

Örök sláger: a QUAD-405-ös végerősítő (3.)

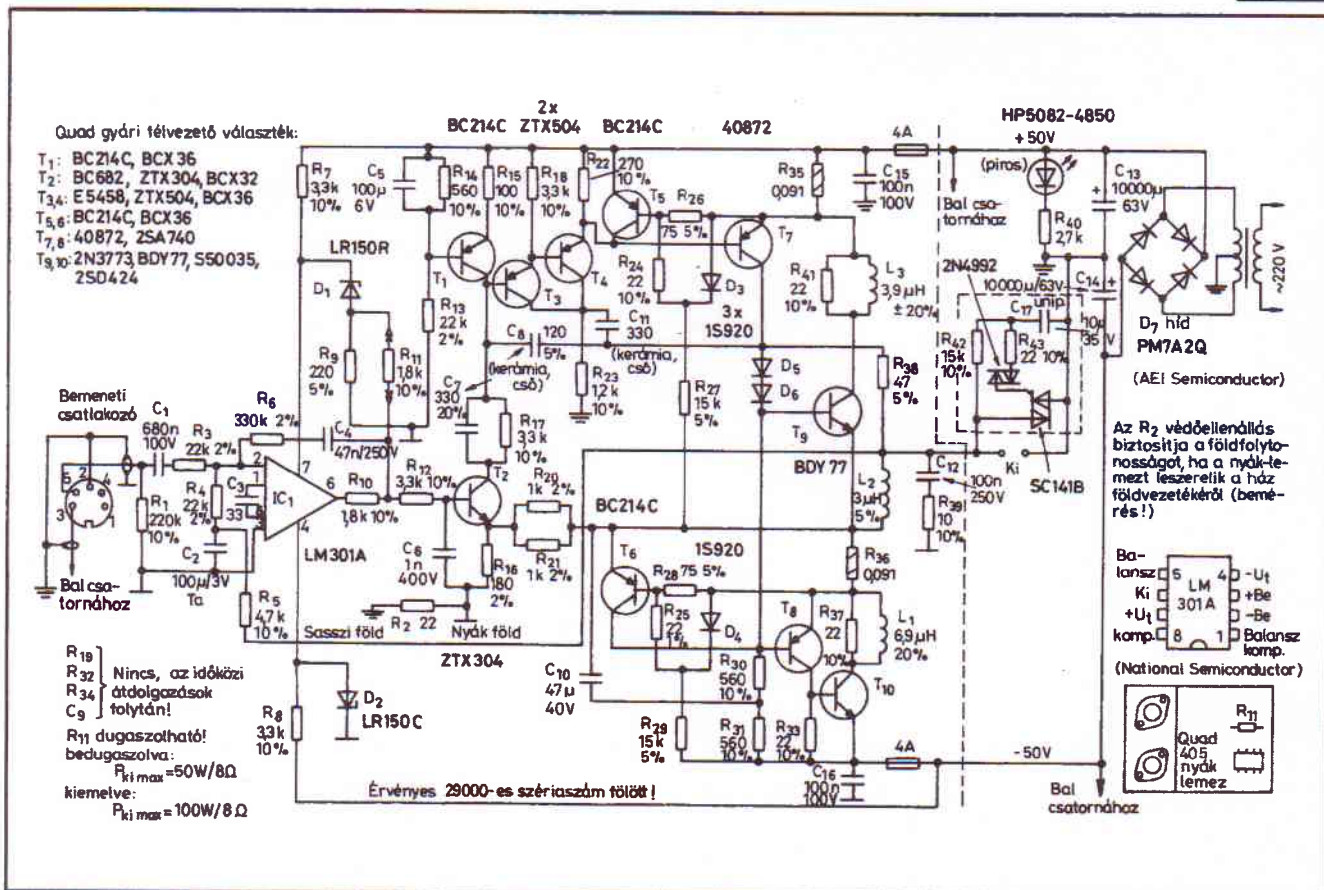
Ha a múlt havi számunk 10. ábráján az R_{1-4} ellenállások elhelyezkedését megfigyeljük, láthatjuk, hogy hidkapcsolással állunk szemben, ahol a keresztágban helyezkedik el a dumperfokozat. Ha a híd elemeit jól választottuk meg, a híd a hangfrekvenciás sávban kiegyenlítettnek tekinthető.

Ha a híd kiegyenlített, akkor következésképp a P1 és P2 pontokon azonos jel jelenik meg. Ha a P1 ponton a jel torzítása igen kicsiny (vagy zérus), a P2 ponton is kicsi. Az R₁-R₂-en keresztül a bemenetre visszavezetett ellencsatoló feszültség az „A” osztályú erősítő következtében a szokásos módon az egész erősítő tulajdonságait hatásosan javítja.

A dumperfokozat azonban a vezérlőjelhez képest eltérő áramot szolgáltat,

ha a kimeneten terhelés is van. Ekkor az R₄ figyelőellenálláson egy további hibafeszültség keletkezik, ami a híd-egyensúly felborulásához vezet. A hibafeszültség az „A” osztályú erősítő bemenetére kerül és ott vezérlőjelként jelentkezik, majd megjelenik felerősítve a P1 ponton, illetve a terhelésen is. Azonban ez a P1 ponton megjelenő jel torz, torzítása alakhű, de éppen ellenfázisban van azzal a torz jellel, ami a dumperfokozat hibájából keletkezett. A dumperfokozat a torz vezérlőjel hatására részben saját torzításának kompenzálására kényszerül (amíg erre képes), továbbá a szélsőséges esetekben (a nullátmenet közelében) lezár. Ekkor a kimenetre csupán az „A” osztályú fokozat szállít áramot. Ha a híd elemeit jól választottuk meg, a híd minden vezér-

11. ábra



lési állapotban, a tetszőleges eredetű tranziensek alatt is az erősítőt kis torzítású kimenőjel előállítására kényszeríti. A végső tulajdonságokat az „A” osztályú erősítő torzítása és a híd kiegyenlítőtlensége befolyásolja.

Elvileg hasonló kis torzítású erősítő készíthető szoros negatív visszacsatolás alkalmazásával is, de ez csak a hagyományos mérési módszerek szerint tűnik célravezetőnek.

Megfelelő korszerű mérési módszer szerint, vagy meghallgatásos alapon vizsgálva az ilyen erősítőt, jól hallhatjuk a lefulladásokat, a zavaros hangképet, a rossz tranziens viselkedést. A visszacsatolás szorosabbá tétele ezen túlmenően súlyos (egyedileg megoldandó) fáziskompenzációs problémákat vet fel, ami kellő műszerezettség mellett is komoly nehézségeket okozhat. A Quad-erősítő lényeges előnye tehát a csekély negatív visszacsatolással elérhető kis torzítás és jó tranziens viselkedés, tekintet nélkül a tranziensek eredetére.

Az erősítő gyakorlati megvalósításánál további szempontokat is figyelembe kellene venni. A teljesítményerősítőktől megkövetelik, hogy a szóba jöhető hangfrekvenciákon kimeneti impedanciájuk minél kisebb legyen, továbbá a negatív visszacsatolás körébe bevont erősítőrészt frekvenciamenete stabilitási okokból eső jellegű legyen, lehetőleg több dekádon keresztül mindössze egy időállandóval. Ez utóbbi követelményt jól elégíti ki a gyakorlatban az, ha az

„A” osztályú erősítőt (gyors) integrátorra képezzük ki oly módon, hogy az R_2 ellenállást 120 pF-es kondenzátorra cseréljük. A híd váltakozó feszültségű szempontból kiegyenlített marad, ha $R_3 = 47 \Omega$ és $R_1 = 500 \Omega$ hídelemek mellett R_4 -et $3 \mu\text{H}$ induktivitásra cseréljük ($R_1 R_3 C = L$).

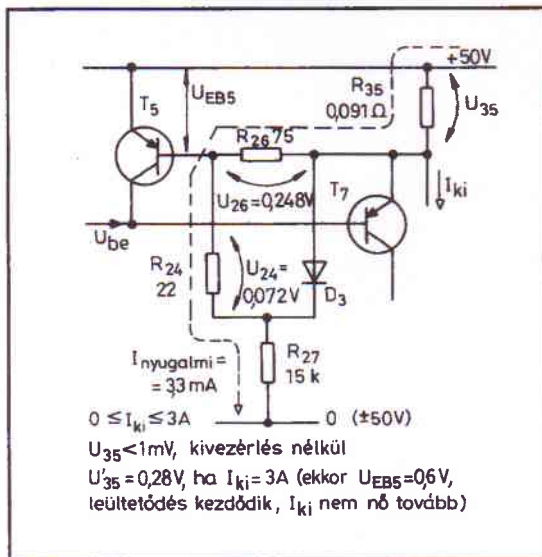
Vizsgáljuk meg most azt a határesetet, amikor a dumperfokozat jelentős árammal vezet (ellenállása ekkor első közelítésben elhanyagolható). Az erősítő kimeneti ellenállása ebben az esetben R_3 paralel L . A másik szélsőséges vezérlési esetben a dumperfokozat le van zárva. Ekkor – ha jól választottuk meg a híd elemeit, tehát a híd kiegyenlített – a kimeneti impedancia változatlanul R_3 paralel L . Viszont „bármilyen erősítőrendszernek, amely a torzításmentes üresjáratú kimenőfeszültséggel rendelkezik, továbbá kimeneti impedanciája független a terheléstől, torzításmentesnek kell lennie” (P. J. Baxandall: Current Dumping Audio Amplifier).

Az eredeti ötletet megvalósító kapcsolástechnika az évek során több kisebb módosításon, finomításon esett át. A Quad-405-ös erősítő újabb változata a 11. ábrán látható (érvényes a 29 000-es száriaszámától felfelé).

Az erősítő belsejében helyezkedik el az „A” osztályú kiváló linearitású erősítőfokozat: T_2 földelt emitteres erősítő a T_1 áramgenerátoros munkaellenállással, innen a jel a T_3 és T_4 Darlington kapcsolású emitterkövetőkön halad tovább a végfokozatot képező T_7 teljesítménytranszisztorig. Ennek kollektorában jelenik meg a tápfeszültségnyi amplitúdójú, igen kis torzítású kimenőfeszültség. A linearitást a tápfeszültség utánhúzása is javítja C_{10} kondenzátor útján. Kis vezérlésnél a fokozat terhelését csupán $R_{38} = 47 \Omega$ képviseli (a híd egyik eleme, mellette alig jön számításba a hangszóróterhelés pontos értéke).

A dumper kvázikomplementer fokozat T_8 – T_9 – T_{10} tranzisztorokkal van kiképezve. A tiszta „B” osztályú működés következtében T_8 – T_9 báziskörében nincs az eddigiekben megszokott, de az „AB” osztályú üzemre jellemző feszültségforrás (diódák, tranzisztorok). A T_9 – T_{10} végtranzisztorok nyugalmi ára-

12. ábra



ma zérus, a végfokozat kb. 1,2...1,5 V holtzónával rendelkezik a nullátmenet környezetében.

A kellő feszültségerősítés, a szabatos bemeneti impedancia, a teljesítménykorlátozási lehetőség biztosítására, továbbá a teljes erősítő kimeneti driftjének, ofsztijének minimalizálására a bemeneten műveleti erősítő helyezkedik el. Táplálására két Z-diódás feszültségosztó szolgál. A pozitív ágba elhelyezett dióda „talpa” kissé „fel van emelve a földről” (az R_6 ellenálláson átfolyó néhány mA 1,5–2 V feszültséget ejt). Miután a T_2 bázisa is kb. ekkora pozitív potenciálon van, az IC kimenete és a D_1 anódja is azonos potenciálú pontok, így egyenfeszültség-ugrás nélkül ki- és beiktatható az R_{11} ellenállás.

Ha az R_{11} bedugaszolható ellenállást eltávolítjuk, az IC-ből a teljes feszültségamplitúdó „kijön”. Beiktatva (bedugaszolva) az R_{11} ellenállást, nyugalmi állapotban változás nem történik, az erősítő egyenfeszültségű szempontból változatlan munkapontban üzemel, hiszen D_1 anódja és T_2 bázisa ekvipotenciális pontok. Vezérlés közben azonban az IC kimenetén levő (az előbbi állapothoz képest többlet-) terhelés egy adott vezérlési pontban már akkora terhelőáramot jelent a beépített túláramkorlátozóval ellátott IC számára, hogy az LM301A védelme megszólal. Ez hozzávetőlegesen 25 mA csúcsáram felett korlátozza a kivehető áramot, vágva a kimenőjel csúcsát. Az $R_9 + R_{10} + R_{11}$ eredő ellenállása úgy van meghatározva, hogy míg R_{11} beiktatása nélkül a Quad-405 üresjáratú kimenőfeszültsége kb. 32 V_{eff}, addig R_{11} beiktatásával a legnagyobb kivehető feszültségamplitúdó csupán 20 V_{eff}. Ily módon 8 Ω -os terhelőimpedanciát feltételezve a névleges 100 W kimenőteljesítmény helyett most 50 W-t tud leadni az erősítő.

A Quad-erősítő kimeneti rövidzárvé-

dő áramkorlátozását a T_5 és T_6 tranzisztorok végzik. Nyugalmi helyzetben (vezérlés és terhelés nélkül) a T_5 tranzisztor le van zárva, ugyanis U_{EB} feszültsége még éppen nem elegendő a számottevő kollektoráram kialakulásához. Az $R_{35}-R_{36}-R_{24}-R_{27}$ ellenállásokon átfolyó áram 0,2...0,3 V nyitófeszültséget eredményez. Amint azonban számottevő feszültségesés létesül az R_{35} ellenálláson (a terhelésen vezérlés közben átfolyó áram következtében), az U_{EB} feszültség megnövekszik és T_5 egy adott nyitófeszültség felett leültethető, rövidre zárva T_7 bázis-emitter vezérlőfeszültségét. Kis kivezérléseknél, de nagy terhelőáramoknál (rövidzár a hangszóróvezetékben), kb. 3-4,5 A terhelésnél lép működésbe a rövidzárvédelem (12. ábra).

Abban az esetben, mikor a terhelésen jelentős feszültségamplitúdó is felléphet, egyúttal (normál kivezérlési, de túlterhelést eredményező állapot, pl. túl alacsony impedanciájú hangszóró), az R_{27} ellenállás alsó végén jelentkező nagy negatív feszültségcsúcs hozzáadódik a nyugalmi (zérus) értékhez és csúcsamplitúdójú kivezérlésnél már 2-2,2 A körül létrejöhet a határolás. A kedvező határoló karakterisztika kialakulását a D_{3-4} diódák segítik elő. Az áramhatárolás pontos értékét a félvezetők nyitófeszültsége és a hőmérséklet is jelentősen befolyásolja.

A kimeneti védelem a T_6-T_8 vonatkozásában is hasonlóan működik. Ahhoz azonban, hogy a működés teljesen zavartalan legyen, a D_{5-6} diódák egy kis nyugalmi potenciálettolást hajtanak végre a végfokozat belsejében. Ennek eredményeképp csak a T_{9-10} működik tiszta „B” osztályban, mert T_7 kollektoráramának kb. 1/5 része az $R_{38}-L_2-R_{36}-T_6-R_{33}$ útvonalon folyik be a negatív tápfeszültség-vezeték felé, így a T_8 tranzisztor „A” osztályban dolgozik.

