

Decizie de indexare a faptei de plagiat la poziția 00477 / 14.02.2022 și pentru admitere la publicare în volum tipărit

care se bazează pe:

A. Nota de constatare și confirmare a indicilor de plagiat prin fișa suspiciunii incluse în decizie.

Fișa suspiciunii de plagiat / Sheet of plagiarism's suspicion		
Opera suspicionată (OS)		Opera autentică (OA)
Suspicious work		Authentic work
OS	CÎRCIU, Ionică. <i>Introducere în sistemele de navigație aerină</i> . Recenzenți: Prof.univ.PEARSICĂ Marian - Academia Forțelor Aeriene “Henri Coandă” Brașov, BOȘCOIANU, Mircea - Academia Forțelor Aeriene “Henri Coandă” Brașov; Consilier editorial: Prof.dr.ing. ANDREESCU Florin, Brașov: Editura Lux Libris. 2014.	
OA	HLADIUC, Eusebiu și POPESCU, Alexandru Viorel. <i>Navigația aeriană</i> , Iași: Editura Junimea. 1977.	
Incidența minimă a suspiciunii / Minimum incidence of suspicion		
P01	p.8:07-09	p.13:42s-48s
P02	p.8:10-11	p.13:01d-07d
P03	p.9:03-05	p.13:10d-16d
P04	p.9:06-08	p.13:25d-30d
P05	p.9:09-10	p.13:17d-20d
P06	p.9:13-15	p.13:31d-37d
P07	p.9:16-19	p.13:38d-43d
P08	p.9:24 – p.10:12	p.287:01s-26s
P09	p.11:01 – p.13:14	p.304:32d – p.305:41s
P10	p.11: fig.2	p.306: fig.292
P11	p.13:17-19	p.304:05d-08d
P12	p.14:18 – p.15:02	p.423:17d – p.424:15s
P13	p.15:07-14	p.424:39s-53s
P14	p.15:15-18	p.424:06d-12d
P15	p.22:08-12	p.462:16d-24d
P16	p.22: fig.3(a)	p.462: fig.452
P17	p.24:05-09	p.471:22s-24s; p.471:41s-44s
P18	p.24:10-11	p.471:24s-27s
P19	p.24:12-15	p.471:32s-39s
P20	p.24:15-17	p.473:10s-16s
P21	p.24:18-21	p.473:23s-30s
P22	p.24:22-24	p.473:10d-13d
P23	p.25:03-06	p.475:12d-16d
P24	p.25:07-09	p.475:19d-23d
P25	p.25:10-15	p.475:23d – p.476:03s
P26	p.25:19-21	p.476:17s-20s
P27	p.25:22 – p.26:02	p.476:23s-39s; p.476:06d-07d
P28	p.34: fig.7	p.292: fig. 277
P29	p.35: fig.8	p.292: tabel

Asociația Grupul pentru Reformă și Alternativă Universitară (GRAUR)
Cluj-Napoca
Indexul Operelor Plagiate în România
www.plagiate.ro

P30	p.40:06-12	p.300:41s-09d
P31	p.40:13-15	p.300:10d-15d
P32	p.41:01-05	p.300:15d-21d
P33	p.41: fig.9	p.300: fig. 288
P34	p.41:06-11	p.300:32d-38d
P35	p.42:01-03	p.300:38d-40d
P36	p.42:04-06	p.300:40d – p.301:01s
P37	p.43: fig.10	p.299: fig. 287
P38	p.44:08-11	p.302:06d-12d
P39	p.44:13-15	p.302:15d-18d
P40	p.44:16-18	p.302:18d-22d
P41	p.44:19-22	p.302:22d – p.303:05s
P42	p.44:24 – p.45:02	p.303:09s-14s
P43	p.45:03-05	p.303:14s-18s
P44	p.45:06-11	p.303:25s-36s
P45	p.45:12-13	p.303:44s-46s
P46	p.45:14-19	p.303:47s-09d
P47	p.50:09-13	p.372:12d –p.373:02s
P48	p.50:13-15	p.373:06s-09s
P49	p.50:16 – p.51:03	p.373:10s-19s
P50	p.51:04-10	p.373:20s-27s
P51	p.51:17-19	p.373:44s-48s
P52	p.51:20 – p.52:01	p.373:49s-59s
P53	p.52: fig. 15	p.374:fig. 364 [reproiectată]
P54	p.53:01-09	p.375:06s-20s
P55	p.53:12-13	p.375:30s-33s
P56	p.53:14-22	p.373:01d-13d
P57	p.54:03-04	p.375:60d-63d
P58	p.54:04-06	p.376:01s-04s
P59	p.54:12-20	p.376:11s-23s; p.376:01d-04d
P60	p.54:21 – p.55:02	p.376:12d-19d; p.378:01s-06s
P61	p.55:03-08	p.378:33s-41s; p.378:42s-46s
P62	p.55:09 – p.56:04	p.378:50s-12d
P63	p.56:09-12	p.378:35d-44d
P64	p.60: fig.20	p.449: fig.437
P65	p.61: tabel	p.448: tabel dreapta 1
P66	p.62: tabel	p.448: tabel dreapta 2
P67	p.62:13-15	p.448:35d-40d
P68	p.62:15-19	p.449:09s-18s
P69	p.63:01-07	p.449:23s-33s
P70	p.63:07-09	p.449:36s-40s
P71	p.63:12-14	p.449:51s-56s
P72	p.63:14-18	p.449:01d-08d
P73	p.64:04-13	p.520:01s-13s
P74	p.64:22-24	p.520:18d-22d
P75	p.65:01-12	p.520:23d-42d
P77	p.65:13 – p.66:07	p.520:30s-05d
P78	p.66:07-11	p.520:46d-53d
P79	p.67:01-05	p.521:01s-08s
P80	p.67:07-10	p.521:14s-19s
P81	p.67:14-15	p.521:21s-23s
P82	p.67:16 – p.68:01	p.521:25s-28s
P83	p.68:20-22	p.521:49s-55s

P84	p.68:23-25	p.521:56s-05d
P85	p.69:01-02	p.521:06d-08d
P86	p.69:02-04	p.521:12d-16d
P87	p.73:01-06	p.521:19d – p.522:03s
P88	p.73:07-09	p.522:12s-19s
P89	p.73:10-11	p.522:31s-06d
P90	p.73:12-13	p.522:14d-20d
P91	p.73:18-21	p.523:32s-37s
P92	p.73:22-23	p.523:39s-41s
P93	p.74:01-02	p.524:54d-60d
P94	p.74:03-06	p.526:01s-08s
P95	p.74:09-14	p.524:33d-39d
P96	p.74: fig.29	p.525: fig.510
P97	p.75:01-07	p.526:18d-28d
P98	p.75:08-10	p.526:29d-34d
P99	p.75:12-15	p.528:05s-10s
P100	p.77:13 – p.78:10	p.424: 33d-51d
P101	p.78:11-19	p.424:39s-53s
P102	p.78:20-25	p.412:02s-11s
P103	p.79:01-03	p.426:08d-12d
P104	p.79:04-08	p.426:13d-20d
P105	p.79:09-10	p.426:21d-23d
P106	p.79:11-17	p.426:23d-33d
P107	p.79:18 – p.80:01	p.426:34d-45d
P108	p.80: fig.31	p.427: fig.408
P109	p.80:02-07	p.426:46d-54d
P110	p.80:08-10	p.426:55d-58d
P111	p.80:11-13	p.427:03s-06s
P112	p.81:01-05	p.427:07s-14s
P113	p.81:09-11	p.412:12s-15s
P114	p.81:12-13	p.412:28s-32s
P115	p.81:14-15	p.412:34s-39s
P116	p.82:01-02	p.412:39s-45s
P117	p.81: fig.32	p.413: fig. 390 (c)
P118	p.82: fig.33	p.413: fig. 390 (d)
P119	p.82: fig.34	p.413: fig. 390 (b)
P120	p.83: fig.35	p.413: fig. 390 (a)
P121	p.83:01-03	p.412:53s-57s
P122	p.83:04-09	p.424:54s-63s
P123	p.83:10-13	p.424:01d-06d
P124	p.83:14-17	p.424:06d-12d
P125	p.84:01-07	p.424:12d-21d
P126	p.84:08-09	p.427:20s-23s
P127	p.84:10-17	p.427:24s-10d
P128	p.84: fig. 36	p.428: fig.409
P129	p.85:01-10	p.427:11d-25d
P130	p.85:11-12	p.428:01s-03s
P131	p.85:13-16	p.428:04s-09s
P132	p.85: fig.37	p.428: fig.410
P133	p.86:01-08	p.428:09s-10d
P134	p.86:09-10	p.429:01s-02s
P135	p.86:11-19	p.429:03s-16s
P136	p.87: fig.38	p.429: fig.411

P137	p.87:01-18	p.429:16s-09d
P138	p.88:01-11	p.429:10d-27d
P139	p.88:12	p.429:28d-29d
P140	p.88:13 – p.91:02	p.429:30d – p.430:13d
P141	p.89: fig.39	p.430: fig. 412
P142	p.90: tab.1 + fig.41	p.430: fig.413
Fișa întocmită pentru includerea suspiciunii în Indexul Operelor Plagiate în România de la Sheet drawn up for including the suspicion in the Index of Plagiarized Works in Romania at www.plagiate.ro		

Notă: Prin „p.72:00” se înțelege paragraful care se termină la finele pag.72. Notăția „p.00:00” semnifică până la ultima pagină a capitolului curent, în întregime de la punctul inițial al preluării.

Note: By „p.72:00” one understands the text ending with the end of the page 72. By „p.00:00” one understands the taking over from the initial point till the last page of the current chapter, entirely.

B. Fișa de argumentare a calificării de plagiat alăturată, fișă care la rândul său este parte a deciziei.

Echipa Indexului Operelor Plagiate în România

Fișa de argumentare a calificării

Nr. crt.	Descrierea situației care este încadrată drept plagiat	Se confirmă
1.	Preluarea identică a unor fragmente (piese de creație de tip text) dintr-o operă autentică publicată, fără precizarea întinderii și menționarea provenienței și însușirea acestora într-o lucrare ulterioară celei autentice.	✓
2.	Preluarea unor fragmente (piese de creație de tip text) dintr-o operă autentică publicată, care sunt rezumate ale unor opere anterioare operei autentice, fără precizarea întinderii și menționarea provenienței și însușirea acestora într-o lucrare ulterioară celei autentice.	
3.	Preluarea identică a unor figuri (piese de creație de tip grafic) dintr-o operă autentică publicată, fără menționarea provenienței și însușirea acestora într-o lucrare ulterioară celei autentice.	
4.	Preluarea identică a unor tabele (piese de creație de tip structură de informație) dintr-o operă autentică publicată, fără menționarea provenienței și însușirea acestora într-o lucrare ulterioară celei autentice.	
5.	Republicarea unei opere anterioare publicate, prin includerea unui nou autor sau de noi autori fără contribuție explicită în lista de autori	
6.	Republicarea unei opere anterioare publicate, prin excluderea unui autor sau a unor autori din lista inițială de autori.	
7.	Preluarea identică de pasaje (piese de creație) dintr-o operă autentică publicată, fără precizarea întinderii și menționarea provenienței, fără nici o intervenție personală care să justifice exemplificarea sau critica prin aportul creator al autorului care preia și însușirea acestora într-o lucrare ulterioară celei autentice.	✓
8.	Preluarea identică de figuri sau reprezentări grafice (piese de creație de tip grafic) dintr-o operă autentică publicată, fără menționarea provenienței, fără nici o intervenție care să justifice exemplificarea sau critica prin aportul creator al autorului care preia și însușirea acestora într-o lucrare ulterioară celei autentice.	
9.	Preluarea identică de tabele (piese de creație de tip structură de informație) dintr-o operă autentică publicată, fără menționarea provenienței, fără nici o intervenție care să justifice exemplificarea sau critica prin aportul creator al autorului care preia și însușirea acestora într-o lucrare ulterioară celei autentice.	
10.	Preluarea identică a unor fragmente de demonstrație sau de deducere a unor relații matematice care nu se justifică în regăsirea unei relații matematice finale necesare aplicării efective dintr-o operă autentică publicată, fără menționarea provenienței, fără nici o intervenție care să justifice exemplificarea sau critica prin aportul creator al autorului care preia și însușirea acestora într-o lucrare ulterioară celei autentice.	
11.	Preluarea identică a textului (piese de creație de tip text) unei lucrări publicate anterior sau simultan, cu același titlu sau cu titlu similar, de un același autor / un același grup de autori în publicații sau edituri diferite.	
12.	Preluarea identică de pasaje (piese de creație de tip text) ale unui cuvânt înainte sau ale unei prefețe care se referă la două opere, diferite, publicate în două momente diferite de timp.	

Alte argumente particulare: a) Preluările de poze nu indică sursa, locul unde se află, autorul real sau posibil.

Notă:

a) Prin „proveniență” se înțelege informația din care se pot identifica cel puțin numele autorului / autorilor, titlul operei, anul apariției.

b) Plagiatul este definit prin textul legii¹.

„...plagiatul – expunerea într-o operă scrisă sau o comunicare orală, inclusiv în format electronic, a unor texte, idei, demonstrații, date, ipoteze, teorii, rezultate ori metode științifice extrase din opere scrise, inclusiv în format electronic, ale altor autori, fără a menționa acest lucru și fără a face trimitere la operele originale...”.

Tehnic, plagiatul are la bază conceptul de **piesă de creație** care²:

„...este un element de comunicare prezentat în formă scrisă, ca text, imagine sau combinat, care posedă un subiect, o organizare sau o construcție logică și de argumentare care presupune niște premise, un raționament și o concluzie. Piesa de creație presupune în mod necesar o formă de exprimare specifică unei persoane. Piesa de creație se poate asocia cu întreaga operă autentică sau cu o parte a acesteia...”.

cu care se poate face identificarea operei plagiate sau suspicionate de plagiat³:

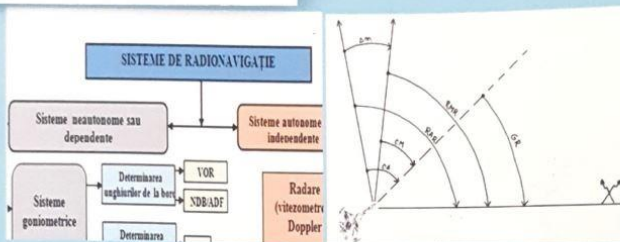
„...O operă de creație se găsește în poziția de operă plagiată sau operă suspicionată de plagiat în raport cu o altă operă considerată autentică dacă:

- Cele două opere tratează același subiect sau subiecte înrudite.
- Opera autentică a fost făcută publică anterior operei suspicionate.
- Cele două opere conțin piese de creație identificabile comune care posedă, fiecare în parte, un subiect și o formă de prezentare bine definită.
- Pentru piesele de creație comune, adică prezente în opera autentică și în opera suspicionată, nu există o menționare explicită a provenienței. Menționarea provenienței se face printr-o citare care permite identificarea piesei de creație preluate din opera autentică.
- Simpla menționare a titlului unei opere autentice într-un capitol de bibliografie sau similar acestuia fără delimitarea întinderii preluării nu este de natură să evite punerea în discuție a suspiciunii de plagiat.
- Piesele de creație preluate din opera autentică se utilizează la construcții realizate prin juxtapunere fără ca acestea să fie tratate de autorul operei suspicionate prin poziția sa explicită.
- În opera suspicionată se identifică un fir sau mai multe fire logice de argumentare și tratare care leagă aceleași premise cu aceleași concluzii ca în opera autentică...”

¹ Legea nr. 206/2004 privind buna conduită în cercetarea științifică, dezvoltarea tehnologică și inovare, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 505 din 4 iunie 2004

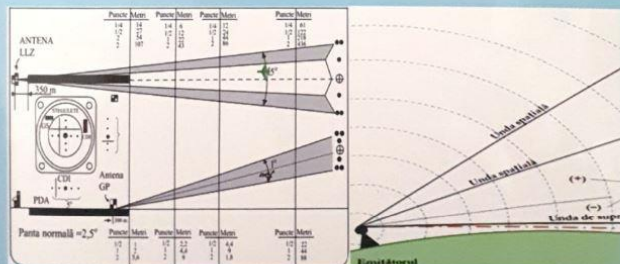
² ISOC, D. Ghid de acțiune împotriva plagiatului: bună-conduită, prevenire, combatere. Cluj-Napoca: Ecou Transilvan, 2012.

³ ISOC, D. Prevenitor de plagiat. Cluj-Napoca: Ecou Transilvan, 2014.



INTRODUCERE ÎN SISTEMELE DE NAVIGAȚIE AERIANĂ

Ionică CÎRCIU



**EDITURA
LUXLIBRIS**

Recenzenți științifici: Prof.univ.dr.ing. **PEARSICĂ Marian** - Academia Forțelor
Aeriene "Henri Coandă" Brașov
Prof. univ. dr.ing. **BOȘCOIANU Mircea** - Academia
Forțelor Aeriene "Henri Coandă " Brașov
Consilier editorial: Prof. dr. ing. **Florin Andreescu**
Procesare text: **Autorul**
Tehnoredactare: **Autorul**
Coperta: ing. **Alexandru Moraru**

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
CÎRCIU, IONICĂ

Introducere în sisteme de navigație aeriană /
Ionică Cîrciu ; ed.: prof. dr. ing. Florin Andreescu. - Brașov :
Lux Libris, 2014

Bibliogr.

ISBN 978-973-131-298-9

I. Andreescu, Florin (ed.)

629.7.05

© 2014

Editură acreditată CNC SIS, cod 201

ISBN 978 - 973 - 131 - 298 - 9

CUPRINS

Introducere.....	5
1. Procedee și metode ale navigației aeriene.....	7
2. Sisteme de radionavigație	11
3. Noțiuni teoretice elementare despre navigația aeriană.....	29
4. Undele electromagnetice. Proprietăți , caracteristici și aplicații în navigație	34
5. Sistemul de radionavigație VOR (Very High Frequency Omni-directional Range System)	46
6. Sistemul de navigație telemetric DME..... (Distance Measuring Equipment)	59
7. Sistemul de apropiere la aterizare ILS..... (Instrument Landing System)	64
8. Radarul panoramic.....	76
9. Bibliografia	105

2. Sisteme de radionavigație

Sistemele de radionavigație (fig.2) aeriană se pot clasifica după mai multe criterii [1,2,3]:

- După distanța (raza) de acțiune;
- După lungimea de undă a semnalului utilizat;
- După tipul semnalului;
- După mărimea fizică măsurată.

P09

P10

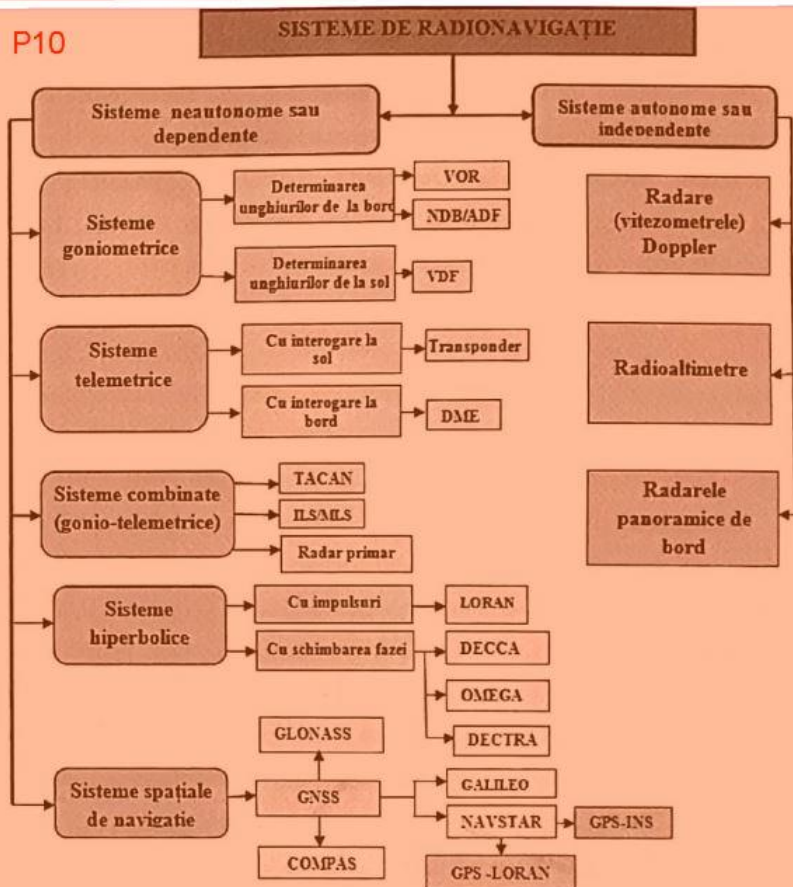


Fig.2 Structura generală a Sistemelor de Radionavigație

- După distanța (raza) de acțiune se identifică următoarele categorii de sisteme de radionavigație:
 1. Sisteme pentru distanțe scurte (inclusiv sistemele de apropiere și aterizare) – au acțiune până la 100km;
 2. Sisteme pentru distanțe medii – au acțiune până la 500 km;
 3. Sisteme pentru distanțe mari – au acțiune peste 500 km.
- După lungimea de undă a semnalului utilizat sau frecvența de lucru se identifică următoarele categorii de sisteme de radionavigație:
 1. Sisteme care funcționează în frecvențe foarte joase (VLF): OMEGA;
 2. Sisteme care funcționează în frecvențe joase (LF): DECCA, LORAN, NDB, ADF –radiocompasul automat;
 3. Sisteme care funcționează în frecvențe medii (MF): NDB –radiofarul omnidirecțional, ADF;
 4. Sisteme care funcționează în frecvențe înalte (HF): radiogoniometrele terestre;
 5. Sisteme care funcționează în frecvențe foarte înalte (VHF): VOR (VHF Omnidirectional Range), ILS (Instrumental Landing System), VDF (VHF Direction Finding) , radarul primar;
 6. Sisteme care funcționează în frecvențe ultra înalte (VHF): DME (Distance Measuring Equipment), TACAN, Transponderul;
 7. Sisteme care funcționează în frecvențe superioare: radarul panoramic de bord,
 8. Radioaltimetrul, radarul Doppler și MILS (Microwave Instrumental Landing System).
- După tipul semnalului se identifică următoarele categorii de sisteme de radionavigație:

1. Sisteme cu unde întreținute;
 2. Sisteme cu unde modulate în amplitudine;
 3. Sisteme cu unde modulate în frecvență;
 4. Sisteme cu impulsuri.
- După mărimea fizică măsurată se identifică următoarele categorii de sisteme de navigație:
 1. Sisteme goniometrice: determină azimutul în raport cu meridianul terestru;
 2. Sisteme telemetrice: determină distanța față de un anumit reper ales;
 3. Sisteme combinate (gonio-telemetrice): determină atât azimutul cât și locul de amplasare la sol;
 4. Sisteme hiperbolice: determină coordonatele aeronavei prin linii de poziție de forma hiperbolei;
 5. Sisteme spațiale de navigație.

Se mai pot realiza și alte clasificări ale sistemelor de radionavigație. Acestea se împart în sisteme de radionavigație autonome (independente) și neautonome.

P1↑ Sisteme autonome (independente) de radionavigație

Aceste sisteme sunt numite „autonome”, deoarece se află la bordul aeronavelor și nu au nevoie de echipament suplimentar la sol pentru a putea obține date de navigație.

Radioaltimetrul este un sistem de radionavigație autonom care are rolul de a determina înălțimea aeronavei în raport cu solul, AGL (Above Ground Level), un radioaltimetru bine reglat indicând „0” atunci când aeronava face contact cu solul. Radioaltimetrele sunt bazate pe principiul pasiv de determinare a distanței

(în cazul de față a înălțimii), adică pe propagarea undelor radio emise de la aeronavă în linie dreaptă și reflexia lor de la sol.

Radioaltimetrele se clasifică după tipul de modulație a semnalului utilizat în: radioaltimetre cu modulație în frecvență și radioaltimetre cu modulație în impulsuri. De asemenea după altitudinea la care acestea operează, se împart în radioaltimetre de joasă altitudine și radioaltimetre de mare altitudine.

Radioaltimetrele de joasă altitudine funcționează de regulă până la 1500 m. Ele oferă informații cu privire la înălțimea aeronavei în special la venirea la aterizare și aterizarea autonomă. Aceste instrumente emit semnale optice și acustice la bord în cazul în care aeronava coboară sub o anumită înălțime preselectată.

Radioaltimetrele de joasă altitudine folosesc modulația în frecvență și mai puțin pe cea în impulsuri. Radioaltimetrele de mare altitudine măsoară înălțimea până la 30.000 m, dar această înălțime depinde de anumiți factori, precum: puterea emițătorului, coeficientul de reflexie, raportul dintre semnal și zgomot etc. Ele sunt utilizate ca echipament ajutător, în cazul unor misiuni speciale. Radioaltimetrele de mare altitudine folosesc modulația în impulsuri [1,2,3].

P12 **Radarul panoramic de bord** este un sistem de radionavigație autonom și totodată gonio-telemetric. El este eficient atât în zborul deasupra uscatului cât și deasupra mării, însă deasupra mării apare condiția existenței unor insule sau țărături în limitele zonei de descoperire ale radarului pentru a se putea stabili repere.

Rolul său este de a identifica reperele de la sol, care sunt transpuse pe ecran, permițând determinarea gismentelor și relevmentelor în vederea orientării, determinării vitezei la sol și a derivei. Radarul panoramic de bord are de asemenea rolurile de a localiza formațiunile orajoase și de a identifica dacă acestea conțin nuclee periculoase zborului, de a detecta alte aeronave care se află

în proximitate în vederea prevenirii abordajelor și de a determina obstacole și înălțimi de siguranță mai ales în regiunile muntoase [2].

Radarele panoramice de bord funcționează la fel ca și radioaltimetrul după principiul radiolocației pasive. Ele funcționează în gama undelor centimetrice și decimetrice.

P13 Tipul de modulație folosit este cel în impulsuri, permițând concentrarea unui semnal foarte puternic pe o durată foarte scurtă. Funcționarea constă în emisia a două petale diferite. Una dintre ele este mai îngustă, având o lărgime de 3° , ea fiind destinată descoperirii formațiunilor orajoase. Cea de-a doua are o lărgime de 3° și o deschidere în plan vertical de 25° - 30° , fiind destinată supravegherii solului și determinării elementelor de navigație.

Precizia asigurată este destul de mare, astfel azimutul se determină cu o precizie de $+1,5^\circ$ - 2° , distanța cu o precizie de 2-3%, iar unghiul de înălțare $+1\%$.

P14 în vederea obținerii imaginii terenului, antena are o mișcare de balans continuă în sectorul acoperit, cercetarea spațiului având loc concomitent cu mișcarea antenei de la stînga la dreapta timp în care se deplasează și linia desfășurării pe ecranul indicatorului (subiectul este tratat în acest material).

Radarul Doppler este un sistem de radionavigație autonom bazat pe principiul Doppler pentru determinarea vitezei la sol a aeronavei și derivei. Acest tip de radar nu necesită echipament suplimentar de navigație la sol și este folosit de preferință deasupra suprafețelor terestre.

Deasupra mării sistemul este mai puțin precis, fapt datorat vînturilor, curenților și mareelor care mută în mod aleatoriu suprafața aleasă ca referință. Sistemul eșuează uneori în a determina viteza la sol și deriva deasupra suprafețelor netede și sticloase precum marea sau zonele acoperite de zăpada.

Prin determinarea vitezei la sol și a derivei, sistemul oferă capacitatea de a menține traiectul inițial stabilit [2,7].

Sisteme neautonome (dependente) de radionavigație

Sistemele neautonome de radionavigație se împart în:

- sisteme goniometrice;
- sisteme telemetrice;
- sisteme goniotelemetrice;
- sisteme hiperbolice;
- sisteme spațiale de navigație.

Sisteme goniometrice

Destinația acestor sisteme este de a determina azimutul aeronavelor în raport cu o direcție de referință dată. Exemple de astfel de sisteme sunt: VOR și NDB (pentru determinarea unghiurilor la bord) și VDF (pentru determinarea unghiurilor la sol).

Sistemul este neautonom deoarece funcționarea acestuia depinde în cea mai mare parte de un radiofar amplasat la sol. Astfel pe lângă echipamentul de bord, în compunerea sistemului este inclus un radiofar care este amplasat pe axa căii aeriene, fie în prelungirea pistei, fie pe aerodrom.

Radiofarul emite omnidirecțional unde întreținute pe 360 de direcții diferite dispuse față de radiofar asemenea unor spițe ale unei roți față de un butuc. Aceste direcții, cu lățimea de 1° , poartă numele de „radiale” și reprezintă RMA sau DM (drumuri magnetice) măsurate față de NM (nordul magnetic) al locului radiofarului. Practic, aeronava încadrându-se pe una dintre radiale se poate determina relevmentul magnetic al acesteia.

Distanța de acțiune a radiofarului crește odată cu înălțimea de zbor, dar radiofarul nu funcționează optim la orice distanță din cauza altor mijloace de navigație care pot lucra pe

stații amplasate la sol, liniile fiind de formă hiperbolică. Fiind date punctele distincte F_1 și F_2 din plan (focarele) cu $F_1F_2 = 2c$ și numărul pozitiv $a < c$, se numește hiperbola mulțimea punctelor M ale planului pentru care modulul diferenței distanțelor până la punctele F_1 și F_2 este egal cu $2a$: $|MF_1 - MF_2| = 2a$.

Ecuția canonică a hiperbolei, ale cărei focare sunt situate pe axa absciselor și sunt simetrice :

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

P15 Toate hiperbolele care se pot construi pe aceste două focare – două puncte fixe de referință (fig. 3a) se numesc familie de hiperbole. Arcul mic din cercul mare – distanța cea mai scurtă dintre două puncte de referință P și S – este linia de bază și este specifică sistemelor de navigație hiperbolică, iar perpendiculara la mijlocul liniei de bază se numește linia de centru.

P16

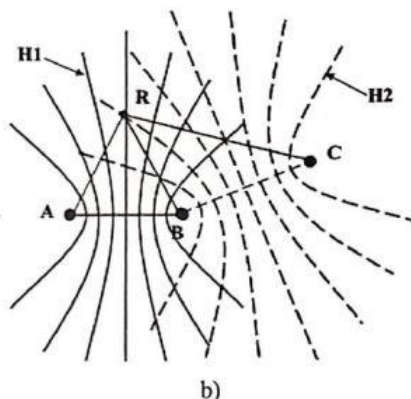
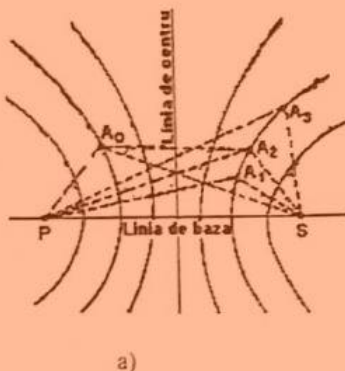


Fig. 3 a) Hiperbola, b) Poziționarea hiperbolică în plan cu ajutorul a trei emițătoare

Dacă avem 3 transmițătoare plasate într-un plan, în $A(x_A, y_A)$, $B(x_B, y_B)$, și $C(x_C, y_C)$ și receptorul $R(x, y)$ montat pe o aeronavă, ca în fig. 3b. În acest

caz se pot determina hiperbole de diferență de timp de recepție constantă între emisiile din A și B ($\Delta\tau_{AB} = \text{constant}$) – liniile pline și între emisiile din B și C ($\Delta\tau_{BC} = \text{constant}$) – liniile punctate[4].

În receptorul de la bord R se măsoară:

- diferența de timp de recepție dintre emisiile din A și B, determinând hiperbola H_1 ;
- diferența de timp de recepție dintre emisiile din B și C, determinând hiperbola H_2 ;

la intersecția celor două hiperbole se află punctul căutat respectiv aeronava, unde se găsește receptorul (R) [4].

Exemple de astfel de sisteme sunt: LORAN (lucrează cu impulsuri) și DECCA, DECTRA și ONS (lucrează cu schimbarea fazei). *LORAN* (Long RANGE Navigation) este un sistem neautonom de radionavigație hiperbolic utilizat pentru navigația pe distanțe mari. Sistemul are baza la sol fiind format din mai multe stații transmițătoare care sunt plasate la mile depărtare și sunt organizate în lanțuri.

Într-un lanț de stații LORAN una dintre stații este considerată stație principală (master), celelalte stații fiind considerate secundare. Fiecare lanț LORAN cuprinde cel puțin o stație master și 2 stații secundare pentru a se determina 2 linii de poziție. Distanța dintre stația de bază și cea secundară este cuprinsă între 1000-1500 km. Funcționarea sistemului se bazează pe impulsurile radio transmise de stațiile radio care sunt transmise la intervale precise.

Un receptor LORAN măsoară diferența de timp (TD) între momentele în care sunt emise semnale de la stația principală și cele secundare. Când acest timp este convertit în distanță punctele care au același TD dintre stația master și cele secundare formează o hiperbolă LOP (locus of points). Intersecția mai multor LOP ajută la determinarea cu precizie a poziției. Sistemul operează în banda de

frecvență 90-110 kHz. Sistemul LORAN poate fi folosit și pentru navigația apropiată întrucât receptorul cuplat la calculatorul de bord permite pe baza informațiilor primite transformarea liniilor de poziție ale ambelor perechi de stații în coordonate geografice, polare sau rectangulare în funcție de necesități [1,3].

P17 *DECCA* este un sistem de radionavigație neautonom hiperbolic utilizat la fel ca și LORAN pentru navigație pe distanțe mari. Semnalele emise de sistem pot fi recepționate de aeronave indiferent de înălțimea la care se află acestea, dar pot fi folosite și la sol sau pe mare dacă utilizatorul este situat la o distanță de 450 km.

P18 O diferență majoră dintre acest sistem și LORAN constă în faptul că acest sistem utilizează unde întreținute, nemodulate, el nu emite impulsuri [1].

P19 Sistemul DECCA este format din patru stații. Una dintre aceste stații este considerată stație master (de bază), iar celelalte trei sunt stații secundare. Stațiile secundare sunt dispuse în stea și la 100-200 km față de stația de bază. Complexul format de cele patru stații reprezintă lanțul DECCA. Acest lanț este împărțit în 20 de zone care sunt marcate cu o literă. Zonele se împart în fâșii, numărul acestora într-o zonă variind în funcție de culoarea stabilită pentru stații.

Zona este la rândul ei împărțită în 100 de subdiviziuni. Structurarea se realizează cu ajutorul unor decometre. Acestea sunt în număr de 3 la bordul aeronavei care sunt denumite după culoarea specifică. Existența a două ace indicatoare și a unui sector mobil permit citirile de pedecometru.

Determinare poziției aeronavei se realizează cu ajutorul unor hărți speciale pe care sunt imprimate în culorile stabilite pentru stații, hiperbolele lanțurilor DECCA. Existența la bord a unui calculator OMNITRAC permite transformarea coordonatelor DECCA în coordonate rectangulare și acționarea pilotului automat în vederea executării unor manevre pentru ca aeronava să

mențină traiectul programat. Sistemul lucrează în banda de frecvență cuprinsă între 70-130 kHz. [1]

P23 *DECTRA* (DECCA Tracking and Ranging) este un sistem de radionavigație neautonom hiperbolic derivat din sistemul DECCA după cum sugerează și denumirea. Astfel el este folosit tot pentru navigația pe distanțe mari.

P24 Sistemul DECTRA poate folosi unele dintre stațiile sistemului DECCA întrucât transmite în banda de frecvență de 70 kHz. Sistemul este alcătuit din patru stații terestre care formează un lanț. Amplasarea este diferită de cea a sistemului DECCA.

P25 Astfel ele sunt grupate în perechi. Stațiile care alcătuiesc o pereche au o distanță de 100-200 km între ele, iar distanța dintre perechi este mult mai mare, respectiv de 3700 km. Din cauza distanței mici dintre stația principală și cea secundară, în loc de hiperbole se pot considera drepte tangente la acestea.

Se formează astfel la capetele sistemului direcții de zbor de forma unui evantai. A treia rețea de hiperbole rezultă considerându-se o pereche de stații față de o stație din cealaltă pereche.

Distanța mare dintre cele două focare determină ca hiperbolele să fie mai puțin curbate. Ele poartă denumirea de hiperbole a distanțelor. Astfel pentru determinarea poziției aeronavei sunt suficiente 3 stații. Față de sistemul DECCA, acest sistem dispune la bord de patru decometre, cel de-al patrulea indicând distanța față de stația terestră de referință.

ONS (OMEGA NAVIGATION SYSTEM) este un sistem de radionavigație neautonom, hiperbolic utilizat pentru navigația pe distanțe mari. Sistemul este conceput de așa natură încât să asigure navigația pe întreaga suprafață a Pământului. El cuprinde 8 stații care sunt amplasate pe tot globul.

Principiul de funcționare este asemănător cu cel al lui DECCA. Stațiile

P27

emitoare funcționează în gama frecvențelor VLF (10-14 kHz) și asigură o distanță de acțiune de peste 10000 km atât pe timp de zi cât și pe timp de noapte.

Sistemele de radionavigație spațială. Folosirea constelației sateliților artificiali ai Pământului pentru realizarea unor sisteme de radionavigație îndepărtată a contribuit în mod esențial la eliminarea unor dificultăți în procesul de dezvoltare a mijloacelor de radionavigație destinate dirijării aeriene, maritime și terestre.

Folosirea constelației sateliților artificiali ai Pământului pentru realizarea unor sisteme de radionavigație îndepărtată a contribuit în mod esențial la eliminarea unor dificultăți în procesul de dezvoltare a mijloacelor de radionavigație destinate dirijării aeriene, maritime și terestre. Sistemele de radionavigație prin sateliți se deosebesc de toate sistemele terestre de radionavigație îndepărtată cunoscute prin câteva trăsături sau particularități caracteristice.

În primul rând, trebuie amintit că aparatura de emisie aflată la bordul Sateliților Artificiali ai Pământului (SAP) de deplasează cu viteze mult mai mari decât viteza majorității utilizatorilor deserviți. În consecință, sistemele de radionavigație prin sateliți (SRS) se caracterizează printr-o rapidă reacție de acțiune, de unde decurg particularitățile specifice de construcție, funcționare și utilizare.

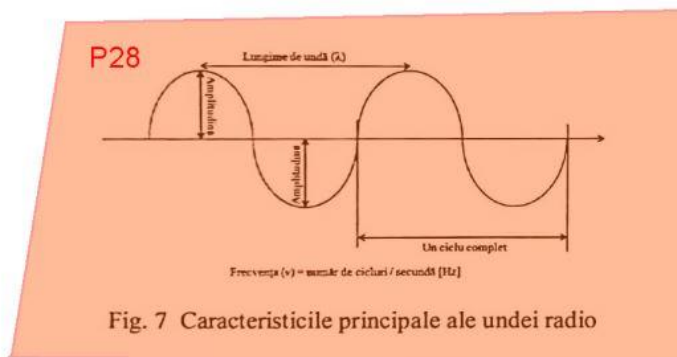
Până la folosirea sateliților artificiali ai Pământului, nu a fost posibilă utilizarea undelor ultracurte în domeniul radionavigației îndepărtate, deși au fost cunoscute proprietățile importante ale mijloacelor care funcționează în această gamă de frecvențe, dintre care se pot menționa: marea capacitate de trafic a canalelor de radiocomunicații, precizia înaltă a măsurărilor radiotehnice. În ultimul rând, sistemele terestre de radionavigație îndepărtată nu pot asigura

4. Undele electromagnetice. Proprietăți , caracteristici și aplicații în navigație

Importanța undelor electromagnetice este unanim recunoscută și constă în nenumăratele posibilități de comunicare pe care acesta le oferă. *Câmpul electromagnetic* este rezultanta câmpurilor electric și magnetic, acesta formându-se în jurul unui material conductor prin care circulă curent electric variabil.

După cum a fost demonstrat teoretic și experimental, orice sistem ce produce câmp electric și magnetic radiază unde electromagnetice. *Undele radio* reprezintă variații periodice ale câmpului electromagnetic, atât în timp, cât și în spațiu.

Aceste unde sunt generate de către sisteme oscilante deschise (antene de emisie), propagându-se în spațiu cu viteza luminii (c). Undele radio se caracterizează prin amplitudine, frecvență (ν), lungime de undă (λ), intensitate, polarizare și alți factori. În fig.7 sunt prezentate caracteristicile unei unde electromagnetice. [1]



Spectrul frecvențelor radio

În spectrul frecvențelor radio, gama de frecvență ce poate fi folosită este de la 200 kHz (λ aproximativ 1,5 km) până la 30 GHz (λ aproximativ 1 cm). Se poate utiliza formula consacrată $\lambda = \frac{c}{f}$.

În figura 8 este prezentat spectrul de frecvențe radio și gruparea sistemelor de navigație funcție de gama de lucru.

P29

Denumire	Prescurtare	Gamă	Lungime de undă (λ)	Utilizare
Frecvențe foarte joase	VLF- very low frequency	10-30 kHz	Unde foarte lungi (30.000-10.000 m)	-OMEGA
Frecvențe joase	LF- low frequency	30-300 kHz	Unde lungi (10.000-1000 m)	-DECCA -NDB -LORAN
Frecvențe medii	MF-medium frequency	300-3000 kHz	Unde medii (1000-100 m)	-NDB
Frecvențe înalte	HF-high frequency	3-30 MHz	Unde scurte (100-10 m)	Radiogoniometre terestre
Frecvențe foarte înalte	VHF- very high frequency	30-300 MHz	Unde metrice (10-1 m)	-VOR -ILS -VDF -radarul primar
Frecvențe ultra înalte	UHF- ultra high frequency	300-3000 MHz	Unde decimetrice (100-10 cm)	-DME -TACAN -Transponder
Frecvențe supra înalte	SHF- super high frequency	3-30 GHz	Unde centimetrice (10-1 cm)	-radarul panoramic de bord -radioaltimetrul
Frecvențe extrem de înalte	EHF- extremely high frequency	30-300 GHz	Unde milimetrice (1-0,1 cm)	-MLS -radarul Doppler

Fig.8 Spectrul frecvențelor radio

Undele Lungi (LF) Gama undelor lungi este cu frecvențe cuprinse între 30 kHz la 300 kHz, cu lungimi de undă (λ) de la 10 km la 1 km. Un dezavantaj pentru propagarea acestor unde de frecvență joasă este faptul că necesită puteri mari de emisie. Însă, pe de altă parte, între emițător și receptor se pot realiza legături stabile, indiferent de anotimp. Apa, precum și solul umed sunt mediile principale conductoare, asigurându-le reflexia, indiferent de unghiul de cădere. [1,9]

Undele Medii (MF) Aceste unde de frecvență medie (MF) au gama de frecvență cuprinsă între 300 kHz la 3 MHz, lungimile de undă fiind de la 1 km la 100 m. Față de undele lungi (LF), undele medii au proprietatea de a pătrunde mai adânc în ionosferă. Astfel sunt puternic atenuate de stratul E al ionosferei pe timpul zilei, iar noaptea parțial reflectate de aceasta. [1]

Undele Scurte (HF) Gama de frecvență a undelor de înaltă frecvență (HF) este între 3 MHz și 30 MHz, cu lungimi de undă (λ) cuprinse între 100 m și 10 m. Principala caracteristică a acestor unde o reprezintă zona mică de propagare a undelor de suprafață. De asemenea, undele spațiale, ce au rezultat prin reflexie ionosferică, constituie modul principal de propagare. Acest fapt determină posibilitatea stabilirii unor legături la distanțe foarte mari, cu puteri reduse de emisie. Fiecare emițător de unde scurte trebuie să lucreze pe mai multe frecvențe, funcție de studii de prognoză și grafice speciale, determinat fiind de schimbarea continuă a structurii ionosferei. În acest fel, ziua se folosește partea superioară a gamei (v mai mare, λ mai scurtă), pe când noaptea cea inferioară (v mai mică, λ mai lungă). [9]

Fenomenul de "*fading*", cauzat de interferența undelor și caracterizat prin variația aleatoare a semnalului recepționat, apare din cauza mișcării continue a straturilor ionizate care produc reflexia, precum și din faptul că o antenă de recepție primește unde de pe diferite direcții de propagare. Astfel, s-a observat existența unei zone aflate la o anumită distanță de stația de emisie, în care nici undele de suprafață, nici cele de spațiale nu ajung. [9]

emisie, având loc bruiajul, care dă naștere la zgomote nedorite. Fenomenul numit "*fading*" apare în cazul în care undele provenite de la același emițător interferează, după ce au parcurs drumuri diferite până la receptor. Astfel, din cauza diferenței de fază a undelor, se poate produce întărirea sau, deopotrivă, slăbirea undei.

Ionosfera

P30 Stratul din atmosferă care este constituit din termosferă și partea superioară a mezosferei poartă denumirea de *ionosferă*, ce joacă un rol important în propagarea pe distanțe lungi a undelor radio. Explicația derivă din fenomenul de ionizare a gazelor, ce este caracteristic ionosferei.

Acest fenomen se produce sub influența razelor UV (ultraviolete) care lovesc atomii gazelor, învingând forțele electrice de atracție dintre sarcina pozitivă a nucleului atomic și cea negativă a electronului atomului. [1,9]

P31 Cantitatea de ioni liberi într-o unitate de volum (*densitatea ionizării*) diferă în funcție de numărul de atomi de gaz. Astfel, funcție de gradul de rarefiere al atmosferei superioare, vor apărea mai multe straturi ionizate: D, E, F1, F2.

Aceste straturi sunt prezentate în cele ce urmează. În limita inferioară a ionosferei se află *stratul D*, la o înălțime între 50 și 95 km. Acesta are intensitatea de ionizare cea mai redusă, reușind să absoarbă în timpul zilei undele radio cu frecvența de sub 4 MHz. Deasupra stratului D se află *stratul* ionizat *E*, la înălțimi de 95 km și până la 150 km. Imediat următor, la înălțimi cuprinse între 150 și 200 km este *stratul F1*.

Cel mai înalt dintre straturile ionizate, *F2*, se întinde pe înălțimi cuprinse între 250 și 450 km. Acesta este capabil să reflecte unde radio din spectrul superior al undelor HF cu frecvența de până la 30 MHz. Cele patru straturi sunt ilustrate în Fig. 9, împreună cu efectul lor asupra propagării undelor electromagnetice. [1,9]

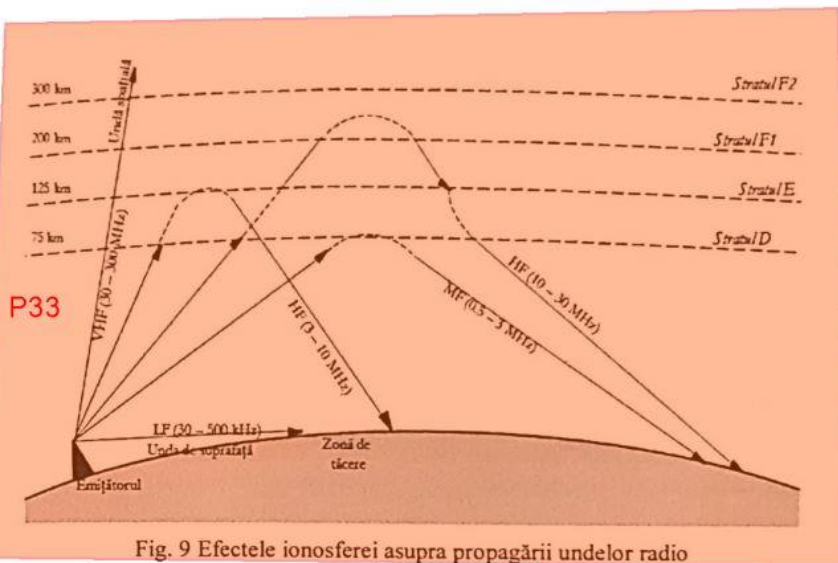


Fig. 9 Efectele ionosferei asupra propagării undelor radio

F2 este stratul cel mai înalt și cu intensitatea de ionizare cea mai mare, deci și cel mai persistent.

Explicația pornește de la distanța mai mare dintre electroni și ioni, fapt care determină neutralitatea ridicată a procesului de recombinare, astfel cauzându-l să fie mai lent. [1,3]

Ionizarea straturilor atmosferei superioare depinde și de unghiul în care razele soarelui cad pe aceste straturi. Astfel, atunci când acest unghi este drept, ionizarea este mult mai intensă.

S-a constatat faptul că, după apusul soarelui, producerea ionilor cunoaște o descreștere semnificativă, iar recombinarea ionilor și a electronilor este mai rapidă decât separarea lor.

Mai mult, cele trei straturi inferioare, D, E₁ și F₁, apar la scurt timp după răsăritul soarelui și dispar imediat după apus, intensitatea maximă de ionizare înregistrându-se în cazul tuturor în jur de amiază.

Stratul F₂ apare înainte de răsăritul soarelui, intensitatea sa maximă de ionizare fiind undeva la o oră după răsărit, care se menține la această valoare până la scurt timp după apus. [1,9]

Undele terestre și spațiale

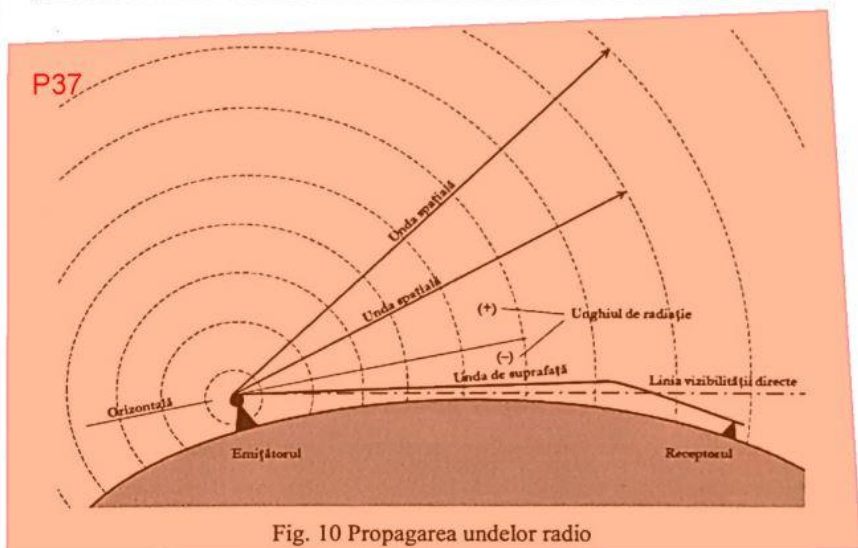
Undele se propagă în două grupuri: *terestre* și *spațiale*. (fig. 10)

Undele de suprafață (terestre) sunt radiate orizontal și se propagă de-a lungul suprafeței terestre, în păturile inferioare ale atmosferei. Intensitatea acestor unde variază funcție de frecvență și de caracterul suprafeței Pământului. Spre exemplu, unda electromagnetică se propagă mai departe deasupra suprafeței mării (pentru o frecvență dată 2 MHz/ 0,5 kW/ 800 km) decât deasupra uscatului (2 MHz/ 0,5 kW/ 320 km). Creșterea frecvenței determină creșterea curenților de valori mici induși în mediu, amplificarea pierderilor de căldură, precum și micșorarea distanței de propagare a unde.

Motivul pentru care unda este polarizată vertical, adică componenta câmpul electric este perpendiculară pe suprafața terestră, este absorbția componentei orizontale sub influența conductibilității Pământului.

Cele două metode de ocolire a Pământului de către undele terestre sunt:

- difracția;
- curbura fasciculului rezultată din cauza vitezei mari de propagare a unde prin straturile superioare ale atmosferei comparativ cu viteza de propagare prin straturile inferioare.



Undele radiate sub un unghi oarecare față de suprafața Pământului poartă denumirea de *unde spațiale*. Acestea, la rândul lor, pot fi: *troposferice* sau *ionosferice*.

Undele troposferice sunt acele unde ce respectă legea variației câmpului electromagnetic cu distanța.

Undele ionosferice sunt absorbite slab în păturile puțin ionizate ale atmosferei, ajungând în ionosferă, unde se produce refracția acestora. Faptul că atât ionizarea, cât și f_r variază treptat în ionosferă, determină caracteristica de curbură lină a căii unei radio, în locul liniei frânte. Gradul de curbare a traseului undei crește odată cu lungimea de undă și cu puterea ionizării.

Trecerea prin păturile ionizate determină nu numai refractarea, ci și absorbția undelor, absorbție ce se mărește odată cu lungimea de undă. De asemenea, fenomenul de "fading", adică extincția semnalului apare din cauza

variației drumului undelor spațiale, determinată de variația înălțimii și a gradului de ionizare a păturilor ionosferei, în funcție de zi, noapte, anotimp.

Acest fenomen este greu de înfruntat, mijlocul cel mai eficace fiind recepția simultană a semnalului de către 2-3 antene aflate la distanțe de 200-300 m una față de cealaltă. Se observă faptul că frecvențele joase sunt cele mai eficiente pentru emisiile radio din timpul nopții, pe când, pentru cele din cursul zilei trebuie mărită frecvența. [1]

Anomalii în propagarea undelor radio

P38 De obicei, undele radio se emit și sunt recepționate pe aceeași direcție. Totuși, apar anomalii în propagare atunci când între emițător și receptor există unele neregularități ale terenului, cum ar fi: munții sau soluri cu densități diferite (mare/ uscat) etc.

Astfel, datorită importanței lor, voi dezvolta: efectul de litoral, de noapte, de munte și efectul Doppler. Un astfel de caz întâlnim în cazul *efectului de litoral*, datorat proprietăților diferite de reflexie și conductibilitate a mării și uscatului.

Astfel, cele două absorb cantități diferite de energie, făcând ca direcția de propagare să se modifice în momentul trecerii litoralului, apărând fenomenul de refracție.

Cu cât unghiul de incidență al undelor radio este mai mare, cu atât mai mare este unghiul de refracție. În cazul în care direcția de propagare formează împreună cu linia litoralului unghi drept, eroarea este neglijabilă. Însă, pentru unghiuri de incidență mari ($\leq 20^\circ$) valoarea acesteia poate depăși 10° , uneori 15° . [1]

P42 *Efectul de noapte* constituie o altă anomalie, ce se manifestă mai intens cu 1-2 ore înainte de apusul (în preajma amurgului) și de răsăritul soarelui (în

preajma zorilor). Erorile înregistrate în aceste perioade ating valori de 30° , chiar 40° , noaptea reducându-se la $10^\circ - 15^\circ$.

Cauza principală a acestei erori o reprezintă recepționarea simultană a undei de suprafață și a celei spațiale reflectată de straturile ionizate, având în vedere faptul că polarizarea celor două este diferită. [2]

În cazul zborurilor deasupra terenurilor muntoase apar erori provocate de *efectul de munte*. Atunci când undele electromagnetice, în propagarea lor, întâlnesc undulațiile reliefului montan, induc în undulații curenți electrici.

Aceștia din urmă creează un câmp electromagnetic secundar, care ajunge la bordul aeronavei în același timp cu câmpul undei directe. Astfel, indicațiile de direcție determinate de receptorul de la bord sunt denaturate cu $8^\circ - 10^\circ$.

Acest efect, însă, nu este resimțit în cazul în care înălțimea de zbor este mai mare decât aceea a terenului muntos de 1,5 ori. [1,9]

P46 *Efectul Doppler* reprezintă modificarea frecvenței semnalelor emise de la două obiecte aflate în deplasare relativă unul față de celălalt. Influența negativă a acestei anomalii se asupra indicațiilor de pe ecranul radarului, având posibilitatea de a produce dispariția temporară a semnalelor aeronavei.

Totuși, a fost găsită și o utilitate a acestei anomalii în instalațiile speciale radar de bord pentru a determina atât deriva, cât și viteza la sol. [8]

5. Sistemul de radionavigație VOR

(Very High Frequency Omni-directional Range System)

Sistemul de radionavigație VOR reprezintă sistemul standard adoptat pe plan internațional și omologat de ICAO pentru distanțe scurte și medii. Sistemul de navigație asigură:

- efectuarea zborului de îndepărtare și de apropiere față de un radiofar VOR;
- controlul zborului în distanță și direcție pentru determinarea vitezei la sol, a locului aeronavei, a abaterii laterale și a derivei;
- efectuarea procedurilor de apropiere după instrumente.

Radiofarul este un emițător cu unde întreținute, funcționând pe principiul comparării fazei a două semnale, fiind construit și reglat astfel încât câmpul electromagnetic emis să reprezinte distinct în azimut direcții cu precizia unui grad, producând teoretic un număr infinit de direcții dispuse în spațiu/ asemeni spițelor unei roți în care axul este reprezentat de radiofar.

Practic, marchează numai 360 de direcții distincte care pot fi identificate și alese cu ajutorul receptorului de bord. Aceste indicații se numesc **radiale** și reprezintă **relevmente magnetice ale avionului (RMA)** sau **drumuri magnetice (DM)** măsurate față de nordul magnetic din punctul de amplasare al antenei radiofarului.

Vor-ul permite pilotului (navigatorului) să determine relevmentul magnetic în raport cu un radiofar. Se numește aliniament electronic sau axa radioelectronică o emisie care realizează o caracteristică specială într-o zonă îngustă a spațiului (fig.11).

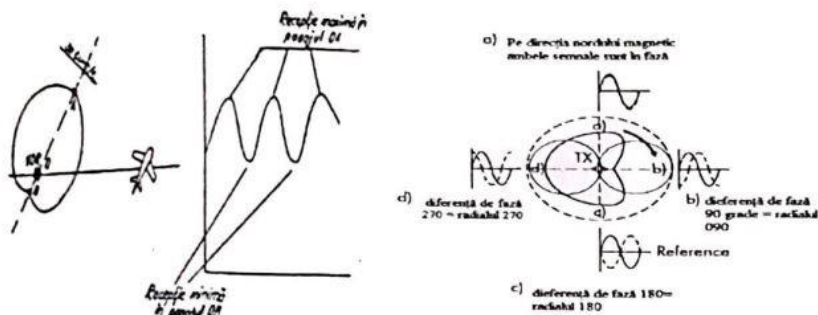


Fig.14 Principiul de recepție VOR

Receptorul. La bord se găsește un receptor pe unde ultracurte clasic, prevăzut cu o antenă în formă de V (o antenă cu doi dipoli orizontali). După detectare se obține tensiunea modulatorie de 9960 Hz, modulată în frecvență cu 30 Hz și o tensiune de 30 Hz, provenită din variația semnalului în amplitudine dată de rotirea cardioidei față de aeronavă. Această comparație este făcută printr-o metodă de zero (pe nul), în realitate se caută ce defazaj trebuie dat sinusoidei de azimut, pentru a face să coincidă faza ei cu cea a sinusoidei de referință. Comparația dintre cele două sinusoide de 30Hz dă azimutul aeronavei.

Caracteristici și utilități

P50 Radiofarurile VOR funcționează în gama undelor ultracurte, respectiv banda frecvențelor foarte înalte VHF, cuprinse între 112 – 118 MHz, dispunând de 100 de canale separate cu 50KHz. În mod excepțional, poate funcționa și în banda 108 – 112 MHz, pe frecvențele cu numere pare (exemplu 108,2 MHz, 108,4 MHz, etc), formând alte 20 de canale. Pentru identificare, radiofarul VOR emite și un semnal caracteristic, format din 2 – 3 litere din codul Morse, care modulează unda purtătoare cu o frecvență de 1020 Hz.

Aceste sisteme se utilizează atât pentru navigația pe rută, balizând căile aeriene, cât și pentru efectuarea procedurilor. Cele pentru rută au o putere de 200

W, iar cele pentru procedurile de apropiere sau pentru punctele terminale ale căilor aeriene au o putere de 50 W, ultimele având denumirea de TVOR (Terminal VOR).[2,3]

În comparație cu navigația pe baza NDB, sistemul VOR are următoarele avantaje:

- relevmentul avionului se determină independent de capul magnetic ceea ce mărește precizia indicațiilor;
- nu este influențat de paraziții atmosferici și cei statici provocați de vitezele mari de zbor;
- este lipsit de influența radiodeviației.

Datorită interferențelor altor mijloace de radionavigație se limitează distanța până la care se poate folosi radiofarul VOR pentru a se recepționa un semnal neperturbat, necesar asigurării preciziei de navigație pe tronsoanele de căi aeriene. În acest sens se stabilesc puncte de schimbare a informației de navigație de la mijlocul de radionavigație aflat în spatele aeronavei la cel aflat în fața acesteia – COP (Change Over Point).

La verticala radiofarului VOR există o zonă materializată printr-un con cu vârful în jos, cu o deschidere de 30° - 50° , în interiorul căreia nu există indicații de direcție.

Compunerea sistemului VOR

Sistemul este alcătuit din mijloace radioelectronice dispuse la sol și la bordul aeronavelor.

La sol sunt dispuse (fig.15):

- radiofarul propriu-zis alcătuit din două emițătoare speciale pe unde ultracurte, unul de bază și unul de rezervă;
- sursa de alimentare de bază și de rezervă;
- dispozitiv automat de control al funcționării (monitor);

- dispozitiv de comandă și control la distanță.

P53

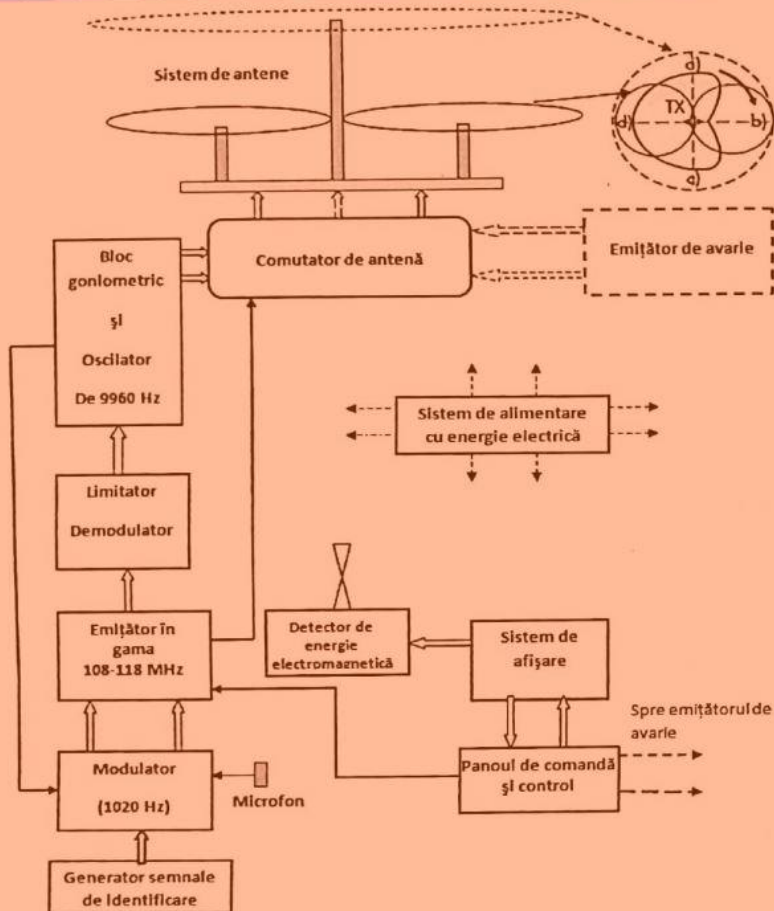


Fig. 15 Schema bloc simplificată a radiofarului VOR

Blocul goniometric este un echipament care generează un câmp magnetic rotativ (diagrama de directivitate de tip cardioidă) care este însoțit de o subpurătoare de 9960 de Hz (o armonică a purtătoarei)

P54 Blocul limitator (demodulator) uniformizează energia provenită de la emițătorul propriu zis , elimină modulația în amplitudine și alimentează blocul goniometric.[1]

Detectorul de energie electromagnetică amplasat până în 50m distanță față de radiofar, are în componență o antenă dipol ce trimite semnalele recepționate provenite de la radiofar la sistemul de afișare.

Sistemul de afișare afișează informațiile primite de la detectorul de energie electromagnetică .

Panoul de comandă și control permite pornirea emițătoarelor, gestionarea radiofarului la o distanță de circa 30km.

La bordul aeronavei se află:

- antena dipol în formă de V;
- receptorul VOR;
- panoul de comandă;
- selectorul manual de radiale sau relevmente (OBS);
- indicatorul de relevmente magnetice (RMI);
- indicatorul de abatere de la drumul magnetic ales (CDI);
- indicatorul de sens „spre” (TO) și „de la” (FROM) radiofar;
- blocul de alimentare cu curent electric.

Sistemul în sine asigură numai poziționarea aeronavei pe unul dintre radialele din jurul echipamentului de la sol, dar nu indică și direcția în care se îndreaptă aeronava. Precizia generală de determinare a radialului, pentru echipamentele de sol și de bord, este de $\pm 5^\circ$. Informația de relevment poate fi folosită pentru a zbura „spre” sau „de la” stație pentru orice drum obligat selectat

la bord, iar ambiguitatea de 180° este eliminată de indicatorul de la bord „TO / FROM” – CDI (Course Deviation Indicator) .

P57 În general, receptoarele VOR sunt astfel construite încât permit recepționarea și a semnalelor de la radiofarul de direcție ILS. Trecerea în mod ILS sau VOR se realizează prin acordarea receptorului pe frecvențele corespunzătoare sistemului respectiv.

În zonele în care declinația magnetică nu este constantă de-a lungul unui tronson de cale aeriană delimitat de două radiofaruri VOR, aliniate fiind după nordul magnetic, diferența dintre radialele celor două stații va fi mai mare sau mai mică de 180° . Acesta este un alt motiv pentru care referința de navigație trebuie schimbată de-a lungul căii aeriene la atingerea punctului desemnat.

Aparatura de la bordul aeronavei (fig.16)

P60 a) **Selectorul manual de radiale sau relevmente (OBS)** permite, funcție de felul aparatului indicator, pe un cadran gradat de la 0° - 360° , fie într-un cadran cu afișaj electronic, înregistrarea relevmentului magnetic sau a drumului pe care urmează să se deplaseze aeronava.

Cu ajutorul butonului inscripționat „OBS” se introduce pe cale mecanică o diferență de fază între cele două semnale, corespunzătoare relevmentului sau drumului dorit, iar acul indicator de abatere de la drum va devia spre stânga/dreapta. Acesta va ajunge în poziția centrală după ce se execută manevrele necesare pentru a ajunge la relevmentul selectat anterior.

b) **Indicatorul de relevmente magnetice (RMI)** este prevăzut cu un cadran mobil cu gradație de la 0° - 360° acționat de compasul giromagnetic care permite citirea capului magnetic de în dreptul unui indice exterior și un ac indicator, respectiv două, funcție de tipul aparatului de la bord, vârful indicând direcția magnetică a avionului către radiofarul omnidirecțional VOR, adică relevmentul

alocat. O stație DME terestră de putere mai slabă poate fi coamplasată cu o instalație de antenă ILS.

Compunerea sistemului DME și principiul de funcționare

Sistemul DME este compus dintr-un emițător și un receptor (interogator) în gama UHF dispuse la bordul aeronavei și dintr-un un receptor și un emițător (transponder) care lucrează în aceeași gamă, dispus la sol.(fig. 20)

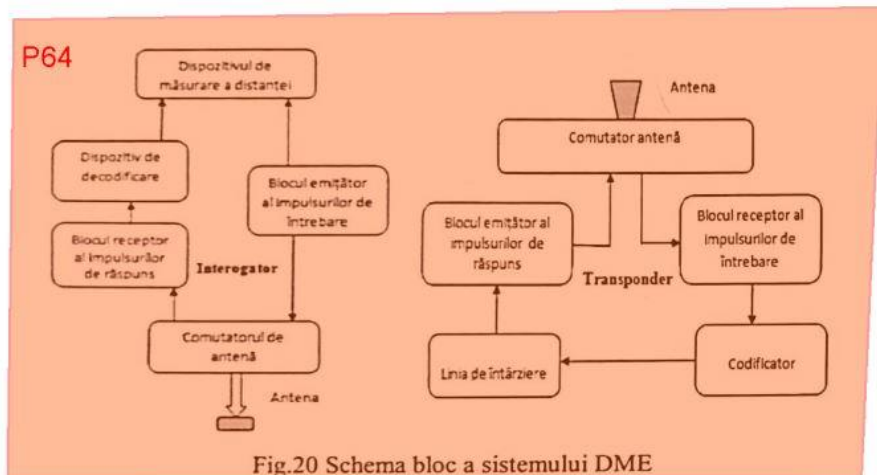


Fig.20 Schema bloc a sistemului DME

La bordul aeronavei se regăsesc mai multe elemente ale indicatorului DME respectiv, elemente care ușurează munca pilotului, acestea oferindu-i acestuia posibilități multiple de reglare a sistemului și de citire a datelor necesare unei navigații în condiții cât mai bune, și anume (fig.21) : indicatorul de distanță, timpul către stația terestră, viteza la sol, comutator de frecvențe și selectorul modului de lucru.



Fig.21 Indicatorul DME de la bordul aeronavei

Stațiile terestre ale sistemului DME (Figura 2.12) sunt dispuse fie în prelungirea PDA (Pista de Decolare Aterizare) fie amplasate de-a lungul căilor aeriene, lucrând conjugat cu stații sistemelor VOR sau sistemelor ILS.

Există 126 de canale date spre utilizarea (canalele sunt prevăzute cu indicii *X* și *Y*, funcție de sistemele de navigație asociate, astfel indicele *X* sunt alocate pentru sistemele cu ecart de 100 KHz iar canalele *Y* sunt alocate pentru sistemele cu ecart de 50 KHz) de către operatorii civili, fiecare dintre aceste canale lucrează într-o gamă unică de frecvențe, frecvențe elaborate de către ICAO, acestea fiind folosite în toată lumea și trebuie cunoscute foarte bine de către piloți.

Gama frecvențelor DME este clasificată, astfel:

P65

Canale 1- 126 [MHz]	Aparatura
1025-1150 (C1-C126)	Emițătorul montat la bord
962-1024 (C1-C63)	Receptorul montat la bord
1151-1213 (C64-C126)	
962-1024 (C1-C63)	Emițătorul montat la sol
1151-1213 (C64-C126)	
1025-1067 (C1-C63)	Receptorul montat la sol
1088-1140 (C64-C126)	

Sistemul telemetric DME lucrează conjugat cu următoarele sisteme de navigație, alocând canalele astfel:

Canalul X & Y	Frecvența [MHz]	Sistemul de navigație alocat
1-16	134,4-135,9	TACAN*
17-56	108.0-111,9	ILS, VOR, VORTAC**
57-59	112.0-112,2	VOR, VORTAC
60-69	133,3-134,2	TACAN
70-126	112,3-117,9	VOR, VORTAC

*TACAN (Tactical Air Navigation) sistem goniotelemetric conceput în SUA pentru aviația militară.

**VORTAC (sistem TACAN combinat cu VOR unde distanța este emisă de TACAN iar relevmentul este dat de VOR).

Sistemul DME este folosit de către aeronave pentru a determina distanța până la o stație de la sol. Principiul după care funcționează îl reprezintă trimiterea și primirea de perechi de semnale radio. DME operează în banda radio UHF, utilizând frecvențe de la 962 MHz până la 1213 MHz. Exemplu: un radiofar vor ce lucrează pe frecvența 112,00 MHz, îi corespunde canalul 57X a cărui frecvență de interogare este de 1081 MHz, o frecvență de răspuns de 1018 MHz.[1,3]

Interogatorul transmite perechi de impulsuri cu durată de 3,5 μ s, o perioadă de repetiție între impulsuri cuprinsă între 12 μ s la 36 μ s fiind practic codificarea întrebării. Frecvența de repetiție a perechilor de impulsuri este cuprinsă între 5-150 impulsuri/secundă. Frecvența superioară de 150 imp./sec. este utilizată doar pe durata căutării (aproximativ 20 sec. maxim și 5 sec. minim). Durata este necesară pentru ca interogatorul să execute operațiunea de căutare și selectarea semnalului de răspuns.

P69 Se consideră terminată operațiunea de căutare atunci când echipamentul de la bord a realizat că de la echipamentul de la sol se emit periodic și riguros impulsuri de răspuns la impulsurile de interogare transmise de la bord. Receptorul transponderului după ce primește impulsurile de la interogator le trimite la blocul de decodificare, unde se realizează o filtrare, fiind permisă trecerea numai acelor perechi de impulsuri care au o anumită perioadă între ele conformă cu ceea ce este alocat echipamentului de la sol. Trebuie ținut cont că transponderul poate asigura simultan până la 120 de aeronave așa că, canalul respectiv alocat DME-ului se vor primi 120 de impulsuri. Din această cauză impulsurile emise de interogator nu au perioade egale, respectă o anumită lege de emisie, lege regăsită și la emisia dată de transponder. Echipamentul de la sol este prevăzut cu o linie de întârziere de 50 μ s, având scop de a crește eficacitatea în situația intensificării traficului aerian în zonă.

Receptorul interogatorului primește semnalele emise de la sol, sunt amplificate și transmise blocului decodificator unde sunt prelucrate numai acele semnale care sunt corecte, după care sunt aplicate la blocul de determinare a distanței, unde practic se măsoară diferența de timp între emisia semnalului de interogare și recepționarea semnalului corespunzător provenit de la transponder.

7. Sistemul de apropiere la aterizare ILS(*Instrument Landing System*)

Pentru mărirea siguranței și securității zborului la venirea la aterizare pe timp cu plafon foarte jos , vizibilitate redusă, condiții meteorologice nefavorabile s-a introdus sistemul de aducere la aterizare după aparate ILS . Acest sistem este folosit atât de aviația civilă cât și de aviația militară . Sistemul ILS, fiind un sistem neautonom, are în componența sa un complex de echipamente radiotehnice dispuse atât la sol cât și la bordul aeronavei, care permit pilotului în orice condiții meteorologice următoarele :

- Să mențină direcția precisă de apropiere la aterizare, corespunzătoare planului vertical ce trece prin axul pistei;
- Păstrând direcția de apropiere la aterizare, să coboare sub un unghi predeterminat, adică să se înscrie pe o pantă, astfel încât să ajungă la punctul optim de contact cu pista;
- Să determine distanța față de pragul pistei.

Sistemul ILS permite rezolvarea următoarelor probleme de navigație:

- intrarea pe axul pistei și menținerea direcției de aterizare până la pragul pistei;
- menținerea avionului pe o pantă de coborâre convenabilă până la vederea pistei;
- determinarea distanței aproximative față de un punct de referință;
- posibilitate corectării erorilor eventuale pe direcția de aterizare, fără calcule complicate

Clasificarea sistemelor ILS:

1. *Sistemul ILS de categoria I* este sistemul cu performanța cea mai scăzută, care permite efectuarea proceduri de apropiere până la o înălțime de luare a deciziei de 60m și o vizibilitate orizontală de 800m;

2. *Sistemul ILS de categoria a II-a* are o performanță mai ridicată, permițând efectuarea procedurii de apropiere până la o înălțime de decizie de 30m și o vizibilitate orizontală de 400m. Majoritatea aeroporturilor internaționale sunt dotate cu acest tip;

3. *Sistemul ILS de categoria a III-a*. Acesta se împarte la rândul lui în trei subcategorii:

- subcategoria III A permite efectuarea procedurii de apropiere până la o înălțime de decizie de 0m și o vizibilitate orizontală de 200 m;
- subcategoria III B permite efectuarea procedurii de apropiere până la o înălțime de decizie de 0m și vizibilitate de 50m;
- subcategoria III C permite efectuarea procedurii de apropiere până la o înălțime de decizie de 0m și vizibilitate de 0m;

Compunerea sistemului ILS:

P77 Un sistem ILS se compune dintr-un complex de instalații, dispozitive, instalații etc, dispuse la sol sau la bordul aeronavelor. Astfel putem enumera :

a. La sol:

- un radiofar de direcție sau aliniament (LLZ - Localizer);
- un radiofar de pantă (GP – *Glide Path*);
- radiomarkere MRK - IM (inner marker), MM (middle marker), OM (outer marker);
- dispozitive pentru controlul funcționării (monitoare);
- dispozitive de comandă și semnalizare la comandă;
- sistem de alimentare cu energie electrică propriu (de rezervă).

b. La bord:

- un receptor pentru semnalele radiofarului de direcție;
- un receptor pentru semnalele radiofarului de pantă;

- un receptor pentru semnalele radiomarkerelor;
- un indicator cu două ace în cruce („bull's eye” / CDI);
- dispozitiv de semnalizare optică și sonoră a recepționării semnalelor radiomarkerelor.

În afară de acestea, sistemul se mai completează și cu alte mijloace pentru asigurarea orientării până la interceptarea axului pistei: radiobalize, radiofaruri omnidirecționale, balizaj luminos.[6]

Amplasarea și funcționarea sistemelor de sol (fig.22):

Amplasarea pe teren a instalațiilor sistemului ILS se face în conformitate cu normele ICAO. Fiind vorba de mijloace radio de frecvență foarte înaltă și ultraînaltă se face de la sine înțeles că terenul pe care se instalează trebuie să fie lipsit de orice fel de obstacole.

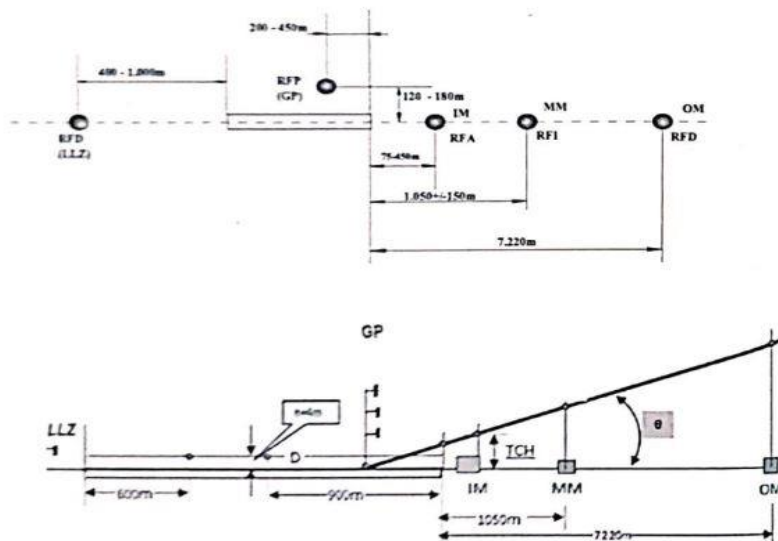


Fig. 22 Amplasarea în teren a instalațiilor sistemului ILS

P79 Radiofarul de direcție (LLZ - Localizer) este amplasat în partea opusă direcției de aterizare, dincolo de pragul PDA, în prelungirea axei, la o distanță ce variază între 200 și 500m.[6]

Puterea de emisie este de 50W;

Gama de frecvențe utilizată: 108,1-112MHz, pe frecvențele impare (108,1 MHz; 108,3MHz; 108,5 MHz.....111,9 MHz).

Frecvența purtătoare a emițătorului este modulată simultan cu frecvențele de 90 și 150Hz, formând două diagrame de directivitate, care prin suprapunere dau naștere unui fascicol sub forma unui sector îngust și a cărui bisectoare este axul pistei (fig. 23).



Fig.23 Antena radiofarului de direcție

Acoperirea este de 70° pentru o aeronavă care evoluează la o distanță de 45km și o înălțime de 600m. Lățimea fascicolului de direcție este de 5° (sau 3° la 6°).

Pentru o aeronavă care vine la aterizare, frecvența de 150Hz se află în dreapta.

La majoritatea sistemelor ILS fascicolul direcției se prelungește și în partea opusă radiofarului și poate fi utilizat pentru efectuarea apropiierilor pe CM

invers de aterizare. LLZ mai emite un semnal de identificare format din trei litere Morse.

Sistemul de antenă LLZ emite oscilații purtătoare sinfazice ce sunt modulate în amplitudine cu frecvențele $f_1 = 90 \text{ Hz}$ și $f_2 = 150 \text{ Hz}$.

$$u_1 = U_{m1} n_1(\varphi) (1 + m_1 \sin \Omega_1 t) \sin \omega t$$

$$u_2 = U_{m2} n_2(\varphi) (1 + m_2 \sin \Omega_2 t) \sin \omega t$$

Unde U_{m1} , U_{m2} reprezintă câmpurile în maximul diagramei de directivitate a antenei, $n_1(\varphi)$ și $n_2(\varphi)$ sunt funcții normate ale diagramei de directivitate a antenei iar m_1 și m_2 reprezintă coeficienții de modulație în amplitudine.

Câmpul generat de LLZ în regiunea îndepărtată pentru $U_{m1} = U_{m2} = U_m$ și egalitatea fazei curenților care alimentează antenele LLZ, este:

$$u_r = u_1 + u_2 = U_m [n_1(\varphi) + n_2(\varphi)] \{ 1 + [m_1 n_1(\varphi) \sin \Omega_1 t] / [n_1(\varphi) + n_2(\varphi)] + [m_2 n_2(\varphi) \sin \Omega_2 t] / [n_1(\varphi) + n_2(\varphi)] \} \sin \omega t.$$

Unde definim coeficienții adâncimilor de modulație spațială:

$$M_1 = m_1 n_1(\varphi) / [n_1(\varphi) + n_2(\varphi)]$$

$$M_2 = m_2 n_2(\varphi) / [n_1(\varphi) + n_2(\varphi)]$$

Linia direcției corespunde direcției $\varphi = \varphi_0$ pentru care $M_2 = M_1$, pentru zona de semnal egal se impune ca $m_1 = m_2 = m$

P83

Radiofarul de pantă (fig.24) (GP - Glide Path) este amplasat la o

distanță cuprinsă între 125 și 380m față de pragul PDA și lateral la 120 - 185m.

Puterea de emisie: 20W; Gama de frecvențe: 328 - 355,4 MHz.

Antena specială permite un unghi de pantă cuprins între 2° și 4° , dintre care cel optim este de $2,5^\circ$. Distanța de acțiune între limitele de 8 grade față de axul PDA este aproximativ la 18km la o înălțime de zbor de 600m.



Fig.24 Antena radiofarului de pântă

P85 Ca și la LLZ, frecvența purtătoare este modulată simultan cu aceleași două frecvențe: 90 Hz și 150Hz. Modulația de 150Hz este amplasată dedesubtul pantei, iar cea de 90Hz, deasupra. Comparativ cu sectorul de direcție, sectorul pantei este mai îngust. Sistemul de antene al GP constă din două antene, prima este alimentată cu oscilații modulate în amplitudine cu frecvența de modulație $f_1 = 90 \text{ Hz}$, partea inferioară, iar antena superioară este alimentată cu oscilații modulate în amplitudine cu frecvența de modulație $f_2 = 150 \text{ Hz}$.

Se consideră faptul că nu există defazaj între curenți de alimentare ai celor două antene (antena inferioară și antena superioară), putem scrie relațiile de câmp electromagnetic:

Pentru zona inferioară (i) avem $U_i = U_{mi}(\theta) (1 + \sin\Omega_1 t)$ respectiv zona superioară(s) avem $U_s = U_{ms}(\theta) (1 + \sin\Omega_2 t)$, ne rezultă un câmp radiant U_r :

$$U_r = U_s + U_i = [U_{ms} n_s(\theta) + U_{mi} n_i(\theta)] \cdot \{ 1 + [m_1 U_{mi} n_i(\theta) \sin\Omega_1 t] / [U_{ms} n_s(\theta) + U_{mi} n_i(\theta)] + [m_2 U_{ms} n_s(\theta) \sin\Omega_2 t] / [U_{ms} n_s(\theta) + U_{mi} n_i(\theta)] \}$$

Unde definim coeficienții adâncimilor de modulație spațială:

$$M_1 = m_1 U_{mi} n_i(\theta) / [U_{ms} n_s(\theta) + U_{mi} n_i(\theta)]$$

P87 Radiomarkerele sunt amplasate în axul PDA la distanțe stabilite prin norme. Ele sunt în număr de trei : IM (inner marker), MM (middle marker), OM (outer marker). Diagrama de directivitate este sub formă de pâlnie cu baza mare în sus, în plan vertical.

Puterea de emisie: 2,5W;

Frecvența de lucru: 75MHz.

P89 Pentru OM, semnalul de identificare este 2 linii/secundă la $f_{\text{mod}} = 400\text{Hz}$. Durata de zbor deasupra OM este de 12 - 4s pentru $V = 180\text{km/h}$ și panta de aterizare de $2,5^\circ$ (panta optimă).

Pentru MM, identificarea se face cu 2 linii și 6 puncte, iar $f_{\text{mod}} = 1.300\text{Hz}$. durata de zbor în con este de 6-2s, în aceleași condiții.

Pentru IM, identificarea se face cu 6 puncte/secundă, iar $f_{\text{mod}} = 3.000\text{Hz}$. Durata este de 3-1s.

Determinarea influenței vântului cu ajutorul sistemului ILS

Instalația de la bordul avionului permite pilotului să determine în spațiu poziția avionului față de planul direcției de aterizare. Cunoscând poziția în spațiu, el va putea cu ajutorul acestei instalații să efectueze corecțiile necesare pentru efectuarea unei apropieri corecte la aterizare în direcție. Determinările abaterilor și efectuarea corecțiilor necesare se realizează după indicațiile instrumentelor cu două ace în cruce, același care este folosit și pentru zborul după radiofarul omnidirecțional VOR și unde nu s-a folosit decât acul vertical.[6]

Receptorul radiofarului de direcție este de regulă același cu al radiofarului omnidirecțional VOR și reprezintă instrumentul de la bordul aeronavelor capabil să determine direct în zbor influența vântului asupra evoluției avionului. Determinarea influenței vântului asupra elementelor zborului se realizează similar procedului folosit în cazul radiofarului omnidirecțional VOR.

Proceduri de apropiere după sistemul ILS

P93 Intrând în zona aeroportului, folosim mijloacele de radionavigație existente pentru a aduce avionul în sectorul de direcție și pantă a sistemului ILS.

P94

Normele OACI recomandă ca ori de câte ori este posibil, etapa apropierii intermediare să se execute direct, fără alte manevre suplimentare. Când acest lucru nu este posibil, manevra standard de aducere a avionului în sectorul radiofarului de direcție este virajul de bază și virajul convențional. Instrumentul

P95

care permite pilotului, pe timpul apropierii finale, să determine abaterile în direcție și pantă, precum și să efectueze corecțiile necesare este indicatorul cu două ace în cruce, cel vertical arătând direcția iar cel orizontal panta. Acul indicatorului de pantă permite determinarea unor abateri ale avionului de până la $0,5^\circ$ față de panta optimă de coborâre și corespunde cu de pasarea extremă a acului în poziția superioară sau inferioară. Pentru orice abatere mai mare de $0,5^\circ$ acul va sta lipit de extrema inferioară sau superioară funcție de cum suntem abătuți. Acul indicatorului de direcție permite determinarea unor abateri maxime în direcție de $2,5^\circ$ față de direcția de aterizare. În figura 29 prezint ca exemplu indicatorul cu ace în cruce și valoare abaterilor pentru o apropiere finală.

P96

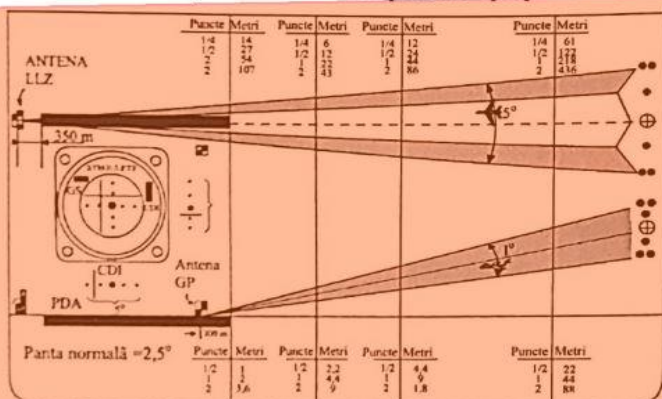


Fig. 29 Venirea la aterizare cu ajutorul sistemului ILS

P97 În cazul în care folosim pentru apropiere procedura virajului convențional este recomandabil ca la radiomarkerul exterior OM avionul să zboare o distanță suficientă pentru ca virajul să se efectueze sub panta de coborâre nominală. După terminarea virajului avionul trebuie să fie pe direcția de aterizare la o distanță de cel puțin 3,5 km înainte de interceptarea sectorului de pantă, efectuând un zbor orizontal necesar stabilizării avionului și pentru anumite manevre de pilotaj preliminar aterizării. Toate aceste manevre sunt prezentate în figura 3. astfel după terminarea virajului convențional și înscrierea pe direcție acul orizontal se va găsi poziționat în partea superioară a cadranului. Pe măsura

P98 apropierii în zborul orizontal spre pantă, acul se va deplasa lent spre în jos. Ajuns la mijlocul cadranului el trebuie menținut exact în această poziția ca avionul să coboare pe panta nominală. În timpul virajului pentru a asigura intrarea în sectorul radiofarului de direcție, fără manevre suplimentare, pilotul este obligat să controleze zborul prin coordonarea indicațiilor compasului giromagnetic cu cele ale indicatorului cu ace în cruce CDI.

P99

8. Radarul panoramic

Funcționarea radarului pasiv se bazează pe fenomenul de reflexie a energiei electromagnetice de către corpurile solide. Dacă un impuls electromagnetic este emis, undele sale se propagă pornind de la sursă cu viteza $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Întâlnind în calea sa un obstacol, o parte din energia electromagnetică este absorbită, funcție de materia din care este făcut obstacolul, iar o parte este reflectată în toate părțile cu aceeași viteză, deci și înspre radar. Dacă în drumul lor undele întâlnesc un corp solid (un nor, un teren, de exemplu) o parte din energia transmisă este reflectată în direcția sursei cu aceeași viteză. Dacă energia reflectată este detectată de un receptor sensibil, aflat la locul sursei, se poate măsura întârzierea între momentul transmisiei și cel al detectării semnalului reflectat sau cu alte cuvinte ecoul. Deoarece viteza este cunoscută se poate face un calcul simplu pentru a determina distanța între sursă și obiectul reflector sau țintă.

$$R = \frac{c \cdot t}{2}$$

unde : R-distanța radar țintă, c-viteza de propagare a undelor electromagnetice ($c=300000 \text{ Km/s}$), t-timpul dus întors, radar-țintă.

$$\text{Deci : } R = \frac{300000 \cdot t(\text{secunde})}{2} \text{ Km.}$$

Determinarea azimutului se face prin sincronizarea deplasării în azimut a antenei cu deplasarea baleiajului pe ecran. Datorită principiului său de lucru radarul primar se mai numește și radar pasiv.[1,7,8]

Radarul primar – elemente principale (fig.30)

Stațiile radar sunt instalații complexe care cuprind: antena (A), comutatorul de antenă (CA), emițătorul (E), receptorul (R), indicatorii (I), sistemul

de alimentare (SA), sistemul automat de urmărire (antena receptor SUA), sistemul de transmitere a datelor (STD), etc.

Emițătorul generează impulsuri în banda X pe care le transmite antenei prin intermediul comutatorului de antenă.

Receptorul amplifică ecourile recepționate de către antenă. Semnalul de la antenă la receptor ajunge prin intermediul comutatorului de antenă. Comutatorul de antenă protejează între ele emițătorul și receptorul. De la receptor semnalul amplificat este aplicat la indicatori prin intermediul sistemului de transmitere a datelor.[1,7]

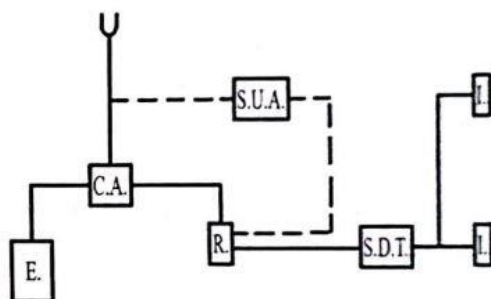


Fig.30 Schema bloc simplificată a radarului primar

În figura 30 mai avem notat sistemul de alimentare care asigură funcționarea întregului sistem și sistemul de urmărire automată care dă indicații în ceea ce privește azimutul.

P100 Regimurile de lucru pentru un radar panoramic pot fi: regimul „PREGĂTIT” deși radarul este pornit, antena nu se mișcă și nu emite. Al doilea regim poate fi „SOLUL”, radarul începe să lucreze pentru observarea terenului survolat.

Antena efectuează mișcarea basculantă stînga-dreapta și emite de regulă diagrama cosec pătrată.

Al treilea regim - „METEO”, radarul se utilizează pentru descoperirea și ocolirea norilor de furtună. În acest regim de lucru antena emite diagrama îngustă (ac).

În regimul al patrulea- „CONTUR”, se pune în evidență, pentru imaginea norilor de pe ecran prezența nucleelor de furtună periculoase zborului.

În ultimul regim , „DERIVA”, mișcarea de balans a antenei încetează. Suprapunerea diagramei de directivitate de-a lungul vectorului vînt se realizează deplasînd antena în azimut cu ajutorul a două butoane ;

P101 Radarul panoramic de bord emite două petale diferite: o petală foarte îngustă (petală ac) a cărei lărgime este în jur de 3° , destinată pentru descoperirea formațiunilor orajoase și o petală de tip cosec pătrată a cărei deschidere în plan vertical este cuprinsă între 25° - 35° cu o lățime de aproximativ 3° . Acest fascicol este destinat supravegherii solului și determinării elementelor de navigație: viteza la sol, deriva și relevmentul și punctul avionului, avînd particularitățile:

- precizia în determinarea azimutului : $+1,5^\circ$ - 2° ;
- precizia în determinarea distanței : 2-3%;
- precizia în determinarea unghiului de înălțare : $\pm 1\%$.

P102 Aproape toate antenele directive au diagrame de directivitate compuse din cîteva petale (lobi), din care una este principală sau de bază și cîteva laterale, care se numesc și petale parazite. Cu cît petalele laterale sunt mai mici și cu cît petalele principale sunt mai înguste cu atît este mai mare directivitatea antenei. Petala principală reprezintă de fapt fascicolul de energie electromagnetică folosită în lucrul radarului.

P103 Cu ajutorul radarului panoramic de bord se pot rezolva toate problemele de navigație aeriană, începând cu identificarea reperelor survolate și până la determinarea elementelor de navigație.

P104 Pentru identificarea reperelor terestre este necesar a se alege pe ecran scara cea mai convenabilă scopului urmărit. Astfel, pentru repere de suprafață mari se poate alege o scară mică, de exemplu 250 Km, unde nu este necesară o precizie prea mare, pe câtă vreme pentru o orientare de detaliu se va alege scara de 50 la 100Km.

P105 Determinarea poziției avionului se poate efectua cu multă precizie după relevmentul și distanța până la un reper caracteristic.

P106 Ca reper caracteristic se poate utiliza centrul localităților, țărni de mare, inflexiunile unui râu, lacuri etc. La determinarea poziției avionului se va alege o scară a ecranului care să se potrivească și cu harta de navigație utilizată. Relevmentul avionului se obține din însumarea capului compas și a gisementului reperului de pe ecran.

$$R_{\text{Areper}} = CA + \text{Grep}$$

$$R_{\text{Avion}} = CA + \text{Grep} \pm 180$$

La transpunerea distanțelor pe hartă trebuie avut în vedere că distanța măsurată de radarul panoramic este aceea oblică și nu orizontală.

În consecință, la distanța măsurată este necesar a se efectua o corecție.

După cum se vede din figura 31, distanța oblică Sobl reprezintă ipotenuza unui unghi, iar înălțimea de zbor H și distanța orizontală cele două catete. Distanța oblică și înălțimea fiind cunoscute, distanța orizontală se poate calcula ușor după formula :

$$S_{\text{oriz}} = \sqrt{S_{\text{obl}}^2 - H^2} \quad (3.3)$$

P108

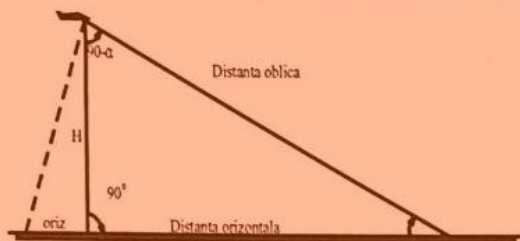


Fig 31- Determinarea distanței orizontale

Este evident că diferența dintre distanța orizontală și distanța oblică va fi cu atât mai mică cu cât înălțimea de zbor va fi mai mică și cu cât distanța până la reper va fi mai mare. [1]

În cazul când distanța până la reperul considerat este mai mare decât de cinci ori înălțimea de zbor, atunci diferența dintre distanța oblică și cea orizontală devine foarte mică și poate să nu fie luată în seamă.

În figura 31 se vede că distanța orizontală se poate obține din distanța oblică care este întotdeauna mai mare, scăzând corecția Δ_{oriz} :

$$S_{\text{oriz}} = S_{\text{obl}} - \Delta_{\text{oriz}}$$

Distanța orizontală se mai poate determina și cu ajutorul calculatorului, pe cale trigonometrică. Din figura 31 se observă că :

$$\frac{H}{\sin \alpha} = \frac{S_{\text{obl}}}{\sin 90^\circ} = \frac{S_{\text{oriz}}}{\sin(90 - \alpha)}$$

Cunoscând altitudinea de zbor și distanța oblică se obține valoarea unghiului α , iar de aici unghiul $(90-\alpha)$ din care rezultă distanța orizontală.

Măsurarea distanțelor se realizează determinând radial distanța de la originea liniei de desfășurare spre reperul de pe ecran, în funcție de cercurile de distanță și scara aleasă.[1]

Măsurarea direcțiilor spre repere, adică a gismentului, se execută prin apreciere din ochi a unghiului stânga-dreapta față de prelungirea axei longitudinale a avionului, cu ajutorul gradațiilor azimutale de pe ecran.

Pentru a defini caracteristica de radiație a antenei se mai folosește ca parametru unghiul de deschidere al diagramei de directivitate în plan orizontal și vertical. [1, 3, 8]

Se deosebesc două categorii principale de diagrame de directivitate: diagrama îngustă și diagrama cosecantă pătrat (cosec^2).

Diagrama îngustă (fig.32) este folosită la radarul de bord pentru descoperirea formațiunilor orajoase.

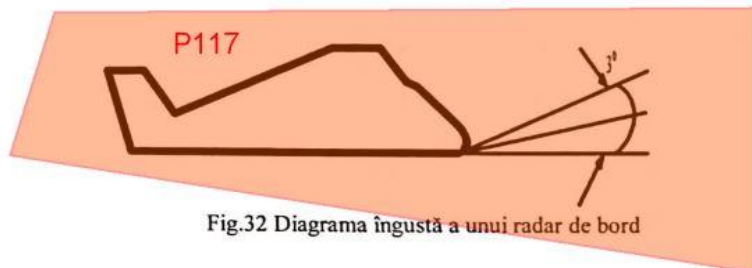


Fig.32 Diagrama îngustă a unui radar de bord

P118

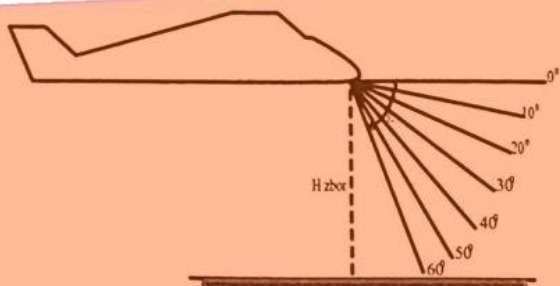


Fig.33 Diagrama cosecantă a unui radar panoramic de bord

Diagrama cosecantă pătrat (fig.33, 34, 35) este folosită de radarul panoramic de bord pentru identificarea reperelor de la sol.

P119

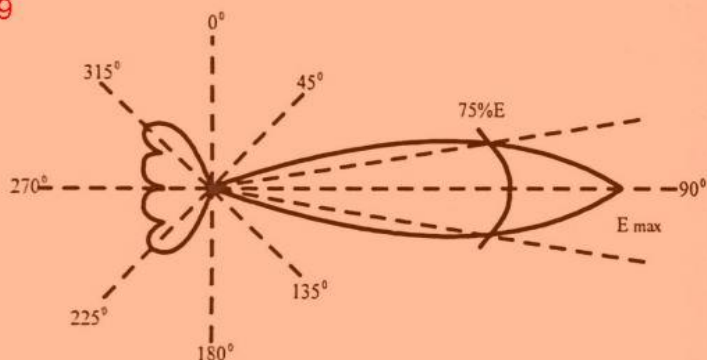


Fig.34- Diagrama cosecantă pătrat în plan orizontal a unui r.p.b.

P120

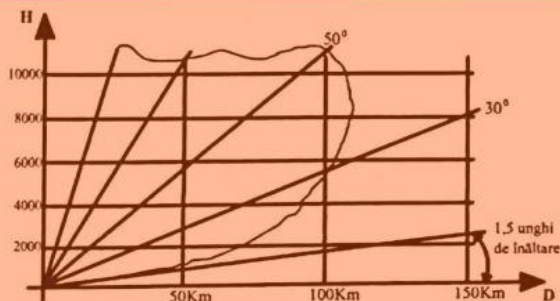


Fig.35 Diagrama cosecantă pătrat în plan vertical a unui r.p.b.

P121 Capacitatea de separare a radarului este posibilitatea pe care o are de a deosebi două ținte apropiate, dar situate diferit în distanță, azimut și unghi de înălțare.

P122 Frecvențele de lucru (lungimea de undă $\lambda=3\text{cm}$) sunt critice pentru radarul de bord deoarece o frecvență mai mică de 9300 MHz nu prezintă particularitățile de reflecție cele mai corespunzătoare nevoilor pentru care a fost conceput radarul, iar o frecvență mai ridicată decât 10000 MHz din contră este ușor reflectată de ceață și nori, ceea ce de asemenea l-ar face inutilizabil în anumite condiții meteorologice de zbor.[1,3]

P123 Datorită proprietăților de reflectare a diferitelor obstacole de pe suprafața terenului și a lungimii de undă critice a radarului de bord, prin observarea liniei de desfășurare, se pot determina ce anume repere se află în direcția de zbor a avionului.

P124 Pentru a obține imaginea terenului, antena are o mișcare de balans continuă în sector, radierea în spațiu făcându-se numai în deplasarea antenei dinspre stânga spre dreapta și sincron cu aceasta se deplasează și linia desfășurării de pe ecranul indicatorului.

P125 Ecranul indicatorului are însușirea de iluminare remanentă datorită căreia imaginea luminoasă a fiecărei linii de desfășurare se menține câteva secunde, ceea ce dă posibilitatea observării simultane a imaginii întregului sector. [1]

Odată cu imaginea reperelor de pe ecran apar și gradațiile de azimut din 10° - 15° imprimate de regulă pe ecran, precum și semnalele de calibrare a distanțelor sub formă de arce de cerc.

Determinarea punctului aeronavei cu ajutorul unei linii de poziție (relevmentul adevărat al aeronavei) și distanța până la un reper de pe sol

P126 Pentru determinarea punctului avionului este necesar ca pe panoul de comandă al radarului, comutatorul modului de lucru să fie pus pe poziția corespunzătoare supravegherii solului.

P127 Urmărind reperele de pe ecran, se va alege unul singur, care există și pe harta de navigație, determinându-se distanța și gisementul. Din gisementul determinat și capul compas de zbor (fig.36), se obține ușor linia de poziție sau relevmentul adevărat al avionului, care trasat pe hartă de la reperul ales la distanța măsurată pe ecran va da punctul avionului.

P128

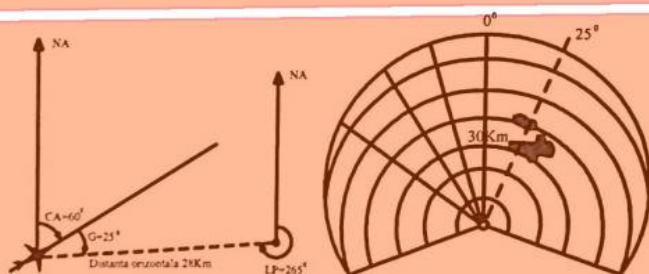


Fig. 36 - Determinarea punctului avionului cu ajutorul unei linii de poziție și distanței până la un reper.

P129 Astfel, spre exemplu, un avion se deplasează cu un cap compas de 58° . Declinația magnetică este $+2^\circ$ iar deviația compasului 0° .

Gismentul reperului determinat pe ecran este 25° , iar distanța oblică până la reper 30Km.

Altitudinea de zbor fiind 10000 m, deci mai mică decât de cinci ori înălțimea de zbor, reiese că este necesar să se determine distanța orizontală.

Cu ajutorul calculatorului, sau folosind tabele, se obține :

$$\text{Soriz}=28,5 \text{ Km}$$

De asemenea:

$$\text{LP}=\text{CA}+\text{Grep} \pm 180^\circ=60^\circ+25^\circ+180^\circ=265^\circ$$

. **Determinarea punctului aeronavei prin măsurarea distanțelor la două repere diferite**

P130

Se alege pe ecranul indicatorului două repere distincte și se determină distanța până la acestea.

Se identifică pe harta de navigație aceste două repere și se trasează două cercuri cu razele corespunzătoare celor două distanțe determinate (fig.37).

P132

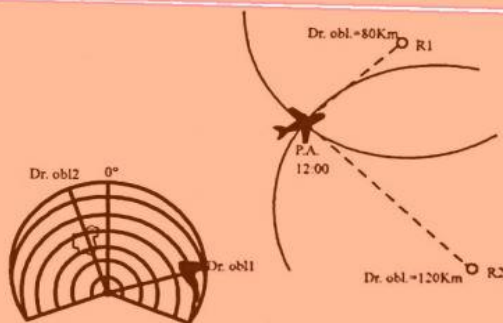


Fig.37- *Determinarea punctului avionului prin măsurarea distanțelor la două repere diferite*

P133 Astfel, spre exemplu, la ora 12:00 se determină distanțele Sobl 1=80 Km și Sobl 2= 120 Km, înălțimea de zbor fiind 7000m.

Distanțele oblice fiind mai mari decât de cinci ori înălțimea, nu este necesar a se determina distanțele orizontale.

Ducând cercurile cu razele de 80 Km și 120 Km, se obține punctul avionului PA la intersecția lor.

Deoarece problema admite două soluții, se va ține seama și de orientarea aproximativă a reperelor față de avion.[1,8]

Determinarea vitezei la sol și a derivei prin două puncte (poziții) ale aeronavei.

P134 Pentru determinarea vitezei la sol și a derivei prin acest procedeu, se alege pe ecranul indicatorului orice reper bine conturat și de dimensiuni nu prea mari. În cazul în care acest reper se identifică și pe hartă, atunci este posibil să se afle și direcția și intensitatea vântului.

În momentul în care reperul ajunge la un cerc de distanță plasat către periferia ecranului se determină gismentul G1 (fig.38) și se dă drumul la cronometru.

Se măsoară timpul scurs până ce reperul ales ajunge la un alt cerc de distanță mai apropiat de origine, determinându-se de data aceasta gismentul G2.

P136

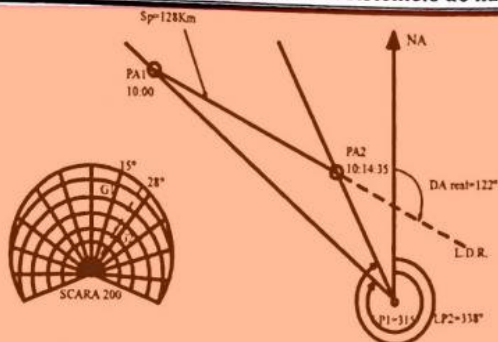


Fig. 38- Determinarea vitezei la sol și a derivei prin două poziții ale avionului

Cunoscând gismentele se pot calcula cele două linii de poziție și știind distanțele se pot afla punctele avionului în cele două momente alese. Pentru ușurință și ori de câte ori nu a fost identificat reperul pe hartă, se rezolvă problema grafic. În acest scop, pe o foaie de hârtie, se fixează arbitrar o origine a măsurărilor, de unde se trasează la scară elementele determinate pe ecran. Din spațiul parcurs măsurat pe graficul întocmit și din timpul cronometrat se obține viteza la sol. [1]

Din drumul real urmat și capul adevărat al avionului se obține valoarea unghiului de derivă. Pentru exemplificare se consideră că un avion se deplasează cu un cap compas de 115° și la o altitudine de 6000 m.

Declinația magnetică $\Delta m = +5^\circ$, iar deviația compasului $\Delta c = 0^\circ$.

La ora 10:00 se identifică un reper la distanța de 200 Km și un gisment de 15° (fig.3.4). La ora 10:14:35 reperul identificat atinge cercul de distanță de 80 Km sub un gisment de 38° . Deoarece distanțele oblice considerate sunt mai mari decât 5 H, ele pot fi folosite direct în calcul. Se determină liniile de poziție conform relațiilor 3.1 și 3.2 :

$$LP1 = CA + G1 \pm 180^\circ = 120^\circ + 15^\circ + 180^\circ = 315^\circ$$

$$LP2 = CA + G2 \pm 180^\circ = 120^\circ + 38^\circ + 180^\circ = 338^\circ$$

Pe o foaie de hârtie, din punctul ales ca origine, se trasează un Nord Adevărat și cele două linii de poziție LP1 și LP2. La o scară aleasă convenabil se fixează punctele avionului după cele două distanțe determinate PA1 și PA2 și se obține spațiul parcurs egal cu 128 Km. Cu ajutorul calculatorului sau aritmetic se află că pentru această distanță și un timp de 14min și 35sec corespunde o viteză la sol de 530 Km/h. Tot pe grafic, prelungind linia drumului real urmat, se măsoară unghiul drumului real al avionului, 122° , de unde se poate obține și deriva :

$$Av = DA_{real} - CA = 122^\circ - 120^\circ = 2^\circ$$

P137 Dacă reperul a fost identificat pe hartă și cunoscând drumul obligat al avionului și viteza proprie, se poate determina direcția și intensitatea vântului, construind triunghiul de navigație al vitezelor.

Determinarea vitezei la sol și a derivei după deplasarea radială a reperelor

Atunci când se observă că unele repere de pe ecranul indicatorului se deplasează radial, de-a lungul unei linii azimutale, deriva se obține din reperul, eventual prin interpolare din ochi între liniile azimutale marcate pe ecran.

Viteza la sol se obține din spațiul parcurs și timpul cronometrat. Astfel, spre exemplu, un avion ce zboară la o altitudine de 8000 m identifică la ora 10:00 un reper ce se deplasează de-a lungul direcției de 10° ($G=10^\circ$) la o distanță oblică de 40Km.

P141

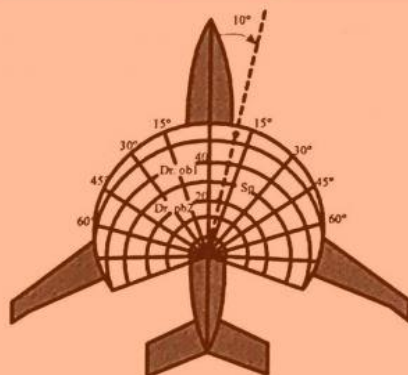


Fig.39- Determinarea vitezei sol și a derivei prin deplasarea radială a unui reper

La ora 10:02:25 reperul se găsește la o distanță de numai 20Km.

Deriva Δv este de 10° (fig. 39).

Transformând distanțele oblice în distanțe orizontale se obține :

Soriz1=39Km și Soriz2=18,1Km

Spațiul parcurs (Sp) va fi egal cu :

$Sp = Soriz2 - Soriz1 = 39 - 18,1 = 20,9 \text{ Km}$

Cu ajutorul calculatorului, se determină că în 2 min. și 25 sec acest spațiu este parcurs cu o viteză la sol de 520 Km/h.

Pentru ușurința calculelor se pot utiliza tabelele 1, și figura 40 prezentate mai jos.

Tabelul 1 Corelarea înălțime – viteză la sol

P142

D_{obl1} și D_{obl2}	30-10	40-10	40-20	50-20	30-15
H	Km	Km	Km	Km	Km
4000	20,6	30,6	20,2	30,2	15,3
5000	20,9	31,0	20,3	30,4	15,4
6000	21,4	31,6	20,5	30,5	15,6
7000	22,0	32,3	20,7	30,8	15,9
8000	22,9	33,2	20,9	31,0	16,2
9000	24,2	34,6	21,1	31,3	16,6
10000	28,3	38,7	21,4	31,7	17,1

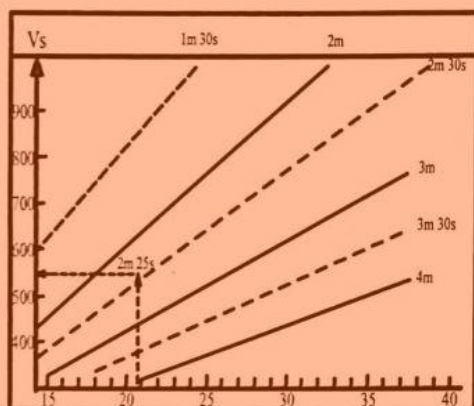


Fig.41- Diagramă pentru determinarea vitezei la sol

Astfel, din coloana corespunzătoare celor două distanțe oblice și altitudinea de zbor, se obține distanța parcursă (Sp).

Noutăți în domeniul radarelor panoramice de bord

În capitolele precedente am observat posibilitățile radarului panoramic de bord și anume: observarea în sector a terenului din fața avionului; folosirea acestuia pentru executarea navigației aeriene, în condițiile lipsei vizibilității, prin determinarea locului avionului după reperele de radiolocație și elementele de navigație; iar de asemenea, se poate scoate avionul la țintă sau la aerodromul de aterizare.

Din cauza acestor multiple utilizări ale radarului panoramic de bord acesta este un instrument ce n-ar trebui să lipsească din dotarea aeronavelor din ziua de azi, chiar dacă acesta este folosit doar ca instrument de control și nu de bază în efectuarea observațiilor, calculelor și manevrelor.

Acest aparat de bord datorită caracteristicilor sale este folosit mai ales în dotarea aeronavelor de viteză relativ mică, de obicei la elicoptere și la avioanele de transport.

La unele aeronave radarul panoramic de bord este un radar combinat-multifuncțional, are și funcții de marcarea a țintelor, de ghidare a rachetelor, de urmărire, de control, de cartografiere a terenului, de supraveghere, de urmărire a vremii, etc.

Mai jos se enumeră și descrie câteva tipuri de radare panoramice de bord, aflate în dotarea câtorva aeronave din lume.

1. Primul tip de radar este AN/APS-503, LASR-2 sau ROMEO II.

Acesta este un radar ce folosește emisia undelor milimetrice.

El este creat special pentru dotarea elicopterelor.

9. Bibliografie

1. Eusebiu Hladiuc, Alexandru Viorel Popescu - *Navigație aeriană* Editura Junimea, Iași, 1977;
2. Anghel, E - *Manualul de navigație*, Editura Militară, București, 1987;
3. Cîrciu I.- *Sisteme radioelectronice de aviație și comunicații*, Ed. Academiei Forțelor Aeriene „Henri Coandă”, Brașov, 2006
4. Cehan V.- *Principiile sistemelor de radionavigație*, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de electronică și telecomunicații, *note de curs*
5. *Jane's - Radar and electronic warfare systems 1995-1996*
6. Boboc Dănuț, Farkas Alexandru, Maria Mihai- *Sistemul de aterizare după instrumente ILS*.
7. G. Rulea, *Bazele Radiolocației*- Editura Didactică și Pedagogică, București, 1966
8. *** - *Airborne weather radar: Pilot' Handbook/RCA*
9. Tooley, M., Wyatt, D.-*Aircraft Communications and Navigation Systems. Principles, Maintenance and Operation*”, Ed. Routledge, New York, 2011

Bun de tipar la data de: 01.12.2014

Coli de tipar: 54 - 21 x 29,7

Tiraj: 100

Tiparul: SC YOLANS COM s.r.l. Brasov

ISBN 978-973-131-298-9



**Râșnov, Brașov
Str. Panseluțelor, Nr. 22
tel/fax: 0268230181
mobli: 0737147687
E-mail: luxlibris@gmail.com**