

TELJESEN VILLAMOSÍTOTT REPÜLŐSZERKEZETEK KORMÁNYGÉPEI  
KIALAKÍTÁSÁNAK KOMPROMISSZUMOS MEGOLDÁSA

Fordító: Szabolcsi Róbert mk.százados

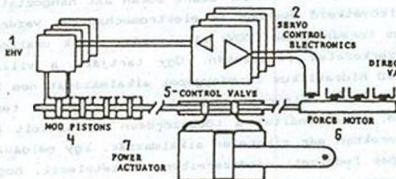
Az 1984-ben Daytonban megrendezett NAECON Repülési és  
Űrhajózási Elektronikai Konferencia referátuma alapján.

A NASA és az USA Védelmi Minisztériuma által a modern repülőszervezetek, valamint az űrrepülőgépek FLY BY WIRE rendszereinek kialakítására meghirdetett programok azt igazolták, hogy a vezérlő rendszer tervezése és rendszeresítése együtt kell járjon olcsó, megbízható és hatékony kormánygép kialakításával. A repülőszervezetek rendszereinek teljes villamosítása, központi számítógép alkalmazása és energetikai szempontból hatékony rendszerek kialakításának lehetősége nagymértékben függ attól, hogyan sikerül tőkésíteni a kormánygépet. Megállapították, hogy a kormánygép típusa csak jelentéktelen mértékben változtatja meg a repülőszervezet jellemzőit és önköltségeit, de elismerik, hogy a kormánygép tőkésítése alapvető jelentőséggel bír a modern vezérlő rendszerek elterjedése során. Ezért sokan azt hangoztatják, hogy az elkövetkező években az elektromechanikus vezérlésű hidraulikus kormánygépek (DDV) alkalmazása válik uralkodóvá a repülőszervezetek fedélzetén. Ugy tartják, a villamos távvezérlésű hidraulikus kormánygépek alkalmazását nem közvetlenül a magas színvonalú műszaki követelmények tették szükségessé, mindazonáltal a többszörösen tartalékoltt kormányrendszerekben már sikeresen alkalmazzák, így például az űrrepülőgépek fedélzeti rendszereiben. Feltételezik, hogy a DDV alkalmazása lehetővé teszi az elektromechanikus és a már régebben alkalmazott, nagymértékben tőkésített hidraulikus motorok pozitív tulajdonságainak optimális egyesítését.

Napjainkban már nem tekinthető újnak az az elképzelés, mely szerint a hidraulikus kormánygépek tolattyús jelátalakítóját elektromechanikus szerkezet működtetné. Ilyen elrendezésű kormánygépeket széles körben alkalmaznak tartalékként az olyan rendszerekben, ahol nem szükséges túl nagy működési sebesség, valamint ott, ahol az automatikus vezérlő rendszer meghibásodása esetén nem kívánatos áttérni kézi vezérlésre.

Az 1970-es évek közepén az US AIR FORCE Repülésdinamikai Laboratóriuma több szerződést kötött nagy működési sebességű és többszörösen tartalékkolt villamos távvezérlésű hidraulikus kormánygép (DDV) kifejlesztésére és gyártására. Az egymástól függetlenül végzett munkálatok során elérték azt a szintet, hogy kísérleteket végezzenek a kormánygéppel, illetve kísérleti kormányrendszert építsenek.

Az 1. ábrán a hidraulikus motor vezérlésének két fajtáját láthatjuk és hasonlíthatjuk össze.



1-elektromos hidraulika-csap; 2-elektronikus vezérlő egység; 3-DDV; 4-hidraulikus erősítő; 5-tolattyús jelátalakító; 6-villamos motor; 7-hidraulikus motor.

1. ábra

Az 1. ábrán a jobb oldalon tehát a DDV, míg a bal oldalon a hidraulikus motor hagyományos, elektromos hidraulika-csappal történő vezérlése látható. Az elektromos hidraulika-csap - melynek működését (8-40) mA erősségű áram biztosítja - nagyteljesítményű hidraulikus kormánygépek vezérlését kisteljesítményű villamos jelekkel valósítja meg. A fűvókás hidraulikus erősítőt tartalmazó kormánygépek működését azonban a munkafolyadék felhasználás nélküli visszavezetése jellemzi. Például az úrrepülőgép hét kormányfelületét mozgató, négyszeresen tartalékolt vezérlő rendszerben a munkafolyadék felhasználás nélküli visszavezetése miatt 9 kW energiavesztés lép létre.

A DDV működtetését biztosító elektromechanizmus méretei valamivel nagyobbak, mint az elektromos hidraulika-csapé, azonban a tolattyús jelátalakító működéséhez szükséges mechanikai energiaszükségletet fedezi. Ezáltal lehetővé válik a DDV közvetlen működtetése, viszont növekszik a működtetéshez szükséges villamosenergia-szükséglet. A tolattyús jelátalakító beekelődése esetén a szennyeződés eltávolításához szükséges villamosenergia-hidraulika-csap alkalmazása során néhány  $\mu\text{A}$ , míg a DDV alkalmazásakor az egész amperekben mérhető áramerősség. A DDV alkalmazása azonban lehetővé teszi a hidraulika-folyadék felhasználás nélküli visszavezetésének kizárását és a szükséges hidraulikus teljesítmény csökkentését. Tehát a DDV alkalmazása arra irányul, hogy a hidraulika-rendszer teljesítményét csökkentse a felhasznált villamos energia növelése útján. Ezen elvet igazolja, hogy a villamos energia átalakítása mindig jobb határfokkal történik, mint a hidraulikus energiáé.

A DDV és a hidraulika-csap alkalmazásának előnyeit és hátrányait az 1. számú táblázat foglalja össze.

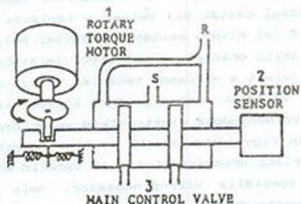
Mint a táblázatból látható, a DDV alkalmazásának nagyon nagy hátránya a hidraulika-csappal szemben a kis kimeneti teljesítmény. Amíg a hidraulika-csap a tolattyús jelátalakítóra akár többszáz Newton erővel is képes hatni, addig a DDV ekkora erőhatás kifejtésére csak az áramfelvétel jelentős növekedésével képes. Repülőszerkezetek hidraulika-rendszereinek Üzemeltetési tapasztalatai azt mutatják, hogy a tolattyús jelátalakító szennyeződés miatti beékelődése esetén a szennyeződés eltávolításához legalább (350-450) N nagyságú erő szükséges.

1. táblázat

Összehasonlított jellemző	Hidraulika-csap	DDV
Villamosenergia szükséglet	kicsi	közepes
Szerkezet	bonyolult	egyszerű
Szennyeződés iránti érzékenység	nagy	kicsi
Meghibásodás azonosításának lehetősége	nehézkés, lassú	egyszerű, gyors, pontos
A tolattyús jelátalakító beékelődése esetén a szennyeződésre kifejtett erőhatás	nagy	kicsi
Erzékenység a terhelésre	kicsi	közepes
Hidraulika-folyadék visszavezetése	állandó	nincs
Az automatikus önellenőrzés megvalósításának lehetősége	alacsony fokú	nagyfokú

Az ipari vállalatok többféle kivitelben tervezték és vizsgálták az elektromechanikus hajtást. A GENERAL ELECTRIC például nyolcféle kivitelben vizsgált szolenoidokat, valamint különféle szerkezetű villamos motorokat. A NATIONAL WATERLIFT cég által kifejlesztett berendezés az űrrepülőgépek fedélzeti rendszereiben a jelátalakítók mozgatását for-

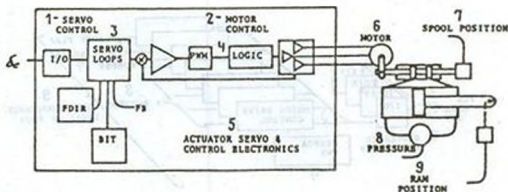
gattyús szerkezet segítségével oldja meg, mely a 2. ábrán látható.



- 1 - nyomatókermotor;
- 2 - helyzetérzékelő;
- 3 - tolattyús jelátalakító.

2. ábra

A fenti elrendezés a hőmérsékleti hibák, valamint a vezérlési diagram megváltozásának kiküszöbölését is biztosítja. A kormánygép vezérlésének működési vázlatát a 3. ábrán látható.

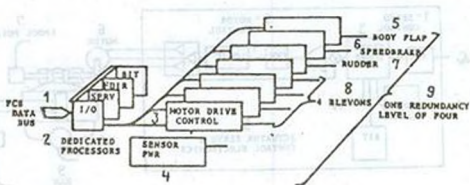


- 1-szervevezérlés; 2-motorvezérlés; 3-jelkidolgozó egység;
- 4-logikai egység; 5-a kormánygép elektronikus vezérlő egysége;
- 6-villamos motor; 7-a tolattyús helyzetérzékelője;
- 1/0-INPUT/OUTPUT egység; PWM-impulzusszélesség modulátor;
- FDIR-diagnosztikai egység; BIT-automatikus ellenőrző egység;
- FB-visszacsatolás.

3. ábra

A vizsgált kormányrendszerben a jelátalakítót semleges helyzetbe állító rugókkal látták el, melyek a táplálás megszűnése vagy a vezérlő jel hiánya esetén kiindulási helyzetbe állítják a jelátalakító orsóját. A tolattyús jelátalakító helyzetérzékelőjének jeleit a villamos vezérlés visszacsatolásaként alkalmazzák, valamint az önellenőrző egység használja. A hidraulikus kormánygépek elektronikus vezérlőegységeinek tervezése során figyelembe veszik az elektromechanikus kormánygépek kísérleti eredményeit is. AS vezérlő egység központi része egy speciális mikroprocesszor, mely több funkciót is ellát (önellenőrzés, átkapcsolás tartalék kormánygépre, kompenzáló szervek működtetése). A mikroprocesszor biztosítja továbbá a jelátalakító orsójának beékelődés elleni védelmét is.

A 4. ábrán az előzőekben részletezett és az Őrrepülőgépeken alkalmazott kormányrendszer látható.



1-adat busz; 2-speciális feladatokat ellátó processzor; 3-a hidraulikus motor vezérlő egysége; 4-ádk lápegysége; 5-lőrzsféklap; 6-fékszárnyak; 7-oldalkormány; 8-elevonok; 9-a négyzeresen tartalékolt irányítási csatorna egyike.

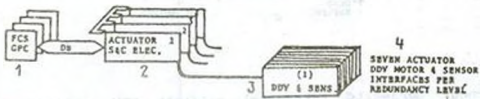
4. ábra

A négyzeresen tartalékolt kormányrendszerek DDV mechanizmusában alkalmazott villamos motorok egyenként négy.

független gerjesztő tekercsel rendelkeznek, melyek táplálásukat az egyes irányítási csatornáktól kapják. Így a motor forgórészén az egyes gerjesztőtekercsek elektromágneses forgatónyomatékai összeadódnak. Az elvégzett kísérletek eredményei azt igazolják, hogy a vezérlő jelek ilyen összegzését a (11-37) kW teljesítményű aszinkronmotorok alkalmazása teszi leginkább ésszerűvé. Mindazonáltal a DDV mechanizmusain kisebb teljesítményű villamos motorok alkalmazása is lehetséges.

Az űrrepülőgépek kormányrendszerében alkalmazott DDV mechanizmusok szimplex kialakítása esetén egy jelátalakító és egy hidraulikus motor nyert alkalmazást (a DDV mechanizmus kimenő jele egyenes vonalú mozgás). Az olyan kormányrendszerben, ahol a DDV mechanizmus kimenő jele forgómozgás, három jelátalakítót és három hidraulikus motort alkalmaznak. Az űrrepülőgépek kormányrendszereiben alkalmazott DDV mechanizmusok általános blokkvázlata az 5. ábrán látható.

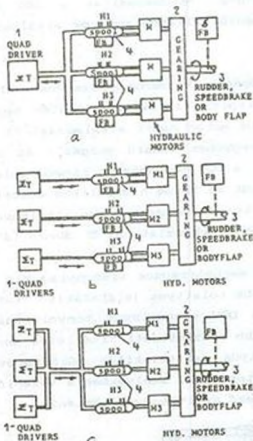
Mivel a DDV mechanizmusok viszonylag kis erő kifejtésre képesek, ezért több tolattyús jelátalakító "tandem" rendszerű működtetése a DDV mechanizmus bonyolultsága miatt nem ajánlatos. Az alább részletezett kísérletek során a "tandem" szerkezetű tolattyús jelátalakítók működtetését olyan DDV mechanizmusok biztosítják, amelyekben a vezérlőjelek összegzése a mágneses mező segítségével történik.



1-központi számítógép (FLY BY WIRE); 2-a kormánygép elektromechanizmusainak elektronikus vezérlő egységei; 3-DDV mechanizmus és a visszacsatoló adók; 4-mind a négy csatornában két DDV és a visszacsatoló adók találhatóak.

5. ábra

A 6. ábrán három olyan lehetséges DDV egység kialakítása látható, amelyekben a DDV kimenő jele forgómozgás és három hidraulikus motor működik a DDV egységben.



1-négy gerjesztő tekercssel ellátott DDV mechanizmusok; 2-fogaskerekes áttétel; 3-oldalkormány, fékszárnny vagy törzsféklap; H1;H2;H3-hidraulikus rendszerek; 4-tolattyús jelátalakítók; FB-visszacsatoló adók; M1;M2;M3-hidraulikus motorok; FB-kimeneti tengely szögelfordulás adója

6. ábra

A kísérletek során csak a 6.a. egységet vizsgálták, azonban a 6.b. és 6.c. egységek alkalmazása előnyösebb lehet a DDV mechanizmus fő jellemzőinek (méretei, tömege, felvett teljesítmény, be- és kimeneti karakterisztikák, önellenőrző egység kiépítésének lehetősége) optimalizálása esetén.

Az űrrepülőgépeken alkalmazott DDV mechanizmusok üzemi paramétereit úgy választották meg, hogy a hidraulikus motorok működését biztosító jelátalakítók áteresztő képessége (3-187) 1/perc is lehet, ami egyik alapvető oka a statikus és dinamikus terhelések közötti számottevő eltérésnek.

Ettől eltekintve azt állapították meg, hogy az alkalmazott villamos motorok azonosak és csak a közepes- és a csúcsteljesítményük térhet el. A DDV mechanizmussal szemben támasztott fontos követelmény a tolattyús jelátalakító orsója beékelődésének megakadályozása a villamos motorok két gerjesztő tekercsének meghibásodása esetén is, melyhez legalább 450 N erő szükséges. Ezért a villamos motorok legalább 225 N erő kifejtésére kell képesek legyenek, ha egy gerjesztő tekercsükben maximális áram folyik. A DDV mechanizmusban alkalmazott villamos motorok teljesítményét a hosszú idejű közepes terhelések és a rövid idejű csúcsterhelésekből kiindulva határozzák meg. A DDV mechanizmusok különböző áteresztő képességű tolattyús jelátalakítókat működtető villamos motorjai a 2. táblázat alapján hasonlíthatók össze.

2. táblázat

Mutató	Érték			
A jelátalakító átvesztő képessége (l/perc)	167	83	23-28	3
A jelátalakítók száma egy rendszerben	2	2	2	1
Közepes teljesítmény (W)	12	8	8	4
A jelátalakító bekezelődése esetén kifejtett maximális teljesítmény (W)	200	180	100	50

A \*-gal jelzett adat három "tandem" elven összekötött jelátalakítóra vonatkoznak, melyek egy hidraulikus motort működtetnek.

Az elektromos vezérlő egység disszipációs teljesítménye, valamint a DDV motorjainak teljesítménye együtt kb. 80 W. Az örreplülőgépeken ma használatos, a DDV rendszerrel ekvivalens, elektromos hidraulika-csapokkal vezérelt kormányrendszer teljesítményfelvétele kb. 180 W. Ha a DDV rendszert az 1970-es években kifejlesztett analóg áramköri elemekre építik, úgy a teljesítményfelvétele akár 200 W is lehet, vagy marad 180 W a teljesítményfelvétel, ha az elektronikus rendszereket integrált áramkörök formájában alkalmazzák. Mindazonáltal a villamosenergia-szükséglet kísérték növekedése nagy hidraulikus teljesítmény-megtakarítást eredményez (6-7,5 kW) a munkafolyadék felhasználás nélküli visszavezetésének kiküszöbölése során.