

Vörös Miklós mk.százados, főiskolai adjunktus

REPÜLŐGEP FEDELZETI RÁDIÓTECHNIKAI BERENDEZÉSEK
MEGBIZHATÓSÁGA

"Megbízhatóság: a terméknek az a tulajdonsága, hogy az előírt funkciót teljesíti, miközben adott határok között megtartja azoknak a meghatározott mutatóinak értékeit, amelyek a felhasználás, a műszaki karbantartás, a javítások, a tárolás és a szállítás előre megadott üzemmódjainak és feltételeinek felelnek meg.

MSZ KOST 292-76"

B E V E Z E T E S

Napjaink harci repülőgépeinek fedézeteti rádiótechnikai berendezései egyre korszerűbbé, sokoldalúbbá és ezzel párhuzamosan egyre bonyolultabbá válnak. A komplex rendszerek megjelenése a korábbiaknál sokkal élesebben veti fel a megbízható működés szükségességét, hiszen bármelyik részegység meghibásodása a repülőgépnél, mint egységes fegyverhordozó rendszernek alkalmazási hatékonyságát csökkenti, illetve megakadályozza a harcfelelét végrehajtását. További lényeges szempont ellátásának nehézsége háborús viszonyok között, amit a berendezések megbízhatóságának növelése jelentősen csökkenthet.

A megbízhatóság kérdésének alapos vizsgálatát más szempontok is indokolják. Tapasztalatok szerint a rendkívül bonyolult rádiótechnikai berendezések műszaki színvonalától az üzembentartó állomány felkészültsége elmaradt, a javítás költségei egyre magasabbak, az ellenőrzéshez és javításhoz igen drága módszerek és berendezések szükségesek. 1985-ben az USA légierője a 13,2 mrd\$ költségvetésének 60 %-át fordította tartalék alkatrészek beszerzésére és csak 40 %-át profil-

aktikus javításra és modernizálásra. Sok, haditechnikai berendezéseket előállító cég formálisan viszonyul a megrendelő előírásaihoz, így a javításra és az újratervezésre fordított összeg többüknél eléri a teljes termelési érték 25-30 %-át.

A kialakult helyzet miatt szakértők véleménye szerint az új fedélzeti rádiótechnikai berendezések megrendelésénél, fejlesztésénél a megbízhatóságnak még a harcászati-technikai jellemzőkkel szemben is prioritást kell biztosítani. A légi erő minden, a vásárlásért, üzemeltetésért és javításért felelős szervének a megbízhatóságot és a javíthatóságot a harci technika hatékony alkalmazásának alapfeltételeként kell tekintenie.

A cikk célja, röviden áttekinteni a repülőgép fedélzeti rádiótechnikai berendezések megbízhatósága növelésének jelenleg alkalmazott módjait és távlati lehetőségeit.

A L A P F O G A L M A K

Egy berendezés megbízhatóságát négy alaptulajdonság: a hibamentesség, a javíthatóság, a tartósság és a tárolhatóság együttesen határozza meg. A megbízhatósági tulajdonságok mennyiségi jellemzésére alkalmas fontosabb mutatókat foglalja össze az 1. ábra.

A berendezés meghibásodása olyan esemény, mely bekövetkezését számba nem vehető tényezők befolyásolják, ezért teljes bizonyossággal előre nem jelezhető. Ezek a megbízhatósági jellemzők véletlenszerűen változó mennyiségek, törvényszerűséggel, leírásukkal a valószínűségszámítás foglalkozik. A valószínűségszámítási jellemzők tapasztalatokon alapuló meghatározása (becslése) a matematikai statisztika tárgya.

MEGBIZHATÓSÁG

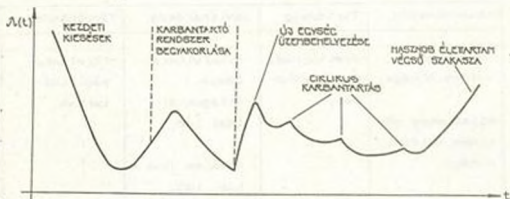
Hibamentesség	Tartósság	Javíthatóság	Tárolhatóság
-meghibásodás valószínűsége;	-élettartam; -üzemi működés;	-hibafeltárás ideje; -átlagos állási idő;	-tárolhatósági időtartam;
-hibamentes működés valószínűsége;		-átlagos javítási idő;	
-meghibásodási ráta;		-helyreállítási valószínűség;	
-átlagos tényleges működési idő.			

1. ábra

Röviden, a megbízhatóság annak a valószínűségével egyenlő, hogy egy berendezés adott ideig meghibásodás nélkül fog működni. Fontos mennyiségi jellemzője a λ meghibásodási ráta, amely a beüzemeltetéstől az első meghibásodásig tartó tényleges működési idő, az MTTF (Mean Time To Failure) alapján számítható (pl. a meghibásodás valószínűségének exponenciális eloszlása esetén $\lambda = 1/MTTF$).

A 2. ábrán bemutatott meghibásodási diagram nagy rendszerekre jellemző. A telepítéssel járó tevékenység gyorsan lecsengő kezdeti meghibásodási csúcst okoz. A teljes terhelésű üzem beindulása időszakos meghibásodásnövekedést eredményezhet. Helyi maximumok alakulhatnak ki egy-egy bővítés, struktúra-átalakítás, vagy az üzemeltető-karbantartó személyzet cseréje miatt. A hasznos élettartam végére jellemző.

a meghibásodási valószínűség periódikus, kisebb-nagyobb ingadozása.



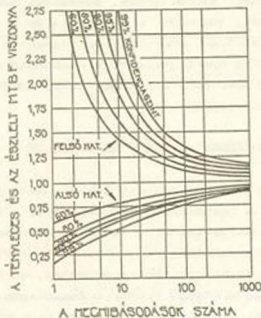
2. ábra

A hasznos élettartam végső szakaszát akkor jellemzi gyorsan növekvő meghibásodási valószínűség, ha valamely alkatrésznek, részegységnek kifejezetten véges élettartama van (aluminium elektrolit kondenzátorok kiszáradása, potencióméterek kopása, stb.), vagy a külső hatásokra bekövetkező fizikai-kémiai szerkezetmódosulások jól meghatározható idő alatt működésre alkalmatlan állapotot hoznak létre.

Tapasztalati tény, hogy a "jól bejártott" és karbantartott "öreg" rendszerek igen megbízhatóak, amit az üzemeltetés során egyre jobban megismert hibák elhárítása és a stresszhelyzetek következetes elkerülése biztosít. A fentieket jól példázza, hogy a csúcstechnológiával készülő B-1B bombázó rendszerbe állítása kezdetén (1986) minden felszállás után gépenként átlagosan 2-2,2 blokkot vagy alkatrészt kellett cserélni. 1987-ben ez az érték 1,6-ra csökkent. Ezzel szemben a régóta üzemeltetett B-52 bombázó esetében a cserére szoruló egységek száma 0,4.

Egy berendezés várható élettartamát, azaz az üzemeltetés megkezdésétől a felhasználás befejezéséig terjedő naptári időtartamot előzetes számításokkal vagy működés közben végzett mérések alapján lehet meghatározni.

A mérések -, melyek lehetnek valós üzemeltetési körülmények, illetve az ezeket szimuláló laboratóriumi körülmények között végzettek - során adott számú berendezést működtetnek specifikált körülmények között, majd összesítik a meghibásodások számát. Ezzel osztva az összes üzemidőt, egy számértéket nyernek a meghibásodások között eltelt átlagos időtartamra, az ún. MTBF-re (Mean Time Between Failures). A korlátozott számú mérés miatt ez csak bizonyos valószínűséggel adja a tényleges értéket. A 3. ábra segítségével az



3. ábra

Mért MTBF = $(T_1 + T_2 + T_3) : 3 = 1200$ óra. Ha a konfidencia szint 60 %, akkor $a_1 \cong 0.72$; $a_2 \cong 2$, így a tényleges MTBF: alsó határ: $1200 \cdot 0.72 = 864$ óra, felső határ: $1200 \cdot 2 = 2400$ óra.

összes meghibásodás függvényében meghatározható az a_1 és a_2 konstans, mellyel a mért MTBF értéket szorozva - adott konfidenciaszintre - becslés adható a valóságos MTBF alsó és felső határértékére.

A vizsgált berendezések száma: 3. Meghibásodások száma: 3. Meghibásodásig eltelt idők: $T_1=1000$ óra; $T_2=1100$ óra; $T_3=1500$ óra.

Nagy megbízhatóságú berendezések jellemzésére az átlagos adatot szolgáltató MTBF érték nem megfelelő. Erre az esetre a D_T bizalmi tényező használatos, mely annak valószínűségét adja, hogy T idő alatt egyetlen meghibásodás sem fordul elő.

Ebben az esetben D_T a meghibásodás elő nem fordulásának konfidenciaszintje. Ha D_T százalékra biztosak akarunk lenni abban, hogy T idő alatt egyetlen meghibásodás sem történik, akkor $MTBF = T / \ln D_T$ kell legyen. Például ahhoz, hogy $T = 1000$ óra alatt 90 % valószínűséggel ne forduljon elő meghibásodás, $MTBF = 1000 / (-\ln 0,9) = 9491$ óra átlagos érték szükséges.

Az élettartam számítással történő meghatározása során a beépített alkatrészecskék, elemek, szerelvények, szerelési módok meghibásodási valószínűségét, valamint az üzemeltetésre vonatkozó néhány tényezőt ismertnek véve becslés végezhető az MTBF várható értékére. Az így nyert jellemző elfogadható kiinduló érték, de nem helyettesítheti a későbbi üzemi mérések adataival való tényleges jellemzést.

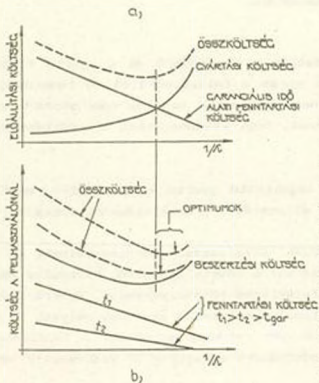
RADIÓTECHNIKAI BERENDEZÉSEK MINŐSEGENEK NÖVELESE

A minőség annak mértéke, hogy valamely termék, szolgáltatás mennyiben elégíti ki a felhasználó követelményeit függően igényeitől és anyagi helyzetétől. A minőség döntően a gyártó felelőssége. A gyenge minőség és a rövid élettartam növeli a mennyiségi igényt és hiánycikket eredményez, ez növeli az árat, tehát a gyenge minőségű termék drágább lesz. A nagy kereslet és a magas ár a gyártót minőségromlásra ösztönzi és a körfolyamat így folytatódik.

A gyártó szempontjából optimumot jelenthet a megbízhatóság növelésével emelkedő gyártási és a csökkenő garanciá-

lis fenntartási költség összegének minimuma (4.a. ábra).

A felhasználó számára az optimális beszerzési áron kívül a garanciális időn túli fenntartási költség csökkentése is igen fontos szempont (4.b. ábra).



4. ábra

kulásában,

meztani-
 tották a dolgozókat a problémák felismerésére, elemzésére és megoldására, ösztönözték az ilyen irányú egyéni és csoportmunkát. A vezetők által meghatározott munkastilusnak döntő szerepe van a minőség növelésében. A tekintélyre támaszkodó vezetés munkafegyelmet teremthet, de többet nem. A részvételeire alapított vezetés nehezebb, de eredményesebb.

A minőségszabályozásnak két alapvető rendszere terjedhet el. Az országok zömében a termeléssel párhuzamos minőségszabályozó-rendszer épült ki, mert nem vált a termelés szerves részévé. A minőségügyi képzés a minőségellenőrző részlegre korlátozódott. Ezzel szemben Japánban a minőséget mindenki ügyévé tették, kimutatták, hogy mindenkinek szerepe van a minőség al-

Egy berendezés minőségét a reális specifikáció - tervezés - gyártás - minősítés - üzemeltetés - javítás szakaszainak bonyolultsága, összehangoltsága határozza meg. Röviden tekintsük át, melyek ezek legfontosabb elemei.

A megrendelés során:

- elengedhetetlen a megrendelő és a gyártó közvetlen kapcsolata, ennek során a felhasználó olyan lehetőségekről is tudomást nyerhet, amelyekre magától nem gondolt volna, tudatára ébred annak, hogy kívánságainak kielégítése milyen költséges;

- fontos a megbízható gyártó kiválasztása, megfelelő anyagi - erkölcsi elismerése, érdekeltségének fokozása;

- a berendezés alkalmazási körülményeiből, a vele szemben támasztható valós követelményekből kiindulva mellőzni kell a túlzó, felesleges követelményeket, előírásokat (az USA-ban 45.000 katonai vonatkozású szabvány helyett 14 fejezetből álló kézikönyvet rendszeresítettek, a fedélzeti rádiótechnikai berendezésekre vonatkozó 57 szabványt 7 helyettesítik).

A tervezés és a gyártás folyamán alapvető a minőség ellenőrzéséről való áttérés a meghibásodást megelőző komplex intézkedések kidolgozására. Az eddigi tapasztalatok alapján a minőségjavító intézkedések 75 %-a a tervezésre, kísérleti példányok kidolgozására, tesztelésére és a technológia beállítására, 20 %-a gyártástechnológiai folyamatok ellenőrzésére és csak 5 %-a irányul a minőség ellenőrzésére. A minőség javításának legfontosabb módszerei az alábbiak:

Modern tervezési elvek, eszközök, konstrukció és rendszer-
felépítés alkalmazása:

- meglévő technikai vívmányok és nagy megbízhatóságú, előzetesen ellenőrzött alkatrészek felhasználása (célorientált integrált áramkörök, mikroszámítógépek, lézergiroszkóp, stb.);

- megfelelő gyártási és ellenőrzési technológia kialakítása;

- komplex fedélzeti rendszerek létrehozása. A fedélzeti berendezések közötti információcserére egy csatornát felhasználó multiplex adatátviteli berendezés hatását a B-1B hadászati bombázó kábelrendszerére az 1. táblázat szemlélteti.

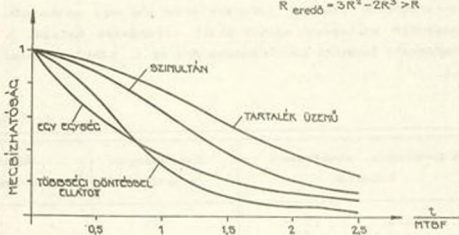
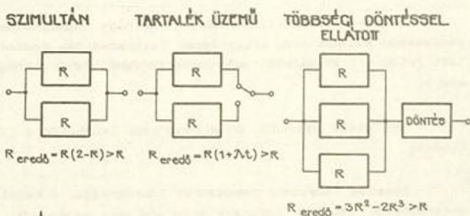
1. táblázat

A fedélzeti elektromos kábelek	Hagyományos berendezés	Multiplex berendezés
Hossza km	195	103
Térfogata m ³	2,55	1,94
Tömege kg	2110	1077
Száma db	74000	45000

REDUNDANCIA BEEPITÉSE (TARTALEKOLÁS)

Tartalékolás során a rendszer egy eleméhez egy vagy több tartalékelemet kapcsolnak, melyek a működésben lévő alapelem meghibásodása esetén átveszik annak funkcióját. Redundáns rendszerek felépítésére, megbízhatóságuk eredő érté-

kére és időfüggésére mutat példát az 5. ábra (R-meghibásodás valószínűsége).



5. ábra

JAVÍTHATÓSÁGRA VALÓ TERVEZÉS

Egy berendezés használhatósága nagyban függ a javítás-hoz szükséges időtartamtól. Összetett rendszerek esetében ehhez hozzájárul az alapos megelőző karbantartás igénye is, mint a megbízhatóságot befolyásoló tényező. Mindez megfelelő segédberendezések, műszerek és felkészült személyzet meglétét igényli a hibabehatároláshoz és -feltáráshoz, előkészít-

tett pótalkatrészeket, blokkokat a javításhoz. A javíthatóságra való tervezés fő elemei:

- a berendezések tesztelhetőségének kialakítása hibajelző rendszerek (áramkörök) beépítése;
- olyan blokkok, egységek tervezése, melyek cseréje esetén az üzemelő berendezéseket nem kell kikapcsolni;
- ún. egydimenziós tervezési elv alkalmazása, mely biztosítja, hogy javítás során a meghibásodott egység eléréséhez ne kelljen más berendezéseket is kiépíteni;
- a speciális ellenőrző műszerek és berendezések számának csökkentése, működésük automatizálása;
- olyan berendezések tervezése, mely nem teszi szükségessé az üzemeltető állomány gyökeres átképzését.

Az elkészült berendezések minősítése (laboratóriumi vizsgálata, tesztelése) új szabványok kidolgozását és bevezetését követeli, melyek az alkatrészek, egyes blokkok és rendszerek fokozott védelmét követelik meg a külső behatásokkal szemben. Elvi újdonságnak számít a komplex mechanikai és klimatikus vizsgálatok bevezetése, mely eredményeként a megbízhatóság tízszeres növekedését várják.

Az üzemeltetés és a javítás területein szükséges szerkezeti változásoktól az anyagi-technikai ellátás struktúrájának túlélőképesség-növekedését, a telepített erőik mozgósíthatóságának fokozását, a kiszolgáló személyzet számának és az elvégzett munkákra fordított összegnek a csökkenését várják.

A változások legfontosabb elemei:

- az adminisztratív munkaerőnek a konkrét munkát végző állományhoz való mind közelebbi elhelyezése, közvetlen kapcsolata a mérnök-műszaki szolgálattal, mely az adminisztratív folyamatok gyorsítását, a kérdések operatív megoldását segíti elő;
- a javítást végző bázisok termelési feladatokkal történő ellátása: az ipar által nem gyártott alkatrészek előállítására a régi repülőtechnikához (olcsóbb, megbízhatóbb);
- az Üzemeltető állomány szakmai felkészültségének a követelmények szintjére hozása és ott tartása;
- a meghibásodások elemzése alapján módszerek, javaslatok kialakítása megelőzésükre;
- az Üzemeltetési tapasztalatok alapján követelmények kialakítása az új berendezésekkel szemben, melyeket már a megrendelés és a tervezés során figyelembe kell venni.

Szakértők véleménye szerint az ismertetett követelményrendszer maradéktalan teljesítése biztosítja az Üzemeltető személyi állomány létszámának jelentős csökkentését, szükségelenné teszi a közbeeső javító szervek létét, a javítások költségeit. Számítások szerint az F-16 vadászgép rádiótechnikai berendezései és energiaellátó rendszere megbízhatóságának kétszeres növelése a tartalék alkatrészekre fordított összeg 45 %-os, az Üzemeltető és javító állomány 40 %-os csökkentését tenné lehetővé, továbbá 30 %-al csökkenne az áttelepüléskor szükséges szállító-repülőgép felállítások száma is.

FELHASZNALT IRODALOM

- 1./ Dr.Házman: Elektronikai berendezések tervezése, 1987.
- 2./ Impulzus, 1986.12.13.
- 3./ Zarubeznoe Voennoe Obozrenie, 1988/5.