

Horváth Dezső mk. alezredes, főiskolai docens -
- Horváth Dezső mk. hadnagy:

"A FEKETE DOBOZ"

A repülésben már viszonylag korán felismerték, hogy a repülőtechnikai balesetek tanulmányozása során nyerhető tapasztalatok felhasználhatók a repülőtechnikai balesetek számának csökkentésében, ezen keresztül a repülési biztonság növelésében.

A repülőtechnikai katasztrófa esetén több száz emberélet is áldozatul eshet. A nagyon drága repülőtechnika is megsemmisül. A repülőgép (helikopter) nagy értékű: a MIG-29-es FULCRUM 20 millió dollár, a STEALTH (Lopakodó) különleges technológiai eljárással készült B-2 hadászati bombázó mintegy félmilliárd dollár. Ezenkívül a repülőtechnika üzemeltetése is nagyon költséges.

A tervezők nagy erőfeszítéseket tettek és tesznek egy biztonságos mérőrendszer kifejlesztésére. Ezek a berendezések kezdetben elég korlátozott számú, a fejlesztés során egyre több információt tudnak mérni, rögzíteni és tárolni.

A katasztrófa során rendszerint megsemmisülnek azok a nyomok is, amelyekből a katasztrófa okára lehet következtetni. Ebből következik, hogy legtöbbször nem lehet megállapítani a katasztrófa tényleges okát és ezért nincs lehetőség megelőző intézkedés kidolgozására.

A fedélzeti adatrögzítők által regisztrált adatok megválasztása igen nagy körültekintést igényel. Alapvető követelmény az, hogy a rendszer a repülőtechnika mindenkori fizikai jellemzőit egyértelműen és pontosan leírja. A pontatlan vagy nem egyértelmű adatrendszer esetleg téves következtetések levonásához vezethet.

Az adatok kiválasztásánál a repülőtechnika mozgásának törvényszerűségeit kell figyelembe venni.

A fedélzeti adatrögzítő rendszer arra szolgál, hogy adatokat gyűjtsön és tároljon a repülési viszonyokról, az egyes rendszerek és segédberendezések repülés közbeni technikai állapotáról és működésének minőségéről, a gépszemélyzetnek a repülőtechnika vezetésével kapcsolatos tevékenységéről, valamint egyéb repülési paramétereikről. Természetesen az egyszerűbb fedélzeti adatrögzítő rendszerek a felsorolt feladatok közül csak egyegy csoportot rögzítenek, amelyek a repülőtechnika jellegzetességei alapján változnak össze.

Segítségével a következő feladatokat lehet megoldani:

- a hajózó állomány oktatását és a repülési feladat végrehajtása során tanúsított tevékenységének az értékelését,
- a repülő események előfeltételeinek elemzését, az események megelőzését,
- egyes rendszerek és segédberendezések műszaki diagnosztikáját,
- javaslatok kidolgozását a repülőtechnika korszerűsítésére és üzemeltetésére.

Az adatrögzítő rendszerek az információt rögzítik és így tárolják. A rögzítés általában folyamatos és mindig a repülés utolsó szakaszainak adatait tartalmazza. A tárolási idő lehet hosszú, illetve rövid. A rövid tárolási idő nem haladja meg a 2 órát, a hosszú pedig több 10 repült óra adatait is tartalmazhatja.

A fedélzeti adatrögzítőket különféle szempontok alapján csoportosíthatjuk, úgymint: rendeltetésük, adatrögzítési módjuk, formájuk stb.

Rendeltetés alapján a lehetséges csoportosítás:

- 1./ Baleseti eszközök: olyan adatokat gyűjtenek és tárolnak, amelyeket a repülő események kivizsgálásakor használnak fel. Nemzetközi előírások szabályozzák, hogy milyen paramétereket kell rögzíteni a baleseti adatrögzítővel. Azok a műszaki hibák, rendellenességek okoznak katasztrófát, amelyek hirtelen következnek be.

Általános tapasztalat, hogy ha egy műszaki hiba egy-két percen belül nem okoz katasztrófát, akkor sikeresen földet ér a repülőtechnika. Ebből a megfontolásból született az, hogy a baleseti adatrögzítőkkel a repülés utolsó szakaszából legalább 30 perc adatait kell tárolni.

- 2./ Üzemi adatrögzítők rendszerint több száz paramétert rögzítenek. Általában a kísérleti repülőtechnikába építik be. A műszaki diagnosztikára, a statikus adatok gyűjtésére, a gépszemélyzet tevékenységének értékelésére vonatkozó adatok tárolására szolgálnak.
- 3./ Kombinált adatrögzítők, a baleseti és üzemeltetési funkciót egyesítik magukban.
- 4./ Kísérleti adatrögzítők, az új repülőtechnika kikísérletezésekor használják fel.

A tárolásnak különböző módszerei ismertek: papírszalagra írás, karcolás emulziós szalagra, mágnesszalagos rögzítés, fénysugaras rögzítés stb. Ismertek olyan rendszerek is, amelyek az adatokat a földi feldolgozó állomás számára továbbítják rövidhullámú rádióadó segítségével. A fénysugaras rögzítésűeknél a rögzítés fényérzékeny filmre, a mágneses rögzítésűeknél a rögzítés mágnesszalagra - huzalra történik. Fényképezéses rögzítésűeknél akár a repülőtechnika külső fényképezését, akár a fülkék, vezérlő szerelvényfalak, műszerfalak belső fényképezését lehet alkalmazni.

Vizsgáljuk meg a különböző rendeltetésű és elnevezésű fedélzeti adatrögzítő berendezéseket. A főbb műszaki adatokat az 1.sz., a velük rögzíthető paramétereket a 2. és 3.sz. táblázat tartalmazza. A felsorolt fedélzeti adatrögzítő rendszereket jelenleg is használják: utasszállító repülőgépeken, helikoptereken, vadászrepülőgépeken stb.

a./ A legegyszerűbb és legkevesebb adatot nyújtó berendezés az egyszerű barográf, amely csupán a repülés műszer szerinti magasságát regisztrálja.

b./ Egyes repülőgép-(helikopter-)típusok esetében a repülési paraméterek objektív ellenőrző eszközeként felhasználhatjuk a K2-717 típusú kis-méretű, kétsatornás barozpidográfot.

A baroszpidográf a repülési magasság és sebesség regisztrálására szolgál. A műszer működése a levegőnyomás mérésén alapszik (1.sz.ábra). A nyomásváltozást érzékelő elemként membránszelencét használnak. A magasságméréshez és regisztráláshoz a légköri nyomásnak a magasság függvényében történő változását használjuk fel. A magasságmérő érzékelő eleme a (1) aneroid (zárt) szelence.

A sebességmérés céljára a teljes aerodinamikai és statikus nyomás közötti mérési lehetőséget használják fel. A sebességíró érzékelő eleme a (6) Vidi- (nyitott) szelence.

Az érzékelő elemek reagálnak a nyomásváltozásra és az áttételezősokszorozó szerkezeten keresztül hatást gyakorolnak az írótükre (5). A rögzítés karcolással történik speciális szalagra. A szalag dobon (2) van rögzítve, amelyet egy óraszerkezet állandó sebességgel forgat.

A repülés folyamán előforduló jellegzetes jelenségek esetén a bázisonvonal és az időjelek rögzítésére az (5) önálló tű szolgál, amely mereven az elektromágnes forgórészének tengelyéhez van erősítve.

A repülési paraméterek rögzítését a 2.sz. ábra szemlélteti.

c./ K3-63 háromsatornás baleseti adatrögzítő:

Nagyon egyszerű és szolgáltatásaiban keveset nyújtó baleseti adatrögzítő. Egyes előnyei miatt - gyorsulások pontos rögzítése stb. - még mindig használják (pl. TU-134 repülőgépen), korszerűbb típusokkal párhuzamosan. Repülés közben rögzíti a repülőgép barometrikus magasságát, a műszer szerinti sebességét és a túlterhelés függőlegesen összetevőjét. Szerkezete a 3.sz. ábrán látható.

A magasságíró rendszer érzékelő eleme a hermetikus kamrában elhelyezett, kettős aneroid szelence (1). A repülőgép barometrikus magasságának változásakor az aneroid szelence középpontja elmozdul, a közlőrudazon keresztül ez a mozgás megváltoztatja az írótoll helyzetét. Az írótoll folyamatosan karcolja az előtte elhaladó filmszalagot, így arról a mindenkori pillanatnyi magasságadat olvasható le.

A műszer szerinti sebességet regisztráló rendszer a magasságíró rendszerhez hasonló felépítésű, azzal a különbséggel, hogy a hermetikus kamrában a kettős aneroid szelence helyett Vidi-szelencét (2) építettek be.

A túlterhelésíró rendszer érzékelő eleme a rugókra függesztett tömeg.

A túlterheléskor az írótoll a hengerre rajzolja a túlterhelés nagyságának megfelelő jelet.

A berendezés időjel adóval rendelkezik, amely percenként egy kis jelet karcol a szalagra. Így az események időbeli lefolyását is meg lehet határozni.

Az egyes mérőrendszereknél egy rögzített tűvel az alapvonalat (bázisvonal) is rárajzolják a filmre. Ez az alapvonal a megfelelő paraméter meghatározott szintjét képviseli.

d./ MSZRP rendszerű adatrögzítők:

Az MSZRP-12, MSZRP-96 12 csatornás analóg adatrögzítő. Az adatrögzítő elvi vázlatát a 4.sz. ábra szemlélteti. Főbb egységei: kódoló berendezés, rögzítő (szalagtovábbító) egység, ellenőrző doboz, összekötőegység, elosztó tábla és rádiózaverszűrő. Az adatrögzítő rendszerhez tartoznak továbbá a hajtómű és repülési paramétereket átalakító távadók.

Az analóg csatornákon lehetőség van egyszeri parancsok (be- és kikapcsolások) rögzítésére is. A berendezés másodpercenként visz fel a szalagra időjeleket. A szalagtovábbító szerkezet folyamatosan működik a repülés folyamán és megőrzi a repülés utolsó 30 percének adatait. Az MSZRP-12-96 típus az utolsó 75 percet rögzíti.

A szalagtovábbító szerkezet gömb alakú, narancssárga védőtartályban van elhelyezve, amely biztosítja a rögzített anyag épségét 100 gig terjedő ütés-túlterhelés, 1000 kp-os statikus terhelés és 10 percen át tartó, 900-1000°C-ig terjedő hőhatás mellett. Általában a repülőgép farokrészébe építik be.

A mai repülőgépeken a legkisebb csatornaszám 12, de ennél jóval több jellemzőt regisztráló berendezéseket is használnak. Így például 24, 32, 64, 120, sőt kísérleti repülőgépeken több száz csatornás adatrögzítők működnek.

Újabbán 25 órás adatrögzítőket is alkalmaznak. Ezen baleseti adatrögzítőkkel párhuzamosan szekunder "üzemi" adatrögzítő is működik. Ennek nagy jelentősége van a repülőtechnika üzemeltetése során. A repülőgép hajtóműveinek, egyes rendszereinek, valamint a repülőgép előírás szerinti útvonal-tartásának adatait közvetlenül elemezni, értékelni lehet, ezáltal mind a műszaki szolgálat, mind a repülést végrehajtó személyzet (hajózők) olyan értékes adatok birtokába jut, amelyekkel a meghibásodások megelőzhetők, valamint a hibák azonnal elháríthatók.

Az MSzRP-64M-2 adatrögzítő rendszer 48 analóg paramétert, mintegy 32 különböző utasítást, azonosító jelet (repülőgépszám, járatszám és dátum, csillagászati idő), utasító és kalibráló jelet tud regisztrálni. Az információt a berendezés diszkrét formában rögzíti egy ferromágneses szalag 14 sávján. Az analóg paramétereket a berendezés 8 helyiértékes paralel impulzusokkal, kettes számrendszerű kódolással rögzíti. Ebben a rendszerben a logikai "1" szintnek a tényleges impulzus, a "0"-nak pedig az impulzus hiánya felel meg.

Az eseti utasításokat négyes csoportosításban, csoportonként 8-8 utasítást tartalmazva rögzíti a rendszer. Ennél a rendszernél az eseti utasítás megtörténtének a logikai "1", az utasítás hiányának a "0" felel meg. A jeledek egyszeri lekérdezési periódusába (1 sec) tartozó információkat a rendszer 63 csatornán rögzíti, ugyanakkor egy lekérdezési mező 64 csatornából áll. Az időjeleket a berendezés egy sávon, az utasító jeleket pedig 3 külön sávon rögzíti.

Az MSzRP rendszereknél a paraméterek regisztrálása az adókról érkező feszültségek soros kódolásával történik.

e./ SzARPP rendszerű adatrögzítők:

Rendeltetése, hogy a repülőgép (helikopter) különböző repülési paramétereit fényjelekkel filmszalagra rögzítse normál és veszélyes repülési viszonyok között, valamint a rögzített információ tárolása, megőrzése mechanikai ütés esetén.

Az adók az összes regisztrálható paramétert elektromos jelekké alakítják át és az egyeztető szerkezeten (5.sz. ábra) ezzel arányos egyenfeszültség szintek jelennek meg. Az adattároló az egyenáramú elektromos jelekké átalakított paraméterek rögzítésére és a rögzített adat tárolására szolgál. Az egyeztető szerkezet egyezteteti a rögzített paraméter adók jellemzőit az oszcillográf galvanométerének jellemzőivel és stabilizálja a tápfeszültséget.

A feszültséget hat galvanométer méri, melyek kitérésí szöge egyenesen arányos a galvanométer keretén átfolyó árammal és következőképpen a mért paraméterrel (6.sz. ábra). A kerettel együtt kitér a tükör is. A tükör által visszavert fénynyaláb az optikai rendszeren át fókuszálódik és fénypont formájában jut a filmre, amit a filmtovábbító szerkezet motorja elmozdít. A paraméterek filmre rögzítésének formája a 7.sz. ábrán látható. Az első 5 egyszeri parancs regisztrálása önálló lámpák segítségével történik folyamatos vonalek formájában. Mindegyik egyszeri parancsnak a saját folyamatos vonala felel meg, melynek ordínátóját a rendszer törzskönyve tartalmazza.

A hatodiktól a kilencedikig terjedő egyszerű parancsok rögzítése úgy történik, hogy azok ráhelyeződnek a folyamatosan rögzítésre kerülő paraméterekre (magasság, sebesség, fordulatszám). Az egyszerű parancsok regisztrálásának formája a 8.sz. ábrán látható.

Az időjeleket egy speciális lámpa írja fel, amely impulzus üzenben működik. Az idővonalak 10 másodpercenként követik egymást. A lámpa az idővonalakat egyenes vonal formájában vetíti a filmre, annak hossz tengelyére merőlegesen.

Néhány jellegzetes repülési paraméter rögzítési formája látható a 9.sz., 10.sz., 11.sz. és 12.sz. ábrán.

Meg kell említeni, hogy a repülőtechnika fedélzetén a "FEKETE 0080Z"-on kívül alkalmaznak még beszéd- és hangrögzítő készülékeket.

A fedélzeti baleseti beszéd- és hangrögzítő a hajzó személyzet levegő-föld közötti hírváltásának, fedélzeti telefonon elhangzott élőszavas beszélgetésének, valamint egyes rádió navigációs jelzések (VOR, ILS stb.) rögzítésére és megőrzésére szolgál.

Az így rögzített beszélgetések, közlemények rendszerint értékes tájékoztatást adnak a katasztrófa okait vizsgáló bizottság számára.

A beszéd- és hangrögzítő egy 4 csatornás magnetofon, amelynek rögzítőegysége (kazettája) "baleseti" kivitelben készült annak érdekében, hogy baleset esetén a rögzített anyag nem semmisüljön meg.

Ezek felépítése gyakorlatilag megegyezik a mikrofonos magnetofonéval, a szalagtovábbító rendszerük pedig a baleseti adatrögzítővel.

A hangrögzítő a repülés utolsó félóráját rögzíti, felveszi 4 független csatornára (a szalag felső vagy alsó felére) a beszélgetést vagy jelzést. A felvett forgalmazás (beszélgetés) törölhető, visszajátszás csak a kazetta kivétele után laboratóriumban lehetséges.

Napjainkban az emberi beszéd rögzítésére az elektromágneses hangrögzítést használják, MSz-61 típusú magnetofon vagy "Mars-6" típusú szalagos magnetofon segítségével.

A számítástechnika repülőtechnikán belüli fejlődésével egyre nagyobb tért hódítanak azok a megoldások, amelyekkel az információkat memóriákba táplálják, így számítógépes ellenőrzés, kiértékelés - gyors, nagy pontosságú - válik lehetségessé.

Felhasznált irodalom:

1. SzARPP-12 típusú fedélzeti adatrögzítő rendszer műszaki leírása, szerelési és üzemeltetési utasítás
2. A helikopterek fedélzeti berendezései és rendszerei
3. Nemes István: Fedélzeti műszerek és műszerrendszerek
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1979.
4. MI-8 helikopter (oroszl nyelvű műszaki leírás)
5. Melegh Mihály: Repülőgépek műszer- és elektromos berendezései
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1980.
6. TU-134A üzemeltetési utasítás
7. K2-717 kisméretű baroszipidográf műszaki leírása
8. TU-154B-2 típusú repülőgép üzemeltetési utasítása

Írás-típuslat : A földészeti adatrögzítők főbb műszaki adatai

Sorsz.	Adatok	K2-717 baroszipográf	K3-63 hidromatormás adatrögzítő	MSRRP-12 MSRRP-12-96	MSRRP-64H-2 földészeti adat- rögzítő	SZARRP földészeti adat- rögzítő
1.	Regisztrálási tartomány	$V_{mü} = 200-1600$ km/d $H_{bar} = 0-25$ km	$V_{mü} = 150-700$ km/d $H_{bar} = 0-15$ km függ. talterhelés = 1,5... 3,5 t	analóg par.: 12 egyszeri par.: 12	analóg par.: 48 egyszeri par.: 12	
2.	Rögzített adatok száma	2	3			analóg par.: 6 egyszeri par.: 9
3.	Adatok mérési módja	folyamatos	folyamatos			
4.	As időjelek szakorossága	percenként	percenként			1. sebesség: 1... 3 mm 2. sebesség: 1,8... 3,3 m
5.	Regisztrálási módja	karcolás specilis bevonatú szalagra	karcolás spec. bevonatú szalagra	magnetofon szalagra	magnetofon szalagra	filmszalagra optikai utón
6.	Filmbossz Szalaghossz	2 m	10 m	250 m	250 m	12 m
7.	Üzemi hőmérséklet-tartomány	-60°C...60°C (20 percig +70°C... 80°C), (15 percig +130°C)	-60°C...60°C	100°C 10 per- cig		-60°C...60°C
8.	Szalag mozgási sebessége	kétszeres mozgási seb. 12mm/s	kiseb.: 4,2...5,2 mm/perc nagyobb: 4,2...5,2 mm/s	250 mm/s 96 mm/s	5,34 mm/s	1. seb.: 0,7...1,3 mm/s 2. seb.: 1,75...3,25 mm/s
9.	Rögzítési idő	3 ó 20 perc		-utolad 30 perc -utolad 75 perc	regulálós utolad 25 óra (max. 30 óra)	
10.	Talterhelés			100 t		

2.sz.táblázat

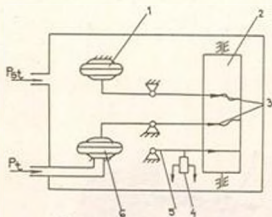
Sorsz.	MSzRP-12-96 fedélzeti adatrögzítő			
	Paraméter	Mérési tartomány	Távadó	
Állandó paraméterek	1.	Barometrikus magasság	250 - 1500 méter	DVbP-13
	2.	Hősszerinti sebesség	80 - 800 km/h	DASZ-2
	3.	PÜZZÖleges túlterhelés	-2g...5g	MP-95
	4.	Oldalirányú túlterhelés	-1,5g...1,5g	MP-95
	5.	Magassági kormány helysz.	fel $22^{\circ} \pm 1$; le $16^{\circ} \pm 1$	MU-615
	6.	Csűrő kormány helyzet	$\pm 19^{\circ} \pm 1$	MU-615
	7.	Oldalkormány helyzet	$\pm 25^{\circ} \pm 1$	MU-615
	8.	Jobb hajtómű gáskar helysz.	Reverz-Felcszálló	MU-615
	9.	Bal hajtómű gáskar helysz.	Reverz-Felcszálló	MU-615
	10.	Dőlési szögsebesség	$\pm 30^{\circ}/s$	DUSZU-1-30ASZ
	11.	I.hajtómű ford.szám	10-110 %	PO-15
	12.	II.hajtómű ford.szám	10-110 %	PO-15
Egyszeri paraméterek	1.	Tűz a I.hajtómű gondolásban		
	2.	Tűz a II. " " "		
	3.	I.hmű fémforgács az olejban		
	4.	II.hmű " " "		
	5.	I.hmű veszélyes rezgés		
	6.	II.hmű " " "		
	7.	Bal főfutó kinti helyzete		
	8.	Jobb " " "		
	9.	ROBOT hosszcsat.bekapcs.		
	10.	ROBOT keresztcsat.bekap.		
	11.	α krit		
	12.	Veszélyes sebesség		

3. sz. táblázat

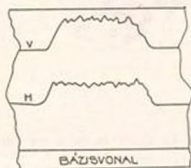
Sorsz.	SZARFP fedélzeti adatrögzítő				Helikopter		
	Vadászrepülőgép				Paraméter	Mérési tartomány	Távadó
	Paraméter	Mérési tartomány	Távadó	Paraméter			
1.	Barometrikus mag.	250-2500 m	MDP-Te-1-780	Barometrikus mag.	50-6000 m	DV-14	
2.	Műszer szerinti sebesség	200-1600 km/ó	MDO-Te-O-1,5	Műszer szerinti sebesség	60-400 km/ó	DASZ-V	
3.	Függ.tulterhelés	-3,5g...+10g	MP-95	Forgótestny állás-szög	± 30°	MU-615	
4.	Hosszir.tulterh.	±1,5g	MP-95	Forgótestny ford.szám	70-110 %	D-1	
5.	Hmó ford.szám	10-110 %	DTE-1	Bélintési szög	± 45°	A0B-3K	
6.	Korm.szerő szögkit.	± 30°	MU-615	Bedöntési szög	± 60°	A0B-3K	
1.	Nyomécaölkenés a hidr.rendszer-ben			300 l. tűza megszáradék			
2.	Nyomócsatlakozás a buszt.rendszer-ben			Pótkerék sziv.meghibásodás			
3.	Fegyver gomb megnyomása			Fő hidr.rendszer meghibásodása			
4.	Robotpilóta bekapcsolása			Busztér hidr.meghibásodása			
5.	Hmó max.üzemben			Tűz			
6.	Foreshock üzem bekapcsolva			Főreduktor olajnyom.csenkése			

Állandó paraméter

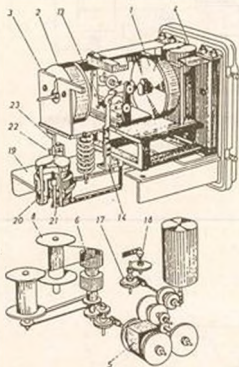
Rendszeri paraméter



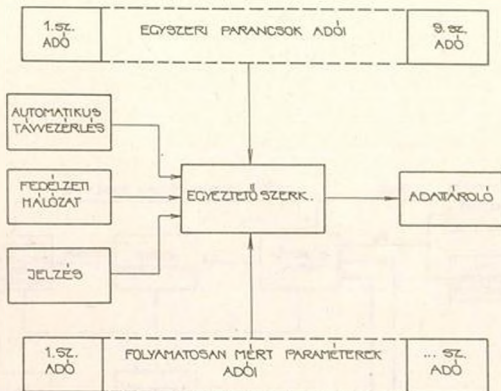
BAROSZPIDOGRÁF ELVI VÁZLATA
1.sz.ábra



ADATRÖGZÍTÉS A BAROSZPIDOGRÁF SZALAGJÁN
2.sz.ábra

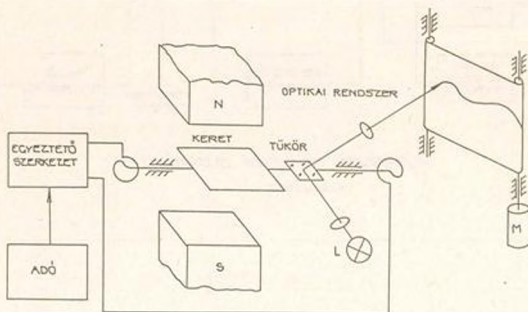


3. sz. ábra A K3-53 háromcsatornás adatrögzítő szerkezete



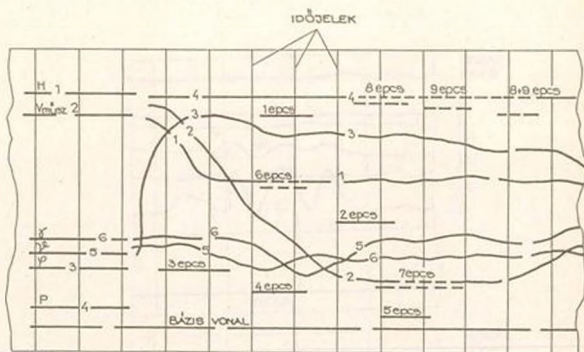
A SZARPP RENDSZER FELÉPÍTÉSI VÁZLATA

5. sz. ábra

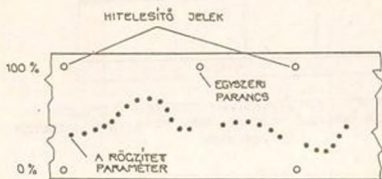


A REPÜLÉSI PARAMÉTEREK REGISZTRÁLÁSA A SZARPP RENDSZERREL

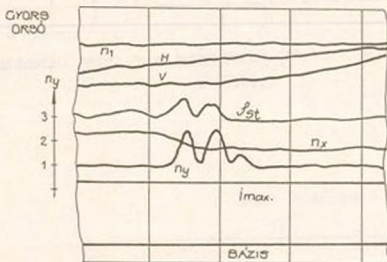
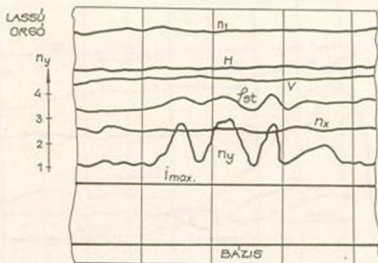
6. sz. ábra



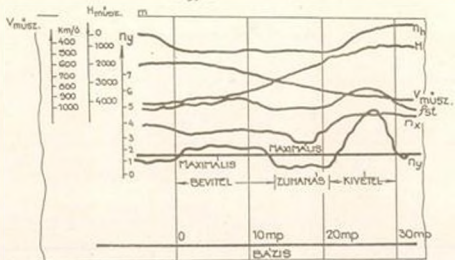
A PARAMÉTEREK FILMRE RÖGZÍTÉSE A SZARPP RENDSZERBEN
7.sz. ábra



A FOLYAMATOSAN RÖGZÍTETT PARAMÉTER
ÉS AZ EGYSZERŰ PARANCS
8.sz. ábra

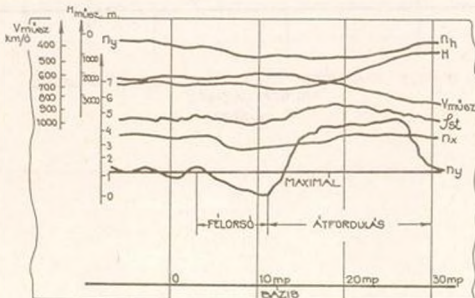


A SZARPP FILMSZALAGJÁN RÖCZÍTETT REPÜLÉSI
PARAMÉTEREK JELLEGÉ VEZETET ORSÓ VÉGREHAJTÁSA ESETÉN
9. sz. ábra



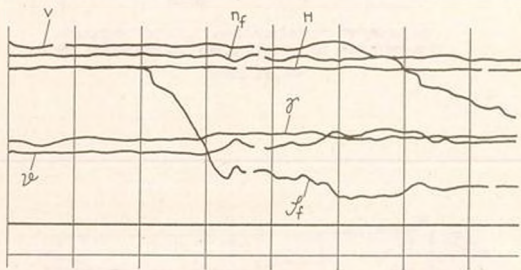
A SZARPP FILMSZALAGJÁN RÖGZÍTETT REPÜLÉSI PARAMÉTEREK JELLEGE ZUHANÁS VÉGREHAJTÁSA ESETÉN

10 .sz. ábra



A SZARPP FILMSZALAGJÁN RÖGZÍTETT REPÜLÉSI PARAMÉTEREK JELLEGE ÁTFORDULÁS VÉGREHAJTÁSA ESETÉN

11 .sz. ábra



A SZARPP PARAMÉTER JELVONALAI HELIKOPTERSZERŰ
FELSZÁLLÁSNÁL
12. sz. ábra