

HÍRADÁSTECHNIKA

Rádiótávközlés 10 GHz felett*

D. R. BERCELI
TIBOR,
D. R. FRIGYES
ISTVÁN

Távközlési Kutató Intézet

A rádiótávközlés feladatköre és alkalmazása világszerte és hazánkban is mind jobban terjed. A 10 GHz feletti frekvenciák használata elsősorban a 10 GHz alatti frekvenciasávok telítődése miatt vált szükségessé. A rádiótávközlésben a 10 GHz környéke több vonatkozásban választóvonalat jelent. Ugyanis 10 GHz felett a légköri hullámterjedés már számottevő veszteséggel jár, a félvezető eszközök határfoka lényegesen romlik, az áramköri építőelemek méretei jelentősen csökkennek, következésképpen a távközlés feltételei nehezebbé válnak. Mindemellett a távközlési igények kielégítése érdekében e frekvenciákra egyre inkább szükség van.

E cikk a 10 GHz feletti rádiótávközlés főbb alkalmazási területeivel, a rendszertechnikai és berendezésselépítési elvekkel, az áramköri építőelemekkel, az áramkörök kialakításával és a hazai eredmények rövid áttekintésével foglalkozik.

A rádiótávközlés elnevezést használjuk most minden olyan esetre, amikor valamilyen jelet rádióhullámok útján sugárzással távolabbra viszünk át. Tehát a hírközlési, műsorszórási, távmérési feladatokat egyaránt tárgyaljuk, sőt kiterünk még a rádióhullámok energetikai alkalmazására is.

Hullámterjedési tulajdonságok

A 10 GHz feletti frekvenciákon a légköri hullámterjedés csillapítása nő. Ez a növekedés azonban nem egyenletes, hanem egyes frekvenciatartományokban csillapításcsúcsok adódnak. A szabadtéri hullámterjedéshez viszonyítva csillapításnövekedést kapunk, mely a légkörben levő gázok molekuláris abszorpciójából, az időszakosan fellépő csapadék csillapító hatásából és a szcintilláció jelenségéből származik.

Három olyan tényező van, mely jelentősebb csillapításnövekedést okoz: az oxigén-molekulák, a vízgőz-molekulák és az eső. Az oxigén-molekulák 60 és 120 GHz környékén okoznak igen nagy többletcsillapítást, a vízgőz-molekulák 20–25 GHz között kismértékű, 180 és 320 GHz táján pedig nagymértékű csillapításnövekedést eredményeznek. Az eső okozta

többletcsillapítás 10 és 100 GHz között a frekvenciával erősen nő, majd 100 GHz felett igen nagy értékű, de gyakorlatilag frekvenciafüggetlen.

A molekuláris abszorpció szempontjából elfogadható átvitel biztosítható a 30–40 GHz alatti és a 80–100 GHz közötti frekvenciatartományban. Az esőcsillapítás hatása az eső intenzitásának és a frekvenciának a növekedésével gyorsan nő. Viszont az eső időszakos és változó volta miatt a hullámterjedést csak részlegesen befolyásolja. Ugyanis hosszantartó és erős esőzésnek viszonylag kicsi valószínűsége van adott helyen.

Az időjárási tényezők között számottevő hatása van még az antennák téli jegesedésének és behavazódásának. Ez ellen helyileg lehet védekezni, például leolvasztással.

Rádiórelé láncok

A rádiórelé láncok a kábeles összeköttetések mellett a hírközlő hálózatok fő ütőereit alkotják. Az átviendő információk nyalábolt hírközlő (beszéd és adat) csatornáknak, továbbá rádió és televízió műsorcatornáknak. A rádiórelé láncok tehát az információk számára csak átviteli utakat biztosítanak. Az információ csatornák összefogását és szétosztását egyéb berendezések végzik.

A rádiórelé láncok analóg vagy digitális modulációval működnek. Az analóg moduláció általában frekvenciamodulációt jelent, de újabban foglalkoznak az amplitúdó-modulációval is. A digitális moduláció rendszerint fázismodulációt jelent, bár mind gyakrabban merül fel ennél bonyolultabb modulációs módszerek alkalmazásának a szükségessége is — amire a későbbiekben még visszatérünk.

Analóg átvitel esetén egy-egy rádiószakasz torzításai és zajai általában összegződnek. A 10 GHz feletti frekvenciákon hullámterjedési okok miatt egy-egy rádiószakasz hossza csak jóval kisebbre választható, mint 10 GHz alatt. (Például a 10 GHz alatt szokásos 40–50 km helyett 13 GHz-en 20–25 km-es, 18 GHz-en pedig 8–10 km-es állomástávolság használatos.) Ezért egy adott hosszúságú összeköttetés létrehozásához sokkal több ismétlőállomásra van szükség. Minthogy analóg összeköttetés esetén a torzítások és a zajok összegeződnek, továbbá egy ismétlőállomás nagyjából azonos zaj-, illetve torzítási

* A Magyar Tudományos Akadémia Távközlési Rendszerek Bizottsága részére készített helyzetlemezés bővített anyaga. Beérkezett: 1982. III. 3.

teljesítményt termel (az állomások távolságától függetlenül), hosszú analóg összeköttetések létrehozására a 10–12 GHz fölötti frekvenciasáv nem nagyon alkalmas.

A digitális átvitel viszont lehetőséget ad arra, hogy a jelet minden szakaszon regeneráljuk és ezáltal az egyes szakaszok romlásának hatása nem összegződik. A digitális rádiójelet a regenerálás céljára minden szakaszon demodulálni kell, ami viszont lehetővé teszi minden állomáson a csatornák elágaztatását. Ezért a digitális rádiórelé vonalak rugalmasan használhatók hálózatok felépítésére. A 10 GHz feletti frekvenciákon elsődlegesen digitális összeköttetéseket használnak, ezekkel ezért részletesen foglalkozunk.

A digitális rendszereken átvitt információ igen sokféle lehet. Hogy csak a legfontosabbakat említsük: kódolt és időosztással multiplikált telefoncsatornák, kódolt videotelefon-jelek, kódolt tv-program jelek, kódolt FDM csoportok, különböző sebességű adat és fakszimile jelek stb.

A ténylegesen alkalmazott frekvenciasáv kiválasztásánál szem előtt tartják azt, hogy a frekvencia növelése egyre drágább; így ma elsősorban 11 és 13 GHz-en, ha ez telítetté válik, úgy 15 GHz-en, majd 18 GHz-en építenek ki összeköttetéseket. Újabban lényegesen nagyobb frekvenciás 30 sőt 90 GHz-es kísérletekkel is találkozunk.

A berendezések fő rendszertechnikai tulajdonságai a következők. Csaknem mindig regeneráló típusú ismételőállomásokat használnak, ami elvileg nem szükségképpen, de gyakorlatilag mindig azt is jelenti, hogy az ismétlésnél alapsávíg lebontják a jeleket.

A modulációs módszer megválasztása döntő mértékben befolyásolja a rendszer tulajdonságait. A kisugárzott jelek által elfoglalt spektrum és az igényelt adóteljesítmény csökkentése plauzibilis követelmények, de egymással legtöbbször ellentétesek. Ezért a modulációs módszer kiválasztásának alapja nyilván egy elfogadható kompromisszum megtalálása. Sok szempontból optimális kompromisszum a négyállapotú fázismoduláció (4PSK). Ezért ma a digitális rádiórelé rendszerek túlnyomó része működik 4PSK-val.

Olyan egyre gyakrabban előforduló esetekben, mikor a 4PSK által elfoglalt sáv túl széles, négy-nél több állapotú, de továbbra is kétdimenziós modulációs rendszert, illetve jelfélesztet kell alkalmazni. Ilyen rendszerekben elvileg fázismoduláció is alkalmazható, de a fázis- és amplitúdó-moduláció kombinálása jobb eredményt ad. Jelenleg a legperspektivikusabb ilyen modulációnak a 16 állapotú kvadrátúra-amplitúdómoduláció tűnik (16QAM), bár kvadrátúra részleges válaszfüggvényű moduláció is szóba jöhet. Az ilyen sávszélesség-csökkentő modulációval működő rendszerek nagyobb adóteljesítményt igényelnek, és a berendezések jóval bonyolultabbak.

Megjegyezzük, hogy újabb — egyelőre csak elméleti — eredmények olyan rendszerek lehetőségét is megmutatták, melyek az adóteljesítmény és az elfoglalt frekvenciasáv egyidejű csökkentését teszik lehetővé a jelfeldolgozás bonyolultságának árán. Ezek gyakorlati felhasználása azonban még várat magára.

Fontos berendezéstechnikai kérdés a modulátor

elhelyezése. Tulajdonképpen négy lehetőség kínálkozik: mikrohullámú modulátor vagy KF modulátor adókeverővel, továbbá mindkettőnél alkalmazhatunk végerősítőt is. Minthogy a mai eszközökkel jobb hatásfokú modulátorokat tudunk készíteni, mint adókeverőket, legtöbbször az előbbit használják, bár a modulátor hatásfoka kevésbé jelentős akkor, ha az adó végerősítőt is tartalmaz.

A digitális rádiórelé rendszerek alkalmazási köre meglehetősen széles. Néhányat a legfontosabbak közül felsorolva: a hagyományos rádiórelé alkalmazás, vagyis nagytávolságú összeköttetések létrehozása; átkérő vonalak létesítése nagyvárosi helyi hálózatokban; rurál hálózati rendszerek, alkalmazások számítógép-hálózatokban és távadatfeldolgozó rendszerekben.

Rurál hálózatok

A rurál hálózatok jelentősége fokozatosan növekszik, elsősorban a fejlődő országokban. Sok esetben az alaphálózat szerepét töltik be. A rádióösszeköttetéseknek fontos feladataik vannak e hálózatokban is.

A rurál hálózatok egyik jellemzője az előfizetők elszórt volta, ezért az előfizetői vonalak hosszúak és rendszerint különböző irányúak. Az előfizetők elszórt elhelyezkedése vezetékessé összeköttetés esetén megnehezíti az előfizetői vonalak nyalábolását. A hálózat kiépítése tehát költséges. Ugyanakkor a gyenge forgalom miatt a beruházások megtérülése lassú. Ezért nagy jelentősége van annak, hogy a rendelkezésre állás rovására a hálózat kihasználtságát növeljük. Erre igen kedvező megoldást adnak a többszörös hozzáférésű rádiórendszerek. Ugyanis a rádióösszeköttetések létesítéséhez csak az állomások felállítására van szükség. A kihasználtságot pedig szabadcsatorna-kereséssel és időosztásos többszörös hozzáféréssel lehet növelni. Ezt a célt szolgálják az „egy pont, több pont” típusú rendszerek. Ezekkel koncentrált is végző csillag alakú hálózatok létesíthetők.

A rádióösszeköttetések előnyösen alkalmazhatók elosztott nyalábolású hálózatokban is. Az elosztott csatornyalábolás az előfizetők és a helyi központ között, vagy a helyi központok és a magasabb rendű központ között használatos. Ugyancsak célszerűek a rádióösszeköttetések nyaláboló csatornák központok közötti átvitelére.

A rurál hálózatokban elsősorban kis és esetleg közepes kapacitású összeköttetésekre van szükség. Alapvető követelmény, hogy a berendezések viszonylag egyszerűek és olcsók legyenek, épületet és kezelést ne igényeljenek, valamint egyaránt alkalmasak legyenek beszéd- és adatátvitelre.

A kapcsoló központok közötti összeköttetésekre mind analóg, mind digitális átviteli módok használhatók. Az elosztott nyalábolást igénylő alkalmazásokban azonban a digitális multiplikálás lényegesen egyszerűbb volta miatt legtöbbször a digitális összeköttetések jönnek szóba. Egyébként a központok közötti összeköttetések is egyre inkább digitális átvitelt használnak. Ugyanis az összeköttetések viszonylag rövidek és ezért számottevő az a megtakarítás, ami a digitális multiplikálással nyerhető.

A rurál hálózati rádióösszeköttetések nagyfokú rugalmasságot igényelnek a vonalak elágaztatása terén. Vannak olyan megoldások, melyek időosztású elven valamely központi állomást több állomással kapcsolnak össze sugárzással, vagyis a levegő útján. Ezeknek a rendszereknek nagy előnye, hogy több állomás használhatja ugyanazt a frekvenciát. Az egyes állomásoknak a központi állomástól való különböző távolsága miatt azonban célszerű az információt több szimbólumot összefogva hosszabb bit-csomagok formájában átvinni.

Jelenleg a rurál hálózati rádióösszeköttetések egy része a 10 GHz alatti frekvenciákat használja. Azonban gyorsan terjed a 10 GHz feletti frekvenciájú berendezések alkalmazása.

Rádióösszeköttetést lehet kiépíteni közvetlenül az előfizetőhöz a 10 GHz feletti frekvenciákon is. Erre a célra igen egyszerű és olcsó berendezés készíthető. Az ilyen helyi hálózat céljára a 30 GHz körüli sávot kívánják alkalmazni.

Műholdas hírközlés

A műholdas hírközlés gyors léptekkel fejlődik. A fejlődés útja a szolgáltatások körének és terjedelmének bővülése a digitális jelfeldolgozási eljárások, a mikroprocesszoros vezérlések és az időosztású átvitel- és kapcsolástechnika széles körű alkalmazása révén. Elsősorban a többszörös hozzáférésű rendszerek terjednek. Ezek forgalmi szempontból rugalmasak és gazdaságosak. Általában egyaránt alkalmasak beszéd- és adatátvitelre. Rendszerint az adatátvitel alkalmazkodik a beszédforgalomhoz.

A többszörös hozzáférésű műholdas rendszerek több földi állomással tartanak kapcsolatot, melyek nagy területen helyezkednek el. A forgalom tehát sokfelé irányulhat. Ezt a feladatot gazdaságosan csak úgy lehet megoldani, ha a műholdon kapcsolási funkciókat is végeznek. Ezt beszédcsatorna esetén főleg vonalkapcsolással, adatcsatorna esetén csomagkapcsolással oldják meg. Terjed azonban a csomagkapcsolás beszédátvitelre való alkalmazása is. A többszörös hozzáférést időosztással végzik.

A műholdas hírközlés elsősorban nagytávolságú összeköttetések esetén gazdaságos. A földi vevők költségeit igyekeznek csökkenteni, például kisebb méretű antennával, nem hűtött mikrohullámú előerősítővel stb. A földi állomás azonban még így is viszonylag költséges a nagyteljesítményű adó miatt. E problémákon segít a műholdon levő antenna sugárzási irányának elektronikus szabályozása. E módszerrel ugyanis a műhold antennáját nagy nyereséggel mindig az összeköttetésben éppen részt vevő földi állomásra irányítják, és így értékes decibeleket nyernek mind a felfelé, mind a lefelé menő vonalon. Az időosztású többszörös hozzáféréssel összhangban tehát állandóan változik a műhold antennájának sugárzási iránya, vagyis az antenna keskeny nyalábbal egymás után végigsöpör a földi állomásokon és nem szórja be az egész területet folyamatosan. Ezzel lehetővé válik a műholdas hírközlés kiterjedt alkalmazása kis forgalmú pontok között is, mind országos, mind rurál hálózatokban.

A műholdas hírközlés műszaki problémáinak nagy része elvileg közös a földi hírközlésével. Azonban a gyakorlati megvalósítás tekintetében néhány különleges probléma is fellép. A műholdas összeköttetésekben csaknem mindig biztosítani kell a többszörös hozzáférés lehetőségét. A mai vizsgálatok szerint a műhold legjobb kihasználását digitális átviteli módszerekkel és időosztású többszörös hozzáféréssel lehet biztosítani (közhasznú elnevezésével TDMA-rendszerrel). Ilyen rendszerben különös jelentősége van a szinkronizációs problémák megoldásának, elsősorban a hálózatszinkronizálásnak.

A műholdas hírközlésben csakúgy, mint a földfelszíni összeköttetésekben, a frekvenciasáv telítettsége kényszeríti ki a 10 GHz fölötti sávok alkalmazását. Ma elsősorban 12–14 GHz-es rendszereket létesítenek, de foglalkoznak 20–30 GHz-es rendszerekkel is, ahol a nagyobb szám mindig a Földműhold, a kisebbik pedig a műhold-Föld szakasz frekvenciája.

Hullámterjedési szempontból jelentős eltérés van a földfelszíni összeköttetésekhez képest. A hullám ugyanis nagyrészt a légkörön kívül halad és ezáltal a 10 GHz feletti frekvenciákon lényegesen kisebb a többletcsillapítás, mint a földfelszínen. A többletcsillapítás a sugárnak a föld felszínével bezárt szögétől függ. Az emelkedési szög növekedésével a csillapítás csökken. Az eső csillapítása azonban itt sem elhanyagolható: nagyon heves záporok 10 dB nagyságrendű fading-csillapítást okozhatnak.

A légköri abszorpció és az eső csillapításának az előzők szerint viszonylag kis hatása miatt a 10 GHz feletti frekvenciák előnyösen használhatók a műholdas hírközlésben. A frekvencia növelésével ugyanis az antennaméretek csökkenthetők, ami elsősorban a földi vevőnél jelent előnyt. Kizárólag digitális rendszerek alkalmazását tervezik 10 GHz fölött is, aminek fő oka a digitális rendszerek jóval nagyobb hajlékonysága.

Műholdas műsorszórás

Nagy erővel folyik világszerte a fejlesztés szinkron műholdról való műsorszórás megvalósítása érdekében. A műholdról való műsorszórással ugyanis igen nagy terület beszórható és gyakorlatilag a teljes ellátottság elérhető a besugárzott területen. A tervezett rendszerek a 12 GHz-es sávban fognak üzemelni. Elsősorban országos műsorellátás lesz a céljuk, amit az antenna sugárzási karakterisztikájának megfelelő kialakításával kívánnak elérni.

A műholdas rendszerek frekvenciamodulációt fognak alkalmazni. Az FM-átvitelnek mind az adó-, mind a vevőberendezés szempontjából nagy előnye van a AM-átvitellel szemben. Az adó teljesítménye lényegesen kisebb lehet, mivel az FM kevésbé érzékeny az interferenciára, mint az AM. Ugyanez a tulajdonság a frekvenciasáv jobb kihasználását is elősegíti. A vevőnél nagy előny, hogy az FM-átvitel sokkal érzékenyebb a helyi oszcillátor frekvenciaingadozásai iránt, mint az AM.

Az utóbbi tény a legjelentősebb a vevő olcsó felépítése szempontjából. Ugyanis ez teszi lehetővé,

hogy ne kelljen a nagy frekvenciastabilitás érdekében bonyolult kialakítású lokálgenerátort alkalmazni, hanem egyszerű helyi oszcillátorral is kielégítő vételt lehessen elérni. Ez elsősorban egyedi vétel esetén fontos szempont.

Az FM-adás számottevő hátránya viszont, hogy FM-AM átalakításra van szükség, mivel a jelenleg használt tv-vevőkészülékek AM-vételre alkalmasak. Ez a nehézség a tv-vevőkészülék megfelelő módosításával csökkenthető.

A vevőnek két fő változata lehet: közösségi és egyedi vevő. A műholdról több csatornán párhuzamosan lesz adás. Ezért a közösségi vevőnek egyidejűleg több csatornát kell vennie, melyeket a moduláció átalakítása után az előfizetőkhoz el kell juttatni.

Az egyedi vevőknél egy csatorna kiválasztására van szükség lehetőleg egyszerű megoldásban.

Rádiótáv mérés

E címszó alatt többféle olyan alkalmazást foglalunk össze, melyeknél a mérési feladatot rádióhullámok segítségével oldjuk meg. Ide közlekedési, ipari, biztonsági, egészségügyi, térképészeti és csillagászati távmérések tartoznak. A mérés szó gyűjtőnév a jelen esetben, mely valamely jellemző mennyiség meghatározására utal.

Az egyik leggyakoribb alkalmazás a közlekedési célú helyzet- és sebességmérés. E berendezéseket lokátoroknak szokás nevezni. Legelterjedtebb alkalmazásuk a légi és vízi közlekedésben van. Növekvő szerepük van azonban a szárazföldi közlekedésben is. E téren főleg sebességmérésre és összeütközések elkerülése céljából követési távolság mérésére használják a lokátorokat. Ezeknél az alkalmazásoknál gyakran használnak 10 GHz feletti frekvenciákat. A rádiótáv mérési módszereknek fontos szerepük van még a közlekedésben forgalomellenőrzési, és irányítási feladatok ellátása terén is.

Elterjedten használják a rádiótáv mérést az iparban is. Az egyik fontos alkalmazási terület olyan mérések végzése, amikor szélsőséges környezeti viszonyok miatt a távolból való mérés szükséges. A másik lényeges terület a roncsolásmentes és folyamatos ellenőrzés. Mindkét mérési terület automatikus kiértékelést igényel.

Biztonsági feladatok ellátására is előnyösen használhatók a 10 GHz feletti frekvenciák. A rádióhullámok visszaverődését figyelve ugyanis jól észlelhető a környezetben bármilyen mozgás. Az ilyen mozgásérzékelő tehát őrzésre használható sok területen.

Egészségügyi vonatkozásban alapvetően két alkalmazási kör van: terápia és diagnosztika. Terápia céljára a mikrohullámok melegítő hatását használjuk. A diagnosztikai alkalmazás pedig azon a fizikai jelenségen alapszik, hogy a testek hőmérséklettől függő teljesítményű mikrohullámú sugárzást bocsátanak ki. E sugárzás mérése lehetővé teszi például az emberi test belsejében a magasabb hőmérsékletű, rendszerint kóros részek kimutatását.

Az utóbbi jelenség vagyis a testek hőmérsékletétől függő mikrohullámú sugárzásnak a mérése egyre

szélesebb körben nyer alkalmazást, például térképészeti célokra, földi erőforrások kutatására, a föld felszínének vizsgálatára. E feladatokra főleg a 100 GHz körüli frekvenciákat használják. A tárgyak sugárzása e frekvenciatartományban lényegesen kisebb, mint az infravörös sávban, viszont a szintindikáció érzékenysége sokkal nagyobb.

Említést érdemel még a rádiócsillagászat, mely sok új felfedezést ért el az egyre nagyobb frekvenciák birtokba vételével. Ma már 300–400 GHz-en is megfigyeléseket tudnak végezni a legújabb alkatrészek és áramkörök segítségével.

Energiaátvitel és -átalakítás

A rádióhullámok igen nagy frekvenciájú tartománya alkalmas az energia átvitelére is. Az energia zárt tápvonalban való átvitelére a kör keresztmetszetű tápvonal TE_{01} hullámformája alkalmas. E hullámforma tulajdonsága, hogy a frekvencia növekedésével a csillapítás csökken. Hátrány viszont, hogy az energiaátalakítás hatásfoka a frekvencia növekedésével romlik. Ezért a csőtápvonalas energiaátvitel még csak kísérleti alkalmazásra került.

Nagy jelentősége van azonban az energiaátalakításnak, ha dielektromos tulajdonságú anyagok melegítésére kívánjuk használni. Ekkor ugyanis a mikrohullámú melegítéssel az elektromágneses energia csak a melegítendő anyagban alakul át hővé, s így a melegítés hatásfoka jelentősen megnő.

Ez a hatásfoknövekedés olyan nagy, hogy túlhaladja az energia nagyfrekvenciás átalakításából eredő hatásfokcsökkenést. Ily módon a mikrohullámú melegítés összhatásfoka nagyon kedvező. A mikrohullámú melegítést elterjedten használják ételkészítésre háztartásokban és a vendéglátóiparban. De még fontosabb felhasználást nyer a különböző mezőgazdasági és ipari anyagok szárítása terén. A mikrohullámú melegítés további nagy előnye az, hogy gyorsan és könnyen szabályozható, vagyis a technológiai folyamatok igen pontos betartását teszi lehetővé.

Végül felhasználhatók a mikrohullámok az energia sugárzással való átvitelére is. A legmerészebb tervek e téren születtek. Az egyik elképzelés szerint álló műholdon elhelyezett hatalmas méretű fényelemekkel elektromos energiát termelnének, melyet mikrohullámú sugárzással juttatnának le a Földre.

Alkatrészek, áramkörök

A 10 GHz feletti frekvenciák birtokba vételét elsősorban a megfelelő alkatrészek és áramkörök kifejlesztése tette lehetővé. Különösen az aktív elemek játszanak nagy szerepet, mivel ezek szükségesek a jelek előállításához.

Jelelőállításra sokszor használnak frekvenciasokszorozást. E módszer szerint az oszcillátor kisebb frekvencián rezeg és változó kapacitású vagy töltéstároló diódával a frekvenciát sokszorozzák. A sokszorozás a hatásfokot és a teljesítményt csökkenti, de sok esetben mégis jó eredményt ad. Különösen akkor kedvező ez a megoldás, ha az oszcillátor frekvenciá-

ját kvarc-kristály referens jelével kell szabályozni, mely kisebb frekvencián könnyebben elvégezhető.

Közvetlen jelforrásnak jól használhatók az aktív diódák, melyek nagyfrekvencián negatív ellenállást mutatnak. Ilyenek a Gunn, IMPATT és BARITT diódák. A Gunn diódák 100 GHz-ig használhatók 50–500 mW közötti teljesítmény előállítására 1–4% közötti hatásfokkal. A Gunn diódák viszonylag olcsók és előnyük, hogy csak 10 V körüli tápfeszültséget igényelnek. Nagyobb teljesítmény, néhány W előállítására IMPATT diódákat használnak, melyek 300 GHz-ig működnek. Hatásfokuk 5–20% között van. Hátrányuk, hogy a zajuk igen magas és viszonylag nagy, 150–200 V-os tápfeszültséggel üzemelnek, bár újabban jóval kisebb, 50 V körüli feszültséggel működő IMPATT diódák is készültek. Kis zajú igényekre a BARITT diódák alkalmazhatók az 50 GHz alatti frekvenciákon, viszont teljesítményük is kisebb, 100 mW alatt van. Jelenleg a legelterjedtebben a Gunn diódákat használják.

Az utóbbi időben megjelentek a 10 GHz feletti frekvenciákon a tervezérlésű tranzisztorok (FET-ek) is, elsősorban a 10 és 20 GHz közötti tartományban. Kiszajú előerősítők, oszcillátorok és teljesítményerősítők építhetők a tervezérlésű tranzisztorokkal viszonylag kedvező hatásfokkal.

Nagy, 10 W feletti teljesítmények előállítására csöveket használnak, elsősorban haladóhullámú csöveket. A haladóhullámú cső előnye, hogy jó hatásfokú és nagy erősítésű. Hátránya viszont, hogy nagy (1000 V feletti) tápfeszültséget igényel.

Az aktív elemek általános tulajdonsága, hogy teljesítményük és hatásfokuk növekvő frekvenciával csökken. Ezért lehetőség szerint kisebb frekvenciákat célszerű használni. A berendezések fejlesztése ennek megfelelően a 10 és 20 GHz közötti frekvenciákra összpontosul.

A passzív elemek elsősorban csőtápvonalak, de a 10 és 20 GHz közötti frekvenciákon szalagvonalas áramköröket is elterjedten használnak. A 10 és 20 GHz közötti frekvenciákon a nagy szelektivitású, keskenysávú áramköröket csőtápvonallal, a szélessávú áramköröket szalagvonallal alakítják ki. Az előbbi eset tipikus példája a szűrőváltó, az utóbbié a különféle félvezetésű áramkörök. A passzív elemek tárában nagy szerepük van a ferrites cirkulátoroknak, YIG gömbös rezonátoroknak, dielektromos tárcsa-rezonátoroknak is. Az antennák a 10 GHz feletti frekvenciákon általában felületi sugárzók (paraboloid tükrök), de újabban dipól-sorokat, réssugárzókat és ezekkel kialakított antennarácsokat is használnak.

Hazai eredmények

A 10 GHz feletti frekvenciákon a hazai fejlesztés néhány éve indult meg a Távközlési Kutató Intézetben, aminek ma már eredményei is láthatók.

A 70-es évek második felében a Posta Kísérleti Intézet részére többféle áramkör készült a TKI-ban a 12, 13 és 18 GHz-es sávok hullámterjedési mérései céljára. A 70-es évek végén a TKI-ban elkészült egy 12 GHz-es vevőberendezés is, mellyel az OTS–2 műhold jelei vehetők, vagyis a kísérleti jellegű műholdas műsorszórás vételi lehetőségei vizsgálhatók.

A 80-as évek elején a TKI kifejlesztett egy 13 GHz-es 34 Mbit/s átviteli sebességű digitális rádióberendezést, mely konténerbe szerelve szélsőséges éghajlati viszonyok mellett üzemeltethető. A berendezéssel tercier szintű PCM multiplex, vagy nagysebességű adatcsatornák jelei vihetők át.

Jelenleg a Híradótechnikai Vállalat részére 5 tv-csatorna egyidejű vételére alkalmas 12 GHz-es vevőberendezés fejlesztése folyik a TKI-ban. Ezzel a berendezéssel lehetséges lesz a tervezett műholdas műsorszórás vétele a kábeles elosztó hálózatok számára.

További fejlesztések is folynak a TKI-ban újabb áramkörü megoldások kialakítására és a még magasabb frekvenciák birtokbavételére. Ehhez jelentős hozzájárulást ad az a fejlesztési munka, melynek eredményeként 10 GHz felett mind újabb frekvenciasávok tápvonalas műszerei készülnek el.

Összefoglalás

A 10 GHz feletti rádiótávközlés a nehezebb feltételek ellenére is rohamosan terjed. Egyre újabb feladatokat lát el a távközlési igények kielégítése érdekében.

IRODALOM

- [1] Special Issue on Radiopropagation above 10 GHz, Alta Frequenza, English Issue No. 2, 1979.
- [2] Special Issue on Sirio Results, Alta Frequenza, English Issue No. 3, 1979. jún.
- [3] Radio links and satellites, Session of Technical Symposium of 3rd World Telecommunication Forum, Genf, Svájc, 1979.
- [4] Conference Record ICC'79, International Conference on Communications, Boston, USA, 1979.
- [5] Conference Record ICC'80, International Conference on Communications, Seattle, USA, 1980.
- [6] Conference Proceedings of 10th European Microwave Conference, Varsó, Lengyelország, 1980.
- [7] Conference Proceedings of 11th European Microwave Conference, Amszterdam, Hollandia, 1981.

Lapunk példányonként megvásárolható:

az V., Váci utca 10. és

az V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti

hírlapboltokban