

Ionoszonda üzembehelyezése a Nagycenki Geofizikai Observatóriumban

Kovács Károly*

A dolgozatban beszámolunk a Nagycenki Geofizikai Observatóriumban felépítendő ionoszondázó berendezésről. Röviden bemutatjuk az ionoszonda működési elvét, melynek kapcsán érintőlegesen beszélünk az ionoszféra szerkezetéről is. Ismertetjük az IPS-42 típusú szonda főbb műszaki paramétereit. Külön kitérünk az adó-vevő antennarendszer méretezésekor felmerülő problémákra. Végezetül néhány szóban megemlítjük, hogy terveink közt szerepel a digitális adattárolás és a számítógépes kiértékelés megvalósítása PC segítségével.

The paper deals with the installation of an ionosonde in the Geophysical Observatory at Nagycenk. We discuss briefly the theory of the ionosonde and mention the main structure of the ionosphere as well. A general technical description of the IPS-42 is given however, the transmitter-receiver antenna system is discussed in details. Finally, we sketch our plans supplying the sonde with a digital data processing system based on a PC.

Bevezetés

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Központi Légkörfizikai Intézete Békéscsabán átszervezés miatt 1990-ben beszüntette az ionoszonda állomás működését. A KEL Aerospace gyártmányú, ISP-42 típusú berendezést az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet Nagycenki Geofizikai Observatóriumban helyezték újra üzembe. Mivel az Observatóriumban lehetőség van arra, hogy a korábbinál nagyobb méretű, így várhatóan nagyobb hatásfokú adó- és vevőantennákat építsünk, ezért a régi antennák helyett újakat tervezünk. A továbbiakban rámutatunk arra, hogy miért játszik az antennarendszer, különösen az adóantenna, kulcsszerepet az ionoszonda működésében.

A békéscsabai tapasztalatokat felhasználva, valamint tanulmányozva a Prága melletti Pruhonicében működő szonda állomás antennarendszerét, ahol egyébként szintén egy IPS-42 típusú szonda üzemel, úgy döntöttünk, hogy a legjobb kompromisszumos megoldást egy kettős delta antenna építése jelenti. Megfelelő méretezés mellett ugyanis kielégítő eredményt kaphatunk mind az alsó, mind a magasabb frekvenciatartományokban.

Jelenleg a delta antennarendszer építése folyik, és remélhetőleg hamarosan sor kerülhet a szonda üzembe helyezésére is. Ezen cikknek a közlésével két célt szeretnénk elérni. Egyrészt ismertetjük az antennaméretezés kapcsán felmerülő kérdéseket, másrészt szeretnénk felhívni a figyelmet arra, hogy a szonda a Nagycenki Geofizikai Observatóriumban fog a jövőben működni.

1. Az ionoszonda működési elve

Mielőtt rátérnénk a szonda működési elvére feltétlenül szükségesnek tartjuk röviden bemutatni az io-

noszféra szerkezetét. Ugyanis a szonda az elektron-sűrűség magassággal való változásának meghatározására szolgáló eszköz, így működési elve igazodik az ionoszféra jellegéhez.

Ismeretes, hogy a Föld felső légkörét érő elektromágneses és korpuszkuláris sugárzás ionizálja a légkör semleges atomjait és molekuláit. Az így létrejövő és tartósan fennmaradó híg mágnesezett plazmát nevezzük ionoszférának. A szűkebb értelemben vett ionoszféra az a tartomány, ahol szabad elektronok olyan számban vannak jelen, hogy a rádióhullámok terjedését befolyásolni tudják. Az ionoszféra kb. 50 km-es magasságban kezdődik és a kb. 1000 km-es magasságig terjed. Természetesen az ionoszféra állapotát és kiterjedését nagyon sok geofizikai tényező függvénye, így például függ a földrajzi szélességtől az évszaktól, a napszaktól, a naptevékenységtől stb.. E változékonyság ellenére az ionoszféra több tipikus tartományra osztható fel. A legalsó tartományt, mely 50 és 90 km között helyezkedik el, D tartománynak nevezzük. Felette az E tartomány 90 és 160 km között található. Mindkét tartományban az elektron-sűrűség nappal nagyobb, mint éjjel. Az E tartomány felépülése és lebomlása elég jól követi a Nap állását. A legnagyobb töltéskonzentrációval a 160 és 400 km között kialakuló F tartomány rendelkezik, amelyik egyben a legvastagabb is. Az F tartományban létrejövő rétegződés két részből áll, melyeket F1 és F2 rétegeknek nevezünk. A két réteget azonban éjszaka és télen nem lehet megkülönböztetni. Az F1 réteg számos tulajdonságában inkább az E rétegre hasonlít.

Az ionoszférakutatás és a rádióhullámok terjedésével (törés, visszaverődés) kapcsolatos kérdések már a rádió felfedezése óta szorosán összefüggtek egymással. Annyira, hogy az ionoszféra létezésének első kísérleti bizonyítékait is a rádióhullámok terjedésével kapcsolatos tapasztalatok szolgáltatták.

Ismeretes ugyanis, hogy az elektromágneses hullámok kölcsönhatásba lépnek a töltött részecskékkal, azokat rezgésbe hozzák. A gyorsuló mozgást végző töltések viszont "elemi" antennáknak tekinthetők és maguk is elektromágneses sugárzást bocsátanak ki. Attól függően, hogy mekkora az elektromágneses hullám frekvenciája illetve, hogy mekkora a közeg

* Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete, Sopron

elektromosan töltött részecskéinek a koncentrációja, a beeső elektromágneses hullám vagy visszaverődik, vagy megtörik, vagy elnyelődik. Az un. "eredő" elektromágneses hullám mindig a beeső és a gerjesztett részecskék által kibocsátott rezgések együttes hatásának eredője. Így pl. bizonyos irányokban az interferencia kiolthatja vagy erősítheti a hullámokat.

Mivel az elektronok tömegüknél fogva sokkal mozgékonyabbak, mint az ionok, ezért a rádióhullámok terjedésénél elsősorban az elektronok koncentrációja a meghatározó. Az elektronoknak a rádióhullámok terjedésére gyakorolt hatását a törésmutatóval jellemezhetjük (1), melyre az:

$$n = 1 + \frac{N e^2}{2 \epsilon_0 m (\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (1)$$

kifejezés adható meg. Az N jelenti az elektronok sűrűségét, m az elektron tömege, e az elektron töltése, ϵ_0 az influenciakonstans, ω_0 az elektronok rezonanciája, ω pedig a beeső elektromágneses hullám körfrekvenciája. Mivel az ionoszféra elektronjai szabad elektronok, így rájuk nem hat visszaterítő erő, azaz $\omega_0 = 0$. Így a törésmutatóra az

$$n = 1 - \frac{N e^2}{2 \epsilon_0 m \omega^2} = 1 - \frac{N e^2}{2 \epsilon_0 m (2\pi f)^2} \quad (1/a)$$

kapjuk, ahol f a beeső rádióhullám frekvenciája.

A törésmutató már a geometriai optikából jól ismert fogalom, és tudjuk, hogy a fény adott közegen való áthaladásának leírására szolgál. Ha a törésmutató eggyel egyenlő, akkor nincs fénytörés, azaz a rádióhullámok egyenesen haladnak át a közegen. Az (1/a) összefüggésből látszik, hogy akkor lesz $n = 1$, ha N nagyon kicsi, vagy ha f nagyon nagy (m és e állandók). Ez azt jelenti, hogy a rádióhullámok akkor jutnak át zavartalanul a közegen, ha annak elektronkoncentrációja nagyon kicsi, vagy akkor, ha a beeső hullámok frekvenciája nagyon nagy. Az is látható (1/a)-ból, hogy ha N nő az az n értékét csökkenti (ugyanazon f mellett) így a rádióhullám "optikailag" ritkább közegbe ér, azaz a beesési merőlegestől egyre jobban eltérül. Végül ha a hullám felfelé haladva egyre nagyobb koncentrációjú rétegekbe ér annyira megtörik, hogy már párhuzamosan halad a Föld felszínével. Mivel az ionoszférában mindig vannak inhomogenitások, azért a hullám előbb-utóbb újra nagyobb elektronkoncentrációjú rétegekbe jut, ahol tovább törik vissza a Föld felszíne felé. Lefelé haladva a rétegek elektronkoncentrációja újra csökken, ez optikailag "sűrűbb" közeget jelent, így a rádióhullámok egyre jobban az aktuális beesési merőlegeshez törnek. Az ionoszféra létezésére pont ez a törési jelenség szolgált bizonyítékul mindjárt a rádiózás kezdetén. (1924-ben ECCLES elméleti munkássága nyomán LARMOR kimutatta a rádióhullámok törését az ionoszférán.)

A visszaverődés $n=0$ esetén jön létre. Mivel a törésmutató kifejezése nem függ a beesési szögtől, ezért a rádióhullámok akkor is visszaverődnek $n=0$ esetén, ha teljesen függőlegesen esnek az ionoszférára. Látható (1/a)-ból hogy minden elektronkon-

centrációhoz találhatunk olyan f frekvenciát, amire fennáll az $n=0$, azaz a teljes visszaverődés feltétele. Ezzel el is érkeztünk az ionoszonda működési elvéhez. A szonda ugyanis pontosan az előbbieken vázolt visszaverődési feltételt használja ki.

A fentiekben ismertetett ionoszféra tartományokban más-más az elektronkoncentráció. A D rétegben $0-10^4 \text{ cm}^{-3}$, az E rétegben $0-10^5 \text{ cm}^{-3}$, az F rétegben elérheti az 10^5 cm^{-3} -t is.

Ha tehát egy olyan vertikális irányba sugárzó rádióadó-vevőt készítünk amelyik különböző frekvenciákon működik, a megfelelő frekvenciák kiválasztásával detektálhatjuk a különböző elektronkoncentrációjú rétegekről visszaverődő hullámokat. Megmérve még a kibocsátás és a detektálás közötti időt, és feltételezve, hogy a rádióhullámok c fénysebességgel haladnak, az eltelt időből kiszámítható a rétegek látszólagos magassága. Azért a látszólagos magasság, mert a valóságban a rádióhullámok terjedési sebessége az ionoszférában a töltések miatt a fénysebességnél kisebb lesz. Mivel az ionoszféra rétegeiben az elektronkoncentráció folytonosan változik, ezért egy adott rétegnél két jellemző frekvenciaértéket különböztethetünk meg. Az úgynevezett határfrekvencia, az a frekvencia, amely még éppen visszaverődik a rétegről, míg a kritikus frekvencia az a frekvencia, amelyiket a réteg már éppen átenged.

Az ionoszondák az 1-25 MHz-es tartományban működnek, úgy, hogy ezt a sávot felbontják több részre. Minden egyes frekvencián automatikusan egy jelet bocsátanak ki és mérik a kisugárzás és a visszaverődés közötti időt. A szondák a nagyon rövid időközök katódsugárcsővel tudják megmérni úgy, hogy egy elektronsugár megfelelő sebességgel söpör végig a képernyő bal oldalától a jobboldalig. Ha a visszavert jel beérkezik, akkor a sugár eltérül. Az eltérés helyéből látható a visszavert jel beérkezési ideje, mivel azt tudjuk, hogy az elektronsugár egységnyi idő alatt a képernyőn mennyi utat tesz meg. Ez alapján a katódsugárcsővet mindjárt magasságra lehet hitelesíteni. Végül minden kibocsátott frekvenciaértékhez tartozni fog egy magasságérték. Az egész folyamatot filmen rögzítve kapjuk az ionogramot. Az 1-25 MHz-es sávot természetesen azért választották ki, mert az ionoszférikus rétegek kritikus és határfrekvenciája, az elektronsűrűségek alapján, ebbe a tartományba esik.

Az ionogramok kiértékeléséből információt kaphatunk az ionoszféra egyes rétegeinek a jelenlétéről, illetve a rétegek látszólagos magasságáról. A szonda működési elvéből következik a használhatóságának a határa is. Az tudniillik, hogy a szonda csak a legnagyobb elektronkoncentrációjú rétegig alkalmazható. Az elektronkoncentráció ugyanis felfelé haladva eléri egy maximumot, és utána újra csökkenni kezd. A szonda viszont nem tud "belátni" ebbe a ritkább ún. külső ionoszférába, mivel az összes frekvencián kibocsátott jel már korábban visszaverődött valamelyik rétegről.

2. Az IPS 42 szonda műszaki paraméterei

A műszer egy automatikusan működő, vertikális irányba sugárzó ionoszféra szondázó berendezés. Az áramkörei, hat elektronszó kivételével, félvezetők-

ből készültek. Az integrált áramkörök TTL-es logikát használnak. A konstrukciós szempontok közt nagy hangsúlyt kapott a hosszútávú üzembiztonság. A szonda ugyanis teljesen automatikusan, felügyelet nélkül tud napokig működni, attól függően, hogy milyen programra állítjuk be. Az említett hat elektroncsőből kettő az ionogramok megjelenítésére szolgáló katódsugárcső, míg a többi négyet az impulzusüzemű rádióadó végfokozatában alkalmazzák. Az adó frekvenciája 1 és 22,6 MHz között változtatható. Az adóteljesítmény pedig 5 kW impulzusüzemben. Az impulzusok szélessége 41,6 ms, mindegyik frekvencián, az impulzusok pedig 5,33 msecundumként követik egymást. A tapasztalatok szerint az ionoszféra állapotától függően a szonda a 100 és 800 km közötti ionoszférikus tartományok vizsgálatára alkalmas. A digitális PLL szintetizátor segítségével a fent említett frekvenciatartományt 576 logaritmikus lépésre lehet felosztani. Egy a teljes frekvenciatartományt átfogó szondázás, azaz egy frekvencia sweep 12 sec-ot vesz igénybe.

A szonda lehetőséget nyújt arra is, hogy az említett 576 szintetizátor csatornáiból bármelyiket kiválasszuk és egy ún. egyfrekvenciás szondázást végezzünk.

A szondában négy beépített mérési program közül választhatunk. Az egyik 15 percenként végez egy mérést (normál üzemmód), a másik 3 mérést végez percenként (folyamatos üzem). A másik két üzemmódban 1 szondázás történik minden 5 ill. 1 percen. A műszer vezérlését egy digitális kvarcóra látja el időjellel, az aktuális időpont a képernyőn is megjelenik digitális formában úgy, hogy minden ionogram szerepel a mérés időpontja.

A szonda vevője zavarűzőkkel is el van látva, hogy a zavaró, idegen rádióadók és reflexiók hatását minimálisra csökkentsék.

Az ionogramokat egy 16 mm-es filmen rögzítik, amiből normál üzemmód esetén naponta kb. 75 cm hosszúságú a felhasznált mennyiség.

A szonda tápellátása kb. 100 W-ot igényel, melyet normál körülmények közt a 220 V-os beépített tápegység szolgáltat a hálózatról, de lehetőség van arra is, hogy 2 db 12 V 40 Aórás akkumulátorral üzemeltessük a szondát. Ekkor kb. 10 órás üzemidő lehetséges.

Az IPS-42 blokkdiagramja az 1. ábrán látható (2).

3. Az ionoszonda antennarendszere

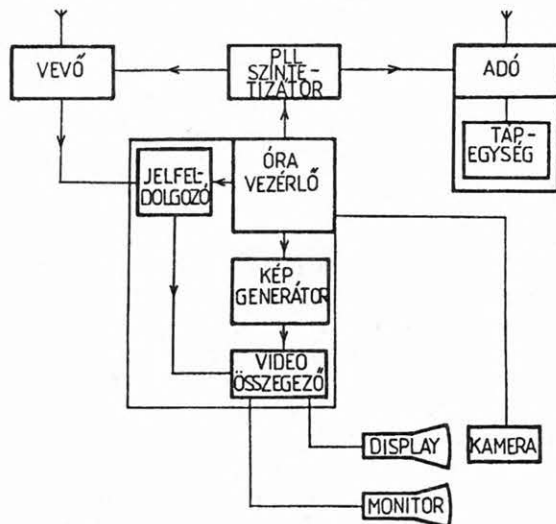
Az ionoszonda működési elvének ismertetéséből látható, hogy a szonda tulajdonképpen egy speciális szempontok figyelembevételével megtervezett rádió adó-vevő berendezés. Mint minden rádió adó-vevő esetében, itt is különösen fontos alkotóelem az antennarendszer. Az ionoszonda esetében már a konstrukcióból következik, hogy két antennát kell építeni, egyet az adónak, egyet pedig a vevőnek. Az antennák hatásfoka, melyet gyakorlatilag a méretek szabnak meg, döntő fontosságú a szonda működése szempontjából. Ezért tervezésére és kivitelezésére nagy gondot kell fordítani. Külön probléma a mechanikai stabilitás és a villámvédelem.

Láttuk, hogy a különböző elektronkoncentrációjú ionoszférikus tartományból akkor kapunk visszaverődéseket, ha a megfelelő frekvenciatartományban sugározzuk ki a mérőimpulzusokat. Mivel a szonda

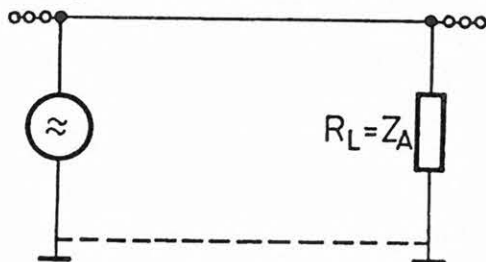
az említett 1-22,6 MHz-es sávban működik, olyan antennákat kell készíteni, amelyek ebben a frekvenciasávban mindenhol megfelelő nyereséggel dolgoznak. Az antennákat általában csak egy adott frekvenciára szokták méretezni. Ilyenkor nagyon sokféle megoldású ún. rezonáns antennatípus jöhet szóba. A rezonáns antennák nagy hatásfokkal működnek egy szűk frekvenciatartományban, de olyan széles frekvenciasáv átfogására, mint az ionoszonda $\Delta f = 21,6$ MHz-es sáv szélessége, már nem alkalmasak. Két megoldás lehetséges. Vagy sok rezonáns antennát építünk és mindig a megfelelőt kapcsoljuk az adóra, vagy pedig olyan szélessávú antennát alkalmazunk, amelyik elfogadható hatásfokkal működik az egész frekvenciatartományban. Mivel a szonda gyártója az utóbbi megoldást ajánlja és Békéscsabán is ilyen antennát használtak, mi is a szélessávú sugárzók mellett döntöttünk.

Ilyen antennatípusok az ún. haladóhullámú aperiódikus antennák. Főbb típusai a V, a rombusz és a delta antenna.

Az aperiódikus antenna tulajdonképpen egy terhelőellenállással lezárt sugárzó (3). Az R_L terhelőellenállás értékének meg kell egyeznie az antenna Z_A hullámellenállásával (2. ábra). A sugárzón, ahol az R_L tiszta ohmikus ellenállás, haladóhullámok alakulnak ki. Az egész antenna olyan tápvonalnak tekinthető, amelynek másik ágát a föld képezi. A vezetéken a haladóhullámok végighaladnak, miközben elektromágneses hullámok válnak le a sugárzóról. Miután a hullám végighaladt a vezetőn, a maradék energia az R_L lezáróellenálláson hővé alakul.



1. ábra. Az IPS-42 blokkdiagramja
Fig. 1. The scheme of the IPS-42 sonde



2. ábra. A terhelőellenállással lezárt aperiódikus sugárzó
Fig. 2. The aperiodic antenna, terminated by a resistor

Az aperiodikus antenna azért tud sugározni, a leterhelt tápvonallal ellentétben, mivel itt a föld képezi a másik vezetőt, és az aszimmetrikus felépítés miatt a kialakuló mágneses erőterek nem tudják egymást semlegesíteni. A rendszer így sugárzóképesé válik, ezért lehet a fenti elrendezést antennának használni. Mivel az antenna bemeneti ellenállása gyakorlatilag független a frekvenciától, ezért az antenna széles frekvenciatartományban használható. Hátránya viszont, hogy a lezáróellenálláson a betáplált nagyfrekvenciás energia egy jelentős része (kb. 20-50 %) hővé alakul, azaz veszendőbe megy.

A továbbiakban vizsgáljuk meg, hogy egy L hosszúságú vezetőkön v sebességgel áthaladó hullám a tér egy P pontjában mekkora mágneses térerősséget kelt (4) (3. ábra). A leíráshoz hengerkoordinátákat használunk. A levezetések részletezése nélkül a sugárzás jelleggörbéjét leíró $F(\theta)$ függvény alakja:

$$F(\theta) = \frac{\sin\theta}{\beta L/2(1 - \cos\theta)} \sin\left[\frac{\beta L}{2}(1 - \cos\theta)\right] \quad (3)$$

ahol θ , L a 3. ábráról leolvasható $\beta = \omega/v$, ahol ω a vezetőkön folyó áram körfrekvenciája.

A (3) összefüggésből látható, hogy a maximális sugárzás irányát a

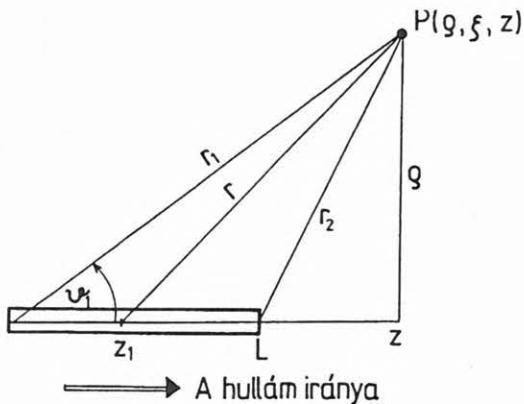
$$\frac{\beta L}{2}(1 - \cos\theta_{\max}) = \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

összefüggésből lehet kiszámítani.

A (4) -ből következik, hogy:

$$\cos\theta_{\max} = 1 - \frac{\lambda}{2L} \quad (5)$$

Az (5) összefüggésből már az antenna tervezéséhez felhasználható következtetéseket tudunk levonni.



3. ábra. Az L hosszúságú vezetőkön haladó hullám hatása a P -ben

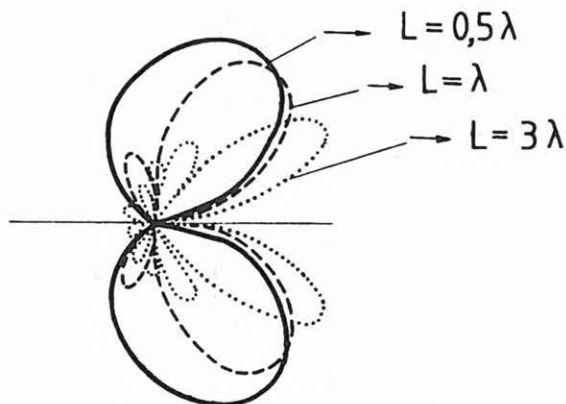
Fig. 3. The effect of the travelling wave, along a wire of length L at the point P

A) Annak a feltétele, hogy a sugárzás karakterisztikája a kisugárzandó jel frekvenciájával változzon, a következő:

$$2L \gg \lambda,$$

azaz az antenna szélessávú működésének egyik feltétele, hogy megfelelő hosszúságú legyen.

B) Az L/λ relatív antennahossz növekedésével a fő sugárzási irány egyre jobban a haladó hullámok irányában, a vezeték tengelyéhez simul (4. ábra).

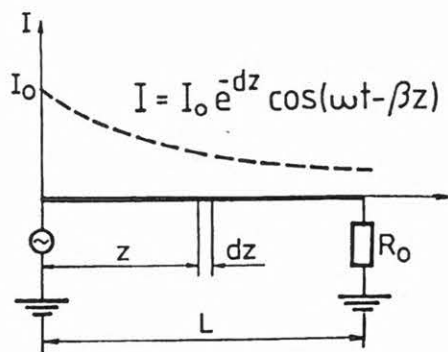


4. ábra. A fő sugárzási irányok különböző L/λ -ra
Fig. 4. The main radiation intensity-patterns for different L/λ

A (3) egyenletből az is kitűnik, hogy a sugárzó vezeték relatív hosszának növekedésével a fő sugárzási nyaláb keskenyedek, de ezzel egyidőben a melléknyalábok száma és intenzitása nő.

Az előbbi megállapításaink arra az esetre vonatkoztak, amikor eltekintettünk az antenna csillapító hatásától. Az antennában folyó áram azonban csillapodik az 5. ábrának megfelelően. Megállapítható azonban, hogy a csillapítás nem befolyásolja lényegesen a fő sugárzási hurok helyzetét, azaz a sugárzás irányát.

A lezáró ellenállásokról már volt szó. Ha a lezáró ellenállás értéke jelentősen eltér az antenna karakterisztikus impedanciájától, akkor a lezáró ellenállás felől a haladóhullámok visszaverődnek. Ezek a visszaverődött hullámok a főnyalábbal ellentétes irányban hoznak létre sugárzást. Ezért nagyon fontos az antenna karakterisztikus impedanciájának megfelelő ellenállás használata. A másik követelmény az, hogy

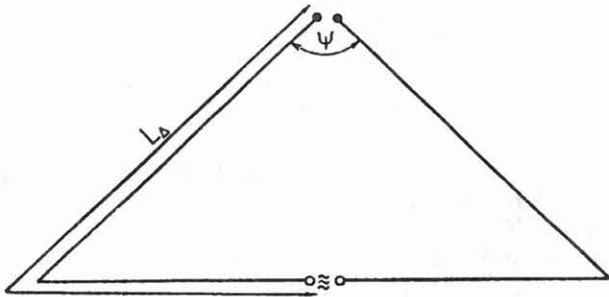


5. ábra. Az antennában folyó áram csillapodása
Fig. 5. The attenuation of the current flowing along an antenna

a lezáróellenállás kis induktivitással és kapacitással rendelkezzen, azaz tiszta ohmikus legyen. Ez szintén az antennaparaméterek frekvenciafüggétlensége miatt fontos.

Mivel a delta antenna huzalainak távolsága mind a földtől, mind egymástól változik, az antenna pont-ról pontra vett karakterisztikus impedanciája is változik. Ez azt jelenti például, hogy az antenna csúcsánál az ellenállás a várt 600Ω , de az antenna szárain megnőhet akár 1000Ω -ra is. Az impedanciaváltozás csökkenthető, ha az antenna effektív keresztmetszetét megnöveljük. Ezt úgy valósíthatjuk meg, hogy az egyes antennaszárazakat több, egymástól távolabb levő vezetékből építjük fel. Ezzel az eljárással nemcsak az impedanciaváltozás lesz kisebb, hanem maga az impedancia értéke is, csökkentve ezzel a veszteségeket.

Tekintsük most a 6. ábrán látható delta antennát. Az L hosszúságról csak azt mondhatjuk, hogy azt a lehető legnagyobbra kell választani. Az antenna központi ψ szögét úgy kell megválasztani, hogy az an-



6. ábra. A delta antenna
Fig. 6. The delta-type antenna

Az ionoszonda adó és vevőantennájának építése most van folyamatban és remélhetőleg még ebben a félévben teljesen üzembe tudjuk a szondát helyezni.

Mivel a szonda az ionogramokat fotoeljárással rögzíti, ezért a felvételeket az előhívás után "manuálisan" kell kiértékelni. Ezt a módszert használták Békéscsabán is. Sokkal gyorsabb és hatékonyabb lenne az ionogramok kiértékelése, ha azokat mindjárt digitális formában rögzítenénk. Ekkor nemcsak az adattárolás lenne hatékonyabb, hanem automatikus

tenna sugárzási iránya függőleges legyen. Az (5) összefüggés segítségével ábrázoljuk grafikusán a θ és az L/λ relatív antennahossz közötti összefüggést. A 7. ábra $L = 60$ m esetében mutatja, hogy a θ értéke az L/λ növekedésével egyre lassabban változik.

Ha $f = 2.5$ MHz	$\lambda = 120$ m	$\theta = 63^\circ$
5.0 MHz	$\lambda = 60$ m	$\theta = 50^\circ$
10.0 MHz	$\lambda = 30$ m	$\theta = 37^\circ$

akkor látható, hogy középértéknek a $\theta = 50^\circ$ -ot célszerű választani. Az ehhez tartozó ψ szög 100° lesz.

A fenti módszer birtokában az antenna méretét a mechanikai szempontok és a rendelkezésre álló hely alapján meghatározhatjuk. A módszer szimmetriao-kok miatt mind az adó, mind a vevőantennára alkalmazható.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a vevőantenna méretezése kevésbé kényes, mint az adóantennáé. Ennek az az oka, hogy az adóantennán több nagyságrenddel nagyobb a jelszint, mint a vevőantennán, másrészt az adóantenna a forrás, így itt sokkal lényegesebb a merőleges kisugárzási irány pontos betartása. Ugyanis csak ekkor kaphatunk a vevőantenna számára felfogható, az ionoszféráról visszaverődött jeleket.

Összefoglalás

kiértékelő programokat is lehetne fejleszteni, amelyek helyettesíthetnék a kézi kiértékelést.

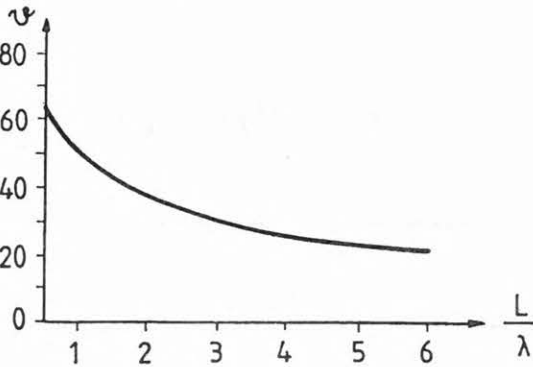
A tervünk az, hogy miután a szondát sikeresen üzembehelyeztük, összekapcsoljuk egy PC-vel, amelyik a fentiekben vázolt feladatokat ellátja.

Az ionoszférakutatásban napjainkban már vannak az ionoszféránál sokkal hatékonyabb eszközök, mint pl. az inkoherens szóródáson alapuló rendszerek (EISCAT). Ennek ellenére olcsóságuk, egyszerű üzemeltetésük miatt a világon az ionoszférák a legelterjedtebbek. Ezért az ionoszférák mérései szolgáltatják a legtöbb, az egész földi ionoszférára kiterjedő információt, lehetővé téve a globális ionoszféraváltozások nyomon követését.

Reményeink szerint az újlag üzembehelyezett szonda nemcsak az MTA GGKI ionoszférával foglalkozó kutatóinak nyújt használható adatokat, hanem minden a témával valamilyen kapcsolatban álló kollégának is.

Irodalom

- FEINMAN R.P. 1969: Mai fizika. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 3. köt.
 IPS 42 Technical Manual, version 7.9. KEL Aerospace, Australia
 ROTHAMMEL R. 1977: Antenna könyv. Műszaki Könyvkiadó, Bp.
 KRAUS J.D. 1950: Antennas. McGraw-Hill Books Company, INC.



7. ábra. A θ és az L/λ közötti összefüggés $L=60$ m esetén
Fig. 7. The relation of θ to L/λ in the case of $L = 60$ m