

Gépjárművek effektív teljesítményének diagnosztikai mérése

Dr. Lakatos István Ph.D.

Széchenyi István Egyetem, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék, 9026 GYŐR, Egyetem tér 1.

Abstract: A diagnosztika megbontás nélküli műszeres mérést jelent. Így a hajtómotorok fékpadon történő mérése ebbe a fogalomba nem fér bele, hiszen ezt a mérést járműből kiépített motorokon végzik. Szervizekben azonban sokszor van szükség a motor teljesítményének mérésére, illetve az egyes beavatkozások teljesítmény-vetületének megítélésére. A cikkben leírt új módszer erre kínál megoldást

1. BEVEZETÉS

A gépjármű motorok effektív teljesítményének mérése féktermi mérésekkel történik, amely kiszerezelt motort feltételez. Ennek eredményei motorok esetében általában rendelkezésre álló úgynevezett külső vagy teljes terhelési jelleggörbék.

Az üzemeltetett járművek esetében azonban meglehetősen ritkán adódik lehetőség ilyen mérések elvégzésére. A diagnosztizálási és javítási munkák során azonban gyakran merül fel igény arra, hogy meg tudjuk mérni a motorok effektív nyomatékát, illetve teljesítményét.

Bizonyos görgős teljesítménymérő padok rendelkeznek ezzel a tudással, azonban még ezek ára is meghaladja a szervizek lehetőségeit.

A továbbiakban elérhető eszközháttérű új mérési módszer elméleti háttérét ismertetem.

2. MOTORTELJESÍTMÉNY MÉRÉS SZABADON FUTÓ

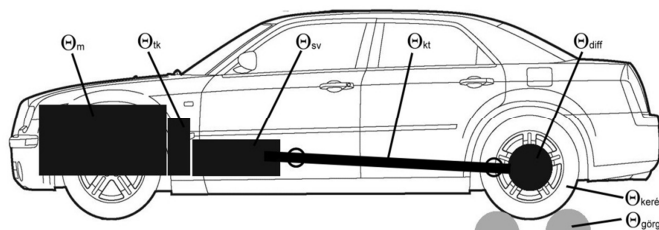
2.1. Az új mérési módszer elméleti alapjai

A mérési módszer kiindulási pontja, hogy terheletlen állapotban gyorsítjuk fel és lassítjuk le a vizsgált jármű hajtásláncát szabadon futó (fék gép nem szükséges) görgőkön. Mivel külső karakterisztikákat akarunk mérni, a mérést teljes terhelési üzemi állapotban kell végrehajtani.

A mérés menete az alábbi:

1. **GYORSÍTÁSI SZAKASZ:** A padon álló jármű hajtásláncát és a teljesítménymérő pad görgőit, teljes terhelésű (teljes gáz) szabad gyorsításban gyorsítjuk fel a névleges motorfordulatszámig a vizsgálati sebességfokozatban.
2. **KIFUTTATÁSI SZAKASZ:** A tengelykapcsolót oldva, a sebességváltót az adott fokozatban hagyva, hagyjuk megállásig lelassulni az autót.

A mérés során, mivel nincs külső terhelés, a motornak az 1. ábrán látható tehetetlenségi nyomatékokat kell felgyorsítania. A kifuttatás során a motor tehetetlenségi nyomatékát leválasztottuk, így ennek kivételével a többi tehetetlenségi nyomaték hatása lassítja a rendszert.



1. ábra: Jármű hajtáslánc szabadon futó görgőkön

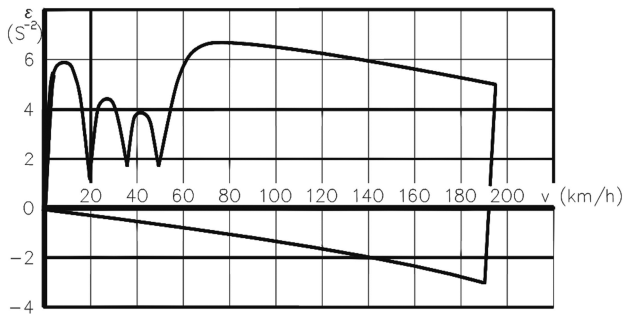
A mérés során egyetlen jeladóra van szükségünk, a görgők (görgő sugár: r_g) tengelyének fordulatszámát (n) kell megmérnünk. Ebből az alábbi adatok képezhetők:

- szögsebesség: $\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2 \cdot \pi \cdot n$,
- szöggyorsulás: $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$
- járműsebesség (a kerék, illetve a görgő kerületi sebessége): $v = r_{görgő} \cdot \omega$

A fentiek ismeretében a mérés során a 2. ábrán látható diagramot tudjuk felvenni.

Ennek a diagramnak a kiértékelés alapján határozhatjuk majd meg a motor effektív jellemzőit.

Az eljárás matematikai és mechanikai alapjait a továbbiakban ismertetjük.



2. ábra: A mérés során felvett jelleggörbe

További megfontolásokra adnak alapot az alábbi mechanikai alapgyenletek:

$$M = \theta \cdot \varepsilon$$

illetve

$$P = M \cdot \omega = \theta \cdot (\varepsilon \cdot \omega)$$

A fenti egyenletek esetében Θ alatt a görgő tengelyére redukált tehetetlenségi nyomatékot (Θ_{red}) értjük, hiszen a fordulatszámot is a görgő tengelyén mérjük.

A fentiek alapján az alábbi megállapítások tehetők:

$$M(v) \sim \varepsilon(v)$$

$$P(v) \sim (\varepsilon \cdot \omega)(v)$$

Azaz, az ε függvény a járműsebesség (vagy akár fordulatszám) függvényében jellegre a teljes terhelési nyomatéki görbével, míg az $(\omega \cdot \varepsilon)$ függvény a teljesítmény görbével egyezik meg.

2.2. Az új mérési módszer elméleti alapjai

A teljesítmény-arányos függvényeket a 3. ábrán láthatjuk. A továbblépéshez szükség van ennek értelmezésére:

1. **GYORSÍTÁSI SZAKASZ:** a görgőt a jármű kereke gyorsítja, így a méréssel felvett $(\omega \cdot \varepsilon)$ függvény a kerékteljesítménnyel arányos.
2. **KIFUTTATÁSI SZAKASZ:** a görgőt és a hajtásláncot a motor utáni egységek veszteségei, azaz a veszteségteljesítmény lassítja.

Azaz:

$$P_{kerék} = P_{eff} - P_{veszteség}$$

Megfordítva:

$$P_{eff} = P_{kerék} + P_{veszteség}$$

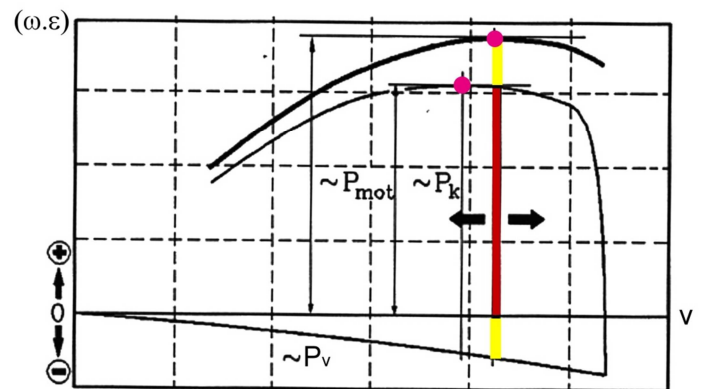
Ahol:

P_{eff} – a motor effektív teljesítménye

$P_{veszteség}$ – a hajtáslánc vesztesége

$P_{kerék}$ – a keréken leadott teljesítmény

Ez utóbbi egyenlet gyakorlati megvalósítása látható a 3. ábrán, ahol a felvett kerékteljesítménnyel és hajtáslánci veszteséggel arányos függvények összegzése látható. Az eredő függvény a motor (effektív) teljesítményével arányos görbe.



3. ábra: A mérés során felvett teljesítmény-arányos jelleggörbe

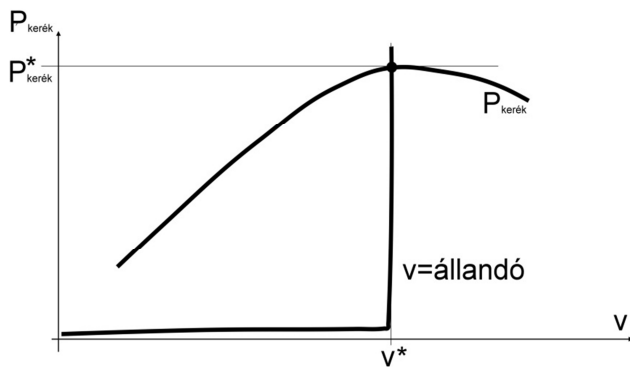
3. A MÉRÉSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

A mérési eredmények kiértékelésének alapfeltétele az 1. ábrán feltüntetett tehetetlenségi nyomatékok ismerete. Ezek az értékek azonban nem hozzáférhetők. Hiányuk azonban megfelelő mérési eljárással kiküszöbölhető.

3.1. A motor külső jelleggörbéinek validálása görgős járműfékpad méréssel

Amennyiben nem csupán görgőkkel rendelkezünk, hanem a mérő görgőink görgős járműfékpad görgői, akkor megkeressük a 3. ábrán látható gyorsítási szakasz helyi maximumához tartozó sebesség értéket (v^*).

Következő lépésben a görgős padon kiválasztjuk az állandó sebesség terhelési karakterisztikát, beállítjuk a v^* sebességet, és teljes terheléssel megmérjük a kerékteljesítményt (4. ábra). Ezzel a léptékek már a 3. ábra függőleges tengelyén kW-ban jelennek meg az értékek, azaz a motor effektív teljesítmény görbéje rendelkezésre áll.



4. ábra: A mérés során felvett teljesítmény-arányos jelleggörbe

Ennek a módszernek a szépséghibája, hogy a gyorsítási és a kifutattási diagramszakaszok léptéke nem egyforma, hiszen egyik esetben a motor (nem ismert) tehetetlenségi nyomatékát is figyelembe kellene vennünk, míg a másikban nem. Ez a tény csupán empirikus úton meghatározott korrekciós tényezővel (általában 10 %) vehető figyelembe.

3.2 A motor külső jelleggörbéinek validálása görgős járműfékpad nélkül (új mérési módszer)

Az általam kidolgozott mérési módszer lényege az alábbi: Amennyiben nem rendelkezünk görgős teljesítménymérő paddal, csak mérő görgőággal, akkor két szabadgyorsításos mérést kell végeznünk.

1. mérés

Ez tulajdonképpen megegyezik az eddig ismert mérési módszerrel. Egyenletei:

$$P_{k,1} = (\theta_{motor,red} + \theta_{hajtaslánc,red}) \cdot \varepsilon_1 \cdot \omega_1$$

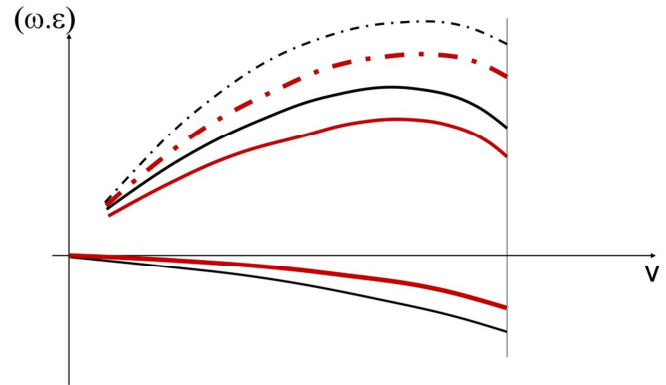
$$P_{v,1} = \theta_{hajtaslánc,red} \cdot \varepsilon_1 \cdot \omega_1$$

2. mérés

Ebben az esetben a görgők tengelyéhez járulékosan lendtömeget kötünk hozzá, amely növeli a görgő tengelyére számított összes redukált tehetetlenségi nyomatékot.

$$P_{k,2} = (\theta_{motor,red} + \theta_{hajtaslánc,red} + \theta_{lendtömeg,red}) \cdot \varepsilon_2 \cdot \omega_2$$

$$P_{v,1} = \theta_{hajtaslánc,red} \cdot \varepsilon_1 \cdot \omega_1$$



5. ábra: A két egymás után végzett mérés diagramjai

A két esetben ugyan eltérőek a rendszer tehetetlenségei és természetesen lassulásai-gyorsulásai is, de teljesítménybe átszámolva már a keréken leadott teljesítményeknek és a veszteség teljesítményeknek is egyezniük kell, hiszen a motor, amely a rendszert gyorsítja, és a hajtáslánc, amelynek veszteségei vannak, változatlan.

Így az 1. és 2. mérés kerékteljesítmény és hajtáslánci veszteség egyenletei páronként egyenlővé tehetők:

$$\begin{aligned} (\theta_{motor,red} + \theta_{hajtaslánc,red}) \cdot \varepsilon_1 \cdot \omega_1 &= (\theta_{hajtaslánc,red} + \theta_{lendtömeg,red}) \cdot \varepsilon_2 \cdot \omega_2 \\ \theta_{hajtaslánc,red} \cdot \varepsilon_1 \cdot \omega_1 &= (\theta_{hajtaslánc,red} + \theta_{lendtömeg,red}) \cdot \varepsilon_2 \cdot \omega_2 \end{aligned}$$

Így a 2. egyenletből:

$$\theta_{hajtaslánc,red} = \frac{(\varepsilon_1 \cdot \omega_1 - \varepsilon_2 \cdot \omega_2)}{\theta_{lendtömeg,red} \cdot \varepsilon_2 \cdot \omega_2}$$

A fenti egyenletben a számláló mért, a nevező konstrukcióból ismert adat. Ennek alapján pedig az 1. egyenletből már a motor tehetetlenségi nyomatéka is meghatározható.

Míndezt természetesen a megfelelően megírt mérőszoftver levezényli és kiszámolja. Így a végeredmény már pontos értékekkel megadható nyomatéki és teljesítmény külső jelleggörbe lesz.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az új mérő rendszer kifejlesztése, több előnnyel is jár:

1. Nincs szükség görgős teljesítménymérő padra, így egyszerűbb, olcsóbb mérőberendezések fejleszthetők.
2. A mérés pontossága nagyobb, mivel empirikus korrekciós tényező nélkül, mindent mért úton határoz meg.

A szakszervezetek számára a leírt új módszer elérhető lehetőséget kínál, amely kellő pontossággal képes diagnosztikai motorteljesítmény meghatározásra. Ez lehetőséget ad a jármű

TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0012: Hibrid és elektromos járművek fejlesztését megalapozó kutatások - A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

„TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012: „Smarter Transport” - Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása - A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

5. FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

- [1] Dr. Lakatos István: Untersuchung der Zusammenhängen zwischen der indizierten Werten und der mit Rollenprüfstand gemessenen Versuchsergebnissen, Jährliche Handbuch der Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs in Österreich, Bundesministerium für Umwelt, Wien, 1998
- [2] Dr. LAKATOS I.: ÖSSZEAHSONLÍTÓ MÉRÉSEK GÖRGŐS JÁRMŰFÉKPADON, XXV. microCAD International Scientific Conference, 2011. március 31-április 1., Miskolc, Hungary p. 57-64
- [3] Dr. LAKATOS I.: GASOLINE ENGINE DIAGNOSTIC ON CHASSIS DYNAMOMETERS, XIX. microCAD International Scientific Conference, 18-20 March, 2010, Miskolc, Hungary p. 27-32
- [4] Dr. LAKATOS I.: Instacioner motorteljesítmény-mérés görgős járműfékpádon, XIX. microCAD International Scientific Conference, 18-20 March, 2010, Miskolc, Hungary p. 33-38
- [5] Dr. LAKATOS I.: Motorteljesítmény mérés diagnosztikai eszközökkel, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés Konferencia, 2010. szeptember 3-5., Budapest, Konferencia anyag CD-n