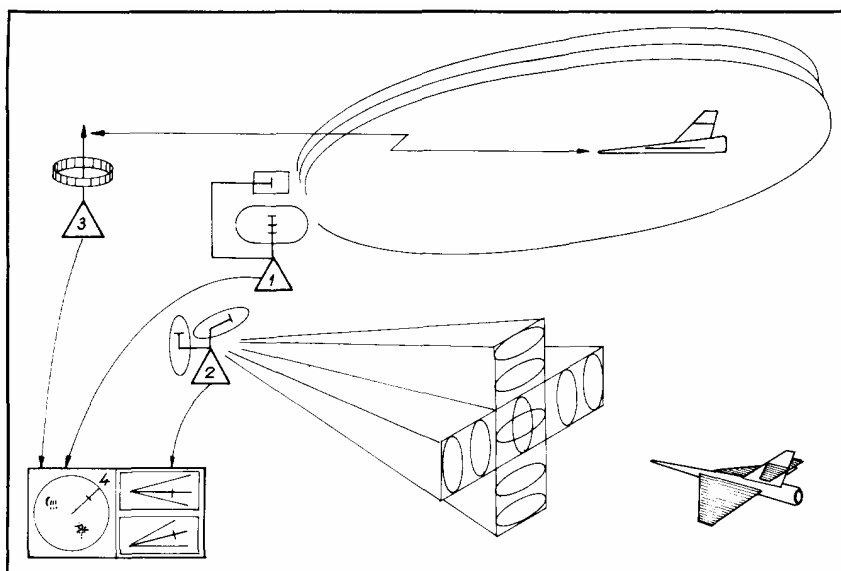


# Közel navigációs és leszállító rádió navigációs rendszerek

Dr. Seres György mérnök alezredes, a hadtudomány (haditechnika) kandidátusa



1. ábra; Repülőtér körzeti diszpécser rádiólokátor-állomás 1 - körfelderítő primer és szekunder lokátor; 2 — leszállítólokátor; 3 — rádiópelengátor; 4 - indikátor

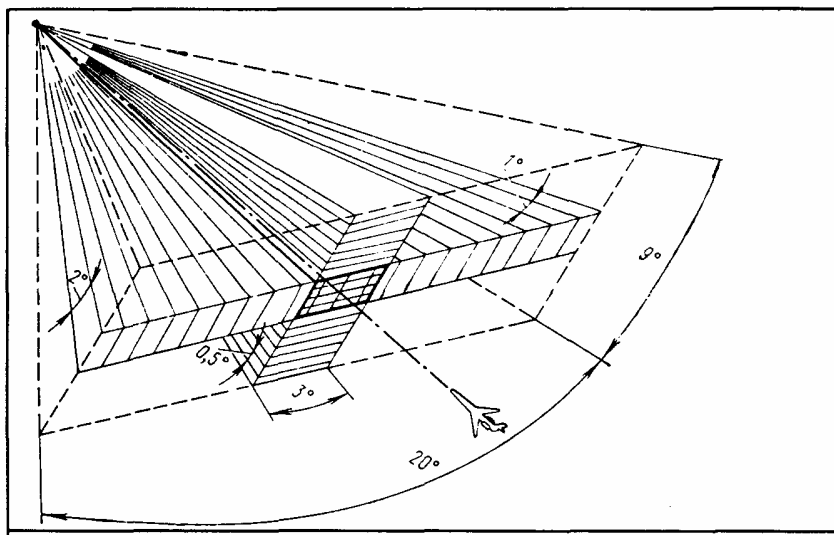
A repülés legbonyolultabb szakasza a célrepülőtér megközelítése és a leszállás. Ennek a két repülési fázisnak végrehajtásában segítik a repülőgépet a repülőtér-körzeti földi irányítószolgálatok.

A közelnavigációs és a leszállító rádiólokációs rendszerek. Ezek három csoportba sorolhatók:

1. Repülőtér-körzeti diszpécser rádiólokátor-állomások a földi irányítószolgálatok számára.

2. Automatikus közelnavigációs rendszerek a repülőgépek relatív irány- és távolság meghatározásához a fedélzeten.

3. A műszeres leszállítás

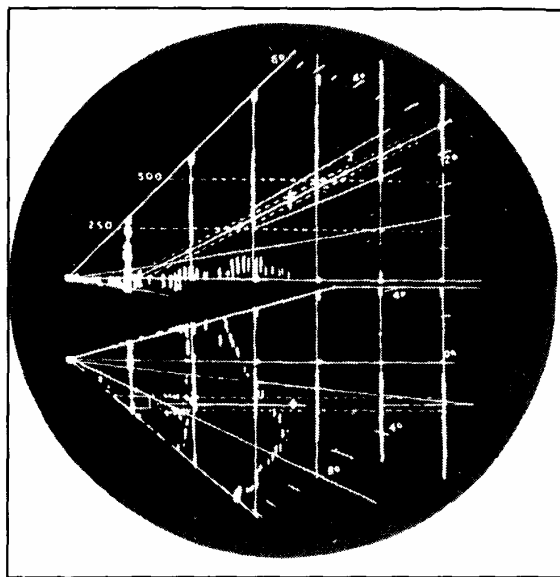


2. ábra: Leszállítólokátor térletapogatósi diagramja

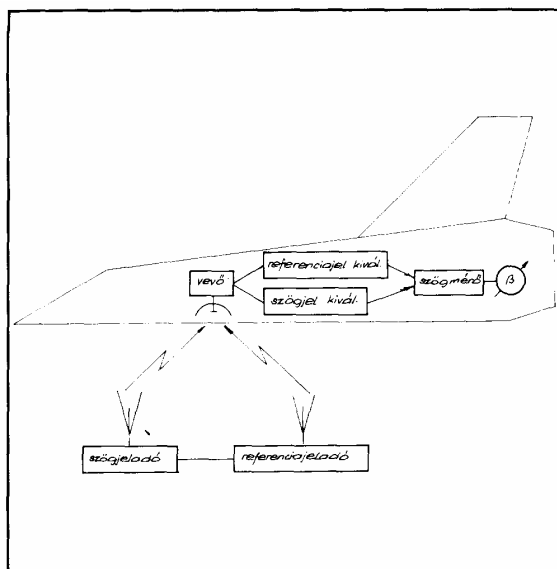
## Diszpécser rádiólokátor-állomások

A korszerű repülőterek földi irányítószolgálati számára olyan rádiólokátor-állomások szolgáltatják a légi helyzetre vonatkozó információkat amelyek a rádiólokáció többféle eljárását alkalmazzák -jelentősen csökkentve ezzel a különböző zavarforrások hatását és növelve az információk megbízhatóságát.

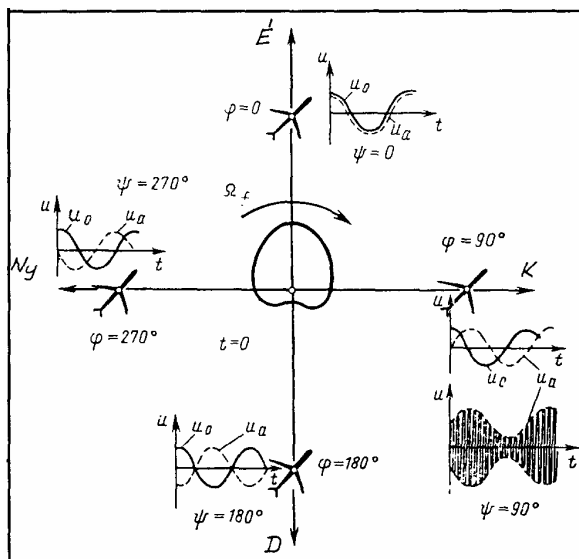
A diszpécser rádiólokátor-állomások olyan rádiólokációs információs rendszert alkotnak, amelyben több információforrás adatai egy helyen állnak rendelkezésre (1. ábra).



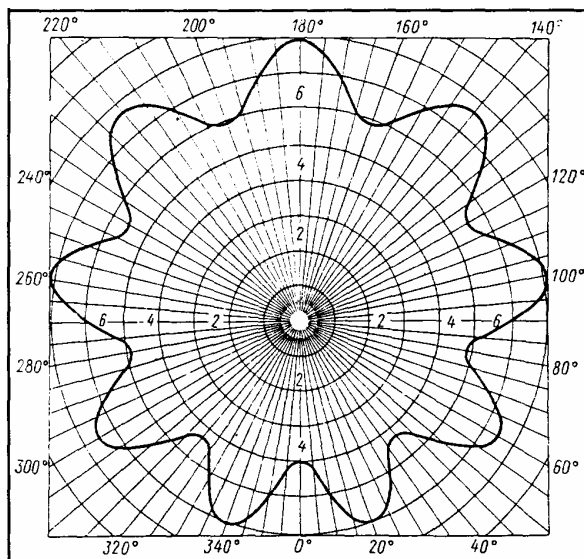
3. ábra: Leszállítólokátor indikátora



4. ábra: Szögérés működési vázlatja a közelnavigációs rendszerben



5. ábra: A VOR-rendszer működési elve



6. ábra: A TACAN-rendszer szögadó antennájának iránykarakterisztikája

Alapvető rádiólokációs információ forrásai:

- körfelderítő primer és szekunder, vagy kombinált rádiólokátor a repülőtérről légterének ellenőrzésére;
  - automatikus rádiópelengátor, a repülőgépek fedélzeti rádióadóinak iránymérésére;
  - leszállító rádiólokátor (PAR - Precision Approach Radar) a repülőgépek bevezetésére.
- rádiótechnikai rendszerei. A körfelderítő lokátorok és a

pelengátor adatai egy közös indikátoron jeleníthetők meg, megoldva ezzel az egyes repülőgépek egyértelmű azonosítását és a leszállásirányításnak való megbízható átadását. A repülőgépek bevezetését a leszálláshoz olyan, nagy pontosságú rádiólokátor segítségével végzik, amely csak a repülőtér leszálló irányában a síklópálya körüli légteret tapogtatja le (2. ábra). A leszállítólokátorok indikátorai, ennek megfelelően a síklópálya síkjában és

az erre merőleges, függőleges síkban ábrázolják a légteret (3. ábra). A leszállítólokátorokkal szemben igen szigorú követelményeket támasztanak a nemzetközi légi forgalomban [1]. A leszállítólokátor a nemzetközi polgári légi forgalmi szervezet, az ICAO ajánlásai szerint primer, a szovjet szabvány [2] szerint primer/szekunder rádiólokátor. Ez azt jelenti, hogy a 9 GHz-es tartományban működő lokátoradó és -vevő mellen 740 MHz-es vevővel is ren-

delkezik, amely 3,0, illetve 5,4  $\mu$ s-os kódtávolságú impulzuspárral való kérdés esetén veszi, és feldolgozza a szovjet szabvány-nak megfelelő fedélzeti válaszadók 9,0  $\mu$ s-os válaszkódjait is.

### Közelnavigációs rendszerek

A repülőgép-vezetők pontos tájékozódását a repülőterek körzetében a hagyományos VHF-sávú körsugárzó (*NDB - Non-directional Beacon*) irányadók nem tudják megoldani, ezért a repülőgépek relatív szöghelyzetének és távolságának meghatározására többféle automatikus közelnavigációs rendszer is ismert:

- az ICAO által ajánlott, és a nemzetközi légi forgalomban általánosan használt *VOR/DME* (VHF Omni Range/Distance Measurement Equipment) rendszer [3];
- a NATO-ban rendszeresített és a polgári légiforgalomban is használt *TACAN* (*Tactical Air Navigation*) rendszer;
- a Szovjetunió belföldi légi forgalmában alkalmazott *RSZBN-2* rendszer [4].

A szögmérés elvi megoldása mindhárom rendszerben azonos (4. ábra): a repülőtéren (vagy más, ismert földrajzi helyzetű ponton) telepített irányadó rendszer egy körsugárzó és egy forgó iránykarakterisztikájú antennával rendelkezik. A körsugárzó antennán a forgó sugárnyaláb északi irányon való áthaladási időpillanatának meghatározásához szükséges referenciajelet, a forgó nyalábú antennán keresztül pedig az oldal-szög-helyzetnek megfelelően modulált jelet sugároznak ki. A fedélzeti berendezés a két jel alapján meghatározza, és az indikátoron

megjeleníti a repülőgép relatív szöghelyzetét.

A *TACAN*-rendszer szögmérő csatornájában szintén fázismodulációs módszert alkalmaznak, azonban a nagyobb pontosság érdekében a 15 fordulat/s sebességgel forgó antennának (6. ábra)  $40^\circ$ -onként, helyi maximummal rendelkező - speciális iránykarakterisztikája van. Ennek eredményeként a vételi helyen egy 15 és egy 135 Hz-es amplitúdómoduláció jön létre, amely kétcsatornás - durva és finom - szögmérést tesz lehetővé.

Az *RSZBN-2* rendszer szögmérő csatornájának működését a 7. ábra szemlélteti. A körsugárzó antenna itt referencia-impulzusokat a 100 fordulat/min sebességgel forgó, két keskeny sugárnyalábbal rendelkező irányított antenna pedig folyamatos jeleket sugároz ki. Ez utóbbinak a vételi helyen való áthaladásakor kettős impulzus keletkezik, amelyek elektromos „súlypontja” és az „Észak” jel közötti idő arányos a repülőgép relatív szöghelyzetével. Az *RSZBN-2* rendszerben is kétcsatornás szögmérési módszert alkalmaznak. Emiatt a referenciajel két impulzus-sorozatból áll: a körsugárzó antennán keresztül egy úgynevezett „35” és egy „36” jelet bocsátanak ki. Ezek az egy fordulat alatti impulzusszámot jelölik, így a „36” jel  $10^\circ$ -onkénti referenciajelet hordoz, az „észak” jelnek pedig a két impulzus egybeesése felel meg.

Az *RSZBN-2* rendszer szögmérő csatornájának működését a 7. ábra szemlélteti. A körsugárzó antenna itt referencia-impulzusokat a 100 fordulat/min sebességgel forgó, két keskeny sugárnyalábbal rendelkező irányított antenna pedig

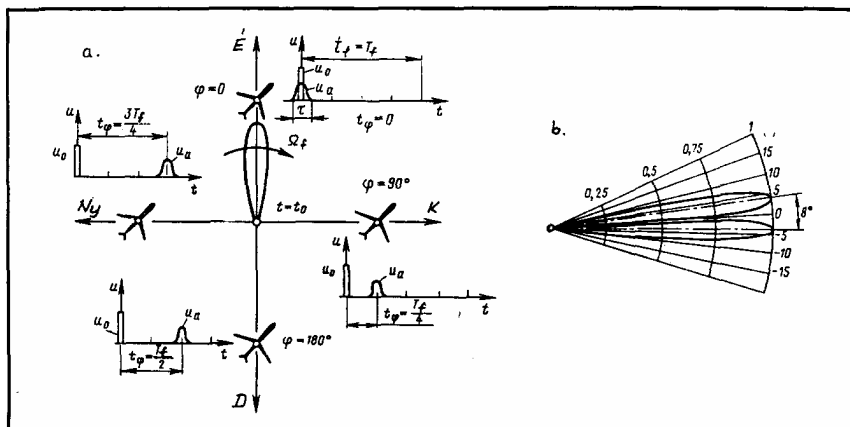
folyamatos jeleket sugároz ki

Ez utóbbinak a vételi helyen való áthaladásakor kettős impulzus keletkezik, amelyek elektromos „súlypontja” és az „Észak” jel közötti idő arányos a repülőgép relatív szöghelyzetével. Az

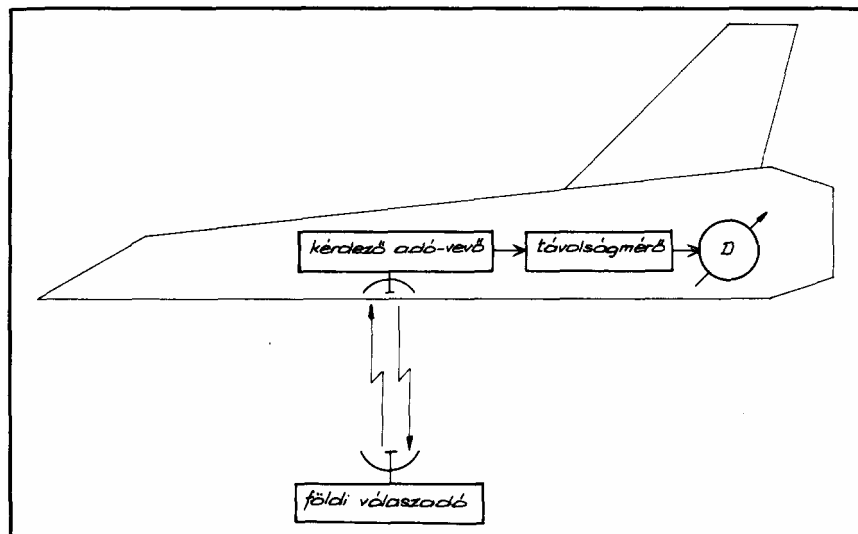
*RSZBN-2* rendszerben is kétcsatornás szögmérési módszert alkalmaznak. Emiatt a referenciajel két impulzus-sorozatból áll: a körsugárzó antennán keresztül egy úgynevezett „35” és egy „36” jelet bocsátanak ki. Ezek az egy fordulat alatti impulzusszámot jelölik, így a „36” jel  $10^\circ$ -onkénti referenciajelet hordoz, az „észak” jelnek pedig a két impulzus egybeesése felel meg.

A távolságmérés mindhárom közelnavigációs rendszerben a szekunder rádiólokáció elvei alapján történik (*HADITECHNIKA* 1982/2), azzal az eltéréssel, hogy itt a kérdező-lokátor van a repülőgép fedélzetén, és a Válaszadó van a földön (8. ábra). Az eltérés az egyes rendszerek között az összetartozó kérdő- és válasz jelek kiválasztásában, illetve a jelfeldolgozás módjában van.

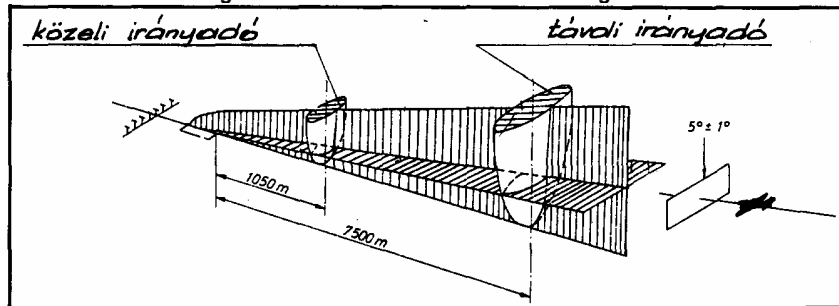
A *VOR/DME* és a *TACAN*-rendszer csak abban különbözik egymástól, hogy az előbbinél a szög- és a távolságmérő csatorna más frekvenciasávban, az utóbbinál ugyanabban működik. Az összetartozó kérdő- és válaszjelek kiválasztását ezeknél a rendszereknél úgy végzik, hogy a kijelölt frekvenciasávban (962-1213 MHz) 1 MHz-es raszterrel, több összetartozó kérdőválasz frekvenciapár van kijelölve, amelyeken belül még két-két eltérő kódtávolságú impulzuspár használata is növeli a csatornaszámot. A fedélzeti jelfeldolgozás mindkét rendszerben digitális.



7. ábra: A szögérés elve (a) és a szögadó antenna iránykarakterisztikája (b) az RSZBN-2 rendszerben



8. ábra: A távolságmérés működési vázlatja a közelnavigációs rendszerekben



9. ábra: A siklópálya irány- és távolságadójának síkja

Az RSZBN-2 rendszerben az összetartozó kérdő- és válaszjelek szétválasztását - az azonos kérdő- és válaszfrekvencia miatt - a kérdőimpulzusok ismétlődési frekvenciájának véletlenszerű változtatásával végzik. A jelfeldolgozás a szovjet rendszer fedélzeti berendezéseiben analóg áramkörökkel történik. A három bemutatott közelnavigációs rendszer főbb paramétereit a táblázat tartalmazza.

### Műszeres leszállító rendszerek

A repülés utolsó, legkritikusabb fázisa a leszállópálya megközelítése és a leszállás - különösen rossz látási viszonyok mellett. Ennek a feladatnak végrehajtását segítik a műszeres leszállító rendszerek. Ezek vagy rádiótechnikai, vagy optikai rendszerek (itt csak a rádiótechnikai rendszerekkel foglalkozunk).

A rádiótechnikai rendszerek lehetnek:

1. Álló sugáyalábú, passzív rádiólokációs elven működő rendszerek (földi irány- és távolságadók fedélzeti vevők és indikátor).
2. Mozgó sugáyalábú, passzív rádiólokációs elven működő rendszerek.
3. Aktív, szekunder rádiólokációs elven működő rendszerek (fedélzeti kérdező adó-vevő földi iránymérők és válaszadó).

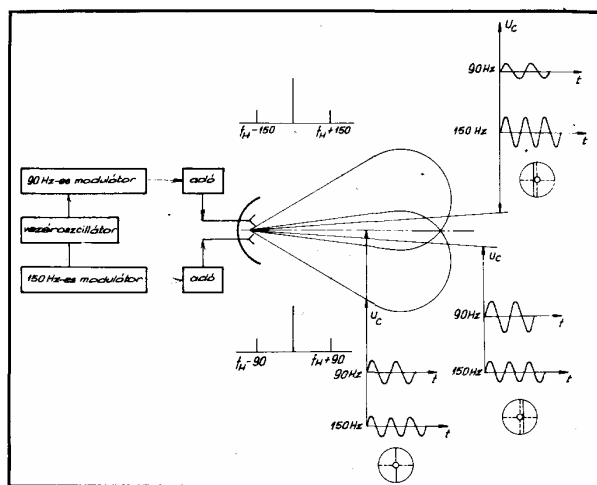
A passzív rendszereknél a földi irányadók által „kijelölt” két sík metszésvonala a siklópályán van, a leszállási ponttól való távolságot pedig függőleges síkban felfelé sugárzó „távolsági” és „közeli” irányadók jelzik (9. ábra).

Paraméter	VOR-DME	TACAN	RSZBN-2
<b>Szögcsatorna</b>			
- hatótávolság (km)	370	370	370
- frekvenciasáv (MHz)	108-118	960-1215	1000
- mérési pontosság (fok)	±4	±2	±0,25
<b>Távolsági csatorna</b>			
- hatótávolság (km)	370	370	370
- frekvenciasáv (MHz)	960-1215	960-1215	1000
- mérési pontosság (m)	±900	±900	±200
- egyidejű mérés (rg)	100	100	100
- hatótávolság (km)	370	370	370

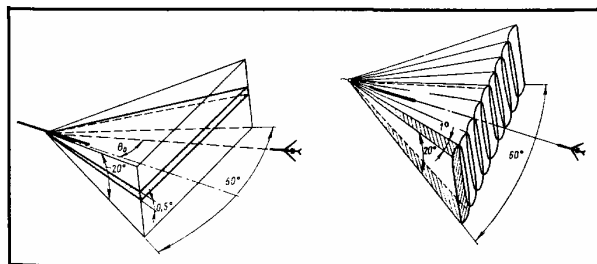
Az álló sugáryalábú passzív rendszereknél - ilyen az ICAO-ajánlásoknak megfelelő ILS (Instrumental Landing System) és a szovjet SZP-50M (Sizisztjema Poszadki) rendszer - a síkok „kijelölése” két eltérő modulációjú sugáryalábbal történik (10. ábra). A repülőgépet a két sugáryaláb azonos térerősségű „pontjain” kell végigvezetni a leszállópálya eléréséhez - vizuális indikátor és kézi irányítás, vagy

robotpilóta segítségével. A mozgó sugáryalábú passzív rendszereknél a siklópálya meghatározott körzetét - a leszállító lokátorokhoz hasonlóan - folyamatosan vagy diszkrét lépésekben letapogató földi irányadók (11 ábra) a sugáryaláb pillanatnyi helyzetének megfelelő modulációval jelzik a relatív szöghelyzetet. Ilyen elven működik az ICAO-ajánlásoknak megfelelő mikrohullámú (5, illet-

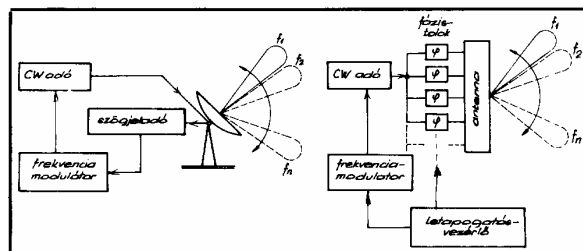
ve 15 GHz-es) leszállító rendszer (MLS - Microwave Landing System). A szöginformációt frekvencia vagy időmoduláció hordozhatja. A frekvenciamodulációt a földi adóban, a mechanikus vagy elektronikus letapogatóval szinkronban hozzák létre (12/a, illetve 12/b ábra), az időmodulációt (TRSB - Time Reference Scanning Beam) a vételi helyen, a kétirányú letapogatóval (13. ábra).



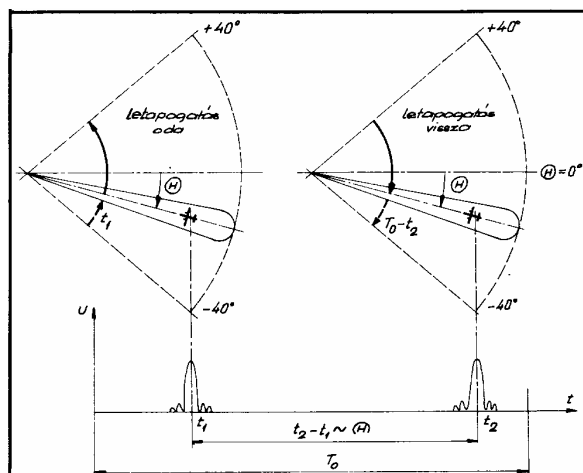
10. ábra: Az ILS-rendszer működési elve



11. ábra: Az MLS-rendszer térletapogatósi vázlatja



12. ábra: Az MLS-rendszer működési elve frekvenciamodulációs szögadás esetén

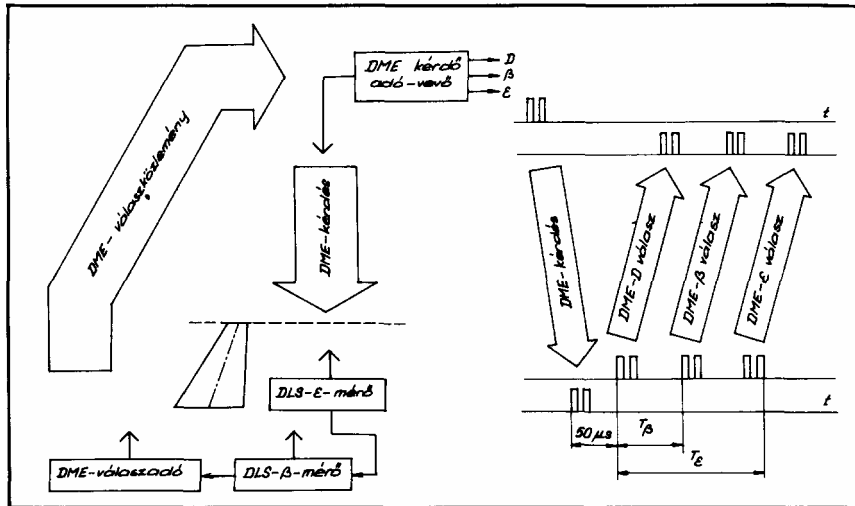


13. ábra: A TRSB-rendszer működési elve

Az aktív rendszerben a földi oldalszög-és helyszögmérő berendezés a fedélzetről kisugárzott kérdőimpulzus ideje alatt határozza meg - két síkban történő pelengálással - a repülőgép irányát amelyet a földi válaszadó válasz kódközle-

ményben sugároz vissza a fedélzetre. Ennek megfelelően működik az ICAO DME szekunder rádiólokációs távolságmérő rendszerén alapuló DLS (DME Landing System) rendszer (14. ábra). Bonyolult rádiótechnikai rendszerek segítik a repülő-

gép személyzetét és a repülőtéri irányító szolgálatot a repülések utolsó szakaszában - a célrepülőtér megközelítésében és a leszállás során -, de ezek nélkül ma már nem képzelhető el az időjárástól független, biztonságos légi forgalom.



14. ábra: A DLS-rendszer működési elve

Irodalom

1. Leszállító radarállomások, MSZ-07 KGST 1824-79. Ágazati Szabvány
2. GOSZT 21800-76 szovjet szabvány
3. Mansfeld, W.: *Funklagen für Ortung und Navigation*, Transpress, Berlin. 1983.
4. Szosznovszkij, A. A. Hajmovics, J. A.: *Ragyiotechnyicseszkie szredstva blizsnej navigacii i poszadki letatyelnih apparatov* Masinosztroenyie, Moskva. 1975.