

A XXI. SZÁZAD HAJTÓMŰVE A PROPFAN HAJTÓMŰ

Napjainkban az egyre növekvő olajárak miatt szükségessé válik a világ közlekedési eszközeinek korszerűsítése, hogy azok a lehető legkevesebb tüzelőanyag-mennyiséget használják fel. Ez a célkitűzés a repülőiparban is jelen van. A vezető nyugati hajtóműgyárak 1985-87-re kifejlesztettek egy új légcaváros gázturbina típust, melyet PROPFAN hajtóműnek neveztek el.

Az új hajtómű jellemzője hogy az eddigiekkel azonos utazósebesség mellett, a korszerű TUROFAN hajtóművekkel szemben 20-30 %-os üzemanyagmegtakarítást és 10 %-os üzemeltetési költségcsökkenést lehet elérni.

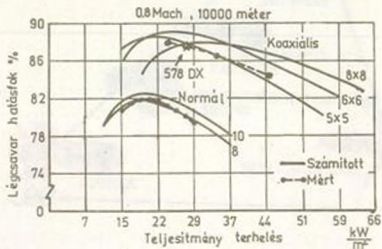
De lássuk hogyan is valósítható ez meg?

A PROPFAN hajtómű gondolata nem új, azonban az eddigi anyagtechnológiák nem tették lehetővé megvalósítását. Ez a hajtóműcsalád az 1970-es olajválság idején keltette fel a NASA figyelmét, és első helyre került az energiatakarékos hajtómű fejlesztés programjában. Ez a program jelentős nyereség elérését célozta meg a kereskedelmi és katonai szállítórepülésben.

A hagyományos légcavarral felszerelt repülőgépek sebessége legfeljebb $500-600 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ lehet. Ez abból következik, hogy a légcavar tölterejét a fordulatszám, a lapátszám, a légcavarátmérő valamint az ellenállási és tölterejtényező határozza meg. $500-600 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességnél elérjük azt a határt, amikor a légcavarylápátvég sebessége meghaladja a helyi hangsebességet, ellenállása valamint zajszintje jelentősen megnő, határfoka lecsökken. Ezzel adott a feladat, olyan légcavart

kellott konstruálni, amely hangsebesség felett is jó hatásfokkal és kis zajszinttel működik. Így született meg a "török szablya" formájú légsavarylápát. Tehát a lapátok nem egyenesek, hanem a sugár növekedésével nő a nyílazási szög és csökken a lapát húr hossza. Ezzel a megoldással - hasonlóan a nyílazott szárnyakhoz - a lapát képes hangsebesség feletti áramlásban történő hatásos működésére.

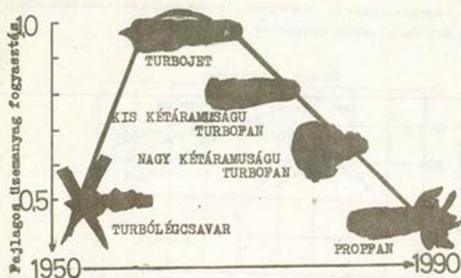
A hagyományos 3-4 lapát helyett itt 6-10 széles, rövid lapátot alakítottak ki. Mivel a lapátok a sajátos kialakításuknál fogva egymást átlapolják, egy olyan légsavart kaptak mely inkább egy ventilátorhoz hasonlít, mint légsavarhoz. Így alakult ki az elnevezés is: PROPFAN (fan = ventilátor). A PROPFAN hajtóművek általában két ellentétesen forgó, koaxiális légsavarpárral üzemelnek, hogy ezáltal csökkentsék a terhelést és a perdületvesztésget (1. ábra).



1. ábra Hagományos és ellentétesen forgó légsavarok hatásfoka a teljesítmény függvényében

A tüzelőanyag megtakarítás titka a hajtóművek kétáramúsági fokában rejlik. A TURBOFAN hajtóműveknél jelenleg maximum 6-os kétáramúsági fok érhető el. Annak érdekében, hogy

például egy 150 személyes közepes hatótávolságú repülőgépnél a kétáramú fokot 8-ra növeljük, egy kb. 2 méter átmérőjű csőlégcsavarra lenne szükség. 15:1 aránynál már 2,5 méter, míg 25:1 aránynál már 3 méter átmérő szükséges, ami már nem férne el a szárny alatt. Ezenkívül az elméletileg elérhető Uzemanyagmegtakarítás nagy része ismét veszendőbe menne, mivel a nagyobb átmérő nemcsak nagyobb súlyt, hanem nagyobb légellenállást is eredményez. A PROPFAN-nal így aztán más irányba indultak el. Csökkentették a légcsvár átmérőjét és az ezzel járó terhelést lehetőleg minél több lapátra osztották szét. Az így elérhető kétáramú viszony 40-70-re növekszik. Ez pedig kb. tízszerese a TURBOFAN hajtóműveknél jelenleg elérhető értékeknek (2. ábra).



2. ábra Öt generáció a szállító repülőgépek hajtóműveinél

A General Electric konszern GE-38 UDF (Unducted Fan = burkolat nélküli ventilátor) hajtóműve közvetlen meghajtású - áttételrendszer nélküli - megoldást hasznosít. Mindegyik légcsavarkoszorún 8 lapát helyezkedik el. Ezt a hajtóművet egy Boeing 727-re szerelték fel és folytattak repülőkísér-

leteket az amerikai Mohave repülőtéren. A légcsavar átmérője 3,6 méter, névleges tölőereje 111 kN volt.

A PW - Allison - Hamilton Standard társulás M-578DX hajtóműve hagyományos áttételrendszerrel működik. Lapátkoszorúként 6 lapátos légcsavarokkal szerelték fel. Ez a társulás az új koncepció szerint átalakított hajtóművet használ, amelynél új gázvezetést alkalmaz. A hajtóművet egy McDonnell Douglas MD-80-as repülőgépre szerelték és a Californiai Edwards légitámaszponton tesztelték.

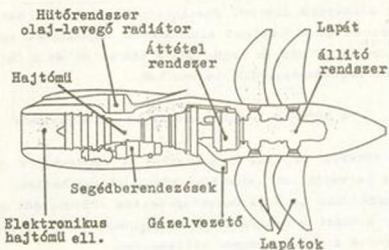
A PROPFAN hajtómű szerkezeti kialakítása

A PROPFAN hajtóműrendszereknél a légcsavarok meghajtására a tervezők két lehetőség közül választhattak. Az egyik a többfokozatú turbina összekapcsolása közvetlenül a légcsavaral, a másik a légcsavar és a hajtómű között fordulatszám-csökkentő áttételrendszer alkalmazása.

A közvetlen hajtás előfeltétele a légcsavar és a turbina azonos fordulatszáma. Ez kompromisszumos megoldás, mivel a jó hatásfok érdekében 12-14 fokozatú turbínát igényel és a légcsavar így nagyobb fordulatszámon üzemel az optimálisnál, ami zajszintnövekedést és hatásfokcsökkenést eredményez. Ilyen megoldású a General Electric hajtóműve. A közvetlen hajtást úgy érik el, hogy hatfokozatú turbina hatja az első légcsavarkoszorút, hat további ellenirányú turbinafokozat forgatja a második légcsavarkoszorút.

A General Electric versenytársai a PW - Allison és a Rolls Royce inkább a hagyományos megoldást választották. Az előnyök mellett ugyanis a közvetlen hajtású UDF koncepció hátránya, hogy csupán a faroknál történő elhelyezés miatt mint tolólégcsavar jöhet számításba. A fordulatszám-csökkentő rendszer lehetővé teszi nagyfordulatszámú turbina felhasználását kis fokozatszámú és maximális hatásfokkal. Ez

a megoldás azonban hosszú élettartamú és igen nagy határfokú áttételrendszert igényel. Ez a rendszer alkalmas mind toló, mind vonólégsaváros alkalmazásra (3. ábra).



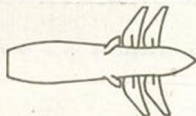
3. ábra A PROPFAN hajtómű szerkezete a főbb alkotók szerint

A hajtómű kiválasztásakor a tervezőknek választaniuk kellett egy új konstrukció kifejlesztése vagy egy régebbi hajtómű átvétele között. Egy új hajtóműrendszer fejlesztési költsége, amely elérheti a százmillió dollárt is, nagy hatást gyakorolhat a kifejlesztett rendszer árára, figyelembe véve a fejlesztési kockázatot is. Átvett hajtómű felhasználása nemcsak csökkentett fejlesztési költséggel jár, de széleskörű üzemeltetési tapasztalat is kapcsolódik hozzá. A PW-Allison társulás az Allison T701/578 hajtóművet használta fel, mely eddig Boeing helikoptereken üzemelt.

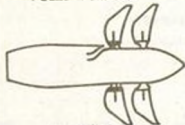
A hajtóművek felépítése különbözőképpen képzelhető el. Lehetséges két- vagy háromforgórészes hajtóműkialakítás. A

kétforgórészes hajtóműnél a kisnyomású kompresszort és a légcsavart egy turbinarész hajtja, mely állhat több fokozatból is, ez a kisnyomású turbina. A nagynyomású kompresszort egy másik turbinarész, a nagynyomású turbina hajtja. A háromforgórészes hajtóműnél a légcsavart egy különálló szabad-turbina hajtja.

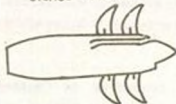
A nagynyomású kompresszornál állítható álló terelőlapát koszorút alkalmaznak. A kompresszor után egy rövid diffuzoron keresztül a levegő a gyűrűs égőtérbe jut. Az égőtér után a turbina biztosítja a hajtást a kompresszorok és a légcsvavar felé. A PROPFAN hajtóműveknél új típusú gázvezető rendszert alkalmaznak, melynek három változatát dolgozták ki (4. ábra).



FÜLES FÚVÓKA



GYŰRŰS FÚVÓKA



CSÖVES GYŰRŰS FÚVÓKA

4. ábra

1. Füles fúvóka, amely a gázáramot az első légcsvavarlapát sorra vezeti rá. Ezzel biztosítja a kilépő gázáram keveredését és hűtését. Ezt a megoldást a Beech Starship I-en alkalmazza a Pratt és Whitney (4.a ábra).

2. Gyűrűs fúvóka, amely kiküszöböli a hajtómű hideg és meleg pulzálásának következményeit, de egy védőlemez szükséges a légcsvavar törésére a hővédelem miatt (4.b ábra).

3. Csöves-gyűrűs fúvóka, amely megakadályozza a gázáram légcsvarnak történő uttközését, így megszünteti a lapátok hőterhelését (4.c ábra).

Mind a három rendszer egyedülálló tervezés, melyekből a végső megoldást a repülőtesztek alapján választották ki a gyártók, ki-ki saját elgondolása szerint értékelve az eredményeket. A PW-Allison M-578DX hajtóművén a fűles fűvókát használták fel.

Ha a nyomtatékátvitelt áttételrendszer segítségével oldják meg, akkor az alkalmazott rendszernek a következő követelményeknek kell eleget tennie:

- nagyfokú megbízhatóság;
- legalább 30000 óra élettartam;
- kis súly;
- kis karbantartási igény.

Hatféle közlőmű kialakítást vizsgáltak meg, melyek a következők voltak:

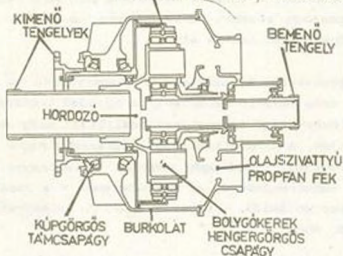
- differenciál bolygómdűves;
- összetett bolygómdűves;
- kétutas párhuzamos kiegyenlítésű;
- háromszorosan összetett áttételű;
- differenciál epiciklikus;
- kétutas bolygómdűves.

Az összehasonlítás a fődarabok száma szerint, a megbízhatóság .. a határfok és teljesítmény vizsgálata alapján történt. Ezek a tesztek a differenciál bolygómdűves rendszer tiszta győzelmét hozták.

A következő fő megfontolás a csapágyak és fogaskerekek kiválasztásának feladata volt. Alapvető kritérium a kiválasztáskor az élettartam volt. Hosszadalmas vizsgálatok után a bolygómdűhöz a hengergörgős csapágyakat és a kettős spirál fogaskerekeket választották ki. A bolygókerék egyesítik

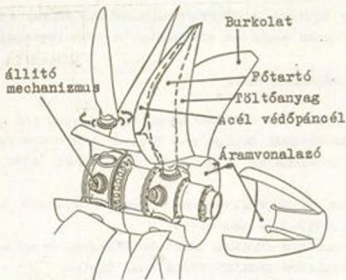
magukban a csapágyat és a fogaskereket is (5. ábra).

GYŰRŰKERÉK; BELSŐ FOGAZÁSÚ KOSZORÚ



5. ábra Attétel rendszer kialakítása

A légcsvár kialakítása két fő részből áll, a lapátokból és az agyból. A lapátok alumínium vagy Ureges titán főtartóra felragasztott alumínium méhsejt vagy keményhab kompo-



6. ábra A PROPFAN légcsvárrendszer felépítése

zitból állnak, melyek az aerodinamikai kialakítást biztosítják a lapátoknak. A lapátok burkolata poliamid vagy üvegszálas kompozitból készült vékony lemez, melyet a belépőélen acél védőpáncéllal láttak el.

A légcsavaragy tartalmazza a csapágyazást és a lapátbeállítási szög vezérlő rendszert. A hajtómű tolderejét az állandó fordulatszámú légcsavarok beállítási szög vezérlésével változtatják. A szögváltoztatást elektromos motor végzi, melyet a fedélzeti számítógép vezérel. A légcsavar felépítése teljesen modulrendszerű, az alkotóelemek - a lapátok a légcsavarkoszorón belül - tetszés szerint felcserélhetők egymással (6. ábra).

A jövőben a munka és a kutatás folytatásával lehetővé válhat a PROPFAN hajtómű tökéletesítése, nagyobb hatások, tökéletesebb aerodinamikai kialakítás segítségével. Igéretesek a burkolt PROPFAN hajtómű kutatások, melyek nagyobb utazósebességet tennének lehetővé.

Egy biztos, a PROPFAN hajtóművek valószínűleg jelentős teret fognak maguknak elfoglalni a jövő légitörekedésében.

Felhasznált irodalom:

- 1 - AIAA-87-1729 PROPFAN Propulsion System for the 1990s.
- 2 - AIAA-87-2041 Design and Test of a PROPFAN Gear System
- 3 - Götz Wange Es liegt was in der Luft FLUG REVUE 1/1986 78-79
- 4 - Götz Wange Luftverkehr: Propfan-Triebwerk bestand flugtest FLUGREVUE11/1986 11-15
- 5 - PW-ALLISON ENGINES Hamilton Standard Propfan for 578DX
- 6 - PW-ALLISON ENGINES 578DX Gear System