

Mechanikai veszteségek vizsgálata hidegteszt próbapadon

ANTAL Attila egy. adj.

Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék
9026 Győr, Egyetem tér 1, Tel: 0036 96613574 Fax: 0036 96613677
E-mail: antala@sze.hu

Összefoglaló: A CO₂ kibocsátás csökkentése napjaink legfontosabb feladata a motorfejlesztők számára, amelynek megvalósítása a hatásfok javításával érhető el. A hatásfok növelésének fontos eszköze a motorok mechanikai veszteségeinek megbízható ismerete. A Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszéken létesült laboratóriumban égés nélküli üzemben lehetőség van komplett és preparált motorok, valamint bármilyen – hajtást igénylő – segédberendezés mechanikai veszteségeinek elemző vizsgálatára. A vizsgálatok során pontosan beállítható és jól reprodukálható hőtechnikai állapotok mellett lehetséges a vizsgálatok lefolytatása.

1. A hidegteszt laboratórium létesítésének okai

$$P_m = -P_e$$

A Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék szoros együttműködési kapcsolatban áll az Audi Hungaria Motor Kft. gyár motorfejlesztési részlegével. A motorfejlesztés széles spektrumában a tanszék fő kutatási területe a tribológia, az RNT technika felhasználásával végzett kopásvizsgálatok és az ezzel szoros kapcsolatban a belső égésű motorok mechanikai veszteségeinek elemzése.

Az égés nélküli motorvizsgálati eljárások már több évtizedes múltra tekintenek vissza, amelyeknek a technikai alapját a villamos hajtások szabályozási eljárásainak fejlesztésében tapasztalható eredmények teremtették meg.

2. A mechanikai veszteségek vizsgálati lehetőségei

A belső égésű motorok mechanikai veszteségeit a motor P_i indukált- és P_e effektív teljesítményeinek különbsége fejezi ki:

$$P_m = P_i - P_e$$

A motor mechanikai veszteségeinek jellemzésére a mechanikai hatásfokot használják a fenti összefüggés felhasználásával:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{P_e}{P_e + P_m}$$

Égéses motorüzemben a mechanikai veszteség a dugattyútetőbe vezetett P_i indukált teljesítménnyel egyenlő, hiszen üresjáratban nincs terhelés a motor lendkerékén. A fenti definíciós egyenlet égés nélküli üzemben is – amikor $P_i = 0$ – igaz, de ilyenkor egy adott vizsgálati fordulatszám tartásához az adott fordulatszámon ébredő mechanikai veszteséggel azonos negatív előjelű P_e effektív teljesítményt kell bevezetnünk:

Ez a motor külső forgatásának megteremtését igényli. A motor forgatásához szükséges teljesítmény pontos meghatározásához a behajtó nyomaték és fordulatszám precíz mérését kell megteremteni, amely a hajtásláncba integrálandó nyomaték- és fordulatszám-mérő berendezéssel valósítható meg. A vizsgálati fordulatszám tetszőleges és pontos beállítása érdekében olyan villamos hajtást kell választani, amely lehetővé teszi a fordulatszám = állandó szabályozás megvalósítását.

- A motor mechanikai hatásfokának meghatározása külső hajtással természetesen nem lehetséges, hiszen ehhez a P_i indukált teljesítmény értéke ilyen vizsgálati eljárásnál értelemszerűen hiányzik. A mechanikai veszteségek

alakításában résztvevő motor alkatrészek hatásai azonban nagyon jól tanulmányozhatók, hiszen - a hengertéri nyomáslefolyás égéses üzemtől eltérő lefolyásán kívül - a motor termikus állapota valóságnak megfelelő megvalósítása a fékpadi környezet kialakításával biztosítható.

A külső hajtási lehetőség a komplett motor vizsgálatán kívül természetesen felhasználható preparált motorok elemzésére is, ahol csak a vizsgált részegység működik a vizsgálati feladatnak megfelelő módon. Ezen kívül bármely segédberendezés (olajszivattyú hajtási teljesítményigénye, a berendezés hatásfokának mérés-technikai meghatározása lehetővé válik.

3. A hidegteszt laboratórium kialakítása

A laboratórium kialakításának műszaki szempontjait a tanszékünk fogalmazta meg [1]. A fékterem tervezési és kivitelezési munkáit egy többfordulós közbeszerzési pályázaton az Energotest Kft. nyerte el. A laboratórium 2010. szeptember - 2011. február közötti időszakban valósult meg.

A behajtást végző villamos géppel szemben támasztott fontosabb követelmények:

1. A vizsgálati fordulatszám tartomány: 0...6500 rpm
2. A behajtó forgatónyomaték tartománya: 0...250 Nm
3. A hajtási teljesítmény tartomány: 0...110 kW
4. Folyamatos működési időtartam: 1...8 üzemóra

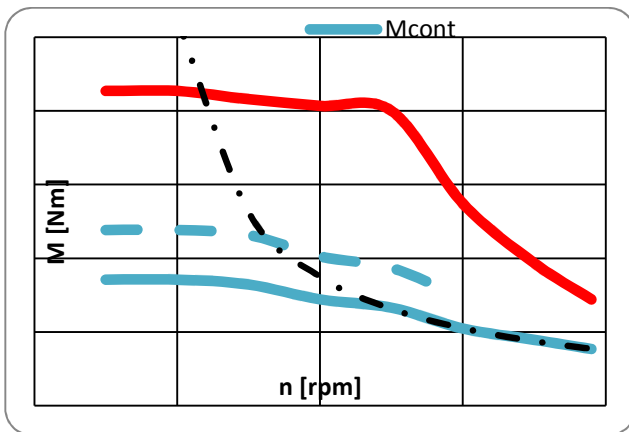
A külső hajtású fékterem technikai rendszere az alábbi egységekből tevődik össze:

- rezgésmentes gépalap
- villamos hajtómotor és szabályozási rendszere
- hajtási forgatónyomaték mérőrendszere
- hűtőfolyadék rendszer és szabályozási köre
- kenőolaj rendszer és szabályozási köre
- levegő ellátó rendszer és szabályozási köre
- kipufogógáz elvezető rendszer és szabályozási köre

köre

- kezelőtér légkondicionáló rendszerrel
- mérési adatgyűjtő és kiértékelő rendszer

A beépített villamos gép egy Asean Brown Boveri gyártmányú 400 VAC feszültségű, 3 fázisú aszinkron szervomotor, melynek külső jelleggörbéje látható az 1.ábrán. A motor sebességi szabályozására egy ABB gyártmányú, ACS800-01-0135-3 típusú frekvenciaváltó került alkalmazásra. A vizsgálati munkapont beállítását a kivitelező cég által kifejlesztett szoftver biztosítja.



1.ábra ABB VM5.7 szervomotor jelleggörbéi

A motorba vezetett hajtónyomatékot a hajtásláncba épített Hottinger gyártmányú T12 típusú nyomatékmérő tárcsával érzékeljük, amelybe egy inkrementális szögjeladó is be van építve a fordulatszám meghatározása érdekében. A mért jelek érintés nélküli jelátvitellel kerülnek a fék gép vezérlő szoftveréhez és a mérési adatgyűjtő rendszerhez.

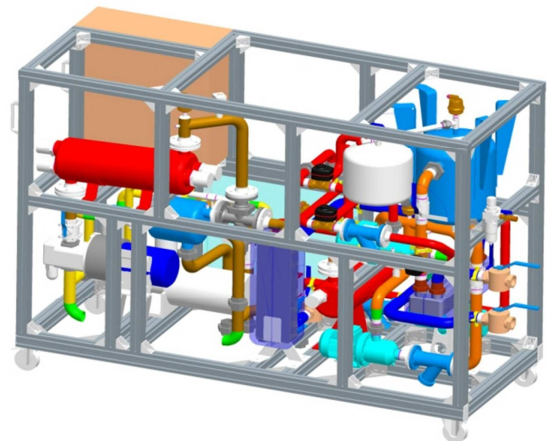
A motor termikus állapotának szabályozása hűtővíz oldalról, a kenési rendszer oldaláról és a levegő ellátó oldal felől is

befolyásolható. Az alábbi táblázatban látható az egyes szabályozási rendszerek fontosabb jellemzőinek összefoglalása.

Jellemző	Víz	Motorolaj	Levegő
Max. térfogatáram [dm ³ /s]	3	0.5	300
Hőmérséklettartomány [C°]	45...110	80...150	25
Belépési hőfoktartási pontosság [K]	± 1	± 1	± 1
Hűtési teljesítmény [kW]	100	30	5
Fűtési teljesítmény [kW]	30	18	10

A belső égésű motor és a féktermi környezet fenti jellemző szabályozási körei biztosítják a vizsgálati körülmények pontos és reprodukálható beállítását, ezáltal a mérési pontosság kézben tartását [2]. A motor termikus állapotának tetszőleges beállításához egy integrált felépítésű szabályozó szekrényt alkalmazunk, amelyben a motor hűtővíz- és kenőolaj-rendszere egy-egy hőcserélőn keresztül kapcsolódik egy külső téren elhelyezett szárazhűtő vízkörébe, amely lehetővé teszi a hőelvezetést a motortól. A hűtővíz- és kenőolaj-rendszer fűtéséről villamos fűtőcsövek gondoskodnak (2.ábra).

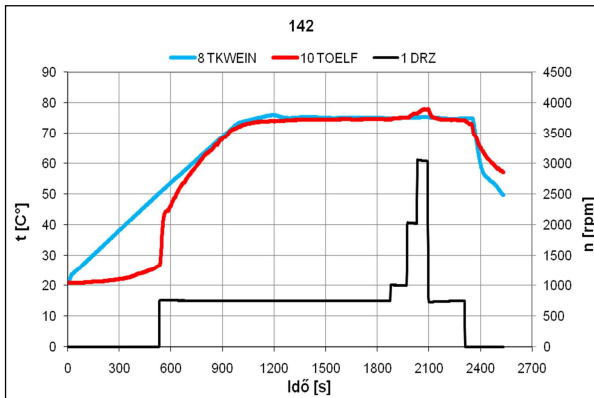
Az égés nélküli motor vizsgálatok a szabályozó szekrény lehetővé teszi a motor vízszivattyújának és olajszivattyújának kiiktatását is. Ilyen esetben egy-egy frekvenciaváltóval szabályozott szivattyú gondoskodik a szükséges térfogatáram- és nyomásviszony beállításáról. A hőmérsékletszintek fenti pontosságú szabályozásáról a folyadékkörökbe épített távműködtetéssel szabályozott keverőszelepek gondoskodnak.



2.ábra Szabályozó szekrény

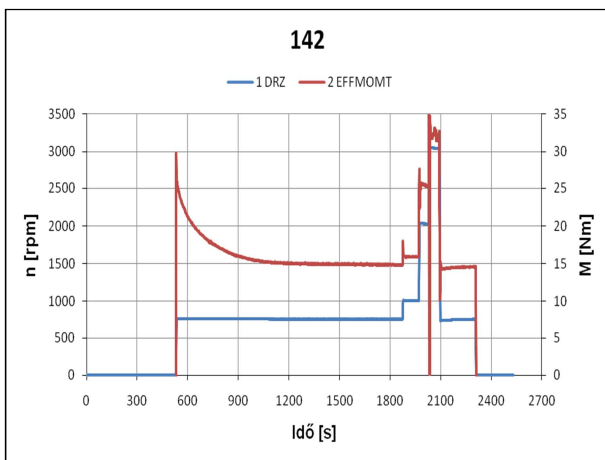
A hőmérsékleti szabályozási viszonyok időbeli lefolyását mutatja be a 3.ábra. A próbapad szobahőmérsékletéről való indítása után azonnal megkezdődik a hűtőfolyadék és a motorolaj 75 C°-ra történő felfűtése. A motor olajsűrőjében mért hőmérséklet kezdetben csak a hűtőfolyadék fűtő hatása miatt változik, de a motor forgatásának megindulásakor a motorolaj hőmérséklete hamar utoléri a hűtőfolyadék emelkedő hőmérsékletét.

A motor fordulatszámának emelése zavart okoz a motorolaj hőmérsékletében, amit a kondicionáló rendszer csak hosszabb idő után tud visszaállítani. A motor leállítása után a szobahőmérsékletre történő visszahűtési folyamat lett elindítva.



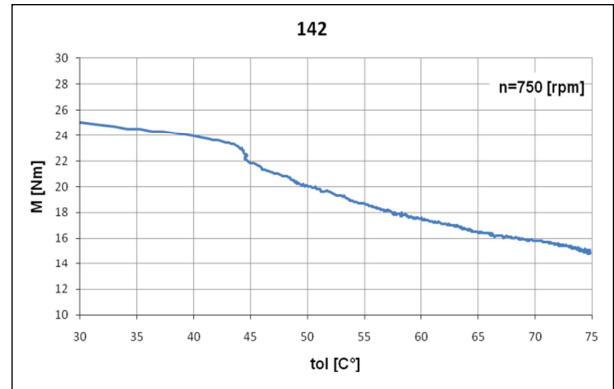
3. ábra Hőmérsékleti viszonyok lefolyása

A 4. ábrában egy 2 literes, négy hengeres belső égésű motor hajtásához szükséges nyomaték-lefolyás időbeli változása látható. Jól megfigyelhető, hogy 750 rpm állandó fordulatszámon a mechanikai veszteségekkel arányos hajtási nyomaték jelentősen változik a motor melegedése következtében. A vizsgálati fordulatszám változtatása természetesen a hajtási nyomaték szükségletet is módosítja.



4. ábra Nyomaték- és fordulatszám-lefolyás

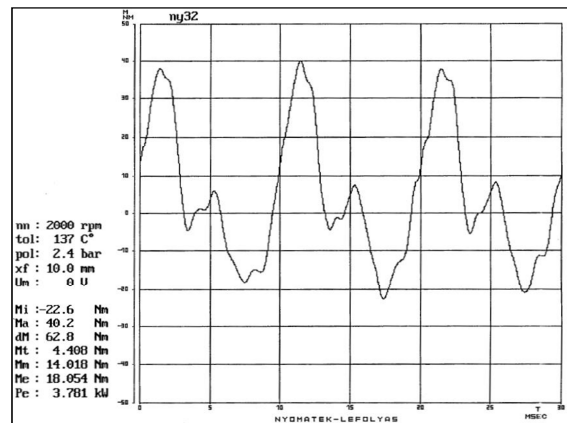
Az 5. ábrában állandó motorfordulatszámon mutatjuk be a motorolaj hőmérsékletének hatását a mechanikai veszteségek alakulására.



5. ábra A hajtási nyomaték változása állandó fordulatszámon

Ez a változás felhívja a figyelmet a vizsgálandó motor termikus állapotának stabil és jól reprodukálható biztosítására, amely indokolja a fenti táblázatban látható hőmérsékleti tűrések szigorúságát.

A külső hajtású próbapadon végezhető vizsgálatok közül még egy konkrét mérést mutatunk be, amely egy V6-os motor egyik oldali vezértengelyeinek hajtásához szükséges nyomaték-lefolyásokat mutatja be a 6. ábrán:



6. ábra Nyomaték-lefolyás időbeli lefolyása

A fenti ábra baloldalán a vizsgálat munkapontjának jellemző adatait és a nyomaték-lefolyás kiértékelésének különféle jellemző értékeit tüntették fel egy munkaciklus folyamán, 2000 rpm motor fordulatszámon.

Irodalmi hivatkozások

1. Antal Attila: Műszaki követelmények külső hajtású motorfékterem kialakításához. Kutatási Jelentés, Győr 2009.
2. Installációs dokumentáció hidegteszt laboratóriumhoz. Energotest Kft., 2010.

TAMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0003: *Mobilitás és környezet: Járműipari, energetikai és környezeti kutatások a Közép- és Nyugat-Dunántúli Régióban. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.*