

Örök sláger: a QUAD-405-ös végerősítő (2.)

A Quad-405 erősítő azon (meglehetősen ritkaságszámba menő) elektroakusztikai berendezések körébe tartozik, melynek készítői ismert sémákból történő, egyszerű összeépítés (egymást másolás) helyett vették a fáradságot és megtervezték azt – ellentétben egyéb hasonló (méregdrága, csillogó-villogó csúcsszuper HIFI) készülékekkel. Az *Acoustical Manufacturing Company Ltd.* tervezői, *Peter Walker* és *Michael Albinson* által befektetett szellemi energia kitűnő műszaki paraméterekben hozta meg gyümölcsét (és persze az évek óta jól menő üzletet).

A Quad-405-ös teljesítményerősítő

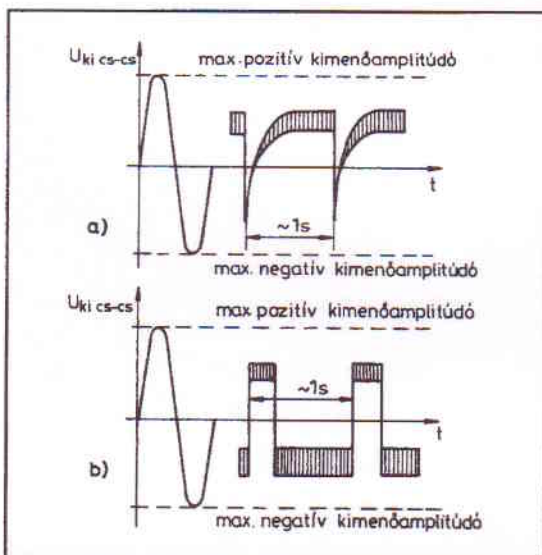
kiváló eredményt ért el olcsó, de a célnak maradéktalanul megfelelő félvezető eszközökkel és kulturált gyártástechnológiával. Tulajdonképpen nagyon kevés ilyen magas színvonalú készülék van, amely ekkora (gyakorlatilag 100%-os!) biztonsággal utánépíthető lenne amatőrök számára. Az olvasók által kivitelezett kísérleti széria tapasztalatai is ezt igazolták! (Ez még a nyolcvanas évek elején történt. – A szerk.)

Az utánépítőknek komoly fejtörést jelentett az elvi működés megértése, illetve a korábbi ismertetés során lényeges momentumok tisztázatlanok maradtak. Egyébként sajátos, hogy nem csupán a műkedvelők, hanem a szakemberek egy része sem rendelkezik elegendő ismerettel ahhoz, hogy egy átlagos hangfrekvenciás végerősítőben lezajló folyamatokat mennyiségileg és minőségileg ki tudjanak értékelni. Még a felkészültebbek zöme is megreked az egyenfeszültségű állapotok, a villamos tranziszsek figyelembevételénél, és utóbb a hallgatóság megállapíthatja: az erősítő a kitűnő mérési paraméterek ellenére hitványul szól, táptalajt adva azután mindenféle babonák kialakulásának – joggal!

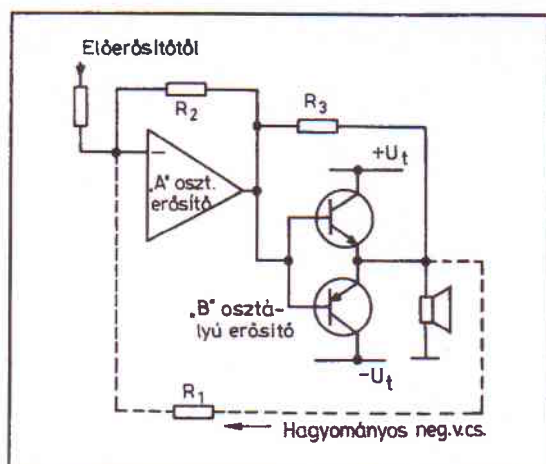
Összevetve a korábbi elektroncsöves berendezéseket a mai félvezetős erősítőkkel, ez utóbbiak majd minden esetben jobb paramétereket mutatnak fel a mérések során, meghallgatás után viszont általában alulmaradnak a küzdelemben. A dolog magyarázata csupán annyi, hogy egy félvezetős erősítőt *nem jóra kell mérni*, hanem új követelmények alapján *jóra kell tervezni és építeni!* Ugyanis mindazon mérési paraméterek, amelyek korábban elegendőek voltak a csöves erősítők esetében a minőség megállapítására, a félvezetős erősítőnél majdnem érdektelenek. A harmonikus torzítási adat szinte semmit nem mond egy tranzisztoros erősítőről, ha már eléggé kicsiny (jóval kisebb 1%-nál).

Mint ismeretes, a félvezetők üzem közben jelentősen melegsznek és paramétereik a hőmérséklettől is függenek. Azt már igen kevesen veszik figyelembe, hogy a paraméterek milyen

7. ábra



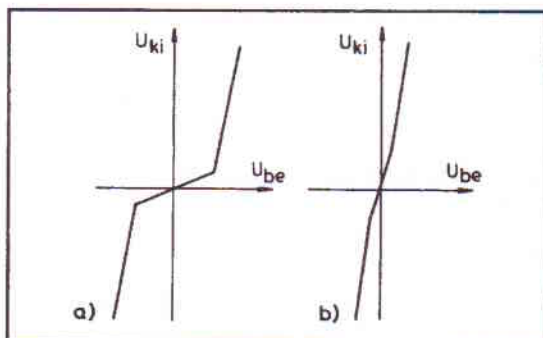
8. ábra



gyorsan és milyen durván változhatnak a hőmérséklet függvényében. Sajnálatos, hogy a hőmérséklet-változás számos tranzienssel jellemezhető már a legegyszerűbb esetekben is. A tokozás átlaghőmérsékletétől alig függően a kicsiny félvezető lapka, a félvezető átmenet igen nagy sebességgel képes követni a vezérlési állapotok során létrejövő gyors áram-, feszültség- és disszipáció-változásokat. Ez a szokásos kisjelű tranzisztorok esetén (pl. BC107 és hasonló) annyit jelent, hogy még 50...100 kHz (!) frekvenciáig is képes a lapka hőmérséklete a vezérléssel együtt futni, lüktetni. A teljesítménytranzisztorok nagyobb lapkái is hasonlóan viselkednek: bőségesen a hangfrekvenciás sávon belül van az a tartomány, ahol a lapka, illetve a p-n átmenetek hőmérséklete jól-rosszul követi a vezérlést.

A szokásos mérőjeleknél, így a szinuszos torzításmérésnél, a teljes HI-FI erősítő félvezetőlapka-együttesének hőmérséklete viszonylag jól követi a szinuszjelet és jól mérhető, de nem túl jelentős torzítást okoz a hangfrekvenciás sáv középső tartományában. Abban a pillanatban azonban, mikor a vezérlőjelen szintugrás (burst) lép fel, vagy jelentős aszimmetria tapasztalható, akkor – a termikus problémák miatt – igen jelentős munkapont-eltolódás lép fel, és az előbbinél sokkal nagyobb mértékű torzítást tapasztalunk. Ennek kimérése azonban csak meglehetősen bonyolult műszerpark (mérőrendszer, tranziensztorzítás-analizátor) birtokában lehetséges.

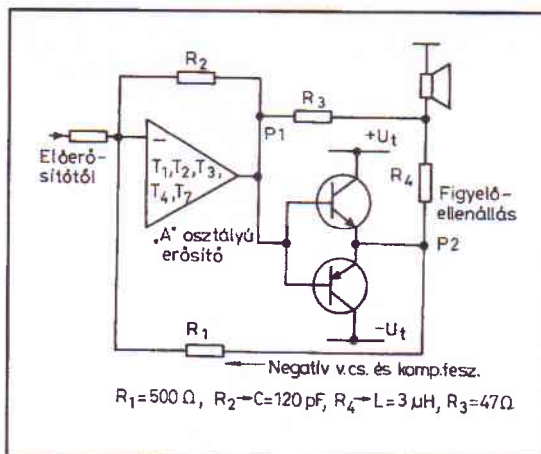
A műsorjel azonban a legritkább esetben hasonlít valamilyen szabályos, generátor által előállított jelhez, sokkal inkább zajjellegű. Így a félvezető lapkák pillanatnyi hőmérséklete is statisztikusan, előre meg nem határozható módon változik üzem közben. Motiválja a helyzetet még az is, hogy a félvezetők adatai ezenkívül még áram- és feszültségfüggők is. Felléphetnek (és fel is lépnek!) olyan üzemállapotok, ahol a rövid idejű hőmérsékleti tranziensekből, a szokásosnál ravaszabb mérési eljárásokkal is nehezen kimutatható, de jellemző és jelentős torzítások léphetnek fel, amelyek „kitűnően” hallhatók. Ezek a jelenségek nem tévesztendőek össze a különböző RC-elemek okozta tranziensekkel, ilyen alkatrészeket nem tartalmazó



9. ábra

DC-erősítőkben is ugyanígy előáll a termikus tranziensek okozta torzítás! Egy $k_{ot}=0,2\%$ és $k_{IM}=0,2\%$ torzítású kis erősítő (5 Ω -on 15 W teljesítményre képes) jellegzetes tranziens viselkedése látható a 7. ábrán, aszimmetrikus vezérlés és megfelelő alakú jelkeverék esetén. Az 1 Hz körüli ismétlődési frekvenciájú, de 1-2 μ s fel- és lefutással rendelkező aszimmetrikus négyszögjel és a hozzáadott 10%-nyi amplitúdójú 10 kHz-es szinuszjel együttes viselkedése jóval a teljes kivezetés elérése előtt kimutatja az erősítő gyengéit. Az aszimmetrikus melegezés a 10 kHz-es komponens átvitelében jelentős hibát okoz. A gyors lefutású és lassú felfutású negatív tüskékre szuperponált 10 kHz-es jel a nagy negatív pulzusok után egy ideig át sem halad az erősítőn, az erősítő lefűlt! A négyszögjeles vizsgálat ugyanakkor kifogástalan viselkedést mutatott, tehát csak és kizárólag jelkeveréssel lehet az ilyen hibát felderíteni!

A műsorjel okozta melegezés azonban hosszabb időre átlagolóódik is a félvezető lapkákhöz tartozó hővezető tömegek (tokozás, esetleg hűtőborda) segítségével. Ez, a tömegek méretétől füg-



10. ábra

elektroakusztika * elektroakusztika

gően, az előbbinél sokkal lassabb hőmérsékleti tranziensek okozója lesz, így a félvezetős erősítő torzítása (a réteghőmérséklet, a bázis-emitter feszültség, β , f_T és a még egy sereg paraméter) változó tényező, amely a programdinamikának mind a „hosszú távú”, mind a „közelmúlt” történetétől függ. Ezen számos üzemiállapotok között az erősítő egyes részein átmenetileg felszakad a negatív visszacsatoló hurok a szélsőséges üzemmód (lezárás, leültetődés) miatt. A hőmérsékleti hatások természetesen szoros kölcsönhatásban vannak a tisztán elektromos tranziensekkel, paraméterekkel, a nagyfrekvenciás kis- és nagyjelű működéssel, így a helyzet rendkívüli bonyolultságú. Egy öt-tíz tranzisztoros HIFI-erősítő teljes és korrekt matematikai vizsgálata számítógép nélkül elképzelhetetlen, de ekkor még csak a diagnózist állítottuk fel, a hibás működés még fennáll, a negatív visszacsatolás fokozása pedig az előbbieket miatt alig javít a viszonyokon.

A részletes vizsgálatok azt mutatták, hogy a legszűkebb keresztmetszet a nagyáramú, nagy teljesítményű („AB” és „B”) fokozatokban lép fel, viszont az „A” osztályú nagyjelű, de kis áramú, kis teljesítményű fokozatok elegendően kis torzításúra építhetők (egyértelműen

a nagy áramokkal van probléma). A Quad-erősítő tervezői ezért a 8. ábra szerinti áramkörből indultak ki. A kis torzítású „A” osztályú fokozat képes a teljes kimeneti amplitúdó előállítására, de igen csekély áramterhelhetőség mellett. A tiszta „B” osztályú (dumper) fokozat szolgáltatja a szükséges áram túlnyomó hányadát a terhelés számára. Mivel a „B” osztály következtében (de akár a szokásos „AB” osztály esetén is egyes vezérlési pillanatokban, l. korábban!) a dumperfokozat a nullátmenet közelében le van zárva, az erősítő jellegzetes tört átviteli karakterisztikával rendelkezik (9. ábra), így kellemetlen, igen jól hallható keresztvezési torzítást produkál. A viszonyokon csak látszólag segít a negatív visszacsatolás.

A feladat tehát adott volt: a dumperfokozat működését külön kellett választani, és pillanatról pillanatra figyelni kellett a teljesítményerősítő torzítását. Mivel a torzítás a kimenőáramban is jelentkezik, a 10. ábra szerint beiktatott ellenállás a dumper kimeneti áramát figyeli. Az itt nyert figyelőjelet vissza lehet vezetni az „A” osztályú erősítő megfelelő bemenőpontjára, ahol alkalmas módon felhasználható. A működést következő számunkban fogjuk részletesen ismertetni. □