

## A rádiószonda fejlődésének újabb irányai.

A folyó évtizedben a meteorológia területén kétségtelenül a rádiószonda a legnagyobb fejlődést elért s nagy jelentőségű kutatási eszköz. A léggömbökkel nagy magasságba emelkedő rádióadóberendezések a légnyomásra, hőmérsékletre és nedvességre érzékeny műszerek adatait még felszállás közben továbbítják a talajállomáshoz s a felbocsátást követő egy órán belül körülbelül 15–20 km magasságig megismerhetjük a levegő fizikai állapotát. Ebben a gyors adatközlésben rejlik a rádiószondák nagy előnye a szad eleje óta végzett műszeres léggömb-felszállásokkal szemben, amelyeknek feljegyzéseit csak a műszerek megtalálása után lehetett felhasználni.

A gyors adatközlés következtében a rádiószondák az időjárás előrejelzésének legfontosabb segédeszközeivé váltak: elegendő sűrű hálózat felállítása után lehetővé vált különböző magasságú szintekben időjárási térképek szerkesztése. Az időjárás előrejelzésének ebben az irányban megnyílt fejlődési lehetőségeit kellőképpen értékelhetjük, ha meggondoljuk, hogy azokban a rétegekben, ahol a legnagyobb légköri energiák halmozódnak fel, alakulnak át s ahol a légköri folyamatok kormányzása végbemegy, pontos mérési adatokon felépülő időjárási térképek váltották fel a talajadatokból extrapolált következtetéseket, amelyek sokszor a találgatás határára mozogtak.

A világháború alatt az időjárás előrejelzése s ezzel együtt a rádiószonda is a hadműveletek igen fontos eszközévé vált s mindkét fél sűrű rádiószonda-hálózatot létesített a hadművelési területeken, valamint a hátszágokban. Ezzel egyidőben maga a rádiószonda is sok átalakuláson ment át s azt mondhatjuk, hogy a meteorológiának ez a fiatal műszere a háborús tapasztalatok kiértékelésével fejlődésének virágkorába jutott.

A rádiószonda, mint minden olyan találmány, amely régi eszközt tökéletesít, kezdetben a régi eszköznek, ebben az esetben a ballonmeteográfoknak alkatrészeit is tartalmazta. Megtaláltuk benne a légnyomás mérésére használt Bourdon-csővet, vagy a Vidi-szelencét, a kettős lemezes fémhőmérőt, valamint a hajszálas nedvességmérőt.<sup>1</sup> Ezek a légnyomás, hőmérséklet és nedvesség hatására különböző mozgásokat végeztek, amely mozgások áttételek útján a rövidhullámú adóberendezésnek hullámhosszát változtatták, vagy pedig mérhető időközökben kisugárzását szüntették meg. A hullámhossz változtatásából vagy a megszakítások időpontjából lehetett azután a légnyomás, a hőmérséklet és a nedvesség értékét a felszállás bármely időpontjára kiszámítani. Ugyancsak megtaláltuk sok rádiószondában az óraszerkezetet is. Ez a kisugárzás megszakításával működő berendezéseknél egyenlő időközökben jeleket adott, amelyeket az időközök mérésénél alapul vettek. Az áttételek és az óraszerkezet a rádiószondák legkényesebb részei. A fémrészekre rakódó zúzmarra vagy jégbevonat megbénítja a műszert, az óraszerkezet gyakran megáll, az áttételeknél fellépő surlódás pedig a rádiószonda érzékenységét csökkenti.

Az Egyesült Államok meteorológiai szolgálatában bevezetett rádiószonda<sup>2</sup> bizonyos mértékig kiküszöböli ezeket a nehézségeket, amennyiben ezekből az óraszerkezet teljesen hiányzik, a multiból maradt három érzékeny műszer közül pedig elmarad a fémhőmérő és a sok bosszúságot okozó hajszálas nedvességmérő is. A két utóbbit ellenállásanyagok pótolják, amelyeknek elektromos vezetőképessége a hőmérséklettel és a nedvességgel változik. A légnyomást ebben a rádiószondában az ismert Vidi-szelence méri.

A hőmérséklet mérésére kerámiuk ellenállásanyag szolgál, melynek ellenállása csak a hőmérséklettől függ. Az 15 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű, kb. 6 cm hosszú kerámiuk pálcá ellenállása 40 C<sup>0</sup>-nál kb. 10.000 ohm. Ha a hőmérséklet egyenletesen csökken, a pálcá ellenállása eleinte lassan, majd gyorsabban növekszik s —80 C<sup>0</sup> mellett értéke már 1 millió ohm.

A hajszálas nedvességmérő helyett ebben a rádiószondában egy 10 cm hosszú, 17 cm széles és 1 mm vastag üveglemezt találunk, amelyen lithium-chlorid bevonat van. Ennek a vékony sórétegnek elektromos ellenállása a nedvességgel és a hőmérséklettel változik. Egy ilyen lemezkének (melyet dr. Aujezsky László a Meteorológiai Intézet h. igazgatója hozott magával az Egyesült Államokból) ellenállása (1 megohmmal lesöntölve):

30 C <sup>0</sup> -on	100 %	nedvességnél	2500 ohm
" "	50 "	" "	20000 "
0 "	100 "	" "	5000 "
" "	50 "	" "	58000 "
—30 "	100 "	" "	47000 "
" "	50 "	" "	410000 "

<sup>1</sup> Dr. Béll Béla: A magaslégkör kutatása rövidhullámú adóberendezésekkel. Az *Időjárás* XLVII. kötet 5–6, 7–8 sz. 91–95 és 125–130 old. 1943.

<sup>2</sup> Berry—Bollay—Beers: Handbook of Meteorology. 563—569. New York—London 1945.

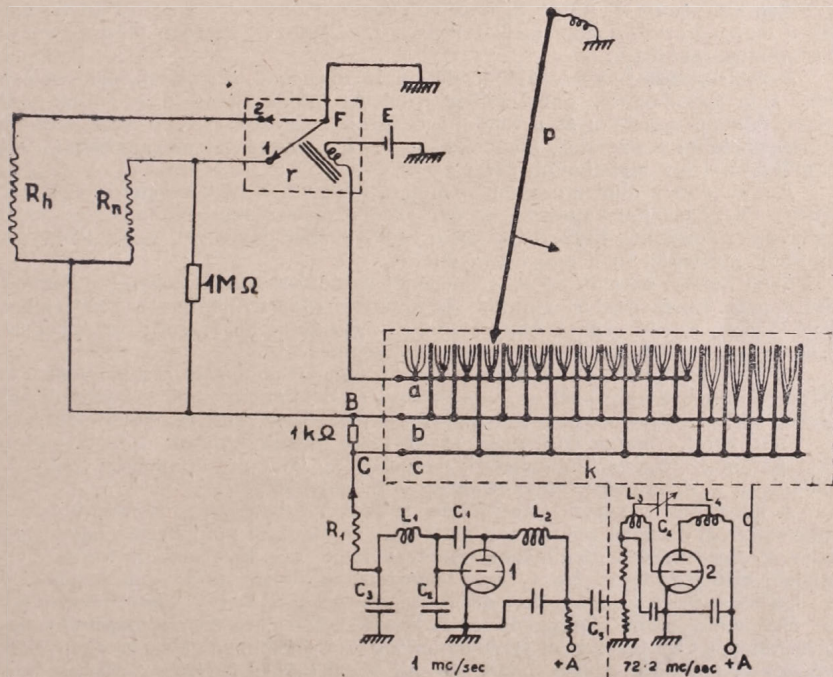
Ha tehát a nedvesség 100 %-ról 50 %-ra csökken, az ellenállás kb. tízszeresére nő, de értéke a hőmérséklettől is nagymértékben függ. Változatlan nedvesség esetén a hőmérséklet csökkenésével az ellenállás növekszik. Előzetes laboratóriumi vizsgálat alapján a kerámikus pálcika és a lemez ellenállásából a hőmérséklet és a nedvesség meghatározható.

A kerámikus pálcika ( $R_h$ ) és a lemezke ( $R_n$ ) a rádiószonda szellős, de sugárzástól védett részén vannak elhelyezve s bekapcsolódnak egy ellenállásrendszerbe, melynek két végpontját az ábrában a testtel összekötött  $F$  és az adóhoz vezető  $C$  pontok jelzik.

Ha a rádiószonda emelkedik, csökken körülötte a légnomás s a Vidi-szelence a testtel összekötött  $p$  mutatót a nyíl irányában mozgatja. Ha a fémmutató — végigcsúszva a  $k$  oszlop oldalaján — az  $a$  sinnel összeköttetésben levő fémlemezke egyikéhez ér, az  $r$  relében lévő elektromágnes tekercsén áram megy át, a relé nyelve az 1. helyzetbe kerül. Ezzel az  $R_n$  ellenállása a  $C$  ponton át az adó körébe kapcsolódik, az  $R_h$  pedig a rendszerből kimarad. A rádiószonda ekkor a levegő nedvességét méri.

A nyomás csökkenésével a  $p$  mutató tovább halad és a fémlemezkeről szigetelőre ér. A relé árama ekkor megszűnik, nyelve a 2. állásba kerül s az  $R_n$  ellenállása helyére az  $R_h$  kapcsolódik. A rádiószonda ekkor a levegő hőmérsékletét méri.

A  $p$  mutató négy nedvesség és öt hőmérsékletmérés után vagy a  $b$  vagy a  $c$  sín-



nel összekötött lemezkehez ér s az adó köréből mind az  $R_h$ , mind az  $R_n$  ellenállást kikapcsolja. Az első esetben az ellenállásrendszer már csak a  $B$  és  $C$  pontok között lévő 1000 ohmos ellenállásból áll, a második esetben pedig az adó köréből ez is kikapcsolódik s a  $C$  pont rövidre záródik a testtel. A  $b$  és  $c$  sinnel összekötött lemezke arra valók, hogy a  $p$  mutató helyzetéről tájékoztassanak a  $k$  oszlopon s egyúttal megadják a légnomás értékét is.

Nézzük meg, hogyan módosul az adó kisugárzása ezen légnomás, hőmérséklet és nedvességokozta változások következtében. Az adó két rezgésteltető körből áll, melyek közül az egyik (1) másodpercenként 1 millió, a másik pedig 72 millió rezgést állít elő (2): az első az  $L_1-L_2-C_1-C_2$ , a másik az  $L_3-L_4-C_3$  rezgőkörök útján. Az első kör rezgése közben az 1. cső rácsának másodpercenként egymilliószor pozitív, egymilliószor negatív feszültsége van a katódhoz képest. A pozitív félperiódusok alatt a katódból az anód felé tartó elektrónok egy része a rácsra kerül s fokozatosan feltölti a  $C_3$  kondenzátort. Ez a töltés az  $R_1$  ellenálláson s a  $C$  ponton bekapcsolódó ellenállásrendszeren folyhat le a nyíl irányá-

ban. Ezek az ellenállások s a  $C_3$  úgy vannak megválasztva, hogy a pozitív félperiódusok alatt több elektrón jut a rácsra, mint amennyi onnan a negatív félperiódusok alatt eltávozhathat. Ennek következtében a rács egyre negatívabb lesz, végül is az 1. cső rezgéseit megszünteti. Ez a nyugalmi állapot addig tart, amíg a rács negatív töltése a nyíl irányában kellő mértékben lefolyik. A rács feszültsége ekkor újból megengedi az első kör rezgéseit s a folyamat tovább ismétlődik. Beláthatjuk, hogy az az idő, amíg a kör nem állít elő rezgéseket, a  $C$  pontnál bekapcsolódó ellenállásrendszerétől, végeredményben a légnyomástól, a hőmérséklettől és a nedvességtől függ. Ezek szerint az első kör másodpercenként annyszor rezeg és pihen, ahányszor az 1. cső rácsa feltöltődik és kisül. A rezgések megindulását és megszűnését ugyancsak rezgésnek foghatjuk fel (moduláló rezgések), amelyeknek rezgésszáma már a nyomástól, hőmérséklettől és a nedvességtől függ. Ez a rezgésszám az 1. és a 2. kör rezgéseire képest igen alacsony: a hőmérséklettől és nedvességtől függően másodpercenként 10 és 190 között változhat, ha pedig a  $p$  mutató a  $b$ , illetve a  $c$  sennel van összekötve: a rezgésszám állandó, mégpedig 190 és 200 között két meghatározott érték (a hőmérséklet és a nedvesség irányította rezgésszámok ezek közé nem nyulhatnak).

A 2. rezgőkör adja a nagy rezgésszámú hordozó hullámot, amelyet a rádiószonda antennája kisugároz. Amikor az 1. cső pihenő állapotból működésbe lép, a  $C_5$  kondenzátoron át negatív feszültséglökés érkezik a 2. cső rácsára s rezgéseit megszünteti. A rezgések újból megkezdődnek, amikor az 1. cső árama megszakad. Tehát a 2. kör akkor ad rezgéseket, amikor az 1. pihen és fordítva. Végeredményben az antennán kisugárzott rezgések a légnyomástól, a hőmérséklettől és a nedvességtől függően másodpercenként 10—200-szor megszakadnak.

A megszakítás frekvenciáját azután a vevőkészülék (amelynek ismertetésével részletesen nem foglalkozunk) önműködően jelzi. Ha tudjuk, hogy a  $p$  mutató milyen sorrendben érinti a szigetelőt és a különböző fémlemezeket, a vevő által jelzett megszakítási frekvenciából a nyomást, hőmérsékletet és a nedvességet megkaphatjuk. Röviden az adó működését így foglalhatjuk össze:

A Vidi doboz által mozgatott  $p$  mutató felváltva a hőmérsékletre s a nedvességre érzékeny ellenállásokat kapcsolja az adó körébe. Ezek ismert módon módosítják az adó kisugárzását. Felszállás közben azután a rádióvetelben tapasztalt változásokból kivethető a nyomás, hőmérséklet és a nedvesség értéke.

Ilyen módon sikerült az óraszerkezetet a rádiószondából teljesen elhagyni. Mindenestre a mult emlékeként megmaradt az amerikai rádiószondában a Vidi-szelence és egy csúszó fémkar, amely azért, hogy bizonyos nyomással honzászorul az átkapcsolást létesítő oszlophoz, a műszer érzékenységét csökkenti.

A csúszó karnak ez a káros tulajdonsága méginkább megnyilvánul azokban a rádiószondákban, amelyeknél az óraszerkezet által forgatott mutató sorjában egy állandó helyzetű, majd a légnyomás, hőmérséklet s a nedvesség által mozgatott egy-egy érintkezési pontot surol. Minden érintkezés rövid időre megszakítja az adó kisugárzását s az utóbbi három érintkezés időponljából, melyeket az állandó érintkezési ponttól mérünk, számíthatjuk ki a légnyomást, hőmérsékletet és a nedvességet.

A forgó kart a svájci *Lugeon*-féle rádiószondában *Max Bohnenblust*<sup>3</sup> egy forgó kondenzátorfejeverzettel pótolta s a fenti négy érintkezési pont helyén ugyancsak egy-egy kondenzátorfejeverzetet alkalmazott, amelyek fölött kis távolságban forgó a mutatónak megfelelő első fejeverzet. Ha a forgó fejeverzet a másik négy valamelyike fölé kerül, ezzel kis kapacitású kondenzátort alkot, amely az adó rezgőkörébe kapcsolódik s azt kissé elhangolja. Ez az elhangolás a vevőkészülékben éles áramerősségváltozás formájában jelentkezik. Az így kapott jelek ugyanúgy észlelhetők, mint azok, amelyeket a csúszó érintkezéssel működő mutató adott, de az érintkezéssel fellépő surlódás káros hatása nélkül.

A két ismertetett berendezés egyúttal jelzi a rádiószonda fejlődésének irányát is. Kezdetben a rádiószonda két része: az időjárást felvevő és a rádióhullámokat kisugárzó rész határozottan elkülönült egymástól. Az első az időjárás hatásait mechanikai mozgásokkal alakította s ezeket ugyancsak mechanikai úton áttételek, óraszerkezet útján adja át a másik, úgy mondhatjuk, elektromos résznek: az adóberendezésnek. A rádiószonda fejlődése arra mutat, hogy az első részből is fokozatosan elmaradnak a mechanikai berendezések s ezeket olyan anyagok váltják fel, amelyek az időjárás hatására elektromos tulajdonságaikat változtatják. Az átvitel ennek következtében ugyancsak elektromos úton történhet s így a jövő rádiószondáját úgy képzelhetjük el, hogy abban mozgó, forgó, surlódó, ketyegő berendezések helyett az elektrónok gyors és láthatatlan mozgása végzi el mind az időjárás felvételének, mind pedig az adatok továbbításának feladatát.

Dr. Béll Béla.

<sup>3</sup> *Max Bohnenblust*: Neuartige kontaktlose Signalübertragung bei Radiosondierungen. Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt. Jahrgang 1942. S. 33.