



NYÍREGYHÁZI
EGYETEM

LÉGI JÁRMŰVEK FEDÉLZETI RENDSZEREI

Oktatási segédlet

Szerzők:

Dr. Ferenczi István PhD, okleveles villamosmérnök

Ferenczi Ildikó, okleveles villamosmérnök, számítástechnikai szakmérnök

Dr. Szilágyi Dénes PhD, főiskolai docens

Lektorálta:

Szelestey Gyula, főiskolai docens

ISBN 978-615-5545-89-4

Kiadó:

Nyíregyházi Egyetem

2018

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	2
BEVEZETÉS.....	7
1. Repüléskoordináló és optimalizáló rendszer (<i>Flight Management System</i>).....	9
1.1. Az FMS felépítése.....	9
1.1.1. Üzemeltetés.....	10
1.1.2. Vezérlő és kijelző egység (CDU).....	12
1.2. A repüléskoordináló számítógép (FMC, Flight Management Computer).....	13
1.2.1. Navigációs adatbázis.....	14
1.2.2. Teljesítmény adatbázis.....	15
1.2.3. Fontosabb CDU és FMC kifejezések.....	16
1.2. A CDU kezelése.....	20
1.2.1. CDU üzenetek.....	20
1.2.2. Jegyzet blokk (munkaterület) / Üzenetbevitel (Scratch pad/Message block).....	20
1.2.3. Általános szabályok.....	20
1.2.4. Repülés előtti előkészítés.....	21
1.2.5. FMS üzemeltetése repülés közben.....	22
1.2.6. Vízszintes Navigáció.....	23
1.2.7. Függőleges navigáció.....	23
1.2.8. Bemeneti / Kimeneti FMC adatok.....	28
2. Hajtómű ellenőrző rendszer.....	29
2.1. Hajtómű ellenőrző rendszer, figyelmeztető jelzések, és rendszerösszegző kijelzők.....	30
2.1.1. Személyzet részére szóló figyelmeztető jelzések.....	31
2.1.2. Rendszerösszegzők.....	31
2.1.3. Az MFDS.....	32
2.1.4. Az EICAS.....	33
2.1.5. Az ECAM.....	33
3. Automatikus repülésvezérlő és repülési tulajdonság javító rendszer (AFCAS).....	35
3.1. Irányítás fogalma.....	36
3.2. A robotpilóta (AP).....	38
3.2.1. Felépítése.....	38
3.2.2. Egy szokványos robotpilóta csatorna.....	39

3.2.3. A differenciátor (D)	43
3.2.4. Az integrátor (I)	43
3.2.5. Kiegészítő szabályozások	44
3.2.6. A működtető egység	44
3.2.7. Bekapcsolást reteszoló áramkör	46
3.2.8. Kormány szerv vezérlés és a fly by wire	47
3.2.9. Vezérlési elvek	48
3.2.10. Szerkezeti igénybevételek	49
3.3. A pályavezérlő rendszer (Flight director)	51
3.4. Automatikus tolóerő szabályzó rendszer (Automatic Throttle System ATS)	53
3.4.1. Sebesség parancsadó rendszer (Speed Command System)	53
3.4.2. Megközelítés során használt tolóerő szabályzó rendszer (approach autothrottle system)	53
3.4.3. A teljes repülést kiszolgáló tolóerő szabályzó rendszer (Full Flight Regime Autothrottle System)	54
3.4.4. Tolóerő szabályozás és kijelzés	56
3.5. Repülési tulajdonságokat javító rendszer	56
3.5.1. Függőleges tengely körüli lengések csillapítása (Yaw Damper)	56
3.5.2. A Holland orsó, (Dutch roll) lengéscsillapító rendszer	57
3.5.3. Csúszásmentes forduló	58
3.5.4. Asszemiterikus tolóerő kompenzációja	58
3.5.5. Repülési terhelésterület védelem	60
- Maximális üzemeltetési sebesség (V_{mo}), vagy maximális üzemeltetési Mach szám (M_{mo}): -	60
- Zöld vonal vagy Drift down sebesség: -	60
3.6. Az automatikus repülésvezérlő és repülési tulajdonság javító rendszer gyakorlati használata	61
3.6.1. Általános	61
3.6.2. CS - AWO	61
3.6.3. „Fail passive” automata leszállító rendszer	62
3.6.4. Fail operational automatikus leszállító rendszer	62
3.6.5. Fail operational hybrid leszállító rendszer	62
3.6.6. CAT 1, 2 és 3	63
3.6.7. Repülési üzemmód kijelző (Flight Mode Annunciator FMA)	63

3.7. Felszállás.....	64
3.7.1. Felszállás előtt.....	64
3.7.2. Nekifutás.....	65
3.7.3. Emelkedés.....	66
3.7.4. FMS emelkedés (VNAV).....	66
3.7.5. Vertical Speed (V/S) emelkedés.....	67
3.7.6. Flight Level Change (FLCH) emelkedés.....	68
3.7.7. ALT HOLD üzemmód.....	68
3.7.8. LNAV üzemmód.....	69
3.7.9. Heading üzemmód.....	70
3.7.10. A VOR üzemmód.....	70
3.8. Lendülés.....	71
3.8.1. FMS süllyedés (VNAV).....	71
3.8.2. Vertical speed (V/S) descent.....	71
3.8.3. Flight Level Change (FLCH) süllyedés.....	71
3.8.4. FMS megközelítés.....	72
3.8.5. ILS megközelítés.....	72
3.8.6. Megközelítés csak a LOCALISER használatával (LOC).....	73
3.8.7. VOR megközelítés.....	73
3.8.8. (Auto)land.....	73
3.8.9. Átstartolás.....	75
4. Vészjelző és adatrögzítő rendszerek.....	76
4.1. Átesésjelző.....	76
4.1.1. Átesés védelem.....	76
4.1.2. Kisgépes átesésjelző.....	77
4.1.3. Nagygépes átesésjelző.....	77
4.2. Túlzott sebesség (Overspeed) jelzések.....	79
4.3. Helytelen konfigurációra figyelmeztető rendszer.....	79
4.4. Magasság figyelmeztető rendszer.....	80
4.4.1. Előrejelző rendszer.....	80
4.4.2. Eltérés figyelmeztetés.....	81
4.5. Repülési helyzetre figyelmeztető rendszer.....	82
4.6. EICAS (Engine Indicating and Crew Alerting System).....	83

4.6.1. MASTER WARNING / CAUTION lámpajelzés.....	83
4.6.2. Kijelző üzenetek	85
4.6.3. Figyelmeztetés gátlók (Inhibits)	86
4.6.4. Állapotjelzők.....	86
4.6.5. Karbantartás	87
4.6.6. Nem normális kijelzések.....	87
4.6.7. ECAM (Electronic Centralised Aircraft Monitoring).....	87
4.7. Fedélzeti adatrögzítő rendszer (FDR).....	90
4.7.1. Fekete doboz	90
4.7.2. Fedélzeti hangrögzítő (CVR, Cockpit Voice Recorder).....	91
4.7.3. Karbantartás rögzítő (Maintenance Recorder).....	92
4.8. Levegőben történő ütközést megakadályozó rendszer	93
4.8.1. Általános leírás	94
4.8.2. Vészjelzési szintek	95
4.8.3. A vezérlő panel	97
4.8.4. A TCAS kijelző helytelen használata	99
4.9. Földközelség figyelmeztető rendszer (TAWS).....	100
4.9.1. Általános leírás	101
4.9.2. Mode 1: Túlzott süllyedési ráta	102
4.9.3. Mode 2: Túlzott földközelség.....	103
4.9.4. Mode 3: Magasságvesztés felszállás után.....	105
4.9.5. Mode 4: Nem szándékos magasságvesztés.....	106
4.9.6. Mode 5: Siklópálya alá süllyedés	108
4.9.7. Magasabb szintű figyelmeztetések	109
4.9.8. Mode 7: szélnyírás	110
4.10. Továbbfejlesztett GPWS (EGPWS, Enhanced GPWS).....	111
4.10.1. A kijelző.....	111
4.10.2. Domborzatfigyelmeztetés	112
4.10.3. Domborzattól való elkülönítés.....	113
5. Adatkommunikációs rendszerek.....	114
5.1. Hang alapú kommunikáció átalakítása	114
5.2. Műholdas kommunikáció (SATCOM)	115
5.2.1. Felépítése és működési elve.....	116

5.2.2. Műholdak	118
5.2.3. A felszínre telepített földi állomások (GES).....	119
5.3. Future Air Navigation System (FANS)	120
5.4. Kommunikáció, navigáció, felügyelet és a Légiforgalmi Menedzsment (CNS/ATM)	120
5.4.1. Microwave Landing System (MLS)	121
5.4.2. GPS megközelítések	121
5.4.3. Multi-Mode Receiver (MMR)	121
5.5. Aircraft Communication Addressing and Reporting System (ACARS)	121
5.5.1. ACARS menedzsment egység (MU).....	122
5.5.2. A nyomtató	123
5.5.3. Multifunction Control and Display Unit (MCDU).....	123
5.6. Aeronautical Telecommunications Network (ATN)	124
5.7. Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC)	124
5.8. Automatic Dependent Surveillance (ADS).....	126
5.8.1. ADS-B (Sugárzás)	126
5.9. FANS rendszer az Airbus A330-as repülőgépen.....	127
5.10.1. Navigáció	127
5.10.2. Kezelőeszközök a személyzet számára.....	128
5.10.3. Adatátvitel.....	128
Utószó	130
Irodalomjegyzék	131

BEVEZETÉS

Az elektronikus műszerek és berendezések megjelenése a repülőgépek fedélzetén a 60-as évekre vezethető vissza. Az elektroncsöves berendezéseket egyre inkább felváltották a félvezető alapú tranzisztoros készülékek. 1970-es években a tranzisztorokkal már digitális áramköröket fejlesztettek a repülőgépek számára. Kezdetben ezek kizárólag a katonai repüléstechnikában kerültek felhasználásra, mint navigációs és harci berendezések. A fedélzeti elektronika alkalmazása sok éven keresztül korlátozott volt. Az analóg rendszerek jelszint- és feszültség ingadozásai és egyéb lineáris és nemlineáris problémáik miatt, sok esetben a rendszert megbízhatatlanná tették.

Az 1970-es évek második fele és az 1980-as évek eleje óta elképesztő mértékben kezdték alkalmazni a digitális technikát. A mikroprocesszorok megjelenése, valamint a szoftveres fejlesztések tették lehetővé a digitális technika széleskörű elterjedését és ma már gyakorlatilag egyetlen repülőrendszer sem képes nélkülözni ezt a technikát. Az Airbus A320-as család gépeiben jelent meg először az elsődleges digitális vezérlés. Ez még mechanikus biztonsági rendszerrel volt kiegészítve arra az esetre, ha valamilyen probléma történne a digitális vezérléssel. Az Airbus A380-as és a Boeing 787-es típusoknál már csak digitális szabályozó berendezések működnek – mechanikus biztonsági rendszer nélkül.

Annak ellenére, hogy a repülőgép segédberendezéseiben a digitális technikát csak később vezették be, a mai fedélzeti rendszerekben gyakorlatilag már minden digitális. [4]

A korszerű digitális fedélzeti műszerek és intelligens berendezések alkalmazása a repülőgép-irányító személyzet létszámát is megváltoztatta. Régebben még a repülési személyzet több főből állt. A pilótafülkében a pilóták mellett fedélzeti mérnökök, navigátorok és rádiókezelők is dolgoztak. Napjainkban azonban a szerepüket számítógépek vették át, köszönhetően a modernebb megbízhatóbb rendszereknek. Ahogy csökkent a személyzet létszáma a pilótafülkében, egyre szélesebb körű felelősség nehezedett a pilóták vállára, nem beszélve arról, hogy a repülőgépek komplexebbek, nagyobbak és nagyobb hatótávolságúak lettek. Ezért nagyon fontos, hogy ezek a műszerek megbízhatóak, üzembiztosak, áttekinthetőek és könnyen kezelhetőek legyenek.

Ebben a kiadványban elsősorban arra törekedtünk, hogy átfogó ismereteket gyűjtsünk össze a repülőgépek fedélzeti műszereinek és berendezéseinek működési elvéről, használatáról és esetleges karbantartásairól. Főleg rangos idegen nyelvű oktatási célú

kiadványokat használtunk fel, mint például az **Oxford Aviation Academy, Aircraft General Knowledge 2. és 4. kötet** [7] valamint a norvég **Nordian képzőszervezet, Instrumentation 6. kiadás** tankönyvét [8].

Az oktatási segédlet elsősorban a Közlekedésmérnöki és a Hivatásos repülőgép-vezetői szak hallgatóinak nyújt segítséget a felkészülésben az új Part-FCL követelményrendszernek megfelelően, de mindenki számára érdekes lehet, aki szeretné megismerni a légi járművek sokoldalú, néha bonyolultnak tűnő műszereit és berendezéseit. Ebben a kötetben a repüléskoordináló és optimalizáló rendszer, a hajtómű-ellenőrző rendszerek, a robotpilóta, a vészjelző és figyelmeztető rendszerek kerülnek bemutatásra.

Megjegyzés: Mivel a légi közlekedésben és a légi irányításban általában a műszerek és berendezések angol elnevezéseit használják, ezért a jegyzetben is legtöbb esetben az angol elnevezésekkel találkozhatnak.

1. Repüléskoordináló és optimalizáló rendszer (*Flight Management System*)

Régebben a repülési személyzet több főből állt, a pilótafülkében a pilóták mellett dolgoztak rádiókezelők, fedélzeti mérnökök, navigátorok. Napjainkban azonban a szerepüket számítógépek vették át, köszönhetően a modernebb megbízhatóbb rendszereknek.

Ahogy csökkent a személyzet létszáma a pilótafülkében, egyre szélesebb körű felelősség szállt a pilótákra, nem beszélve arról, hogy a repülőgépek komplexebbek, nagyobbak és nagyobb hatótávolságúak lettek.

Annak érdekében, hogy csökkentsék a pilóták munkaterhelését, kifejlesztették a repüléskoordináló és optimalizáló rendszert – továbbiakban FMS. Az FMS integrálja azokat a rendszereket, amelyek a repülés végrehajtását segítik, és a hatékonyabb működés érdekében a rendszer együtt dolgozik a robotpilótával, illetve a pályavezérlő rendszerrel (*flight director*), így segítve a pilóták helyzet tudatosságát.

1.1. Az FMS felépítése

Két fő egysége az *FMS*-nek:

- *Multi Function Control and Display Unit (MCDU)* – Multifunkciós vezérlő és kijelző egység
- *Flight Management Computer (FMC)* – repüléskoordináló számítógép

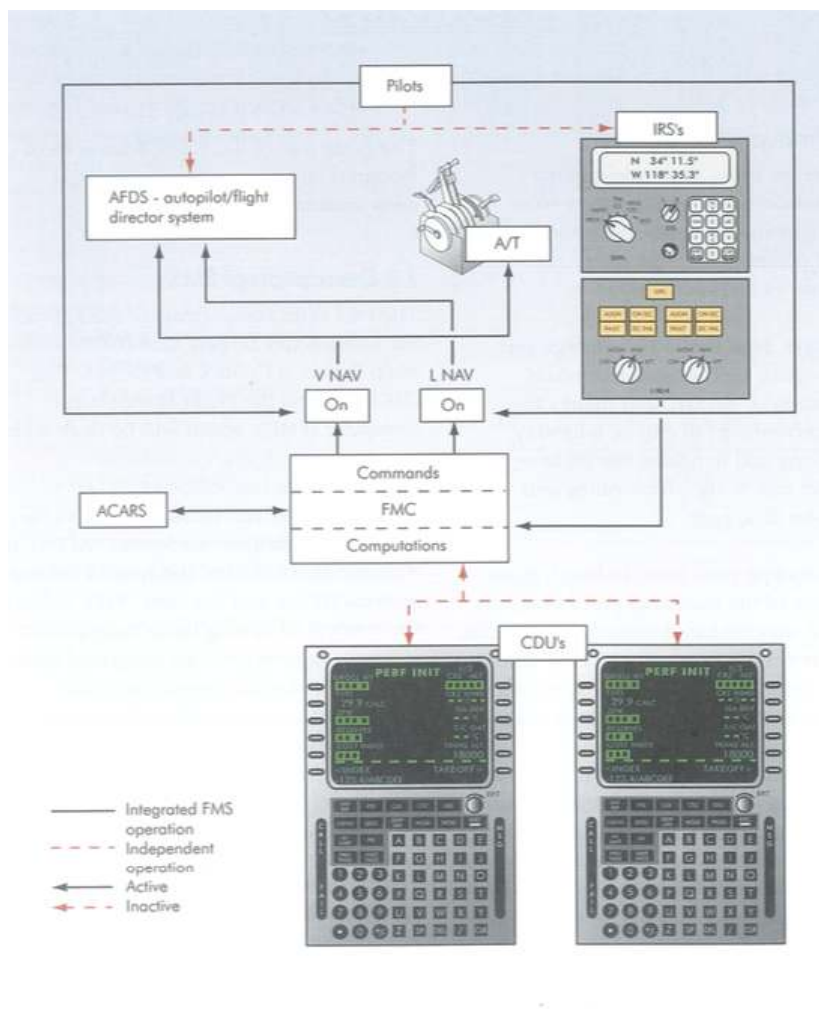
Az *FMS* a következő rendszerekkel működik együtt:

- *Autopilot/Flight Director System (AFDS)*- robotpilóta/pályavezérlő rendszer
- *Autothrottle (A/T)*- automatikus tolóerő szabályozó
- *Inertial Reference System (IRS)*- Tehetetlenségi referencia rendszer

Az *FMS* ezen független rendszereket integrálja, amely folyamatos automatikus navigációt, és teljesítményvezérlést tesz lehetővé (1.1. ábra).

Lényegében az *FMS* képes 4 dimenziós navigálásra (szélesség, hosszúság, magasság, idő), miközben optimalizálja a teljesítményt a lehető leggazdaságosabb repülés érdekében.

Az integrált *FMS* lehetővé teszi a központi vezérlését a repülési pályának, illetve a teljesítmény paramétereknek. A rendszer központi eleme a repüléskoordináló számítógép, továbbiakban *FMC*. A számítógép sok rutinfeladatot és számítást végez el a pilóták helyett, de a személyzet feladata ellenőrizni a számítógép helyes működését.



1.1. ábra. Az FMS integrációja (forrás: [8], 7-2 p.)

1.1.1. Üzemeltetés

A CDU segítségével lehet bevinni a kívánt repülési illetve teljesítmény adatokat az FMC-be. Ezután az FMC által elvégzett számítások megjelennek a CDU-n, így azok leellenőrizhetők. A laterális illetve vertikális FMC parancsokat a vezérlő panelen keresztül lehet az AFDS illetve A/T felé továbbítani. Az IRS illetve más szenzorok további információkat továbbítanak a számítógépnek. A CDU az ACARS (*Aircraft Communications Addressing and Reporting System*) rendszerrel szintén összeköttetésben áll, amely folyamatos rövid üzeneteket küld a földre a repülés minden fázisának megkezdésekor.

Amikor a rádió navigációs jelek nem elérhetők, akkor az FMC az IRS-t használja a helyzetmeghatározáshoz. Ekkor figyelmeztető üzenet jelenik meg a személyzet számára, felhívva a figyelmet a kisebb pontosságra. Ha csak az IRS segítségével navigál a repülőgép, akkor az FMC automatikusan korigálja az IRS-ből kapott adatokat a lehető legpontosabb helyzetmeghatározás érdekében.

Ezt a korrekciós faktort a számítógép úgy állapítja meg, hogy figyeli az IRS teljesítményét, amikor elérhető más, pontosabb navigációs eszköz. A személyzetnek az IRS pontatlansága miatt fokozottan kell ügyelni repülőtér megközelítése közben. Süllyedés közben meg kell állapítani az FMC navigáció pontosságát a rendelkezésre álló rádió navigációs eszközök segítségével.

Megjegyzés: pontatlan rádió navigációs eszközök esetén az FMC eltérhet a kívánt repülési pályától.

A személyzet által kiválasztható az automatizáció mértéke. Így a repüléshez használható csak CDU, mint adat display referencia a manuális repüléshez (*advisory role*), vagy használható konvencionális robotpilóta funkció, esetleg teljes körű FMS által vezérelt automatikus repülés, teljesítményszabályozással (*flight management role*).

Azonban az utóbbi esetben is a repülőgép kiszolgálása, illetve a repülés menedzselése teljesen a pilóták feladata marad. Néhány repülési fázis csak a pilóták által hajtható végre, így például:

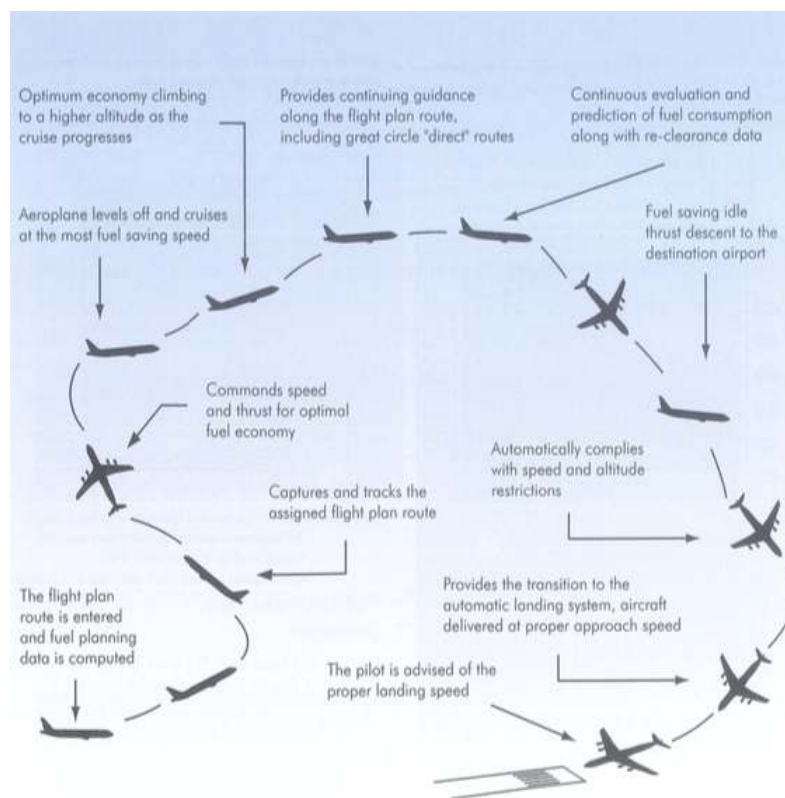
- Kezdeti gázadás
- Felszállás
- Magasság kiválasztása
- ILS lehangolása
- Repülőgép konfiguráció
- Kigurulás leszállás után

A személyzet feladata ellenőrizni, hogy az FMC általi navigáció nem tér-e el a kívánt repülési pályától.

A tanácsadási feladat (*advisory role*), egy másodlagos funkció. Ennek segítségével megfelelő kijelzéseket, figyelmeztetéseket, cél értékeket szolgáltatnak a pilóták számára, manuális repülés-végrehajtás esetén. Ennek segítségével a repülés az optimális teljesítménynek megfelelően zajlik le. Az első FMS rendszerek csak erre a szerepkörre voltak képesek. A repüléskoordinálás szerepkörében az FMS összekapcsolják a teljesítményvezérlő rendszerrel és az AFCS-el (*Automatic Flight Control System*). Ez kizárja a pilótákat vezérlési körfolyamatból, ennek ellenére teljes körű repülési pályavezérlést, illetve teljesítményvezérlést szolgáltat (1.2. ábra).

A modern FMS-ek mind a két fentebb említett szerepkörre képesek, azonban a főbb funkciói a következők:

- Repülőgép teljesítményszabályozás
- Repülési terv
- Navigáció
- 3 dimenziós vezérlés



1.2. ábra. FMS által vezérelhető feladatok (forrás: [8,] 7-5 p.)

1.1.2. Vezérlő és kijelző egység (CDU)

A CDU segítségével tudunk adatokat bevinni az FMC-be. Bármely pilóta vihet be adatokat, habár az egyidőben való használat kerülendő. Mind a két pilóta számára ugyanazon adatok elérhetők a CDU-k által, azonban manuálisan kiválaszthatják, hogy mely oldalt szeretnék megjeleníteni a saját kijelzőjükön.

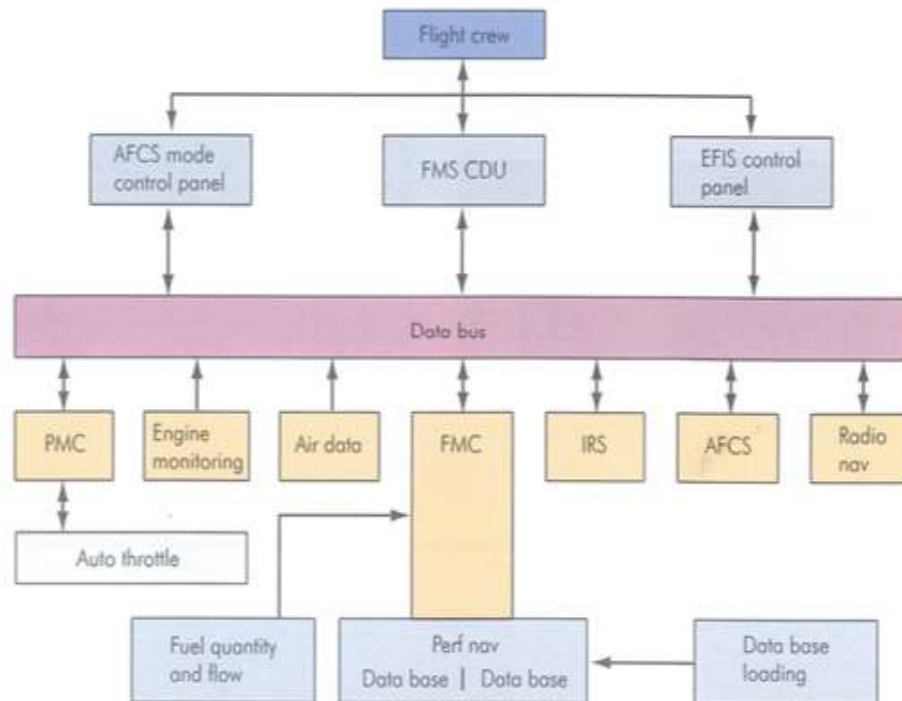
Habár a gyártók különböző elrendezésű és kinézetű CDU-kat gyártanak, ha az egyiket megismertük, nagyon gyorsan megtanulhatjuk a másik működését is.

A teljesen integrált rendszerek esetén két további kezelőfelület, amelyet meg kell említenünk:

- Az AFCS vezérlő panel (*MCP, Mode Control Panel*)
- EFIS vezérlő panel (*ECP, Electronic Flight Instrument System Control Panel*)

Ezek az egységek a kommunikációs adatbuszon keresztül kapcsolódnak össze az FMC egységeivel (1.3. ábra).

A CDU segítségével a személyzet kinyerhet tárolt vagy feldolgozott információkat az FMC-ből, vagy betölthet új vagy frissült információkat.



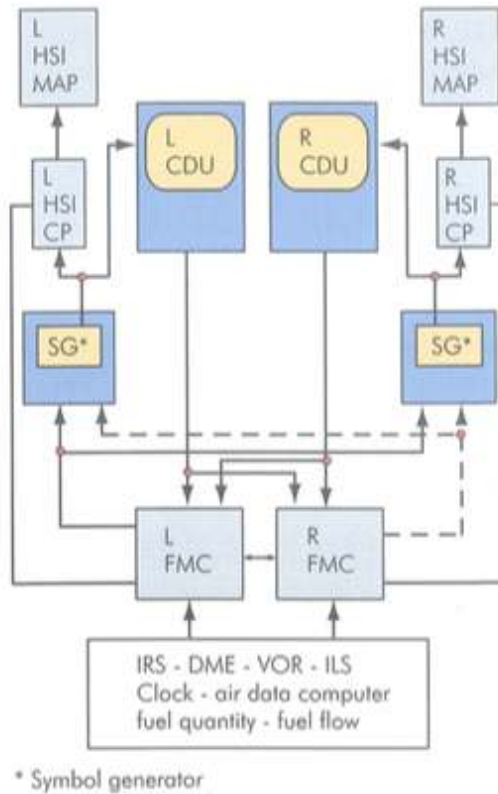
1.3. ábra. Információáramlás az FMS részei között (Forrás: [8], 7-8 p.)

1.2. A repüléskoordináló számítógép (FMC, Flight Management Computer)

A legtöbb esetben a fedélzeten két FMS rendszer van. Ezek képesek önálló egységként, vagy szinkronizált módon párhuzamosan dolgozni. A rendszer központi és egyben legbonyolultabb egysége a repüléskoordináló számítógép, továbbiakban FMC. A számítógép sok rutinfeladatot és számítást végez el a pilóták helyett, de a személyzet feladata ellenőrizni a számítógép helyes működését.

Bármely CDU által bevitt adat mind a két FMC-t programozza, vagyis bármelyik CDU-ról kezelhető. Általában az egyik CDU-t adatbevitelre a másik CDU-t pedig ellenőrzésre használják. Ezzel a felosztással a CDU és az EFIS a saját oldali FMC-vel kommunikál.

Ha az FMC kapcsolóját „ALTN” pozícióba kapcsoljuk, akkor a másik oldali CDU-hoz és EFIS-hez kapcsolódik, bármely feladatot képes elvégezni rajtuk.



1.4 ábra Kettős FMS elrendezése (forrás: [8], 7-8 p.)

Az FMC-hez tartozó két legfontosabb adatbázis a navigációs, illetve a teljesítmény adatbázis. A teljesítmény adatbázis segítségével lehetővé válik a bólintási szög és tolóerő parancsok létrehozása, így a pilótának a repülés végrehajtása közben nem szükséges a repülőgép teljesítmény kézikönyvét használnia.

1.2.1. Navigációs adatbázis

A navigációs adatbázis nagyon sok adatot tartalmaz. Az adatbázis szerkezete függ az üzemeltetési területtől, illetve a repülőgép pontos típusától, és rendszerint a „Flight Operations” osztály határozza meg. Az FMC memóriájába valamilyen adathordozó segítségével töltik. Az adatbázis mindig redundáns, azaz megkettőzött módon van jelen. De a két navigációs adatbázis közül csak az egyik aktív a másik inaktív. Ha módosítani kell az adatokat, akkor mindkét adatbázist frissíteni kell. Egyébként a műszaki személyzetnek 28 napon belül kell a két adatbázist frissíteni.

A navigációs adatbázis a következőket tartalmazza:

1.Táblázat: Navigációs adatbázis

Tétel	Adat
Navigációs segédeszközök	<ul style="list-style-type: none"> • Azonosító • Pozíció • Frekvencia • Típus • DME tengerszint feletti magassága • VOR mágneses variációja • Maximum távolság, ahonnan lehet venni az eszköz jeleit (normális utazómagasságon)
Útvonalpontok	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO azonosító • Típus • Pozíció
Útvonali légifolyosók	<ul style="list-style-type: none"> • Üzemeltető • Mágneses irány
Repülőterek	<ul style="list-style-type: none"> • 4 betűs ICAO azonosító • Pozíció • Tengerszint feletti magasság • Kitérő repülőterek
Futópályák	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO azonosító • Szám • Hossz • FAF (Final approach fix) • Küszöbvel kapcsolatos információk
Repülőtér eljárások	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO kód • Típus (SID, STAR, ILS, RNAV) • Átváltási magasság • Kódok
Céges útvonalak	<ul style="list-style-type: none"> • Induló / érkező repülőtér • Azonosító szám • SID / STAR

Megjegyzés: A pilóta felelőssége az adatbázis érvényességének ellenőrzése. Sajnos történt katasztrófa ennek elmulasztása miatt.

1.2.2. Teljesítmény adatbázis

Ez az adatbázis tartalmazza a repülőgép részletes aerodinamikai tulajdonságait, mint például:

- Sebességek bármely üzemeltetési helyzetre
- Üzemeltetési határértékek
- Hajtóműhiba esetén szükséges adatok

A hajtómű paramétereit is részletesen tartalmazza:

- Üzemanyag fogyasztás
- Tolóerő
- Határértékek
- Üzemeltetési értékek
- Korrekciós értékek a légkondicionáló illetve jégtelenítő rendszerek használata esetén
- Turbulencia esetén használatos üzemeltetési értékek

1.2.3. Fontosabb CDU és FMC kifejezések

„Active” (ACT)

Arra a repülési tervben szereplő információra utal, melynek segítségével az LNAV és VNAV értékeit számolja. Például az „active waypoint” az a pont, amely felé a rendszer navigál, az „active performance (VNAV)” üzemmód pedig a süllyedő, emelkedő vagy utazóteljesítményre adja meg a szükséges sebesség adatokat.

„Activate”

Két útvonal közül jelöli ki az aktívat. 2 lépcsős folyamat:

1. „ACTIVATE” gomb lenyomásával válasszuk ki a kívánt útvonalat
2. Nyomjuk meg az „EXEC” billentyűt

„ECON”

Repülési sebességekre utal, hogy minimalizálják az üzemeltetési költségeket. A gazdaságos üzemeltetési sebességek az úgynevezett „cost index”-en múlnak, annak függvényében, hogy mekkora érték lett a számítógépbe juttatva.

$\text{Cost Index} = \text{Repülőgép üzemeltetési költsége} / \text{kapcsolódó üzemanyag költségek}$

Ha a cost index = 0, akkor a gazdaságos sebesség megegyezik a maximális utazósebességgel.

„Performance Factor”

Lehet negatív vagy pozitív százalékos érték, az üzemanyag fogyasztás előrejelzése a tervezetthez képest. Akkor válik fontossá, ha a repülőgép teljesítmény modellje nem egyezik meg az FMC-ben tárolt modellel. Két eset lehetséges:

- A repülőgép ellenállása és hajtómű teljesítménye nem egyezik meg a modellel, a repülőgép kora miatt
- A repülőgép konfigurációja különbözik a modelltől

Ha +1,5-es értéket viszünk be, azt jelenti, hogy a fogyasztás 1,5%-kal nagyobb a modell alapján számítottnál.

„Enter”

A beviteli folyamatra utal, megnyomásával a kiválasztott helyre kerül a billentyűzettel bevitt adat.

„Erase”

A sor kiválasztása után az „erase” funkció segítségével törölhető az adat.

„Execute”

A bevitt adatot ezzel a gombbal aktiválhatjuk.

„Inactive”

Ennek az opciónak a segítségével lehet az adatot inaktívvá tenni, így azt az LNAV és VNAV számítások esetén a rendszer nem veszi figyelembe.

„Initialise”

A CDU-ba betáplált adat, amely szükséges ahhoz, hogy a rendszer működésbe lépjen.

„Massage”

A rendszer által automatikusan küldött üzenet.

„Modified”

Ha egy aktív adat változik, vagy módosul az útvonali vagy teljesítmény lapon, MOD felirat jelenik meg a hozzá kapcsolódó oldal fejlécén, EXEC vagy EREASE jelenik meg valamely sorkiválasztó gombok mellett. Ha az EREASE menüpontot választjuk, akkor a modifikáció nem lép életbe, azonban az EXEC opció megnyomásával aktív státuszba kerül a megváltoztatott adat.

„Prompt”

Segítséget nyújt a pilótának egy feladat végrehajtásában, befejezésében oly módon, hogy üres dobozokat, vagy vonalakat jelenít meg a CDU, hogy emlékeztesse a pilótát arra, hogy még hiányzik információ az adatbevitelből.

„Resynchronisation”

Ha a két FMC adatai között jelentős eltérés mutatkozik, automatikusan szinkronizál a rendszer.

„Select”

Kiválaszthatjuk a kívánt adatsort.

„Speed restriction”

Segítségével manuálisan betáplálható egy sebességkorlátozó érték bizonyos magasság alatt.

„Waypoint”

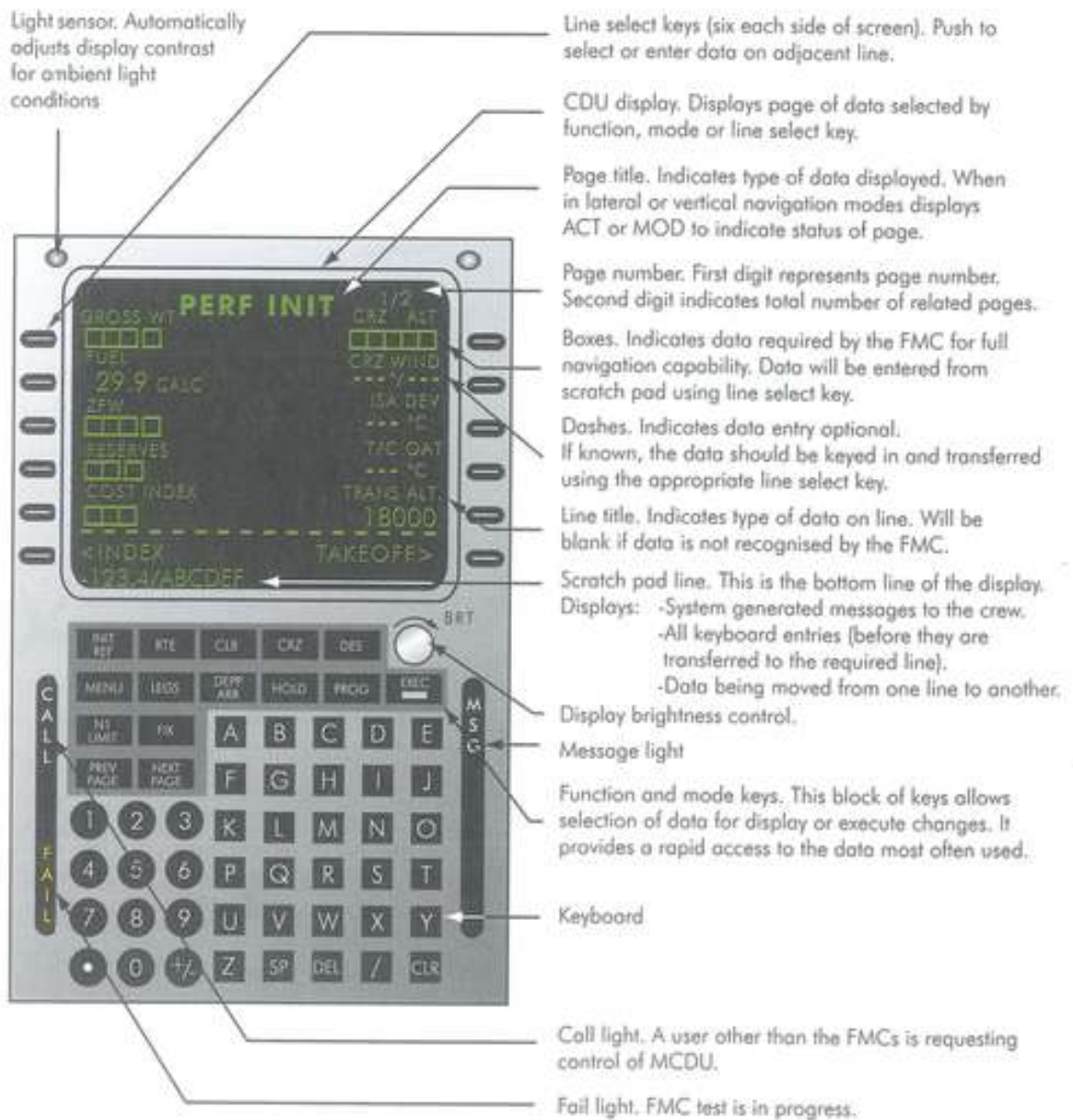
Útvonali pont. Lehet hosszúsági és szélességi koordináták által megadott, egy VOR vagy NDB állomás, légifolyosó kereszteződése, vagy egyedi útvonali pont. Erre példa magasság átlépéssel meghatározott pont.

„Created waypoints”

Ha az adatbázisban nem szerepel az útvonali pont bevihető bármely alábbi adatok segítségével:

- Irányszög / távolság
- Irányszög / irányszög
- Hosszúsági és szélességi adatok szerint

Az 1.4. ábrán a CDU beviteli elemeit és kijelző felületét láthatjuk a különböző elemek elnevezésével és rövid magyarázatával.



1.4. ábra. Control Display Unit (CDU) kezelő és kijelző felülete (forrás: [8], 7-6 p.)

1.2. A CDU kezelése

A következőkben leírtak a CDU kezeléséről és használatáról szólnak, amely gyártótól függően változó lehet. Használat előtt biztosnak kell lennünk abban, hogy az adott rendszer üzemeltetését teljesen elsajátítottuk. Az adott típushoz tartozó átképzés során mind szimulátoros, mind az üzemeltetési kézikönyvben leírtak alapján megismerkedünk az adott rendszerrel.

1.2.1. CDU üzenetek

A CDU üzenetek két csoportra bonthatók: figyelmeztető és tanácsadási üzenetek. A figyelmeztető üzenetek rendelkeznek a legmagasabb prioritással. Fel kell ismerni az adott helyzetet, majd azt korrigálni kell, mielőtt folytatódna az FMC által koordinált repülés.

Alacsonyabb prioritással rendelkeznek a tanácsadói üzenetek, amelyek tájékoztatják a pilótákat az esetlegesen rosszul bevitt adatról, vagy rendszer állapotról.

Bármely ilyen üzenet felvillantja a „CDU MSG” üzenetet, illetve a figyelmeztető üzenetek a sárga „FMC ALERT LIGHT” lámpát mind a két pilóta műszerfalán.

1.2.2. Jegyzet blokk (munkaterület) / Üzenetbevitel (Scratch pad/Message block)

Ha a képernyőnek ez a része üres, akkor bármely adat betáplálható. Néhány adat esetén a már bevitt szöveget azonnal megváltoztatja és megjeleníti. Más adatokat nem jelenít meg addig, amíg előtte a már beírt szöveget nem töröljük. Ha hibás az beírt tartalom, akkor csak az adott kijelzőn jeleníti meg a rendszer, azonban minden egyéb esetben megjelenik mind a kettő CDU-n.

Ha több üzenet jelenik meg, azokat a rendszer prioritási sorrendbe rendezi. Ha valamely üzenetet törlik, a sorrendben következő kerül megjelenítésre. Egy üzenet akkor tűnik el, ahogy megnyomják a „CLR” billentyűt, vagy az üzenettel kapcsolatos helyzet megszűnik. Némely üzenet eltűnik, akkor is ha oldalt váltunk a CDU-n.

1.2.3. Általános szabályok

Az alábbi szabályok segítenek a teljeskörű és hatékony FMS használatban:

- A hibák elkerülése végett ne kapkodjunk, nyugodtan és figyelmesen vigyük be az adatokat. Ne üssünk le egyszerre több billentyűt. Kerüljük el az egyidejű adatbevitelt.

Szinkronizálás közben ne vigyünk be adatot, a szinkronizálás nagyjából 30 másodpercig tart. Eközben az egyik CDU meghibásodási üzenet, a másikon *RESYNCING OTHER FMC* üzenet jelenik meg.

- Győződjünk meg arról, hogy a megfelelő oldal van kiválasztva.
- Győződjünk meg arról, hogy az adatbeviteli sor üres, mielőtt beírunk valamit. Ha szükséges használjuk a *CLR* funkciót.
- Adatbevitel során ellenőrizzük a helyes folytonosságot.
- Figyelmesen válasszuk ki a használni kívánt sorokat.
- Ellenőrizzük az adatokat mielőtt azokat az *EXEC* billentyűvel élesítenénk. Ha hibás, azokat vagy korrigáljuk, vagy az *ERASE* funkcióval töröljük, majd kezdjük újra a bevittet. Teljesen üres sorba nem vihető be adat.
- A hibaüzenetek a következők lehetnek: „*NOT IN DATABASE*”, „*INVALID ENTRY*”, vagy „*INVALID DELETE*”

1.2.4. Repülés előtti előkészítés

A repülés előtti előkészítés során a repülési terv illetve a súlypontszámító lap adatait táplálják be a CDU-ba. Ezen információk meghatározzák a repülés kezdőpontját a tehetetlenségi navigációs rendszer (INS) számára, a kívánt útvonalat az LNAV, illetve a teljesítmény információkat a VNAV számára. Ha szükséges az INS konfigurációja közben módosíthatunk a CDU segítségével.

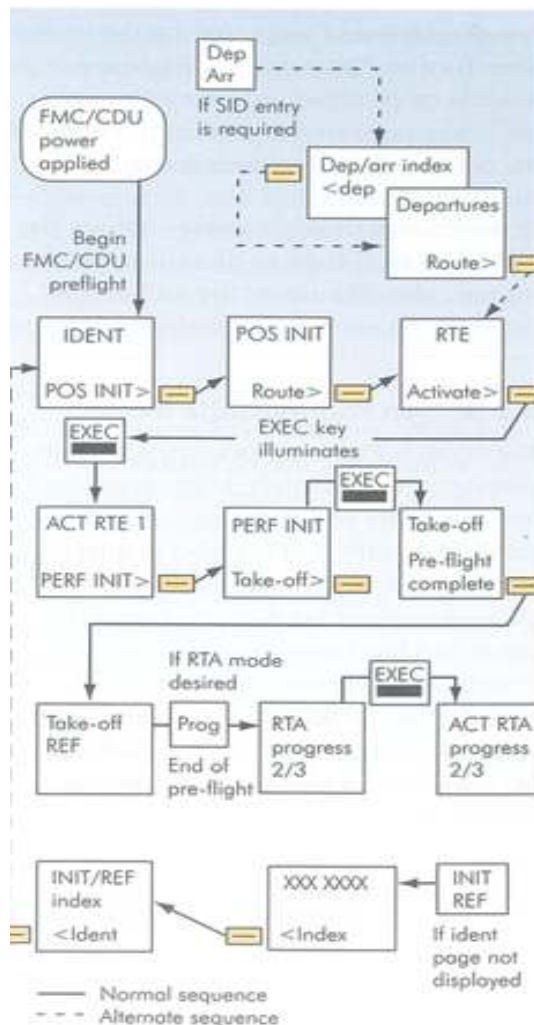
Habár a CDU sokoldalnyi információt tartalmaz, a megfelelő oldal kiválasztása nem bonyolult. Az oldalak automatikus megjelenítése, illetve a vizuális sűgők segítséget nyújtanak a feladat végrehajtásában. Az alábbi folyamatábra alapján segít a rendszer a megfelelő oldal kiválasztásában.

Az adatbevitel és ellenőrzés után a jobb alsó sorkiválasztó gomb segítségével léphetünk a következő oldalra. Ha az „*ACTIVE*” gombot működtetjük az útvonali oldalon, akkor felvillan az *EXEC* opció. Ezt lenyomva aktiváljuk az útvonalat.

Ha SID-t (indulási eljárást) kell bevinnünk a *DEP/ARR* opciót kell választanunk. A megfelelő indulási eljárás kiválasztása után a jobb alsó gomb megnyomásával folytathatjuk a repülés előtti adatbevittet.

Amikor elérjük a „*TAKE-OFF REF*” oldalt, megjelenik a „*PRE-FLT COMPLETE*” üzenet, megerősítve, hogy minden szükséges adatbevitel megtörtént. Amennyiben az

„IDENT” oldal nem jelenik meg az ábrán látható folyamat alapján az „INIT.REF” menüpont segítségével elérhetjük. Ezeket ábrázolja az 1.5. ábra.



1.5. ábra. A CDU kijelző használata (forrás: [8], 7-14 p.)

1.2.5. FMS üzemeltetése repülés közben

Repülés közben a CDU segítségével változtathatjuk a repülési tervünket, és megjeleníthetjük a navigációs, illetve teljesítmény információkat. Az első lépés a megfelelő oldal kiválasztása a „function/ mode” billentyű használatával. A következő opciókból választhatunk:

- DIR = közvetlenül rárepülés adott pontra
- CLB = emelkedés körülményeinek megváltoztatása
- HOLD = holdingba történő csatlakozás, holding lerepülése

Ha szükséges végezzük el a megfelelő változtatásokat. Például útvonal közben szeretnénk a jelenlegi helyünkről közvetlenül egy útvonali pontra repülni. Nyomjuk meg a „DIR/INTC” gombot és a megfelelő helyre vigyük be a kívánt útvonali pont adatait. Ha olyan módosítást végeznénk, melynek kimenetelében nem vagyunk biztosak, a módosított adatok bevitele után a CDU előre jelzi, hogy mi történik, ha a módosítást végrehajtjuk. Ettől kezdve a pilóta dönti el, hogy élesíti-e az adott módosítást.

1.2.6. Vízszintes Navigáció

Az LNAV segítségével tudunk gömbi főkörön repülni két útvonali pont között. Ha egy adatbázisban szereplő eljárást viszünk be a repülési tervbe, azon változtathatunk olyan parancsok segítségével, mint a jelenlegi irányszög tartása, vagy „DME arc” lerepülése.

Az FMS a jelenlegi helyzetet az IRS, DME, VOR illetve a *localiser* segítségével határozza meg. Az FMC ezek adatok segítségével ad ki parancsokat a repülőgép útvonalon való repülésének végrehajtásához.

Amikor a repülőgép a földön tartózkodik az FMC a jelenlegi helyzetet a GNSS vagy IRS rendszer segítségével állapítja meg. Az FMC működéséhez legalább egy IRS által szolgáltatott adatra szükség van. Mivel az IRS az idő előrehaladtával egyre pontatlanabbá válik az FMC is egyre inkább pontatlan lesz a repülés során. Ezek a pozícióhibák a HSI segítségével állapíthatók meg. Ha a földön késés miatt észlelünk jelentős eltéréseket az IRS rendszert újra kell kalibrálni. Ezek a hibák eltűnnek amint az adatokat rádió navigációs eszközök segítségével sikerül frissíteni.

Repülés közben az FMC a három IRS, DME, VOR és ILS segítségével végez számításokat. Ezek pontosítása – ha elérhető – két DME vagy egy DME és egy VOR segítségével történik. ILS megközelítés során a vízszintes navigáció pontosítása a *localiser* jelei alapján történik.

Normális esetben az FMC automatikusan hangol le VOR és DME adókat a lehető legjobb jelerősség érdekében, azonban ezt a személyzet is megteheti manuálisan.

1.2.7. Függőleges navigáció

Felszállás után a VNAV mód akkor kapcsol be, ha a teljesítmény-beállítás a felszálló teljesítményhez tartozó tolóerőhöz képest megváltozik, és az MCP-n szereplő magasság nagyobb, mint a repülőgép jelenlegi magassága.

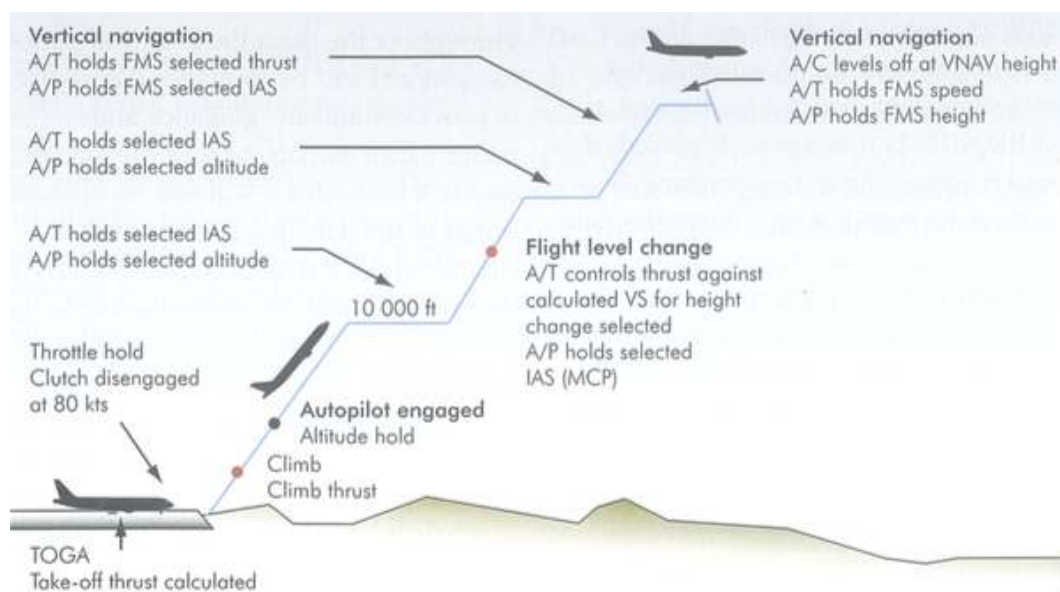
Emelkedés és utazó repülés

Ha a VNAV mód működik, akkor az MCP-n lehetőségünk van bármely magasságot kiválasztani, habár a VNAV mód lekapcsol abban az esetben, ha az MCP-n kiválasztott magasságot hamarabb érjük el, mint az FMC szerinti utazómagasságot.

Az FMC által alapértelmezett VNAV egy olyan emelkedési profil, amely a repülőtér sebességkorlátozásait betartva vezeti a gépet a korlátozás magasságáig. Ezek után átvált gazdaságos emelkedéshez szükséges sebességre, amíg el nem éri az utazómagasságot. Emelkedés közben minden eljárásbeli korlátozást figyelembe vesz, amennyiben a bevitt SID tartalmazza azokat. Az utazómagasságon a süllyedés megkezdéséig gazdaságos teljesítmény-beállítást alkalmaz.

Amennyiben olyan sebességű emelkedési profilt alkalmaz a rendszer, amely megsértene valamilyen magasságkorlátozást, „UNABLE NEXT ALT” üzenet jelenik meg. Ebben az esetben a pilótának manuálisan kell választania egy másik sebességet, amely esetleg meredekebb emelkedést tesz lehetővé.

Az 1.6-os ábra egy olyan emelkedési profilt mutat, amely tartalmaz magasságbeli korlátozásokat, illetve az ADI-n megjelenő üzeneteket.



1.6. ábra. Emelkedés, és hozzátartozó üzenetei (forrás: [8], 7-17 p.)

Süllyedés

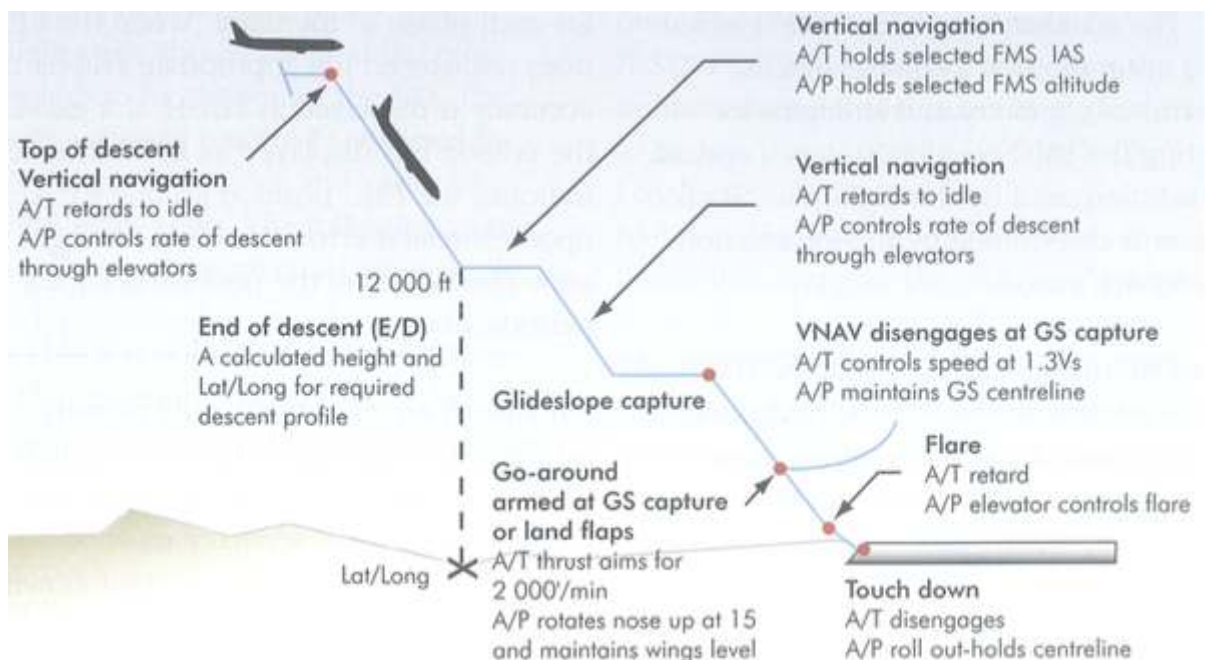
Amint az E/D (End of Descent – süllyedés vége) pont bevitelre kerül, az FMC kiszámolja a süllyedési pályát. (Az E/D olyan konstans magasság, amelyet útvonali pontként viszünk be

annak érdekében, hogy a számítógép tudjon süllyedési profilt kalkulálni. A „legs” oldalon kerül bevitelre általában egy STAR vagy APPROACH kiválasztása után.

Az 1.7. ábrán látható süllyedési profil, a süllyedés kezdet pontjánál (TOD, Top of descent) indul, keresztez útvonali pontokat, és eleget tesz a magassági korlátozásoknak. Az első korlátozásig tartó szakasz alapjáratú teljesítményen, féklapok behúzott állapotban, illetve a kívánt sebességet és a szélviszonyokat figyelembe véve történik. Legtöbb esetben a sebesség 10 000 láb magasságig a gazdaságos sebesség, alatta 250 csomó, amíg el nem érjük a megközelítés kezdeti pontját (FAF), utána általában 170 csomó. Ezen sebességek megváltoztatása a „legs” vagy „descent” oldalon történik. Szél és tolóerő adatok megváltoztatása a „descent forecast” oldalon lehetséges.

Ha az MCP-n a repülőgép jelenlegi magasságánál kisebb magasságon választunk a süllyedés kezdeti pontján, a rendszer alapjáratú teljesítményre állítja a hajtóműveket, és megkezdzi követni a kívánt repülési pályát.

A VNAV lekapcsol abban az esetben, ha az MCP magasságot hamarabb érjük el, mint a legalacsonyabb korlátozott magasság. Süllyedés közben beállíthatunk az MCP-n a jelenlegi magasságunknál nagyobbat is anélkül, hogy a VNAV mód lekapcsolna, vagy megszakítaná a süllyedést. A rendszer figyelembe veszi a szélirány és erősség okozta sebességváltozásokat.



1.7. ábra. Süllyedés és hozzátartozó üzenetei (forrás: [8]. 7-17 p.)

Ha az automatikus tolóerővezérlő rendszert nem alkalmazzák, akkor a „THRUST REQUIRED” üzenet jelenik meg. Jelentős hátszél esetén „DRAG REQUIRED” figyelmeztetést küld a rendszer, illetve a sebességkorlátozást mindig betartja, akkor is, ha emiatt a repülőgép elhagyja az előre kijelölt pályát.

VFR illetve nem precíziós megközelítések esetén az FMC 50 láb magasságig számítja a kívánt repülési pályát. A pilóta felelőssége, hogy ne süllyedjen „MDA” magasság alá, amennyiben nincs vizuális kapcsolat a pályával. Az elhatározási magasságon a vertikálisprofil emelkedésbe megy át a „*missed approach*” magasságig, ez alatt felszálló teljesítményt alkalmaz.

Rádióhangolás

Az FMC a helyzet-meghatározásának pontosságát két DME adó segítségével éri el. Ezt a két adót a rendszer a jelerősség, illetve geometria alapján automatikusan választja, hacsak a repülési tervben más rádióállomás nincs megadva. A pozíciót két „DME arc” találkozási pontjának segítségével állapítja meg.

Ha a DME által valamilyen hiba miatt nem sikerülne megállapítani a repülőgép helyzetét, az FMC navigáció az IRS által kapott adatokat veszi figyelembe. ILS megközelítés a „*localiser*”-t használják helyzet-meghatározásra. Ehhez 2 VHF rádió szükséges.

Pontosság

A repülés során az FMC a navigációs és a teljesítmény feladatokat automatikusan ellátja a tárolt adatbázis segítségével, azonban adott helyzetekben a személyzetnek manuálisan kell ellátni ezeket a feladatokat. Ebben az esetben a pilóták a szenzorokból kapott nyers adatok alapján dolgoznak. Ezek a módszerek üzemeltetőtől, géptípustól különbözően változhatnak.

Navigációs pontosság

Az FMC folyamatosan számítja a becsült helyzet hibát (EPE, Estimated Position Error). Ez egy becsült érték arról, hogy mekkora az eltérése az FMC által értékelt pozíciónak a valóshoz képest, és ez hogyan viszonyul a hatóságok által megszabott pontosság értékekhez. Ha a pontatlanság meghaladja a kritérium értéket, a „*LOW ACCURACY*” felirat jelenik meg, ha azon belül marad „*HIGH ACCURACY*”. A személyzet köteles időszakosan ellenőrizni a rendszer pontosságát.

Amennyiben a repülőgépet felszerelték GPS-el, nem szükséges a pontosság ellenőrzése, amennyiben a GPS elérhető és felhasználható. Amennyiben nem használható a GPS a navigációs pontosság értékelése kötelező, fokozottan a következő esetekben:

- Csak IRS szerinti navigáció során
- „*LOW ACCURACY*” felirat megjelenése az FMC kijelzőjén

Vegyünk példát két ellenőrzési módszerre:

- Manuálisan hangoljunk le egy VOR adót (VOR/DME vagy ADF) „TO” indikációval, bizonyosodjunk meg arról, hogy az adó megbízhatóan működik. VOR/DME segítségével állapítsuk meg jelenlegi helyzetünket, és vessük össze az FMC által mutatott szimbólum helyzetével
- Vagy használjuk az FMC kijelzőjén a „*PROG*” oldalon található „*BRG/DIST TO*” menüpontot, majd hasonlítsuk össze a kapott adatot az FMC által mutatottal. Ezzel számszerűsíthetjük az FMC pontatlanságát.

A navigációs pontosság ellenőrzésével a személyzet megállapíthatja, hogy milyen üzemmód szerint használja a robotpilótát (AP), vagy repülési pályavezérlő rendszert (flight director). A megkívánt pontosság területről területre változik. A következőkben leírt értékek egy példát kívánnak bemutatni.

- Amennyiben az ellenőrzés során a pontosság 3 tengeri mérföldön belül van, az FMC megbízható, és használható navigációs célokra
- Amennyiben az ellenőrzés során a pontosság 3 tengeri mérföldön kívül van, az FMC nem megbízható, és más navigációs módszereket kell alkalmazni

Üzemanyagszint értékelés

Az üzemanyagszintről szóló adatokat, a „*PERF INIT*” illetve a „*PROGRESS*” oldalon találhatjuk meg „*FUEL QTY*” néven. Amennyiben hajtóműindítás után az üzemanyag-átfolyás-mérőből származó adat nem megbízható, a CDU-n „*VERIFY GW AND FUEL*” felirat jelenik meg, az eddigi értékek helyére vonalak kerülnek. A VNAV eljárások folytathatók az üzemanyagról szóló adatok nélkül is, az FMC az utolsó hiteles üzemanyagszint mennyiséget veszi számítása alapjául. Ez esetben a személyzetnek be kell írni a becsült üzemanyag tömegét a „*PERF INIT*” oldalra. Ezt utána időszakosan frissíteni kell, annak érdekében, hogy a repülőgép nettó tömegértéke megfeleljen a valósnak.

„*INSUFFICIENT FUEL*” üzenet jelenik meg, abban az esetben, ha a célállomásra számított üzemanyag tömege kevesebb, mint 900 kg. „*USING RSV FUEL*” üzenet jelenik

meg abban az esetben, ha a számított üzemanyag kevesebb a célállomáson, mint a „*PERF INIT*” oldalon bevitt „*RESERVES*” értéke.

„*CHECK FMC FUEL QUANTITY*” üzenet jelenik meg abban az esetben, ha az elfogyasztott üzemanyag tömege az elmúlt 2 perc alatt több mint 675 kg. Ebben az esetben a személyzet köteles manuális üzemanyag számításokat elvégezni.

Az FMC által kalkulált üzemanyag előrejelzések behúzott futómű, illetve fékszárny konfigurációkra értendők. Amennyiben a vártnál tovább marad kinti helyzetben a futómű, vagy használunk fékszárnyat, az FMC alábecsüli a szükséges értéket.

1.2.8. Bemeneti / Kimeneti FMC adatok

Bemeneti adatok

- Idő
- Üzemanyag átfolyás
- Üzemanyag mennyiség
- TAS, magasság, függőleges sebesség, Mach szám és külső hőmérséklet
- DME és radiál információk a VHF NAV vevők segítségével
- Levegő / földi pozíció
- IRS és GPS pozíció
- CDU

Kimeneti adatok

- Parancsjelek a repülési pályavezérlő illetve a robotpilóta számára
- Parancsjelek az automatikus gázkarvezérlő rendszer számára
- Információ az EFIS kijelzőhöz, szimbólumok segítségével

Adatok a CDU-nak és más tájékoztató rendszereknek

2. Hajtómű ellenőrző rendszer

A hajtómű (motor) és a hozzá kapcsolódó rendszerek biztonságos és hatékony működtetéséhez szükségünk van, a hajtómű típustól függően (dugattyús, légsaváros gázturbinás) kialakított ellenőrző műszerekre és ezek adatainak kiértékelésére.

A dugattyús motorok műszerezettségének mértéke erősen függ, annak bonyolultságától. Tekintsük át a lehető legbonyolultabb lehetőséget, ezzel majdnem minden lehetőséget lefedve. Egy turbófeltöltős (kompresszoros) motor pilótájának a következő motorellenőrző műszereket kell figyelnie:

- A hajtómű fordulatszáma (ford/min)
- Szívótérnyomás, vagy feltöltő nyomás. Ez a motor teljesítményét mutatja töltős motorok esetén. A szívótérnyomás általánosan használt mértékegysége „inches of mercury” (higanyhüvelyk, InHg.)
- Forgatónyomaték, amely a kimenő tengelyen mérhető, egyenesen arányos a leadott teljesítménnyel. Ritkán használják teljesítményszabályozáshoz.
- Hengerfej hőmérséklet. Túl magas hőmérséklet károsíthatja a motort.
- Kenőolaj hőmérséklet és nyomás, annak érdekében, hogy megbizonyosodjunk a motor megfelelő kenéséről. (Lehetséges, hogy a nyomás figyeléséhez, csak „Magas” vagy „Alacsony” indikációt kapunk, a hőmérséklet jellemzően C fokban van megadva.
- Üzemanyagátfolyás-mérő, amely a motor fogyasztását mutatja (üzemanyagfogyás/óra)
- Üzemanyag mennyiségmérés annak érdekében, hogy megbizonyosodjunk arról, hogy az üzemanyag mennyisége elegendő a repülés befejezéséhez.
- Üzemanyagnyomás mérő műszer is beépítésre kerülhet. Ha leesik az üzemanyagnyomás, akkor az jelentheti a szivattyú meghibásodását vagy a szűrő eltömődését.

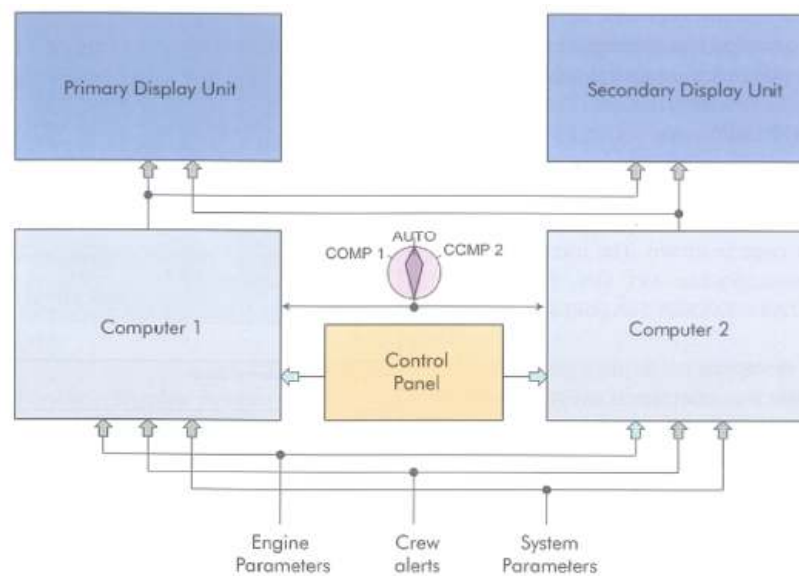
Gázturbinás hajtóművek pilótái számára a következő műszerek állnak rendelkezésre:

- Hajtómű nyomásviszony (EPR). Ahogy emlékezhet a gázturbinás hajtóművekről tanultakról, a hasznos tolóerő a levegő tömegárama és sebessége a kiömlő nyílásnál, mínusz az ellenállás, amely a levegő hajtóművön keresztül áramlásakor jön létre. A kompresszornál illetve a kiömlő nyílásnál mérhető nyomások adják meg a hajtómű nyomásviszonyát amely arányos a tolóerővel.
- Fordulatszám, amely N1 és N2-re vannak megadva. Nem fordulat/perc a mértékegysége, hanem egy referencia értékhez kötődően adják meg százalékosan.

- Spool sebesség. Légszaváros gázturbinás hajtómű esetén figyelni kell a kiáramló levegő hőmérsékletét annak érdekében, hogy megelőzzük a turbina károsodását túlzottan magas hőmérséklet esetén
- Olajhőmérséklet illetve nyomás mérése, ellenőrizve a hajtómű megfelelő kenését
- Üzemanyag nyomás és hőmérséklet ellenőrzése annak érdekében, hogy megbizonyosodjunk arról, hogy a hajtóműbe nem kavitáló, megfelelő hőmérsékletű üzemanyag jut. „Alacsony üzemanyagnyomás” figyelmeztető lámpa adja a visszajelzést.

2.1. Hajtómű ellenőrző rendszer, figyelmeztető jelzések, és rendszerösszegző kijelzők

Modern utasszállító repülőgépek esetén, az EFIS kijelzőn jelennek meg a műszerek adatai. Egyre több repülőgép használ folyadékkristályos kijelzőket, hajtómű paraméterek, figyelmeztető jelzések megjelenítésére. Ezek a kijelzők a műszerfal közepén találhatóak, és saját kezelőszervei vannak.



2.1. ábra. Hajtómű ellenőrző és vészjelző rendszer (forrás: [8], 8-27 p.)

A rendszer legtöbbször egynél több számítógépet tartalmaz, melyek meghibásodás esetén redundáns módon működnek vagyis átveszik egymás szerepét, illetve manuálisan kiválasztható, hogy melyikkel végeztesse a számításokat a rendszer.

Abban az esetben, ha mindkét számítógép meghibásodna, a motorellenőrző paraméterek adatai átvihetők az EFIS kijelzőkre.

A motorban lévő érzékelőkből nyert adatok vagy a FADEC (Full Authority Digital Engine Control) rendszerbe továbbítódnak, vagy közvetlenül a kijelzőhöz. A kijelző rendszer észleli, ha egy adott érték átlépi az előre meghatározott maximumát, és ezt jól észlelhetően jeleníti meg a pilóta számára.

Az egyik kijelző általában megjeleníti a hajtómű paramétereit, mint N1, EPR, EGT, QRT, N2, a második kijelzőn pedig az olajnyomás üzemanyag-átfolyás illetve üzemanyagnyomás értékek jelennek meg.

Ez a másodlagos kijelző manuálisan választható az „ENGINE” feliratú gomb segítségével.

2.1.1. Személyzet részére szóló figyelmeztető jelzések

A kijelzők segítségével lehetővé vált, hogy a figyelmeztető jelzéseket annak súlyossági sorrendjükben legyenek megjelenítve, az esetleges eljárással egy időben. Ha esetleg helyhiány miatt szeretnénk üzenetet törölni azt a „CANCEL” nyomógommbal tehetjük meg. Ha a „RECALL” gombot működtetjük, akkor a törölt üzenetek a megfelelő sorrendben újra kijelzésre kerülnek. Ha van ilyen, akkor a „STATUS” gommbal előhívhatjuk a rendszerellenőrző műszerek adatait. Ha nem a status üzemmód működik, akkor az úgynevezett „memory” oldal látható, ahol olyan üzenetek jelennek meg, mint „APU ON”, „PARKING BRAKE SET”, „FASTEN SEATBELTS ON” stb.

2.1.2. Rendszerösszegzők

Az összegzők egy sematikus áttekintést adnak egy adott rendszerről, melynek segítségével a komplexebb rendszerek könnyebben áttekinthetők. Legtöbbször ezek folyamatábrák, a megfelelő adatokkal megjelenítve. Azon a kijelzőn van megjelenítve, amely nem az első számú hajtómű paramétereket mutatja.

A kezelőpanelen helyezkednek el azok a kiválasztó gombok, melyek segítségével előhozhatóak a kívánt rendszer adatai:

- ENG: másodlagos hajtómű paraméterek
- BLEED: légkondicionáló rendszer
- PRESS: kabinnyomás, kabinmagasság, szelep helyzetek, kabin hőmérsékletek
- WHEEL: keréknyomás, fékhőmérséklet, féknyomás
- ELEC: generátorok, buszok
- DOORS: ajtók
- FLT CTLS: energiaellátó rendszerek, státuszok

- HYD: hidraulika, szivattyúk, akkumulátorok
- FUEL: üzemanyag paraméterek
- APU: segédhajtómű

Ha esetleg valamelyik rendszerben meghibásodás történik, a kijelzőn azonnal annak a sematikus áttekintő oldala jelenik meg. Repülési helyzettől függően is automatikusan választja ki a rendszer a megfelelő oldalt például, ha a parkolóféket behúzzák, automatikusan a „DOORS” oldal jelenik meg, járó hajtómű és kiengedett parkolófék után viszont a „WHEEL” oldal ugrik fel. Utazó repülés közben az „AIR” oldalt használja a személyzet.

Habár nem létezik ebben szabványosítás, majdnem mindegyik gyártó rendszere a fentiekben leírtak szerint működik.

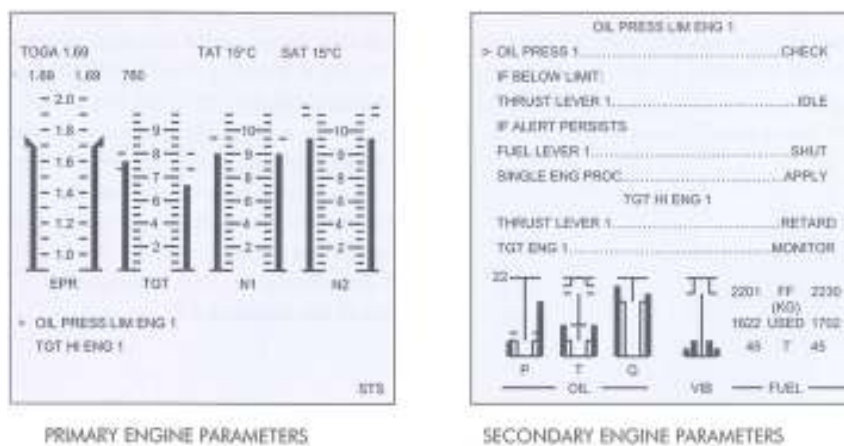
A következő fejezetekben gyorsan áttekintjük a következő rendszereket:

- Multi-Function Display System (MFDS)
- Engine Indicating and Crew alerting System (EICAS)
- Electronic Centralised Aircraft Monitor (ECAM)

2.1.3. Az MFDS

Jellemzően Fokker típusú repülőgépeken használják. Két kijelzőből áll, amelyekből a baloldali mutatja az elsődleges hajtómű paramétereket, a jobboldali pedig manuális kiválasztásig nem mutat semmit. Ennél a rendszernél, ha például megnyomjuk az „ENG” gombot, akkor a másodlagos hajtómű paramétereket fogja kijelezni. Az MFDS is összedolgozik a személyzetet hibára figyelmeztető rendszerekkel.

A figyelmeztetések a bal oldali képernyőn jelennek meg, a hozzá tartozó eljárások pedig a jobb oldalin. Az MFDS nem képes áttekintő rendszerek kijelzésére (2.2. ábra)

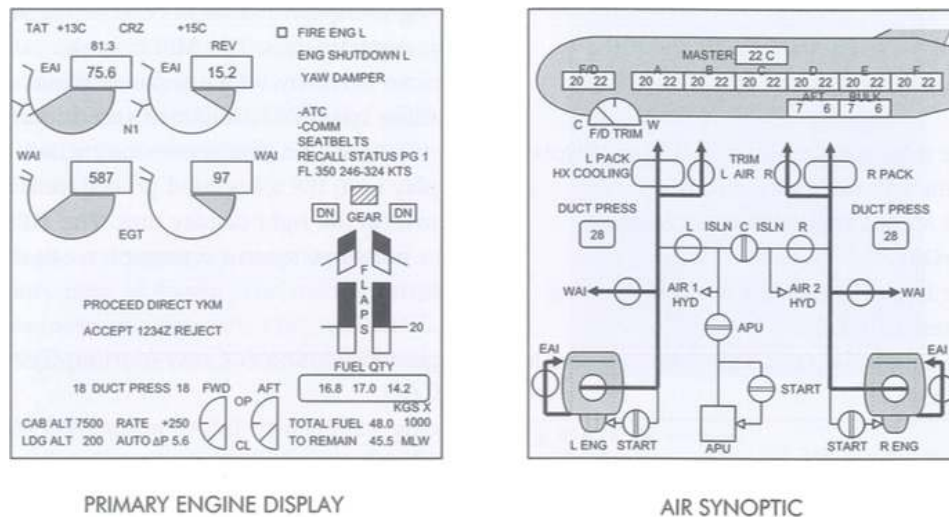


2.2. ábra. MFDS (forrás: [8], 8-29 p.)

2.1.4. Az EICAS

A Boeing a 757-es illetve 767-es típuscsaládon kezdte el használni. Teljes mértékű integrációban van a vészjelző, illetve hajtómű ellenőrző rendszerekkel. Két képernyőből áll a rendszer az elsődlegesből illetve a másodlagosból. Az elsődleges kijelzőn láthatók a hajtómű paraméterek, figyelmeztetések, futóművek helyzete, üzemanyag adatok. A második kijelzőn szinoptikus ábrák, vagy másodlagos paraméterek láthatók.

A következő 2.3. ábrán láthatjuk azt a két kijelzőt, amelyeken figyelemmel követhető a hajtómű állapota, paraméterei és minden olyan fontos információ, amely szükséges a biztonságos működéshez.

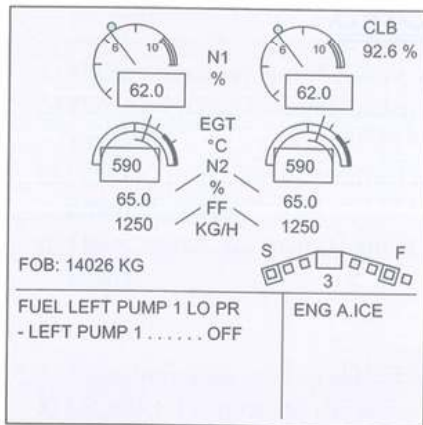


2.3. ábra. EICAS (forrás: [8], 8-30 p.)

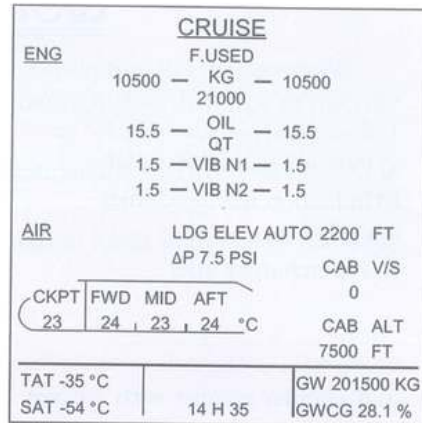
2.1.5. Az ECAM

Az Airbus rendszere ekvivalens az EICAS rendszerrel. Szintén két kijelző található, a hajtómű paraméterek, illetve figyelmeztetések kijelzésére szolgáló, (EW/D) illetve az egyéb rendszerek számára fenntartott kijelző (SD). Az A-300 illetve 310-es típusokon még csak rendszerellenőrző ábrák illetve figyelmeztető üzenetek jelentek meg, későbbi modellekben pedig már a hajtómű paraméterek is ehhez a rendszerhez tartoztak. Az MFDS-hez hasonló külön számítógép foglalkozik a vészjelzések megjelenítésével.

Az alábbi ábrán (2.4. ábra) az Airbus A-330-as ECAM rendszere látható.



ENGINE / WARNING DISPLAY



SYSTEM DISPLAY

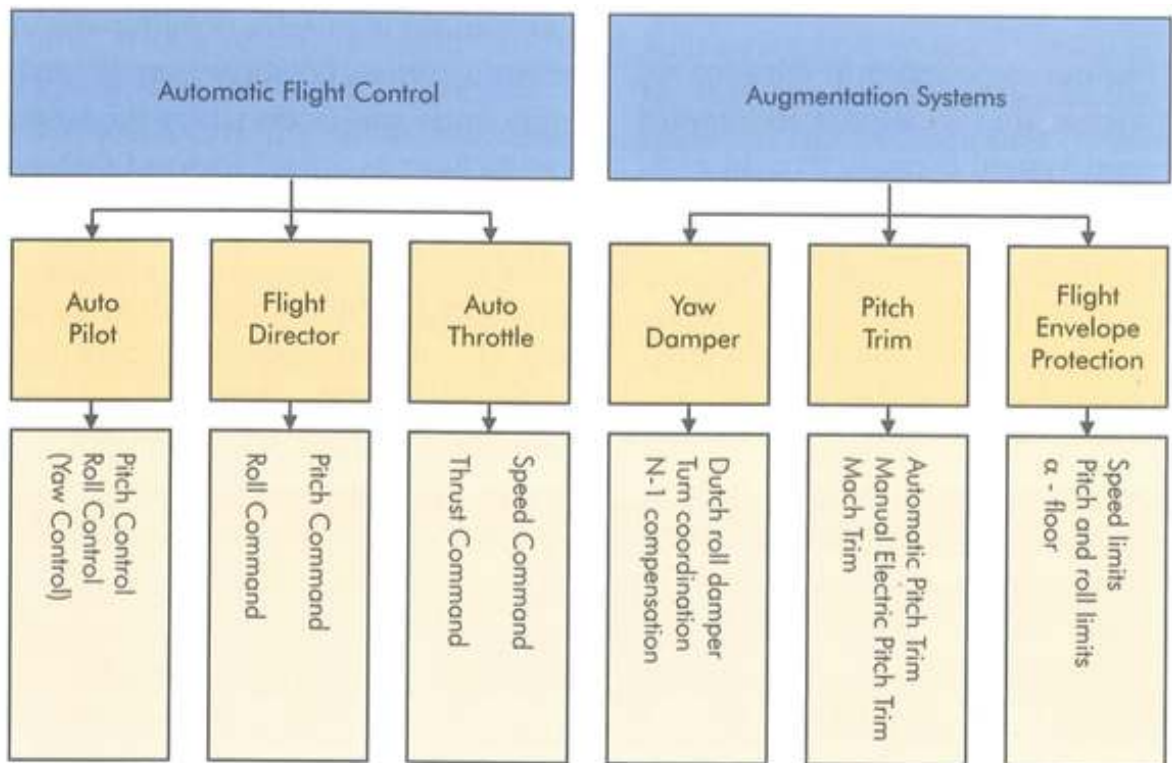
2.4. ábra. ECAM (forrás: [8], 8-31 p.)

3. Automatikus repülésvezérlő és repülési tulajdonság javító rendszer (AFCAS)

Az Automatikus repülésvezérlő és repülési tulajdonság javító rendszer egy modern szállítógép esetén egy összefoglaló kifejezés azokra a rendszerekre, amelyek automatizálják az elsődleges repülési kormányzerveket, a hajtómű teljesítményszabályozását illetve a stabilitást segítő rendszereket. Ezen alrendszerek beépítése elősegíti a rendelkezésre álló kormányzervek hatékonyabb működtetését, a személyzet munkaterhelésének csökkentését. Ez mind a repülésbiztonságot, mind a repülőgép gazdaságos üzemeltetését pozitív irányban fokozza.

Szinte hihetetlennek tűnik, de már 1915 körül megjelent az első robotpilóta, mely képes volt a szárnyak vízszintes tartására, vagy olyan repülési paraméterek tartására, mint a sebesség és magasság. A későbbiekben már a rádióelven működő létesítményeket is beépítették a rendszerbe. Amikortól a repülőgépek képessé váltak a transzsonikus sebességtartományon való átrepülésre újabb rendszereket fejlesztettek a stabilitási tulajdonságok javításának érdekében. A repülési tervekhez tartozó számítógépek megjelenésével a robotpilóták képesek voltak olyan útvonalak repüléséhez, melyeket előre meghatározott fordulópontok alapján jelöltek ki. Azokban az időkben ugyancsak kifejlődtek azok az automatikus hajtómű teljesítményt szabályozó rendszerek melyek a repülés teljes időtartamában szabályozták a gázkar működését. Ezen alrendszerek beépítésével lehetővé vált a repülőgép terhelési területen belül való automatikus vezérlése.

Napjainkban bevett gyakorlat, hogy a mechanikus illetve hamarosan a hidraulikus rendszerek többségét is eltávolítják a repülőgépekből, ezek pótlására pedig elektromos rendszereket építenek be. Ez a „fly by wire” koncepció, amely új megközelítést igényel az AFCAS rendszerek tervezésében.



3.1. ábra. AFCAS áttekintés (forrás: [8], 9-1 p.)

3.1. Irányítás fogalma

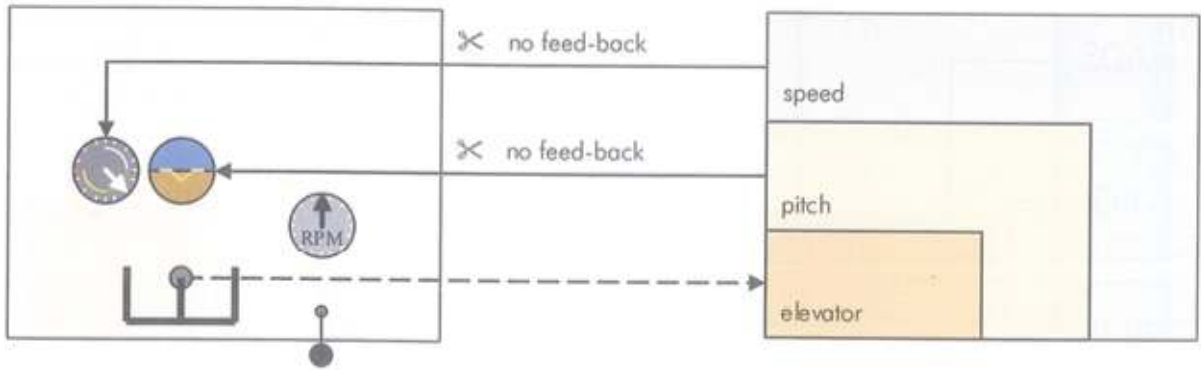
Emberi tulajdonság, hogy a folyamatokat irányítás alatt szeretnénk tartani, és mi döntjük el, hogy egy adott folyamatot mikor és milyen módon irányítunk. Az ehhez kapcsolódó döntéseink tapasztalatainkon vagy az érzékszerveinken keresztül kapott információkon alapszanak.

Amikor a tapasztalatainkat használjuk egy folyamat vezérlésére, azt előcsatolásnak nevezzük. Egy előcsatolt (feed-forward) rendszer pro-aktív, a beavatkozás a folyamat paraméterétől való várható eltéréseken alapszik, így a lehetséges hátránya az előcsatolt rendszer pontatlansága.

Visszacsatolásnak (feedback) nevezzük, amikor érzékszerveinkkel megbizonyosodunk arról, hogy elérte-e a folyamat a kívánt eredményt. A visszacsatolás re-aktív folyamat, először eltérésnek kell mutatkoznia a kívánt folyamattól, és csak ezek után avatkozik be az irányító rendszer. Így az irányított rendszer lassabb ugyan, de pontossága megnő. A visszacsatoláson alapuló rendszerek zárt hurkú rendszerek vagy más néven szabályozások.

Abban az esetben, amikor a folyamat végeredménye nem ellenőrzött, azaz nincs visszacsatolás, nyitott hurkú rendszerről beszélhetünk, vagyis vezérléssel állunk szemben.

Egy ilyen rendszer vázlatát látjuk a következő ábrán. (3.2 ábra)



3.2. ábra Visszacatolás (forrás: [8], 9-3 p.)

Figyeljünk meg egy visszacsatoláson alapuló rendszert! Amikor a repülés során tartjuk a sebességet egy megadott teljesítmény beállítást feltételezve, akkor a pilóta használhatja a sebességmérőt, illetve a horizontot (műhorizontot) a sebesség ellenőrzésére. Ha a sebességmérő által mutatott sebesség nőni kezd, akkor a pilótának „húzni” kell a magassági kormányt, hogy visszaállítsa az adott sebességet. A magassági kormány húzásával a magassági kormányfelület felfelé mozdul, és a repülőgép orrát emelő bólintónyomaték jön létre. Ennek hatására csökken a sebesség. Megfigyelhetjük, hogy a magassági kormányfelület közvetlenül a repülőgép bólintó mozgását szabályozza, ugyanakkor ezzel egy időben befolyásolja a repülőgép sebességét is. Így a repülőgép kereszttengety körüli helyzete gyorsabb jelzést ad arról - összehasonlítva a sebességmérővel - hogy adott teljesítmény beállítást alkalmazva, milyen irányba és milyen mértékkel változik repülőgép sebessége. Amennyiben a sebességmérőnk nem működik (tehát nincs közvetlen visszacsatolás), a legjobb, amit egy pilóta tehet, hogy tapasztalatai, vagy a repülőgép üzemeltetéséhez tartozó táblázatok segítségével, egy adott teljesítménybeállításhoz tartozóan tartja a szükséges horizont helyzetet. Az így kialakuló vezérlés során tehát egy előcsatolt pro-aktív rendszert kapunk.

Annak érdekében, hogy a repülőgép vezetése alól a pilótát felmentsék, úgynevezett robotpilóta került kifejlesztésre annak érdekében, hogy az vezérelje az elsődleges kormányfelületeket. Az eddigiekből tehát megállapíthatjuk, hogy amíg egy robotpilóta által vezetett repülőgép egy visszacsatoláson alapuló irányítási rendszer, addig a pilóta által irányított repülőgép egy előcsatolt rendszert alkot.

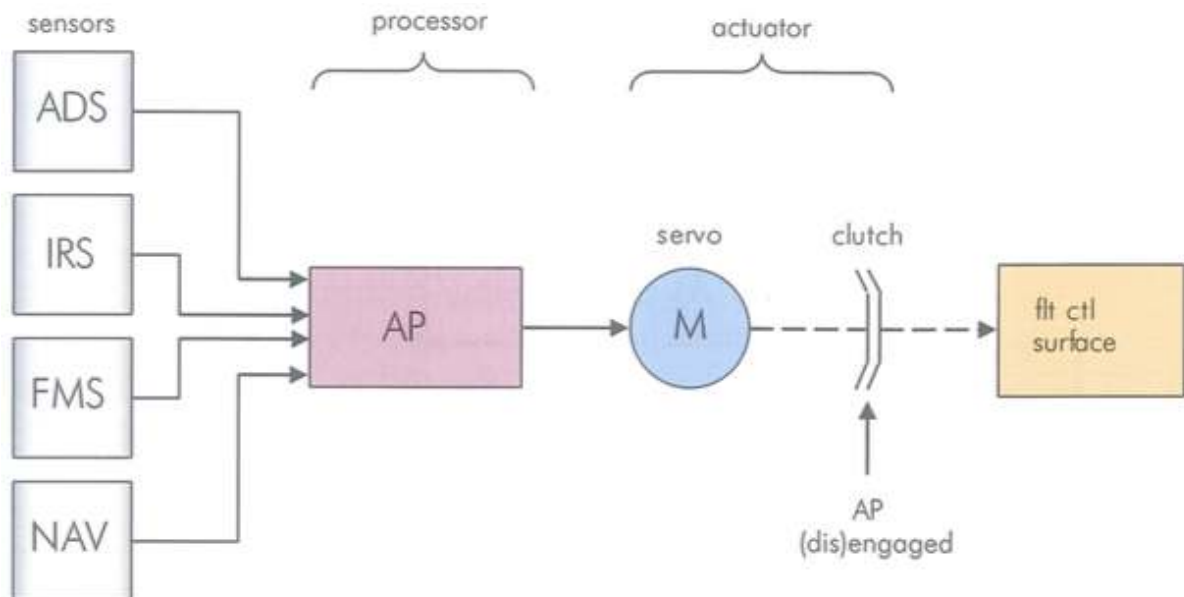
3.2. A robotpilóta (AP)

A robotpilóta az elsődleges kormányzerveket vezérli. Egy csatorna a magassági kormányfelülethez kapcsolódik egy másik csatorna a csűrők mozgatásához, így a repülőgép hossz tengely körüli kormányzását teszi lehetővé. Lehetséges még az oldalkormány mozgatásához is csatornát hozzárendelni, amely segítségével a repülőgép automatikus leszállása során a függőleges tengely körüli megfelelő helyzet is vezérelhető. A légi jármű üzemeltetési eljárásainak megfelelően akár több AP is beépíthető, a vezérlése az FMCP-n (Flight Mode Control Panel) keresztül történik. Az FMCP a műszerfal tetején található tükröződés gátló panelbe kerül beépítésre.

3.2.1. Felépítése

A robotpilótának három fő részegysége van: az érzékelők, a számítógép, és a végrehajtó szervek.

Az érzékelőkhöz sorolhatjuk a rádió navigációs eszközöket is. Ilyenek például az ADS, IRS, FMS vagy NAV vevők. A robotpilóta számítógépe egy vagy több mikroprocesszort tartalmaz a hozzákapcsolódó I/O (input, output) modulokkal és memória blokkokkal. A végrehajtó szerv egy elektromos motorból, illetve egy elektromosan irányított tengelykapcsolóból áll. (3.3. ábra)



3.3. ábra. A robotpilóta felépítése (forrás: [8], 9-4)

A robotpilóta kiválasztása a vezérlőpanelből történik. Ez látható a 3.4. ábrán.

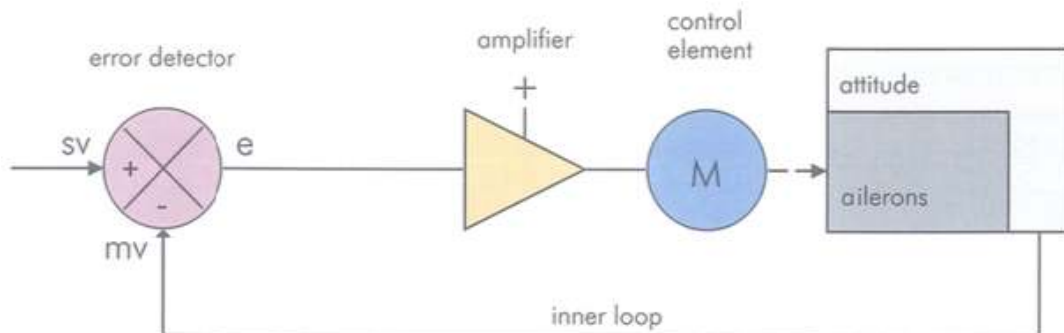


3.4. ábra. Vezérlő panel (forrás: [8], 9-3 p.)

3.2.2. Egy szokványos robotpilóta csatorna

Mivel az első robotpilóták csak a szárnyak vízszintes tartását tudták vezérelni ezért most ezt a folyamatot írjuk le először. Az első érzékelő, amelyet arra használtak, hogy érzékelje a szárnyak a vízszintes síkhoz való helyzetét, egy giroszkóp volt, melynek jeleit egy komparátorba küldték. A komparátor egy elektronikus eszköz, amely a mért értéket összehasonlítja egy előre megadott értékkel. Ha a mért érték és az előre meghatározott érték között különbség van, azt a különbséget hibajelnek nevezzük.

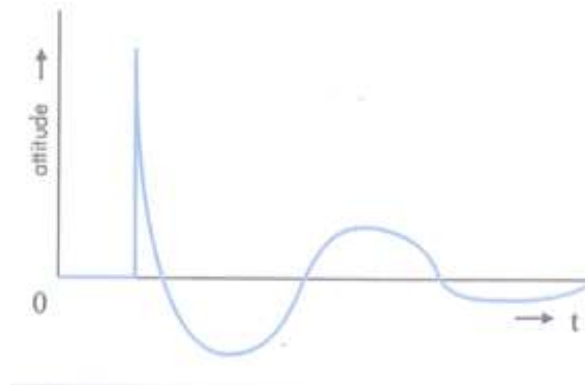
Esetünkben a beállított érték a szárnyak vízszintes síkkal 0 fokot bezáró helyzete (azaz vízszintes szárny), a mért érték pedig a szárnyak valódi helyzete a vízszintes síkhoz viszonyítva. Ezt egy giroszkóp segítségével mérjük. Ha különbség keletkezik a beállított érték illetve a mért érték között, az feszültséget indukál, amely egy erősítőn keresztül egy elektromos szervomotorhoz jut. A szervomotor kimenetén található tengelykapcsoló zárásával pedig mozgathatjuk a kormányfelületet, jelen esetben a csűrőket. A csűrők pedig a megfelelő irányba kitérve mozgatják a repülőgépet a hossz tengely körül a kívánt értékig. Ez egy zárthurkú vezérlés. Az így létrejövő tengely körüli mozgások a súlypont körül forgatják a repülőgépet. (3.5. ábra)



3.5. ábra. Egyhurkú szabályozás (forrás: [8], 9-4 p.)

Az előző ábrán sv jelenti a beállított értéket, az mv pedig a mért értéket.

A repülőgép tömegéből adódó tehetetlenség miatt a valós mozgás során a kívánt értéknél nagyobb korrekció jön létre, és ez egy túllendülést hoz létre a hossz tengely körül amelynek amplitúdója fokozatosan csökken a beállított értékig. (3.6. ábra)

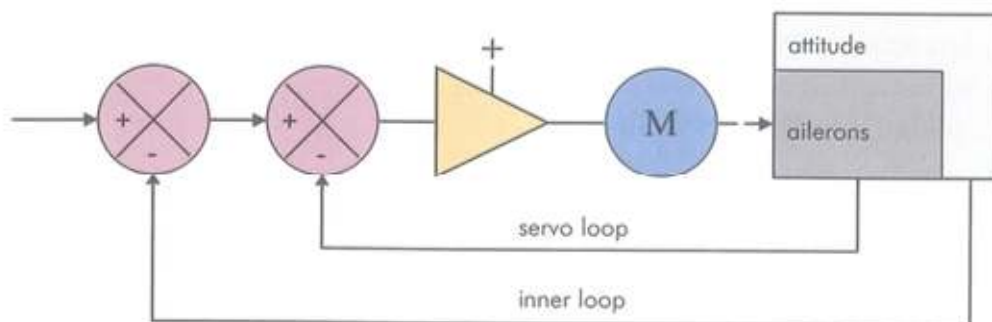


3.6. ábra. Korrekció (forrás: [8], 9-5 p.)

Megjegyzés: Az AP minimum 0.01 fokos eltérés során avatkozik be $t=0.16$ másodperc alatt.

A két csatornás robotpilóták a repülőgép hossz és kereszt tengely körüli forgását, a három csatornás robotpilóták a hossz- kereszt- illetve a függőleges tengely körüli mozgását is vezérlik. Négycsatornás robotpilótáról abban az esetben beszélhetünk, ha az említett három tengelyen túl a hajtómű tolóerejét is vezérli.

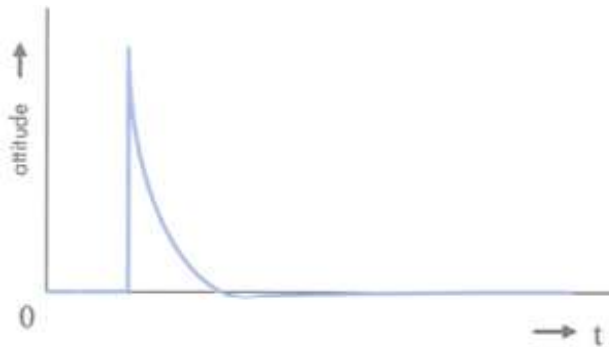
A kilengések amplitúdója úgy csökkenthető, hogy a szabályozásba egy plusz hurok kerül beillesztésre. Ez a kormány szervhez kapcsolódó servo hurok (3.7. ábra).



3.7. ábra. Servo hurok (forrás: [8], 9-5 p.)

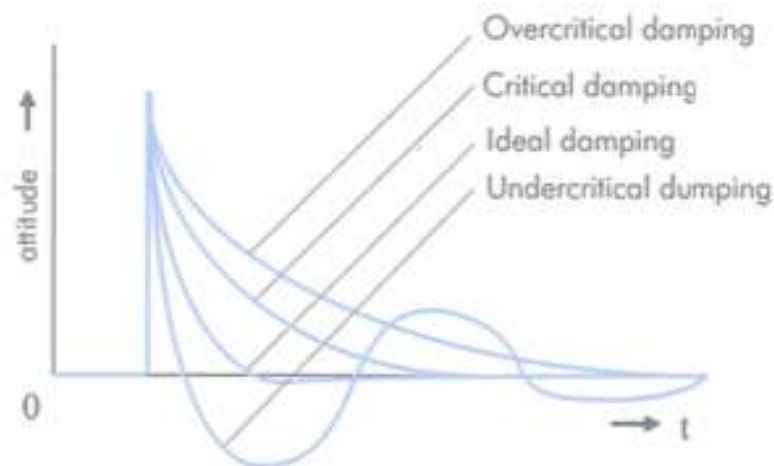
Amikor egy hirtelen kilengés történik a bedöntés mértékében a giroszkóp jelet küld a komparátornak a belső hurokban (inner loop). Ennek a kimeneti feszültségét rákapcsolják egy

másik komparátorra, ami a szervohurokban található. Amíg nincs csűrkitérítés addig csak a belső hurok komparátorának feszültsége jut el a csűrőkhöz, azonban amint a kormányfelület kitér, egy helyzetjelző érzékelő (RVDT) segítségével csökkentik a komparátor kimeneti feszültségét és ennek segítségével a csűrkitérítést is. Ez hatásosan csökkenti a periodikus lengéseket a hossz tengely körül (3.8. ábra).



3.8.ábra. Válasz egy hirtelen zavarásra belső hurok és servo hurok segítségével (forrás:[8], 9-6 p.)

Amikor a szervohurok csillapítását kalibrálják, létrejöhét „critical”, „over critical” (túl nagy), „under critical” (túlságosan kismértékű) csillapítás. A „critical” csillapítás során nem jelentkezik az úgynevezett „overshooting”, tehát a repülőgép mozgása teljesen mentes a kilengésektől, a valóságban azonban ennél kisebb mértékű csillapítást alkalmaznak a túl lassú csillapítás megelőzésére. Ezek a beállítások láthatóak a 3.9. ábrán.



3.9 ábra. Különböző csillapítási beállítások (forrás: [8], 9-6 p.)

A későbbiekben a robotpilóta paneljén megjelentek azok a forgókapcsolók, melyek segítségével beállíthatóvá vált a kívánt bedöntés mértéke. Hasonló módon tartható és állítható a repülőgép keresztengely körüli helyzete, ezt „pitch hold mode”-nak nevezzük.

A modern robotpilóták „pitch” illetve „roll” csatornái kiegészülnek egy vagy több választható külső hurokkal. Egy külső hurok a repülési pálya szabályozását vezérli, amely definiálható a repülőgép súlypontja által megtett úttal. Minden egyes csatornához csak egy külső hurok lehet aktív adott időpillanatban. Mindegyik hurok az FMCP-ről választható. Ezeket a robotpilóta üzemmódjai.

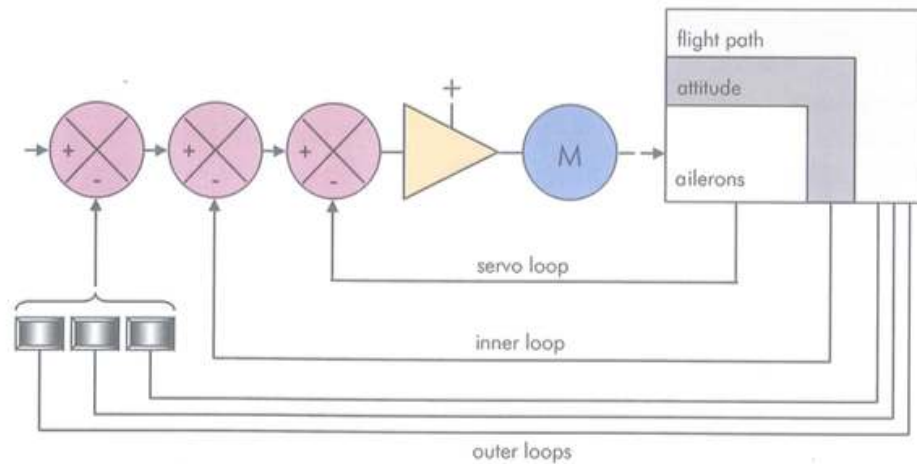
A 3.10. ábra összefoglalót ad az AP üzemmódjairól. Megkülönböztethetünk alap üzemmódot („basic mode”) és úgynevezett felső üzemmódokat („upper mode”). Az alap üzemmód üzemeltetése során választjuk ki a csatornát, a felső üzemmódok pedig a többi üzemeltetési lehetőséget tartalmazza. A közös vagy „mixed” üzemmód során a hossz és keresztengely körüli csatornát egyszerre üzemeltetjük.

	PITCH	COMMON/MIXED	ROLL
BASIC	V/S HOLD		HDG HOLD
UPPER	PITCH ATT V/S SEL ALT HOLD ALT SEL G/S IAS HOLD IAS SEL MACH HOLD MACH SEL PROF/NAV VLCH	ILS/APP/LAND TO/GA	TURN KNOB VOR LOC HDG SEL NAV/LNAV

3.10. ábra. Robotpilóta üzemmódjai (forrás: [8], 9-6 p.)

A 3.11-es ábrán látható az orszózó mozgást vezérlő csatorna, amely tartalmaz több választható külső hurkot. A komparátor összehasonlítja a megadott érzékelő segítségével az előírt repülési pályát a tényleges repülési pályával. Vizsgáljuk meg az alábbi ábrát! Ha a „Heading select mode” aktív, akkor a személyzet által választott heading összehasonlításra kerül az aktuális headinggel. Bármely eltérés hibaként jelentkezik, jelet küldve a csűrőkhöz. A szervó illetve a belsőhurok működésbe lép az orszózó mozgás létrehozásához, így a kívánt repülési pálya tartásához. A pilóta szabályozza a keresztengely körüli helyzetet (belső hurok), annak érdekében, hogy szabályozza a sebességet (külső hurok).

Ha részleteiben vizsgálunk egy robotpilóta csatornát több különböző részegységet találhatunk, ezeket tárgyaljuk az alábbiakban.



3.11. ábra. Egy háromcsatornás robotpilóta (forrás: [8], 9-7 p.)

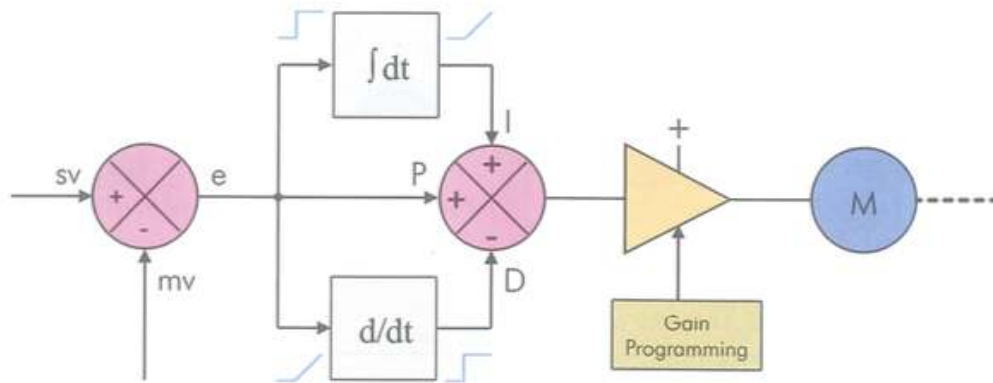
3.2.3. A differenciátor (D)

Ha túl nagy a különbség a kívánt kormányfelület pozíciójában, illetve az aktuális kormányhelyzet között, a szervomotor gyors mozgásba kezd, és túl nagy korrekciót okoz (overshoot). Egy tachométert csatlakoztatva az adott kormányfelülethez, mérhetővé válik a kormányfelület nagysebességű mozgása, és így egy elektromos jel küldhető a komparátor felé, amely csökkenti a szervomotor teljesítményét. Ugyanez a hatás érhető el egy elektronikus szabályozóval, amelyet differenciátornak vagy differenciáló áramkörnek hívnak. A differenciátor a servo hurok komparátorának kimeneti jelét használva csökkenti a szervomotor teljesítményét. A differenciátor csak abban az esetben ad kimeneti jelet, ha a bemeneti jel változik, méghozzá a változás sebességével egyenes arányban.

3.2.4. Az integrátor (I)

Abban az esetben, ha a szervomotor bemenetén hiányzik a jel, vagy a teljesítmény, hogy a meghatározott kormányfelületet mozgásba hozza, egy integrátort használnak. Ez akkor történhet meg, amikor egy zavarás befolyásolja a normál üzemeltetést. Az integrátor egy elektronikai eszköz, amely a servo hurok kimeneti jelét felhasználva növeli a szervomotor teljesítményét. Az integrátor növekedő kimeneti jelet hoz létre állandó bemeneti jel esetén, azaz minél nagyobb a bemeneti jel, annál gyorsabban változik a kimeneten a jel.

A 3.12-es ábrán egy olyan szabályozó látható, amely integrátort és differenciátort is tartalmaz. A differenciátort, amely a csillapítást vezérli D-tagnak nevezik. Az integrátor, amely időszakosan növeli a szervomotor bemeneti feszültségét az I-tag jelöli. Az arányos tagot, amely relációt (rendszerint erősítést) fejez ki a bemenet és kimenet között P-tagként (proporcionális tag) szokás nevezni. Azt a szabályozót, amely mind a három tagot tartalmazza PID szabályozónak hívják.



3.12.ábra. PID szabályozó (forrás: [8], 9-8 p.)

3.2.5. Kiegészítő szabályozások

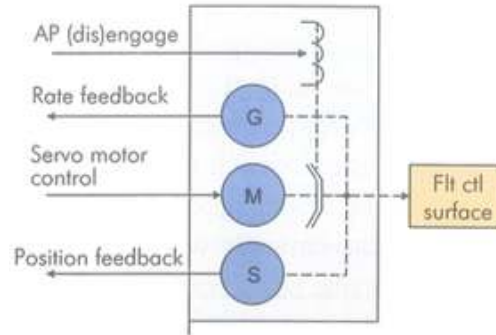
Annak érdekében, hogy ugyanazt a hatást érzük el akkor is, amikor különböző sebességeken mozgatjuk a kormányfelületeket, a kormányfelület kitérését csökkentenünk kell, ha nő a repülőgép sebessége, vagy a fékszárnyak behúzott állapotban vannak. Ezt a programozott erősítéssel (CAS) tudjuk elérni, amely automatikusan igazítja a kormányfelület kitérését a sebesség függvényében.

Landoláskor, mivel egy ILS megközelítés során mind a localiser mind a glideslope nyalábok összetartóak, ezért a megközelítés során adott szög korrekcióra egyre kevesebb kormánykitérés szükséges. Ezt a szabályozást a Markerektől illetve a rádiomagasságmérőből vagy ILS/DME-ből jövő jelekkel lehet megvalósítani.

3.2.6. A működtető egység

Az AP működtető egysége egy elektromos motor amely a kormány szervhez kapcsolódik, és a robotpilótát irányító számítógép működteti. Az automatikus kormányvezérlő rendszerek működtető egységei lehetnek elektro-mechanikusak, hidraulikusak, vagy pneumatikusak. Egy hagyományos robotpilóta rendszerben egy tengelykapcsoló (vagy vezérlőbütyök) vezérli a

tengelyek oldását/ illetve zárását. A tengelykapcsolót mágnesesen működtetik, amelyet az FMCP végzi. Ez látható a 3.13. ábrán.

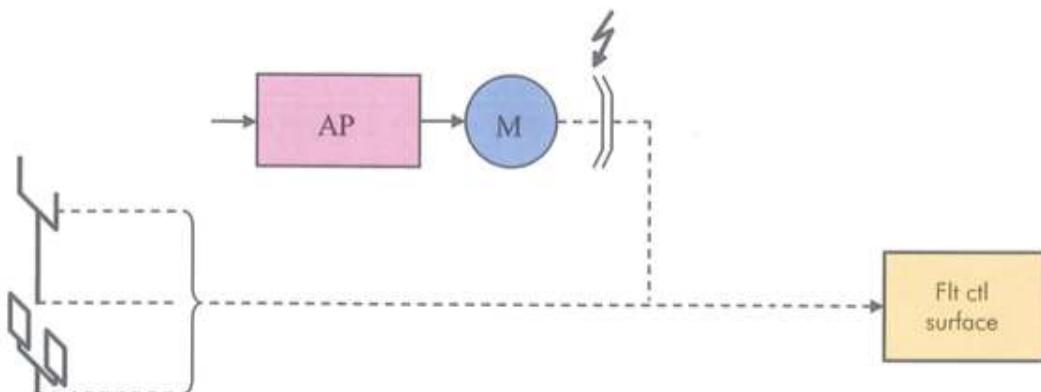


3.13. ábra. AP működtető egység (forrás: [8], 9-9 p.)

Az AP működtető egysége a kormányvezérlő rendszer bemenetéhez kapcsolódik, így a működtető egység mind a bemeneti eszközöket (kormányok), mind a kimeneti eszközöket (csűrő, oldalkormányfelület, magassági kormányfelület) működteti. Ezt párhuzamos vezérlésnek hívjuk. Így a pilóta látja, ahogy a kormányokat mozgatja a robotpilóta.

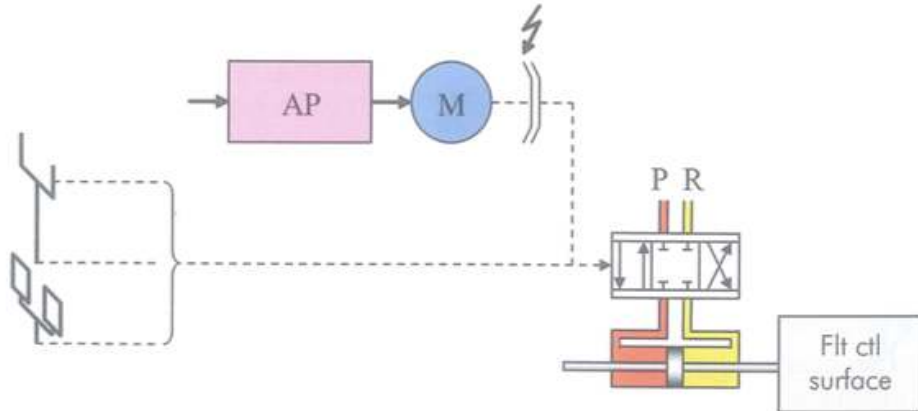
Megjegyzés: A robotpilóta elsődlegesen a magassági kormányfelületen, illetve a csűrőkön keresztül irányítja a repülőgépet. A csúszásmentes forduló végrehajtása nem a robotpilóta feladata, az oldalkormányt csak oldalszeles leszállások esetén mozgatja.

A repülőgép fajtájától függően különböző megoldási módok adódhatnak. Kisgépek esetén a működtető elem tengelykapcsolón keresztül kapcsolódik az adott mechanikus kormányvezérlő rendszerhez. Amikor a robotpilótát bekapcsoljuk az FMCP-n a tengelykapcsolót mágneses úton zárják, a végrehajtó elem így kapcsolódik a kormány szervhez (3.14. ábra).



3.14. ábra. Mechanikus kormányvezérlés és a robotpilóta kapcsolata (forrás: [8])

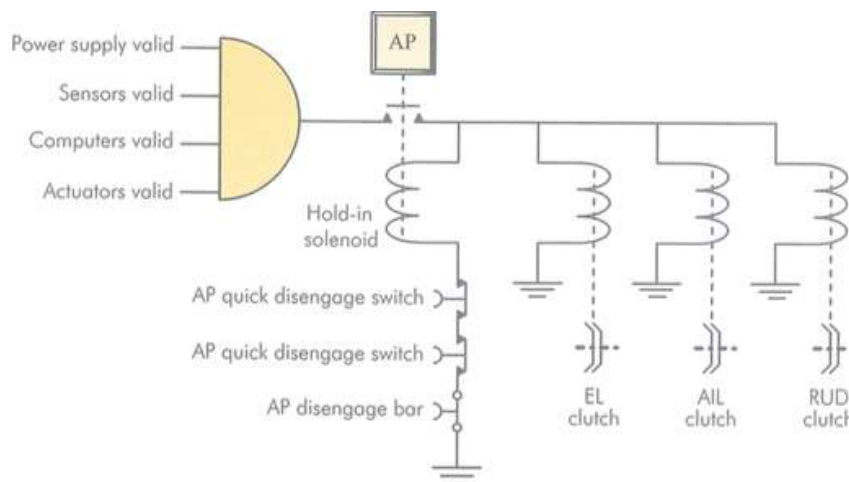
Ha a repülőgép hidraulikus kormányrendszerrel van felszerelve, a működtető elemet hidraulikus rásegítő szelep vagy egy nyomatékmotor, amely forgás közben működteti a fő hidraulikus munkahengert. Ez látható a 3.15. ábrán.



3.15. ábra. Hidraulikus kormányvezérlés és a robotpilóta kapcsolata (forrás: [8])

3.2.7. Bekapcsolást reteszelő áramkör

A bekapcsolási reteszelő áramkör biztosítja, hogy a robotpilóta csak akkor kerülhet bekapcsolt állapotba, amikor az ehhez szükséges feltételek megvalósulnak. Ezek a feltételek az érzékelő rendszerek adataitól, a hozzá kapcsolt számítógépektől és a végrehajtó elem vagy munkahenger állásától függenek. A 3.16. ábra mutatja egy egyszerű bekapcsolási reteszelő áramkör vázlatát. Akkor amikor az összes állapot bemenete „érvényes” egy és kapuban, illetve a pilóta működteti a robotpilóta bekapcsológombját, akkor zárnak a tengelykapcsolók. Egy behúzó mágnes tartja a bekapcsoló gombot a pozíciójában.



3.16. ábra. Reteszelő áramkör (forrás: [8], 9-11 p.)

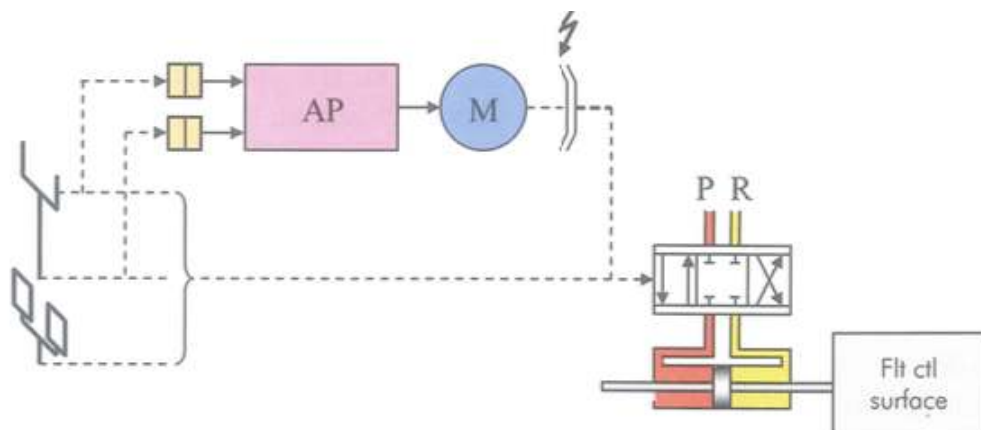
A robotpilóta manuálisan vagy automatikusan is kikapcsolható. Amikor a robotpilótát leválasztó gombot működtetjük az FMCP-n, vagy akár a kormányon elhelyezett gomb segítségével, akkor az öntartó mágnes leold és a működtető gomb visszatér a kikapcsolt pozícióba. Ha valamely alaktrész meghibásodik, mindez automatikusan megtörténik.



3.17. ábra. A robotpilóta lekapcsoló gombja a kormányzerven (forrás: [8], 9-11 p.)

3.2.8. Kormány szerv vezérlés és a fly by wire

A kormány szerv vezérlés (CWS – Control Wheel Steering) egy rendszer, amely lehetővé teszi a pilóta számára, hogy a kormányok segítségével bemenetijelet küldjön a robotpilótának. Már az 1970-es években elkezdték vizsgálni a gyártók az elektronikus kormányvezérlés lehetőségét. A hagyományos felépítésű repülőgépek esetén egy acél kábel kötötte össze a kormányokat a kormány szervekkel, azonban ezek nagy többletsúllyal és lassú működtetéssel jártak, míg egy elektromos vezeték könnyű, és gyorsan továbbította a bemeneti jeleket. Azokban az években párhuzamosan folyt az elektromos illetve a hagyományos kormányvezérlő rendszerek fejlesztése. (3.18. ábra)

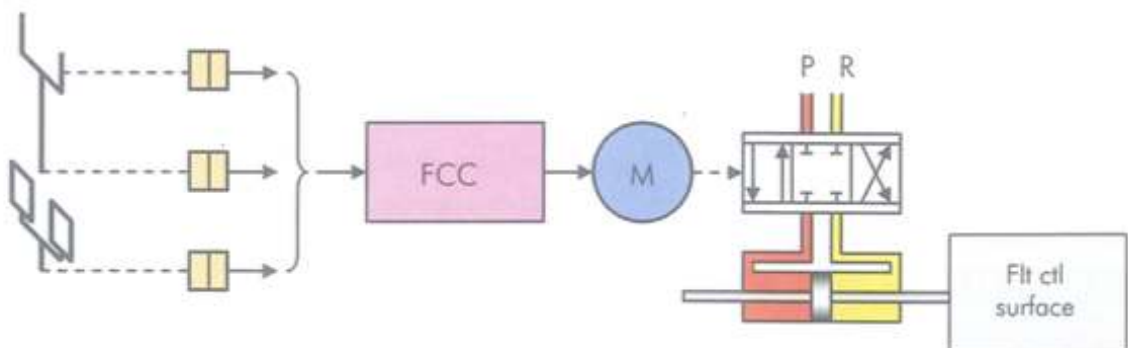


3.18. ábra. Control Wheel Steering (CWS) (forrás: [8], 9-12 p.)

Egy hagyományos CWS rendszer tartalmaz egy csatornát a magassági kormány, illetve egy csatornát a csűrőkormány számára. A két csatorna erőmérő érzékelőkön keresztül érzékeli a pilóta által kifejtett erőt a kormányoszlopon és létrejött jeleket küldik a robotpilótának. Az AP ezeket a jeleket alakítja át orsózó vagy bólintó mozgási parancsokká. Ahhoz, hogy ez a mód engedélyezve legyen, a robotpilótát „command” mód helyett „CWS” módba kell kapcsolni.

Összefoglalva a CWS egy manuális vezérlés, ahol a kereszt- és hossz tengely körüli mozgások parancsa adott. Ha nincs bemenetjel, akkor a repülőgép tartja az addigi helyzetét (szabályozás) Ha a robotpilótát CWS üzemmódba kapcsoljuk, a Yaw Damper (függőleges tengely körüli lengéseket csillapító rendszer), illetve a magassági trimm funkciók elérhetők.

Az 1980-as években jelent meg az első kereskedelmi repülőgép, amely teljesen elektromos kormányvezérlő rendszert használt. Ez a repülőgép az Airbus A320-as. A kormánymozgatás vezérléséhez nem volt többé szükség nagy tömegű kábelekre, vagy rudazatra. A rendszer Fly by wire –nek nevezték el, és a kábelek – rudazatok elhagyásával nem volt többé szükség szarvkormányra, elég volt egy „sidestick”-et elhelyezni. A sidestick nem feltétlenül a pilóta előtt helyezkedik el. (3.19. ábra)



3.19. ábra Fly by wire (forrás: [8], 9-12 p).

3.2.9. Vezérlési elvek

A Fly By Wire rendszer alapját több számítógép alkotja, ezek dolgozzák fel a pilóta által adott bemeneti jeleket (manuális üzemmód), vagy a robotpilótától jövő jeleket (automatikus üzemmód). Ezt normál elvnek hívják (normal law). A normal law a következő védelmeket biztosítja:

- Túlterhelés elleni védelem

- Állásszög védelem
- Túl nagy sebesség elleni védelem
- Keresztengely körüli repülőgép helyzet korlátozása
- Bedöntési szög korlátozása

Ha bármilyen kis hiba jelentkezik a számítógépekbe, a Fly By Wire rendszer helyettes elv (alternate law) szerint működik a továbbiakban, ez azonban csökkentet védelmet eredményez.

Ha valamely nagyobb hiba jelentkezik az FBW rendszerben, az közvetlen elv szerint működik tovább (direct law). A direct law során egyáltalán nincs védelem a fent említett repülési helyzetek ellen.

Ha az FWB rendszer teljesen meghibásodik, egy tartalék hidro- mechanikus rendszer lép működésbe a hossz és keresztengely körüli mozgáshoz. A bólintó mozgást a magassági trimm segítségével, az orsózó mozgást pedig az oldakormány segítségével érik el.

Napjainkba a Fly By Wire rendszer eletronikusan vezérelt, azonban a végreható elemek hidraulikusak. A jövőben valószínűleg a hidraulikus rendszereket – melyek nagy tömegűek, illetve nehezen karbantarthatók – felváltják az elektromos végrehajtó elemek, amelyeknek előnyük a kis tömegük, és megbízható működésük.

Megjegyzés: A modern repülőgépek, amelyek Fly By Wire-t használnak még mindig tartalmaznak hidraulikus dugattyúkat. Tengelykapcsoló nem szükséges, hisz a működtető jelet elektronikusan küldik.

Hasonló érvényes a mechanikus visszacsatolásra. Airbus típusok esetén nincs mechanikus visszacsatolás a sidestickhez, azonban a Boeing által gyártott 777-es típuscsaládba kifejlesztettek egy elektromechanikus erő-visszacsatolási rendszert, amely hagyományosabb érzést biztosít a pilóták számára.

Abban az esetben ha egy pilótás éjszakai vagy IFR repülésre képes a repülőgép, kötelező felszerelni olyan robotpilótával, amely legalább képes a „Heading” illetve a magasság tartására.

Fail safe robotpilótáról akkor beszélünk, amikor az nem tudja a repülőgépet veszélyes szituációba hozni. Ennek követelményei főleg a szerkezet maximális igénybevételeiről, manuális vagy automatikus leválasztó rendszerről és üzemmód kijelzésről szólnak.

3.2.10. Szerkezeti igénybevételek

A robotpilótát úgy kell megtervezni, hogy megakadályozza a repülőgép szerkezetének nagy igénybevételt jelentő mozgásokat. Vegyük példának egy 60 fokos bedöntésű

csúszásmentes fordulót, ahol $n=2$. A robotpilóta ilyen bedöntésű fordulót nem engedélyez, csak ha azt lekapcsolják, és manuálisan hajtják végre a pilóták, illetve a robotpilóta nem csak a repülőgép térbeli helyzetét szabályozza, hanem a tengelyek körüli mozgások sebességét is. Ez utóbbit C módnak hívjuk. Ha a C mód aktív, akkor a robotpilóta a tengely körüli mozgásokat a repülőgép sebességének függvényében úgy hajtja végre, hogy azok nem okoznak nagy terhelési többlest.

A túlzott igénybevételt korlátozó határértékek és felülbírálati lehetőségek a következők:

- *Forgatónyomaték határértékei:* -A forgató motorok kimeneti nyomatéka limitálva van a robotpilóta által, annak érdekében hogy az úgynevezett „hard over” vagy „slow over” megelőzhető legyen. A „hard over” az a jelenség, amikor a végrehajtó elem (legtöbbször dugattyú) túl nagy bemeneti jelet kap, nagy jelet okozva a kimeneten túlfutást okozva. A „slow over” kifejezés arra utal, amikor a bemeneti nyomaték lassan jelenik meg a végrehajtó elemen, hirtelen változást eredményezve a kimeneten.

- *Felülbírálás:* - A robotpilóta feladata, hogy az erő amelyet a motor forgatónyomatéka okoz ne haladhatta meg a pilóta képességei által maximálisan kifejthető erőt. Ilyen módon az AP mindig felülbírálatos a pilóta által. Sőt a mai modern robotpilótákat felül lehet bíráltni anélkül, hogy azok leválasztódnának, míg a régebbi fajták lekapcsoltak ebben az esetben.

- *Manuális vagy automatikus ki/bekapcsolás:* - Bekapcsolási reteszelő áramkör beépítése szükséges a robotpilóta működtetésének engedélyezéséhez, továbbá kötelező a robotpilótának gyorsan, teljes mértékben lekapcsolni. Kötelező az FMCP-n elhelyezett leválasztó gombon túl a kormányon is elhelyezni egyet, annak gyors elérésének érdekében. További követelmény a robotpilóta automatikus leválasztása abban az esetben, amikor a repülőgép eléri kritikus határértékeit, mint például kritikus állásszög, túlzott bedöntés vagy ha a terhelési többlet meghaladja $n=2$ -t. Leválasztás esetén tisztán hallható és felsimerhető jelzést kell szolgáltatni a pilóták számára.

- *Üzem mód kijelzés:* - A rendszer úgy lett kialakítani, hogy állandóan mutassa milyen üzemmódban dolgozik éppen.

A „fail safe” robotpilóta lekapcsolásánál figyeljünk arra, hogy hirtelen változás állhat be a repülési pályában ha a repülőgép nem volt helyesen kitrimmelve, ezért az ilyen robotpilóták csak 200 láb felett használhatók.

3.3. A pályavezérlő rendszer (Flight director)

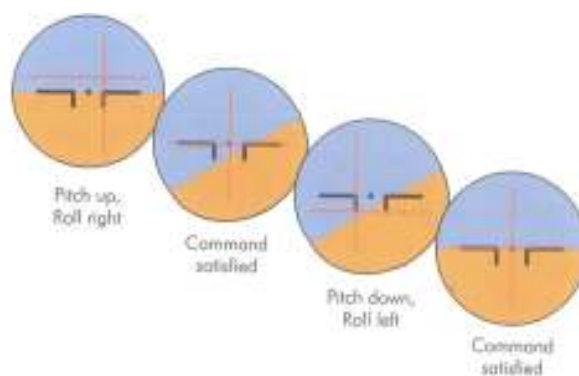
A második világháború befejeztével vezették be a polgári repülésbe a pályavezérlő rendszert, annak érdekében, hogy segítsen a pilótának felügyelni a robotpilótát. A mikroprocesszorok bevezetésével az 1970-es években a felügyelet feladatát átvette egy számítógépes irányítórendszer. A modern repülőgépek esetén a Flight director mind a robotpilóta mind a személyzet számára parancsot ad a repülőgép kereszt és hossz tengely körüli megfelelő kormányzására.

Kezdetben a Flight director különálló számítógépekből állt, napjainkban az elektronika rendszerek ugyanabban a házban találhatóak, mint a robotpilóta egyéb rendszerei. A Flight directort az FMCP-ről lehet üzemeltetni. Amikor működésbe lép, két vonal, egy függőleges és egy vízszintes jelenik meg az (E)ADI kijelzőjén. Néhány esetben ez a jelzés V alakú is lehet. Ezeket láthatjuk a 3.20. ábrán.



3.20. ábra. A pályavezérlő rendszer mutatói (forrás: [8], 9-15 p.)

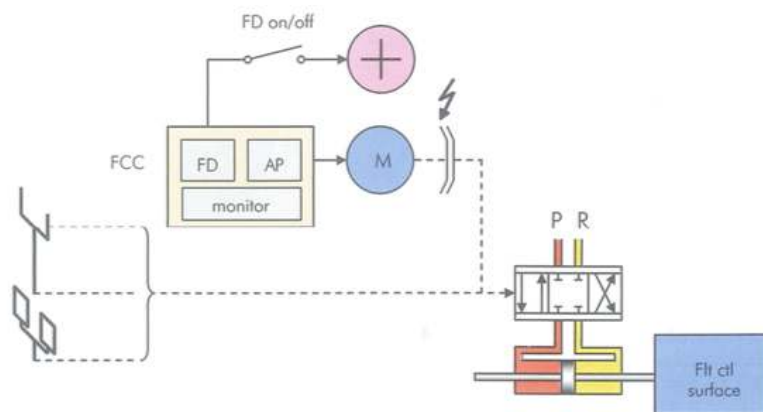
A jelzések elmozdulása a műhorizont előtti replógép szombólumhoz viszonyítva ad ki kormányzással kapcsolatos utasításokat. Ha a repülőgép a kívnt helyzetben áll a kereszt, illetve a hossz tengelyhez viszonyítva, a jelzések közepén metszik egymást (3.21. ábra).



3.21. ábra. A pályavezérlő rendszer indikációi (forrás: [8], 9-15 p.)

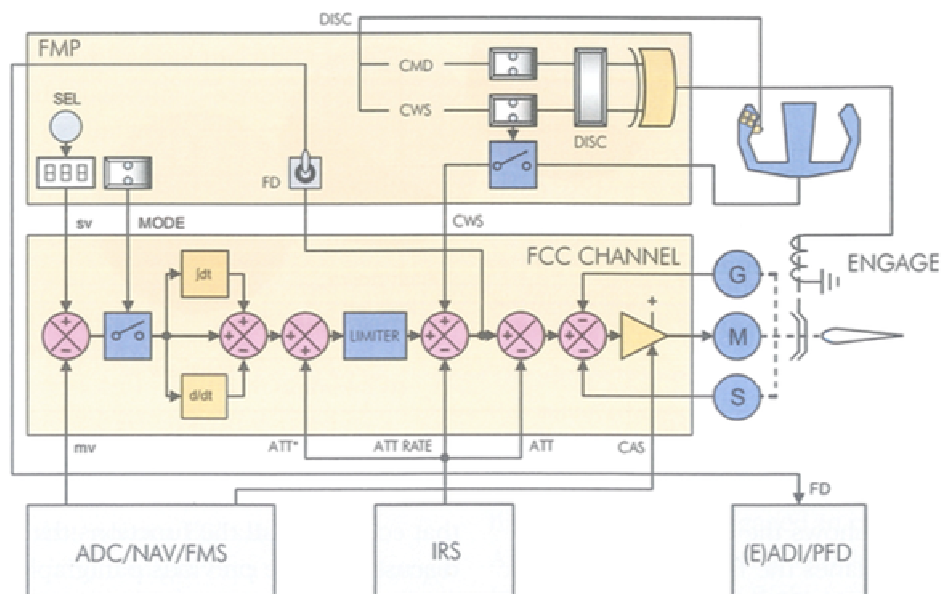
A jelzések kitérése az FMCP-n kiválasztott üzemmódtól függ. A Flight director feladata, hogy a leoptimalisabb repülőgép helyzetet megállapítsa, a megkövetelt repülési pálya függvényében. Ha ez engedélyezve van, akkor a robotpilóta a Flight director utasításait követi a repülőgép bólintó, illetve csűrőmozgásához, minden más esetben a személyzetnek manuálisan kell követni a pályavezérlő rendszer utasításait.

Az alábbi 3.22. ábra mutatja a pályavezérlő rendszer felépítését. Látható, hogy a modern repülőgépekben a Flight director illetve a robotpilóta funkció a központi számítógépbe (Flight Control Computer FCC) van integrálva.



3.22. ábra. A központi számítógép (FCC) (forrás: [8], 9-16 p.)

A központi számítógép egységei és részletes felépítése a 3.23. ábrán látható.



3.23. ábra. A központi számítógép részletes felépítése (forrás: [8], 9-16 p.)

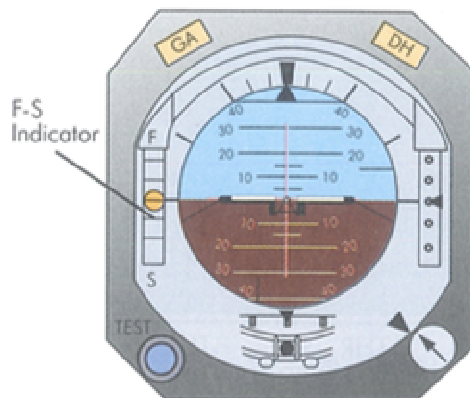
3.4. Automatikus tolóerő szabályzó rendszer(Automatic Throttle System ATS)

Az automatikus tolóerő szabályzó rendszert az 1960-as években vezették be annak érdekében, hogy csökkentsék a személyzet munkaterhelését. Ez egy olyan rendszer továbbfejlesztése volt, amely csak az alacsony sebességtartományban tudott sebesség parancsokat adni.

3.4.1. Sebesség parancsadó rendszer (Speed Command System)

A sebesség parancsadó rendszer egy számítógép, amely számolja az eltérést a referencia sebességtől, amely az átesési sebességen alapszik. Az átesési sebességet forduló közben a kritikus állásszög és a szárny konfiguráció alapján határozzák meg. Felszállás vagy átstartolás közben a referencia sebességet 1.2 Vs szerint állapítják meg. Ez a megközelítés során 1.3Vs-re növekszik. A „Fast–Slow” indikátor az ADI-be építve mutatja az eltérést, amely egy függőleges skála, a tetején „Fast” az alján „Slow” indikációval.

A jelző korong a skála mentén mozogva mutatja az eltérést a referencia sebességtől, ha középen van nincs eltérés.

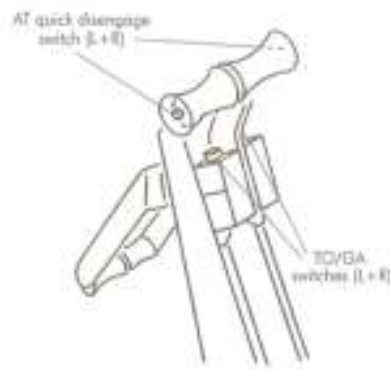


3.24. ábra. „Fast –Slow” indikátor (forrás [8], 9-17 p.)

3.4.2. Megközelítés során használt tolóerő szabályzó rendszer (approach autothrottle system)

Felszállás és átstartolás esetén a jelzőkorongot középen kell tartani a Flight Director skáláján. A megközelítés során fontos megállapítani, hogy a korong középen tartásához a gázkar a sebességtartás eszköze, ugyanis a magassági kormányt a megfelelő állásszög tartásához használjuk. A munkaterhelés csökkentésének érdekében került bevezetésre az automatikus gázkarvezérlés, amely megközelítés során tartja a referenciasebességet,

összehasonlítva az aktuális állásszöveget a megkívánt állásszöggel. A személyzet vagy a robotpilóta tartja a kívánt repülési pályát. Az automatikus gázkarvezérlő élesítése az FMCP-n történik, bekapcsolása a TO/GA kapcsolóval a gázkaron. Úgyanúgy, ahogy a robotpilóta esetén külön gyors elérésű gomb van a rendszer leválasztásához.



3.25. ábra. A gázkarok (forrás: [8], 9-17 p.)

3.4.3. A teljes repülést kiszolgáló tolóerő szabályzó rendszer (Full Flight Regime Autothrottle System)

Ha a repülés teljes időtartamában használjuk a tolóerő szabályzó rendszerünket (AT) a sebességparancsokon túl teljesítmény beállítást is meg kell határozni a tolóerő szabályozásával, például felszállás vagy emelkedés során. Ha sebesség parancsokat adunk akkor a robotpilótánk „Speed mode”-ban van, tolóerő szabályozás parancs esetén pedig „thrust” módban. Tolóerőszabályozás értékei az általuk vezérelt paraméterekről nevezik el: N1 vagy EPR.

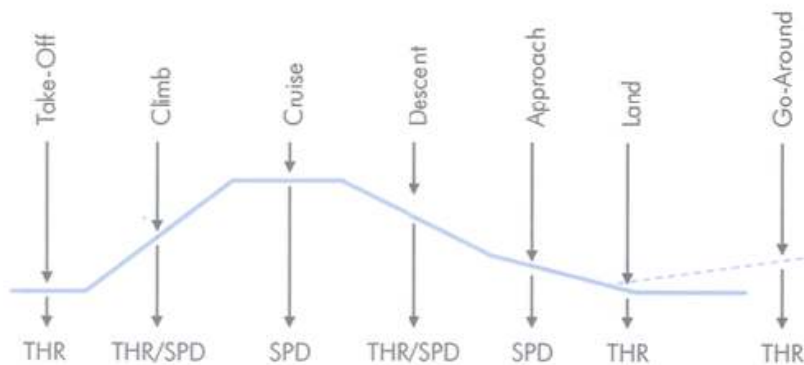
- *Speed mode*: - Egy sebesség vezérlő számítógép került beépítésre az üzemmód működése érdekében, az FMCP-n pedig a sebesség / Mach szám forgókapcsoló segítségével állítható be. Egy nyomógomb segítségével választhatunk a „Speed” illetve „Mach” funkciók között. A Mach szám kijelzés a Mach-mérőn, vagy az FMCP-n történik. Ha beépítésre került, akkor a navigációs számítógép (mint a Flight Management Computer), automatikusan választhat sebességet vagy Mach számot. Ebben az esetben a „Speed/M” ablak (az FMCP-n) elsötétült. Bármely eltérés a kívánt és a valós sebesség vagy Mach szám között jelet küld az automatikus gázkarvezérlő rendszernek (AT), amennyiben az „speed” üzemmódban van.

- *Thrust mode*: - A tolóerőszabályzás értékeit az erre kifejlesztett számítógép kalkulálja. Bemeneti jelei a következők:

- Kiválasztott tolóerő arány

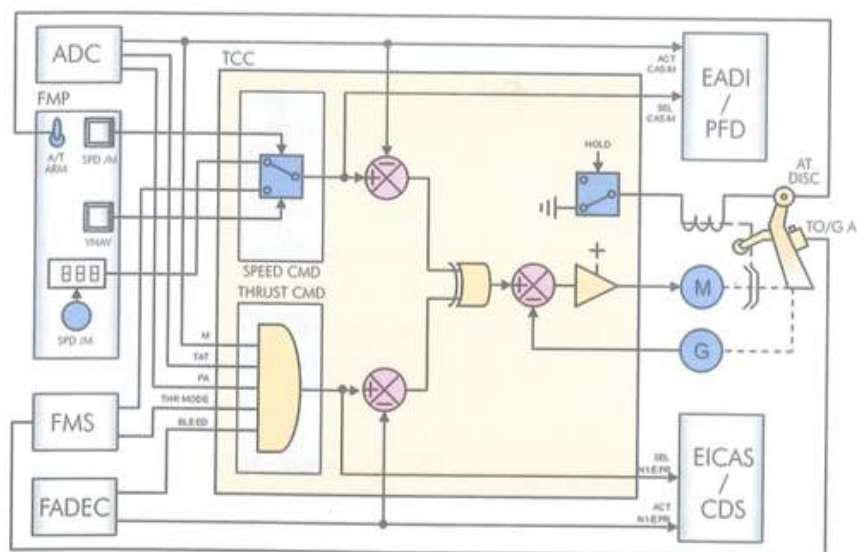
- Nyomásmagasság
- Hőmérséklet
- Bleed – air

A tolóerőarányon és a környezeti értékek alapján állapítják meg a kitűzött tolóerő értéket, amelyet a „Thrust indicator” kijelzőn jelenítenek meg. (N1 vagy EPR) Bármely eltérés a kívánt és a valós tolóerő között jelet küld az automatikus gázkarvezérlő rendszernek (AT), amennyiben az „thrust” üzemmódban van (3.26. ábra).



3.26. ábra. A tolóerő szabályozó rendszer üzemmódjai a repülés összes fázisában

Minden modern repülőgép esetén a fent említett funkciók a Tolóerő Szabályozó Számítógép (Thrust Control Computer TCC) részegységei. Ez látható a 3.27. ábrán.

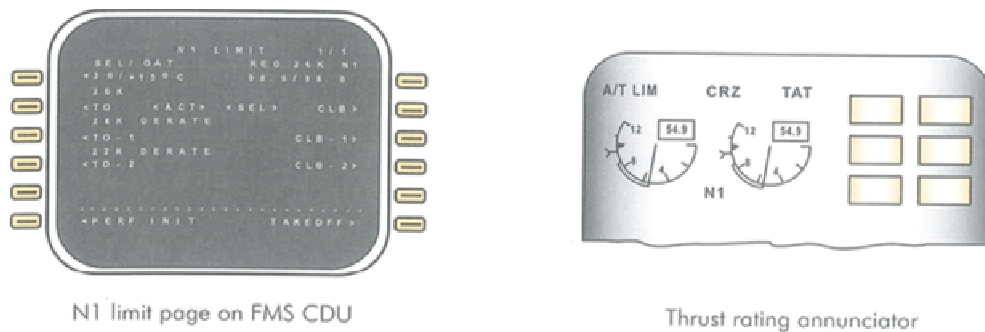


3.27. ábra. Tolóerő szabályozó számítógép felépítése (forrás: [8], 9-19 p.)

3.4.4. Tolóerő szabályozás és kijelzés

A régebbi repülőgép típusok esetén külön kijelző volt a tolóerőszabályozás részére. Ez a panel volt az úgynevezett TRP (Thrust Rating Panel). A TRP a műszerfal középső részén található. Napjainkban azonban a tolóerő beállítás a FMS panel „N1 limit” oldalán található. A kiválasztott tolóerő értékek határoló funkciót látnak el. Így érhető el a rendszer integrációja az FMS-be. A kiválasztott tolóerő értékek megjelennek a hajtómű kijelzőn.

A TRP-n keresztül a következő tolóerő értékek választhatók: felszálló illetve átstartoláshoz tartozó teljesítmény (TO/GA), emelkedő teljesítmény (CLB), utazó teljesítmény (CRZ), maximális folyamatos tolóerő (MCT), és rugalmas felszálló teljesítmény (FLEX). Az utóbbi üzemmód tolóerőcsökkentést alkalmaz magas külső hőmérséklet esetén. Előnye az FMS-be integrált TRP-nek, hogy lehetővé válik az automatikus tolóerő üzemmód kiválasztás.



3.28. ábra. Tolóerőszabályozás és annak kijelzése (forrás: [8], 9-19 p.)

3.5. Repülési tulajdonságokat javító rendszer

Ahogy a neve is mutatja, ez egy olyan rendszer, amely magába foglalja mindazokat az egységeket, amelyek javítják a repülési tulajdonságokat. Az első ilyen rendszerek a stabilitás növelését szolgálták, mint például a függőleges tengely körüli lengéseket csillapító „Yaw damper”, vagy a hosszengéseket csillapító rendszerek. A számítógépek repülésbe való bevezetésével, a terhelési terület védelme is beépítésre került.

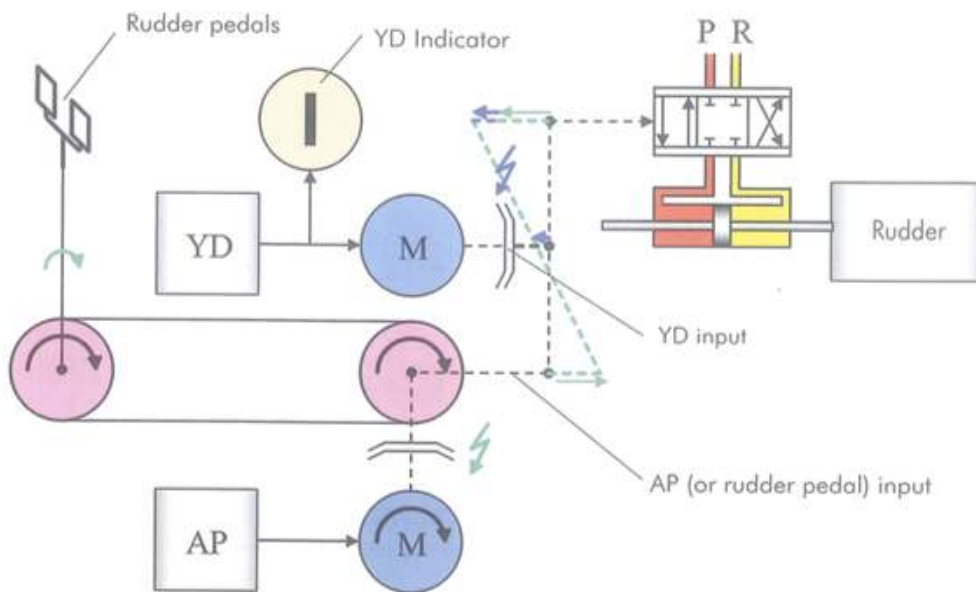
3.5.1. Függőleges tengely körüli lengések csillapítása (Yaw Damper)

A repülőgépek útirány stabilitását a függőleges vezérsík biztosítja, emellett még egy aktív lengéscsillapítórendszer is működik, az úgynevezett yaw damper.

Ez a csillapítórendszer eredetileg a „Holland orsó”, Dutch roll lengések megakadályozását szolgálja. A későbbi típusok esetén azonban csúszásmentes forduló elérésére használják. A

yaw damper asszimeterikus tolóerő hatásait is kompenzálja. A rendszer a repülés során folyamatosan aktív. Élesíteni a pilótafülke „overhead” fej feletti paneljéről lehet. A kapcsoló megnyomása után egy tengelykapcsoló zárásával csatlakoztatja a szervómotort az oldalkormányhoz. A kapcsolódás úgy jön létre, hogy nincs mechanikus visszacsatolás az oldalkormány pedálokon, ehelyett egy yaw damper helyzetjelző jelzi a szervómotor beavatkozását az oldalkormányon.

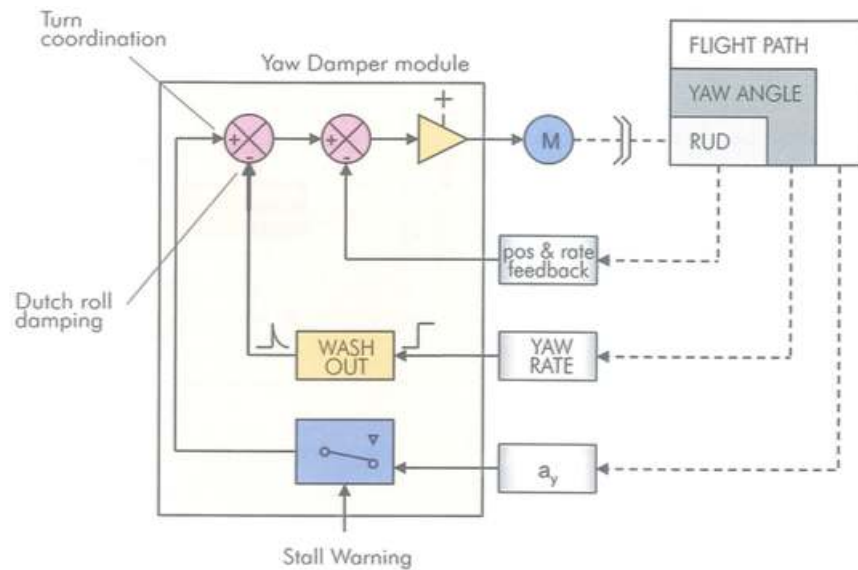
A lengéscsillapítás nem igényel teljes kormányfelület kitérítést, ezért a yaw damper szervómotorja csak néhány foknyit mozgatja az oldakormányt. A szervómotor kimenete mechanikusan mozgatja az oldakormányt. Mivel a kormányfelület normál kitérítése akár több tízfoknyi is lehet, a robotpilóta felülírhatja a yaw damper bemeneti jelét. Azok a függőleges körüli lengéscsillapító rendszerek esetében, ahol fontos a fékszárny helyzete, a kormányfelület mozgatásának mértéke nő, ahogy a fékszárnyak kitérített helyzetbe kerülnek. Ezt a lengéscsillapító rendszert láthatjuk a 3.29. ábrán.



3.29. ábra. A lengéscsillapító és a robotpilóta kapcsolata az oldakormányval

3.5.2. A Holland orsó, (Dutch roll) lengéscsillapító rendszer

A Dutch roll egy nemkívánatos periódikus lengés a hossz tengely, illetve a függőleges tengely mentén. A lengés a függőleges tengely körül kezdődik, de ha ezt rövid időn belül csillapítják a dutch roll nem tud létrejönni. Ezt a csillapítási rendszert ábrázolja a 3.30. ábra.



3.30. ábra. A holland orsó csillapítása (forrás: [8], 9-22)

3.5.3. Csúszásmentes forduló

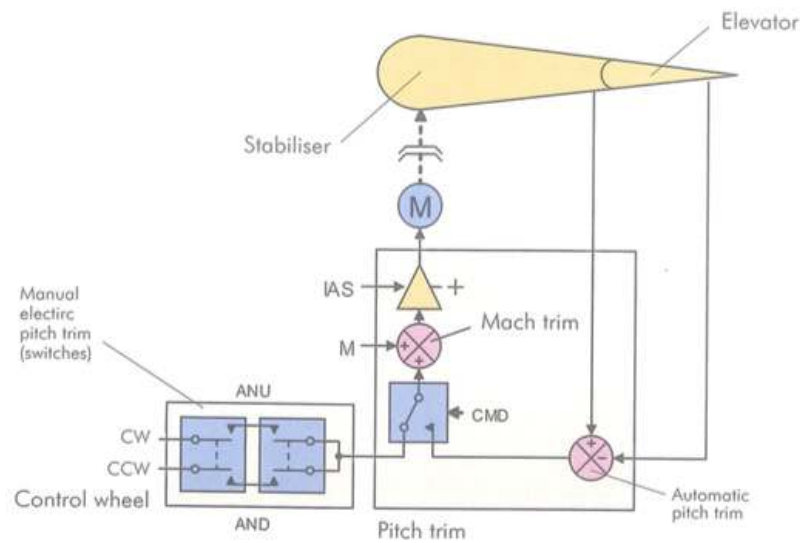
A repülőgép bedöntése során keletkező bármely kiegyensúlyozatlan gyorsulást meg kell akadályozni az oldalkormány segítségével. Az így végre hajtott fordulót koordinált fordulónak hívják. Ez megakadályozza a repülőgép bármely irányú csúszását. Az első típusok esetén az oldalkormány bementi jelét a csűrőkitérítés (vagy a kormány kitérítése) adta. A modern repülőgépek keresztirányú gyorsulásmérőket alkalmaznak. A rendszer viszont nem alkalmazható átesésközeli sebességeknél, megakadályozva ezzel a repülőgép dugóhúzóba kerülését.

3.5.4. Asszemiterikus tolóerő kompenzációja

Néhány repülőgép segíti a pilótákat megállapítani az N-1 helyzetet. A yaw damper csökkenti a kormányerőt amely hajtóműállás esetén szükséges, de a személyzetnek mindig alkalmazni kell egy bizonyos kormánykitérítést annak érdekében, hogy biztos tudatában legyenek a hajtóműállás okozta asszimétrikus tolóerőnek. A tolóerő kompenzáció az alábbiakban ismertett üzemmódokban valósítható meg.

- *Pitch trim:* - A repülőgép hosszstabilitás szempontjából statikusan és dinamikusan is stabil, ezt a vízszintes vezérsík segítségével érik el. Ez lehet egy passzív rendszer, de tartalmazhat akár aktív rendszereket is. Ezek közül az egyik a hosszstabilitást elősegítő rendszer az úgynevezet „LSAS”. Az olyan befolyásoló tényezők segítségével, mint a hajtóműteljesítmény, sebesség, vagy a repülőgép konfigurációja, az LSAS rendszer változtatja

a kormányerőt (3.31. ábra). Mivel az LSAS nem a robotpilótához kötehető, nem tárgyaljuk részletesebben.



3.31. ábra. Pitch trim rendszer (forrás: [8], 9-23 p.)

- *Mach trim*: - Ez egy másik aktív előcsatolt, aktív elő rendszer. 0.7 fölötti Mach számok esetén a rendszer a teljes vízszintes vezérsíkot oly módon állítja, hogy a repülőgép orrát emelő nyomatékokat hozzon létre az úgynevezet „tuck under” jelenség ellenében. A tuck under az a jelenség, mely esetén a növekvő Mach szám okozta nyomásközpont vándorlás a repülőgép lefelé bólintó mozgását okozza. A Mach trim rendszer mindig aktív.

- *Automatikus pitch trim*: - A rendszer visszacsatoláson alapszik, IAS segítségével állítja a teljes vezérsíkot, vagy a a kormányfelületen található trim lapot.

- *Manuális pitch trim*: - A rendszer egy kézzel állítható bemeneti jelet használ, ez a jel egy kettőzött kapcsolóról vezérelhető, a kapcsolók a kormányon található. Mindkét kapcsolót rugó tartja középen és mozgatható AND (repülőgép bólintó mozgása előre), vagy ANU (repülőgép bólintó mozgása hátra) pozícióba. A szervómotor csak akkor működik, ha a pilóta egyszerre, egy irányba mozgatja a két kapcsolót. Ha több másodpercig működtetik a kapcsolót hangjelzés riasztja a pilótát megakadályozva a túlzott trim használatot.

- *Pitch trim Fly by wire által vezérelt repülőgépek esetén*: - A fly by wire által vezérelt repülőgépek esetén a pitch trim mindig aktív. Tartalékrendszernek az alsó panelen található trim kereket használják, amely hidro-mechanikus módon állítja a vezérsíkot. A trim kerekek prioritást élveznek az elektromos rendszer felett, ha a kereket működtetjük, a robotpilóta

lekapcsol. A szervómotort az overhead panelen aktiválhatjuk, a motor vagy a teljes vezérsíkot, vagy a kormányfelületen található trimlapot működteti.

3.5.5. Repülési terhelésterület védelem

A repülési terhelésterület védelem egy összefoglaló kifejezés, azon rendszerek összessége, amely segíti a repülőgépet a terhelési területen belül tartani. Ilyen például átesés elleni védelem, a maximális repülési sebesség átlépése elleni védelem, bólintó és orsózó határok. Repülőgép típustól függően ez bővíthető szélnyírásból adódó veszélyhezeti elleni védelemmel vagy tolóerő értékének megtartásával.

A repülőgép terhelési területen belül tartása akkor érhető el automatikusan, ha a robotpilóta és az automatikus tolóerővezérlés élesítve van.

A terhelésterületi védelem különböző *sebességhatárokat* és *bedöntési szöghatárokat* tartalmaz. A sebességhatárok közül az alábbiakat kell figyelembe venni:

- *Maximális üzemeltetési sebesség (V_{mo}), vagy maximális üzemeltetési Mach szám (M_{mo}):* - A V_{mo}/M_{mo} -t egy hagyományos műszeren csíkozott mutatóval ábrázolják, vagy szintén ezen a módon jelenik meg az EFIS felső sebességtartományánál. Ahogy azt már ezelőtt megállapítottuk az M_{mo} csak magasság által lehet korlátozó tényező.
 - *Legalacsonyabb választható sebesség (V_{LS}):* - A V_{LS} a legalacsonyabb sebesség, amely választható ha robotpilótát üzemeltetünk. A V_{LS} függ a szárnykonfigurációtól és a terheléstől és egy sárga csíkkal jelölik. V_{LS} egyenlő $1.2 V_S$ -el felszállás, $1.3 V_S$ -el megközelítés közben.
 - *Kormányrázó („Stick shaker”) sebesség (V_{SS}):* - A V_{SS} megegyezik $1.05 V_S$ -e. Ha a repülőgép ezen a sebességen repül a kormányrázó működésbe lép, és a robotpilóta lekapcsol.
 - *Minimum fékszárny/ orrsegékszárny zárási sebesség:* - Ezek az úgynevezett F illetve S sebességek, amelyeket vagy értékeikkel vagy az említett betűjelekkel jelöljük.
 - *Zöld vonal vagy Drift down sebesség:* - Egy zöld pont jelöli az ideális sebességet tiszta konfiguráció és drift down esetén. A sebesség az legjobb C_l/C_d arányhoz kötődik.
- A szöghatárok közül a következőket emelném ki:
- *Bólintó mozgás limitációk:* - A bólintó mozgás határértékeit a terepszint feletti magasság és az állásszög befolyásolja, és az EFIS EADI (PFD) képernyőjén kerülnek megjelenítésre. A legtöbb repülőgép esetén a bólintó mozgás mértéke +20 és -10 fok között változhat.
 - *Bedöntési szög határok:* - Úgyanúgy, mint a bólintó mozgás esetén befolyásoló tényezője a terepszint feletti magasság, illetve a 3fok per másodperces (egy kanalas) fordulóhoz tartozó

bedöntési szög, adott TAS esetén. Legtöbbször a határérték 25-30 fok között változik és manuálisan csökkenthető az FMCP-n.

- *Szélnyírás:* - Sok robotpilóta rendszer megfelelő kormánykitérítést alkalmaz szélnyírás esetén. Ha a szélnyírás felszállás vagy átstartolás közben jelentkezik a robotpilóta bőven V2 fölé gyorsítja a repülőgépet. Ha a szélnyírás megközelítés illetve leszállás közben történik, a robotpilóta rendszer automatikusan tartja a repülési pályát, illetve az állásszöget a tolóerő segítségével. Néhány automata tolóerővezérlő rendszer azonnal teljes teljesítményre állítja a hajtóműveket.

3.6. Az automatikus repülésvezérlő és repülési tulajdonság javító rendszer gyakorlati használata

Ez a rész tárgyalja az Automatikus repülésvezérlő és repülési tulajdonság javító rendszer gyakorlati használatát egy átlagos repülés során. Hogy teljesen kihasználhassuk, amit az automata rendszerek kínálnak, a leírás az FMS használatán alapszik. A repülés a következő fázisokra bontható: felszállás, emelkedés, utazás, süllyedés, megközelítés, és leszállás (illetve a lehetséges átstartolás). Repülés közben a Yaw damper illetve Pitch trim élesítve van, a Dutch roll csillapításának, csúszásmentes forduló végrehajtásának, illetve trimmelési feladatok elvégzésének érdekében.

3.6.1. Általános

Utazórepülés során csak egy készlet robotpilóta lehet élesítve. Ha a másik készletet élesítik az előző lekapcsol. Azonban leszállás során nem ez a helyzet. Megközelítés során élesíthetjük a második vagy harmadik robotpilóta készletet anélkül, hogy az eredetileg használt készlet lekapcsolna

3.6.2. CS - AWO

CS – AWO (all weather operation) egy légiüzemeltetési követelmény egy olyan robotpilóta rendszerre, amely megközelítés és leszállás során használandó.

Az „AWO” rövidítés gyakran használt kifejezés az Automata Leszállító Rendszerrel (Automatic Landing System) kapcsolatban. A rendszer figyelembe veszi a következő korlátozó tényezőket, mint oldalszél komponens, pályaszennyezettség, ILS létesítmény, illetve a személyzet engedélyei.

Egy ALS automatikus leszállást hajthat végre akár rossz látástávolság esetén is.

3.6.3 „Fail passive” automata leszállító rendszer

Fail passive-nak tekinthető az, az automatikus leszállító rendszer, amely meghibásodás esetén nem okoz jelentős változást a repülőgép trimmelt helyzetén, vagy nem tér el jelentősen a repülési pályától vagy a repülőgép addigi térbeli helyzetétől, azonban a leszállás nem fejezhető be automata üzemmódban. A rendszer meghibásodása után a pilótának kell folytatni a repülőgép irányítását. Az erre vonatkozó másik kifejezés a „fail soft”.

A fail passive rendszer egy kifinomult leválasztórendszerrel rendelkezik. Azért, hogy észlelje az esetleges meghibásodását, egy komparátor került beépítésre, mely összehasonlítja a kimeneti jelet a belső vagy külső ellenőrző rendszerrel, vagy a másodlagos robotpilótával. Ha a komparátor hibát észlel a robotpilóta magától lekapcsol.

3.6.4 Fail operational automatikus leszállító rendszer

Akkor beszélhetünk fail operational rendszerről, ha meghibásodás esetén képes a megközelítést, kilebegtetést és leszállást befejezni a maradék működő rendszerek segítségével. Meghibásodás esetén a leszállító rendszer fail passive rendszerként működik tovább. Az erre használatos más kifejezések a „Fail- active” vagy „Fail- survival”.

A „fail operational” rendszer legalább 3 párhuzamos csatornát tartalmazbólintó, illetve orsózó mozgás vezérléséhez, illetve az oldalkormány mozgatásához. Ezeknek a csatornáknak külön érzékelőik, és beavatkozó szerveik vannak, azonban bizonyos határok között összehangolt közös kimeneti jellel mozgatják a meghatározott kormány szervet.

A „fail operational” rendszernek szüksége van egy riasztási magasságra, amely egy rádiomagasságmérő által mért érték, figyelembe véve a fail operational leszállítórendszer illetve a repülőgép karakterisztikáját. Ha a meghibásodás a riasztási magasság felett történik, átstartolást kell végrehajtani, ha alatta történik folytatható a leszállás.

3.6.5. Fail operational hybrid leszállító rendszer

Egy olyan rendszerről beszélünk, amely tartalmaz elsődlegesen egy „fail passive” rendszert, másodlagosan pedig egy független útmutató rendszert lehetővé téve a pilóta által végrehajtott kézi leszállást az elsődleges rendszer meghibásodása esetén. Általánosságban a másodlagos rendszeren, a Head Up Display-en keresztül biztosít útmutatást, információkat szolgáltatva a pilóta számára.

3.6.6 CAT 1, 2 és 3

Az olyan robotpilótákat, amelyeket CAT 1 –es körülmények között lehet használni 200 láb magasságon le kell kapcsolni.

Az olyan robotpilótákat, amelyeket CAT 2 –es körülmények között lehet használni 100 láb magasságon le kell kapcsolni.

Az olyan robotpilótáknak, amelyeket CAT 3 –as körülmények között lehet használni, képesnek kell lenniük az automatikus leszállás végrehajtására, illetve néhány esetben még kigurulás vezérlő rendszert is tartalmazniuk kell.

Az olyan robotpilóta-rendszerekkel szemben, melyek 100 láb magasságig használhatók (CAT2), megkövetelik az automatikus tolóerő-rendszer, ILS vevők, Flight Director, Rádió magasságmérő, elhatározási magasságjelző és figyelmeztető rendszerek meglétét.

A 100 láb alatt is használható robotpilóta-rendszerekre még szigorúbb szabályozások vonatkoznak az elhatározási magasságtól függően: 100 láb alatt, 50 láb alatt, vagy nincs elhatározási magasság.

- *100 láb alatti elhatározási magasság:* -. A repülőgép kötelezően tartalmazzon egy fail passive leszállító rendszert. Az RVR-nek elégnek kell lenni a manuális leszálláshoz, ha a rendszer vagy az ILS meghibásodna.
- *50 láb alatti elhatározási magasság:* - Követelmény a repülőgéppel szemben, hogy fel legyen szerelve *fail operation* vagy *fail operational hybrid* rendszerrel, hogy automatikus leszállás végrehajtható legyen ilyen körülmények között. Az RVR-el támasztva vannak követelmények azzal kapcsolatban, hogy a pilóta manuális kigurulást tudjon végrehajtani leszállás után.
- *Nincs elhatározási magasság:* - Csak a fail operational rendszerek automatikus kigurulás vezérlő rendszerrel felszerelve lehetnek alkalmasak elhatározási magasság nélküli automatikus leszállás végrehajtására. Ha a kigurulás vezérlő is fail operational, az RVR nem korlátozó tényező.

Megjegyzés: A cégek valószínűleg magasabb RVR értékeket és elhatározási magasságokat használnak.

3.6.7 Repülési üzemmód kijelző (*Flight Mode Annunciator FMA*)

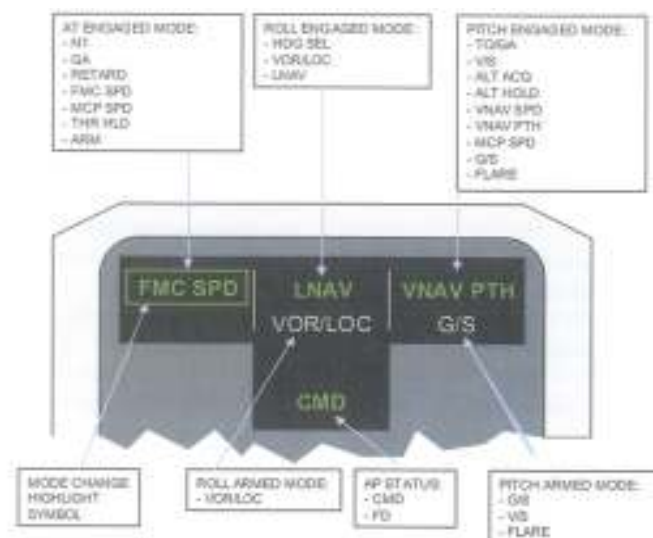
A repülési üzemmód kijelző mutatja a teljes robotpilótarendszer státuszát, ebből következően ez az egyik legfontosabb műszer, amelyre figyelmet kell fordítani a robotpilóta használata során. Régebbi típusok esetén az FMA színes jelzőfényekkel megvilágított szöveges

üzenetekből áll. Modern EFIS-ek esetén az FMA az EADI (PFD) felső részén található. A szöveges üzenetek mátrixa több oszlopot, minden oszlop két sort tartalmaz.

A bal oldali oszlop mutatja a robotpilóta jelenlegi státuszát, a jobboldali oszlopok az orsózó és bólintó mozgást vezérlő csatornákat, külön-külön. Néhány esetben külön oszlop tünteti fel a leszállás státuszát.

Az alsó sor mutatja a standby módokat, a felső az aktív módokat. A kettő közötti váltás jelzésére az üzenet a felső sorban extra jelzést kap. Ez lehet egy szövegdoboz, csillag, vagy aláhúzás.

Megjegyzés: Néhány típuson az FMA kijelzi a robotpilótával kapcsolatos meghibásodásokat, illetve figyelmeztető üzeneteket. (3.33. ábra)



3.33. ábra Repülési üzemmód kijelző (FMA) (forrás: [8], 9-28 p.)

3.7. Felszállás

3.7.1. Felszállás előtt

A repülés előtti ellenőrzés során, az FMS-t felprogramozzák mind a függőleges, mind a vízszintes pályára. Ezután a személyzet kalibrálja a robotpilótát az FMCP-n keresztül. Az FMCP-n a megfelelő sebesség, radiálok és magasságok a hozzájuk tartozó forgókapcsolóval állíthatók. A megfelelő üzemmódokat pedig a hozzájuk tartozó nyomógombokkal választjuk. Általános üzemeltetés során először a hossz tengely körüli kormányzás csatornáját választjuk, aztán vízszintes navigációt az FMS-en. A kereszt tengely körüli csatornán először sebesség üzemmódot választunk a függőleges navigáció FMS-en való beállítása előtt. Utoljára pedig az automatikus gázkarvezérlés kerül élesítésre.



3.34. ábra. FMA kijelzése a robotpilóta állapotáról felszállás előtt (forrás: [8], 9-29 p.)

3.7.2. Nekifutás

Amint a személyzet megkapja az engedélyt a felszállásra, az AT rendszeren a pilóták felszálló teljesítményt választanak a gázkaron lévő TO/GA gombok megnyomásával. A rendszer szervomotorjai pedig a gázkart az előre kiszámított tolóerőnek megfelelő állásba állítják, ettől kezdve a számított tolóerő állandósult érték marad, és nem változik. A Flight Director 60 csomóig lefelé mutató bólintást mutat, majd ettől a sebességtől indul el a „pálca” felfelé. 80 csomónál, amikor a sebesség még bőven az elhatározási sebesség alatt van, gázkar szervomotorja lekapcsol, ez „thrust hold” vagy „clamp” üzemmódnak nevezik. Ez annak érdekében történik, hogy megszakított felszállás esetén lehetőség legyen a gázkar mozgatására. A „thrust hold” üzemmód kijelzése az EFIS-en történik a tolóerő indikációnál.

Ha a robotpilóta nincs élesítve, akkor a repülőgépet az orrfutó és oldalkormány segítségével a Flight Director által tartják a középvonalon. V_R sebességnél a személyzet az FD által kiadott parancs segítségével húz a magassági kormányon, levegőbe emelve ezzel a repülőgépet. Nekifutás közben az AT vezérli N1 értéket. (3.35. ábra)



3.35. ábra. FMA nekifutás közben (forrás: [8], 9-29 p.)

3.7.3 Emelkedés

A levegőben a Flight Director vízszintes, bólintási szöget vezérlő „pálcája” (pitch bar) addig tartja a választott sebességet (V2 + biztonsági tartalék) amíg a függőleges pálcá (roll bar) mutatja a kiválasztott headinget. Egy előre meghatározott magasságon az FMS VNAV és LNAV üzemmódjai aktívvá válnak, az AT emelkedési teljesítményt állít be, és a robotpilóta manuálisan élesítésre kerül. Az emelkedés első szakaszában az AT szervója automatikusan újra élesedik. Emelkedés közben a robotpilóta amellet, ahogy aktív az LNAV üzemmód, szintén aktívak lehetnek a „Heading” és „VOR” módok. Ez a későbbiekben kerül részletesebb magyarázatra. (3.36. ábra)



3.36. FMA kijelzések felszállás közben (forrás: [8], 9-30 p.)

3.7.4 FMS emelkedés (VNAV)

Az FMS a Flight Directoron keresztül mutatja a választott emelkedési profilt, lerepülését a robotpilóta „pitch” csatornája és az „AT” végzi. A vízszintes navigációt egyedül a robotpilóta „roll” csatornáján keresztül vezérlik. Ha az VNAV mód aktív a „speed” ablak az FMCP-n elsötétül. Amint a repülőgép eléri a kiválasztott magasságot a robotpilóta vízszintes repülésbe viszi át a repülőgépet és a sebességet az automatikus gázkarvezérlésre állítja (3.37. ábra).



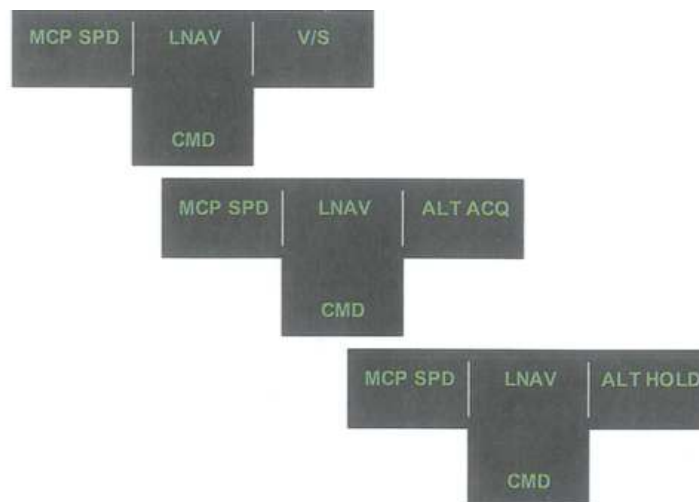
3.37. ábra. FMA kijelzései VNAV segítségével végrehajtott emelkedés közben.

3.7.5. Vertical Speed (V/S) emelkedés

A VNAV üzemmód csak egyik lehetőség az emelkedés vagy süllyedés elvégzésére. A másik a „vertical speed” (függőleges sebesség) üzemmód. Miután kiválasztunk egy magasságot az FMCP-n, a „vertical speed” üzemmód kiválasztásra kerül, majd a forgókapcsoló segítségével a beállított értékkel fogja végezni a repülőgép az emelkedést vagy süllyedést. A robotpilóta „pitch” csatornája segítségével állítják a süllyedés vagy emelkedés mértékét, az AT pedig tartja jelenlegi sebességet, vagy Mach számot.

Emelkedés közben a gázkarvezérlő növeli a tolóerőt a sebesség tartásának érdekében, ezzel egy időben a „pitch” csatorna a kívánt függőleges sebességet szabályozza. Ha eléri a maximális tolóerőt, a sebesség csökken, de a magassági kormányfelület tartja a kiválasztott függőleges sebességet.

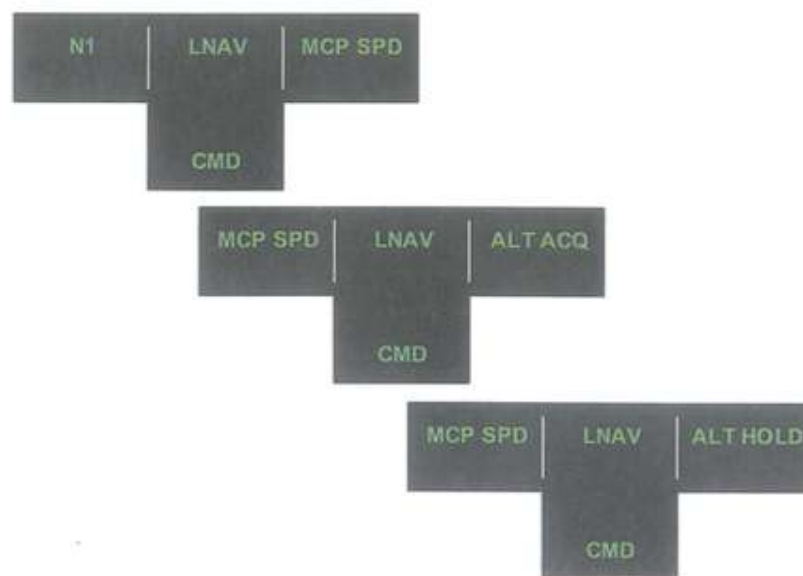
A legalacsonyabb repülhető sebesség a V_{LS} . Repülőgép típustól függően, általában 5 csomót hozzáadnak a V_{LS} sebességéhez megakadályozva, hogy a sebesség ez alá csökkenjen. Ha ez megtörténne, akkor a tömeg tehetetlensége miatt lassú lenne a repülőgép reakciója. Ez nem megengedhető. Ha a sebesség maximális tolóerő esetén is a $V_{LS} + 5$ csomós érték alá esik, figyelmen kívül hagyva a beállított V/S értéket, a „pitch” csatorna csökkenti a repülőgép állásszögét. Amint a repülőgép eléri a kiválasztott magasságot a a robotpilóta vízszintes repülésbe viszi át a repülőgépet a sebességet az automatikus gázkarvezérlés állítja (3.38. ábra).



3.38. ábra. FMA kijelzései „vertical speed” üzemmódban végrehajtott emelkedés közben a végén vízszintes repüléssel (forrás: [8], 9-32 p.)

3.7.6. *Flight Level Change (FLCH) emelkedés*

A harmadik lehetőség a magasságváltoztatásra a „Flight Level Change” üzemmód. Miután beállítottuk az FMCP-n a magasságunk, FLCH feliratú gombot kell megnyomni az üzemmód aktiválásához. Amikor az FMCP-n beállított magasság nagyobb, mint a jelenlegi magasságunk az AT teljes tolóerőt állít, és a „pitch” csatorna segítségével tartják a repülőgép sebességét. A túlzott tolóerő segíti a repülőgépet az emelkedésben. Amint a repülőgép eléri a kiválasztott magasságot a a robotpilóta vízszintes repülésbe viszi át a repülőgépet a sebességet az automatikus gázkarvezérlés „thrust” üzemmódból „speed” üzemmódba kapcsol (3.39. ábra).



3.39 ábra. FMA kijelzései repülési szint váltása közben, a végén vízszintes repüléssel
(forrás: [8], 9-32 p.)

3.7.7. *ALT HOLD üzemmód*

Süllyedés vagy emelkedés esetén, amint a repülőgép eléri az FMCP-n beállított magasságot, a robotpilóta „pitch” csatornáját használják, hogy a kiválasztott magasságon vízszintes repülésbe vigye át a repülőgépet. Ezt a repülési átmenetet „altitude acquire”-nek (ALT ACQ) hívják. Ebben az esetben a gázkarvezérlő állítja a repülőgép sebességét. Az FMA jelez, amikor kiválasztott magasságot elérjük, „elkapjuk”.

Az elkapás pontja függ a repülőgép függőleges sebességétől. A kiválasztott magasságon a robotpilóta „pitch” csatornája tartja az FMCP-n kiválasztott magasságot, az AT pedig tartja a sebességet.

Ha az „altitude hold” gombot emelkedés vagy süllyedés során működteti a személyzet, a repülőgép magától visszasüllyed vagy visszaemelkedik arra a magasságra, ahol a gombot megnyomták (3.40. ábra).

Megjegyzés: VNAV által irányított utazórepülés során, a gázkarvezérlés tartja az optimális sebességet vagy Mach számot, azonban ha a repülőgép közeledik a szolgálati csúcsmagassághoz, úgynevezett aerodinamikai instabilitás okoz problémát. Ez az instabilitás pedig a tolóerő folyamatos változtatását teszi szükségessé. Hogy ezt kiküszöböljék megengedett a robotpilóta számára, hogy 50 lábnyi eltérjen a kiválasztott magasságtól, annak érdekében, hogy a repülőgép tartsa a sebességét. Az AT csak akkor állít a hajtóművek teljesítményén ha ez nem megoldható +/- 50 lábas magasságon belül. Ezt nevezik „soft altitude mode”-nak.

Az FMCP-n beállított magasság függ a robotpilóta által használt magasságmérő barometrikus beállításán. Ez általában az elsődleges magasságmérő. A változtatások a magasságmérő beállításban változtatja a referencia magasságunkat.



3.40. ábra. FMA kijelzése ALT HOLD üzemmódban (forrás: [8], 9-33 p.)

3.7.8. LNAV üzemmód

Ha az LNAV nyomógombot működtetjük az FMS vízszintes navigációját élesítjük. Ahhoz, hogy ezt megtehesük a következő feltételeknek kell teljesülnie: a repülőgép a levegőben tartózkodik, illetve az elkapószög és a kurzustól való távolság a megengedett határok között van. Ha aktív a rendszer az útirányszög és a kurzus pontosan lesz tartva (3.41. ábra).



3.41. ábra. FMA kijelzése LNAV üzemmódban (forrás: [8], 9-33 p.)

3.7.9. Heading üzemmód

Amikor a *HEADING* nyomógombot működtetjük, a repülőgép azonnal heading üzemmódba vált, egy forgókapcsoló segítségével választható új géptengelyirány. Ha a forgókapcsolót óramutató járásával megegyezően forgatjuk, a repülőgép jobbra fordul, ha azzal ellentétesen, akkor balra. A forduló rátája 3 fok/másodperc mindaddig, amíg el nem érjük a megengedhető legnagyobb bedöntési szöveget (3.42. ábra).

Megjegyzés: Néhány repülőgép típus jobbra fordul, amíg a választott heading-től való eltérésünk 0 és 180 fok között van, ha ezt átlépi, akkor balra.



3.42. ábra. FMA kijelzése „Heading” üzemmód közben (forrás: [8], 9-34 p.)

3.7.10. A VOR üzemmód

Ha a VOR nyomógombot működtetjük, VOR üzemmód kerül élesítésre. Ha ez az üzemmód lép életbe, akkor a kurzustól való eltérésünk „0” lesz.

VOR radiál követése közben a jelerősség nem állandó, amely olyan kitéréseket okoz a műszeren, amely a repülőgép számára nem követhető. Ez az úgynevezett „scalopping”. A radiálok egy pontba futása miatt, az adó feletti átrepülés során a NAV vevő problémákba ütközik a helyes radiál megállapításában. Ez rendellenes műszer kijelzést okoz, a jelenséget „csendkúpnak” nevezzük. Hogy ezt megakadályozzuk, bizonyos távolságon belül a robotpilóta HEADING HOLD üzemmódba kapcsol, azonban ez nem látható az FMA-n (3.43. ábra).



3.43. ábra. FMA kijelzése VOR üzemmódban (forrás: [8], 9-34 p.)

3.8. Landolás

Hasonlóan, mint az emelkedés közben, a süllyedést is három üzemmód segítségével hajthatjuk végre.

3.8.1. FMS süllyedés (VNAV)

Amikor az FMCP-n egy alacsonyabb magasságot állítunk, az FMS által vezérelt süllyedés egy előre automatikusan kiszámolt ponton kezdődik, melyet Top of Descent-nek (T/D) nevezünk.

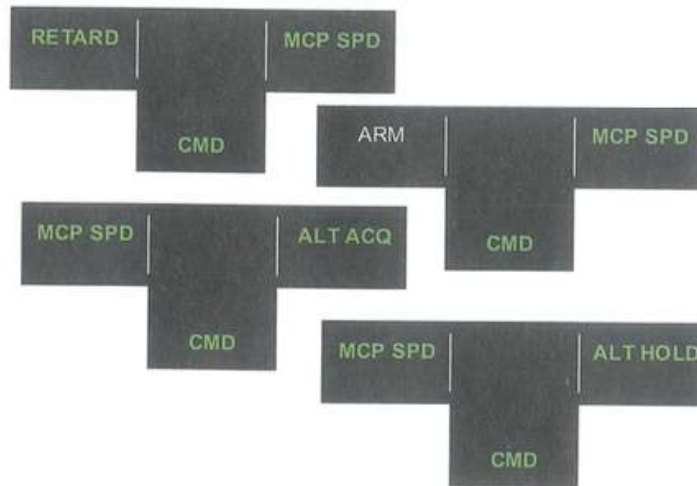
Az EFIS jobboldalán megjelenik egy függőleges skála, amelyen egy gyémánt jelkép mutatja a számított süllyedési pályát. Az FMS az AP „pitch” csatornája segítségével tartja ezt a pályát, a gázkarvezérlő alapjára állítja a hajtóműveket. A „roll” csatorna marad az LNAV szekción belül.

3.8.2. Vertical speed (V/S) descent

Ha az FMCP-n a jelenleginél alacsonyabb magasságot választunk, a megfelelő forgókapcsoló segítségével beállítjuk a kívánt negatív süllyedési sebességet, amelyet a robotpilóta a „pitch” csatorna segítségével hajt végre. Az AT a sebességtartást vezérli, mivel süllyedés közben adott tolóerő mellett nőne a sebesség, ezért folyamatosan csökkenti a tolóerőt. Ha a hajtómű teljesítménye alapjáraton van, a maximális megengedett sebességet süllyedés közben V_{MO}/M_{MO} határolja. Típustól függően 5 csomót kivonva ezekből az értékekből kapjuk meg a maximális süllyedési sebességünket. Más repülőgépek esetén, ahol nincs sebességhatárolás, fennáll a veszélye a V_{MO}/M_{MO} túllépésének.

3.8.3. Flight Level Change (FLCH) süllyedés

Ha az FMCP-n a jelenlegi magasság alattit választunk, az gázkarvezérlő alapjára húzza a gázkarokat, majd a szervót leválasztja a gázkarokról, hogy a személyzet utána a kívánt pozícióba állíthassa a gázkarokat. A repülési sebességet a „pitch” csatorna segítségével tartja, ennek eredményeképpen a repülőgép süllyedésbe kezd. Amint a repülőgép megközelíti a kívánt magasságot, a sebességtartás feladatát átveszi a gázkarvezérlő, mivel a magassági kormányzás a vízszintes repülési átmenet végrehajtásához szükséges. Ez látható a 3.44. ábrán.



3.44. ábra. FMA kijelzése FLCH süllyedés közben (forrás: [8], 9-35 p.)

3.8.4. FMS megközelítés

A süllyedés vége (E/D) általánosan az „initial approach fix”-re esik. Amint a repülőgép elrepül a fix felett, megkezdődik a repülőgép felkészítése a leszálláshoz. A megközelítés az FMS, ILS vagy VOR segítségével történhet.

Az FMS vezérelheti a gázkarvezérlést illetve a VNAV és LNAV üzemmódokat. Az FMS az elhatározási magasságig vezérli a repülőgépet, a gázkarvezérlők tartják az „approach” sebességét, a „pitch” csatorna a megközelítés vertikális profilját, a „roll” csatorna pedig a pályatengely irányát.

3.8.5. ILS megközelítés

Az ILS megközelítés mind a függőleges mind az oldalirányú mozgás útmutatásra szolgál. Ezeket az adatokat a „localiser” és a „glideslope” szolgáltatja. Amint ez az üzemmód aktív, a repülőgép pontosan tartja a kívánt profilokat. Ha az ILS mód aktív, a megközelítés sebességét kézzel kell állítani az FMCP-n. Ezek után a gázkarvezérlő tartja a sebességet (3.45. ábra).



3.45. ábra. FMA kijelzése ILS megközelítés közben (forrás: [8], 9-36 p.)

3.8.6. Megközelítés csak a LOCALISER használatával (LOC)

Számos géptípus esetén lehetőség adódik a Localiser-el való megközelítés kivitelezésére. Ha a VOR/LOC nyomógombot működtetjük, a robotpilóta „roll” csatornáját a localiser bemeneti jelei vezérlik. A „pitch” csatornát ez esetben „vertical speed” üzemmódban aktiválhatjuk, a gázkarvezérlés feladata pedig a kívánt sebesség tartása.

3.8.7. VOR megközelítés

A „roll” csatorna használatával VOR megközelítés is végrehajtható, ha a repülőtérre közzétett VOR/DME megközelítés található. Ez esetben az „pitch” csatorna „vertical speed mode”-ban üzemel, a gázkarvezérlő „speed mode”-ban van.

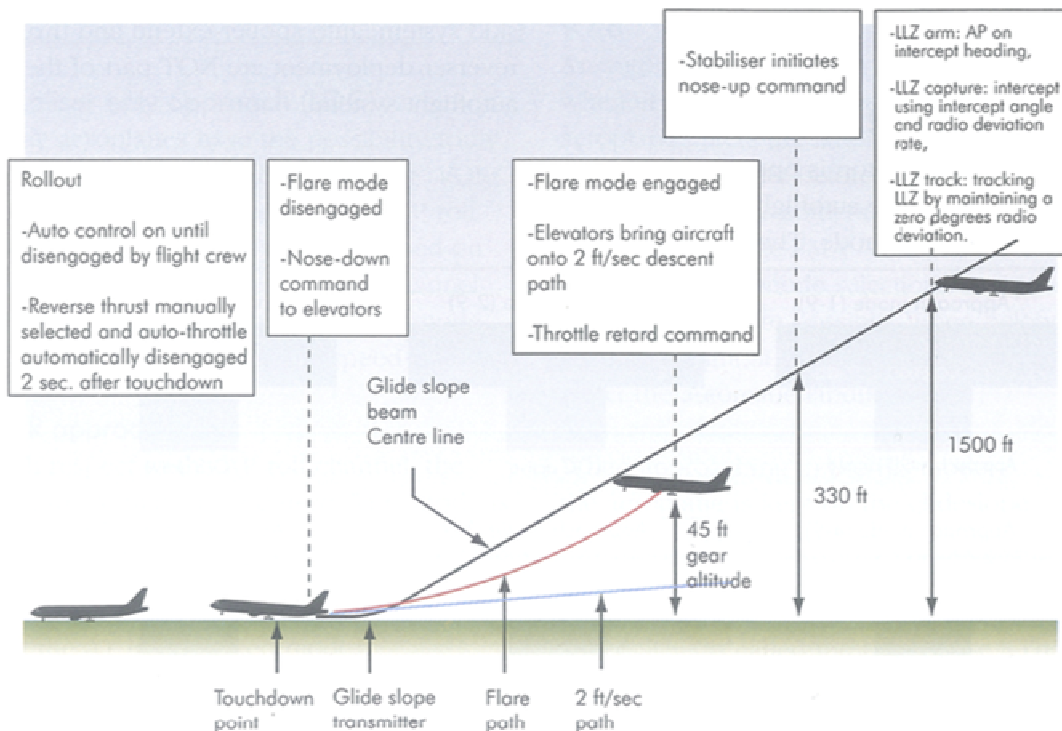
Megjegyzés: FMS, LOC, vagy VOR megközelítés közben a személyzetnek a kiválasztott „minimum descent altitude” elérésekor kézzel le kell választani a robotpilótát, majd manuális leszállást végrehajtani.

Régebbi típusú repülőgépek esetén lehetőség van úgynevezett „back beam” megközelítés végrehajtására a „localiser” segítségével, amennyiben a repülőterre létezik ilyen közzétett eljárás. Ebben az esetben a „localizer” tú fordított irányban működik. Ha az FMCP-n működtetjük a „back beam” nyomógombot a tú újra a normális irányba tér ki.

3.8.8. (Auto)land

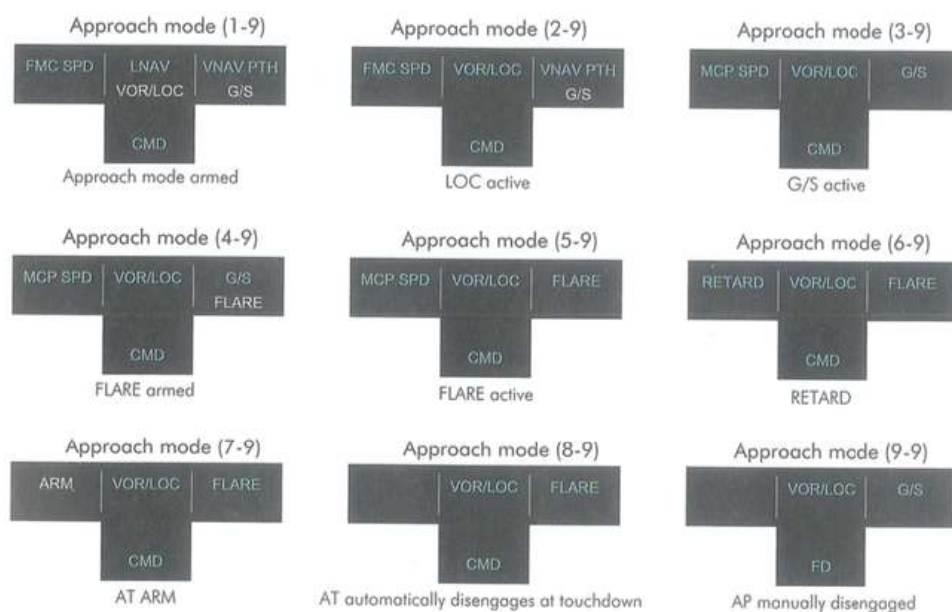
Automatikus leszállás csak akkor hajtható végre, ha egy időben legalább kettő robotpilóta élesítve van. A repülőgép általában pár száz lábbal a „touchdown zone” előtt ér a leszállási fázisba. Általában külön kijelzés található róla az FMA-n. Ebben a repülési fázisban más üzemmód az átstartoláson (go around) kívül nem érhető el. A riasztási magasság alatt, ha meghibásodik az egyik készlet robotpilóta, az nem befolyásolhatja az automatikus leszállást. Ha a megközelítés ILS üzemmódban történik, a repülőgép a süllyedési profilon marad 40-50 láb (rádió magasságmérő) magasságig. Ez alatt a repülőgép állásszögét növelve csökkentik annak függőleges sebességét. Ez a lebegtetési fázis. 30 láb magasságig tartja a gázkarvezérlő a megközelítési sebességet, ezután automatikusan alapra állítja a hajtóművek teljesítményét melynek következtében a repülőgép a megfelelő helyen fog földet érni. Amint a főfutók érintik a talajt, a gázkarvezérlő rendszer lekapcsol.

Az *Autoland* üzemmód különböző fázisai a 2.46. ábrán láthatóak.



3.46. ábra. Autoland (forrás:[8], 9-38 p.)

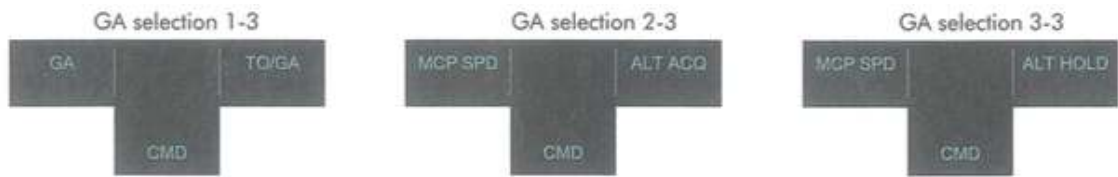
A robotpilóta kategóriájától függően lehetőség van a kigurulás automatikus vezérlésére az oldalkormány segítségével. A bemeneti jelet a localiser szolgáltatja. A pálya elhagyása előtt a robotpilótát le kell választani. Oldalszeles leszállások során egyes típusok az oldalkormányt használva egy előre meghatározott magasságon beállítják a repülőgép hossz tengelyét, a pályatengelynek megfelelően. Ez a funkció a „decrab” vagy „align” (3.47. ábra).



3.47. ábra. FMA kijelzései Autoland közben (forrás: [8], 9-37 p.)

3.8.9. Átstartolás

Ha a TO/GA gombot megnyomjuk a robotpilóta „Go around” módba kapcsol. A gázkarvezérlő átvált „speed mode”-ból „thrust mode”-ba, és vezérli a tolóerőt az átstartolás során. A „Flight Director” parancsot ad a repülőgép orrának emelésére, annak érdekében, hogy elérjük a kívánt magasságot (a sebesség figyelembe vételével), illetve a függőleges mutató mutatja nekünk a kívánt repülési útirányt. Mindkét robotpilóta élesítve van, ameddig a személyzet manuálisan más üzemmódot be nem állít (3.48. ábra).



3.48. ábra FMA kijelzései átstartolás közben (forrás: [8], 9-38 p.)

4. Vészjelző és adatrögzítő rendszerek

A vészjelző rendszerek feladata figyelmeztetni a pilótákat minden olyan eseményről, meghibásodásról, vagy bizonyos berendezések rendellenes működéséről, amelyek veszélyeztethetik a repülés biztonságát. A vészjelzések megjelenésekor a személyzet részéről azonnali intézkedésre van szükség a probléma mielőbbi elhárítása érdekében. Az adatrögzítő rendszerek eltárolnak minden olyan információt, amelyek a vészjelzéssel kapcsolatosak lehetnek. Ebben a fejezetben a különböző vészjelzéssel kapcsolatos körülményeket fogjuk elemezni.

4.1. Átesésjelző

Annak érdekében, hogy a pilótát figyelmeztessék a repülőgép átesés közeli helyzetére, a repülőgépeket átesés jelzővel szerelték fel. A szerkezetek többféle elven működhetnek, a következőkben a két legjellemzőbb rendszert mutatjuk be.

Az egyik ezek közül tipikusan kisméretű gépekre van felszerelve, míg a másikat a nagygépes légiszállításban alkalmazzák.

A hibajelzésnek meg kell szólalni, amint a repülőgép 5%-os tartományban megközelíti az átesési sebességet, de nem lehet kisebb a különbség 5kts-nál. A jelzés addig tart, ameddig a repülőgép átesés veszélyben van.

4.1.1. Átesés védelem

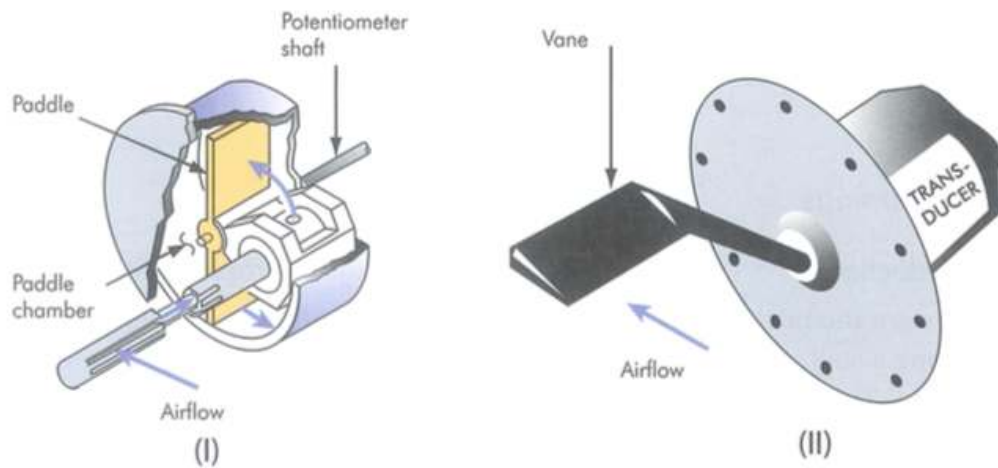
Az átesésjelző rendszert nem szabad összekeverni az átesés védelem rendszerével, amely az autopilot rendszer része, és megakadályozza, hogy a repülőgép sebessége $1.2 \times V_s$ alá csökkenjen. Ha a sebesség ez alá az érték alá csökken, akkor a repülőgép automatikus teljes gázt ad.

Néhány repülőgép fel van szerelve átesés megelőző rendszerrel („Stall recovery”), amely magától előre nyomja a kormányt átesés esetén.

4.1.2. Kisgépes átesésjelző

Egy átesés jelző szenzor van elhelyezve a repülőgép belépőélén, amely fűtőszállal van ellátva. A profilozott elemet rugó tartja inaktív pozícióban. Ha az állásszög eléri az előre beállított értéket, a profilozott elemet elmozdítja a rajta keletkezett légerő, így aktiválva egy mikrokapcsolót. A mikrokapcsoló bekapcsol egy jelző dudát. Ha az állásszög lecsökken a beállított érték alá, a jelzés megszűnik.

Hogy megelőzzék az átesésjelző működését fel- és leszállás közben, egy kapcsoló van a futóba építve. Ha a repülőgép súlya erőt fejt ki a kapcsolóra, az megszakítja a jelződuda áramkörét. Ezt láthatjuk a 4.1. ábrán.



4.1. ábra. Állásszögadó szenzor (forrás: [8], 10-2 p.)

4.1.3. Nagygépes átesésjelző

A modern utasszállító gépekben Egy úgynevezett „Alfa” szenzor, vagy állásszög szenzor van elhelyezve. A repülőgép mindig egy adott állásszögön esik át, ami függ az szárnykonfigurációtól, de nem függ annak tömegétől. Ahogy a repülőgép sebessége csökken, állásszöge nőni fog és a szenzorok egy jelátalakítón keresztül érzékelik ezt a változást. A referenciát ezeknek a szenzoroknak az áramlás iránya adja a repülőgép hossz tengelyéhez képest. A szenzor a belépőél körül mér nyomáskülönbséget, és számít állásszöget.

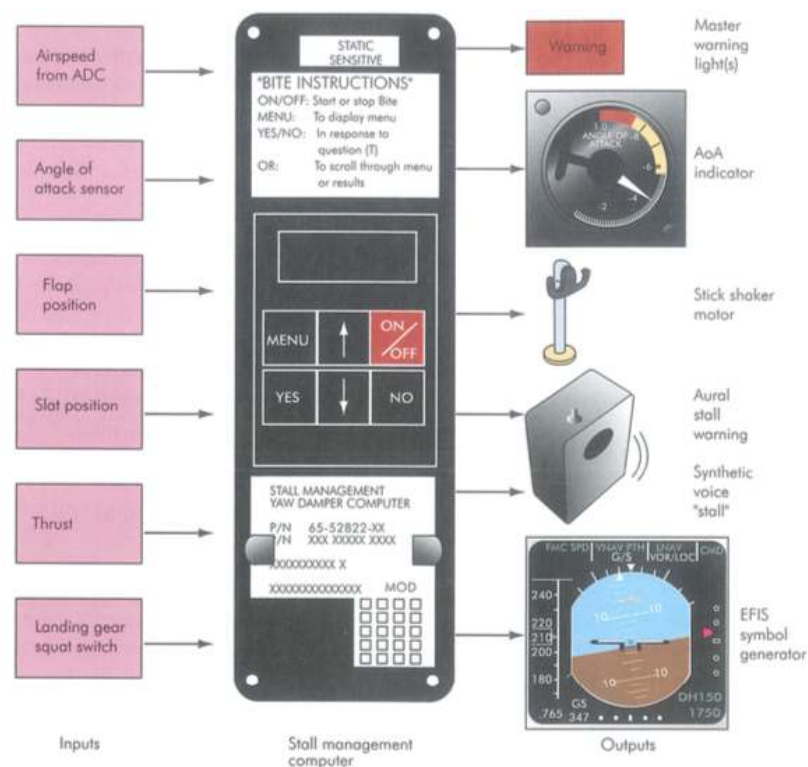
A nyomásértékeket portokon keresztül vezetik egy elemhez, amely szabadon elfordulhat tengelye körül, az elfordulás mértékét a nyomáskülönbség határozza meg. Az elfordulást egy potenciométer alakítja át elektromos jellé, amely táplálja a jelző rendszert.

Egy másik megoldás az állásszög mérésére, egy szabadon elforgó profilozott felület, amely beállítja magát az áramlás irányában. Az elfordulás mértékét elektromos jellé alakítják és jelátalakítókön keresztül ad bemeneti információt a jelző rendszernek. A szenzor által generált jelek vagy közvetlenül a jelzőrendszerhez érkezik, vagy legtöbbször egy átesés jelző számítógépes rendszerbe.

Egy megadott állásszög esetén a jelzőrendszer jelez, legtöbbször „stickshaker” kormányrázó segítségével, amely egy excentrikus motor a kormányhoz rögzítve. Ez a rendszer hivatott a szárnyról leváló áramlást imitálni.

A fékszárny és orrsegédszárny beállítások jelét összekeverik az „alfa” szenzor jelével, hogy minden konfiguráció esetén, helyes értéken jelezzon a szenzor. Az orrfutóban elhelyezett mikrokapcsoló pedig kikapcsolja a rendszert, amint az orrfutó benyomódik a repülőgép súlyerejétől. Az átesésjelzőhöz kapcsolódó eszközök és kijelzők a 4.2. ábrán láthatóak.

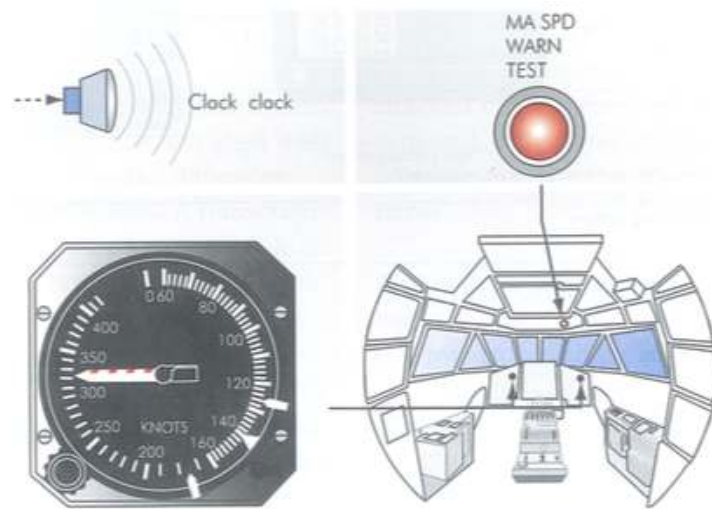
Megjegyeznénk, hogy a rendszerek különbözőek lehetnek. Néhány repülőgépen a szenzor kimeneti jelét a hajtóműhöz is továbbítják. A rendszer általában teszt funkcióval van felszerelve, amely például aktiválja a kormányrázó rendszert. A legtöbb repülőgép kettő független rendszerrel van felszerelve.



4.2. ábra. Átesésjelző rendszer (forrás: [8], 10-3 p.)

4.2. Túlzott sebesség (Overspeed) jelzések

A nagygépek kötelezően egy overspeed (túlzott sebesség) jelzőrendszerrel vannak felszerelve, amely tisztán látható és hallható jelzést ad, ha a repülőgép átlépi V_{mo} vagy M_{mo} sebességeket. A vizuális megjelenítés egy színes (piros-fehér) jelzés a sebességmérőn, a hangjelzés pedig életbe lép, ha elérjük ezt a sebességet (clacker). A rendszer alap esetben az ADC kimeneti jeleiből vesz információt, de lehet akár egy független szenzor, amely összeköttetésben áll a magasság és sebesség információt adó szelencékkel (4.3. ábra).



4.3. ábra. Overspeed figyelmeztetések (forrás: [8] 10-4 p.)

4.3. Helytelen konfigurációra figyelmeztető rendszer

A figyelmeztető rendszer figyelmezteti a személyzetet, ha a repülőgép konfigurációja nem felel meg a repülési fázisnak. A hangjelzés dudu vagy csengő alakjában érkezik, ha a repülőgép nem megfelelően van beállítva fel- vagy leszálláshoz. Néhány esetben a jelzés megszüntethető a jelzőbiztosíték eltávolításával (egy gomb segítségével), de a legtöbb jelzés esetén csak a helyes konfiguráció beállítása a megoldás.

Felszálláshoz a rendszer elemei a féklapoktól, a trim helyzetűtől, a parkoló fékektől a fék-és orrsegédszárnyaktól kapják a jeleket. Ha mindkét gázkart előretolják, a rendszer jelez, ha:

- Az orrsegédszárny nincs kitérítve
- A fékszárny a felszálló helyzetnél jobban ki vannak térítve
- A trim helyzet a felszállótartományon kívül van
- A parkolófék behúzva

Ezekben az esetekben a jelzés nem hallgatható el, mivel ezek felszállás közben katasztrófához vezethetnek.

Leszálláskor a rendszer elemei a futómű helyzetétől és a fékszárny helyzetétől függően ad jelzést, hogy biztos a helyes konfiguráció legyen kiválasztva. Megközelítés közben, a rendszer jelez, ha:

- Mindkét gázkar alap, vagy a közeli helyzetben van, rádiomagasságmérő szerint 1500 láb alatt, de a futó nincs kiengedve és rögzítve, a csap nincs a helyes pozícióban. Ez elhallgatható.
- A futó nincs kieresztve, a fékszárny pedig 15 foknál jobban ki van térítve.

4.4. Magasság figyelmeztető rendszer

A magasságra figyelmeztető rendszer figyelmeztetést ad, amikor a repülőgép eltér az előre beállított barometrikus magasságtól. A jelzésnek meg kell szólalnia akkor, amikor a repülőgép „túlló” az emelkedés közben vagy süllyedés közben, ezt előre jelelvén megakadályozza a kért magasságtól való eltérést. AIR-OPS (EASA) szerint a következő repülőgépeket kötelező felszerelni a rendszerrel:

- Turbopropok, amelyeknek a maximális felszálló tömege több mint 5700 kg, és a szállítható utasok száma több mint 9 fő.
- Turbojetek

A rendszernek képesnek kell lenni a következőkre:

- Jelzést küldeni a személyzetnek a kívánt magasság elérése előtt
- Legalább hangjelzést adni, ha a repülőgép eltér a kívánt magasságtól

A vizuális jelzés egy borostyán színű lámpa, vagy az EFIS PFD-n megjelenő írásos figyelmeztetés. A figyelmeztető rendszer folyamatosan összehasonlítja a kiválasztott repülési magasságot, a barometrikus magasságmérő adataival.

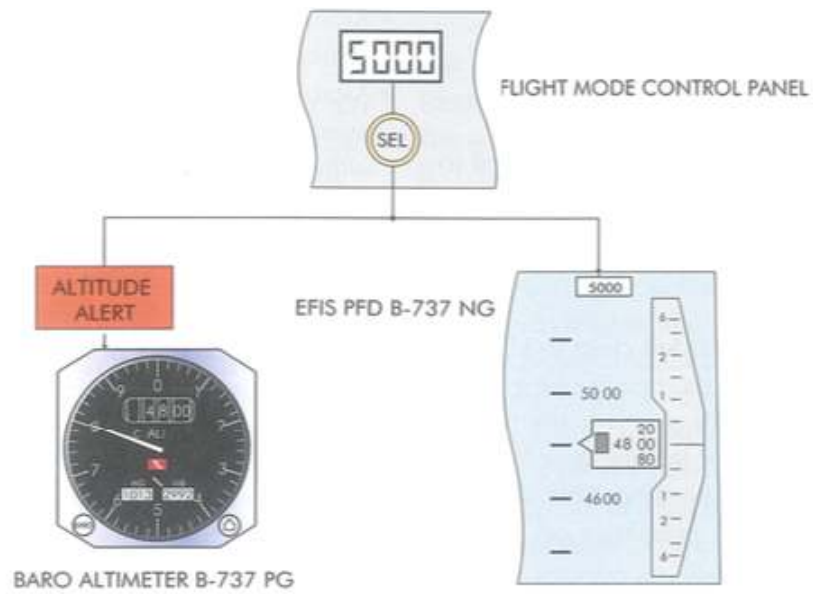
4.4.1. Előrejelző rendszer

Emelkedés vagy süllyedés közben, mielőtt a repülőgép elérné a kívánt magasságot a rendszer jelzést ad. Típustól függően a jelzés 750-250 lábbal a kívánt magasság előtt jelez.

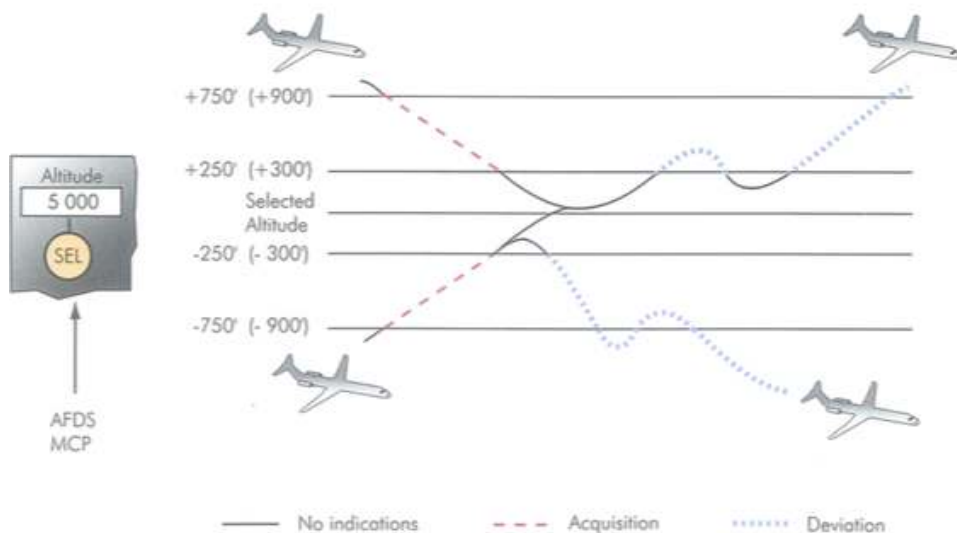
4.4.2. *Eltérés figyelmeztetés*

Akkor jelez, ha az eltérés mértéke eléri a 250 (vagy 200) lábat. Hogy megelőzzük a fals jelzéseket, ahogy a repülőgép elkapta a siklópályát, és elkezd süllyedni, a rendszer kikapcsol amint a fékszárnyak kitérésre kerülnek.

A 4.4. ábrán a rendszer kijelzőit láthatjuk, míg 4.5. ábra az eltérési fázisokat mutatja.



4.4. ábra. Magasságtól való eltérésre figyelmeztető rendszer I. (forrás: [8] 10-6 p.)



4.5. ábra. Magasságtól való eltérésre figyelmeztető rendszer II.
Forrás: [8] 10-6 p.

4.5. Repülési helyzetre figyelmeztető rendszer

Ahogy a repülőgépek egyre összetettebbé váltak, egyre több rendszer igényelt megfigyelő és mind vizuális illetve hangjelzést. Ez a több színből, dudából csengőből álló rendszer vezethet megértési illetve scannelési hibákhoz, ami összezavarhatja a személyzetet. Azért, hogy ennek lehetőségét csökkentsük, a repülőgép és rendszergyártók megállapodtak az üzemeltetőkkel egy irányvonalban, a különböző figyelmeztető rendszerek osztályozását figyelembe véve, amelyek a CS-25-ben találhatóak.

Az alábbiakban különböző a típusú figyelmeztetéseket foglaltuk össze.

- *Figyelmeztetés*: - A jelzésnek fel kell kelteni a személyzet figyelmét, pontosan azonosíthatónak kell lenni a kiváltó oknak.
- *Fals, idegen figyelmeztetés*: - A fals figyelmeztetés a rendszer hibájából adódik. Idegen figyelmeztetés az, amikor a hibás jelzést nem a rendszer hibája, hanem valami más okozza.
- *Üzenet*: - Az üzenet egy figyelmeztető lámpa, vagy a kijelzők valamelyikén megjelenő szöveg, amely tájékoztat a figyelmeztetésről. Az üzeneteket csoportosíthatjuk:

- „*Warning*”: azonnal felismerés és beavatkozás szükséges
- „*Caution*”: azonnal figyelem és személyzeti beavatkozás szükséges
- „*Advisory*”: figyelem szükséges a személyzet felől, beavatkozás talán szükséges

A személyzet figyelmeztetést kell, hogy kapjon „warning” vagy „caution” jelzés jelenlétében. A figyelmeztetés vizuális, hang és szóbeli jelzésből áll. A vizuális jelzésnek a személyzet látóterében kell elhelyezkedni. Az alábbi táblázat mutatja a fentebb leírtakat.

4.1. Táblázat

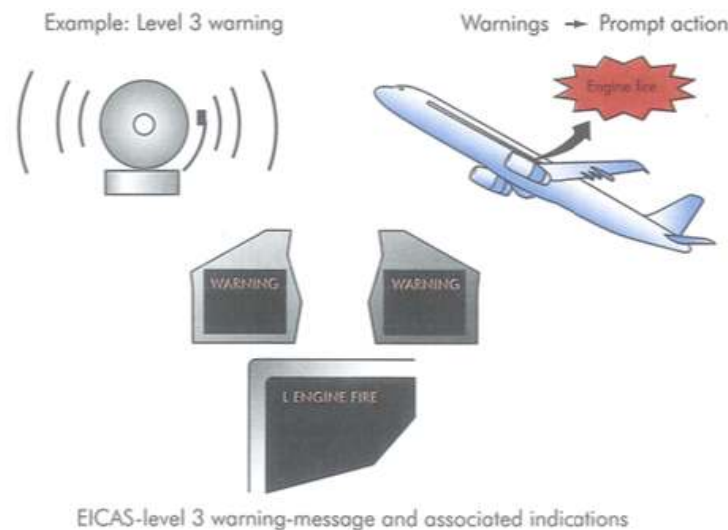
Category	Criteria	Visual	Aural	Remark
Warning	Immediate recognition and corrective or compensatory action by the crew is required	Red	Optional unless required by CS	Visual light should flash if no aural
Caution	Immediate crew awareness is required and subsequent crew action is required	Amber	Optional unless required by CS	Visual light should flash if no aural
Advisory	Crew awareness is required and subsequent crew action may be required	Not red	None	-

4.6. EICAS (Engine Indicating and Crew Alerting System)

EICAS folyamatosan figyelemmel követi a repülőgép rendszereit. Hiba esetén vagy bármely hibajelző lámpa felvillanásakor, az EICAS figyelmeztető üzenetet küld a felső CRT-re. Ezen felül néhány figyelmeztetést szóbeli tájékoztatás és „Master warning” vagy „Caution” fényjelzés követ (4.6. ábra).

Minden figyelmeztetés három csoportra osztható: „Warning”, „Caution”, vagy „Advisory”.

- *Warning*: Piros fényjelzés, gépkiszolgálás vagy rendszerhelyzet azonnal korrekciót igényel, a legsürgősebb személyzeti figyelmeztetés. Hajtóműtűz tipikusan egy ilyen jelzés.
- *Caution*: Borostyán fényjelzés, gépkiszolgálás vagy rendszerhelyzet rövid időn belül korrekciót igényel. Kevésbé sürgős, mint a „warning” jelzés. Hajtómű túlmelegedés egy tipikusan ilyen jelzés.
- *Advisory*: Szintén borostyán fényjelzés, gépkiszolgálás vagy rendszerhelyzet korrekciót igényel, ahogy a személyzet ideje engedi. A legkevésbé sürgős figyelmeztető jelzés.



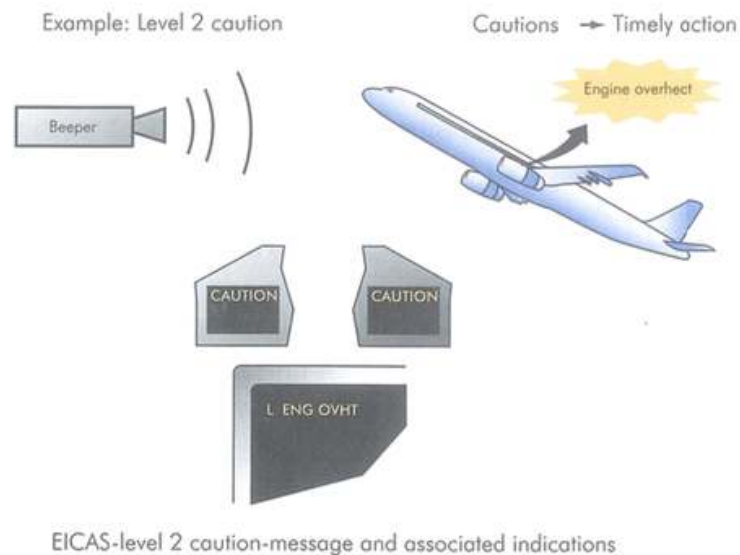
4.6. ábra. EICAS működése I. (forrás: [8], 10-8 p.)

4.6.1. MASTER WARNING / CAUTION lámpajelzés

Kettő „Master Warning” lámpa jelez, ha valamilyen figyelmeztetés érvénybe lép. A fény addig világít, amíg a hiba oka jelen van, vagy a jelzés gombját meg nem nyomja a személyzet. A gombot benyomva elnémul a hangjelzés, amennyiben tüzre vagy kabin magasságra figyelmeztet.

A leszállási konfigurációra való figyelmeztetés is elnémítható a gomb lenyomásával, attól függően, hogy mire vonatkozik a jelzés.

Kettő „Caution” lámpa jelez, ha valamilyen figyelmeztetés érvénybe lép. A fény addig világít, amíg a hiba oka jelen van, vagy a jelzés gombját meg nem nyomja a személyzet (4.7. – 4.8. ábra).



4.7. ábra. EICAS működése II. (forrás: [8], 10-9 p.)



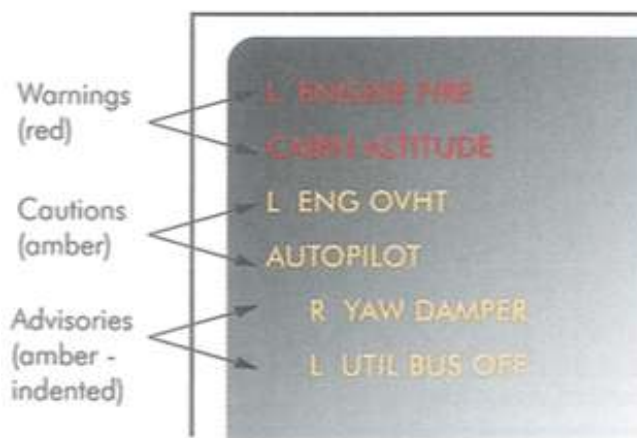
4.8. ábra. EICAS működése III. (forrás: [8], 10-9 p.)

4.6.2. Kijelző üzenetek

Figyelmeztető üzenet jelenik meg a felső CRT-n amennyiben az EICAS rendszer bármilyen rendellenes helyzetet észlel. A 4.9-es ábra néhány példát szolgáltat.

Az üzenetek sürgősségi sorrendben követik egymást:

- Warning üzenetek legfelül, piros színnel.
- Caution üzenetek alatta borostyán színnel.
- Advisory szintű üzenetek legalul, szintén borostyán színnel. Beljebb kezdődnek, hogy jól elkülöníthetőek legyenek a Caution szintű jelzésektől.



4.9. ábra. Kijelző üzenetek (forrás: [8], 10-10 p.)

A legfrissebb Warning, Caution vagy Advisory üzenetek jelennek meg az adott szinten. Az üzenet magától eltűnik, ha a hiba megszűnt. Ilyenkor a megszűnő jelzés alatt lévő szöveg ugrik fel a képernyő tetejére.

Ha új hiba kerül kijelzésre, a szintjéhez tartozó helyre kerül a képernyőn. Ezzel együtt a régebbi üzenetek egy sorral lejjebb tolódnak. Például egy új caution szintű üzenet lejjebb kényszeríti a már meglévő „caution” és „advisory” üzenteket. Ha több az üzenet, mint ami egy időben megjeleníthető a legalsó üzenet eltűnik, és egy fehér szám a jobb alsó sarokban jelzi a lap oldalszámát. Amelyik üzenet kiesik, az a következő oldalon megtekinthető marad.

A „cancel” illetve „recall” kapcsolók segítségével változtatható az üzenetek sorrendje. A „cancel” gomb segítségével a *caution* és *advisory* szintű üzenetek eltávolíthatók.

A *warning* üzeneteket nem lehet eltávolítani. A Cancel megnyomásával lehet oldalt váltani. A *warning* üzenetek ez esetben is a képernyőn maradnak. Ha az utolsó oldalon tartózkodunk, és megnyomjuk a cancel gombot, a rendszer eltávolítja az utolsó *advisory* vagy

caution jelzést. Ha megnyomjuk a recall gombot az eltávolított előzmények visszahívhatók, amennyiben hiba még mindig létezik. A recall gomb megnyomására a kijelző bal alsó sarkában, nagyjából egy másodpercig egy fehér felirat figyelmeztet.

Az új figyelmeztetések azon az oldalon jelennek meg, amelyiket éppen nézik. Például, ha a személyzet épp a 3. oldalt figyeli az új jelzés ott fog megjelenni. Ha a recall gombot ezután megnyomják, az új figyelmeztetés az első oldalra kerül.

4.6.3. Figyelmeztetés gátlók (Inhibits)

A repülés néhány fázisában a figyelmeztető rendszer deaktiválódik, hogy ne vonja el a személyzet figyelmét. Ha a hiba azonos természetű, csak egy üzenet jelenik meg. Például, ha csak a bal első ajtó maradt nyitva akkor csak arra jön figyelmeztetés. (L FWD ENT DOOR). Ha mindkettő, akkor nem külön üzenetekben jelenik meg, hanem egy felirattal (L ENTRY DOORS).

Néhány üzenet rövid időre megszűnik, habár a jelzőfények megmaradnak. Ez megakadályozza a normál üzemmódok működés alatti figyelmeztetését. Például a GEAR fényjelzés azonnal megjelenik, amint a futó kiengedés megtörténik, de a „GEAR DISAGREE” üzenet gátolva marad 25 másodpercig (eddig tart egy futókieresztés).

4.6.4. Állapotjelzők

Az állapot (status) része az EICAS rendszernek megmutatja a repülőgép rendszereinek állapotát, és így a repülő felkészültségét. A „Status” gombot lenyomva az állapotjelző kijelző jelenik meg az alsó CRT-n. Ez rendszerjelzőket, kormánylapok állását, üzeneteket, vagy fékhőmérsékletet jelezhet. A rendszerjelző adatokat a kijelző bal felső sarkában helyezik el. A mutató jelzi a hidraulika folyadék mennyiségét és nyomását, APU EGT, RPM és olajmennyiséget; illetve az oxigénnyomást. A kormánylapok helyzetét a kijelző bal alsó sarkában találhatjuk.

Fehér helyzetjelző üzenetek a képernyő jobb oldalán találhatóak. Ezek olyan hibákat jeleznek, amelyek más műszereken nem észlelhetőek. Az üzenetek észlelési sorrendben követik egymást, a legfrissebb jelenik meg legfelül. Az üzenet magától eltűnik, amint a kiváltó ok megszűnik. A megszünt üzenet helyét az alatta lévő veszi át.

Ha betelik a képernyő, a legalsó üzenet eltűnik, megjelenik a pages (oldalak) felirat, így lapozhatunk a különböző üzenetek között. A lapok között a Status gomb lenyomásával lapozhatunk. Ha az utolsó oldalon nyomjuk meg a gombot, eltűnnek az üzenetek.

Az új üzenetek annak az oldalnak a tetején jelennek meg, amit épp nézünk. Ha a status kijelzést eltüntetjük, majd újra behozzuk, az üzenetek újra időrendi sorrendben lesznek megtalálhatóak.

„Status cue” felirat jelenik meg, ha új üzenet érkezik úgy, hogy a kijelző nem ebben az üzemmódban van, és a repülőgép a levegőben található. Az üzeneteket nem kötelező ellenőrizni repülés közben, habár a későbbi karbantartás miatt érdemes elolvasni őket.

A fékhőmérsékletről szóló rész a képernyő jobb alsó sarkában található meg.

4.6.5. Karbantartás

A karbantartás menüpontja az EICAS rendszernek rendszerinformációkat szolgáltat a karbantartó személyzetnek. Csak a földön használhatóak.

4.6.6. Nem normális kijelzések

Ha valamelyik CRT-n hiba érzékelhető a képernyő elsötétül. Hajtómű kijelzések és figyelmeztetések a működő kijelzőn jelennek meg ezután. Egy „EICAS CRT” és „advisory” üzenet jelenik meg ha bármely CRT kijelző meghibásodik.

Megjegyezendő, ha összevont képernyő módot használunk, a másodlagos jelzések csak akkor jelennek meg, ha azok fontossági szintje borostyán vagy piros. Ha CRT hiba van a „status” üzenetek a földön jelennek meg.

Ha az EICAS kezelőpanelje meghibásodik, „EICAS CONT PNL” üzenet jelenik meg, és „EICAS full up engine mode” jelenik meg automatikusan. A „cancel” és „recall” kapcsolók ebben az esetben nem működnek.

Bármely EICAS vagy CRT meghibásodása esetén egy megkerülő hajtóműellenőrző (SEI – Standby Engine Indicator) automatikusan bekapcsol. A SEI rendszerfények és kijelzők hivatottak a hajtómű és rendszerellenőrzésre, ha az EICAS rendszer teljesen meghibásodik. Ez a rendszer nem nyújt olyan szintű információt, mint az EFIS kijelzők, de a legfontosabb adatok megjelennek (EPR; N1; EGT vagy N2; N3)

4.6.7. ECAM (Electronic Centralised Aircraft Monitoring)

Az ECAM rendszer (elektronikusan központosított repülőgép megfigyelő rendszer) mutatja a repülőgép kiszolgálás elemeit, mind ellenőrző lista, mind sematikus formában, először az A310-esen lett bevezetve. Az elsődleges filozófia a rendszer mögött az, hogy a hajtómű paramétereiket az egész repülés során ki kell jelezni. Az A310-esen megtartották a

hagyományos műszereket, de a későbbi modelleken a hajtómű információk valamely CRT kijelzőn jelentek meg.

Az ECAM rendszernek 4 kijelzője van, ebből 3 automatikusan a következők:

- Repülési fázishoz kapcsolódó
- Tanácsadó (advisory – mode status)
- Hiba kijelzés

Manuális kiválasztás a rendszervezérlő panelen keresztül (4.10. ábra) történik, bármely rendszer a repülőgép 12 fő rendszere közül kiválaszthatunk, plusz a status üzeneteket.

A kijelzők eredetileg egymás mellett találhatók, de a legújabb verzióknál az egymás alatti kijeles terjedt el (4.11. ábra).

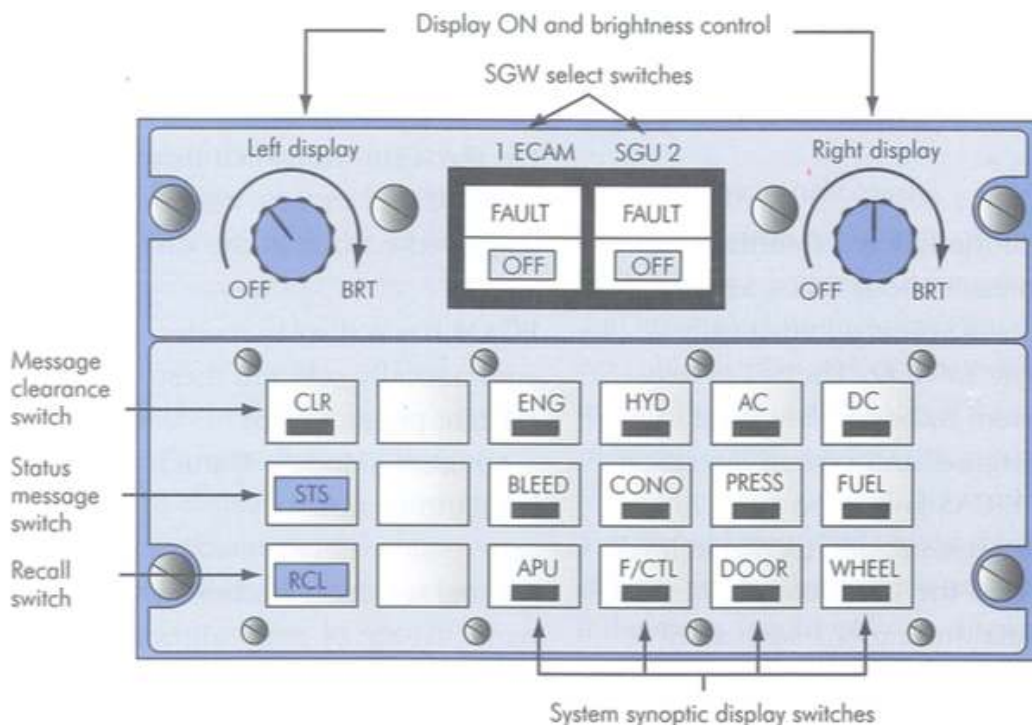
Bal oldali kijelző

Rendszer helyzet. Figyelmeztető jelzések és korrekciók. Ellenőrző lista.

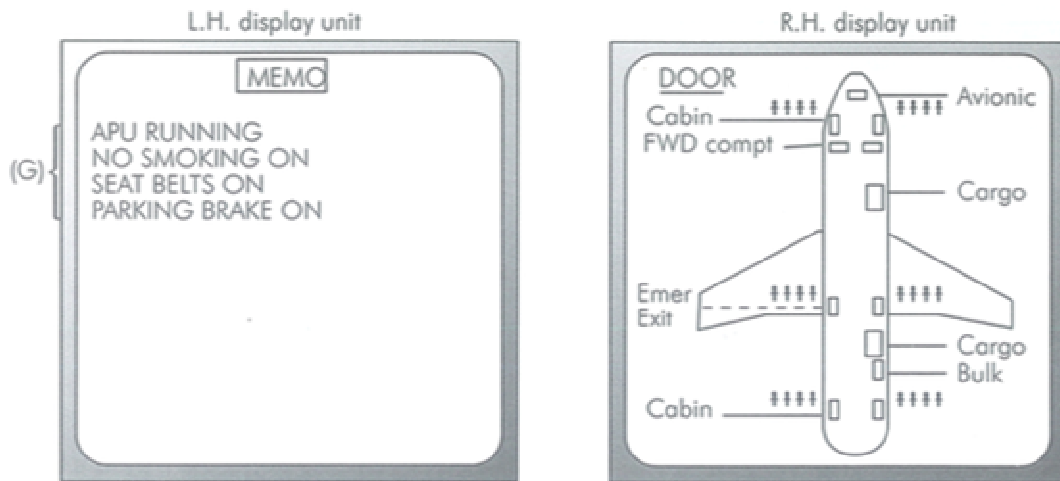
Jobb oldali kijelző

Hozzá tartozó információk képi megjelenítéssel.

Az ECAM rendszer hibajelzései, az EFIS rendszer hibajelzéseihez hasonlóan működnek, de egy kissé máshogy azonosíthatók.



4.10. ábra. ECAM vezérlőpanel (forrás: [8], 10-14 p.)



Examples: Doors locked: Door symbols green and name of door white
Doors unlocked: Door symbols and name of door amber

4.11. ábra. ECAM kijelző (forrás: [8], 10-14 p.)

Az alábbi táblázat a különböző figyelmeztető jelzések szintjét, leírását és megjelenítési módját mutatja.

4.2. Táblázat

	Level	Signification	Aural	Visual
Failure mode	Level 3	Red warning: situation needing immediate action: - Aircraft in dangerous configuration or limit flight conditions (e.g.: stall, o/speed) - System failure altering flight safety (e.g.: Eng fire, excess cab alt)	Continuous Repetitive Chime (CRC)	- MASTER WARNING light red flashing, or specific red light - Warning message (red) on Engine Warning Display (E/WD) - Automatic call of the relevant system page on the System Display (S/D)*
	Level 2	Amber caution: abnormal situation needing immediate crew awareness and subsequent corrective action. - System failure having no direct consequence on flight safety (E.g.: Blue hyd lo pr)	Single Chime (SC)	- MASTER CAUTION light amber steady - Caution message (amber) on E/WD - Automatic call of the relevant system page on the S/D*
	Level 1	Amber caution: requires crew monitoring: - Failures leading to a loss of redundancy or system degradation (E.g.: FCDC fault)	None	- Caution message (amber) on E/WD generally without procedure
Information	ADVISORY	System parameters monitoring	None	- Automatic call of the relevant system page on the S/D*. The affected parameter pulses green
	MEMO	Information: recalls normal or automatic selection of functions which are temporarily used	None	- Green, amber or magenta message on E/WD

4.7. Fedélzeti adatrögzítő rendszer (FDR)

A modern közforgalmi légitársaságokban az üzemeltetési és műszaki adatokat adattároló memóriaegységekben rögzítik és tárolják.

A rögzítés célja:

- A balesetek újbóli megtörténtének megakadályozása.
- A karbantartás segítése. Ezek a karbantartási adatrögzítők.

A rögzített paraméterek közül néhányat azonnal a földre továbbítanak.

Az FDR egy védett billenőkapcsolóval működtethető az overhead panelen (4.12. ábra). Mint a CVR az FDR is automatikusan bekapcsol, ha bekapcsoljuk az olaj vagy az üzemanyag szivattyút. A „Test” gomb a földi teszt üzemet engedélyezi.

Az „event” (esemény) gomb megnyomásával gyorsabban visszakereshető az esemény kezdete.



4.12. ábra. Fedélzeti adatrögzítő (forrás: [8], 10-18 p.)

4.7.1. Fekete doboz

A fekete doboz egy tűz-, rázkódás-, és vízálló narancssárga színű doboz felvevő egységgel. Az adatrögzítők általában a nyomástartó falnál vannak elhelyezve. A modern repülőgépek memóriában tárolják az adatokat, a régebbiek mágneses szalagon (4.13. ábra).

Az OPS előírja, hogy a többhajtóműves repülőgépek, amelyeknek tömegük nagyobb, mint 5700 kg; és az utasok száma több mint 9 rendelkezniük kell fedélzeti hangrögzítővel, illetve adatrögzítővel.

A velük szemben támasztott követelmények:

- A szükséges paramétereket időrendi sorrendben tárolják.
- Automatikusan elkezdjék a rögzítést amint a repülőgép a saját áramellátása alatt áll.
- Víz alatt is megtalálható kell legyen. Ennek az eszköznek automatikusan be kell kapcsolni, amint vízzel érintkezik. (ULB = Víz alatti lokátor)



4.13. ábra. Fedélzeti adatrögzítő rendszer (forrás: [8], 10-16 p.)

4.7.2. Fedélzeti hangrögzítő (CVR, Cockpit Voice Recorder)

A CVR 4 csatornán rögzíti bármely kimenő és bemenő hangot a repülőgép fedélzetén. Ez magában foglalja a kommunikációs és navigációs rádiót, a belső telefonrendszer, és a pilótafülke hanganyagát, illetve bármely publikus bejelentést. A CVR egy kétállású billenő kapcsolóval vezérelhető az overhead panelen. Amikor a kapcsoló „auto” pozícióban van a CVR bekapcsol, amint a hajtómű bekapcsol. Amint a kapcsoló „ON” pozícióba kerül, a rögzítés azonnal megkezdődik.

Néhány légitársaság megköveteli, hogy a hangrögzítő ebben az állásban legyen a checklist felolvasása során is. A személyiségi jogok miatt a felvétel törölhető. Ez csak a földön lehetséges, amikor a parking brake rögzítve van, és megnyomják a törlés gombot. A „Test” gomb megnyomásával hangjelzés jelzi a működőképességet (4.14. ábra).



4.14. ábra. Fedélzeti hangrögzítő panel (forrás: [8], 10-16 p.)

4.7.3. Karbantartás rögzítő (Maintenance Recorder)

Kereskedelmi légi szállítást végző repülőgépek karbantartási adatrögzítővel is rendelkeznek. A rendszer az Aircraft Condition Monitoring System (ACMS) része. Az ACMS figyeli a repülőgép teljesítményét és állapotát, fedélzeti rendszereit, hajtómű és APU (Auxiliary Power Unit) adatait, hogy lehetővé tegyék a trend analízist.

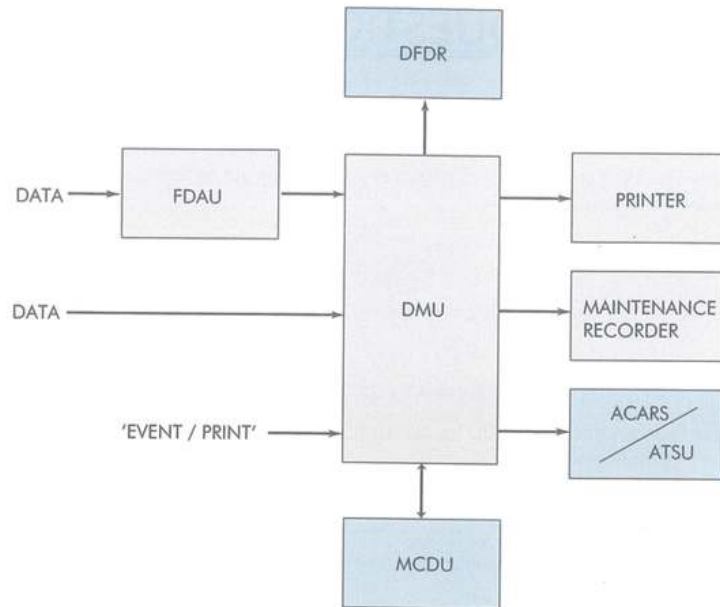
Az ACMS egy úgynevezett adat menedzsment egységet (Data Manager Unit, DMU) is tartalmaz, amely nyomtatható formába rendszerezi az adatokat, és amit a fedélzeti nyomtatóval is ki lehet nyomtatni. Néhány jelentés automatikusan továbbítódik data-linkkel a földre. Egy ilyen részlet látható a 4.15. ábrán.

Az ACMS másik feladata, hogy ellássa a DFDR-t (Digital Flight Data Recorder) adatokkal.

RPRTID	ACID	FLT	DEP	DEST	DATE
AAA 440 00	PH-BFX	KL641	EHAM	KJFK	130392
FLCT	FM	GMT	ISC	DMUSN	SWID
0007	AL	200215	1225	NNNN	AAAA
ACTUAL VALUES AT EXCEEDANCE:					
A FLAP POSITION	:	05.0 DEG			
A NOSE GEAR IN TRANSIT	:	NO			
A NOSE GEAR DOWN/LOCKED	:	DNL			
A CAS	:	265 KTS			
A MACH NUMBER	:	0.452 MACH			
PRESSURE ALTITUDE	:	+ 5000 FEET			
PARAMETERS WHICH CAUSED THIS EXCEEDANCE ARE MARKED WITH A '>'					

4.15. ábra. Példa egy jelentésre (forrás: [8], 10-18 p.)

Az ACMS-hez az MCDU-n (Multifunction Control and Data Unit) lehet hozzájutni. A „menu” gombon és a megfelelő soron keresztül a valós idejű adatok megjeleníthetők és nyomtathatók. Az adatok vagy a memóriában és/vagy a mágneses rögzítőn vagy optikai rögzítőn vannak tárolva (4.16. ábra).



4.16. ábra. ACMS (forrás:[8], 10-19 p.)

4.8. Levegőben történő ütközést megakadályozó rendszer

A 90-es évek elején az amerikai légügyi hatóság (FAA) elrendelte, hogy minden polgári repülőgépnél, amely az Egyesült Államok légterében repül, rendelkeznie kell Forgalmi Figyelmeztető és Ütközést Elkerülő Rendszerrel (TCAS- Traffic-alert and Collision Avoidance System), annak érdekében, hogy elkerüljék a levegőben történő ütközéseket, különös tekintettel a zsúfolt légterekre. A TCAS-t a Légiforgalmi Irányítás kiegészítő rendszerének tervezték.

Napjainkban a légügyi hatóságok előírása szerint minden olyan repülőgépet fel kell szerelni Ütközést Elkerülő Rendszerrel (ACAS, Airborne Collision Avoidance System), amelynek felszállótömege meghaladja az 5700 kg-ot és 19 fő felett szállíthat utasokat. A rendszer teljesítményének meg kell felelnie a minimum ACAS II-es szabványnak. A szabvány megtalálható az ICAO Annex 10-es fejezetében.

Az ACAS I-es szabvány csak a lehetséges veszélyes forgalom helyét tudta megjeleníteni, az erre kijelölt „Traffic Advisory (TA)” kijelzőn.

Az ACAS II-es szabvány ezen felül képes emelkedési, vagy süllyedési parancsot adni. Ezt „Resolution Advisory-nak (RA)” nevezik.

Az ACAS III-as szabvány jelenleg fejlesztés alatt áll, annak érdekében, hogy a rendszer képes legyen horizontális elkerülő manőverek számára parancsot szolgáltatni.

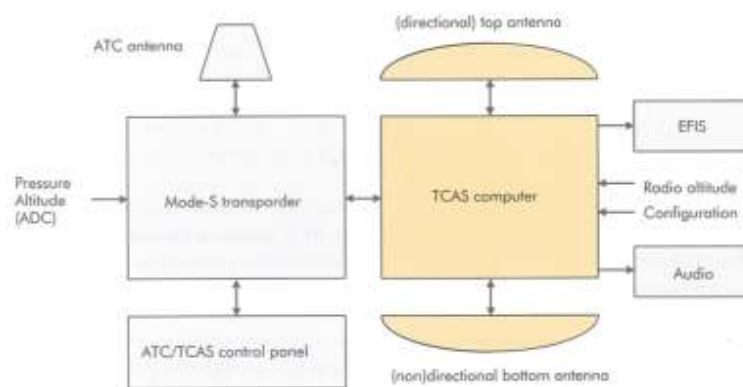
Az ACAS II a következő funkciókkal rendelkezik:

- Megfigyelés
- Forgalmi tanácsadás
- Fenyegető forgalom detektálása
- Parancs kiadás (RA)
- Koordináció
- Kommunikáció a földi állomásokkal

4.8.1. Általános leírás

A TCAS II tartalmaz egy számítógépet, és két antennát. Irányítása a transzponder paneljáról történik (4.17. ábra). Ezenkívül a TCAS II a következőket használja fel:

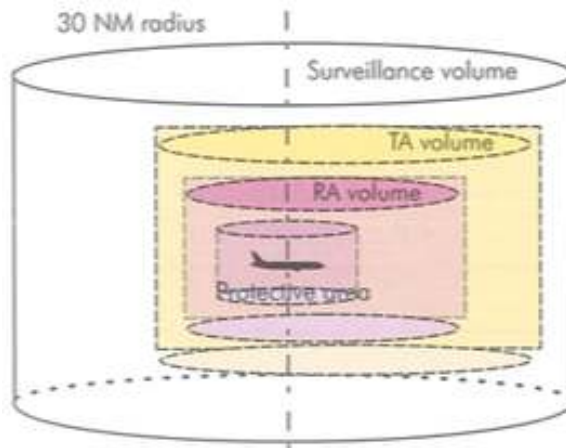
- Egy kijelölt VSI vagy EFIS kijelzőt annak érdekében, hogy a forgalom relatív helyzetét mutassa, illetve vizuális veszjelzéseket és parancsokat szolgáltatson,
- Hangjelző rendszer,
- S-módú transzponder, a levegő-levegő, levegő-föld, és föld-levegő kommunikáció érdekében,
- Rádió magasságmérő, hogy elkerülje a süllyedési parancs kiadását alacsony magasságon,
- Nyomás magasság az Air Data Computer (ADC) felől,
- A repülőgép konfigurációja



4.17. ábra. TCAS II. rendszer (forrás: [8], 11-2 p.)

A TCAS II számítógépe két irányított antennával rendelkezik, egy felsővel és egy alsóval. Az alsó antenna nem irányítható, amennyiben a repülőgép futóműve kinti helyzetben van. A két antenna közösen pásztázza a légtér egy bizonyos részét.

A hatótávolsága függ a légtérben tartózkodó repülőgépek számától (4.18. ábra). Például, ha egy légtérben 30 repülőgép tartózkodik, akkor a hatótávolság 30 tengeri mérföld.



4.18. ábra. TCAS megfigyelési köze (forrás: [8], 11-2 p.)

A számítógép lekérdező jelet küld Mode-S formátumú üzenetben, amely a Mode-C szabványú transzponderek számára is elérhető. A számítógép minden másodpercben küld egy lekérdező jelet.

Megjegyzés: Nagy forgalmú körzetekben a hatótávolság 5 tengeri mérföldre csökken, és 5 másodpercenként küld a számítógép lekérdező jelet.

Az antennák az útirányhoz képest mindkét irányban 10-10 fokos szélességben biztosítanak pontos forgalmi meghatározást. A TCAS II segítségével megállapítható a forgalom távolsága, relatív mozgása, magassága, magasság változásának mértéke, illetve a relatív sebessége.

4.8.2. Vészjelzési szintek

A távolság, relatív magasság, illetve a repülőgép biztonsági területe meghatároz négy lehetséges vészjelzési szintet:

- Egyéb forgalom
- Közeli forgalom
- Forgalmi tanácsadás
- Részletes tanácsadás, parancsadás (RA)

A különböző forgalmi helyzetekre utaló jelzéseket mutatja a 4.19. ábra.



4.19. ábra. TCAS szimbólumok (forrás: [8], 11-3 p.)

- *Egyéb forgalom:* - Ha egy másik repülőgép 6 tengeri mérföldön belül kerül, és a relatív magassága meghaladja az 1200 lábat, „Egyéb forgalom” osztályba kerül. Ha nem jelent fenyegetést, akkor az EFIS ND (EHSI) kijelzőjén fehér, vagy cían színű, üres gyémánt alakú jel jelenik meg. A szimbólum a repülőgéphez képesti irányszögön, és méretarányosan vett távolságon jelenik meg. A szimbólum mellé a rendszer szolgáltat egy adatdobozt, amely mutatja a relatív magasságot, illetve egy nyíl segítségével a függőleges sebességet, ha az meghaladja az 500 láb/perc értéket.
- *Közeli forgalom:* - Ha egy másik repülőgép 6 tengeri mérföldön belül kerül, és a relatív magassága kevesebb mint 1200 láb, „Közeli forgalom” osztályba kerül. Az EFIS ND (EHSI) kijelzőjén fehér, vagy cían színű, teli gyémánt alakú jel jelenik meg. A szimbólum a repülőgéphez képesti irányszögön, és méretarányosan vett távolságon jelenik meg. A szimbólum mellé a rendszer szolgáltat egy adatdobozt, amely mutatja a relatív magasságot, illetve egy nyíl segítségével a függőleges sebességet, amennyiben az túlzott mértékű.
- *Forgalmi Tanácsadás:* - Ha egy repülőgép 20-45 másodpercnyi távolságon belülré kerül, a rendszer potenciális fenyegetésként értékeli, és Forgalmi tanácsadást szolgáltat. Az EFIS ND (EHSI) kijelzőjén sárga, kör alakú szimbólum jelenik meg, adatdobozzal, és a függőleges sebességéhez köthető nyíllal. Ezen felül a kijelzőn „TRAFFIC” felirat jelenik meg, és hozzá „TRAFFIC TRAFFIC” hangjelzést biztosít a rendszer. A rendszer csak felhívja a figyelmet a közeli forgalomra, nincs kötelező érvényű eljárás ezen a riasztási szinten.

- *Részletes Tanácsadás, Parancsadás (RA):* - Életbe lép, ha egy repülőgép 15-35 másodpercnyi távolságon belülre kerül, és a rendszer potenciális fenyegetésként értékeli. A rendszer által kiadott manőverparancs a Mode-S datalink rendszer segítségével valósul meg. A koordinációnak meg kell előznie, az azonos irányú elkerülő manőverek létrejöttét. Két típusa van:

- Preventív RA
- Korrektív RA

A preventív RA olyan parancsot ad, amely a jelenlegi repülési pályát tartja. Ezzel szemben korrektív RA esetén megváltozik a repülési pálya. A kívánt manővert meg kell kezdeni 5 másodpercen belül 0,25g-s terhelési többlessel. E mellett, ha a kiadott manőver megváltoztatására van szükség, kiadható korrekciós parancs, melynek végrehajtását 2,5 másodpercen belül meg kell kezdeni 0.35g-s terhelési többlessel. Az EFIS ND (EHSI) kijelzőjén piros, négyzet alakú szimbólum jelenik meg, adatdobozzal, és a függőleges sebességéhez köthető nyíllal (4.20. ábra). Egyes típusok esetén lehetséges, hogy az EFIS PFD (EADI) mutatja a tiltott bólintási területet. A terület alakja és határvonalai a repülőgép teljesítményétől függőek. A vizuális jelzés mellett természetesen hangjelzést is ad a rendszer. A hangjelzés függ az elkerülő manővertől.



4.20. ábra. Az EFIS PFD-n megjelenő parancsok (forrás: [8], 11-4 p.)

4.8.3. A vezérlő panel

Az egyesített ATC/TCAS vezérlőpanelen (4.21. ábra) található üzemmód választó kapcsolónak a következő üzemmódjai vannak:

- *Standby (STBY)*
A rendszert „standby” módba állítja. Az ATC transzponder, illetve TCAS funkciók nem aktívak. ATC transzponder kijelzése aktív.
- *Transzponder (XPNDR)*
TCAS funkciók nem engedélyezettek, azonban az alap funkciók aktívak maradnak. Földön a transzponder „földi” módba kapcsol.
- *Csak forgalmi tájékoztatás (TA ONLY)*
ATC XPNDR és TCAS TA aktív, azonban a parancsadás nem működik. Behatóló repülőgép esetén borostyán fényjelzés, illetve „TRAFFIC TRAFFIC” hangjelzés.
- *Forgalmi tájékoztatás és parancsadás*
ATC XPNDR, TCAS és TA/RA üzemmódok aktívak.
- *Magasságjelentés kikapcsolása (ALT RPTG OFF)*
TCAS módok nincsenek engedélyezve, az ATC XPNDR magasság jelentése megszűnik.



4.21. ábra. ATC/TCAS vezérlőpanel (forrás: [8], 11-7 p.)

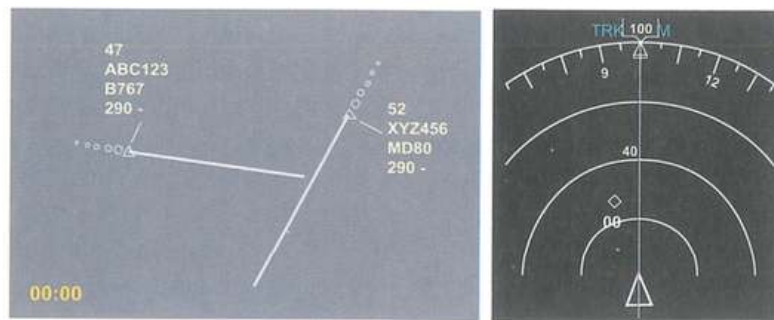
Ha a teszt nyomógombot működtetjük, „TCAS TEST OK” hangjelzést ad a rendszer, ha az ellenőrzés rendben lement. Az „ABV/N/BLW” kapcsolóval a megfigyelés területét lehet állítani. Normál pozícióban a rendszer a repülőgép alatt vagy felett 2700 lábon belüli repülőgépet jelzi. A kívánt pozícióval a lenti, vagy fenti megfigyelést ki lehet terjeszteni 7000 lábig.

A berendezés érzékenysége állítható. Ahogy az előzőekben láttuk, a figyelmeztetés ideje TA során 20-45 másodperc, RA esetén 15-35 másodperc. A pontos idő az érzékenységtől függ (SL- Sensity Level). Minél nagyobb érzékenységet állítunk be, annál hamarabb jelez a rendszer. Függ az üzemmód választó gomb helyzetétől is. Például standby üzemmódban az

érzékenység 1-es, ha csak a TA jelzés működik 2-es, TA/RA esetén 3-tól 7-ig terjed. A magasság növekedésével a függőleges elkülönítés is nő. Egyes esetekben az ATC egységnek is lehetősége van állítani az érzékenységet, befolyásolva ezzel a teljes légtér riasztási idejét.

4.8.4. A TCAS kijelző helytelen használata

Fontos megjegyezni, hogy a TCAS kijelzője nem radar! Figyeljük meg az alábbi szituációt! „A” repülőgép irányszöge 100 fok, „B” repülőgép irányszöge 217 fok, mindkettő FL290-es repülési szinten, keresztező repülési pályákkal (4.22. ábra). A radaron jól megfigyelhető, hogy „A” repülőgép „B” repülőgép mögött fog elrepülni, azonban a TCAS kijelzőén ez nem egyértelmű. A kijelzőn úgy tűnik, mintha a „B” repülőgép pontosan szembe haladna „A” repülőgéppel. Ebből a példából is látható, hogy a pilótának nem lehetséges a TCAS kijelzőjéről megállapítani a behatoló repülőgép repülési pályáját.



4.22. ábra. Radar és TCAS kijelzések (forrás: [8], 11-7 p.)

Megjegyzések:

- Néhány, nem veszélyes repülőgépet csak akkor mutat a TCAS kijelző, ha megnyomjuk a „TFC” (Traffic) nyomógombot.
- A földről jövő S-módú transzponder jeleit nem veszi figyelembe a rendszer.
- Transzponder nélküli repülőgép nem jelenik meg a TCAS II. rendszer kijelzőjén.
- Ha egy repülőgép nem sugároz magasságadatot, azzal szemben nem lehetséges RA kiadása.
- GPWS és szélnyírás jelzések előnyt élveznek a TCAS RA jelzéseivel szemben.
- Érthető okokból 1000 láb alatt nem ad süllyedési parancsot a rendszer, 1450 láb alatt pedig „növelj a süllyedés mértékét” parancsot.
- A rendszer által létrehozott RA-t a rendszer továbbíthatja az ATC egységeknek.
- A TCAS nem jelenik meg, ha az EFIS tervezési üzemmódban van.

- EFIS kijelzővel nem rendelkező repülőgépek esetén lehetséges a VSI és TCAS kijelzőket kombinálni (4.23. ábra).
- Lehetséges az elkerülő manőverek használatához robotpilótát használni, azonban a megszokott, hogy ilyenkor a személyzet lekapcsolja a robotpilótát



4.23.ábra. Egyesített VSI/TCAS kijelző (forrás: [8], 11-8 p.)

4.9. Földközelség figyelmeztető rendszer (TAWS)

Az ICAO becslése szerint az 1970-es években a repülőgép-szerencsétlenségek több mint 50%-a mögött „irányított becsapódás” állt. Az okok: figyelmetlenség, zavarodottság, figyelemmegosztás, műszerleolvasási hiba, rossz látás, navigációs hiba. Hogy csökkentsék az ilyen balesetek számát, az ICAO kötelezte a gyártókat egy földközelség figyelmeztető rendszer beépítésére a repülőgépekbe.

A jelenleg érvényes szabályozás szerint, minden 5700 kg-nál nagyobb felszállótömegű repülőgépet, melynek utaslétszáma meghaladhatja a 9 főt, kötelező felszerelni földközelség figyelmeztető rendszerrel.

A rendszer automatikusan hangjelzéseket, illetve vizuális jeleket szolgáltat megadott ütemben a következőkről:

- Süllyedés mértéke
- Földközelség
- Magasságvesztés felszállás, illetve átstartolás után
- Helytelen leszállási konfiguráció
- Siklópálya alá kerülés

Korlátai a rendszernek, hogy rádió-magasságmérőből kapott adatok alapján dolgozik, nem képes a meredek terepet előre lekövetni, illetve ha rövidre szállna a repülőgép, siklópálya adat hiányában nem képes figyelmeztetni a pilótákat. Sugárhajtóműves, 15000 kg-nál nagyobb

felszállótömegű repülőgép, melynek utaslétszáma meghaladhatja a 30 főt, olyan földközelség figyelmeztető rendszerrel kell felszerelni, amely a terepet előre is képes lekövetni. (TAWS)

Követelmény, hogy a TAWS automatikusan audio illetve vizuális jelzéseket adjon, a megfelelő időben arról is, ha a repülési pálya várhatóan nem teljesíti az akadálymentesség feltételeit.

4.9.1. Általános leírás

Az alapvető földközelség figyelmeztető rendszer aktív 0-tól 2450 lábig, 7 üzemmódot használ, hogy figyelmeztessen a veszélyes földközelségre. Ezek a módok a következők:

- Mode 1: Túlzott süllyedési ráta
- Mode 2: Túlzott földközelség
- Mode 3: Magasságvesztés felszállás után
- Mode 4: Nem szándékos magasságvesztés
- Mode 5: Siklópálya alá süllyedés
- Mode 6: Minimum-, Magasság-, illetve Bedöntési szög call out-ok
- Mode 7: Szélnyírás figyelmeztetés

Minden módnak megvan a maga figyelmeztetési terület függvénye, amely minden esetben a rádió magasságmérő által szolgáltatott adatok és a mért paraméter közötti összefüggést vizsgálja. A rádió magasság mellett, a következő bemenő paramétereket használják:

- Magasság, függőleges sebesség, sebesség, állásszög
- Siklópálya eltérés az ILS vevő alapján
- Gyorsulás, és a repülőgép térbeli helyzete az IRS alapján
- Fékszárny és futó helyzet

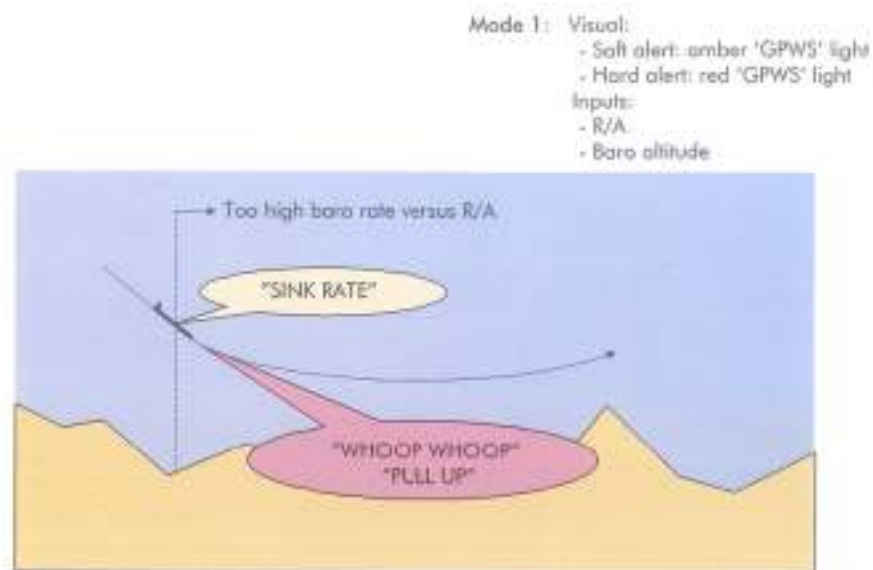
A továbbfejlesztett földközelség figyelmeztető rendszer a következő funkciókkal lett bővítve:

- Tereptől való biztonságos elkülönítés
- Terepfelügyelő rendszer, amely előre is érzékeli a domborzatot
- Domborzat megjelenítés

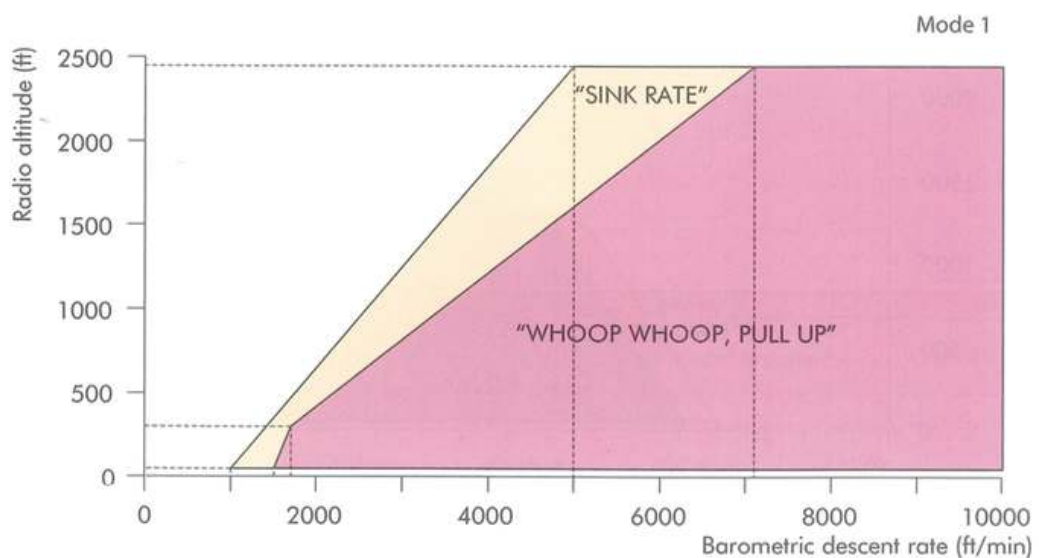
Az EGPWS a vízszintes helymeghatározásához GPS szenzort használ, barometrikus magasságmérővel, földfeletti sebesség mérővel, repülési pályafelügyelő és bedöntési szöget érzékelő rendszerrel kiegészítve. A rendszer alapját egy 3 dimenziós domborzat adatbázis szolgáltatja.

4.9.2. Mode 1: Túlzott süllyedési ráta

A rendszer akkor figyelmeztet, ha a barometrikus süllyedés mértéke túl magas. A figyelmeztetési terület két részre bomlik, gyenge illetve erős figyelmeztetési részre. A gyenge figyelmeztetés akkor jelez, ha a süllyedés mértéke meghaladja az 1000 láb/perces értéket. A figyelmeztetés elsődlegesen audio jelzés formájában történik, „SINK RATE” szöveggel, illetve borostyán színű GPWS fényjelzéssel (4.24.- 4.25. ábrák). Ha nem történik korrekció a repülőgép bekerül az erős figyelmeztetés tartományába, ahol az audio jelzés „WHOOOP WHOOP PULL UP”-ra változik, illetve a GPWS fényjelzés vörös színű.



4.24. ábra. Túlzott süllyedési ráta I. (forrás: [8], 12-3 p.)



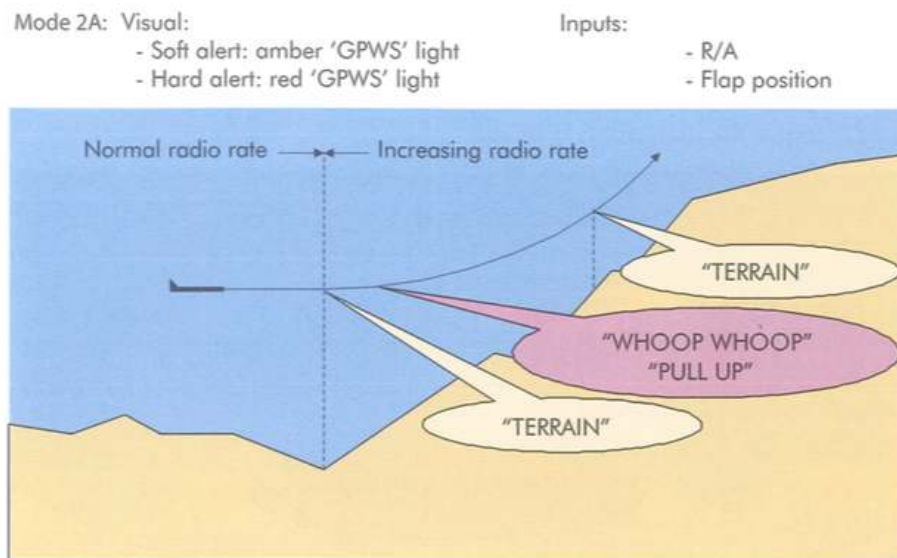
4.25. ábra. Túlzott süllyedési ráta II. (forrás: [8], 12-3 p.)

4.9.3. Mode 2: Túlzott földközelség

A „Mode 2” abban az esetben aktiválódik, ha a repülőgép túlzott mértékben közelít a domborzat felé, akár konstans barometrikus magasság esetén is. A mód két alfázisra oszlik fel: 2A és 2B.

Mode 2A: Fékszárny nincs leszállási konfigurációban

Ha a repülőgép megsérti a figyelmeztetési terület függvényét, először „TERRAIN, TERRAIN” hangjelzés és borostyán színű fényjelzés észlelhető. Ha nem történik korrekció, akkor a hangjelzés „WHOOOP WHOOOP PULL UP”-ra, a fényjelzés vörösre változik. Az üzemmód alsó határa 1700 lábról 2450-ra változik, ha megnő a repülőgép sebessége. (4.25. – 4.26. ábra)



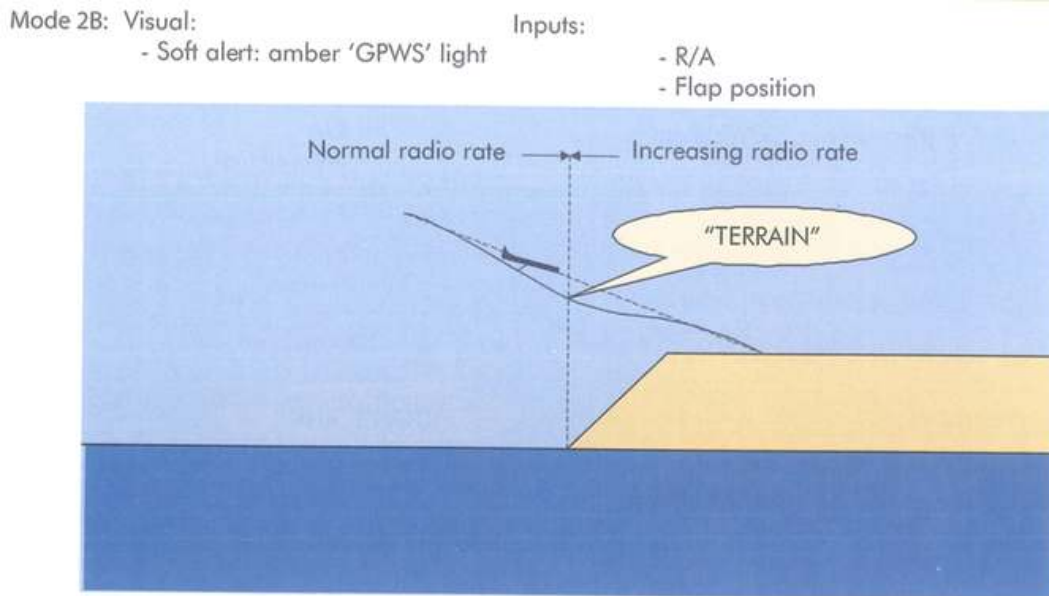
4.25. ábra. Mode 2A, Túlzott földközelség I. (forrás: [8], 12-4 p.)



4.26. ábra. Mode 2A Túlzott földközelség (forrás: [8], 12-4 p.)

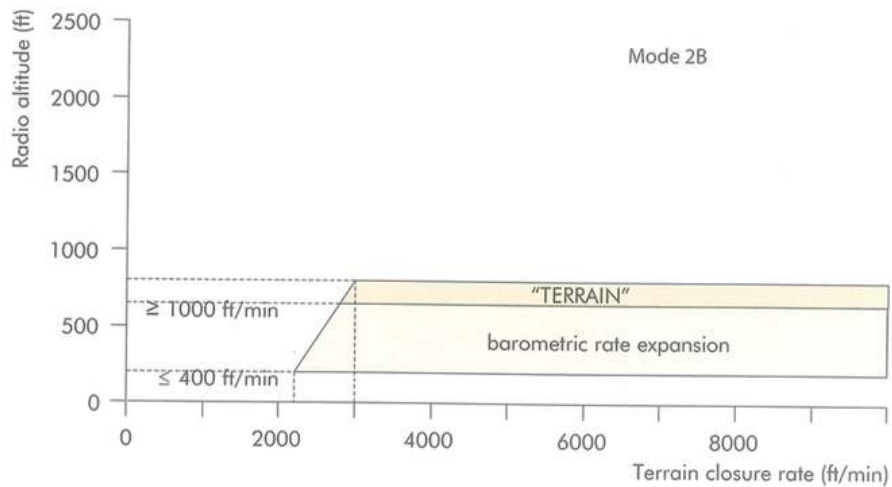
Mode 2B: fékszárny leszállási pozícióban

Ha a fékszárnyak leszállási helyzetben vannak, az erős figyelmeztetés letiltott, annak érdekében, hogy megakadályozzák a hangjelzést a nagy tengerszintfeletti repterek esetén (4.27. ábra).



4.27. ábra. Mode 2B Túlzott földközelség I. (forrás: [8], 12-5p.)

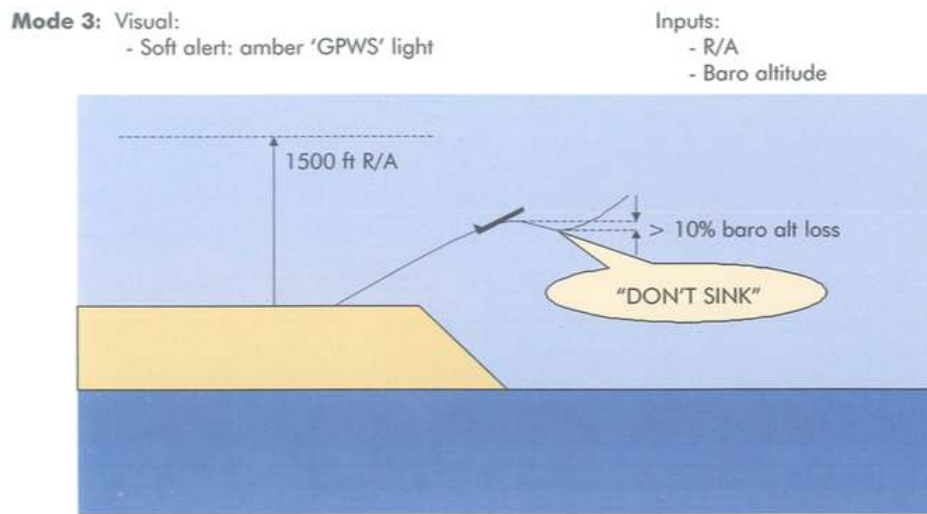
A Mode 2B esetén a felső határ 200-ról 800 lábra növekszik, ha a a barometrikus magasságcsökkenési ráta növekszik (4.28. ábra).



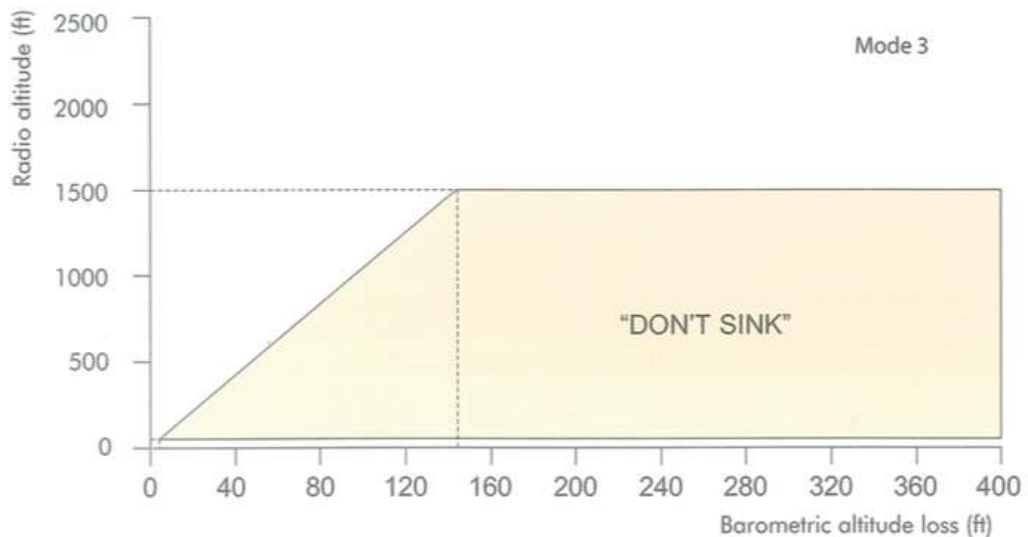
4.28. ábra. Mode 2B túlzott földközelség II. (forrás: [8], 12-5 p.)

4.9.4. Mode 3: Magasságvesztés felszállás után

Az üzemmódnak érzékelnie kell a felszállás vagy átstartolás utáni magasságvesztést. A figyelmeztetési terület függvénye a barometrikus magasságvesztést hasonlítja össze a rádiomagassággal. Ha a barometrikus magasságvesztés meghaladja a 10%-át a rádiomagasságnak, akkor enyhe jelzést biztosít a rendszer „DONT SINK” hangjelzés és borostyán színű „GPWS” fényjelzés kíséretében. Ha a rádiomagasság elérte az 1500 lábat, a mode 3 letiltásra kerül, amíg a repülőgép földet nem ér, vagy átstartolás nem történik (4.29. – 4.30. ábra).



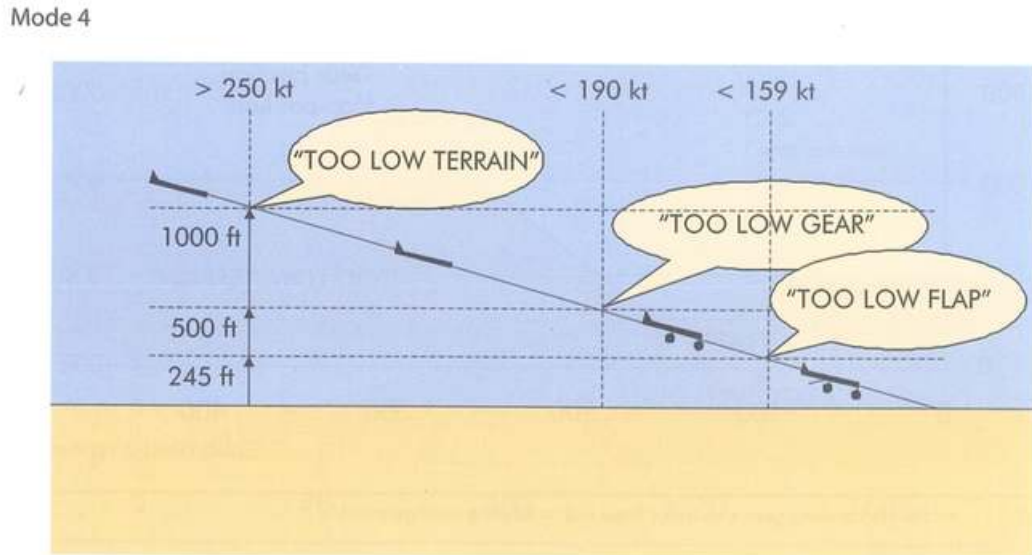
4.29. ábra. Mode 3. Magasságvesztés felszállás után I. (forrás: [8], 12-6 p.)



4.30. ábra. Mode 3. Magasságvesztés felszállás után II. (forrás [8], 12-6 p.)

4.9.5. Mode 4: Nem szándékos magasságvesztés

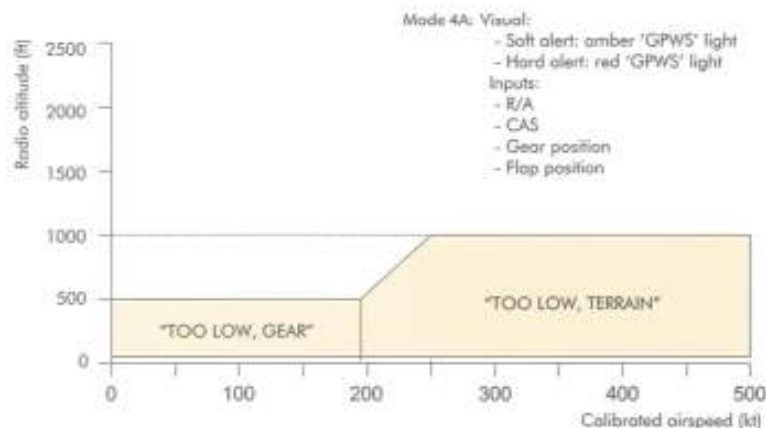
A 4-es üzemmódnak három almódja van: 4A, 4B, 4C. Akkor aktiválódik, ha a repülőgép rádió magassága 1000 láb alá kerül. A 4.31-es ábrán látható a 3 mód összegzése.



4.31. ábra. Mode 4 Nem szándékos magasságvesztés (forrás: [8], 12-7 p.)

Mode 4A: Futó behúzott helyzetben (4.32. ábra)

Ha a futó behúzott helyzetben van, a következő hangjelzés adódik: „TOO LOW GEAR” borostyán színű GPWS fényjelzés kíséretében. A felső határa a jelzésnek a sebesség növekedésével 1000 lábról 500 lábra csökken.



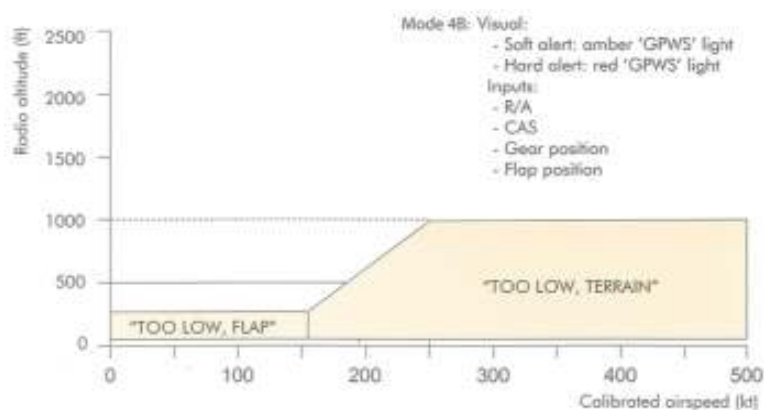
4.32. ábra. Mode 4A (forrás: [8], 12-8 p.)

Megjegyzés: Az EGPWS hangjelzése „TERRAIN TERRAIN”

Mode 4B Futómű kinti helyzetben, de a fékszárny nincs leszálló konfigurációban

Abban az esetben, amikor a futómű kinti helyzetben van, de a fékszárny nincs leszálló konfigurációban, „TOO LOW FLAP” hangjelzés hallatszik, sárga GPWS fényel kísérvé.

A jelzés felsőhatára a sebesség növekedésével 1000-ról 250 lábra csökken. Annak érdekében fékszárny nélküli leszállás esetén ne halljunk vészjelzést, „FLAP OVERRIDE” kapcsolót működtethetünk (4.33. ábra).

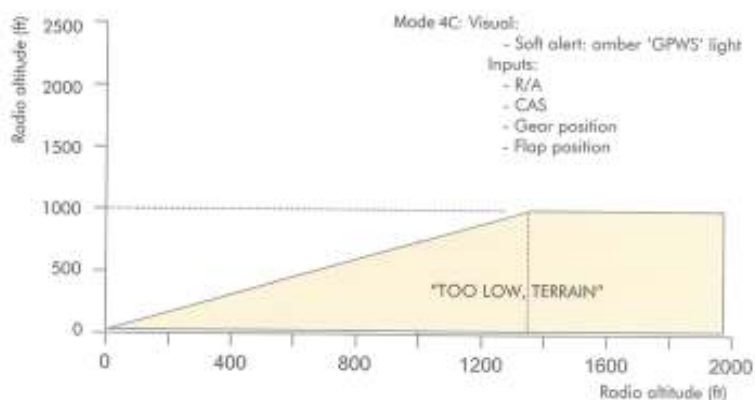


4.33. ábra. Mode 4A, fékszárny nincs leszállási konfigurációban (forrás: [8], 12-8 p.)

Megjegyzés: Az EGPWS „TERRAIN TERRAIN” hangjelzést ad.

Mode 4C Tereptől való minimum elkülönítés

Abban az esetben, ha a futómű behúzott állapotban van, illetve a fékszárny nincs kitérítve leszállókonfigurációba, a MODE 4C üzemmód figyelmeztet, amennyiben megsértik a minimum tereptől való elkülönítést. A rádiomagasságmérő által mért magasság 75% veszik figyelembe. Ennek megsértése esetén „TOO LOW, TERRAIN” hangjelzést, illetve borostyán színű GPWS fényjelzést biztosítanak. Sebességnövekedés esetén a felső határa a jelzésnek 1000 lábról 500 lábra csökken (4.34. ábra).



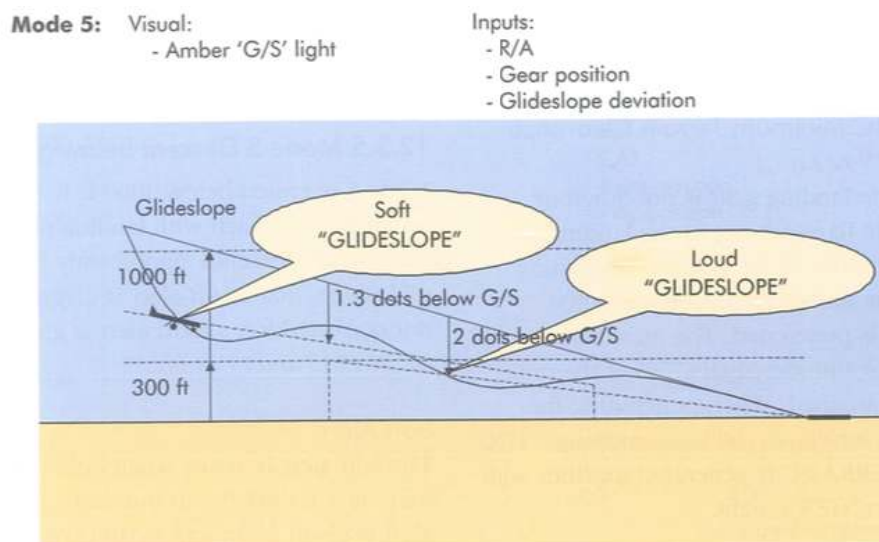
4.34. ábra. Mode 4C, Minimális talajtól való elkülönítés (forrás: [8], 12-9 p.)

Megjegyzés: Az EGPWS „TERRAIN TERRAIN” hangjelzést ad.

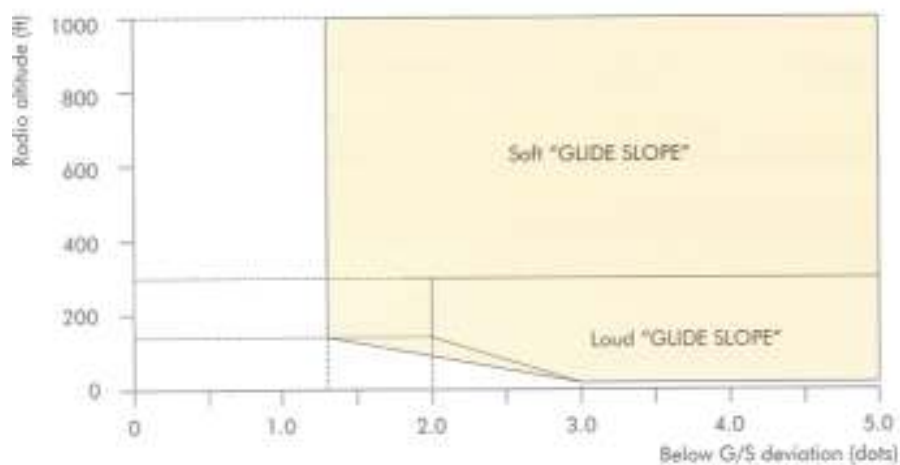
4.9.6. Mode 5: Siklópálya alá süllyedés

Ez az üzemmód a rádiómagasság által mért 1000 láb alatt élesedik. ILS megközelítés esetén, kiengedett futóművel, illetve fékszárnyak leszállási konfigurációban, az alsóbb szintű figyelmeztetés lép életbe abban az esetben, ha a repülőgép jelentősen a siklópálya alá kerül. Ha nem korrigálják további figyelmeztetést adnak a pilótának. Lásd a 4.35. illetve 4.36. ábrát.

Kezdeti figyelmeztetés akkor aktiválódik, amikor 1000 láb alatt 1.3 pontnyi kitérés van a műszeren a siklópálya alatt. A hangjelzés ismétlődő „GLIDESLOPE” a fényjelzés sárga „BELOW G/S”. 150 láb alatt 1.3 pontnyi eltérés helyett 3 pontnál aktiválódik a jelzés, annak érdekében, hogy kisebb eltérések esetén ne jelezzen a pilótának.



4.35. ábra. Mode 5 Siklópálya alá süllyedés I. (forrás: [8], 12-10 p.)



4.36. ábra. Mode 5 Siklópálya alá süllyedés II. (forrás: [8], 12-10 p.)

4.9.7. Magasabb szintű figyelmeztetések

Akkor aktiválódik, amikor 300 láb alatt a 2 pontnyi kitérésnél nagyobb a sikló pályától való eltérés. A hangjelzés „GLIDESLOPE”, a fényjelzés sárga „BELOW G/S” formájában adódik, egyre hangosabb és gyakoribb ismétlődéssel.

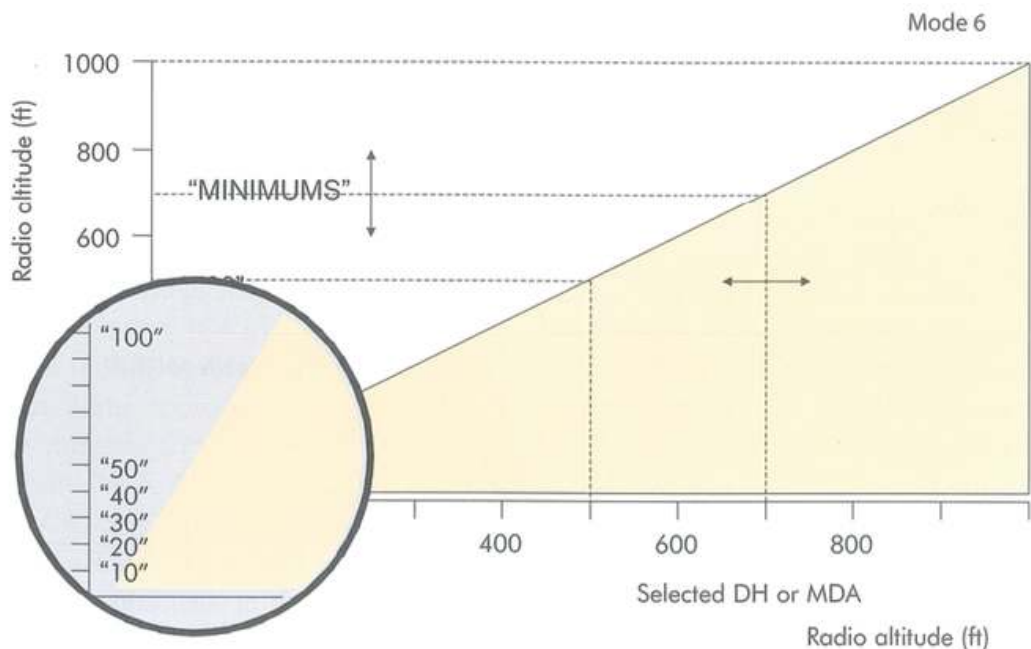
A „G/S INHIBIT” gomb megnyomásával lehet kikapcsolni a figyelmeztetést.

Mode 6: Minimum-, Magasság-, illetve Bedöntési szög call out-ok

Amikor a repülőgép lesüllyed az elhatározási magasság vagy minimum süllyedési magasság alá, akkor a GPWS rendszer hallható „MINIMUMS” jelzést ad.

A GPWS egy előre meghatározott rádió magasságon hangjelzést ad (4.37. ábra). A jelzések jellemzően a következők:

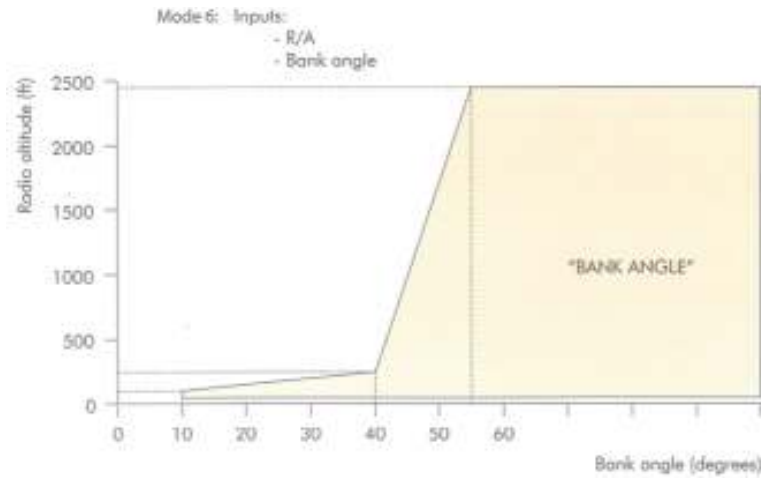
- „FIVE HUNDRED”
- „ONE HUNDRED”
- „FIFTY”
- „FORTY”
- „THIRTY”
- „TWENTY”
- „TEN”



4.37. ábra. Mode 6: Magassági és Minimum call out-ok (forrás: [8] 12-11 p.)

Bedöntés

Amennyiben a bedöntés mértéke meghaladja az előre megszabott határértéket, „BANK ANGLE” jelzés hallható (4.38. ábra).

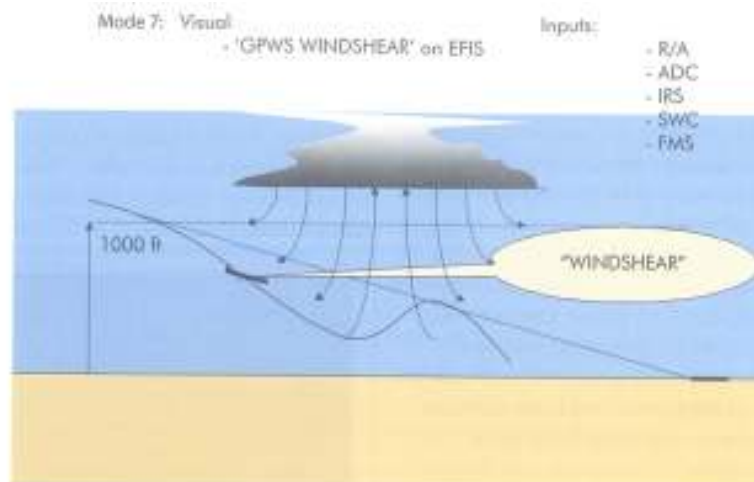


4.38. ábra. Mode 6: Bedöntés (forrás: [8], 12-12 p.)

4.9.8. Mode 7: szélnyírás

1500 láb alatt növekvő szembe- ,vagy hátszél esetén, illetve leáramlás esetén a következő figyelmeztető jelzések generálódnak: vizuális „GPWS WINDSHEAR” az EFIS kijelzőn 2 tónusú sziréna hangjelzéssel: „WINDSHEAR, WINDSHEAR” . A jelzés bemeneti adatai a következők: sebesség, földhöz viszonyított sebesség, barometrikus magasság, süllyedés mértéke és rádió magasság (4.39. ábra).

Megjegyzés: Néhány GPWS az időjárás radar segítségével képes előre jelezni a lehetséges szélnyírást.



4.39. ábra. Mode 7: Szélnyírás (forrás: [8], 12-13 p.)

GPWS figyelmeztetés esetén a személyzet az eljárásnak megfelelően kell cselekednie. Sok légitársaság a GPWS-re bízta a kitérő manővereket (teljes teljesítmény, repülőgép orrát felhúzni), azonban VMC körülmények között egyes légitársaságok csak korrekciós manővereket engedélyeznek.

A GPWS jelzések azonnali cselekvést igényelnek a személyzettől, ezért a téves figyelmeztetések számát a minimumon kell tartani. Néhány repülőtér megközelítési eljárása hírhet a téves figyelmeztetéseiről, amelyeket a siklopálya alatti kisebb akadályok okozhatnak. Ennek megelőzése érdekében, ezeknek az akadályoknak az adatait betáplálják a GPWS adatbázisába. Az FMS által közölt pozíció segítségével megakadályozható a téves jelzés. Azonban ha a GPWS ennek ellenére jelez az adott megközelítés során a személyzet mérlegelés nélkül köteles az utasításokat végrehajtani.

4.10. Továbbfejlesztett GPWS (EGPWS, Enhanced GPWS)

Az EGPWS rendszer képes a repülőgép előtti domborzatot is vizsgálni, ezért az adatbázisában egy 3D-s domborzati modell található. Az adatbázis a WGS-84-es szabványon alapszik, felbontása a reptértől való távolságtól függ. Repterek közelében 0,5 tengeri mérföld felbontású, repülőterektől távol 4 tengeri mérföld.

A kiterjesztett funkció manuálisan és automatikusan is letiltható:

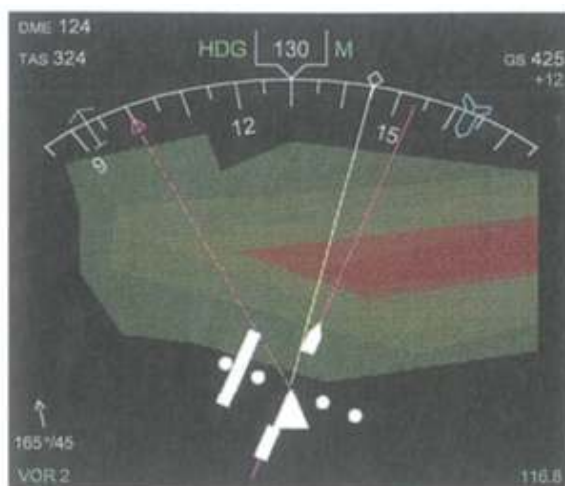
- Manuálisan a „TERRAIN OVERRIDE” kapcsoló segítségével
- Automatikusan pedig, ha a helyzetmeghatározás pontossága nem kielégítő

Az EGPWS a vízszintes helyet meghatározásához GPS szenzort használ, barometrikus magasságmérővel, földfeletti sebesség mérővel, repülésipálya figyelő és bedöntési szöveg érzékelő rendszerrel kiegészítve. Így egy előre néző földközelség figyelőt kapunk, amelynek 3 részegysége van:

- Kijelző
- Figyelmeztető jelző
- Akadálymentesség figyelő

4.10.1. A kijelző

Annak érdekében, hogy a pilóta figyelmét a lehető legjobban felkeltse, a megjelenítés az EFIS, EHSI/ND kijelzőjén történik. Az EGPWS virtuális domborzatot képes vetíteni a képernyőre (4.40. ábra).



4.40. ábra. EFIS EHSI /ND domborzat (forrás: [8], 12-14 p.)

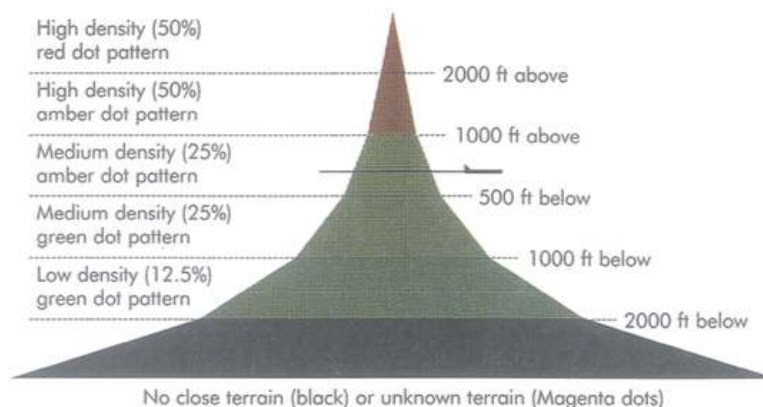
A rendszer madártávlati képet ad, színes pontokkal jelölve az elkülönítés mértékét.

A kijelző a pilóta által választandó, a „TERRAIN” gomb működtetésével, azonban az azon az oldalon lévő kijelzőről ez esetben eltűnik az időjárás radar képe. Figyelmeztetés esetén automatikusan erre az üzemmódra vált a kijelző.

4.10.2. Domborzatfigyelmeztetés

Az EGPWS képes a repülési pálya előrejelzésére, illetve a figyelmeztetési területek számítására, így annak szintjét is képes megadni (figyelmeztetés, vagy vészhelyzeti).

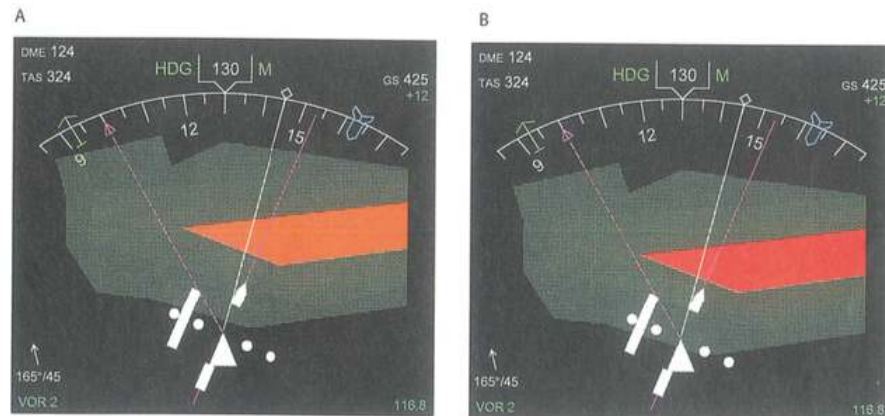
A szint a vélt becsapódási időtől függ. Ez látható a 4.41. ábrán.



4.41. ábra. Színjelzések (forrás: [8], 12-14 p.)

Ha a vélt becsapódási idő 40-60 másodperc között van, sárga „TERRAIN” felirat jelenik meg az EFIS kijelzőjén. A pályához képest 90 fokban lévő domborzat, amely veszélyt jelenthet, sárgává színeződik. Mindemellett „CAUTION TERRAIN” hangjelzés is hallható.

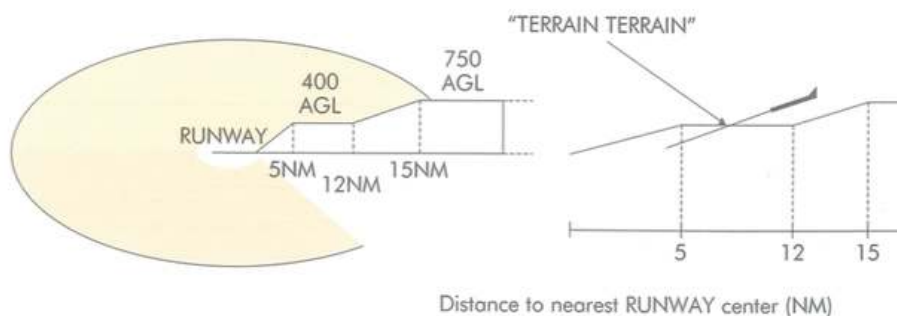
Ha a vélt becsapódási idő 20-30 másodpercen belül van, piros „TERRAIN” felirat jelenik meg az EFIS kijelzőjén. A pályához képest 90 fokban lévő domborzat, amely veszélyt jelenthet jól látható piros színűre színeződik. Mindemellett „TERRAIN TERRAIN PULL UP” hangjelzés hallható (4.42. ábra).



4.42. ábra. Figyelmeztető és vészjelzések (forrás: [8], 12-15 p.)

4.10.3. Domborzattól való elkülönítés

Ez a GPWS Mode 4 kiegészítő funkciójaként jött létre. Nem precíziós megközelítés esetén képes figyelmeztetni túl korai süllyedés esetén. A figyelmeztetés a jelenlegi helyzetben, a legközelebbi futópálya közepe, amelyet a rádió magasságmérő által kapott adatok alapján ad ki. (Az adatbázis tartalmaz minden 3500 lábnál hosszabb beton pályát). Ha a rendszer eltérést észlel, sárga GPWS fényjelzést és „TERRAIN TERRAIN” hangjelzést generál (4.43. ábra).



4.43. ábra. Domborzattól való elkülönítés (forrás: [8] 12-15 p.)

5. Adatkommunikációs rendszerek

A kommunikáció információcserét jelent. Az információ különböző alakban ölthet formát: vizuális, hallható stb. A kommunikáció a repülésben, kezdetben vizuális jelekkel történt, majd a rádió felfedezése után először Morse jelekkel, majd később teljes értékű szóbeli kommunikációval. A kommunikáció minősége a hullámok terjedésétől függ.

Éveken keresztül a rövidhullámú rádió kommunikáció volt az egyetlen módja a nagy távolságú hangalapú kommunikáció létrehozásának. Azonban a térhullámok terjedése során a jel minősége erősen romlott, az atmoszferikus zajnak köszönhetően. Ennek köszönhetően gyakran csak nagyon rossz minőségű kommunikációt lehetett megvalósítani.

A VHF frekvenciatartományban történő kommunikáció a legnépszerűbb a rövid illetve közepes távolságú kapcsolatok létrehozása során. Mivel a jel felületi hullámok formájában terjed, ezért figyelembe kell venni a rádióhorizont magasságát is. A minősége azonban sokkal jobb, mint a rövidhullámú kommunikáció során tapasztaltak.

Az eddigiek során láthattuk, hogy a nagy távolságú kommunikáció megvalósításához rövidhullámú sugárzást használtak, azonban a jel minősége nem volt kielégítő. A VHF kommunikáció segítségével nem lehet nagy távolságokat áthidalni. Ennek eredményeképpen született meg a műholdas kommunikációs rendszer, amely a nagy hatótávolságot jó minőséggel kombinálta. A műholdas kommunikációs rendszer a repülőgép és a föld között műholdak segítségével teremt kapcsolatot. A használt frekvenciák az UHF és SHF tartományba esnek. Ezek a tartományok tovább bonthatók „L” illetve „C” hullámsávokra.

Az UHF illetve SHF frekvenciatartományban a jel közvetlenül terjed, a rádióhorizont nem okoz problémát a műholdak miatt, illetve az igen rövid hullámhossz miatt a jel minőségét nem befolyásolja az ionoszféra.

5.1. Hang alapú kommunikáció átalakítása

A rossz minőségű kommunikáció félreértésekhez vezethet, sokszor kell üzeneteket megismételni, ami a frekvenciasáv zsúfoltságához vezethet.

Amíg a repülőgépipar egyre csak növekszik, a felhasználható rádiósávok száma ugyanannyi marad. Ez végül az elérhető frekvenciasávok hiányához vezetett, amelyet a 8,33 kHz osztású sáv szélességgel próbáltak kiküszöbölni.

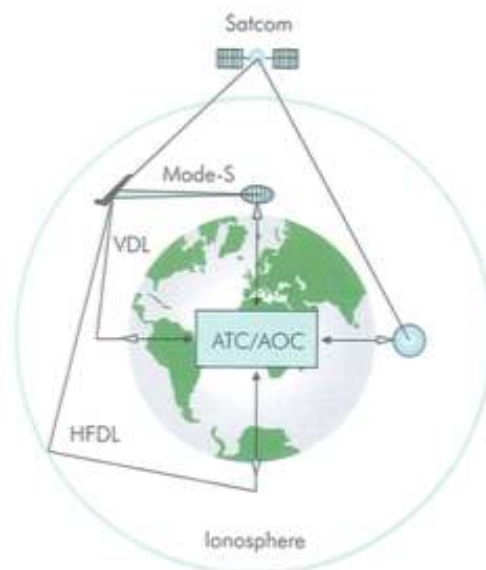
Egy másik lehetséges megoldás a fentebb említett problémák kiküszöbölésére, hogy a hangalapú kommunikációt felváltja az adatkommunikáció.

Az adatkommunikáció során az üzeneteket írásos formára konvertálják, amelyet megjelenítenek a pilótafülke valamely kijelzőjén. Ez nagyban csökkenti a félreérthetőség esélyét, illetve a nagysebességű adatátvitel miatt nem okoz zsúfoltságot. A beérkezett üzeneteket vagy kinyomtatják, vagy számítógépeken tárolják. Nem csak írott üzenetek érkezhettek, hanem olyanok is, amelyek kapcsolatban állnak az S-módú transzponderrel, vagy TCAS-II rendszerrel, esetleg az FMS vagy ACMS rendszerekkel.

Látható, hogy az adatkommunikáció biztonságos, és hatékony kommunikációs forma.

Az adatkommunikáció a következő eszközök segítségével valósulhat meg:

- VHF Data Link (VDL) a VHF Digitális Rádió keresztül
- HF Data Link (HFDL) a HF Digitális Rádió keresztül
- Műholdas kommunikáció keresztül (SATCOM)
- Mode-S data link a transzponderen keresztül



5.1. ábra. Adatkapcsolat (forrás: [8], 14-2 p.)

5.2. Műholdas kommunikáció (SATCOM)

A SATCOM segítségével kommunikációs kapcsolat hozható létre a világ bármely két pontja között, műholdak illetve földi állomások az úgynevezett *Inmarsat* rendszer segítségével.

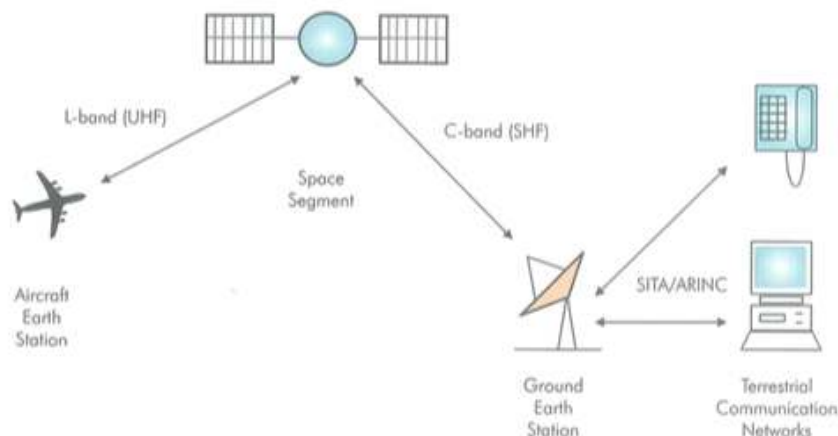
Repülés közben a SATCOM-ot a következőkre használják:

- Kétirányú hangalapú kommunikáció előre kiválasztott címzettek között
- ACARS adatkommunikáció, ha a VHF rendszer nem elérhető
- Kabin / utas telefonrendszerek

A teljes SATCOM rendszer 4 részre bontható:

- Repülőgépre telepített földi állomás (AES, Aircraft Earth Station); amely a SATCOM berendezés a repülőgép fedélzetén kialakítva
- Felszínre telepített földi állomás (GES, Ground Earth Station); amelyek a kommunikációs hálózat földi berendezései
- Műholdak melyek a kapcsolatot biztosítják az AES és GES állomások között
- Földi kommunikációs hálózatok, mint nyilvános vagy zárt telefonhálózatok, adat hálózatok

Az AES és a műholdak között létrejövő kommunikációs kapcsolat az „L” hullámsávba tartozik, amíg a GES és a műholdak közötti kommunikáció a „C” hullámsávba (5.2. ábra).



5.2. ábra. SATCOM (forrás: [8], 14-3 p.)

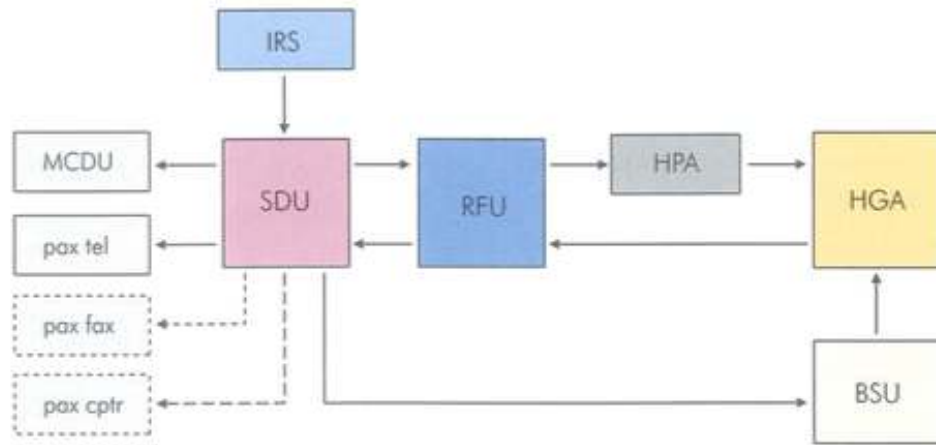
5.2.1. Felépítése és működési elve

A repülőgépre telepített földi állomás (AES) a következő részekből áll:

- Műholdas adatkapcsolati egység (SDU, Satelit Data Unit)
- Rádió frekvencia egység (RFU, Radio Frequency Unit)
- Nagy teljesítményű erősítő (HPA, High Power Amplifier)

- Nyalábvezető egység (BSU, Beam Stearing Unit)
- Nagy nyereségű antenna (HGA)

A rendszer az MCDU-kijelzőket használja. A rendszer felépítését az 5.3. ábrán láthatjuk.



5.3. ábra. SATCOM felépítése (forrás: [8], 14-4 p.)

Műholdas adatkapcsolati egység (Satellite Data Unit)

Az adatkapcsolati egység vezérli a SATCOM rendszert. A kommunikációhoz 6 csatorna áll rendelkezésre: két a személyzet, és négy csatorna az utasok illetve a kabinszemélyzet számára. Az SDU az IRS rendszer segítségével választja ki a megfelelő műholdat. Az antenna a műholdhoz közvetlenül továbbítja a jeleket a BSU segítségével.

Rádió frekvencia egység (RFU)

Attól függően, hogy a rendszer fogadja a jeleket, vagy éppen kibocsátja azokat, az RFU vált az „L” illetve „C” hullámsávok között.

Nagy teljesítményű erősítő

Az „L” hullámsáv jeleit erősíti adás közben.

Nagy nyereségű antenna (HGA)

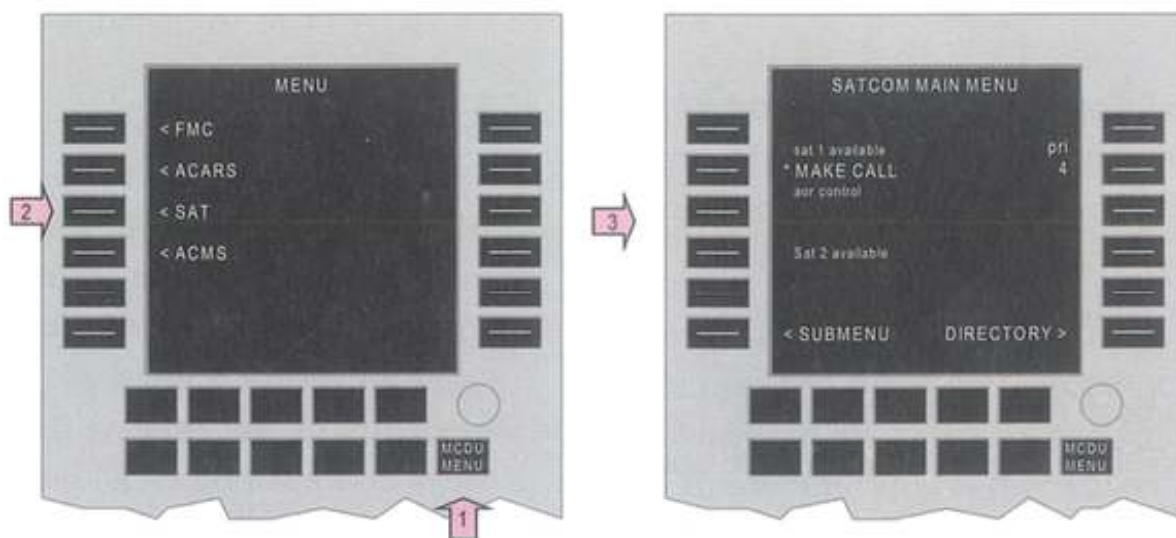
Korlátozott területen sugároz és a nyalábot az IRS segítségével közvetlenül a műholdra irányítja. Használata közben minimum 2 méter távolságot kell tartani!

A multifunkciós vezérlő és kijelző egység (MCDU)

A személyzet a SATCOM rendszert az MCDU-n keresztül vezérli. Az audio-panelen történik a frekvenciák behangolása. Amennyiben bejövő hívás történik, azt fény és hangjelzés követi. A SATCOM rendszerbe való bejelentkezéshez a személyzet a következő műveletet hajtja végre:

- MENU gomb megnyomásával MENU felirat jelenik meg az MCDU-n
- Nyomjuk meg az LSK „SAT” billentyűt: az MCDU-n „SATCOM MAIN MENU” felirat jelenik meg

Ebből a menüből a személyzet fogathat, és indíthat hívásokat. (5.4. ábra)



5.4. ábra. MCDU SATCOM üzemmódban (forrás: [8], 14-5 p.)

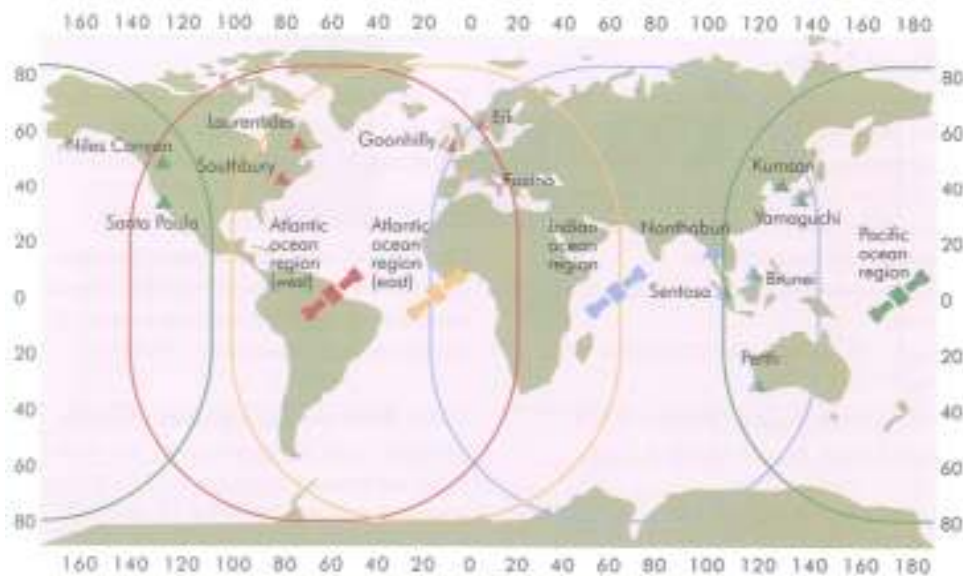
5.2.2. Műholdak

Az Inmarsat rendszer jelenleg 4 műholdat tartalmaz, 36 000 km magas geostacionárius pályán, amelyeket arról neveztek el, hogy mely óceán fölött találhatóak.

- Atlanti óceán keleti régió (AOR-E)
- Atlanti óceán nyugati régió (AOR-W)
- Csendes óceáni régió (POR)
- Indiai óceáni régió (IOR)

Mivel az egyenlítő fölött keringenek, nem lehetséges kapcsolatfelvétel a sarkkörök felett (maximum 80N és 80S).

A műholdak a repülőgépre telepített földi állomással az „L” hullámsávban kommunikálnak: 1,5 GHz jel vételre és 1,6 GHz adásra. A műholdak a földi állomásokkal a „C” hullámsávban kommunikálnak: 4 GHz jel vételre és 6 GHz adásra. A négy műhold segítségével 400 egyidejű telefonhívás lehetséges. A négy műhold területi lefedettsége az 5.5. ábrán látható.



5.5. ábra. A négy Inmarsat műhold területi lefedettsége (forrás: [8], 14-6 p.)

5.2.3. A felszínre telepített földi állomások (GES)

Világszerte 23 földi állomás került telepítésre, amelyeket az Inmarsat egyezmény szabályai alatt üzemeltetnek. A földi állomások jellemzően 11-14 méter átmérőjű parabola antennákat használnak. A felszíni állomásokon keresztül a műholdak kapcsolatban állnak az Inmarsat londoni központjával.

A felszíni kommunikációs hálózatok lehetnek privát, vagy publikus telefonhálózatok, illetve adatkommunikációs hálózatok. A földi állomások kapcsolatban állnak ezekkel a hálózatokkal.

Néhány példa:

- „Aeronautical Telecommunications Network (ATN)”
- KPN, BT, nyilvános telefonhálózatok
- SITA adatkommunikációs hálózat

5.3. Future Air Navigation System (FANS)

1983-ban az ICAO felállított egy bizottságot, amelynek feladata, hogy kidolgozza egy jövőbe mutató navigációs rendszer működését. Céljuk a rendelkezésre álló légtér hatékonyabb felhasználása. A bizottság megegyezett a modern digitális kommunikációs, navigációs és felügyeleti rendszerek használatában, a hatékonyabb légiforgalmi menedzselés érdekében.

A szerződés érdekében a gyártók elkezdtek a fejlesztéseket. A Boeing gyár kifejlesztette a saját koncepcióját FANS-1 néven, ezzel egy időben az Airbus gyár is bemutatta a FANS-A elképzelését. Később a két koncepciót FANS- 1/A néven egyesítették. A FANS- 1/A segítségével kiterjesztették az ACARS használatát, amely egy szöveges adatkommunikációs hálózat.

Napjainkban is folyik a rendszer bővítése, a Boeing a FANS-2, míg az Airbus FANS-B koncepcióján dolgozik annak érdekében, hogy bővítsék a rendszer lefedettségét, illetve az ATN használatát. Az ATN az ACARS rendszerrel ellentétben bit alapú adatátviteli rendszer. Mindkét rendszer képes kapcsolatot létesíteni VHF-com és HF-com rendszerekkel, habár az ACARS még modem alapú kommunikációt létesít az analóg VHF rádióval, az ATN digitális kapcsolatban áll a VDR és HFDR rádiókkal.

5.4. Kommunikáció, navigáció, felügyelet és a Légiforgalmi Menedzsment (CNS/ATM)

Az ATM segítségével megvalósuló adatkommunikációt a repülőgép és a légiforgalmi irányítók között CPDLC-nek hívjuk az angol „Controller Pilot Data Link Communication” kifejezésből eredően. A földön az ACARS hálózat segítségével küldenek adatokat.

A VHF és HF kommunikációs csatornák ez esetben tartalék rendszerek, kivételt képeznek a kritikus üzenetek, mint felszállási vagy leszállási engedélyek kiadása.

A műholdas alapú navigációs rendszerek nagy pontosságú 4 dimenziós navigációt tesznek lehetővé a világ bármely pontján. Ennek érdekében az ICAO kifejlesztette a GNSS rendszert, amely az amerikai GPS, az orosz GLONASS illetve az európai Galileo rendszereken alapul.

Az RNP (Required Navigational Performance – Megkövetelt Navigációs Teljesítmény) koncepció meghatározza, hogy egy repülőgépnek egy adott légtérben mekkora pontosságú navigációval kell rendelkeznie. Ezzel egyidőben az FMS segítségével meghatározható a valós navigációs teljesítmény, így meghatározható az FMS által biztosított navigáció pontossága (FOM, Figure Of Merit).

5.4.1. Microwave Landing System (MLS)

Mivel az ILS csak egyenes vonalú megközelítést tesz lehetővé, ezzel korlátozottá válnak a kapacitásai. További hátránya, hogy csak bizonyos számú csatornája van, illetve a 108 MHz-hez közeli rádióadások zavart okozhatnak a sugárzott jelben. Az MLS megoldásokat kínál ezekre a problémákra, hiszen akár görbe vonalú megközelítéseket is lehetővé tesz, több csatornával rendelkezik, és kevésbé érzékeny az interferenciára. Azonban a GPS elterjedésével az Amerikai Egyesült Államokban megállították az MLS fejlesztését. Európában úgy gondolják, hogy a GPS alapú szolgáltatás nem elég nagy pontosságú, ezért továbbra is az MLS fejlesztésében látják a jövőt.

5.4.2. GPS megközelítések

Az USA-ban továbbfejlesztették a GPS rendszerüket, annak érdekében, hogy a segítségükkel precíziós megközelítések legyenek végrehajthatóak.

Amennyiben sikerül különböző technikákkal fejleszteni a rendszeren, nagyon pontos 3 dimenziós helyzet-meghatározásra lesz képes. Alkalmos bármilyen alakú megközelítési eljárás végrehajtására az FMS segítségével.

5.4.3. Multi-Mode Receiver (MMR)

A GNSS és MLS rendszerek fejlesztésének eredményeképpen fejlesztették ki. Az MMR képes ILS, MLS és GNSS jelek vételére. Szintén tartalmaz egy szűrőt, melynek segítségével megakadályozható az interferencia olyan rádióadásokkal, amelyek a VHF navigációs sáv szélességben sugároznak.

Mivel a radar lefedettség nem globális, az ICAO kifejlesztett egy olyan felügyeleti rendszert, amely a repülőgép által sugárzott helyzetjelentéseken alapszik. Ezt a koncepciót ADS-nek nevezik. Az ADS képes 4 dimenziós légiforgalmi irányítás kiszolgálására. A jövőben a légiforgalmi folyosók globálisan megszűnnek, ahogy az a magyar légtérben történt 2015-ben.

5.5. Aircraft Communication Addressing and Reporting System (ACARS)

Az ACARS egy adatkommunikációs kétirányú adatkapcsolat a repülőgép és föld között. A rendszer HF, VHF és SATCOM rendszereket használja. A földön az adatfeldolgozást az

ARINC ACARS műveleti központban végzik, ezzel áll adatkapcsolatban az irányítószolgálat, illetve a légitársaság üzemeltetési osztálya.

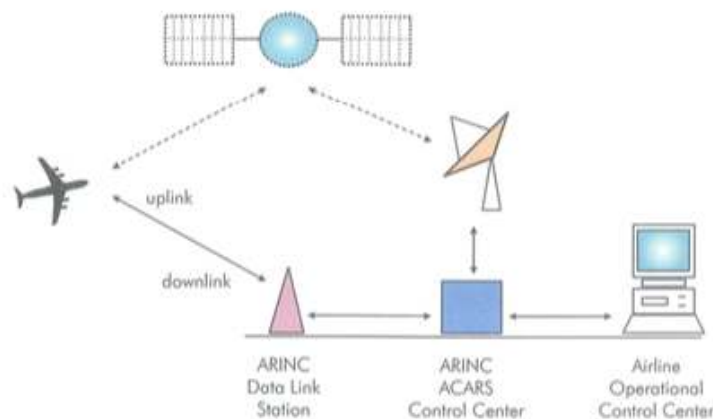
Előnye, hogy megbízhatóbb és gyorsabb, mint a hangalapú kommunikáció, ez csökkenti a személyzet munkaterhelését. A jövőben az ATN helyét csak ez a rendszer veszi át.

Egy tipikus ACARS rendszer a következő részekből áll (5.6. ábra):

- ACARS menedzsment egység (MU)
- Nyomtató

A rendszer a következő egységeket és berendezéseket használja:

- MCDU
- VHF (vagy HF)
- FDAU
- FMS
- SATCOM



5.6. ábra. ACARS felépítése (forrás: [8], 14-9 p.)

5.5.1. ACARS menedzsment egység (MU)

A teljes rendszer ezen az egységen keresztül kommunikál egymással. Minden repülőgépet saját címmel rendelkezik, amelyet a számítógép tárol. Ennek eredményeképpen az üzemeltető képes bármely repülőgéppel kapcsolatba kerülni. A kapcsolat mind a két irányban felvehető. (5.7. ábra)

Az ACARS MU VHF rádiót használ, és automatikusan 4 frekvenciát hangol le. Ha a VHF rádió használhatatlan, helyét átveszi a SATCOM rendszer, amely drágább, de globális lefedettséget biztosít.

5.5.2. A nyomtató

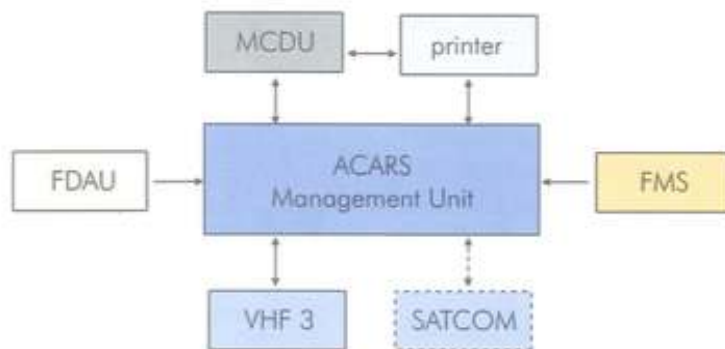
Minden üzenetet a memóriában tárolnak, és ezek nyomtathatóak a fedélzeten. A memória a repülés végén törlődik.

A következő adatszerék jellemzőek az ACARS rendszeren keresztül:

- Karbantartási adatok
- FMC: block-idő, felszállás és leszállás ideje
- Időjárás információk: VOLMET, SIGMET, METAR és TAF
- ATC üzenetek
- ATIS, D-ATIS
- Céges információk, súlypontszámítások, repülési terv
- Utasokkal kapcsolatos információk
- Bármely szöveges üzenet

A következő adatokat automatikusan küldi a rendszer:

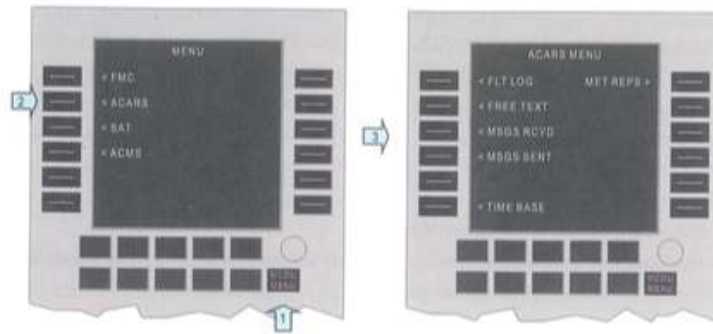
- Felszállás és leszállás ideje
- Bármely karbantartási limit idő elérése



5.7. ábra. ACARS rendszer (forrás: [8], 14-10 p.)

5.5.3. Multifunction Control and Display Unit (MCDU)

MCDU kijelzője kiszolgálja az FMS, ACARS, és SATCOM rendszereket. Menüjében kiválasztható a rendszer és bármely almenüje. Az 5.8. ábrán az ACARS üzemmódba kapcsolt MCDU kijelző felületet láthatjuk.



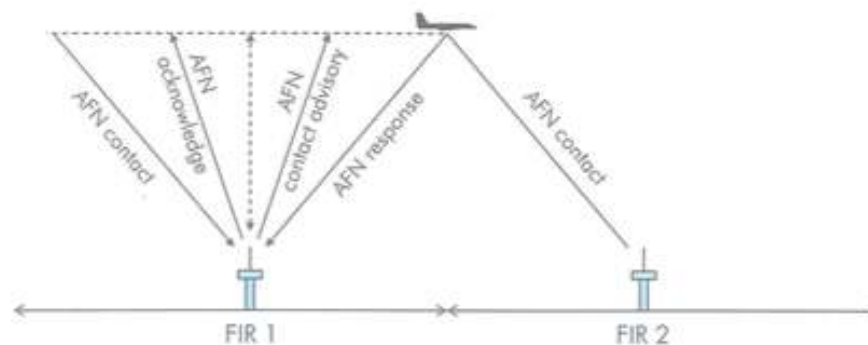
5.8 ábra. MCDU ACARS üzemmódban (forrás: [8], 14-11 p.)

5.6. Aeronautical Telecommunications Network (ATN)

Az ATN-t a CNS/ATM rendszerek kiszolgálására tervezték, amely szabványosítja az adatkommunikációt a földi állomások és a repülőgépek között. Ebben az alfejezetben csak ezzel foglalkozunk.

Az ATN kihasználja a műholdas, VHF, HF és S-módú transzponder kínálta lehetőségeket, hogy adatot továbbítson egyik rendszerből a másikba, egy közös protokoll segítségével.

Használatával lehetséges az információcsere a repülőgép és a légiforgalmi irányítók (ATS), illetve két ATS egység között. Az információ lehet időjárással, repülésitervvel, NOTAM-okkal vagy forgalomszervezéssel kapcsolatos (5.9. ábra).



5.9. ábra. ATS egységek (AFN) (forrás: [8], 14-12 p.)

5.7. Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC)

Egy olyan adathálózat, amely szöveges üzenetek cseréjét teszi lehetővé az irányító és pilóta között. Egyszerre egyidejűleg csak két ATS egység lehet kapcsolatban egy repülőgéppel.

A CLDC több előnye a következők:

- Nyomtatható üzenetek
- Automatikusan felugró FMS üzenetek, amelyeket a földről küldtek
- Az FMS automatikusan jelentést küld bármely nem szokványos eseményről

A CPDLC rendszer üzeneteinek összefoglalását az 5.1. táblázat tartalmazza.

4. Táblázat : CPDLC üzenetek típusai

Message type	Example	Intent
Response/acknowledgement	REQUEST FORWARDED	Indicates that ATC has received the request and has passed it to the next control authority.
Vertical clearance	AT (time) CLIMB TO (level)	Instruction that at a specified time a climb to the specified level is to commence and once reached the specified level is to be maintained.
Vertical clearance	CLIMB TO REACH (level) by (time)	Instruction that a climb is to commence at a rate such that the specified level is reached at or before the specified time.
Crossing constraint	CROSS (position) AT (time) AT (level)	Instruction that the specified position is to be crossed at the specified time and at the specified level.
Lateral offsets	AT (position) OFFSET (specified distance) (direction) OF ROUTE	Instruction to fly a parallel track to the cleared route at a displacement of the specified distance in the specified direction and commencing at the specified position.
Route modifications	IMMEDIATELY TURN (direction) HEADING (degrees)	Instruction to turn immediately left or right as specified on the specified heading.
Speed changes	AT (level) EXPECT (speed) TO (speed)	Notification that a speed range instruction may be issued to be effective at the specified level.
Contact/monitor/surveillance requests	TRANSMIT ADS-B IDENT	Instruction that the "ident" function on the ADS-B emitter is to be deactivated
Report/confirmation requests	REPORT PASSING (position)	Instruction to report when the aircraft has passed the specified position.
Negotiation request	WHEN CAN YOU ACCEPT (level)	Request for the earliest time or position at which the specified level can be accepted.
Air traffic advisories	NEXT DATA AUTHORITY (facility)	Notification to the avionics that the specified data authority is the next data authority. If no data authority is specified, this indicates that any previously specified next data authority is no longer valid.
Additional messages	DISREGARD	The indicated communication should be ignored.
System management messages	(NOT) CURRENT DATA AUTHORITY	A system generated message to inform a ground facility that it is (not) the current data authority.

5.8. Automatic Dependent Surveillance (ADS)

Hasonlóan a CPDLC-hez, az ADS is egy bit alapú adatkapcsolati rendszer. A CPDLC-vel szemben az ADS akár 5 kapcsolatot is képes létesíteni egyidejűleg. (4 külső ATS és 1 belső az üzemeltetővel).

5.8.1. ADS-B (Sugárzás)

A rendszert a felügyeleti szempontokat követve fejlesztették ki. Nem radarinformációkon, hanem a repülőgép saját helyzetjelentésein alapszik. Egy helyzetjelentés a következőket tartalmazza:

- Földrajzi helyzet
- Útirányszög
- Magasság
- Sebesség

Ezekkel megvalósulhat a 4 dimenziós forgalmi szervezés. A légiforgalmi irányítók és más repülőgépek személyzete is láthatja a helyzetjelentéseket, csökkentve ezzel a forgalmi konfliktusok kialakulásának veszélyét. Az összes információ az FMS-be kerül.

A jelet sugárzó repülőgépről nem állapítható meg, mely állomások illetve repülőgépek veszik a küldött jeleket.

Bejelentkezés után a föld több adatot is lekérdez a repülőgépen lévő műszerektől, ezzel megállapítható a jelentések tartalma, sűrűsége, illetve a használt frekvencia. A következő lekérdezések léteznek:

- Periodikus lekérdezés: - meghatároz egy bizonyos sűrűséget, amely időtartamonként a fedélzeten található rendszereknek adatot kell szolgáltatniuk
- Eseti lekérdezés: - meghatároz egy „eseményt”, amely bekövetkeztekor a fedélzeten található rendszereknek jelentést kell szolgáltatniuk (például magasságváltás)
- Igényelt lekérdezés: - pozíciójelentésre szólítja fel a repülőgépet (földrajzi koordináták, navigációs pontosság, magasság, idő), így 4 dimenziós képet kapva. Ha valamiért a navigációs pontosság egy határérték alá esik, arról nem küld információt.
- Vészhelyzeti kapcsolat: az ADS a CPDLC-vel ellentétben nem igényel nagy mennyiségű adatbevitelt a pilótáktól, így ha az bekapcsolt állapotban van, adatokat sugároz egy esetleges vészhelyzeti szituációról.

5.9. FANS rendszer az Airbus A330-as repülőgépen

A CNS/ATM három fő komponensre oszlik (5.10. ábra):

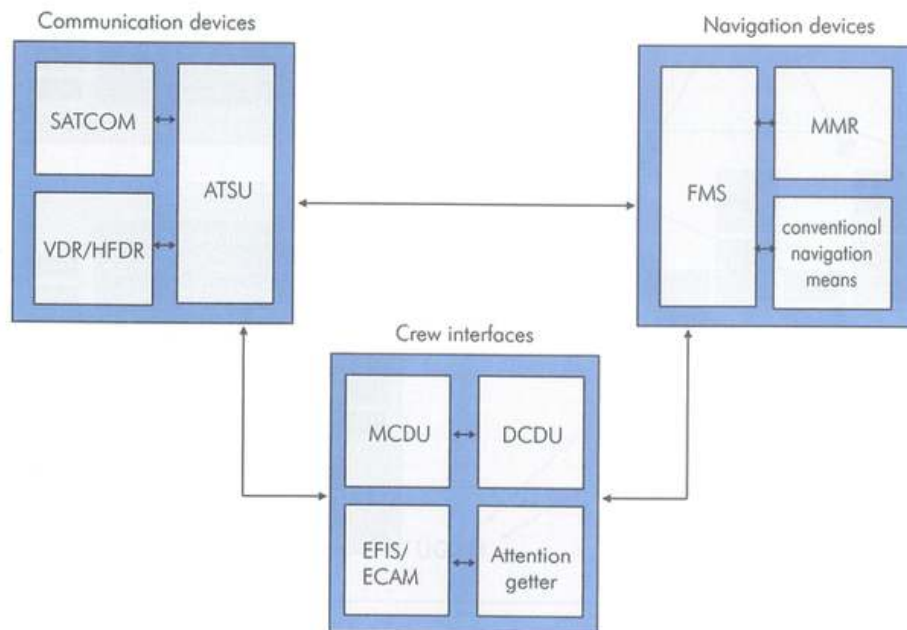
- Kommunikációs eszközök
- Navigációs eszközök
- Személyzet interfész

A következő kommunikációs eszközöket tartalmazza:

- SATCOM
- VHF DATA (VDR)
- ATSU

Az ATSU egy fedélzeti számítógép, amely kezeli a SATCOM, VDR és HFDR rendszerekkel való kommunikációt.

Megjegyzés: Az ATSU az Airbus gyári berendezése, a Boeingnél a fent említett kommunikáció az ACARS feladata.



5.10. ábra. Az A320-as FANS rendszerei (forrás: [8], 14-15 p.)

5.10.1. Navigáció

A következő eszközöket használja navigációs célokra:

- MMR (Multi Mode Receiver)
- Hagyományos rádió navigációs eszközök (ADIRS, VOR-DME, ADF)
- FMS

Az MMR egy olyan vevő, amely egyetlen egységbe integrálja az ILS és GPS funkciókat. Az MMR képes fogadni az MLS (Microwave Landing System) jeleit is. Az eszközből, illetve a hagyományos rádió navigációs eszközökből kapott információt használja az FMS.

5.10.2. Kezelőeszközök a személyzet számára

A személyzet a következő interfészeket használja:

- DCDU (Data communications and Display Unit)
- MCDU
- Speciális figyelemfelkeltő nyomógombok
- EFIS/ ECAM

A DCDU-n olvasható az összes ATC-vel folytatott kommunikáció. Két DCDU-t helyeztek el a műszerfal középső részén, az MCDU-k felett. Az MCDU-n elérhetőek a datalink oldalak, amelyek a CNS/ATM-hez kapcsolódnak (ATSU sor nyomógombja), illetve található rajta egy „ATC COM” nyomógomb.

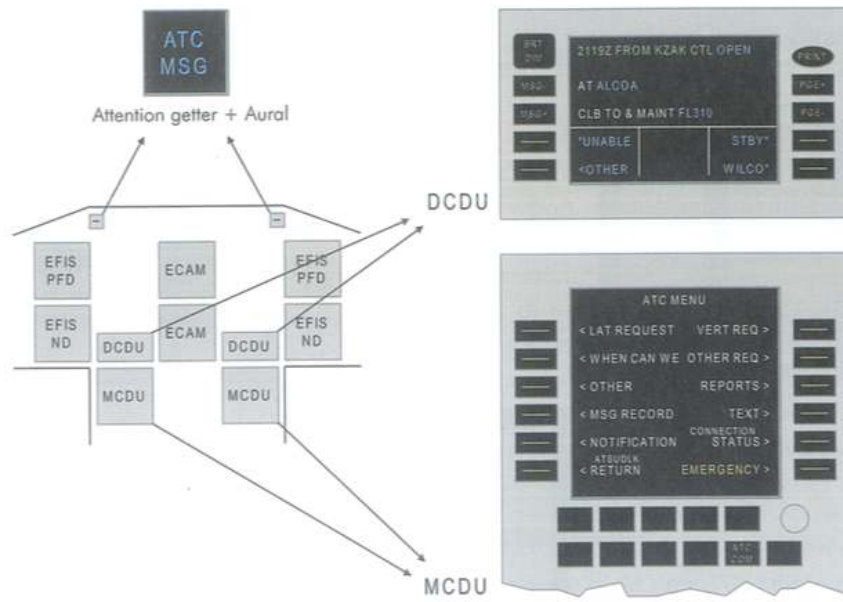
A képernyő két oldalán találhatóak az „ATC MSG” figyelemfelkeltő nyomógombok.

5.10.3. Adatátvitel

A navigációs adatok különböző vevők, érzékelők segítségével juttatják el az FMS-hez, majd ezek után az információt az EFIS/ECAM, illetve az MCDU kijelzőjén jelenítik meg. Az MCDU-t használják továbbiakban az FMS beállítására, illetve frissítésére (5.11. ábra).

A datalink üzeneteket a VDR, HFDR vagy SATCOM segítségével kezeli az ATSU. Üzenetküldéshez, annak típusától függően az MCDU vagy DCDU használatos. A műholdas üzeneteket ATSU-hoz küldik, hogy aztán a VDR, HFDR és SATCOM segítségével dolgozzák fel azokat.

Az FMS képes az ATSU segítségével akár repülési tervet, helyzetjelentést vagy emlékeztetőket küldeni.



5.11. ábra. Az A320-as adatátviteli rendszerének megjelenítése (forrás: [8], 14-16 p.)

Utószó

A hallgatói segédlet összeállításakor fő célunk egy olyan jegyzet készítése volt, amely megkönnyíti és meggyorsítja a hallgatók felkészülését a hatóság által rendezett vizsgára. A felhasznált szakirodalmak felhasználásakor figyelembe vettük azok aktualitását, illetve azok tartalmát a követelményrendszerhez igazítottuk. (Az Európai Légügyi Hatóság által előírt „Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Part-FCL)

Úgy gondolom, hogy azok a hallgatók, akik ezt a jegyzetet használják, a későbbiekben egy esetleges légitársasági felvételihez is elegendő tudást szereznek, és a Nyíregyházi Egyetemről így kikerült hallgatók továbbra is tisztességesen képesek helytállni a világ bármely pontján.

A jegyzet szakirodalmi elemzésében, az idegen nyelvű anyagok fordításában és feldolgozásában jelentős részt vállaltak a Nyíregyházi Egyetem Hivatásos repülőgép-vezetői szakos hallgatói. Munkájukért köszönettel tartozunk.

A szerzők

Irodalomjegyzék

- [1] Fábrián András: **PPL kézikönyv**, Budapest, 2010.
- [2] Dr. Fejes Ferenc: **Repülőgépműszerek és elektromos berendezések jegyzet**, MGF Nyíregyháza, 1978.
- [3] Kronperger Béla, Tátos Ferenc: **Repülőgépműszerek**, KÖZDOK, Budapest, 1964.
- [4] Békési Bertold: **Repülőgépeken alkalmazott digitális adatbuszok**, Repüléstudományi közlemények, 2011. 4. szám.
- [5] Nemes István: **Fedélzeti műszerek és műszerrendszerek I.**, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1979.
- [6] Jeppesen: **Instrumentation**, Atlantic Flight Training Ltd., Neu-Isenburg.
- [7] Oxford Aviation Academy: **Aircraft general knowledge**, Tansair Ltd., Shoreham, 2008.
- [8] Nordian AS: **Aircraft general knowledge, Instrumentation**, Sandefjord 2010.
- [9] Szentesi Csaba: **Angol- magyar repülésműszaki szótár**, Magyar Légiforgalmi Szolgálat, Budapest, 2002.

RÖVIDÍTÉSEK

A

ABV	Above
a/c	Aircraft
ACAS	Airborne Collision Avoidance System
ACARS	Aircraft Communication, Addressing And Reporting System
ACMS	Aircraft Condition Monitor System
ADC	Air Data Computer
ADI	Attitude Director Indicator
AFSC	Automatic Flight Control System
AFDS	Autopilot/flight Director System
AGL	Above Ground Level
ALT	Altitude
ALT HOLD	Altitude Hold
AOA	Angle of Attack
AOM	Aircraft Operating Manual
AP	Automatic Pilot
APP	Approach
ARINC	Aeronautical Radio Incorporated
A/S	Air Speed
A/T	Auto- throttle
ATSU	Air Traffic Storage/ Services Unit
AUTO	Automatic
AUX	Auxiliary

B

BITE	Built in Test Equipment
------	-------------------------

C

C	Centre/ Celsius
CAA	Civil Aviation Authority (UK)

CAS	Calibrated Airspeed
CCW	Counter Clockwise
CFIT	Controlled Flight Into Terrain
CHAN	Channel
CONT	Continuous
CP	Control Panel
CRT	Cathode Ray Tube
CVR	Cockpit Voice Recorder
CW	Clockwise/ Carrier Wave/ Continuous Wave
CWS	Control Wheel Steering

D

DEG	Degree
DEV	Deviation
DFDAU	Digital Flight Data Acquisition Unit
DFDR	Digital FDR
DG	Directional Gyroscope
DH	Decision Height
DMU	Data Management Unit
DR	Dead Reckoning
DRMC	Direct Reading Magnetic Compass

E

EASA	European Aviation Safety Agency
ECAM	Electronic Centralised Aircraft Monitor
E/D	End of Descent
E/E	Electrical/ Electronic
EEC	Electronic Engine Control
EGT	Exhaust Gas Temperature
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System
EICAS	Engine Indicating and Crew Alerting System

ELEV	Elevation
EPR	Engine Pressure Ratio
ET	Ealpsed Time
ETA	Expected time of arrival
ETE	Estimated time en- route

F

F	Fahrenheit
FAA	Federal Aviation Administration
FCC	Flight Control Computer
FCEU	Flight Control Electronics Unit
FD	Flight Director
FDAU	Flight Data Acquisition Unit
FDEP	Flight Data Entry Panel
FDR	Flight Data Recorder
F/E	Flight Engineer
FF	Fuel Flow
FL	Flight Level
FL CH	Flight Level Change
FLD	Field
FMC	Flight Management Computer
FMP	Flight Mode Control Panel
FMS	Flight Management System
F/O	First Officer
FPM	Ft Per Minute
FSD	Full Scale Deflection
FWS	Flight Warning System
FWC	Flight Warning Computer

G

GAL	Gallon
GB(S)	Generator Breaker(s)
GE	General Electric

GNSS	Global Navigation Satellite System
GPM	Gallons per Minute
GS	Ground Speed
G/S	Glide slope

H

HDG HOLD	Heading Hold
HDG SEL	Heading Select
HG	Mercury
HI	High
HSI	Horizontal Situatuon Indicator
HTR	Heater

I

I/C	Integrated Circuit
ILS	Instrument Landing System
IMC	Instrument Meteorological Conditions
INCR	Increase
INV	Static Inverter
IRU	Inertial Reference Unit
IRS	Inertial Reference System
IVSI	Instantaneous Vertical Speed Indicator

K

KEAS	Knots, Equivalent Airspeed
KIAS	Knots Indicated Airspeed

L

LB(S)	Pound(s)
LCD	Liquid Crystal Display
LG	Landing Gear
LE	Leading Edge
LIM	Limit

LMM	Localizer Middle Marker
LOM	Localizer Outer Marker
LNAV	Lateral Navigation
LRRA	Low Range Radio Altimeter
LSB	Lower Side Band

M

M	Mach number
MCP	Mode Control Panel
MCT	Maximum Continuous Thrust
MIC	Microphone
MSU	Mode Selector Unit
MTOM	Maximum Take-off Mass
MUX	Multiplexer

N

N/A	Not Applicable
-----	----------------

O

OBS	Omni-Bearing Selector
OEW	Operating Empty Weight

P

PASS	Passenger
PES	Passenger Entertainment System
PEV	Position Error Vector
PRIM	Primary
Pt2	Engine Inlet Pressure
PRTR	Printer
PTT	Push To Talk

R

RA	Resolution Advisory
----	---------------------

R/A	Radio Altimeter
RCVR	Receiver
REC	Recorder
RES	Reserve
REV	Reverse
RF	Radio Frequency
RH	Right Hand
ROT	Rate of Turn Indicator
RPTG	Reporting
RST	Reset
RT	Radio Telephony
RUD	Rudder
RVR	Runway Visual Range
RVSM	Reduced Vertical Separation Minima
RX	Receiver

S

SAT	Static Air Temperature
SEC	Secondary
SELCAL	Selective Call
SENS	Sensitivity
SGU	Symbol Generator Unit
SSB	Single Side Band
STAB	Stabiliser
STBY	Standby
SYNC	Synchronous

T

TA	Traffic Advisory
TAWS	Terrain Awareness Warning System
TACH	Tachometer
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
TCC	Thrust Control Computer

TE	Trailing Edge
TFR	Transfer
THR HOLD	Thrust Hold
TMS	Thrust Management System
TRK	Track
T/R	Thrust Reverser
TX	Transmitter

U

UPR	Upper
USB	Upper Side Band
UTIL	Utility

V

VERT	Vertical
VFR	Visual Flight Rules
VMC	Visual Meteorological Condition
VNAV	Vertical Navigation
VORTAC	VOR and TACAN

W

WARN	Warning
WCD	Warning And Caution Display
W/V	Wind Vector
WX	Weather

Y

Y/D	Yaw Damper
-----	------------