

Egy Kia Ceed 1.6 CVVT motor jelleggörbéinek felvétele és jellemzése

Tari Balázs¹

Abstract—A belső égésű motorokkal hajtott közúti járművek egyik legfontosabb működési jellemzője az üzemanyag fogyasztás. Jellemző az energia átalakításának hatásfokára, melynek segítségével információt kaphatunk a motor állapotáról. Az üzemanyag fogyasztást több módon definiálhatunk, melyet számtalan tényező befolyásol. Az alábbi cikk egy gyakorlati példát mutat be egy létező közúti jármű fék-specifikus üzemanyag fogyasztás karakterisztikájának felvételére.

I. BEVEZETÉS

A. Üzemanyag fogyasztás

Ahhoz, hogy a belső égésű motorok teljesítményt tudjanak leadni, üzemanyagot kell elégetniük (levegő hozzáadásával). A felhasznált üzemanyag mennyiségét tömegárammal jellemzik. Mivel az üzemanyag folyadék halmozállapotú, a tömegáramot érdemes térfogatárammá átalakítani. Ennek egyik előfeltétele az üzemanyag sűrűségének ismerete. Így az üzemanyag fogyasztás definíció szerint az egységnyi keresztmetszeten, egységnyi idő alatt átáramlot üzemanyag térfogatát jelenti, melyet laboratóriumi körülmények között tesztpadon (állandó hőmérséklet mellett) meg lehet mérni:

$$\dot{m} = \frac{3600 \times \Delta V \times \rho}{\Delta t \times 1000} \quad (1)$$

- $\dot{m}[\text{kgh}^{-1}]$ - Tömegáram.
- $\rho[\text{gcm}^{-3}]$ - Az üzemanyag sűrűsége, melyet laboratóriumi körülmények között tesztpadon méri.
- $\Delta t[\text{s}]$ - A mérés időintervalluma.
- $\Delta V[\text{cm}^3]$ - Az üzemanyag térfogata Δt alatt, melyet laboratóriumi körülmények között tesztpadon méri.

Az üzemanyag fogyasztás fent taglalt definíciója az álló közúti járművekre vonatkozik, melynek motorját folyamatosan járatják. Mozgó közúti járművekre az üzemanyag fogyasztást 100km-ként elfogyasztott üzemanyag literben kifejezett mennyiséggel jellemzik.

B. Üzemanyag dózis

Dózis alatt az egy hengerbe egy ciklus alatt befecskendezett üzemanyag mennyiséget értjük:

$$d = \frac{\Delta V \times n_R}{2 \times n_C \times n \times \Delta t} \quad (2)$$

- $d[\text{kgs}^{-1}]$ - Üzemanyag dózis.
- $n_R[\emptyset]$ - Az ütemek száma, négyütemű motoroknál $n_R = 4$.
- $n_C[\emptyset]$ - Hengerek száma.

- $\Delta t[\text{s}]$ - A mérés időintervalluma.
- $\Delta V[\text{m}^3]$ - Az üzemanyag térfogata Δt alatt, melyet laboratóriumi körülmények között fékpádon méri.

C. Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás

Önmagában az üzemanyag fogasztással nem tudjuk megfelelően jellemzni és összehasonlítni a belső égésű motorokat, ugyanis függ a motorból kivehető teljesítmény is. Ezért helyette a kivehető teljesítményre vonatkoztatott fajlagos (fék-specifikus) üzemanyag fogyasztás definícióját használják:

$$b_e = \frac{B}{P_B} \quad (3)$$

- $b_e[\text{kgW}^{-1}\text{s}^{-1}]$ - Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás.
- $P_B[\text{W}]$ - Fék-specifikus teljesítmény.
- $B[\text{kgs}^{-1}]$ - Üzemanyag fogyasztás.

A belső égésű motorok fék-specifikus üzemanyag fogyasztását általában a motor fordulatszámának és nyomatékának (vagy az effektív középnyomás) függvényében ábrázolt kagyló diagramokon szokták feltüntetni, mely jellemző az energia átalakításának fék-specifikus termikus hatásfokára a (8)-as összefüggés révén. A "fék" kulcsszó minden esetben a fékpádos mérésre utal. A továbbiakban a belső égésű motorok és az üzemanyag alatt benzint fogyasztó Ottó motorokat értek.

D. Fék-specifikus effektív középnyomás

A belső égésű motor munkafolyamatát a hengerekben kialakuló nyomással jellemzik. A nyomás térfogat (vagy szögfordulás) szerinti változásait indikátordiagramon szokás ábrázolni [1]. Ha a ciklusok által közbezárt területet átalakítjuk egy ezzel ekvivalens téglalappá, akkor annak függőleges oldalát az úgynévezett indikált középnyomás fogja alkotni, mely a táguló gáz a löket mentén ugyanannyi munkát végez a dugattyún, mint a tényleges nyomás lefutás. Az indikált teljesítmény ekvivalens az egységnyi idő alatt elvégzett (az indikátordiagramból meghatározható) munkával. Az indikált középnyomásból eredeztethető a fék-specifikus effektív középnyomás definíciója, mely kapcsolatban áll a fék-specifikus teljesítménnyel:

$$p_e = \frac{P_b \times n_R}{V_D \times n_C \times n} \quad (4)$$

- $p_e[\text{Pa}]$ - Fék-specifikuseffektív középnyomás.
- $P_B[\text{W}]$ - Fék-specifikus teljesítmény.
- $V_D[\text{m}^3]$ - Henger lökettérfogat.
- $n_R[\emptyset]$ - Ütemek száma, négyütemű motoroknál $n_R = 4$.
- $n_C[\emptyset]$ - Hengerek száma.

¹Tari Balázs jelenleg XX beosztásban dolgozik, Email: name@email.com

- $n[1/s]$ - Fordulatszám, melyet laboratóriumi körülmények között fékpadon mérik.

A közúti járművek meghajtása a motortól a kerekekig erőátvitellel történik, mely veszteségekkel jár:

$$P_B = P_W + P_L \quad (5)$$

- $P_B[W]$ - Fék-specifikus teljesítmény.
- $P_W[W]$ - A kerekekre jutó teljesítmény, melyet laboratóriumi körülmények között tesztpadon mérik.
- $P_L[W]$ - Meddő teljesítmény.

E. Forgatónyomaték

A belső égésű motorok másik fontos paramétere a forgatónyomaték:

$$M = \frac{P_B}{2 \times \pi \times n} \quad (6)$$

- $M[Nm]$ - Forgatónyomaték.
- $P_B[W]$ - Fék-specifikus teljesítmény.
- $n[1/s]$ - Fordulatszám, melyet laboratóriumi körülmények között fékpadon mérik.

Mivel a közepes effektív nyomás kapcsolatba hozható a forgatónyomatékkal, az fék-specifikus lesz:

$$p_E = \frac{2 \times \pi \times n_R \times M}{V_D \times n_C} \quad (7)$$

- $p_E[Pa]$ - Fék-specifikus effektív középnyomás.
- $V_D[m^3]$ - Henger lökettér fogat.
- $M[Nm]$ - Forgatónyomaték.
- $n_R[\emptyset]$ - Ütemek száma, négyütemű motoroknál $n_R = 4$.
- $n_C[\emptyset]$ - Hengerek száma.

Mind a kettő paraméter befolyásolja a belső égésű motor mérete. Egy nagyobb motor nagyobb nyomatéket ad le. Egy motor fék-specifikus teljesítménye is függ annak méretétől, tehát nem ajánlatos különböző motorokat összehasonlítani a forgatónyomatékok és a fék-specifikus teljesítményük alapján. Ebből az okból kifolyólag a fék-specifikus effektív középnyomás adódik olyan paraméternek, mely valódi értékmérője lehet különböző motorok relatív teljesítményének összehasonlításának tekintetében.

F. Fék-specifikus termikus hatásfok

A belső égésű motorok hengereiben az üzemanyag elégítése során annak kémiai energiája szabadul fel, melynek csak egy része alakul át a tengelyeken kinyerhető hasznos munkává, a többi különböző veszteségek formájában disszipálódik. A belső égésű motorok egyik fontos jellemző paramétere a hatásfokuk, melyet számos módon definiálhatunk. Egyenlőre szorítkozunk a legmeghatározóbbra: az a mennyiség, mely a tengelyeken kinyerhető hasznosítható energia és az üzemanyag felszabadított kémiai energiájának arányát fejezi ki, fék-specifikus termikus hatásfoknak nevezzük. Ez a mennyiség kapcsolatban áll a fék-specifikus üzemanyag fogyasztással és az adott üzemanyagra vonatkozó LHV fűtőértékkel:

$$\eta_{eff} = \frac{100}{b_c \times H_L} \quad (8)$$

- $\eta_{eff}[\%]$ - Fék-specifikus termikus hatásfok.
- $b_c[kgW^{-1}s^{-1}]$ - Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás.
- $H_L[Wskg^{-1}]$ - Az adott üzemanyag LHV fűtőértéke. A benzinre vonatkozó konkrét értéke: $43,4 \times 10^6 Wskg^{-1}$.

A (6)-os összefüggésből kiindulva a fék-specifikus üzemanyag fogyasztás (mint fizikai mennyiség) nemcsak teljesítményre, hanem a forgatónyomatékre is normalizálva van.

II. EGY BELSŐ ÉGÉSŰ MOTOR JELLEGGÖRBÉINEK FELVÉTELE ÉS JELLEMZÉSE

A bevezetés szekciójában összefoglaltuk minden sok működési jellemzővel is rendelkeznek a belső égésű motorok. Ezen jellemzők változását és egymáshoz való viszonyukat úgynevezett jelleggörbékben szokás ábrázolni, melyek segítségével többek között vizsgálhatjuk a belső égésű motorok dinamikai tulajdonságait, teljesítőképességét és összehasonlíthatjuk más motortípusokkal a takarékkosság jegyében. Ebben a szekciójában részletesen felvettem és jellemztem egy létező közúti jármű (Kia Ceed 1.6 CVVT) motorjának legfontosabb jelleggörbét. Az adatokat - melyből ezek elkészültek - egy cikk szolgáltatta [2], melyet Sarkab B. és kollégái írtak.



1. ábra: Kia Ceed 1.6 CVVT [4]

Marka	Kia Ceed	Motor kód	G-FC
Motor lökettér fogat	1591 cm ³	Hosszúság	4265 cm
Üzemanyag	Benzin	Szélesség	1790 cm
Hengerek száma	4	Magasság	148 cm
Maximális teljesítmény	90 kW @ 6200 rpm	Úres tömeg	1163 kg
Maximális forgatónyomaték	154 Nm @ 4200 rpm	Csomagtartó kapacitás	340 l
Csúcsmegbízottság	192 km/h		

1. tábla: A Kia Ceed 1.6 CVVT technikai specifikációi. [4]

Sarkan B. és kollégái stacionér fékpadi vizsgálatokat folytattak, melyek során az üzemeltetett motor fordulatszámát állandó értéken tartva és különböző felfüggesztésekkel állás mellett lemérték az üzemanyag sűrűségét és időintervallumonként a mérőműszeren áthaladott térfogatát, a kerekekre jutó és a meddő teljesítményt. Ezekből kiszámolható fék-specifikus teljesítmény, a forgatónyomaték, a "sima" és a fék-specifikus üzemanyag fogyasztás, továbbá a fék-specifikus termikus hatásfok. Egy

másik kísérletsorozatot is elvégeztek mely abból tevődött össze, hogy teljesen nyitott fojtószelep mellett ugyanazon paramétereket lemérték. A forslatszámot ezúttal minden egyes mérési pont esetén különböző értékre állították be. A megvizsgálni kívánt paraméter változtatása (mint független változó) hatására szemügyre fogjuk venni a motor más jellemzőinek változását (mint függő változó).

III. JELLEGGÖRBÉK

A. Fordulatszám jelleggörbe

A belső égésű motorokat jellemző karakterisztikák közül az egyik legfontosabb a fordulatszám jelleggörbe, mely felvilágosít bennünket a motor gazdaságosságáról és teljesítőképességről. Megmutatja a fék-specifikus üzemanyag fogyasztás, a fék-specifikus teljesítmény teljesítmény és a forgatónyomaték változását a fordulatszám függvényében. A mérés során a fojtószelep teljesen ki van nyitva. Egy ideális belső égésű motor esetén feltételezhetjük azt, hogy az üzemanyag-levegő keverési aránya állandó és minden egyes löketnél ugyanannyi közeg lép a hengerekbe. Ez azt jelenti, hogy a forgatónyomaték független a fordulatszámtól. A (6)-os összefüggésből kiindulva a motor teljesítménye és a fordulatszám közötti kapcsolat lineáris. Az elméleti forgatónyomaték és a fék-specifikus teljesítmény görbéket az autó motorjának technikai specifikációi alapján extrapoláltam. A valóságban mind a forgatónyomaték, mind a fék-specifikus teljesítmény görbe alakja konkáv és rendelkeznek egy szélsőértékkel (maximummal). A belső égésű motorok egy bizonyos fordulatszám felett működőképesek. Ennél kisebb fordulatszám esetén olyan kicsi a légáram a légterekben, hogy az üzemanyag porlasztása elégtelenül válik. Ebből az okból kifolyólag se a forgatónyomaték, se a fék-specifikus teljesítmény jelleggörbék nem az origóból indulnak ki, hanem egy minimális fordulatszámról.

A maximális névleges fék-specifikus teljesítményhez tartozó fordulatszám felett a motor fordulatszám szabályozója működésbe lép, azaz lecsökken a üzemanyag adagolást, hogy a motor ne pörögjön túl, ezért törnek meg a jelleggörbök ennél a fordulatnál. A jelleggörbék alapján megállapítható, hogy a motor legnagyobb forgatónyomatéka és legnagyobb fék-specifikus teljesítménye nem azonos fordulatszámhöz tartozik. Ez azt eredményezi, hogy ha a nagyobb fordulatszámon dolgozó motor terhelése megnő, akkor a motor fordulatszámnak lecsökkenésével nő a forgatónyamaték [3].

A forgatónyamaték és fék-specifikus teljesítmény görbék nevezetes pontokkal rendelkeznek, melyek között kapcsolat áll fenn. A kapcsolat a szakma eszköztárát felhasználva megmutatható, hogy:

- A forgatónyamaték görbénak ott van szélsőértéke (maximuma), ahol a forgatónyamaték görbe meredeksége nullával egyenlő.
- Az elméleti és a valós forgatónyamaték görbék egymást érintik. Az érintési pont a valós forgatónyamaték görbe maximumát jelöli ki.

$$\frac{dM}{dn} = 0 \quad (9)$$

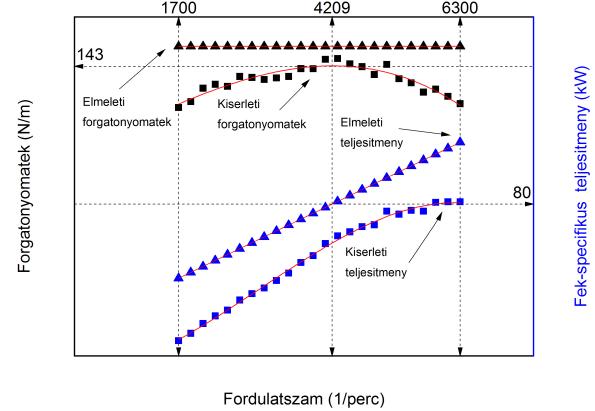
$$\frac{P}{n} = \frac{dP}{dn} \quad (10)$$

- A fék-specifikus teljesítmény görbénak ott van szélsőértéke (maximuma), ahol a fék-specifikus teljesítmény görbénak a meredeksége nullával egyenlő.
- Az elméleti és a valós fék-specifikus teljesítmény görbék egymást érintik. Az érintési pont a valós forgatónyomaték görbe maximumát jelöli ki.
- A fék-specifikus teljesítmény görbe szélsőértéke a forgatónyomaték görbe azon pontjához tartozik, amely ponthoz az érintőnek az elméleti fék-specifikus teljesítmény görbével azonos, viszont ellentétes irányú meredekséggel rendelkezik.

$$\frac{dP}{dn} = 0 \quad (11)$$

$$\frac{M}{n} = -\frac{dM}{dn} \quad (12)$$

Sarkan B. és kollégái adatsorai jó közelítéssel teljesítenék a fenti kritériumokat, csakhogy azt vehetjük észre, hogy az elméleti és akírszereti görbék nem érintik egymást. Mintha offset-hibával rendelkeznének vertikális irányban.



2. ábra: A forgatónyamaték és a fék-specifikus teljesítmény karakterisztikája maximális fijtószelep nyitottság mellett.

Model	Polynomial	
Equation	y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3	
Weight	No Weighting	
Residual Sum of Squares	27,07724	
Adj. R-Square	0,99663	
Fék-specifikus teljesítmény	Intercept	Value
Fék-specifikus teljesítmény	B1	6,37776
Fék-specifikus teljesítmény	B2	0,00525
Fék-specifikus teljesítmény	B3	5,15967E-6
		Standard Error
		1,38745E-6
		1,1504E-10

2. tábla: A kísérleti fék-specifikus teljesítmény adatsorra illesztett görbe paramterei.

Ahogy a lenti ábrán is láthatjuk, ahogya a fék-specifikus üzemanyag fogyasztás görbe alakja konvex és rendelkezik egy minimum ponttal ($266,82136 \text{ kgW}^{-1}\text{s}^{-1}$ @ 2768 perc^{-1}). Gazdaságosság szempontjából érdemes ezen

Equation	$y=a+b*x$
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	3,14282E-27
Adj. R-Square	1

3. tábla: Az elméleti fék-specifikus teljesítmény adatsorra illesztett görbe paraméterei.

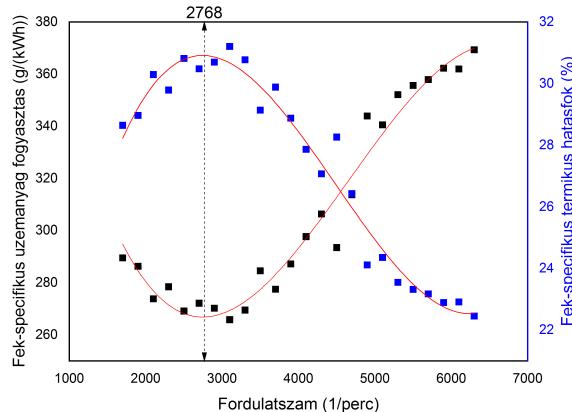
Model	Polynomial
Equation	$y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3$
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	146,26175
Adj. R-Square	0,98688
Fék-specifikus teljesítmény	Intercept Slope
	Value 1,42109E-14 0,01612
	Standard Error 7,4593E-15 1,7622E-18

4. tábla: A kísérleti forgatónyomaték adatsorra illesztett görbe paraméterei.

Equation	$y=a+b*x$
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	2,61596E-25
Adj. R-Square	-
Forgatónyomaték	Intercept Slope
Forgatónyomaték	Value 95,72845 0,01607
Forgatónyomaték	Standard Error 14,27928 0,0122
Forgatónyomaték	B1 B2 B3
Forgatónyomaték	Value 4,00711E-7 -3,64615E-10
Forgatónyomaték	Standard Error 3,22463E-6 2,67369E-10

5. tábla: Az elméleti forgatónyomaték adatsorra illesztett görbe paraméterei.

a fordulatszám körül üzemeltetni a motort. Mivel a (8)-as összefüggés révén kapcsolatba hozható a hatásfokkal, az ábráról könnyedén leolvashatjuk azt, hogy a motor fék-specifikus termikus hatásfoka ugyanezen a fordulatszámon éri el a szélsőértéket ($30,91062\% @ 2768\text{ perc}^{-1}$).



3. ábra: A fék-specifikus üzemanyag fogyasztás és termikus hatsárok fojtószelep karakterisztikája maximális fojtószelep nyitottság mellett.

Model	Polynomial
Equation	$y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3$
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	997,43405
Adj. R-Square	0,99332
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Intercept
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Value 507,74175
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Standard Error 37,2892
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	B1
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Value -0,20389
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Standard Error 0,03185
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	B2
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Value 5,26573E-5
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Standard Error 8,42085E-6
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	B3
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Value -3,77245E-9
Fék-specifikus üzemanyag fogyasztás	Standard Error 6,982112E-10

6. tábla: A kísérleti fék-specifikus üzemanyag fogasztás adatsorra illesztett görbe paraméterei.

A teljesség igényével megvizsgáltam a fék-specifikus effektív középnyomás fordulatszám függését annak érdekében, hogy össze tudjuk hasonlítani más belső égésű motorokkal.

Model	Polynomial
Equation	$y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3$
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	7,04777
Adj. R-Square	0,98372
Fék-specifikus termikus hatásfok	Intercept
Fék-specifikus termikus hatásfok	Value 7,27369
Fék-specifikus termikus hatásfok	Standard Error 3,13449
Fék-specifikus termikus hatásfok	B1
Fék-specifikus termikus hatásfok	Value 0,0202
Fék-specifikus termikus hatásfok	Standard Error 0,00268
Fék-specifikus termikus hatásfok	B2
Fék-specifikus termikus hatásfok	Value -5,3023E-6
Fék-specifikus termikus hatásfok	Standard Error 7,07844E-7
Fék-specifikus termikus hatásfok	B3
Fék-specifikus termikus hatásfok	Value -3,77245E-9
Fék-specifikus termikus hatásfok	Standard Error 6,982112E-10

7. tábla: A kísérleti fék-specifikus termikus hatásfok adatsorra illesztett görbe paraméterei.

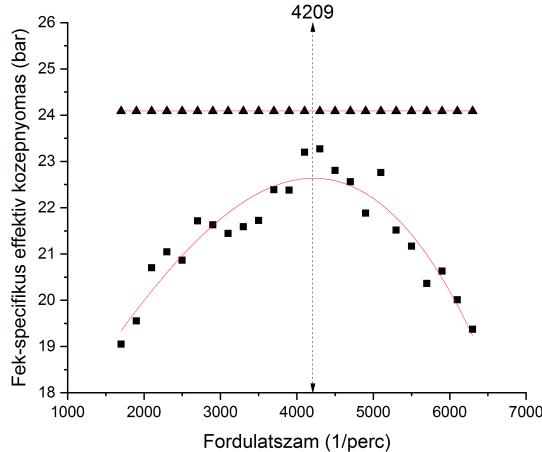
Egy ideális belső égésű motor esetén feltételezhetjük azt, hogy az üzemanyag-levegő keverési aránya állandó és minden egyes löketnél ugyanannyi közeg lép a hengerekbe. Ez azt jelenti, hogy a forgatónyomaték független a fordulatszámtól. A (6)-os és a A (7)-es összefüggésekkel kiindulva a motor fék-specifikus effektív középnyomása a teljes fordulatszám tartományon állandó. Az elméleti fék-specifikus effektív középnyomás görbét az autó motorjának technikai specifikációi alapján extrapoláltam. A valóságban a fék-specifikus effektív középnyomás görbe alakja konkáv és rendelkeznek egy szélsőértékkel (maximummal). A kísérleti görbe részletesebb elemzéséhez szükségünk lenne a volumetrikus hatásfok és az egyes körfolyamatokhoz tartozó részvesztések kiszámolására, melyet jelen cikk adatsoraiból nem lehet meghatározni. A forgatónyomaték és a fék-specifikus effektív középnyomás görbek nevezetes pontokkal rendelkeznek, melyek között kapcsolat áll fenn. A kapcsolatot a szakma eszköztárát felhasználva megmutatható, hogy:

- A fék-specifikus effektív középnyomás görbének ott van szélsőértéke (maximuma) ahol a fék-specifikus effektív középnyomás görbék meredeksége nullával egyenlő.
- A fék-specifikus effektív középnyomás görbéknek ott van szélsőértéke, ahol a forgatónyomaték görbe szélsőértéke.

$$\frac{dp_e}{dn} = 0 \quad (13)$$

$$\frac{dp_e}{dn} = \frac{2 \times \pi \times n_R}{V_d \times nC} \times \frac{dM}{dn} \quad (14)$$

Sarkan B. és kollégái adatsorai jó közelítéssel teljesítenék a fenti kritériumokat csakhogy azt vehetjük észre, hogy az elméleti és a kísérleti görbek nem érintik egymást. Mintha offset-hibával rendelkeznének vertikális irányban.



4. ábra: A fék-specifikus effektív középpnyomás fordulatszám karakterisztikája maximális fojtószelep nyitottság mellett.

Equation	y=a+b*x
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	1.02186E-27
Adj. R-Square	-
Fék-specifikus effektív középpnyomás	Intercept
Fék-specifikus effektív középpnyomás	Slope

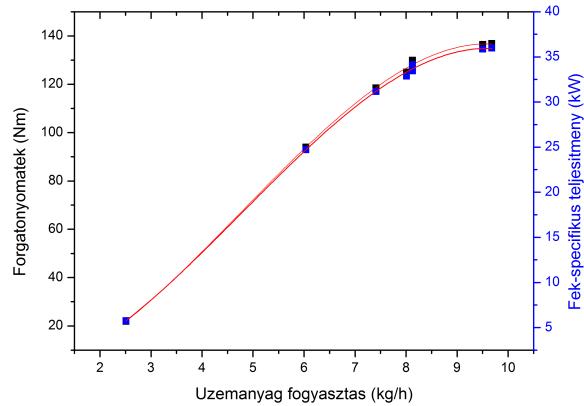
8. tábla: Az elméleti fék-specifikus effektív középpnyomás adatsorra illesztett görbe paraméterei.

Model	Polynomial
Equation	y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	3.64981
Adj. R-Square	0.98668
Fék-specifikus effektív középpnyomás	Intercept
Fék-specifikus effektív középpnyomás	B1
Fék-specifikus effektív középpnyomás	B2
Fék-specifikus termikus hatásfok	B3

9. tábla: A kísérleti fék-specifikus effektív középpnyomás adatsorra illesztett görbe paraméterei.

B. Fojtószelep jelleggörbe

A fojtószelep jelleggörbék az üzemi jelleggörbék közé soroljuk amik nagy általánosságban azt mutatják meg, hogy a leszabályozott belső égésű motorok adott üzemanyag fogyasztás mellett mekkora teljesítményt és forgatónyomatéket tudnak leadni (eltérő körülmények között). A motor teljesítményét és forgatónyomatékát a fojtószelep helyzetének állításával szokták szabályozni, miközben a motor fordulatszáma a méréssorozat alatt állandó értéken tartják. Sarkan B. és kollégái a motor fordulatszámát terheléssel, teljesítményét pedig a gázpedál felengedésével vagy lenyomásával szabályozták. A fordulatszámot az egész méréssorozat alatt 2510 perc^{-1} értéken tartották. A teljesség igényével a fék-specifikus üzemanyag fogyasztás és a termikus hatásfok üzemanyag függését megvizsgáltam.



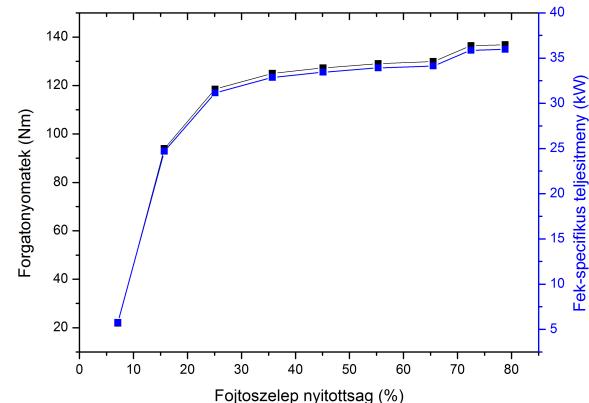
5. ábra: A forgatónyomaték és a fék-specifikus teljesítmény fojtószelep karakterisztikája 2510 perc^{-1} állandó fordulatszám mellett.

Model	Polynomial
Equation	y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	7.66486
Adj. R-Square	0.99985
Forgatónyomaték	Intercept
Forgatónyomaték	B1
Forgatónyomaték	B2
Forgatónyomaték	B3

10. tábla: A kísérleti forgatónyomaték adatsorra illesztett görbe paraméterei.

Model	Polynomial
Equation	y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3
Weight	No Weighting
Residual Sum of Squares	0.52955
Adj. R-Square	0.99985
Fék-specifikus teljesítmény	Intercept
Fék-specifikus teljesítmény	B1
Fék-specifikus teljesítmény	B2
Fék-specifikus teljesítmény	B3

11. tábla: A kísérleti fék-specifikus teljesítmény adatsorra illesztett görbe paraméterei.



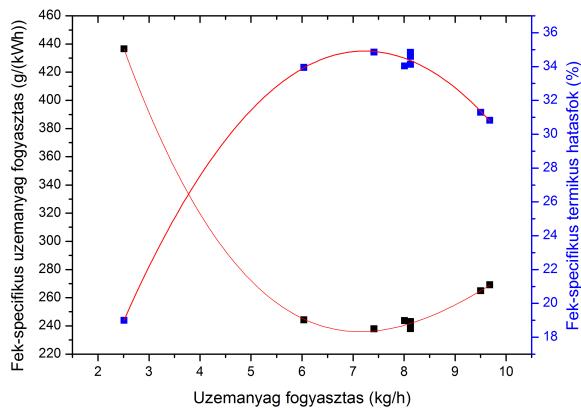
6. ábra: A forgatónyomaték és a fék-specifikus teljesítmény fojtószelep karakterisztikája 2510 perc^{-1} állandó fordulatszám mellett.

IV. ÖSSZEFOGLALÁS

A belső égésű motorokkal hajtott közúti járművek egyik legfontosabb működési jellemzője az üzemanyag fogyasztás, melynek segítségével információt kaphatunk a motor állapotáról. Az alábbi cikkben egy-egy létező közúti jármű motorjának fordulatszám és fojtószelep jelleggörbeit vettetem fel, melyeket részletesen jellemztem.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bereczky Ákos and Varga Zoltán. *Motor és erőátviteli rendszerek mechatronikája*. Elektronikus tananyag. ISBN 978-963-313-172-5. BME MOGI, 2014.
- [2] Šarkan B., Skrúcaný T., and Majerová Z. "Possibilities of measuring the brake specific fuel consumption in road vehicle". In: *Machines. Technologies. Materials* 8 (5 2014), pp. 19–21.
- [3] Molnár Tamás Géza and Pappné Sziládi Katalin. *Járműtechnikai alapismeretek*. Elektronikus tananyag. ISBN 978-963-306-666-9. SZTE MK Műszaki intézet, 2019.
- [4] *Ultimatespecs - kia ceed 1.6 cvvt technical details*. URL: <https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Kia/4267/Kia-Ceed-16-CVVT.html>. (hozzáférés: 2024.03.10.)



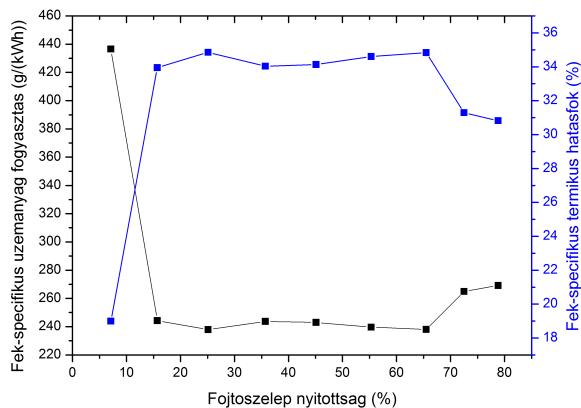
7. ábra: A fék-spezifikus üzemanyag fogyasztás és a termikus hatásfok fojtószelep karakteristikája 2510 perc^{-1} állandó fordulatszám mellett.

Model	Polynomial		
Equation	$y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	32.17053		
Adj. R-Square	0.99843		
Fék-spezifikus üzemanyag fogyasztás	Intercept	Value 788.06591	Standard Error 24.07105
Fék-spezifikus üzemanyag fogyasztás	B1	-184.61164	14.79103
Fék-spezifikus üzemanyag fogyasztás	B2	19.22707	2.53349
Fék-spezifikus üzemanyag fogyasztás	B3	-0.58856	0.13152

12. tábla: A kísérleti fék-spezifikus üzemanyag fogyasztás adatsorra illesztett görbe paraméterei.

Model	Polynomial		
Equation	$y=Intercept+B1*x+B2*x^2+B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	0.35668		
Adj. R-Square	0.99598		
Fék-spezifikus termikus hatásfok	Intercept	Value -3.02417	Standard Error 3.16642
Fék-spezifikus termikus hatásfok	B1	10.72483	1.94568
Fék-spezifikus termikus hatásfok	B2	-0.78845	0.33327
Fék-spezifikus üzemanyag fogyasztás	B3	0.00427	0.0173

13. tábla: A kísérleti fék-spezifikus termikus hatásfok adatsorra illesztett görbe paraméterei.



8. ábra: A fék-spezifikus üzemanyag fogyasztás és a termikus hatásfok fojtószelep karakteristikák folytoszelep állásának függése 2510 perc^{-1} állandó fordulatszám mellett.