

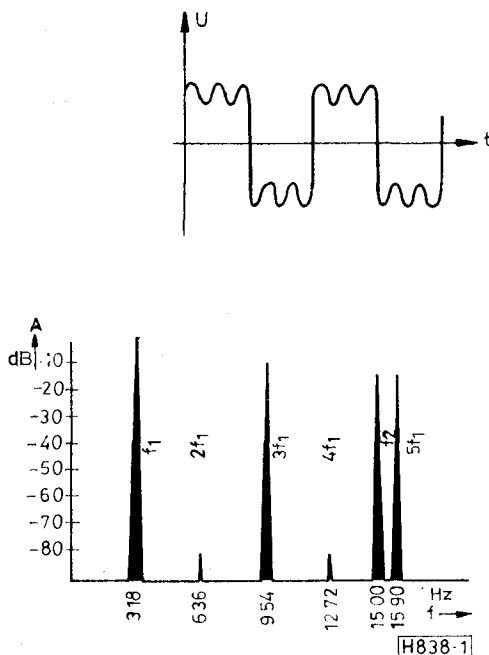
Dinamikus torzítások nagy hanghűségű erősítőkben

DR. PÓCZA
ATTILA,
SOMLAI TAMÁS
KKVMF Híradásipari
Intézet

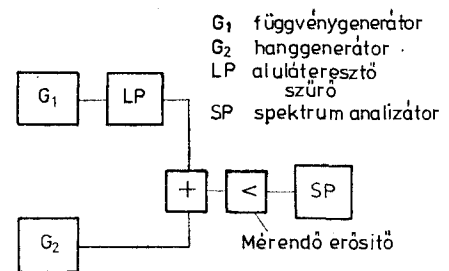
A hangfrekvenciás erősítők torzítását jelenleg a harmonikus torzítási tényezővel és az intermodulációs torzítási tényezővel jellemzik. Szokásos az egyes harmonikus összetevők amplitúdóit külön-külön is megadni. E mennyiségek az erősítők átvitelének nemlinearitásaira jellemzők.

A tapasztalat azt mutatja, hogy zenei jelek nagy hanghűségű átvitele során hallható különbségek vannak olyan erősítők között is, melyek említett torzítási tényezői extrém kis értékűek, s közel azonosak. Megfelelően választott vizsgálójellel, adott feltételek mellett kimutathatók olyan jellegű torzítások is, melyek a hagyományos — statikus — módon nem érzékelhetők.

A legtöbb zenei anyag tartalmaz ugrásszerű amplitúdó változásokat, s ezért a dinamikus torzítások kimutatásához speciális mérőjelet kell alkalmazni, mely az említett sajátosságot is magába foglalja. Ilyen mérőjel a ma már IEC ajánlásként alkalmazott, először Matti Ojala [1] által javasolt 3,18 kHz alapfrekvenciájú négyszögjel, melyre 4:1 amplitúdó arányban 15 kHz-es szinuszelet szuperponálunk. Az 1. ábra



1. ábra



2. ábra

a mérőjelet az időtartományban és a frekvenciatartományban (spektrum) mutatja be, a mérési elrendezés a 2. ábrán látható.

Az alkalmazott aluláteresztő szűrő a nemkívánt felharmonikus tartalmat csökkenti. A hangfrekvenciás tartományba eső, lehetséges kombinációs frekvenciákat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A dinamikus intermodulációs torzítás értéke

$$d_{DIM}[\%] = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^9 U_{nt}^2}}{U_2} \cdot 100$$

ahol: U_{nt} az $|f_2 - nf_1|$ intermodulációs komponensek amplitúdója, U_2 az f_2 frekvenciájú (15 kHz) szinuszelet amplitúdója. Az egyes U_{nt} komponensek általában két részből állnak:

- dinamikus intermodulációra jellemző részből, mely az erősítő frekvenciafüggő nemlinearitását, a tranziens intermodulációt mutatja,
- statikus intermodulációból, mely az erősítő szintfüggő nemlinearitásából adódik.

A kétfajta összetevő vektorálisan, a pillanatnyi fázishelyzeteknek megfelelően összegeződik.

A dinamikus intermodulációs termékek könnyen elkülöníthetők abban az esetben, ha a mérőjel négyszög összetevőjét háromszögjellel helyettesíthetjük. A mérőjel felfutási meredekségének drasztikus csökkentése eredményeképpen csak a statikus intermodulációs termékek maradnak a spektrumban. A mérési eredményekből kitűnik, hogy a zenei anyagok e szempontból vett sajátosságát jól reprodukáló mérő-

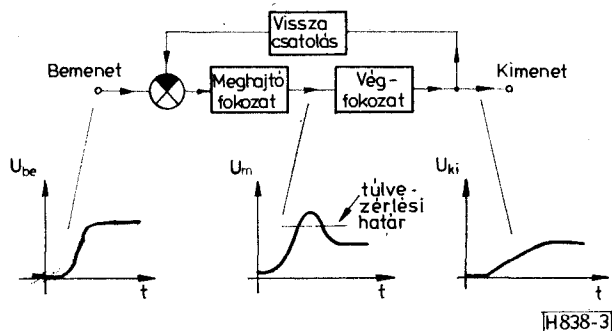
1. táblázat

		kH _z
f ₁	5f ₁ - f ₂	0,90
	f ₂ - 4f ₁	2,28
		3,18
2f ₁	6f ₁ - f ₂	4,08
	f ₂ - 3f ₁	5,46
3f ₁	7f ₁ - f ₂	6,36
	f ₂ - 2f ₁	7,26
4f ₁	8f ₁ - f ₂	8,64
	f ₂ - f ₁	9,54
f ₂	9f ₁ - f ₂	10,44
		11,82
5f ₁	10f ₁ - f ₂	12,72
	f ₂ - f ₁	13,62
6f ₁	11f ₁ - f ₂	15,00

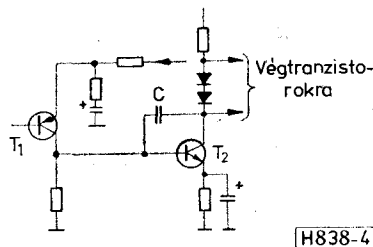
jellel nyert spektrum mennyivel több információt ad az erősítő valódi üzemének problémáiról. Pszichozakusztikai vizsgálatok arra utalnak, hogy az emberi fül már a kb. 0,2%-os dinamikus torzítást is jól érzékeli.

Erősítőkben, elsősorban teljesítményerősítőkben a több frekvenciás dinamikus igénybevétel következtében gyakran létrejön a transziens intermodulációs torzítás (TIM). Különösen olyan erősítőkben okoz ez jelentős minőségromlást, ahol a visszacsatolás több erősítő fokozatot foglal magában, valamint ahol az erősítő nyílt hurkú átvitelének domináns pólusfrekvenciája alacsonyabb, mint a meghajtó erősítő felső határfrekvenciája. A jelenség lényege tehát, hogy az erősítő nyílt hurkú átvitelének jellemelkedési sebessége által meghatározott ideig a visszacsatolás hatás-
talan.

A 3. ábra egy visszacsatolt teljesítményerősítő blokkvázlatát mutatja be. Az előzőek értelmében a bemeneti jel azon összetevői, melyek frekvenciája nagyobb a végfokozat felső határfrekvenciájánál (nyílt hurok!) túllövést hoznak létre a meghajtó fokozat kimenetén. A maximális kimeneti teljesítményhez tartozó vezérlés gyakran olyan mértékű túllövést okoz, hogy a meghajtó fokozat telítésbe kerül, és a visszacsatoló hurok integráló mechanizmusa követ-



3. ábra



4. ábra

keztében ez a telítési állapot tovább fennmarad, mint az következne a nyílt hurkú átvitel jellemelkedési sebességéből.

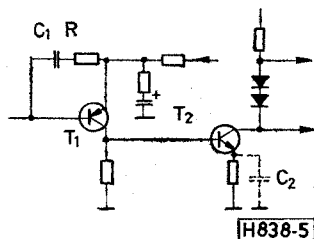
A statikus nemlineáris torzítási tényező köztudottan — bizonyos határok között — a negatív visszacsatolás növelésének arányában csökken. A TIM ezzel szemben a visszacsatolás növelésének arányában nő, hiszen egyre nagyobb különbség van a nyílt hurkú szintviszonyok és a visszacsatolás következtében létrejövő feszültségarányok között, egyre nagyobb a transziens következtében létrejövő túlvezérlődési lehetőség.

Sajnálatos módon a legtöbb hangfrekvenciás teljesítményerősítő határfrekvenciája (f_T) néhány MHz, ami azt jelenti, hogy közös emitteres alapkioscsolásban néhányszor 10 kHz a határfrekvencia. Ezzel szemben a meghajtófokozatban alkalmazott tranzisztorok határfrekvenciája általában lényegesen nagyobb (f_T 100–200 MHz), így egy szokványos hangfrekvenciás teljesítményerősítőben a TIM kialakulásának adottak a feltételei. Az erősítő hangképének szubjektív megítélésekor található egy visszacsatolás optimum: a statikus nemlineáris torzítás már megfelelően lecsökkent, de a TIM még nem nőtt kellemetlen mértékben meg.

További lehetőség a végfokozat határfrekvenciájának növelése, a meghajtás impedanciájának csökkentésével. Ez a meghajtó fokozat nagyobb áramú beállítását jelenti az átlagosnál, ami viszont a statikus nemlineáris torzítás növekedését eredményezheti. Mindkét szempontból javít a helyzeten az emitterekben elhelyezett „hidegítetlen” ellenállás: növeli a fokozat határfrekvenciáját a fokozaton belüli visszacsatolással, linearizáló hatásával ugyanakkor csökkenti a statikus nemlineáris torzítást.

Gyakran szükséges a stabil működés elérésére fáziskompenzálást alkalmazni. E kompenzáló kapacitást közvetlenül a végfokozat meghajtó tranzisztor kollektora-bázisa közé szokásos elhelyezni. (4. ábra), mintegy megnövelve annak Miller kapacitását. E megoldás a TIM szempontjából szintén messze nem optimális: a C kapacitás növelésével csökken a nyílt hurkú domináns pólusfrekvencia, másrészt az első fokozat viszonylag kisáramú beállítása miatt (zajoptimum) a dinamikus túlvezérlődési idő megnő.

A TIM csökkentésének szempontjából lényegesen jobb (5. ábra). A bemenetet az $R-C_1$ tag nem terheli a visszacsatolás utánhúzó hatása miatt, azonban nagyobb frekvenciás impulzusok esetében amíg a visszacsatolás nem működik, terhelő hatásával csökkentheti a bemeneti túlvezérlő jel amplitúdóját. A T_2



5. ábra

fokozatban alkalmazott emitter visszacsatolás növeli a fokozat határfrekvenciáját, ami szintén a TIM kialakulása ellen hat, esetleg C_2 kapacitással lead kompenzálást alakíthatunk ki.

Nagy hanghűségű erősítők tervezésekor tehát, az ismert szempontokon túlmenően a dinamikus üzem lehetőségeinkhez képest optimálisra történő beállításához a következőket célszerű figyelembe venni:

- Nagyfrekvenciás tranzisztorok alkalmazása, különösen a végfokozatban.

- Önmagában visszacsatolt erősítő fokozatok (emitter ellenállás) alkalmazása, kísértékű kollektorköri és bázisköri ellenállásokkal.
- Bemeneti lag kompenzálás alkalmazása.
- Viszonylag nagyáramú beállítási fokozat alkalmazása, nagy kivezérési tartalékkal.
- Meghajtó erősítő felső határfrekvenciájának csökkentése.
- Optimális visszacsatolás beállítása.

Említett szempontok figyelembevételével tervezett teljesítményerősítő és phono-előerősítő tapasztalataink szerint még extrém dinamikával és tranziensekkel rendelkező zenei anyagok meghallgatásakor igen jó minőségű, nagy hanghűségű átvitelt mutattak.

I R O D A L O M

- [1] *M. Otala*: Transient Distortion in Transistorized Audio Power Amplifiers. IEEE Trans. Audio Electroacoust. Vol AU-18 pp 234–239 (1970).
- [2] *M. Otala*: Circuit Design Modifications for Minimizing Transient Intermodulation Distortion in Audio Amplifiers, JAES, June 1972 Vol. 20. No. 5. pp 396–399.

JELENTKEZÉSI FELHÍVÁS

A Budapesti Műszaki Egyetem felvételt hirdet az 1983. februárjában induló alábbi szakmérnöki szakokra:

Elektronikai technológia szak

Irányítástechnikai szak, Folyamatszabályozási ágazat

Hajtásszabályozási ágazat

Számítástechnikai szak, Távfeldolgozó ágazat

Számítógépes elektronikai tervezési és gyártási szak

Távközlési szak, Integrált távközlési ágazat

Teljesítményelektronikai szak

Villamosenergetikai szak

Villamosmérnöki-szervezői szak

A szakmérnökképzésre felvételüket kérhetik mindazok, akik műszaki egyetemi karon szerzett és a továbbképzés szakjelle-gének megfelelő oklevéllel rendelkeznek, mérnöki munkakört látnak el és az oklevél megszerzésétől számított 2 éves mérnöki gyakorlattal rendelkeznek. A tanulmányi idő 2 év. A felvételi kérelmeket a munkáltatónál kell benyújtani olyan időpontig, hogy a munkáltató azt javaslatával ellátva folyó év szeptember 15-ig megküldhesse a dékáni hivatalnak. A jelentkezéshez szükséges nyomtatvány a BME Villamosmérnöki Kar dékáni hivatalában (Bp. XI., Egry J. u. VI. ép.) szerezhető be. A kérelemhez csatolni kell a dékáni hivatalban beszerezhető átutalási postautalványon 100,— Ft felvételi eljárási díj befizetését igazoló szelvényt, az oklevelet vagy annak hitelesített másolatát, erkölcsi bizonyítványt és önéletrajzt.