglat la o valoare a frecvenței prea joasă, analizorul va indica acest lucru afișând (LOW) în locul valorii amplitudinii. În cazul în care cursorul se află la frecvență prea mare, mesajul va fi (HIGH). Pentru a măsura la frecvențele respective se va muta centrul ecranului în sensul necesar (către valori mai mici pentru LOW sau mai mari pentru HIGH) sau se va mări SPAN-ul astfel încât frecvența la care este plasat cursorul să fie cuprinsă în ecran. Se preferă mutarea centrului deoarece lucrul cu un SPAN prea mare poate duce la pierderea rezoluției de măsură a amplitudinii.

C. Se realizează acordul circuitelor cuplate pe frecvența  $f_0 = 1,6$  MHz așa cum se descrie în continuare: se lucrează la cuplajul cel mai slab (comutatorul  $K$  pe poziția "1", rotit maxim în sens trigonometric. Capacitatea de cuplaj  $C_{c1}$  are în acest caz valoarea cea mai mică). Prin modificarea capacităților condensatoarelor variabile  $C_1$  și  $C_2$  care controlează fiecare poziția unui maxim în caracteristica de amplitudine se urmărește suprapunerea acestora și obținerea unei caracteristici de amplitudine cu un singur maxim plasat la frecvența la care se dorește să se facă acordul (în acest caz 1,6 MHz).

**Observație:** În caz de dificultate se poate începe acordarea cu comutatorul  $K$  pe poziția "2" (condensatorul de cuplaj  $C_{c2}$  de capacitate imediat mai mare decât  $C_{c1}$ ) dar se revine la cuplajul cel mai slab  $K$  pe poziția "1" și se ajustează condensatoarele  $C_1$  și  $C_2$  pentru indicație maximă la ieșire.

**Atenție: pe tot parcursul lucrării se are grijă să nu se modifice nici accidental  $C_1$  și  $C_2$ .**

D. Cunoscând  $L_1 = L_2 = L = 20$   $\mu$ H să se calculeze capacitatea de acord:

$$C_1 + C_{c1} = C_2 + C_{c1} = C + C_{c1} = \frac{1}{4 \pi^2 f_0^2 L} \quad (23)$$

E. Se determină rezistențele totale de pierderi  $R_1$  și  $R_2$  ale primarului și secundarului prin metoda rezistenței adiționale. În acest sens, la cuplajul cel mai slab, după citirea tensiunii de ieșire la acord (valoarea amplitudinii maximului caracteristicii, valoare notată mai departe cu  $U_{20}$  [dBm] – se

plasează un cursor la frecvența de acord și se citește valoarea amplitudinii indicată de acesta), se introduce în circuitul primar rezistența  $R_{a1}$  (se scoate călărețul  $K_1$ ) și se citește valoarea noului maxim notată  $U'_{20}$  [dBm] determinându-se:

$$R_1 = R_{ap1} \left( \frac{U_{20}}{U'_{20}} - 1 \right) \quad R_{ap1} = \frac{\omega_0^2 L_1^2}{R_{a1}} \quad (24)$$

efectuând întâi transformarea

$$\frac{U_{20}}{U'_{20}} = 10^{\frac{U_{20}[\text{dBm}] - U'_{20}[\text{dBm}]}{20}}$$

Rezistența  $R_{a1}$  se scurtcircuitează ( $K_1$  reconectat) se introduce în circuitul secundar rezistența  $R_{a2}$  (se scoate  $K_2$ ) și se procedează similar punctului anterior determinându-se  $U''_{20}$  [dBm]:

$$R_2 = R_{ap2} \left( \frac{U_{20}}{U''_{20}} - 1 \right) \quad R_{ap2} = \frac{\omega_0^2 L_2^2}{R_{a2}}$$

efectuând întâi transformarea

$$\frac{U_{20}}{U''_{20}} = 10^{\frac{U_{20}[\text{dBm}] - U''_{20}[\text{dBm}]}{20}}$$

Se calculează factorii de calitate ai primarului și secundarului, cu relațiile (7). Rezistențele adiționale ale celor patru machete sunt (în funcție de masa de lucru):

$$\begin{aligned} \text{macheta 1: } R_{a1} &= 4,81 \, \Omega, R_{a2} = 4,84 \, \Omega \\ \text{macheta 2: } R_{a1} &= 4,72 \, \Omega, R_{a2} = 4,73 \, \Omega \\ \text{macheta 3: } R_{a1} &= 4,84 \, \Omega, R_{a2} = 4,75 \, \Omega \\ \text{macheta 4: } R_{a1} &= 4,77 \, \Omega, R_{a2} = 4,81 \, \Omega \end{aligned}$$

F. Pentru cuplajele 1, 2, 3 corespunzătoare condensatoarelor de cuplaj  $C_{c1}$ ,  $C_{c2}$ ,  $C_{c3}$ , se determină frecvența de acord  $f_0^{(k)}$  (frecvența la care s-a deplasat maximul caracteristicii după modificarea cuplajului), valoarea noului maxim  $U_{20}^{(k)}$  [dBm] și lărgimea benzii de trecere la o atenuare cu 3dB față de valoarea maximului,  $B_{3dB}^{(k)}$ . Frecvența unde apare maximul caracteristicii este frecvența de acord, deoarece circuitele sunt construite astfel încât să fie sub cuplajul de tranziție aceste trei cazuri (se studiază figura 4 și se observă proprietățile caracteristicilor cu  $g < g_t$ ). **Nu se umblă la condensatoarele de acord pe parcursul lucrării. Acestea au fost deja reglate la punctul C.**

**Observație:** este evident că  $f_0^{(1)} = f_0$  reglat la punctul C (1,6 MHz). Verificați experimental pentru a vă convinge că nu s-a schimbat în mod accidental acordul efectuat la punctul C. De asemenea se constată că pe măsură ce  $C_c$  crește, curba de selectivitate este tot mai rotunjită în jurul frecvenței  $f_0$ ; deci crește eroarea de măsură a acestei valori. Se recomandă să se folosească pentru  $f_0$ , nu valoarea măsurată – greu de apreciat pe caracteristică – ci valoarea medie a frecvențelor la care amplitudinea scade cu 1dB față de valoarea maximă. Este evident că cele trei frecvențe se vor afla în relația  $f_{-1dB \text{ stânga}}^{(k)} < f_0^{(k)} < f_{-1dB \text{ dreapta}}^{(k)}$ .

$$f_0^{(k)} = \frac{f_{-1dB \text{ stânga}}^{(k)} + f_{-1dB \text{ dreapta}}^{(k)}}{2}$$

Mărimile măsurate la punctele F, G, H și I se ordonează în tabelul 1.

G. Pentru cuplajele 4, 5 corespunzătoare condensatoarelor de cuplaj  $C_{c4}$  și  $C_{c5}$  se determină frecvența de acord  $f_0^{(k)}$ , valoarea amplitudinii la această frecvență  $U_{20}^{(k)}$  [dBm] și lărgimea benzii de trecere în sens Cebâșev  $B_c^{(k)}$ . Deoarece circuitele cuplate lucrează peste cuplajul de tranziție, frecvența de acord  $f_0^{(k)}$  corespunde **frecvenței minimului local din caracteristica de selectivitate** (vezi figura 4, cazul  $g > g_t$ ).  $U_{20}^{(k)}$  [dBm] va fi valoarea amplitudinii minimului local. Lărgimea benzii de trecere în sens Cebâșev  $B_c^{(k)}$  se va face conform indicațiilor din figura 5.

H. Formule necesare pentru calcul:

a. Indicii de cuplaj  $g^{(k)}$  din relația:

$$\frac{U_{20}}{U_{2MM}} = \frac{2g}{1+g^2}, g \leq 1 \quad (25)$$

$U_{2MM}$  vine de la  $U_{20}$  maxim maximorum și reprezintă cea mai mare valoare dintre valorile din coloana  $U_{20}$  a tabelului 1.

b. Coeficienții de cuplaj  $k^{(k)}$  din relația (8):

$$g = k\sqrt{Q_1 Q_2}$$

c. Capacitatea condensatoarelor variabile, știind  $C + C_{c1}$  determinat la punctul D și relația:

$$k^{(1)} = \frac{C_{c1}}{C + C_{c1}} \quad (26)$$

d. Capacitatea condensatoarelor de cuplaj  $C_{ck}$  cu ajutorul relației (4).

e. Frecvențele de acord teoretice  $f_{0t}^{(k)}$ :

$$f_{0t}^{(k)} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_{ck})}} \quad (27)$$

f. Lărgimile teoretice ale benzilor la 3dB, cu ajutorul relației (16).

I. Se calculează mărimile:

a. Indicii de cuplaj  $g^{(k)}$  din relația (25) alegând soluția  $g > 1$ .

b. Coeficientul de cuplaj  $k^{(k)}$  din relația (8).

c. Capacitatea condensatoarelor de cuplaj  $C_{ck}$  cu relația (4), capacitatea  $C$  fiind cunoscută de la punctul G (Se află  $C_{c1}$ , iar apoi, cunoscând și  $C + C_{c1}$  aflat la punctul D, se află  $C$ ).

d. Frecvențele de acord teoretice  $f_{0t}^{(k)}$  cu ajutorul relației (27).

e. Lărgimile teoretice ale benzilor de trecere în sens Cebîșev  $B_{ct}^{(k)}$ , cu ajutorul relației (17).

$$f_0 = \dots\dots\dots \text{kHz}; \quad U_{2MM} = \dots\dots\dots \text{dB}; \quad C = \dots\dots\dots \text{pF}.$$

Tabelul 1

Cuplaj numărul	Mărimi măsurate				Mărimi calculate					
	$U_{20}$ [dBm]	$f_0$ [kHz]	$B_{3dB}$ [kHz]	$B_c$ [kHz]	g	k	$C_c$ [pF]	$f_{0t}$ [kHz]	$B_{3dBt}$ [kHz]	$B_{ct}$ [kHz]
1				-						
2				-						
3				-						
4			-							
5			-							

J. Se măsoară caracteristicile de selectivitate (de amplitudine) normate ale amplificatorului pentru cuplajele 2, 3 și 4. Acordul rămâne nemodificat, nu se umblă la condensatoarele  $C_1$  și  $C_2$ . Rezultatele pentru cuplajele 2 și 3 se trec în două tabele de forma tabelului 2, iar pentru cuplajul 4 se trec în tabelul 3. Pentru cuplajele 2 și 3  $U_{20}$  reprezintă valoarea maximului respectivei caracteristici, iar pentru cuplajul 4  $U_{20}$  reprezintă valoarea minimului local (de fapt, în fiecare caz,  $U_{20}$  reprezintă valoarea amplitudinii la frecvența de acord, mărimi care au fost deja măsurate la punctele anterioare). Tabelele se găsesc pe pagina următoare. Tabelul 3 trebuie completat pas cu pas în jurul frecvenței de acord  $f_0$  și identificate cele două maxime.

Se reamintește faptul că exprimarea în dB a raportului a două tensiuni este egală cu diferența exprimărilor în dB a fiecărei tensiuni, adică  $\frac{U_1}{U_2} [dB] = U_1 [dBm] - U_2 [dBm]$ .



Tabelul 2 (pentru  $K$  pe pozițiile 2, 3)

$U_2$ [dBm]	$U_{20} - 20$	$U_{20} - 10,46$	$U_{20} - 6$	$U_{20} - 3,1$	$U_{20} - 1,93$	$U_{20}$	$U_{20} - 1,93$	$U_{20} - 3,1$	$U_{20} - 6$	$U_{20} - 10,46$	$U_{20} - 20$
$\frac{U_2}{U_{20}}$ [dB]	-20	-10,46	-6	-3,1	-1,93	$\frac{U_{20}}{U_{20}}$ [dB] = 0	-1,93	-3,1	-6	-10,46	-20
$\frac{U_2}{U_{20}}$	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	$\frac{U_{20}}{U_{20}} = 1$	0,8	0,7	0,5	0,3	0,1
$\frac{U_2}{U_{20}}$ [dB] - $\frac{U_{2MM}}{U_{20}}$ [dB]											
$f$ [kHz]											
$\Delta f$ [kHz] ( $f - f_0$ )						0					

Tabelul 3 (pentru  $K$  pe poziția 4 cu observația  $U_{20max} = \max\{U_{20max1}, U_{20max2}\}$ )

$U_2$ [dBm]	$U_{20max} - 20$	$U_{20max} - 10,46$	$U_{20max} - 6$	$U_{20max} - 3,1$	$U_{20max1}$		$U_{20}$		$U_{20max2}$	$U_{20max} - 3,1$	$U_{20max} - 6$	$U_{20max} - 10,46$	$U_{20max} - 20$
$\frac{U_2}{U_{20max}}$ [dB]	-20	-10,46	-6	-3,1	$\frac{U_{20max1}}{U_{20max}}$ [dB]		$\frac{U_{20}}{U_{20max}}$ [dB]		$\frac{U_{20max2}}{U_{20max}}$ [dB]	-3,1	-6	-10,46	-20
$\frac{U_2}{U_{20max}}$	0,1	0,3	0,5	0,7	$\frac{U_{20max1}}{U_{20max}}$	...	$\frac{U_{20}}{U_{20max}}$	...	$\frac{U_{20max2}}{U_{20max}}$	0,7	0,5	0,3	0,1
$\frac{U_2}{U_{20max}}$ [dB] - $\frac{U_{2MM}}{U_{2max}}$ [dB]													
$f$ [kHz]													
$\Delta f$ [kHz] ( $f - f_0$ )													

Coloanele notate cu ... trebuie să fie completate alegând minim 3 puncte din intervalele de frecvențe corespunzătoare, adică  $(f_{20max1}, f_0)$  respectiv  $(f_0, f_{20max2})$ .

Se reprezintă grafic  $\frac{U_2}{U_{20}} [\text{dB}] - \frac{U_{2MM}}{U_{20}} [\text{dB}]$  în funcție de  $\Delta f$  pentru cuplajele 2 și 3, iar pentru cuplajul 4 se reprezintă grafic  $\frac{U_2}{U_{20}} [\text{dB}] - \frac{U_{2MM}}{U_{2max}} [\text{dB}]$  în funcție de  $\Delta f$ . Toate cele trei grafice se vor desena suprapuse folosind același sistem de axe.

K. Pentru cuplajele 2, 3 și 4 se măsoară rezistențele reflectate din secundar în primar  $R_{1R}^{(k)}$  și din primar în secundar  $R_{2R}^{(k)}$ . În acest sens se schimbă frecvența cursorului pe frecvența de acord și se citește  $U_{20} [\text{dB}]$ , iar apoi:

- a. pentru determinarea rezistenței reflectate din secundar în primar, se introduce în circuitul primarului rezistența adițională  $R_{a1}$  (se scoate călărețul  $K_1$ ) și se citește tensiunea de ieșire  $U'_{20} [\text{dBm}]$ . Se determină:

$$\bar{R}_1 = R_{ap1} \left( \frac{U_{20}}{U'_{20}} - 1 \right) \quad R_{1R} = \frac{R_1 \bar{R}_1}{R_1 - \bar{R}_1} \quad (28)$$

efectuând întâi transformarea:

$$\frac{U_{20}}{U'_{20}} = 10^{\frac{U_{20} [\text{dBm}] - U'_{20} [\text{dBm}]}{20}}$$

- b. pentru determinarea rezistenței reflectate din primar în secundar se introduce în circuitul secundar rezistența adițională  $R_{a2}$  (se scoate călărețul  $K_2$ ) și se citește tensiunea de ieșire  $U''_{20} [\text{dB}]$ . Se determină:

$$\bar{R}_2 = R_{ap2} \left( \frac{U_{20}}{U''_{20}} - 1 \right) \quad R_{2R} = \frac{R_2 \bar{R}_2}{R_2 - \bar{R}_2} \quad (29)$$

efectuând întâi transformarea:

$$\frac{U_{20}}{U''_{20}} = 10^{\frac{U_{20} [\text{dBm}] - U''_{20} [\text{dBm}]}{20}}$$

L. Se verifică prin calcul valorile obținute la punctul K. Se folosesc relațiile (22).

#### 4. Întrebări

- A) Care sunt deosebirile între caracteristicile de selectivitate ale amplificatorului cu circuite derivație și ale amplificatorului cu circuite cuplate lucrând la cuplaj critic, ambele având aceeași lărgime de bandă la o atenuare de 3dB?
- B) În urma acordului circuitelor cuplate la punctul C, s-au acordat pe aceeași frecvență primarul și secundarul. La cuplaj mai mare decât cel de tranziție se constată o diferență între cele două maxime relative ale caracteristicii de selectivitate. Explicați de ce.
- C) Care este semnificația fizică a rezistențelor  $R_{ap1}$  și  $R_{ap2}$  calculate cu relațiile (23) și (24)?
- D) Ținând cont de schema echivalentă din figura 6b, considerată pe frecvența de acord, să se justifice metoda de măsură de la punctul K relațiile (28) și (29).
- E) Metoda de acord a circuitelor cuplate prin micșorarea cuplajului și revenirea la cuplajul dorit nu este practică, având mai multe inconveniente. Puneți în evidență câteva dintre ele.
- F) Justificați corectitudinea următoarei metode de acord a circuitelor cuplate în care nu se intervine asupra cuadripolului de cuplaj. Se amortizează cu o rezistență în paralel circuitul secundar și se acordă primarul urmărind indicația de maxim a tensiunii din secundar. Se repetă procedeul, metoda de acord fiind convergentă. Folosiți eventual schema de echivalență din fig 6b.

## 5. Aplicatii

- A) Amplificatorul cu circuite cuplate este acordat pe frecvența de 1 MHz. Primarul și secundarul sunt identice, iar  $Q_1 = Q_2 = 50$ . Se admite  $C_c \ll C$ . Pentru  $C_{c1}$ , amplificatorul lucrează la cuplaj critic, pe frecvența de acord tensiunea la ieșire este de 1V. Care este lărgimea benzii de trecere la o atenuare de 3dB? Se dublează capacitatea de cuplaj. Care este lărgimea de bandă în sens Cebîșev?
- B) Un amplificator cu circuite cuplate, având primarul identic cu secundarul lucrează la cuplajul critic. Pe frecvența de acord sincron, tensiunea la ieșire este de 1V. Să se conecteze în paralel cu primarul o rezistență  $R_1$ , iar în paralel cu secundarul o rezistență  $R_2$  ( $R_1 = R_2$ ). Cât este noua tensiune pe frecvența de acord măsurată la ieșire?
- C) Pentru montajul din lucrare s-a măsurat  $Q_1 = Q_2 = 50$ . Trecând comutatorul pe poziția 3 se obține  $f_0 = 2$  MHz, caracteristica de selectivitate are un singur maxim având tensiunea  $U_{20}$  mai mică decât  $U_{2MM}$  cu 2dB. Să se determine indicele de cuplaj ( $g$ ) și banda la 3dB.
- D) Pentru montajul din lucrare comutatorul se află pe poziția 5. Se cunosc factorii de calitate  $Q_1 = Q_2 = 40$ . Caracteristica de selectivitate are două maxime  $U_{2MM} = -12$  dB și un minim  $U_{20} = -10$  dB. Să se determine indicele de cuplaj  $g$  și coeficientul de cuplaj  $k$ .
- E) Se efectuează acordul montajului folosit în lucrare pe  $f_0 = 1,6$  MHz. Se cere:
- să se determine factorii de calitate;
  - să se ridice caracteristica de selectivitate pentru poziția 4 a comutatorului determinând teoretic și experimental banda în sens Cebîșev.
- F) Se efectuează acordul montajului din lucrare pe  $f_0 = 1,4$  MHz. Se cere:
- să se măsoare tensiunea  $U_{20}$  pe pozițiile 2 și 5 ale comutatorului;
  - să se calculeze indicii de cuplaj ( $g$ ) în cele două cazuri.