

## TV IV. sávi lemezentenna

SZABÓ ZOLTÁN  
BHG

### Bevezetés

A TV IV. sávi átjátszóprogram kiépítése szükségessé tette egy az ebben a sávban működő antennapanel kifejlesztését, amely úgy adó-, mint vevőantennaként egyaránt alkalmazható.

Több antennapanel megfelelő összekapcsolásával tetszőleges tulajdonságokkal rendelkező irány vagy körsugárzó karakterisztikák valósíthatók meg. Telepítésükre a nagy adók által nem kellően besugárzott területeken kerül sor. A műszaki követelmények teljesítése mellett a kis súly a könnyű és gyors szerelhetőség döntő szempont. A kis súly a dipólok és összekötő tápvonalak lemezből történő kialakításának, a rövidített alakú zárőregecs balun alkalmazásának, valamint a reflektorfal fémfólia kiképzésének köszönhető.

### Sugárzó panel felépítése

TV IV. sávi lemezentenna-panel összefüggő reflektorfal előtt elhelyezett négy darab azonos fázisban azonos amplitúdóval táplált közel egészhullámú dipólból és a dipólok táplálását biztosító elosztó, illetve balun rendszerből áll.

Zúzvara és jegesedés ellen nagyszilárdságú üvegszálas poliészterburkolat nyújt védelmet.

### Műszaki adatok

Frekvenciatartomány	470—640 MHz
Bemeneti impedancia	50 Ohm aszimmetrikus
Bemeneti állóhullámarány	$r \leq 1,15$
Nyeresség (sávközépen)	10,5 dB
Előre-hátra sugárzási viszony	17 dB
Teljesítményterhelhetőség	1 kW
Polarizáció	horizontális
Súly	kb. 20 kg
Csatlakozó	7/16
Méret	1130 × 475 × 256 mm
Szélterhelés	
szemben	138 kp/220 km/ó
oldalt	75 kp/220 km/ó
Torlónyomás	110 kp/m <sup>2</sup>

### Lemezentenna fejlesztése,

és a fejlesztés folyamatából levonható tapasztalatok

Kézenfekvő gondolat volt, hogy az antennát reflektorfal és dipól kombinációjából hoztuk létre. Megfelelő reflektorfal és elegendő számú dipól alkalmazásával mind a kívánt nyereség, mind az előre-hátra sugárzási viszony előírt értéke biztosíthatónak látszott az adott állóhullámarány mellett.

Négy kettős dipólból (antirezonáns dipól) és egy reflektorfalból álló dipólcsoport méretezéséhez egész sor olyan tapasztalati eredmény állt rendelkezésre, amely az optimális sáv szélesség kihasználásának és a horizontális diagram legkedvezőbb félérték szélességének irányába mutatott. A kettős dipól impedancia menetét az egymás fölött levő sugárzók közti távolság (dipól—dipól távolság), a dipólnak a reflektortól való távolsága (dipól—reflektor távolság), a kettős dipól hossza és karcsúsági tényezője határozza meg.

Paramétereknek az elektromos jellemzőkre gyakorolt hatásáról elmondható, hogy:

a)  $\lambda/4$ -es dipól—reflektor távolság esetén legnagyobb a tápponti impedancia. A reflektor távolság legkedvezőbb értéke a nyereség szempontjából  $0,1 - 0,15 \lambda$ , ekkor azonban nagyon szorossá válik a sugárzási csatolás, aminek következtében lényegesen lecsökken az egyes dipólok sugárzási ellenállása. Így az antenna nagyon frekvenciafüggővé válik. A gyakorlatban  $0,2 - 0,25 \lambda$  a reflektorfal és dipól távolság. A széles átviteli sáv elérése érdekében kb.  $0,3 - 0,35 \lambda$  a legkedvezőbb érték. Esetünkben ez  $0,31 \lambda$ . Ha a dipólokat távolítjuk  $0,35 \lambda$ -ig a tápponti impedancia csökken. Ez a távolság kritikus a vízszintes diagram szempontjából is.  $\lambda/4$ -es távolság esetén a főnyaláb szélessége a félteljesítményű pontok között kb.  $60^\circ$ , a hátsó nyalábok szintje a főnyalábhöz képest kb.  $-20$  dB.

b) A dipól—dipól emelettávolság az antirezonanciahoz tartozó impedancia  $\lambda/2$  esetén a legkisebb. A dipól—dipól távolság növelésével kb.  $0,8 \lambda$ -ig nő az impedancia és javul a szelektivitás is. A függőleges karakterisztika is ennek a távolságnak a függvénye. A távolság növelésével nő az antenna nyereség, de csökken a sáv szélesség.

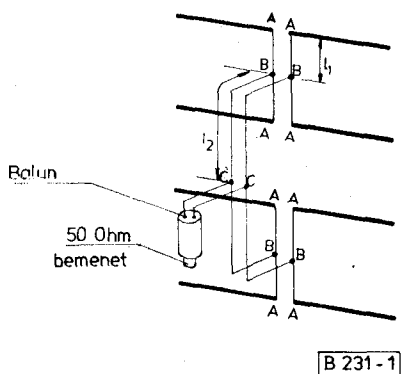
A főnyaláb nyílásszöge a félteljesítményű pontok között kb.  $28^\circ$ -ra szorítható le, ekkor a másodlagos nyalábok szintje 12 dB.

A karakterisztika-mérések jól mutatták, hogy az antennapanel sugárzási diagramja a sávon belül igen keveset változik. A dipólusok tápponti impedanciájának alakulását erősen befolyásolja a táplálási pontok kialakítása.

Figyelembe véve, hogy a nyereségnek a megadott sávon belül nagyobbak kell lennie 10 dB-nél 4 pártáppont alkalmazására van szükség.

A dipólus táplálása — mind azt az ábra mutatja — szimmetrikus légtápvonalakkal szélessávú módon van megoldva. Mindegyik dipólt középen gerjesztjük az  $l_1$  szimmetrikus vezetékkel.

Az  $A-A$  táplálási pontok impedanciája,  $Z_A = 200$  Ohm. A  $B-B$  pontokban az impedanciák párhuzamos kapcsolása révén előálló 100 Ohmot az  $l_2 Z_0 = 100$  Ohm hullámellenállású szimmetrikus vezetékkel a  $C-C$  pontban közösítjük és ide csatlakozik a balun, a szimmetrikus-aszimmetrikus átalakítás eszköze (1. ábra).



1. ábra. TV IV. sávi antenna elvi táplálási vázlata

Mindezen paraméterek egymásrahatása, egyik követkevése a másiktól, ismertek henger alakú, vagy azt jól megközelítő dipólusok esetén.

Lemezről kialakított dipólusok esetén azonban változik a helyzet. Ez elsősorban a dipólus impedancia menetét vizsgálva és mérve vált szembeűnővé.

Fentieket ismerve elmondhatjuk, hogy a fejlesztés két fő problémakörre bontható. Nevezetesen

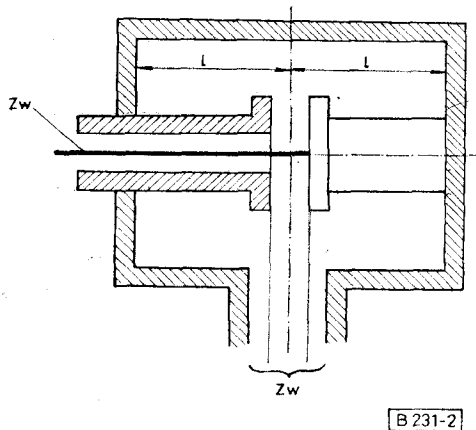
- a dipólus alakjának meghatározására,
- a balun helyes szerkezeti kialakítására.

Vizsgálatainkat kezdjük a bahnnal

#### a) Balun kialakítása

A balun a szimmetrikus-aszimmetrikus átalakítás eszköze. Sok megoldás létezik, melyek közül a  $\lambda/4$ -es záróüreg alkalmazása a legelterjedtebb. Nehezebb szerelhetősége és nagyobb mérete miatt azonban ez nem alkalmazható, ugyanis a balun a dipólus és a

reflektorfal között helyezkedik el. Célravezető megoldásnak a szimmetrikus záróüreg, illetve ennek rövidített változata látszott. A rövidítést, azaz méretcsökkentést az üreg belső vezetői közötti kapacitás teszi lehetővé (2. ábra).



2. ábra. Szimmetrizáló üreg rövidített alakban

A szimmetrizáló üregben a pontos illesztésnek megfelelő rezonanciát ( $l$ -hossz meghatározása) a csomópontok eltolása alapján lehet ellenőrizni. Ezt a problémát két balun szembekapcsolásával oldottuk meg és az így végzett mérések elég jó közelítésben megadják a működési sávon (IV. sáv) az  $l$  hosszát.

További finomítás, illetve véglegesítés a dipóluscsoporttal való együttméréskor történik. A végső kialakítás során  $l$  hosszát beállító „rövidzártuskók” egyben mechanikai felerősítésül is szolgálnak. A szakirodalom említést tesz a szélessávú kiegyenlítés néhány változatáról, itt azonban erre nem volt szükség.

#### b) Dipólus alakjának és méretének meghatározása, dipóluscsoport kialakítása

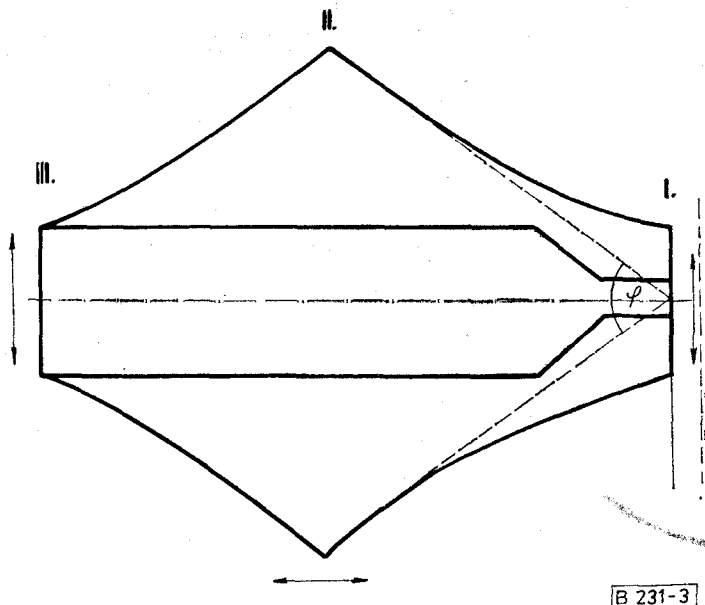
Ez a fejlesztés döntő jelentőségű és a legtöbb időt igénylő problémája. Kiindulásként egyenesvonalú lemezdipólus alkalmazva a hengeres dipólus első közelítéséhez jutunk (hosszmentén a középvonal körül megforgatva). Ezzel a problémával egy korábbi, az úgynevezett keskenysávú lemezzantenna panelfejlesztés során már foglalkoztunk.

Egyetlen lemezdipólus összefüggő reflektorfal előtt elhelyezve jó sugárzási tulajdonságokkal rendelkező szerkezetet adott. Ez már biztos támpont volt a négy dipólus megfelelő összekapcsolásával nyert komplett panel tekintetében. Levontuk a tapasztalatokat és első lépésben nem történt más, mint a korábbi keskenysávú táplálást szélessávúra változtattuk.

#### Adatok

Dipólus hossz	$0,76 \lambda$ ,
Dipólus—dipólus távolság	$0,52 \lambda$ ,
Dipólus—reflektor távolság	$0,31 \lambda$ .

Az impedanciamenet  $r \sim 1,3$ -as ÁHA (állóhullám arány) értékre való beállítása utáni közvetlen karak-



3. ábra. A módosított dipól

terisztika mérések jó eredményt adtak a teljes sávban.

Az antenna sugárzás tekintetében megfelelt az elvárásoknak. Az impedanciamenet további mérése a dipól alakjának jelentős módosítását eredményezte.

A nehézségek az állóhullámarány értékének ( $r = 1,3 \rightarrow 1,15$ ) csökkentése során adódtak. Nevezetesen az egyedi dipól talpponti impedanciája (impedancia menete) nem megfelelő, miáltal a 4 dipól párhuzamos kapcsolásának eredő értéke sem elfogadható.

Itt jutunk el a korábban említett problémakörhöz. A dipól alakjának kialakítása olyan műszer alkalmazását tette szükségessé, aminek képernyőjén az impedancia menet a teljes sávban megjelenik, így minden beavatkozás azonnal regisztrálható.

A módosított dipól bemutatására az alábbi szemléltető ábra szolgál (3. ábra).

Jól látható az „exponenciális” közelítésű dipólfél tagozódása. Erre a felosztásra szükség van a mérések során, mert változtatásuk jelentős befolyással van az antenna impedanciamenetére, jöllehet egymásrahatásuk nem elhanyagolható.

#### A dipól alakjában az I. rész hatása

$\varphi$ -vel jelölt kúpszög a sáv szélességet befolyásolja, a nyílásszög növelésével az átviteli sáv egyre szélesebb lesz. A legkedvezőbb értéket  $50^\circ$  körül kapjuk. Esetünkben sávhatárokon belüli jó illesztés a lényeg. A dipólfélnek az összekötő tápvonal felőli szélessége kiegyenlítő hatású. Ez szélesebb változatban kapacitív, keskenyebb esetben induktív jellegű. Az természetesen visszszámolás során derül ki, hogy milyen beavatkozásra van szükség.

#### II. rész hatása

Az úgynevezett „csúcsok” helyzete a dipól hullámellenállását, s egyben a dipól impedanciamenétét

elsődlegesen meghatározó tényező. Ennek bizonyítására az 1. Smith-diagram görbeseregének (impedanciamenet) alakulása szolgál. Jól érzékelhető a közeledés az 50 Ohm felé. A felrajzolt görbék természetesen amplitúdó, illetve fázishelyesek a beavatkozás helyének és nagyságának pontos meghatározása. A csúcsok helyzetének változtatásával mintegy a valós tengely mentén lehet „eltolni” a görbét, ami lényegében transzformáló hatás.

#### III. rész hatása

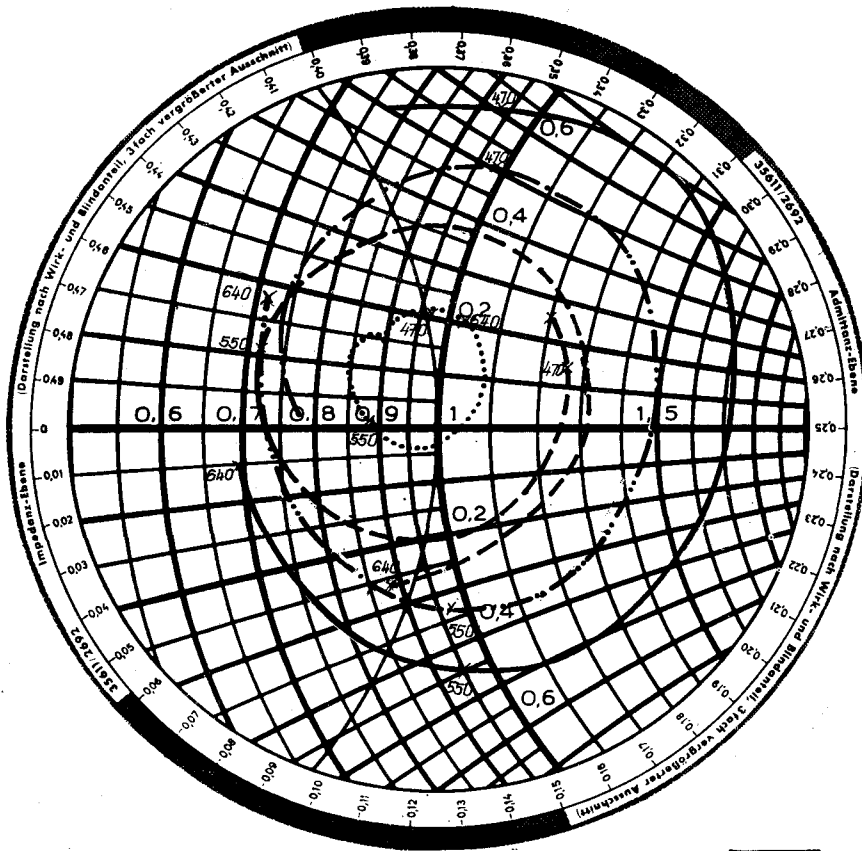
Kevésbé jelentős, csupán reaktáns jellege számít.

Az impedanciamenet kiegyenlítésének további lényeges javítása a dipólok fölött a zúzvara-védőteknő belső felületén elhelyezett (ragasztott) fémfólia alkalmazásával érhető el.

További karakterisztikákat mutatunk a panel horizontális és vertikális jellemzői három frekvencián mérve (4., 5., 6., 7. ábrák).

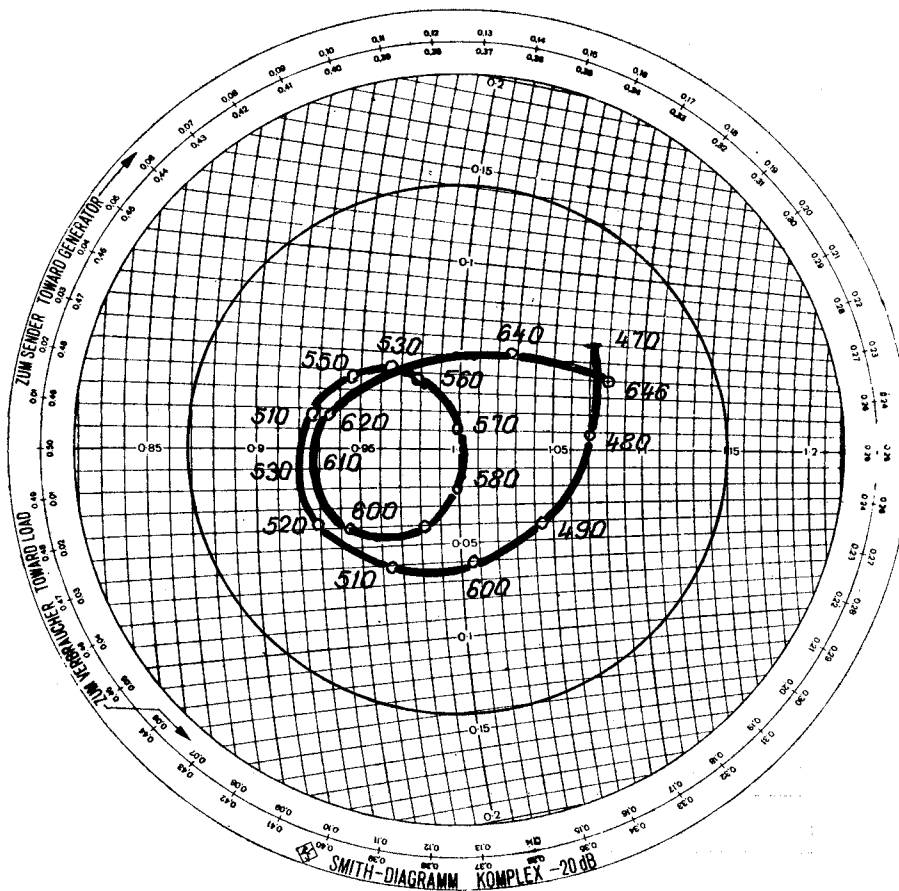
#### Az antennapanel mechanikai felépítése

Az antenna tetszőleges méretű oszlopra, konzolra rögzíthető. Erre a reflektorfal hátoldalán a felerősítésre szolgáló fémtuskók furatai szolgálnak. A könnyű súly többek között a reflektorfal újszerű kialakításnak köszönhető, ahol a fémlemez az üvegszálaspoliészterre felvitt fémfólia helyettesíti. A mérés szerint tökéletesen. Ahhoz, hogy megfelelő mechanikai szilárdságú legyen, bordás merevítést kell alkalmazni. Ez a lemez mechanikailag az egész szerkezet alapját képezi. A dipólok  $d=10$  mm átmérőjű, villamos szempontból szigetelő rúd segítségével szerelhetők fel. Súlycsökkentés miatt használtunk szigetelőanyagot. A dipól anyaga 1 mm-es vörösrézlemez (tökéletesen öntartó) az összekötő tápvonalak, illetve a ba-



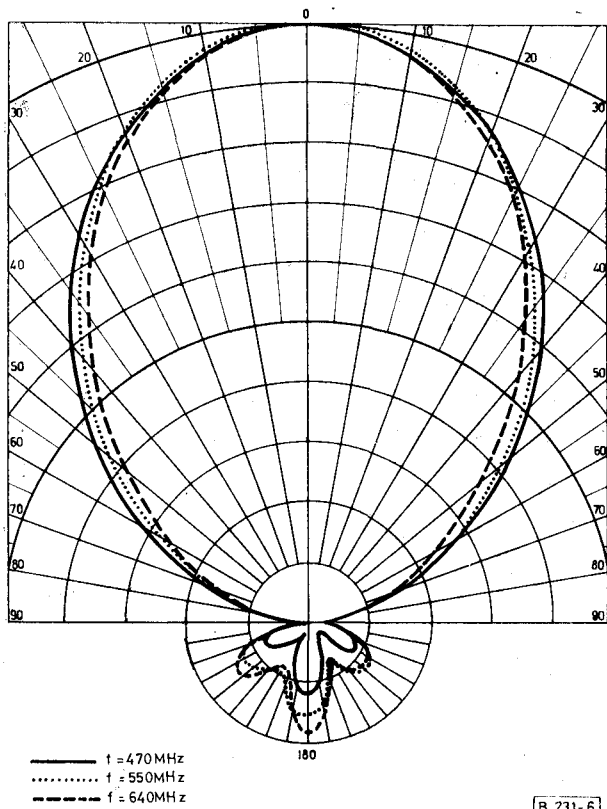
4. ábra. Az impedanciamenet alakulása a dipólalak változtatásának függvényében

B 231-4



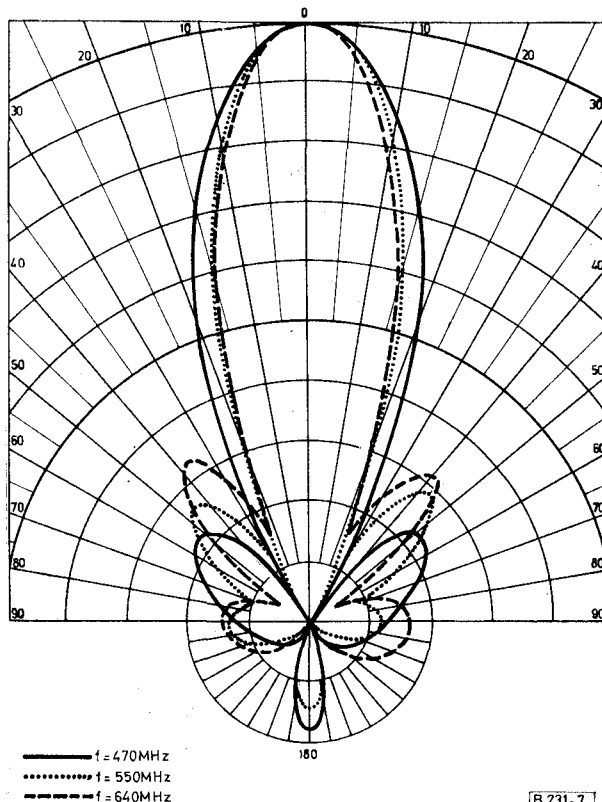
5. ábra. TV IV. sávi lemezantenna impedancia menete

B 231-5



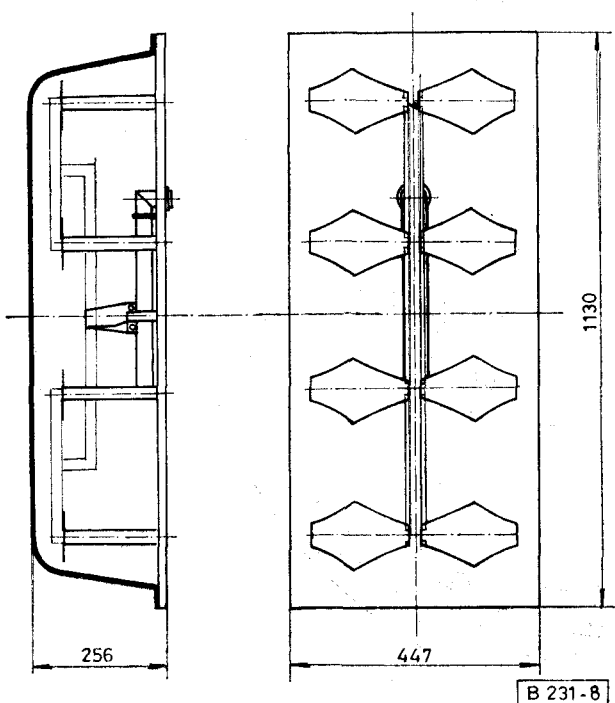
B 231-6

6. ábra. TV. IV. sávi lemezentenna horizontális sugárzási karakterisztikája



B 231-7

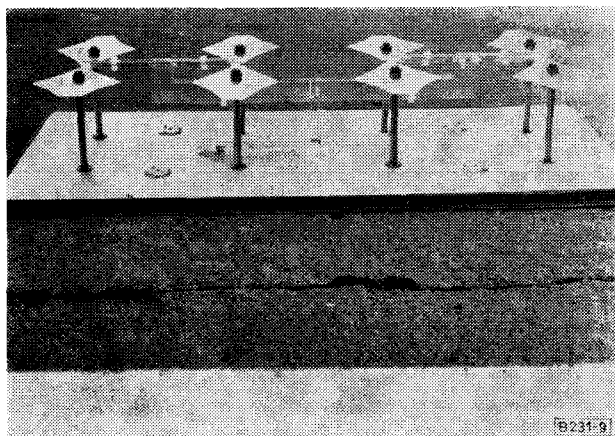
7. ábra. TV IV. sávi lemezentenna vertikális sugárzási karakterisztikája



B 231-8

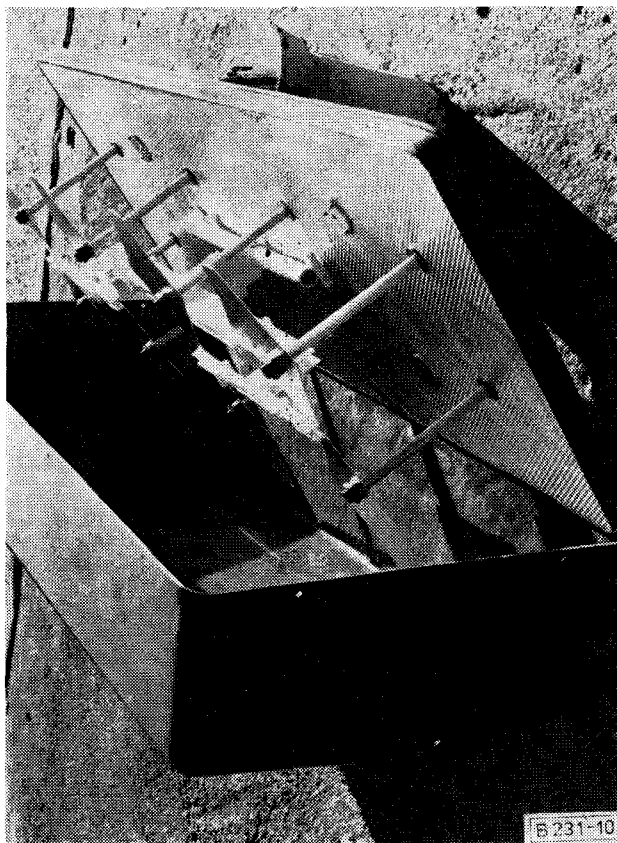
8. ábra. TV IV. sávi lemezentenna sematikus rajza

lun szimmetrikus részére csatlakozó felvezető tápvonal anyaga 2 mm-es vörösrézlemez. A lemeztápvonalak távtartását az impedanciamenet kiegyenlítésére szolgáló teflon kockák oldják meg. Ezek elektromos szempontból kapacitást visznek a rendszerbe, mechanikailag pedig rendkívül stabilak. A balun anyaga szintén vörösréz az „l” elektromos



B 231-9

9. ábra. TV IV. sávi antenna zúzomara védő teknő nélkül



10. ábra. TV IV. sávi antenna zúzmara védő teknővel

hossz beállítására szolgáló „rövidzártuskók” egyben mechanikai rögzítésre is szolgálnak. A bemenet természetesen a reflektorfal külső felén van, ami kö-

nyök alkalmazását tette szükségessé. Itt újabb mechanikai rögzítést alkalmaztunk karimás kivitelben. A csavarkötésektől eltekintve valamennyi csatlakozási pont (dipól-összekötő tápvonal-felvezetőtápvonal, balun szimmetrikus oldal) keményforrasztással van összekötve.

Itt kell megjegyezni, hogy a méretek pontos betartása (dipólméret, tápvonalak egymástól való távolsága stb.) és a stabil mechanikai szerkezet elsődleges szempontok.

Végül az egész szerkezetet az úgynevezett zúzmara teknő borítja, kellő védelmet nyújtva a szélsőséges időjárási változásoknak kitett panel számára. A fénykép mellett még egy sematikus rajz is bemutatja az antennapanelt.

A zúzmara védő-teknő anyaga üvegszálaspoliészter, hatása elektromos szempontból elhanyagolható.

Figyelembe véve, hogy az antennapanelnek 220 km/ó szélsősebességet is el kell viselnie, indokolt a panel teljes borítása. Erre szolgál az úgynevezett zúzmara védő-teknő. Kiképzésénél az éles sarkok, kiszögélő élek alkalmazását elkerültük és áramlástechnikai szempontból kedvező formát biztosítottunk.

A panel áramlástechnikai vizsgálata megtörtént a BME Áramlástechnikai Tanszékének szélcsatornájában. A legnagyobb beállítható érték 220 km/ó szélsősebesség volt.

A mérés szerint a fedélre ható terhelés ennél a szélsősebességnél 138 kp, míg oldalirányban 75 kp. A szélcsatornás vizsgálat eredménye pozitív, a panel megfelel a vele szemben támasztott mechanikai követelményeknek.

Végezetül közöljük az elkészült panel fényképét a sematikus rajz egyidejű bemutatásával (8., 9., 10. ábra).