

# RH és URH teljesítményerősítők tranzisztorokkal

4.

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



## „B” és „C” osztályú tranzistoros teljesítményerősítők

Első lépés a tranzisztor kiválasztása a szükséges kimenő teljesítmény és a választott tápfeszültség ismeretében. Lehetőleg speciális adótranzisztor típust válasszunk. Ez nagyban leegyszerűsíti a tervezést és építést, mert az adatlapja készen adja az illesztőkörök méretezéséhez szükséges impedanciákat és az erősítést. Azonnal leszögezhetjük, hogy ezekhez az adatokhoz nem adótranzisztor esetén sem méréssel, sem számítással megfelelő pontossággal nem juthatunk hozzá. A számítást a megfelelő adatok hiányában nem tudjuk elvégezni, a mérés pedig legalábbis amatőr körülmények között bonyolultabb, mint az egész erősítő megépítése és kísérleti beállítása.

Látható, hogy a kísérletezést nem lehet kizárni, de egy közelítő számítást feltétlenül szükséges végezni. A probléma a határadatok ellenőrzése ( $I_{Cmax}$ ,  $U_{Cmax}$ ,  $I_{Bmax}$  stb.), az illesztőkörök számításához szükséges optimális terhelő impedancia és bemenő impedancia, továbbá az erősítés meghatározása.

Legegyszerűbb a szükséges kollektorköri terhelő impedancia kiszámítása:

$$R_T \approx \frac{U_T^2}{2P}$$

ahol  $R_T$  az optimális terhelés,  
 $U_T$  a telepfeszültség,  
 $P$  a kívánt kimenő teljesítmény.

A fenti képlet kisfrekvenciás és nagyfrekvenciás esetben is alkalmazható. A formula abból a feltételéből adódik, hogy a kollektoron levő váltófeszültség alapharmonikusa közelítőleg megegyezik a telepfeszültséggel. A tranzisztor kimenő kapacitása (amit majd bele kell vonnunk az illesztőkörbe) a kimenő feszültség változásával szintén változik. Átlagos értékét úgy kapjuk, hogy a kollektor-bázis kapacitás telepfeszültségnél felvett értékét 20%-kal megnöveljük.

Lényegesen nehezebb a bemenő impedancia és bemenő teljesítmény meghatározása. Kisfrekvencián

( $f < f_{\beta}/3$ ) viszonylag egyszerűen célt érünk:

A kollektoráram alapharmonikusának csúcserőteke:

$$I_{C1} \approx \frac{2P}{U_T}$$

(Egyéb megjegyzés hiányában a váltófeszültség és váltóáram értékén annak csúcserőteket értjük itt és a következőkben is.)

A bázisáram alapharmonikusa:

$$I_{B1} \approx \frac{I_{C1}}{B}$$

ahol  $B$  a nagyjeltű átlagos áramerősítési tényező.

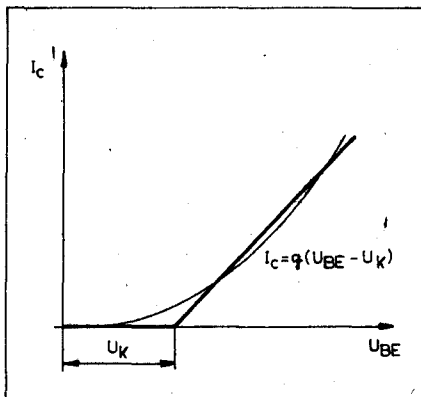
A bázisfeszültség meghatározásához közelítsük a kollektoráram-bázisfeszültség karakterisztikát lineáris töréspontos karakterisztikával, ahogy a 11.5. ábra mutatja.

A közelített karakterisztikát két adattal jellemezhetjük:

$U_K$ : küszöbfeszültség,  
 $g$ : meredekség.

Definiáljuk az „ $x$ ” segédmennyiséget a következő képlettel:

$$x = \frac{g(U_K + U_{BE0})}{I_{C1}}$$



11.5. ábra

ahol  $U_{BE0}$  a bázis-emitter záróirányú előfeszültsége („B” osztály esetén 0).

A most definiált segédmennyiség és a folyási szög közti kapcsolatot a 11.6. ábra mutatja.

A folyási szög ismeretében már meghatározható az  $I_{Cmax}$  kollektor csúcásáram,  $U_{B1}$  vezérlő feszültség és  $\eta$  áramkivezérlési hatások értéke.

Az összefüggéseket a 11.7. ábrán ábrázoltuk. Az ábrából leolvasott adatok segítségével a keresett jellemzőket a következő képletekkel határozhatjuk meg:

$$I_{Cmax} = \left( \frac{I_{Cmax}}{I_{C1}} \right) I_{C1}$$

$$U_{B1} = \frac{U_K + U_{B0}}{\left( \frac{U_K + U_{B0}}{U_{B1}} \right)}$$

Ha  $x < 0,2$  az előbbi képlet helyett a következőt kell alkalmazni:

$$U_{B1} = 2 \frac{I_{C1}}{g}$$

A fokozat hatásfoka három tényező szorzataként írható fel:

$$\eta = \eta_I \cdot \eta_U \cdot \eta_{III}$$

ahol  $\eta_I = \frac{I_{C1}}{2I_{C0}}$  áramkivezérlési hatások,

$\eta_U = \frac{U_{C1}}{U_{C0}}$  feszültségkivezérlési hatások,

$\eta_{III}$ : az illesztőkör hatásfoka.

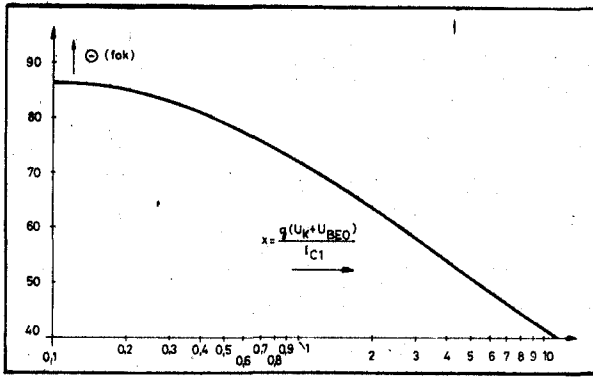
A bemenő impedancia:

$$R_{be} = \frac{U_{B1}}{I_{B1}}$$

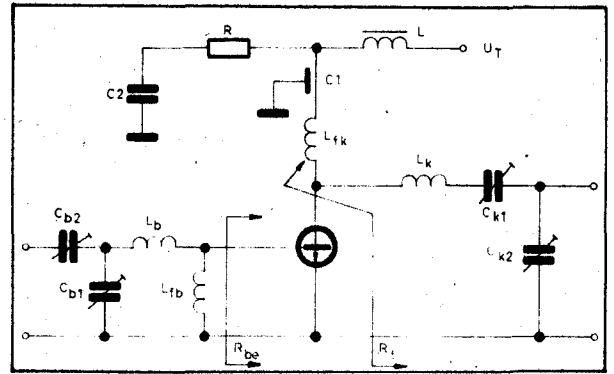
A szükséges meghajtó teljesítmény:

$$P_{be} = \frac{U_{B1} \cdot I_{B1}}{2}$$

Az  $f_T/\beta < f < f_T$  frekvenciatartományban a kisfrekvenciás szemlélet használhatatlan, és téves ered-



11.6. ábra



11.9. ábra

ményekre vezet. A kollektor áramimpulzus kiszélesedik, a folyási szög megnő (mintha a munkapontot „AB” osztályba állítottuk volna) és az áramimpulzus aszimmetrikussá válik.

A nagyfrekvenciás nagyjeldű viselkedés precíz tárgyalása meglehetősen bonyolult. Szokás és a gyakorlatban bevált fogás, hogy a már ismertett helyettesítőképek segítségével számolunk, amelyekben átlagos paramétereket használunk. Ez a durvának látszó módszer meglepően jó eredményeket ad, aminek az a magyarázata, hogy — mint már említettük — a kollektoráram jelalak kiszélesedik és a folyási szög szerinti osztályozásban közel járunk az „A” osztályhoz.

A továbbiakban csak a legegyszerűbb helyettesítőkép alapján adódó eredményeket ismertetjük. A helyettesítőkép a 11.8. ábrán látható.

A helyettesítőkép négy paramétert tartalmaz ( $r_b$ ,  $C_{CB}$ ,  $\omega_T$ ,  $L_e$ ) és eleve felteszi, hogy  $3\beta < f$ . Ennél kevesebb elemű leírás, már olyan durva közelítéseket tartalmazna, hogy nem használható.

Adott kimenő teljesítményhez tartozó optimális terhelő ellenállást is a már használt képlettel kapjuk:

$$R_t \approx \frac{U_t^2}{2P}$$

A továbbiakhoz először ki kell számolni egy a visszahatásra jellemző segédmennyiséget:

$$k = 1 + 2\pi f_T C_{CB} R_t$$

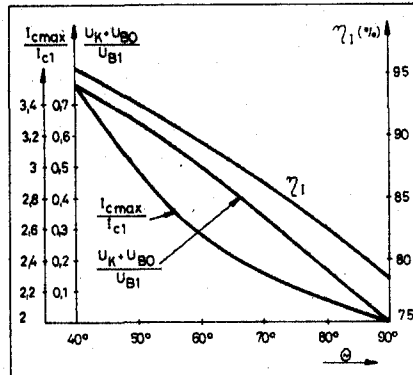
A bemenő impedancia valós része:

$$R_{be} = r_b + \frac{2\pi f_T L_e}{k}$$

A teljesítményerősítés:

$$G_p = \left(\frac{f_T}{f}\right)^2 \frac{R_t}{R_{be}} \cdot \frac{1}{k^2}$$

Mint az utolsó képlet mutatja a bemenő ellenállás minél kisebb értékére kell törekednünk. A bemenő ellen-

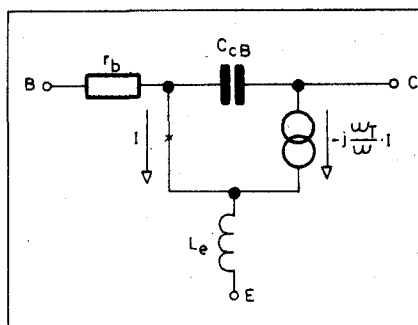


11.7. ábra

állás kifejezése szerint ez kis emitterinduktivitással érhető el.

Az emitterinduktivitásban nemcsak a tényleges emitterbevezetés inductivitása szerepel, hanem az áramköri elrendezés minden olyan része, ahol átfolyik az emitteráram. Szintén láthatjuk a kifejezésből, hogy az emitterbevezetés inductivitásának hatása annál jelentősebb, minél magasabb határfrekvenciájú a tranzisztor.

Természetesen téves lenne az eddigiekből arra a következtetésre jutni, hogy alacsonyabb határfrekvenciával rendelkező tranzisztor használata célszerűbb, mivel az kisebb bemenő impedanciát ad azonos  $r_b$  és  $L_e$  mellett, ugyanis a teljesítményerősítés négyzetesen függ a határfrekvenciától.



11.8. ábra

Megjegyezzük, hogy reális áramköri viszonyok esetén a terhelő ellenállás tíz ohm, a bemenő ellenállás pedig ohm nagyságrendű. A rendkívül alacsony impedancia-szintek magyarázzák azt, hogy a szórt kapacitásoknak sokkal kisebb a szerepük, mint a szórt inductívításoknak. (Döntően az emitterinduktívításnak.)

A 11.9. ábrán egy gyakran előforduló „B” osztályú kapcsolást mutatunk be.

$L_b$  bázisköri fojtó biztosítja a nulla bázis-emitter egyen feszültséget azaz a „B” osztályú beállítást. Az  $L_b$ ,  $C_{b1}$ ,  $C_{b2}$  illesztőhálózat a tranzisztor bemenő ellenállását illeszti a meghajtáshoz, amely leggyakrabban egy előző fokozat. A kollektor az  $L_k$  kollektorköri fojtón kapja a telepfeszültséget. Az  $L_k$ ,  $C_{k1}$ ,  $C_{k2}$  kimenő illesztőtág a lezárás impedanciáját transzformálja a szükséges  $R_t$  értékre.

Eddigiekben feltételeztük, hogy az áramkör működését csak a tranzisztorra jellemző (megadott) maximális határadatok korlátozzák. Ez igaz addig, amíg a kollektorkör visszahatása a bázisra elhanyagolható. A frekvencia növelésével, különösen a  $C_{CB}$  kapacitáson keresztül a visszahatás megnő és kedvezőtlen generátor- és terhelésoldali lezárások mellett az áramkör begerjedhet.

Különösen kritikus az az eset amikor egy nagy teljesítményű tranzisztor kisebb teljesítményszinten akarunk használni változatlanul jó hatásfok mellett. Ekkor ugyanis megnöveljük a tranzisztor terhelő impedanciáját, tehát megnő az áramkör erősítése is. Ezzel az áramkör instabilabbá (esetleg instabilá) válik.

Tehát a stabilitás is korlátot szab a lezáró impedanciákra, ezzel (adott tápfeszültséget feltételezve) a teljesítményszintekre.

A 11.9. ábrán látott példában a  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $R$ ,  $L$  hálózat nyújt védelmet a kisfrekvenciás gerjedés ellen.

A stabilitás és az illesztőhálózatok kérdésével a későbbiekben még részletesen foglalkozunk.

(Folytatjuk)