

# Föld—Hold—Föld

## összeköttetések 145 MHz-en

Dr. Gschwindt András okl. vill. mérnök

Az URH és a mikrohullámú tartományban dolgozó amatőrök nagy távolságú összeköttetéseihez nyújthat segítséget Földünk természetes kísérője, a Hold. A Föld—Hold—Föld (a továbbiakban a jól ismert és széles körben használt e.m.e. rövidítést használom) útvonalon érkező jelek tulajdonságait vizsgálom a következő cikkben. Ma már számos olyan eredmény található az irodalomban, amely pontosabbá, jobban számolhatóvá teszi az összeköttetéseket, hiszen az útkutatás (pontosabban az űrhírközlés) is használja az e.m.e. útvonalat).

A következőkben passzív reflektor-ként vesszük figyelembe a Holdat. Megjegyzem, hogy a közeli években már várható amatőrök számára használható aktív reléállomás telepítése is a Holdon (az USA-ban levő Moon-Ray-program). Az ember első sikeres Hold-útja valószínűvé teszi az elképzelés megvalósíthatóságát.

### 1. A jel útja az adótól a vevőig e.m.e. összeköttetésnél

Az adókészülékben előállított jel nem a vevőállomás irányába sugározzuk, hanem a Holdra. Megjegyzem, hogy összeköttetés akkor jöhet létre, ha az adó és vevőállomás egyidejűleg „rádiós szemmel” látja a Holdat. Az optikai láthatóság csak akkor teljesülhet, ha nem felhős az égbolt. A felhők nem zárják ki az összeköttetést, legfeljebb a magasabb frekvenciákon okoznak esillapítást.

Az adóantennát a Hold irányára állítva a jelünk áthalad a troposzférán, az ionoszférán, majd kilép az űrbe. Mivel nálunk 145 MHz-en a legnagyobb az aktivitás, a részletes számítást erre a frekvenciára végezzük el.

145 MHz-en a troposzféra nem okoz jelentős változást jelünkön.

Az ionoszféra hatása már jelentősebb. Csillapítása ugyan elhanya-

golható, de ez elektromágneses hullám polarizációs síkját elfordítja.

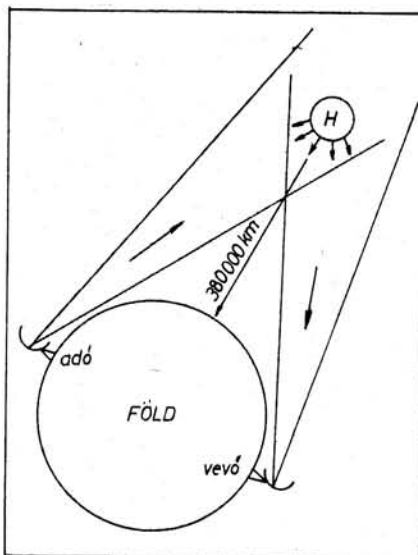
A szabad térben haladva, csökkent teljesítménnyel megérkezik a hullám a Hold felszínére. A felszínre beeső teljesítmény egy részét elnyeli a Hold felszíne, másik részét reflektálja.

A reflektált teljesítmény egy része a távolsággal arányosan csökkenve eléri a Földön elhelyezett és a Hold irányába állított vevőantennát. Közben természetesen ismét áthalad az ionoszférán.

Az előző útvonalat teszi szemléletessé az 1. ábra. Számításainkban végigkövetjük az előzőekben ismertetett útvonalat, részletesen megvizsgáljuk, milyen változásokon megy keresztül a jel, miközben a hosszú utat megteszi. Végül célom egy olyan állomás műszaki specifikációjának megadása, amellyel biztosan megvalósítható a nagytávolságú e.m.e. összeköttetés.

Számításainkban a következő adatokat vesszük fel (a megvalósíthatóságot figyelembe véve!)

1. A vétel helyén kívánatos minimális jel/zaj ( $P_{\text{jel}}/P_{\text{zaj}}$  dB-ben),
2. A vevőkészülék zajtényezője ( $F$ , dB-ben),
3. A vevőkészülék sávszélessége,
4. Az adókészülék kimenő teljesítménye, amelyet az antenna betáplálási pontján mérhetünk ( $P_a$ , dB-ben 1 kW-hoz viszonyítva).



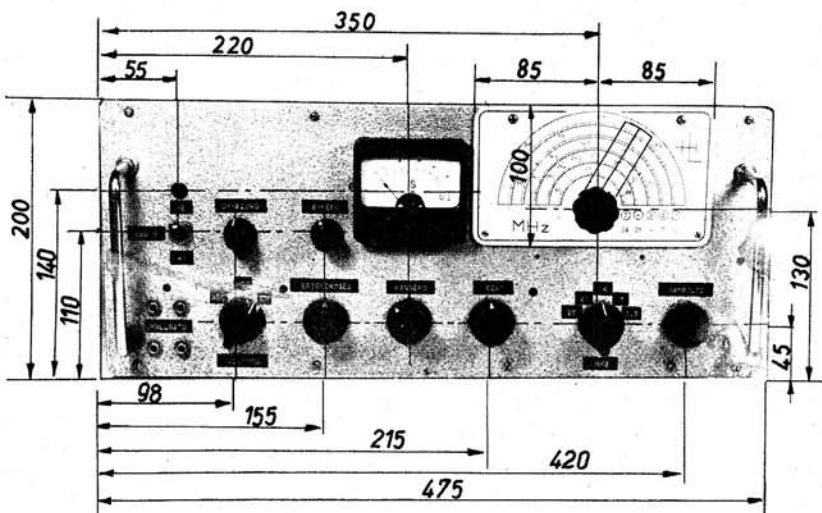
1. ábra

(Folytatás a 11. oldalról)

A készülék skálája egy az előlapra csavarozott papírlapra van rajzolva tussal. A skálát egy 2 mm-es plexi lap borítja. Ugyancsak plexiből készült a mutató is, középvonalában bekarcolt vonallal, amely vonal, azért, hogy fekete legyen, tussal van kitöltve. A skála osztásait a 6. ábra mutatja.

A készülék előlapjának fontosabb méretei a 7. ábrán láthatók. Az előlap és a panel 2 mm-es félkemény alumínium lemezből készült. A panel magassága 60 mm. Az egész készülék egy 240 mm mély alumínium lemezből hajlított dobozban foglal helyet, amelynek alja és teteje perforálva van a jobb hűtés érdekében.

7. ábra. A kétszer transzponált vevőkészülék előlapjának fontosabb méretei



Számításunk végén, eredményként az adó- és vevőantenna nyereségének összegét kapjuk meg ( $G_a + G_v$ ). Természetesen, ha ugyanazon antennával adunk és veszünk

$$G_a = G_v \text{ vagy } G_a + G_v = 2G_a + 2G_v.$$

Először vizsgáljuk meg, melyek azok a kiinduló adatok, amelyeket felvesszünk! Megjegyzem a kiindulásunk önkényes, bármely más paraméterből is elindulhatunk.

### 1.1 A vétel helyén kívánatos minimális jel/zaj

Nem választottunk még üzemmódot! Később a számításainkból kiderül, hogy szinte nincs is más, csak az A 1-es üzem.

A kérdés most már az, mekkora minimális jel/zaj elegendő A 1-es üzemben a vételhez? A válasz nem egészen egyszerű. Függsz az egyéni tulajdonságoktól, gyakorlattól... stb. Jó gyakorlattal még a -30 dB-es jel/zaj mellett vehető a lassú távirójel! Ezzel azonban ne számoljunk, vegyünk -20 dB-es jel/zaj-t.

Kiindulási adataink közül az első megtaláltuk. Legalább -20 dB-es jel/zaj-t kell biztosítani a vevőoldalon a táviró vételhez! A későbbi jelöléssel:  $\frac{P_j}{P_z} = -20 \text{ dB}$ .

### 1.2. A vevőkészülék zajtényezője

A zajteljesítmény, amelyet jelünk mellett a vevő elkerülhetetlenül vesz, két részből tevődik össze.

1. A vevőkészülék saját zaja, amelyet döntően az első fokozat okoz.
2. Az antenna által felvett zaj.

Célszerűbb a zajhőmérséklettel számolni. Ebben az esetben a vevőkészülék által 1 Hz sávszélességben szolgáltatott zajteljesítmény:

$$P_z = (F - 1)T_0 + T_{ak} \text{ dBW/Hz}$$

ahol  $F$  = a vevőkészülék zajtényezője,

$$T_0 = 273 \text{ °K,}$$

$$k = \text{Boltzman-konstans}$$

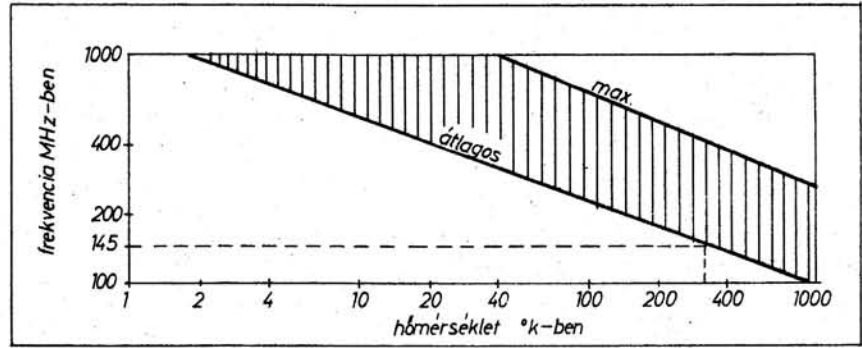
$$= 228,6 \text{ dBW/Hz/fok,}$$

$$T_{ak} = \text{az antenna zajhőmérséklete °K-ban.}$$

Az előző kifejezésből a zajtényezőt tudjuk megválasztani. A mai modern tranzisztorokkal  $F=3 \text{ dB}$  viszonylag könnyen megvalósítható 145 MHz-en.

Az antenna zajhőmérsékletének meghatározásakor figyelembe kell vennünk, hogy az összeköttetések ideje alatt az antenna a Holdra néz, mely a Földről 0,5°-os szög alatt látszik. 20 dB-es antenna nyereséggel számolva az antenna irányszöge 10° körül lesz. Az antenna szinte teljes egészében az úrbe néz, annak zaját veszi körül.

A galaktika zaja a frekvencia függvényében a 2. ábrán látható. Ebből leolvasható, hogy 145 MHz-



2. ábra

en az antenna zajhőmérséklete 300 °K lesz átlagosan. A maximuma ezen érték többszöröse is lehet (Nap-kitörések).

432 MHz-en már csak 12 °K-es a galaktika! Ekkor a vevő által felvett zajteljesítmény is kisebb lesz.

Behelyettesítve adatainkat

$$P_z = [(F - 1)T_0 + T_{ak}]k = [T_0 + T_{ak}]k \text{ W/Hz}$$

mivel  $F=3 \text{ dB}$ , 2-szeres viszony közelíthetjük a kifejezésünket, mivel  $T_{ak} = T_0$

$$P_z = 2kT_0 \text{ W/Hz}$$

átírva dB-re

$$P_z = F - 204 \text{ dBW/Hz}$$

alakban kapjuk meg a vett zajteljesítményt.

Érdeemes megjegyezni, hogy 145 MHz-en nincs tényleges különbség a galaktika zaja és a Föld által okozott zaj között, hiszen a talaj hőmérséklete is 300 °K körüli.

A kifejezésből az is jól látszik, hogy ha ideális vevőkészüléket tudnánk csinálni  $F=0 \text{ dB}$ , akkor 145 MHz-en a vett zajteljesítmény

$$P_z = [0 + 300]k \approx kT_0$$

azaz 3 dB-el kisebb, mint az előző  $F=3 \text{ dB}$  esetben. Lényeges javulás tehát nem várható kisebb zajtényezőjű vevőkészülékkel sem. Ez a földi összeköttetésekre is igaz! Az ok — a külső zajszint nagy 145 MHz-en!

Az érdekesség kedvéért 432 MHz-en nézve a javulást

$$P_z = [0 + 12]k \quad k \approx k \frac{T_0}{22}$$

A nyereség 22-szeres, azaz 13 dB lesz! 432 MHz-en érdemes a zajtényezőt 3 dB alá szorítani!

### 1.3. A vevőkészülék sávszélessége

A vétel sávszélességét meghatározó tényezők a következők:

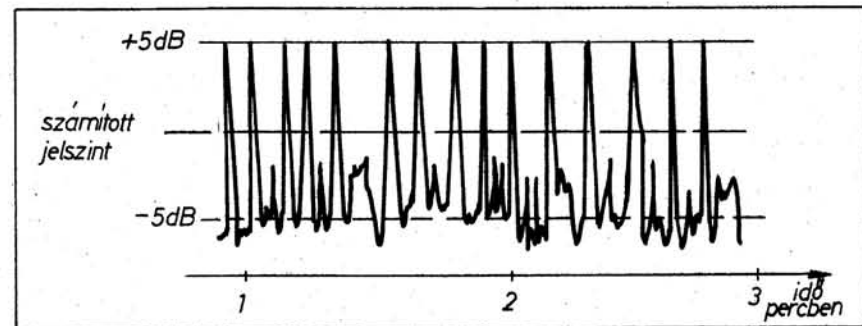
1. A1 üzemmódban megengedett maximális jelsebesség.
2. Az adó és vevő stabilitása.
3. A Doppler-hatás miatt létrejövő frekvencia-változás.
4. A használatban levő vevőkkel elérhető sávszélesség.

Tételezzük fel, hogy 1 másodperc alatt 5 pontot továbbítunk A1-es üzemben. Ez 5 Hz-es billentyűzési frekvenciának felel meg. Jó minőségű átvitelt kapunk, ha a vételnél a billentyűző frekvencia 10-szeresét átvisszük.

Jó stabilitású amatőr adó- és vevőkészülékkel kb. ekkora frekvenciaváltozást lehet biztosítani 15–30 percere.

A Doppler-hatás miatt létrejövő frekvenciaváltozás kicsi, 145 MHz-en nem kell figyelembe vennünk az 50 Hz-es sávszélesség mellett.

Nagyon ritka az olyan amatőr vevőkészülék, amelyen 50 Hz-es sávszélesség található. Elvileg lehetőség van arra, hogy kiegészítő áramkörökkel leszorítsuk 50–100 Hz-re a



3. ábra

sávszélességet. Hagyjuk most ezt a megoldást!

Vegyük fel a vevőkészülék sávszélességet 500 Hz-nek. Ekkora sávszélesség már több vevőtípussal könnyen megvalósítható.

A vett zajteljesítmény függ a sávszélességtől is. Az 1 Hz-re kiszámolt zajteljesítményt meg kell szorozni a vevőkészülék sávszélességével, vagy ha dB-ben számolunk, akkor

$$P_z = 10 \log B + P - 204 \text{ dBW lesz.}$$

Ahol

$P_z = a$  vett zajteljesítmény dB-ben 1 W-hoz viszonyítva.

$B = a$  vevőkészülék sávszélessége Hz-ben.

Jól látható a  $P_z$  kifejezésből, hogy  $B$  csökkentése (500 Hz-ről 50 Hz-re) a vett zajteljesítményt csökkenti (jel/zaj-t növeli!) 10 dB-el.

Az előzőekben pontosan meghatároztuk a vevőkészülék által vett, a bemenetére redukált zajteljesítményt. Kövessük végig most már a jel útját, nézzük meg, milyen változások történnek vele, amíg az adóból a vevőbe jut!

#### 1.4. Az adó kimenő teljesítménye ( $P_a$ )

Az adó teljesítményének növelése csökkentheti pl. az antennarendszer nyereségét. Túlságosan ezt se emelhetjük részben áramköri problémák miatt, részben az engedély szabta határok miatt.

Maradjunk  $P_a = 200$  W mellett. Ez jó hatásfokú csövekkel az adó bemenő teljesítményére kb. 500 W-ot jelent. A kábelcsillapítást is figyelembe véve 200 W-ot biztosítani tudunk az antennának.

A 200 W-os teljesítmény: pl. 2 db  $4 \times 150$  A típusú csövel ellenütemű kapcsolatban könnyen realizálható. Az 1 W-hoz viszonyított adóteljesítmény 23 dB lesz. Tehát  $P_a = 23$  dBW.

#### 1.5. A Hold, mint reflektáló felület

„Sajnos” a Hold nem rádiófrekvenciás jelek reflektálására készült! Reflexiók tulajdonsága rossz, időben változó.

Számításunkban a Holdat, mint  $A_H \pm$  Hold főkör területe – hatásos felülettel vehetjük figyelembe.

A gyakorlati mérések azt mutatták, hogy a reflektáló felület mindössze 5%-a tekinthető a vevő szempontjából átlagosan hatásosnak 150 MHz környékén.

A Hold reflektáló felülete tehát  $A_H = 0,05$ . Hold főkör területe vagy másképpen felírva

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot 0,05$$

ahol  $d = 3400$  km a Hold átmérője.

Az előző számításainkat relatív egységekben végeztük, célszerű a hatásos felület helyett most is a nyereséggel számolni.

$$G_H = \frac{4\pi A_H}{\lambda^2}$$

ahol  $G_H$  – a Hold nyeresége az izotrop sugárhoz viszonyítva.

$\lambda$  – az üzemi hullámhossz (számításunkban – 2,06 m).

Figyelembe véve az előző számításainkat:

$$G_H = \frac{d^2 \pi \cdot 4\pi \cdot 0,05}{4\lambda^2} = \left(\frac{d\pi}{\lambda}\right)^2 \cdot 0,05$$

behelyettesítve

$$G_H = \left(\frac{3,5 \cdot 10^6 \cdot \pi}{2,06}\right) \cdot 0,05 =$$

$$1,42 \cdot 10^{12} \approx 121,5 \text{ dB.}$$

A Holdat, mint nyereséges antennát

vehetjük figyelembe, amelynek nyeresége 145 MHz-en:

$$G_H = 121 \text{ dB.}$$

Figyelembe kell vennünk azonban, hogy a Hold reflexiók tényezője (162 MHz-es mérések szerint) 1 és 10% között változik. A változás periódus ideje 3 sec-től 3–4 percig tart.

A vétel oldalán erősen faddinges lesz a jel, hiszen legalább 10 dB-es változások lesznek a jelen (1%-ról 10%-ra!) Számításainkban az átlagos jelszintnek megfelelő kb. 5%-os reflexiók tényező változása okozza. A 162 MHz-es mérések szerint a vett jel szintje 4–5 dB-el kisebb volt a számítottnál. Számításunk végeredményéhez tehát legalább 4 dB-t hozzá kell adnunk, hogy az idő nagy részében biztosan venni tudjuk a reflektált jelet. A reflektált jelet jellegre jól mutatja a 3. ábra. Erős fadding ül a jelen. A méréseket 162 MHz-en végezték. Hasonló eredményt várhatunk 145 MHz-en is.

#### 1.6 Szabadtéri csillapítás

A Föld–Hold úton a jel erőssége a szabadtéri csillapítás értékének megfelelően csökken:

$$a = 20 \log \frac{4\pi D}{\lambda} \text{ dB}$$

ahol  $a$  – szabadtéri csillapítás dB-ben,

$D$  – Föld–Hold átlagos távolság (380 ezer km), behelyettesítve:

$$a = 20 \log \frac{4\pi \cdot 3,8 \cdot 10^8}{2,06} = 187 \text{ dB}$$

A földről kisugárzott jel teljesítménye a Holdra érve 187 dB-el csökken! A visszavezető úton szintén 187 dB-el csökken. A földre visszaérkező jel tehát  $2a = 374$  dB-el csökken.

(Folytatjuk)

## APRÓHIRDETÉSEK

Lapunkba apróhirdetést az Ifjúsági Lapkiadó Vállalat hirdetői csoportja vesz fel (VI., Révay u. 16. I. emelet), előzetes bejelentés mellett. Ára szavanként 2,- Ft.

Hírdetőtechnika 1959–1968-ig kötve, 1968, 1969 eladók. T.: 161-917.

Televízióhoz tűzmentes, nagyfeszültségű tekercsek (malomkerék). Különleges impregnálással készült sorkimenő, blocking stb. transzformátorok minden típushoz.

Kékes, Carmen sorkimenők, újraszerelésnél beépített sorméretszabályozás. Tűlfeszültségmentes terhelés független feszültség szabályozó készülék, szabályozható autó-akkumulátor töltő. Magnófelvételhez adapter. Erősítő és különleges transzformátorok. Rövid-, középhullámú tekercszelvény, középfrekvenciás transzformátorok, tekercsek. Garancia 6–12 hónap.

Máté Imre mérnök, Budapest X., Cserkesz u. 19. Zalka Máté ténél. Vidékre utánvétellel.

20 elems Hirschmann mintájú 500 MHz antenna pesti vagy Dunántúlon bécsi színes adóhoz eladó. 830-832.

Billentőzet elektronikus orgonához elad. Hódmezővásárhely. Steindl, Malinovszki u. 8.

Zeneszekrény olcsón eladó. Ehal, Budapest, II., Pusztaszeri út 50. d u. 5-től.

NEUMAN kondenzátormikrofon eladó, vagy cserélendő. Lengyel Sándor, Bpest, V., Múzeum krt. 29. III. 7. T.: 380-067, 16-18 óra között.

Fáziskereső ceruza 110–380 Volt 45, 60, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000 Volt. Utánvétellel is. Levél felkeresés: Horny Bp. IV., Kunhalom u. 3. Személyes felkeresés: IN-DEX műszaki üzlet Bp. VI., Jókai tér 3. Tel.: 120-847.

3-100 W-ig terjedő többcsatornás hangfrekvenciás erősítők készítése megrendelhető. Transzformátorok tekercselése. Vidékre utánvétellel szállítunk. Megrendelést felvesszünk: Kiskunfélegyháza Vas-, Fém- és Gépjavitó Ktsz. Rádió és TV javító részlege, Mártonffy u. 4.

12 éves, 4 hangszórós Beethoven rádió 1200 Ft-ért eladó. 21 óra után 428-315.

## TRAFÓTEKERCESELÉS

Hálózati, blocking, sorkimenő, tekercskészletek, hangszóró, műszerek

### JAVÍTÁSA

Bognár Gyula

Budapest, XIII.,  
Róbert Károly krt. 96. Tel.: 406-081  
Vidékre utánvétellel.

# Föld—Hold—Föld

## összeköttetések 145 MHz-en

## 2. rész

Dr. Gschwindt András okl. vill. mérnök

### 2. A földi antennanyereség meghatározása ( $G_a$ és $G_v$ )

Számításaink végső eredményeként az antennanyereségeket kapjuk meg. Első lépésként határozzuk meg az előző adataink ismeretében a jel/zajt-t!

$$\frac{P_{jel}}{P_z} = \frac{\text{a vett jel teljesítménye}}{\text{a vett zaj teljesítménye}}$$

#### a) A vett jel teljesítménye

$$P_j = P_a + G_a + G_v + G_H - 2a \text{ dBW}$$

A  $P_a + G_a$  kifejezés az adó effektív kisugárzott teljesítménye!

#### b) A vett zaj teljesítménye

Már az előzőekben meghatároztuk:

$$P_z = 10 \log B + F - 204 \text{ dBW}$$

Mivel a dB képzés során a számok logaritmusával számoltunk, a  $P_j/P_z$  képzésénél az osztás helyett kivonást kell végezni, azaz

$$\frac{P_j}{P_z} = P_a + G_a + G_v + G_H - 2a - 10 \log B - F + 204 \text{ dB}$$

Ebből a keresett antennanyereség:

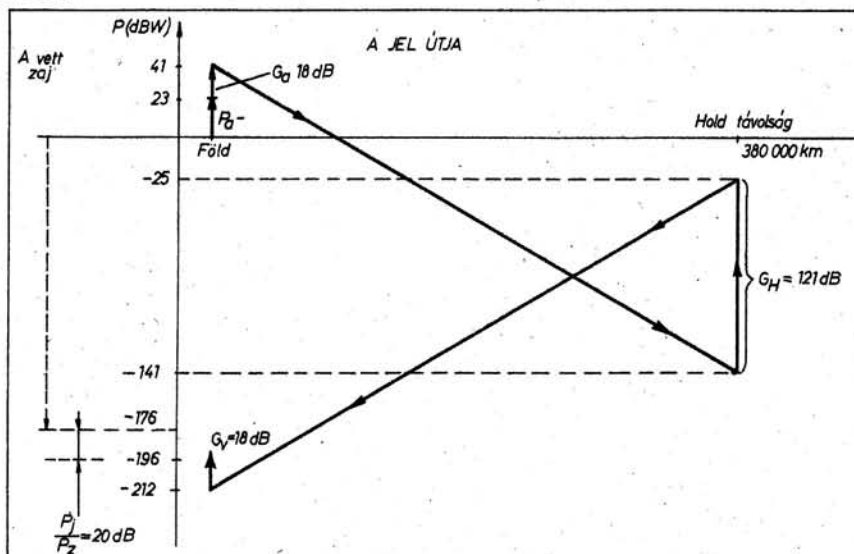
$$G_a + G_v = \frac{P_j}{P_z} - P_a - G_H + 2a + 10 \log B + F - 204 \text{ dB}$$

Gyűjtjük össze, majd helyettesítsük be az előző adatainkat!

$$\frac{P_j}{P_z} = -20 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} P_a &= 23 \text{ dB} \\ a &= 187 \text{ dB} \\ F &= 3 \text{ dB} \\ B &= 0,5 \text{ kHz} \\ G_H &= 121 \text{ dB} \end{aligned}$$

1. ábra



Ezzel

$$G_a + G_v = -20 - 23 - 121 + 2 \cdot 187 + 10 \log 500 + 3 - 204 \text{ dB}$$

$$G_a + G_v = 36 \text{ dB}$$

Az összeköttetés megbízhatóságánál célszerű figyelembe venni a 152 MHz-es méréseket. Az 1.4-es fejezetben említettek szerint adjunk az eredményünkhöz 4 dB-t. Tehát

$$G_a + G_v = 36 + 4 = 40 \text{ dB}$$

Azonos adó- és vevőantenna alkalmazása esetén  $G_a = G_v = 20 \text{ dB}$ . Mielőtt még az antennarendszer részletes vizsgálatába fognánk, nézzük meg, mi történik az ionoszférán áthaladó hullám polarizációs síkjával!

Számításunk menetét és részeredményeit szemléletesen mutatja a 4. ábra.

### 2.1. A polarizáció síkjának változása e. m. e. összeköttetésnél

Indítsunk el képzeletben vízszintesen polarizált hullámot a Hold felé! A hullámhossz 2 méter. Az ionoszférán áthaladó hullám polarizációs síkja elfordul. Az elfordulás pl. az óramutató mozgásával azonos irányban történik.

Az elfordulás nagysága függ az ionoszféra állapotától (napszaktól, évszaktól), a Hold helyzetétől. Nagyobb elfordulás jön létre, ha lapos szög alatt hagyja el az adót a jel (a Hold a horizont körül van).

Az ionoszférát elhagyva a Holdig nem változik a polarizációs sík. A Holdról reflektált jel eljut ismét az ionoszférához, ahol a vétel helyétől függően, megváltozik a polarizációs síkja.

Szerencsés eset, ha az adó az északi féltekén, a vevő a déli féltekén helyezkedik el. Ekkor előfor-

dulhat, hogy a Föld felé tartó úton éppen annyit fordul el a hullám polarizációs síkja, mint a Hold felé vezető úton, csak ellenkező irányban. Ekkor a vevőhöz érkező hullám polarizációja ismét vízszintes lesz. Ennek azonban nagyon kicsi a valószínűsége.

Az előzőekből következik, hogy a vevőantenna ne legyen érzékeny a polarizáció síkjának elfordulására.

Ha körpolarizált hullámot bocsátunk a Holdra, akkor a jobbra forgó polarizációból reflektálás után balra forgó polarizációval rendelkező hullám lesz!

Nem közömbös azonban a polarizációs sík változásának sebessége sem. Irodalmi adatok szerint átlagosan (közelítő érték) 10–20 percenként fordul 90°-ot.

### 2.2. Antenna választási szempontok

Nézzük meg, milyen antennarendszert kell használni az e. m. e. kísérletekben részt vevő állomásoknak, hogy az előzőekben említett feltételek eleget tegyenek. Pontokba szedve feltételeink a következők:

1. Azonos adó- és vevőantennát használva, az antenna nyereségének üzembiztosan, stabilan minimum 20 dB-nek kell lenni.

2. Az antennarendszer megépítése nagy munkát jelent, ezért célszerű olyan elrendezés mellett maradni, amely földi összeköttetéseknel is jól használható.

3. A vevőantennának minimális polarizációs érzékenységet kell biztosítani. Legjobb a körpolarizált antenna. Az előbbi feltételeket több úton elégíthetjük ki:

#### 1. megoldás

Adásra, vételre egyaránt körpolarizált (helix) antennát használunk. 15 dB-es nyereség 2,5  $\lambda$  hosszú 10 menetes helix antennával megvalósítható. Ebből kettőt véve megkapjuk a 18 dB-es nyereséget.

Vételre az adóval ellenkező menetirányú helix antennát használhatunk, amelyet el lehet helyezni az adóantennában. A két rendszer közötti csillapítás 30–40 dB lesz.

Nagy hátránya ennek a megoldásnak a nehezen megvalósítható mechanikus konstrukció.

#### 2. megoldás

Válasszuk külön az adást és vételt!

Adásra használjunk vízszintesen polarizált négy Yagiból álló rendszert. Egy Yagival 14 dB-es nyereséget könnyen elérhetünk. Négyet

rendszerbe kapcsolva 20 dB körüli antennanyereséget kapunk.

Az adóantenna jól illeszkedik a földi forgalomhoz. Vételre használhatunk kereszt-Yagiból álló antenna-rendszert. Ez a megoldás ugyan nem biztosít tökéletes körpolarizált vételt, de a mechanikus konstrukciója lényegesen egyszerűbb, mint a helix rendszerű antennaké.

A vevőantennát azonban úgy használjuk vételre, hogy az egyik vevőkészülékkel vesszük a vízszintesen polarizált, a másikkal a függőlegesen polarizált komponenseket, ahogy ez az 5. ábrán látható egyetlen kereszt-Yagira felrajzolva.

A négy függőleges antenna alkot egy rendszert, 20 dB-es nyereséggel. A vízszintes antennák nyeresége szintén 20 dB lesz.

Ha a két rendszert közvetlenül a talppontján kapcsolnánk össze, úgy 3 dB-lel kisebb, csak 17 dB-es nyereségű körpolarizált rendszert kapnánk.

Az 5. ábrán láthatóan két vevőkészülék veszi a reflektált jelet. Két kezelő figyeli (elvileg egy is elég!) a vevőket és mindig azt a kimenetet figyelik, amelyik jobb jel/zajt biztosít.

Természetesen ez az elrendezés úgy is megvalósítható, hogy egy kereszt-Yagi-rendszert használjunk. Ekkor azonban elkerülhetetlen az adás-vétel kapcsoló alkalmazása. Adásra a vízszintes vagy a függőleges rendszert használhatjuk.

Az 5. ábrán levő kettős konverter azonos helyi oszcillátort használ. „Hivatalosabban” azt is mondhatnánk, hogy a vételi elrendezésünk polarizációs diversity vételt alkalmaz. A két csatorna közül a jobbat nem automatikusan, hanem „emberi erővel” választjuk ki.

A 2. megoldásban ismertett elrendezést célszerűen két együttműködő állomás valósíthatja meg.

### 2.3. Néhány gondolat az előzőekhez

Nem szabad elfelejteni, hogy az átvitel számításait a minimális jel/zajra végeztük. Nagyobb biztonságjal jöhetne létre az összeköttetés, ha fading tartalékkal számolunk. Ez további legalább 10 – 15 dB-es vételi teljesítménynövelést igényel.

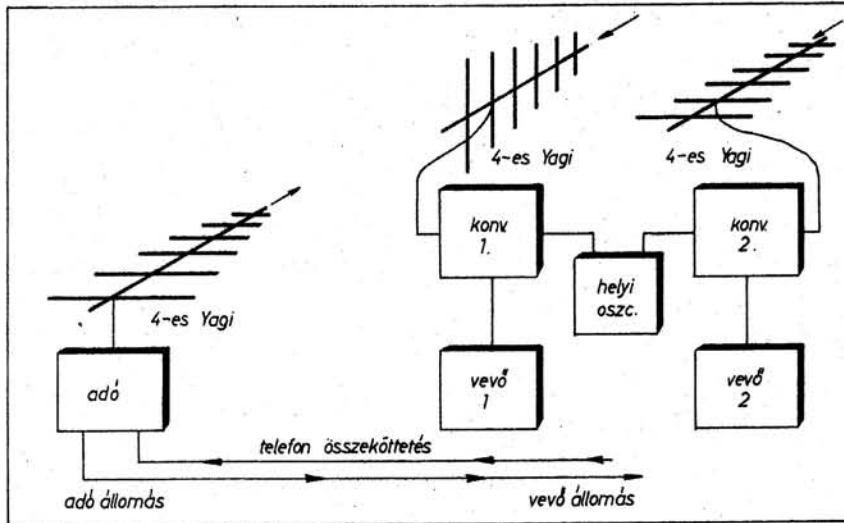
Honnan vehetjük ezt? Két lehetőség kínálkozik – az antennanyereség további növelése és az adó teljesítményének emelése.

A hazánkban elérhető lehetőségek mellett még nagyobb klubállomásoknak is nagy erőfeszítésbe kerül az előző „centizett” rendszer megépítése, üzemeltetése.

Az adóteljesítményt 400 – 500 W-ra emelve 3 – 4 dB-t nyerhetünk.

145 MHz-en a 3 dB-es zajtényező alá nehéz menni és különben sincs sok értelme, hiszen a külső zajszint meglehetősen nagy.

A megnövelt teljesítménnyel tehát – 17 dB-es jel/zajt várhatunk átlagosan. Csökkentett (50 Hz-es) sávzélességgel – 7 dB-re emelhető az előző érték!



5. ábra

Nagyon fontos, hogy valamennyi az előzőekben kiszámított paramétert az állomásunk üzemeltetője tudja. Egyszerű amatőreszközökkel elképzelhetetlen ezen paraméterek beállítása, ellenőrzése.

Érdeemes megnézni, hogy a külföldi kísérletezők milyen körülmények között dolgoznak. Közismert a hazainál jóval kedvezőbb amatőrszervezés, műszer, kész berendezés ellátottság az USA-ban, Angliában.

Ezekben az országokban a jobb lehetőségek ellenére is a kísérletezők nagy része profinak számít. A hivatalos munkájuk gyakran az e. m. e. kísérletekhez, gyakran egy-egy gyárhoz, kutató intézethez csatlakozik. Pl. az 1296 MHz-es kísérleteket EIMAC adócsövek és parametrikus erősítők reklámozására, bemutatására használták fel.

Néhány szó a mechanikus konstrukcióról. Közelítő formulával meghatározhatjuk, mekkora irányélességi szög várható 20 dB-es antennanyereség mellett.

$$\Theta = 2 \sqrt{\frac{3300}{g}}$$

ahol  $g$  – az antenna nyeresége viszonyszámában (20 dB-nek 100-szoros viszony felel meg) az izotróp sugárzóhoz viszonyítva.

$\Theta = a - 3$  dB-es pontok között mért irányszög.

Behelyettesítve:

$$\Theta = 2 \sqrt{\frac{3300}{100}} = 11,5^\circ$$

Ekkora irányszög tartásához 1°-nál jobb mechanikus összetartás szükséges a négyes Yagi-rendszerben. A párhuzamosságnak nem szabad változni az antenna mozgatása közben!

Az illesztések beállítása is pontos munkát igényel a négy Yaginál!

### 3. Következtetések

Megállapíthatjuk, hogy az e. m. e. kísérletek nagy technikai felkészültséget igényelnek a résztvevőktől.

Kollektív összefogásban kell keresni a megoldást.

Nem szoltam az előzőekben a magasabb frekvenciás lehetőségekről (különösen 432 MHz). A számítást az előzőek szerint bárki elvégezheti. Ha igény mutatkozik, a magasabb frekvenciás problémákra egy másik cikkben visszatérek.

Szándékosan nem említettem a különleges modulációs és vételi módokat, amelyekkel ügyesebben, de nem sokkal egyszerűbb megoldással megoldhatnánk az átvitelt. Úgy gondolom, hazánkban a kísérletek eléggé kezdeti formában vannak, a téves nézetek eloszlására ennyi is elég.

A Hold követése, különösen borult idő esetén szabad szemmel nem lehetséges. Rövidesen megjelenik egy cikk, amely foglalkozik majd a Hold helyzetének meghatározásával.

A vevőkészülék és az antenna ellenőrzésére jól használható a Nap, mint zajforrás. Erre egy következő cikkemben részletesen visszatérek.

Úgy gondolom, az előzőek leírásával sikerült megvilágítani az e. m. e. kísérletek reális megvalósítását. További kérdésekre, észrevételekre személyesen vagy a szerkesztőségen keresztül szívesen válaszolok, illetve vitatkozom.

Végül néhány irodalom, amely az előzőekhez kapcsolódó témával foglalkozik.

1. England und die UdSSR in einem gemeinsamen Funkexperiment über der passiven US-Stelliten Echo II. und über den Mond. Von – Horst Vontin NTZ 1966. Heft 8.
2. How High the Moon – by DON LUND QST – 1965. July.
3. A Layman's Look at E.m.e. – Part I. QST 1968. Jan.
4. A Laymen's Look at E.m.e. – Part II. QST 1968. Feb.
5. E.M.E. for the Layman – Conclusions QST 1968. March.
6. Microwave Engineers Technical and Buyers Guide Edition, 1968.