

RH és URH teljesítményerősítők tranzisztorokkal

6.

Ijjas Gábor – Molnár Béla
okl. vill. mérnökök, BME MHT



15. Illesztőkörök

Az eddigiekből is kitűnik, hogy a gyakorlati munka leggyakoribb problémája az impedancia illesztés. Teljesítményerősítőknél a jó hatásfok érdekében kizárólag reaktáns (ellenállást nem tartalmazó) hálózatokat használnak az illesztőkörökben.

Az illesztőhálózatnak a lehetőleg kisveszteségű illesztésen kívül másik feladata a felesleges harmonikusok csillapítása. Ez döntően a kimenőkörben lényeges, a fokozatok között – különösen nemlineáris erősítő esetén – a harmonikus elnyomásnak nincs gyakorlati jelentősége.

A most következő illesztőkör-számítás nemcsak az adóproblémák megoldásánál lehet hasznos, hanem bármilyen illesztési feladatnál.

Az illesztőkörök tárgyalásánál a kondenzátorok kapacitása és a tekercsek induktivitása helyett a reaktanciák abszolút értékével számolunk, amelyből a tényleges elemértékeket a közismert módon kapjuk:

$$C = \frac{1}{\omega X_c} \quad \text{és} \quad L = \frac{X_L}{\omega}$$

Ahol: X_c a kondenzátor reaktanciájának abszolút értéke, X_L a tekercs reaktanciája, $\omega = 2\pi f$ körfrekvencia.

Az átszámítások megkönnyítésére a 15.1. táblázatban minden amatőrsáv sávközépi értékére megadtunk néhány összetartozó értéket.

Mivel a gyakorlatban sok hiba adódik a téves előjelekből, a továbbiakban minden képletünkbe a reaktanciákat pozitív értéként, az abszolút értékükkel kell behelyettesíteni. Hasonlóan a végeredményben is pozitív értéket kapunk, akár tekercs, akár kondenzátor az illető reaktancia.

Az illesztőhálózat típusának megválasztása után meg kell választani a terhelt jósági tényezőt (a továbbiakban Q -t). Q nem egyezik meg az illesztőhálózat saját (terheletlen) jósági tényezőjével, amit Q_0 -al jelölünk.

Q_0 a kondenzátorok és tekercsek jósági tényezőjével fejezhető ki:

$$Q_0 = \frac{Q_L Q_C}{Q_L + Q_C}$$

Ahol: Q_L az illesztőkör tekercseinek átlagos terheletlen jósági tényezője, Q_C az illesztőkör kondenzátorainak átlagos terheletlen jósági tényezője.

Q_0 lehető legnagyobb értékére kell törekedni a kis veszteség érdekében. A gyakorlatban sűrűn használt, egy tekercset és két kondenzátort tartalmazó illesztőkörök számítási képleteit foglalja össze a 15.2. táblázat.

A C_1 és C_2 általában hangolható kondenzátor. A táblázat képleteiben a kisebb ellenállást, mint R_2 -t, a nagyobb mint R_1 -et kell behelyettesíteni. Ha a meghajtó oldali ellenállás kisebb, mint a terhelés ellenállása a 2. oszlop kapcsolási rajzában a táplálás jobbról, míg ellenkező esetben balról értendő.

A harmadik oszlop képleteiben Q a választott jósági tényező, S és R számítási segédparaméterek.

A relatív veszteséget, amit δ -val jelöltünk, a 3. oszlop tartalmazza. δ definíciója:

$$\delta = \frac{P_v}{P_{be}}$$

ahol: P_v az illesztőhálózatban elvesztő teljesítmény, P_{be} az illesztőhálózat bemenő teljesítménye.

Az illesztőhálózat hatásfoka:

$$\eta = 1 - \delta$$

A jó harmonikus elnyomás és a kisveszteségű illesztés egymásnak ellentmondó követelmények, mivel a jó harmonikus elnyomás nagy Q -t, a kis veszteség pedig kis Q -t kíván.

Q gyakorlati értéke 5 és 20 között van. Kimenőkörként a harmonikus elnyomás érdekében csak hosszúgi tekercset tartalmazó típusú érdemes választani (a , c , e).

A Q választását az eddig említett két szemponton kívül egyéb szempontok is befolyásolják. Az illesztőkör típusának és Q értékének megfelelő megválasztásával elérhetjük, hogy az elemértékek jól realizálható tartományba essenek. Ezt a gyakorlatban rendkívül fontos optimalizálást segíti elő a 6. oszlopban található jelrendszer, amely rendre L , C_1 és C_2 elemértékek változásának irányát mutatja Q növelésével. Felfelé mutató nyíl növekedést, lefelé mutató csökkenést jelent. Ha valamelyik elem nem függ Q -tól, ezt 0-val jelöltük.

Az áthúzott nyíl azt jelenti, hogy a konkrét impedanciaviszonyoktól függően nőhet is, csökkenhet is. Ebben az esetben a rajzolt nyílirány csak bizonyos feltételek mellett érvényes, amelyeket nem részleteztünk, de a gyakorlatban általában teljesülnek.

Tranzisztoros teljesítményerősítőknél a kis impedanciaszint miatt túlságosan nagy kapacitásértékeket kapunk, különösen a hálózat e -vel jelzett kapcsolásában, amely nem más, mint a közismert Collins-szűrő. Ezért ez a kapcsolás a gyakorlatban ritkán használható. Ebből a szempontból pl. a c megoldás sokkal előnyösebb.

Az illesztés tulajdonképpen „két-dimenziós” feladat, azaz az impe-

15.1. táblázat

Sáv	1 pF reaktanciája [kΩ]	1 μH reaktanciája [Ω]	1 Ω-hoz tartozó kapacitás [nF]	1 Ω-hoz tartozó induktivitás [nH]
80 m	43,6	23	43,6	43,6
40 m	22,6	44,3	22,6	22,6
20 m	11,3	89	11,3	11,3
15 m	7,5	134	7,5	7,5
10 m	5,6	179	5,6	5,6
2 m	1,1	910	1,1	1,1
70 cm	0,366	2,78 k	0,366	0,366

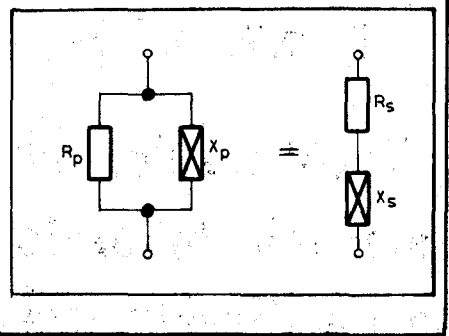
15.2. táblázat

Betűjel	Kapcsolás ($R_1 > R_2$)	Elem- értékek ($Q > \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1}$)	Relatív veszteség δ	Közbenső elem feszültsége vagy árama	Elemérték változása Q növelésével L C ₁ C ₂	Hangokkai jósági tényező C ₁ -re és C ₂ -re
1	2	3	4	5	6	7
a		$S = \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1}$ $X_L = QR_2 \quad X_{C1} = \frac{R_1}{S} \quad X_{C2} = (Q-S)R_2$	$\frac{Q}{Q_0}$		$\uparrow 0 \downarrow$	S Q-S
b		$S = \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1}$ $X_L = \frac{R_1}{Q} \quad X_{C1} = \frac{R_1}{Q-S} \quad X_{C2} = R_2 S$	$\frac{Q}{Q_0}$		$\downarrow \uparrow 0$	Q-S S
c		$R = (1+Q^2)R_2 \quad S = \sqrt{\frac{R}{R_1} - 1}$ $X_L = R_2 Q \quad X_{C1} = R_2 S \quad X_{C2} = \frac{R}{Q-S}$	$\frac{Q}{Q_0}$	$U_{C2} = \sqrt{2PR}$	$\uparrow \downarrow \downarrow$	S Q-S
d		$R = (1+Q^2)R_2 \quad S = \sqrt{\frac{R}{R_1} - 1}$ $X_L = \frac{R}{Q+S} \quad X_{C1} = R_2 S \quad X_{C2} = R_2 Q$	$\frac{Q+S}{Q_0}$	$U_L = \sqrt{2PR}$	$\uparrow \downarrow \downarrow$	S Q
e		$R = \frac{R_1}{1+Q^2} \quad S = \sqrt{\frac{R_2}{R} - 1}$ $X_L = R(Q+S) \quad X_{C1} = \frac{R_1}{Q} \quad X_{C2} = \frac{R_2}{S}$	$\frac{Q+S}{Q_0}$	$I_L = \sqrt{\frac{2P}{R}}$	$\downarrow \uparrow \uparrow$	Q S
f		$R = \frac{R_1}{1+Q^2} \quad S = \sqrt{\frac{R_2}{R} - 1}$ $X_L = \frac{R_1}{Q} \quad X_{C1} = R(Q-S) \quad X_{C2} = \frac{R_2}{S}$	$\frac{Q}{Q_0}$	$I_{C1} = \sqrt{\frac{2P}{R}}$	$\downarrow \uparrow \uparrow$	Q-S S

15.4. táblázat

	Keresett	Adott	Feltétel		Hivatkozás
a	X_{Le} X_{L2}	X_{L1}, X_{L2} X_{L1}, X_{Le}	$X_{Le} > X_{L1}$	$X_{Le} = X_{L1} + X_{L2}$ $X_{L2} = X_{Le} - X_{L1}$	c/3
b	X_{Ce} X_{C2}	X_{C1}, X_{C2} X_{C1}, X_{Ce}	$X_{Ce} > X_{C1}$	$X_{Ce} = X_{C1} + X_{C2}$ $X_{C2} = X_{Ce} - X_{C1}$	d/2
c	X_{Le} X_L X_C	X_L, X_C X_{Le}, X_C X_{Le}, X_L	$X_L > X_C$ $X_L > X_{Le}$	$X_{Le} = X_L - X_C$ $X_L = X_C + X_{Le}$ $X_C = X_L - X_{Le}$	d/1 a/2
d	X_{Ce} X_L X_C	X_L, X_C X_{Ce}, X_C X_{Ce}, X_L	$X_C > X_L$ $X_C > X_{Ce}$	$X_{Ce} = X_C - X_L$ $X_L = X_C - X_{Ce}$ $X_C = X_{Ce} + X_L$	c/1 b/2
e	X_{Le} X_{L2}	X_{L1}, X_{L2} X_{L1}, X_{Le}	$X_{L1} > X_{Le}$	$X_{Le} = \frac{X_{L1} \cdot X_{L2}}{X_{L1} + X_{L2}}$ $X_{L2} = \frac{X_{L1} \cdot X_{Le}}{X_{L1} - X_{Le}}$	g/3
f	X_{Ce} X_{C2}	X_{C1}, X_{C2} X_{C1}, X_{Ce}	$X_{C1} > X_{Ce}$	$X_{Ce} = \frac{X_{C1} \cdot X_{C2}}{X_{C1} + X_{C2}}$ $X_{C2} = \frac{X_{C1} \cdot X_{Ce}}{X_{C1} - X_{Ce}}$	h/2
g	X_{Le} X_L X_C	X_L, X_C X_{Le}, X_C X_{Le}, X_L	$X_L < X_C$ $X_{Le} > X_L$	$X_{Le} = \frac{X_L \cdot X_C}{X_C - X_L}$ $X_L = \frac{X_{Le} \cdot X_C}{X_{Le} + X_C}$ $X_C = \frac{X_{Le} \cdot X_L}{X_{Le} - X_L}$	h/1 e/2
h	X_{Ce} X_L X_C	X_L, X_C X_{Ce}, X_C X_{Ce}, X_L	$X_C < X_L$ $X_{Ce} > X_C$	$X_{Ce} = \frac{X_L \cdot X_C}{X_L - X_C}$ $X_L = \frac{X_{Ce} \cdot X_C}{X_{Ce} - X_C}$ $X_C = \frac{X_{Ce} \cdot X_L}{X_{Ce} + X_L}$	g/1 f/2

Ismert	Keresett
R_p X_p	$R_s = \frac{R_p}{1 + \left(\frac{R_p}{X_p}\right)^2}$ $X_s = \frac{X_p}{1 + \left(\frac{X_p}{R_p}\right)^2}$
R_s X_s	$R_p = R_s \left[1 + \left(\frac{X_s}{R_s}\right)^2\right]$ $X_p = X_s \left[1 + \left(\frac{R_s}{X_s}\right)^2\right]$
R_p R_s	$X_p = \frac{R_p}{\sqrt{\frac{R_p}{R_s} - 1}}$ $X_s = R_s \sqrt{\frac{R_p}{R_s} - 1}$



dancia abszolútértékének az előírt-nak, fázisának nulla értékűnek kell lenni. Természetesen a két feladat csak két beállító elem segítségével végezhető el. Nem közömbös azonban az, hogy az illető hangolóelem elég „erősen” beavatkozik-e az impedancia menetbe. Nyilván csak ekkor van reális esélyünk a gyakorlatban mindenképpen fellépő eltérések hangolással való kiküszöbölésére.

Ilyen eltérések okai: a lezárdás oldali állóhullámdarány, a tranzisztorparaméterek szórása és változása és az illesztőköri tekercs induktivitásának eltérése az elvi értéktől.

Minden hangoló elemre definiálhatunk egy „hangolási jósági tényezőt”, amely azt mutatja meg, hogy az illető elem milyen Q-jú rezgőkörben fejtené ki a hangolás szempontjából azonos hatást mint az illesztő hálózatban. A két kondenzátorra a hangolási jósági tényező értékét a 7. oszlop tartalmazza. A hatásos hangoláshoz az szükséges, hogy mindkét hangolási jósági tényező lehetőleg 2 (vagy nagyobb) de legalább 1 legyen.

A kapcsolási elemeink terhelhetősége véges, ismernünk kell tehát a rajtuk levő feszültséget és az átfolyó áramot. Az egyik ismeretében a másikat Ohm törvényéből határozhat-

juk meg. Bármelyik illesztőhálózatnál legalább két elem árama vagy feszültsége megegyezik a megfelelő végponti árammal, ill. feszültséggel. A hálózat két végpontjának feszültsége és árama a teljesítményből és az impedanciából egyszerűen számítható.

$$U_1 = \sqrt{2PR_1} \quad I_1 = \frac{U_1}{R_1}$$

$$U_2 = \sqrt{2PR_2} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

Itt is és a következőkben is a feszültség és áram csúcserőértékével számolunk. Pl. az a hálózatnál:

$$U_{C1} = U_1$$

$$I_{C2} = I_L = I_2$$

Ha van olyan elem a kapcsolásban, amelynek a terhelését ilyen módon nem határozhatjuk meg, ezt feltüntetjük az 5. oszlopban a megfelelő képlettel.

A táblázat alapján csak valós-valós impedanciák között tudunk illeszteni. A gyakorlatban azonban szükség van komplex impedanciák közötti illesztésre is. Kézenfekvő, hogy az illesztendő impedancia képzetes részét bevonjuk az illesztőkörbe és ezzel a

feladatot valós-valós illesztésre vezetjük vissza.

Mint ismeretes egy frekvencián bármely kétpólus akár párhuzamos, akár soros ekvivalensként ábrázolható. A két ekvivalens egymásba való átszámítását mutatja a 15.3. táblázat. Az ábrán a reaktanciát az átlósan kereszttezett téglalap jelöli. A transzformált reaktancia megtartja kapacitív vagy induktív jellegét. Egyszerű módon a képzetes rész bevonását soros ekvivalensből csak akkor tudjuk elvégezni, ha az illesztőhálózat hosszági elemmel kezdődik, és ugyanúgy párhuzamos ekvivalens reaktanciája a keresztági elembe vonható be.

Tehát az illesztendő impedanciát a számítás elején esetleg át kell alakítani a megfelelő ekvivalensbe.

A konkrét bevonást segíti a 15.4. táblázat, ahol két reaktancia minden lehetséges összekapcsolási módjára megadtuk a képleteket. Ha a „feltétel” nem teljesül a „hivatkozás” oszlopban jelzett képletet kell használni. *Ismét felhívjuk a figyelmet arra, hogy minden eddigi képletbe a reaktanciákat abszolút értékükkel kell behelyettesíteni, és mindig a keresett reaktancia abszolút értékét kapjuk.*

(Folytatjuk)

A Magyar Radio Újság 1925. szeptember 19-i száma beszámolót közöl a bécsi ipari vásár „elektromos” újdonságairól. Újdonságként hatott a 10 mm-es raszterhálóban, 3-4 mm-es furatokkal ellátott „kapcsolótábla”, amelyen egymás után bármely kapcsolás felépíthető. (Ez a kísérleti panel egyik őse volt!)

Az ismertetésből megtudjuk azt is, hogy a modern készülékekben, eltérően az addigi gyakorlattól, a „lámpákat” a készülék belsejében helyezték el. Elég meglepő az indoklás: a lámpák termelte hő csökkenti a készülék belsejében a nedvességet.

*

Lapelődünk gyakran számolt be a rádiózással kapcsolatos bírósági pekről. Az 1925. szeptember 26-i

RT-kalendárium

Vezető: Borbás István és Katona Zoltán

számban is van egy feltűnést keltő bírósági hír: „... a budapesti központi királyi járásbírósg elítélt egy rádióamatort, aki rádiókészüléket szerelt fel és a készüléket üzemen tartotta...”. A tulajdonképpeni feltűnést az keltette, hogy az országban akkor már legalább tízezer vevőkészülék működött, hasonlóképpen engedély nélkül. Azokat azonban nem jelentették fel. Az illetékesek meg is indokolták a szigorú eljárást: a szegény rádióamatort hatósági személy jelentette fel, és az ügyet a fennálló rendeletek értelmében le kellett tárgyalni. Mert a rend az rend!

Ugyanebben a számban még egy bírósági ügy: a vádlott szintén amatőr volt, aki saját készítésű adójával az országban elsőként teremtett rádiós összeköttetést Amerikával. A per lefolytatására valószínűleg itt is formális okokból volt szükség, de a vádlottat felmentették. Sőt, a védőbeszéd elhangzása után „az illetékes minisztérium hivatalos kiküldöttje felkelt és meleg hangon üdvözölte a vádlottat és gratulált neki az óriási eredményhez”.

A két per hasonló jellegű, de van egy nagy különbség. Az utóbbi Hollandiában zajlott le, ahol a világ akkor második legnagyobb rádiós vállalata, a Philips cég működött. A cikk írója szomorúan meg is jegyzi: „Nálunk más folytatása lett volna a tárgyalásnak”.