

A hazai Oscar-megfigyelés eredményei

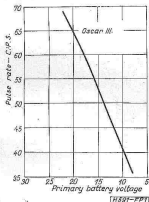
HTO: 551.507.368.2: 681.891.8

1. A távmérés adatai

Az OSCAR 3 telemetrikus rendszere három információt közöl a műhold berendezéseinek működéséről: az elsődleges, nem tölthető ezüst-cink telep feszültségét és két pont hőmérsékletét. A mérés és adatátvitel módjáról már egy előző cikkben volt szó, az adatok feldolgozása egyrészt közvetlenül, egy-egy átvonulás alkalmával történt (telepfeszültség); másrészt utólag (hőmérsékletek), az adatokat mágneszalagon tároltuk.

1.1 Telepfeszültség

A mért frekvenciaértékeknek megfelelő telepfeszültséget a lineáris hitelesítő-görbéről lehetett leolvasni (1. ábra). Viszonyítási pontok: 68,7 Hz → 22 V és 36 Hz → 8 V. A mérési eredmények a 3. ábrán láthatók.



1. ábra. Telepfeszültség hitelesítő görbe

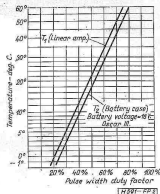
Az előzetes tájékoztatás szerint a feszültségfüggő multivibrátor frekvenciája független volt a hőmérséklettől. Mivel a telepet nem lehetett tölteni, feszültség-emelkedésről nem lehetett szó, mégis pl. III. 23-án és 24-én növekvő telepfeszültséget mérünk. A feszültségmérést hitelesnek fogadhatjuk el, hiszen a két mérési módszer igen jó egyezést mutatott, így a jelenség csak a multivibrátor hőmérséklet függésével magyarázható. Ez jól szemléltethető a 3. ábrán. Megfigyelésünk végén (különösen az utolsó alkalommal), amikor a telepfeszültség 10 V alá csökkent és igen megnőtt a hőmérséklet, a frekvencia egy átvonulás közben is erősen ingadozott.

1.2 Hőmérsékletek

A hőmérséklet információt, mint ismeretes, a két távmérő csatorna impulzus szélességének aránya (A/B, ill. C/D) hordozta: T_1 a lineáris végerősítő tranzistorainak hőmérséklete, T_2 pedig a teleptok hőmérséklete.

Az arány ismeretében a hőmérsékleteket hitelesítő-görbe szolgáltatva (2. ábra). Az összefüggés itt is lineáris (Keuffel & Esser 359-51, fél-logaritmusos papír, 1 ciklus = 10 inch), viszonyítási pontok (telepfeszültség 18 V):

T_1 : 20%	-0,5 °C
70%	49,5 °C
T_2 : 20%	-2,2 °C
70%	42 °C

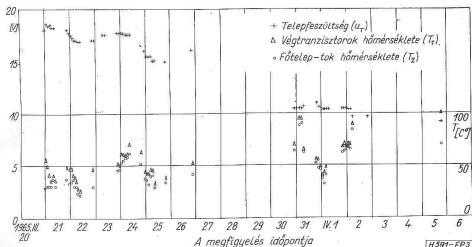


2. ábra. Hőmérséklet hitelesítő görbe

A megfigyelések során az impulzus arányt nem tudtuk közvetlenül leolvasni az oszcilloszkópról, ezért a már ismertett utólagos értékelés módszerét választottuk. Így lehetőség nyílt arra is, hogy teljes ciklusokat igen szemléletesen vizsgáljunk a jelamplitúdó változás szempontjából: bukfeneczés, fading, zajbeütések stb.

A hőmérsékleti eredmények a feszültségértékekkel együtt a 3. ábrán láthatók. A megfigyelés utolsó napjainak eredményei azt mutatják, hogy a reléző rendszer élettartama kb. 3 hét volt.

A telemetrikus csatornák jeleit a mellékelt fényképek mutatják (4. és 5. ábra). Megfigyelhető, hogy a vevő ütfrekvenciájának növelése — erre sajnos nem volt módunk — valamivel növelte volna a kiértékelés pontosságát.



3. ábra. A távmérés adatai

2. A mesterséges hold mozgása

2.1 Pályaadatok

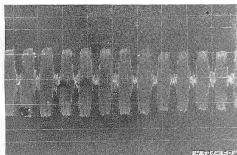
A megfigyelés elengedhetetlen feltétele a műhold pályaadatának ismerete, illetve a beérkezés előrejelzése. A vétel egy perióduson belül csak egy pályaszakaszra korlátozódik, melynek nagysága a műhold pályamagasságától függ; a megfigyelés lehetőségeit befolyásolja a megfigyelési pont földrajzi helye is.

Szemléletes képet ad a viszonyokról a térképtávolság meghatározása, amely a műholdnak a Földre vett merőleges vetületi pontja és a megfigyelési hely között a Föld felszínén mért távolságot jelenti. Körpálya esetén ennek nagysága a 6. ábra alapján

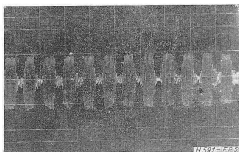
$$\cos \Psi = \frac{r_0}{r_0 + h} \text{ és } s = \frac{2r_0 \pi}{360} \cdot \Psi,$$

ahol $r_0 = 6376$ km, a Föld sugara; h a műhold pályamagassága. A műhold csak akkor figyelhető meg, ha a Földre vett merőleges vetülete átmegy a térképen bejelölhető

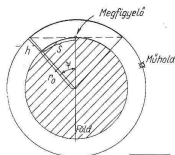
$$s = 111,2 \arccos \frac{1}{1 + \frac{h}{r_0}} \text{ [km]}$$



4. ábra. T₁ csatorna (1965. III. 21. 9.09,5)

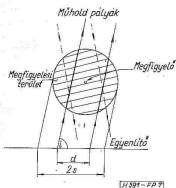


5. ábra. T₂ csatorna (1965. III. 21. 9.09,5)



6. ábra. A térképtávolság meghatározása

sugarú megfigyelési területen (7. ábra). Ebből következik, hogy két földi állomás csak akkor teremthet kapcsolatot a műholdon keresztül, ha az állomások földrajzi helye, mint középpont köré s sugárral rajzolt megfigyelési területek metszik egymást és a műhold e közös területen halad át. Az OSCAR 3 $h = 1000$ km pályamagasságát véve $s = 3340$ km.



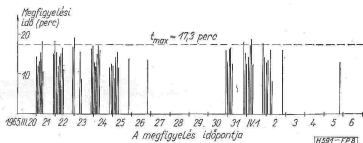
7. ábra. Megfigyelési terület a műhold vetületi pályáival

ahol K a Föld kerülete (40 000 km), P a pályaperiódus idő. Ezzel

$$t_{\max} = \frac{2s}{v'}$$

Az előzetesen közölt $P = 103,5$ perc értékkel $t_{\max} = 17,3$ perc. (A pályaperiódus és a pályamagasság között Kepler III. törvénye teremt kapcsolatot; 2,2 rész.) A megfigyelési időtartamainak adatait a 8. ábra tartalmazza. A t_{\max} -nál hosszabb időtartam (a számítási közelítésen túl) a légkör okozta elhajlás jelenségével magyarázható.

A megfigyelhető pályákról jó tájékozódást kapunk, ha a síkba terített földgömbre lefejtjük a műhold pályáit (9. és 10. ábra). A műhold Földre vett merőleges vetületi pontjának mozgása szinusz vonalathoz hasonlít, amely az egyenlítőt a pályahajlásszög (β) alatt metszi. Ez a metszéspont a Föld forgása követ-

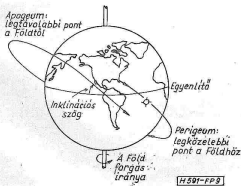


8. ábra. A megfigyelési idő változása

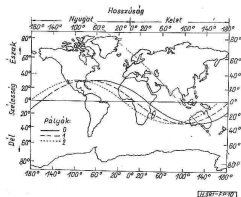
A térképtávolság ismeretében meghatározható az a leghosszabb időtartam, ameddig egy periódus folyamán a műhold megfigyelhető. A műhold Földre vett merőleges vetületi pontjának sebessége (körpálya esetén)

$$v' = \frac{K}{P}$$

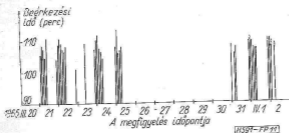
$$d \text{ [km]} = 27,8 \cdot P \text{ [perc].}$$



9. ábra. A műholdpálya fő adatai



10. ábra. A műhold mozgásának vetületi ábrája 32°-os pályahajlás esetén



11. ábra. A Beérkezési idő változása.

Az OSCAR 3-nál $d = 2877$ km. Az így nyert vetületi ábrán bejelölve a megfigyelési területet, egyszerűen megbecsülhető a megfigyelhető pályák átvonulási iránya. Először a $D-DN\gamma$ irányából $E-EK$ felé vonuló pályák „jönnek be”, majd az átfordulás után az $E-EN\gamma$ felől $D-DK$ irányba haladó pályák szakmai figyelhetők meg. Az átfordulást jelzi az, hogy megnő a beérkezési idő.

A beérkezési idő (vagyis az egyik megfigyelés kezdetétől a másik megfigyelés kezdetéig eltelt idő) előrejelzése előfeltétele a mérésnek; ez közel a pályaperiódussal vehető egyenlőnek, amelyet a pályaeltolódás módosít. A megfigyelés során készített 11. ábrából kitűnik, hogy egy sorozat-megfigyelés után a beérkezés igen nagy biztonsággal előrejelezhető.

A beérkezési időpontban napi 10 perc eltolódást tapasztalunk (ennek értékét a pályaperiódus határozza meg). A légkör okozta elhajlást nehezen lehet figyelembe venni számítással, ezért a Doppler-méréseknél ezt elhanyagoltuk, de a φ -oldalszög értékében a kívánt helyeshitést elvégeztük.

Az esetleg később sorakerülő mesterséges hold megfigyelési kísérleteknél a légkör okozta elhajlást részletesen vizsgálni kellene.

2.2 Doppler-görbék

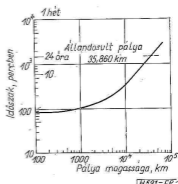
A Doppler-frekvenciatolódás mérésére az előzőekben ismertett mérési elrendezést alkalmaztuk. Így kielégítő pontossággal meg lehet határozni a mesterséges hold sugárirányú közeledési, illetve távolodási sebességének értékét, illetve a sebesség ismeretében számítani lehet a frekvenciatolódást, s ezzel ellenőrizni a mesterséges hold pályaadatának mérési módszereit. Mint ismeretes a Doppler-frekvenciatolódás értéke:

$$\Delta f [\text{Hz}] = \frac{v_R [\text{m/s}]}{\lambda [\text{m}]} = 1000 \frac{v_R [\text{km/s}]}{\lambda [\text{m}]}$$

A mesterséges hold pályája a megfigyelőhöz képest mindig szimmetrikus, tehát a maximális közeledési és távolodási sebesség abszolút értéke azonos. Így a teljes frekvenciatolódás:

$$2\Delta f [\text{Hz}] = 2000 \frac{v_R \text{max} [\text{km/s}]}{\lambda [\text{m}]}$$

A jelenlegi megfigyelésnél a hullámhossz $\lambda \approx 2$ m volt, igen nagy pontossággal ($f_0 = 145,85$ MHz).



12. ábra. A körpályamagasság és a periódusidő kapcsolata

A mesterséges hold tényleges pályája pontos ismeretében igen pontosan meghatározhatjuk a pályán való mozgási sebességet. Az OSCAR 3 575 mérföld = 1000 km-es körpályára került. Kepler harmadik törvényéből számítható, hogy a körpálya sebesség

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

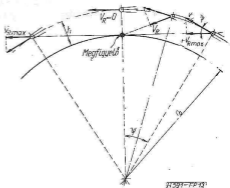
ahol $r = r_0 + h$ a pálya sugara, km; r_0 a Föld sugara km; h pályamagasság, km; és GM a gravitációs állandó szorozva a Föld tömegével, $\text{km}^3/\text{óra}^2$.

$$r_0 = 6376 \text{ km.}$$

$$GM = 5,17 \cdot 10^{12} \text{ km}^3/\text{óra}^2.$$

Ezek alapján az OSCAR 3 pályasebessége

$$v_0 = 2,65 \cdot 10^4 \text{ km/óra} = 7,38 \text{ km/s.}$$



13. ábra. A Zenitén áthaladó mesterséges hold pálya

A 12. ábrán látható a körpályán mozgó mesterséges hold pályamagassága és periódusideje közti összefüggés. Az első amerikai közlések szerint a periódusidő 103,5 perc.

Ha pontosan a zeniten halad át a mesterséges hold, akkor a maximális sugár irányú sebesség a 13. ábra alapján számítható. A továbbiakban a Föld forgási sebességét elhanyagoljuk, ami a később látható mérési pontosság mellett megengedhető, hiszen a sebességváltozás számításakor a sebességhez hozzáadódó, illetve a pálya ellenkező oldalán, utolsó látható pontján levonódó földsebesség komponens jó közelítéssel azonos. (Az így elkövetett hiba méréseink hibahatárán belül esik.)

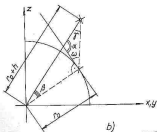
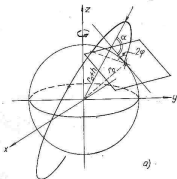
Mint látható

$$v_{Rmax} = v_0 \cos \Psi' = v_0 \frac{r_0}{r_0 + h}$$

Jelen esetben $v_{Rmax} = 6,38$ km/s, tehát a legnagyobb lehetséges frekvenciaelcsúszás:

$$(2 \Delta f)_{max} = 6,38 \text{ kHz.}$$

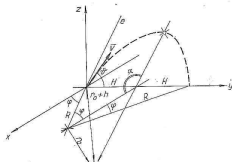
Ha a pálya, mint általában mindig, nem a zeniten halad át, tehát a megfigyelőhöz képest dől, akkor a sugárirányú sebesség számítását a 14. ábra alapján lehet elkezdeni. ω -val jelöljük a magassági szöveget és φ -vel az oldalszöveget, a további jelölések értelemszerűen következnek az ábrákból.



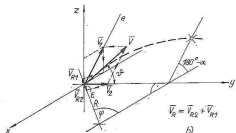
14. ábra. Általános körkörös mesterséges hold pálya elemzése

Látható, hogy $\frac{\pi}{2} \leq \alpha < \pi$. Továbbá

$$\beta = \alpha - 90^\circ, \quad \gamma = 180^\circ - \alpha - \omega.$$



a)



b)

15. ábra. Sugár irányú sebesség meghatározása

Tehát az

$$\frac{r_0}{r_0 + h} = \frac{\sin(180^\circ - \alpha - \omega)}{\sin(90^\circ + \omega)}$$

egyenletből meg lehet határozni a dőlést jellemző α szöveget. Ennek ismeretében a 15. ábrán látható komponensekbontással lehet a sugárirányú sebességkomponenst meghatározni. Minden esetben merőleges komponensekre való bontással dolgoztunk.

Mivel

$$R = \sqrt{(r_0 + h)^2 - r_0^2} = \sqrt{h(2r_0 + h)}$$

és a 2φ pályaadat, tehát ismertnek vehető fel

$$\sin \vartheta = \frac{H}{r_0 + h} + \frac{R \sin \varphi}{r_0 + h},$$

azaz

$$\vartheta = \arcsin \left[\frac{\sqrt{h(2r_0 + h)}}{r_0 + h} \sin \varphi \right]$$

ϑ , φ és α ismeretében számítható a keresett sebességkomponens, az alábbi módon:

$$v_1 = v_0 \sin \vartheta, \\ v_2 = v_0 \cos \vartheta.$$

Innen

$$v_{R2} = v_2 \cos \varepsilon = v_0 \cos \vartheta \sin \varphi.$$

Továbbá:

$$v_{1X} = -v_1 \cos(180^\circ - \alpha),$$

azaz

$$v_{R1} = -v_0 \sin \vartheta \cos(180^\circ - \alpha) \cos \varphi.$$

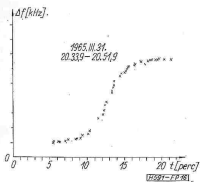
Tehát a megfigyelőhöz képest sugárirányú sebességkomponens:

$$v_R = v_0 [\cos \theta \sin \varphi - \sin \theta \cos \varphi \cos (180^\circ - \alpha)].$$

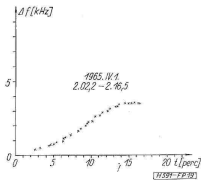
Ha $\varphi = 90^\circ$, azaz a pálya a zeniten halad, egyszerű módon belátható, hogy a $v_R = v_{R\max} = v_0 \cos \Psi$ összefüggést kapjuk vissza.

A megfigyelés során felvett Doppler-frekvencia-eltolódási görbékét az itt megadott elméleti számítás útján a pályaadatokkal összehajthatjuk.

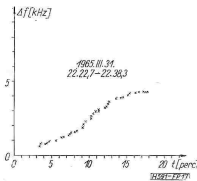
Mért Doppler-eltolódási görbék a mellékelt 16—21. ábrákon láthatók. Mivel a viszonyítási frekvencia nagyobb volt, mint a legnagyobb vett frekvencia, ezért az eltérés legnagyobb közeledési sebességén adja



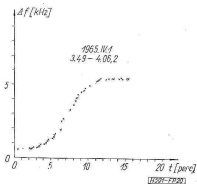
16. ábra. A megfigyelés során mért Doppler-görbe



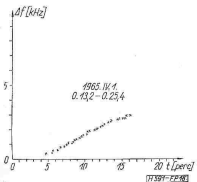
19. ábra. A megfigyelés során mért Doppler-görbe



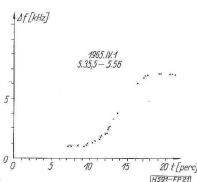
17. ábra. A megfigyelés során mért Doppler-görbe



18. ábra. A megfigyelés során mért Doppler-görbe



15. ábra. A megfigyelés során mért Doppler-görbe



21. ábra. A megfigyelés során mért Doppler-görbe

a legkisebb és legnagyobb távolodási sebességnél a legnagyobb értéket.

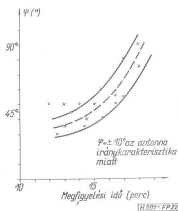
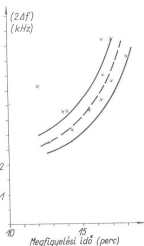
Az értékelésnél zeniten áthaladó pályáknál mérési hibán belül megkaptuk az elméletileg várható értéket. (Itt kell megjegyezni, hogy megfelelő berendezésekkel, amelyekkel nem rendelkezünk, a mérések igen nagy pontossággal, sőt teljesen automatikusan is elvégezhetőek.) Tehát a mesterséges hold elméletileg számított és mért pályasebessége azonos értékűt adott.

A dőlt pályáknál a φ , feljegyzett oldalszög értékek esetén jelentős eltérések adódtak az esetek nagy többségében. Azonban a φ értékek nem megbízhatóak, mivel nem állt módunkban semmilyen eszközön ezen szögérték pontos mérésére. 1965. március 20- és 21-én a megfigyelés kezdetén azonban módunkban

2.3 Pályán való bukfeenezés

A megfigyelés során különféle, véletlenszerű és ismétlődő fading-jelenséget észleltünk. A vételi viszonyok rövid összefoglalása a 3. fejezetben található, azonban az egyik térorösség-ingadozási jelenséget ki kell ragadnunk ezek közül, mivel igen nagy valószínűséggel a mesterséges hold mozgására ad felvilágosítást.

Az OSCAR 3 antennái egyenes dipólus antennák, mint az előzőekben közölt fényképfelvétel is látható. Közismert tény, hogy a stabilizálás nélküli mesterséges égitestek pályájukon „bukfeeneznek”. Erre az első adatokat még a Szputnyik 1 megfigyelése szolgáltatta. Az OSCAR 3 nem rendelkezett stabilizáló rendszerrel, így várható volt, hogy ez a jelenség



22. ábra. Pályazonosító diagrammok

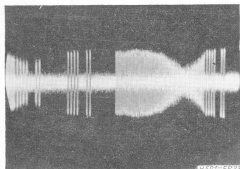
volt szelszínvezérelte antennával dolgozni, a későbbi kézi irányításával szemben, és ekkor megbízható φ értékeket kaptunk, amelyet a mindig pontosan mért megfigyelési idő segítségével összevethettünk a Doppler mérések pályáival. (A helyesbítés a légkör okozta elhajlástól is függ.) Ezen összevetés eredménye a φ_2 helyesbített oldalszögérték. Látható, hogy ezt a szükséges és indokolt hiba kiküszöbölést elvégezve a mért és számított értékek a megkívánható egyezést mutatják. (φ -t csak a kézi irányítású antennával lehetett észlelni és mérni.)

A 22. ábrán látható diagramok az OSCAR 3 pályájának azonosítására alkalmasak. Megemlíthetjük, hogy két ponton történő egyidejű Doppler-előadás mérésével igen nagy pontossággal meghatározható a két megfigyelési pont távolsága, és a mesterséges hold pályájához képesti helyzete, ami pontos térképezésnél ma már elengedhetetlen és éppen ezen az úton (mesterséges holdak egyidejű megfigyelése) megoldható probléma, mivel más módszerek nagy pontosság — megfelelő berendezéseket feltételezve minden esetben — nem érhető el.

ebben az esetben is fellép, s mivel antennái nem izotrop sugárzók, a földi jelerősség a mesterséges hold pillanatnyi, saját tengelye körüli helyzetétől függ. A vétel jósága részben az adó-antenna iránykarakterisztikájára, részben az adott jel és a vevő antenna polarizációs síkjának eltérése miatt ingadozik.

A megfigyelés teljes ideje alatt, megszakítás nélkül, minden esetben periodikus térorösség-ingadozást észleltünk. Ennek legvalószínűbb, leginkább elfogadható oka, mivel a mesterséges hold berendezési a telemetrikus adatok szerint kifogástalan állapotban voltak, az OSCAR 3 saját tengelye körüli bukfeenezése lehetett.

A saját tengely körüli megfordulás átlagos, és egyben leggyakoribb ideje $2 \times 8,2$ mp. Azonban a mérések rendszeres eltéréseit mutattak 7,8 mp és 9 mp között. Ez az ingadozás legkézenfekvőbbben azzal magyarázható, hogy a mesterséges hold általános, három tengely körüli forgást végzett, amelyben a pályasíkban végzett bukfeenezés (16,4 sec) uralkodott, de az egyéb mozgások az antennák helyzetét úgy módosították, hogy a fading ideje időnként lerövidült, illetve meghosszabbodott.



23. ábra. A műhold bukfeneczésére jellemző fading

A mellékelt jellényképen (23. ábra) látható a térerőingadozás és az, hogy a fading ismétlődési ideje nagyságrendileg egy teljes információközlési periódus (HI-HI-2 távmérő csatorna) idejével egyezik.

A kapott 16,4 mp-es bukfeneczési periódus jó egyezést mutat mind a szovjet, mind az amerikai stabilizálatlan mesterséges holdak bukfeneczési idejével.

3. Jel/zaj adatok

Mivel a mesterséges hold által sugárzott jel áthalad a légkörön, a mesterséges hold mozgásán túlmenően, mint azt a 2.3 pontban ismertettük, a légkör állapotára is jellemző adatokat szolgáltat a jel/zaj viszony alakulása. Természetesen a változásokból ki kell választani a mesterséges hold berendezési állapotában bekövetkezett változások hatását.

Megfigyelésünk célja ebben az esetben nem ilyen irányú volt, azonban a fellépő változásokat — természetesen csak a kiugró jelenségeket — feljegyeztük és röviden mint kapott mellékeredményt közöljük.

A zeniten való áthaladáskor ($h = 1000$ km) és a látóhatáron levő műhold esetében ($R = 3740$ km) a jel/zaj viszony legfeljebb 1:2 változást mutatott. A mesterséges hold látóhatár alá való süllyedésekor a jel hirtelen megszűnt. Például:

1965. III. 22: 0.17,5—0.35
 Minimális jel/zaj $\sim 5 \pm 14$ dB
 Maximális jel/zaj $\sim 10 \pm 20$ dB
1965. III. 24: 19.31—19.42,5
 Minimális jel/zaj $\sim 3 \pm 9,6$ dB
 Maximális jel/zaj $\sim 6 \pm 15,6$ dB
1965. IV. 1: 0.13,2—0.26
 Minimális jel/zaj $\sim 2 \pm 6$ dB
 Maximális jel/zaj $\sim 4 \pm 12$ dB

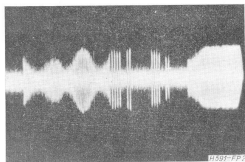
Az előzőekben ismertettük, hogy a távmérő adót a fitelep kimerülése után napelemmel táplálják. Ennek ellenére a műhold igen magas hőmérséklete miatt az átviteli rendszer telepeinek kimerülésekor a távmérő adó teljesítménye is lecsökkent. Néhány ezt igazoló jel/zaj értéket:

1965. III. 21: 22.29—22.47
 Maximális jel/zaj $\sim 12 \pm 21,6$ dB
1965. III. 25: 6.16,5—6.31,5
 Maximális jel/zaj $\sim 10 \pm 20$ dB

1965. III. 31: 20.33,8—20.31,7
 Maximális jel/zaj $\sim 5 \pm 14$ dB
1965. IV. 1: 7.22—7.34
 Maximális jel/zaj $\sim 3,5 \pm 11$ dB
1965. IV. 5: 19.40—19.53
 Maximális jel/zaj $\sim 1,5 \pm 3,6$ dB

Réggelentként rendszeresen rövid ideig tartó, de igen erős ingadozó fading jelentkezett, néhány percnyi időközönként. Valószínűnek tartjuk, hogy ezek az elhalkulások az ionoszféra rétegeinek felépülésével kapcsolatos magaslégtéri jelenségekkel magyarázhatók, és feltehető, hogy a felépülés folyamatára következtetéseket lehet levonni ilyen célból végzett megfigyelésekkel. Egy-egy elhalkulás ideje közelítően 30 mp volt.

1965. III. 22: 9.18—9.29
 9.26 súlyos fading
1965. III. 24: 6.04—6.21
 6.13 a jel eltűnt a zajban
 6.13,5 jel/zaj = 8 ± 18 dB-mel megjelent
 6.20,2 a jel eltűnt a zajban
 6.20,6 a műhold újra vehető
1965. III. 24: 7.50—8.04
 8.00 legyengült a jel
 8.00,5 jel/zaj közelítőleg 8 ± 18 dB-re erősödött
 8.04,6 legyengült a jel
 8.05,2 megerősödött a jel
1965. III. 25: 0.52—1.04
 1.02 a jel eltűnt
 1.03 a jel megjelent
1965. III. 25: 8.04,5—8.16
 8.07 a jel eltűnt
 8.07,5 a jel megjelent
 8.13,5 a jel igen legyengült
 8.14,2 a jel felerősödött
 8.15,5 a jel eltűnt
 8.15,7 a jel megjelent



24. ábra. Reggeli fading-jelenség egyik (nagyfrekvenciás) típusa (1965. III. 25. 8.04,5)

A Doppler-mérések alatt, tekintettel a megfigyelőcsoport kis létszámára, nem tudtuk rendszeresen jegyezni a fading-jelenségeket, így több adat nem áll rendelkezésünkre (24. ábra).

A reggeli megfigyelésnél néha a Nap az antenna irányába került, de zaja, bár észleltük, nem volt

zavaróan nagymértékű. Sokkal súlyosabb problémát jelentett Budapest zaja a keleti és délkeleti megfigyeléseknél. A főváros zaja reggel növekedett, ami valószínűleg a járműforgalom és az összes üzem megindulásának következménye. A jel/zaj viszonyt az időjárás is befolyásolta. Erősen ködös, esős időben a jel/zaj viszony lecsökkent, sokszor a közvetlenül néhány órával előbbi, illetve későbbi tiszta időben mérhető érték felére is.

A polarizáció változása a távmérő-rendszer adásának vételét csak zavarta, de egyben értékes információt is tartalmazott; a hírvitelési sáv vételét azonban majdnem teljesen meggátolta. Ekkor mind az adási oldalon, mind a visszasugárzásnál polarizációs hiba lépett fel. Emiatt csak aránylag rövid időszakokban tudtuk venni a reléző csatornát. Sajnos, körpolarizált antenna építése nem állt módunkban.

1965. IV. 2-án a mesterséges hold jeleiben a jel/zaj viszony erős csökkenése mellett instabilitás jelentkezett. Erősen és szabálytalanul ingadozott a távmérő impulzusorozat frekvenciája. Az impulzusok teje behorpadt, és teljesen szabálytalan alakú impulzusok tűntek fel. 1965. IV. 5-ére az instabilitási jelenségek a jel/zaj viszony további csökkenése mellett megnövekedtek, a továbbított jelek kiértékelhetetlenné váltak, ezért a megfigyelést megszüntettük. Ekkor a mesterséges hold hőmérséklete 90–100 °C volt.

4. Tapasztalatok

Az előző fejezetekben közölt mérési eredmények alapján a műhold felhasználásának végső célját figyelembe véve érdemes néhány tanulságot levonni.

A műhold célja — rádióamatörök adásainak továbbítása nagy távolságokra. A kísérleti megfigyelés során sikerült több nagy távolságból sugárzott amatőr adást venni. Így többek között angol, norvég, svéd amatőrök adását vettük.

A vétel három jelenség zavarta:

- a) a Doppler-hatás miatt létrejövő frekvenciaváltozás,
- b) a polarizáció síkjának forgása miatt bekövetkező télerősség változás,
- c) követési hibák.

A műhold mozgása során az adó és vevő számára a legkedvezőbb helyzet az, amikor a műhold az adó-állomás fölött, tehát hozzá a legközelebb tartózkodik. Ekkor a műhold vevőkészülékének a legnagyobb térerősséggel jelentkezik az adó, az összes többi állomás közül, a szabályzórendszer erre a teljesítményre szabályoz, azaz a visszasugárzott teljesítmény nagy része is erre a jeltre koncentráldott. A távolabb elhelyezkedő vevőállomás, amelyről a műhold néhány ezer kilométerre is lehetett, a néhány száz mW-nyi teljesítménnyel kisugárzott adást jól tudta venni a közvetlen rálátás következtében.

A Doppler-jelenség hatására bekövetkező frekvenciaváltozás sebessége a földi adás szempontjából éppen ekkor a legnagyobb, hiszen az adóállomás fölött mozog a hold. A földi vételnél a műholdon használt ellenkező előjelű transzponálás miatt a két császás eredője jelentkezik. A földi vevő és a műhold közti

frekvenciacsúszás a vevő helyétől függően a legkülönbözőbb lehet. Az eredő frekvenciaváltozás tehát általában döntően a földi adó — műhold útvonalon jelentkezett. Vételnél a vett állomás frekvenciájának állandó változása miatt a vevőkészülék frekvencia szabályzójával állandóan követni kellett. Ez különösen gyenge jelek vételnél nagyon zavaró volt. Megoldást csak az jelentene, ha a vevőkészülék frekvenciáját a frekvenciaváltozásnak megfelelően változtatnánk. Az a rendszer bizonylatlansága miatt amatőr eszközökkel nem valósítható meg.

A legnagyobb hiba, amiért nem sikerült az egyszerű berendezéssel rendelkező amatőröknek a műhold segítségével összeköttetést létesíteni, a polarizáció síkjának változása volt. A Földről adott jel által a műholdig megtett út 1000 km nagyságrendű. Ezen az útszakaszon az ionosféra törésmutatójának változása, valamint a légkör örvénylő mozgása miatt a polarizáció síkjának elfordulása következik be (*Faraday*-hatás).

Sajnos, a holdnak a földhöz viszonyított helyzete stabilizálatlan volt, azaz három tengely körüli mozgást, bukfenecést végzett. Ez a vétel során jelentősen változó csillapítást jelentett. A műhold adó- és vevő-antennái sikarpolarizáltak voltak. A földi vevőkészülékig megtett úton szintén jelentkezett a *Faraday*-hatás, ami újabb elfordulást eredményezett. A földi vétel általánosan vízszintesen polarizált antennával történt. Végeredményben a polarizáció síkjának pillanatnyi helyzetét több változó pillanatnyi értéke határozta meg.

Ezt a jelenséget a vételben jól megfigyelhetjük. A műholdon keresztül hallott állomások időnként nagy hangerővel jelentkeztek, majd néhány másodperc alatt eltűntek. Az erős fadinget a polarizáció síkjának változása okozta. A földi állomások fejlesztésénél feltétlenül figyelembe kell venni ezt a körülményt, körpolarizált antennát kell használni. Természetesen ekkor csak a földön küszöböltük ki a zavaró hatást, sajnos a mesterséges holdon változtatlanul jelentkezik. A földi megoldás Helix antennacsoport használata lenne. Igaz, ez az adott frekvencián nagyméretű (a reflektor felület 5×5 m). Javulást adna esetleg keresztvezetű dipólok használata is.

Vételnél nagy szükség van nagygyerességű antenna használatára. Ez maga után vonja az irányélesség növekedését, azaz a pontosabb követés megvalósítását. Elképzelésünk szerint a következő holdak figyelésénél két vevőkészüléket használunk. A nagyfrekvenciás egység közös lehet, és ekkor csak a néhány MHz nagyságú középfrekvenciás jelet választjuk két részre a két vevőkészülék táplálására. Az egyik készülék a műhold távmérő jeleit veszi, a másikkal pedig a hold adási sávjá figyeltető, az előzőtől függetlenül. A távmérő jelek képezik az irányításhoz szükséges alapjeleket, mivel ezek folyamatosan jönnek.

Végső következtetésként kimondható, hogy a műhold sok hasznos adatot szolgáltatott, de a csak egyszerű eszközökkel rendelkező amatőrök (a fenti nehézségek miatt) nem tudták kielégítően felhasználni. Reméljük, hogy a későbbiekben ilyen nehézségek már nem lesznek.