

AI-9V INDÍTÓHAJTÓMŰ, MINT ELEKTRONIKUS OKTATÁSI SEGÉDLET

Az AI-9V hajtómű a Magyarországon a '70-es és a '80-as években rendszerbe állított Mi-24 és Mi-17 helikoptertípusok TV3-117 hajtóműveinek indítóhajtóműve. Az indítóhajtómű egy olyan önálló szerkezeti egység, amely saját tüzelőanyag-rendszerrel, önálló olajrendszerrel, tüzelőanyag-szabályozó rendszerrel, indítómotor-generátorral valamint gyújtótekerccsel rendelkezik.



1. ábra. Az AI-9V indítóhajtómű

A hajtómű elsődleges feladata a fő hajtóművek levegős indítórendszerének sűrített levegővel való ellátása az indítás során. A hajtómű ezen kívül más feladatot is ellát, mégpedig az indítás után a fedélzeti hálózat egyenárammal való táplálását oldja meg mind a földön, mind pedig a levegőben. A hajtómű jellegzetesen, az akkori szovjet tervezésnek megfelelően igénytelen és megbízható, hiszen feladatát $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti külső levegőhőmérsékleti tartomány mellett teljes mértékben maradéktalanul el tudja látni. Így nem csoda, hogy a mai napig nagyon sok ország rendszeresítette mind a két helikoptertípust – és velük együtt az indítóhajtóművet is – szerte a világon, és használják szélsőséges időjárási körülmények között.

A többfunkciós kialakításnak köszönhetően a hajtómű többféle üzemmódon - üresjárat, levegőelvezetés, vagy generátor üzemmód - működik.

A hajtómű elektronikus oktatási segédletként történő feldolgozását egyrészt a kor technikai színvonalának és követelményeinek való megfelelés, másrészt az adott szakutasításban leírtak érthetőbbé tétele, jobb szemléltethetősége és magyarázhatósága indokolja.

Az oktatási segédlet (2. ábra) az indítóhajtómű szerkezeti felépítését, működését, rendszereit, valamint üzemeltetését és az adott technológia szerinti üzemen tartását foglalja össze és magyarázza el. Gyakorlati jelentősége abban rejlik, hogy vizuális megjelenítést tesz lehetővé a szöveges magyarázat mellett, illetve a felhasználó számára folyamatos önellenőrzésre nyílik lehetőség, hiszen az akciógombok segítségével bármikor vissza lehet menni az adott diára, diasorozatra.



2. ábra. Az oktatási segédlet kezdőlapja

A bemutató „Főmenü” részéből érhető el az tansegédlet mintegy összes tartalmi eleme, mely részek egymással hivatkozások segítségével kapcsolatban állnak, így teljes mértékben átjárhatóak.



3. ábra. Főmenü

A „Súgó, rövidítések” alatt pedig az előforduló rövidítések, jelölések, kifejezések, valamint a navigációs gombok jelentése kapott helyet.

A HAJTÓMŰ ÁLTALÁNOS ADATAI

A hajtómű típusa: gázturbinás hajtómű egyfokozatú centrifugális kompresszorral és egyfokozatú axiális turbinával.

Forgórészek forgási iránya:	bal (a fűvócsótól nézve)
Üzemi fordulatszám:	$35300 \pm 475 - 39150 \pm 475$ ford/perc
Névleges fordulatszám:	36750 ± 475 ford/perc
Határfordulatszám:	39450 ± 475 ford/perc
A hajtómű üzemeltetésének maximális magassága földön és levegőben:	$H = 4000$ m

A feszültség minimális értéke indításkor:	$U = 18 \text{ V}$
Olajnyomás a hajtómű bemenetén:	minimum $1,2 \cdot 10^5 \pm 0,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
Olajfogyasztás:	legfeljebb $0,15 \text{ l óránként}$
Tüzelőanyag-nyomás a hajtómű bemenetén:	$0,6 \cdot 10^5 - 1,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
A hajtómű tömege:	70 kg

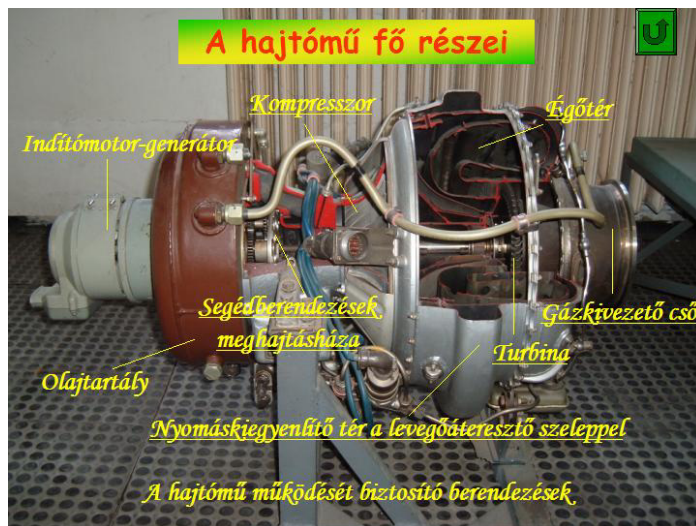
A hajtómű főbb paraméterei levegőelvezetéses üzemmódon:

Az elvezetett levegő mennyisége:	$0,4 \text{ kg / s}$
Az elvezetett levegő teljes nyomása:	min. $2,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
Az elvezetett levegő hőmérséklete:	min. 160 °C
Tüzelőanyag- fogyasztás:	max. 80 kg / h

A hajtómű méretei:

A hajtómű hossza:	888 mm
A hajtómű szélessége:	530 mm
A hajtómű magassága:	490 mm

A HAJTÓMŰ SZERKEZETE



4. ábra. A hajtómű fő részei

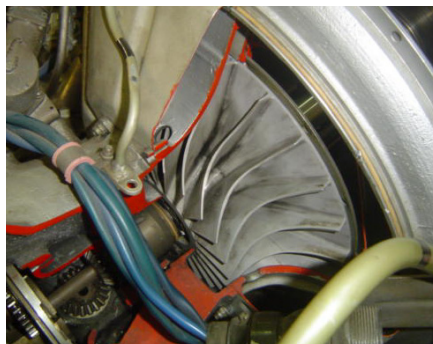
A hajtómű szerkezetileg kilenc nagyobb részből áll; az aláhúzott szavak és kifejezések hipervivatkozással további fő- és alrészeket nyitnak meg.

Az AI-9V hajtómű kompresszora

Az AI-9V indítóhajtómű kompresszora centrifugális típusú, egyfokozatú, félig nyitott kialakítású, döntött lapátkerékkel és radiális diffúzorral ellátott.

A munkakerék a belépő terelőlapát-koszorúból és a lapátkerékből áll. A lapátkerék és a belépő terelőlapát-koszorú 22 radiális lapáttal van ellátva. A lapátkerék hátsó oldalán kimunkált két gyűrűs fűrészfog profilú kiálló rész a forgórész-ház válaszfalán lévő kör hornyokkal labirinttömítést alkot.

A radiális diffúzor nem más, mint egy kúpos tárcsa, amelynek kerületén egyenletesen 27 lapát van elhelyezve. A diffúzortárcsa felülete a mellső házzal együtt alkotja a kompresszor lapátkereke utáni rés- és lapátos diffúzort.



5. ábra. A kompresszor járókereke

A hajtómű égőtere

Az **égőtér háza** hegesztett szerkezetű és hőálló acéllemezből készült. Olyan erőátviteli egység, amely egyben az égőtér borítását is ellátja.

Az **égőtér** hőálló acéllemezből készült, gyűrűs típusú, ellenáramú, hegesztett szerkezetű. Az **ellenáramú égőtér** egy olyan kialakítású égőtér, amelyben a gázáram iránya 180°-kal megfordítható, így jelentősen lerövidülhet a hajtómű hossza. Ez a kialakítás adja a hajtóműnek a jellegzetes, „tömzsi” formáját.

Az **égőtér részei** a következők:



6. ábra. Az égőtér részei

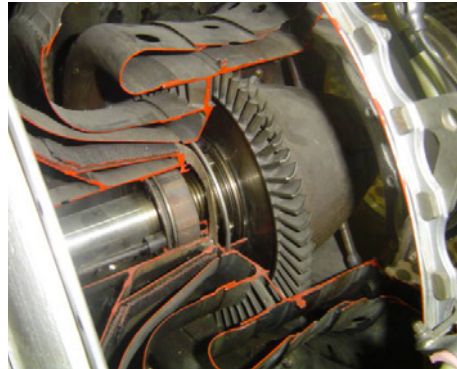
Az égőtér házában körben lettek elhelyezve az üzemi fűvókák, amelyekből 8 darab található, valamint ugyancsak itt kapott helyet az indító-gyújtó berendezés.

Az indító-gyújtó berendezés részei:

- gyújtógyertya
- fúvóka
- ház
- köpeny a terelőlappal

Turbina

Az indítóhajtómű turbinája egyfokozatú axiális turbina, amely a gázáram hőenergiáját mechanikai munkává alakítja át. Az átalakított energia egy része a hajtómű forgórészének meghajtására, másik része a segédberendezések forgatására fordítódik.



7. ábra. A hajtómű turbinája

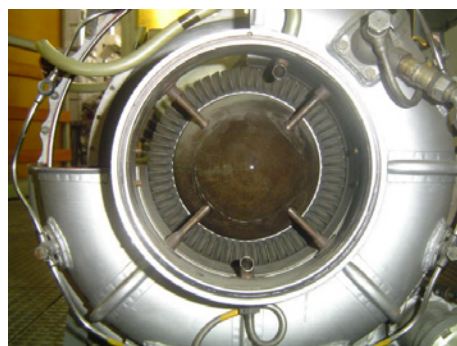
A turbina két részből, álló- és forgórészből áll össze. Az állórész a terelőlapát-koszorúból és a házból, a rugalmas támasz két gyűrűjéből, a labirinttömítésből és az olajrendszer, valamint a turbina görgőscsapágy tömítésének alkatrészéből áll.

A forgórész a munkakereket, a tengelyt, a görgős csapágyat, a két labirintgyűrűt, a távtartó perselyt, valamint a szabályozó gyűrűt foglalja magába.

A turbina munkakerekének hűtéséről az égőtér szekunder levegője gondoskodik, mégpedig a terelő lapátkoszorún lévő 8 furat segítségével.

Fúvócső (gázkivezető cső)

Az AI-9V indítóhajtómű fúvócsöve nem hasznosítja a kilépő gázok reakcióerejét, így az csak a környezeti levegőbe való elvezetésre szolgál. A gázkivezető rendszert két rész alkotja: a belső kúp és külső köpeny. A kettejük közti kapcsolatot a keresztben elhelyezett tartók biztosítják.



8. ábra. Gázkivezető cső

A külső köpenyre vízszintes síkban vannak rögzítve a turbina utáni gázhőmérsékletet mérő hőelemek, amelyekből kettő darab található.

A külső köpeny diffúzoros kialakítású, amelyben a kiáramló gáz kinetikai energiája csökken. A belső (központi) kúp a turbinából kilépő gáz gyűrű alakú és a külső köpenyben kialakuló hengeres áramlás közötti átmenetet biztosítja, így nem lesz hirtelen keresztmetszet-növekedés.

Nyomáskiegyenlítő tér a levegőáteresztő szeleppel

A hajtómű a feladatából adódóan rendelkezik egy úgynevezett nyomáskiegyenlítő térrel, illetve az ezen kiegyenlítő téren található elágazócsővel. Ez a főhajtóművekhez történő levegő elvezetését biztosítja a rá felszerelt levegőáteresztő szelep segítségével. A nyomáskiegyenlítő tér gyűrűs típusú és a kompresszorhoz kívülről van hegesztve.

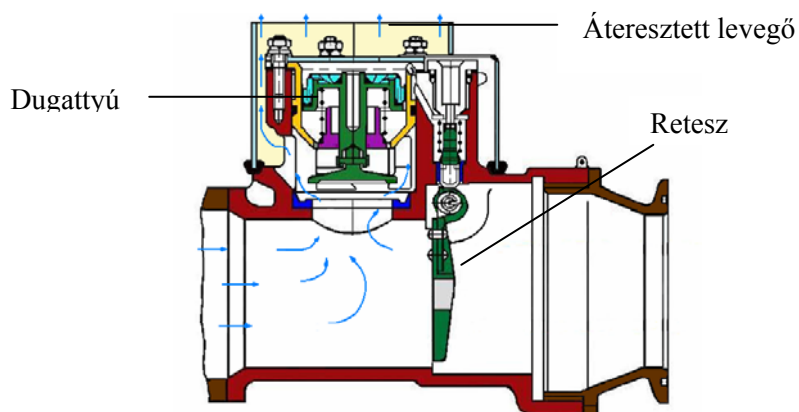
A levegőáteresztő szelep automatikus működésű; biztosítja a levegőnek a környezetbe való áteresztését is az indítórendszerbe történő elvezetés mellett.



9. ábra. Elágazócső a levegőáteresztő szeleppel

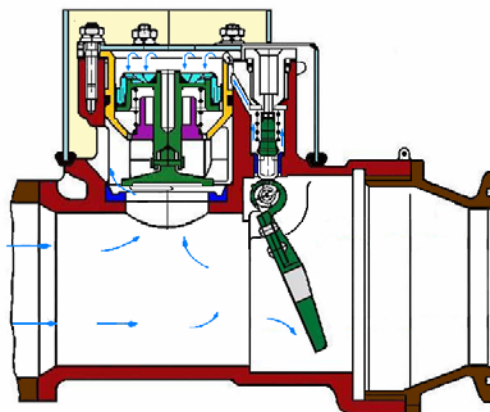
A levegőáteresztő szelep működése

Amennyiben nincs levegőelvezetés, akkor a csőben a levegő útját elzáró retesz egy rugó hatására zárva van. Ilyekor a levegő nyomásának következtében a dugattyú a felső helyzetben tart, nyitva a levegőnek, ami a környezetbe áramlik. (10. ábra)



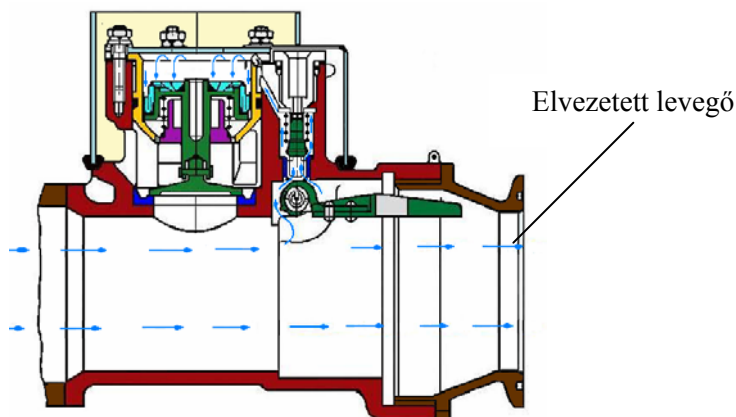
10. ábra

A helikopter fő hajtóműveinek indítása során a reteszen nyomáskülönbség alakul ki, melynek hatására a retesz fokozatosan kinyílik. E folyamat alatt a levegő a dugattyú feletti térbe jut, és a levegő nyomásának hatására a dugattyú lefelé elmozdul. (11. ábra)



11. ábra

Amikor a dugattyú a szelepkúppal elzárja a levegő útját a környezet felé, akkor a retesz teljesen nyitott állapotban van, és a kompresszor által termelt levegő szabadon áramolhat a főhajtóművek levegős indítórendszerébe. (12. ábra)



12. ábra

A helikopter hajtóműveinek indítórendszerébe történő levegőelvezetés megszűnése után a retesz egy rugó hatására lezárul, és a levegő ismét a környezetbe áramlik.

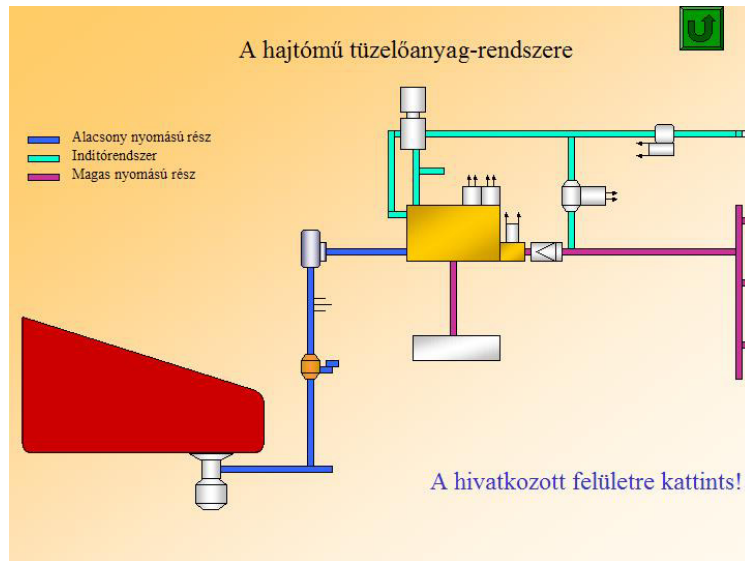
AZ AI-9V INDÍTÓHAJTÓMŰ RENDSZEREI

A hajtómű tüzelőanyag-rendszere

Az AI-9V hajtómű tüzelőanyag-rendszere a hajtómű tüzelőanyaggal történő ellátását biztosítja minden üzemmódon.

A tüzelőanyag-rendszer három fő részből áll:

- alacsony nyomású rendszer
- indítórendszer
- magas nyomású rendszer



13. ábra. A hajtómű tüzelőanyag-rendszere

Az **alacsony nyomású rendszer** a helikopteren került kialakításra, és magába foglalja a tüzelőanyag tartályt, a beszállító szivattyút, a tűzcsapot, a finomszűrőt, valamint az ezeket összekötő csővezetéseket.

Az **indítórendszer** már a hajtóművön található.

Részei:

- elektromos meghajtású indító tüzelőanyag – szivattyú
- indító tüzelőanyag elektromágneses szelepe
- indító fűvóka
- indításkor tüzelőanyagot betápláló elektromágneses szelep

A **magas nyomású rendszerben** található a tüzelőanyag-szabályozó szivattyú az üzemi fűvókákkal és az ezeket összekötő csővezetékekkel együtt.

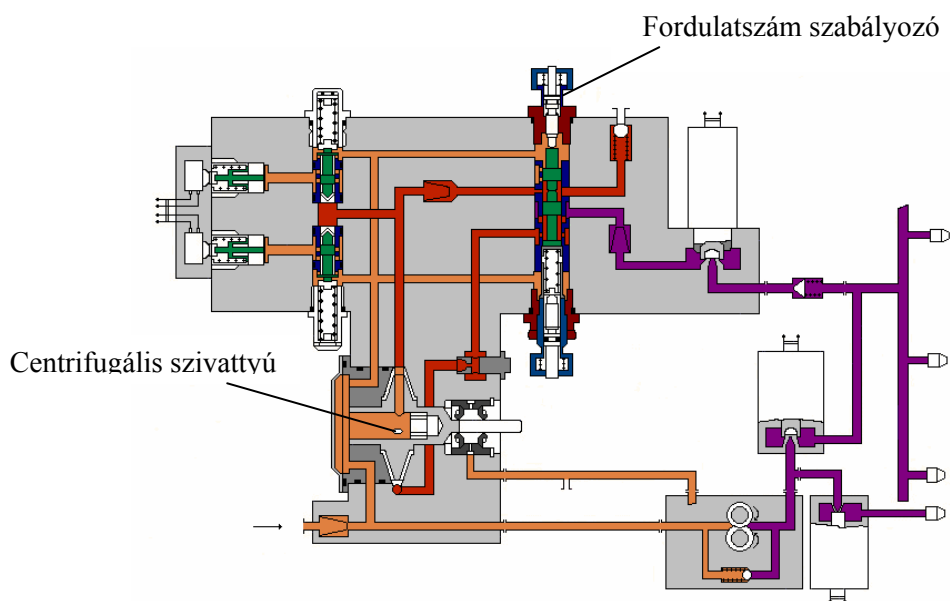
A hajtómű tüzelőanyag-szabályozó rendszere

A hajtómű tüzelőanyag-szabályozó rendszere a tüzelőanyag-szabályozó szivattyúból, és az elektromos meghajtású indító tüzelőanyag-szivattyúból áll.

Az indító tüzelőanyag-szivattyú fogaskerekes kialakítású, és indításkor juttat tüzelőanyagot az indító, és ezzel egyidejűleg az üzemi fűvókákba.

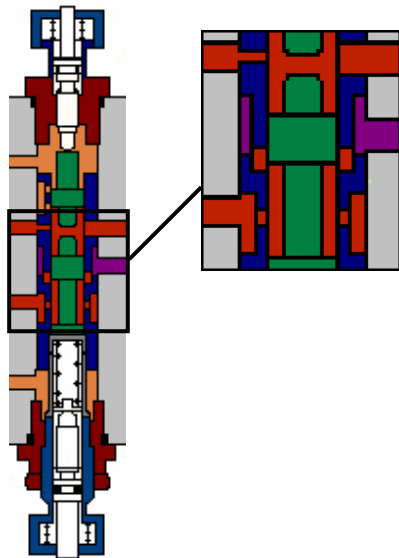
A tüzelőanyag-szabályozó szivattyú több feladatot is ellát; benne helyezkedik el a centrifugális típusú magas nyomású tüzelőanyag szivattyú, valamint hajtómű forgórész állandó fordulatszámának statikus szabályzója.

A **fordulatszám szabályozó** a forgórész fordulatszámát állandó értéken tartja, mégpedig úgy, hogy a terhelés változásával változtatja az üzemi fűvókákhoz eljuttatott tüzelőanyag mennyiségét.

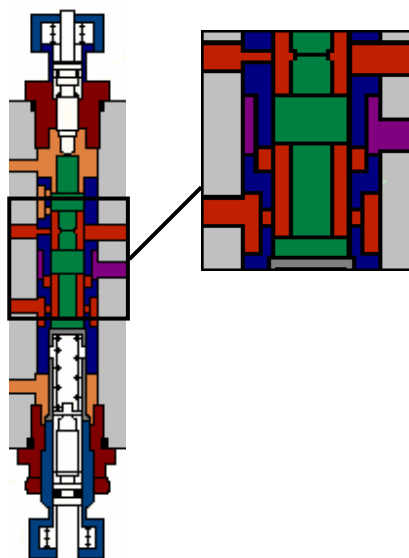


14. ábra. Tüzelőanyag-szabályozó szivattyú

A fordulatszám szabályozó működéséhez a vezérlőnyomást használják fel. Növekvő fordulatszám esetén a növekvő nyomás hatására a benne található tolattyú lefelé elmozdul, legyőzve az alatta lévő rugó erejét, és a tolattyú öve csökkenti az üzemi fűvókákhoz vezető csatorna adagoló furatának keresztmetszetét úgy, hogy egy minimális átfolyás biztosítva legyen, ami elegendő a hajtómű működéséhez (15. ábra). Ennek eredményeképpen csökken a beadagolt tüzelőanyag mennyisége, tehát csökken a fordulatszám is. Csökkenő fordulatszám esetén a térben a tolattyú feletti nyomás is csökken, és a tolattyú a 2. számú csavar ütközőjéig elmozdul (16. ábra). Ekkor az adagoló furat felülete nőni fog, és vele együtt újra növekszik a fordulatszám is.



15. ábra

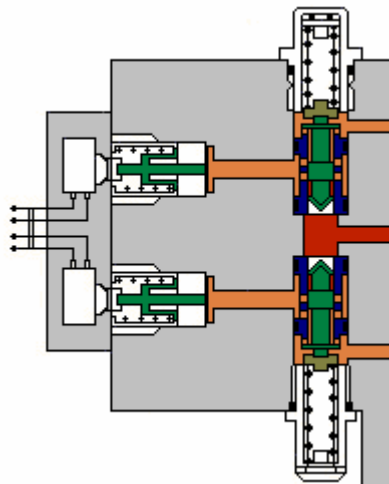


16. ábra

Ugyancsak a tüzelőanyag-szabályozó szivattyúban került sor a hajtómű **üzemi és határfordulatszámát jelző egységeinek** kialakítására. (17. ábra) A hajtómű fordulatszámának ellenőrzése ugyanis fényjelzések alapján történik; az egyik jelző az üzemi fordulatszám elérésekor

kapcsolódik be, és a hajtómű normál működését jelzi, míg a másik jelző a hajtómű forgórészének legnagyobb megengedett fordulatszámánál, tehát a határfordulatszámánál kapcsol be, és a leállító szelep áramtalanításával a hajtómű leállítására ad parancsot.

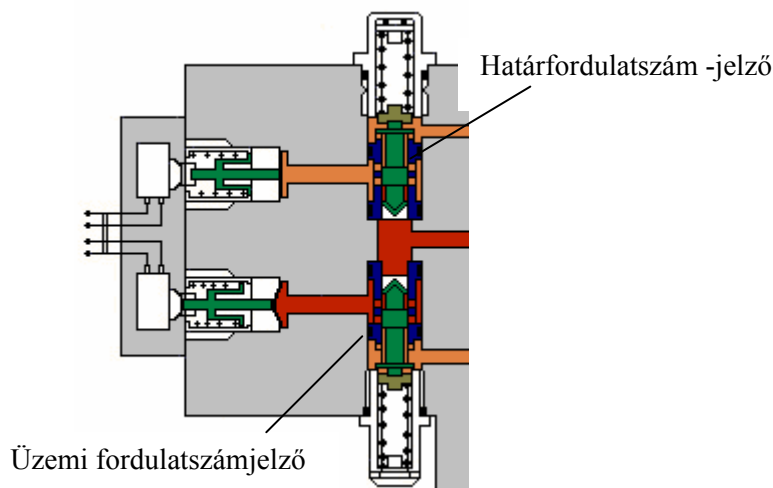
Ezek a jelzőegységek úgynevezett elektrohidraulikus módon működnek. Működésükhöz a centrifugális szivattyú utáni vezérlőnyomást használják fel.



17. ábra. Üzemi és határfordulatszám - jelző egység

A jelzőegységek működése

A fordulatszám növekedésekor nő a vezérlőnyomás nagysága is. Üzemi fordulatszámon a nyomás a rugó erejét legyőzve elmozdítja a tolattyút, és a tüzelőanyag a perselyen lévő furaton keresztül az érintkező csomópontjának membránjához jut, ahol a nyomás hatására behajlott membrán az ott lévő tolattyút elmozdítja, megnyomva ezzel a mikrokapcsoló gombját. Az áramkör záródik, bekapcsol a fényjelzés. (18. ábra)



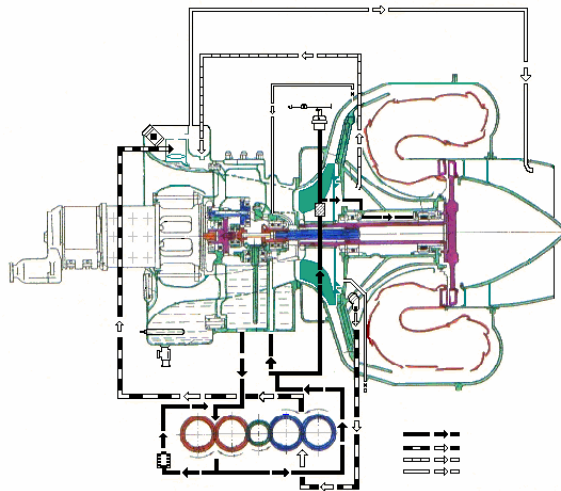
18. ábra

A határfordulatszám - jelző magasabb nyomás, tehát magasabb (a határ-) fordulatszámon kapcsol be, mivel más a tolattyú alatti rugó előfeszítettségének az értéke, de működési elve megegyezik az üzemi fordulatszám- jelző működésével.

A fordulatszám csökkenésekor a vezérlőnyomás annyira lecsökken, hogy a tolattyú alatti rugó a tolattyút eredeti helyzetébe mozdítja el. A tolattyú öve az elmozdulás során zárja a perselyen lévő, vezérlőnyomást bevezető furatot, és nyitja azt a furatot, amely a membrán alatti csatornát a centrifugális szivattyúval összeköttetésben lévő leeresztő ággal köti össze. A membrán feletti tolattyú az ott található rugó hatására a támaszáig elmozdulva bontja a mikrokapcsoló érintkezőit.

A hajtómű olaj - és szellőzőrendszere

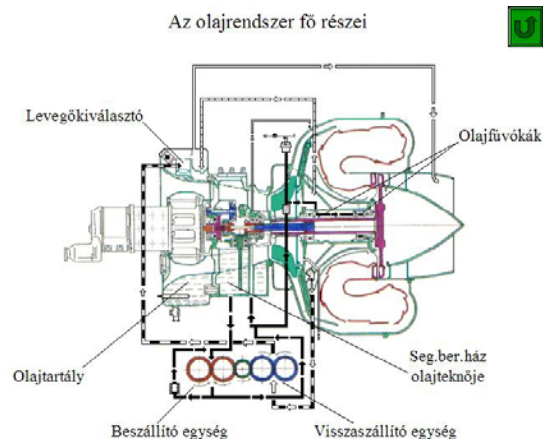
Az AI-9V indítóhajtómű zárt, nyomás alatti, önálló **olajrendszerrel** rendelkezik (19. ábra), amely az erősen terhelt felülethez biztosítja az olaj bevezetését, ami kenésre és hűtésre fordítódik.



19. ábra. A hajtómű olaj – és szellőzőrendszere

Az olajrendszer olyan kialakítású, hogy biztosítani tudja az olaj folyamatos keringését az alábbi - az olajrendszer fő részein keresztül történő - „útvonal” szerint:

- olajszivattyú visszazállító egysége
- levegőkiválasztó
- olajtartály
- segédberendezés meghajtásházának olajteknője
- olajszivattyú beszállító egysége
- kenésre és hűtésre szolgáló olajfűvőkák



20. ábra. Az olajrendszer fő részei

A hajtómű **szellőztetését** az alábbiak szerint oldották meg:

A hajtómű forgórész csapágynak tere az olajtartályban elhelyezett szellőztartállyal egy csővezetéken keresztül van összeköttetésben. A szellőztartályban választódik ki az olaj - ami az olajtartályba folyik vissza, valamint a levegő – ami egy csővezeték segítségével van elvezetve a reaktív fűvócsó ejektorához.

A levegő kiválasztása a levegőkiválasztóban zajlik, majd onnan speciális kialakítású furatokon át jut a szellőztartályba.

A HAJTÓMŰ ÜZEMELTETÉSE ÉS ÜZEMBEN TARTÁSA

Az oktatási segédletben a hajtómű szerkezetének és a rendszereinek bemutatása után szó esik az üzemeltetésről és az üzemben tartásról is, melyek tartalmi része szintén hivatkozások segítségével érhetők el.



21. ábra. A hajtómű üzemeltetése



22. ábra. Az indítóhajtómű üzemben tartása

A navigációs gomboknak és a hivatkozásoknak köszönhetően a fent említett két rész egymással – a bemutató többi részéhez hasonlóan – teljes mértékben átjárható, így biztosítva ezzel könnyebb és gyorsabb felhasználást.

Az ilyen és ehhez hasonló elektronikus tansegédletek egy olyan oktatási szoftvercsomag részét képezhetik, amelyek segítségével a felhasználó jobban elmélyítheti ismereteit az adott témában, és használatával mintegy kiválthatja a szabályzatok sokaságát és a működések gyakran nehézkes megértését.

A segédlet mindemellett alkalmas arra is, hogy indítóhajtómű szerkezeti felépítését és egyes részeinek elhelyezkedését vizuálisan tárja elénk, átfogó képet alkotva az olvasott szöveggel. Mivel ebben a témában ilyen eddig még nem alkottak, az elkészített tansegédlet hasznos eszköz lehet az ezzel foglalkozók számára.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Re/989: Az AI-9V gázturbinás hajtómű üzemeltetési és műszaki kiszolgálási szakutasítása, 1982. – A Honvédelmi Minisztérium kiadványa
- [2] DR. SZABÓ László okl. mk. alezredes: A virtuális valóság alkalmazásának lehetőségei a repülőtiszti képzésben, a Magyar Honvédségben. PhD értekezés; Budapest, BME. 2000.
- [3] ZUTI Pál – KÖTE Csaba – SZÁRAZ György – LUDIK Péter: Multimédia és prezentáció, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 1999.
- [4] DR. BÉKÉSI László okl. mk. ezredes: A multimédia és a működő modellek alkalmazási lehetőségei a repülőtiszti képzés érdekében. PhD értekezés; Budapest, ZMNE. 2001.
- [5] CZIFRA László: Gázturbinás hajtóművek – III. rész, II. kötet