

# Irányított rövidhullámú antennarendszerek fejlődése

DÓSA GYÖRGY

A cikk a HTE megalakulásának 60. évfordulója tiszteletére készült.

*Kulcsszavak: rövidhullám, síkantenna, rombuszantenna, log-per antenna*

**A műsorszórás fénykorában a rövidhullámú sugárzás igen nagy jelentőséggel bírt. Az egyes célterületek minél pontosabb besugárzásához elengedhetetlen volt az irányított antennarendszerek fejlesztése.**

**Ez az írás összefoglaló jelleggel ismerteti a dipólsíkokból kialakított irányított antennarendszereket és a haladóhullámú antennákat, valamint a log-periodikus antennák jellemzőire is kitér.**

## 1. Bevezetés

A húszas évek végén, a harmincas évek elején felismerték a rövidhullámok nagy távolságra történő sugárzásának lehetőségeit, megépültek az első rövidhullámú állomások, és megindult meghatározott frekvenciasávokban a rövidhullámú műsorsugárzás.

A külföld felé történő sugárzások célja a közvetlen tájékoztatás, oktatás volt. A rövidhullámú rádió-műsorszórás tehát nagyon egyszerű és mégis kitűnő lehetőséget nyújtott – és nyújt ma is – a más népekkel való kapcsolat elmélyítésére.

A rövidhullámú adások a következő előnyöket jelentették a hosszúhullámmal szemben:

- kisebb teljesítményű adók alkalmazása,
- kevésbé érzékeny a légköri zavarok iránt,
- kis berendezési költség.

Egyetlen hátrány jelentkezett, hogy használatuk érzékeny a fadingre. Ezen a hibán az adásoldalon megfelelő antennakialakítással, a vevőberendezésnél pedig önműködő fadingszabályozással és a diversity vétellel lehetett segíteni.

A nagy világcégek laboratóriumaiban (Telefunken, Philips, Marconi, AEG, Continental Electric, Siemens, RCA) jelentős kutatások és fejlesztések indultak el a különféle kialakítású irányított, nyereséges és többsávú rövidhullámú antennarendszerek kialakítására, alkalmazására. A kifejlesztett rövidhullámú irányított sugárzó rendszereket az alábbiak szerint lehet csoportosítani:

- a) Félhullámú vízszintes dipólusokból kialakított felületi antennák:
  - dipólcsoport, dipólsík sugárzók (dipólfüggöny),
  - parazitikus reflektoros irányított felületi antennák,
  - hálózatrelektoros irányított felületi antennák.
- b) Függőlegesen polarizált hullámokat sugárzó irányított felületi antennák (Sterba, Franklin).
- c) Haladóhullámú irányított antennák:
  - rombuszantennák,
  - V-antennák,
  - hullámantennák (Fishbone, Beverage).

- d) Különböző kialakítású log-periodikus antennarendszerek, amelyeket az ötvenes évek végén fejlesztettek ki.

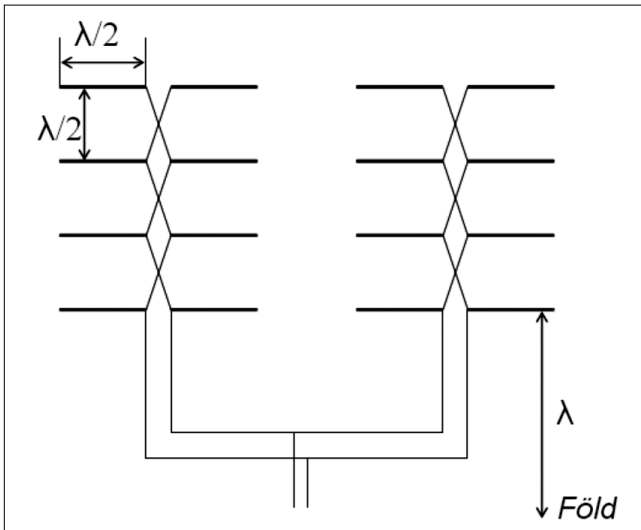
Az alábbiakban összefoglalóan vizsgáljuk a rövidhullámú irányított antennák sugárzási tulajdonságait, alkalmazási lehetőségeit, előnyeit és hátrányait.

## 2. Síkantennák félhullámú vízszintes dipólokból

Ezen antennarendszerek alkalmazásával kezdődtek meg nagyobb részben a rövidhullámú kommunikációs és műsorsugárzások. A dipólsík  $\lambda/2$  hosszúságú dipólokból épül fel, melyek egymással párhuzamosan és egymás felett  $\lambda/2$  távolságban helyezkednek el. A dipólokat egy közös tápvezetékéről azonos fázisban, a végükön táplálták úgy, hogy a tápvezeték a két dipólpár között keresztelték. Ezzel a kialakítással a függőleges dipólsíkra mérőleges sugárzás jön létre. A sugárzás térszőge annál kisebb (élesebb), minél nagyobb felületű az antennarendszer, azaz minél több  $\lambda/2$  nagyságú dipólelemből áll a sugárzó rendszer.

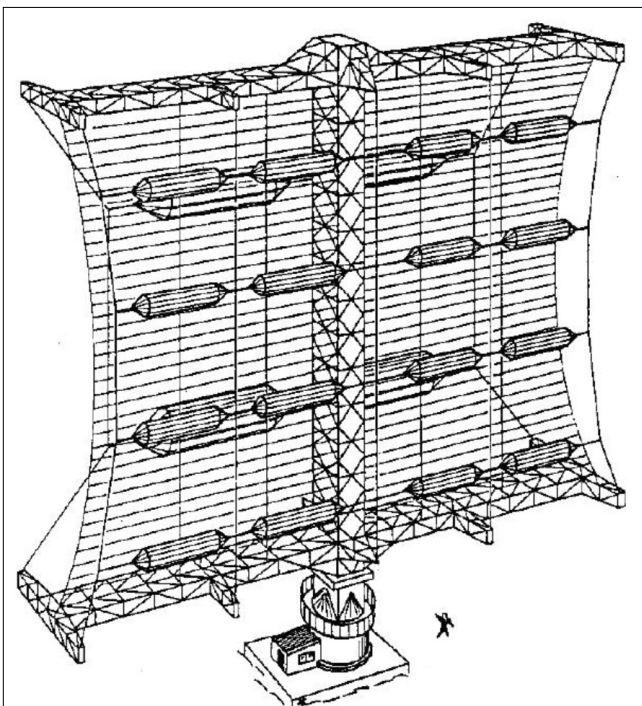
Az így kialakított dipólsík azonban két fő irányba sugároz, az egyirányú sugárzás azáltal jött létre, hogy a dipólsík mögé  $\lambda/4$  távolságban egy ugyanolyan kialakítású másik dipólsíkot telepítenek, és ezt a síkot vagy  $90^\circ$ -kal előre siető fázisban gerjesztik, vagy pedig az első dipólsík ezt a parazitikusán gerjeszti. A másik dipólsík tehát mint reflektor működik, és a sugárzás egyirányú lesz. A sugárzás iránya megfordítható ( $180^\circ$ -os irányváltás), ha az antenna és a reflektorsík szerepe felcserélődik.

A dipólsík elvi kialakítását az 1. ábra mutatja be. Kezdeti időszakban az irányított síkantennák rezonáns antennaként működtek, tehát egy meghatározott frekvencián vagy igen keskeny sávban üzemeltek. Később az ötvenes években kifejlesztették a szélessávú két vagy három műsorszóró sávra is alkalmas felületi síkantennákat, ahol a  $\lambda/2$  méretű dipólok varsás vagy hajlított varsás kialakításban készültek.



1. ábra Dipólsík elvi kialakítása

Ugyancsak ebben az időszakban helyeztek üzembe olyan kialakítású felületi síkantenna-rendszereket, amelyeknél fázistoló- és kapcsolórendszer alkalmazásával a vízszintes iránykarakterisztika  $\pm 15-20^\circ$ -ra elbillenthetővé vált a főirányhoz képest. Ez a megoldás igen kedvező és gazdaságos, mivel egy antennarendszerrel a célterület besugárzását jelentősen lehetett növelni, különösen nagytávolságú sugárzásoknál. További fejlődést jelentett, hogy ezen felületi síkantennákat hálóreflektorral alkalmazták, majd kialakultak a háromsík felületi síkantennák, ahol a középső sík a hálóreflektor, és mindkét oldalon  $\lambda/4$  távolságra egy-egy antenasugárzó sík helyezkedik el, akár szélessávú, akár keskenysávú kialakításban, és így a sugárzórendszert gazdaságosabban lehet alkalmazni.

 2. ábra  
 Forgatható síkantennarendszer horizontális dipólokból


A szélessávú síkantenna egyik oldali sugárzója a 6-7-9-11, míg a másik oldal sugárzója a 15-17-21-26 MHz-es műsorszóró sávokban üzemeltek. Az ötvenes évek végére néhány nagy világcég (Telefunken, Brown-Boveri, Thomson) kifejlesztette és üzembe állította a forgatható rövidhullámú síkantenna rendszereket (2. ábra).

A felületi antennáknak (síkantennáknak) több előnye is van. Megfelelő konstrukciós kialakítással nagy nyereséget lehet elérni, tehát a kívánt célterület optimális frekvenciahasználatával jól besugározható. Rugalmas sugárzási rendszert lehet velük kialakítani minden szükséges sugárzási irányba (csillag vagy polifonos kialakításban) és nagy teljesítmények sugárzására alkalmasak (600 kW).

Hátrányuk ugyanakkor, hogy az antennarendszer vagy rendszerek kiépítése aránylag nagy területet igényel. A felületi sugárzók telepítéséhez kialakítástól függően 30-80 m magas kikötött vagy öntartó vasszerkezetű tornyok szükségesek (egy sugárzó rendszer – akár sima felfüggesztésű, akár poligonos rendszerű –, legalább 2-3 tartótornyot igényel).

### 3. Síkantennarendszerek függőleges dipólokból

A függőlegesen polarizált hullámokat sugárzó rövidhullámú felületi síkantenna rendszereket a harmincas években Sterba néven a Standard cég, illetve Franklin-antenna néven a Marconi cég gyártotta.

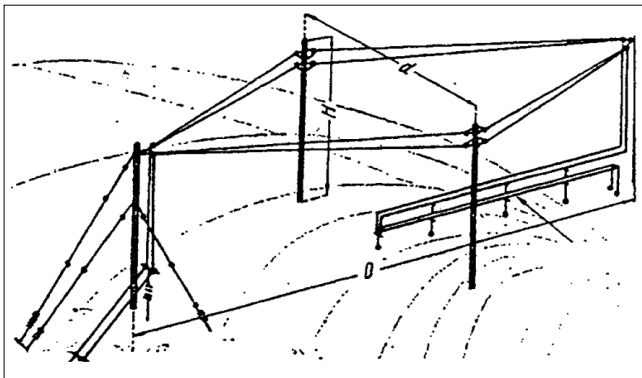
Ezek az antennák szintén soros fázisban vannak gerjesztve, amit úgy lehet elérni, hogy a közel  $\lambda/2$  függőleges vezetőket keresztezik. Ez esetben az összekötő vezetékdarabok sugárzása egymást megsemmisíti, a függőleges részek sugárzása érvényesül. Az így kialakított rendszer körsugárzóként működik a vízszintes síkban, irányított sugárzáshoz egy hasonló kialakítású reflektorfüggönnyel kell kiépíteni  $\lambda/4$  távolságra. Ezen típusú antennák a bonyolult és drága kialakítás, a nagy helyigény, valamint a sok üzemeltetési probléma miatt nem nagyon terjedtek el.

### 4. Haladó hullámú rövidhullámú antennák

A fishbone-antenna olyan kéthuzalos gyűjtővezetékéből áll, melyre szabályos távolságokban szimmetrikusan dipólok csatlakoznak. A dipólokat kiskapacitású kondenzátorokon keresztül csatlakoztatják a gyűjtővezetékre. Az antennát vízszintesen 15-40 m közötti magasságban függesztik fel megfelelő tartószerkezetekre. Az optimális antennahossz a gyakorlatban a minimális hullámhossz 5-7-szerese. A szimmetrikus dipólok számát úgy kell megválasztani, hogy a gyűjtővezeték homogén legyen. A dipólok hossza  $l = \lambda_{\min} 1,3$  értéknél optimális. Az antennarendszer jelentős irányhatással rendelkezik, az emésztőellenállás és a dipólok laza csatolása miatt azonban rossz a hatásfoka.

Ezen antennarendszerek mint adóantennák nem terjedtek el, de vevőantennaként kedvezőek, mivel az iránydiagramban az oldalnyalábok igen jelentéktelenek.

A rombuszantenna négy haladó hullámú rombusz elrendezésű, a földdel párhuzamosan kis magasságban kifeszített vezeték (3. ábra). A rombusz oldalhosszának és szögének helyes megválasztásával érhető el, hogy a négy fő hurok iránya egybeessen; és mivel ezek összegeződnek, éles irányítás és jó nyereség biztosítható. A jó iránykarakterisztikán kívül nagy előnye, hogy széles frekvenciatartományban használható (körülbelül 1:3 átfogás).



3. ábra Rombuszantenna kialakítása

A rombuszantenna egyik végét a hullámellenállásnak megfelelő ohmos ellenállással zárják le, a másik végére csatlakozik a tápvezeték, ezáltal az antenna mentén a lezáró ellenállás irányába haladó hullámok jönnek létre. Ez azonban azt jelenti, hogy az antennába betáplált rádiófrekvenciás energia 35-45%-a – adóantenna esetében – elemésztődik a lezáró ellenálláson.

A rombuszantennákat először mint vevőantennákat kezdték el használni a húszas évek végétől, majd a harmincas évek elejétől kezdték adóantennaként alkalmazni. A föld reflektáló hatása következtében a függőleges főnyaláb 10-25 fokkal felfelé irányul. Ez a kilövési szög függ az antenna föld feletti magasságától, az oldalhossztól és az oldalszögtől. A rombuszantennák kedvező tulajdonságuknak köszönhetően vevő- és adóantennaként is gyorsan elterjedtek. Hátrányuk viszont, hogy az antennába táplált rádiófrekvenciás energia jelentős része elemésztődik a lezáróellenálláson, ezért nagy teljesítményekre (300...500 kW) nem kedvező alkalmazni.

A rombuszantennák kombinálhatók is. Több rombuszantenna megfelelő kombinálásával (egyesítésével) különböző módon javítható az egyszeres sima rombuszantenna sugárzási jellemzője. Fokozottabban koncentrálnálható a főnyaláb és csökkenthetők a melléknyalábok, továbbá megfelelő kialakítással változtatható a főnyaláb szöge az alábbi lehetőségek szerint:

- emeletes, egymás feletti rombuszsugárzó (függőleges síkban éles nyalábolás biztosítható),
- emeletes, eltolt síkú vízszintes rombuszsugárzórendszer (kettős rombusz, a nyereség növelhető),
- egymás feletti rombuszantenna axiális eltolással (az oldalnyalábok csökkenthetők),

- egymás mellett, egy síkban elhelyezett sima rombuszsugárzó (a nyereség növelhető, változtatható a nyalábszög),
- végpontról visszatáplálható rombuszantennarendszer (az emésztő energia visszatáplálható a bemenetre, azonban ennek kialakítása és beállítása bonyolult),
- egy síkban két nem egyforma geometriai méretű rombuszrendszer alkalmazása (nagy frekvenciasáv használata).

Ezen kombinált rombuszantennák kialakításánál az illesztés és a táplálás jelentős nehézségeket jelent.

A V-alakú antenna felépítési elve hasonló a rombuszantennakéhoz. Az antennaszárak végeit a hullámellenállással a föld felé lezárva a sugárzórendszer aránylag széles frekvenciasávban használható és az irányhatás egyoldalú. Az oldalhossz növelésével növelhető az antenna nyeresége és a főnyaláb élesebbé válik. A V-antennarendszert a gyakorlatban inkább vevőantennaként alkalmazták. Egyik legismertebb kialakítás az egymás felett két vagy több V-sugárzó alkalmazása, ezáltal függőleges síkban az irányító hatás növelhető.

Az antennarendszer hátránya a kis nyereség és a kedvezőtlen hatásfok (adóantenna esetén jelentős a lezáró ellenálláson az energiavesztés), az optimális beállítás különösen nagy oldalhosszaknál problematikus.

A V-antennák esetében több változat is alkalmazható, melyek egyszerűbben és kisebb költséggel felépíthetők. Ilyen a függőlegesen kialakított lezárt V-antennasugárzó (függőlegesen polarizált; csak egy tartószerkezetet igényel), és a lejtősen ferdén kialakított oldalú antenna (szintén csak egy tartószerkezet szükséges).

## 5. Log-periodikus irányított antennák

1957 és 1960 között Duhamel-Isbell-Carrel elméleti munkássága alapján kifejlesztették a log-periodikus antennát. Ezen antennatípus frekvenciafüggetlen karakterisztikájú, mert az elrendezés főként szögekkel és nem lineáris méretekkkel írható le.

A log-periodikus antennák gyakorlati értéke még tovább növekedett, amikor Isbell és Radford megalkották a log-periodikus dipólsort. A kifejlesztett „log-per” antennák a legnépszerűbb sugárzó szerkezetté váltak, mivel tervezésük és konstrukciójuk jól alkalmazható és minden frekvenciasávban használhatóvá váltak.

Két változata a horizontális kialakítású log-periodikus dipólsor és a horizontális kialakítású log-periodikus V-antennasor.

## 6. Rövidhullámú log-periodikus dipólsor antennák kialakítási módozatai

### Függőlegesen polarizált antennák

A rövidhullámú függőlegesen polarizált log-periodikus antennák túlnyomórészt kötél szerkezetre felfüggesztett huzalszerkezetű kialakításúak. Két változatuk ismeretes: a szimmetrikus és az aszimmetrikus.

A szimmetrikus, függőlegesen log-periodikus dipól sugárzórendszer több, függőleges síkban elhelyezett, középen táplált huzaldipólból épül fel. A dipólok alsó végei a talajtól azonos távolságban helyezkednek el. A felső dipólvégek – általában műanyag kötelekkel – a fő-tartó kötéltől csatlakoznak (ez is általában műanyag). A tápvonalrendszer szimmetrikus és általában 200...300 Ohmos.

Aszimmetrikus kialakításnál a dipólok egyik fele körül kiépítésre, a másik felet a tükörkép képezi. Ezen antennák üzemeltetésénél feltétlenül szükséges a földrendszer alkalmazása!

A függőleges felépítésű log-per dipólantennák általában kis szögekben (10-20°) sugároznak, tehát nagytávolságú forgalmazásra alkalmasak.

### Vízszintesen polarizált antennák

A vízszintesen polarizált antennák huzal- vagy csőszerkezetűek is lehetnek. Annak érdekében, hogy a sugárzási tulajdonságok (bemeneti impedancia, sugárzási karakterisztika, kilövési szög) a működési sávban állandó értéken tarthatók legyenek, az antennarendszert úgy készítik, hogy az egyes dipóloknak a talajtól mért távolsága állandó legyen az antenna mentén, vagyis a dipólokat a talaj síkjával egy gamma szöget alkotó síkban kell elhelyezni (ferde síkban elhelyezett szimmetrikus dipólok).

A hatvanas évektől mindjobban elterjedt log-periodikus rövidhullámú antennákat igen eredményesen használják, miután kialakítástól és beállítástól függően kis kilövési szöggel nagy távolságokra, más elrendezésben pedig nagy szöggel közeli területekre lehet jól alkalmazni széles frekvenciasávban.

A vízszintesen polarizált log-periodikus antennákat a földhöz képest ferdén telepítik, hogy mindegyik elemnek azonos legyen az elektromos magassága. A log-periodikus dipól sorantenna bemeneti impedanciáját majdnem teljes mértékben az antenna mentén haladó kéthuzalos tápvonal határozza meg, a sugárzók terhelik ezt a vonalat és kismértékben csökkentik annak impedanciáját. Tipikus méretek esetén az átlagos bemeneti impedancia 300 Ohm.

A log-periodikus antennák alkalmazása a rövidhullámú rádiókommunikációban és műsorszórásban nagy perspektívát és eredményeket hozott. Felhasználásuk több előnnyel jár. Széles frekvenciasávban (6-30 MHz) használhatók mint irányított antenna és nagy a nyereségük. A melléknyaláb-elnomás kedvező és a hátrasugárzás is előnyösebb, mint más dipólantennáknál. A nyereség fokozható a dipólok számának növelésével vagy egyes dipólok vastagításával (22-24 dB-ig). Meredek vagy lapos kilövési szög is biztosítható széles frekvenciatartományban, kialakítástól függően, igényeknek megfelelően. Vízszintes és függőleges (kettős) polarizációjú log-periodikus antennaegység aránylag egyszerűen kialakítható (vevőantenna diversity vételre). Két log-periodikus antennát látunk a 4. és 5. ábrán.

A log-periodikus antennák további előnye, hogy egyetlen tartószerkezet felhasználásával forgatható antennaként nagyon kedvezően használható a rövidhullámú mű-

sorszóró tartományban (6-30 MHz). A szerkezetre azonban 6 MHz alatt nagyon nagy méretek adódnak, ami bizonyos kialakítási problémákat vet fel, és a rögzített magasság is korlátozza a valóban frekvenciafüggetlen működést. Ezt a hátrányt egy újabb jelentős fejlesztés azzal küszöböltte ki, hogy a sugárzó rendszert forgatás mellett dönteni is lehet, így bármilyen irányba jó feltételekkel lehet sugározni.

A forgatható és dönthető rövidhullámú log-periodikus antennák a legkedvezőbbek, miután bármilyen irányban – célterületre – beállítható forgatással és billentéssel a kilövési szög is optimális értékre állítható az összeköttetéshez, illetve besugárzáshoz szükséges optimális üzemi frekvencián.

## 7. Nemzetközi értékelés

A rádiókommunikáció és a műsorszórás kezdeti időszakában a rezonáns, illetve a keskenysávú síkantennák, majd a kedvezőbb és rugalmasabban felhasználható szélessávú rombuszantennák alkalmazása került elő-

4. ábra Allgon-gyártmányú log-per antenna



5. ábra Thomcast gyártmányú log-per antenna



térbe. A harmincas évektől a hatvanas évek elejéig különféle kombinációk használatosak voltak. Ez időszakban kedvezőbb tulajdonságukért (nagy teljesítményre alkalmas, nagyobb nyereségű, több műsorszóró sávban is üzemelő) fix telepítésű és forgatható síkantennákat fokozottabban használták. A hatvanas évek elejétől világviszonylatban tért hódítottak a log-periodikus adóantennarendszerek, de a professzionális vevőállomásokon kedvezőek voltak a log-periodikus irányított vevőantennák.

A rövidhullámú műsorszóró adóállomásokon jelenleg is a legelterjedtebbek a különféle kombinációban kialakított fix telepítésű és forgatható, billenthető log-periodikus antennarendszerek, főképp olyan műsorszóró szolgáltatásoknál, ahol a nagytávolságú célterületet több frekvencián, jelentősen nagy műsoridővel kell besugározni. A nagy nyereségű és nagy teljesítményű fix vagy forgatható és billenthető síkantennák a legelterjedtebbek. A jövőben is ezek az antennarendszerek fognak meghatározó szerepet betölteni.

## 8. Hazai helyzet

A hazai rövidhullámú műsorszórás és rádiókommunikációs szolgálat különféle típusú irányított antennákat – síkantennákat, rombuszantennákat –, már a harmincas évek végétől alkalmazott Székesfehérvár-Sóstó rádióállomáson igen jó eredménnyel.

A negyvenes évek végétől az új diósdai rádióállomásunk síkantennákkal műsort sugárzott Észak-Amerika, Dél-Amerika célterületre magyar és idegen nyelven. A különböző típusok közül a HRR horizontális reflektoros irányváltós síkantennák és billentős változatuk a HRRS típus sok feladatot látott el és a jászberényi rádióállomás is alkalmazásra kerültek.

Magyarországon az első korszerű rövidhullámú log-periodikus antennarendszer a svéd gyártmányú Allgon forgatható és dönthető típus 1972-ben került üzembe Diósd rádióállomáson. Az antennarendszer 6-30 MHz frekvenciatartományban üzemelt. A billentési szöge  $\pm 28^\circ$ , illetve  $39^\circ$  között távvezérléssel beállítható volt. Ez a beállítás lehetővé tette, hogy a kilövellési szöget  $5-41^\circ$  között lehessen változtatni. 250 kW vivőhullám-teljesítmény sugárzására volt alkalmas és a nyeresége körülbelül 11-14 dB.

Jelenleg egy darab forgatható-dönthető log-periodikus műsorszóró antenna található az országban, amely eredetileg Székesfehérváron üzemelt (4. ábra), de 2004-ben áttelepítésre került a jászberényi rövidhullámú állomásra.

## A szerzőről



(1930–2009)

**DÓSA GYÖRGY** a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki karán 1955-ben szerzett oklevelet, 1970-ben pedig Rádióműsorszóró és Hírközlő Szakmérnöki oklevelet. 1955-től a Posta Rádióműszaki Hivatalban, illetve a Posta Rádió és Televízió Műszaki Igazgatóság Műszaki Osztályán kezdett dolgozni. Munkaterülete közép- és rövidhullámú műsorszóró, valamint hosszú- és rövidhullámú kommunikációs adóberendezések és antennarendszerek üzemeltetése, korszerűsítése, valamint új adóberendezések és antennarendszerek telepítése volt. 1962-től a PRMIG (1992-től Antenna Hungária Rt.) fejlesztési osztályvezető-helyettese 1996 júliusáig. Ezen időszakban a hazai közép- és rövidhullámú adó- és antennahálózat fejlesztési, beruházási valamint rekonstrukciós munkáival, valamint hullámterjedési és hálózatfejlesztési vizsgálatokkal foglalkozott. 1962-től tagja volt a Híradástechnikai Tudományos Egyesületnek és ezen belül esetenként részt vett a hazai rádióműsor-sugárzási kérdések vizsgálatában. Tagja volt a HTE Szenior klubjának, 1996-ban HTE ezüst jelvény, 2007-ben HTE arany jelvény kitüntetést kapott. Számtalan szakcikk szerzője, illetve társszerzője volt.