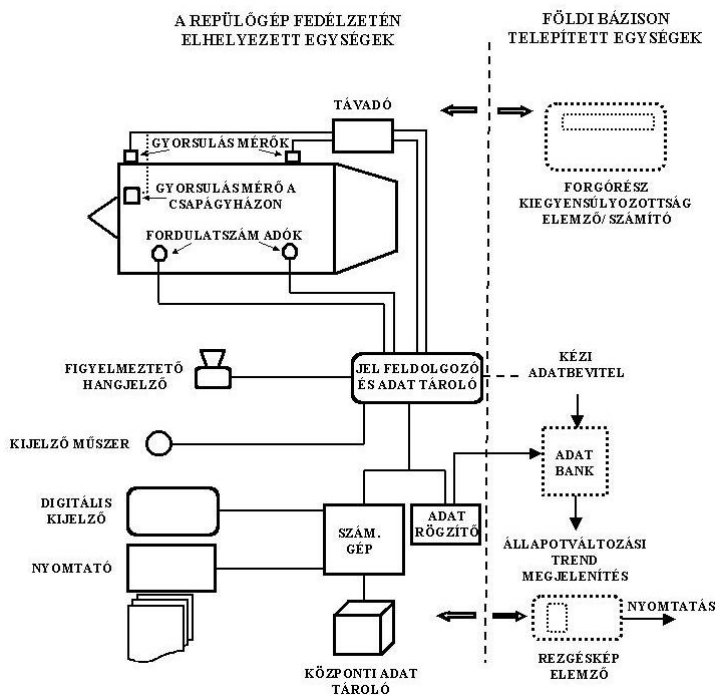


## HAJTÓMŰ REZGÉSFIGYELŐ RENDSZEREK

A Hajtómű Rezgésfigyelő Rendszer (továbbiakban HRR) ma már minden modern repülőgép kötelező rendszere. Ezek a rendszerek a korábban már működő forgórész kiegyensúlyozatlanság figyelésére szolgáló rendszerből fejlődtek ki, mégpedig úgy, hogy az alapegységhez további diagnosztikai célú, valamint karbantartás orientált modulokat csatoltak.

### 1. A RENDSZER FELÉPÍTÉSE

Egy tipikus, teljes HRR felépítését mutat be az 1. ábra. Mint látható a komplett rendszer fedélzeti és fedélzeten kívüli részekre osztható, a cikk főként a fedélzeten elhelyezett rész átfogó ismertetésével foglalkozik.



1. ábra. A hajtómű rezgésfigyelő rendszer teljes felépítése

Az általános HRR tartalmaz jeladókat, jelátadókat (jeltovábbítókat) jelfeldolgozó egységet, valamint más rendszerekhez való kapcsolódást, illeszkedést biztosító eszközöket. Sajnos az elemek részletes bemutatására jelen cikk a területi korlátok miatt nem alkalmas, csupán a teljes működés megvalósításra térek ki.

Ennek megfelelően a következő feladatokat látja el a rendszer:

- a hajtómű üzeméről tájékoztató rezgési adatok figyelése;
- karbantartást támogató funkcióhoz adatok gyűjtése és tárolása;
- a forgórész földi kiegyensúlyozásához szükséges adatok gyűjtése és a kiegyensúlyozás algoritmusához együtthatók képzése, a kiegyensúlyozás korrekciójához kapcsolódó kalkulációk elvégzése.

Az első feladat egyszerű rezgési frekvencia és amplitúdó figyelést takar és amennyiben a mért jellemzők értékei az adott üzemmódhoz megadott riasztási szintet eléri, figyelmeztető jelzést ad a rendszer a repülőgép-vezető fülkében tartózkodók számára. Az utóbbi két funkció teljesítéséhez a HRR az utolsó 30 repülés adatait tárolja, hajtóművenként és rezgésmérőnként.

A megfigyelt, ellenőrzött paraméterek a következők:

- forgórész fordulatszámok;
- forgórészek rezgési frekvencia sávjai;
- gáz hőmérséklet;
- olajnyomás;
- tüzelőanyag-fogyasztás;
- kiegyensúlyozatlansági szög;
- tűzjelzés.

A fenti adatokból — a hajtóműgyártók és az üzemeltetők által közösen létrehozott szakértői rendszer segítségével — lehet napjainkban megvalósítani a hajtómű állapot szerinti üzemeltetését, illetve eredményes diagnosztikát végezni.

A rendszer kialakítására vonatkozóan az egyik legfontosabb kérdés az alkalmazott jeladók (gyorsulásmérők) típusának, mennyiségének és elhelyezésének problematikája.

A legtöbb HRR-nek úgy a széles törzsű, mind a keskeny törzsű repülőgép-típusok esetén kettő vibráció érzékelésre kialakított csatornája van. Az érzékelő elhelyezése a hajtómű típusától függ, és két alapvető módszer létezik. Az első mód az érzékelőket a hajtóművön kívül helyezi el, egyet a kompresszorházon, közel az egyes számú forgórész csapágyazásához, egy másikat a turbinaházon, annak peremén. Ez az eljárás kettő darab mérési felületet biztosít és viszonylag könnyen megállapítható, hogy kiegyensúlyozatlanság mely géprészről ered.

Egy másik módszer két összekapcsolt érzékelőt (vagy kettős kimenetelűt) használ a kompresszor-házán elhelyezve. Az ily módon kialakított rendszerben összehasonlítható a két csatorna jele, hogy ellenőrizni lehessen van-e eltérés közöttük egy bizonyos határon belül. Ez azt eredményezi, hogy a mérés megbíz-

hatósága megnő, viszont rendkívül bonyolulttá válik annak kiderítése, hogy a hajtómű mely része okozza a megnövekedett vibrációt.

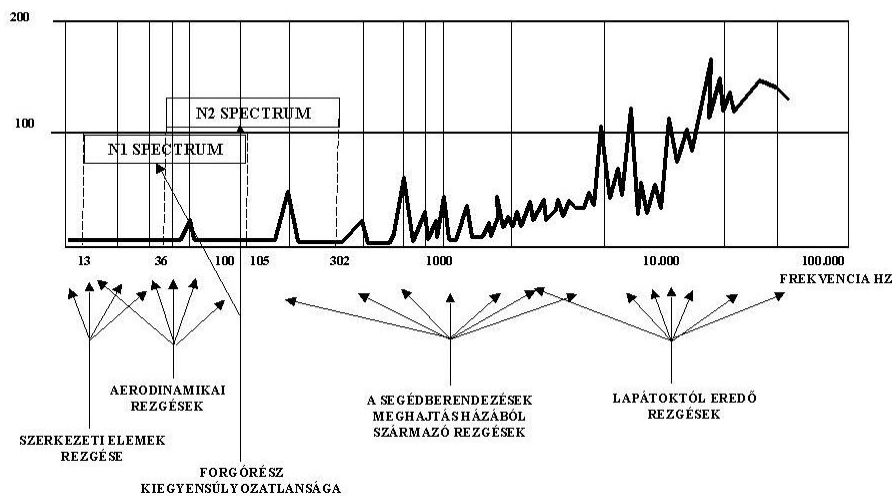
Kisebb hajtóművek esetében (pl. amelyek egy regionális vagy üzleti kategóriába eső repülőgéphez kerültek kifejlesztésre), majdnem mindig egy érzékelőt helyeznek el vagy a kompresszorházon, vagy a turbina-házán.

## A JÖVŐ HAJTÓMŰ VIBRÁCIÓ FIGYELŐ RENDSZEREI

Mivel a hajtóművekkel szemben támasztott megbízhatósági követelmények folyamatosan növekednek és szükségszerűen új hajtómű konstrukciók is születnek, elkerülhetetlen vagy egy teljesen új „program” kifejlesztése, vagy a meglévő HRR-eket tovább kell fejleszteni egy kifinomultabb jelelemző, jelfeldolgozó irányban. A megváltozott, új elvárások teljesítése érdekében a jövő fejlesztési irányai lehetnek:

- harmonikus és nem harmonikus rezgési amplitúdók és fázisok érzékelése, mérése, gyűjtése;
- mind a hajtómű állandósult, mind az átmeneti üzemmódokhoz kapcsolódó vibráció jellemzők gyűjtése;
- egyidejűleg a jelenleginél több diagnosztikai paraméter rögzítése hosszú távú prognózis és változási trend elkészítéséhez;
- egy továbbfejlesztett jelfeldolgozó technika kialakítása, amely biztosítja a csapágyak és a meghajtásházak állapotának figyelését és diagnosztizálását.

A REZGÉSEK GYORSULÁSI CSÚCSAI „g”



2. ábra. A hajtómű rezgési spektruma

A fentiekből az következik, hogy a jelenleg alkalmazott HRR által figyelt frekvenciasávon kívül eső spektrumrészeket is figyelemmel kell kísérni, innen lehet azokat a többlet információkat beszerezni, ami lehetővé teszi a jelfeldolgozó technika fejlesztését.

Nagy lehetőség rejlik egy olyan kombinációban is, amelyben a repülőgépeken található hagyományos kiegyensúlyozatlanság figyelőrendszert és az ipari gázturbináknál alkalmazott magas frekvenciás csapágy-diagnosztikai módszert összekapcsolják.

## KAPCSOLAT A HAJTÓMŰ REZGÉSFIGYELŐ RENDSZERE ÉS A HAJTÓMŰ ÁLLAPOTFIGYELŐ RENDSZERE KÖZÖTT

A hajtóműgyártók egyre erőteljesebben foglalkoznak olyan hajtómű állapotfigyelő rendszerekkel, amelyek az állapot szerinti üzemeltetést teszik lehetővé. Am ezen rendszerek felépítése és repülőgépen való elhelyezése még nem tisztázódott le teljes mértékben napjainkig.

Az állapotfigyelő rendszer feladatainak megvalósulása legvalószínűbben a következőképpen történhet:

- különálló egységként (ECM unit)<sup>1</sup> a repülőgép elektronikai rendszerében;
- a repülőgép állapotfigyelő rendszerében modulként elhelyezve;
- különálló egységként a hajtóművön elhelyezve;
- az elektronikus hajtóműszabályzó egységben modulként kialakítva és a hajtóműre építve;
- különálló egységként, különböző eljárások megvalósítására a hajtóművön, annak elektronikus rendszerében elhelyezve;
- a fentiek valamilyen kombinációjában megvalósítva.

Talán a legvalószínűbb a hajtóműgyártók oldaláról eredő készség egy olyan ECM-rendszer kifejlesztésére, amely azt fogja kezdeményezni, hogy egységes hardware profilt hoznak létre a gyártó valamennyi hajtóműtípusa és fajtája számára. A cél az, hogy egy olyan rendszer kerüljön alkalmazásra, amely szabványként szolgál minden állapot szerinti üzemeltetést végző szervezet számára és utólagosan ráilleszhető a már üzemeltetés alatt álló típusokra is.

A másik oldalról a sárkányszerkezet gyártók azt fogják a legvalószínűbben támogatni, hogy az összes hajtóműnek egységes illeszkedő (kapcsolódó) rendszere legyen, amely lehetővé teszi a hajtóművek ugyanazon kategóriába eső

---

<sup>1</sup> Engine Condition Monitoring Unit — Hajtómű Állapot Figyelő Egység

repülőgéptípushoz való egységes csatlakozását. Ilyen példa már létezik EIVMU<sup>2</sup> néven, amely két különböző repülőgéptípushoz öt különböző hajtómű alkalmazását teszi lehetővé.

Természetesen a jövőbeli rendszerek esetében fontos kérdés egyes speciális feladatú elektronikus egységek közötti kapcsolat megteremtése, vagyis a specifikus kimeneti jeleket hatékonyan át kell tudni adni más rendszereknek, azaz a paraméter hozzáférés minden rendszer számára biztosított legyen.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] SAE – E32 COMMITTEE: AIR 1839
- [2] PAVOL RYBARIK: Engine Vibration Monitoring Systems Proceedings of the 20<sup>th</sup> Symposium, AIMS 2000.
- [3] O.BURNELL: Engine Condition Monitoring — Engine Systems and Aircraft Operational Effects Proceedings of the 18<sup>th</sup> Symposium of AIMS 1995.
- [4] I. SÁNTA – Zs. SZÜCS – G. ENDRŐCZI – Gy. MOLNÁR – L. KAVAS: An Integrated Condition — Monitoring Systems for Gasturbine Engines Proceeding of the 20<sup>th</sup> Symposium of AIMS 2000.

---

<sup>2</sup> Engine Interface and Vibration Monitoring Unit