

---

# Jelzőtűztől a rádióig

*A távközlésről a technika tantárgyban*

MOGYORÓDI ÁRPÁD

*A technika és a tudomány találkozásának egyik mérföldköve a rádió megalkotása volt. A rádiózás őskorában e találmányt az emberek egy része csodálkozással vegyes félelemmel fogadta. Korabeli tudósításokban fennmaradt, hogy például amikor Magyarországon 1925-ben megindult a rendszeres rádióadás, s ezt követően az 1926. év nyara szokatlanul esős volt, levelek sokasága érkezett a Magyar Rádióhoz, amelyben az emberek kérték, hogy szüntessék be az adást, mert ez okozza a rendkívüli időjárást. Érkezett olyan levél is, amelyben valaki azt kifogásolta, hogy szomszédja kereszt alakú fára szegezte az antennát, amiért is „ez a szerkezet – így a levélíró – siettetni fogja halálomat”. Az azóta eltelt évtizedek alatt a rádió megszokott, nélkülözhetetlen eszköz lett, de működésével kapcsolatban még ma sem ritka az alapvető tájékozatlanság, téves elképzelés.*

Az általános iskola kevés olyan fizikai és matematikai ismeretet ad, amely a rádiózás alaposabb megértését eredményezhetné, de megfelelő technikatörténeti megközelítéssel, a Marconi-féle távíró részletesebb leírásával (melynek napjainkban ugyan nincs már gyakorlati jelentősége, azonban működése a 8. osztályos fizika tananyag alapján megérthető), valamint egy nagyon egyszerű rádióvevő megépítésével a tanulók életkori sajátosságaiknak, tudásszintjüknek megfelelő technikai ismeretekhez juthatnak.

„A kommunikáció története a tér és idő legyőzésének története; az időt két irányban is le kellett győzni: az információkat egyre gyorsabban átadni és egyre tartósabban rögzíteni. Az írás, majd a könyvnyomtatás feltalálása lehetővé tette a szóbeli információk 'tartósítását', a fényképezés, a mozgófilm, majd a képmagnó a képi információkét, a hanglemez, mágnesszalag a hangét is. Hogyan sikerült megoldani a tér és az idő gyors áthidalásának problémáját?” – írja *Fülöp Géza* Ember és információ című könyvében. (1) Mielőtt a kérdés megválaszolásának nekilátnánk, a fogalmak egységes értelmezése érdekében célszerű néhány definíciót előre elfogadnunk: „információ – általános értelemben ismeret, mely egy adott jelenséggel vagy folyamattal kapcsolatos bizonytalanságot csökkenti, olyan hír, jel, amelynek újdonság jellege van, új ismeretet szolgáltat. (...) Speciális értelemben az információ a hír, adat, mérési érték, közlés, jelzés, számítási eredmény, számérték stb. gyűjtő fogalma.” (2)

## A híradás technikájának kezdetei

Kezdetben a híradás technikája csupán a veszély (ellenség, árvíz, tűz) jelzésére, tehát a közösség riasztására korlátozódott. Félrevert harang, kürt, dob, harsona hangja, nappal felszálló füstoszlop, este tűz fénye adta a jeleket. Az írókat is sokat foglalkoztatta a különleges esetekben szükséges híradás lehetősége, körülzárt várakból postagalamb, hajótörtek, foglyok esetében tengerbe, folyóba dobott palackba zárt levél volt az üzenet hordozója.

Távközlésről azonban csak akkor beszélhetünk, amikor a megállapodás szerinti jeleket, szervezett módon nagy távolságra továbbítják. Azt a jelrendszert, amellyel egy információ adott csatornán továbbítható, illetve amellyel megfelelő szabályok szerint egyér-

telmően egymáshoz rendelhető jelek át-, valamint visszaalakíthatók, kódrendszernek nevezzük, az átalakítási műveletet pedig kódolásnak, illetve dekódolásnak.

Az emberi tudás növekedésével, a kapcsolatrendszer bővülésével, a viszonyok bonyolultabbá válásával az információáramlásnak sokféle változatát fejlesztették ki, amely az előző meghatározások szerint interaktív kapcsolatra adott lehetőséget. Például a görögök fáklyatávíró, az indiánok füst, az őserdei négerek dob, a tatár birodalomban üzenetközvetítő őrszemláncok, a honfoglaló magyarok kürt, a tengerészek zászlójelek (később ágyúlövések) segítségével létesítettek összeköttetést. Kínában már évezredekkel ezelőtt ismertek egy játékszert, amellyel két ember több száz méter távolságból beszélgethetett egymással. Ez a „tingamajig” nevű játék két bambuszcsőből, és az azokat összekötő huzalból állott. (3)

## A híradás technikája a középkorban

Arról, hogy a középkor magyarjai használták-e a füst-, illetve tűzjelzéseket híradásra, nincsenek adatok. A mi híradási rendszerünk a lovaslegények, a hírnökök, a királyi hírvívők – akiket kurzoroknak neveztek a latin cursor: futó, futár kifejezés alapján – szervezetén alapult. Nagy távolságokat természetesen váltott lovakkal lehetett megtenni. Szakértők szerint a lóváltó helyeknek kb. 15 km-re kellett lenni egymástól, az egy napi lovas menetteljesítmény kb. a 300 km lehetett. A török hódoltság alatt a lóváltó helyeket csardakoknak nevezték, innen ered a csárda szavunk. Az első rendszeres postakocsijárat 1485 és 1490 között indult meg Buda és Bécs között. A késő középkori Magyarországnak híres postásai a mészárosok és a marhahajtók voltak. (4)

A híradás technikája a középkorban nem sokat fejlődött. Egy ideig megoldást jelentett a *Claude Chappe* (1763-1805) francia mérnök által kifejlesztett optikai távíró, amelynek első vonalait 1794-ben állították fel Párizs és Lille között. (5) Minden állomás egy-egy őrház volt, tetején árbóccal, amelyre három mozgatható kart erősítettek, egyet középen, kettőt pedig ennek két végén. Az üzenetet a karok különböző állásából lehetett leolvasni, a hírközlés gyorsaságát távcső biztosította, mert így az őrházak közti távolság nagyobb lehetett.

## Az elektromos jelenségek első törvényeinek megszületése

A kialakuló kapitalizmus korában felhalmozódó tudományos eredményeknek, továbbá a gazdaság és a kereskedelem igényeinek köszönhetően gyorsan fejlődnek az elektromos úton való jelátvitel rendszerei. Az információ gyors megszerzése, továbbítása, birtoklása pénzt, hatalmat, vagyonok megalapozását jelentette. Jól példázza ezt a *Rothschild*-család vagyonának keletkezése, amikor a bankár ős a waterlooi-csata eredményét saját hírközlőlánca segítségével hamarabb megtudta, mint a tőzsde többi résztvevője, s ezt ügyesen kihasználva a részvények nagy részét olcsón felvásárolta. Ilyen körülmények között az optikai távíró (szemafor) egyre kevésbé felelt meg az elvárásoknak, s egyre inkább a villamos hírközlés került előtérbe, így amikor 1854. augusztus 26-án utoljára lendült ki a szemafor karja, a Földet már a villamos távíró vezetékai hálózták be. (6)

Az elektromos jelenségek törvényeinek felfedezése és azok gyakorlati alkalmazásának kezdetei az 1800-as évek elejére tehetőek, amikor *Volta* tartós áramot biztosító telepet szerkesztett, *Oersted* kimutatta a mágnesesség és az elektromosság közötti összefüggést, *Sturgeon* elkészítette az első elektromágnességet (1823), *Ampère* az áramjárta vezetők között fellépő mágneses erőhatás kiszámítására állított fel törvényt, *Ohm* pedig a feszültség, az áram és az ellenállás közötti kapcsolatot rögzítette a róla elnevezett törvényben. Ezeket az eredményeket felhasználva különféle megoldások születtek a villamos távjelzésre, de csak *Samuel Morse* (szabadalom 1837-ben, kód 1840-ben, első távívóvonal 1844-ben) vezetékös távírója elégítette ki a gyorsaság és írásosság követelményeit. (7) Az emberi beszéd elektromos úton való továbbítására *Philipp Reiss* végzett kísérleteket, az igazi feltalálónak azonban *Alexander Graham Bellt* tekintik, aki 1876-ban szabadalmaztatta távbeszélőjét, amelyben már mikrofon volt. (8)

## A vezeték nélküli híradástechnika alapjai

A vezeték nélküli híradástechnika alapjait *Faraday* angol és *Maxwell* skót fizikusok rakták le. Faraday 1831-ben – hosszas kísérletezés után – felfedezte az elektromágneses indukciót. 1862-ben J. Clark Maxwell elméleti módszerekkel bizonyította az elektromágneses tér létét, matematikai számítások alapján megjósolta, hogy lehetséges lesz elektromágneses eszközökkel olyan hullámokat gerjeszteni, amelyek rezgésszáma kisebb, mint a fényé, de terjedési törvényeik megegyeznek a fény terjedési törvényeivel. Maxwell elméletének helyességét, az elektromágneses hullámok térben való elterjedését, reflektálhatóságát 1887-ben *Heinrich Hertz* a gyakorlatban is bizonyította. (9) Kísérleti berendezésével Hertz nagy frekvenciájú elektromos rezgést hozott létre, miközben szikraátütéseket figyelt meg egy tőle távolabb levő vezeték hurkán. A rádiózás elve ezen a jelenségen alapul: az egyik áramkörben keringő nagy frekvenciájú elektromos áram egy másik, távolabb elhelyezett áramkörben hasonló áramot hozhat létre.

A Hertz által összeállított készülékkel az elektromágneses hatást nagyobb távolságban már nem lehetett kimutatni. A problémát 1890-ben *Branly* (1844-1940) francia fizikus oldotta meg az ún. vaspalos kohererrel. (10) A koherer egy üvegcső, amelyben két félgömb között vasreszelék található. Amikor a félgömböket áramkörbe kapcsolják, áram alig folyik, ám ha az üvegcsövet elektromágneses hullámok érik, az áram fölerősödik, és a kis fémrészek mintegy összetapadnak. A csökkenő ellenállás megmarad a hullámok megszüntetése után is, ezért egy rázókészüléket szerkesztettek, amelyben egy kis kalapács az üvegcsőre üt, s ennek hatására a reszelék szétesnek.

## A vezeték nélküli információtovábbítás nagyobb távolságra

A nagyobb távolságra történő vezeték nélküli információtovábbítás megteremtőinek az orosz *Popovot* és az olasz *Marconit* tekinthetjük. Popov ismerte fel, hogy a vevő oldalán beérkező energiából minél többet kell felvenni, ezért vevőberendezését összekötötte egy villámhárítóval: ez lett a mai antennák őse. A drótnélküli távíró gyakorlati elterjesztésében Marconié az érdem, akinek 1899-ben sikerült vezeték nélküli összeköttetést létesítenie Anglia és Franciaország között. Adóállomásának lényege egy szikrainduktor volt (induktor: *Ruhmkorff*, 1850), amely a következőképpen működött: egy transzformátor primer tekercsének áramkörébe egyenfeszültséget kapcsolt, amelynek megszaggatásával a nagy menetszámú szekunder tekercsen nagy feszültség jelent meg. A Marconi-féle berendezésben a szikraközt két félgömb alkotta, amelyeket antenna, valamint földvezeték kötött össze egymással. Az induktor primer tekercsére kötött Morze-billentyű benyomásakor a szikraközre nagy feszültség került, és minden egyes keletkező szikra gyorsan csillapodó rádiófrekvenciás rezgéseket gerjesztett, amelyeket az antenna kisugárzott.

A vevőállomáson Marconi az antenna és a földvezeték közé koherert kapcsolt, és ezt teleppel együtt egy jelfogó behúzótekercsével kötötte össze. A jelfogó érintkezőjéről kialakított áramkörbe áramforrást, megszakítót és egy morze távíróból már ismert írószerkezetet kapcsolt. Az antenna által felfogott elektromágneses hullámok hatására a koherer vezetőképessége megnőtt, ennek következtében a jelfogó behúzott, az írószerkezet működésbe lépett: az írógép szalagjára egy pontot tett (tulajdonképpen nagyon rövid vonalat), ugyanis a megszakító-szerkezet rögtön kikapcsolta, egy kis kalapács pedig az üvegcsőre ütve – a vaspalos szétesik – visszaállította az eredeti ellenállást, így a készülék fogadni tudta a további impulzusokat. Az írógép szalagján – amely lassan haladt előre – sűrű pontok jelentek meg s hosszabb-rövidebb vonalakká – morzejelekké – álltak össze.

A szikratávíró különösen a tengeri hajózásban hozott jelentős változást, mert lehetővé tette az állandó kapcsolattartást, növelte a biztonságot (segélykérés, időjárásjelzés, időjárás-előrejelzés).

Ezek után a kutatások két fő irányban folytatódtak:

a) a szikratávíró korszerűsítése: írószerkezet helyett telefonhallgatót, koherer helyett kristálydetektort alkalmaztak;

b) Emellett szinte azonnal megindultak a próbálkozások az emberi hang vezeték nélküli továbbítására.

Ennek néhány fontosabb időbeni állomása:

1903 – a dán *Poulsen* feltalálja az ívfénygenerátort;

1904 – *J. A. Fleming* egyenirányító diódának használja az Edison-effektus bemutatására szolgáló szénzászálalámpát;

1906 – *H.-H. C. Dunwoody* amerikai tudós felfedezi a kristályok egyenirányító képességét;

– Lee de Forest kialakítja a triódát;

– *Fessenden* december 24-én a Poulsen-féle ívlámpás adóval beszédmodulált rádióhullámokat továbbít (ez tekinthető az első rádióadásnak);

1912-13 – *A. Meissner* és *E. H. Armstrong* pozitív visszacsatolással oszcillátort szerkeszt, ezzel csillapítatlan rezgést állítanak elő; (11)

1929 – Megjelennek a szuperheterodin rendszerű rádióvevők, csökken a detektoros készülékek jelentősége; (12)

1954 – az USA-ban kifejlesztik a tranzistoros rádiót.

Események a magyar rádiózás történetéből:

1903 – Magyarország megvásárolja az első rádióadó- és vevőberendezését;

1914 – a Csepel-szigeten megkezdődik a működését a első állandó jellegű szikratávíró állomás;

1917 – az Egyesült Izzóban katonai célú rádiócső gyártás kezdődik;

1918 – a katonaság számára „Klera” néven adó-vevő készüléket fejlesztenek ki;

1923 – polgári célú rádiócső gyártás kezdődik az Egyesült Izzóban;

– a Telefongyárban Magyarországon elsőként szerelnek össze rádiókészüléket;

1925 – az Orionban is rádiókészülékeket gyártanak;

– 2 kW-os műsoradóval elindul az állandó rádiós műsorszórás;

1928 – megépül a 20 kW-os lakihegyi rádióadó;

1932 – megkezdődik a passzív rádióalkatrészek hazai gyártása (szilit ellenállások); (13)

1933 – átadják a 120 kW-os lakihegyi rádióadót;

1939 – hálózati, illetve telepes kivitelben, Orion 313, ill. 313B típusjellel forgalomba hozzák a néprádió őst; (14)

1955 – a Vadásztölténygyár területén (Székesfehérvár) rádió- és villamoskészülékgyár épül;

1963-64 – először az Orionban, később a Telefongyárban megszűnik a rádió-vevőkészülékek gyártása. (15)

## A rádióadás és -vétel elve

A hangot mikrofonnal alakítják át elektromos jellé. A mikrofon kimenetén megjelenő ún. hangfrekvenciás jeleket erősítés után nem lehet rögtön antennára vezetni és kisugározni, mert ehhez rendkívül nagyméretű adóantennára lenne szükség. Ezért a rádióadó egy jóval nagyobb frekvenciájú jel valamilyen jellemzőjét – amplitúdóját vagy frekvenciáját – változtatja a hangfrekvenciás jelnek megfelelően. Ezt a folyamatot modulációnak, a kisugárzott jelet rádiófrekvenciának nevezzük.

A rádióhullámok terjedési sebessége állandó, s megegyezik a fénysebességgel. Az  $f=c/\lambda$  összefüggés értelmében az elektromágneses hullám hossza és rezgésszáma között fordított arányosság van. A rádióhullámok tartománya az igen hosszútól (km-es), az igen rövid (mm-es) hullámokig terjed.

A különböző frekvenciájú rádióhullámok különböző terjedési tulajdonságokkal rendelkeznek, így a nagyon kis frekvenciás (VLF) és a kis frekvenciás (LF) tartományba tartozó hullámok a Föld felszínén, annak görbületét követve terjednek. A nagyon nagyfrekvenciás (VHF), az ultranagy-frekvenciás (UHF) és a szupernagy-frekvenciás (SHF) tartományba eső hullámok a fényhez hasonlóan egyenes vonalban – a földfelszín görbületét nem követve – terjednek. A rádióműsorszórás céljaira nemzetközileg a 150 kHz – 100 MHz-es frekvenciatartományt használják.

A rádióadóból kisugrázott elektromágneses hullámok állandóan metszik a vevőantennát, amelyben nagyfrekvenciás áram keletkezik. A kívánt állomás egy rezgőkör hangolásával választható ki a sokféle adó hullámai közül. A terjedés során nagymértékben csillapodott jelet fel kell erősíteni, ezt szolgálja a rádiófrekvenciás erősítőkör. A ma használatos készülékekben ezek után a keverőnek nevezett egység következik, amelybe a rádiófrekvenciás jelet és a helyi oszcillátor jelét vezetik. Ez a fokozat a bemenetére jutó jelek frekvenciakülönbségével arányos rezgést állít elő. Azt, hogy a középfrekvenciájú erősítő mindig állandó frekvenciájú jelet erősítsen, úgy érik el, hogy a bemeneti rezgőkör hangolásakor a helyi oszcillátor frekvenciája is automatikusan változik. Ennek előnye, hogy bármilyen adóállomást veszünk, mindig ugyanaz marad a középfrekvenciás jel rezgésszáma, így ugyanazon rezgőkörökben erősíthető tovább. A középfrekvenciás jelről a demodulátor választja le a hangfrekvenciát, amelyet végerősítőn keresztül viszünk át hangszóróra.

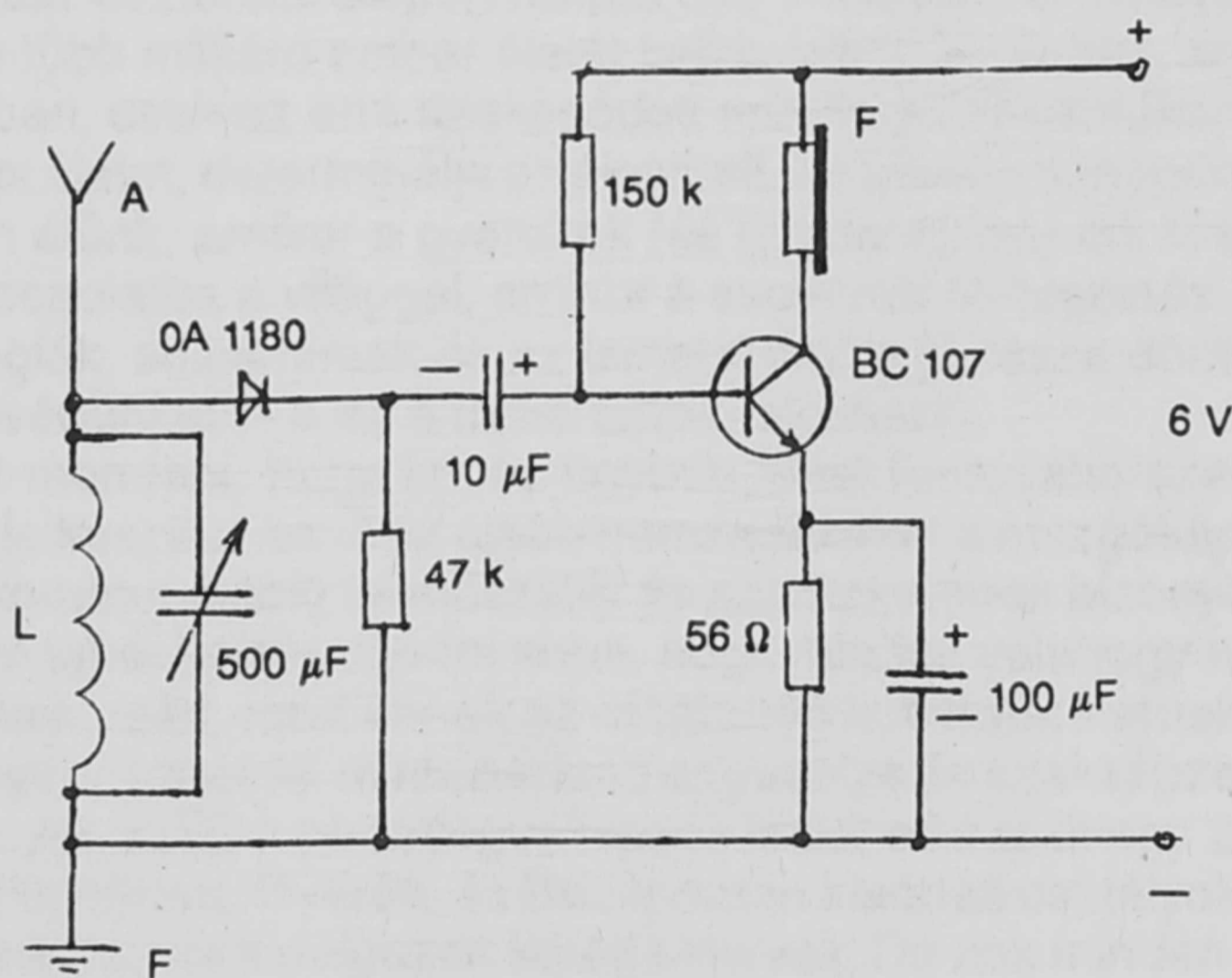
Az elméleti ismeretek után két egyszerű kapcsolást javaslok megépítésre.

Az 1. ábrán látható egyszerű vevő régi típusú germániumtranszisztorral működik. A készülékben nincs szelekciót adó rezgőkör. Nappal a közelben található hazai és külföldi, este a távolabbi külföldi adók műsora vehető.



1. ábra

Valamivel bonyolultabb, de már hangolható a következő rádiómodell:



2. ábra

A vevőantenna és a föld közé párhuzamos rezgőkör van kötve. A forgókondenzátor kapacitásának változtatásával a Kossuth és a Petőfi adó fogható. A dióda által demodulált jel feszültséggerősítőre kerül. Az ellenállások a tranzisztor munkapontját állítják be, az elektrolitkondenzátorok stabilizálják a munkapontot.

### Megjegyzések:

- az L tekercset a következőképpen készítjük el: tekercseljük fel szorosan (menet menet mellé) 10 m hosszú  $\varnothing$  0,3 mm-es zománcszigetelésű rézhuzalt, egy  $\varnothing$  45 mm-es műanyagcsőre vagy spray kupakra;
- a földvezetékét fémes érintkezéssel vízcsapra, radiátorra, vagy a központi antenna földjére csatlakoztassuk;
- a fejhallgató lehetőleg „nagyimpedanciás” legyen (jó az egyszerű telefon-fejhallgató is, de akkor a rádió nagyon halkán szól);
- az antenna, föld, tekercs, forgókondenzátor, fejhallgató, tápfeszültség kivezetéseit banándugó és banánhüvely felhasználásával kössük az áramkörbe (biztosabb érintkezés).

### JEGYZET

- (1) *Fülöp Géza*: Ember és információ. Műzsák Közművelődési Kiadó, Budapest, 1984.
- (2) *Képes diáklexikon*. Minerva, Budapest, 1989.
- (3) *Loon, Hendrik Van*: Ember, honnan indultál? Hungária Könyvkiadó, Budapest, 1938.
- (4) *Zolnay László*: Kincses Magyarország. Magvető Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- (5) *Paturi, Felix R.*: A technika krónikája. Officina Nova, 1991.
- (6) *Gregus Ferenc*: Élhetetlen feltalálók, halhatatlan találmányok. Móra Ferenc Könyvkiadó, 1985.
- (7) *Paturi, Felix R.*: i.m.
- (8) *Ried, Struan*: Találmányok és felfedezések. Novotrade Rt. és Műszaki Könyvkiadó, 1988.
- (9) *Budó Ágoston*: Kísérleti fizika II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.
- (10) Magyar LAROUSSE. Enciklopédikus szótár I., Akadémia Kiadó, Budapest, 1991.
- (11) Rádiótechnika, 1982. 5. sz. A Rádiótechnika úttörőknek.
- (12) U. o.
- (13) Rádiótechnika, 1982. 8. sz. 50 éves a REMIX.
- (14) *Csabai Dániel*: Magnósok évkönyve 1984. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- (15) U. o.