

## Az amplitúdómodulált műsorszórás fejlődési irányai

ETO 654.195:621.376.2

Az 1920–30-as években az amplitúdómodulált műsorszórás gyors fejlődésnek indult. Rövid időn belül megindult a vevőkészülékek tömeges gyártása, mely szinte magával hozta a fejlődést.

Az „egyeses” vevőkészülékeket kiszorította a „szuper”-elv feltalálása. A középfrekvencián létrehozható nagy erősítés megnövelte a vevőkészülékek érzékenységét, lehetővé téve a nagy távolságú vételt.

Az adóállomások számának, teljesítményének növekedése új problémákat vetett fel — az azonos és szomszédos csatornán sugárzó adókból származó zavarokat.

A vevőkészülékek felépítése gyakorlatilag az utóbbi 30–35 évben a szuper-elv feltalálása óta nem változott. Érdekes megjegyezni, hogy a hordozható vevőkészülékek előretörésével tulajdonképpen a vevőkészülék szelektivitása, sávzélessége jelenleg gyakran rosszabb, mint az 1935–1940-es években volt.

Alapvető ellentmondás alakult ki tehát a régi, klasszikus vevőkonstrukció és a megnövekedett számú, teljesítményű adó között.

Ma már ott tartunk, hogy nem tudjuk az országban belüli műsorszórást a középhullámú műsorszóró hálózattal biztosítani.

Az előzőekben elmondottakból következően érdeemes, sőt szükséges megvizsgálni milyen lehetőségek adóttak az amplitúdómodulált műsorszórás fejlesztésére.

Alapvető feltételként állandóan szem előtt kell tartani, hogy csak olyan változtatást hozhatunk létre, amely biztosítja a műsorszórás kompatibilitását a jelenleg üzemben levő vevőkészülékekkel.

### 1. Az amplitúdómodulált adás redundanciája

Adó oldalon — a kompatibilitás meghagyása mellett — forradalmi változtatásokat nem hozhatunk létre.

A kétoldalsávú amplitúdómoduláció a moduláló jelet torzítatlanul tartalmazza a kisugárzott jel burkolójaként és a két oldalsávban.

A széles körben használt vevőkészülékek a kisugárzott vevő segítségével demoduláláskor mindkét oldalsávot felhasználják. Ez a demodulátor-tulajdonság előnyös, hiszen a demodulátor utáni jel/zaj megjavul.

Más a helyzet, ha a valóságos viszonyokra gondolunk. A szomszédos csatornák zavarása esetén a demodulátor a venni kívánt jel mindkét oldalsávjában jelentkező zavart alapsávi jellé transzponálja.

Ez a hatás különösen akkor káros, ha az egyik

oldalsáv zavarási viszonyai jóval rosszabbak, mint a másiké. A demoduláció során ebben az esetben kimondottan káros az adó mindkét oldalsávjának felhasználása.

A két, azonos információt hordozó oldalsáv tehát redundánssá teszi az amplitúdómodulált műsorszórást. Ez a redundancia tulajdonképpen úgy is felfogható, mintha frekvencia diversity-t alkalmaznánk adó oldalon és a vevőt csak a demodulálás megkönnyítésére sugároznánk ki.

Ebből a szemléletből kiindulva a kétoldalsávú adást független oldalsávúnak tekinthetjük. A független oldalsávú adás vételéhez azonban más konstrukciójú vevőkészülékeket kell használnunk, mint a jelenleg üzemben levők.

### 2. Új vevőkészülék típusok kialakítása

A független oldalsávú vétel megvalósítására alkalmas vevőkészülékek konstrukciós elve már régóta alkalmazott a rövidhullámú hírközlésben.

A műsorszórás igényeit kielégítő műszaki jellemzők alapvetően nem különböznek a hírközlésben alkalmazott megoldásoktól.

Nagyon lényeges különbség jelentkezik azonban, ha a vevőkészülékek árát hasonlítjuk össze. A gyakran két nagyságrenddel drágább független oldalsávú vevőket természetesen a hallgatók nem tudják megvásárolni.

Olyan vevőkészülék konstrukciót kell kialakítani a műsorszórás számára, amely olcsó, széles körű elterjedésére lehet számítani.

#### 2.1. Az átviteli közeg hatása az amplitúdómodulált jelre

Az amplitúdómodulált műsorszórásra kijelölt frekvenciák terjedésére az ionoszféra jelentős hatást gyakorol. Ez a hatás különösen 700–800 kHz felett okoz jelentős torzítást. A szelektív fading jelenléte a burkoló demodulátoros vevőkben jelentős torzításokat okoz. A torzítások miatt az ionoszférából reflektált hullámokkal történő műsorszórás nem nevezhető kielégítőnek.

A hallgatók többsége „menekül” az ilyen vétel elől, hiszen a vevőt vagy annak környezetét ért erős csillapítás a vételt gyakorlatilag használhatatlanná teszi.

A burkolódetektor nagy érzékenysége a szelektív fadingra az adó által kisugárzott vevőhullám közvetlen demodulációs alkalmazásából következik. A vevőhullám nem hordoz információt, jelenléte lehetővé teszi az egyszerű demodulálást, elvesztése vagy csökkenése nagymértékű torzításhoz vezet az egyszerű vevőkben.

Logikusnak látszik, tehát olyan demodulátor alkalmazása, amely nem használja közvetlenül a vevő-

hullámot. Az új vevőkészülékeknek tehát alkalmasnak kell lenni független oldalsávú vételre (ez szorosabban véve választható oldalsávot jelenthet) és a szelektív fading érzékenység csökkentésére szorzódemodulátort kell tartalmaznia.

A szorzódemodulátorhoz azonban szükség van a vivő pontos (fázisra merev!) mására. A helyi szorzó vivő előállítása meglehetősen nehéz feladat, kissáv szélességű szűrőt vagy zárt fázishurkú rendszert és nem utolsósorban stabil vevőoszillátort kíván.

## 2.2. Az egyoldalsávú vétel

Az egyoldalsávú vétel megvalósítására (ez az alapja a független oldalsávú vételnek is) három módszer terjedt el.

a) A szűrő módszerrel „egyenes úton”, de meglehetősen magas árral valószínűsíthető a vétel. A kerámia szűrők előretörésével ez az ár ugyan csökkent, de jelenleg is meglehetősen magas (nagy fokszámú, meredek levágású szűrőkre van szükség).

b) A fázisrendszerű demodulátor „jelke” a hangfrekvenciás széles sávú fázistoló. Ennek megvalósítása nagyon pontos, időben stabil alkatrészeket kíván. A mai modern technológiával, vékonyréteg ellenállásokkal az előírt követelmény megvalósítható. A „Siemens”-cég várhatóan még ebben az évben piacra bocsátja az első vevőkészülékét, amely fázisrendszerű demodulátort tartalmaz.

A fázismódszerű generátor klasszikusnak tekinthető megoldásában kétutas elrendezést használnak. Ez azt jelenti, hogy az áramkörben két egymástól  $90^\circ$ -ra eltolt fázisú vivővel táplált szorzódemodulátort alkalmaznak.

Az utak, azaz a szorzódemodulátorok számát négyre növelve ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ -os fázissorrend) a hangfrekvenciás fázistoló könnyen megvalósíthatóvá válik. Egy, ezt az elvet alkalmazó vevő ismertetésére még visszatérek.

c) A módosított fázisrendszerű elrendezésben a hangfrekvenciás fázistoló megvalósítását könnyítet-

ték meg. Ennek ára a hangfrekvenciás sávban elhelyezett szorzódemodulátor, melynek vivőelnyomására rendkívül szigorú követelményt kell kielégíteni. A rossz vivőelnyomás az alapsávban állandóan megjelenő  $1,8\text{--}2\text{ kHz}$ -es frekvenciájú hangot eredményez.

A módszer alkalmazását — annak ellenére, hogy az integrált áramkörökkel az előzőknél lényegesen stabilabb készülék építhető — kísérleti próbálkozások után elvetették.

## 2.3. Egy kísérleti vevő ismertetése

Az egyoldalsávú vétel előnyeinek igazolására a Mikrohullámú Híradástechnika Tanszéken kísérleti vevőt terveztünk és építettünk, melynek felhasználásával az elvi megfontolásokat kívántuk gyakorlatilag igazolni.

A vevőkészülék blokk-sémáját az 1. ábra mutatja.

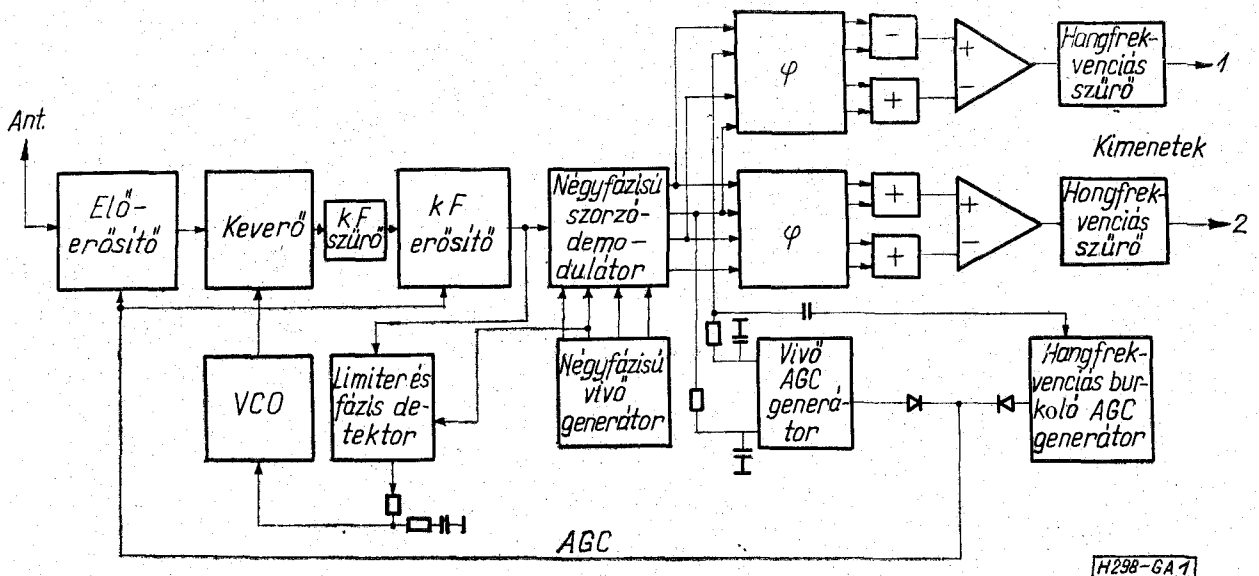
Az antennáról érkező jel az előerősítő — keverő — középfrekvenciás erősítő fokozatokon keresztül eljut a négyfázisú demodulátor bemenetére.

A helyi szorzó vivőt közvetve szinkronizáljuk a beérkező műsorszórádo vivőjére. A középfrekvenciás limitert, fázisdetektort tartalmazó egység (egyetlen integrált áramkör) a középfrekvenciára transzponált jelet hasonlítja össze a vivőgenerátorban levő kvarcoszillátor jelével.

A hibajel a hurok sáv szélességét és stabilitását meghatározó szűrőn keresztül vezérli a keverőhöz csatlakozó változtatható frekvenciájú oszcillátort (VCO.)

A hurok befogásakor tehát a középfrekvencián levő venni kívánt jel és a szorzó vivő fázisát mereven (a zárt hurkon keresztül) összekapcsoltuk.

A szorzódemodulátorok kimenetén levő fázistoló elemeit  $1\%$ -os pontosságú alkatrészekből állítottuk össze. A demodulátor kimenetén levő aluláteresztő hangfrekvenciás sávszűrőkkel tetszőleges oldalmeredekségű és sáv szélességű vételi rendszert tudunk megvalósítani. Természetesen akkor a középfrekvenciás sávszűrő sáv szélessége nagyobb, mint a szűkített hangfrekvenciás sáv kétszerese.



1. ábra. Egyoldalsávú kísérleti vevő blokk-sémája

Az automatikus érzékenységszabályozás (AGC) két úton történik. Az egyik (koherens AGC-nek is nevezhetnénk) a bejövő vivő amplitúdójával arányosan változtatja a vevő érzékenységet. A másik, hangfrekvenciás burkoló AGC szabályozása a szelektív fading jelenlétekor szükséges. Ekkor a vivő-amplitúdó csökkenésekor az oldalsávok amplitúdói nem szükségszerűen csökkennek. A koherens AGC a csökkenő vivő hatására növelné az erősítést, ami a demodulátorok, illetve a vevő túlvezérlését eredményezné. Ilyen esetekben a hangfrekvenciás jel növekedése a hangfrekvenciás AGC áramkört hozza működésbe, amely átveszi az AGC szerepét addig, amíg a vivő ismét felveszi a megfelelő amplitúdót.

A vevőkészülék fix középhullámú csatornára készült, nem hangolható. Ennek megfelelően a keverő oszcillátor kvarcoszcillátort tartalmazott (VCO).

A nemkívánt oldalsáv elnyomása a 100 Hz — 4,5 kHz-es sávban 38 dB-nél jobb volt.

#### 2.4. Néhány szó a csatornakiosztásról

Az Európában elfogadott csatornatávolság az esetek többségében 9 kHz.

Az előzőekben vázolt vevőkészülék megvalósítását alapvetően megkönnyítené olyan csatorna-frekvencia-választás, melynél az egyes adók vivő-frekvenciái a csatornatávolság sokszorosai.

Ez az adott esetben azt jelentené, hogy az 539 kHz-en üzemelő „Kussuth” adónk frekvenciáját 531 vagy 540 kHz-re kellene elcsúsztatni. Ez a változtatás adó oldalon gyakorlatilag semmi nehézséget nem okozna.

Vevő oldalon a már meglévő vevők gyakorlatilag semmi változást nem tapasztalának. Az új vevőben alkalmazásra kerülő nagystabilitású helyi oszcillátor jelét előállító generátorok felépítése azonban lényegesen leegyszerűsödne, különösen, ha olyan középfrekvenciát is választanánk, amely a csatornaosztás többszöröse.

Ez a merev harmonikus kapcsolat a vevőkészülékben fellépő nemkívánt harmonikus keverések zavaró hatását (szuper füttyök) is jelentősen csökkenti.

A szabad választású egyoldalsávós vétel (alsó vagy felső oldalsáv) a hallgatónak lehetőséget ad a szomszédos csatornák zavaró hatásának csökkentésére.

Változatlanul kedvezőtlen a helyzet a saját csatornán sugárzó adó esetén. Ez a hatás mindkét oldalsávban jelentkezik és ezen az előzőekben bemutatott vevőkonstrukció sem tud segíteni.

A megoldást nemzetközi szinten kell keresni. A teljes Földre optimalizált (azonos elvek szerint kidolgozott) adóteljesítmény, frekvencia, földrajzi elhelyezkedés adhat csak végső megoldást.

Figyelemre méltó az a törekvés, amely a 9 kHz-es csatorna távolságot javasolja 8 kHz-re csökkenteni. Ezzel pl. a középhullámú sávban 12 új csatornát kapnánk anélkül, hogy a jelenlegi zavarási viszonyok lényegesen rosszabbak lennének.

### 3. Új üzemmódok bevezetésének vizsgálata

Bármilyen, gyakorlatilag a Föld valamennyi országát érintő megállapodások létrehozása jelenleg meg lehetőségen nehéznek tűnik.

Ésszerűnek látszanak tehát azon elképzelések, melyek új üzemmódok bevezetésével próbálkoznak több szabad csatorna létrehozására.

Hosszú évekig „divatos” volt a „kompatibilis” egyoldalsávós rendszerről úgy beszélni, mint a megváltás egyik járható útjáról. Néhány éves elvi és gyakorlati munka után sikerült bebizonyítani a rendszer használhatatlanságát.

A teljesvivőjű egyoldalsávós adás már lényegesen kedvezőbb eredményeket adott. Ha a modulációs index elég kicsi, akkor a torzítás burkolódetektoros vételnél nem zavaró, különösen ha vételre egyszerű, olcsó, rossz hangszóró tulajdonságokkal rendelkező hordozható vevőkészüléket használunk.

Sajnos, a szelektív fading érzékenysége a teljes vivőjű rendszernek lényegesen rosszabb, mint a kétoldalsávós amplitúdómodulációé. Az 1971-ben lezajlott kísérleti adások igazolták a várakozást, sajnos nem hoztak új, reális megoldást.

Távlatban tehát a bevezető részben tett erős, a kompatibilitásra vonatkozó megkötést lazítani kell, utat nyitva az egyoldalsávós, vagy független oldalsávós adás bevezetésének.

Az egyoldalsávós csökkentett vivőjű adás bevezetése az elérhető csatornák számát megkétszerezné és nagyban elősegítené a világméretű „szabad csatorna éhség” kielégítését.

Bevezetésére azonban a vevőoldali problémák miatt várhatóan még hosszabb időn keresztül várni kell.

### 4. Kísérleti eredmények

Az 2.3. fejezetben ismertetett vevőkészülék a cikk írásakor már működött és a kísérleti mérések egy részét is elvégeztük.

Az eredményeket röviden a következőkben foglathatjuk össze:

a) a vevőkészülék — összehasonlítva egy jelenleg széles körben alkalmazott, klasszikus konstrukciójú vevővel — lényegesen jobb vételi eredményeket adott (a szabad oldalsáv választáson keresztül) szomszédos oldalsávú zavarok esetén;

b) a szelektív fading torzító hatása gyakorlatilag teljesen megszűnt, a nagy távolságú adások az éjszakai órákban is jó minőséggel vehetőek voltak;

c) erősen zavart adásnál a független oldalsávú vétel (két független hangszórón szól a két oldalsáv) az ún. koktél-parti hatáson keresztül (az emberi agy térszelekciós hatása) lényegesen jobb érthetőséget biztosít, mint bármelyik oldalsáv önálló hallgatása;

d) független oldalsávú vételnél a szelektív fading hatása rendkívül szemléletesen jelenik meg. A két oldalsávban függetlenül bekövetkező amplitúdó- és/vagy fázisváltozások hatására a program „kilép” a két hangszóróból, „élővé” válik és a pillanatnyi terjedési viszonyoknak megfelelően „mozog” a két hangszóró között.

Távlati célunk a vevőkészülék vételt javító hatásának vizsgálata olyan helyeken, ahol jelenleg a klasszikus vevők használhatatlan eredményt adnak.