



Nemzeti Közszerolgalati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Fedélzeti Rendszerek Tanszék



**HELIKOPTEREK FEDELZETI ADATROGZÍTÓI,
BUR-1-2 ADATAINAK RÖGZÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGE
MEMÓRIA KÁRTYÁN**

A konzulens neve, beosztása:

Dr. Békési Bertold alezredes, egyetemi docens

Készítette:

Gere Zoltán

Szolnok

2016

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	4
1. A FEDÉLZETI ADATRÖGZÍTŐK KIALAKULÁSA ÉS FEJLŐDÉSE NAPJAINKIG	5
1.1. Adatrögzítés és kiértékelés.....	5
1.2. Az adatrögzítők fejlődése: a kezdetek.....	7
1.3. A valódi fedélzeti adatrögzítők.....	8
1.4. A fejlődés szakaszai.....	9
1.4.1. Első generációs adatrögzítők.....	9
1.4.2. Második generációs adatrögzítők.....	10
2. HELIKOPTEREK FEDÉLZETI ADATRÖGZÍTŐI.....	12
2.1. Történeti áttekintés.....	12
2.1.1. Magyar Honvédségben alkalmazott helikopterek áttekintése.....	14
2.2. SZIROM rendszer.....	14
2.2.1. Fedélzeti alrendszer.....	16
2.2.1.1. Illesztő-átalakító egység.....	16
2.2.1.2. Adatgyűjtő egység.....	18
2.2.1.3. Memória-kazetta.....	19
2.2.2. Földi alrendszer.....	20
2.2.3. A SZIROM H-24 rendszer leírása.....	22
2.2.3.1. A SZIROM H-8 paraméterei.....	23
2.2.3.2. A SZIROM H-17 paraméterei.....	23
2.3. BUR-1-2Zs rendszer.....	24
2.3.1. BUR-1-2 fedélzeti alrendszere.....	27
2.3.1.1. Adatgyűjtő egység.....	27
2.3.1.2. Vezérlő pult.....	31
2.3.1.3. Védett adattároló.....	33
2.3.1.4. A fedélzeti alrendszer működése.....	36
2.3.2. BUR-1-2 földi alrendszere.....	37
2.3.3. A BUR-1-2 rendszer fejlődése.....	39
2.3.4. A földi alrendszer fejlődése.....	42
2.3.5. Modern helikopter adatrögzítők.....	46
3. A BUR-1-2ZS RENDSZER FEJLESZTÉSÉNEK HAZAI LEHETŐSÉGEI.....	49

3.1. A BUR paramétereinek a SZIROM rendszerbe való beintegrálása.....	50
BEFEJEZÉS.....	54
HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE.....	55
ÁBRAJEGYZÉK.....	58

BEVEZETÉS

Szakmai pályafutásom 18 éve a helikopteres repüléshez kötődik. A repülés e különleges eszköze elcsábított és nem engedett el magától. A repülés általában és főleg a helikopterrel való repülés bonyolult nagy figyelmet, összpontosítást és technikai háttérrel igénylő feladat, amely nem teszi lehetővé a fedélzeten kijelzett adatok személyzet általi memorizálását. A fedélzeti adatrögzítők segítenek ezen adatok „megjegyzésében”.

A repülés hajnalán leginkább a bizonyítás, a repülés hitelesítése volt a cél, hogy a technikai fejlődést ne boszorkányságnak tulajdonítsák a repülésben nem hívók. Az első repülések sikeres végrehajtása után megkezdődött a verseny, egyre többen kezdtek repülőeszközöket építeni. Ezen eszközök használhatóságát azonban bizonyítani, sőt a fejlesztésekhez szükséges anyagi háttérrel is biztosítani kellett. Rekordok felállításával és versenyeken való szerepléssel próbáltak mind jobb és jobb eszközt megalkotni. A repülőgépek fejlesztéséhez adatokra, paraméterekre volt szükség, amelyek jó részét a repülések közben kellett összegyűjteni.

A repülőeszközök elterjedése, egyre nagyobb térhódítása és a balesetek, katasztrófák számának növekedése újabb lökést adott a mind biztonságosabb és több adatot rögzíteni képes fedélzeti adatrögzítők kialakulásának és fejlődésének.

Dolgozatom első részében kitérek az adatrögzítéssel kapcsolatos fogalmakra és azok magyarázatára, bemutatom a fedélzeti adatrögzítők kialakulását, fejlődését. A második részben a helikopterek adatrögzítőit, ezen belül a BUR 1-2ZS rendszer működését. A harmadik részben tárgyalom a kutatás fejlesztés tevékenység keretein belül a memóriakártyán való adatrögzítés lehetőségeit. Új diagnosztikai módszerek és berendezések kifejlesztése már a kilencvenes években megkezdődött, a HM és az Aviatronic Repüléstechnikai fejlesztő kft együttműködésében. Az adatrögzítő rendszerek adatai szilárdtest memóriára kerültek rögzítésre. Az adatok a repülési feladatok utáni hozzáféréséhez gyorskiértékelő számítógépes rendszerek kerültek kialakításra. A SzARPP rendszerek felváltására a SZIROM¹ került alkalmazásra a helikoptereken is [34][37]. A diplomamunkám témaválasztását a Magyar Honvédség által 2014-ben vásárolt helikopterek [26] (közülük 2 BUR-1-2Zs típusú baleseti adatrögzítővel rendelkezik) üzemeltetése segítette elő. Az adatrögzítő berendezések meghibásodása a helikopterek üzemképtelenségét jelenti. A garancia idő alatt lehetőség van tartalék alkatrészek beszerzésére, de a kiszállítás, hazaszállítás, vámolás hosszadalmas tevékenység. A garancia időn túli alkatrészbесzerzés még nagyobb kihívás, ezért próbálok lehetőséget felvillantani a hazai fejlesztések megindítására.

¹ Számítógépes Integrált Repülési Paramétereket Rögzítő és Kiértékelő Objektív Mérőrendszer

1. A FEDÉLZETI ADATRÖGZÍTŐK KIALAKULÁSA ÉS FEJLŐDÉSE NAPJAINKIG

1.1. Adatrögzítés és kiértékelés

A természeti jelenségek törvényszerűségeinek megismerése és azok leírása miatt szükség van jellemző paraméterek, adatok gyűjtésére. Kezdetben ez csak az érzékszerveink általi megfigyelésre korlátozódott, de szükségessé vált ezen megfigyelések objektívvá tétele. Erre a célra alakultak ki a mérőműszerek. A műszaki gyakorlatban, ahol a technikai eszközök javításának, fejlesztésének elősegítése, hibák előrejelzése érdekében szükség van arra, hogy működés közben adatokat gyűjtsünk a berendezésekről. A repülés veszélyessége, a rekordok bizonyítása, az eszközök tökéletesítése, a balesetek kivizsgálásának nehézsége miatt igény merült fel fedélzeten telepített mérőberendezések létrehozására. Ezek a berendezések a fedélzeti (repülési) adatrögzítők.

Az ICAO meghatározása a repülési adatrögzítőről: a légi járműre felszerelt, bármely típusú adatrögzítő, amelynek célja, segítség biztosítása a légi jármű baleset vagy repülőesemény kivizsgáláshoz [11].

Az adatrögzítőket számos szempont alapján csoportosíthatjuk:

1. Feladat alapján:

- Baleseti adatrögzítők: a repülőbalesetek, katasztrófák kivizsgálásának megkönnyítésére szolgál, víz-, ütés-, tűzálló, élénk narancssárga színű. Rendelkezhet jeladóval.
 - > Fedélzeten maradó: A repülőeszköz fedélzeti rendszereinek részét képezi, olyan helyre van beépítve, amely a baleset esetén kis valószínűséggel sérül meg.
 - > Kilőhető adatrögzítő: A repülőeszközön baleseti érzékelők vannak elhelyezve, amelyek parancsjeleire az adatrögzítő kilövésre kerül. Kilövés után automatikusan vészjelet sugároz, így megkönnyíti a keresést. Fékezőernyővel rendelkezik, ezért a burkolatot nem kell annyira ellenállóvá tenni, mint a fedélzeten maradóét. A tengerfölköti balesetek miatt kerül előtérben a mai napig is, mivel nem süllyed el a repülőeszközzel a tenger felszíne alá [20][40].
- Üzemi adatrögzítők: a légi jármű állapotának, üzemképességének megállapítására a személyzet tevékenységének ellenőrzésére szolgál. Több száz paramétert is rögzíthet, az adattároló nem védett.

² Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO - International Civil Aviation Organization)

- Kombinált adatrögzítők: az üzemi és a baleseti feladatait is ellátja.
- Kísérleti adatrögzítők: fejlesztések, kísérletek, módosítások üzem közbeni ellenőrzésére szolgál, több száz paramétert is rögzíthet.

2. Adathordozó alapján:

- Mechanikus: fóliára, fémre, filmszalagra, karcoló tűvel rögzítenek;
- Fotografikus: fényérzékeny papíron fotóeljárással rögzítenek;
- Mágnesszalagos: analóg, vagy digitális módon mágnesszalagra rögzít [2][4][34];
- Szilárd test adattárolás: Memória kártyára rögzíti az adatokat [34].

3. Feldolgozás alapján:

- Passzív: az adatok feldolgozása csak a repülés befejezése után lehetséges;
- Aktív: Az adatok feldolgozása a rögzítéssel egy időben megtörténik, eltérés esetén jelzést küld a személyzet felé [2].

A rögzítendő paraméterek kiválasztásának tükröznie kell a repülőeszköz három tengely körüli mozgásának törvényszerűségeit. Ezért célszerű a magasságot, sebességet, mindhárom tengely irányú gyorsulást, bedöntés és bólintás szöget, kormányszervek állását és a hajtóművek beállítási paramétereit - mely jellemzi a pilóta tevékenységét - rögzíteni [3].

A baleseti adatrögzítők által rögzítendő paramétereket az ICAO Annex 6 tartalmazza, amelyek alkalmazása az állami célú légi járművekre nem kötelező. A repülőgépekre 78, a helikopterekre 30 paraméter rögzítését írja elő [11][12].

A rögzítendő adatok típusát és mennyiségét a balesetek kivizsgálása után hozott ajánlások alapján határozták meg. A nyomozás nehézségeinek csökkentése és az objektív adatok ismeretének nyomozást segítő szerepe alapján határozták meg a repüléstörténet folyamán a rögzítendő paramétereket. A technika fejlődése lehetővé teszi napjainkban nemcsak a hang, hanem a videó, vagy éppen a fedélzeti számítógép teljes adatmennyiségének rögzítését is [17][40].

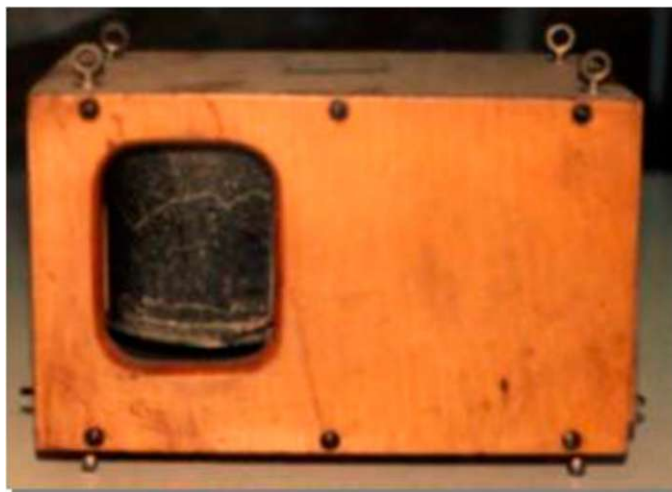
Kísérleti és üzemi adatrögzítőkkal a baleseti adatrögzítők paraméterein kívül még számos paraméter rögzítése célszerű, amelyekről a repülőeszköz állapotára lehet következtetni. Az üzemi adatrögzítők adatai felhasználhatók a részegységek diagnosztizálásában, meghibásodásuk előrejelzésében, és a repülőgép vezetők kiképzésének ellenőrzésében [4][34].

A rögzített paraméterek kiértékelése az információ visszanyerését, dekódolását és megjelenítését jelenti. Egy baleset esetén a biztonságos adattároló megtalálása nem viszi előre a nyomozást, csak abban az esetben, ha a tárolt adatok megjeleníthetők és megfelelő pontossággal visszaalakíthatók az eredetileg mért paraméterrel arányosan. A baleseti adatrögzítők adatait „szerencsés” esetben nem szükséges kiértékelni. Az adatrögzítő minden feladat utáni kiértékelése segít a repülőeszköz műszaki állapotának felügyeletében (pl. meghatározhatók a

repülőeszköz részeit ért extrém túlterhelés értékek). A repülőképzés eredményessége javítható az adatok kiértékelése és az ezekből levont következtetések kiképzésbe való beépítésével. A Magyar Honvédségben alkalmazott repülőeszközök nem csak kiképzésben vesznek részt. Egy éles helyzetben (árvízi védekezés, harci bevetés) a figyelmet meg kell osztani a repülés és a feladat megoldása között. A repülési adatok kiértékelése rávilágíthat hiányosságokra, amelyek a kiképzés módosításával orvosolható [3][4][34].

1.2. Az adatrögzítők fejlődése - a kezdetek

A fedélzeti adatrögzítő egyidős a repüléssel. A Wright fivérek 1903-as első repülésén a gépben volt egy repülési sebesség és egy légcsavarforgási sebesség rögzítő eszköz. Majd Charles Lindbergh Atlanti-óceánon való átrepülésekor (1927) a fedélzeten volt egy nyomásmérő (1. ábra), amely karcoló tűvel, forgó orsón rögzítette a légnyomásváltozást (repülési magasság) [29]. Ezek a mondatok is azt látszanak bizonyítani, hogy a repülés kezdetekor is szükségét látták az adatok eltárolásának, a későbbi fejlesztésekhez (légcsavarforgási sebesség), vagy a repüléstechnika csiszolása (repülési magasság) érdekében.



1. ábra Spirit of St. Louis adatrögzítője [40]

1930-ban szabadalom került bejegyzésre egy ütészálló dobozban elhelyezett Edison-fonográfról [14][29].

1939-ben Francois Hussenot és Paul Beaudoin a franciaországi Marignane repülési kutató központban alkotott meg egy fényképészeti filmre dolgozó „HB típusú” adatrögzítőt más néven „hussenograph”-t. A repülési magassággal és sebességgel arányosan elmozduló tükör a bevezetett fénysugarat a filmen eltérítette. Az adatok kiértékelése a film előhívása után, egy a berendezéshez kalibrált referenciaértékkel került összehasonlításra. Az állandó sebességgel forgatott filmtekercs 8 méter hosszú 88 milliméter széles volt. Egyes elgondolások szerint a

filmtekercs tároló rekeszének feketére festett belseje után nevezték el fekete doboznak a fedélzeti adatrögzítőket [13][15][29].

A II. világháború előtt és alatt nagy mennyiségű repülőgépet gyártottak. A Finn berepülőpilótáknak a berepülések végrehajtása alatt jegyzetelniük kellett, ez a tevékenység nagyban csökkentette a koncentráció képességüket, mind a repülés terén, mind a jegyzetelésben. Ezen nehézség kiküszöbölésére felkérték Veijo Hietala-t.



**2. ábra Mata Hari - egyike volt a világ első fedélzeti rögzítő eszközeinek
(Fotó: Közép-Finnország Repüléstörténeti Múzeum Gyűjteménye) [10]**

Egy olyan berendezést fejlesztett ki, amely mozgó fényérzékeny papíron rögzítette a mérendő mennyiséggel arányos, prizmával eltérített fénysugarat. Az első változat, amely 1942 nyarán készült el, rugós mechanizmussal működött és 4 paramétert rögzített (sebesség, magasság, gyorsulás és hőmérséklet). A második változat villamos motort tartalmazott és 8 paramétert tudott rögzíteni. A pilóták a saját tudásuk ellenőrzését látták a készülékben ezért „Mata Hari”-nak keresztelték. A készülék nem volt tűz- és ütésálló, de egy alkalommal 1943-ban Treasure Mountain Bridge MY-3 baleset kivizsgálásában a rögzített adatokat fel tudták használni [10][13]. Az Egyesült Királyságban a II. világháború idején, Len Harrison és Vic Husband kifejlesztett egy, ütés- és tűzálló, fedélzeti adatrögzítő egységet, amely rézfóliára rögzítette a paramétereket és az időt. A háború végén került bejegyzésre szabadalomként. Ez az eszköz tekinthető a mai adatrögzítők előfutárának [13].

A Szovjetunióban is a II. világháború idején kezdték alkalmazni a 2-3 paraméter rögzítésére képes adatrögzítőket [14].

Mint az előzőekből is láthatjuk az ötletek az adatok rögzítésére, és az adatok külső behatásoktól való védelmére, a repülés korai szakaszában megjelentek.

1.3. A valódi fedélzeti adatrögzítők

A fedélzeti adatrögzítők esetében is nehéz egyetlen embert megnevezni feltalálónak. A kezdeti próbálkozások és megvalósítások rengeteg szabadalmi bejegyzést eredményeztek. A világ több

pontján is foglalkoztak a gondolattal. A fedélzeti adatrögzítőt az Egyesült Államokban James J. „Crash” Ryan a Minnesota Egyetem professzora találta fel és szabadalmaztatta 1953. november 08-án. Scott M. Fisher az *Aviation History Magaziné* 2013. januári cikkében a professzort a „Fekete doboz atyjának” nevezte [13].

A világ közvéleménye mégis az Ausztrál David Warren-t tartja a fedélzeti adatrögzítő feltalálójának. 1953-ban részt vett egy De Havilland Comet típusú repülőgép katasztrófájának kivizsgálásában, és arra a következtetésre jutott, hogy a személyzet beszélgetésének rögzítése vészhelyzetben nagymértékben elősegítheti az ilyen vizsgálatok. Tervezett egy készüléket, amely a repülési adatokat és a pilóták beszélgetését is rögzíteni tudta. A sérülés és a tűz ellen masszív acélházat tervezett azbeszt szigeteléssel. Az adatokat az újrafelhasználhatóság érdekében mágnesszalagra rögzítette [13][15].

A készüléket a világ légügyi hatóságai közömbösen fogadták, de a nagy távolságú repülések terjedése és a szemtanúk nélküli balesetek kivizsgálásának nehézsége az adatrögzítők használata mellé tette le a voksot. Elsőként 1960-ban az Ausztrál kormány tette kötelezővé az utasszállító repülőgépeken, majd lassan a többi ország is követte a példát [15].

1.4. A fejlődés szakaszai

1.4.1. Első generációs adatrögzítők

Egycsatornás adatrögzítő a barográf, amely a műszer szerinti repülési magasságot rögzíti [1][2][3][34]. Kétsatornás adatrögzítő a K2-717 típusú baroszipidográf, amely a műszer szerinti repülési magasságot és sebességet rögzíti. A magasság érzékelő eleme aneroid szelence, a sebességé vidi-szelence. A szelenceközéppontok elmozdulása áttételeken keresztül jut az írótükre, amelyek speciális szalagra karcolják az információt. A szalagot elektromos óraszerkezet forgatja állandó sebességgel. A bázisvonal és az időjelek rögzítésére egy külön karcolótű szolgál. Az adatok leolvasása manuálisan, hitelesítő grafikonnal való pontonkénti összehasonlítás módszerével történik [1][2][3][9][34][35].

Háromcsatornás baleseti adatrögzítő (K3-63), műszer szerinti sebességet, barometrikus magasságot és a repülőeszközre ható túlterhelés függőleges összetevőjét rögzíti. A magasság és sebesség érzékelése megegyezik az előzőekben ismertetettel. A túlterhelés érzékelő eleme egy rugóra függesztett súly. A súly kitérése arányos a ráható gyorsulással, amelyből a túlterhelés számítható. Az adatokat karcolótű rögzíti emulziós réteggel bevont filmszalagra. Időjel és bázisvonal is kerül a filmszalagra. A szalagtovábbító villamos motor egy automatikus sebességkapcsoló-egységen keresztül megnöveli a továbbítás sebességét, ha a

túlterhelés meghaladja a 0,2-0,3 g-t. Az adatot tartalmazó szalag páncélkazettába kerül felcsévélésre. Az adatok kiértékelése a hitelesítő grafikonnal történő összehasonlítással történik [1][2][3][9][27][34][35].

Fénysugaras filmre rögzítő berendezés (SzARPP-12), hat folyamatos és 6-9 egyszeri parancs rögzítésére szolgál. A rendszer csatornái már nem függetlenek egymástól, a mérő-átalakítóktól érkező jeleket összegyűjtik és továbbítják az információtároló egységbe, ahol a mért paraméterrel arányos fényponteltérés kerül rögzítésre, a 35 mm-es fényérzékeny filmen. A berendezés bázisvonalat és 10 másodpercenként időjelet is rögzít. Az egyszeri parancsok az analóg paraméterre kerülnek ráültetésre. A film mechanikai ütés ellen védett, de nem hőálló, kazettába tekercselődik fel. A kiértékelés a film előhívása, szárítása után, egy vetítőberendezés segítségével, a bázisvonaltól mért távolságok hitelesítő jelekkel való összevetéssel történik [1][2][30][34].

1.4.2. Második generációs adatrögzítők

Mágnesszalagos adatrögzítők (MSzRP-12-96, MSzRP-64, MSzRP-256, BUR-1-2) a paramétereket analóg módon, vagy digitálisan rögzítik. A jelek kódoló berendezésen keresztül - ahol megtörténik az információra jellemző jelsorozatok létrehozása - a védőtartályban elhelyezkedő szalagtovábbító szerkezetre kerülnek, amely az utolsó 25 óra repülési adatot képes rögzíteni. A védőtartály a rögzített információt 100 g-t meg nem haladó ütésszerű túlterhelés, 10 kN statikus terhelés és 10 percig 1000 °C hőmérséklet esetén megóvjá [1][2][16][34].

Szilárd test adattárolás (FLASH memória) adatrögzítők (BUR-1-2 3.széria, BUR-4-1-05, SZIROM, S2-3a), az érzékelés, jelátalakítás nem változott, csak a tároló eszköz módosult. Az itt felsorolt adatrögzítő rendszerek beépíthetők régebbi típusú mágnesszalagos, vagy fénysugaras rendszerek helyett [5][6][21][33][34].

A repülés biztonságának növelése újra előtérbe került, ezért néhány gyártó kifejlesztett kisméretű, utólagosan is beépíthető berendezéseket. A repülőeszköz meglévő rendszeréhez csatlakoztatva - ha lehet - vagy önálló egységként (3. ábra). Kisméretű, kompakt, teljesen integrált fedélzeti adatrögzítő és adatgyűjtő egység.

Kép és hangrögzítési képességgel, ha a fedélzeti adatbuszhoz nem csatlakoztatható, rendelhető hozzá 3 szabadságfokú giroszkóp, 3 irányú túlterhelés érzékelő, légnyomásmérő és

GPS. A szilárdtest memória ütés- és tűzálló, teljesítve az EUROCAE³ ED112 követelményeit [32].



3. ábra Sentinel fedélzeti adatrögzítő [32]

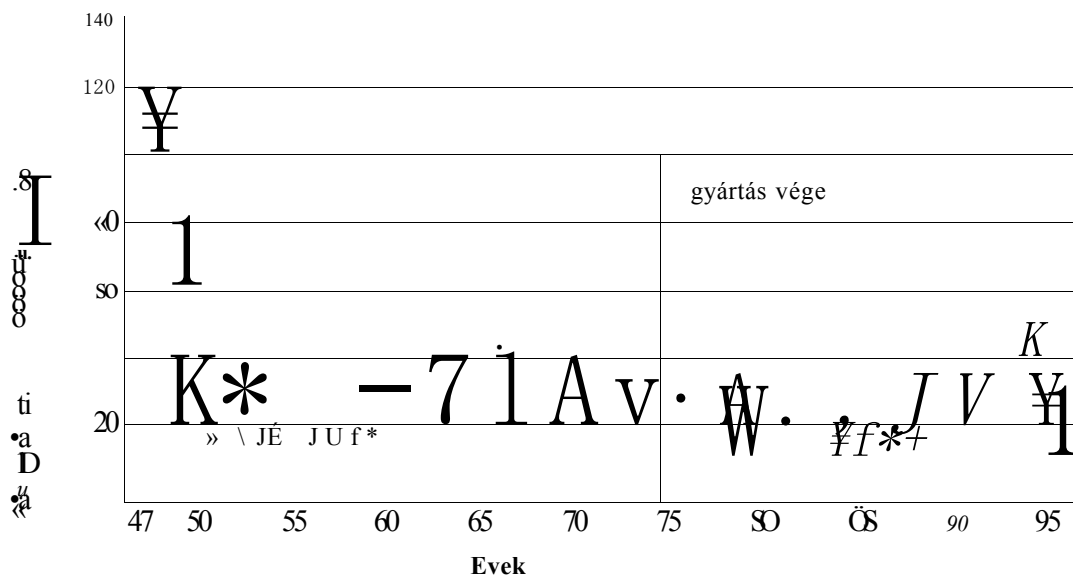
³ European Organisation for Civil Aviation Equipment

2. HELIKOPTEREK FEDELZETI ADATROGZÍTÓI

2.1. Történeti áttekintés

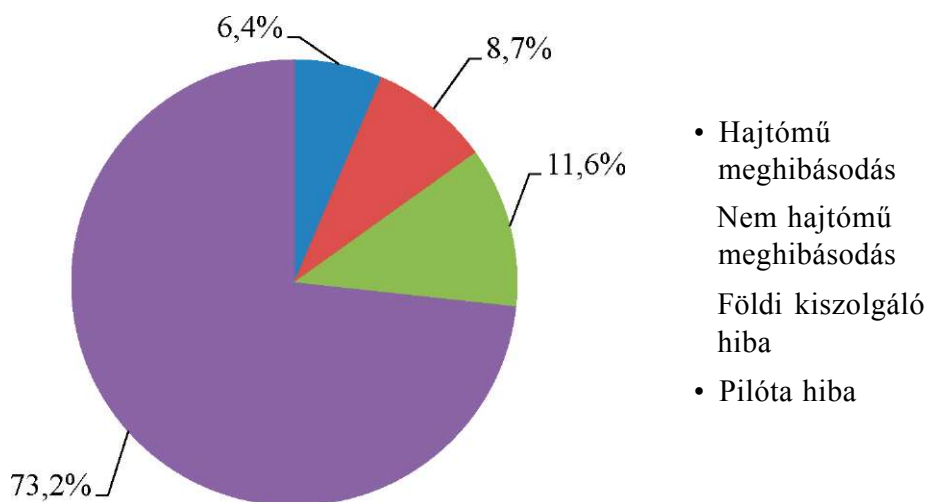
A függőleges tengellyel meghajtott forgószárny által létrehozott felhajtóerővel működtetett repülőeszközökkel való kísérletezés már az 1900-as években megkezdődött. Áttörő sikert viszont csak az 1940-es években értek el. Szikorszkij által tervezett és épített R-4 volt az első sorozatban gyártott helikopter. A helikopterpilóta képzés és a gépek tervezése gyerekcipőben járt, ami a balesetek nagy számához vezetett. Bár a helikopterek előállítási költsége magas volt, hasznos terhelésük kisebb, mint egy repülőgépé, rendelkeztek egy egyedülálló képességgel, a függés képességével. A helyből fel- és leszállás nem igényelt repülőteret, sőt előkészített leszállóhelyet sem, ezért egyre nagyobb számban kezdték alkalmazni a helikoptereket.

A 4. ábra szemlélteti a Bell-47 típusú helikopter baleseti statisztikáját 100 000 órára levetítve.



4. ábra Az USA-ban regisztrált Bell-47 balesetek⁴ [28]

Ezen balesetek okainak megoszlását az 5. ábra mutatja be. Az ábrából látszik, hogy a balesetek 1/4-ed részét okozzák a kiszolgáló személyzet és a technikai eszközök meghibásodásai. A fedélzeten feladatot végrehajtó ember tevékenységének vizsgálata csak valamilyen a fedélzetre telepített adatrögzítővel lehetséges. Az ilyen eszközök adatainak kiértékelése, nem csak baleset esetén, segíti a pilóták képzésének javítását. Az aktív kiértékelő rendszerek alkalmazása a balesetek számának csökkenéséhez vezethet [28].



5. ábra Bell-47 balesetek okainak megoszlása⁵ [28]

A túlélés növelésére tettek először lépéseket. A szerkezet megerősítésével, biztonsági övek alkalmazásával és a menekülésre fordítható idő növelésével (baleset biztos üzemanyagrendszer) javítottak a túlélési esélyen. A hajtóművek tökéletesedésével, a felhasznált anyagok fejlődésével és a fedélzeti berendezések precízebbé válásával a balesetek száma csökkent, de az okok aránya nem változik [28].

A forgószárnyas légijárművek részére kifejlesztett repülési adatrögzítőkkal és pilótakabin hangrögzítőkkal először a Baleset megelőzési Munkacsoport 1979. évi 10/1 ajánlása alapján a Légi navigációs Bizottság foglalkozott. A kidolgozott előírásokat a Tanács, 1986. március 14-én fogadta el, 1986. július 27-én léptek érvénybe és 1986. november 20-án váltak alkalmazhatóvá. Az ICAO 1986-ban adta ki helikopterekkel foglalkozó Annex-ét [11].

Az adatrögzítők fejlődése, a szabályok szigorítását is maga után vonta: 2003. január 1-e után ne kerüljön beépítésre fényképeszeti eljárással működő, 2016. január 1-e után mágnesszalagos adatrögzítő. Három típusú adatrögzítőt határoz meg az ICAO Annex: IV., IVA. és V. mindhárom a repülés utolsó 10 óráját rögzítse.

A IV. típusú repülési adatrögzítő a repülési pályájának, sebességének, repülésvezérlő kezelőszervei beállításának, a hajtómű teljesítményének és működésének pontos meghatározásához szükségesek (30 paraméter).

A IVA. típusú repülési adatrögzítő a repülési pályájának, sebességének, repülésvezérlő kezelőszervei beállításának, a hajtómű teljesítményének, működésének és beállításainak pontos meghatározásához szükségesek. Minden 3180 kg fölötti felszálló tömegű, 2016. január elseje után üzembe helyezett helikopterbe ezt a típust kell beépíteni (48 paraméter).

Szerkesztette a szerző a [7] alapján (Windows - Paint)

A V. típusú repülési adatrögzítő a repülési pályájának, sebességének, repülésvezérlő kezelőszervei beállításának, a hajtómű teljesítményének meghatározásához szükségesek (15 paraméter).

A helikopterekre vonatkozó előírások viszonylag újak, bár hatalmas léptekkel, de utolérték a repülőgépekét. Ezek az előírások a baleseti adatrögzítőkre vonatkoznak, de a világ számos országában alkalmaznak repülési adat ellenőrző programokat, ahol a fedélzeten tartózkodók tevékenységét és a repülő szerkezet állapotát objektív módon értékelik. Ezen értékelések célja nemcsak a repülésbiztonság növelése, hanem a helikopterek üzemeltetésének gazdaságosabbá tétele is [18].

A Magyar Honvédségben alkalmazott helikopterek néhány típusa, már a szabályok (az ICAO előírásai csak a polgári repülőeszközökre vonatkozik) bevezetése előtt kivonásra került, így könnyen összegyűjthetőek az adatrögzítő típusok.

2.1.1. Magyar Honvédségben alkalmazott helikopterek áttekintése

A Mi-4 típusú helikopter került legelőször alkalmazásra 1958 és 1963 között, 3 példány. Ezután a Mi-1 típusú helikopter következett 1961 és 1983 között. Ka-26 1971-től 1990-ig. 1982 és 2000 között a Mi-2 típusú helikopter került alkalmazásra. Ez a négy típus könnyű és közepes kategóriába tartozott és nem került adatrögzítővel felszerelésre [36].

A most is hadrendbe álló helikopterek a Mi-8 1969-től, a Mi-24 1978-tól, a Mi-17 1987-től gyárilag SZARPP-12DM adatrögzítővel voltak felszerelve, amelyek folyamatosan SZIROM rendszerré lettek átépítve. 2014-ben vásárolt Mi-8 helikopterek közül kettő BUR-1-2Zs baleseti adatrögzítővel rendelkezik [26]. Mivel a SZARPP rendszer kiépítésre került, így a részletes bemutatásától eltekintek.

2.2. SZIROM rendszer

A Számítógépes Integrált Repülési Paramétereket Rögzítő és Kiértékelő Objektív Mérőrendszer (SZIROM) rendeltetése, a repülőgépek és helikopterek különböző repülési- és hajtómű paramétereinek és egyszeri parancsoknak rögzítése, az adatok megőrzése mechanikai behatások, tűz esetén, vagy vízbeeséskor, valamint a repülést követően ezen adatok számítógépes feldolgozása. A rendszer kifejlesztésének célja: az elektromechanikus elven működő SZARPP-12 rendszer leváltása volt, felhasználva a SZARPP rendszerbe tartozó fedélzeti adókat és kábeleket is, azonban a kiegészítő paraméterek előállítására céljából új adók is beépítésre kerültek a rendszerbe [5].

A rendszer biztosítja:

- 12 analóg paraméter és 12 egyszeri parancs rögzítését 3 óra 28 perc vagy 13 óra 52 perc időtartamban;
- a repülési paraméterek gyorskiértékelését és az értékelés eredményének rendszerezett kijelzését;
- a rögzített adatok grafikus megjelenítését a számítógép színes monitorán;
- az analóg paraméterek számértékének kijelzését a kurzor helyzete által meghatározott repülési időpillanatra vonatkozóan;
- a grafikusan megjelenített görbék tetszőleges mértékű nagyítását vagy összenyomását az értékelés megkönnyítése érdekében;
- az egyes paraméterek görbéin a maximum és minimum pontok megkeresését és azok számértékének kijelzését;
- nyomtatott jegyzőkönyv készítését;
- az adatok archiválását [5].

Fedélzeti és földi alrendszerből áll. A fedélzeti alrendszer az adatgyűjtést és a rögzítést végzi, a földi a kiértékelést, archiválást.

Főbb műszaki adatok:

- Tápfeszültség: A rendszer táplálása 27 ± 13 V egyenfeszültséggel történik (ha a tápfeszültség értéke az itt meghatározott határokon kívül esik, a repülési paraméterek rögzítése megszűnik, de a korábban rögzített információ megőrződik).
- Alaphiba: A rögzített paraméterek alaphibája az egyes adók alaphibájától függ. Az erre vonatkozó adatok az adók műbizonylatában megtalálhatók.
- Járulékos hiba: A SZIROM rendszer által regisztrált paraméterekben okozott járulékos hiba nem haladja meg az adott paraméter maximális értékének $\pm 1\%$ -át.

Üzemi feltételek:

- vibráció: az 5-2000 Hz frekvenciatartományban, legfeljebb 2,5 mm elmozdulással járó 10 g-ig terjedő túlterheléssel;
- ütési túlterhelések: egyszeri ütés esetén 15 g-ig terjedőek, ismétlődő ütések esetén 8 g-ig terjedőek lehetnek; a memória-kazettára vonatkozóan az ütési túlterhelés 100 g lehet;
- lineáris gyorsulás: 100 m/s²-ig terjedő lehet;
- a környező közeg hőmérséklete: -60 °C-tól + 60 °C-ig terjedő lehet (üzemen kívüli állapotban, a repülőgép állóhelyén: +85 °C-ig terjedő lehet);

- a környező levegő nyomása: a normális légköri nyomástól a csökkentett nyomás² irányában 202 hPa (0,2 kp/cm²) lehet;
- a memória-kazetta:
 - vízállósága: 10 méter mélységig terjedően 1 órán át van biztosítva;
 - hőállóság: a kazetta +1100 °C hőmérsékletet bír ki (a hőállóság szempontjából átalakított konténerben) 10 percen keresztül [5].

2.2.1. Fedélzeti alrendszer

A fedélzeti alrendszer a következő egységekből áll:

- Illesztő egység (**Serial Interface Unit**);
- Adatgyűjtő egység (**Data Processing Unit**);
- Memória-kazetta (**Memory cassette**) [5].

2.2.1.1. Illesztő-átalakító egység

Az illesztő-átalakító egység feladata a különböző mérőadók jeleinek átalakítása az adatgyűjtő egység részére, stabilizált tápfeszültség előállítása az adatgyűjtő és a memória-kazetta áramkörei, továbbá a mérőáramkörök és az egyszeri parancsok áramkörei részére. Az egység az alábbi érzékelők és jeladók jeleinek feldolgozására képes: potenciométeres jeladó, háromfázisú fordulatszám adó, hőelem, piezoelektromos vibrációadó, szelszin adó, áram adó, feszültség adó, impulzusszám adó.

Az illesztő-átalakító egység az érzékelőkről beérkező jeleket megfelelő szűrés után digitalizálja, majd az értékeket az adatgyűjtő egység felé továbbítja. A szelszin jeladók bedöntési- és bólintási szögjeleinek átalakítását egy önálló mikroprocesszoros egység végzi. Az egyszeri parancsok is megfelelő szűrés után jutnak tovább az adatgyűjtő egység felé. A bemenő csatornák a zavarjelek hatásának csökkentése érdekében galvanikusan el vannak választva egymástól, a fedélzeti energiarendszertől és a testtől. Ebben az egységben helyezkedik el a fedélzeti rendszer tápegysége, amely a repülőgép 27 V-os egyenáramú tápfeszültségéből állítja elő a SZIROM rendszer fedélzeti áramköreinek táplálásához szükséges stabilizált feszültségeket. A tápegység áramköri kialakítása biztosítja a rendszer hibamentes működését nagy bemenő feszültség ingadozások illetve zavarjelek esetén is.

Illesztő-átalakító egység 12 analóg és 12 diszkrét csatornát tartalmaz. Az analóg csatornák különböző jeladók jeleinek fogadására alkalmasak:

- potenciométeres jeladók;
- háromfázisú fordulatszám jeladó;

- hőelem;
- piezoelektromos vibrációadó;
- áram adó;
- feszültség adó;
- impulzusszám adó;
- szelszin adó.

Az analóg csatornák jelfogadó áramkörei a jeleknek megfelelően vannak kialakítva. Az egyes jelfajtákat illesztő egységek bemenetének érzékenysége, a konkrét helikopter típuson elhelyezett adó jeltartományának megfelelően fix elemekkel van beállítva. Az egyszeri parancsok 27 V-os jelek, melyek megléte illetve hiánya jelzi a bemeneten az egyszeri parancs jel állapotát. Ezek az áramkörök is földfüggetlenek az esetlegesen fellépő zavarjelek elkerülése érdekében. A bementek nem tartalmaznak tápfeszültséget igénylő erősítő vagy más aktív elektronikus elemeket, minimálisra csökkentve az esetleges visszahatási lehetőséget az egyszeri parancsjeleket előállító áramkörökre.

Az illesztő egységben elhelyezkedő fő tápegység előstabilizált tápfeszültséget állít elő az adatgyűjtő egység számára. A tápegység túlfeszültség és alul-feszültség védelemmel van ellátva. Az egyes analóg áramköröket, valamint a teljes digitális jelfeldolgozó rendszert galvanikusan elválasztva táplálja. A fedélzeti tápfeszültségből (14-42 V) jó hatásfokkal állítja elő a belső hőfejlődés elkerülése érdekében [5]. Az egységek 5 darab kártyán helyezkednek el, szerkezete a 3. ábrán látható.

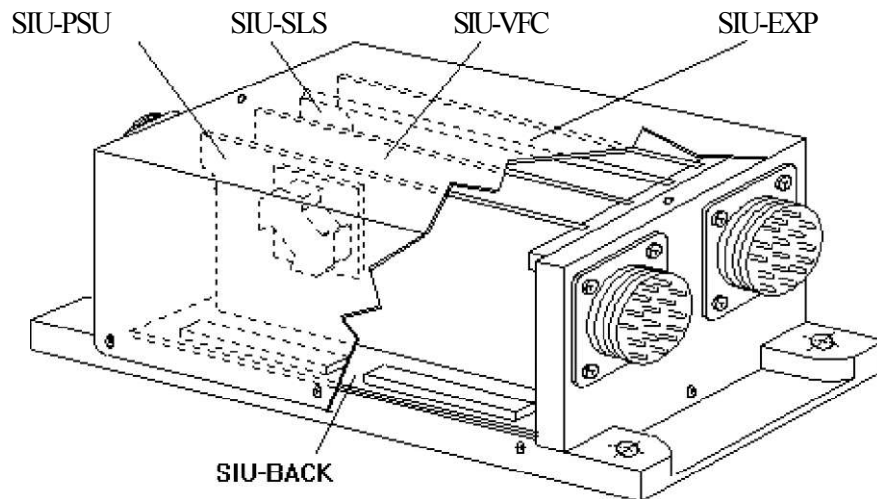
A SIU-PSU kártya a SZIROM rendszer fő tápegysége, és itt kapott még helyet a működést visszajelző izzót meghajtó áramkör is.

SIU-VFC kártya az eredeti SZARPP paramétereknek megfelelően összeállított potenciométeres és fordulatszám-mérő jelének fogadására képes analóg csatornák, 6 egyen-irányítóval és nagyfrekvenciás szűrővel, valamint 2 csak nagyfrekvenciás szűrővel ellátott egyszeri parancs csatorna található.

SIU-EXP kártya a kiegészítő paramétereket feldolgozó áramköröket tartalmazza.

SIU-SLS kártya (a vadász változaton) 3 db szelszin jel feldolgozására alkalmas áramkör került kialakításra, melyből 2 a bedöntési- és a bőlintási szög csatornák részére van kiépítve, 1 csa-torna az esetlegesen kiépítésre kerülő irányszög-jelnek van fenntartva.

A SIU-BACK kártyára csatlakoztathatóak az előzőekben felsorolt egységek [5].

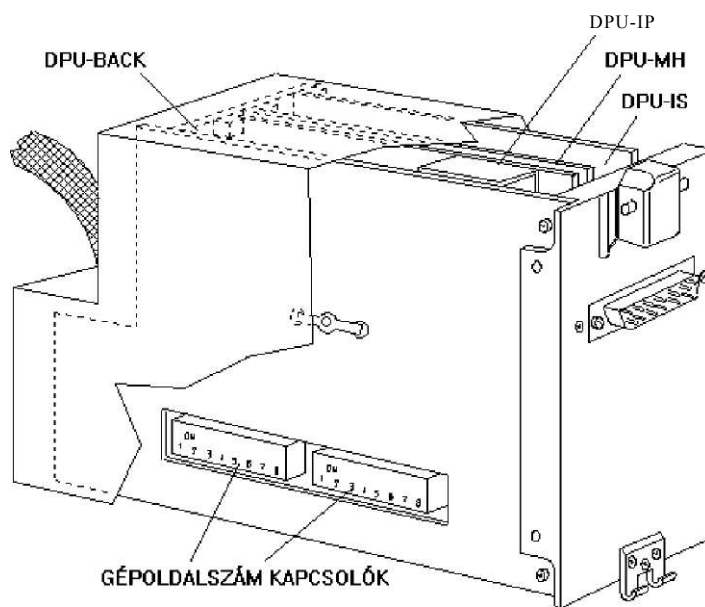


6. ábra Illesztő-átalakító egység szerkezete [5]

2.2.1.2. Adatgyűjtő egység

Az adatgyűjtő egység dolgozza fel az illesztő egység által előkészített, illetve átalakított jeleket. Ebben az egységben helyezkedik el a fedélzeti rendszer fő mikroprocesszora, amely a teljes adatgyűjtési és kódolási folyamatot vezérli, tárolt program alapján. Az analóg jelet szolgáltató érzékelők digitalizált jeleit a mikroprocesszor a szükséges mintavételezési sebességnek megfelelően integrálja. Ez biztosítja, hogy a rendszer a mintavételek között eltelt időtartam közötti jelátlagokat rögzíti. Az egyszeri parancs jeleket a mikroprocesszor analizálja, így lehetővé válik az esetleges rövid idejű zavarjelek kiszűrése. A mikroprocesszor a kódolási folyamat során a mért adatokból blokkokat képez, az adatokat megfelelő blokkválasztó kóddal látja el, az adatátvitel és a tárolás hibátlanságának ellenőrzésére paritásbiteket is generál. A mikroszámítógép a SZIROM rendszer bekapcsolását követően, 2 másodperc időtartamra „teszt” jelet ad az illesztőnek, ugyanakkor 2 startblokkot generál és ír a memória-kazettába. A startblokk tartalmazza a helikopter azonosító számát, a SZIROM rendszer típusszám kódját, az adatgyűjtő rendszer azonosító kódját és egyéb rendszerinformációkat (gyártó, gyártási év stb.) A startblokk megismétlésével biztosítható, hogy esetleges zavar esetén is automatikusan felismerhető legyen a gépoldalszám. A két startblokkot egy ellenőrző blokk követi, amelyben az analóg bemenetek az érzékelők helyett egy a végkitérés $50\% \pm 5\%$ -os bemenő jelre vannak kapcsolva, lehetővé téve ezzel a rendszer helyes működésének ellenőrzését a kiértékeléskor. A működés 4. másodpercétől kezdve a rendszer az érzékelők jeleit rögzíti. Az egység biztosítja a működés visszajelző lámpa táplálását is [5].

Az adatgyűjtő egység (DPU) kártyákból épül fel. A DPU-IP kártyán kapott helyet a segéd tápegység és az analóg és digitális csatornák jeleinek fogadó áramkörei. A DPU-MH kártyán helyezkedik el a fő processzor, a fűtés áramkör és a gép oldalszám beállítására szolgáló kapcsoló sor. A DPU-IS kártyán van a kiegészítő processzor, valamint az analóg és digitális csatornák jeleit fogadó áramkörök. A DPU-BACK kártyára csatlakoznak az előzőekben felsorolt egységek, szerkezete a 7. ábrán látható [5].



7. ábra Adatgyűjtő egység szerkezete [5]

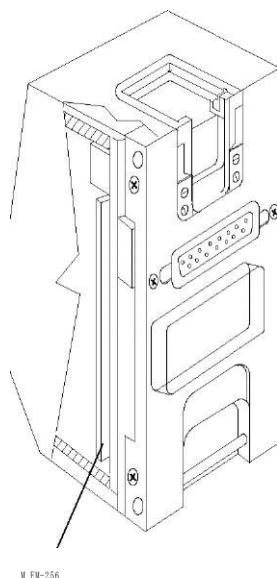
A két kártya (DPU-IP, DPU-IS) 8 analóg, és 8 digitális csatornát tartalmaz. Az alapkiépítés kiegészíthető még két kártyával, amelyek egyenként 8 analóg és 8 digitális csatornát tartalmazhatnak. Kiegészítő kártyák használata esetén, ezen kártyák által blokkba szervezett adatok automatikusan hozzáfűződnek az alapkártya adatblokkjához.

Fűthető belső dobozban van elhelyezve, amely a tápfeszültség megléte esetén az elektronika hőmérsékletét nem engedi $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá csökkenni. Az illesztő-átalakító egységgel való összeköttetést egy 76 pólusú csatlakozóval ellátott kábel, a memória-kazettával való összeköttetést pedig az oldalfalra szerelt 15 pólusú önbeálló CANNON csatlakozó biztosítja [5].

2.2.1.3. Memória-kazetta

A memória-kazetta az adatgyűjtőhöz csatlakozik, a kapacitása 192, 256 kbyte vagy 1 Mbyte. A kazettában félvezető memória-áramkörök tárolják az adatgyűjtő által előállított adatblokkokat. A kazetta áramköri megoldása lehetővé teszi a kazetta leválasztását az adatgyűjtőről, anélkül, hogy a tárolt adatokban bármilyen károsodás lépne fel. A memória-kazetta tápfeszültség ellátásáról ezüst-cink akkumulátor gondoskodik abban az esetben,

amikor a kazetta nem csatlakozik az adatgyűjtőhöz illetve a beolvasó egységhez, vagy ha rendszer kikapcsolt állapotban van. Az akkumulátor kb. 1 hónapig képes ellátni tápfeszültséggel a memóriát. Az adatgyűjtés illetve beolvasás közben a kazettába épített töltőáramkör tölti az akkumulátort. A memória kazetta a 8. ábrán látható.



8. ábra A memória kazetta [5]

A memória-kazetta feladata a mérés során előállított adatok tárolása. A vezérlő áramkör rendezi az adatgyűjtő mikroszámítógépe által soros formában küldött adatokat, valamint előállítja a memóriacímeket, ahova a tárolás történni fog. A memória adatokkal való teljes feltöltésekor a címszámláló újra a nullás címre ugrik, ezzel biztosítva azt, hogy a memória-kazetta a rögzítési időtartam elejét kezdjen törölni, túlsordulás esetén. A memória-kazetta törlésekor is a címszámláló a nullás címre áll. Az adatgyűjtés folyamán a címszámláló értéke folyamatosan növekszik. Ez az áramkör állítja elő a memória-áramkörök írásához, illetve olvasásához szükséges vezérlőjeleket is. Az adatok CMOS technológiájú statikus memóriákban tárolódnak. A memória áramkörök byte-os szervezésűek. A vezérlő áramkör által byte formátumra hozott adatok 8-bites szavakként kerülnek tárolásra, a címszámláló állapota által meghatározott memóriacímre.

2.2.2. Földi alrendszer

A földi alrendszer főbb feladatai:

- a memória-kazettában rögzített repülési paraméterek kiolvasása;
- a repülési paraméterek feldolgozása, gyorskiértékelése speciális program segítségével;
- a rögzített repülési paraméterek grafikus megjelenítése a számítógép képernyőjén színes grafikonok és egyenes vonalak formájában;

- az analóg paraméterek értékének számszerűsítése, a kurzor helyzetének megfelelő időpillanatra vonatkozóan a hitelesítési görbék figyelembe vételével;
- az analóg paraméterek részletes elemzéséhez szükséges méretarány biztosítása a képernyőn, valamint választási lehetőség biztosítása a görbék megjelenítésére, a képernyő felosztására vonatkozóan;
- a maximum és minimum pontok automatikus megkeresése az analóg paraméterek görbéin és azok értékének kijelzése;
- a különböző üzemidők kiszámítása és kijelzése;
- jegyzőkönyv összeállítása és kinyomtatása;
- a kapott adatok archiválása;
- a memória-kazetták tárolása a repülések közötti időtartamok idején, valamint a kazetták akkumulátorának utántöltése.

A földi alrendszerbe tartozik egy kiolvasó talp, mely a személyi számítógép a memória-kazetta elektromos összekapcsolására és a kazetta megbízható rögzítésére szolgál. Egy személyi számítógép, amely a számítógép és a memória-kazetta közötti kommunikáció biztosításához szükséges bővítő kártyával van ellátva. A személyi számítógép a repülési paraméterek feldolgozását és megjelenítését az erre a célra kifejlesztett program szerint végzi. Egy memóriakazetta tartó tábla, amely lehetővé teszi a kazetták (5 vagy 19) megfelelő tárolását a repülések közötti időszakokban, valamint a kazetták akkumulátorainak a megfelelő utántöltését. Baleseti adatmentő (BAM), a repülési paraméterek kimentése a memóriakazettából, ha megsérül a kazetta csatlakozója. Ellenőrző berendezés, amely lehetővé teszi a repülőgépből kiépített fedélzeti alrendszer ellenőrzését.

A földi alrendszer működése: A számítógépben lévő PC-DR kártya és a memória-kazettát a kiolvasótalp köti össze. A kiolvasótalp nem tartalmaz aktív elektronikát, csak passzív kábelezést, de a masszív kivitelezés megkönnyíti a memória-kazetta fel-, illetve lecsatlakoztatását. A PC-DR kártya teremt aktív kapcsolatot a memória-kazetta és a számítógép között. A számítógép a PC-DR kártya segítségével olvassa ki a fedélzeti adatgyűjtő memória-kazettájából a repülés folyamán gyűjtött adatokat. A beolvasást és archiválást követően pedig 0-kal írja felül a memória-kazettát, elvégezve így az előző tartalom törlését is.

A PC-DR kártya egy normál IBM méretű kártya, amely a kiolvasás gyorsítása érdekében DMA (direkt memória-hozzáférés) útján történik. A kártya látja el a memóriakazetta akkumulátorának töltését, biztosítja a memória tápfeszültségét a kiolvasás ideje alatt, vezérli a memóriakazetta címszámlálóját [5].

2.2.3. A SZIROMH-24 rendszer leírása

A Mi-24 típusú helikopterhez kifejlesztett rendszer kétféle módon került beépítésre. Csak a SzARPP rendszer adóit felhasználva 6 folyamatos paraméter, míg a kiegészítő adók beépítésével 12 paraméter rögzítésére alkalmas.

Analóg jelek:

- 1. Barometrikus magasság (0-6000 m) / Rádió-magasságmérő jele (0-600 m);
- 2. Műszer szerinti sebesség (0-400 km/h);
- 3. Vezérlő automata csúszkájának helyzete, közös állásszög (1-14°);
- 4. Főreduktor fordulatszáma (0-110%);
- 5. Bedöntési szög (-60-tól +60-ig);
- 6. Bólintási szög (-45-től +45-ig);
- 7. Jobb hajtómű turbina előtti gázhőmérséklet (0-800 °C);
- 8. Bal hajtómű turbina előtti gázhőmérséklet (0-800 °C);
- 9. Jobb hajtómű turbókompresszor fordulatszáma (0-110%);
- 10. Bal hajtómű turbókompresszor fordulatszáma (0-110%);
- 11. Vezérlő automata hosszirányú dőlésszöge (-8°-tól +6°-ig);
- 12. Függőleges túlterhelés (-3,5-től +10 g-ig).

Egyszeri parancsok:

- 1. Fő hidraulika rendszer meghibásodás (55 kp/cm);
- 2. Tartalék hidraulika rendszer meghibásodás (28 kp/cm);
- 3. Tűzjelző működésbe lépése;
- 4. Minimális tüzelőanyag maradvány (120 l);
- 5. Jobb hajtómű fokozott vibrációja (45 mm/s);
- 6. Bal hajtómű fokozott vibrációja (45 mm/s);
- 7. Rádió-magasságmérő megbízhatósági jele;
- 8. Jobb hajtómű minimális olajnyomása (2 kp/ cm);
- 9. Bal hajtómű minimális olajnyomása (2 kp/ cm);
- 10. Főreduktor minimális olajnyomása (2 kp/ cm);
- 11. Irányított, nem irányított rakéta indítógomb működtetése;
- 12. Géppuska tűzvezérlőgomb működtetése [5].

A 11. - 12. analóg jelek és a 8. - 9. egyszeri parancsok rögzítéséhez szükséges adók beépítése a helikopter fedélzetére, a 7. - 10. analóg jelek, és a 7., 10. - 12. egyszeri parancsok rögzítése

meglévő berendezések jeleinek megcsapolásával történik. Az illesztő átalakító egységbe SUI-EXP-H24 kártya került beépítésre, a következő jelek feldolgozására:

- 2 impulzusszám adó;
- 2 hőelem;
- 2 potenciométer;
- 1 RV-5 vagy RV-3 jel;
- 3 egyszeri parancs;
- 1 logikai áramkör, mely két egyszeri parancs csatorna „vagy” kapcsolatát valósítja meg [5].

2.2.3.1. A SZIROMH-8 paraméterei

A Mi-8 típusú helikopter rögzített paraméterei:

- 1. Barometrikus magasság (0-6000 m) / Rádió-magasságmérő jele (0-600 m);
- 2. Műszer szerinti sebesség (0-400 km/h);
- 3. Vezérlő automata csúszkájának helyzete, közös állásszög (1-14°);
- 4. Forgószárny fordulatszáma (0-110%);
- 5. Bedöntési szög (-60-tól +60-ig);
- 6. Bólintási szög (-45-től +45-ig);
- 7. Jobb hajtómű turbina előtti gázhőmérséklet (0-800 °C);
- 8. Bal hajtómű turbina előtti gázhőmérséklet (0-800 °C);
- 9. Jobb hajtómű turbókompresszor fordulatszáma (0-110%);
- 10. Bal hajtómű turbókompresszor fordulatszáma (0-110%).

Egyszeri parancsok

2

- 1. Fő hidraulika rendszer meghibásodás (55 kp/cm);
- 2. Tartalék hidraulika rendszer meghibásodás (28 kp/cm);
- 3. Tűzjelző működésbe lépése;
- 4. Minimális tüzelőanyag maradvány (120 l);
- 5. Rádió-magasságmérő megbízhatósági jele;
- 6. Jobb hajtómű fűtés kikapcsolva;
- 7. Bal hajtómű fűtés kikapcsolva;
- 8. Főreduktor minimális olajnyomása (2 kp/ cm);
- 9. ECN-75 szivattyú nyomása alacsony.

2.2.3.2. A SZIROMH-17 paraméterei

A Mi-17 típusú helikopteren rögzített adatok:

- 1. Barometrikus magasság (0-6000 m);
- 2. Rádió-magasságmérő jele (0-600 m);
- 3. Műszer szerinti sebesség (0-400 km/h);
- 4. Vezérlő automata csúszkájának helyzete, közös állásszög (1-14°);
- 5. Forgószárny fordulatszáma (0-110%);
- 6. Bedöntési szög (-60-tól +60-ig);
- 7. Bólintási szög (-45-től +45-ig);
- 8. Jobb hajtómű turbina előtti gázhőmérséklet (0-800 °C);
- 9. Bal hajtómű turbina előtti gázhőmérséklet (0-800 °C);
- 10. Jobb hajtómű turbókompresszor fordulatszáma (0-110%);
- 11. Bal hajtómű turbókompresszor fordulatszáma (0-110%);
- 12. Vezérlő automata hosszirányú dőlésszöge (-8°-tól +6°-ig);
- 13. Függőleges túlterhelés (-3,5-től +10 g-ig).

Egyszeri parancsok

2

- 1. Fő hidraulika rendszer meghibásodás (55 kp/cm);
- 2. Tartalék hidraulika rendszer meghibásodás (28 kp/cm);
- 3. Tűzjelző működésbe lépése;
- 4. Minimális tüzelőanyag maradvány (120 l);
- 5. Jobb hajtómű fokozott vibrációja (45 mm/s);
- 6. Bal hajtómű fokozott vibrációja (45 mm/s);
- 7. Rádió-magasságmérő megbízhatósági jele;
- 8. Jobb hajtóműfűtés bekapcsolva;
- 9. Bal hajtóműfűtés bekapcsolva;
- 10. Főreduktor minimális olajnyomása (2 kp/ cm);
- 11. ECN-75 szivattyú nyomása alacsony;
- 12. Hajtóművek felszálló üzemmódon.

2.3. BUR-1-2Zs rendszer

A BUR-1-2Zs baleseti adatrögzítő rendeltetése a fedélzeten összegyűjtött adatok megőrzése baleset bekövetkezése esetén. A földi kiértékelő berendezés biztosítja az adatok megjelenítését, és feldolgozását a baleset okainak, személyzet tevékenységének és a repülőeszköz műszaki állapotának megállapításához. Fedélzeti és földi alrendszerből áll [6].

Főbb műszaki adatai:

- Környezeti hőmérséklet: -60-tól +60 °C-ig;

- A levegő relatív páratartalma 98% (hőmérséklet 35 °C);
- Vibráció: az 5-2000 Hz frekvenciatartományban, legfeljebb 2,5 mm elmozdulással járó 5 g-ig terjedő túlterheléssel;
- Lineáris gyorsulás 49,1 m/s (5 g);
- Túlterhelés 147 m/s² (15 g);
- Folyamatos működési idő: 15 óra.

A konténer biztosítja az adatok megőrzését:

- A környezeti hőmérséklet: 1100 °C 15 percen belül;
- Ütésszerű túlterhelés: 1000 g 10 ms-ig;
- statikus terhelés 2260 kg három tengely mentén 5 percre;
- Tengervízben maximum 36 óra;
- Repülőgép-üzemanyagban, hidraulikus és éghető folyadékokban maximum 5 perc [6].

23 analóg paramétert, és 43 egyszeri parancsot rögzít:

- 1. Műszer szerinti sebesség;
- 2. Barometrikus magasság;
- 3. Valós magasság;
- 4. Mágneses irányszög;
- 5. Bedöntési szög;
- 6. Bólintási szög;
- 7. Függőleges túlterhelés;
- 8. Keresztirányú túlterhelés;
- 9. Hosszirányú túlterhelés;
- 10. Forgószárny közös állásszög vezérlő kar helyzete;
- 11. A pedálok helyzet;
- 12. A farok légsavar vezérlő rúd helyzet;
- 13. Botkormány hosszirányú kitérése;
- 14. Botkormány keresztirányú kitérése;
- 15. Vezérlőautomata hosszirányú kitérése;
- 16. Vezérlőautomata keresztirányú kitérése;
- 17. Bal hajtómű turbókompresszor fordulatszám;
- 18. Jobb hajtómű turbókompresszor fordulatszám;
- 19. Forgószárny fordulatszám;
- 20. Akkumulátor sín feszültsége;
- 21. Bal hajtómű kiáramló gázhőmérséklet;

- 22. Jobb hajtómű kiáramló gázhőmérséklet;
- 23. Forgószárny közös állásszög.

Egyszeri parancsok:

- 1. Beszállító szivattyú kikapcsolva;
- 2. Főreduktor olajnyomás alacsony;
- 3. Főreduktor olajhőmérséklet magas;
- 4. Rádió adásgomb megnyomása;
- 5. Főhidraulika rendszer folyadék nyomása alacsony;
- 6. Vész hidraulika rendszer folyadék nyomása alacsony;
- 7. I. tűzcsap zárt helyzetben;
- 8. II. tűzcsap zárt helyzetben;
- 9. „Jegesedés” jelet;
- 10. Tűz a bal hajtómű térben;
- 11. Tűz a jobb hajtómű térben;
- 12. Tűz a főreduktor térben;
- 13. Tűz a K0-50 terében;
- 14. Forgószárny és faroklégcsavarjégtelenítő rendszer bekapcsolva;
- 15. Futómű kirugózás;
- 16. 270 liter üzemanyag maradvány;
- 17. Külső teher ledobás;
- 18. Külső teher ledobása vész üzemmódban;
- 19. Veszélyes magasság;
- 20. Bal generátor meghibásodása;
- 21. Jobb generátort meghibásodás;
- 22. Bal hajtóműfűtés bekapcsolva;
- 23. Jobb hajtóműfűtés bekapcsolva;
- 24. Bal vagy a jobb külső tartály szivattyú kikapcsolva [44].

A Magyar Honvédség Mi-8 típusú helikopterében a fent felsorolt egyszeri parancsok kerültek rögzítésre. A továbbiakban egy másik konfigurációt mutatok be, ahol mindegyik csatorna kihasználásra került.

- 25. Bal hajtómű határ üzemmód;
- 26. Jobb hajtómű határ üzemmód;
- 27. Bal hajtómű szabad turbina fordulatszám magas;
- 28. Jobb hajtómű szabad turbina fordulatszám magas;

- 29. Bal hajtómű olajnyomás alacsony;
- 30. Jobb hajtómű olajnyomás alacsony;
- 31. Robotpilóta bedöntés és bólintás csatorna bekapcsolva;
- 32. Bal műhorizont meghibásodott;
- 33. Jobb műhorizont meghibásodott;
- 34. Tartalék műhorizont meghibásodott;
- 35. Bedöntés nagy;
- 36. Nincs giroszkóp jel;
- 37. BKK-18 meghibásodott;
- 38. Rádió-magasságmérő meghibásodott;
- 39. DISSZ meghibásodott;
- 40. Magasságcsatorna bekapcsolva
- V Ha BUV-8A fel van építve;
- 41. Sebességcsatorna bekapcsolva
- 42. Jobb külső tartály szivattyú kikapcsolva;
- 43. Fémforgács a főreduktorban;
- 44. Indító nyomógomb megnyomása [38].

2.3.1. BUR-1-2 fedélzeti alrendszere

A fedélzeti alrendszer a következő részekből áll:

- adatgyűjtő egység;
- vezérlő pult;
- védett tároló egység;
- rögzítő keret;
- felépített érzékelők [6][38][44].

2.3.1.1. Adatgyűjtő egység

Az adatgyűjtő egység (BSzPI 4-2) a következő feladatokat látja el:

- 1. Stabilizált tápfeszültséget biztosít a potenciométere távadók táplálásához;
- 2. Bemeneti jelek összegyűjtése;
- 3. Egyszeri parancsok összegyűjtése;
- 4. Jelek, normalizálása;
- 5. A normalizált analóg jelek digitálissá alakítása;
- 6. Szinkron jel kialakítása;
- 7. A kimeneti digitális soros kód kialakítása [7].

Másodpercenként 64 mintavételezést hajt végre, csatornánként 1, 2, 4, 8 vagy 16 Hz frekvenciával.

A mérőcsatornák az alábbiak szerint vannak programozva:

- 6 csatorna két és három vezetékes érzékelők és potenciométeres érzékelők részére;
- 8 csatorna kétvezetékes és potenciométeres érzékelők részére;
- 6 csatorna potenciométeres adók jeleinek fogadására;
- 4 csatorna 7-100Hz frekvenciájú jelek vételéhez [7].

Főbb műszaki adatai:

- Tápfeszültség: 18-33 V;
- Felvett teljesítmény: maximum 15 W;
- Bemelegedési idő: maximum 2 perc;
- Folyamatos működési idő: 15 óra.

A berendezés biztosítja:

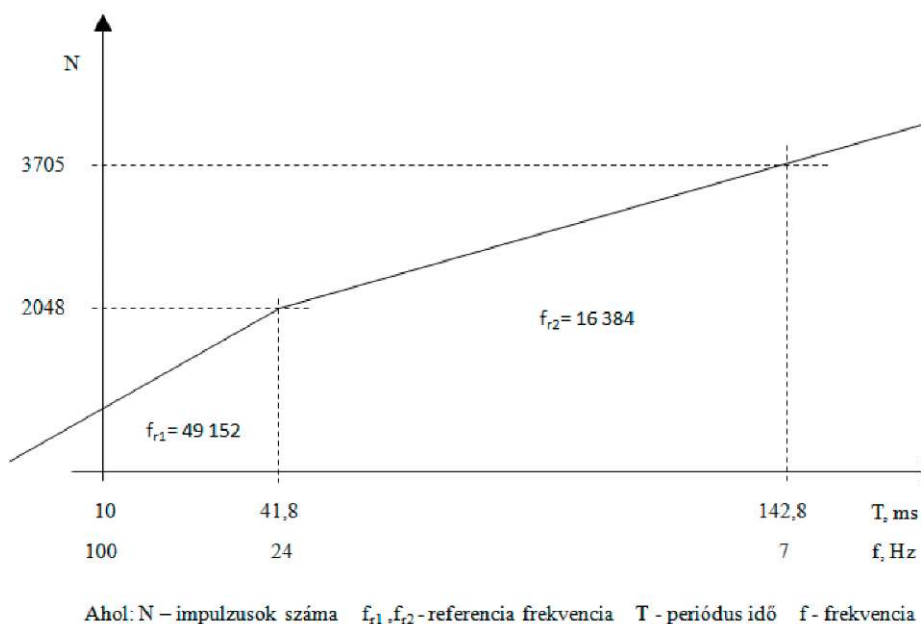
- A potenciométeres jeladóktól érkező jelek normalizálását, és digitalizálását;
- A DTE és DV adóktól érkező jel frekvenciájának digitalizálása;
- Az egyszeri parancsok digitális kódolását;
- A kezelő pulttól érkező adatok digitalizálását;
- Hitelesítés végrehajtását UBOP-1 berendezés csatlakoztatásával;
- Stabilizált tápfeszültség biztosítása a potenciométeres jeladók, a kezelőpult és az áramkörei részére;
- Saját maga és a védett tároló meghibásodásának kijelzése;
- Szinkronfrekvencia biztosítása a rendszer elemei részére.

Működési elve:

A potenciométeres jeladók jelei az analóg jelek blokk AS bemenetére kapcsolódnak. A bemenet bemeneti védelemmel van ellátva. A vezérlő egység (YY) által kidolgozott jel a programvezérlő címkódolójára és az analóg jelek blokkjába jut, ahol a jel három kódcsoportha kerül b, c, d. A illesztő egységben YC differenciál szelszin állítja elő $-(b - c)$ és $-(d - c)$ jeleket, ezzel egy időben a különbségi jelek méretezésre kerülnek. Az analóg-digitál átalakítás előtt a jelek tárolásra kerülnek az illesztőben a vezérlő egység jelei alapján. A jelek átkerülnek a jelnormalizáló egységbe (NC), ahol a differenciál transzformátor kimeneti jele meghatározható a következő 3 egyenlőtlenség megoldásaként: $b - c^0$, $d - c^0$, $b - c^d - c$. A differenciál transzformátor forgórészének a kör 1/8-adnyi cikkében elfoglalt helye a kimenő jel. A szelszin jelei a differenciál transzformátor által így kerülnek normalizálásra. A kimenetre, így a lépcsőző bemenetére (YM) kerülő jelek a programvezérlő által kerülnek meghatározásra. A feszültség

digitalizálása 10 bites számláló rendszerű analóg-digitális átalakítóval történik. Az indító jelet a vezérlőegység, a leállító jelet az illesztő egység biztosítja. Az átalakítás első három lépését a szelszin és a differenciál transzformátor végzi a nyolcad kör meghatározásával. A következő tíz lépés a referencia jel és a mért érték összehasonlítása.

A DTE és a DV típusú érzékelők jelei a frekvencia kód átalakító PCsK bemenetére érkeznek. Az átalakítás időintervallum mérésen alapul, ahol a mérendő frekvencia periódus ideje alatt egy általunk ismert frekvenciájú jele impulzusait számláljuk meg. A mérési pontosság növelése érdekében a 7 Hz - 100 Hz tartományt kétfelé osztották, két referencia frekvenciát alkalmaznak (9. ábra) $f_{r1}=49\,152$ Hz 2048 impulzusszám alatt és $f_{r2}=16\,384$ Hz a 2048 impulzusszám felett. A másik bemeneten a 8,2 kHz - 10 kHz tartományban a referencia frekvencia 768 kHz. Mindkét csatornában az átalakítás eredménye 12-bites szavanként soros kód formájában kerül az adatgyűjtő egységbe.



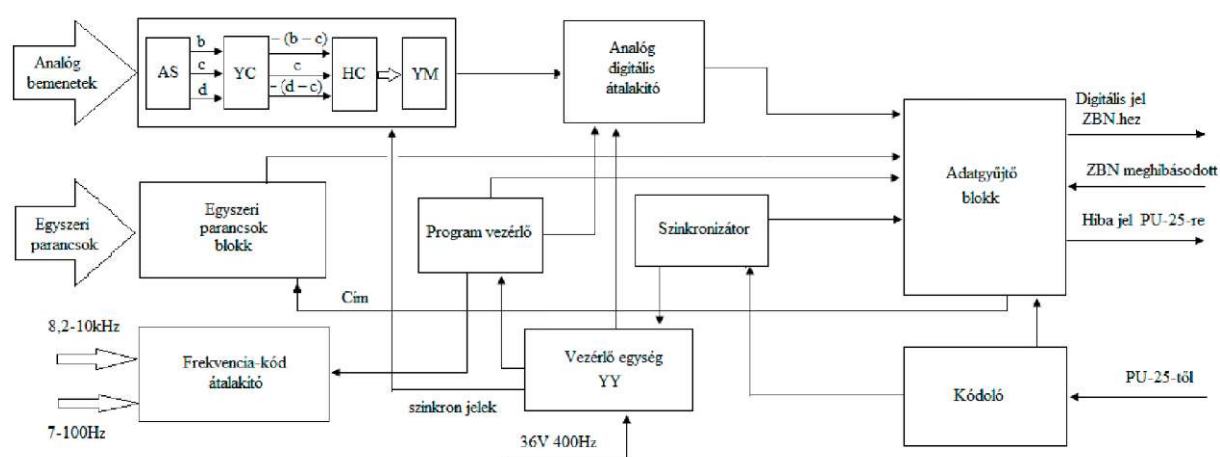
9. ábra 7-100 Hz frekvencia tartomány felosztása [7]

Az egyszeri parancsok a 48 bemenettel rendelkező egyszeri parancsok blokk (PK - pa30Bbix KOMMaHg) bemenetére kerülnek. A bemenetre érkező jel normalizálása után a blokk egy 6 bites kódot rendel hozzá, amely az adatgyűjtő egységbe kerül. Az adatgyűjtő blokk a BSzPI-4-2 kimenetére sorba rendezi az adatokat.

Az analóg digitális átalakítás eredményeként párhuzamos kódok kerülnek rögzítésre 12 bites léptető regiszterbe, ahol az első bit az esemény. Amíg a szelszin és a differenciál transzformátor által létrehozott 1/8-ad kódok 3 bites léptetőregiszterbe kerülnek rögzítésre, addig az AD átalakítás eredménye egy másik regiszterbe. A két regiszter tartalma és a 768 Hz-es órajel 12 bites szavakat alkot.

A kimeneti adatfolyam léptetése az analóg jelek és az egyszeri parancsok blokkjának működése által történik.

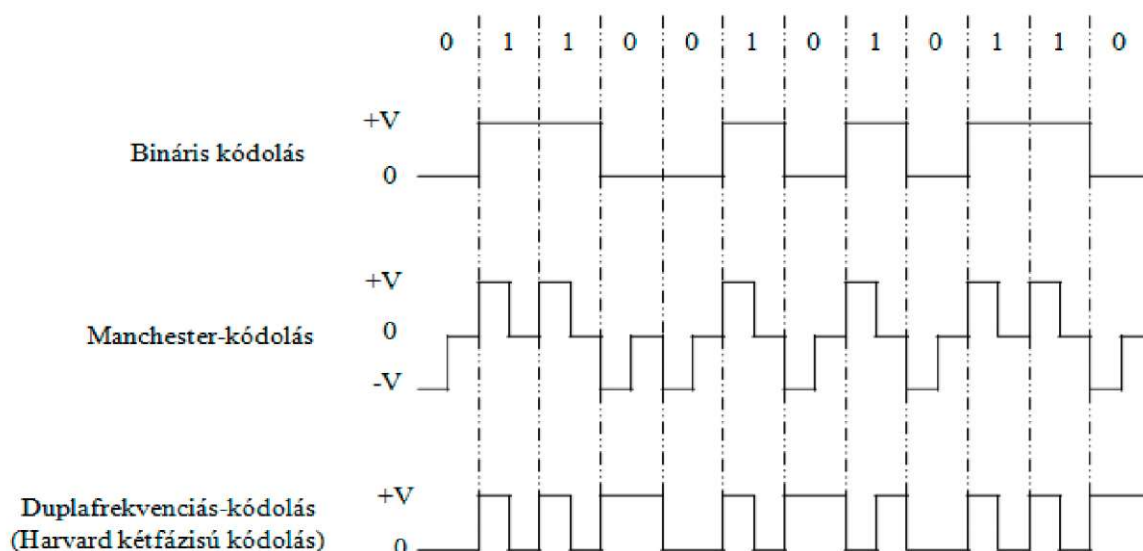
A beépített ellenőrző egység végzi a BSzPI-4 berendezés önellenőrzésének végrehajtását és a védett adattároló hibajelének fogadását. A mérőkör ellenőrzésére a differenciál transzformátor ellenőrző jelet generál, - a kör 1/8-ad részében elfoglalt helyével - amely végighalad a rendszeren és digitalizálásra kerül. Ez a beépített ellenőrző jel nem kerül rögzítésre. A BSzPI-4 hiba jelformáló késleltetéssel működik, a véletlenszerű hibák kijelzésének elkerülése miatt. A hibajelnek 16 másodpercen belül négyszer kell előfordulnia, hogy kijelzésre kerüljön. Bármely berendezés meghibásodása esetén a jel kerül a PU-25 kezelőpultra „BUR üzemképtelen” és a BSzPI-4 előlapján a meghibásodott berendezés hibalámpája kap táplálást.



10. ábra Az adatgyűjtő egység egyszerűsített blokkvázlata⁶

Az adatrögzítő rendszer szinkronizálását a BSzPI-4 berendezésben elhelyezett fő kristály-oscillátor végzi 1 572 864 Hz frekvenciájú jellel. A kristály-oscillátor jeléből kerül előállításra a 12 288 Hz frekvenciájú belső szinkron jel, a bit ismétlődési frekvencia (768 Hz) és a szó ismétlődési frekvencia (64 Hz). Valamint ebből kerül előállításra a másodpercenként 128 és 256 méréshez szükséges 24 576 Hz és 49 132 Hz frekvenciájú jelek. Ebben az esetben a szavak száma kettő illetve négyszeresére nő. A mintavételezési frekvencia megválasztásához a BSzPI-4 berendezés átprogramozható az „F mintavételi program” csatlakozón keresztül.

A kód átalakító egység hajtja végre az adatgyűjtő egység digitális jeleinek kódolását 11. ábra. Ezek a kódok önszinkronizálóak, nem igényelnek szinkronfrekvenciát a visszaalakításhoz. Duplavezetékes szimmetrikus vonalon kerülnek továbbításra. A duplafrekvenciás kódolású jel (Harvard kétfázisú kódolás) csak a védett tárolóba kerül. A kódolóba érkeznek a kezelőpultból az azonosításra szolgáló adatok és a valós idő, amelyek itt kerülnek digitalizálásra.



11. ábra Különböző kódolási jelformák [7]

A programvezérlő az erre a célra kialakított - külső „bemenő program” elnevezésű - csatlakozón keresztül feltöltött program alapján hajtja végre az analóg digitális átalakítás végrehajtásának vezérlését. A feltöltött programnak megfelelően kerül végrehajtásra a különböző csatornáknál a mintavételezés. A program tartalmazza a csatornák címzéseit is, a felépített érzékelők adatainak és érzékelt paramétereinek megfelelően. A programok feltöltésére szolgáló UKO-1-01 „bemenet programozás” és az UKO-1-02 „mintavételezés programozás” berendezések. Az UKO-1-01 berendezéssel a folyamatos jelek, egyszeri parancsok, azonosító adatok és az idő bináris kódjainak helyét határozhatjuk meg, az UKO-1-02 berendezéssel pedig a folyamatos jelek mintavételezési frekvenciáját.

A BSzPI-4-2 kialakítása: Az előlapon a készülék program feltöltésére alkalmas csatlakozók, a hibajelző lámpák, biztosítékok, törlés nyomógomb és csatlakozó található a földi ellenőrző és kiértékelő berendezéshez való csatlakoztatáshoz. A berendezés hátulján található a csatlakozó a beépítő kerethez, amely a BSzPI-4-1 és a BSzPI-4-2 egyértelmű megkülönböztetésére szolgáló kóddal van ellátva [7].

2.3.1.2. Vezérlőpult

A PU-25 vezérlőpult biztosítja az adatrögzítő rendszer távvezérlését, a repüléshez kapcsolódó adatok bevitelére és kijelzésére és a BUR rendszer egységei üzemképességének kijelzésére szolgál [8].

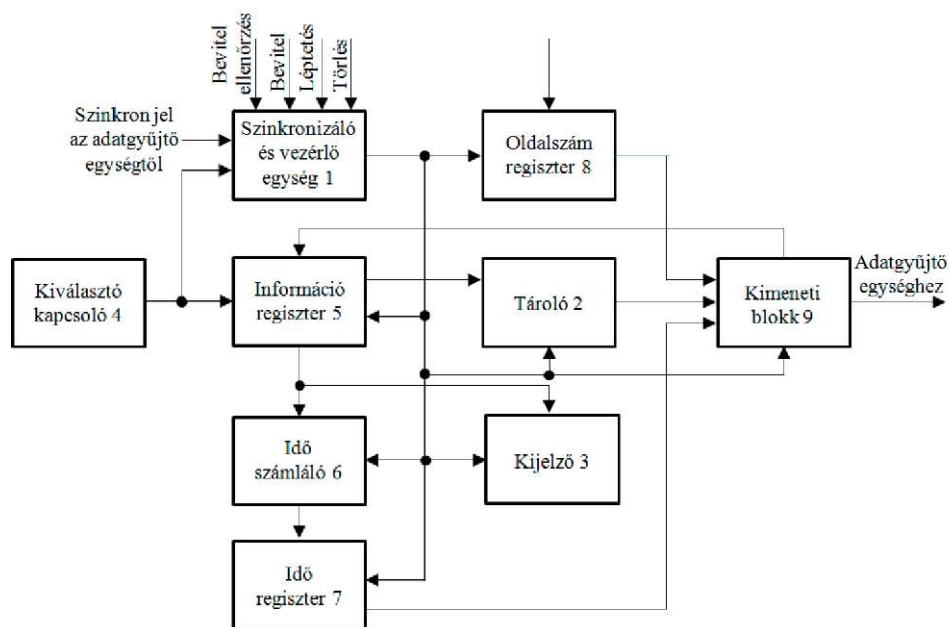
Bevihető adatok:

- Járatszám - 4 decimális számjegy;
- Az indulás időpontja (nap, hónap, év) - 6 tizedes jegy;
- Felszálló tömeg - 3 decimális számjegy;

- Súlypont helyzete (%) - 3 decimális számjegy;
- Oldalszám - 5 decimális számjegy;
- Idő (óra/perc, másodperc) - 6 decimális számjegy.

PU-25 vezérlőpult bevitt azonosító adatai (ID) és az idő a BSzPI-4-n keresztül rögzítésre kerül a védett tárolóban. A bevitt adatok repülés közben a bármikor ellenőrizhetőek. Ezen kívül a PU-25 biztosítja a védett adattároló kézi be- illetve kikapcsolását, és a fényjelzést ad a rendszer meghibásodásakor.

Működése: Egyszerűsített blokkvázlata a 12. ábrán látható.



12. ábra A vezérlő pult egyszerűsített blokkvázlata⁷ [8]

A vezérlőpult működéséhez szükséges az adatgyűjtő egység (BSzPI-4-2) által előállított szinkronizáló jel.

A szinkronfrekvencia a szinkronizáló és vezérlő blokkba kerül (1). A vezérlő blokk biztosítja az adatok bevitelét és kiolvasását, valamint a szinkronfrekvenciából 1 Hz-es órajelet állít elő.

Az adatok tízes számrendszerben kerülnek bevitelre. A kiválasztó kapcsolót (4) a bevinni kívánt adat első számjegyére állítjuk. A „léptetés” nyomógomb lenyomásakor négybites bináris kód kerül rögzítésre az információ regiszterbe (5), innen a kijelzőre (3) jut, ahol decimális számként kijelződik. Ezután következő számjegyre állítjuk a kiválasztó kapcsolót és a léptetés nyomógombot megnyomva, újra az információ regiszterbe kerül rögzítésre a számjegynek megfelelő négybites kód. miután a teljes adat beírásra került a kiválasztó kapcsolót az adat azonosító számára állítva 1. táblázat, a „bevitel” nyomógomb lenyomásakor az információ regiszterben tárolt kódsor átkerül a tároló blokk (2) adatfajtának megfelelő rekeszébe, majd a kimeneti blokkba (9).

Helytelen adat bevitele esetén a „törlés” gomb megnyomásakor az információ regiszterbe bevitt bináris kód törlődik, és a helyesbített adat újra beírásra kerül. Az idő adat rögzítésre kerül az információ regiszterbe, de a „bevitel” gomb lenyomásakor átmásolásra kerül az idő számlálóba (6), ami megkezdí a repülési idő mérését. Innen az időregiszteren (7) keresztül jut a kimeneti blokkra (9). Az oldalszámot nem kell minden bekapcsoláskor bevinni, mert állandó adat lévén, a kezelőpult erre a célra kialakított csatlakozójához csatlakoztatható állandó memória tárolja azt. Oldalszám regiszteren (8) keresztül kerül a kimeneti blokkba.

Bevihető adat	Azonosító kód	kijelző tartalma
Idő	0	BpeMA-0
Dátum	1	gaTa-1
Járatszám	2	peüc-2
Súlypont helyzete	3	^ m p - 3
Felszálló tömeg	4	Macca-4
Oldalszám	5	-

1. táblázat A bevihető adatok és azonosítók

Az adatok ellenőrzéséhez a „bevitel ellenőrzés” nyomógomb megnyomásakor a vezérlő egység jele alapján a kimeneti blokkból visszakerül a kiválasztó kapcsolóval meghatározott adat az információ regiszterbe és a kijelzőre. A kimeneti blokkból az adatok az adatgyűjtő egységbe kerülnek. A PU-25 kezelő pult végzi a rendszer hibajelzését. Az adatgyűjtő által kijelzett hiba a kezelőpulton is megjelenik egy közös „BUR meghibásodott” hibajelző lámpán. A hibajelző lámpa fényereje „nappali” vagy „éjszakai” helyzetbe állítható. A jelzőlámpa működésének ellenőrzésére teszt nyomógomb használható. A kezelő pult végzi a védett adattároló távműködtetését.

2.3.1.3. Védett adattároló

A védett adattároló egység ZBN-1 feladata mágnesszalagra rögzíteni a digitális duplafrekvenciás kódolású jelet.

Az egység biztosítja az adatok folyamatos felvételét a mágnesszalagra. A rögzítés az első sávban kezdődik. Amikor az első sáv végére ért a szalagtovábbítás, megfordul és visszafelé a második sávban folytatódik. A tizenkettedik sáv vége után az első sáv adatainak fölülírásaként folytatódik a rögzítés, így mindig a repülés utolsó 50±10 órányi adata marad a szalagon. Két fejegységben, fejegységenként hat felvevő és hat lejátszó fej került beépítésre. A felvevő fej az adatrögzítést végzi a lejátszó a rögzítést ellenőrzi. A földi adatkiértékeléshez az MLP-23 szalagtovábbító mechanizmus kiépíthető a védett tárolóból és gyorslejátszás üzemmódban használható, majd a

visszaépítés után a kiépítéskor használt sávban folytatja a felvételt. A szalagtovábbító mechanizmus az adatok jobb védelme érdekében hő és ütésálló fémburkolattal van ellátva [39].

Fő műszaki adatai:

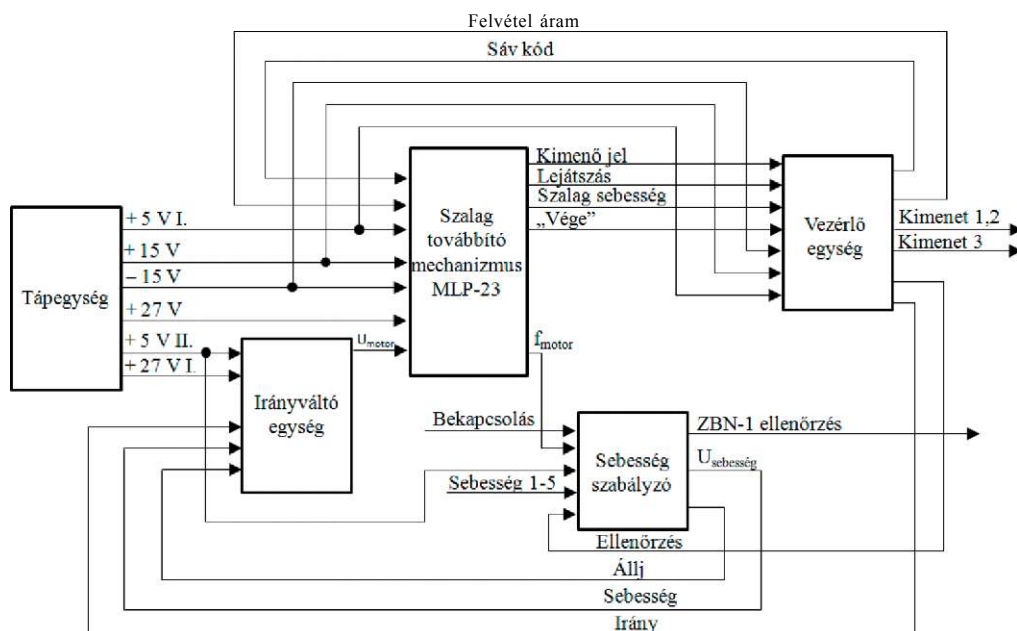
- Mágnesszalagra rögzít duplafrekvencia kódolású digitális adatot;
- Rögzítési sebessége 64 szó/másodperc (768 bit/másodperc);
- Szalagsebesség: 7,42-7,58 mm/s;
- Rögzítési idő: 50±10 óra;
- Kikapcsolás előtt menti a fej pozícióját;
- A hibajel kiadásához az alábbi paramétereket ellenőrzi:
 - > felvevőfej áramfelvétele;
 - > lejátszófej által érzékelt feszültség;
 - > szalagfeszesség;
 - > szalagsebesség ellenőrző működése.
- Hibás működés esetén generált jel: 0,45 V;
- Helyes működés esetén generált jel: 2,4-4,5;
- Szalag mérete: 0,010 x 12,7 mm;
- Folyamatos működési idő: 15 óra;
- Bemelegedési idő: +60 °C és -40 °C között: max. 3 perc;
-40 °C és -60 °C között: max. 15 perc;
- Tápfeszültség: 18-33 V;
- Teljesítményfelvétel bekapcsolt fűtéssel: max. 70 W;
- Teljesítményfelvétel kikapcsolt fűtéssel: max. 40 W;
- Térfogata: 8,5 dm³;
- Tömege: 10,7 kg.

Megvédi az adatokat:

- A környezeti hőmérséklet: 1100 °C 15 percen belül;
- Ütésszerű túlterhelés: 1000 g 10 ms-ig;
- statikus terhelés 2260 kg három tengely mentén 5 percig;
- Tengervízben maximum 36 óra;
- Repülőgép-üzemanyagban, hidraulikus és éghető folyadékokban maximum 5 perc;
- Lezuhanó teher tömege 250 kg 1 m magasságról, és az ütközés terület maximum 1,6 cm [39].

Működése: Blokkvázlata a 13. ábrán látható.

A beérkezett duplafrekvenciás jelet a vezérlő egység árammá alakítja és továbbítja a szalagtovábbító mechanizmus felé.



13. ábra A védett tároló blokkvázlata⁸ [39]

Ez az áram a tizenkét fej egyikére kerül, amely a rögzítést végzi. A fej kiválasztása és a rögzítés helye szintén a vezérlő egységtől érkezik.

A fej helyzetének kódja folyamatosan rögzítésre kerül, a forgásiránnyal és a szalag vége jelzéssel együtt. A fejek mellett egy fénykibocsájtó dióda, fotodióda pár is be van építve. A szalag végein lévő lyuk elhalad a diódák között és a fotodióda érzékeli a kibocsájtott fényt, aminek hatására a kimenetén feszültség keletkezik, ez kerül bevezetésre a vezérlő egységbe, ami új sáv- és iránykódot generál. Az „irány” jel megváltozása az irányváltó egységbe kerül, amely ennek hatására megfordítja a motor forgás irányát. A lejátszófej által leolvasott jel a vezérlő egységbe kerül, a szalagfeszesség és a rögzített jel ellenőrzésére. A szalagfeszességet a felvétel közben folyamatosan szabályozzák.

A sebesség szabályzó feladata a szalagtovábbító egység motor fordulatszámának meghatározott értéken tartása a működési üzemmód függvényében.

A motorsebességek:

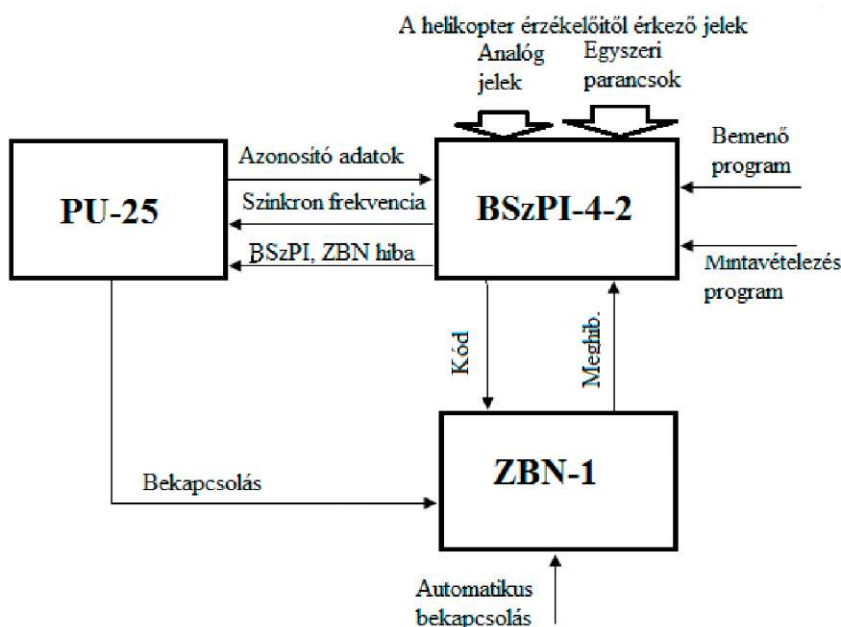
1. sebesség - 200 fordulat/perc;
2. sebesség - 400 fordulat/perc;
3. sebesség - 800 fordulat/perc;
4. sebesség - 3200 fordulat/perc;
5. sebesség - 300 fordulat/perc.

A forgásirány megváltoztatásának ideje maximum 1 másodperc, ebbe beletartozik a megállítási, és elindítási az ellenkező irányba.

A szalagtovábbító mechanizmus negatív hőmérsékleti viszonyok közötti helyes működése érdekében két darab fűtőelemmel rendelkezik, amelyek 10 ± 2 °C alatt lépnek működésbe. Az adatok kiolvasásához a szalagtovábbító egységet ki kell venni a védett adattárolóból és a kiolvasó egységhez kell csatlakoztatni [39].

2.3.1.4. A fedélzeti alrendszer működése

A rendszer egyszerűsített blokkvázlata a 14. ábrán látható.



14. ábra A BUR-1-2Zs rendszer egyszerűsített blokkvázlata⁹ [6]

A helikopterre felépített távadók szolgáltatják a jeleket, amelyek a „beviteli program” és a „mintavételi program” alapján kapcsolódnak a BSzPI-4-2 adatgyűjtő egység bemeneteire. Az adatgyűjtő egység elvégzi a bemenő jelek bináris kóddá alakítását és a PU-25 vezérlőpulttól érkező azonosító adatok bináris kódjával együtt létrehozza a kimenetére kerülő duplafrekvenciás kódot [6]. Ez a kódsor 4 másodperces „frame”-ből áll. Egy „frame”-et 4 darab egy másodperces „sub-frame” alkot, ami 64 darab 12 bites szót tartalmaz. Az adatokhoz való hozzáférés és a javíthatóság érdekében minden „sub-frame” első szava egy szinkronszó, amely szigorú szabály szerint kerül meghatározásra 2. táblázat.

sub-frame sorszáma	bináris kód	octal kód
1	111000100100	7044
2	000111011010	0732
3	111000100101	7045
4	000111011011	0733

2. táblázat A szinkron szavak meghatározása [6] [38]

Az idő ábrázolása 37 szóban történik az 1, 2, 3 „sub-frame”-ben. Az azonosító adatok 33 szóban kerülnek rögzítésre, 3 „frame”-s ciklusokban. Az egyszeri parancsok azoknak a folyamatos paramétereknek a legutolsó bit helyiértékére vannak rögzítve, ahol a 12 szó nincs kihasználva. A duplafrekvenciás kódolásban 0 bit érték esetén a jel frekvenciája megegyezik az órajel frekvenciájával, 1 bit érték esetén az órajel frekvenciájának a duplája.

A duplafrekvenciás kód biztosítja az önszinkronizálást, azaz a létrehozott órajel frekvencia közvetlenül előállítható a rögzített jelsorozatból. Valamint szükségtelenné teszi a törlőfej használatát a szalag újra felhasználásakor, mert a szalag mágneses anyaga ellentétes értelemben mágnesesződik át a felvevő áram. A bemenő jelből a megfelelő szint létrehozására teljesítményerősítőt alkalmaznak a védett tárolóban. Az adatrögzítés bekapcsolható kézzel a PU-25 vezérlőpulton keresztül, vagy elindul automatikusan a főfutómű kirugózásakor. A rögzítés csak kézi elindítás esetén kapcsolható ki. Az adatrögzítés kikapcsol automatikusan a forgószárny fordulatszám 40% alá csökkenése és a fő- vagy a vészhidraulika nyomás lecsökkenése után 5 perccel. Az üzemképesség ellenőrzése céljából felvétel közben lejátszható a már rögzített adat, az UBOP-1 berendezés csatlakoztatásával megjeleníthető [6][38][44].

2.3.2. BUR-1-2 földi alrendszere

A rögzített adatok elsődleges feldolgozására speciális föld feldolgozó egység, az SzNUO-1 alkalmazható. Célja, a balesetek okainak felderítése, a személyzet tevékenységének ellenőrzése a repülési feladat végrehajtása során, és a repülőeszköz rendszereinek és berendezéseinek működési állapotának nyomon követése. Adatok dekódolása a repülési paraméterek relatív értékeinek grafikonon való megjelenítése. A grafikus megjelenítéshez a GU-1 típusú grafikus megjelenítő használható [6][38][44].



15. ábra SzNUO-1, GU-1 és UVOP-2 berendezések [41]

A mintavételezési frekvenciát az érzékelő által szolgáltatott jel jellege határozza meg. A lassan változó jelek mintavételezési frekvenciája kisebb, mint a gyorsan változóké [6][38][44]. Az adatok további feldolgozását, kiértékelését, tárolását az UVOP-2 átalakító berendezés végzi a LUCs-74 földi telepítésű berendezéssel, vagy bármilyen IBM kompatibilis számítógéppel [6][38][44]. A BUR-1-2Zs rendszer fedélzeti ellenőrzésére, hitelesítésére az UVOP-1, a laboratóriumi vizsgálatra az UVOP-1 és az UVSz-3, UVSz-3M alkalmazható [6][38][44].

1		2	9		4	17		2	25		4	33			41		4	49		2	57		4
Szinkron szó			EVK kitérés			Vez. Aut. Hossz			EVK Kitérés			Azonosító adat			EVK Kitérés			Vez. Aut. hossz			EVK Kitérés		
1			9		4	17		11	9		17				9			17			9		
2		8	10		8	18		8	26		8	34		8	42		8	50		8	58		8
Függőleges túlterhelés			Függőleges túlterhelés			Függőleges túlterhelés			Függőleges túlterhelés			Függőleges túlterhelés			Függőleges túlterhelés			Függőleges túlterhelés			Függőleges túlterhelés		
2		1	11		5	2		12	2		18	2		24	2			2			2		
3		4	11		4	19		4	27		4	35		4	43		4	51		4	59		4
Bólintási szög			Botkormány kereszt			Bólintási szög			Botkormány kereszt			Bólintási szög			Botkormány kereszt			Bólintási szög			Botkormány kereszt		
3			11		6	3			11		19	3			11			3			11		
4		4	12		4	20		4	28		4	36		4	44		4	52		4	60		4
Bedöntési szög			Botkormány hossz			Bedöntési szög			Botkormány hossz			Bedöntési szög			Botkormány hossz			Bedöntési szög			Botkormány hossz		
4			12		7	4			12		20	4			12			4			12		
5		2	13		1	21		2	29		1	37		2	45		1	53		2	61		1
Idő kalibrálás			Bal tuibókompr			Vez aut. Kereszt			Jobb tuibókompr			Idő kalibrálás			Forgószárny fordulat			Vez aut. Kereszt			Tartalék		
5			13			21		13	13			5			13			21					
6		2	14		4	22		2	30		4	38		2	46		4	54		2	62		4
Valós magasság			Faroklégsavar vezníd			Közös állásszög			Faroklégsavar vezníd			Valós magasság			Faroklégsavar vezníd			Közös állásszög			Faroklégsavar vezníd		
6		2	14		6	22		14	14		21	6		25	14			22			14		
7		2	15		2	23		2	31		1	39		2	47		2	55		2	63		1
Mágneses irányszög			Hosszirányú túlterhelés			Bal hajtómű gázhő			Műszer szerinti sebesség			Mágneses irányszög			Hosszirányú túlterhelés			Bal hajtómű gázhő			Akkusín feszültsége		
7			15		9	23		15	10		22	7			15			23			19		
8		2	16		2	24		2	32		1	40		2	48		2	56		2	64		1
Pedálok helyzete			Keresztirányú túlterhelés			Jobb hajtómű gázhő			Barometrikus magasság			Pedálok helyzete			Keresztirányú túlterhelés			Jobb hajtómű gázhő			Tartalék		
8		3	16		10	24		16	18		23	8		26	16			24			20		

Pozíció	Mintavételezési frekvencia (Hz)
Jel típusa	
Csatorna	Egyszeri parancs

16. ábra Az adatok elrendezése a 64 szavas „sub-frame”-ben [38]

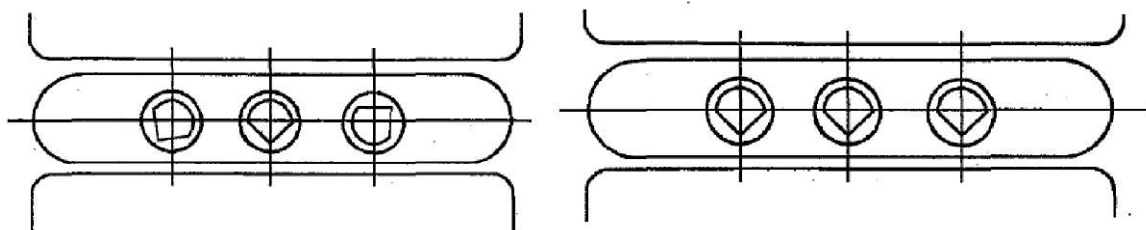
A „sub-frame” minden jelből annyi szót tartalmaz, amennyi a mintavételi frekvencia (1, 2, 4, 8 Hz), az első a szinkronszó, egy szó az idő, és egy szó az azonosító 12 bites részét tartalmazza [6][38][44].

2.3.3. A BUR-1-2 rendszer fejlődése

Az eddig bemutatott rendszer az alaprendszer. Az évek folyamán az alapl működést alig-alig változtatva finomodott a rendszer. Első lépésként a védett tárolóból készült különböző modifikáció, ZBN-1-1 MLP-23-1-vel, ZBN-1-2 MLP-23-2-vel, ZBN-1-3 MLP-23-3-val, ZBN-1-3 2. széria, amelyeket az adatrögzítési sebesség különböztet meg [39].

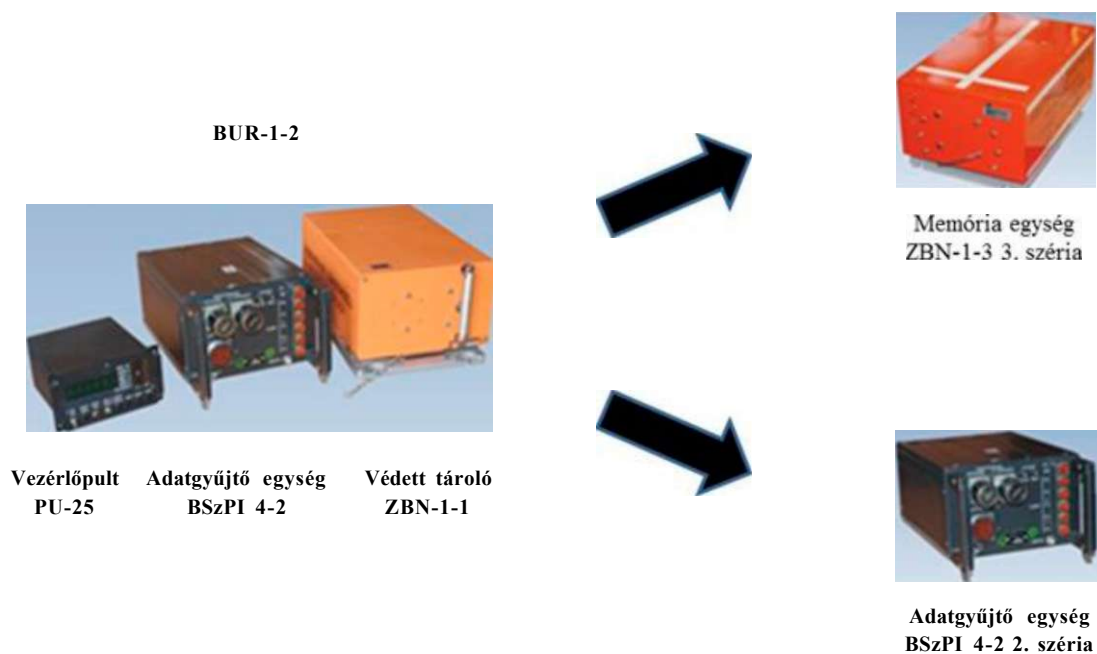
A ZBN-1-1 adatátviteli sebessége 64 szó/másodperc, a szalagtovábbítási sebesség 7,42-7,58 mm/s, 50±10 óra rögzítési és 15 óra folyamatos működési idővel rendelkeznek. A ZBN-1-2 és a ZBN-1-3 adatátviteli sebessége 128 szó/másodperc, szalagtovábbítási sebességük 14,8-15,03 mm/s, a ZBN-1-3 2. széria adatátviteli sebessége 128 szó/másodperc, szalagtovábbítási sebessége 10,9-11,1 mm/s, 25 órás rögzítési és 30 óra folyamatos működési idővel rendelkeznek. Az ütés és a tűzállóságuk is javult, a védőbúra falvastagsága 3 mm-ről 4,5 mm-re nőtt. A működésükben csak a szalagtovábbító motor sebességében van különbség [39].

Az adatgyűjtő egység BSzPI-4, BSzPI-4-1 és a BSzPI-4-2 berendezések között megjelenésükben van különbség. A BSzPI-4-1 és a BSzPI-4-2 ugyanolyan rezgéscsillapító keretbe kerül beépítésre, a véletlen csere ellen egy mechanikus kódjelzővel van biztosítva (17. ábra) [7].



17. ábra A BSzPI-4-1 és a BSzPI-4-2 mechanikus biztosítói [7]

A fejlesztés elérkezett a BUR-1-2 2. szériájához, amely rendszer már szilárdtest memóriára rögzítő ZBN-1-3 3. szériás védett tárolót használ. Az adatgyűjtő egység BSzPI-4-2 2. széria működésében, a szilárd test memóriára rögzítés miatt történt változás. A vezérlőpult PU-25-1 is alig változott, az azonosító adatok bevitelére szolgáló kiválasztó kapcsoló helyett, egyszegmenses kijelzővel ellátott nyomógombos léptetésű elektronikus áramkörrel oldották meg az adatok bevitelét. A bevitel lépései ugyanazok maradtak, nem egyszerűsödtek. Az rögzített paraméterek mennyisége nem változott és a helikopterre felépített érzékelőket sem változtatták meg. A berendezések a már meglévő helikopterekbe minimális munka ráfordítással cserélhetők (18. ábra) [21].



18. ábra A fejlesztés első lépése, berendezés cserével¹⁰ [21]

A teljes rendszer is kicserélhető, magasabb a bekerülési összeg, de a beépítésre fordított munka nem számottevő (19. ábra) [21]. A BUR-1-2 2. szériájú rendszerhez kiegészítő berendezés csatlakoztatható, egy könnyen hozzáférhető cserélhető memóriakártyával (PCMCIA Type II. 128 Mb) rendelkező berendezés a TBN-K-4-1. A védett baleseti adatrögzítőt nem a mindennapi kiértékelésre alakították, de a helikoptervezetők tevékenységének és a helikopter rendszereinek objektív értékelhetősége hozta létre a kiegészítő berendezést. Közvetlenül az adatgyűjtő egységhez csatlakoztatható (BSzPI-4-2 2. széria), kivehető memóriakártyára rögzíti az adatokat, amelyek kártyaolvasón keresztül közvetlenül, akár minden feladat után is cserélhető és kiértékelhető [21].

TBN-K-4 műszaki adatai:

- Tömeg: 3 kg;
- Tápfeszültség: 27 V;
- Felvett teljesítmény: 15 W;
- Felvett teljesítmény fűtéssel: 120 W;
- Környezeti hőmérséklet: -60 °C - +60 °C;
- Páratartalom: 98% +35 °C;
- Garantált üzemidő: 10 000 óra;
- Vibráció: 5 g;
- Ütésszerű terhelés: 8 g [22][23].



19. ábra A második lépcső, a teljes rendszer cseréje, kiegészítő adatgyűjtővel¹¹ [21]

Az előírások szigorodása miatt folytatódott a fejlesztés, elkészült a BUR-1-2 3. széria. Az előző rendszerekhez képest a fedélzeti adatrögzítő és a fedélzeti hangrögzítő egy rendszert képeznek. Az adatgyűjtő egység (BSzPI-4-2 3. széria) a vezérlőpult (PU-SZN-10010) hang- és repülési adat rögzítő (SzZBN-1-11000140). A rendszer 35 folyamatos és 96 egyszeri parancsot soros kódolással, akár 16 csatornán képes rögzíteni [21].

A memória egység a repülés utolsó 760 óráját, a figyelmeztető hang információ utolsó 7 óráját, a beszédhangot hangcsatornánként 3,5 órát rögzít.

Megóvja a tárolt információt:

- A környezeti hőmérséklet: 1100 °C 1 órán át 100% felületen;
- Ütésszerű túlterhelés: 3400 g 6,5 ms-ig;
- statikus terhelés 2270 kg három tengely mentén 5 percig;
- Repülőgép-üzemanyagban, hidraulikus és éghető folyadékokban maximum 200 óra;
- Lezuhanó teher tömege 227 kg 3 m magasságról, és az ütközés terület maximum 6,35 cm²;
- Környezeti hőmérséklet: 260 °C 10 óra, 100% felületen;
- Tengervízben maximum 6000 m mélységben 30 nap [21].

Szerkesztette a szerző a [7] alapján (Windows - Paint)



20. ábra A BUR-1-2 3. szériás repülési adatrögzítő¹² [21]

A vezérlőpult memóriakártya olvasóval rendelkezik, amely lehetővé teszi a rendszer érzékelőinek a kalibrációs adatainak felvételét. A billentyűzet segítségével bevihetők az azonosító adatok, amelyek kijelzése 4 sorban soronként 20 karakteren történik. Kijelzi és rögzíti a kezelő által kívánt adatokat. Adatátviteli sebessége 12 vagy 100 kbit/s [21].

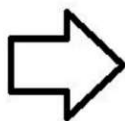
2.3.4. A földi alrendszer fejlődése

A számítástechnika fejlődése, méretének csökkenése és hordozhatóvá tétele, valamint az üzemeltetés, karbantartás munkaidőjének csökkentése, a földi alrendszer fejlődését is maga után vonja. A földi ellenőrző és hitelesítő berendezés az UVOP-1 helyett bevezetésre került az UPC 429-USB digitális átalakító egység, amely hordozható számítógéppel és speciális program alkalmazásával lehetővé teszi a rendszer fedélzeti és laboratóriumi ellenőrzését (21. ábra) [21].

¹² Szerkesztette a szerző a [7] alapján (Windows - Paint)



Ellenőrző, hitelesítő berendezés UVOP-1



Digitális átalakító egység UPC-429-USB, hordozható számítógéppel

21. ábra Ellenőrző, hitelesítő berendezések¹³ [21]

Kikerültek a rendszerből a hatalmas méretű számítógépek, helyüket átvette az egyszerű kiolvasótálpból, laptopból és speciális programból álló kiértékelő egység. A 22. és 23. ábrákon láthatunk egy-egy összeállítást.



22. ábra UVSz-3M kiolvasási összeállítás [42]

Az UVSz-3 és UVSz-3M helyett a MVD-23 kiolvasótalp biztosítja a védett adattároló és a számítógép összekapcsolását. Amely lehet akár a képen látható eszköz, vagy egy személyi számítógép [43].

A TBN-K-4 adatrögzítő adatainak letöltéséhez egy PCMCIA kártyát elfogadó szabványos kártyaolvasó egy személyi számítógép (Windows 98 vagy Windows XP operációs rendszer, 64MB RAM, 260 MB szabad hely szükséges) és egy speciális program a Cpytbnk.exe szükséges. A program biztosítja a kártya előkészítését felvétel előtt a TBN-K-4 különböző típusaihoz, és lementi a PCMCIA kártyán tárolt adatokat a számítógép merevlemezére [24].

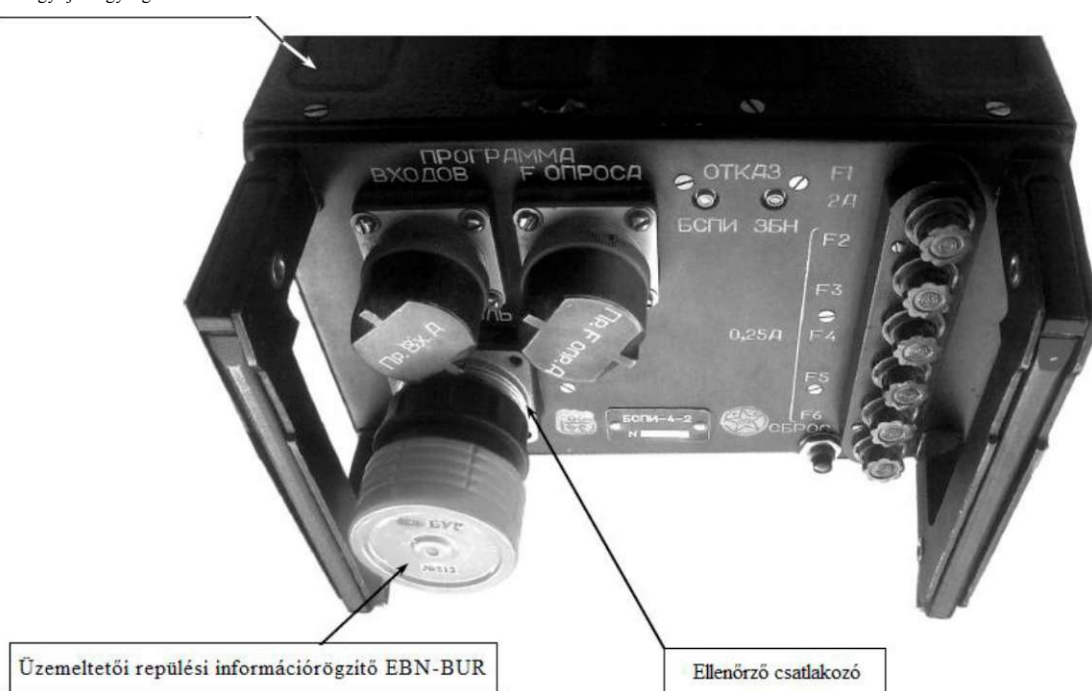
¹³ Szerkesztette a szerző a [7] alapján (Windows - Paint)



23. ábra MVD-23 kiolvasási összeállítás [43]

Meg kell még említeni az üzemeltetői repülési információrögzítő berendezést (EBN-BUR). A berendezés a rendszer megbontása nélkül beépíthető, a baleseti adatrögzítővel párhuzamosan rögzíti az összegyűjtött adatokat szilárdtest memóriára (24. ábra) [25].

Adatgyűjtő egység BSzPI-4-2



24. ábra EBN-BUR csatlakoztatása [25]

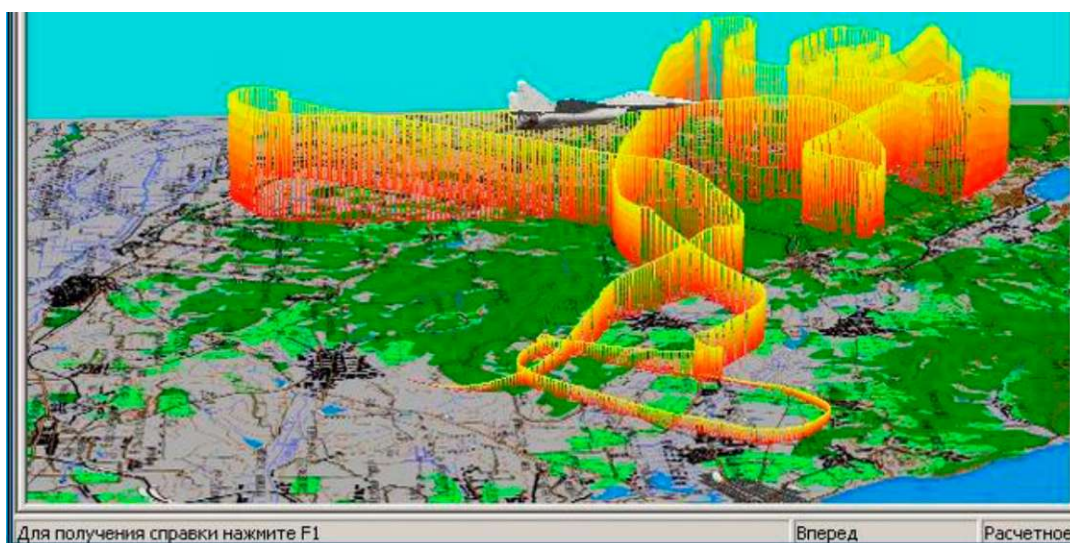
Tömege 0,2 kg, 30 órás rögzítési idővel rendelkezik. Kiértékelése akár feladatonként is megtörténhet [25].

A BUR-1-2 2. és 3. széria által rögzített adatok kiértékelésére a PSz-90 és a TOPAZ-M rendszer használható, a BUR-1-2 3. széria a rögzített hanganyag kiértékelése a NIV-1 2. szériás eszközzel történhet [21].

A TOPAZ-M rendszer katonai változata lehet:

- helyhez kötött (személyi számítógép: 2,8 GHz, 512 RAM, 80 GB HDD, 256 videó kártya, LCD monitor, nyomtató PCMCIA kártyaolvasó, szünetmentes táp, túlfeszültségvédő, UVSz-3M összekötő egység);
- mobil (laptop: 1,6 GHz, 512 RAM, 80 GB HDD, 64 videó kártya, érintő képernyős LCD monitor, nyomtató PCMCIA kártyaolvasó, túlfeszültségvédő, UVSz-3M összekötő egység);
- védett (ütésálló laptop: 1,6 GHz, 512 RAM, 80 GB HDD, LCD monitor, nyomtató PCMCIA kártyaolvasó, túlfeszültségvédő, UVSz-3M összekötő egység) [45].

Univerzális kiértékelő rendszer többféle fedélzeti alrendszer adatainak kiértékelésére használható. A hardware mellé kifejlesztésre került egy univerzális software (SzKAT), amely a repülőeszköz típusától függetlenül lehetővé teszi a gyorskiértékelést, az adatok lementését, archiválását, a kiértékelés grafikus kijelzését, műszerfal grafikus szimulálását és a háromdimenziós megjelenítést. A program Windows rendszerű, jogosultság és jelszó alapján használható. Alapbeállítási adatokat tartalmaz a különböző adatrögzítők paramétereinek kiértékeléséhez. A táblázatos formában megjeleníthetők a rögzített adatok pontos értékei.



25. ábra A kiértékelte adatok megjelenítése térképen [45]

Grafikusan a kijelzett paraméterek tetszőlegesen színezhethők, nagyíthatók, markerezhetők és tetszőlegesen kiválaszthatók a kijelzendő görbék. Műszerfal kijelzés üzemmódban a műszerek

mutatása és a kapcsolók állása a rögzített adatoknak megfelelően animálhatók. A kiértékelt adatok alapján háromdimenziós képként megjeleníthető a repülőeszköz térbeli helyzete, változtatható nézőpontból, amelyhez kijelezhetőek a magasság, sebesség, bedöntés és bólintás aktuális értékei. A háromdimenziós megjelenítés térképre is rávetíthető, ahol a repülőeszköz útvonala rajzolódik ki (25. ábra).

A software lehetővé teszi egy időben több repülőeszköz útvonalának kijelzését, a kivizsgálás megkönnyítése érdekében. Természetesen az idő bármelyik formátumhoz hozzárendelhető. A program diagnosztikai vizsgálatra is alkalmas, matematikai modell alapján a rögzített túlterhelés értékekből számol különböző részegységekre ható erőket. Biztosítható a hajtóművek diagnosztikája is [45].

2.3.5. Modern helikopter adatrögzítők

A napjainkban gyártott helikopterek az előírások szerint rendelkeznek a megfelelő kategóriájú adatrögzítőkkal. A régebben üzembe helyezettéken utólagosan cserélik a nem megfelelőeket. Ezért a kereslet nem csak az új típusokra, hanem a régebbiek fejlesztésére is igen nagy. A számítógéppel felszerelt, valamilyen szabványos adatbusz rendszerű helikopterekbe egyszerűen beépíthető néhány kisméretű baleseti adatrögzítő, amelyek a helytakarékosság és a tömeg alacsonyan tartása jegyében akár fedélzeti hangrögzítővel is egybeépítésre kerülnek. Ilyen például a 26. ábrán látható egység is.



26. ábra Miniatur fedélzeti adat és hangrögzítő, beépítő kerettel és víz alatti jeladóval [31]

Az ED-155 és ED-112 előírásainak megfelelő, belső érzékelőkkel (3 szabadságfokú giroszkóppal, 3 tengely irányú túlterhelés érzékelővel, hőmérővel, levegő nyomásmérővel, beépített mikrofonnal, GPS vevővel és valós időmérővel), külső csatlakozási lehetőségekkel és üzemeltetési adatrögzítési lehetőséggel.

Főbb adatai:

- Működési hőmérséklet: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Tápellátás: $2 \times 27\text{ V}$, maximum 10 W ;
- Tömege: $\sim 1\text{ kg}$;
- Adatrögzítési ideje: 25 óra; Hangrögzítés: 2 óra 4 csatornán, Image: 2 óra;
- A környezeti hőmérséklet: $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 20 perc;
- A környezeti hőmérséklet: $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ 10 óra;
- Ütésszerű túlterhelés: 3400 g $6,5\text{ ms}$ -ig;
- Statikus terhelés $22,25\text{ kN}$ 5 percig;
- Lezuhanó teher tömege 227 kg 3 m magasságról;
- Tengervízben maximum 30 nap [31].

Nemcsak új rendszerek kerülnek alkalmazásra a kiképzés javítása, a fedélzeti berendezések állapotfelügyelete javítása érdekében, hanem egyre több ország indul el a továbbfejlesztés útján. Ilyen például a lengyelországi Air Force Institute of Technology által kifejlesztett S2-3a repülési adatrögzítő rendszer. A keleti típusú repülőeszközök (W-3, Mi-24 helikopterek, TS-11 és AN-28 repülőgépek) adatrögzítő rendszerét korszerűsítették és egységesítették.

Az adatrögzítés két egységben valósul meg, az egyik a védett baleseti adattároló, a másik az üzemi adattároló. A fedélzeti alrendszer tartalmazza az adatgyűjtő egységet az üzemi adatrögzítővel, az adatbeviteli pultot és a védett tárolót. A földi alrendszer számítógépből, ellenőrző berendezésből és adatolvasóból áll. A rendszer részei a 27. ábrán láthatók [33].

A védett adattároló ellenáll:

- túlterhelés legfeljebb: 3400 g , $6,5\text{ ms}$;
- statikus erő: $22,25\text{ kN}$;
- hőmérséklete: $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on 30 perc;
- sós víz nyomása 60 MPa , 30 nap;
- maró folyadékot hatásának.

Rögzíthető paraméterek:

- egyszeri parancs: 48;
- folyamatos jel: $14+4$ frekvencia+ 5 szelszinjel;
- dátum és idő;
- személyzet azonosító (6 bit);
- öndiagnosztika.

A rögzítési idő 12 óra.



27. ábra Az S2-3a rendszer¹⁴ [33]

A - Adatgyűjtő egység, B - Védett tároló, C - Kezelő pult, D - Adatolvasó, E - Földi alrendszer ellenőrző berendezés, F - Fedélzeti alrendszer ellenőrző berendezés

A földi alrendszer az adatok kiolvasására és a további számítógépes feldolgozására szolgál.

A feldolgozás biztosítja:

- a rögzített adatok elemzését;
- tetszőleges számú adat grafikus megjelenítését;
- paraméter túllépések kijelzését;
- jellemző pontok megjelenítését;
- animáció készítését;
- repülési útvonal megjelenítését digitális térképen;
- rögzített adatok szövegkenti kinyomtatását;
- jelentések készítését [33].

3. A BUR-1-2ZS RENDSZER FEJLESZTÉSÉNEK HAZAI LEHETŐSÉGEI

Az előzőekben bemutatott rendszere és a BUR-1-2Zs gyári fejlesztései lehetővé teszik a rendszer napra készen tartását. A Magyar Honvédség helikoptereinek üzemeltetésére vonatkozó szabályok szerint a repülőeszközök csak akkor tekinthetők üzemképesnek, ha a repülési feladathoz szükséges rendszerei és eszközei üzemképesek. Különösen: „A repülések biztonsága érdekében az elektronikus automatika, az elektromos, a műszer, az oxigén, valamint az adatrögzítő berendezéseket a teljes alkalmazásnak megfelelő terjedelemben kell előkészíteni, függetlenül attól, hogy a repülőgép személyzete milyen repülési feladatot kapott”[46]. Az adatrögzítő rendszer meghibásodása maga után vonja az egész helikopter üzemképtelenségét. A berendezések javítása nem végezhető helyben, a tartalék alkatrészek beszerzése hosszú ideig tart, ami csökkenti a hadrafoghatóságot. A rendszer cseréje hazai termékre, jelentősen csökkentené a javítás vagy a beszerzés időszükségletét.

Az érvényes jogszabályokat (1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről) megvizsgálva, a helikopteren végezhető módosítás, csak a légialkalmassági vizsgálatot soron kívül el kell végezni. A módosítások végrehajtását a 21/1998. (XII. 21.) HM rendelet (az állami légijárművek nyilvántartásáról, gyártásáról és javításáról, valamint a típus- és légialkalmasságáról) szabályozza. A 21/1998 HM rendelet 36. § b pontja: „A változtatás alapulhat: a fenntartó által kezdeményezett, az üzemeltetési és üzemben tartási tapasztalatokon, felhasználási igényeken alapuló javaslaton.” A változtatás előtt a katonai légügyi hatóság jóváhagyása szükséges. A 21/1998 HM rendelet 38. § 2. bekezdése alapján a Hatóság jóváhagyásához a változtatást indokolni kell, majd az elkészült dokumentációt rendelkezésre kell bocsájtani. A Hatóság jóváhagyását követően lehet végrehajtani a módosítást.

A BUR-1-2Zs rendszer baleseti adatrögzítő, amelyet erre a feladatra terveztek meg. A helikoptervezetők kiképzettségének ellenőrzése, paraméter túllépések és a fedélzeti rendszerek üzemképességének vizsgálatához szükséges a rögzített adatokhoz való hozzáférés. Ennek lehetőségét a rendszer biztosítja, de a szalagtovábbító egységet nagyon igénybe veszi a folyamatos kiépítés, mentési hely elejének megkeresése, adatlementés és a rögzítés végének újra beállítása. A szalag így élete során a tervezett működés többszörösét éli át. Az adatok felhasználása miatt a letöltést feladatonként lenne célszerű elvégezni, de ez a két feladat közötti időt nagyon megnövelné. A szalagról az adatok letöltése 16-szoros sebességgel történik (a kezdőhely megkeresése és a helikopterből való kiépítés, beszállítás, visszaszállítás beépítés, működőképesség ellenőrzése is időt vesz igénybe). Ezért lenne célszerű kialakítani egy cserélhető szilárdtest memóriás adattároló egységet.

A BUR-1-2Zs rendszer adatainak memóriakártyán való rögzítését több irányból is meg lehet közelíteni:

- A szalagtovábbító mechanizmus helyére egy szilárdtest memóriás adattárolót építünk be:
 - > Megvásároljuk a gyárit;
 - > Kifejlesztünk egy a gyárihoz hasonlót.
- A meglévő rendszerbe beépítünk egy üzemeltetői adattároló egységet;
- Kicseréljük a rendszert egy másikra:
 - > Beépítünk egy meglévő rendszert, rögzített paraméter veszteséssel;
 - > Beépítünk egy módosított rendszert, amely ugyanannyi, vagy több paramétert rögzít.

A felsorolást végignézve, a gyári rendszer megvásárlása (amely az előző fejezetben bemutatásra került a ZBH-1-3 3 szériás memória egység) a legegyszerűbb, de meghibásodás esetén újra csak az alkatrészbeszerzés ideje okoz fennakadást az üzemeltetésben.

A gyári memória egységhez hasonló kialakítása a legbonyolultabb, a csatlakozó alkatrészek és a meglévő rendszer jeleinek rögzítése miatt. A meglévő rendszerbe beépíthetünk egy üzemeltetői adattároló egységet, amelyre az előző fejezetben szintén volt gyári példa. Viszont az eredeti rendszer meghibásodása esetén az üzemeltetői adattároló sem működik. A meglévő rendszer beépítése egyszerűsíti az üzemeltetést, mivel a többi típusban is ugyanolyan rendszer van. Ebben az esetben azt kell megvizsgálni, hogy az adatvesztéssel járó megoldás elegendő biztonságot nyújt-e, vagy inkább a meglévő rendszer kibővítése lenne célszerű.

Mivel a beszerzett helikopterek polgári szállító feladatkörben kezdték pályafutásukat, a fedélzeti adatrögzítő által rögzített paraméterek és a védett tároló védelmi képessége ICAO ajánlás szerinti.

A következőkben a teljes paraméter rögzítésének lehetőségét szeretném bemutatni a SZIROM rendszer bővítésével. A SZIROM rendszer átalakítását a Mi-8 és a Mi-17 helikopterekre az Aviatronic Repüléstechnikai Fejlesztő Kft. végezte el.

3.1. A BUR paramétereinek a SZIROM rendszerbe való beintegrálása

Az adatokat szolgáltató érzékelőket megvizsgálva kell kialakítani a bővített rendszer csatornáit. A Mi-8-as SZIROM 10 folyamatos (a barometrikus magasságot és a rádiomagasság mérő jelét egy csatornán) és 9 egyszeri parancsot rögzít. A 10+1 folyamatos jel valódi részhalmazát képezi a BUR jeleinek, az egyszeri parancsok közül 5 db megegyezik, kettő ellentétes értelemben kerül rögzítésre (bal és jobb hajtómű jégtelenítés bekapcsolva), a „tűzjel” nincs terenként rögzítve és a rádiomagasság mérő jele nem egyezik (megbízhatóságvesztéssel járó magasság).

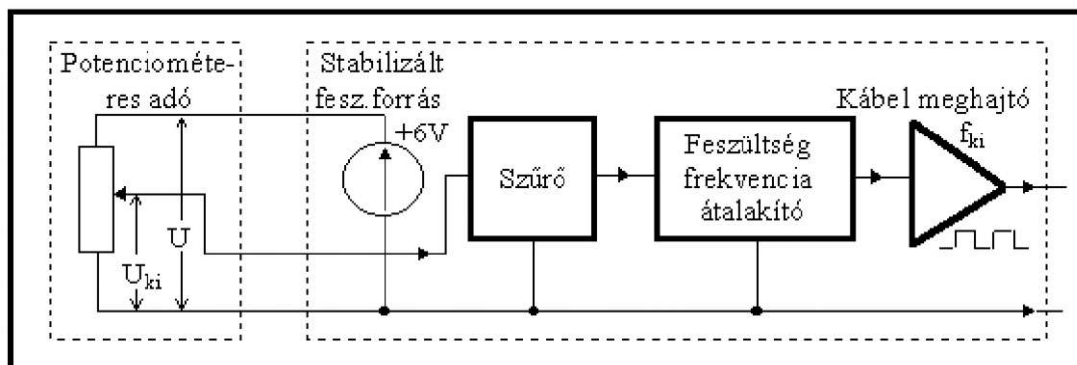
A SZIROM rendszer Illesztő-átalakító egységének leírása megtalálható a 2.2.1.1. fejezetben. A rendszer kiépítésekor az érzékelők jeleit fogadó áramkörök kidolgozásra kerültek, ezek a kialakított áramkörök felhasználhatók a BUR rendszer érzékelői által szolgáltatott jelek fogadására. A MI-8-as SZIROM által feldolgozott érzékelők:

- DV-15 - barometrikus magasság adó;
- RV-5 - Rádiomagasság mérő;
- DASz - Sebességadó;
- AGB-3K - Műhorizont (bedöntés, bólintás);
- D1-MT és D2-MT - Tachométerek (forgószárny fordulatszám, bal jobb hajtómű turbókompresszor fordulatszám);
- MU-615A - Szögelfordulás érzékelő;
- T-80 - hőelem (bal, jobb hajtómű kiáramló gázhőmérséklet);
- Az egyszeri parancsjelek egyenáramú jelek.

Megvizsgálva a BUR adatrögzítő által feldolgozott jelek érzékelőit, az előzőeken kívül 7 db MU-615A, 3 db MP-95 túlterhelés adó és a GA-6 girofüggőleges, a 27 V-os energiasín feszültségérzékelője maga a BSzPI-4-2 blokk. Az egyszeri parancsjelek egyenáramú jelek [6]. A SZIROM rendszerhez több típusú repülőgépen és helikopteren váltotta fel a SzARPP adatrögzítő rendszert, ezért több különböző érzékelő fogadására szolgáló áramkör került kidolgozásra. A 2.2.1.1. fejezetben nem tértem ki a különböző jelek fogadására alkalmas áramkörök kialakítására.

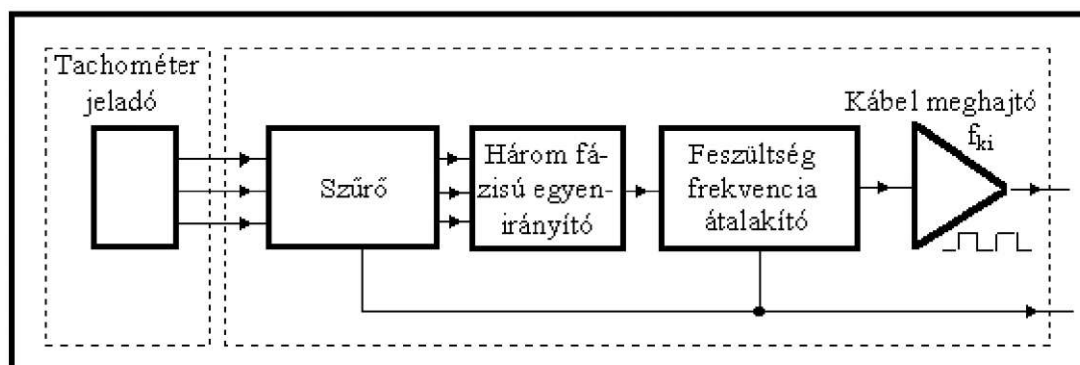
Az érzékelőket a jelátalakító fajtái alapján csoportosíthatjuk:

- Potenciométeres jeladó: DV-15, DASz, MU-615A, MP-95 (28. ábra);
- Háromfázisú fordulatszám jeladó: D1-MT és D2-MT (29. ábra);
- Szelszinadó: AGB-3k, GA-6 (30. ábra);
- Hőelem: T-80 (31. ábra);
- Feszültségadó: A-037, 27 V-os sín. (32. ábra).



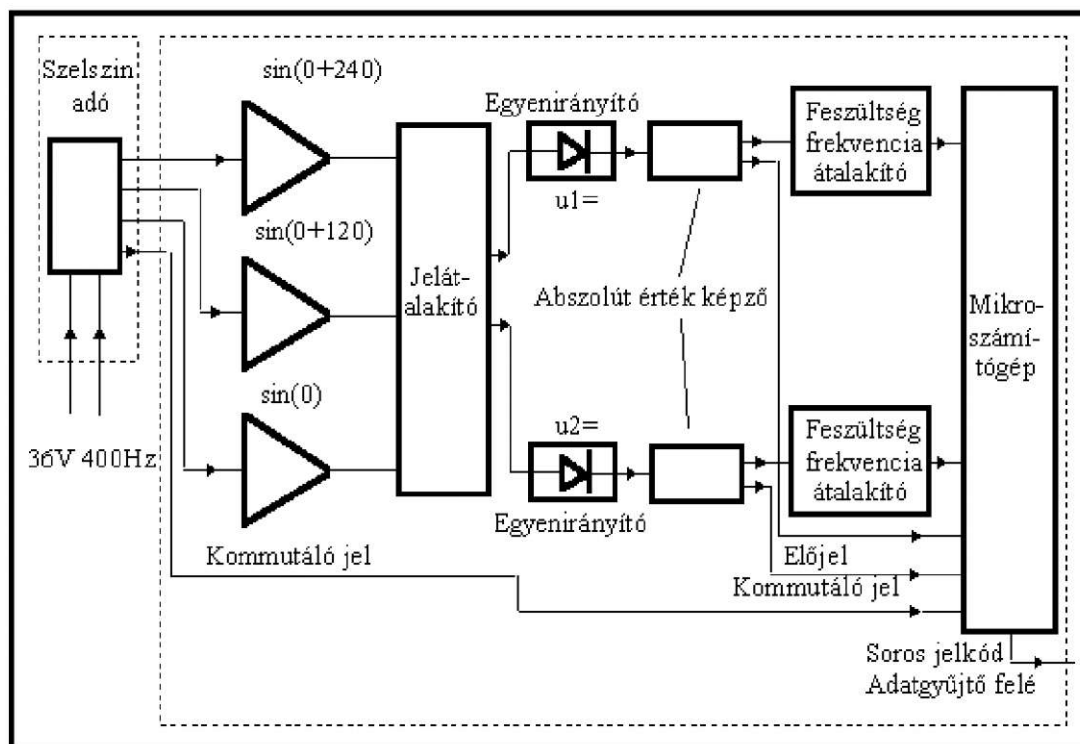
28. ábra A potenciométeres jeladók jelfogadó áramköre [5]

A potenciométeres jeladók fogadó áramköre kidolgozásra került a felsorolt érzékelők jeleihez, és beépítésre került a SZIROM-H8 rendszerbe, az MP-95 jelfogadó áramköre megtalálható a SZIROM-H17 és H24-ben is.



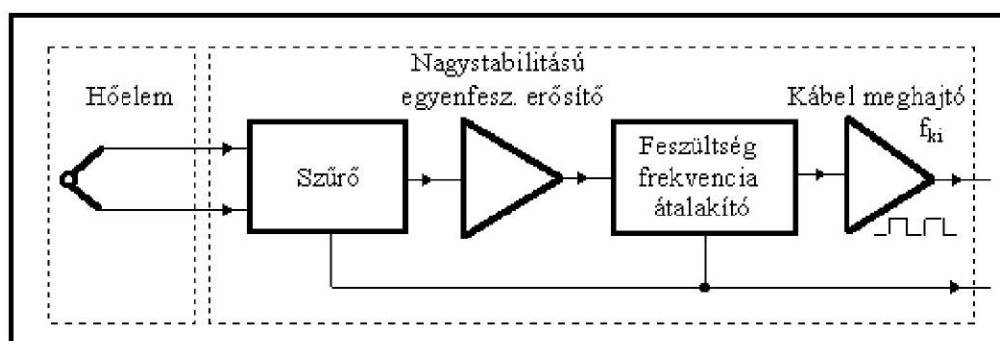
29. ábra A fordulatszám adók jelfogadása [5]

A forgószárny fordulatszám jelét mindkét rendszerben a tachométeres jeladó biztosítja, ezért a hajtómű fordulatszám jelfogadása is megoldott.



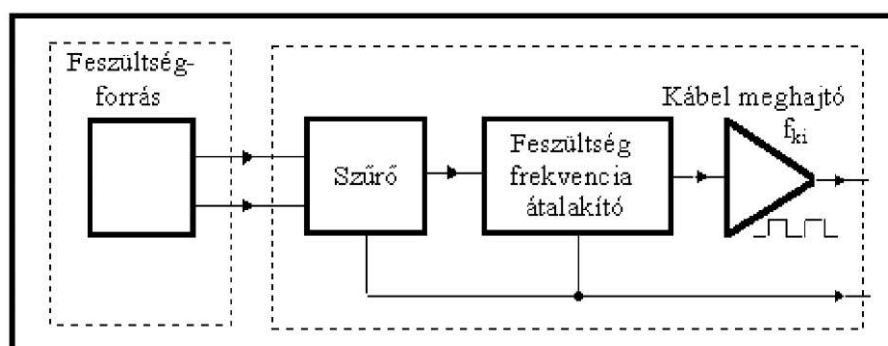
30. ábra A szelszin-adók jelfeldolgozó elektronikájának blokkvázlata [5]

A bedöntés és bőlintás jelet mindkét rendszer a 1186A jelátalakító berendezésről veszi potenciométeres jelként, mivel az irányszög jel szelszin adóról vehető le és a SIU-SLS kártyán 3 szelszinjel fogadására kialakított csatorna van, ezért közvetlenül is átalakíthatóak.



31. ábra Hőelemek jeleinek fogadása [5]

A BUR rendszer hajtómű gázhőmérséklet jel nem közvetlenül a hőelemről történik, hanem a rendszerhez tartozó M11A modulról, amely a hőelem feszültségét erősíti fel. A jel levehető közvetlenül a hőelemről, vagy a M11A modulról, de akkor feszültség jelet feldolgozó áramkörre kell kapcsolni.



32. ábra Feszültség jelet feldolgozó csatornák blokkvázlata [5]

A SZIROM-H8 felváltva rögzíti a barometrikus és a rádiomagasságot. Ami paraméter vesztést nem jelent a rádiomagasságmérő kismagasságon való jóval nagyobb pontossága miatt. A 27 V-os sín feszültség jel a megengedett legnagyobb értékéhez kalibrált feszültség jelet feldolgozó csatornára vezethető.

Az illesztő átalakító egység SUI-SLS (szelszin jelek: bedöntés, bólintás, irány) és a SUI-VFC kártyáját felhasználva (a bedöntés és bólintás jel helyére kerülhet két másik paraméter), lehetne összeállítani a SUI-EXP-BUR paramétereket fogadó kártyát.

Az adatgyűjtő egység bővítésének a lehetősége adott, kétszer nyolc folyamatos és kétszer nyolc egyszeri parancs csatornával és ezen adatok automatikusan hozzáfűzésre kerülnek az alapkártya adatblokkjához.

A rögzíteni kívánt adatok mennyiségének növekedése az 1 Mbyte-os memóriakazetta alkalmazásával, nem korlátozza a feladatonkénti repülési időt.

A földi kiértékelő rendszer kiolvasó programjának aktualizálására van szükség. A mágneses irányszög rögzítése miatt, repülési útvonal térképi megjelenítése elérhető.

BEFEJEZÉS

Dolgozatom első részében a fedélzeti adatok rögzítésével kapcsolatos alapfogalmak meghatározása és az adatrögzítők csoportosítása mellett rövid történeti áttekintést végeztem a fedélzeten elhelyezett rögzítő berendezések kialakulásáról. Már a repülés kezdetén kiderült az adatok rögzítésének fontossága és későbbi objektív értékelésének szerepe. A repülés polgári szállításban (főleg utas) való alkalmazásának elterjedése és a technikai eszközök alacsony fejlettségi szintje balesetek, katasztrófák kialakulásához vezetett. A fejezet második részében a balesetekkel kapcsolatos kivizsgálások segítése érdekében kialakított biztonságos helyre és védett eszközbe történő adatok megóvásáról ejtettem szót. A teljesség igénye nélkül végigkövettem a valódi repülési adatrögzítők fejlődését a rögzítés adathordozója szerint, napjainkig.

A második fejezetben bemutattam a helikoptereken alkalmazott adatrögzítők kialakulásának okát, és a napjainkban ezeket szabályzó előírások kialakulását és változását. Röviden végignéztam a Magyar Honvédségben a mai napig alkalmazott helikopterek adatrögzítőit és részletesen bemutattam a most is alkalmazott két rendszer felépítését, működését. Ezután végigkövettem a BUR-1-2 rendszer fejlődését, a mai napig egymás mellett használt változatait. Ezek cserélhetőségének lehetőségeit. Röviden kitekintettem a világ más tájain alkalmazott utólagosan is beépíthető kisméretű, kistömegű rendszerek felé. A 1980-as évek közepétől rohamos szigorodó előírásoknak való megfelelés, megkövetelte az adatrögzítők gyors fejlesztését. Ez a technikai fejlődés igényt fogalmazott meg az üzemeltetők részéről, hogy ezek a baleseti adatrögzítő adatok, mindennapi hozzáférhetőséggel rendelkezzenek, a rendszerek diagnosztizálása és a személyzet tevékenységének felügyelete, kiképzésének javítása miatt. A gyári fejlesztések mellett megemlítettem egy egyedi rendszerfejlesztést is, ahol a régi típusú eszközök adatrögzítőinek egységesítése és a modern adatfeldolgozás a rendszerdiagnosztika és a kiképzés szolgálatába állt.

A harmadik fejezetben megpróbáltam megmutatni a rendelkezésre álló adatok alapján, egy lehetséges rendszerfejlesztés lehetőségét. Amely célja az adatrögzítők típusainak egységesítése, a modernizálás lehetne. másod sorban az alkatrészek életkorából adódóan a meghibásodásuk valószínűsége megnövekszik, amely az alkatrészek beszerzésének hosszú ideje miatt kiesésekhez vezetne. Ezen kívül az üzemeltetői oldal objektív adatokkal való ellátására is születne megoldás, a feladatonkénti adatkiértékeléssel.

HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE

- [1] Horváth Dezső mk. alezredes, Horváth Dezső mk. hadnagy: „A FEKETE DOBOZ”, Tudományos Kiképzési Közlemények, MN KGYRMF, Szolnok, 1990/4. pp. 22-40.
- [2] Horváth Dezső mk. alezredes: Légi járművek fedélzeti adatrögzítő rendszerei és földi kiértékelő berendezései I-II kötet, MH SZRTF Szolnok, 1995.
- [3] Nemes István: Fedélzeti műszerek és műszerrendszerek, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1980. pp. 29-77.
- [4] Dr. Rohács József, Simon István: Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1989. pp. 461-479.
- [5] A SZIROM rendszerek műszaki leírása és üzemeltetési szakutasítása, Magyar Honvédség, 1997.
- [6] EopTOBoe ycpoHCTBO Pe^HCTpa^HH BYP-1 -2 PyKOBOACIBO no TexHuecKoü ^KC^yaTa^HH.
- [7] B^OK CBopa u oöpaBOTKH nonerHofi HH\$opMa^HH ECnH-4 PyKOBOACIBO no TexHuecKOÜ ^KC^yaTa^HH.
- [8] ny-25 PyKOBOACIBO no TexHuecKoü ^KC^yaTa^HH.
- [9] B. KoHTaHTHHoB, H. r. y\$HM^B, H. B. KO3^OB, ABHa^H0HH0e oöopyroBaHue CaMo^eToB, BoeHHoe H3raTe.nbCTBo MuHucTepcTBa 06opoHbi CCCP, MoCKBa, 1970.
- [10] VL Myrsky II -entisointiprojekti Mata-Hari (online), url:
<http://www.vlmyrsky.fi/historia/19> (2016.02.17)
- [11] ICAO Annex 6 Operation of Aircraft part III (online), url:
http://code7700.com/pdfs/icao_annex_6_part_iii.pdf. (2016.02.12)
- [12] ICAO Annex 6 Operation of Aircraft part I (online), url:
http://code7700.com/pdfs/icao_annex_6_part_i.pdf. (2016.02.12)
- [13] Wikipedia the free encyclopaedia: Flight recorder (online), url:
https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_recorder (2016.02.12)
- [14] BuKunegua CBo6ogHaa ^H^HK.^o^egHa: BopTOBbie cpegCTBa oöbeKTHBHoro Kompom (online), url: https://ru.wikipedia.org/wiki/6opToBwe_CpegCTBa_oöbeKTHBHoro_KoHTpo.na (2016.02.12)
- [15] BuKunegua CBo6ogHaa ^H^HK.^o^egHa: BOPTOBOH caMO^Hce^ (online), url:
https://ru.wikipedia.org/wiki/6opTOBOH_caMO^Hce^ (2016.02.12)
- [16] Sky Brary Flight Data Recorder (online), url:
http://www.skybrary.aero/index.php/Flight_Data_Recorder_%28FDR%29 (2016.02.12)

- [17] Department of Transportation Federal Aviation Administration. (online), url: https://www.google.hu/?gfe_rd=cr&ei=o7C9VsCUKeOA8QfSpIpI&gws_rd=ssl#q=faa+helicopter+flight+data+recorder+requirements (2016.02.12)
- [18] Helicopter Flight Data Monitoring Toolkit (online), url: http://easa.europa.eu/essi/ehest/wp-content/uploads/2011/09/IHST_HFDM_toolkit.pdf (2016.02.16)
- [19] Cockpit Voice and Flight Data Recorder Supplemental Type Certificate. (online), url: http://www.emteq.com/cmsdocuments/emteq_eurocopter_cvr-fdr_stc.pdf. (2016.02.12)
- [20] International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 4, Issue 6, June 2015 2273 ISSN: 2278 - 7798 All Rights Reserved © 2015 IJSETR A review on Ejectable Versus Non-Ejectable Flight Data Recorder Mr. Dhananjay Bhade, Mr. Suraj Datta, Mrs. Meenakshi Garg (online), url: <http://ijsetr.org/wp-content/uploads/2015/06/IJSETR-VOL-4-ISSUE-6-22732277.pdf>: (2016.02.20)
- [21] AO HPO npu6op (online), url: <http://www.npo-pribor.ru/products.php?ID=84> (2016.02.16)
- [22] Cepreü ^po3goB, Cepreü 3o.OTapeB: Eurotech Group: BcrpauBaeMbie KOMnpoTepbi cucreM oöecneneHHa 6e30nacHocTb, o6opoHbi u aBiaoHau. (online), url: http://kit-e.ru/articles/industrial/2008_12_97.php (2016.02.16)
- [23] Eurotech (online), url: <http://www.fiord.com/apparatnye-sredstva/vstraivaemye-sistemy/oborudovanie-eurotech/vnedreniya-v-rossii> (2016.02.16)
- [24] npopnaMMa KonupoBaHua gaHHbix u noproTOBKu KapTbi naMHTy. HaKonuTe.a Tuna TEH-K-4, PyKOBOCTb onepaTopa, 2007.
- [25] ^KC^yaTa^HOHHH 6opTOBOÛ HaKonuTe.b no.eraoü uH\$opMa^uu ^EH (online), url: <http://fldte.com/ebn.pdf> (2016.02.16)
- [26] Katonai és civil feladatok ellátására is alkalmasak a beszerzett Mi-8-as orosz helikopterek (online), url: <http://www.kormany.hu/hu/honvedelmi-miniszterium/hirek/katonai-es-civil-feladatok-ellatasara-is-alkalmasak-a-beszerzett-mi-8-as-orosz-helikopterek> (2016.02.20)
- [27] ABua^uoHHHe npu6opH \$yH^uoHa.bHbix cucreM B03gymHbix cyroB (online), url: http://se0f5134d484039e0.jimcontent.com/download/version/1454520_899/module/9962872595/name (2016.02.20)
- [28] Roy G. Fox Bell Helicopter Textron, Inc. Fort Worth, Texas The History of Helicopter Safety. Presented at the International Helicopter Safety Symposium, Montréal, Québec, Canada, September 26-29, 2005. (online), url: http://www.h-a-c.ca/IHSS_Helicopter_Safety_History_05.pdf (2016.02.20)
- [29] O. er MaKapoB: CByTe.u u3 «e.e3a: HepHbiü h^UK. nonynapHaa MexaHuKa, N°94, aBpucT 2010. (online) url: <http://www.popmech.ru/technologies/10626-svideteli-iz-zheleza-chernyy-yashchik/#full> (2016.02.16)

- [30] BopToBbie CHCTeMbi pe^ucTpa^uu napaMeTpoB (online), url: <http://www.airwar.ru/breo/pnk/pnk13.html> (2016.02.17)
- [31] Miniature Flight Data Recorder System (online), url: <http://www.fairchildcontrols.com/wp-content/uploads/2011/10/FC-MFDR-brochure.pdf>. (2016.02.10)
- [32] Sentinel Crash protected DAU-r (online), url: http://www.etep.com/documentation/DATASHEET/Sentinel_ED112_datasheet.pdf (2016.02.10)
- [33] Air Force Institute of Technology Poland (online), url: <http://www.helitechevents.com/novadocuments/62344?v=635470603209270000> (2016.02.24)
- [34] Czövek László: Repülési adatok alkalmazása valós repülési szituációk elemzésében, PhD. értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Repülőgépek és Hajók Tanszék, Budapest, 2005.
- [35] n. H. HuHaeBa: ABua^uoHHoe o6opyroBaHue caMoneToB, BoeHHoe H3raTenbCTBo MuHucTepcTBa O6opoHbi CCCP, MockBa, 1976. pp. 333-344.
- [36] Brandt Gyula: A 87. Bakony Harcihelikopter Ezred és jogelődjeinek története 1958-2004, Szentkirályszabadja, 2004.
- [37] Aviatronic Repüléstechnikai Fejlesztő kft. honlapja. (online), url: <http://www1.aviatronic.hu/> (2016.02.27)
- [38] BepmneT Mu-171 PyKoBogcTBo no TexHuecKoü ^KC^.^yTa^uu KHura VII. ABua^uHHoe o6opyroBaHue.
- [39] HaKonuTenb 3a^u^eHHbiü BOPTOBH 3BH-1, PyKoBogcTBo no TexHuecKoü ^KC^.^yTa^uu.
- [40] Dennis R. Grossi, National Transportation Safety Board (online), url: http://www.iasa.com.au/folders/Publications/pdf_library/grossi.pdf(2016.02.17)
- [41] AVIKONT. (online), url:http://www.avikont.ee/web/products.php?set_language=rus (2016.02.29)
- [42] „TOnA3" (online), url: <http://www.topazlab.ru/production-sredsnaModUVS-3M.html>, (2016.02.29)
- [43] HH\$0pMa^H0HHble TexHonoruu 6e3onacHocTb nonepc®. (online), url: <http://www.winarm.ru/content/view/15/1/>, (2016.02.20)
- [44] BepToneT MH-8 AMT. PyKoBogcTBo no neTHoü ^KC^.^yTa^uu KHura 2. ^KC^.^yTa^ua cucTeM u o6opyroBaHua, MockBa, 2005.
- [45] 3aKa3nyKu HUH „Tona3" B Poccuickoh Oegepa^uu. (online), url: <http://www.topazlab.ru/production-skat-moduleBUR.html>. (2016.02.20)
- [46] Re/415 Magyar Honvédség repülőműszaki szabályzata. A Magyar Honvédség kiadványa, 2013.

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Spirit of St. Louis adatrögzítője [40]
2. ábra Mata Hari - egyike volt a világ első fedélzeti rögzítő eszközeinek
(Fotó: Közép-Finnország Repüléstörténeti Múzeum Gyűjteménye) [10]
3. ábra Sentinel fedélzeti adatrögzítő [32]
4. ábra Az USA-ban regisztrált Bell-47 balesetek [28]
5. ábra Bell-47 balesetek okainak megoszlása [28]
6. ábra Illesztő-átalakító egység szerkezete [5]
7. ábra Adatgyűjtő egység szerkezete [5]
8. ábra A memória kazetta [5]
9. ábra 7-100 Hz frekvencia tartomány felosztása [7]
10. ábra Az adatgyűjtő egység egyszerűsített blokkvázlata
11. ábra Különböző kódolási formák [7]
12. ábra A vezérlő pult egyszerűsített blokkvázlata
13. ábra A védett tároló blokkvázlata
14. ábra A BUR-1-2Zs rendszer egyszerűsített blokkvázlata
15. ábra SZNUO-1, GU-1 és UVOP-2 berendezések [41]
16. ábra Az adatok elrendezése a 64 szavas sub-frame-ben [38]
17. ábra A BSzPI-4-1 és a BSzPI-4-2 mechanikus biztosítói [7]
18. ábra A fejlesztés első lépcsője, berendezés cserével [21]
20. ábra A BUR-1-2 3 szériás repülési adatrögzítő [21]
21. ábra Ellenőrző, hitelesítő berendezések [21]
22. ábra UVSz-3M kiolvasási összeállítás [42]
23. ábra MVD-23 kiolvasási összeállítás [43]
24. ábra EBN-BUR csatlakoztatása [25]
25. ábra A kiértékelt adatok megjelenítése térképen [45]
26. ábra Miniatur fedélzeti adat és hangrögzítő, beépítő kerettel és víz alatti jeladóval [31]
27. ábra Az S2-3a rendszer [33]
28. ábra A potenciométeres jeladók jelfogadó áramköre [5]
29. ábra A fordulatszám adók jelfogadása [5]
30. ábra A szelszin-adók jelfeldolgozó elektronikájának blokkvázlata [5]
31. ábra Hőelemek jeleinek fogadása [5]
32. ábra Feszültség jelet feldolgozó csatornák blokkvázlata [5]