

REPÜLŐGÉP HIDRAULIKA RENDSZERÉN VEGREHAJTOTT  
KISERLETI MÉRÉS

A repülőgépek Üzemeltetése során gyakran tapasztalható, hogy az Üzemi jellemzők az Üzemidő függvényében eltérnek a névleges, műszaki leírásokban, Üzemeltetési dokumentációkban meghatározott értékektől. Ezeket az eltéréseket szerkezeti és Üzemeltetési hatások váltják ki, amelyeket a repülőgép fedélzeti rendszereinek (pl. a hidraulika rendszer) anomáliái okozzák [3]. A hidraulika rendszerbeli eltérések lehetnek: szerkezeti jellegűek (pl. rugók kifáradása, deformációk stb.), illetve Üzemeltetési hibák (pl. akkumulátorban nem megfelelő a feltöltési nyomás, helytelen beszabályozás stb.). Ezen eltérések az alkalmazott szerkezeti anyagok fizikai, kémiai tulajdonságaitól, a tervezés, gyártás sajátosságaitól függően mindenkor sztochasztikusan változtatják a hidraulika rendszer Üzemi jellemzőinek értékét.

Rendkívül fontos ezen Üzemi jellemzők dinamikus változásainak Üzemidő függő vizsgálata, melyek ismeretében egyrészt optimalizálható a repülőgép karbantartása, javítása, másrészt korszerű diagnosztikai eljárások dolgozhatók ki az adott rendszerekre.

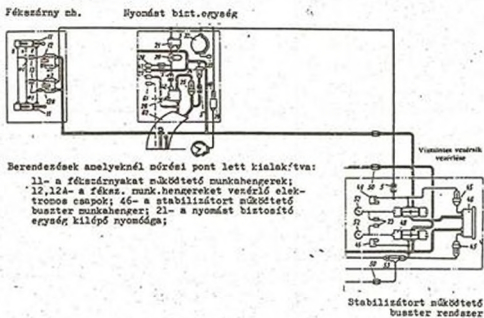
A mikroelektronika fejlettsége, a számítástechnika széleskörű elterjedése ma már lehetővé teszi, hogy fedélzeti állapotfigyelő, állapotazonosító és diagnosztizáló rendszereket fejlesszenek ki. Ehhez viszont elengedhetetlenül szükséges, a mérendő diagnosztikai jellemzők előzetes kiválasztása, valamint azok feldolgozhatósága valamely diagnosztikai modell segítségével. Mindezekhez az elméleti és gyakorlati vizsgálatokhoz, a diagnosztikai modell azonosítási problémáinak tiszt-

tázásához szükségünk van a hidraulika rendszer matematikai modelljének elkészítésére [2].

A matematikai modell minden esetben a vizsgált objektum számunkra fontos tulajdonságait tükrözi. Nem tekinthetjük ekvivalensnek a vizsgált objektummal, de kompakt jól kezelhető formában, számítógépen futtatható módon tartalmazza a vizsgált rendszer információit.

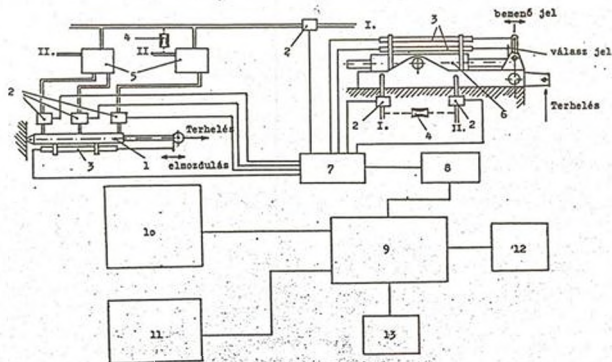
Munkám célja az volt, hogy egy nagysebességű repülőgép hidraulika-rendszer kiválasztott elemeinél az áramlástechnikai folyamatok dinamikus tulajdonságainak vizsgálatára alkalmas mérőrendszert hozzak létre. A mérőrendszer kialakítását és a vizsgálatokat a főiskola repülőtechnikai Üzembentartó tanszékén végeztem el.

### 1. A mérőrendszer kialakítása



1. ábra

A vizsgálat végrehajtásához rendelkezésemre állt a repülőgép hidraulika rendszerének működőképes modellje. E modell vázlata látható az 1. ábrán. A mérőrendszert a háromhelyzetű fékszárnyat működtető munkahengerre (11) és a stabilizátort működtető buszter munkahengerre (4) alakítottam ki. Ahhoz,



I. a rendszer nyomóága;  
II. a rendszer visszavezető ága;

1-fékszárny munkahenger; 2-piezo-rezisztív nyomásadók; 3-indukciós elven működő Hottinger típusú elmozdulás távadók; 4-meghibásodást imitálására beépített fojtóköteg; 5-fékszárny munkahengert vezérlő elektromágneses csapok; 6-stabilizátor munkahenger; 7-előerősítő, normalizátor; 8-digitalizáló; 9-központi memória; 10-display; 11-nyomtató vagy plotter; 12-hajlékonylemez tároló; 13-merevlemez tároló.

2. ábra

hogy biztosítsam a berendezések üzemszerű terhelését a terhelés imitálását a következőképpen oldottam meg.

a. / A fékszárny munkahenger esetében 2 db. azonos karakterisztikájú spirálrugót és ezek megvezetésére szolgáló tartókeretet alakítottam ki. A mérés során a munkahenger terhelése állandó értékű volt;

b. / A buszter munkahengernél az egyik oldalról történő terhelést egy laprugó köteggel valósítottam meg. Így lehetőség volt arra, hogy a mérést terhelés és terheletlen esetben is szerelés nélkül végre lehessen hajtani. A terhelő rugók karakterisztikáit mindkét esetben méréssel határoztam meg. A mérési rendszer vázlatát a 2. ábrán látható.

## 2. Az egyes elemek feladata, működése

### 1 - Fékszárny munkahenger

A munkahenger háromhelyzetű, az (S) elektromágneses csapokkal vezérelt hidraulikus végrehajtó berendezés. Az elektromágneses csapokkal olyan végrehajtó mechanizmust alkot, amely biztosítja a le- és felszálláskor a fékszárnyak adott értékre történő beállítást, valamint a repülési sebesség növekedése esetén úgynevezett "úszó" fékszárny mozgással a fékszárnyon fellépő maximális erőt korlátozza úgy, hogy a légerő növekedésével a fékszárny becsukódik.

### 2. - Piezo- rezisztív nyomásadó

Ezt a nyomásadó típust a modern mérőberendezésekben már széleskörűen alkalmazzák. Működésének lényege: egy fémtokban elhelyezett piezo kvarckristályra a hidraulikafolyadék nyomást gyakorol, a nyomás hatására pedig a kristály mechanikai deformációt szenved. A deformációval megváltozik a kristály elektromos ellenállása is. Ezt az ellenállás változást a kristályhoz kapcsolt egyszerű Wheatstone-híd megfelelő pont-

jain, feszültségkülönbség formájában mérhetjük, amely arányos a kristály deformációját okozó nyomás értékével.

### 3. - Elmozdulás távadók

A Hottinger cég által kifejlesztett indukciós elven működő távadók családjából kiválasztott W 100-as típust alkalmaztam. Működési elve: egy teflon bevonatos vasmag mozog egy indukciós tekercs belsejében, s a vasmag helyzetének függvényében változik a tekercsben az indukált feszültség.

### 4. - Fojtás

A mérés során meghibásodásokat is imitáltam a vizsgált berendezéseknél. Erre egy 0,4 mm átmérőjű furattal ellátott lemezes fojtókötetet alkalmaztam. A fojtásokat a berendezések nyomó- és visszavezetői közé párhuzamosan építettem be, ezzel modellezve az adott berendezés részvesztéseinek növekedését.

### 6. - Stabilizátort működtető buszter munkahenger

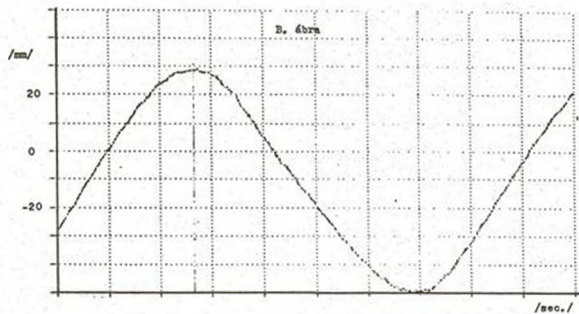
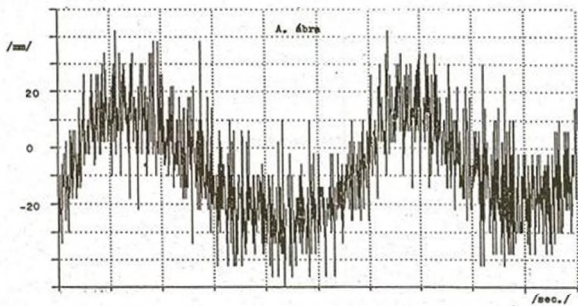
Követő vezérlésű szervó munkahenger. Maximális terhelése a dugattyúrúd zérus mozgási sebessége esetén 32 kN. A vezérlő tolattyúnak 12 mm-es érzéketlenségi zónája van.

### 7. - Erősítő, normalizátor

Feladatuk a távadóktól érkező jelek erősítése, valamint a számítógéphez való csatlakozás lehetőségének biztosítása, a jelszintek meghatározása.

### 8. - 13. - IBM konfiguráció

A mérőrendszer alapján az IBM AT számítógép, valamint a rendszerbe illeszthető Asystant Plusz mérő- és kiértékelő rendszer hardware képezi. Ez a rendszer (ASYST SOFTWARE TECHNOLOGIES Inc. Rochester New YORK 1101584 széria) adatgyűjtésre és kiértékelésre kész programcsomag. Legfőbb tulajdonsága, hogy menüvezérelt, ami megkönnyíti a program kezelését. Nagy választékot tartalmaz a mérési eredmények feldolgo-



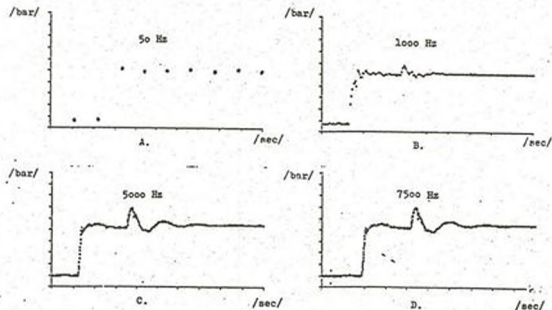
3. ábra

zásához is. A mintavételezési frekvenciák tartománya széles határok között változtatható. A program grafikai lehetőségei támogatják plotter csatlakoztatását, amellyel a mérési eredmények nagy pontosságú megjelenítése biztosítható.

### 3. A mérési eredmények vizsgálata

A buszter munkahengeren több mérést hajtottam végre. A 3. ábrán látható egy feldolgozatlan, szinuszbemenőjel esetében létrejövő bemenőági nyomásváltozás. Az A. ábrán látható grafikon igen sok zajt tartalmaz, de ez a zaj nem minden esetben a vizsgált rendszer sajátja. A B. ábrán a számítógép által feldolgozott simított grafikont láthatjuk. Itt a zaj nem jelentkezik de a mérési eredmények egyes esetekben még tartalmazhatják azt.

A továbbiakban már csak a számítógép által feldolgozott adatok útján kapott grafikonokat ismertetem [1].



4. ábra

A 4. ábrán azonos működési folyamatok esetében a mintavételezési frekvenciák változásával, a mérési eredmények információ tartalmával és azok alkalmazhatóságával kapcsolatos vizsgálat eredményei láthatók. Megállapítható, hogy az 50 Hz-es mintavételezés áramlástechnikai folyamatok vizsgálatára alkalmatlan mivel annak dinamikus folyamatairól sem jellegre, sem értékeire elegendő információt nem ad.

Az 1000 Hz-es mintavételezési frekvencia (B. ábra) esetében már megjelenik a rendszerben lejátszódó dinamikus folyamat, de információ tartalma még nem elegendő. Az elvégzett mérések alapján megállapítható, hogy ezen frekvencia zajtartalma az előzőnél nagyobb.

Az 5000 Hz-es mintavételezés (C. ábra) esetében a zajtartalom kicsi, az információtartalom jó. Az adatok jól tükrözik az áramlástechnikai folyamat dinamikáját.

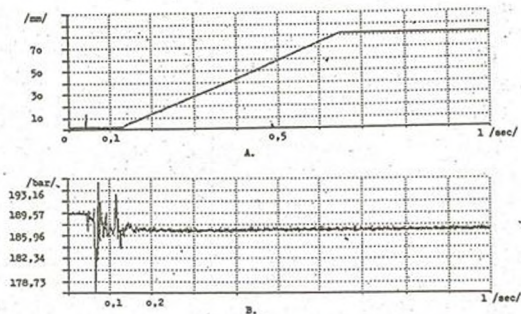
A 7500 Hz-es mintavételezéssel (D. ábra) már sem zajban, sem információtartalomban nincs lényeges változás az előzőhöz képest. Megállapítható tehát, hogy a hidraulika rendszer áramlástechnikai folyamatainak vizsgálatára az 5000 Hz-es mintavételezési frekvencia szükséges és elegendő.

Az optimális mintavételezési frekvencia megválasztása után a következő ábrákon konkrét mérési eredmények láthatók.

Az 5. ábrán a fékszárny munkahenger egyik működési fázisa látható. Az A. ábrán a munkahenger dugattyúrúd elmozdulása, a B. ábrán a nyomóoldali nyomásérték diagramja látható. Itt (A. ábra) megfigyelhető, hogy az elmozdulás adó és a nyomásadó jeleire rászuperponálódott az elektromágneses csapok működöttes nyomógomb elektromos jele, ez környezeti zaj. A munkahenger elmozdulása a csapok nyitási pillanatától kb. 0,08 másodperc múlva következik be. A nyomáslengések (B. ábra) igen jelentősek a nyomóoldalon, ami a rendszer tehetet-



lenségével magyarázható. A dugattyúrúd elmozdulása mindaddig nem kezdődik meg amíg a hidraulikafolyadék nyomáslengése nem

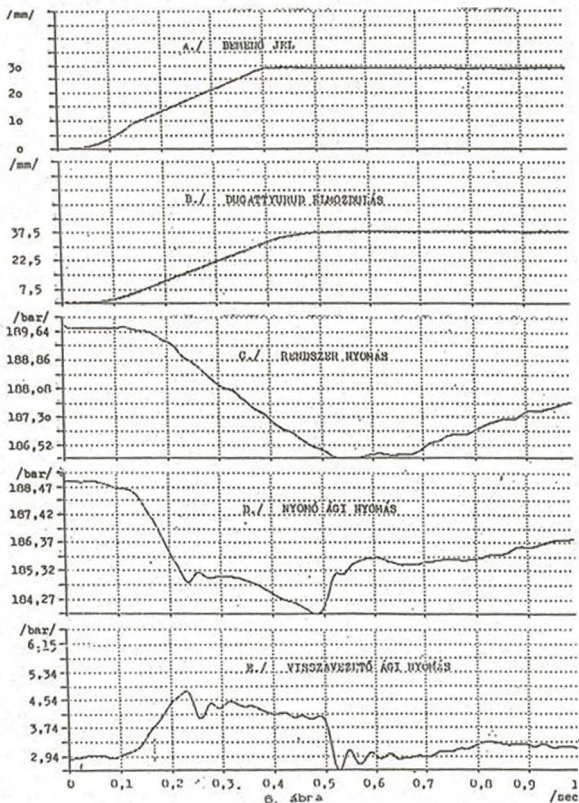


S. ábra

csillapodik le. A lengés lecsillapodása kb. 0.1 másodperc alatt történik meg, ezután a dugattyú állandó sebességgel mozog, állandó terhelés mellett.

A 6. ábrán a stabilizátor busztermunkahenger állandó sebességű "ugrásjelre" adott válasza, a működéskor mérhető nyomásértékek grafikonjai láthatók. Az A. ábrán a bemenőjel változását szemlélteti az idő függvényében. A B. ábrával összevetve - ami a dugattyúrúd elmozdulását mutatja - látható, hogy a dugattyúrúd elmozdulása később kezdődik meg és a bemenőjel sebességváltozása nem jelenik meg. Ez két okból tevődik össze:

- a./ a buszter követő vezérlésű és a vezérlő tolattyúdnak  $\pm 2$  mm érzéketlenségi zónája van;

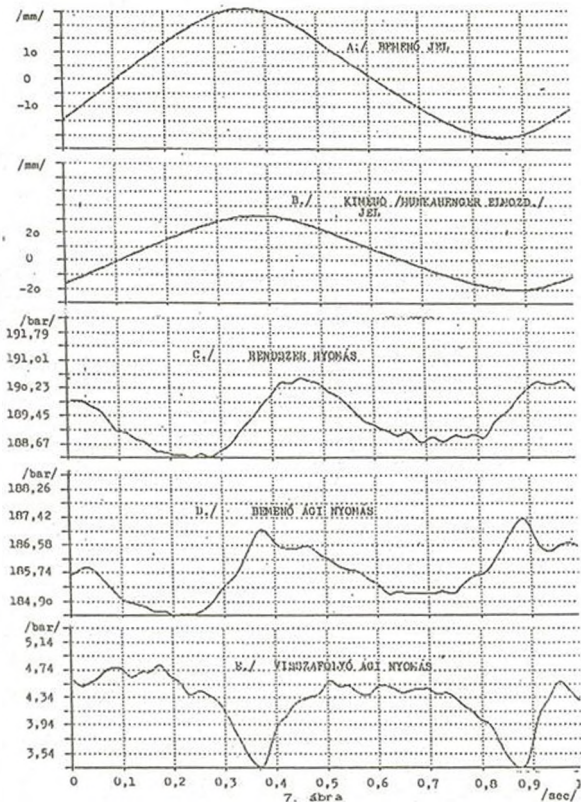


6. ábra

b./ a rendszer tehetetlensége.

A bemenőjel (A) éles töréssel veszi fel az állandósult értéket, míg a válaszjel (B) szinte odasimul ahhoz, bizonyos késéssel. A C. és D. ábrák összevetése során megállapítható, hogy a rendszerben a nyomásváltozás intenzitása lényegesen kisebb mint a buszter nyomóoldalán mért. A D. ábrán látható nyomáscsúcsok a vezérlőtollattyú zárási és nyitási folyamatát jelzik. Ezek a folyamatok a visszavezetőági nyomásképpen is fellelhetők azonos időpillanatokban. A visszavezetőágban (E. ábra) mért nyomáslengések a buszter belső csatornáiban lejátszódó nyomáslengéseket tükrözi. A vezérlő tollattyú élének zárása után (D. ábra) gyors nyomásnövekedés, majd egy nyomáslengés látható. A lengés közel egyenletes nyomásnövekedés van a C. és D. ábrák alapján.

A 7. ábrán a stabilizátort működtető buszter munkahenger vizsgálatának eredményei láthatóak szinusz bemenőjel esetén és párhuzamosan beépített fojtással (terhelés és meghibásodás imitálás). Az A. és B. ábrákat összevetve, a bemenőjel és a válaszjel jellege megegyezik, a szélsőértékek maximumai időben késnek. A B. és C. ábrákat összevetve megállapítható, hogy a nyomóági nyomás is késéssel veszi fel maximális értékét. A nyomásváltozás jellege megegyezik a bemenőjellel. A bemenőjel semleges helyzeténél (zérus kitérés) a nyomóágban egy lengési folyamat indul el, amit a következő nyomásfel-futás szüntet meg. A (D) bemenőági nyomás érdekesége, hogy a maximális érték után egy új nyomáscsúcs kezd kialakulni. Ezt a buszter csatornáira orientált méréssel lehet a későbbiekben meghatározni. Az E. ábrán a visszavezetőági nyomáscsúcsai (negatív) azonos időpillanatban vannak a bemenőági nyomáscsúcsokkal. A párhuzamosan beépített fojtás okozta a nyomáscsúcsok egybeesését.



#### 4. Összefoglalás

Ebben a cikkben nem nyílt lehetőség a mérési eredmények részletes elemzésére. Munkám eredeti célkitűzése is az volt, hogy egy olyan mérőrendszert alakítsak ki, amely egyszerű, könnyen beszerezhető eszközökkel alkalmas hidraulika rendszerek áramlástechnikai folyamatainak dinamikai vizsgálatára. A mérések során megállapítottam, hogy az ilyen típusú méréseknél az 5000 Hz-es mintavételezési frekvencia szükséges és elégséges, valamint azt, hogy a rendszerbeli eltérések kimutathatók és vizsgálhatók. A mérési eredmények alapul szolgálhatnak a mért berendezésekre felírt matematikai modell azonosításához, valamint diagnosztikai rendszer kidolgozásához. A mérőrendszer fejlesztésével és új mérések elvégzésével pontosabb információk szerezhetőek be.

#### Felhasznált irodalom:

1. / Balogh Endre: Repülőgépj hidraulika rendszerén történt mérések. Diplomamunka  
BME Közlekedésmérnöki Kar 1990.
2. / Rohály Gábor: Repülőgépj hidraulika rendszer modellezés lehetőségei a futómű működtető részrendszer vizsgálata alapján  
IX. Magyar Repüléstudományi Napok Budapest 1988, 171-181. o.
3. / Др Рохач Йозеф, Рохай Габор, Покоради Ласло: Исследование возможности диагностирования авиационных гидравлических и воздушных систем по данным, регистрируемым во время нормального функционирования, Сборник доклада третьей конференции по авиации, Будапешт 1988.