

A REPÜLŐBIZTONSÁGI AJÁNLÁSOK MEGVALÓSÍTÁSA A LÉGIJÁRMŰ JAVÍTÓÜZEMBEN

Bevezetés

A cikkemben a magyar katonai repülés biztonságban felmerült egyes problémáinak megoldására adok válaszokat, amelyek megvalósításában a Magyar Honvédség Légijármű Javítóüzemét keresték meg. A Légijármű Javítóüzem munkáinak egy részét képezi az a feladat(rendszer), amely során a rendszeresített légijárművek fejlesztését hajtjuk végre. A fejlesztéseink az előjáróink által meghatározott irányoknak (NATO elvárások, repülőbiztonsági ajánlások illetve más okok) megfelelően készülnek megtervezésre. A tervek alapján megvalósíthatósági tanulmány készül, amelyet az MH Összhaderőnemi Parancsnokság, Repülő Mérnök Műszaki Főnökség, valamint a Nemzeti Közlekedési Hatóság, Légügyi Hivatal engedélyez, csak ezután készülhet el az első beépítés.

1. A LESZÁLLÓ FÉNYSZÓRÓ (PRF-4) ÁTÉPÍTÉSE MI-8T TÍPUSÚ HELIKOPTERRŐL MI-17 TÍPUSÚ HELIKOPTERE

A Légi Kutató-mentő Készenléti szolgálat ellenőrzésekor megállapításra került, hogy a helikopterek éjszaka, kivilágítatlan területre történő leszállását megnehezíti, illetve repülésbiztonsági szempontból kockázatosá teszi az orrfutóműnél beépített leszálló és kereső fényszórók korlátozott terület bevilágítási képessége, különösen függési üzemmódon.

A helikoptervezető állomány a kedvező tapasztalatok alapján javasolta a Mi-8T típusú helikopterek fő futóműveinek áramvonalazó lemezeibe beépített, kiengedhető, a pilótafülkéből vezérelhető, „PRF-4 2. széria” típusú fényszórók alkalmazását a kutató-mentő szolgálatot ellátó Mi-8/17 típusú szállító helikoptereken.

A PRF-4 fényszóró főbb adatai:

A motor névleges tápfeszültsége:	27V±10%
Fényszóró izzó névleges tápfeszültsége:	28V
Az elektromotor által felvett áram:	2,6A
A tengelykapcsoló megcsúszásakor:	3,5A
A fényszóró izzó teljesítménye:	

¹ Zupkó Tibor okleveles mérnök alezredes, Magyar Honvédség Légijármű Javítóüzem, parancsnokhelyettes

„leszálló” izzószál:	660W
„guruló” izzószál:	200W
Kiengedés szögének szabályozási határa:	50°–88°
Kiengedési idő 50°-ra:	9 sec
Kiengedési idő 88°-ra:	12 sec
A tengelykapcsoló megcsúszási ideje	0,5–1 sec
Az elektromos hajtás üzemmódja öt ciklusból álló ismétlődő rövid idejű, amely után teljes kiütés. Egy ciklus alatt, a fényszóró maximális kiengedését, behúzását és egy perces szünetet értünk.	
A fényszóró izzó üzemmódja:	
„guruló” izzószál:	huzamos
„leszálló” izzószál:	ismétlődő, rövid idejű
(5 perc használat után 5 perc szünet)	
A fényszóró izzó fényereje:	
„leszálló” izzószál:	400000 gyertya
„guruló” izzószál:	25000 gyertya
A fényszóró súlya:	legfeljebb 5,2 kp

A PRF-4 fényszóró készletezése:

- a főfűtő áramvonalazó lemeze 1. ábra, fényszóró beépítés az áramvonalazó lemezen belülről nézve 2. ábra,

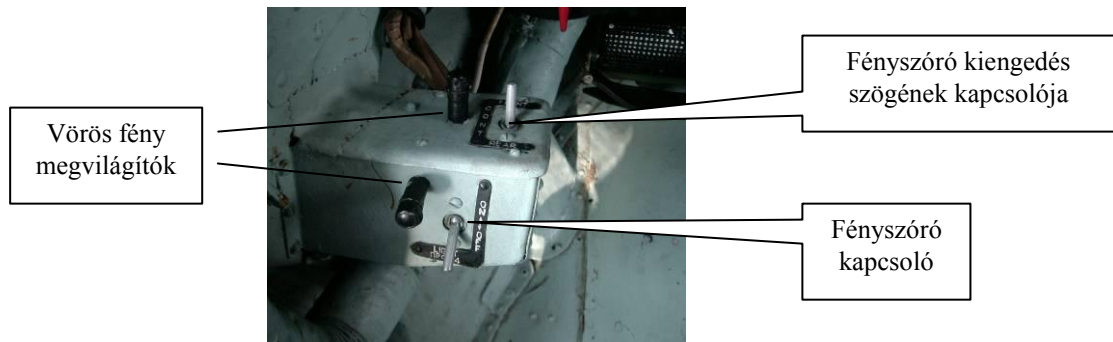


1. ábra A PRF-4 fényszóró Mi-8-as típusú helikopteren



2. ábra A PRF-4 fényszóró és mozgató mechanizmusa az áramvonalazóba beépítve Mi-8-as típusú helikopteren

- a fényszóró és a mozgató mechanizmus jól látható a 2. ábrán,
- kábeltöveg ez köti össze a fényszórót és mozgató mechanizmust az elektromos tápellátással és a vezérlődobozzal,
- vezérlődoboz (fényszóró kiengedés szögének beállítására szolgáló kapcsoló, fényszóró kapcsoló, vörös fény megvilágítók).



3. ábra A PRF-4 fényszóró vezérlő doboza Mi-8-as típusú helikopteren

A leszálló fényszóró illesztése a Mi-17 helikopterre

Mechanikai illesztés

A leszálló fényszóró illesztése a Mi-17 típusú helikopterhez lényegében a MI-8 típusú helikopter beépítéséhez hasonlóan kerül végrehajtásra.

A főfutó áramvonalazó lemez átépítésre kerül a Mi-8-as típusú helikopterről az üzemeltetési utasításnak megfelelően. (Plusz a fényszóró keretet tartó 4db rögzítő bilincs beépítésével.)

A PRF-4 fényszóró vezérlő doboza ugyan arra a helyre és ugyanolyan módszerrel kerül beépítésre, mint a Mi-8-as típusú helikopterben (OSZT 1 11193-73 típusú húzószegecsek segítségével).

A PRF-4 fényszóró kábeleinek rögzítésére és a sárkányszerkezet egyes tartóelemein való átvezetéséhez szükséges áttörek elkészítése ill. rögzítő elemek legyártása az érvényben lévő szakutasításoknak megfelelően, alapvetően a Mi-8 típusú helikopterhez hasonlóan, kerül végrehajtásra.

A leszálló fényszóró fedélzeti kábelezése

Az első beépítés esetében mindenképpen figyelembe vesszük azt az adott lehetőséget, hogy a gyári beszerelés során hogyan hajtották végre ezt a beépítést a Mi-8-as típusú helikopter esetében.

A kábelezés megvalósítása a Mi-17-es típusú helikopter esetében a szükséges módosítás az első beépítés után minden esetben az, hogy lehetőség szerinti minimális vezeték hosszak megfelelően történjen.

A táplálás és egyéb kábelek csatlakozása a fedélzethez

A leszálló fényszórók táplálása négy hálózattvédő automatán –egyben főkapcsolón– keresztül van biztosítva. Az automaták terhelőárama különböző (10A, 25A) amely a fényszórók és a mozgatómechanizmusok áramfelvételéből adódik, ezen kívül szükséges a vörös fény ellátás is a vezérlés megvilágítására.

Egyen- és váltakozó áramú terhelés a Mi-17 típusú helikopteren

A Mi-17 típusú helikopteren 2 darab SzGSz-40PU-4Sz típusú szinkrongenerátor alkotja a fő áramforrást. Az egyenáramú hálózatot 27 V feszültséggel 3 db VU-6A típusú egyenirányító látja el, amelyekből az egyik tartalék. Ez a tartalék bármelyik váltakozó áramú generátorra rákapcsolható.

A generátorok hatásos teljesítménye:

$$P_t = \sqrt{3} * U_f * I_f * \cos \varphi;$$

$$P_t = \sqrt{3} * 208 * 100 * 0,98 = 35.25 \text{ kW}.$$

A VU-6A egyenirányítók közepes terhelése —egyenként— 35÷50 A (1.05÷1.5 kW).

Maximális terhelésük egyenként 90 A (2.7 kW).

Ez a váltakozó áramú generátorokra nézve $I_f=3\div 8.5$ A áramterhelést jelent.

A váltakozó áramú generátorok alapterhelése, ha mindkét generátor működik:

$$I_{GI} = \text{maximum } 10 \text{ A (3.2 kW)};$$

$$I_{GII} = \text{maximum } 15 \text{ A (4.9 kW)}.$$

Jegesedés esetén:

$$I_{GI} = \text{maximum } 100 \text{ A (32.4 kW)};$$

$$I_{GII} = \text{maximum } 30 \text{ A (9.7 kW)}.$$

Ha egy generátor leállt:

Alapterhelés esetén: $I_G = \text{maximum } 30 \text{ A (9.7 kW)}$;

Jegesedés esetén: $I_G = \text{maximum } 110 \text{ A (35.7 kW)}$.

Két egyenirányító meghibásodása esetén a harmadik VU-6A egyenirányító terhelése 20÷30 perc időtartamig:

$$I_t = \text{maximum } 200 \text{ A lehet.}$$

Megjegyzés: Ha ez a 3. számú –azaz a tartalék– VU-6A, akkor az átkapcsolható a kisebb leterheltségű generátorra!

A leszálló fényszórók energiaszükséglete, táplálása

A fényszórók külön-külön üzemeltetve 0,6kW-ot igényel együttes működés esetében 1,2kW-ot.

A fényszóró működtető mechanizmusok külön-külön üzemeltetve 0,08kW-ot igényel együttes működés esetében 0,16kW-ot.

A leszállófényszórók működtető (kezelőszerveinek) vörös fény megvilágításának energia szükséglete elenyésző négy izzó.

Az elemzés alapján az egyenáramú energiaellátás megfelelő tartalékkal rendelkezik, így a maximum 1.5kW-tal megnövelt energia felvétel az egyenáramú energiaellátás rendszeréből biztosított.

2. Mi-24 típusú helikopter automata hevederfeszítő és heveder rendszer Mi-8/17 típusú helikopterek üléseire történő átépítéséről

Az üzem feladatul kapta, hogy vizsgálja meg a Mi-24 típusú helikopterekre épített automata hevederfeszítő szerkezeteket és építse be az előzőekben bevizsgált hevederzettel együtt a Mi-8/17 típusú helikopterek üléseire.

A feladatra történő felkészülés során alakulatunk szakemberei egyeztettek az üzemeltető alakulat és az előljáró parancsnokság pilótáival, műszaki ill. repülésbiztonsági szakembereivel. Ezután elkészítettük a prototípust, amelyet az üzemeltető alakulatnál beépítettünk és a helikopter bázis hajózó és műszaki szakembereivel véleményeztettünk.

Az ülések átalakítása és a beépítések során kiemelt figyelmet fordítottunk a megfelelő szilárdsági és repülésbiztonsági követelmények biztosítására, illetve az ergonómiai szempontok figyelembevételére.

Az övfeszítő és a hevederzet beépítéséhez szükséges feladatok Mi-8/17 szállító helikopterek ülésein

a. A hevederfeszítő automata az alakulatunknál legyártott előbeépítések segítségével történő felszerelése a MI-8/17 típusú helikopterek üléseire. (4. és 5. ábra)

A hátsó előbeépítések biztosítják az övfeszítő szilárd rögzítését az üléstámlához, illetve a heveder megfelelő szögben történő bevezetését a hevedervezetőbe. A hátsó előbeépítések AlMgSi2 alumíniumból, marással készülnek, az üléstámla ívének megfelelően, majd festés biztosítja a felületvédelmet.

Az első előbeépítések biztosítják az övfeszítő szilárd rögzítését az üléstámlához, illetve szétosztják a háttámla felületére az övfeszítő rögzítésénél keletkező erőt. Az első előbeépítések 3mm vastagságú AlMg3 alumínium lemezből, festés felületvédelemmel készülnek.

A hevederfeszítő automata rögzítése 4 db 120°-os süllyesztett fejű M5 acélsavar és önzáró anya segítségével történik.



4. ábra hátsó előbeépítések

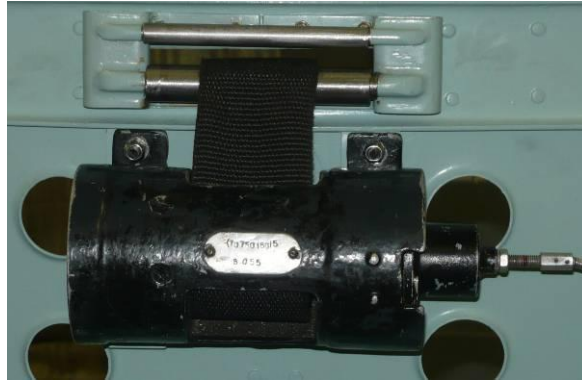


5. ábra első előbeépítések

b. A hevedervezető legyártása és beépítése a MI-8/17 típusú helikopterek üléseinek háttámláira. (6. ábra)
A hevedervezető biztosítja a heveder sérülés és akadálymentes átvezetését a háttámlán kialakított nyíláson keresztül.

A hevedervezető, a háttámla keresztmervítőjének közepén lévő hevederátvezető nyílás megerősítő kiváltáskereteként, lemez és rúdanyagból, hajlítással és hegesztéssel készült. A két félrész $\varnothing 3$ mm-es acélcsavarok és önzáró anyák segítségével lett rögzítve, az előzőekben a hevederátvezető nyílás pereméről lefűrt szegecsek furatainak felhasználásával. A két félrész közé a felső csapokra $\varnothing 10$ mm-es acélhenger, az alsókra pedig $\varnothing 14$ mm-es acélhenger kerül. A csapok, illetve a hengerek furatainak méretei úgy vannak megválasztva, hogy a hengerek könnyedén forogjanak a csapokon.

A hevedervezető alkatrészei KO-36 rozsdamentes acélból készülnek.



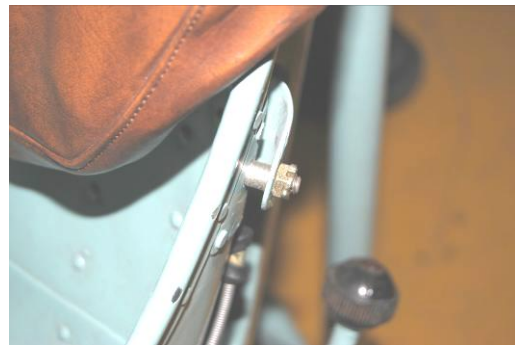
6. ábra a hevedervezető

c. Az övhevederek beépítésénél az eredeti csatlakozási pont átalakítása úgy, hogy a heveder csatlakozójának mozgását biztosítani tudjuk.(7. és 5. ábra)

Az átalakítás során az eredeti övheveder rögzítő csavarja helyett 30 HGSZA acélból készült $\varnothing 6$ mm-es 53059A-6-36KD rajzszámú csavar és KO-36-os rozsdamentes acélból készített távtartó görgő kerül beépítésre, az eredeti koronás anya felhasználásával. Ez a megoldás biztosítja a megfelelő szilárdságú és a szükséges mozgási szabadságú rögzítést az újfajta övhevedernek.



7. ábra csatlakozási pont átalakítása



8. ábra csatlakozási pont átalakítása

d. A megváltozott geometria miatt az ülés háttámla párnázatnak átalakítása.(9. és 10. ábra)

A háttámla eredeti párnázatnak átalakítása biztosítja a hevederek szabad mozgását és nem változtatja meg a párnázat ergonómiai tulajdonságait. A párnázatba bevarrásra került tépőzár biztosítja a háttámla párnázatnak a levételét és felhelyezhetőségét annak sérülése nélkül.



9. ábra párnázat hátsó átalakítása



10. ábra párnázat elől nézete

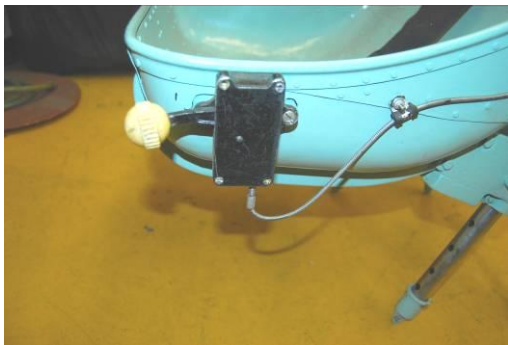
e. A hevederfeszítő automata kioldó kar rögzítése az első pilóta ülésén jobb, a másod pilóta ülésén pedig a baloldalon. (11. és 12. ábra)

A hevederfeszítő automata kioldó kar a repülésbiztonság, a megfelelő kezelhetőség, az ergonómiai, valamint műszaki szempontok figyelembevételével kerül felszerelésre az ülésekre.

Az első pilóta ülésének jobb oldalának hátsó harmadába (a kar előbeépítésének középvonala az ülés mellső szélétől számítva 300 mm-rel hátra), a működtető karral lefelé, a másod pilóta ülésén pedig a baloldal első felére (a kar előbeépítésének közepe az ülés mellső szélétől számítva 90 mm-rel hátra) a működtető karral előre kerül felszerelésre.

A kioldó karok rögzítése mindkét esetben, a külső oldalon 10 mm vastagságú AlMgSi2 alumíniumból készült, a belső oldalon 3mm vastagságú AlMg3 alumínium lemezből készült előbeépítés, valamint Ø5 mm-es rozsdamentes lencsefejű csavarok és önzáró anyák segítségével történik.

Az előbeépítések felületvédelme alapozással és fedőfestéssel biztosított.



11. ábra másod pilóta ülésén bal oldalon



12. ábra első pilóta ülésén jobb oldalon

f. A hevederfeszítő automata kioldó bowden tokjának rögzítése a háttámlához. (13.-14. ábra)

A bowden tok rögzítésének és vonalvezetésének biztosítania kell az automata megfelelő működését és a biztonsági követelmények (nem akadhat bele a kabinban lévő berendezésekbe, valamint a személyzet ruházatába sem) betartását.

A bowden tokot az üléstámlához kábelbilincsek, Ø4 mm-es rozsdamentes lencsefejű csavarok és önzáró anyák rögzítik.



13. ábra első pilóta ülésén a bowden tok rögzítése



14. ábra másod pilóta ülésén a bowden tok rögzítése

3. KO-50 kerozinós fűtőberendezés vészleállító automata megvalósításának gyakorlati kérdései Mi8/Mi17 helikopteren

Az MH ÖHP Repülés Biztonsági Osztálya 2008-ban kiadott repülésbiztonsági ajánlásában, azzal a kéréssel fordult a MH ÖHP Repülő Mérnök Műszaki Főnökség főnökéhez, vizsgáltsa meg annak lehetőségét, miképpen valósítható meg a KO-50 kerozinós fűtőberendezés tüzelőanyag ellátásának megszüntetése szélsőséges –nem szándékolt, vészhelyzetet előidéz– repülési helyzetben.

Az ÖHP RMMF intézkedett, hogy „...A vizsgálat a korábbi nyomatékkapcsoló, tehetetlenségi kapcsolós megoldásokon túl terjedjen ki az összes lehetséges megoldásra, úgy, mint például a helikopter más rendszerei működési paramétereinek figyelése alapján működő elektromos vezérlő/lekapcsoló egység létrehozása, stb.” szerint hajtsa végre a feladatot az MH Légijármű Javítóüzeme.

Az előbbi intézkedés kapcsán az előzetes vizsgálat során alakulatunk szakemberei kérték, hogy az érintett hajózó és műszaki állomány bevonásával határozzák meg a lekapcsolás konkrét fizikai értékét, feltételét. Ilyen paraméter a gyorsulás értéke és annak iránya, a bedöntési-bólintási szögek beavatkozási értéke, esetleg a repülési magasság minimális értéke.

Az előbbiektől tisztázásával foglalkozó konzultáció összehívása és a szakmai egyeztetés 2009 őszén megtörtént. A megbeszélésen megfogalmazásra került a rendszer működésének ellenőrzését biztosító –üzemi tartományon belüli paraméterekkel– „TESzT” üzemmód szükségessége.

A megbeszélésen rögzített paraméterek és a működésbe lépés feltételei 2009 évvégén megkapták a végleges üzemük. Az ügydarabban szereplő adatok a fejlesztés fázisában –az érintettekkel történt telefonos egyeztetésekkel– pontosításra kerültek. A többszöri pontosítás során is maradtak nyitott –a csapatpróba során gyakorlati tapasztalatok alapján pontosítandó– paraméterek. Az érintett adatok (túlterhelés, varió, stb.) szoftver útján módosíthatók, a hardvert nem érintik.

A cikk következő részben összefoglalásra kerül a felmerült probléma kiküszöbölésére alkalmas megoldások hardveres és szoftveres vonatkozásait, elméleti hátterét, valamint egy konkrét áramkör gyakorlati megvalósítását. A megvalósított áramkört a sikeres laboratóriumi ellenőrzéseket követően beépítéssel –csapatpróba keretében– ellenőrizni kell. Amennyiben ez is eredményes, a mintabeépítéssel párhuzamosan kidolgozott és jóváhagyott beépítési technológia alapján végrehajtható a 'sorozat' beépítés.

A KO-50 kerozinós fűtőberendezés általános ismertetése

A fűtőberendezés a helikopter tehertér és a személyzeti fülke fűtését, valamint a szélvédő páramentesítését biztosítja a berendezés által felmelegített levegő befújásával. A levegő betáplálását a fűtőberendezés részét képező nagyteljesítményű ventilátor biztosítja. A fűtendő tér a tehertérben elhelyezett karral választható ki.

A fűtőberendezés automatikus, kézi és szellőző üzemmódban működhet. Automatikus üzemmódban a jobb oldali helikoptervezetőnél található hőmérsékletadó beállításának megfelelő hőmérsékletet biztosít. Kézi vezérlés esetén maximális /teljes/ és közepes teljesítményen üzemel. Szellőző üzemmódban történik a fűtőberendezés hűtése és a helikopter fülkéinek szellőztetése. Télen lehetőség van gyorsított fűtésre, recirkulációs üzemmódban.

A fűtőberendezés 50000 kcal/óra teljesítményű, a 27 V egyenáramú hálózatból 2,2 kW teljesítményt vesz fel. Levegőfogyasztása 1760 kg/óra, ehhez maximum 8,7 kg/óra tüzelőanyagot éget el, melyet 1,6 bar nyomással kényszerít a tüztérbe.

Az égőtér hőálló acéllemezből készül. Az égéshez szükséges levegő a jobb tüzelőanyag- levegő keverékképződés érdekében örvénylést keltő nyílásokon keresztül kerül az égőtérbe.

A hideg levegő jó hatásfokú felmelegítése érdekében –a megfelelő hőátadás biztosítására– hullámosított felületű, hőálló acéllemezből készült kalorifer került alkalmazásra.

Az üzembiztonság érdekében a tüzelőanyagot elektromos fűtéssel 70 °C-ra előmelegítik. A keverék begyűjtését gyújtógyertya végzi. Az égés beindulása után a gyújtóáramkör kikapcsol.

Hőkapcsolót alkalmaznak a fűtőberendezés kikapcsolása után a ventilátor további működtetése érdekében. Erre azért van szükség, hogy az égőtérből az összes kerozin gőzt kifújja, és a kilépő levegő hőmérsékletét csökkentse. Az 50 °C hőmérséklet elérésekor a ventilátor kikapcsol. A biztonság növelése érdekében úgynevezett pneumatikus kapcsolókat is alkalmaznak a ventilátor üzemképességének ellenőrzésére. Ha a ventilátor, vagy a vezérlése meghibásodik, –nincs megfelelő levegő torlónyomás a tüztérben– a pneumatikus kapcsoló az egész KO-50 berendezést lekapcsolja.

A tüzelőanyag betáplálás, elektromosan vezérelhető szelepen keresztül történik. A tüzelőanyag betáplálás automatikusan elzárásra kerül, ha a fűtőberendezésből kilépő levegő hőmérséklete magasabb, mint 175 °C.

A KO-50 kerozinós fűtőberendezés egyszerűsített működése:

A fűtőberendezés vezérlése a kapcsolótáblán található üzemmód kiválasztó kapcsolóval és a berendezés indítására szolgáló nyomógommbal történik.

Az indítási folyamat –és a folyamatos működés során is– fontos mozzanat, amikor a ventilátor bekapcsolása után létrejövő torlónyomás a pneumatikus kapcsolón keresztül engedélyezi a tüzelőanyag betáplálást és a keverék meggyűjtését.

A fűtőberendezés indítása után az égőtérben a kerozin-levegő keverék folyamatosan elégetésre kerül. Az égéstermékek kivezetése a gázvezető csövön keresztül biztosítva van. Az égőtér –kalorifer–

felhevített falával a légkörből belépő hideg levegő közvetlenül érintkezik és felmelegszik. A megfelelő hőmérsékletű levegő innen a helikopter fülkéjébe jut.

A kívánt hőmérséklet beállítása a kapcsolótáblán található hőmérséklet beállítóval történik. A beállított hőmérséklet tartásáról a fűtőberendezés ki- és bemenetén, illetve a fülkében található érzékelők jelének feldolgozásával az elektronikus szabályozó áramkör gondoskodik.

Amikor a fűtőberendezésből kilépő levegő hőmérséklete eléri a 175 ± 10 °C hőmérsékletet, a hőkapcsoló lekapcsolja a tüzelőanyag betáplálást. A ventilátor a szellőztetés, hűtés érdekében tovább működik. Amikor a levegő hőmérséklete 50 ± 5 °C-ra csökken, a ventilátor is kikapcsolódik és elalszik a kék színű 'ÜZEMEL' jelzőlámpa.

A működés szempontjából fontos, hogy a tűzoltórendszer egy jelfogón keresztül megszakíthatja a KO-50 rendszer működését. Ezt úgy éri el, hogy a KO-50 főkapcsolója /5A AZSz/ az előbb említett jelfogó nyugalmi érintkezőjén keresztül biztosítja a vezérlőáramkör táplálását. A jelfogóra +27 V feszültséget kapcsolva megszakítja a vezérlőáramkör áramellátását, ezzel leállítva a KO-50 fűtőberendezés működését is. A megszakítás a teljes működést, azaz a ventilátort is azonnal leállítja. Amennyiben a jelfogó vezérlése –a tűzoltó rendszer soros diódán keresztül vezérli azt– megszűnik, bizonyos áramkörök ismét áram alá kerülnek.

A KO-50-VLA vészleállító automata feladata és paraméterei

A KO-50-VLA VészLeállító Automata feladata

A témával kapcsolatos szakmai egyeztetésről készült összefoglaló jelentés megfogalmazása szerint a repülésbiztonság növelése érdekében megvalósítandó berendezés célja „*a KO-50 típusú kerozinós fűtőberendezés kikapcsolása nem szándékolt repülési manőver esetén*”

A KO-50-VLA VészLeállító Automata főbb paramétereinek meghatározása

Nem szándékolt repülési manővernek minősül a helikopterre megengedett repülési határértékek átlépése. A szakmai egyeztetésen rögzített –*az üzemi határértéket meghaladó*– paraméterek a következők voltak:

- Bedöntés értéke nagyobb, mint $\pm 50^\circ$;
- Bólintás értéke nagyobb, mint $\pm 30^\circ$, *ezek a paraméterek átlépése a magasságtól függetlenül vészhelyzetet jelent*, így a KO-50 azonnali 'időben történő' leállítása indokolt lehet.

Az éles adatokon kívül megfogalmazásra került az 'alkalmi repüléssel TESzT' során szükséges paraméterek értéke is. Ezek az adatok a megengedett üzemi tartományban vannak, így a KO-50-VLA működőképességének üzemszerű ellenőrzése a repülés biztonságának veszélyeztetése nélkül végrehajtható:

- TESzT bedöntés értéke nagyobb, mint $\pm 25^\circ$;
- TESzT bólintás értéke nagyobb, mint $\pm 15^\circ$.

A témában érintett MH 86. SzHB repülésbiztonsági főnökével –és rajta keresztül az érintett állománnyal– történt többszöri szóbeli konzultáció alapján körvonalazódott a fenti paraméterek listája. Az eredeti lista

tartalmazott magassági paramétert is, de ennek biztosítása nagyon sok bizonytalanságtól terhelt ezért ettől közös megegyezésre eltekintettünk.

Igényként merült fel az *X/Y/Z tengelyek szerinti, azaz 3 dimenziós túlterhelésmérés*, illetve az ebből nyerhető adatok bedöntéstől, bólintástól független *vagylagos figyelembe vétele* a KO-50 vészleállítása érdekében:

- Az iránytól függetlenül a túlterhelés értéke nagyobb, mint $\pm 2.2,5g$;
- TESzT túlterhelés értéke nagyobb, mint $\pm 0,5..0,75g$.

A KO-50-VLA vészleállító automata működése

A KO-50 fűtőberendezés működésének megszakítása /eredeti/: A fűtőberendezés stabil működését a fedélzeti +27 V egyenáramú hálózatról táplált elektromos vezérlő és szabályozó áramkör biztosítja. A vezérlőáramkör hőmérséklet és pneumatikus kapcsolókból, valamint jelfogókból és kontaktorokból áll. A vezérlőegység ezek segítségével kapcsolja az üzemanyag nyomását biztosító elektromos szivattyút, elektromosan vezérelt szeleppel nyitja, illetve zárja a centrifugális fűvókához vezető tüzelőanyagot, kapcsolja a nagyteljesítményű ventilátort. Üzem módtól függően engedélyezi az automatikus hőmérséklet szabályozó működését.

A KO-50 berendezés túláram védelmét több nagyáramú biztosíték és AZSz védőautomata biztosítja. Az eredeti rendszerben a fedélzeti tűzoltórendszer működésbe lépéskor +27 V vezérlőjelet ad a '1105' kapcsoló CsE15 (ЧЕ15) vezetékén és egy soros D7G (Д7Г) diódán keresztül az '572' jelölésű jelfogó behúzó tekercsére. A jelfogó alaphelyzetben zárt érintkezője ekkor nyit és megszakítja a '308' jelzésű AZSzGK-5 (5 A) védő automatán keresztül bekapcsolt és biztosított áramköröket, így a vezérlőáramkör táplálását is. Ezzel a KO-50 fűtőberendezés működése azonnal leáll. Kikapcsol a tüzelőanyag-szivattyút, lezár az üzemanyagot a fűvókához engedő elektromos szelep.

Mivel a ventilátort kapcsoló '333' jelölésű kontaktor vezérlése is megszakad, megszűnik az égőtér felületéről a meleg levegő lefűvése, azaz a kényszerhűtéses hőelvonás, amit eddig a kb. 400 W teljesítményű ventilátor biztosított. Az égőtérben robbanásveszélyes kerozin-levegő keverék marad. A táplálás megszűnése az öntartó áramkörök működését is megszakítja. Ez a kényszerhelyzet a tűzoltórendszer aktív állapotáig fennmarad.

A KO-50 fűtőberendezés működésének módosított megszakítása: A fűtőberendezés vészleállítása a tűzoltórendszer által is használt '572' jelölésű jelfogó párhuzamos – *vagylagos* – vezérlésével valósul meg. Ez elérhető a jelfogó tekercsére kapcsolt +27 V feszültséggel. Mivel ez a csatlakozási pont a sorosan bekötött dióda katód felőli oldala, a tűzoltórendszer leválasztása a záróirányú dióda miatt automatikusan biztosított.

A fűtőberendezés megszakításának fent vázolt működéséből látható, hogy az azonnali és teljes áramellátás megszakítása következtében az égőtérben kerozin-levegő keverék marad, illetve a tüztér falának 'kényszer hűtése' megszűnik. Véleményünk szerint ez a megoldás robbanásveszélyes állapotot idéz elő, ami azonban egy egyszerű módosítással megszüntethető. A módosítás lényege az, hogy a

ventillátor áramellátásának további biztosításával lehetővé válik az égőtérben felgyülemlert robbanásveszélyes keverék kifúvatása, illetve az égőtér forró felületének biztonságos hőmérsékletre történő lehűtése. Ennek érdekében az eredeti áramkört ki kell egészíteni egy TKE-52PDT (*TKE-52ΠΠΤ*) típusú, *Rel* jelölésű, két áramkörös Morse-érintkezős jelfogóval. A jelfogó egyik áramkörének záró érintkezője +27V feszültséget kapcsol az '572' jelfogó behúzó tekercsére, a másik áramkör pedig váltókapcsolóként alkalmazva, megszakítja a ventillátort kapcsoló kontaktorának vezérlőtekercsét tápláló eredeti DV11 (ДВ11) jelölésű vezetékét, illetve a záródó érintkezőn keresztül továbbra is +27 V feszültséget kapcsol a kontaktorra. A nagyáramú vezérelt kapcsoló ezzel a módosítással –a többi áramkör megszakításának ellenére is– folyamatosan áramot biztosít a ventillátor részére.

A *Rel* jelfogó meghúzását egy X0202M típusú tirisztor biztosítja. Itt a tirisztor, mint kétállapotú vezérelt kapcsoló működik, amelynek a 'begyújtását' a VészLeállító Automata elektronikája biztosítja. Begyújtás után a tirisztor bekapcsolt állapotban marad azaz 'öntartó'. Alapállapotba csak a '308' jelölésű AZSz kapcsoló kikapcsolásával, azaz a +27V áramkör megszakításával hozható.

A javasolt megoldás hátránya, hogy a ventillátor és közvetlen áramköre továbbra is áram alatt marad, ezzel megnövelve egy elektromos tűz veszélyét. Hogy melyik szituáció kockázata a nagyobb, kockázatelemzéssel eldönthető.

A KO-50-VLA VészLeállító Automata vázlatos működése

A *KO-50-VLA VészLeállító Automata* olyan elektronikus áramkör, ami a repülés során nem megengedett repülési manőver, illetve a manőverekkel kapcsolatos határértékek átlépése esetén vezérlőjelet biztosít a KO-50 fűtőberendezés leállításához. Ez a vezérlőjelet az előbb leírt működés alapján –a ventillátor üzemelésének fenntartása mellett– kikapcsolja a fűtőberendezést.

A repülési határadatok ismeretében vezérlő-(leállító-)jelet kell előállítani ha:

- A bedöntés /hossztengely/ szöge nagyobb, mint $\pm 50^\circ$;
- A bólintás /keresztengely/ szöge nagyobb, mint $\pm 30^\circ$;
- A túlterhelés abszolút /irányfüggetlen/ értéke nagyobb, mint $\pm 2,5g$.

Ezek a határadat átlépések külön-külön is kiváltják, (vagyis 'VAGY' (AND) kapcsolat van közöttük) a vezérlő-(leállító-)jel kialakítását, azaz a KO-50 fűtőberendezés azonnali leállítását,

A *bedöntési, illetve bólintási szögek* ellenőrzéséhez ismerni kell azok aktuális értékét. Ehhez olyan jeladóra van szükség, amely megfelelő pontosságú, egymástól független bedöntés és bólintás adatot biztosít. A kérdéses bedöntés/bólintás határértékek átlépésének érzékeléséhez két független 'ablakkomparátor' szükséges. A bólintás szerint $\pm 30^\circ$, illetve bedöntés szerint $\pm 50^\circ$ átlépésekor jelzés keletkezik, amit formálni és illeszteni kell a jelfogó /tirisztor/ vezérlése érdekében. A tirisztor biztonságos indításához az indítójelet minimálisan néhány száz 100 μs időtartamú. Ilyen alkalmas jelforrás lehet az RSzAG-1186A (РСАГ-1186А) jelelosztó és ismétlő berendezés szögkiteréssel arányos kimenőjele. Egyébként ezt a jelet használja a SZIROM-rendszer is a bólintási/bedöntési szögek rögzítéséhez. Az ablak-komparátor tervezésénél fontos szempont a TESzT-üzemmód biztosítása, ahol az 'éles' üzemi

paraméter értéke feléne átlépésekor a berendezésnek jelezni kell a leállítást, annak tényleges kiváltása nélkül.

A *túlterhelés érzékeléséhez* a fedélzeten nincs arra alkalmas jeladó. Erre a célra azonban kiválóan megfelelnek a kereskedelemben beszerezhető, gépjárművekben, számítástechnikai eszközökben széles körben alkalmazott analóg 'accelerometer' azaz lineáris gyorsulásmérő integrált áramkörök. Az irányfüggetlen érzékelés érdekében három tengely (X,Y,Z) mentén működő eszközt célszerű alkalmazni. Az ilyen eszközöknél a három egymástól független csatorna kimenetén –az adott tengely irányában érzékelt gyorsulással arányos– egyenfeszültség, vagy már digitalizált soros adatfolyam jelenik meg. A leállítójel kialakításához szükséges jelkezelési és számítási feladatok elvégzését mikrovezérlőnek kell biztosítania.

A *TESzT-üzemmód bekapcsolása* –repülés közben, tetszőleges időpontban– a felső panelen elhelyezendő '**KO-VLA TESzT**' feliratú kapcsolóval történik. A bekapcsolástól kezdve a TESzT-üzemmód ideje alatt a kapcsoló előlapján látható zöld színű felirat folyamatosan villog.

- A TESzT bedöntés /hossztengely/ szöge nagyobb, mint $\pm 25^\circ$;
- A TESzT bólintás /kereszt tengely/ szöge nagyobb, mint $\pm 15^\circ$;
- A TESzT túlterhelés abszolút /irányfüggetlen/ értéke nagyobb, mint $\pm 0,5g$.

A helikopterrel –a biztonságos üzemi tartományon belül– a teszt értékeknek megfelelő bármelyik határértéket átlépve, a kapcsoló mellé beépítendő '**KO-STOP**' feliratú sárga fényű jelzőabló folyamatosan világít.

A visszajelző tablóban található sárga színű LED a *Rel* jelfogóval párhuzamosan kerül bekötésre. A *Rel* jelfogó behúzó tekercse azonban TESzT-üzemmódban a teszt-kapcsoló átkapcsolásával megszakításra kerül. Ennek következtében –a táplálás hiánya miatt– nem képes átkapcsolni, a KO-50 fűtőberendezés továbbra is üzemben marad.

A teszt-kapcsoló kikapcsolásával a kapcsoló előlapjának villogása megszűnik, a sárga jelzőabló kialszik és visszaáll az 'éles' üzemmód.

Az itt vázolt megoldás részben az eredeti rendszer által biztosított szögdatokból, részben egy új szenzor jelének feldolgozásával állítja elő a szükséges vezérlőjelet.

A KO-50-VLA vészleállító automata megvalósítási lehetőségei:

I. változat: az RSzAG-1186A jelelosztó és illesztő blokk alkalmazása

A *bedöntési, illetve bólintási szögek* ellenőrzéséhez ismerni kell azok pontos értékét. Ehhez felhasználható az RSzAG-1186A jelelosztó és ismétlő berendezés kimenőjele. Az ismétlő berendezés az AGD-1 műhorizont pörgettyűs adója által kidolgozott bedöntési és bólintási jeleket 'ismétli' meg, illetve alakítja át potenciométeres jellé. A $\pm 75^\circ$ tartományban átalakított lineáris jelet a roboton kívül jelenleg a SZIROM-berendezés használja fel a repülési paraméterek rögzítése során. Mivel az ismétlőblokkban már nincs több –a szükséges jelet biztosító– szabad potenciométer, jelforrásként csak ez a kettő SZIROM-al közös csatorna használható. A potenciométerek táplálását a SZIROM +6 VDC referencia feszültsége

biztosítja. A $\pm 75^\circ$ szögtartomány 0..6 VDC feszültség tartománynak felel meg, így 0° -hoz +3 VDC tartozik.

A kérdéses bedöntés/bólintás határértékek átlépésének érzékeléséhez két független 'ablakkomparátor' szükséges. A bólintás szerint $\pm 30^\circ$, illetve bedöntés szerint $\pm 50^\circ$ átlépésekor jelzés keletkezik, amit formálni és illeszteni kell a jelfogót kapcsoló tirisztor vezérlése érdekében. A tirisztor biztonságos indításához az indítójel minimálisan néhányszor 100 μ s időtartamú. Az illesztés a SzIROM-rendszerre való tekintettel – a földhurok elkerülése érdekében – galvanikus leválasztást is szükségessé tesz.

Hasonló oka van az elektronika +27 V hálózatról galvanikusan leválasztott táplálásának is.

A *komparátor tervezésénél* figyelembe kell venni azt is, hogy üzemképesség ellenőrzése céljából az 'éles' üzemi paraméter értéke felének megfelelően a berendezésnek TESzT-üzemmóddal is rendelkezni kell úgy, hogy az ne váltsa ki a fűtőberendezés leállítását, csak jelezze azt. Ezeket az ellentmondó és összetett követelményeket mikrovezérlő alkalmazásával célszerű megoldani. Az analóg jel megfelelő pontosságú feldolgozásához, digitalizálásához 8 bites felbontás elegendő.

Az illesztésnél fontos szempont, hogy az áramkör esetleges meghibásodása nem okozhat értékelhető mérési hibát a 8 bites felbontású SzIROM-rendszerben. Figyelembe kell venni azt is, hogy az alkalmazott mikrovezérlő maximális üzemi táp és bemenő feszültsége 5 V, szemben a 0..6 V jelfeszültséggel. A megoldás az, hogy arányosan /kb. 20%/ le kell osztani a tápfeszültséget és a bemenő feszültséget is. Ez a feladat műveleti erősítővel (OPA) megoldható.

A *túlterhelés érzékeléséhez* a fedélzeten nincs arra alkalmas jeladó. Mivel célunk az irányfüggetlen túlterhelés érzékelés, ehhez X,Y,Z irányú, azaz háromtengelyes eszközre van szükség. Az ilyen eszközöknél a három egymástól független csatorna kimenetén – az adott tengely irányában érzékelt gyorsulással arányos – egyenfeszültség, vagy a már digitalizált soros adatfolyam jelenik meg. Az előbbi feltételeknek jól megfelel a kereskedelemben beszerezhető, széles körben alkalmazott MMA7260QT típusú analóg 'accelerometer' azaz lineáris MEMS technológiával készült gyorsulásmérő integrált áramkör /lásd a következő fejezetben/.

Bármelyik kimeneti adatformátumot is nézzük, közvetlenül egyik sem alkalmas a *leállítójel* előállítására. A szükséges jelkezelési és számítási feladatok elvégzésére ebben az esetben is mikrovezérlő alkalmazására van szükség.

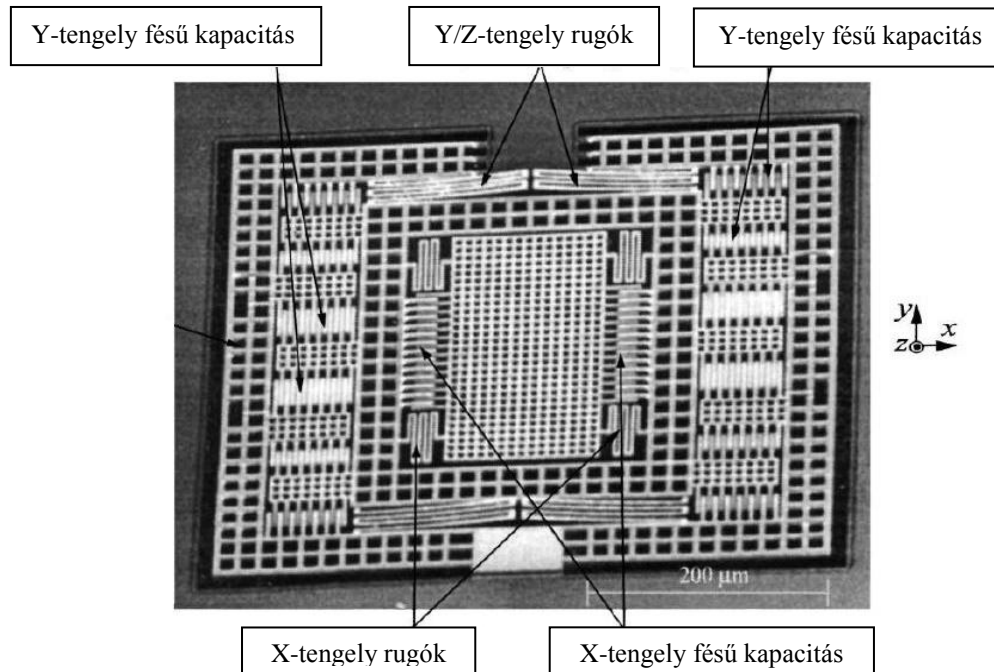
II. változat: független /autonóm/ gyorsulásmérő alkalmazása kombinált jeladóként

Az MMA7260QT típusú 3 tengelyes (X,Y,Z) integrált gyorsulásmérő

Ez a Freescale Semiconductor (régebben MOTOROLA) gyártmányú gyorsulásmérő, úgynevezett MEMS (Micro Electro Mechanical Systems, 1989) rendszerű, félvezető technológiával gyártott IC.

Az ismertetésre kerülő eszköz csatornánként –felületi mikromechanikai technológiával készült– kapacitív gyorsulásérzékelőket (g-cell), ASIC átalakítót, jelfrissítőt, kompenzáló és illesztő áramkört tartalmaz egybe integrálva. Az elemek hermetikus, vízmentes QFN-16 tokban helyezkednek el, melynek teljes mérete (6*6*1.4 mm³).

Az X,Y,Z érzékelők félvezető technológiával készülnek poliszilíciumból. A mérőkapacitás fésűszerűen egymásba nyúló álló és mozgó fegyverzetből került kialakításra. A mozgó fegyverzet rugalmasan van felfüggesztve, melynek eredményeképpen gyorsulás esetén kismértékben elmozdul, így megváltozik az álló fegyverzethez viszonyított távolsága, kapacitása. (15. ábra)



15. ábra megvalósított 3D-típusú, kapacitív érzékelő fényképe

Energiatakarékos alkalmazáshoz 'sleep-módba' kapcsolható, amelyből 2 ms-n belül ismét üzemkés állapotba hozható. Mindhárom X,Y,Z kimenet jele digitális szűréssel van ellátva. A kimenetek sáv szélessége 350 Hz az X,Y és 150 Hz a Z-csatornában. A három analóg kimenet offset feszültsége $-g=0$ az IC tápfeszültségének fele, azaz 3,3 VDC feszültség esetén 1,65 V. Ha a gyorsulás $+g$ irányú, a kimenőfeszültség növekszik, $-g$ esetén csökken. A linearitási hiba a teljes skálára vonatkozóan jobb, mint 1% FSO.

Mivel az IC háromtengelyes, és a kimenőjel sztatikus (nem csak a változásra érzékeny), egyaránt érzékeli az állandó 'g' gravitációs gyorsulást, illetve az 'a' tetszőleges irányú gyorsulást is. Az előbbi tulajdonsága lehetőséget biztosít dőlésérzékelésre, mérésre (Tilt sensing).

Dőlés/bólintás érzékelés gyorsulásmérő IC alkalmazásával (Tilt sensing)

Ha a gyorsulás (a), illetve a gravitációs gyorsulás (g) merőleges a vizsgált tengely irányára (X,Y) az adott csatorna kimenetén a fél tápfeszültség, azaz 0 V jelfeszültség mérhető.

Abban az esetben, ha az a vagy g gyorsulásvektor párhuzamos a vizsgált tengellyel, a kimenő feszültség a fél tápfeszültséghez képest a gyorsulás irányától és a kiválasztott érzékenységtartománytól függően arányosan nagyobb, vagy kisebb. Pozitív irányú gyorsulás esetén a kimenőfeszültség növekszik, negatív gyorsulás esetén pedig, csökken.

Megjegyzés: Ha a rendszer /és az IC/ nyugalomban van és a Z-tengely függőleges irányba mutat, a Z-kimeneten mérhető feszültség a kiválasztott érzékenységi tartománynak megfelelő mértékben +1 g-nek megfelelő mértékben nagyobb a fél-tápfeszültségnél.

A gyorsulásmérő IC előbbi tulajdonsága –*az állandóan a föld középpontja irányába mutató gravitációs gyorsulás*– lehetővé teszi tetszőleges irányú dőlési szög mérését. Ennek meghatározása az egymásra merőleges X,Y,Z tengelyek irányában mért feszültségek vektoralgebra szabályainak megfelelő feldolgozásával végezhető el.

A jelérzékelők jelének feldolgozása, leállítójel előállítása

Az előző fejezetekben már jeleztük, hogy mindegyik megoldás esetén a szenzorok jelének feldolgozását, a leállítójel előállítását és a TESzT-üzemmód vezérlését mikrovezérlő biztosítja.

Az **I. változat** az RSzAG-1186A típusú jelelosztó és illesztőblokk SzIROM-al közös bólintási és bedöntési szögekkel arányos unipoláris jelét használja fel a vizsgált paraméterek folyamatos ellenőrzésére. A $0..6\text{ V} \rightarrow \pm 75^\circ$ tartományba eső mérendő jelet és a 6 VDC referencia feszültséget előzőleg OPA segítségével kb. 20%-al csökkenteni kell.

A leállítójel kialakításához a dőlés és bólintás csatornák analóg jelét először digitalizálni kell, amit a mikrovezérlő (PIC10F222-E/OT) belső ADC modulja végez 8.2 ms frissítési (mintavételezési) idővel. A felbontás 8 bites, ami megközelítőleg $0,6^\circ$ szög szerinti felbontást eredményez.

Az előzőekben már jelzett okok miatt a TESzT-üzemmód optócsatolón keresztül vezérelhető. Ez a megoldás galvanikusan leválasztott L-aktív vezérlőjelet biztosít a mikrovezérlő (továbbiakban: μC) TESzT bemenete részére.

A dőlés és bólintás csatorna, illetve a TESzT bemenet ellenőrzése folyamatos pollingolással történik. A digitalizált jel egy, a programozás során beírt állandóval kerül összehasonlításra. A TESzT-üzemmód vezérlőjel hatására az állandó értéke a tesztnek megfelelően fél-értékre csökken. Amennyiben az ellenőrzött érték a megengedett tartományt alulról, vagy felülről meghaladja –az ablakon kívülre esik–, kialakításra kerül a leállítójel. Ez a jel azonnal megjelenik a kimeneten, illetve elindul egy időzítő a minimális szélességű kimenőjel formálása érdekében. Amennyiben az ellenőrzött jel ismét az üzemi értéktartományon –ablakon– belül van, a kimenet is alaphelyzetbe áll. *A leállítás folyamata nem szakad meg, azt csak a személyzet törölheti a főkapcsoló lekapcsolásával, vagy a TESzT-üzemmód be/kikapcsolásával!*

Az **I.** és **II. változat** esetében a 3 tengely szerinti túlterhelés adatot a már részletesen elemzett analóg kimenetű gyorsulásmérő IC biztosítja. A három csatorna jelének folyamatos feldolgozása vektoralgebrai függvények értékek kiszámítását igényli. A számítások idő és teljesítmény igénye meghatározó szempont a mikrovezérlő kiválasztásánál.

A kérdéses paraméterek kiszámításához az alapvető összeadás, kivonás, szorzás, osztás algebrai műveleteken felül gyökvonásra is szükség van. Ezek a műveletek –8 bites operandusok feldolgozása esetében is– 16 bitesek, ezért időigényük viszonylag nagy. A számításoknál némi könnyítést jelent az,

hogy a határértékek ellenőrzése során nincs szükség az előjel megjelenítésére, így 'csak' abszolút értékkel kell a számításokat elvégezni.

Szintén nagy számítási teljesítmény szükséges a gyorsulásmérő IC kimenőjelének megfelelő zaj/zavarszűrésére. Ezt a funkciót úgynevezett rekurzív átlagolószűrő (**IIR-szűrő**) látja el, minden csatornában külön-külön. A szűrők sáv szélessége megközelítőleg 2.6 Hz.

Megjegyzés: Az **IIR** – **I**nfinite **I**mpulse **R**esponse /végtelen impulzus válaszó/ – olyan *digitális szűrő*, melynek egy impulzusra adott válasza végtelen ideig nullától különböző. Ennek oka, hogy a szűrő kimenetéről történő visszacsatolás következtében a visszacsatolt jel is 'beleszól' a kimeneti állapotba.

Az I. változatnál a TESzT-üzemmóddal kapcsolatban leírtakhoz hasonlóan itt is optocsatoló L-aktív jele váltja ki az ellenőrzési folyamat elindítását, ami a belső komparálási értékek megváltoztatását, csökkentését jelenti. A program pollingolással ellenőrzi és dolgozza fel az egyes bemenetek adatait. A feldolgozás eredményeképpen kapott értékeket az utolsó taszkon belül futó programrészlet ezután összehasonlítja a programozás során beírt konstansokkal. A határértékek bármelyikének átlépése kiváltja a leállítójel kialakítását.

A leállítójel itt is optocsatolón keresztül vezérli a *Rel* jelfogót bekapcsoló tirisztort.

Az adatok feldolgozására és a leállítójel kialakítására kiválasztott mikrovezérlő PIC16F1823-E/ST típusú. A μC 8 bites, újra tervezett –nagyobb teljesítményű– maggal rendelkezik. Utasításkészletét új –főképpen algebrai műveletekhez használható– utasításokkal egészítették ki. A gyártó szerint az új utasítások segítségével mintegy 40%-al hatékonyabb, gyorsabb program írható. A μC belső órajele és a teljesítménye is jelentősen, több mint négyszeresére növekedett. A programmemória belső programból olvasható, így a program indulásakor –egy a programozás során képzett és a programmemóriába mentett– ellenőrző összeg (checksum) automatikus ellenőrzésével a programmemória sérülése nagy valószínűséggel jelezhető.

Összefoglalás

A cikkemben a magyar katonai repülés biztonságban felmerült egyes problémáinak megoldására adtam válaszokat a teljesség igénye nélkül, ez a három eset bemutató jellegű a feladatok mélysége is jól láthatóan különböző. Az MH Légijármű Javítóüzem minden esetben a munkája legjavát adja, a feladatok végrehajtásához rendelkezik azzal a mérnöki gárdával, ami átlátja a feladatok elmélet és gyakorlati megvalósíthatóságának kisebb és nagyobb buktatóit és kiküszöbölésének lehetőségeit.

Az üzemünk minden esetben a legmesszebbmenőkig figyelembe veszi a légi alkalmassággal kapcsolatos elvárásokat, eddigi fejlesztésink is ezt igazolják. A szakmai előljáróink és a hatóságok is minden esetben „górcső” alá veszik minden fejlesztésünket, ha a legkisebb hiba lehetőség is felmerül nem engedélyezik a beépítést vagy annak a véglegesítését.

Ennek a cikknek a terjedelme nem engedi meg azt, hogy minden feladat megoldásának lehetőségét teljes egészében ismertessük. A cikkem megírásában támaszkodtam a mérnök kollégáim által megírt megvalósíthatósági tanulmányokra ezúttal is meg szeretném ezt köszönni.

FELHASZNÁLT IRODALOM, DOKUMENTÁCIÓ

- [1] RE/1659 Mi-8, Mi-9 és Mi-17 típusú helikopterek egységes műszaki kiszolgálási szakutasítása; I. rész Sárkány- hajtómű.
- [2] RE/1661 Mi-8, Mi-9 és Mi-17 típusú helikopterek egységes műszaki kiszolgálási szakutasítása; III. rész EMO berendezések.
- [3] RE/1690 A Mi-17 típusú helikopter műszaki üzemeltetési szakutasítása; Elektromos műszer és oxigén berendezések.
- [4] RE/1667 A Mi-17 típusú helikopter műszaki üzemeltetési szakutasítása; Sárkány szerkezet.
- [5] RE/1630 Helikopterek harci sérüléseinek javítása; Módszertani segédlet.
- [6] RE/1233 Segédlet a sérülések javításához.
- [7] 6220 fedélzeti azonosító jelű helikopter elektromos rajzalbuma (Diagram 12).
- [8] Re/983 A Mi-8 helikopter üzemeltetési és műszaki kiszolgálási szakutasítása II. Könyv 1. rész Szerkezet (HM 1982, 532-600 oldal).
- [9] Фиг. 16. Схема обогревателя КО-50 и термометров воздуха (Mi-8 rajzalbum).
- [10] Схема 9. Схема противопожарной системы ССП-ФК' (Mi-8 rajzalbum).
- [11] *Two-Dimensional Position Detection System with MEMS Accelerometer for MOUSE Applications'* [/seungbae@eecs.umich.edu/](mailto:seungbae@eecs.umich.edu).
- [12] *MEMS ACCELEROMETERS* Matej Andrejašič, Ljubljana, 2008.
- [13] *A Two-Chip Interface for a MEMS Accelerometer* (Tetsuya Kayita, Gábor C. Temes, IEEE 2002. augusztus, NO4.).
- [14] *Basic Principles of Operation and Applications of the Accelerometer* (Paschal Meehan and Keit Moloney, Limerick Institute of Technology).
- [15] *Tilt Sensing Using Linear Accelerometers* (AN3461, Freescale Semiconductor, Rev 2, 06/2007).
- [16] *Detecting Freefall with Low-G Accelerometers* (AN3151, Freescale Semiconductor, Rev 0, 11/2006).
- [17] *Measuring Tilt with Low-g Accelerometers* (AN3107, Freescale Semiconductor, Rev 0, 05/2005).
- [18] *Implementing Positioning Algorithms Using Accelerometers* (AN3397, Freescale Semiconductor, Rev 0, 02/2007).
- [19] $\pm 1.5g$ - $6g$ Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer (MMA7260Q, Freescale Semiconductor, Rev 1, 06/2005 adatlap).
- [20] *MMA7260QT gyorsulásmérő használata AVR-rel* (http://www.hobbielektronika.hu/kapcsolasok/mma7260qt_gyorsulasmero_hasznalata_avr-rel_oldal2.html)