

# Indítómotor laboratóriumi tesztmérése

Minden indítómotor-gyártósor végén, minden indítómotor-felújító üzemen megtaláljuk azokat a tesztpadokat, amelyek kimérik az indítómotor jelleggörbéit. Vajon milyen mennyiségeket mérünk? Vajon miért pont olyan alakú az a grafikon? Erre keressük a választ az alábbi cikkben. Ezáltal jobban megismerjük működését és a különböző paraméterek jelentőségét.

## Bevezetés

A tudomány és technika legújabb vívmányai, mint az indítógenerátorra épülő mikrohibrid start-stop rendszere, vagy az integrált indítógenerátor-csillapító rendszer (ISAD = Integrated Starter Alternator Damper), vagy éppen az indítómotort „nélkülöző” közvetlen befecskendezésű motorok indítása olyan megoldásokat kínálnak, amelyekből már hiányzik a klasszikus értelemben vett indítómotor. Az átlag (megfizethető és szélesebb körben elterjedt) személygépkocsik egyszerűségébe ezek még kevésbé törtek be. Mindegyikben ott találjuk a jól bevált és megbízható indítómotorokat. Ezekből sok típus ismert, leírásuk megtalálható a szakirodalomban [1], [2]. A működési jellegéből adódóan a soros gerjesztésű egyenáramú motor alkalmazása terjedt el a legjobban, de ma már állandó mágneses gerjesztésű indítómotorokat is gyártanak és alkalmaznak.

## Laboratóriumi tesztberendezés

A piacon nem túl bőséges a kínálat, de azért szép számmal lehet találni olyan cégeket, amelyek indítómotor-tesztpadokat kínálnak. A lényeg, hogy terhelőnyomatékot tudjon biztosítani a kívánt tartományban és mérni lehessen a szükséges adatokat. A mi laboratóriumunkban a Lucas Nülle cég SE 2662 mágnesporos fékje állt rendelkezésre.

Az indítómotort kis átalakítás után a mágnesporos fék tengelyére kapcsoltuk. A mágnesporos féket vezérlő berendezés méri a tengely nyomatékát és fordulatszámát. Lehetőséget kínál arra is, hogy ezeket a jeleket oszcilloszkópra vezetve, figyeljük a bekapcsolási tranzienseket.

A 2. ábrán látható, hogy az oszcilloszkópos mérés időalapja 2 másodperc. Az akkumulátorfeszültséget kb. 5 s után kapcsoltam a motorra, a motor tengelye felpörgött

kb. 5200 1/min-os fordulatszámra és 2 s-os üresjárás után kezdtem terhelni a tengelyt és kb. 9 s után ért el egy 4 Nm-es nyomatékot. Közben a fordulatszám folyamatosan csökkent egészen 1200 1/min-ig. Ekkor megszüntettem a terhelést, és a motor tengelye újból az üresjárási fordulatszámra gyorsult fel. A terhelési szakasz közepén egy furcsa tranziens látható, amit nem sikerült kiküszöbölöm, és többszöri mérés során kiderült, hogy ez a vezérelt fékberendezésből ered. Az így elvégzett mérés az indítómotor tengelyének mechanikai jellemzőit mérte. A nyomaték  $M=0,15...4$  Nm tartományban, míg a fordulatszám  $n=5200...1200$  1/min tartományban változott. A kétfő szorzata a tengely teljesítményével – az indítómotor „kimenetével” – arányos, pontosabban:

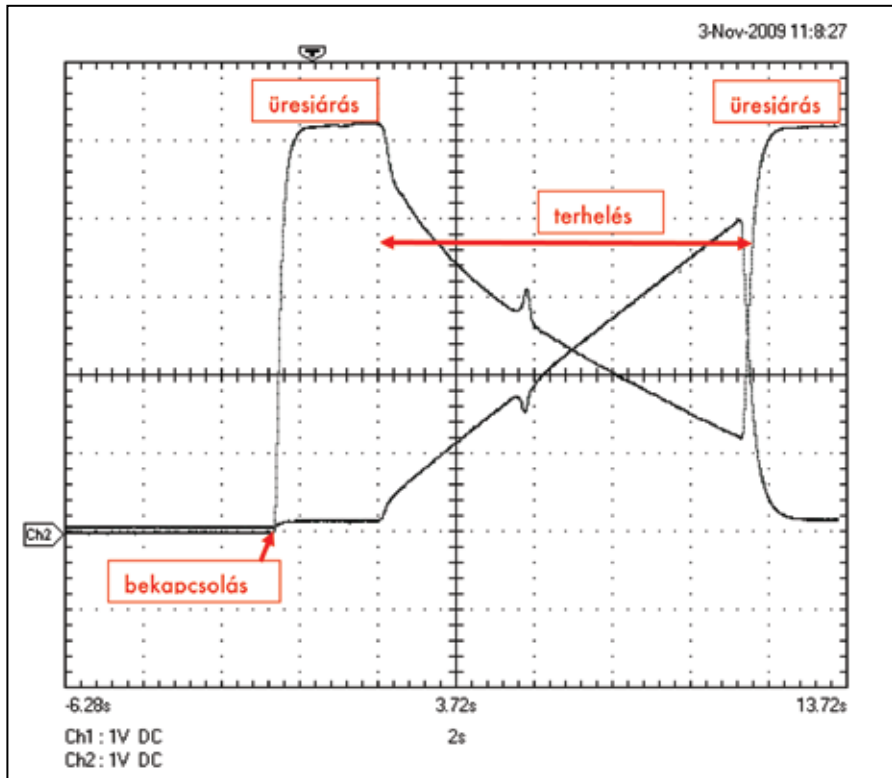
$$P_{tengely} [W] = \frac{M[Nm] \cdot n[1/min]}{9,55} \quad (1)$$

Arra is kíváncsi voltam, hogy miként alakulnak a villamos mennyiségek az indítómotor „bemenetén”. Ehhez mértem az akkumulátor feszültségét és áramát, amint a 3. ábrán látható. Az akkumulátor saruit közvetlenül az oszcilloszkóp bemenetére csatlakoztattam. Az áram méréséhez egy lakatfogót használtam, amelynek mérési tartománya 0 és 1000 A között van.

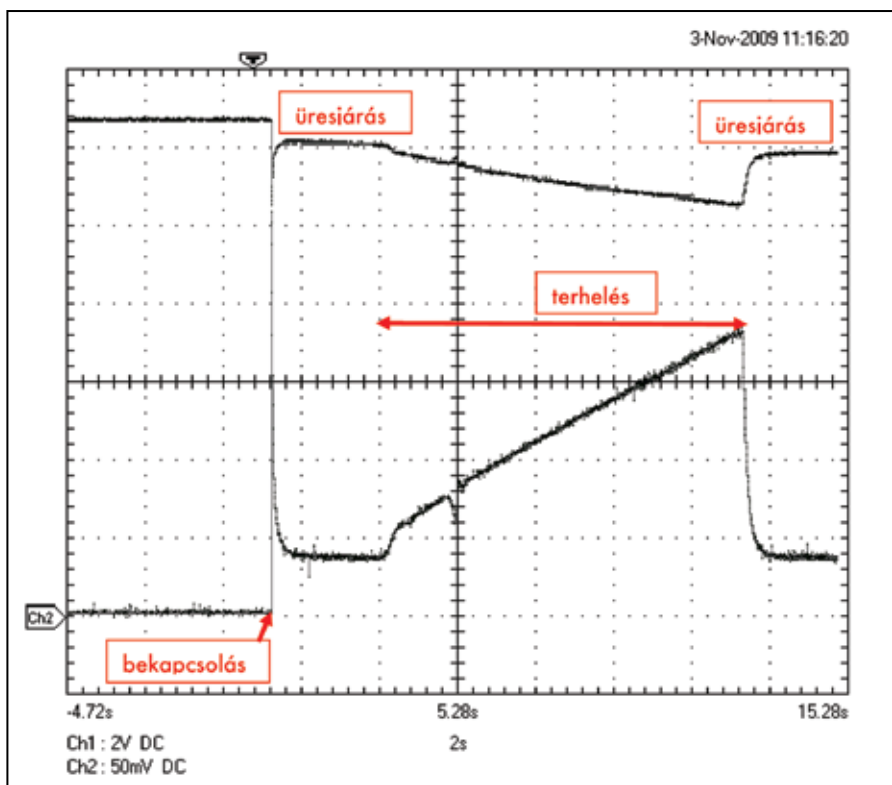
A 3. ábrán látható, hogy bekapcsolás előtt az akkumulátor feszültsége közel 12,8 V értékű, tehát egy teljesen jól feltöltött akkumulátort használtam. A bekapcsolás pillanatában az áram értéke ugrásszerűen megnőtt és egy 250...300 A-es lökés után beállt egy kb. 38 A-es üresjárási értékre. Ez a nagy áramlökés az akkumulátorra is hatott, és az üresjárásban valamivel több mint 12 V-on stabilizálódott az értéke. A terhelő nyomaték növekedésével az áram is arányosan növekedett egészen 180 A-ig, míg az akkumulátor feszültsége folyamatosan csökkent 10,5 V-ig. A terhelés megszűnte után az áram visszaesett az üresjárási értékre, kb. 38 A, míg



1. ábra: a mágnesporos fék és vezérlőberendezése



2. ábra: az indítómotor nyomatékának (1 V/Nm) és fordulatszámának (1 V/1000 min<sup>-1</sup>) változása a tesztmérés során



3. ábra: az indítómotor (és egyben akkumulátor) feszültségének és áramának (1 mV/A) változása a tesztmérés során

a feszültség visszaött 11,9 V-ra. A bemeneti oldalról vizsgálva az indítómotort információt kapunk a felvett villamos teljesítményről:

$$P_{\text{villamos}} [\text{W}] = U [\text{V}] \cdot I [\text{A}] \quad (2)$$

Tehát az indítómotorról begyűjtöttem minden adatot, ami külső méréssel megszerezhető, úgy a bemeneti, mint a kimeneti oldalt tekintve. Az indítómotor a felvett villamos teljesítményt mechanikai teljesítménnyé alakítja, amit a tengelyén adja le. A kettő közötti különbség az indítómotor vesztesége, illetve a kettő hányadosa az indítómotor hatásfoka, amely a (3) képlettel számolható ki.

$$\eta [\%] = \frac{P_{\text{tengely}} [\text{W}]}{P_{\text{villamos}} [\text{W}]} \cdot 100 \quad (3)$$

Az a cél, hogy minél kisebb legyen a veszteség, és minél nagyobb legyen a hatásfok. Veszteség mindig lesz (tekercsek ellenállása, örvényáramok a vastestben, csapágyak súrlódása, ventiláció stb.), amely hővé alakulva disszipálódik a környezetben, így a tengelyen leadott teljesítmény mindig kisebb lesz, mint a felvett villamos teljesítmény. Tehát elvárható, hogy a hatásfok kisebb legyen, mint 100%. Amennyiben ez a feltétel nem teljesül, akkor valószínűleg valami hiba csúszott a mérésbe vagy a számolásba, de semmiképpen se örüljünk annak a gondolatnak, hogy egy örökmozgót teszteltünk le!

### Jelleggörbék

Az eddigi mérések az idő függvényében történtek. Ha felfoazzuk a szakirodalmat, akkor megállapíthatjuk, hogy az indítómotor jelleggörbéi nem időfüggvények, hanem az áram függvényei. Vagyis olyan derékszögű koordináta-rendszerben ábrázolják a grafikonokat, amelynek vízszintes (x) tengelyén az áramot, függőleges (y) tengelyén a következő mennyiségeket ábrázolják: feszültség (U), nyomaték (M), fordulatszám (n), tengelyteljesítmény ( $P_{\text{tengely}}$ ), esetleg hatásfok ( $\eta$ ).

Ezen mért és számolt mennyiségek időfüggvényét egy táblázatba tudjuk foglalni.

Az oszcilloszkópról az adatokat szemmel is leolvashatjuk, de ma már a korszerű oszcilloszkópok a mérés eredményeit digitálisan is tárolják, illetve a számítógép számára egy soros vonalon (pl. USB kábel) keresztül megküldik. Így igen nagy mennyiségű adat áll rendelkezésünkre a jelleggörbék megrajzolásához (a mi esetünkben 25 mérési eredmény minden másodpercben). Ez a 2. és 3.

1. táblázat: mért és számolt mennyiségek időfüggvénye

Idő	A 3. ábrán kirajzolt mérési eredmény		A 2. ábrán kirajzolt mérési eredmény		A (2), (1) és (3) képlet szerint számolt értékek		
	I [A]	U [V]	M [Nm]	n [1/min]	P <sub>villamos</sub> [W]	P <sub>tengely</sub> [W]	η [%]
0	39,00	12,05	0,18	5246,66	470,08	98,89	21,03
1	68,16	11,74	0,78	4016,66	800,73	328,06	40,97
2	85,00	11,52	1,18	3450,00	979,76	426,28	43,50
3	99,83	11,35	1,58	3006,66	1133,44	499,53	44,07
4	113,66	11,14	1,93	2656,66	1266,24	538,75	42,54
5	128,50	11,04	2,38	2340,00	1418,64	584,79	41,22
6	142,00	10,92	2,77	2056,66	1550,64	597,97	38,56
7	153,83	10,80	3,17	1800,00	1661,40	598,11	36,00
8	167,83	10,64	3,56	1533,33	1785,74	571,58	32,00
9	181,00	10,55	3,94	1283,33	1910,15	529,45	27,71

\* A terhelés pillanatától kezdődően számoljuk az időt. Tehát a 4. függőleges pontozott vonalnak feleltetjük meg a 0. időpillanatot.

ábrán bemutatott 20 s mérésre vonatkozóan 500 adatot jelent ábránként. Ebben a sorozatban benne van a bekapcsolás előtti állapot, a bekapcsolási tranzienst, az üresjárást, a fokozatos terhelést, majd újból az üresjárást. Ahhoz, hogy a jelleggörbéket megrajzoljuk, számunkra csak terheléses szakasz szükséges. Tehát csak a fokozatos terheléshez tartozó adatokat kell figyelembe vennünk. Másrészt a 9 s-os terhelési szakaszhoz  $9 \text{ s} \times 25 \text{ mérés/s} = 225 \text{ mérési eredmény}$  tartozna, minden mérési eredmény tartalmazná az időt, áramot, feszültséget, nyomatékot, fordulatszámot, vagyis 5 adatot, tehát összesen  $225 \text{ mérés} \times 5 \text{ adat/mérés} = 1125 \text{ mért adatot}$  kellene kezelni. Erre al-

kalmasszámítógépen futtatható programok (szoftverek) léteznek, de hogy ne töltsünk oldalakat ezen adatok dokumentálására, az 1. táblázatban csak a másodpercenként mért adatokat és az ezekből számolt értékeket jelenítettem meg. Az így kapott grafikon a 4. ábrán látható.

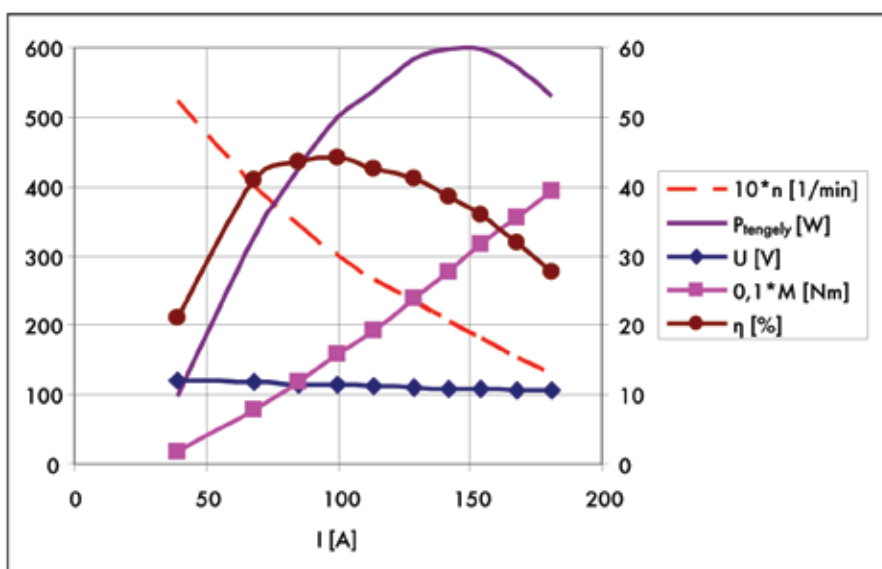
A terhelést egészen addig végeztem, ameddig az akkumulátor feszültsége 10,5 V értékre csökkent, ami 1,75 V cellafeszültséget jelent. Tovább nem terheltem az akkumulátort, nehogy tönkremenjen [3]. A hidegindítási vizsgálat során az akkumulátor feszültségével 9 V-ig is lemennek [4], ami már cellánkénti 1,5 V-os értéknek felel meg. Sőt az indítómotorteszt alkalmazásával odáig is el-

mennek, hogy az indítómotor fordulatszáma lecsökken 0-ra, vagyis a tengely áll. Ez azt jelenti, hogy már csak a motor, az akkumulátor és a vezeték saját belső ellenállása az, ami korlátot szab az áramnak, ami több száz amperes értéket jelent. Ilyen terhelésre az akkumulátor feszültsége akár 6 V-ra is lecsökkenhet, amint az 5. ábrán látható. Én nem vállaltam be ezt az állapotot.

Összehasonlítva a 4. és az 5. ábrákat megállapíthatjuk, hogy a laboratóriumban elvégzett mérésből kapott eredmények megfelelnek a szakirodalomban bemutatott elméleti jelleggörbéknek. Ha figyelembe vesszük, hogy az elmélet szerint a legnagyobb tengelyteljesítménynek megfelelő áram kétszerese lesz a legnagyobb áram, akkor esetünkben ez kb. 300 A-nek felel meg, és ha az akkumulátorfeszültség ugyanilyen mértékben csökkenne, akkor sem esne a feszültsége 9 V alá.

Az általam végzett mérés és adatfeldolgozás során információt kaptam a motor hatásfokára vonatkozóan is, aminek grafikonja nem található meg az 5. ábrán. A rövid idejű üzemeles, illetve az indítónyomaték fontossága miatt valószínűleg ez a paraméter nem jelentős, de érdekes megfigyelni, hogy a hatásfokának legnagyobb értéke kb. 45% - csak!

Léteznek olyan adatkezelő és -feldolgozó szoftverek, amelyeknek a segítségével a mért adatokra egy matematikai függvényt lehet illeszteni és ezáltal kiterjeszteni - extrapolálni - lehet az eredményeket. Ehhez azt kell feltételezni, hogy a folyamat ugyanolyan törvényszerűség szerint folytatódna, mint az eddigi mérés során, illetve jártasnak kell lenni a matematikai függvények sokaságában. Ha ismerjük, hogy az indítómotor milyen



4. ábra: indítómotor jelleggörbéi. A pontokkal jelölt göbék a jobb oldali tengelyhez igazodnak

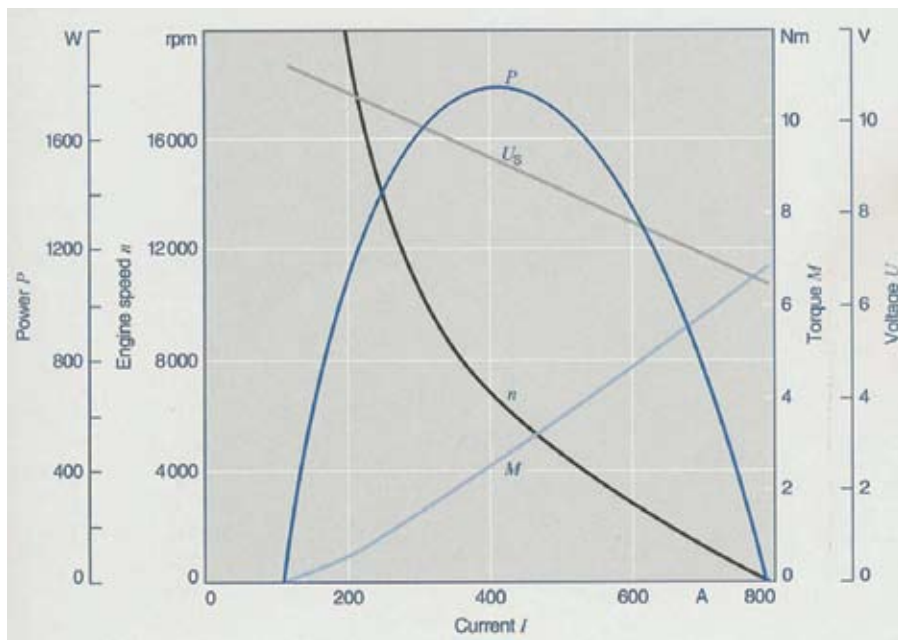
villamos gép, annak felírjuk alap- és áramkörü összefüggéseit, akkor megkapjuk, hogy milyen matematikai függvényt kell illeszteni a mért adatokra. Mivel ez a történet igen messze vezetne és a cikk terjedelme is korlátozott, ezért itt befejezem elméleti fejtegetéseimet. Ha valakinek kedve támad, hogy megismerje a soros gerjesztésű egyenáramú motor áramkörü modelljét, a jelleggörbék leíró matematikai összefüggéseket, netalántán ennek számítógépes szimulációját, akkor figyeljék az Autótechnika szerkesztőség gondozásában megjelenő „A jövő járműve” című kiadvány 2010/1-2. számát, amelyben benne lesz egy erről szóló cikkem.

DR. BLÁGA CSABA  
ELKBLAGA@UNI-MISKOLC.HU

A munka az NKTH BAROSS\_EM07-EM\_ITN3\_07-2008-0039 pályázat keretében készült.

**Szakirodalom**

1. Bakos István: Járművillamosság, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
2. Huszti Tibor: A gépjármű villamos hálózata és az akkumulátorok, Autoverso Oktatói Bt., Budapest, 1996.



5. ábra: indítómotor-jelleggörbék a [2] szakirodalom szerint. Power P = tengelyteljesítmény; Engine speed n = fordulatszám; Torque M = nyomaték; Voltage U = feszültség; Current I = áram

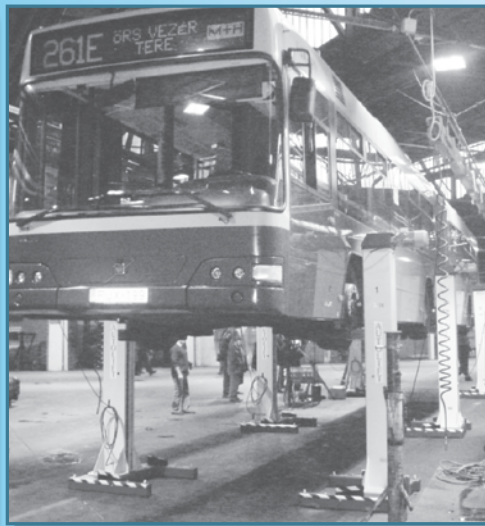
3. Horst Bauer: Alternators and starter motors, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, 2003.
4. BOSCH: Batterien, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, 1992.

# AUTOLIFT 2005 Kft.

H-9400 Sopron, Csengery u. 60.  
Tel./fax: 06-99/319-925 • Mobil: 06-30/526-3040.  
E-mail: info@autolift.hu • Web: www.autolift.hu

**Kínálatunkban szerepelnek még:**

- fék- és lengéscsillapító-próbpadok
- kétszlopos emelőberendezések 2,5 t-5 t teherbírásig
- futómű-beállító berendezések
- gumiszerelő és centrírozógépek
  - négyoszlopos emelők
  - hidraulikus rámpás emelők
- vizsgasori emelőberendezések
- hagyományos soproni Autolift emelők, valamint a RAVAGLIOLI gyár teljes termékpalettája



**Elektromechanikus és hidraulikus emelőberendezések a gépjármű-javítási feladatok ellátására**



**Európai termékekkel, megbízható minőséggel és biztos háttérrel szolgálattal**

Vevőszolgálati feladatainkat országos lefedettséggel látjuk el, ezek közé tartozik a gépjárműemelő javítása, szerkezeti és fővizsgálata, mellyel készségesen állunk tisztelt megrendelőink rendelkezésére.

Bővebb információ: [WWW.AUTOLIFT.HU](http://WWW.AUTOLIFT.HU)

