

# Diagnosztikai célú gépjárműmotor teljesítménymérése

A jármű motorjának kiszerezése összetett, időigényes folyamat, emiatt a fenntartóiparban diagnosztikai célokra a klasszikus motorfékpad mérést nem alkalmaznak. A teljesítménymérést járműfékpadon, illetve járműbe épített motoron végzik.



**DR. HABIL LAKATOS ISTVÁN PH.D.**  
tanszékvezető egyetemi docens,  
Széchenyi István Egyetem

## TELJESÍTMÉNYSZÁLLÍTÁS JÁRMŰVÖN

### 1. Görgőspadok

Diagnosztikai (minimális szerelési munkával járó) teljesítménymérést általában:

- görgős járműfékpadon, illetve
- ROTOTEST berendezéssel vagy
- az OBD-adatok alapján végezhetünk.

A görgős járműfékpadok legfőbb előnye, hogy a jármű megbontása, átalakítása nélkül, közvetlenül a hajtott keréken mérhető a teljesítmény (igaz, ez nem azonos a motor effektív teljesítményével). A keréken leadott teljesítményen túl egyszerűen mérhető a hajtáslánc teljesítményvesztesége is.

A görgős fékpadok felépítési változatai:

- egygörgős fékpad ❶.
- A görgő átmérője nagy, akár 500 mm is lehet. Ebben az esetben

a kerék a görgő tetején áll, ami nem stabil állapot, ezért nagyon fontos a gépkocsi rögzítése. Ma egyre gyakrabban használják szervezetekben is.

- kétgörgős fékpad ❷.

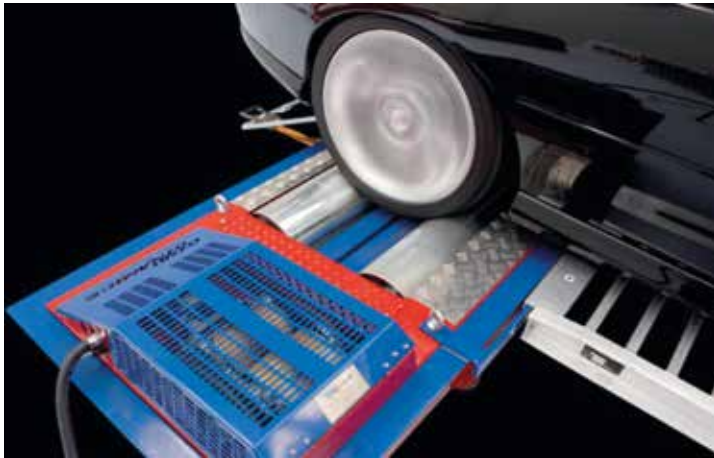
A görgők átmérője kicsik, mintegy 250–400 mm értékűek. Ennél a típusváltozatnál a kerék két görgő közé ékelődve hajt, ami statikailag stabil állapotot jelent. Természetesen rögzítésre ebben az esetben is szükség van. Ezt a változatot főként a járműfenntartó, javító és tuningolással foglalkozó cégek használják.

### 2. A hajtó féltengely csomkján történő teljesítménymérés

Teljesítményt a hajtó féltengely csomkján is mérhetünk. Ebben az esetben bi-



❶ Egygörgős fékpad (MAHA MSR 500 PKW)



2 Kétgörgős fékpad

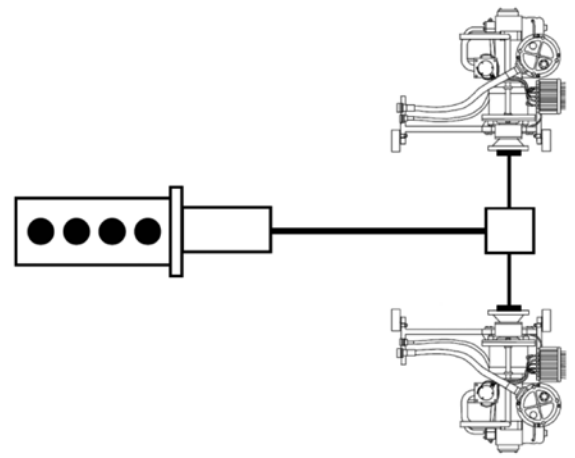
zonyos mértékű megbontással (a hajtott kereket le kell szerelni) számolni kell. Ez némi hátrányt jelent a görgős paddal szemben. Ez a teljesítménymérő egyszerű kialakítású, kompakt szerkezet, amelynek jelentős előnye, hogy nem igényel telepítést 3.

### 3. Teljesítménymérés a fedélzeti diagnosztika segítségével

További lehetőség a teljesítménymérésre, hogy felhasználjuk a fedélzeti diagnosztikai rendszer (OBD) lehetőségeit.

Az OBD Dyno a járművek teljesítmény jelleggörbéjét egyszerűen és látványosan képes előállítani. Az ehhez szükséges adatállományokhoz a járművek OBD-csatlakozóján keresztül férhetünk hozzá, a VCDS (korábban VAG-COM) diagnosztikai program segítségével. Az OBD Dyno ingyenesen hozzáférhető és használható szoftver. A méréshez csupán az alábbiakra van szükség:

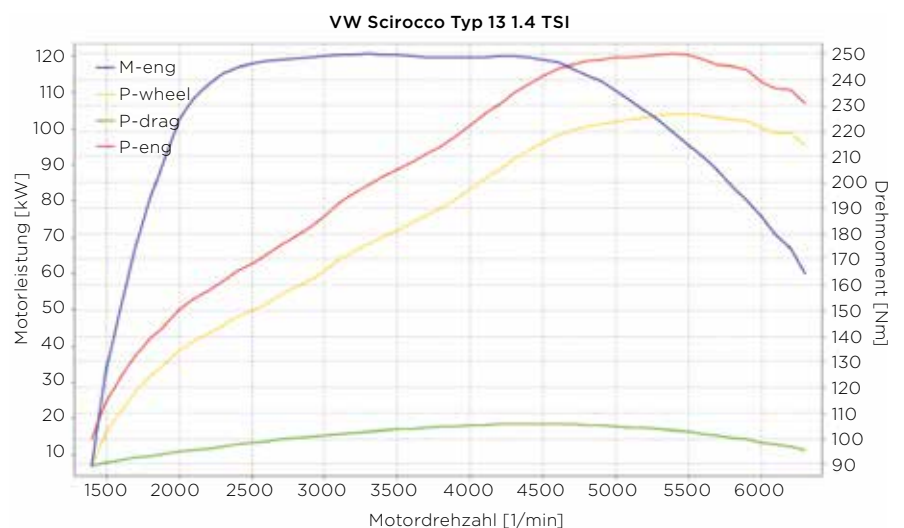
- laptop, Microsoft Windows szoftverrel és installált JAVA környezettel,
- VCDS (Ross-Tech) diagnosztikai programra,
- OBD diagnosztikai kábelre,
- a mérendő járművön OBD diagnosztikai csatlakozóra.



3 Féltengely csomján történő teljesítménymérés (ROTOTEST fékpad)

A mérés során az OBD Dyno program két mérési fázisban (gyorsítás és kifuttatás) méri a sebességet, a motorfordulatszámot és az adatgyűjtési időpontokat. A mérés során a járművet kis fordulatszámról 1:1 sebességváltó áttétellel (5-fokozatú váltó esetén 3. fokozat, 6-fokozatú váltó esetén 4. fokozat) gyorsítjuk tel-

jes terheléssel („padlógáz”), egészen a névleges motorfordulatszámig. Ennek elérésekor oldjuk a tengelykapcsolót és hagyjuk kigördülni a járművet a kezdeti járműsebesség eléréséig. (A mérésnek görgőspadi változata is létezik.) A mérés eredményeként a motor effektív teljesítményét és nyomatékát kapjuk 4.



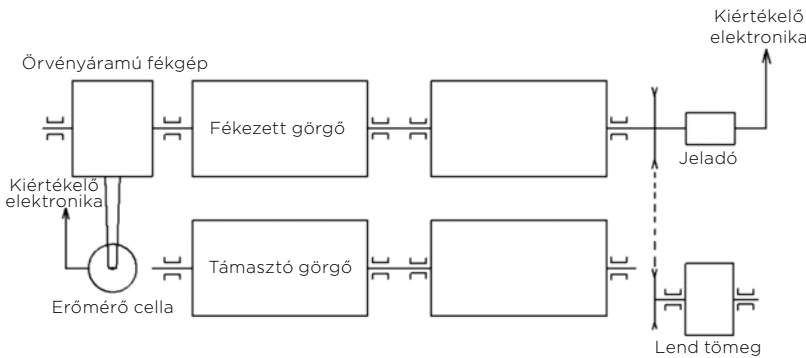
#### Leistungdaten

Motorleistung	120,5 kW	163,8 PS
Radleistung	104,1 kW	141,5 PS
Schleppleistung	16,6 kW	22,5 PS
Max. Leistung bei	5400 1/min	
Drehmoment	249,9 Nm	
Max. Drehmoment bei	3300 1/min	
Normierung	keine	

#### Messdaten

Messfahrten	1
Datensätze	98

4 OBD Dyno szoftverrel felvett motorteljesítmény- és nyomatékgörbék



5 A gépjárműfékpad felépítése

### GÖRGŐS JÁRMŰFÉKPADI MÉRÉSEK

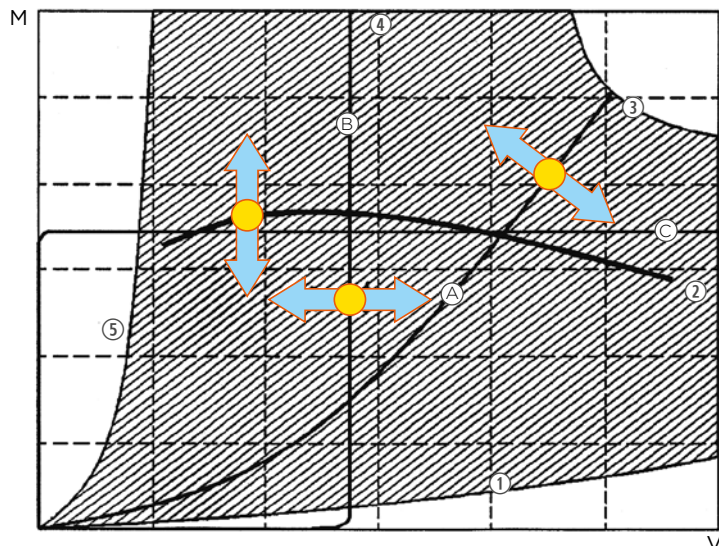
A görgős gépjárműfékpad a gépjármű álló helyzetében teszi lehetővé a hajtáslánc országúti haladásának megfelelő üzemét, azáltal, hogy a hajtott kerekek görgőkön futnak 5. Ez lehetővé teszi, hogy különböző (tüzelőanyag-fogyasztás, emisszió stb.) méréseket végezzünk laboratóriumi körülmények között. A gépjárműfékpad eközben terheli a gépjármű hajtásláncát, így különböző munkapontok állíthatók be. A fékpadon állandósult (stacioner) és folyamatosan változó (instacioner) üzemiállapotú vizsgálatokat végezhetünk. Stacioner üzemiállapotban a motor adott (állandósult) munkapontban üzemel, amelyre beállított terhelés és fordulatszám jellemző.



6 Örvényáramú fékgép

### A FÉKGÉP

A görgős gépjárműfékpadokon ma általánosan elektromos örvényáramú fékgépet használnak. A mindenkor szükséges fékezőnyomatékot a gerjesztőáram változtatásával egyszerűen be lehet állítani és a karakterisztikák is ezen a módon képezhetők. Az elektromos örvényáramú gép (6. ábra) állórészének kerületén (1) helyezkednek el az egyenáramú gerjesztőtekercesek (2). A gerjesztőtekercesek pólusai előtt, tehát mindkét oldalon, öntöttvas tárcsák (3) forognak, melyeket az ún. fékezett



7 Görgős járműfékpad jellegmezeje és terheléskarakterisztikái



(a gépjármű ráállása szerinti első) görgők tengelye forgat.

A tárcsa forgása közben metszi az áramjárta gerjesztőtekercsek mágneses terének erővonalait, így a tárcsában feszültség indukálódik. A tárcsa rövidrezárt vezető, melyben a feszültség áramot, ún. örvényáramot kelt, amely létrehozza saját mágneses terét. A két mágneses tér egymásra hatásaként a forgó tárcsa nyomatókat fejt ki az állórészre, azt magával akarja vinni. A csapágyazott állórész elfordulását azonban megakadályozzuk egy erőmérő cellára támaszkodó karral. A 3-as tárcsa hőmérséklete több száz °C is lehet, emiatt abban hűtő ventilátor lapátmozgást alakítottak ki.

A mérés során a görgő fordulatszámának mérésére is szükség van, amelyből a görgő kerületi sebessége (azaz járműsebesség-érték) is képezhető. A keréken leadott teljesítmény számítása a

$$P[\text{kW}] = \frac{F[\text{N}] \cdot v[\text{km/h}]}{3600}$$

egyenlet alapján végezhető el.

## AZ ÖRVÉNYÁRAMÚ FÉKGÉP JELLEGMEZŐJE

Az örvényáramú fékgép jellegzője az alábbi ábrán látható.

Ennek határoló görbéi 7:

1. A gerjesztőáram nulla esetében az üresjáratú határkarakterisztikát a tárcsa léghavarása adja.
2. A járműsebesség-határ (ezt a kezelőnek be kell tartania).
3. A maximális teljesítmény
4. A maximális vonóerő (vagy nyomatók) és
5. a maximális teljesítmény szakaszok határolják.

A görgős járműfékpadok általában az alábbi terhelő karakterisztikák szerint tudnak fékezni:

- Az A jelű karakterisztika meredeksége változtatható, mely ezzel a légellenállási együtthatónak megfelelő








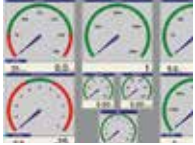
karakterisztika ( $F \sim v^2$ ) beállítását teszi lehetővé. Ez a terhelés alkalmas pl. tüzelőanyag-fogyasztás mérésére.

- A B jelű karakterisztika a  $v$  vagy  $n$  állandó karakterisztika, melynek helyzete az x-tengely mentén eltolható, azaz változtatható a megadott sebesség. Olyan mérések végzésére alkalmas, ahol a fordulatszám-változás hatását ki kell zárni.

- A C jelű karakterisztika vonóerő állandósító karakterisztika, mely például motorparaméter-optimalizálási feladatoknál lehet szükséges.

## A MÉRÉS MENETE

A továbbiakban a mérést előkészítő, a mérési és a kiértékelési teendőket ismertetjük (1. táblázat).

1	Gépjármű keréknyomásának beállítása. (A mérés előtt a hajtott kerekeken meg kell növelni a belső nyomást. Ennek ajánlott mértéke személygépkocsik esetén 50%, haszongépjárművek esetén 30%.)	
2	Beállítás a görgőágyba, kis sebességgel történő egyenesbeállítás (5 km/h). A jármű tengelyének merőlegesnek kell lennie a pad görgőinek tengelyére.	
3	Jármű rögzítése kereszt- és hosszirányban.	
4	Gépkocsi folyadékszintjeinek ellenőrzése.	
5	Számítógépes program indítása, járműparaméterek megadása, mérési tartományok beállítása.	
6	Elektromos hűtő ventilátor üzembe helyezése, fűvécirány beállítása.	
7	Mérések elvégzése.	
8	Mérések kiértékelése.	

1. táblázat



8 ROTOTEST fékgép



9 Felfogató tárcsa

## MÉRÉSEK ROTOTEST BERENDEZÉSSEL

A ROTOTEST próbapad felülmúlja a hagyományos görgős padokat, a pontosság, a vizsgálati lehetőségek és a biztonság területén egyaránt. A görgős fékpadokkal ellentétben nincs csúszás (szlip) a gumiabroncsok és a görgők között, hiszen itt a kerékagyra csavar-kötéssel rögzített adapter csatlakozik

a fékgéphez. Fontos előny a hordozhatóság is, hiszen így nem vagyunk telepítési helyszínhez kötve.

A vizsgálópád fő részei:

- a fékgép 8,
- felfogató tárcsa 9,
- a „Hurricane” hűtőegység 10 és
- a központi vezérlő 11.

A vizsgált gépjármű a mérés közben a fékpadon támaszkodik, így nincs

szükség további rögzítésre. A hűtőberendezés integrált része a ROTOTEST-rendszernek.

Műszaki érdekesség, hogy a hidraulikus fékgép által áramoltatott olaj hajtja a ventilátorba épített hidromotort. Így a „Hurricane” hűtési egység fűvásteljesítménye egyenes arányban áll a fékezónyomaték mértékével (2. táblázat).







10 „Hurricane” hűtőegység

11 Központi vezérlő



**A mérés menete:**

1	A teljesítménymérő pad szerkezeti összeállítása, hidraulikus rendszer összeszerelése.		9	A központi vezérlő csatlakoztatása az elektromos hálózatra.	
2	Olajsintek ellenőrzése a fékegységekben a mérés előtt.		10	Bekapcsolás, a mérőprogram indítása.	
3	A szerkezeti elemek elhelyezése, a gépjármű méreteinek megfelelően.		11	A gépjármű adatainak bevitele.	
4	Amennyiben a kézifék nem a hajtott tengelyre hat, akkor rögzíteni kell.		12	A mérési tartomány beállítása.	
5	A gépjármű megemlése, hajtott kerekek leszerelése.		13	A gépjármű folyadékszintjeinek ellenőrzése.	
6	A megfelelő osztóköri közbetét tárcsa felszerelése a kerékagyra a speciális edzett csavarokkal.		14	A motor indítása, bemelegítése a pad segítségével, kis sebességgel.	
7	A fékgép összeszerelése a közbetét tárcsával, előírt nyomatékkal (120 Nm) történő meghúzás.		15	A mérések elvégzése.	
8	A számítógép és a mérőfejek összekötése az adatkábelekkel.				

**2. táblázat****A TELJESÍTMÉNY-  
MEGHATÁROZÁS ELVE**

A ROTOTEST-rendszer a kerékteljesítmény (azaz a keréken leadott teljesítmény) mérésére használandó, a motor jellemzői közül csupán a forgatónyomatékot méri **2**. Ismerve a motor fordulatszámát, így a kerékét is meghatározhatjuk a sebességfokozat és a végáttétel ismeretében:

$$n_{\text{kerék}} = i_4 \cdot i_{\text{végáttétel}} \cdot n_{\text{motor}}$$

A motorteljesítmény meghatározásához szükség van a motor szögsebességére.

$$\omega_{\text{kerék}} = 2 \cdot \pi \cdot n_{\text{kerék}}$$

Az előző adatok ismeretében kiszámolható a kerékteljesítmény.

$$P_{\downarrow\text{kerék}} = M_{\downarrow\text{kerék}} \cdot \omega_{\downarrow\text{kerék}} (W)$$

A motor effektív teljesítményének meghatározásához ismernünk kellene a hajtáslánci veszteséget a gumigyűrűs nélkül.

**INSTACIONER ÜZEMÁLLAPOTÚ  
MOTORTELJESÍTMÉNY-MÉRÉS**

A görgős járműfékpadok segítségével a keréken leadott teljesítményt

(kerékteljesítmény), nyomatékot, erőt (vonóerő) lehet mérni. Ezek az értékek a jármű országúti jellemzői. A motor effektív jellemzői azonban a padba épített fékgép segítségével nem határozhatók meg, ugyanakkor a gyártók általában ezeket a jellemzőket (effektív motorteljesítmény, effektív motornyomaték) adják meg. A továbbiakban ennek az ellentmondásnak a feloldására mutatunk be egy módszert.

**A TERHELETLEN JÁRMŰ HAJTÁS-  
LÁNCELEMEINEK MOZGÁSVISZONYAI**

A mérés kiinduló állapota, hogy a pad görgőinek terhelését (fékgép) kikapcsol-



12 ROTOTEST-tel mért keréknyomaték és -teljesítmény görbék

jük, és a padon álló jármű hajtásláncát teljes terhelésű (teljes gáz) szabad gyorsításban gyorsítjuk fel a névleges motorfordulatszámig a vizsgálati sebességfokozatban (gyorsulási szakasz). Ezt követően a tengelykapcsolót oldva, a sebességváltót az adott fokozatban hagyva, hagyjuk megállásig lelassulni az autót (lassulási szakasz).

Ilyenkor a motornak a 13. ábrán feltüntetett tehetetlenségi nyomatékokat kell felgyorsítania.

Rendszerre felírhatjuk fel az energiaegyenletet, mely szerint a rendszerbe bevezetett munka időbeli változása ( $P_e$  – effektív motorteljesítmény) egyenlő a kinetikai energia ( $E_k$ ), a potenciális energia ( $E_p$ ) és az elvezetett hő ( $Q$ ) időbeli változásával:

$$P_e = \frac{dE_k}{dt} + \frac{dE_p}{dt} + \frac{dQ}{dt}$$

Mivel a potenciális energia a mérés során nem változik:

$$P_e = \frac{dE_k}{dt} + \frac{dQ}{dt}$$

A rendszer kinetikai energiájának megváltozása a kerék, illetve a pad görgőinek gyorsításában nyilvánul meg, tehát ez a tag a kerékteljesítménnyel ( $P_k$ ) egyenlő. Az elvezetett hő viszont a hajtási veszteség teljesítménnyel ( $P_v$ ) egyenlő:

$$P_e = P_k + P_v$$

A forgó mozgás dinamikai alapegyenlete felírható mind a gyorsítási, mind a kifuttatási szakaszra:

$$P = M \cdot \omega = (\theta_{red} \cdot \varepsilon) \cdot \omega = \theta_{red} \cdot \frac{d^2 \phi}{dt^2} \cdot \frac{d \phi}{dt}$$

Ahol:

$\omega$  a görgőspad görgőjének szögsebessége

$\theta_{red}$  a jármű hajtásláncának a görgőspad görgőjének tengelyére redukált tehetetlenségi nyomatéka

$\phi$  a görgő szögelfordulása

$\varepsilon$  a görgő szöggyorsulása

$t$  idő

A gyorsulási szakasz alapegyenlete:

$$P_{veszt} = P_{v, f(M)} + P_{v, f(\omega)} + P_{vpad, f(vg)}$$

$$P_{kerék} = \omega_g \cdot \varepsilon_g^+ \cdot [\theta_{mot, red} + \theta_{jármű} + \theta_{pad}]$$

Ahol:

$f(M)$  az  $f(M)$  indexű tagok a vonóerőfüggő veszteségek

$f(\omega)$  az  $f(\omega)$  indexű tagok a sebességfüggő veszteségek

$_g$ -index görgő

$\theta_{mot, red}$  motortehetlenségi nyomaték görgőtengelyre redukált értéke

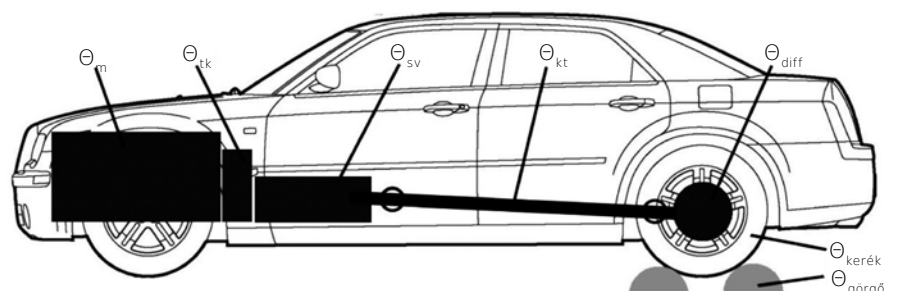
$\theta_{jármű, red}$  a járműtehetlenségi nyomaték görgőtengelyre redukált értéke

$\theta_{pad, red}$  a görgőspad-tehetlenségi nyomaték görgőtengelyre redukált értéke

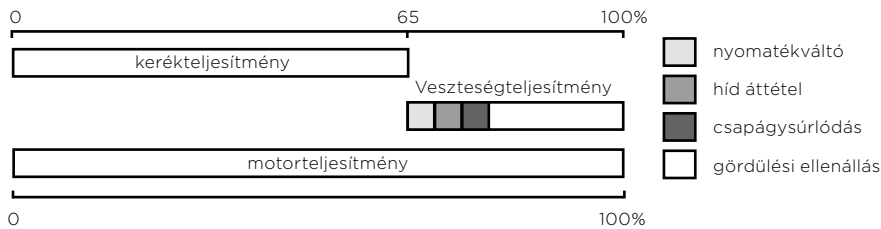
+ -index gyorsulás

-index lassulás

13 Rendszerre írhatjuk fel az energiaegyenletet, mely szerint a rendszerbe bevezetett munka időbeli változása ( $P_e$  – effektív motorteljesítmény) egyenlő a kinetikai energia ( $E_k$ ), a potenciális energia ( $E_p$ ) és az elvezetett hő ( $Q$ ) időbeli változásával







#### 14 Veszteségelemzés

A lassulási szakasz alapegyenlete:

$$P_{\text{veszt}} = P'_{v,f(M)} + P_{v,f(M)} + P_{\text{vpad},f(vg)}$$

$$P_{\text{fékező}} = \omega_g \cdot \varepsilon_g^- \cdot [\Theta_{\text{jármű,red}} + \Theta_{\text{pad}}]$$

A fenti egyenletekben a  $P_{v,f(M)}$  érték egy, illetve két vesszővel jelölt változata arra utal, hogy a gyorsítási és a lassítási szakaszban különböző ez a veszteséghányad, hiszen a lassítási fázisban a motort leválasztjuk a rendszerről.

#### A FIGYELEMBE VETT VESZTESÉGEK ELEMZÉSE

A vonóerőfüggő veszteségek (MF) között az alábbi értékek gyakorolnak befolyást a mérésre. A zárójelben szereplő számérték csupán a nagyságrendet adja meg, hogy viszonyítani tudjunk.

A vonóerőfüggő veszteségek (MF):

- fogaskerék-súrlódási veszteség (a motor effektív teljesítményének ( $P_e$ ) mintegy 7%-a)
- szlip a gumibroncs és a görgő között (a motor effektív teljesítményének ( $P_e$ ) mintegy 7%-a).

Sebességfüggő veszteségek (MV):

- olajkavarási és ventilációs veszteség a hajtóműben (a motor effektív teljesítményének ( $P_e$ ) mintegy 2%-a)
- gumigyúródási munka (a motor effektív teljesítményének ( $P_e$ ) mintegy 7–20%-a).

A figyelembe vett veszteségek elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy a keréken leadott teljesítmény kb. a 2/3-a a motor effektív teljesítményének. A veszteséget okozó egységeket a 14. ábra szemlélteti.

#### A MOTORTELJESÍTMÉNY MEGHATÁROZÁSA

A gyorsítási és lassítási szakaszok regisztrátumait a 15. ábra mutatja. Ennek alapján és az előzőekben ismertetett összefüggéseknek megfelelően, a motor effektív teljesítménye az alábbi alakban írható fel. A gyakorlatban ez az ábrán látható gyorsítási függvény (pozitív) ágára a negatív (lassítási) metszések felmérést jelenti.

$$P_{\text{mot, eff}} = \omega_g \cdot \varepsilon_g^+ \cdot [\Theta_{\text{mot, red}} + \Theta_{\text{jármű, red}} + \Theta_{\text{pad}}] + \omega_g \cdot \varepsilon_g^- \cdot [\Theta_{\text{jármű, red}} + \Theta_{\text{pad}}] + P_{v,f(M)}$$

A teljesítményérték meghatározásához még a  $\Theta_{\text{red}}$  értékre van szükség. Ezt úgy határozhatjuk meg, hogy a 15. ábrán látható diagram  $P_k$  görbéjének szélsőértékéhez (maximum) tartozó sebességértéknél a görgőspad fékgepe segítségével megmérjük a teljes terhelési teljesítmény értékét 16. Mivel azonban a gyorsítási és a lassítási ág vonóerőfüggő teljesítménye nem azonos, az így kapott értéket az

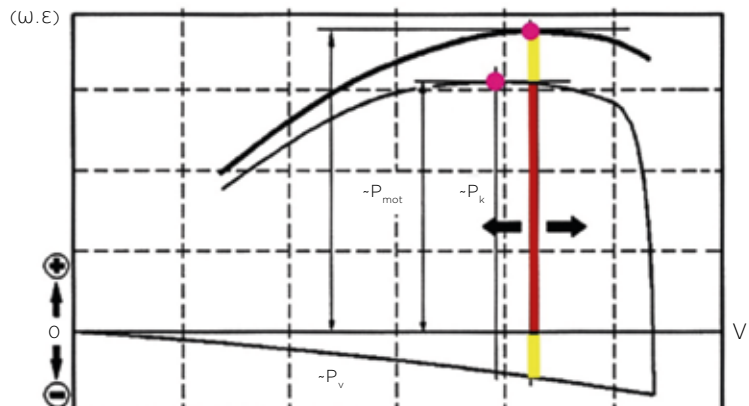
alábbi empirikus összefüggés szerint helyesbítenni kell:

$$P_{\text{mot}} = P_{\text{mot, görbe}} + P_{k, \text{mért}} \cdot 0,1$$

Mivel  $P_{v,f(M)} = 0,1 \cdot P_{k, \text{mért}}$

Az eljárás fő előnye, hogy járműbe épített állapotban képesek vagyunk a motorteljesítmény-érték meghatározására. Ez egyébként csupán motorféktermi mérésekkel lenne elvégezhető, amelynek azonban jelentős járulékos költségei vannak.

Az ismertetett módszer ugyanakkor a mindennapi diagnosztikai méréstechnikában is kitűnően felhasználható. A mérés ún. additív tömeg felhasználásával fékgep nélkül is elvégezhető. Így nincs szükségünk görgős teljesítménymérő padra, csupán olyan görgőágyra, amelyre additív tömeg is kapcsolható. A léptékmeghatározás elve ekkor az alábbiak szerint történik: Ebben az esetben két egymás utáni mérést végzünk:



15 A teljesítménymérés regisztrátuma



**1. mérés**

Ez tulajdonképpen megegyezik az eddig ismertetett mérési módszerrel. Egyenletei:

$$P_{k,1} = (\Theta_{motor,red} + \Theta_{hajtáslánc,red}) \cdot \epsilon_1' \cdot \omega_1^4$$

$$P_{v,1} = \Theta_{hajtáslánc,red} \cdot \epsilon_1'' \cdot \omega_1''$$

**2. mérés**

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

$$P_{k,2} = (\Theta_{motor,red} + \Theta_{hajtáslánc,red} + \Theta_{lendtömeg,red}) \cdot \epsilon_2' \cdot \omega_2^4$$

$$P_{v,2} = (\Theta_{hajtáslánc,red} + \Theta_{lendtömeg,red}) \cdot \epsilon_2'' \cdot \omega_2''$$

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

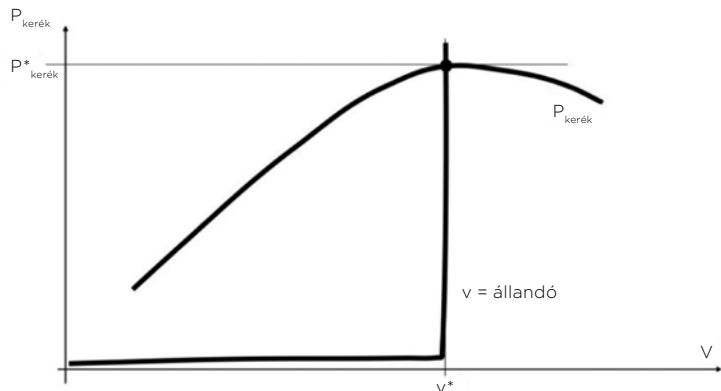
Így az 1. és a 2. mérés kerékteljesítmény- és hajtáslánci veszteség egyenletei páronként egyenlővé tehetők.

A kifuttatási egyenletekből a hajtáslánc redukált tehetetlenségi nyomatéka számítható:

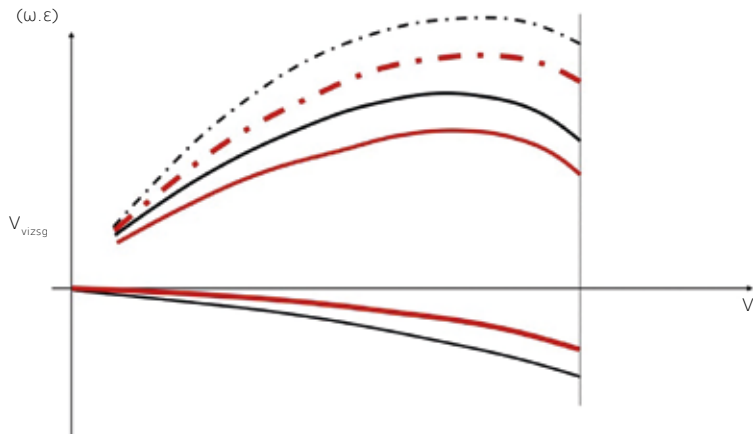
$$\Theta_{hajtáslánc,red} \cdot \epsilon_1'' \cdot \omega_1'' = (\Theta_{hajtáslánc,red} + \Theta_{lendtömeg,red}) \cdot \epsilon_2'' \cdot \omega_2''$$

$$\Theta_{hajtáslánc,red} = \frac{\Theta_{lendtömeg,red} \cdot \epsilon_2'' \cdot \omega_2''}{(\epsilon_2'' \cdot \omega_2'' - \epsilon_1'' \cdot \omega_1'')}$$

A kerékteljesítmény-egyenletbe ezt visszahelyettesítve megkapjuk a motor tehetetlenségi nyomaték értékét is ( $\epsilon_1''$  és  $\epsilon_2''$ -t egy adott vizsgálati fordulatszám, azaz azonos járműsebesség,  $v_{vizsg}$  esetén határozzuk meg).



16 Stacioner üzemállapotú mérés a léptékmeghatározáshoz



17 A két egymás után végzett mérés diagramjai

A fenti minta alapján a motor tehetetlenségi nyomatéka a kerékteljesítmény-egyenleteket egyenlővé téve, meghatározható a motor tehetetlenségi nyomatéka is.

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

A kutatás a TÁMOP-4.2.2.A/2-11/1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.