

## Integrált hibrid áramkörök alkalmazása hangfrekvenciás távíróberendezésekben\*

ETO 621.3.049.7-111:621.394.44

A sokcsatornás hangfrekvenciás távírótechnika a hírközlés speciális, sok szempontból különleges helyet elfoglaló ágazata. A sokcsatornás távíróberendezések fejlesztése során felmerülő kérdések, s azok megoldásának módjai, eszközei meglehetősen eltérnek a távbeszélő-technikából ismertektől. A távíróátviteli berendezések lineáris- és kapcsolóüzemű áramköröket egyaránt tartalmaznak. Hangfrekvenciás széles- és keskenysávú sávszűrők alacsonyfrekvenciás aluláteresztő szűrők, impulzuskésleltetők, kis- és nagyszintű erősítők alkotják a hangfrekvenciás távíróberendezéseket, de 10 Hz – 10 kHz nagyságrendbe eső frekvenciájú nagystabilitású négyszög-, illetve szinuszgenerátorok, modulátorok és demodulátorok, stabilizált tápegységek szintén előfordulnak bennük.

Hazánkban mintegy 15 éve folyik távíróátviteli berendezések fejlesztése és gyártása, s ez időszak alatt a berendezések egész sorát álitotta elő a Telefongyár, illetve megelőzőleg a Beloiannis Híradástechnikai gyár. Az első, elektroncsöves, amplitúdómodulált távíróberendezéseket a tranzisztoros frekvenciamodulált rendszerek váltották fel, s jelenleg a Telefongyárban ugyancsak frekvenciamodulált, de szigetelő alapú integrált hibrid áramkörökre támaszkodó távíróberendezés fejlesztése folyik.

Az átviteltechnikai berendezések fejlődésének tendenciája három alapvető kérdés szempontjából tőrelennek mondható. E három sarkalatos kérdés: az egyre szigorúbb elektromos paraméterek teljesítése, a csökkenő térfogat, és a növekvő megbízhatóság.

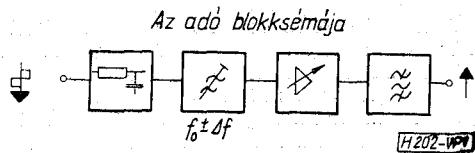
Az új BT-120-F típusú távíróberendezés család fejlesztési munkái során is ezeket a fő szempontokat tartottuk szem előtt a konstrukció, az áramköri felépítés, az alkalmazandó alkatrészek kiválasztásánál.

Annak eldöntésében, hogy a BT-120-F aktív áramköröit illetően diszkrét, vagy csoportosan integrált elemekből épüljön-e fel, alapvetően a térfogat- és súlycsökkentésre, valamint a nagyobb megbízhatóságra, nem utolsósorban az egyszerűbb gyárthatóságra való törekvés volt a meghatározó. A célul kitűzött térfogatcsökkentés a legutolsó – jelenleg is gyártott – berendezéshez képest tetemes, hiszen ott az átviteltechnikában szokásos méretű keretben 24 db távírócsatorna van elhelyezve, a BT-120-F viszont az előzőnél keskenyebb, 10%-kal kisebb térfogatú keretben 120 csatorna befogadására lesz alkalmas a kiegészítő áramkörökkel együtt. A szükséges térfogatcsökkentés tehát mintegy ötszörös. Az aktív áramkörökkel szemben ennél nagyobb mértékű térfogatcsökkentési követelménnyel kellett fel-

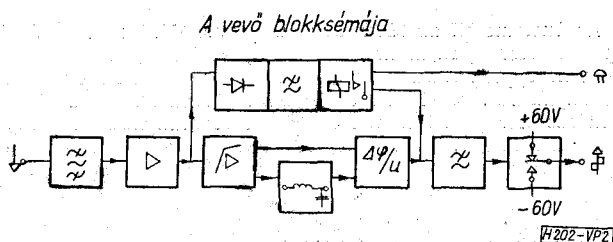
lépnünk, hiszen egy-egy távírócsatorna tetemes részét kitevő, kizárólag passzív LC elemeket tartalmazó távírószűrőkkel távolról sem érhető el ilyen mértékű csökkenés.

Az előzőekben elmondottak szinte parancsolóan előírták az integrált áramkörök alkalmazását, a megvalósításukra a Telefongyár a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézettel kötött szerződést. Gazdasági és konstrukciós szempontok gyakorlatilag kizárták a monolit integrált áramkörök alkalmazását, így a BT-120-F frekvenciamodulált távíróberendezés vékony- és vastagréteg integrált áramkörökkel készül. A szigetelő alapú integrált technika alkalmazása lehetővé tette, hogy az adott speciális feladatra tervezett, típusonként évi pár ezres darabszámban gyártott áramkörök realizálhatók és gazdaságosan realizálhatók legyenek.

A vékony- és vastagréteg technikával készült áramkörökkel szemben támasztott követelmények felmérhetősége érdekében egészen változatosan, bloksémámszerűen tekintjük át a berendezés alapvető egységét: a csatorna egységét. Adásirányban a moduláló kettős áramú, 50, 100, vagy 200 Bd táviratozási sebességű távírójel jelformáló áramkörön keresztül a moduláló áramkört vezérli, mely a távíróoszillátort frekvenciában modulálja. Az elválasztó és illesztő feladatokat ellátó erősítőt az áteresztő tartományban futási időre kiegyenlített sávszűrő követi (1. ábra). A vételirányt a beérkező spektrumból az adott csatornát kiválasztó sávszűrő, lineáris, majd határoló erősítő, fázisdiszkriminátor, aluláteresztő szűrő és elektronikus távírójelfogó alkotja. A lineáris vevőerősítő kimenetére adott szintcsök-



1. ábra



2. ábra

\* A cikk az 1972-ben megrendezett Mikroelektronikai Anketon elhangzott előadás alapján készült.

Beérkezett: 1972. XII. 10-én.

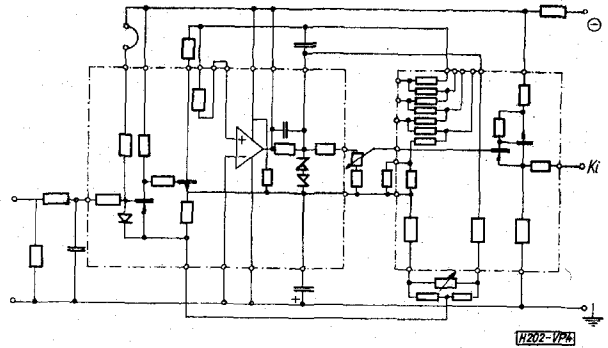
kenésnél működő letiltó-riasztó áramkör csatlakozik (2. ábra).

A tervező munka során a kis térfogatú integrált áramköri megvalósítást illetően adásirányban a frekvenciában modulálható táviróoszillátor realizálása jelentette a legnagyobb nehézséget. Az oszcillátoroknak 390 Hz – 3210 Hz közötti frekvenciákon kell működniük  $\pm 30$ , 60, illetve 120 Hz frekvencionálkettel, a középfrekvenciára és állókétre nézve egyaránt  $\pm 1$  Hz pontossággal. Ez a követelmény a legfelső, 3000 Hz körüli frekvenciájú csatornák esetén a beállítási pontosságot, a hőmérséklet- és tápfeszültség-ingadozásokat, az alkatrészek hosszú idejű változásának (öregedésének) együttes hatását figyelembe véve  $3 \cdot 10^{-4}$ -es pontosságot, illetve ennél jobb stabilitást jelent. Kristályoszillátor az adott feladatra nyilvánvalóan gazdaságtalan megoldás lenne, a frekvenciamoduláció pedig igen nehezen megoldható problémát jelentene. Diszkrét elemekből felépített LC és RC oszcillátoroktól viszont minden további nélkül csupán egy nagyságrenddel rosszabb stabilitás várható. Gondos alkatrész-megválasztással, összeválogatott hőmérsékleti együtthatójú elemek alkalmazásával a fenti stabilitási kritérium LC oszcillátorok számára a gyárthatóság határát jelenti, vékonyréteg integrált áramkörök alkalmazásával azonban RC oszcillátorral is realizálható. Felhasználva azt a tényt, hogy NiCr vékonyréteg-ellenállások hőmérsékleti együtthatója ( $T_k$ -ja) a vákuumgőzölés során adott határok között tetszőlegesen beállítható, olyan négyszöggenerátort alkalmazunk, melynek frekvencia-meghatározó R elemei kompenzálják az integrált áramkörökön kívül elhelyezett nagystabilitású, és szűk  $T_k$  határokkal rendelkező stiroflex kondenzátor hőfokfüggését. A gőzölési technológia jó kézben tartásával a vékonyréteg-ellenállások  $T_k$ -ja  $(+130 \pm 30) \cdot 10^{-6}$  értékhatárok között tartható. A gyártási szórásból adódó maradék hőmérséklet-függést példányonként kompenzáljuk (3. ábra).

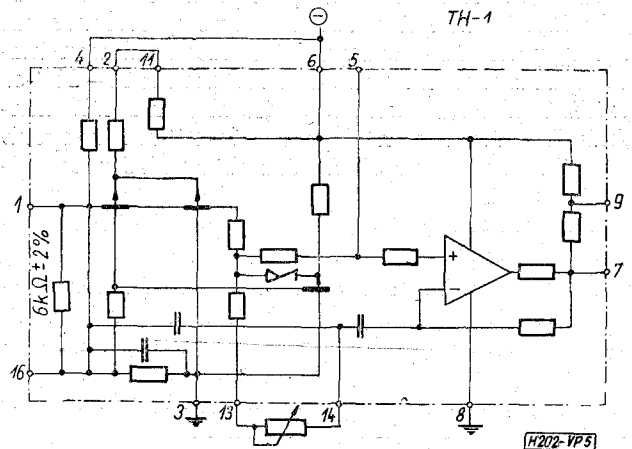
A frekvenciamodulációt biztosító modulátor áramkörben szereplő ellenállásértékek több nagyságrendet átfogó tartománya viszont a vastagréteg technológia alkalmazását indokolta. Így a táviró csatorna adásirányú áramköreit két különálló tokban egy vastag- és egy vékonyréteg technológiával készített hibrid áramkörrel realizáltuk. A vékonyréteg áramkör a frekvenciameghatározó R elemet ellenálláncként valósítja meg, mely külső átkötések segít-

ségével az egy beszédcsatornában elhelyezett 24 különböző távirófrekvencia bármelyikének megfelelő értékre beállítható. Az ellenálláshálózat tagjainak tűrése névleges értéküktől függően 1...5%. Az oszcillátorok finomhangolása külső ellenállással lehetséges. Az elválasztó erősítőt követő távirószűrő pontos illesztésének érdekében az erősítő kimenő-ellenállását meghatározó vékonyréteg ellenállást 2% pontosságra trimmelik (4. ábra).

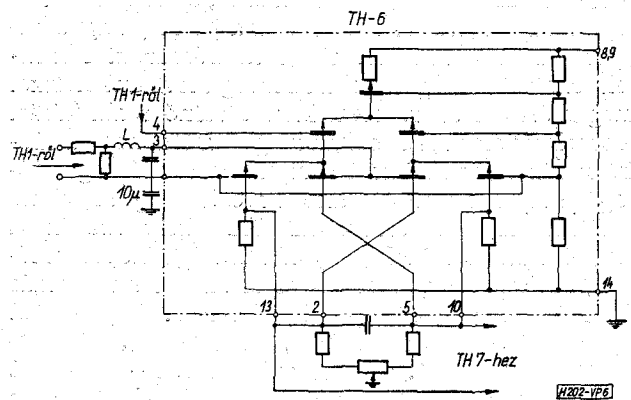
A távirócsatorna vételirányú áramköreinek integrált áramköri egységekre, tokokra való szétbontása a funkcióból szinte magától érthetően adódott. A bemutatott tömbvázlat minden egyes blokkja



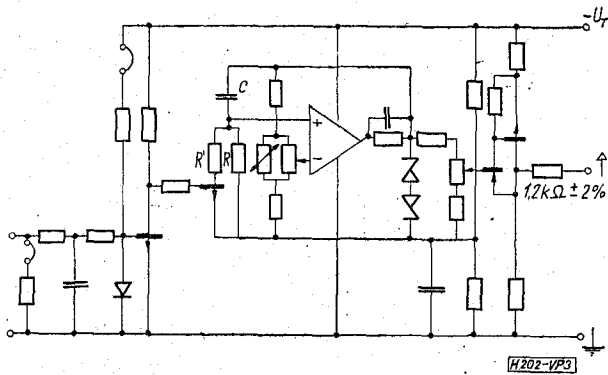
4. ábra



5. ábra



6. ábra



3. ábra

jól realizálható volt egy-egy különálló tokban elhelyezett integrált áramkörrel. Az integrált áramkörti egységekre való szétbontásnál a funkcionális szempontokon kívül figyelembe vettük a technológiai szempontból kedvező alkatrészszámat, illetve adott méretű tokban realizálható alkatrészsűrűséget, az egyes tokok egymástól független specifikálhatóságát, mérhetőségét, valamint a gazdaságosságot. Egy-egy tok általában 4–7 tranzisztort és 7–16 ellenállást, valamint 1–4 chip-kondenzátort tartalmaz; a TH–1 típusjelű vevőerősítőbe monolit műveleti erősítő is beépítésre került. Ezek az alkatrészsámok a HIKI gyártási tapasztalatai alapján a hibátlan áramkörök kihozatali arányát tekintve optimálisnak mondhatók.

A vevőerősítő első egysége a három tranzisztossal felépített lineáris előerősítő, a határolást, a limitálást pedig visszacsatolatlan, túlvezérelt monolit műveleti erősítő végzi. A beépített nagykapacitású kondenzátorok tantál chip-ek. Az erősítő bemenő impedanciáját meghatározó ellenállás  $\pm 3\%$  tűrésű (5. ábra).

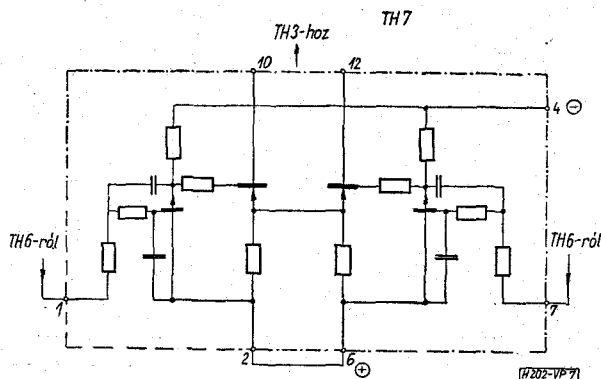
A 6. ábra a TH–6 jelű integrált áramkörrel felépített diszkriminátor áramkört mutatja. A TH–1-ről jövő jel egyrészt közvetlenül, másrészt a távirócsatorna sávközép frekvenciájára hangolt rezgőkörön keresztül jut e két jel fázisát összehasonlító és a fáziskülönbséggel arányos, egyenfeszültséget létrehozó diszkriminátorra. Az áramkör felépítésénél, illetve realizálásánál nagy szerepe van a szimmetriának, valamint a tranzisztorok egyenpotenciálját beállító ellenállások arányának. A vékonyréteg technika ezt a nagy pontosságú aránytartást automatikusan biztosítja. Az ellenállások abszolút értékének 10–20%-os szórásával ellentétben az egy áramkörön belüli ellenállások aránya a névlegestől 1–2%-nál nagyobb mértékben nem tér el. Az áramkör külső potencióméterrel biztosítja a diszkriminátor nullátmenetének, s ezáltal a vevőcsatorna saját táviró torzításának szabályozhatóságát.

A demoduláció után keletkezett jelből a vivőfrekvenciás komponenseket aktív aluláteresztő szűrő választja le. A szűrőt szimmetrikusan felépített, egy-egy félre nézve két kondenzátort, két ellenállást és egységnyi erősítésű erősítőt (emitterkövetőt) tartalmazó kapcsolás realizálja (7. ábra).

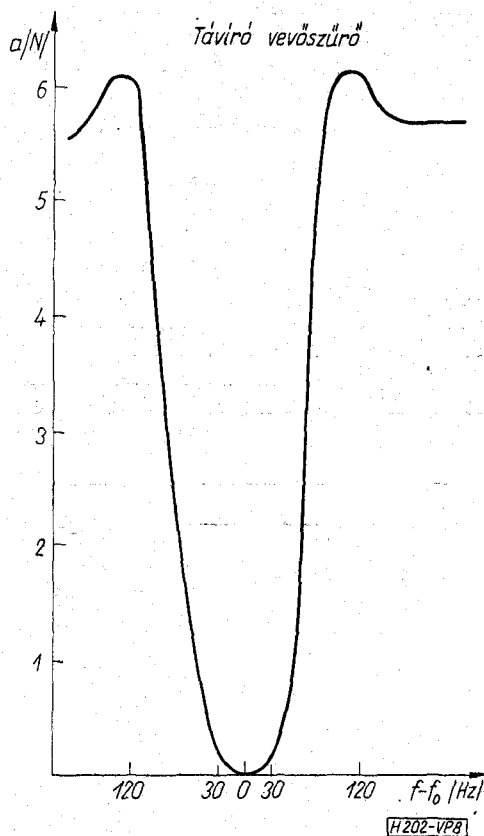
Térjünk ki itt röviden az aktív szűrők problémájára, természetesen kizárólag a távirócsatornák integrált áramkörökkel történő realizálásának aspektusából. Mint az előzőekben már láttuk, a csatornák terfogatának jelentős részét képezik a jelenleg hagyományos LC elemekből felépített távirószűrők. Kézenfekvőnek tűnt megkísérelni az integrált áramkörökkel megvalósított aktív elemekkel történő realizálását. A részletes elemzés azonban megmutatta, hogy a távirószűrők frekvenciatartományában a szükséges jószágú alaptagok nem valósíthatóak meg az elért stabilitással, elsősorban az RC aktív szűrők C elemei realizálásának megoldatlansága következtében, de komoly gondot jelentett az aktív megoldás által jelentkező disszipáció-többlet is. Vegyük itt figyelembe, hogy az adószűrő hatodfokú, a vevőszűrő nyolcadfokú, s mindegyikből 120–120 db-ot kell egy keretbe elhelyezni. Mindezek ellenére nem kizárt egy következő lépésben a távirószűrők aktív

RC integrált áramkörökkel történő megoldása. A (8. ábra) bemutatott, alárendelt szerepű, alacsony határfrekvenciájú, kis Q-jú szűrő megvalósítására azonban a jelenleg rendelkezésünkre álló eszközök birtokában is vállalkoztunk.

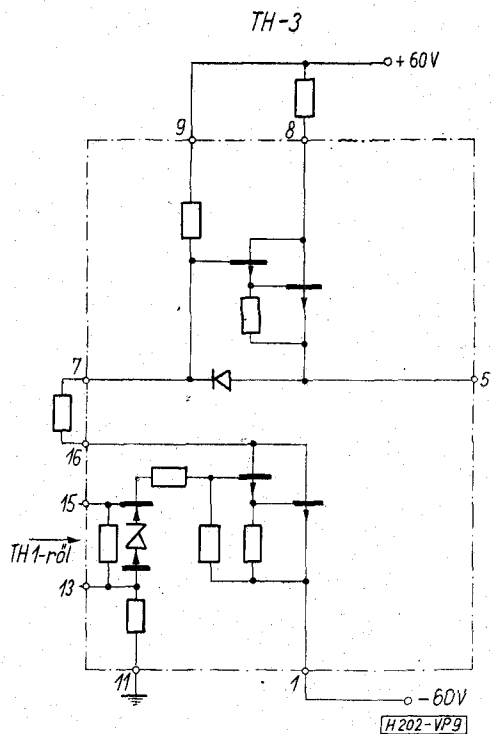
A demodulált és szűrt távirójel a TH–3 jelű integrált áramkörként megjelenő elektronikus jelfogó egységet vezérli. Az áramkör  $\pm 30$  vagy  $\pm 60$  V távirótelep kapcsolására alkalmas, így az alkalmazott tranzisztorok 150 V határfeszültségűek, és maximum 100 mA kapcsolására alkalmasak. A hibrid integrált technika adta lehetőséget: a pnp-npn tranzisztorkombinációk alkalmazhatóságát jól kihasználva az áramkör jelentősen egyszerűsíthető volt. A kimenet belső ellenállását meghatározó, és rövidzárral történő terhelés esetén kb. 2 W disszipációra igénybe vett ellen-



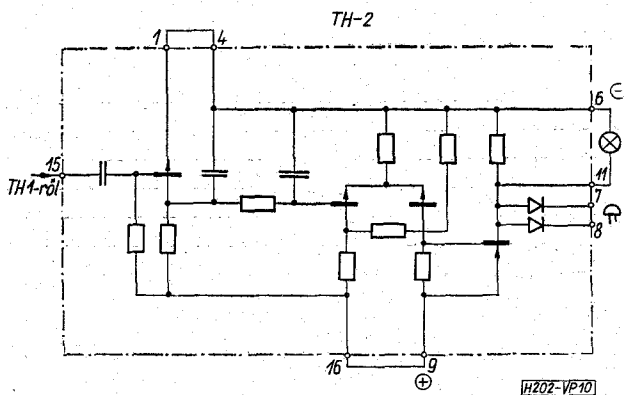
7. ábra



8. ábra



9. ábra



10. ábra

állások az integrált áramkörön kívül, diszkrét alkatrészekként kerültek beépítésre (9. ábra).

A TH-2 típusjelű letiltó-riasztó áramkör integrált áramkörtechnikai szempontból az előzőekhez képest nem jelent újdonságot. Tranzisztoros egyenirányítót, késleltető szűrőket és Schmidt-triggert, továbbá egy kapcsolóerősítőt tartalmaz. Szintén vékonyréteg-technikával készült, a beépített kondenzátorok tantál chip-ek (10. ábra).

A bemutatott áramkörök fejlesztési munkáinak kezdeti fázisaiban, természetesen a kiszámított, áramköri szempontból megtervezett áramköröket diszkrét elemekből felépített kísérleti modelleken mértük, s vizsgáltuk le, és szükség esetén a vizsgálati eredményektől függően módosítottuk. A tervezésnek ebben a fázisában az integrálhatóság feltételét, vagyis a realizálható ellenállás-értéktartományokat, a chipként beültetendő elemek realizálhatóságát, és a megengedhető disszipációt figyelembe vettük. Reális veszélynek tartottuk a diszkrét elemekből felépített modell és az integrált áramkörök paramétereinek esetleges eltérését, és felkészültünk a vékony-, illetve vastagréteg-megmintázás kísérletező, többszöri megisméltésére. Tapasztalataink azonban ebből a szempontból igen kedvezőeknek mondhatók. A nagy erősítéssel rendelkező TH-1 vevőerősítő kivételével — ahol nagyfrekvenciás gerjedési jelenségek léptek fel az első kivitelnél — az integrált áramkör és a diszkrét modell között mérésrel kimutatható különbséget nem tapasztaltunk. Nem vonatkozik ez természetesen az RC oszcillátorra, mely hőfokfüggés tekintetéből messzemenően kielégítőnek mutatkozott, míg a diszkrét modellel nem volt elérhető a szükséges hőkompenzálás.

A berendezés fejlesztési munkái egyidejűleg, párhuzamosan folytak a Telefongyárban és a HIKI-ben. A komplett berendezés felépítése, paramétereit, meghatározták a részegységek, s az egyes integrált áramkörök funkcióit, paramétereit, konstrukcióját, az integrált technika pedig visszahatót a berendezés egészére. A munka eredményessége nagymértékben függött, s függ ma is a két tervező, kivitelező csoport szoros és rugalmas együttműködésétől. Ez az együttműködés mindaddig kiválóan és hathatósan funkcionált, s ezért köszönet illeti a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetnek a BT-120-F táviróberendezés fejlesztési munkájában részt vett munkatársait.