

AZ F-15 REPÜLŐGÉP PARAMÉTEREINEK JAVÍTÁSA EGYESÍTETT
HAJTÓMŰVEZÉRLŐ - REPÜLŐGÉPVEZÉRLŐ RENDSZERREL

Fordító: Szabolcsi Róbert mk. százados

A repülőgép jellemzői jelentős mértékben javulnak, ha egységes hajtóművezérlő-repülőgépvezérlő rendszert alkalmaznak. A hajtóművezérlő és a repülőgépvezérlő rendszer együttes alkalmazását nagyteljesítményű modern fedélzeti számítógépek és gyors adatbuszok teszik lehetővé. Kísérletek igazolják, hogy az egyes vezérlő rendszerek független optimalizálása a többi rendszer jellemzőinek romlását idézi elő. A vezérlő rendszerek egyesített problémáinak megoldására, valamint a paraméterek minőségi és mennyiségi kiértékelésére a NASA kidolgozta a HIDECS nevű programját, melynek fontos részét képezi a modernizált hajtóművezérlő rendszer (ADECSS).

A hagyományos hajtóművezérlő rendszerben a hajtómű biztonságos működése érdekében a külső zavarások legrosszabb kombinációjának figyelembevételével igen nagy biztonsági tényezőt hagynak a pompázsjelenségre. Az ADECSS rendszerben a pompázs szerinti biztonsági tényezőt (tartalékot) a repülőgéppel, hajtóművel szemben támasztott követelményekből kiindulva, a repülési paraméterek figyelembevételével határozzák meg. Ez lehetővé teszi a hajtómű pompázs szerinti tartalékát a hajtómű jellemzőinek javítására, így a tolóerő növelésére, a tüzelőanyag-fogyasztás, valamint az üzemi hőmérséklet csökkentésére fordítani. A pompázs szerinti tartalék a hajtómű jellemzőinek javítását, a kompresszor sűrítési tényezőjének (EPR) növelését szolgálja. Az ADECSS rendszert az F-15 repülőgépen berepülték, a kísérletek, repülések eredményeit a 4. számú irodalom tárgyalja.

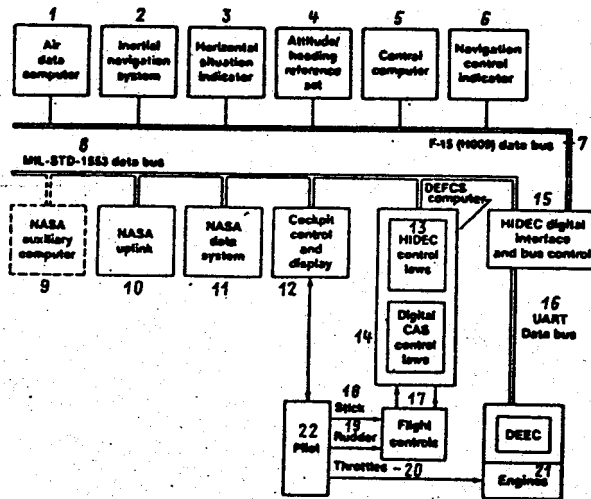
A VEZÉRLŐRENDSZER LEIRÁSA

A NASA kísérleti F-15 repülőgépein utánégető rendszerű, modernizált kétáramú gázturbinás sugárhajtóművet az F-100-PW-100 használtak. Az új, modernizált hajtómű ventilátorát tökéletesítették, továbbfejlesztették a kompresszort, az égőterét, 18 szegmensből alakították ki az utánégető teret, valamint digitális üzemmódvezérlő rendszert alkalmaznak (DEEC).

A DEEC üzemmódvezérlő rendszer a HIDEC rendszer egyik fő része, ami hidromechanikus tartalék üzemmódban is képes működni. A DEEC rendszer vezérli a tüzelőanyag-betáplálást a hajtómű fő- és utánégető terébe, biztosítja a levegőátvezetést a kompresszortól, működteti az álló-terelő lapátkoszorút és szabályozza a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyeinek keresztmetszetét is. A DEEC zárt szabályozási rendszere biztosítja továbbá a hajtómű fajlagos levegőfogyasztásának (WACC), valamint a sűrítési tényező (EPR) szabályozását és korlátozza a turbina előtti lefékezett levegőáram hőmérsékletét is (FTIT).

A HIDEC projekt megvalósítása a hajtómű üzemmódvezérlő (DEFC) rendszerének és a repülőgépvezérlő rendszernek (DEFCS) elkészítését jelenti. A DEFCS nem más, mint a hagyományos kormányvezérlő rendszer digitalizált formában (CAS). A repülőgépvezérlő rendszer (DEFCS) és a hajtómű üzemmódvezérlő rendszer (DEEC) digitális interfészen és az adatátvitelt ellenőrző kontrolléren keresztül kapcsolódnak össze. Az ADECS rendszer operációs rendszerét a DFCC repülésvezérlő rendszer számítógépe tárolja, mely a DEFCS rendszer fontos részeit képezi.

A HIDEC rendszer bloksémája az 1. ábrán látható.



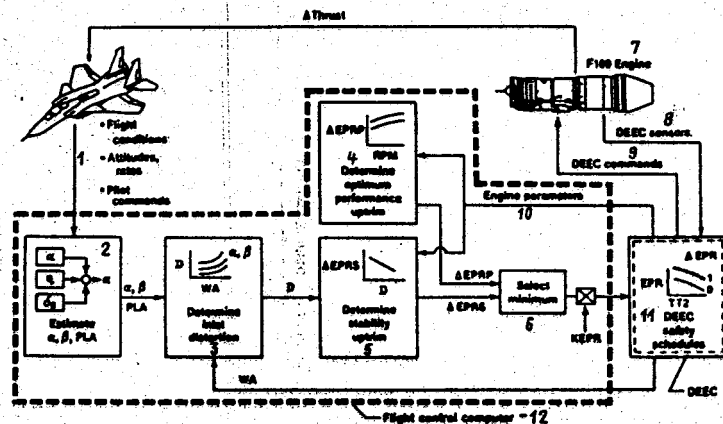
1-levegőjel-rendszer számítógépe; 2-inerciális navigációs rendszer; 3-műhorizont; 4-térbeli helyzet megjelenítő; 5-központi számítógép; 6-navigációs indikátor; 7-F-15 (H009) adatbusz; 8-MIL-STD-1553 adatbusz; 9-a NASA feladatainak segédszámítógépe; 10-"fedélzet-föld" rádióvonal a NASA-val; 11-a NASA adatbankja; 12-kormánysszervek és információmegjelenítés a kabinban; 13-a HIDEC rendszer vezérlési törvényei; 14-a CAS rendszer vezérlési törvényei; 15-a HIDEC rendszer digitális interfésze és a vezérlő parancsok adatbusza; 16-UART-adatbusz; 17-repülésvezérlés; 18-botkormány; 19-pedálók; 20-hajtómű-vezérlőkar; 21-hajtóművek; 22-pilóta.

1. ábra

A hajtómű stabil működését biztosító sűrítési tényező differenciá-EPRP, valamint a belépő levegőáram örvényességének D számítása a hajtómű fajlagos levegőfogyasztása WA alapján történik, az állás és a csúszásszögek értékei figyelembevételével. A hajtómű paramétereiből történik az optimális karakterisztikák majd ezek alapján az EPRP jel kidolgozása. A két jel közül a kisebbik a KEPR szorzóegységén keresztül a DEEC rendszerbe kerül, ami biztosítja a hajtómű

állandósult optimális üzemet. A biztonságos működés érdekében a DEEC rendszerben a beavatkozó jelet korlátozzák.

Az ADECS rendszer blokkképe a 2. ábrán látható.



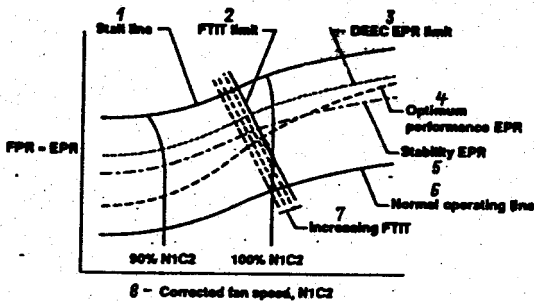
1-repülési viszonyok, a repülőgép szögsebességei és szöghelyzete, a pilóta parancsai; 2-az α , β , PLA szögek számítása, a botkormány kitérítése; 3-a bemeneti zavarások meghatározása; 4-a hajtómű állandósult optimális üzemenek jellemzői ismeretében az EPRP korrekciós jel kidolgozása; 5-az EPRS jel kidolgozása; 6-a minimum kritérium kiválasztása; 7-F-100 sugárhajtómű; 8-a DEEC rendszer érzékelője; 9-a DEEC rendszer parancsai; 10-a hajtómű paraméterei; 11-a DEEC rendszer biztonságos üzemmódjai; 12-a repülésvezérlő rendszer számítógépe.

2. ábra

A HIDECS EPR rendszer blokkképe a 3. ábrán látható.

A hajtómű munkaegyenese 6 és a pompázsvonal 1 közötti tartományt szokás a rendelkezésre álló, pompázs szerinti tartaléknak nevezni. A sűrítési tényező stabilitásának vizsgálata során az összes olyan zavarás hatását vizsgálják, ami a ventilátor pompázs szerinti tartalékát csökkenti. Ha a szivócsatornába belépő levegőáram örvényessége növekszik, akkor az üzemmódvezérlő rendszer úgy avatkozik be a hajtómű működésébe, hogy a sűrítési tényező EPR szerinti tartaléka

állandó maradjon. A sűrítési tényező zárt szabályozási rendszere a 4. ábrán látható.

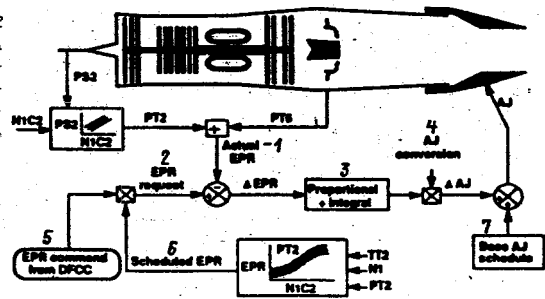


1-a kompresszor stabil működésének határa (pompázsvonal); 2-a turbina előtti levegőáram hőmérséklete FTIT szerinti korlátozás; 3-sűrítési tényező EPR szerinti korlátozás, melyet a DEEC rendszer valósít meg; 4-a sűrítési tényező EPR optimális értékei; 5-a sűrítési tényező EPR szerinti stabil működés határa; 6-a hajtómű munkaegyenes; 7-a turbina előtti hőmérséklet növekedése; 8-a ventilátor viszonyított forgási sebessége.

3. ábra

biztosítja. A programvezérelt sűrítési tényező EPR értékét a ventilátor viszonyított forgási sebessége N1C2 alapján szá-

1-a sűrítési tényező EPR pillanatnyi értéke; 2-a sűrítési tényező EPR kívánt értéke; 3-arányos-integráló tag; 4-a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök AI keresztmetszete; 5-a sűrítési tényező EPR parancs a DFCC rendszertől; 6-a sűrítési tényező EPR programvezérlése; 7-a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök AI programvezérlése.



4. ábra

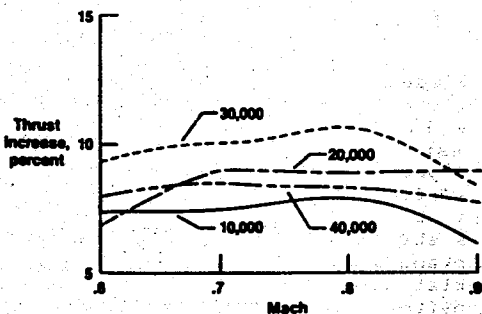
A kívánt sűrítési tényező állandó értéken tartását a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök keresztmetszetének változtatása biztosítja. Nagy M-számok esetén, ha a turbina a megengedett maximális hőmérséklet FTIT közelében működik, akkor a minimális levegőfogyasztás, valamint a tolóerő optimális értéken tartását a ventilátor viszonyított forgási sebessége N1C2 szerinti szabályozás

mitják. Ezután a sűrítési tényező EPR értékét az arányos integrálós beavatkozó szerv tartja állandó értéken a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök keresztmetszetének szabályozásával.

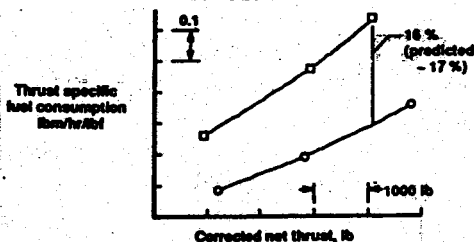
A HAJTÓMŰ ÜZEMMÓDVEZÉRLŐ RENDSZER KÍSÉRLETI EREDMÉNYEI

A hajtómű effektív tolóerejének (FNP) (%) változását állandó gyorsulások esetén az 5. ábrán láthatjuk.

A sűrítési tényező tartaléka szerint vezérelt hajtómű üzemmodvezérlő rendszer alkalmazásának másik előnye a tolóerő fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (TSFC)



5. ábra



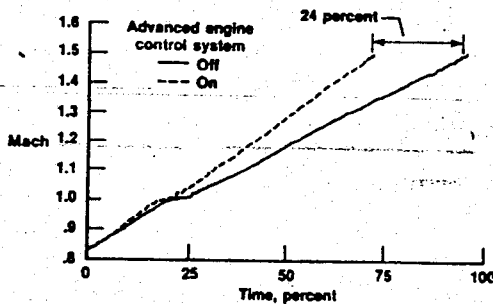
-az ADECS rendszer nélküli; 0 - az ADECS rendszer működik; 1 - számított érték 17%; 2 - lépték 4448 N.

6. ábra

erő fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (TSFC) hányados csökkenése állandó tolóerő mellett. A fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (TSFC) százalékos csökkenését $M = 0,8$ és $H = 9150$ méter magasságon, utánégető üzemmódon a 6. ábra szemlélteti.

Állandó gyorsulással, $H = 15025$ m repülési magasságon a hajtómű maximális teljesítményén végrehajtott repülés esetén az ADECS rendszer alkalmazásának előnyeit a 7. ábra mutatja be.

A 7. ábrán a vízszintes tengelyen a repülés fajlagos ideje van ábrázolva, %-ban kifejezve. Mint az a 7. ábrán látható az ADECS rendszer alkalmazása mintegy 24 %-kal csökkenti az $M = 0,8$ -ról $M = 1,5$ -re történő gyorsítás idejét.



----- az ADECS rendszer működik;
 — az ADECS rendszer kikapcsolva.

7. ábra

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ¹Myers, L. P., and Burcham, F. W., Jr., "Propulsion Control Experience Used in the Highly Integrated Digital Electronic Control (HIDEC) Program," NASA TM-85914, 1984.
- ²Burcham, F. W., Jr., and Haering, E. A., Jr., "Highly Integrated Digital Engine Control System on an F-15 Airplane," NASA TM-86040, 1984.
- ³Burcham, F. W., Jr., Myers, L. P., and Ray, R. J., "Predicted Performance Benefits of an Adaptive Digital Engine Control System on an F-15 Airplane," AIAA Paper 85-0233, Jan. 1985.
- ⁴Myers, L. P., and Walsh, K. R., "Preliminary Flight Results of an Adaptive Engine Control System on an F-15 Airplane," AIAA Paper 87-1847, June 1987.
- ⁵Myers, L. P., and Burcham, F. W., Jr., "Preliminary Flight Test Results of the F100 EMD Engine in an F-15 Airplane," AIAA Paper 84-1332, June 1984.
- ⁶Burcham, F. W., Jr., Myers, L. P., and Walsh, K. R., "Flight Evaluation Results for a Digital Electronic Engine Control in an F-15 Airplane," NASA TM-84918, 1983.
- ⁷Landy, R. J., Yonke, W. A., and Stewart, J. F., "Development of HIDEC Adaptive Engine Control Systems," ASME 86-GT-252, June 1986.
- ⁸Ray, R. J., and Myers, L. P., "Test and Evaluation of the HIDEC Engine Uptrim Algorithm," AIAA Paper 86-1676, June 1986.