

**XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2013. április 16-18.
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar**

**A TV3-117 HAJTÓMŰ SZERKEZETÉNEK ÉS
OLAJRENDSZERÉNEK MULTIMÉDIÁS BEMUTATÁSA**

Jelige: *MH59*

Dolgozat lezárásának időpontja: *2012.04.30*

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	8
2. A MULTIMÉDIA JELENTŐSÉGE AZ OKTATÁSBAN	9
3. A MULTIMÉDIÁS TANSEGÉDLET	11
3.1. Az oktatóprogram ismertetése.....	11
4. A TV3-117 HELIKOPTER HAJTÓMŰ SZERKEZETE ÉS OLAJRENDSZERE (MULTIMÉDIÁS OKTATÁSI SEGÉDLET).....	13
4.1. A TV3-117 helikopter hajtómű általános felépítése, műszaki adatai.....	13
4.1.1. Általános bemutatás.....	14
4.1.2. Alapvető műszaki adatok.....	15
4.1.3. A hajtómű szerkezetének rövid leírása	16
4.2. A hajtómű működése	20
4.2.1. A működés rövid leírás	20
4.3. A TV3-117 helikopter hajtómű körfolyamatának számítása	20
4.4. A hajtómű szerkezete.....	30
4.4.1. Kompresszor.....	30
4.2. Központi meghajtás	33
4.4.3. Égőtér.....	34
4.4.3.1. Az égőtér működése.....	35
4.4.4. Turbinaegység	37
4.4.4.1. A kompresszorturbina	37
4.4.4.2. A szabadturbina	41
4.4.5. Gázelvező rendszer	44
4.4.6. A hajtómű támaszai	45
4.4.6.1. A hajtómű első támasza	45
4.4.6.2. A hajtómű második támasza	46
4.4.6.3. A hajtómű harmadik támasza	47
4.4.6.4. A hajtómű negyedik és ötödik támasza.....	48
4.5. A hajtómű olajrendszere	50
4.5.1. Az olajrendszer általános ismertetése, műszaki leírása	50
4.5.2. Az olajrendszer berendezései.....	54

4.5.2.1. Olajszűrő.....	54
4.5.2.2. Olaj segédberendezés	55
4.5.2.3. A segédberendezés házból az olajat visszaszállító szivattyú	57
4.5.2.4. A lezáró szelep.....	58
4.5.2.5. A forgácsjelző.....	59
4.6. A hajtómű áramlási viszonyai.....	60
4.6.1. A kompresszor áramlási viszonyai és karakterisztikája	60
4.6.2. A turbinaegység áramlási viszonyai és karakterisztikái	68
5. BEFEJEZÉS	71
FELHASZNÁLT IRODALOM	73
MELLÉKLET	73

1. BEVEZETÉS

Dolgozatom témája a TV3-117 típusú helikopter hajtómű szerkezetének és olajrendszerének bemutatása multimédiás oktatóprogram segítségével. A TV3-117-es hajtóművet a Magyar Honvédségben a jelenleg rendszerben lévő Mi-17 szállító és Mi-24 harci helikoptereken alkalmazzák.

A korábbi években már születtek ehhez hasonló munkák, amelyeknek a szükségszerűségét a multimédia segítségével történő oktatás elterjedése, illetve az oktatás hatékonyabbá tétele indokolta. Készült olyan szoftver, amely a Mi-8 helikopter sárkányszerkezetét illetve a helikopter TV2-117-es hajtóművét teljes egészében feldolgozza, és készült olyan is, amely a Mi-24-es harci helikopter sárkányszerkezetét mutatja be, illetve találhatunk különböző fülkeismeret elsajátítását könnyítő programokat.

A TV2-117A típusú hajtómű teljes feldolgozása mellett, a TV3-117-es hajtóműnek csupán a tüzelőanyag rendszere került bemutatásra a multimédia segítségével. Úgy gondolom időszerűvé vált, egy a TV3-117 helikopter hajtómű szerkezetének és olajrendszerének bemutatása céljából készített program, amely a későbbiekben könnyebbé, illetve hatékonyabbá teheti ennek a hajtóműtípusnak az oktatását, hiszen az ezzel a típusú hajtóművel felszerelt helikopterek előreláthatólag még a jövőben is rendszerben lesznek a Magyar Honvédségben. A szoftvernek leginkább a honvéd tisztjelöltek, leendő hajózők, illetve a műszaki állomány élvezheti az előnyeit. Az oktatás során sajnos rendkívül kevés idő áll különböző típusok megismerésére, megtanulására, és még kevesebb idő azok gyakorlatban történő bemutatására. Ehhez nyújt segítséget egy ilyen program. Természetesen a multimédia nem helyettesíti és nem is helyettesítheti a gyakorlati oktatást, de nagyban megkönnyítheti azt.

A multimédiás tansegédletem célja, hogy a főbb szerkezeti egységeken keresztül bemutassam a TV3-117 helikopter hajtómű szerkezetét és olajrendszerét. A dolgozat célja pedig, hogy a hajtómű bemutatásán keresztül rávilágítsak a multimédiás oktatás előnyeire, annak egyre nagyobb jelentőségére. Emellett másik fontos célom, hogy minél részletesebb és átfogóbb képet kapjunk a hajtóműről.

Dolgozatomban elsőként magáról a multimédiáról és annak jelentőségéről írok, ezt fogja követni az általam készített program részletes bemutatása és ezen keresztül a hajtómű szerkezetének és olajrendszerének ismertetése.

2. A MULTIMÉDIA JELENTŐSÉGE AZ OKTATÁSBAN

A multimédia, mint napjaink egyik alapvető oktatási eszközének tárgyalásakor az első és egyben egyik legfontosabb dolog, hogy tisztázzuk ennek a szónak az értelmét. „*A multimédia olyan információs tartalom vagy feldolgozási rendszer, amely többféle csatornát is használ (szöveg, hang, kép, animáció, videó és interaktivitás) a felhasználók tájékoztatására vagy szórakoztatására* [10].” Ez az egyik alapvető magyarázata multimédia fogalmának. Hogyan jelenik ez meg az oktatásban? „*Egy elektronikus multimédiás enciklopédia többféleképpen képes leírást adni, mint a papíralapú könyv formában készült enciklopédia, megkönnyítve a felhasználó munkáját, segíti a tanulásban, képeket, videókat, hanganyagot megjelenítve* [10].” Manapság, főként a felsőoktatásban egyre nagyobb szerepük van a multimédiás oktatási segédleteknek. Ezek valóban több funkcióval rendelkeznek, mint a papíralapú könyvek, oktatási segédletek. Ez alatt leginkább azt értem, hogy egy multimédiás anyagba beépíthetők különböző animációk, videók, amelyek elősegítik a tananyag könnyebb megértését. Véleményem szerint az ilyen oktatási anyagok legfőbb előnye azok szemléletessége, illetve az áttekinthetőség.

De miért is kap ekkora jelentőséget a multimédiás oktatás napjainkban? Az egyik legnagyobb réteg, amelyik ki tudja használni ezen oktatás előnyeit, azok a főiskolás hallgatók, akik levelező képzésben vesznek részt. Az ő képzésükben a kevés óraszám miatt a foglalkozásokon nincs kellő idő a tananyag teljes átadására, ezért a hallgatók legtöbb esetben tanórán kívül önállóan sajátítják el az anyagot. Egy jól felépített multimédiás tansegédlet nagy segítséget nyújthat az anyag megértésében.

A nappali tagozatos képzésben résztvevő honvéd tisztjelöltek tanulását is elősegítik az ilyen programok. A Bolognai-rendszerű képzésben kevesebb szerepet kap a gyakorlati képzés, ezért több esetben az órákon elhangzott elméleti tananyagot az oktatók idő hiányában nem tudják a gyakorlatban bemutatni. Ehhez nyújtanak segítséget a különböző multimédiás oktatási segédletek. A másik oldalról vizsgálva a kérdést az ilyen tansegédletek alkalmazása (akár az órai oktatás során is) nagyban megkönnyíti az oktatók dolgát. Könnyebb prezentálni a tananyagot, és amit már korábban is

hangsúlyoztam óriási szerepe van a szemléletességnek. Meg kell említenem azt is, hogy egy ilyen program magas színvonalú elkészítése ugyan rendkívül fáradságos munka, de elkészültével mindig rendelkezésünkre áll. Ez természetesen azt is magába foglalja, hogy egy ilyen anyagon sokkal könnyebb különböző javításokat, finomításokat, kiegészítéseket végezni, mint pl. egy papíralapú jegyzeten.

Mint számos multimédiás tansegédlet aktív használója, a véleményem a következő ezekről a programokról: Mivel a mai oktatásban már gyakorlatilag lehetetlen elkerülni a számítógépek, illetve az internet használatát, így egyre nagyobb a létjogosultsága ezeknek a programoknak. A képzés hatékonyabbá, könnyebben megérhetővé válik ezek által. Az oktatás befejezése után ezek a tananyagok továbbra is rendelkezésünkre állnak, így könnyen felfrissíthetjük tudásunkat.

Az előbbieken már számos előnyről tettem említést. A következőkben röviden összefoglalom, milyen előnyei és hátrányai lehetnek a multimédiás oktatási segédleteknek [1] [2] [3].

Néhány az előnyök közül:

- elősegíti az önálló tanulást, növeli a kreativitást
- eltörli a tantárgyak közötti éles határokat
- a multimédiás programok kezelése egyszerű, nem igényelnek magas szintű számítástechnikai ismereteket
- a szemléletesség miatt (képek, videók, ábrák, animációk stb.) nagyban javulhat az elsajátítás aránya úgy, hogy eközben a tanulásra fordított idő csökken
- az ilyen programok segítségével megvalósítható a differenciált oktatás (mindenki a saját képességeinek megfelelően tud haladni)

Az előbb felsorolt előnyök mellett természetesen vannak hátrányai is a multimédiás programoknak. Néhány ezek közül:

- nem átgondolt és rossz alkalmazásának káros hatásai lehetnek
- az ilyen programok elkészítése a hagyományos pedagógiai eszközöknél jóval több időt és költséget igényel
- a képi információkat nehezebben befogadó felhasználók (verbális típusúak) számára az ilyen programok kevésbé jól használhatóak
- az önálló fejlesztési lehetőségek

Összességében elmondható, hogy multimédiás oktatóprogramok ma már szerves részei az iskolai oktatásnak, alkalmazásuk mindennapos. Mindemellett hatékonyak is, és nagyon fontos, hogy a felhasználói oldalról érkező visszajelzések pozitívak, tehát van igény az alkalmazásukra.

3. A MULTIMÉDIÁS TANSEGÉDLET

Az általam készített szoftver egy Power Point programmal készített bemutató, amelynek magját a hajtómű különböző szerkezeti egységeihez, illetve olajrendszerének fő részeihez tartozó diások képezik. A diáson belül találhatunk szöveges leírásokat, a legtöbb esetben fotóval vagy ábrával kiegészítve. Egy-egy diáson belül több hivatkozást is alkalmaztam. Olyan esetekben, például amikor valamely alkatrészt vagy részegységet ábra segítségével mutattam be, akciógombokat helyeztem el a dián, amelyre rákattintva elérhetővé válik az adott rész fotója. Igyekeztem a legtöbb alkatrészt az ábrák mellett minél több fényképet is készíteni, amelyek minél jobban elősegítik a könnyebb megértést és a hatékonyabb elsajátítást. A fotók egy részét saját magam készítettem a szolnoki helikopterbázis tan-hangárában található metszett hajtóműről. Emellett parancsnoki hozzájárulással lehetőséget kaptam arra, hogy a Repülőeszköz Javító Központ hangárában is készíthessek képeket, ahol a normál fényképek mellett külső konzulensem segítségével endoszkópos felvételeket is tudtam készíteni. Az előbbieket a képanyag jelentős részét alkotják az internetről, többségében gyári oldalakról származó fotók.

Több esetben nem csak egy adott egység szerkezeti bemutatása található a programban, hanem azokban az esetekben, ahol ezt indokoltnak láttam, bemutattam és szemléltettem a működést is. Úgy gondolom a hajtómű egészének megértése szempontjából ez elengedhetetlen.

3.1. Az oktatóprogram ismertetése

A program felépítését tekintve mindenekelőtt szerettem volna átfogó ismereteket szolgáltatni magáról a hajtóműről. Az elkészítéskor próbáltam nagy hangsúlyt fektetni a szemléletességre, érthetőségre és az



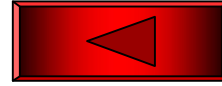
1. ábra: A program címlapja

átláthatóságra. Az oldalak közötti navigálás, illetve a különböző oldalakról történő visszalépés és a programból való kilépés akciógombok segítségével lehetséges. Ezek a gombok a következők:

Előre:



Vissza:



Vissza az előző bemutatóra vagy vissza a főmenübe:



Először megismerkedhetünk a hajtómű általános felépítésével illetve a Magyar Honvédségben alkalmazott modifikációk részletes műszaki adataival. Ezt követi az alkalmazás, ahol bemutatásra kerül, hogy a TV3-117 egyes típusait milyen repülőeszközöknél alkalmazzák. Ezután következik a működés ismertetése, amely kiegészül a hajtómű körfolyamatának ismertetésével és annak számítási eredményeivel. Csak mindezek után térek rá magára a szerkezetre, ahol a főbb szerelési egységeket vizsgálom. Külön fejezetben tárgyalom a kompresszort, az égőteret, a turbinaegységet, a gázelvezető berendezést és hajtómű támaszait. Szintén külön fejezetbe került a hajtómű olajrendszere, illetve néhány dián keresztül röviden bemutatom a hajtómű gépegységeiben létrejövő áramlási viszonyokat.

4. A TV3-117 HAJTÓMŰ SZERKEZETE ÉS OLAJRENDSZERE (MULTIMÉDIÁS OKTATÁSI SEGÉDLET)

A program felépítése és kezelése rendkívül egyszerű. A címlapon egyetlen hivatkozást találunk, amellyel a főmenübe jutunk. Itt a következő gombokat láthatjuk:

- általános felépítés, műszaki adatok
- a hajtómű alkalmazása
- a hajtómű működése
- kompresszor
- égőtér
- turbinaegység
- gázvezető rendszer
- a hajtómű támaszai



2. ábra: A főmenüt tartalmazó oldal

- a hajtómű olajrendszere
- a hajtómű áramlási viszonyai

A főmenüből nyílik lehetőség a kilépésre is.

4.1. A TV3-117 helikopter hajtómű általános felépítése, műszaki adatai

A tansegédlet általános bemutatás részében ugyan nem kapott fő szerepet, de úgy gondolom, az általános bemutatás előtt egy rövid történelmi áttekintéssel kell, hogy kezdjem. A helikoptereken először az 1950-es években kezdtek el tengelyteljesítményt szolgáltató gázturbinákat alkalmazni. Az első ilyen a General Electric által titkos program keretében megalkotott 800 lóerős (596kW) gázturbina volt, amelynek tömege 181 kg volt. Ennek továbbfejlesztett változata, amely 1957-ben készült el, már 1050 Le (783kW) teljesítmény leadására volt képes, tömege pedig 114 kg-ra csökkent. Ebben az évben már egy Sikorsky HSS-1F helikopter már a T58 gázturbina segítségével (előtte dugattyús motorokat alkalmaztak) repült. Ezzel kezdetét vette a tengelyteljesítményt szolgáltató gázturbinák alkalmazásának széleskörű térhódítása.

A Szovjetunióban az 1950-es években még turbólégcsavaros hajtóműveket alkalmaztak a helikoptereken. Ezek számos hátránnyal rendelkeztek. A kutatók ezeket felismerve, nekiláttak, hogy helikopteres alkalmazásra hatékony gázturbinás hajtóművet

fejlesszenek ki. Az Izotov tervezőiroda által tervezett TV2-117A hajtómű volt az első szovjet helikopter gázturbina. Ez a hajtómű 1962-ben került leszállításra és a Mi-8 típusú szállítóhelikopteren került alkalmazásra. Ez a gázturbina felszálló üzemmódon 1500 Le (1118 kW) teljesítmény leadására képes, viszonylag jó fajlagos mutatók és hatásfokok mellett. Az 1970-es években merült fel az igény egy újabb és erősebb hajtómű kifejlesztésére, amelyet végül az 1980-as években alkottak meg több változatban is. Ez a TV3-117 hajtómű, amely elődjéhez képest több mint 700 lóerővel nagyobb teljesítmény leadására képes [6].

Ez a hajtómű generációjának egyik legjobban sikerült konstrukciója, olyannyira, hogy sok helikopter típusnál még napjainkban is alkalmazzák egyes modifikációit. Erre egy külön diáor található az oktatóprogramban, melyet „A hajtómű alkalmazása” gombra kattintva érhetünk el. A különböző TV3-117 alapú hajtómű típusok közös jellemzője az alacsony fogyasztás, magas hatásfok, megbízhatóság, hosszú üzemidő és a kiváló működési jellemzők extrém repülési feltételek mellett. Külön meg kell említeni a TV3-117VMA-SBM1 jelű turbólégcsavaros hajtóművet, amely az An-140-es szállító repülőgépbe került beszerelésre [9]. A többi hajtóműről tudni kell, hogy csak helikoptereken kerültek alkalmazásra. Többek között az imént felsorolt előnyök, illetve alkalmazásának széleskörűsége miatt esett a választásom erre a típusra.

A programban az „Általános felépítés, műszaki adatok” gombbal elérhető diáorban bemutatásra kerülnek a hajtómű alapvető műszaki adatai, annak fő szerelési egységei, illetve rendszerei és a hajtómű bekötései. Az utolsó dián három hivatkozás látható, amelyekre rákattintva elérhetővé válnak a Magyar Honvédségben alkalmazott TV3-117 típusok részletes műszaki adatai, amelyek itt a dolgozatban nem kerülnek külön bemutatásra.

4.1.1. Általános bemutatás [7]

A hajtómű a helikopter energiabiztosító és átalakító csoportjába tartozik, amely két hajtóműből áll. (Jobb és baloldali hajtóműből, amelyek felcserélhetőek, amennyiben a hozzájuk tartozó gázvezető csövet elfordítjuk).

A hajtómű szerkezeti szempontból tekintve szabad-turbinával (más néven



3. ábra: A TV3-117 hajtómű a helikopterbe beszerelt állapotban

munkaturbinával) rendelkezik, amely nincs kinematikusan összekapcsolva a turbókompresszor forgórészével. A szabad turbina teljesítménye a főreduktorra kerül és hajtómű tényleges teljesítményét adja.

Ennek szerkezeti sajátosságának a következők a szerkezeti és üzemben tartási előnyei:

- a helikopter forgószárnyának fordulatszáma a szabályozható a kívánt értékre a hajtómű turbókompresszorának fordulatszámától függetlenül
- a hajtómű indításakor megkönnyíti a turbókompresszor felpörgetését
- különböző körülmények közötti üzemeltetés során is lehetővé válik az optimális tüzelőanyag fogyasztás
- a helikopter energiabiztosító rendszerében szükségtelen súrlódó tengelykapcsoló alkalmazása
- a hajtómű a helikopter levegőbeömlő nyílására felszerelt porkiválasztó berendezéssel, illetve anélkül is üzemeltethető

A hajtómű alapvető csomópontjai és rendszerei a következők:

- axiális kompresszor
- égőtér
- turbina egység
- gázelvezető egység
- segédberendezések meghajtása
- kenő-és szellőzőrendszer
- tüzelőanyag rendszer
- levegő elvezető rendszer
- hajtómű működését ellenőrző rendszer
- indítórendszer

4.1.2. Alapvető műszaki adatok [7]

- a hajtómű típusa: szabad turbinával rendelkező gázturbinás hajtómű
- a turbókompresszor forgórészének forgási iránya a repülési irány szerint nézve: bal
- a szabad turbina forgórészének forgási iránya a repülési irány szerint nézve: bal
- kenőrendszer: cirkulációs kényszerolajozás, a csapágyaktól megosztott elszívással
- indítórendszer: levegővel működő

- jégtelenítő rendszer: meleg levegővel működő, automatikus bekapcsolással és a bekapcsolás kézi párhuzamosításával
- a hajtómű hossza a segédberendezésekkel és a gázelvezető csővel együtt: 2055mm
- hosszúság a mellső peremtől a reduktor csatlakozási pereméig mérve: 1736,5mm
- szélesség: 650mm
- magasság: 728mm
- a hajtómű indítása 4000méter magasságig biztosított a külső levegő következő hőmérséklet határai között:

h=0méter:	-60°C	-	+60°C
h=4000méter:	-60°C	-	+30°C

(Amennyiben az olaj hőmérséklete a hajtóműben -40°C-nál alacsonyabb, a hajtómű indítása csak az olaj előzetes felmelegítése után végezhető el.)

- az alapjáratú üzemmód elérésének ideje az indítógomb lenyomásától számítva: legfeljebb 60s
- a felszálló üzemmód elérésének ideje az indítógomb lenyomásától számítva: legfeljebb 3min

4.1.3. A hajtómű szerkezetének rövid leírása [7]

A multimédia részben külön nem került kidolgozásra, de a hatékony megértés szempontjából fontosnak tartom a hajtómű szerkezetének rövid, általános áttekintését.

A hajtómű egy 12 fokozatú axiális kompresszorral rendelkezik, amelynek első négy fokozata változtatható beállítási szögű lapátokkal szerelt terelőlapát-koszorúval van ellátva. A levegő elvezetése a levegő áteresztő szelepen keresztül a kompresszor 7. fokozata mögül két csatornán keresztül valósul meg.

Maga a kompresszorház négy gyűrű alakú házból áll, amelyekbe az első négy fokozat terelőlapát koszorúinak állítható lapátjai, és az 5-11. fokozatok terelőlapát-koszorúi vannak beszerelve. Ezek két részből állnak. Itt találhatóak a forgórészek, illetve a terelőlapát koszorúk gyűrűi is. A hajtómű mellső csapágyának házához van rögzítve a kompresszor házának belső pereme, a hátsó perem az égőtér köpenyéhez van csatlakoztatva.

A kompresszor forgórésze szerkezeti felépítés szempontjából tárcsás-dobos felépítésű.

Az első fokozat kivételével a tárcsák egymáshoz vannak hegesztve. A lapátok fecskefarok illesztéssel kapcsolódnak a tárcsákhoz.

A mellső görgőcsapágy az első támasz házában található, a hátsó golyóscsapágy a második támasz házában helyezkedik el, ami a terelőlapát-koszorúhoz csatlakozik.

A forgatónyomatékokat a kompresszor turbinájától a hátsó csatlakozó csap belső evolvens fogazása közvetíti a kompresszor forgórészéhez.

A mellső támasz háza alakítja ki a kompresszor előtti levegőcsatornát, ezen kívül erre épülnek rá az első terelőlapát koszorú lapátjai, illetve a segédberendezések és a központi meghajtás házai.

A hajtómű égőtere gyűrűs elrendezésű, amely a következőképpen épül fel: külső és belső diffúzor, égőtér, 12 fűvókával ellátott tüzelőanyag kollektor. A tüzelőanyag fűvókák két porlasztósugarúak, kétcsatornásak, illetve centrifugális típusúak.

A turbinaegység a kompresszor turbinájából és a szabad turbinából (más néven munkaturbinából) épül fel. A szabad turbina és a kompresszorturbina között nincs kinematikus kapcsolat.

A kompresszort meghajtó turbina kétfokozatú axiális turbina, amely álló és forgórészből épül fel. Az állórész a házból, két terelőlapát-koszorúból illetve az 1. és 2. fokozat járókereke fölött elhelyezkedő gyűrűből áll. (Az első és második fokozat terelőlapát koszorúi üreges kialakításúak.)

A kompresszorturbina forgórésze két tárcsából áll, amelyek a homlokfelületükön lévő hornyok segítségével központosan csatlakoznak egymáshoz. A turbina tárcsáit 12 db csavar rögzíti egymáshoz. A tárcsákban a lapátokat „fenyőfa” típusú zárok rögzítik. A lapátok végein lévő nyúlványok a forgórész peremén bandázsgyűrűt alkotnak. A turbinalapátok töveinek, a lapátzáraknak és a tárcsák felületének hűtése az égőtér szekunder áramából elvezetett levegővel történik.

A turbina forgórészének mellső támasza a kompresszor hátsó csatlakozó csapja, amelyre a forgórész központosító övvel támaszkodik. A hátsó támasz egy görgős csapágy, amelyre a turbina forgórésze a hátsó csapjával támaszkodik, amely a 2. fokozat tárcsáján került kialakításra.

A szabadturbina axiális, kétfokozatú; álló-és forgórészből áll. Az állórészt két terelőlapát koszorú és két gyűrű alakú perem alkotja. Ezek a gyűrűk a

kompresszorturbina 2. fokozatának üzemi lapátjai felett és a szabadturbina 1. fokozata felett helyezkednek el.

A forgórész két tárcsából áll, amelyek a homlokfelületükön lévő hornyok segítségével központosan csatlakoznak egymáshoz (hasonlóan a kompresszorturbínához). A tárcsákat 12 db csavar rögzíti egymáshoz. A lapátok szerkezete és rögzítése hasonló módon van megoldva, mint a kompresszorturbina üzemi lapátjainak esetében. Az első és második fokozat tárcsái a kompresszor 7. fokozattól elvezetett levegővel kerülnek lehűtésre.

A forgórész mellső támasza golyós csapágó (ez a hajtómű negyedik támasza), a hátsó támasz görgőscsapágó (ez a hajtómű ötödik támasza).

A szabadturbina teljesítménye az összekötő tengelyre adódik át a megfelelően kiképezett hornyokon keresztül.

A gázelvezető cső feladata, hogy biztosítsa a gázok elvezetését az atmoszférába.

A hajtómű olajrendszere nyitott az olaj kényszer keringetése mellett. Az olaj segédberendezés nyomófokozatával történik a kenőolaj betáplálása. A hajtómű első támaszától és a központi meghajtástól az olajberendezés két szivattyújával elszívott olaj illetve a segédberendezések meghajtásának házából elszívott olaj közvetlenül az olajtartályba kerül.

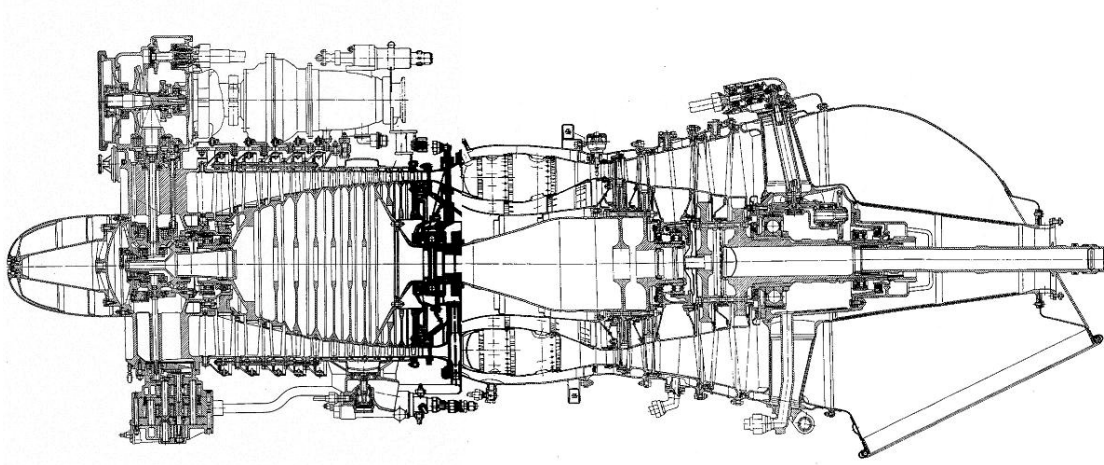
A hajtómű második, harmadik, negyedik és ötödik támaszától három szivattyú által elszállított olaj először a helikopter olajradiátorába kerül, majd ezt követően jut az olajtartályba.

A hajtómű támaszai az olajszivattyún keresztül az olajtartályba szellőznek. Maga a tartály pedig a külső atmoszférába szellőzik.

A hajtómű indítása automatikusan történik. A turbókompresszor felpörgetéséért a levegős indítórendszer a felelős, amely a hajtómű segédberendezéseinek házára van szerelve.

A levegős indítóberendezés felpörgetéséhez sűrített levegő szükséges, ezt az AI-9V típusú indítóhajtómű biztosítja.

A hajtómű rögzítése a helikopteren a hajtómű mellső rögzítő peremén található csomópontoknál és a hátsó peremnél fogva történnek. Ez utóbbi a hajtómű teherviselő kúpjának peremén található.



4. ábra: A TV3-117 hajtómű hosszmetsete

4.2. A hajtómű működése

Úgy gondolom, hogy a szerkezet részletes tárgyalás előtt, elengedhetetlen a hajtómű működésének ismertetése. Ez fontos szerepet kapott a multimédiás anyagban is. Az erre vonatkozó diásor „A hajtómű működése” gombra való kattintással válik elérhetővé. Ennek a résznek a célja, hogy átfogó képet nyújtson a működésről, illetve a hajtóműben lejátszódó termodinamikai folyamatokról. A diákon szemléltettem a hajtómű körfolyamatának főbb pontjait T-s diagram segítségével. A diákon látható hőmérséklet és nyomásértékek a saját körfolyamat számításom eredményei. Magát a számítást a dolgozatban dokumentáltam, de a működés diásorának 11. diáján lévő hivatkozás segítségével a multimédiás tansegédletből is elérhető.

A körfolyamat T-s diagramjának ismertetése után grafikonokat láthatunk, amelyek a hajtómű különböző vizsgálati pontjaiban mért hőmérséklet és nyomásértékeket hivatott szemléltetni. Ezek után következnek a gépegységek karakterisztikái.

4.2.1. A működés rövid leírása [7]

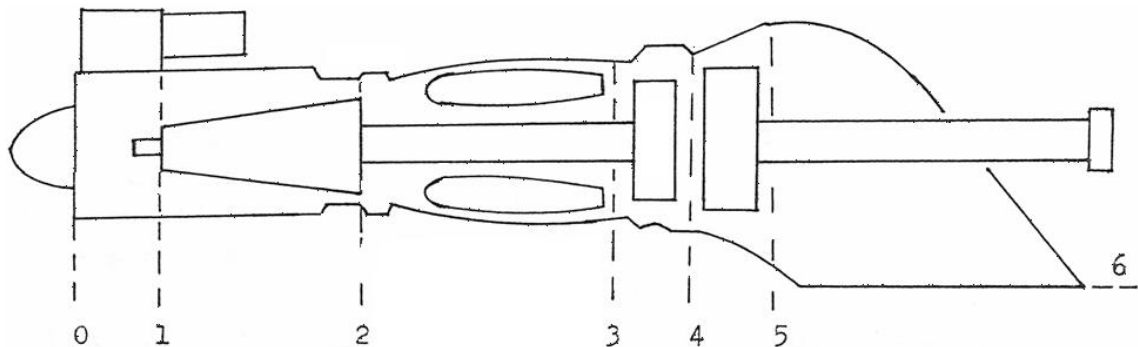
A beömlőnyílásba belépő levegő a mellső támasz házán keresztül a kompresszorba jut, ahol megtörténik a beáramlott levegő sűrítése. A kompresszorból a sűrített levegő az égőtérbe kerül, ahol a fűvókákból kiporlasztott tüzelőanyaggal összekeveredve keveréket képez. A gázáram hőmérséklete növekszik a tüzelőanyag-levegő keverék égésének következtében. A gáz a kompresszorturbinára jut, ahol a gázáram energiája mechanikai energiává alakul át. Ez a munka a kompresszor forgórészének meghajtására és a segédberendezések meghajtásához szükséges energiát biztosítja. Ezek után a gáz a szabadturbinára jut, ahol az itt létrejövő forgatónyomaték a főreduktorra adódik át. A szabadturbinán áthaladó gáz a gázelvező csőben lefékeződik, majd onnan a külső atmoszférába távozik.

4.3. A TV3-117 helikopter hajtómű körfolyamatának számítása

A hajtómű termikus elemzése szempontjából a legfontosabb a hajtómű körfolyamatának kiszámítása. A számítás után kapott eredmények fontos információkkal szolgálhatnak a hajtóművel kapcsolatban. A számítások ellenőrzését a GasTurb10[4] programmal végeztem el. Ennek a programnak a segítségével szemléltethetjük a körfolyamat T-s diagramját, illetve a gépegységek karakterisztikáit.

A három modifikáció közül a számítást a TV3-117 MT hajtóműre végeztem el, úgy, hogy a hajtóműre nincs felszerelve a porkiválasztó berendezés (PZU). Ennek figyelembe vételével romlana a hajtómű teljesítménye és a hatásfoka is.

Mivel a körfolyamat számítást valamilyen maximális üzemmódra érvényes adatokkal érdemes elvégezni, így a hajtómű felszálló üzemmódjára vonatkozókat használtam fel számításomhoz. Az adatok felvételekor jelentős nehézséget okoz, hogy sokszor a gyártó nem közöl számunkra szükséges adatokat, illetve egyes forrásokban egy adott jellemzőre más és más értékeket találhatunk. Jelen esetben a legnagyobb nehézséget a kompresszor tömegáram értékének felvétele jelentette. Végül többféle adatot összevettem, majd azok számtani középértékének az eredményét vettem alapul számításaim során. A különböző hatásfok és vesztségi adatokat, saját tanulmányaim, hasonló generációs hajtóművek paraméterei, illetve a [6] irodalom alapján vettem fel.



5. ábra: A hajtómű egyszerűsített vázlata

A körfolyamat számítás során vizsgált keresztmetszetek:

- 0 – diffúzor előtti keresztmetszet
- 1 – kompresszor előtti keresztmetszet
- 2 – kompresszor utáni keresztmetszet
- 3 – égőtér utáni keresztmetszet
- 4 – kompresszorturbina utáni keresztmetszet
- 5 – szabadturbina utáni keresztmetszet
- 6 – gázelvezető rendszer kilépő keresztmetszete

A könnyebb megértés végett mindenképpen érdemes összefoglalni néhány mondatban, hogy milyen termodinamikai folyamatok játszódnak le az egyes gépegységekben.

- 0-1: A beszívott levegő a hajtómű rövid szívócsatornájában végighaladva minimális fojtásos nyomásvesztést szenved.
- 1-2: A kompresszorban valóságos adiabatikus kompresszió játszódik le.
- 2-3: Az égőtérben közel állandó nyomáson történik a hőközlés.
- 3-4: A kompresszorturbinában megkezdődik a valós adiabatikus expanzió.
- 4-5: Az előző folyamat folytatódik a szabad turbinában.
- 5-6: Feltételezhetjük, hogy a gázvezető rendszerre csak annyi nyomásesés jut, ami fedezi a súrlódás miatt létrejövő nyomáscsökkenést.

A hajtómű adatai:

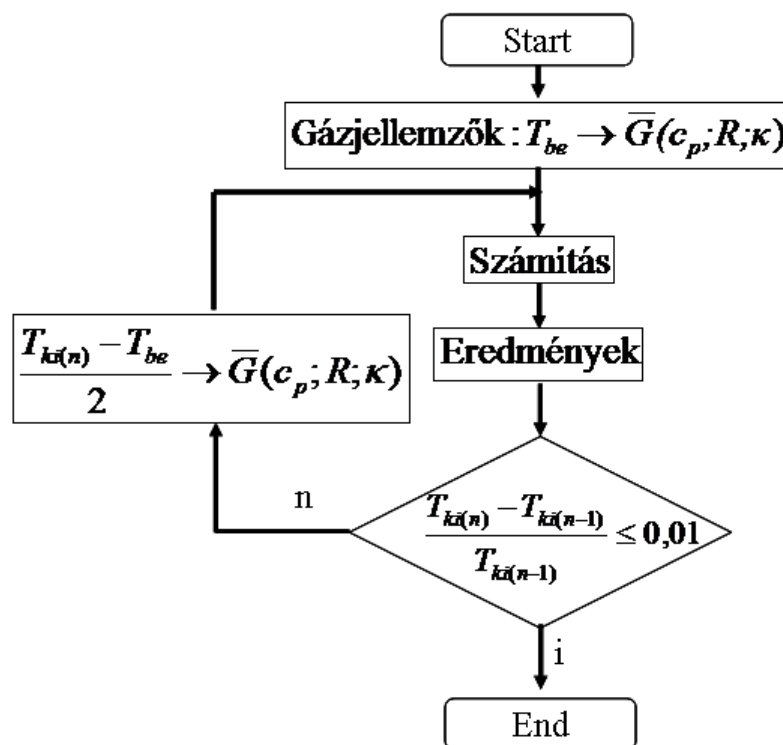
- kompresszor nyomásviszony(π_k) : 9,55
- kompresszor tömegáram : 8,85 kg/s
- égőtér utáni hőmérséklet: 1248K
- fajlagos tüzelőanyag fogyasztás: 0,3085 kg/(kW)
- tüzelőanyag fűtőértéke: 42,8 MJ/kg
- tengelyteljesítmény: 1659,2 kW (2225 Le)
- tüzelőanyag tömegárama: 0,412 (kg/s)
- teljesítmény elvétel a segédberendezések meghajtására: 50kW

szívócsatorna nyomásvesztés ($\sigma_{\text{diffúzor}}$)	0,95
kompresszor hatásfok ($\eta_{\text{kompresszor}}$)	0,8
égőtér nyomásvesztés ($\sigma_{\text{égőtér}}$)	0,94
égőtér hatásfok ($\eta_{\text{égőtér}}$)	0,97
kompresszorturbina hatásfok (η_{kt})	0,87
szabadturbina hatásfok (η_{szt})	0,87
gázvezető nyomásvesztés ($\sigma_{\text{gázvezető}}$)	0,97
teljesítmény elvétel	50 [kW]
gázgenerátor mechanikai hatásfok ($\eta_{\text{gázgenm}}$)	0,97
szabadturbina mechanikai hatásfok (η_{sztm})	0,98

1. táblázat: A hajtómű hatásfok és veszteség értékei

A számítás előtt mindenképpen fontosnak tartom, hogy szót ejtssek a termikus jellemzők számításáról, ugyanis ennek nagy jelentősége van a körfolyamat számítás helyessége szempontjából. A termikus elemzés során három ilyen termikus jellemzőt használunk, az állandó nyomáson vett fajhőt (c_p), a specifikus gázállandót (R)* és az adiabatikus kitevőt (κ). A fajhő anyagjellemző ugyan, de a hőmérséklet és a nyomás függvényében változik. A fajhő nyomásfüggése gyakorlatilag elhanyagolható, de a hőmérsékletfüggését mindenképpen figyelembe kell venni. Mivel a gyakorlatban a valódi fajhővel számolni nehézkes, így a számításokban egyszerűbb két adott hőmérséklet közötti közepes fajhő meghatározása.

A közeg termikus jellemzőinek meghatározásakor fontos, hogy gépegységenként kell vizsgálnunk őket, mivel függenek a közeg hőmérsékletétől és összetételétől is. Egy-egy gépegységben iterációt alkalmazva az adott gépegységben lévő közepes hőmérsékletre határozzuk meg a termikus jellemzők értékeit. Ezt műszaki táblázatok, vagy erre a célra készült számítógépes program segítségével tudjuk számítani. Saját számításomhoz a [4] számú felhasznált irodalomként megjelölt Hajtóműelmélet I. elektronikus óravázlatban található programot használtam. Ennek segítségével határoztam meg a gázjellemzőket.



6. ábra: Az iterációs eljárás blokkvázlata [4]

* A specifikus gázállandó a fajtérfogat számításához szükséges, amely a számításomban nem szerepel, mert ezzel külön nem foglalkoztam.

A következőkben pedig lássuk magát a teljes számítást!

Diffúzor előtti (0) keresztmetszet: A repülési sebesség zérus.

Hőmérséklet: $T_0 = 288\text{K}$

Nyomás: $p_0 = 101325$

Diffúzor előtti (1) keresztmetszet:

A diffúzor a gázáramlás szempontjából fojtás, ami a $\sigma_{\text{diffúzor}}$ nyomásveszteséget okozza.

Hőmérséklet: $T_1 = 288\text{K}$

Nyomás: $p_1 = p_0 \times \sigma_{\text{diffúzor}} = 101325 \times 0,95 = 96258,75\text{Pa}$

Kompresszor utáni (2) keresztmetszet:

Először az izentrópikus (ideális adiabatikus) kompresszió vég hőmérsékletét (T_{2id}) számítjuk ki a kompresszor nyomásviszony (π_k) segítségével. Majd ebből a kompresszor izentrópikus hatásfokát (η_{ik}) felhasználva a kompresszor valós vég hőmérsékletét (T_2). A kompresszió végnyomása (p_2) a nyomásviszony (π_k) ismeretében könnyen számolható. Itt célszerű meghatározni a kompresszornak a sűrítéshez szükséges teljesítmény felvételét (P_k). A kompresszoron még a teljes levegőáram keresztülhalad ($\dot{m}_k$). Figyelembe kell vennünk mechanikai veszteséget (η_{km}), valamint a teljes teljesítmény szükséglet (P_{sz}) szempontjából a segédberendezések által felvett teljesítményt (P_{segber}).

$$\text{Hőmérséklet: } T_{2id} = T_1 \times \pi^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 288 \times 9,55^{\frac{0,39}{1,39}} = 542,4\text{K}$$

$$T_2 \rightarrow \frac{T_{2i} - T_1}{\eta_{ik}} = \Delta T \rightarrow \frac{542,4 - 288}{0,8} = 318\text{K}$$

$$T_2 = T_1 + \Delta T = 288\text{K} + 318\text{K} = 606\text{K}$$

Nyomás: $p_2 = p_1 \times \pi = 96258,75 \times 9,55 = 919271\text{Pa}$

A kompresszor teljesítményfelvétele:

$$\frac{P_k = \dot{m}_k \times c_p \times (T_2 - T_1)}{\eta_{km}} = \frac{8,85 \times 1020,5458 \times (606 - 288)}{0,97} = 2961 \text{ kW}$$

A teljes teljesítményszükséglet:

$$P_k + P_{\text{segber}} = 2961 \text{ W} + 50 \text{ kW} = 3011 \text{ kW}$$

Égőtér utáni (3) keresztmetszet:

Ez a hajtómű legmagasabb hőmérsékletű pontja. Itt állandó nyomáson történő hőközlés megy végbe, de a nyomásvesztés hatására ($\sigma_{\text{égőtér}}$) a nyomás némileg kisebb lesz, mint a kompresszor kilépési keresztmetszetében.

Hőmérséklet: $T_3 = 1248 \text{ K}$

$$\text{Nyomás: } p_3 = \sigma_{\text{égőtér}} \times p_2 = 0,94 \times 919271 = 864114,74 \text{ Pa}$$

Kompresszorturbina utáni (4) keresztmetszet:

Ebben a keresztmetszetben abból a feltételből kell kiindulnunk, hogy a kompresszorturbina által szolgáltatott teljesítmény meg kell, hogy egyezzen a kompresszor és a segédberendezések teljes teljesítményszükségletével. Ebből közvetlenül a kompresszorturbina utáni valós hőmérsékletet (T_4) határozhatjuk meg.

A nyomást a Poisson egyenlettel a kompresszorturbina utáni ideális hőmérséklet (T_{4id}) meghatározása után számolhatjuk. Itt fontos, hogy a kompresszor-turbinán áramló gáz mennyiségénél ($\dot{m}_{kt}$) figyelembe kell venni az elégetett üzemanyagot is. Így:

$$\dot{m}_{kt} = \dot{m}_{\text{levegő}} + \dot{m}_{\text{tűza}} \rightarrow 8,85 + 0,142 = 8,992 \text{ kg/s}$$

$$\text{Hőmérséklet: } T_4 = T_3 - \frac{P_{sz}}{\dot{m}_{kt} \times c_{pkt}} = 1248 - \frac{3011000}{8,992 \times 1193,6886} = 967 \text{ K}$$

$$T_{4id} = T_3 - \frac{T_3 - T_4}{\eta_{ikt}} = 1248 - \frac{1248 - 967}{0,87} = 925 \text{ K}$$

Nyomás:
$$p_4 = p_3 \times \left(\frac{T_{4id}}{T_3} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 864114,74 \times \left(\frac{925}{1248} \right)^{\frac{1,3184}{0,3184}} = 250022 \text{ Pa}$$

Szabadturbina utáni (5) keresztmetszet:

A nyomást abból a feltételből számolhatjuk, hogy a gázelvező rendszer kilépő keresztmetszetében a gáz már a környezeti nyomásra expandál. Innen a gázelvező rendszer nyomásvesztési tényezőjével ($\sigma_{\text{gázelvező}}$) visszaszámolva megkapjuk szabadturbina utáni nyomást. A Poisson egyenlettel, illetve a szabad-turbina izentrópikus hatásfokának (η_{iszt}) figyelembe vételével megkapjuk a (T_5) valós hőmérsékletet is.

Nyomás:
$$p_5 = \frac{p_0}{\sigma_{\text{gázelvező}}} = \frac{101325}{0,97} = 104458 \text{ Pa}$$

Hőmérséklet:
$$T_{5id} = T_4 \times \left(\frac{p_5}{p_4} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 975 \times \left(\frac{104458}{250022} \right)^{\frac{0,3355}{1,3355}} = 776,6 \text{ K}$$

$$T_5 = T_4 - \eta_{\text{iszt}} \times (T_4 - T_{5id}) = 967 - 0,87 \times (967 - 776,6) = 801,3 \text{ K}$$

Gázelvező rendszer utáni (6) keresztmetszet:

Hőmérséklet: $T_6 = 801,3 \text{ K}$

Nyomás: $p_6 = 101325 \text{ Pa}$

A körfolyamat ideális termikus hatásfoka:

$$\eta_{it} = 1 - \frac{1}{\pi^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}} = 1 - \frac{1}{9,55^{\frac{0,4}{1,4}}} = 0,475$$

A körfolyamat valós termikus hatásfoka:
$$\eta_{tv} = \frac{P_{\text{szt}}}{\dot{m}_{\text{tüza}} \times H} = \frac{1676900}{0,142 \times 42800000} = 0,276$$

A számítás ellenőrzése [5]:

A körfolyamat számítás ellenőrzésének egyik lehetséges módja, hogy összevetjük a szabad turbina teljesítményét a hajtómű leírása és a saját számításaink alapján.

$$P_{\text{szt}} = \eta_{\text{isztm}} \times \dot{m}_{\text{szt}} \times c_{\text{pg}} \times (T_4 - T_5) = 0,98 \times 8,992 \times 1148,5362 \times (967 - 801,3) = 1676,9 \text{ kW}$$

A hajtómű leírása alapján a szabad turbina teljesítménye 1659,2 kW. Saját számításaim alapján erre az értékre 1676,9 kW-ot kaptam. Mivel a leírásban megadott teljesítménytől ez csupán 1,06%-kal tér el, így a körfolyamat számítása helyesnek tekinthető.

A számításom eredményei összefoglalva:

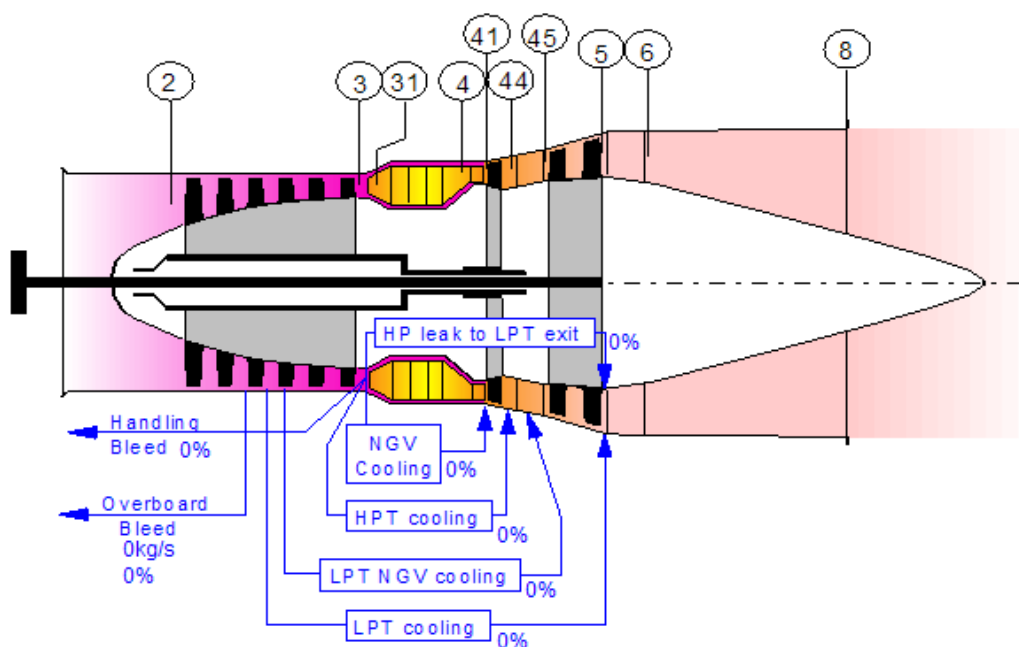
0	T_0 – szívócsatorna előtti hőmérséklet	288 [K]
	p_0 – szívócsatorna előtti nyomás	101325 [Pa]
1	T_1 – kompresszor előtti hőmérséklet	288 [K]
	p_1 – kompresszor előtti nyomás	96287,75 [Pa]
2	T_2 – égőtér előtti hőmérséklet	606 [K]
	p_2 – égőtér előtti nyomás	919271 [Pa]
3	T_3 – kompresszorturbina előtti hőmérséklet	1248 [K]
	p_3 – kompresszorturbina előtti nyomás	864114,74 [Pa]
4	T_4 – szabad turbina előtti hőmérséklet	967 [K]
	p_4 – szabad turbina előtti nyomás	250022 [Pa]
5	T_5 – szabad turbina utáni hőmérséklet	801,3 [K]
	p_5 – szabad turbina utáni nyomás	104458 [Pa]
6	T_6 – kilépő keresztmetszet hőmérséklete	801,3 [K]
	p_6 – kilépő keresztmetszet nyomása	101325 [Pa]

2. táblázat: A hajtómű különböző keresztmetszeteinek hőmérséklet és nyomás értékei a körfolyamat számítás alapján

A számítás ellenőrzéséhez felhasználtam még a GasTurb10 szoftvert [4]. Ennek a programnak a segítségével a megfelelő input adatok megadásával visszaigazolást kaphatunk a körfolyamat számításunk helyességéről. Input adatként természetesen a saját számításaimban alkalmazott értékeket adtam meg.

HPT Efficiency	PT Efficiency	Heat Exchanger	Application
Basic Data	Air System	Comp Efficiency	Comp Design
 Flight	 Ground		
Total Temperature T1	K	288,15	
Total Pressure P1	kPa	101,325	
Ambient Pressure Pamb	kPa	101,325	
Relative Humidity [%]		0	
Inlet Corr. Flow W2Rstd	kg/s	8,85	
Intake Pressure Ratio		0,95	
Pressure Ratio		9,55	
Burner Exit Temperature	K	1248	
Fuel Heating Value	MJ/kg	42,8	
Power Offtake	kW	50	
Burner Pressure Ratio		0,94	
Nozzle Pressure Ratio		1,03	
LP Spool Mechanical Efficiency		0,98	

7. ábra: A Gas Turb10 program kezelőfelülete, az általam megadott input adatokkal



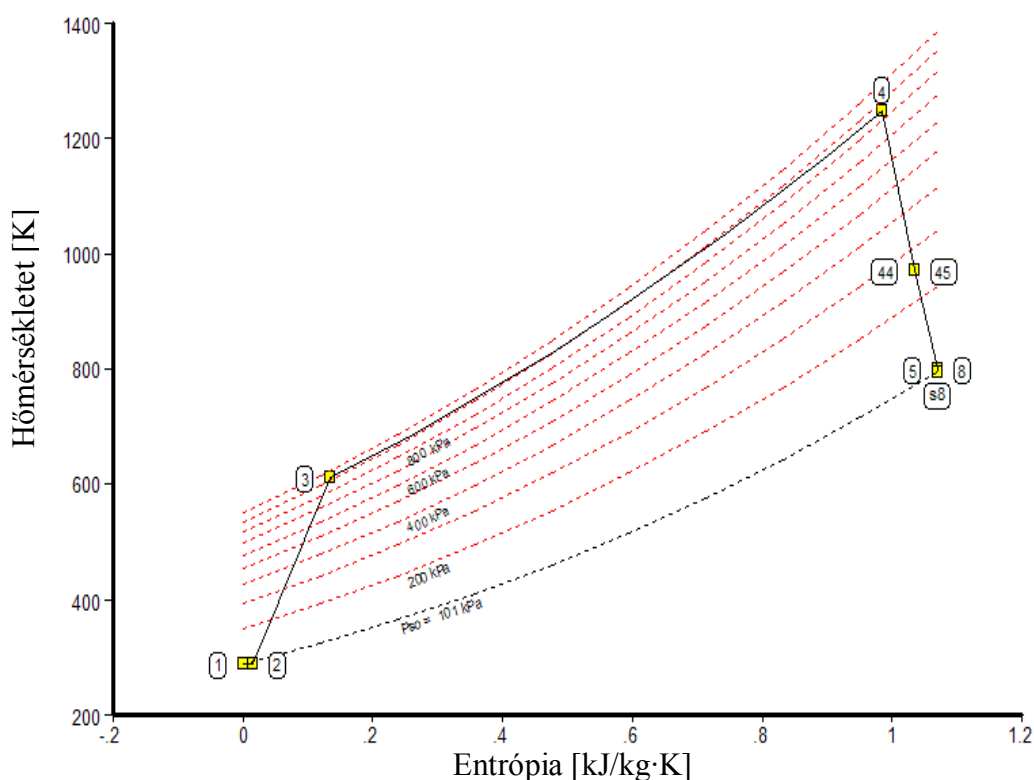
8. ábra: A hajtómű Gas Turb10 program által vizsgált pontjai

Station	W	T	P	WRstd		
amb		288,15	101,325		PWSD	= 1639,04
1		288,15	101,325		PSFC	= 0,3280
2	8,407	288,15	96,259	8,850	Heat Rate=	14037,6
3	8,407	610,72	919,271	1,349	V0	= 0,00
31	8,407	610,72	919,271		FN res	= 1,00
4	8,557	1248,00	864,115	2,088	WF	= 0,14933
41	8,557	1248,00	864,115	2,088	s NOx	= 0,23249
43	8,557	971,23	255,631		Therm Eff=	0,25645
44	8,557	971,23	255,631		P45/P44	= 1,00000
45	8,557	971,23	255,631	6,227		
49	8,557	801,07	104,365		Incidence=	0,00000
5	8,557	801,07	104,365	13,852	P6/P5	= 1,00000
6	8,557	801,07	104,365		PWX	= 50
8	8,557	801,07	104,365	13,852	P8/Pamb	= 1,03000
P2/P1 = 0,9500					A8	= 0,16558
Efficiencies:					TRQ [%]	= 100,0
Compressor		0,7922	0,8450	0,950	9,550	eta t-s = 0,84832
Burner		1,0000			0,940	Loading % = 100,00
HP Turbine		0,8727	0,8550	0,736	3,380	e444 th = 0,87265
LP Turbine		0,8732	0,8600	0,329	2,449	WHcl/W2 = 0,00000
HP Spool Eff		1,0000	Nominal	Spd	38000	WLcl/W2 = 0,00000
PT Spool Eff		0,9800	Nominal	Spd	10000	WBld/W2 = 0,00000
Generator		0,9800				PW_gen = 1606,3
Bleed Air:		PBld = 919,27	TBld = 610,7			ZWBld = 0,00000

9. ábra: A Gas Turb 10 program által számított eredmények a megadott input adatok alapján

Ha megfigyeljük a különböző pontok hőmérséklet és nyomás értékeit, látható, hogy azok nem térnek el jelentősen az általam végzett számítás eredményeitől.

A hajtómű körfolyamat szempontjából rendkívül fontos a T-s diagram szemléltetése, amelyhez ez a program kiváló segítséget nyújt.



10. ábra: A körfolyamat T-s diagramja

Az elektronikus tansegédletben a működés bemutatása után következik a hajtómű szerkezetének és olajrendszerének részletes bemutatása. Minden gépegység diasora külön gomb segítségével nyitható meg. Ezek természetesen sorrendben következnek egymás után.

4.4. A hajtómű szerkezete

A főmenüben található akciógombok segítségével érhetők el az egyes szerkezeti egységek bemutatói. Az említett szerkezeti egységek nagy részletességgel kerültek kidolgozásra. A lehetőségeimből a legtöbbet kihozva próbáltam fotókkal, ábrákkal és leírásokkal prezentálni az összegyűjtött anyagot. A különböző egységek tárgyalásakor néhány esetben eltértem az üzembentartási szakutasítás metodikájától. Például az általam készített programban külön menüpontról elérhető bemutatókra kerültek a támaszok. Ezek mellett a multimédiás részhez készült bemutató a központi meghajtásról, illetve a szabad turbina fordulatszám szabályzó meghajtásának szerkezetéről és működéséről is.

4.4.1. Kompresszor [7]

A kompresszor 12 fokozatú. Az előperdítő terelőlapát-koszorú és az első 4 fokozat terelőlapát-koszorúinak lapátjai elforgathatóak. A kompresszor feladata, hogy összesűrítse az atmoszférából beszívott levegőt és továbbítsa a hajtómű égőterébe.

A kompresszor a következő alapvető egységekből épül fel: állórész; előperdítő terelőlapát-koszorú; forgórész; első támasz és második támasz.

A kompresszor állórésze a házból és terelőlapát-koszorúból áll. A házat 4 gyűrű alakú ház alkotja. Ezek gyűrűs abroncsszerű kialakításúak, amelyek mindkét oldalról peremmel vannak ellátva. A házak egymáshoz peremekkel csatlakoznak, a rögzítésük pedig csavarokkal és önbiztosító anyákkal történik. A házak egymáshoz viszonyított központosítását illesztő csavarok biztosítják. A házak peremeiben radiális irányú furatok vannak kiképezve, amelyek a házakat rögzítő csavarok furatai közötti szakaszon helyezkednek el. Ezek a sugárirányú furatok a terelőlapát-koszorúk elforgatható lapátjaihoz tartozó csapok fészket képezik.

A ház köpenye és a burkolat egy gyűrűs teret alkot. A gyűrűs tér a köpeny falfuratán és a terelőlapát-koszorú külső pántjának furatán keresztül összeköttetésben áll a

kompresszor belső terével. A burkolat külső felületén peremek találhatóak. Ezek a következők:

- a levegő elvezetését biztosító perem szabad turbina és a harmadik támasz hűtésére
- a helikopter szükségleteire szolgáló levegőt elvezető perem
- két perem szolgál a levegő áteresztő szelepek felszerelésére
- a kompresszor hetedik és nyolcadik fokozat forgó lapátjainak vizuális ellenőrzését biztosító perem
- további két perem tartalék jellegű

A ház köpenyének külső felületére két derékszögű csőcsonk van felhegesztve.

A csőcsonkok biztosítják az ötödik fokozat terelőlapát-koszorú peremében található furatokon át a levegő elvezetését az első támasz hűtésére, illetve a negyedik támasz hűtésére.

A kompresszor első, második, harmadik és negyedik fokozat álló terelőlapát-koszorúi elforgatható lapátokból állnak. A lapátok hengeres csapjukkal a kompresszor ház megfelelő fészkebe vannak ágyazva. A lapátok felső csapjaira – a vezérlés céljából – karok vannak felhelyezve, amelyek szférikus csapágyon keresztül kapcsolódnak a forgatógyűrű csapjaihoz.

Az első és második fokozat terelőlapát-koszorú lapátjai a fentiekén kívül alsó csapokkal is el vannak látva, amelyek a belső osztott gyűrű hengeres fészkeiben vannak beágyazva.

A kompresszor álló terelőlapát-koszorúja a hajtómű teherviselő rendszerébe tartozik, amely a következő részekből épül fel: külső ház; külső gyűrű; belső gyűrű; a 12. fokozat terelőlapátjai és az álló terelőlapátok. Az imént felsoroltak közös egységet képeznek.

Az álló terelőlapát-koszorú külső háza gyűrű alakú héjszerkezet, amely két peremmel van ellátva. A terelőlapát-koszorú gyűrűje peremmel ellátott gyűrűs héjszerkezet. A ház a mellső peremével a kompresszor házához csatlakozik. A kötés csavarokkal történik. A ház hátsó pereme az égőtér házához kapcsolódik. A gyűrű pereméhez csavarokkal csatlakozik a második támasz, az égőtér diffúzor belső háza és a labirint tömítés belső gyűrűje.

Az előperdítő terelőlapát-koszorú elforgatható lapátokból áll. Ezek alsó és felső hengeres csapjukkal a mellső támasz házának megfelelő fészkebe illeszkednek.

A lapátok alsó csapjai furatokkal vannak ellátva. Ezeken keresztül jut a forró levegő a mellső ház gyűrűs teréből az előperdítő terelőlapát-koszorú lapátjai belépő élének fűtésére.

A kompresszor forgórész dob kialakítású, amely 12 tárcsából áll. Ezek egymáshoz elektromos ívhegesztéssel vannak erősítve. Ez alól kivétel az első fokozat, mivel annak tárcsáját csavarok rögzítik a közbetéthez. A közbetét a második fokozat forgórészének tárcsájához van hozzáhegesztve.

A forgórész mellső csapja a második fokozat forgórész tárcsájával egy darabból készült. A hátsó csapot csavarok rögzítik a kilencedik fokozat forgórészének tárcsájához.



11. ábra: A kompresszor forgórésze

A forgórész előlről és hátulról labirint tömítésekkel van ellátva. Az egyik labirint tömítés a tizenkettedik fokozat tárcsájához van rögzítve csavarokkal, míg a másik az első fokozat tárcsájával együtt van kialakítva.

A dob belsejébe 2db zárófedelel helyeztek el, melyek közül az egyik elkülöníti az első támasz olajterét, a másik pedig az égőtér másodlagos levegőterét a dob belső terétől. A zárófedeleket elmozdulás ellen csapok rögzítik. A szellőzőfurat a dob belsejébe esetlegesen bejutott olaj kivezetésére szolgál. Az olajnak a rotor belsejébe történő bejutásának megakadályozására szolgál az ekrán, amely csavarokkal van rögzítve a kilencedik fokozat tárcsájához.

Az első, második és harmadik fokozat forgórészének lapátjai „fecskefarok” illesztéssel vannak beerősítve. A „fecskefarok” különálló hornyokban van kialakítva. A többi fokozat lapátjai szintén ilyen illesztésűek, a „fecskefarok” formájú beszúrásban vannak elhelyezve. A gyűrű alakú profilba a lapátokat speciális ablakon keresztül lehet becsúsztatni.

A turbina tengelyétől a forgatónyomatékokat a kompresszor forgórészére az evolvens fogazású hornyok adják át. A hornyok a hátsó csap nyúlványának belsejében vannak kialakítva.

4.4.2. A központi meghajtás [7]

A központi meghajtás a segédberendezések meghajtásának a részét képezi. Részei a következők: ház, csapágycsészék, meghajtott fogaskerekek, meghajtó fogaskerék.

A központi meghajtás ház a mellső peremével van rögzítve az első támasz házához. Hátsó pereméhez csatlakozik csapokkal és anyákkal a központi csésze és a perem.

A felső és alsó pereméhez csapokkal és anyákkal vannak rögzítve az alsó és felső csapágycsészék.

A központi meghajtás meghajtó fogaskerekének két végződése van (mellső és hátsó), melyeken csapágyszekrények vannak. A csapágyszekrényeket a fogaskerekhez anyák rögzítik. A mellső csapágyszekrény a külső gyűrűjével a központi meghajtás házba besajtolt csészében fekszik fel, a hátsó csapágyszekrény pedig a központi csésze belső kimunkált részében. A fogaskerék belső terében bordák vannak kiképezve, melyek segítségével a fogaskerék a rugalmas tengelyhez csatlakozik.

Az olajberendezés meghajtott fogaskerekén csapágyszekrények találhatók. Külső gyűrűjükkal a csapágyszekrények felfekszenek: a felső – a központi meghajtás házba besajtolt csészébe; az alsó – az alsó csésze kimunkálásába. A fogaskerék belseje bordás kiképzésű, melyhez az olaj segédberendezés rugalmas (torziós) tengelye csatlakozik.

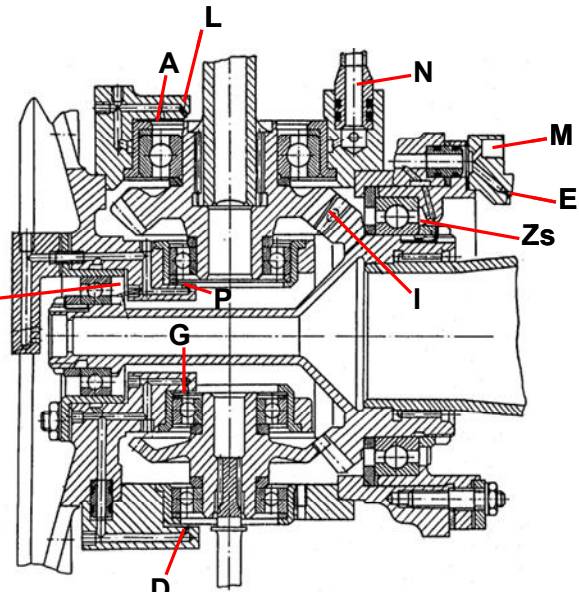
A meghajtások házában meghajtott fogaskerekén csapágyszekrények találhatók, melyek külső gyűrűjükkal felfekszenek: alsó – a központi meghajtás házába besajtolt csészébe, a felső pedig a felső csésze kimunkált belső részében. A fogaskerék belső része bordás kialakítású, melyhez a berendezések meghajtásának rugalmas tengelye csatlakozik.

A kompresszorturbinától a meghajtó fogaskerekre a forgatónyomatékot rugalmas tengely adja át. A rugalmas tengely a hátsó bordájával a turbókompresszor mellső nyúlványának belső terében lévő bordákhoz, a mellső bordás részével pedig a meghajtó fogaskerék belső bordáihoz csatlakozik. A meghajtó fogaskeréktől a forgatónyomatékot fogaskerék és rugalmas tengely adja át a meghajtás házba, egy másik fogaskerék és rugalmas tengely pedig az olajberendezéshez.

A központi meghajtás súrlódó felületeinek kenését és hűtését olaj végzi, amely a meghajtások házából csővezetéken keresztül jut a felső csészébe az „N” furathoz.

A felső és az alsó csésze, valamint a meghajtások központi házában lévő furatokon keresztül jut az olaj az „A” és „P” kalibrált furatokhoz a meghajtások házában lévő meghajtó fogaskerék csapágyszekrények kenésére; a „G” és „D” kalibrált furatokhoz az

olajberendezés meghajtó fogaskerék csapágynak kenésére; a „K” és „ZS” kalibrált furatokhoz a meghajtó fogaskerék csapágynak kenése céljából. Ezen kívül az olajat elvezetik az „L” kalibrált furathoz a meghajtások háza meghajtó rugalmas tengelyén lévő bordák kenésére. Az „E” kalibrált furaton keresztül történik a kompresszor mellső csapágynak kenése, az „M” furaton és az



12. ábra: A kenőanyag elosztása a központi meghajtásban

olajáteresztő perselyen keresztül pedig

a kompresszor forgórész mellső támasza rezgéscsillapítójának kenése. Az „I” kalibrált furaton keresztül történik az olaj bevezetése a kúpos fogaskerekek kapcsolódási terébe. Az elhasznált olaj az alsó csészében lévő furatokon keresztül átfolyik a visszaszállító szivattyúhoz.

4.4.3. Égőtér [7]

Az égőtér feladata, hogy a tüzelőanyag kémiai energiáját átalakítsa hőenergiává, az égőtérbe befecskendezett tüzelőanyag elégetésével.

Az égőtér gyűrűs típusú, és az üzemi fűvókák körül gyűrűs örvényképzőkkel van ellátva. Az



13. ábra: Az égőtér

égőtér a következő főbb egységekből áll: diffúzor ház

(amely egyben a diffúzor külső háza is); belső diffúzor ház; tűzcső; kollektor a 12 darab fűvókával.

A diffúzor ház áll a mellső külső peremből, az égőtér szekcióból és a hátsó külső peremből. A diffúzor a mellső peremével a kompresszor álló terelőlapát-koszorújának

házához csatlakozik. A diffúzor hátsó pereme a turbina terelőlapát-koszorújához csatlakozik.

A diffúzor mellső övében helyezkedik el: perem; szellőző csatlakozó; olajbevezető perem; a szellőző csővezetékek rögzítésére szolgáló perem; perem a gyújtógyertyák beépítésére; három darab perem a felfüggesztési csomópontok rögzítésére.

A felfüggesztések segítségével van a kollektor felszerelve. Peremen van rögzítve az olaj visszavezető cső és a szellőzőszelep (egyes modifikációkon a szellőzőszelepek blokkja). A diffúzor hátsó részében található az a perem, amelyhez a jégtelenítő rendszerhez levegőt elvezető csővezeték csatlakozik.

A diffúzor belső háza a következőkből áll: mellső belső perem; a diffúzor belső szakasza és a hátsó perem. A belső ház egyik peremével a kompresszor terelőlapát-koszorújának házához a másikkal pedig a kompresszorturbina terelőlapát-koszorújának házához csatlakozik. A diffúzor belső szakaszához bandázsok vannak hozzáhegesztve.

A tűzcső gyűrűs típusú és a következőkből áll: külső és belső áramvonalazók; keverő szekciók és kitámasztó szekciók. Az égőtér belső áramvonalazójára 12 db örvénykeltő van felhegesztve.

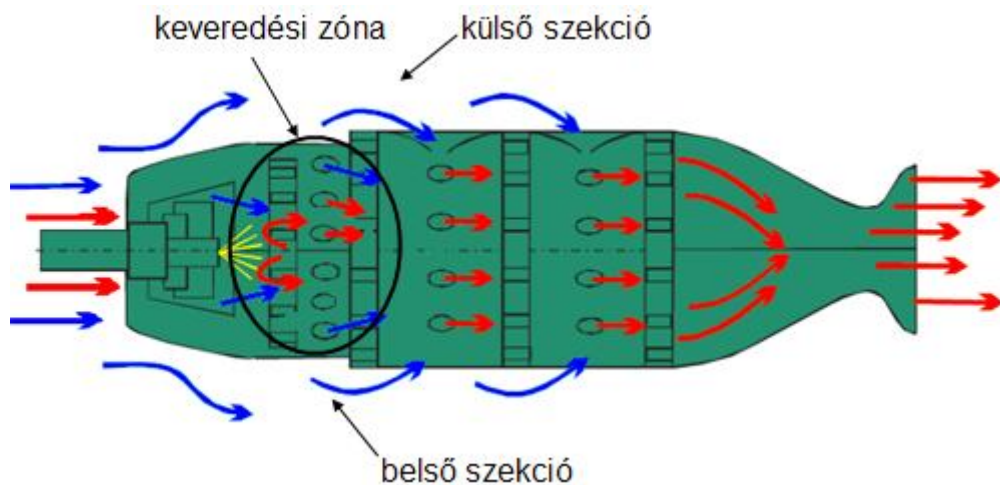
A külső és belső áramvonalazók, továbbá a keverő és kitámasztó szekciók egymáshoz bordázott gyűrűkkel csatlakoznak. A szekciókhoz támasztógyűrűk vannak hozzáhegesztve. A tűzcső végrésze a támasztógyűrűkön keresztül támaszkodik a kompresszorturbina terelőlapát-koszorújának belső és külső köpenyére. A tűzcső külső áramvonalazó lemezén 9 darab persely található, amelyek feladata a tűzcsővek felfüggesztésének biztosítása. A tűzcső ezen a felfüggesztésen keresztül csatlakozik a diffúzor külső házához. Négy felfüggesztésen csőcsonkok helyezkednek el, amelyeken keresztül a levegő elvezetése valósul meg. A tűzcső égési zónájában a levegő a külső áramvonalazón lévő furatokon, továbbá a 12 örvénykeltőn keresztül jut be.

Az örvénykeltőkben találjuk az „úszó” gyűrűket, amelyek feladata a tűzcső hőtágulásának kompenzálása.

4.4.3.1. Az égőtér működése [7]

A kompresszorból érkező sűrített levegő a gyűrűs diffúzor mellső részébe kerül, ahol a levegőáram két részre oszlik. A másodlagos levegőáram a két gyűrűs – a belső és a külső – csatornába jut, melyeket a tűzcső külső és belső áramvonalazó lemez, valamint a diffúzor külső és belső háza képez. A gyűrűs csatornába bejutó levegő

körbeáramolja a tűzcső falait, majd a szekciókon lévő réseken és furatokon át a tűzcsőbe jut.



14. ábra: Az égőtér működése

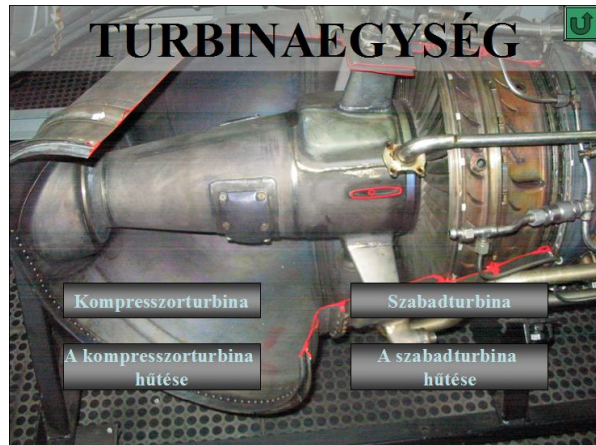
A tűzcső mellső részében a tüzelőanyag a belépő örvénylő légáramban intenzíven ég el. A tűzcső hátsó részében a forró gázok elkeverednek a bejutó másodlagos levegővel és ennek következtében a gázok hőmérséklete csökken.

A tüzelőanyag a kollektorba a csővezetéken keresztül jut. A fűvókák által szétporlasztott tüzelőanyag az örvénylő levegőáramban elég, majd a forró gázok a keveredési zónába jutnak. Ebben a zónában a forró gázokhoz másodlagos levegő keveredik, amely a külső és belső szekciókon lévő furatokon keresztül át jut a keveredési zónába. A tűzcső falainak effektív hűtését a másodlagos levegő valósítja meg. A másodlagos levegő a tűzcsőbe a külső és belső réseken keresztül jut be, amelyeket a bordázott (hullámosított) gyűrűk alkotják. A tűzcső furatainak és réseinek mennyiségét és méretét úgy alakították ki, hogy azok biztosítják a gázok jó elkeveredését, a magas elégési együtthatót, valamint azt, hogy egyenletes hőmérsékleti mező alakuljon ki a kompresszor turbinájának terelőlapát-koszorúja előtt.

A tüzelőanyag meggyújtása nélküli indításkor (pl. hidegindítás) a tűzcsőbe jutó tüzelőanyag a szellőző rendszeren keresztül távozik a hajtóműből.

4.4.4. Turbinaegység

A turbinaegység akciógombjával egy címdia érhető el. Ezen külön gombok segítségével válik elérhetővé a kompresszorturbina és a szabadturbina bemutatója, illetve a turbinák hűtésének leírása. Dolgozatomban a turbinaegységek szerkezetét és hűtését egy részben tárgyalom.

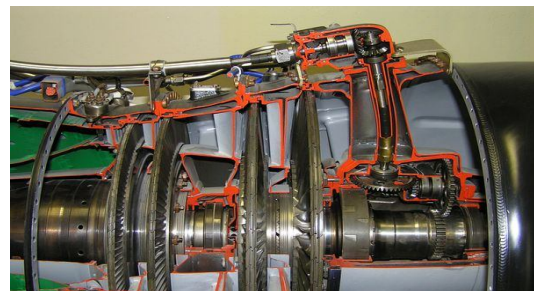


15. ábra: A turbinaegység kezdőlapja

Mint azt korábban is említettem a támaszok bemutatása külön diasorokon keresztül történik, amely „A hajtómű támaszai” gombbal érhető el. Ezen belül is a negyedik és ötödik támasz bemutatójának ötödik diáján található hivatkozás segítségével elérhetővé válik a szabadturbina fordulatszám szabályzó meghajtása szerkezetének és működésének bemutatója.

A hajtómű két egymással kinematikusan nem összekapcsolt turbinával rendelkezik (a két turbina között gázdinamikai kapcsolat áll fenn).

A kompresszorturbina feladata a kompresszor és a hajtómű segédberendezéseinek meghajtása.



16. ábra: A turbinaegység (hajtómű metszet)

A szabadturbina biztosítja a helikopter forgószárnyának, a faroklégcsavarnak és a reduktor berendezéseinek meghajtását a reduktoron és transzmisszió keresztül [7].

4.4.4.1. A kompresszorturbina [7]

A kompresszorturbina kétfokozatú axiális turbina, amely a kompresszor és a hajtómű segédberendezéseinek meghajtására szolgál.

A kompresszorturbina a következő főbb egységekből áll:

- a kompresszorturbina terelőlapát-koszorúinak háza
- az első fokozat terelőlapát-koszorúja
- forgórész
- a hajtómű harmadik támasza

A kompresszorturbina terelőlapát-koszorúinak egységes, közös háza hegesztett kivitelű. A ház mellső peremével az égőtér házának pereméhez, hátsó pereme pedig a szabadturbina terelőlapát-koszorújának házához csatlakozik. A ház titán ötvözetből készült. A ház külső felületén 14 darab támperec található a hőelemek rögzítésére. A házba a tömítéssel ellátott karima van behelyezve úgy, hogy a kompresszor első fokozat forgórész labirint tömítésének taréj része fölött helyezkedik el.

Az első fokozat terelőlapát koszorúja a külső köpenyből, a lapátkészletből, a belső köpenyből és peremből áll.

Az külső köpenyt előlről az állító „diókon” keresztülmenő csapok rögzítik a ház belső pereméhez. A „diók” biztosítják a külső köpeny radiális irányú elmozdítását a házhoz viszonyítva a központosítás megbontása nélkül. Az külső köpeny hátsó része a központosító gyűrűre támaszkodik, amelyet tengely irányban a köpeny rögzít.

A külső köpenyben kimarások vannak, amelyet a terelőlapát-koszorú lapátjainak beépítésére és 14 darab furat, melyek a hőelemek beépítésére szolgálnak.

A belső köpenyt csavarok rögzítik a peremhez, amelyeken keresztül a belső köpeny az égőtér belső diffúzorához csatlakozik. A perem kúpos részéhez a labirint tömítések házai szegecseléssel, illetve hegesztéssel vannak rögzítve. A labirint tömítések házára tömítések vannak felvéve.

A belső köpenyen profilozott kimarásokat találhatunk a terelőlapát-koszorú lapátjainak beszerelése céljából. A terelőlapátok öntött kivitelűek, belül üregesek. Hűtésükre perselyeken keresztül jut be a szekunder levegő az égőtérből a lapátok belsejébe, ahonnan a kilépőéleken kiképzett furatokon (perforáción) keresztül jut ki a hűtőlevegő a gázáramba. A perselyeket kiesés ellen gyűrűk védik.

A kompresszorturbina második fokozatának terelőlapát-koszorúját öntött kivitelű üreges szerkezetű lapátok alkotják. A terelőlapát-koszorú a külső karima mellső peremével a ház köpenyére támaszkodik. Központosítását a ház hátsó peremében körmök biztosítják. A belső karimához van hozzáerősítve a diafragma. Ehhez csatlakozik a tömítéssel ellátott labirint tömítés háza. A tömítéssel közös a kompresszorturbina első fokozat forgórészét lezáró hátsó tárcsán lévő labirint tömítés taréj része.

A kompresszorturbina forgórésze a következő részekből áll: tengely, két tárcsa (ez első és a második fokozat tárcsája), a tárcsákhoz tartozó lapátok, négy lezáró (az első, második, harmadik és negyedik) tárcsa.

Az első és második fokozat tengelye és tárcsái egymáshoz viszonyítva központosítva vannak és a homlokfogazású bordákkal csatlakoznak egymáshoz.

A tárcsák összehúzása szorítócsavarokkal van megoldva.

A lezáró tárcsák úgy vannak központosítva, hogy az első és második fokozat tárcsáinál a megfelelő támaszokra fekszenek fel. A forgórész viszonyított elfordulása ellen az első lezáró tárcsák csapokkal, a második és harmadik lezáró tárcsa önzáró csapokkal, a negyedik pedig szorítócsavarral van rögzítve. A tengelyen az első, a második, harmadik és negyedik lezáró tárcsán taréjos övrészeket találunk (4db övet). Ezek az állórész érintkező alkatrészeivel együtt labirint tömitést alkotnak.

A lapátok rögzítése a tárcsákban „fenyőfa” típusú illesztéssel történik. Az első és második fokozat zárainál két-két pár fog van. Az üzemi lapátok végein nyúlvány kiképzés van, amelyek a forgórész külső kerületén taréjokat alkotnak. Ezek pedig gyűrű alakú gáz labirint tömitést hoznak létre.

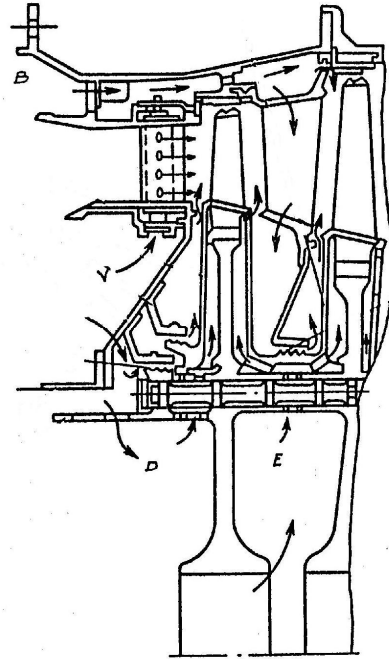
A turbinától a kompresszorhoz a forgatónyomaték a turbinatengely végén, evolvens fogazású hornyokon keresztül adódik át. A turbina és kompresszor forgórészét szorítópersely köti össze, amelyet rögzítő biztosít.

A harmadik támasz csapágyának belső gyűrűjét anyacsavar szorítja le. Az anyát csésze alakú biztosítás rögzíti, amelynek a homlokfelületén található kiemelkedésekkel belenyúlik a második fokozat tárcsája nyúlványának homlokfelületén lévő hornyokba.

A kompresszorturbina forgórésze két támaszon nyugszik. A mellső támaszt a kompresszor hátsó nyúlványa képezi a második támasz csapágyával együtt. A hátsó támaszt a hajtómű harmadik támaszának görgőscsapágya képezi, amelyre a forgórész a második fokozat tárcsája nyúlványával támaszkodik.

A kompresszorturbina hűtése a következőképpen történik: A hajtóműben a turbina levegős hűtőrendszerrel van ellátva. A „B” másodlagos levegő a terelőlapát-koszorú házának furatain keresztül jut a turbina házának hűtésére. A „V” másodlagos levegő két áramra oszlik. Az egyik része a turbina első fokozata terelőlapátjainak hűtésére kerül felhasználásra. A levegő másik része a terelőlapát-koszorú belső köpenyének falában lévő furatokon keresztül az égőtér belső diffúzora és a kompresszorturbina tengelye közötti térbe jut, ahonnan a levegő két áramra oszlik:

- Az első levegőáram – keresztülhaladva a labirint tömitéseken – a lezáró tárcsa és a terelőlapát-koszorú belső köpenye közötti térbe jut. A levegő hűti az említett alkatrészeket, és innen az első fokozat forgórész előtt gáz-levegő áramba jut.
- A második levegőáram a tengelyben lévő speciális furatokon keresztül a kompresszorturbina forgórészének „D” belső terébe kerül. Az adott térből a levegő egy része a tárcsa övének hengeres részében található speciális furatokon át a lezáró tárcsa és az első fokozat tárcsája közötti térbe jut. A levegő hűti a tárcsa mellső oldalát, a zárat és az első fokozat lapátjainak tövét. A hűtést követően a levegő a gázlevegő körbe jut, a záruk alsó talprészénél található réseken, továbbá a hátsó lezáró tárcsa periferiáján található speciális furatokon át. Ugyanezen levegőáram megmaradt része a kompresszorturbina „E”



17. ábra: A kompresszorturbina hűtési vázlata

Az „E” térből a levegő áthaladva a bemart homlokhornyokon az alábbi helyekre kerül:

- a lezáró tárcsa agyában található furatokon keresztül a turbina első fokozat tárcsája és a lezáró tárcsa közötti térbe. A levegő hűti az első fokozat tárcsájának hátsó oldalát, majd a lezáró tárcsa peremén lévő furatokon keresztül a gáz-levegő áramba távozik;
- a lezáró tárcsa agy részében található furaton keresztül a turbina második fokozat tárcsája és a lezáró tárcsa közötti térbe. A levegő hűti a tárcsa mellső oldalát, a zárat és turbina második fokozat lapátjainak tövét. Ezt követően a levegő a lapátok zárainál és az alsó törésznél lévő réseken át, továbbá a lezáró tárcsa peremén lévő speciális furatokon keresztül a gáz-levegő áramba távozik;
- az összehúzó csavarokban található hornyokon, továbbá a második fokozat tárcsájának és a lezáró tárcsa az illesztési övein lévő bemarásokon keresztül a turbina második fokozat tárcsájához, és hűti a tárcsa hátsó oldalát. Ezt követően a lezáró tárcsa peremén lévő furatokon keresztül a gáz-levegő áramba távozik.

- 4.4.4.2. A szabadturbina [7]

A szabadturbina kétfokozatú, axiális rendszerű. A szabadturbina hozza létre a helikopter transzmissziós, a főreduktoron keresztül a forgószárny, a faroklégcsva és a reduktor berendezései meghajtásához szükséges teljesítményt.

A szabadturbina a következő főbb egységekből áll:

- a turbina harmadik és negyedik fokozat terelőlapát-koszorúinak háza
- turbina forgórész
- negyedik támasz
- ötödik támasz

A szabadturbina terelőlapát-koszorú háza a külső peremeivel a kompresszorturbina pereméhez csatlakozik. A ház a hátsó peremével a szabadturbina második fokozat terelőlapát-koszorú házának mellső pereméhez csatlakozik. Az első és második fokozat terelőlapát-koszorú házai között található csatlakoztatás a szabadturbina modulszerű szerelésének biztosítása céljából van kialakítva. A házba van beszerelve a terelőlapát-koszorú, amely külső karimájának mellső része a ház speciális kimarásaiban van rögzítve. A külső karima hátsó részében speciális körmök vannak kialakítva.

A körmökön történik a terelőlapát-koszorú központosítása a házban.

A terelőlapát-koszorú szerkezetileg öntött kialakítású, és külső illetve belső karimából áll. A karimák egymáshoz a 3 darab tartón és a terelőlapáton keresztül csatlakoznak. A belső karimához hozzá van hegesztve a hátsó fal, a mellső fal továbbá a harmadik támasz fészke. Az említett alkatrészek a 3db tartóval és a terelőlapát-koszorú lapátokkal együtt a harmadik támasz csapágának merev tartóját képezik. A támasz fészkeének mellső peremére csavarokkal van felfogatva a levegős labirint tömítés háza a tömítéssel együtt.

A fenti ház és a tömítés a kompresszorturbina második fokozatának lezáró tárcsájával párban labirint tömítést alkot.

A házon 2db csőcsonk található. Az első a házon felül jobb oldalon van elhelyezve. Ez az olaj bevezetésére szolgál a harmadik támaszhoz. A csőcsonkot a harmadik támasz olajterével egy csővezeték köti össze, amely a turbina harmadik fokozatának terelőlapát-koszorújában található tartón keresztül halad át. A második csőcsonk a ház alsó pontján van elhelyezve. Ennek feladata, hogy biztosítsa a harmadik támasz olajteréből az olaj elvezetését.

Emellett a házon találhatjuk még azt a peremet, amely a hűtőlevegőt vezeti be.

Továbbá a házban található az a nyílás, amely lehetővé teszi a gáz-levegő áramlási zóna vizuális ellenőrzését. Az ellenőrző nyílást fedél zárja le. A fedelet csavarok rögzítik.

A ház alsó részén, a mellső peremen találhatjuk azokat a furatokat, amelyeken keresztül a szellőző (drenázs) rendszerbe került tüzelőanyag az „A” térbe jut. Innen a furatokon keresztül a tüzelőanyag a turbina negyedik fokozat terelőlapát-koszorú házának „B” terébe, majd onnan a gázvezető csőbe kerül.

A ház mellső részén van beépítve a köpeny a tömítéssel. Ez a kompresszorturbina második fokozatának forgórésze fölött helyezkedik el és a lapátok nyúlványainak felső részén található taréjokkal együtt labirint tömítést alkot.

A szabadturbina második fokozata terelőlapát-koszorújának háza a mellső peremével a szabadturbina első fokozat terelőlapát-koszorú házának hátsó pereméhez csatlakozik. A ház hátsó pereme a hajtómű negyedik és ötödik támaszai házának mellső pereméhez csatlakozik. A házban van elhelyezve a terelőlapát-koszorú.

A negyedik fokozat terelőlapát-koszorúja öntött kivitelezésű és a lapátokból, továbbá a külső és belső karimákból áll. A belső karimához a diafragma, továbbá a labirint tömítés háza a tömítéssel van rögzítve. A tömítés a szabadturbina első és második fokozatának tárcsájával együtt labirint tömítést alkot.

A terelőlapát-koszorú előlről a köpenyhez van rögzítve, hátulról a rögzítést körmök végzik. A körmökön történik a terelőlapát-koszorú központosítása a turbina negyedik fokozat terelőlapát-koszorújának házában. A ház mellső részében található a köpeny a tömítéssel. A köpenyt a házhoz csap rögzíti.

A negyedik és ötödik támasz házában található a köpeny a tömítéssel. A tömítésekkel ellátott köpenyek a szabadturbina első és második fokozatának forgórészei fölött helyezkednek el, így a forgórész lapátjai felső részeinél lévő nyúlványokkal együtt labirint tömítést alkotnak.

A házban található a nyílás, amely lehetővé teszi az áramlási zóna vizuális ellenőrzését. Ezt fedél zárja le, amelyet csavarok rögzítenek.

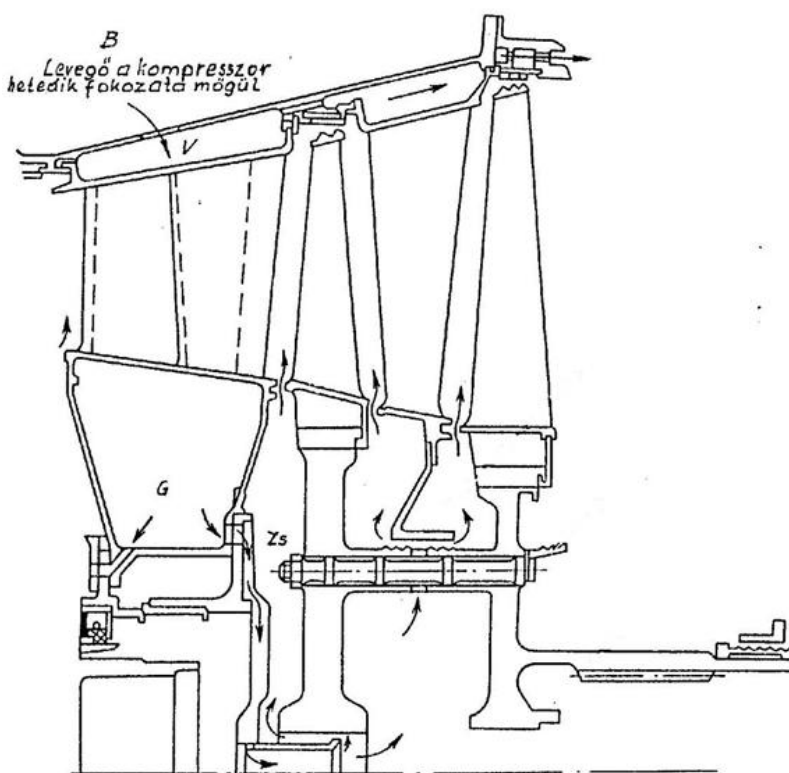
A szabadturbina forgórésze konzolos kialakítású és két támasszal rendelkezik. A mellső támaszt, amely egyben a hajtómű negyedik támasza, golyóscsapágy képezi, a hátsó támaszt, amely egyben a hajtómű ötödik támasza pedig görgőscsapágy. A szabadturbina forgórésze az első és második fokozat tárcsájából, valamint a lapátokból áll. A turbinatárcsák egymáshoz viszonyított központosítása és összekapcsolása a homlokfogazású hornyokkal történik. A tárcsákat csavarok húzzák össze.

A lapátok szerkezeti kialakítása és a tárcsában történő rögzítése hasonló módon van megoldva, mint a kompresszorturbina lapátjainál. A lapátok biztosítása a tárcsákban a tengelyirányú elmozdulás ellen metszett biztosítógyűrűkkel történik.

A labirint tömítésnél az első és második fokozat tárcsáin taréjos övrészeket találunk, amelyek az állórész hozzájuk illeszkedő felületeivel együtt labirint tömítést alkotnak. Ezt a második fokozat tárcsájához csavarok rögzítik.

A turbina teljesítményét a második fokozat tárcsájának nyúlványán található hornyok továbbítják a rugalmas tengelyen keresztül. A tengelyen található a gumi tömítőgyűrű, amely a reduktor olajterét tömíti. A tengely helyzetét tengelyirányban a hézagoló alátét határozza meg.

A szabad turbina hűtése a következőképpen történik: A kompresszor hetedik fokozat mögül elvezetett levegő „B” árama a szabad turbina „V” terébe jut. Innen a levegő egy része a szabad turbina házának belső terein át az alkatrészek hűtésére kerül elvezetésre, majd a levegő a gázvezető cső falában található furatokon át a gázáramba távozik.



18. ábra: A szabad turbina hűtési vázlata

A levegő másik része a tartókon és a szabad turbina első fokozatának üreges lapátjain át a harmadik támasz „G” terébe jut. Innen a harmadik támasz csapágyházának furatain keresztül a levegő egy része a labirint tömítés megfűtatásához van elvezetve. Ezt követően a levegő a harmadik támasz háza és a lezáró tárcsa közötti térbe jut, megakadályozva a forró gázok bejutását. Ezután a levegő a kompresszorturbina mögött a gázáramba távozik. Szintén a „G” térből a támasz házában lévő furaton keresztül a levegő a szabad turbina első fokozat tárcsa agy részének furatába behelyezett perselybe kerül. Ennek a levegőnek egy része a persely és a tárcsa agya közötti gyűrűs résen áthalad, majd a harmadik

támasz háza és a szabadturbina első fokozat tárcsája közötti „ZS” térbe jut. A levegő hűti a tárcsa mellső oldalát, majd a szabadturbina első fokozatának terelőlapát-koszorúja mögött kijut a turbina áramlási zónájába. A levegő másik része a szabadturbina első fokozat tárcsájának egy részén keresztül a turbina forgórészének belső terébe jut.

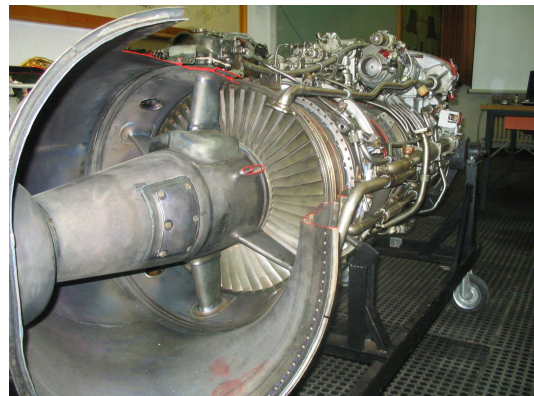
A továbbiakban a levegő a részben lemart homlokhornyokon keresztül a labirint tömítés megfűtatására kerül felhasználásra. Ezt követően a levegő az első fokozat tárcsája és a szabadturbina második terelőlapát-koszorúja közötti térbe, majd a második fokozat tárcsája és ugyanazon fokozat terelőlapát-koszorúja közé jut. A levegő hűti a szabadturbina tárcsáit, majd a gáz-levegő áramba távozik a szabadturbina második fokozatának terelőlapát-koszorúja előtt illetve az mögött.

4.4.5. Gázvezető rendszer [7]

A gázvezető berendezés biztosítja a gázok elvezetését az atmoszférába, szükség szerint jobb vagy bal oldalra, 75° vagy 150° -os szög alatt, annak függvényében, hogy a hajtómű jobb – vagy bal – oldali változat szerint van összeszerelve.

A gázvezető berendezés a következő fő részekből áll:

- a negyedik és ötödik támasz háza
- gázvezető cső
- összekötő bilincs



19. ábra: A gázvezető rendszer (hajtómű metszet)

A negyedik és ötödik támasz háza a mellső- és a hátsó peremből, a gyűrűből, a kúpából, a támaszokból, a belső házából, a peremből és az ekránból áll. A belső ház mellső pereméhez van rögzítve a hajtómű negyedik és ötödik támaszának háza. A peremhez csatlakozik a gázvezető cső. A kúpon nyílások vannak kialakítva a szabadturbina forgórész fordulatszám adó beszerelésére.

A negyedik és ötödik támasz háza peremmel csatlakozik a szabadturbina második fokozat terelőlapát-koszorú házának hátsó pereméhez.

A ház külső gyűrűjén peremek vannak kialakítva a második támasz terének szellőzését biztosító csővezeték és az olajtartály szellőző csővezeték részére.

A házat és a belső házat négy darab tartó köti össze.

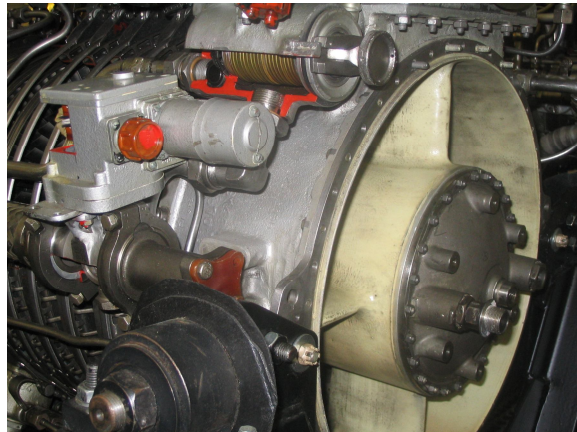
A gázvezető cső három darab peremből és a profilozott falból áll. A mellső peremmel a gázvezető cső a negyedik és ötödik támasz hátsó pereméhez, a peremmel pedig a kúp pereméhez csatlakozik. A cső vége sajtolt peremben végződik, amely a helikopter illesztő tagjának rögzítésére szolgál.

Az összekötő bilincs két félbilincsből áll. A bilincs rögzíti a helikopter illesztő tagot a gázvezető cső pereméhez. A bilincs félrészeket kettő darab csavar húzza össze.

4.4.6. A hajtómű támaszai [7]

4.4.6.1. A hajtómű első támasza

A TV3-117 hajtómű első támasza a kompresszor forgórész mellső támaszát képezi. A kompresszor forgórész mellső támasza a következő részekből áll: ház; áramvonalazó kúp; mellső fedél; hátsó fedél; csapágyház és a grafitos tömítő



20. ábra: Az első támasz háza

csomópont; rezgéscsillapító. (Egyes hajtómű modifikációkon az áramvonalazó kúp nincs felépítve.) A ház öntési eljárással került kialakításra. Az öntés során a házban kialakítást nyertek a jégtelenítő rendszer csatornáit. A ház külső és belső héjből áll, amelyeket 4db profilozott tartó rögzít egymáshoz. Az így kialakított csomópont képezi a kompresszor bemeneti részét. A külső borításon a felső tartó felett egy perem található, amely a segédberendezés meghajtás ház rögzítésére szolgál.

A ház alsó tartója alatt egy felöntött perem foglal helyet, amely az olaj segédberendezés rögzítésére szolgál. A vízszintes állványon két tartó található. A jobb oldalin egy perem van kialakítva, amely a jégtelenítő-rendszer pillangószelep közbetételének rögzítésére szolgál. A bal oldali tartón kettő csatlakozó perem van. Az egyikhez a grafitos tömítő csomópont előtti levegőtérben a túlnyomást biztosító csőcsonk, a másikhoz pedig a porkiválasztó fűtés csatlakozik. A ház külső mellső pereméhez csatlakozik a hajtómű bekötésére szolgáló perem, amely négy db

gömbcsuklóval van ellátva. A gömbcsuklóhoz csatlakoznak a hajtóművet a helikopterhez rögzítő tartórudak.

A görgőscsapágy külső gyűrűje a házba van beszerelve a csillapítóval együtt.

A csapágy belső gyűrűje a forgórész mellső nyúlványára túlfedéssel van felszerelve.

A belső gyűrűt az anyacsavarral együtt gyűrű szorítja a forgórész mellső tengelyvégének ütköző felületére. A csapágyak kenésére az olaj fűvókákon keresztül kerül betáplálásra. A fűvókák a központi meghajtás házára vannak felépítve. Az olaj elvezetése önlefoyással történik az alsó tartón keresztül az olajberendezés terébe.

Az első támasz olajtere előről fedéllel van hermetikusan lezárva. A fedél szerkezeti felépítése lehetővé teszi a porkiválasztó berendezés felépítését. A tömitést hátulról grafitos tömitő csomópont valósítja meg.

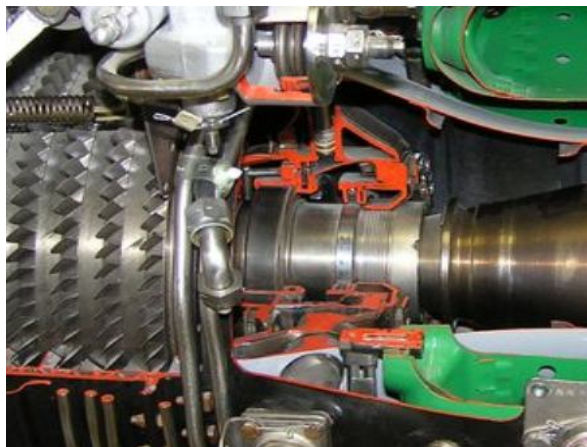
A grafitos tömitő csomópont az alábbiakból áll: grafitgyűrű; gumigyűrű; a tömités karimák; távtartó gyűrű; lemezrugó és rögzítő. A lemezrugó a grafitgyűrűt leszorítja a távtartó gyűrű pereméhez, így biztosítva van az olajtér tömitése.

A gumigyűrű biztosítja a grafitgyűrű tömitést a belső átmérőnél. A rögzítő megakadályozza a grafitgyűrű elfordulását. A mellső támasz grafit tömitésének távtartó gyűrűjét olaj hűti. Az olaj a csapágyházban kialakított fűvókán keresztül kerül betáplálásra.

4.4.6.2. A hajtómű második támasza

A TV3-117 hajtómű második támasza egyben a kompresszor forgórész hátsó támaszát képezi. A támasz a következőkből áll: ház; csapágyfészek és grafit tömitésekkel ellátott ház; labirint tömités fedele és a grafitos tömitő csomópontok.

Szerkezetileg a második támasz háza hegesztett. A ház mellső falán és a hátsó peremén található az „A” és „B” furatok. Az „A” furatok áteresztik a kompresszor labirint tömitésén keresztül átszivárgott levegőt a gázvezető csőbe egy csővezetéken keresztül. A „B” furat feladata a levegő nyomásának kiegyenlítése a támasz grafitos tömitése előtt.



21. ábra: A második támasz metszete

A támasz házához a csapágyfészek csavarokkal van rögzítve. A fészekben foglal helyet a golyóscsapágy külső gyűrűje. A külső gyűrű egyik oldala a csapágyfészek fémfelületére támaszkodik fel, amely felveszi a tengelyirányú terhelést. A csapágygyűrű másik oldalán rés található, amelyet szabályozó gyűrűvel lehet beállítani.

A golyóscsapágy belső gyűrűje osztott kivitelű. A belső gyűrű a kompresszor forgórész hátsó váll részére van felszerelve. A felszerelés túlfedéssel történik. A csapágygyűrűt tömítő perselyek és a szabályozó gyűrű szorítja rá a kompresszor forgórész hátsó váll részére.

A második támasz olajterét a levegőtértől a grafit tömítéssel ellátott ház, a mellső és hátsó tömítő perselyek, valamint a levegős labirint tömítés fedele választja el. A csapágy kenésére és a grafit tömítések mellső és hátsó perselyeinek hűtésére az olaj a támaszba nyomás alatt van betáplálva csövön keresztül. Ezt követően az olaj a csatornákon keresztül a támasz házába bepréselt alátét furathoz jut. A csapágyak kenésére a kenőanyag az alátét három egyenletesen elhelyezett furatán keresztül kerül a szeparátor és a csapágy belső gyűrűjének külső felülete közötti térbe. A hátsó tömítő perselyt alátétén a mellső tömítőgyűrűt pedig fűvókán keresztül bevezetett olaj hűti. A támaszból az olaj elszállítása csövön keresztül történik. A koromképződést a támasz belső terében lévő ekrán akadályozza meg.

4.4.6.3. A hajtómű harmadik támasza

A hajtómű harmadik támasza, amely egyben a kompresszorturbina hátsó támasza, a harmadik álló terelőlapát-koszorú belső karimájához van rögzítve. A hátsó támasz a csapágyfészekből, mellső grafitos tömítésből, tömítő perselyből, görgőscsapágyból, távtartó perselyből, szabályozógyűrűből és a csillapítóból áll.

A fészekben lévő csatornarendszer biztosítja az olaj bevezetését a görgőscsapágy és a tömítő persely kenésére és hűtésére. A fészekben foglal helyet a csapágy külső gyűrűje. Ennek tengelyirányú elmozdulásának nagyságát a szabályozógyűrű kiválasztásával állíthatjuk be. A csapágy külső gyűrűje és a csapágyfészek érintkező hengeres felületei között egy rugalmas elem van elhelyezve.

4.4.6.4. A hajtómű negyedik és ötödik támasza

A hajtómű szerkezeti sajátosságainak figyelembevételével a negyedik és ötödik támaszt érdemes egyben tárgyalni. Ehhez a szerkezeti egységhez szorosan hozzátartozik a szabad turbina fordulatszám szabályzójának meghajtása, így ez is bemutatásra kerül.

A TV3-117 hajtómű negyedik támasza (a szabad turbina mellső támasza) a hajtómű negyedik és ötödik támasza házának belső pereméhez van rögzítve. A támasz a csapágyházból, a tömítéssel ellátott házból, a labirint tömítés házból, a csillapítók részeiből és a



perselyre szerelt belső osztott gyűrűs radiax golyóscsapágyból áll.

22. ábra: A negyedik és ötödik támasz (hajtómű metszet)

A hajtómű vibrációs terhelésének csökkentése érdekében a csapágy külső gyűrűje és a negyedik és ötödik támasz házának illesztési felülete közé rezgéscsillapító van építve.

Az ötödik támasz (a szabad turbina hátsó támasza) a negyedik és ötödik támasz házának hátsó pereméhez van rögzítve. A támasz a következőket foglalja magába: az ötödik támasz fészke a tömítéssel, az adók háza a labirinttal, a tömítő persely és a görgőscsapágy.

A negyedik és ötödik támasz olajtere közös. Itt foglal helyet a szabad turbina fordulatszám szabályzó meghajtása, amely nem más, mint a szabad turbina forgórész forgásának átadására szolgáló kétfokozatú reduktor. A meghajtás a négyes és ötös támasz háznak 4db felöntéséhez van rögzítve. A meghajtás részei: a meghajtás háza; fedél; fogaskerekek; a meghajtott fogaskerék az ezt rögzítő anyával; csapágyak.

A meghajtó fogaskerék a szabad turbina tengelyére van felépítve.

A csapágyak kenése, továbbá a grafitos tömítések és azok perselyeinek hűtése egy fűvóka kollektoron és a bevezető csatornarendszeren keresztül történik. A kollektor a negyedik és ötödik támasz házára van felszerelve.

Az olajtér közös mindkét támasz számára. A mellső és hátsó oldalak grafit tömítéssel vannak határolva. A tömítések szerkezetileg hasonlóan vannak kialakítva,

mint a második és harmadik támasz tömitései. A támasz tereiből az olaj kifolyásának, továbbá a gázok bejutásának megakadályozása érdekében speciális terek vannak kialakítva. Ezekbe a terekbe a negyedik és ötödik támasz házában kialakított furatok rendszerén keresztül jut be a kompresszor hetedik fokozata mögül elvezetett levegő.

A házban négy perem van kialakítva. Ezekre vannak felszerelve a szabadturbina tengelyének fordulatszám adói.

A szabadturbina fordulatszám-szabályozójának meghajtása biztosítja, hogy a forgómozgás a negyedik támasz reduktorából jövő függőleges hajlékony tengelyről a segédberendezés házzal kapcsolatban álló hajlékony tengelyre jusson. A meghajtás egy reduktort foglal magába, amely két egyenes fogazású kúp fogaskerékből áll.

A fogaskerek külön házba vannak beépítve.

A meghajtás háza titán ötvözetből készült. Maga a ház a diffúzor külső peremén található, és ott négy darab csavar rögzíti.

A kúpos fogaskerek görgőcsapágyakra támaszkodnak, amelyek a megfelelő csapágyfészekbe vannak beépítve. Az egyik csapágycsészét a házhoz négy darab csavar rögzíti, a másik csészét pedig három. A kúp fogaskerek kapcsolódása szabályozó alátétekkel szabályozható.

A meghajtás és diffúzor külső ház peremének csatlakozási helye a „paronit” alátéttel van tömítve.

A csésze és az átmenő csatlakozó a házban gumi tömítőgyűrűvel van ellátva. A vízszintes hajlékony tengely és a meghajtás csatlakozási helye az átmenő csatlakozóba beépített grafit tömítéssel van ellátva. A tömítés szabályozása a homlokfelület mentén szabályozó alátétekkel történik. Az olaj a meghajtásba csatlakozón keresztül van betáplálva. A csatlakozóba van beépítve az adagoló fűvóka. A fogaskerek, továbbá a három darab csapágy kenése nyomó olajozással történik. A negyedik csapágy szóró olajozással van kenve. A kenés után visszafolyó olaj a ház speciális nyílásán keresztül a függőleges tartó mentén a negyedik támasz reduktorának terébe jut.

4.5. A hajtómű olajrendszere

Az olajrendszer bemutatója a főmenüből érhető el. Ebben a részben került részletes kidolgozásra a hajtómű kenő – és szellőzőrendszere. A diasorozat első felében az olajrendszer és berendezéseinek általános bemutatása látható, illetve a működés leírása. A működés leírásában akciógombokat helyeztem el. Ezek megnyitásával előjön az olajrendszer vázlata, vagy annak egy részlete, amelyen látható, hogy hol helyezkedik el az adott szerkezeti egység vagy berendezés az olajrendszeren belül.

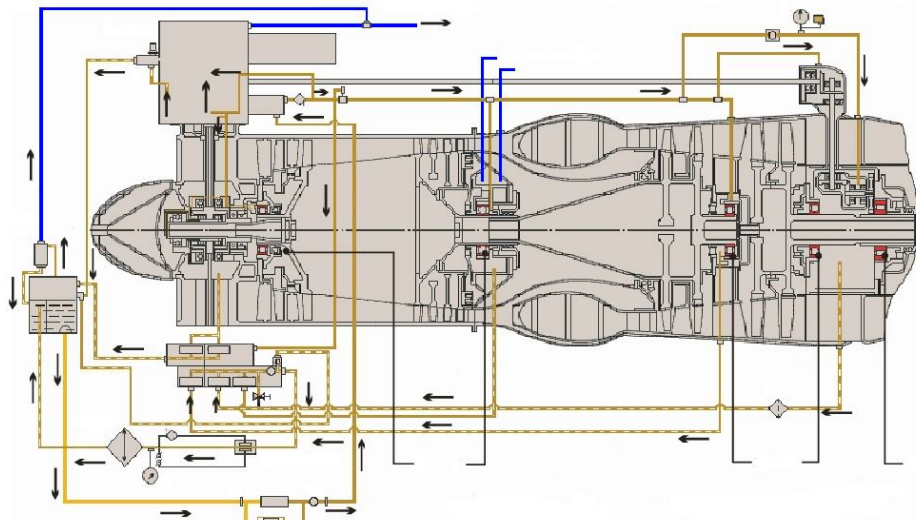
4.5.1. Az olajrendszer általános ismertetése, műszaki leírása [7]

A TV3-117 hajtómű kenő-és szellőzőrendszere (a továbbiakban olajrendszer) biztosítja a kenést, továbbá a hőelvezetést a támaszok, a meghajtás és a fogaskereknek csapágyaitól, valamint biztosítja a hajtómű támaszainak szellőzését.

Az olajrendszer a következő részekből áll:

- olajszűrő
- olaj segédberendezés
- a segédberendezés meghajtásának házából az olajat visszaszállító szivattyú
- elzáró szelep
- nyomásbiztosító szellőző szelep
- forgácsjelző*
- a visszaszállító rendszer áteresztő szelepe*
- védőszűrő*
- radiátor
- olajtartály a tágulási tartállyal
- minimális olajnyomás jelző*
- csővezeték

(A hajtómű egyes modifikációin a *-gal jelölt berendezések hiányoznak)



23. ábra: Az olajrendszer vázlata

A következőkben ismertetem az olajrendszer műszaki leírását.

Az olajsűrítő a segédberendezés meghajtás ház alsó részéhez van rögzítve a repülési irány szerinti jobb oldalon. Feladata, hogy megtisztítja az olaj segédberendezés nyomóegységétől a hajtómű súrlódó alkatrészeihez jutó olajat.

Az olajberendezés a hajtómű alá van felépítve és az első támasz házához csapok rögzítik. Az olaj segédberendezés biztosítja az olaj megfelelő nyomását és a nyomás fenntartását meghatározott értékek között az olajrendszer nyomóvezetékében, továbbá az olaj visszaszállítását a hajtómű támaszától és a központi meghajtástól.

Az olajnak a meghajtás házból való visszaszállítására szolgáló szivattyú a repülési irány szerinti jobb oldalon van rögzítve a meghajtás ház mellső részéhez.

A lezáró szelep az olajat a negyedik és ötödik támaszhoz juttató csőben helyezkedik el. Feladata, hogy megakadályozza, hogy a negyedik és ötödik támasz olajjal túltelítődjön és az olaj átfolyjon a gázvezető csőbe a hajtómű leállításakor a szabadturbina kifutásának időszakában.

A nyomásbiztosító szellőzőszelep olyan megadott értékű nyomáscsökkenést hoz létre a meghajtás házban, ami biztosítja a tüzelőanyag segédberendezések és az első támasz grafit tömítésének működőképességét.

A szellőzőszelep az olajat a meghajtás házból visszaszállító szivattyú házában helyezkedik el, de a szivattyú munkaterveivel nincs hidraulikus kapcsolatban.

A szellőzőszelep egy ház, ami peremmel csatlakozik a visszaszállító szivattyú házához. A szellőzőszelep házában keresztirányú válaszfalak helyezkednek el, amik részben átfedik a nyomásbiztosító egység csatornájának keresztmetszetét és megakadályozzák az olaj távozását a meghajtás házból. A szelep a meghajtás házhoz furattal csatlakozik. A meghajtás házban az előírt értékű nyomáscsökkenést a megfelelően kiválasztott fűvóka tartja fenn.

A forgácsjelző feladata, hogy időben adjon jelzést arról, hogy az olajban ferromágneses részecskék vannak. A szignalizátor a radiátorba vezető, a helikopterhez tartozó visszavezető csővezetékbe van beépítve.

A visszaszállító rendszer áteresztő szelepeinek feladata, hogy a hátsó támaszokból visszaszállított olaj áteresztése a radiátor mellett olyan esetben, amikor a visszaszállító ágban az ellennyomás értéke a megengedett érték fölé nő. A szelep az olajat a radiátorhoz visszavezető csőcsonkban helyezkedik el, és azzal együtt két tőcsavar rögzíti az olaj segédberendezés középső házának peremén.

A védőszűrő feladata annak megakadályozása, hogy nagyméretű fémrészecskék jussanak az olaj segédberendezés visszaszállító szivattyúiba. A védőszűrő a következő részekből áll:

- csésze
- az 1000 (1,0mm) lyukméretű szita
- két keretlemez

A csésze belső kúpja az olajat a negyedik és az ötödik támasztól visszaszállító csőcsonk házához illeszkedik, míg a csőcsésze külső felülete a csővezeték nippelén támaszkodik fel. A csővezeték anyájának meghúzásával rögzíthető a szűrő és biztosítható a csatlakozás szükséges tömítettsége.

A radiátor a helikopter sárkányára van felépítve. Feladata a hajtóművön keresztüljutott olaj hűtése a speciális ventilátortól érkező levegővel.

Az olajtartály az olajrendszer normális működéséhez szükséges olaj tárolására szolgál, amely a helikopter sárkányára van felépítve. Az olajtartály belsejében van elhelyezve a tágulási tartály, amely az olajtartály szellőzését szolgálja.

A minimális olajnyomást jelző elektromos jelzést ad ki, ha az olaj túlnyomása $2-5 \text{ N/cm}^2$ értékre esik le.

Az olajrendszer a következőképpen működik: Az olaj az olajtartályból a helikopter olajrendszerének csővezetékén keresztül az olaj segédberendezés nyomószivattyújának csőcsonkjához jut. Innen az olaj a csővezetéken keresztül a szűrőhöz jut.

A megtisztított olaj a szűrőből egyrészt a segédberendezések meghajtás házában lévő csatornán keresztül jut a meghajtás ház, az első támasz és központi meghajtás kenésére; másrészt az olajszűrő csőcsonkján keresztül a külső csővezetéken át a második, a harmadik, a negyedik és az ötödik támasz, a szabad turbina fordulatszám-

szabályozójának meghajtása és az olaj segédberendezés reduktora siklócsapágyainak kenésére.

A nyomóvezetékek a fogyasztásnak megfelelően megválasztott furatú fűvókákban végződnek. A nyomóvezetésekre megadott nyomást a nyomáscsökkentő szelep tartja fenn, ami a beszállító szivattyú házában helyezkedik el.

Az olajat az első támasztól és a központi meghajtástól az ON-1 és ON-2 szivattyúk, a második támasztól az ON-4 szivattyú, a harmadik támasztól az ON-3 szivattyú, a negyedik és az ötödik támasztól az ON-5 szivattyú a védőszűrőn keresztül, a meghajtás háztól az ON-6 szivattyú vezeti vissza. Az olaj az ON-3, ON-4 és ON-5 visszavezető szivattyúktól a ZK-1 elzáró szelepen, illetve a PKO áteresztő szelepen keresztül jut a radiátorba és lehűtve az olajtartályba. A visszaszállító szivattyúk kimenetén uralkodó ellennyomás értékének a megengedett érték fölé növekedése esetén az áteresztő szelep az olaj egy részét átereszt az olajtartályba a radiátort kikerülve, csökkentve ezzel az ellennyomás értékét az olaj segédberendezés visszaszállító szivattyúinak kimenetén. Az ON-1, ON-2 és ON-6 visszaszállító szivattyúkból az olaj közvetlenül az olajtartályba jut, a radiátort elkerülve.

A forgórészek kifutásakor a negyedik és ötödik támaszból az olaj visszaszállítás javítása érdekében az olajat a negyedik és ötödik támaszhoz juttató csővezetékbe lezárószelep (OK) lett beszerelve, ami megszünteti az olaj betáplálását a támaszokhoz kifutáskor és indításkor. A szelepen a nyomásesés értéke kb. $3,5 \text{ N/cm}^2$.

Ahhoz, hogy állóhelyen való álláskor az olaj ne folyjon az olajtartályból a hajtóműbe, az olaj visszaszállítása az első támaszból és a központi meghajtásból csőtoldaton keresztül az olajtartály felső részébe történik. Ezenkívül az olaj segédberendezés be- és visszaszállító szivattyúinak kimenetén elzáró szelepek lettek beépítve. (ZK-1 és ZK-2).

A hajtómű olajrendszere működésének ellenőrzéséhez mérni kell az olajnyomást a nyomóvezetékben és a hajtóműből távozó olaj hőmérsékletét. Az olajnyomás mérése az olajat a negyedik és ötödik támaszhoz juttató csővezetékben történik az (OK) lezáró szelep után. A hajtóműből származó olaj hőmérsékletének mérése pedig a visszaszállító vezetékben történik a radiátor előtt. (Egyes hajtómű modifikációkra minimális nyomásjelzőt építettek be.)

A támaszok olajtereinek szellőztetése azáltal történik, hogy a visszaszállító szivattyúk visszaszállítják az olajlevegő emulziót az olajtartályba, ami a tágulási tartályon keresztül szellőzik a környező atmoszférába.

A meghajtás ház olajtereinek szellőztetés az atmoszférába a szellőztető csővezetéken keresztül valósul meg. Ahhoz, hogy a meghajtás házban és az első támasz terében a tüzelőanyag segédberendezések meghajtásának és az első támasz grafit tömítésének működőképességét biztosító előírt értékű nyomáscsökkenés jöjjön létre, a meghajtás ház tere a szabályozható fűvókával kialakított nyomást biztosító szellőzőszelepen keresztül csatlakozik a környezethez.

4.5.2. Az olajrendszer berendezései [7]

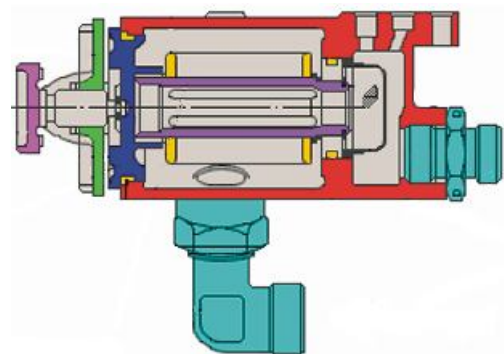
A programban a műszaki a leírás után következik az olajrendszer különböző berendezéseinek részletes bemutatása. Ezek egy külön dián lévő hivatkozásokra történő kattintással érhetők el. A diasorokon a berendezések szerkezeti felépítése mellett megtalálható a működésük leírása is.

4.5.2.1. Olajszűrő

Az olajszűrő megtisztítja az idegen tárgyaktól és az olaj bomlásából eredő termékektől az olajberendezés által a hajtómű olajtartályából az olajvezetékbe betáplált olajat.

Az olajszűrő részei:

- ház
- keret
- nagy finomságú szűrőelem készlet
- durvaszűrő



24. ábra: Az olajszűrő metszete

A házban található az olaj bevezetésére és az olaj elvezetésére szolgáló csőcsonk, valamint a durvaszűrő. A házban két csatorna van kialakítva az olaj támaszba történő betáplálására, illetve a segédberendezés meghajtás ház felé történő továbbítására.

A keret a fedélhez van rögzítve. A kereten található a 18 elemből álló szűrőelem készlet. A szűrőelemek száma biztosítja a minimális ellenállást a szűrőben. A szűrőelemek fémhálóból állnak, amely sejtjeinek mérete 0,063mm.

A fedélhez csavarral van rögzítve a rugalmas kereszttartó. A fedél rögzítését a házban a kereszttartó végzi, amely a ház füléhez van beakasztva. A csavar kézzel történő

becsavarásakor a fedél a szűrőelem készlettel üzemi helyzetbe kerül. A fedél és a ház közötti csatlakozás tömítettségét tömítőgyűrű biztosítja. A megtisztított és meg nem tisztított olaj tereit a tömítőgyűrű választja el egymástól.

Az olajszűrő működése:

Az olaj az olajberendezésből egy csővezetéken át jut a szűrőház csőcsonkjához. Innen az olaj a szűrőelem készlet oldalfelületein át a keret belső terébe, majd a durvaszűrőbe jut. Ezután csőcsonkon és egy csővezetéken keresztül az olaj a hajtómű olajvezetékébe kerül. Az előbbieken kívül a szűrőház két csatornáján keresztül az olaj a hajtómű első támaszába és a segédberendezés meghajtás házába jut.

4.5.2.2. Olaj segédberendezés

Az olaj segédberendezés biztosítja az olaj betáplálást az olajtartályból a hajtómű olajvezetékébe, továbbá elszállítja a felmelegedett, elhasználódott olajat a hajtómű támaszainak tereiből és segédberendezés meghajtásától.

A következő főbb egységekből áll:

- visszaszállító szivattyúk felső háza
- visszaszállító szivattyúk háza
- közbenső ház
- beszállító szivattyú háza
- visszaszállító és beszállító szivattyúk fogaskerekei
- a szivattyúk meghajtásának reduktora a meghajtó fogaskerékkel
- redukciós szelep
- elzáró szelepek
- áteresztő szelep



25. ábra: Az olaj segédberendezés

Az olaj berendezésben egy beszállító és öt darab visszaszállító szivattyú van. (megjegyzés: Az összes szivattyú fogaskerekes típusú).

A visszaszállító szivattyúk felső házában található szivattyúk meghajtásának reduktora meghajtó fogaskerékkel, amely a központi meghajtás tengelyétől kapja a meghajtást. A reduktor a szivattyúk fordulatszámát négyszeresen csökkenti és továbbítja a forgómozgást a szivattyúk meghajtó fogaskerekére. A visszaszállító szivattyúk háza felülről szűrőhálószerűen van lezárva.

Az olaj az első támasz és központi meghajtás teréből szabadon folyik felülről a szűrőn keresztül. A továbbiakban az olaj a ház visszaszállító fogaskerékpárján keresztül a csatlakozón át az olajtartályba jut.

A visszaszállító szivattyúk házában helyezkedik el a három darab visszaszállító szivattyú négy darab fogaskereke. Egy szivattyú csőcsonkon keresztül szállítja vissza az olajat a második támaszból, míg a másik két szivattyú a házakon lévő peremeken keresztül szállítja vissza az olajat a harmadik és a negyedik-ötödik támaszból.

A visszaszállított olaj csőcsonkon keresztül az olajradiátoron keresztül jut az olajtartályba.

Az egyik csőcsonkon helyezkedik el a ZK-1 elzáró szelep, ami leállított hajtómű esetén megakadályozza az olaj átfolyását az olajtartályból a hajtóműbe. Az elzáró szelepen végrésszel és dugóval kialakított tányérszelep van. A visszaszállító szivattyúk működése során az olaj nyomásának hatására a szelep nyit és átereszti az olajat az olajtartályba. A visszaszállító szelep előírt nyomásra való beállítása csavarral történik. Ugyanebbe a csőcsonkba vannak beépítve az áteresztő szelep alkatrészei. Szerkezeti kialakítását tekintve az áteresztő szelep megegyezik a nyomószivattyú nyomáscsökkentő szelepeivel.

A házban csőcsonk lett kialakítva, amelyen keresztül a visszaszállító szivattyúk szállítják az olajat az egyesített olajvezetéken keresztül az olajtartályba. Ezen a csőcsonkon keresztül történik az olaj visszavezetése a támaszok összes olajteréből és a hajtómű meghajtásaiból.

A közbenső házban és a nyomószivattyú házában helyezkedik el a beszállító szivattyú két fogaskereke.

A beszállító szivattyú házán helyezkedik el az olajat az olajtartályból a beszállító szivattyúba betápláló csőcsonk, illetve az olajat beszállító szivattyúból a hajtómű vezetékeibe kivezető csőcsonk. A házban a beszállító szivattyú kimenetén helyezkedik el a ZK-2 elzáró szelep és a nyomáscsökkentő szelep. Az elzáró szelep végrésszel és rugóval kialakított tányérszelep. A nyomószelep működésekor az olajnyomás nyitja a szelepet és az olajat átereszti az olajszűrőbe.

A nyomáscsökkentő szelep a nyomóvezetékben uralkodó nyomás előírt értékének szabályozására és fenntartására szolgál. Ha az olaj nyomása az előírt érték fölé nő, akkor a nyomáscsökkentő szelep a rugót összenyomva egy bizonyos mértékig nyit és a nagynyomású olaj egy része átfolyik a beszállító szivattyú bemenetére.

A nyomáscsökkentő szelepnek az előírt nyomásértékre való be szabályozása a rugó csavarral való feszítésével történik.

Az olajat az olajtartályból a beszállító szivattyúba bevezető csőcsomóban helyezkedik el az olaj segédberendezés légtelenítő szelepe.

Az olaj segédberendezés működése:

A hajtómű működésekor az olaj segédberendezésnek mind a hat szivattyúja működik.

A beszállító szivattyú olajat szív az olajtartályból és a nyomáscsökkentő szeleppel biztosítva az előírt nyomást az elzáró szelepen keresztül olajat juttat a hajtómű vezetékein keresztül a támaszokhoz és a meghajtásokhoz.

Az öt darab visszaszállító szivattyú a fáradt olajat az első támasz és központi meghajtás olajtereiből közvetlenül az olajtartályba, míg a második, harmadik, negyedik és ötödik támasz olajtereiből az olajradiátoron keresztül szállítja vissza az olajtartályba. A visszaszállító szivattyúk teljesítménye többszörösen felülmúlja a beszállító szivattyú teljesítményét; a visszaszállító szivattyúk biztosítják a hajtómű összes kenési pontjából a teljes mértékű olaj-visszaszállítást.

4.5.2.3. A segédberendezés házából az olajat visszaszállító szivattyú

Az olajszivattyú a meghajtások házából az olaj visszaszállítására szolgál. Ez a szivattyú három ház blokkjaként van felépítve, amelyek a következők:

- az elszállító szivattyúk háza
- csapágyház
- grafit tömítéssel ellátott ház

Az olajszivattyú fogaskerekes típusú, amelyben két egymáshoz kapcsolódó fogaskerék található: a meghajtó és a meghajtott fogaskerék.

A fogaskerekeket tengely hajtja meg. A tengely végződése a segédberendezés meghajtás ház fogaskerekének fészkeivel van összekapcsolva. A meghajtó fogaskerék két radiális támcsapágyon forog. A meghajtott

fogaskerék csúszócsapágyba van ágyazva. 1983. 12. 01-jétől a meghajtó fogaskerék is csúszócsapágyba van. A tömítés ház beépített grafit tömítéssel együtt megakadályozza, hogy a csapágy házából az olaj átjusson a turbókompresszor



26. ábra: A segédberendezés házából az olajat visszaszállító szivattyú (szétszerelt állapotban)

fordulatszám adójának terébe. Ez utóbbi tömítés a tömítésház töcsavarjaira van erősítve. A fordulatszámadó meghajtását tengely végzi.

A szivattyúházon két töcsavaron van rögzítve a nyomást biztosító egység.

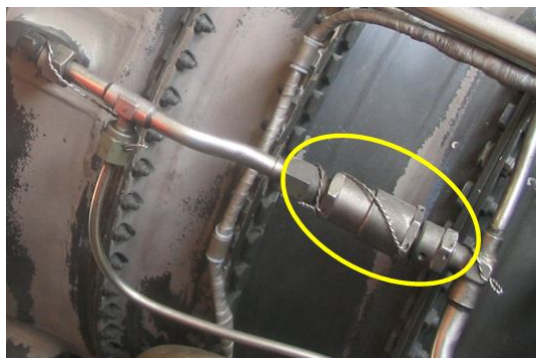
A visszaszállító szivattyú működése:

Az olaj a meghajtások házából csövön át továbbá csőcsonkon keresztül a szivattyú házába jut. Innen a fogaskerekek elszívják az olajat. Eközben a segédberendezés meghajtás tereiben nyomáscsökkenés jön létre. A nyomáscsökkenés (ritkítés) értékét a megadott határértékek között a nyomást biztosító szellőzőszelep cserélhető fűvókáival biztosítjuk.

A szivattyú házában teréből az elszívott olaj csőcsonkon és csővezetéken keresztül az olajtartályba jut.

4.5.2.4. A lezáró szelep

Amikor a turbókompresszor fordulatszáma 15%-nál alacsonyabb a lezáró szelep megakadályozza a negyedik és ötödik támasz terének olajjal történő túltöltődését és az olaj átfolyását a gázvezető csőbe.



27. ábra: A lezáró szelep

A lezáró szelep főbb részei a bementi csőcsonk és a kimeneti csőcsonk, amelyek egymáshoz menettel csatlakoznak és huzallal vannak biztosítva. A szelep további részei: rugó, záróelem és a tömítőgyűrű.

A lezáró szelep működése:

Hajtómű indítása során, amikor az olajnyomás eléri a csővezetékben a $0,32 \pm 0,08$ kg/cm² értéket, a záróelem a rugót összenyomva elmozdul és ezáltal nyitja az olaj útját a negyedik és támaszhoz az olajat bevezető csővezeték felé.

A hajtómű leállításakor és a turbókompresszor fordulatszámának csökkenésekor a záróelem a rugó hatására lezárja az olaj bevezetését a negyedik és ötödik támaszba.

4.5.2.5. A forgácsjelző

A forgácsjelző a helikopter olajtartálya – a hajtóműből az olajat visszavezető ág – csőcsonkjában van elhelyezve és a hajtómű részei és alkatrészei állapotáról való tájékoztatás és az olajban lévő ferromágneses részecskék időbeni kijelzésére szolgál.

Részei a következők: közbetét-ház, a jelzőt az indikátorhoz rögzítő anyacsavar, a helikopter elektromos rendszeréhez csatlakozó dugaszos csatlakozó és annak háza.



28. ábra: A forgácsjelző

A jelző házába van bepréselve a dielektromos anyagból készült mágnesek háza. Ide van behelyezve a kettő darab állandó mágnes (ellenkező pólussal, egymással szemben). A mágnesek közötti rés szolgál a ferromágneses részecskék gyűjtőhelyéül. A mágneseket az elektromos hálózattól a villás csatlakozón keresztül vezeték köti össze. A jelző csomópontot a közbetét-ház pereméhez kettő darab csavar rögzíti. A közbetét-ház és a jelző közé van elhelyezve a gumiazbeszt tömítés.

A közbetét-házon van a jelzőt az olajradiátorhoz rögzítő csatlakoztató anya, amelyet a közbetét-házon biztosító gyűrű rögzít. A közbetét-ház alsó részén van kialakítva az a csőcsonk, amelyhez a hajtóműtől érkező olajvezeték csatlakozik.

A forgácsjelző működése:

A hajtóműből kiszivattyúzott olajáram az olajradiátor előtti csővezetékéből a forgácsjelző közbetét házának csőcsonkjához jutva áthalad az állandó mágnesek mágneses mezejének hatókörzetén. Abban az esetben, ha az olajáramban ferromágneses részecskék vannak, azok kiválnak a mágnesek homlokfelületén. Ha annyi részecske gyűlik össze, hogy a mágnesek közötti rés eltömődik, akkor záródik a jelző elektromos köre és a helikoptervezető fülkében a műszerfalán kigyullad a forgácsjelző táblója.

4.6. A hajtómű áramlási viszonyai

Szakdolgozatom, illetve az ahhoz megszerkesztett multimédiás program elsődleges célja a TV3-117 hajtómű szerkezetének és olajrendszerének bemutatása. Ugyanakkor úgy gondolom, hogy ez nem merülhet ki csupán a szerkezeti dolgok tárgyalásával. Véleményem szerint, ahhoz, hogy a megérthessük a hajtómű működését, elengedhetetlen a hajtóműben lejátszódó áramlási jelenségek bemutatása is. Rendkívül fontos ez azért is, mert ezeknek a dolgoknak az ismerete meghatározó a hajtómű üzemben tartása szempontjából. Helyes és használható ismeretek birtokában fenn tudjuk tartani a repülés biztonságát, amely döntő szempont.

Ez a rész szintén a főmenüből érhető el, ahonnan egy címlapra jutunk. Innen nyithatjuk meg a kompresszor, illetve a turbina áramlási viszonyainak bemutatóit.

4.6.1. A kompresszor áramlási viszonyai és karakterisztikája

A bemutatónak ebben a részében a kompresszorban lejátszódó áramlási jelenségek, illetve a termodinamikai állapotjelzők alakulása kerül bemutatásra. A diasorozaton ezek mellett röviden ismertettem a pompázsjelenség kialakulásának okait, és azt, hogy hogyan előzik ezt meg a TV3-117 hajtómű esetében. Dolgozatom szempontjából azonban fontosnak érzem, a pompázsjelenség és a kompresszor karakterisztikájának felépülését.

Az alkalmazott kompresszor egy tizenkét fokozatú axiális kompresszor. Ennek részletes leírása megtalálható a hajtómű szerkezetének ismertetésénél.

A kompresszor reakciófoka azt fejezi ki, hogy a fokozatban létrejövő összes entalpiaváltozás hányad része a forgórészben létrejövő entalpiaváltozásnak.

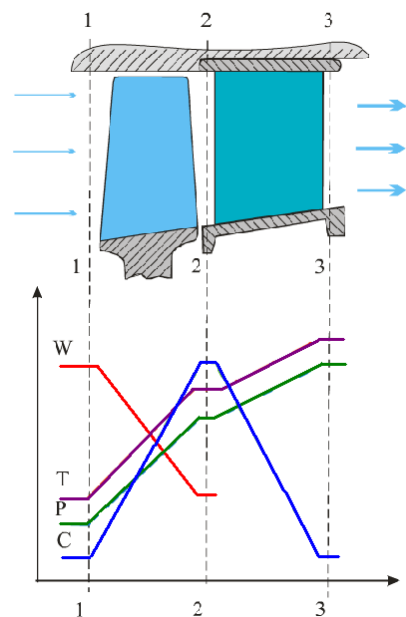
A reakciófok képlete:
$$r = \frac{\Delta h_f}{\Delta h_f + \Delta h_a}$$

(r – a kompresszor reakciófoka; Δh_f – entalpiaváltozás a forgórészben; Δh_a – entalpiaváltozás az állórészben) [5]

Egy-egy fokozatban a közeg sűrűségének változás kicsi, így úgy tekinthetjük, hogy a fokozaton belüli nyomásnövekedés is az entalpiaváltozásnak megfelelően oszlik meg az álló és forgórész között.

Az axiális kompresszorok általában 50-100%-os reakciófokúak. A TV3-117 hajtómű kompresszorát megfigyelve látható, hogy annak reakciófoka 50%-os, mivel az forgórész és az álló terelőlapát-koszorú lapátjai egymásra szimmetrikusak. Mivel jelen dolgozatnak nem célja a kompresszor részletes vizsgálata, illetve az áramlási jelenségek ismertetése szempontjából az ilyen számításoknak nincs nagy jelentősége, így a következőkben csupán általánosan mutatom be a kompresszorban lejátszódó áramlási jelenségeket.

Az 29. ábra alapján láthatjuk, hogyan alakulnak az állapotjelzők egy kompresszorfokozaton belül. A „T” jelöli a hőmérsékletet, a „p” a nyomást, a „c” az abszolút sebességet, a „w” pedig a relatív sebességet. A kompresszor forgó lapátkoszorúval kezdődik, majd ezt követi az állólapát-koszorú. Látható, hogy az abszolút sebesség folyamatosan növekszik, majd az állórészben lecsökken, ennek oka a kompresszor diffúzoros kialakítása. A relatív sebesség a forgórészben lecsökken. Emellett



rendkívül fontos, hogy a hőmérséklet és nyomás értéke fokozatosan növekszik. 29. ábra: Az állapotjelzők változása a kompresszorban

A 30. ábrán egy 50%-os reakciófokú kompresszorfokozat sebességi háromszögei láthatóak, a sebességi vektorok, illetve a be-és kilépési szögek jelölésével.

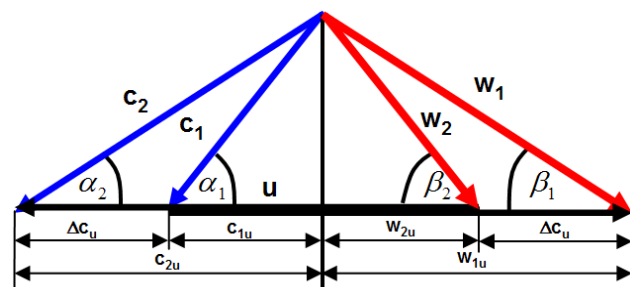
Jelölések: u – kerületi sebesség

w_1, w_2 – relatív sebesség

c_1, c_2 – abszolút sebesség

α_1 és β_1 – belépési szögek

α_2 és β_2 – kilépési szögek



30. ábra: 50%-os reakciófokú axiális kompresszor sebességi háromszögei

A TV3-117-es hajtómű esetében a kompresszor forgási iránya a repülési irány szerinti bal irány. A sebességi háromszögek és az áramlási viszonyok alakulása szempontjából nagy jelentősége van az elfordítható előperdítő terelőlapát-koszorú alkalmazásának.

A 31. ábrán az előperdítő terelőlapát-koszorú, majd kék háttérrel az első fokozat forgórésze végül ismét zöld háttérrel az első fokozat állórésze látható. A kép jól szemlélteti, hogyan épülnek fel a fokozaton belül a

sebességi háromszögek. Az ábra a háromszögek számított üzemmódbeli állapotát tükrözi. A c_1 , c_2 jelentik az abszolút sebességeket, az „ u ” a kerületi sebességet, a w_1 , w_2 , pedig a relatív sebességeket.

Ahhoz, hogy megérthessük, hogy miért akkora jelentősége sebességi háromszögek alakulásának, elengedhetetlen a hajtómű működése szempontjából egyik legveszélyesebb jelenség, a pompázs ismertetése.

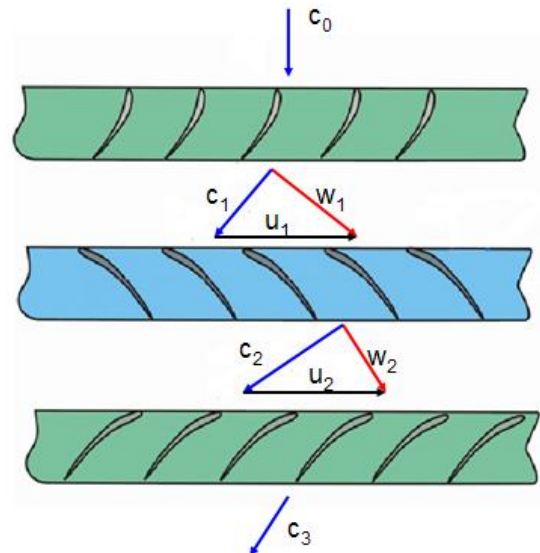
A kompresszor a hajtómű áramlástanilag érzékeny része. Ez abban nyilvánul meg, hogy a tömegáram változásával (pl.: üzemmód változtatása), a sebességi háromszögek is torzulnak a számított üzemmódbeli állapotukhoz képest.

A kompresszorok diffúzoros gépek, így ez gyorsan az áramlás leválásához vezethet, amelyet pompázsnak nevezünk. Erre a jelenségre az axiális kompresszorok igen érzékenyek. [4]

A kompresszor karakterisztikájának segítségével megérthetjük magát a pompázsjelenséget, illetve egészében láthatjuk a kompresszor működését.

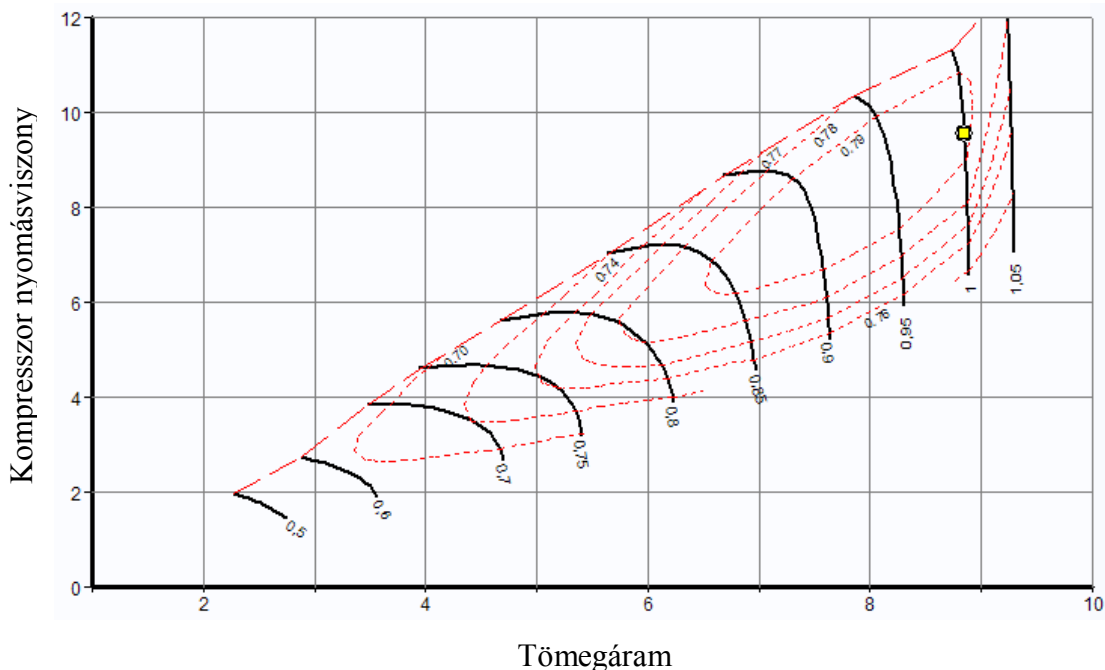
A TV3-117 kompresszor karakterisztikáját T-s diagramhoz hasonlóan, szintén a GasTurb10 [4] programmal segítségével készítettem el.

A karakterisztika azt vizsgálja, hogy egy adott állandó fordulatszáma mellett, hogyan alakul a π_k (kompresszor nyomásviszony) az $\dot{m}$ (tömegáram) függvényében. Tömegáram alatt a kompresszor által szállított levegőmennyiséget értjük. Az ábrán a fekete színű görbék egy adott fordulatszámhoz tartoznak, a piros szaggatott vonalak pedig hatásfok értékeket jelölnek. A görbesereg bal oldalát lezáró vonal az úgynevezett leválási vonal. A vonal után a kompresszorban annyira megnő az ütközési veszteség,



31. ábra: A kompresszor sebességi háromszögei számított üzemmódon

hogy annak stabil működése már nem biztosított, leválás (kompresszor pompázs) jön létre.



32. ábra: A TV3-117 hajtómű kompresszorának karakterisztikája

A legjobb kompresszor hatásfok egy adott fordulatszámhoz és fojtási fokhoz tartozik. Ez lesz az optimális munkapont, amelyet jelen esetben a program sárga négyzettel jelölt. Ez a pont a TV3-117 hajtómű esetében, ahogyan az ábrán is látható, nagyjából 8,8-8,9 kg/s-os tömegáramnál, 100%-os fordulatszám, 0,79-es hatásfok értéknél van*. A kompresszor és a hajtómű üzeme szempontjából az lenne a leghatékonyabb, ha a kompresszor az adott üzemmódokhoz tartozó legmagasabb hatásfokkal működne.

Mint azt korábban már említettem az üzemmód megváltoztatásának hatása van a karakterisztikára és a sebességi háromszögek alakulására. A karakterisztikát vizsgálva a fordulatszám felfelé növekszik. A fordulatszám változásával nagyjából arányosak a sebességi háromszögek komponenseinek változásai is. A rááramlási szögek nem változnak jelentősen. A súrlódási és ütközési veszteségek nem nőnek jelentősen, ennek ellenére enyhébb mértékben, de változni fog a hatásfok. Például a fordulatszám növekedésével nő a hatásfok, majd csökken. [4]

A fent tárgyalt jelenségek jól követhetőek az általam közölt karakterisztikán.

A következőkben látható kompresszor karakterisztikák nem a TV3-117 hajtómű kompresszorának karakterisztikái, csupán szemléltetés céljából kerültek a dolgozatba.

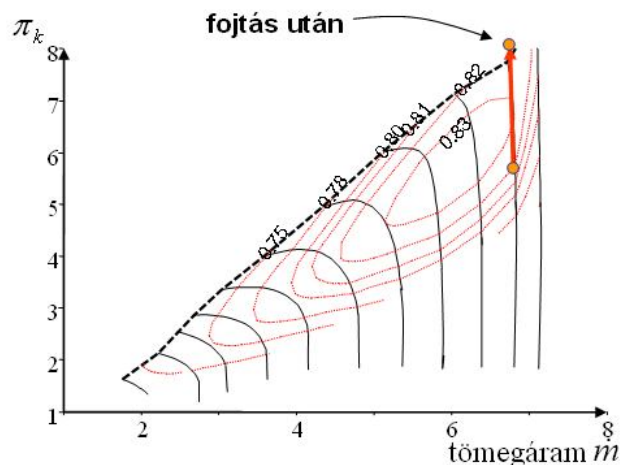
* Ez a TV3-117MT hajtómű esetében igaz, mivel a vizsgálatot erre végeztem el a GasTurb10 szoftverrel.

Most pedig lássuk a pompázs kialakulásának okait, és annak megelőzési formáit részletesebben!

Az okokat alapvetően három esetben határozhatjuk meg, melyek a következők:

- leválás állandó fordulatszám mellett a fojtás növelésekor (helikopter hajtóművek esetében ez nem érvényes, ugyanakkor érdemesnek tartom, hogy néhány szót ejtsék róla) [4]
- leválás a fordulatszám csökkenésekor [4]
- egyéb lehetséges okok [4]

Állandó fordulatszám mellett a fojtás növelésekor a következő játszódik le: Jellemző, hogy magas fordulatszám tartományban (közel maximális fordulaton) a fojtás során gyakorlatilag nem változik a tömegáram. Az első fokozatokban a sűrűség nem változik a fojtás során, mivel hátul fojtunk. Ennek az a következménye, hogy az első fokozatokban nem jön létre leválás. A

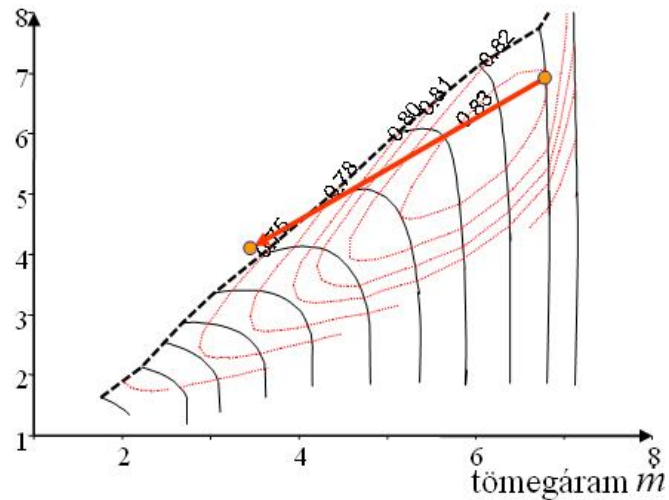


33. ábra Kompresszor karakterisztika 1.

hátsó fokozatokban a fojtás közben csökken az axiális (tengelyirányú) sebesség ennek következtében nőnek a rááramlási szögek, és ezzel együtt nő a leválás (pompázs) veszélye is. Meg kell jegyezzem, hogy a pompázsjelenség legtöbb esetben az axiális sebesség csökkenése miatt következik be.

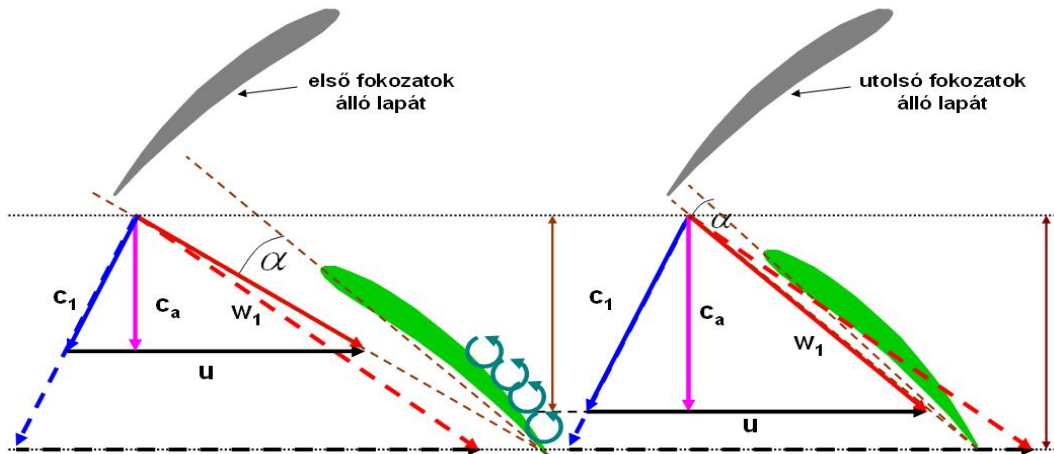
A leválás következményei lehetnek: mechanikai sérülés, nagyobb magasságon az égés megszakadhat; a T_3 turbina előtti gázhőmérséklet növekedésével növekszik a turbinalapátok hőterhelése (szélsőséges esetben tönkre is teheti a lapátokat); kompresszormunka nem csökken, de a turbinamunka igen, így a kompresszor fordulatszáma csökken. A fent tárgyalt jelenséget kiválóan szemlélteti a 33. ábra.

A fordulatszám csökkentésekor (ezt szemlélteti a 34. ábra) a fordulatszámmal együtt csökken a kerületi sebesség („ u ”) és az axiális sebesség is. A rááramlás szöge elméletileg nem változik. Ez igaz ugyan a középső fokozatokra, az első és hátsó fokozatokra azonban nem.



34. ábra: Kompresszor karakterisztika 2.

A fordulatszám csökkenésével ugyanis az axiális sebesség jelentősebben csökken az első fokozatokban, mint az utolsókban. Így a leválás veszélye az első fokozatokban jelenik meg. Itt a rááramlási szög megnő, és leválás indul meg a lapátok domború oldalán. Ez a lapátvégeken kezdődik, amelyet a teljes keresztmetszet leválása követ. A hátsó fokozatokban a leválás veszélye minimális marad. A 35. ábrán jól megfigyelhetjük a fent tárgyaltakat.



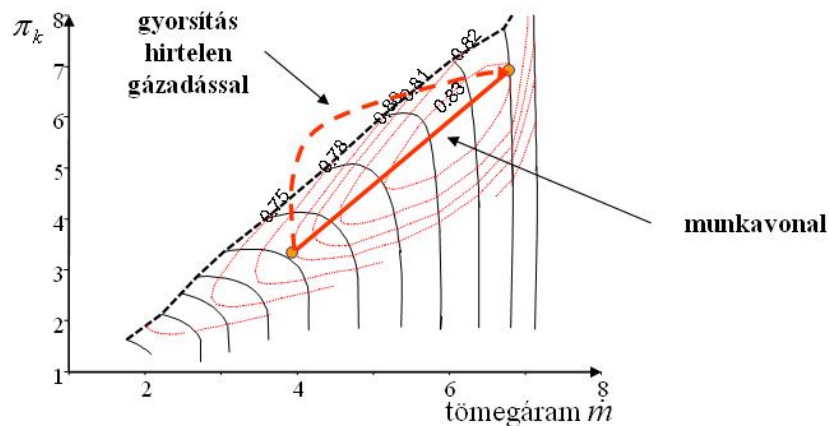
35. ábra: A sebességi háromszögek alakulása a kompresszor első és hátsó fokozataiban a fordulatszám csökkenés hatására

A szaggatott vonalak által alkotott sebességi háromszögek jelzik a kiinduló állapotot egy magas fordulatszámhoz tartozó üzemmódon. A folytonos vonallal jelölt háromszögek mutatják, hogyan alakulnak a különböző sebességkomponensek az első hátsó fokozatokban. Az ábrán látható jelölések megegyeznek a már korábban feltüntetett sebességi háromszögeknél alkalmazott jelölésekkel. Az α a rááramlás szögét jelenti a c_a pedig az axiális sebességet. Az előző megállapításokat ki kell egészíteni

azzal az információval, hogy ugyan a gyakoribb eset az, hogy az axiális sebesség lecsökkenése miatt a leválás a lapátok domború oldalán következik be, de leválás létrejöhet az axiális sebesség túlzott megnövekedésekor is, csak ebben az esetben a lapátok homorú oldalán.

Az előbbieken kívül a pompázsnak egyéb más okai is lehetnek:

- 1) hirtelen gázadás: az ábra alapján látható, hogy ha hirtelen gázadással gyorsítunk, akkor a kompresszorban leválás jöhet létre. Ezt onnan látjuk, hogy a piros szaggatott vonal túllépi az úgynevezett leválási vonalat.
- 2) a kompresszor vagy a szívócsatorna sérülése, ami az axiális sebesség és a kerületi sebesség, vagy a tömegáram megváltozását okozza
- 3) beömlési zavarok, például ferde megfűvás
- 4) T_3 – turbina előtti gázhőmérséklet növekedésével nő a pompázs veszélye, ezért rendkívül fontos ennek a szabályozása

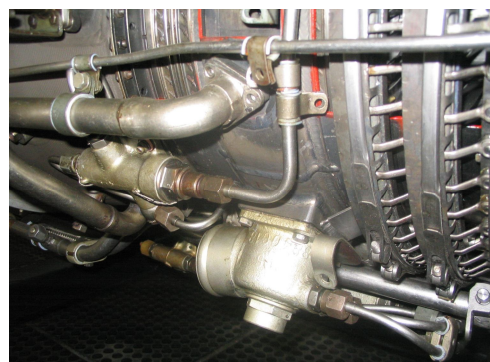


36. ábra: A hirtelen gázadás hatása a kompresszor karakterisztika alakulására

Az előbbieken részletesen ismertettem a pompázs kialakulásának okait illetve annak következményeit. A következőkben a jelenség megelőzésének módjait fogom tárgyalni.

Az egyik ilyen a levegő elvezetés a kompresszorból. A TV3-117 hajtómű esetében a kompresszor hetedik fokozat után kerül elvezetésre a levegő.

A pompázs megelőzése céljából a hajtómű indításakor a levegőáteresztő szelep nyitott állapotban van, és a beáramló levegő egy részét az atmoszférába vezeti. Ennek az



37. ábra: A levegő áteresztő szelep

úgynevezett megcsapolásnak a következtében elől megnő a tömegáram, ezzel együtt az axiális sebesség is. Ennek következtében a rááramlási szögek csökkennek, tehát nem áll fenn a pompázs veszélye. A kompresszor hátsó fokozataiban ennek pont a fordítottja játszódik le.

Ennek a módszernek az alkalmazásakor ugyan csökken a hajtómű teljesítménye, és megnő a fogyasztása, de a pompázs megakadályozása szempontjából mindenképpen szükséges. Hátránya, hogy alkalmazásával nő a T_3 hőmérséklet, ami némileg csökkenti a megcsapolás pozitív hatását. A levegőáteresztő szelep működése automatikus, vezérlését a hajtómű szabályozórendszere végzi.

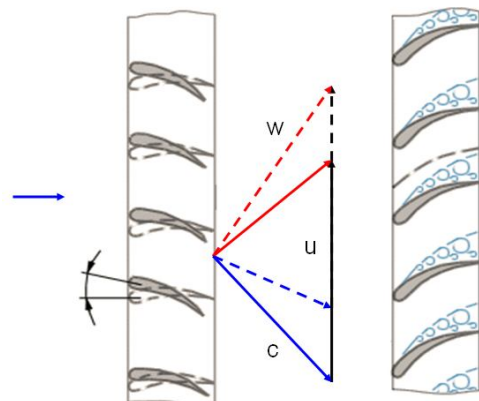
A pompázs jelenség kialakulásának megakadályozása céljából a TV3-117 hajtómű előperdítő terelőlapát-koszorúja illetve az első négy fokozat álló terelőlapát-koszorúja elfordítható. Ez az egyik leghatékonyabb módszer az áramlásleválás elkerülésére.

A hajtómű indításakor és alapgázon (alapjárat fordulatszám) zártak, beállítási szögük $+27^\circ \pm 1,5^\circ$ -os. 81%-os átszámított kompresszor fordulatszám után a fordulatszám emelkedésével egyenes arányban nyitnak a lapátok. A kompresszor 104%-os átszámított fordulatszáma esetén vannak teljesen nyitott helyzetben, ekkor a lapátok beállítási szöge $-6,5^\circ \pm 0,5^\circ$ -os* [8].

A 38. ábra azt szemlélteti, hogyan alakulnának a sebességi háromszögek, ha a hajtómű indításakor a lapátok nyitott helyzetben lennének.

Ezt a nyitott helyzetet szemléltetik a szaggatott

vonallal jelzett lapátok, illetve a szaggatottal rajzolt sebességi háromszög. Ebben az esetben leválás jönne létre. A folytonos vonalak a lapátok elfordításának következményét mutatják. Az ábrán is jól látható, hogy a lapátok elfordításával a sebességi háromszögek a számított üzemmódnak megfelelően épülnek fel. Hátrány, hogy a lapátok elfordításával nő a fojtás, ezáltal csökken a kompresszor tömegárama, csökken az axiális sebesség, ami némileg csökkenti a lapátelfordítás pozitív hatását.



38. ábra: Terelőlapát-koszorú elfordításának hatása a sebességi háromszögekre

* Ezek a szögeértékek a TV3-117VM típusú hajtóműre jellemző adatok.

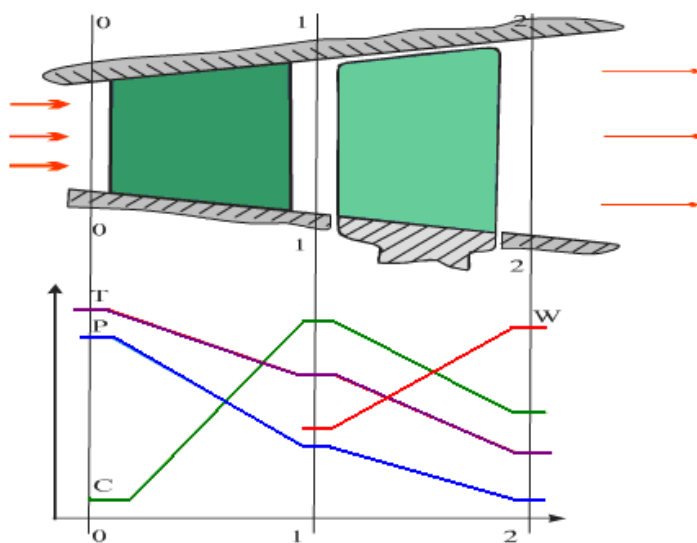
A lapátok elfordítása automatikusan történik az átszámított fordulatszám függvényében a hajtómű alján elhelyezett hidromechanizmus segítségével. A lapátok beállítási szögét szögskáláról tudjuk leolvasni.

4.6.2. A turbinaegység áramlási viszonyai és karakterisztikái

Ebben a részben röviden szemléltetem a turbinaegységben lejátszódó áramlási jelenségeket, illetve az állapotjelzők változásait. Ezek mellett a bemutató 3. diájáról egy animáció érhető el, amely kiválóan szemlélteti, hogyan jön létre a turbinában a forgómozgás.

A turbinaegységben a nagynyomású és magas hőmérsékletű gáz belső energiája mechanikai munkává alakul át. A kompresszorturbina munkája biztosítja a kompresszor és a segédberendezések meghajtásához szükséges energiát. A szabadturbina a kompresszorturbinával gázdinamikai kapcsolatban áll (mechanikus kapcsolat nincsen).

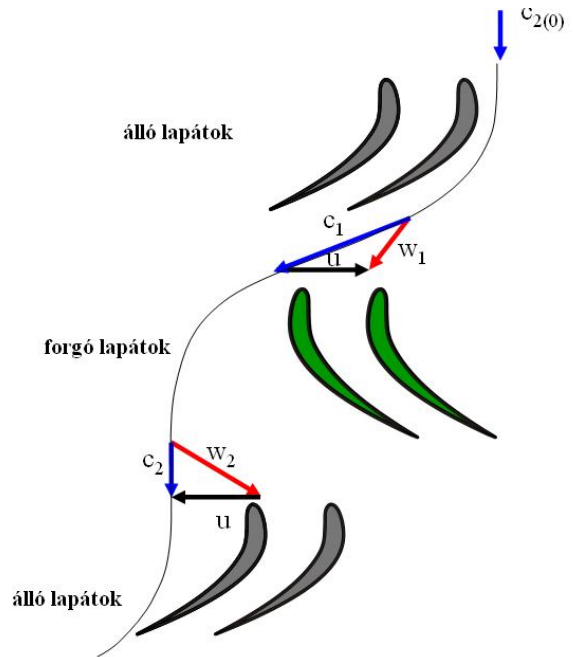
Teljesítménye az összekötő tengelyen keresztül a főreduktorra adódik át, ezen keresztül biztosítja a forgószárny megforgatását. A turbinák forgási iránya a repülési irány szerinti bal. A 39. ábra megmutatja, hogyan változnak az egyes állapotjelzők egy fokozaton belül. A fokozat az álló



39. ábra: Az állapotjelzők változása a turbinában

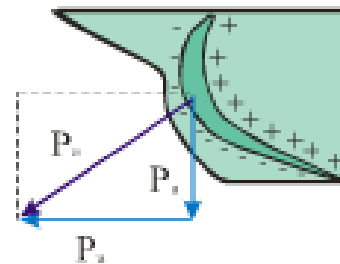
lapátkoszorúval kezdődik, ezt követi a forgó lapátkoszorú. A „T” jelöli a hőmérsékletet, a „p” a nyomást, a „c” az abszolút sebességet, a „w” pedig a relatív sebességet. A kép alapján jól látható, amit a fentiekben már említettem: A gáz hőmérséklete és nyomása fokozatosan csökken. A relatív sebesség a forgórészben növekszik. Az abszolút sebesség az álló lapátkoszorúban növekszik, ennek oka, hogy a turbinák konfúzoros (szűkülő) kialakításúak. Ennek a kialakításnak köszönhető, hogy a turbinák hatásfoka némileg jobb, mint a kompresszoroké, ahol a lapátok kialakításából adódóan az áramlás diffúzoros.

A 40. ábra bemutatja, hogyan épülnek fel a turbina sebességi háromszögei. A jelölések megegyeznek a korábban használt jelölésekkel („ u ” – kerületi sebesség, „ w ” – relatív sebesség, „ c ” – abszolút sebesség). A képen az optimális esetet láthatjuk, amikor a forgó lapátok után az abszolút sebesség axiális irányú. A valóságban a létrejövő veszteségek miatt ez el fog térni a tengelyiránytól (ennek maximális értéke 15° lehet).



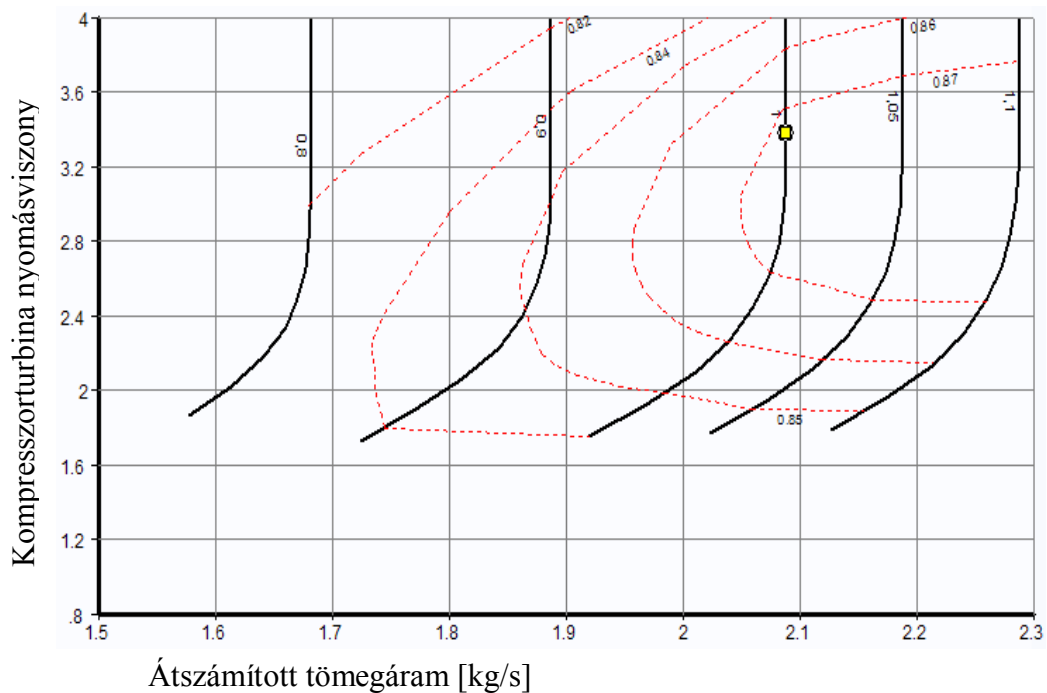
40. ábra: A sebességi háromszögek alakulása a turbinában

A 41. ábra azt mutatja, hogy a turbina forgása a forgórész lapátjaira ható erők eredőjének hatására jön létre. A „+” jelek azt jelentik, hogy a lapát belső oldalán nagyobb a nyomás, a „-” jelek pedig azt, hogy a külső oldalon kisebb.



41. ábra: Nyomáseloszlás a turbinalapáton

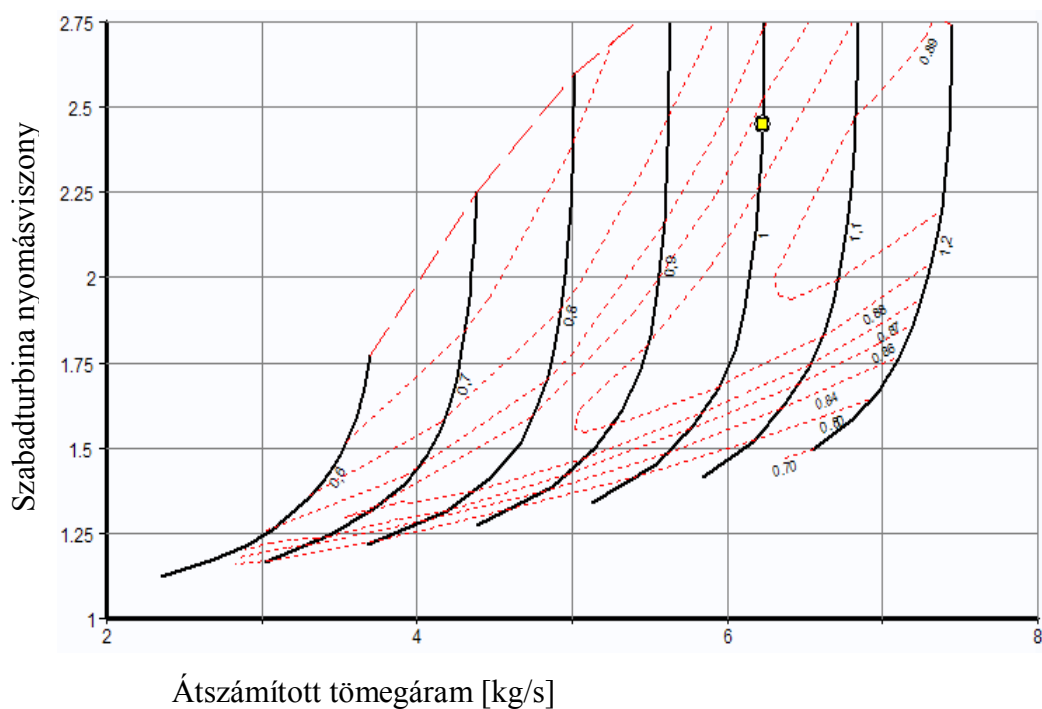
A turbinák karakterisztikáinak felépüléséről sajnos rendkívül kevés szakmai irodalom tesz említést, ugyanakkor nincs is szükség olyan szintű elemzésére, mint a kompresszor karakterisztika esetében, de úgy gondolom, ahhoz hogy minél jobban megértsük a hajtómű működését nem árt, ha közlöm ezeket is. A kompresszorturbina és szabadturbina karakterisztikáit, hasonlóan a kompresszoréhoz a GasTurb10 [4] programmal készítettem el.



42. ábra: A TV3-117 hajtómű kompresszorturbínájának karakterisztikája

A kompresszorturbina karakterisztikáján a fekete görbék egy adott fordulatszámhoz tartoznak, a piros szaggatott vonalak pedig a különböző hatásfok értékeket jelölik.

A optimális munkapontot, ahol a kompresszorturbina hatásfoka a legjobb, sárga pont jelöli.



43. ábra: A TV3-117 hajtómű szabadturbínájának karakterisztikája

A szabadturbina karakterisztikáján lévő jelölések megegyeznek a kompresszorturbina karakterisztikáján alkalmazott jelölésekkel. Az optimális munkapontot ebben az esetben is sárga pont jelöli.

5. BEFEJEZÉS

Dolgozatom fő célja az általam készített multimédiás oktatási segédlet bemutatása és ismertetése volt. A program elkészítésekor nem csupán azt tűztem magam elé feladatul, hogy a hajtómű szerkezetét feldolgozzam és bemutassam. A TV3-117 hajtómű szerkezete magában is igen nagy anyagrészt ölel fel, de önmagában nem érdemes pusztán csak ezt tárgyalni. Mivel a hajtómű tüzelőanyag rendszerének bemutatásához korábban már készítettek multimédiás oktatóprogramot, így választásom az olajrendszerre esett. Emellett nagy hangsúlyt fektettem a hajtómű működésének bemutatására, minél inkább próbáltam az oktatási segédletet e-szerint a komplex szemléletmód szerint összeállítani. Felhasználói szempontból az érhetőségre és a könnyű kezelhetőségre törekedtem.

Mára bebizonyosodott, hogy az ilyen és ehhez hasonló programoknak igen nagy jelentőségük van az oktatásban. Magam is részese vagyok ennek, így tudom, hogy egy jól elkészített multimédiás program kiváló segítséget nyújthat a tananyag elsajátításában. Tekintsük át milyen előnyei is lehetnek egy ilyen programnak, a repülőműszaki szakirányon tanuló honvéd tisztjelöltek, illetve a már aktív szolgálatot teljesítő repülőműszaki állomány számára.

- otthoni tanulás lehetősége (Sajnos a jelenlegi repülőműszaki szakirányon tanulók képzésében nincs lehetőség külön típus oktatására, de a multimédiás tansegédletek segítségével lehetőség nyílik a hatékony önképzésre.)
- szemléletesség (fotók, ábrák, leírások és különböző diagramok egy helyen elérhetőek)
- hatékonyabb oktatás, ezáltal képzettebb állomány
- a legfontosabb előny természetesen, hogy az ilyen programok segítségével a repülőműszaki állomány jóval felkészültebb lesz, ez a tény pedig döntő fontossággal bír a repülésbiztonság szempontjából

Dolgozatomban a multimédiás oktatási segédlet ismertetése mellett számos egyéb dolog is nagy szerepet kapott (pl. a hajtómű körfolyamat számításnak dokumentációja). Itt is a komplex szemléletmódra törekedtem, és célom volt, hogy minél érthetőbbé váljék a hajtómű működése.

Multimédiás oktatási segédletem készítése során a legfontosabb célom az volt, hogy a leendő repülőműszaki szakirányon tanulók, leendő és jelenleg aktív szolgálatot

teljesítő hivatásos illetve szerződéses állomány számára hasznos és hatékonyan felhasználható programot hozzak létre. A tansegédlet felépítését, annak komplex bemutatási módját tekintve, úgy gondolom a jövőben lehetőség nyílhat erre. A program készítése során számos kiváló példát láttam magam előtt (pl. a Mi-8 helikopter sárkányszerkezetéről vagy a TV2-117A hajtóműről készített multimédiás program), amelyek nagy segítséget nyújtottak a saját tansegédletem elkészítésében.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DR. BÉKÉSI LÁSZLÓ: A helikopter aerodinamikájának oktatási lehetőségei a multimédia segítségével. Repüléstudományi konferencia 2010. Szolnok, 60 éves a repülőtisztképzés. Repüléstudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2010. április 16.
- [2] IZSÓ LAJOS: Multimédia oktatási anyagok kidolgozásának és alkalmazásának pedagógiai, pszichológiai és ergonómiai alapjai, Budapesti Műszaki Egyetem Távoktatási Központ, 1998.
- [3] JUHÁSZ PÉTER: A Mi-24-es helikopter sárkányszerkezetének bemutatása a multimédia felhasználásával– TDK dolgozat 2004.
- [4] VARGA BÉLA: Hajtóműelmélet I. elektronikus óravázlat, Légijárművek hajtóművei elektronikus óravázlat
- [5] VARGA BÉLA: A TV2-117A típusú gázturbinás helikopter hajtómű üzemi viszonyainak vizsgálata termikus matematikai modell segítségével – Diplomaterv, 1990. BME Járműgépészeti Intézet.
- [6] VARGA BÉLA- DR. SZABÓ LÁSZLÓ - DR. BÉKÉSI LÁSZLÓ: TV2-117, T58-GE-100, TV3-117, valamint RTM-322-01/9 helikopter hajtóművek termikus számítás eredményeinek összehasonlítása – Szolnoki Tudományos Közlemények XII. Szolnok, 2008.
- [7] Re/1710 – A TV3-117 gázturbinás hajtómű műszaki üzemben tartási szakutasítása I. könyv, a Magyar Honvédség kiadványa
- [8] Mi-8MTV-1 – TV3-117VM engine, elektronikus oktatási segédlet
- [9] www.motorsich.com
- [10] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Multim%C3%A9dia> (2011. 10. 09.)

MELLÉKLET

1db CD: A TV3-117 hajtómű szerkezete és olajrendszere (multimédiás oktatási segédlet)