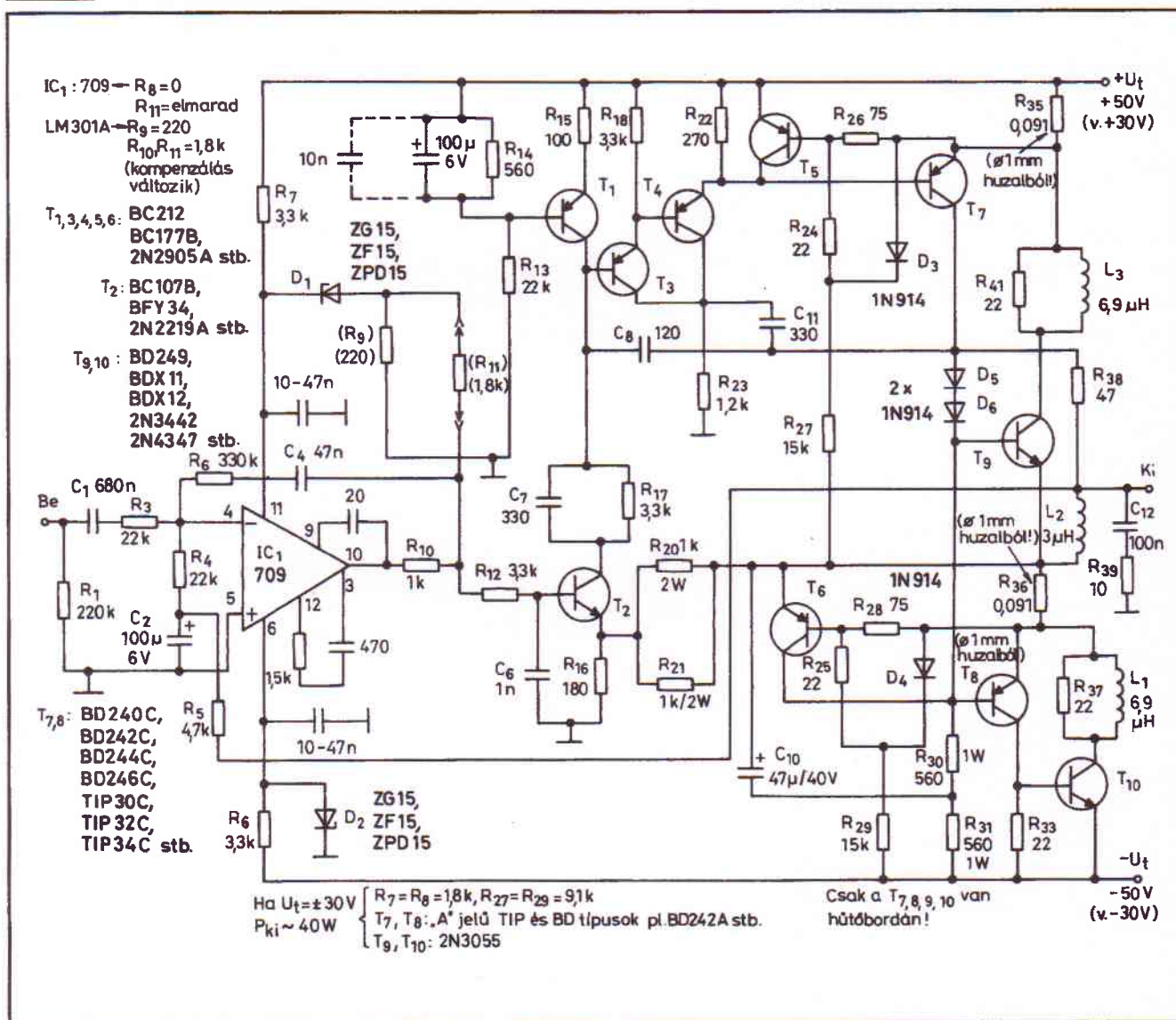


Örök sláger: a Quad-405-ös végerősítő (4.)

Az erősítőben több visszacsatolókör és fázisjavító tag gondoskodik az előírt frekvenciamenetről és erősítésről (l. a 11. ábrát a múlt havi számunkban). A műveleti erősítő váltakozó feszültségű erősítését a bemenet felől az R_3 - R_6 viszony határozza meg ($A'=15$). A negatív visszacsatolás C_4 következtében, 1 Hz alatt hatástalan. Az

erősítő kimenőpontjáról az R_5 - R_4 útvonalon 100%-os negatív visszacsatolás ellenőrzi a kimeneti nyugalmi szint értékét. Miután így az erősítő egyenfeszültségű szempontból egységnyi erősítésű, a kimenőpontban megjelenő offset megegyezik a műveleti erősítő bemeneti offsethibájával: max. 7 mV (azaz $U_{ki\text{ nyugalmi}} = 0 \text{ V} \pm 7 \text{ mV}$).

13. ábra



Az „A” osztályú erősítő feszültségerősítését és nagyfrekvenciás viselkedését részben a híd elemei határozzák meg. A C_8 kondenzátorral gyors integrátort alakítottak ki az „A” osztályú erősítőből, de ez az alkatétel egyúttal a híd része is. A híd következő eleme az R_{88} , a dumper-fokozat kimenőáramának figyelését az $L_2 = 3 \mu\text{H}$ 5%-os induktivitás, a híd negyedik eleme $R_{30} - R_{31}$ paralel eredője, amely egyúttal R_{16} segítségével beállítja az „A” osztályú erősítő feszültségerősítését ($A' = 2,5$), elősegítve ezáltal az igen jó linearitású működést.

Ugyanezen az úton jut a negatív kompenzációt végrehajtó feszültségelem az „A” osztályú erősítőbe, a dumper-fokozat működése közben az L_2 elemen létrejövő járulékos feszültségesés következtében. Ez a hibajel végigfut az „A” osztályú erősítőn és megjelenik a kimeneten is, azonos amplitúdóval, de éppen ellenkező fázisban, mint az L_2 tagon keletkező hibajel. A kimeneten, vagyis a terhelésen a két feszültségkomponens kivonódik egymásból. Így mind az R_{ss} , mind az L_2 irányából érkező jel (áram, feszültség) erősen torzított, de pontosan egyformán és ellenkező előjellel: egymásnak tükörképei.

Miután a hangszórón jön létre a két hibajel kivonódása egymásból, a híd csekély kiegyenlítetlensége is még mindig kitűnő, torzítatlan kimenőjelet eredményez. A működést az „A” osztályú erősítő hibája, a híd kiegyenlítetlensége a current dumping-technikától teljesen független LM301A műveleti erősítő torzítása befolyásolja, illetve a maradék torzításért ezek az elemek felelősek. A megoldás kb. 26 dB torzításjavulást eredményez.

A gyors integrátorra kiképzett „A” osztályú erősítő túlságosan nagy sebességű vezérlését az R_{12} - C_6 integráló tag akadályozza meg. Ez maximálja az egész erősítő nagyjelű sáv szélességét, slew-rate értékét, és meggátolja a túl gyors vezérlőimpulzusok okozta transziens torzítást (ez az egyik egyszerű és alapvető módszer a transziens intermodulációs torzítás ellen). Az „A” osztályú erősítő megfelelő nagyfrekvenciás fázismenetéről a C_8 -on kívül a C_7 - R_{17} komplexum (töréspont a frekvenciamenetben), továbbá C_{11} gondoskodik. A dumper-fokozat bekapcsolása közben létrejövő többletfázistolás hatását kompenzálják ki L_3 , R_{41} és L_1 , R_{37} kisjóságú induktivitások.

A teljes erősítő feszültségellátását egy-

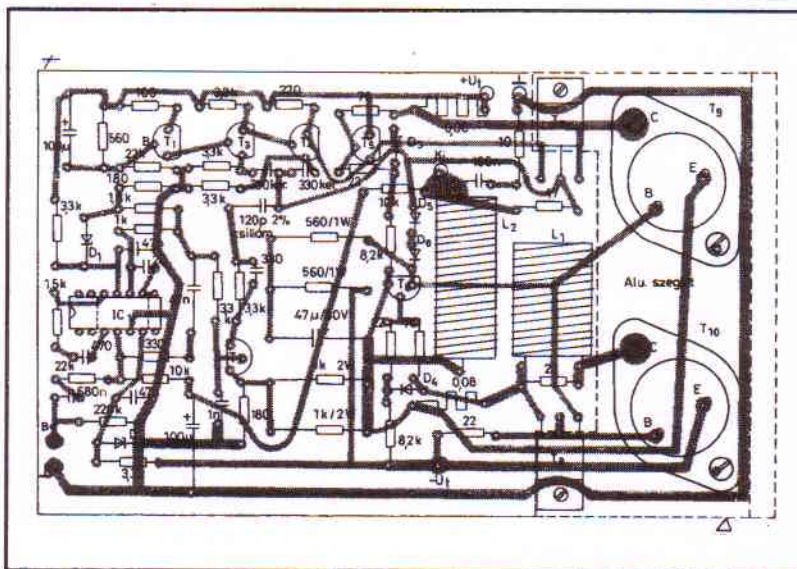
szerű puffereklos, egyeniranyitos feszultsegforras latja el, bizonyitva azt, hogy kituno vegerosito epitheto stabilizalatlan tapfeszultseg mellett is.

A Quad-405-ös erősítőn az évek során több változtatást hajtottak végre. A legújabb változat további védőáramkört is tartalmaz, amely kapcsoló-félvezetők segítségével a túlságosan gyors és nagy amplitúdójú kimeneti feszültségekkel be-
segít a T_5 - T_6 működésébe.

Az erősítő kifejezetten kis igényű félévezetőkészlete, egyszerű felépítése és az ezzel szembe állítható kitűnő adatok indokolták a Quad-405 bemutatását a Rádiótechnika 1980-as évkönyvében. Érdekes véletlen, hogy ugyanebben az időben (más és más szerzőtől) ismertetések jelentek meg erről az erősítőről pl. a *Hi-Fi Magazin*ban és a volt szovjet *Ragyio* c. folyóiratban. Mindezek felfokozott érdeklődést eredményeztek, így a szerző az olvasók kérésének megfelelően kidolgozta az erősítő hazai változatát és nyomtatott áramköri elrendezését. Az olvasók a mintapéldány tapasztalatai és a kéréseknek megfelelően megküldött nyomtatási terv alapján igen sok példányban utánépítették a hazai változatot. A hazai alkatrészekből történő megvalósítás során bebizonyosodott, hogy úgyszólván teljesen problémamentesen utánépíthető az erősítő, néhány egyszerűen teljesíthető feltétel betartása mellett (13. ábra).

A Quad-405 nem kényes az alkalmazott félvezetők típusára, de gyakran gerjedési hajlamot mutatott túlságosan gyors végtranzisztorok mellett. Minden szem-

14. ábra



pontból megfelelőnek mutatkozott a T_9 - T_{10} pozícióban a 2N3055. A T_7 és T_8 pozícióban bármelyik megfelelő feszültségbírási (U_{CE} legalább 60 V) TIP... vagy BD... tranzisztor megfelelt, pl. a BD240A, BD242A stb. vagy TIP30A, TIP32A stb. A többi pozícióban sem volt kényes az erősítő. Az LM301A akkori beszerezhetetlensége miatt, műveleti erősítőként a népszerű 709-es típust alkalmaztuk, sikerrel. A 741-es erősítő 10 kHz fölött alkalmatlan volt a csökkenő kivezérelhetősége és a durva torzítása miatt.

Igen sok kérdés, kérdés érkezett az erősítő kimenőteljesítményének mérséklése tárgyában. Ez a 2N3055 végtranzisztorokkal automatikusan jön létre, ugyanis az ismertetett félvezetőkészlet feszültségbírása csak ± 30 V tápfeszültség alkalmazását teszi lehetővé. Ekkor a legnagyobb kimenőteljesítmény kb. 40 W (8 Ω -nál a tápfeszültség fogy el, 4 Ω hangszóró-impedanciánál a védelem lép közbe). A tápfeszültség csökkentését az eredő ± 25 V-ig jól tűri, ez alatt a torzítás hirtelen megnő.

Az átmunkálás a hazai alkatrészekre és ± 30 V tápfeszültségre néhány elem megváltoztatását igényli. Ekkor R_7 - R_8 új értéke 1,8 k Ω , R_{27} - R_{29} új értéke 9,1 k Ω , R_{11} elmarad, R_9 helyére rövidzár kerül.

Az erősítő az átdolgozást igen jól viselte el, műszaki paraméterei a spektrumanalizátor tanúsága szerint, gyakorlatilag megegyeznek az eredeti konstrukcióval. Nagyobb, 30-40 W kimenőteljesítménynél a 15-20 kHz-es tartományban torzítása kissé megnő (ezért valószínűleg részben a 709-es erősítő nagyjelű működése a felelős). Üresjáratban, tápfeszültségnyi kimenőamplitúdóval a generátor torzításához képest mintegy 3-6 dB növekményt adott a második és harmadik harmonikus értékében. A generátor torzítása 20 Hz-en $k_{tot}=0,021\%$, 1 kHz-en $k_{tot}=0,024\%$, 20 kHz-en $k_{tot}=0,024\%$ volt, túlnyomó részben második, csekély harmadik harmonikus torzítással, a többi komponens teljesen elhanyagolható volt. Ezek az értékek a spektrumanalizátoron -75...-80 dB körüli komponenseket eredményeztek, amelyeket a honosított Quad-erősítő -70...-75 dB-re rontott.

Az igen csekély torzítás megnyugtató volt; azt mutatta, hogy a 709-es erősítő és a többi félvezető megfelelően helyettesítik az eredeti (egyébként egyáltalán nem igényes) félvezetőkészletet.

Az üresjáratú helyzet azt az állapotot

reprezentálta, amikor az erősítőt közepes vagy nagy impedanciájú HIFI fejhallgatóval használjuk. Leterhelve a kimenetet 5 műterheléssel, a torzítás kissé megnövekedett. A jelkomponensek (k_2 és k_3) értékei -68...-73 dB között szórtak és megjelentek a magasabb harmonikusok (k_4 és k_5) is kb. -80...-90 dB körüli szinten. Az erősítő lényeges romlása következett be 15...20 Hz között, ugyanis itt valamennyi komponens jelentős mértékben megnőtt, a torzítást a jelkomponensek matematikai összegzésével 20 kHz-en $k_{tot}=0,1\%$ -ra becsültük.

A mérések során megvizsgáltuk, hogy a híd elemeinek változtatása milyen hatással van a torzításra. Kiderült, hogy mód van L_2 finomhangolásával a szörszál hasogatására: jól kiegyenlítve (vas- vagy rézmaggal) a hidat, 3...4 dB-lel csökken a torzítás a sáv felső végén az egyes komponensekre vonatkoztatva.

A Quad-erősítő honosítása során az érdeklődő olvasókkal sikerült fokozatosan kitűnő kölcsönös munkakapcsolatot kialakítani. A nyomtatott áramkörti terv alapján igen nagy számban utánépített erősítő úgyszólván minden esetben azt hozta, ami elvárható volt. A kipróbált számos félvezető-szet megmutatta, hogy az erősítő erre nem kényes. Esetenként a T_1 áramgenerátor bizonyult gerjedékenynek, de ez elhárítható volt a C_5 -tel paralel kötött 10...100 nF-os kerámiakondenzátorral.

A nyák-terv a munkálatok során több fordulóban módosult, az első, teljesen univerzális kivitel (l. *Hobby Elektronika* 95/2., 6. ábra) után (ez teljes szabadságot ad a hűtőfelülethez való csatlakozás mikéntjére), az eredeti Quad-405 kivitt jobban közelítő konstrukciók következtek. Az egyik ilyen nyák-rajzolat a 159. oldalon található.

Erre a nyomtatott áramkörre a HE 95/2. számában látható kapcsolás építhető fel. A beültetési rajzot a 14. ábra mutatja. A T_7 ... T_{10} tranzisztorok egy 50×50×5 mm-es alumíniumszegletre vannak szigetelten felerősítve. A nyák alkalmas LM301A IC fogadására is. A mechanikai kivitel megegyezik a Quad-405 szerintivel. A nyák-lemez a tranzisztorok felerősítő csavarjain keresztül van rögzítve ahhoz az alumíniumszeglethez, ami végül a hűtőbordához csatlakozik. A teljes erősítő utánépítése során célszerű az eredeti Quad-elrendezést követni!

□