

TURBÓFELTÖLTŐK KITERJESZTETT JELLEGMEZŐINEK MÉRÉSE

KALMÁR István, NAGY László

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
Járműgépészeti Intézet

Közleményünk egy dieselmotor feltöltő (turbina-kompresszor gépegység) továbbiakban turbótöltő vizsgálatára alkalmas mérőberendezés követelményrendszerének meghatározásával, valamint az elkészült mérőberendezés bemutatásával foglalkozik. Ezt követően a meghatározott követelményrendszer alapján elkészített mérőberendezésen végzett vizsgálatok egyes mérési eredményeit mutatjuk be.

A turbótöltők vizsgálata alatt a következőkben mi azoknak a jelleggörbéknek (jellegmezőknek) meghatározását értjük, amelyek alapján a dieselmotor turbótöltő együttműködése megítélhető, ill. ez az együttműködés modellezhető. A modellezhetőség megkívánja, hogy a jellegmezőket a szokásosnál nagyobb működési tartományban vizsgáljuk. A továbbiakban csak a turbina jellegmezői meghatározásának problémáival foglalkozunk, mivel a kompresszorok jellegmezői az esetek nagy többségében rendelkezésünkre állnak.

A turbótöltők jellegmezőinek meghatározására szokásos módszer, hogy a kompresszor és turbina közé egy energiabevitelre alkalmas égésteret építenek és a turbótöltőt mint egyszerű tengelyteljesítmény nélküli gázturbinát üzemeltetik. Ez a működési mód (mérési módszer) azonban a mérési tartományt nagymértékben korlátozza, illetve a turbina üzemeltetése csak a kompresszor által meghatározott tartományban biztosítható. Különösen nagy nehézségeket okoz, hogy a turbina jellemzőinek (redukált tömegáram, hatásfok, nyomásviszony) a fordulatszám szerinti változása nem ismeretes. Ez utóbbi jellemzők mérése széles működési tartományban csak akkor válik lehetővé, ha a turbina és a kompresszor tényleges tömegáramai egymástól függetlenül szabályozhatók, azaz eltérők. A turbina jellegmezőinek vizsgálatához szükséges pl., hogy ugyanazon teljesítményt különböző nyomásviszonyok és hőmérsékletek mellett is teljesíthesse.

Ilyen feltételeket egy olyan gázgenerátorral lehet teljesíteni, amelynél a gázáram nyomása és hőmérséklete a kompresszortól függetlenül is változtatható. Az előbbi üzemmód megvalósítására egy nagy henger űrtartalmú széles fordulatszám sávban üzemelő Diesel-motort választottunk, amely tengelyteljesítmény nélkül gázgenerátorként működött. Ezzel tehát biztosítható volt a

turbina viszonylag hideg és nagynyomású munkaközeggel történő ellátása, valamint a tömegáram szabályozása viszonylag egyszerű eszközökkel.

A Diesel-motor kipufogó vezetékébe épített égéstér segítségével lehetővé vált, hogy a turbina előtti hőmérséklet megengedhető maximális értéke is minden üzemállapotban beállítható legyen.

Természetesen az így kialakított próbapad nem teljesen független a kompresszor jellemzőitől, hiszen bárhog is változtatjuk a turbina előtti gáz jellemzőit, a turbina és a kompresszor teljesítmény egyenlőségének mindenkor teljesülni kell a mérés során. Ez igen fontos körülmény,

- mert egyrészt lehetővé teszi, hogy viszonylag egyszerű módon megmérhesük a turbina hatásfokát (bonyolult, drága turbina próbapad nélkül)
- másrészt viszont le is határolja azt a kimérhető tartományt, amelyet a feltöltő kompresszor cseréje nélkül meg lehet határozni.

A mérőberendezés felépítése

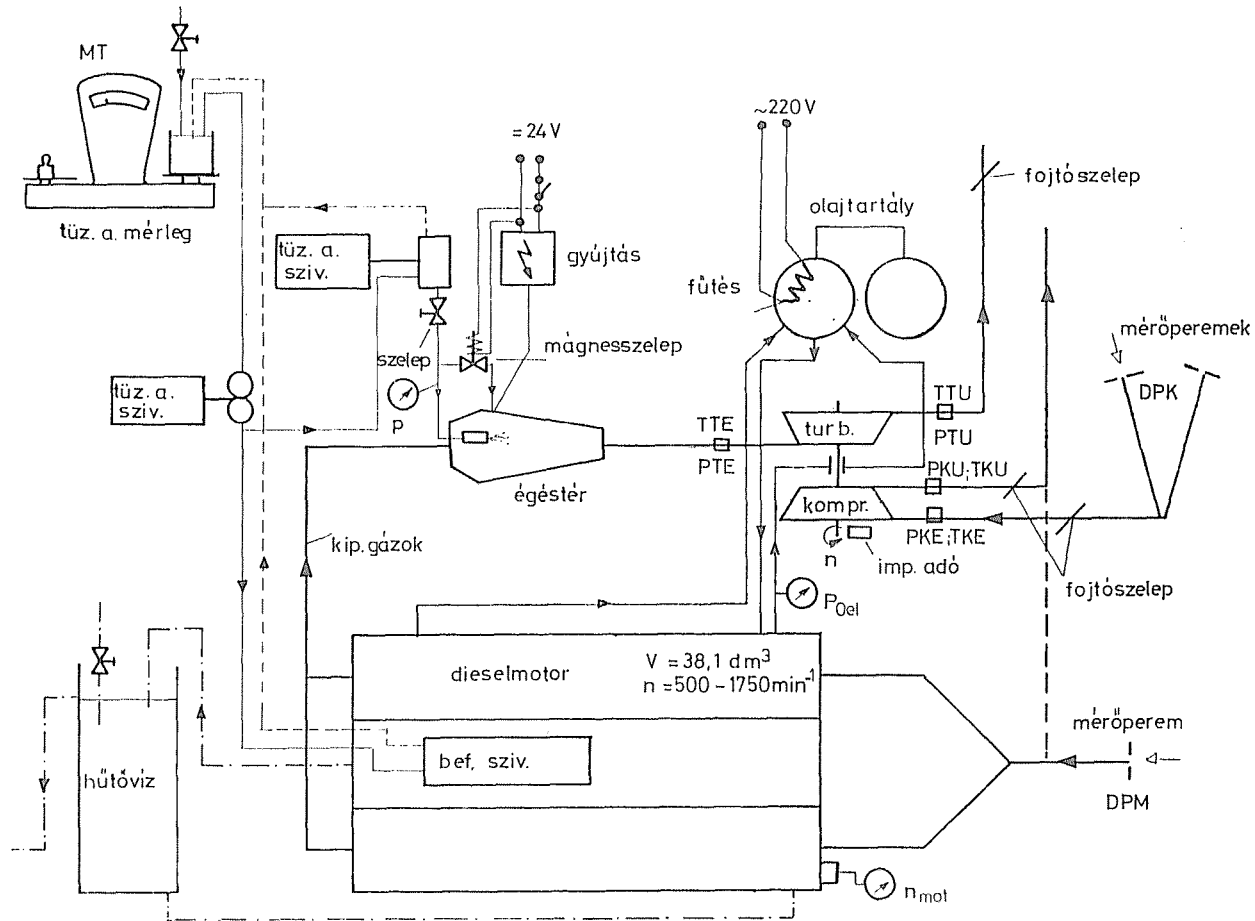
A vizsgálóberendezésnek tehát alkalmasnak kell lennie arra, hogy a turbina jellegzőit is a fordulatszám függvényében és viszonylag széles működési tartományban meg lehessen határozni, úgy hogy ezek a motor és turbótöltő együttműködésének digitális szimulációjához (modellezéséhez) jól felhasználhatók legyenek. A próbapadra helyezett turbótöltő üzemi jellemzőinek (jellegzőinek) meghatározásához a mérőhelyeknek biztosítani kell a beállított munkapontok értékeléséhez, valamint a biztonságos üzemeltetéshez szükséges adatokat.

Az 1. ábra alapján vizsgáljuk meg a mérőberendezés felépítését és működés módját.

A berendezés fő egységei a következők :

- a vizsgálandó turbótöltő;
- a munkaközeg szállító Diesel-motor;
- a munkaközeg hőfokszabályozására szolgáló égéstér;
- az égésteret és Diesel-motort kiszolgáló tüzelőanyag rendszer;
- a turbótöltő és Diesel-motor kenőolaj rendszere;
- a turbinán, illetve a kompresszoron átáramló levegő, illetve gáztömeg meghatározására szolgáló mérőrendszer;
- a turbina, illetve kompresszor paramétereinek mérésére szolgáló mérőrendszer;
- a turbótöltő fordulatszámát mérő egység;
- a Diesel-motor hűtőrendszere.

A Diesel-motor tengelyteljesítmény nélkül 500 és 1750/min fordulatszámok között üzemelt, a kipufogógáz hőmérséklete 90—300 °C között változott.



1. ábra

Tekintettel arra, hogy a terheletlen Diesel-motor igen nagy légvisztonnyal működik, a kipufogó rendszerbe iktatott égéstér segítségével a gázok hőmérséklete tetszés szerint beállítható. A Diesel-motor és az égéstér által időegység alatt elfogyasztott tüzelőanyag tömegét mértük, ami a motor légnyelésével összegezve a turbina tömegáramát adja. A turbina előtt és után az átáramló gáz átlagos torlóponthi hőmérsékletének és nyomásának meghatározására négy-négy kombinált mérőszondát építettünk be. A rendszer nyomásának beállítására a turbina után elhelyezett fojtószelep szolgált.

A kompresszor által beszívott levegő mennyiségét mérőperem segítségével határoztuk meg. A kompresszor nyomásviszonyának beállítására a kompresszor előtti és utáni csőszakaszban egy-egy fojtószelep került beépítésre. Ezekben a csőszakaszokban ugyanúgy, mint a turbinánál nyomás, illetve hőmérséklet érzékelőket szereltünk.

A kompresszor által szállított levegő általában a szabadba távozott, de mód volt olyan üzem megvalósítására is, amikor a szállított levegőt a Diesel-motor szívócsövébe vezettük. A turbótöltő fordulatszámát mágneses jeladó segítségével mértük, amely a kompresszor járókerékét rögzítő anyagba volt beépítve.

A mérőrendszer felépítése (2. ábra)

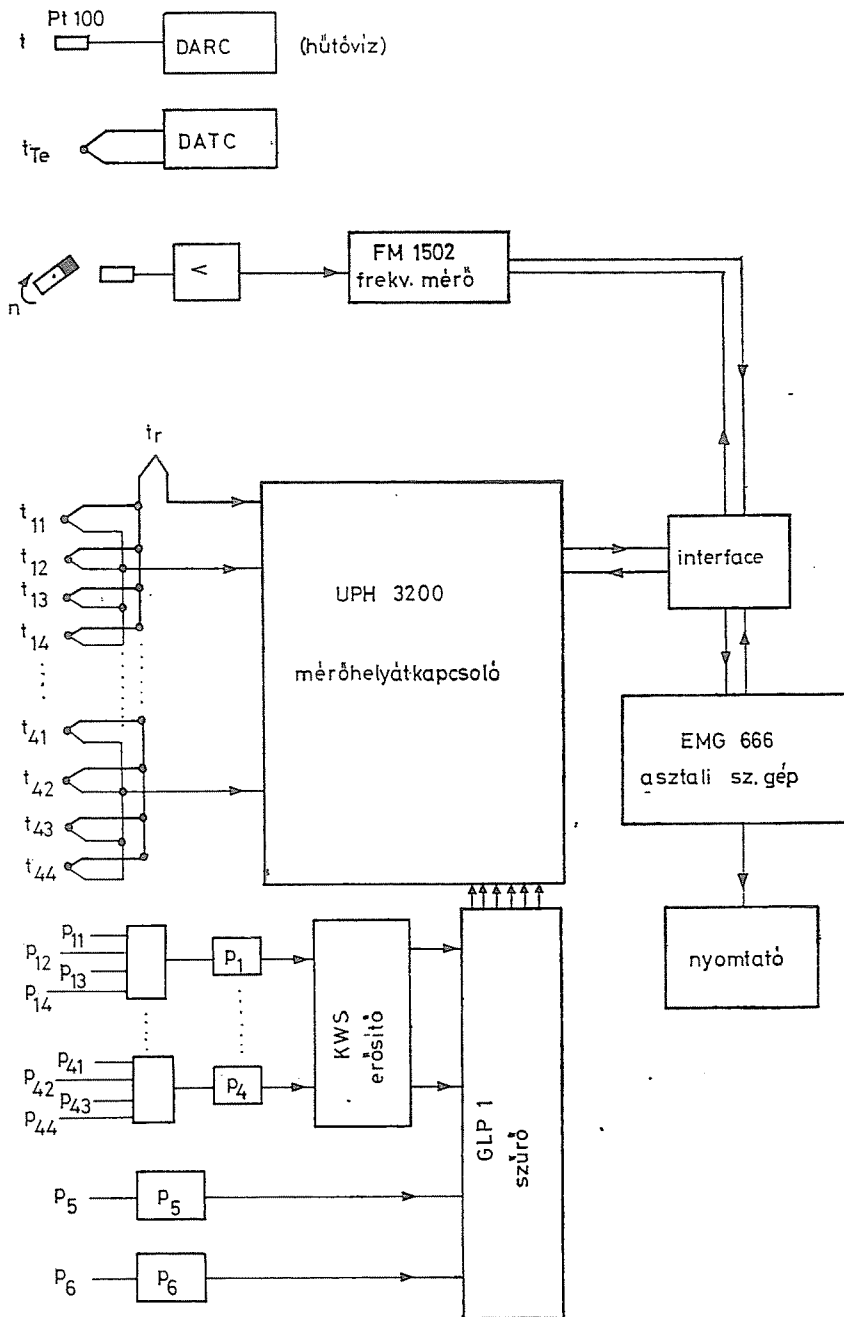
A mérőrendszert működése alapján két részre bonthatjuk:

- a fizikai jellemzőket mérő átalakítókból, mérőerősítőkből és szűrőkből álló lánc, amelynek kimenőjele a mérendő mennyiségekkel arányos feszültség.
- a mérési eredmények feldolgozására, kiértékelésére szolgáló asztali kalkulátor, amelyhez még a mérőhely átkapcsoló, az analóg-digitális átalakítók, a számítógép illesztőegység (interface) és a mozaik nyomtató tartozik.

Tekintettel a helyszíni adatfeldolgozásra a mérőperemeken létrejövő nyomásesés mérését is villamos jelátalakító segítségével végeztük, erre a célra az MMG 3104 p-TRAN típusú nyomástávadóját használtuk.

A mérési eredmények adatgyűjtését és kiértékelését EMG 666 típusú asztali kalkulátorral oldottuk meg. Az UPH 3200 típusú mérőhely átkapcsoló már magában foglalja az analóg-digitális átalakítót. A digitális kimenetet az illesztő egységen keresztül kapcsoltuk a számítógéphez. A program alkalmas egy munkapontban a mérőhelyek többszöri lekérdezésére. A mérések során minden beállított munkapontban tíz mérési adatot rögzítettünk. A begyűjtött adatokat a tényleges fizikai mennyiségek mérőszámainak megfelelő értékre számolja át, és elvégzi a kiértékelési feladatokat, valamint az eredményeket mozaik nyomtatón jeleníti meg a számítógép.

A mérőkör kialakításánál meg kell említeni a kompresszor pumpálási határának megállapítására szolgáló, a kompresszor nyomóágába épített nyo-



2. ábra

másmérő jelátalakítót, amelyről érkező villamos jeleket megfelelő erősítés után oszcilloszkóp segítségével megjelenítettünk. A jelek alakulásából nagy biztonsággal következtetni tudtunk az instabilitási határra.

A mérések módja, az eredmények kiértékelése

Az egyes mérési pontokat a Diesel-motor fordulatszámának, illetve esetenként az égéstérbe fecskendezett tüzelőanyag mennyiségének szabályozásával állítottuk be — a kompresszor fojtásának állandó értéken tartása mellett. A mérési adatok gyűjtését a stacioner állapot kialakulását követően végeztük. A stacioner állapot megállapítására a turbina előtti hőmérséklet és a gépegység fordulatszámának ellenőrzése szolgált, amelyhez az említett mérőrendszertől függetlenül működő két digitális kijelző műszert használtunk. A mérőrendszer tárgyalásánál említettük, hogy egy mérési pont beállítását követően a rendszer tíz mérési ciklust rögzített. Ezen adathalmaz birtokában nem csak az átlag képzésre volt lehetőség, hanem a mért értékek ingadozása is követhető volt. A mérési eredmények grafikus megjelenítése során is segítette a döntést a mérési adatok szükségzerű szórásának ismerete.

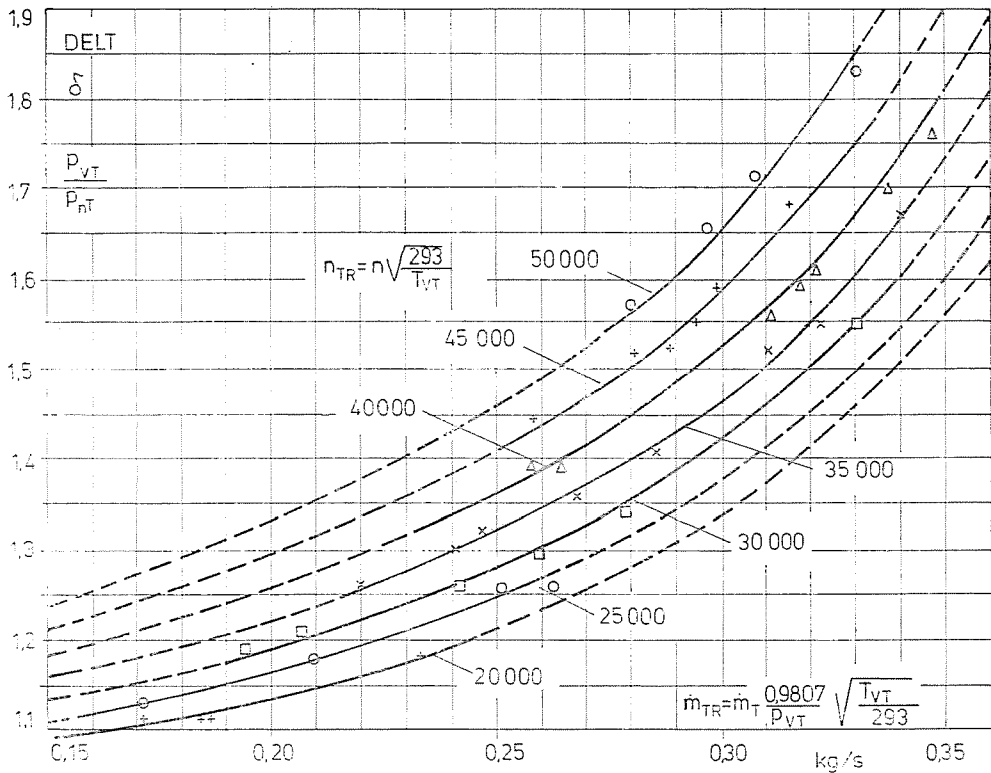
A kompresszor jellegmezőinek szerkesztése segéd-diagramok készítésével viszonylag egyszerűen megoldható. Míg azonban a kompresszornál egy-egy fojtás-állandó vonal mentén mért állapotok alapján paraméteres segéd-diagramokat tudunk szerkeszteni, a turbina esetében ez nem lehetséges. Ezért a turbina jellegmezők meghatározásához lényegesen több mérési pontra van szükség, mint a kompresszorhoz, ugyanis:

- nem lehetséges segéd-diagramok segítségével a jelleggörbéket megszerkeszteni;
- nagyobb a mért értékek szórása;
- nagyobb nehézséget okoz a kívánt üzemállapotok beállítása a mérés során.

Az ismertetett mérőberendezés segítségével a 3. ábrán egy KKK gyártmányú turbótöltő turbinájának jellegmezői láthatók. Az ábrákat vizsgálva megállapítható, hogy ezek lényegesen több információ hordozói, mint a gyár által egy-egy görbével megadott tömegáram és hatásfok értékek.

Azonban az is megállapítható, hogy a kérdéses paraméterek szerinti görbék mért értékei nem fedik le a teljes jellegmezőt. A mért tartomány kiterjesztését adott turbótöltő esetén a következő okok gátolják:

- a mért (jelen esetben 1,9) értéknél nagyobb turbina nyomásviszonyoknál a kompresszor már nem tud nagyobb teljesítményt felvenni a fordulatszám határon belül;



3. ábra

— kis turbina nyomásviszonyok és nagy redukált fordulatszámok tartományában (jelen esetben 0,5 hatásfoknál kisebb értékeknél) viszont már túl nagy a kompresszor teljesítményfelvétele és ezt a turbina nem tudja fedezni ebben a tartományban.

A turbina jellegmezők mérhető tartományának további kiterjesztése is megvalósítható az ismertetett mérőberendezéssel, amelyről egy későbbi időpontban számolunk be.

Dr. Kalmár István egy. docens

Dr. Nagy László egy. adjunktus