

*Szolnoki Tudományos Közlemények XIII.  
Szolnok, 2009.*

**VARGA BÉLA<sup>1</sup> – DR. BÉKÉSI LÁSZLÓ<sup>2</sup>**

## **A FADEC SZEREPE A KORSZERŰ KATONAI HELIKOPTEREK KÉPESSÉG NÖVELESÉBEN<sup>3</sup>**

*Az utolsó nagy lépés a gázturbinás hajtóművek szabályzó és vezérlő rendszereinek fejlesztésében az volt, amikor a FADEC (Full Authority Digital Engine Control) rendszerek általánosan elterjedté váltak. A FADEC rendszerek legfontosabb feladata, hogy optimális hajtómű hatásfokot biztosítson a hajtómű minden lehetséges üzemmódján. A FADEC egyik berendezése, az EEC (Electronic Engine Control) másodpercenként 70-szer kap input jelet, amely alapján nagyon gyors és pontos a kimenő (vezérlő) jelek generálása. A fent említett előnyön felül a modern támadó, vagy szállító helikopterek hajtóműveinek FADEC rendszerei lehetővé teszik, hogy a pilóta teljes figyelmét az előírt feladat végrehajtására fordítsa. Ezek a helikopterek alapvetően kis magasságú repülési feladatokat hajtanak végre, maximális felszálló tömeg közelében mind éjjel, mind nappal, rendszeresen a maximális hajtómű teljesítmény környezetében olyan terep felett, amely tele van természetes és mesterséges akadályokkal. A FADEC kiváló pilóta/gép együttműködést és azonnali reakciót biztosít bármilyen külső, vagy belső zavarásra, minimalizálva ezzel a pilótát érő zavaró hatásokat.*

### **BEVEZETÉS**

Gázturbinás hajtóművek szabályzó rendszereinek fejlesztésekor a hajtómű biztonságos üzemének fenntartása mellett fontos követelmény a maximális hatásfok biztosítása az adott repülési körülmények között. Ennek a feladatnak a bonyolultsága természetesen függ magának a hajtóműnek a bonyolultságától.

A kezdeti időszakban a pilóta egy mechanikus vezérlő rendszeren keresztül avatkozott be a hajtómű üzemébe szabályozva a hajtómű fordulatszámát és ezen keresztül a tolóerőt. Hamar kiderült, hogy a gyakorlatban ez egy rendkívül veszélyes megoldás, azon felül, hogy rendkívül nagy terhet ró a pilótára.

<sup>1</sup> Varga Béla, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Repülő és Légvédelmi Intézet, Repülő Sárkány-Hajtómű Tanszék, [varga.bela@zmne.hu](mailto:varga.bela@zmne.hu)

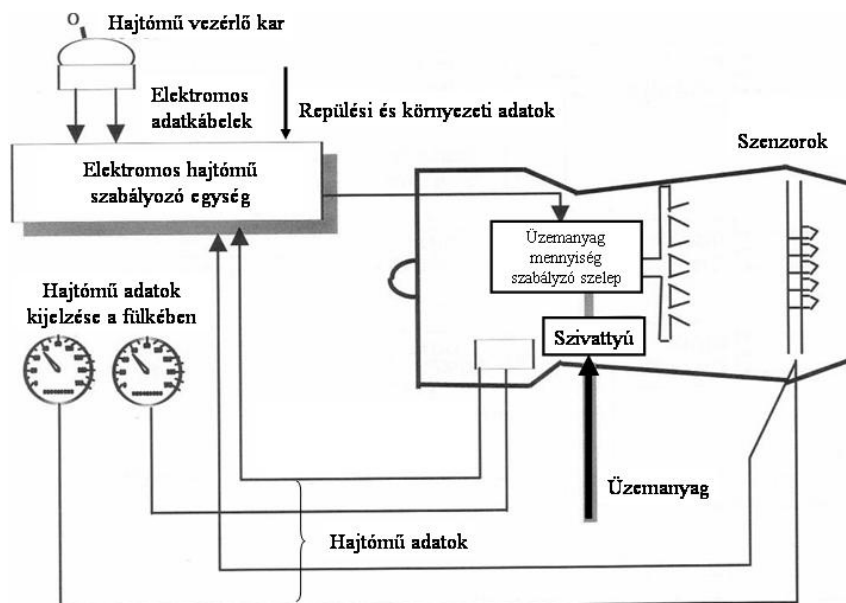
<sup>2</sup> Dr. Békési László, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Repülő és Légvédelmi Intézet, Repülő Sárkány-Hajtómű Tanszék, [bekesi.laszlo@zmne.hu](mailto:bekesi.laszlo@zmne.hu)

<sup>3</sup> Szaklektorált cikk. Leadva: 2009. szeptember 15. Elfogadva: 2009. december 10.

Adva volt tehát a feladat, hogy a pilótának csak a hajtómű üzemmódjának meghatározásával kelljen foglalkozni és minden egyéb hatást, nevezetesen a környezeti körülmények változását, valamint a gázturbinás hajtóművek működési jellegzetességeiből adódó szabályozási, határolási feladatokat végezze el egy szabályozó berendezés. Ennek megfelelően a következő lépcsőfok a hidromechanikus szabályozó rendszerek megjelenése volt.

Ezt követte az analóg elektronikus hajtómű szabályozó rendszerek kidolgozása, ahol analóg jelekkel történt a hajtómű üzemmódjának szabályozása. Ez nagy előrelépés volt, habár hátrányának volt tekinthető, hogy nehéz volt a jelek elektromos interferenciájának kiküszöbölése. Ez a rendszer először az 1960-as években jelent meg a Rolls Royce Olympus 593 hajtóműnél, ami a Concorde szuperszónikus utasszállító repülőgép hajtóműve lett.

A következő lépcső volt a digitális hajtómű szabályozó rendszerek megjelenése, 1. ábra. Az 1970-es években a NASA és a Pratt and Whitney állt a FADEC-cel (Full Authority Digital Engine Control) folytatott kísérletek élére. Először egy F-111-es egyik hajtóművét (Pratt & Whitney TF30) alakították át a FADEC kísérletekhez. Ezek a kísérletek vezettek a Pratt & Whitney F100 és a Pratt & Whitney PW2000 FADEC-el szerelt hajtóművek kifejlesztéséhez, majd a Pratt & Whitney PW4000 dual FADEC-el szerelt hajtóművekhez.

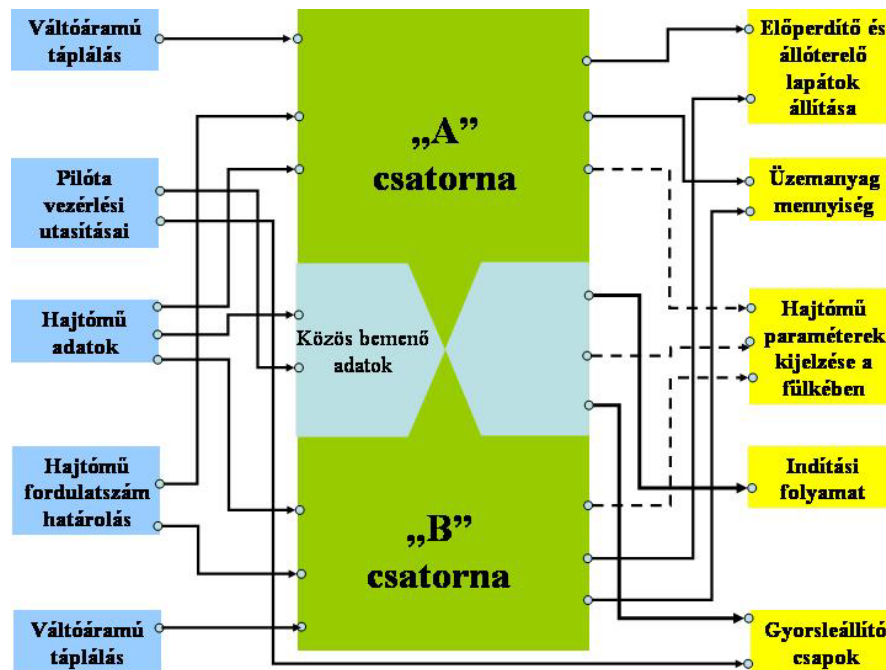


1. ábra. FADEC-el ellátott hajtóművek vezérlési vázlatja

A számítástechnika fejlődésével lehetőség nyílt a digitális jelek gyors és sokoldalú feldolgozására, ami egyben a szabályozás lehetőségeinek határait is kiterjesztette. Napjainkra a korszerű gázturbinás hajtóművek szinte kizárólag a teljes körű digitális szabályozó rendszerrel (FADEC) vannak felszerelve. A FADEC rendszerrel a hajtómű szabályozó rendszere elektromos (digitális és analóg) jelek formájában kommunikál a repülőgép más rendszereivel és magával a hajtóművel is, 2. ábra. Jó példa erre, hogy (a repülőgép „Fly-by-Wire” kormányvezérlő rendszeréhez hasonlóan), nincs mechanikai kapcsolat a pilótafülke és a hajtómű között.

A FADEC rendszer továbbá szerves részét képezi a repülőgép integrált digitális adatrendszer hálózatának. Az ilyen módon kialakított szabályozás magas fokú érzékenységgel, pontossággal és nagy teljesítőképességgel rendelkezik, és ezek segítségével, a hajtómű tolóerejének ill. hatásfokának rendkívül kedvező értékei érhetőek el.

A fent említett előnyökön felül a mai, modern támadó, vagy szállító helikopterek hajtóműveinek FADEC rendszerei lehetővé teszik, hogy a pilóta teljes figyelmét az előírt feladat végrehajtására fordítsa.



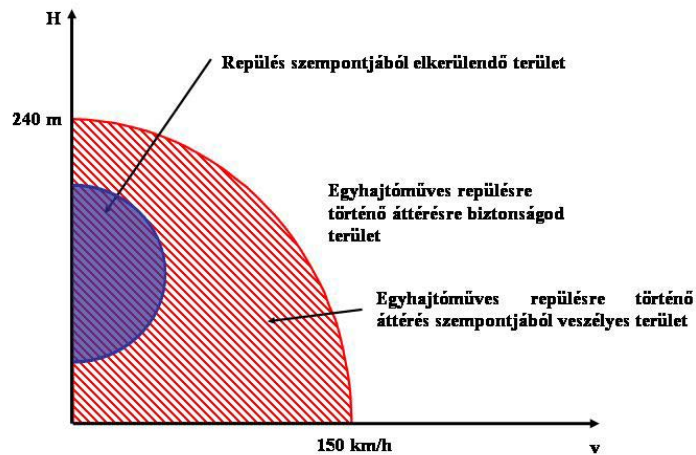
2. ábra. A FADEC felépítése

Ezek a helikopterek alapvetően kis magasságú repülési feladatokat hajtanak végre, maximális felszálló tömeg közelében mind éjjel, mind nappal, rendszeresen a maximális hajtómű teljesítmény környezetében olyan terep felett, amely tele van természetes és mesterséges akadályokkal. A FADEC kiváló pilóta/gép együttműködést és azonnali reakciót biztosít bármilyen külső, vagy belső zavarásra, minimalizálva ezzel a pilótát érő zavaró hatásokat.

## ÁTTÉRÉS EGY-HAJTÓMŰVES REPÜLÉSRE

Manapság használt katonai helikopterek esetében a leggyakoribb a két-hajtóműves elrendezés. Ez nagyobb biztonságot ad, mivel meghibásodás esetén lehetőség van az egy-hajtóműves repülésre történő áttérésre, ezzel a repülés folytatására és esetleg hazai bázisra történő visszatérésre. Erre az esetre a helikopter-vezetőnek, mint minden vészhelyzetre, előírt feladatsort kell végrehajtania. Ez azonban a hagyományos hidromechanikus szabályozó rendszerekkel ellátott hajtóművek esetében viszonylag hosszú folyamat. Magában foglalja ez azt, hogy a helikopter-vezetőnek azonnal gondoskodnia kell a forgószárny fordulatszámának megtartásáról, majd az ép hajtómű magasabb üzemmódra történő átállításáról. Ez azonban értékes másodpercek elvesztését jelenti. Ennek megfelelően vannak olyan repülési tartományok, ahol ez az áttérés a föld közelsége, illetve

a kis repülési sebesség miatt lehetetlen, vagy nagy veszélyeket rejt magában. Ezek a repülési tartományok a 3. ábrán láthatóak. Sajnálatosan ezek jobbára egybeesnek azokkal a repülési tartományokkal, amelyek egyébként a helikopterek legfontosabb működési tartományai, ahogyan azt az előző bevezető részben is említettem.



3. ábra. Egy-hajtóműves repülésre való áttérés szempontjából veszélyes terület

Természetesen nem öncélú a nagyon kis repülési magasság (50 méter alatt) választása, hiszen ez önmagában is jelentős veszélyeket hordoz magában azzal, hogy megnöveli a természetes és mesterséges tereptárgyakkal való ütközés veszélyét. Ellenséges terület felett mindezzel együtt is ez kisebb veszélyt jelent a feladatot végrehajtó helikopterek számára, mint az ellenséges tűz egy néhány száz méteres repülési magasságban. Manapság ilyen szempontból is a FADEC jelentős előrelépést hozott. A pilótát teljes mértékben mentesíti az egy-hajtóműves repülésre történő áttéréssel járó terhektől és az áttérés idejét is drasztikusan lecsökkenti. Hogyan történik ez? A FADEC, illetve berendezései a másodperc töredéke alatt érzékeli a hajtómű meghibásodását, és azonnal intézkedik is az ép hajtómű maximális üzemmódra történő átállításáról. A pilótának nem kell semmilyen extra feladatot elvégeznie, de természetesen kap hibaüzenetet az adott hajtómű meghibásodásáról. Hozzá kell tenni, hogy ezeket a hajtóműveket tervezéskor úgy méretezik, hogy szükség esetén az egy-hajtóműves repülés esetén is képesek legyenek akár emelkedő repülés végrehajtására is.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Már a gázturbinás korszak hajnalán felismerték, hogy a pilótát mentesíteni kell a repülőgép vezetése közben azoktól a terhektől, amik a gázturbinás hajtóművek működési sajátosságaiból, illetve repülés közben a környezeti körülmények (sebesség, magasság) gyors és drasztikus megváltozásából adódnak. Angol kifejezéssel az un. „care-free handling” azt jelentette, hogy a pilótának csak az üzemmód beállításával kelljen foglalkoznia, minden mást pedig egy automatikus szabályozó rendszer kezeljen le, lehetőleg úgy, hogy közben a lehetséges maximális határfokon dolgozzon a hajtómű a legszélesebb sebesség, magasság és üzemmód tartományban. Ez különösen fontos volt a helikopter hajtóművek esetében, ahol a forgószárny és a hajtómű

harmonikus együttműködése kiemelkedően fontos a forgószárny fordulatszámának megőrzése szempontjából. A helikopter-repülés kezdetén ez olyannyira megoldatlan volt, hogy a helikoptervezetőnek a forgószárny beállítási szögének vezérlése mellett gondoskodnia kellett a forgószárny fordulatszámának megtartásáról a hajtómű üzemmódjának folyamatos vezérlésével. Később a hidro-mechanikus vezérlőrendszerek folyamatos tökéletesedésével és az állandó fordulatszám-szabályozó egységek rendszerbe integrálásával a fenti probléma megszűnt.

Ugyanakkor kimondhatjuk, hogy a régi célkitűzés, az un. „care-free handling” pilóta – gép kapcsolat csak a FADEC rendszerek elterjedésével és ezeknek a helikopterek vezérlőrendszerébe történő integrálásával történhetett meg, biztosítva a helikoptervezető helikoptervezetéssel kapcsolatos munkaterhelésének jelentős csökkentését. Mindez azzal járt, hogy a helikoptervezető ezt a felszabaduló potenciált a küldetés sikeres teljesítésére, nevezetesen a harc megvívására, vagy az ellentevékenységek elkerülésére fordíthatja. Természetesen a polgári helikopter-repülésben is ezek a berendezések egyre inkább elterjednek. Alapvető feladatuk itt is a hajtómű hatásfok és fogyasztási adatainak javításán túl a személyzet tehermentesítése, ezen keresztül pedig a repülés biztonság növelése.

## **FELHASZNÁLT IRODALOM**

VARGA Béla: A TV2-117A hajtómű termikus matematikai modellje, Diploma munka, Budapesti Műszaki Egyetem, 1990.

<http://www.mi-helicopter.ru/eng/getarticle.php?id=275>

<http://www.aircraftenginedesign.com/TableB1.html>

[http://www.rolls-royce.com/defence\\_aerospace/downloads/helicopters/rtm322.pdf](http://www.rolls-royce.com/defence_aerospace/downloads/helicopters/rtm322.pdf)

[http://www.turbomeca.com/public/turbomeca\\_v2/html/en/produits/sous\\_famille\\_home.php?sfid=509&mid=615](http://www.turbomeca.com/public/turbomeca_v2/html/en/produits/sous_famille_home.php?sfid=509&mid=615)

## ***FUNCTION OF FADEC IN ABILITY ENHANCEMENT OF MODERN MILITARY HELICOPTERS***

The last major step in the developing process of gas turbine engine control systems was taken, when the FADEC (Full Authority Digital Engine Control System) has become general in gas turbine engine design. The FADEC's basic purpose is to provide optimum engine efficiency for any given flight condition. The inputs are received by the FADEC's EEC (Electronic Engine Control) and analyzed up to 70 times per second, which means that the output (control) signals are very fast and elaborated. Beside the above mentioned advantage at modern attack or transport helicopter FADEC system allows the pilot to devote his full attention to mission required tasks. These helicopters are habitually employed in low altitude operations at high aircraft weights by day or night, routinely bringing the aircraft close to performance limits, over terrain with natural and man-made obstacles. The FADEC provides excellent pilot/machine interface and quick reaction to any inside or outside disturbance, minimizing the cockpit management distractions.