

Akkumulátor tesztelési ciklusok kifejlesztése elektromos meghajtású járművekhez

Kocsis Szürke Szabolcs*, Dr. habil Lakatos István Ph.D.**

*Széchenyi István Egyetem, Járműipari Kutató Központ, 9026. Győr, Egyetem tér 1.

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

Abstract: A rohamléptekkel terjedő elektromos és hibrid autózás, valamint a beléjük épített félelmetes sebességgel fejlődő elektronika mögött igencsak lemaradtak az akkumulátorok. Az elmúlt években kialakult óriási igények és az ennek köszönhetően befektetett jelentős összegek, valamint a nyilvánvaló technikai előnyök (sokkal nagyobb energiasűrűség, nagyobb terhelhetőség, hosszabb élettartam, könnyebb kezelhetőség) következményeként a lítium bázisú akkumulátorok egyre nagyobb teret hódítanak maguknak. Egyre elérhetőbbek, gazdaságosabbak valamint nem utolsó sorban megbízhatóbbak. Kutatásaim során kiemelt figyelemmel foglalkozom a lítium-polymer és lítium-vasfoszfát akkumulátorokkal, mivel a Járműipari Kutatóközpont is leginkább ezeket használjuk.

1. BEVEZETÉS

A jelenlegi elektromos hajtású gépjárművek egyik főbb nehézsége abból ered, hogy folyamatos használat mellett az akkumulátorok idővel elhasználódnak és jelentősen veszítenek a kapacitásukból.

Az akkumulátorok élettartama azonban különösen fontos az elektromos autók tulajdonosai számára, főleg a jelenlegi korai időszakban, amikor még nem áll rendelkezésre elegendő adat arról, hogy mire számíthatunk egy jármű átlagosan 10-15 éves élettartama során.

Jelenleg elterjedt lítium akkumulátorok alkalmazásában számos fejlesztési és használati/üzemi probléma merül fel. Ezek a legtöbbször a következőkből adódhatnak:

- Töltés vagy a névlegesnél magasabb feszültséggel való töltés.
- Öregedési és elhasználódási probléma

A fentiek az alábbi tényezőktől függenek:

- az akkumulátor típusától,
- a gyártási módszereitől,
- kapcsolási rendszereitől,
- felhasználás módjától.

A Járműipari Kutatóközpont kutatásai jelentős részben az elektromos hajtású gépjárművekkel kapcsolatosak.

Ezen a területen belül a szerzők az akkumulátorok tesztelési módszereinek fejlesztését tűzték ki célul.

2. AKKUMULÁTOR-TESTELÉS ELŐKÉSZÍTÉSE

A továbbiakban a tesztelési folyamat műszaki hátterét és a vizsgálatok elvégzésének folyamatát mutatjuk be.

2.1. A kutatás célja

A kutatás célja a járműiparban használatos nagy kapacitású lítium-ion akkumulátorok üzemi tulajdonságainak elemzése és feltárása, valamint azok javítása.

Az optimalizáció során nem kizárólag az akkumulátorok élettartama és hatékonysága a lényeges pont, hanem azok magas biztonsági foka és hosszú távú stabilitása legalább olyan fontos szerepet játszik.

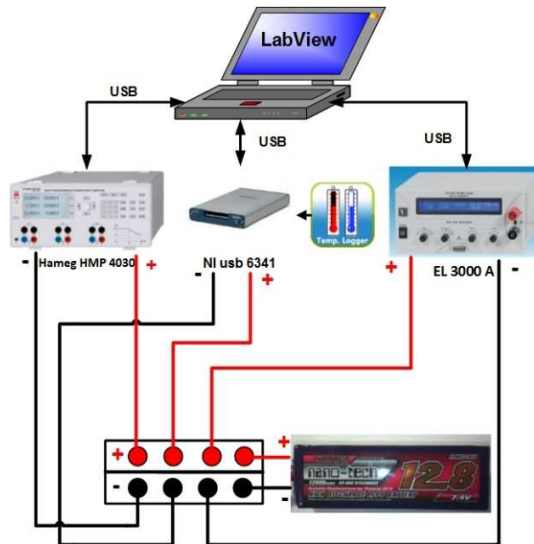
2.2. A teszteléshez szükséges egységek definiálása és összekapcsolása

A tesztelési folyamatok végrehajtásához szükséges főbb egység az alábbiak:

- Tápegység: *Hameg HMP 4030*
- Műterhelés: *EL-3000*
- Adatgyűjtő: *NI Usb 6341*
- Hőmérséklet szenzorok: *LM35 CAZ*
- A teszt levezérlésért felelős központi számítógép, LabView szoftver csomaggal
- Akkumulátor: *Turnigy nano-tech 12,8 Ah*
 - Max feszültség: 8,5 V
 - Min feszültség: 5,4 V
 - Kapacitás: 12,8 Ah

A tápegység és a műterhelés egyaránt USB-porton keresztül képes csatlakozni a számítógéphez, melyeknél a lehetséges maximális beállítható baud sebesség 115 k. Az NI USB 6341 adatgyűjtő kártyaként funkcionál, feszültség és hőmérséklet értékeket gyűjt.

A töltő és kisütő áramkör és az akkumulátor összekötése az 1. ábrán látható blokk séma szerint került kialakításra.



1. ábra: Az akkumulátor-tesztelő kör blokkvázlata

2.3. Automatizált töltési és kisütési ciklus megvalósítása

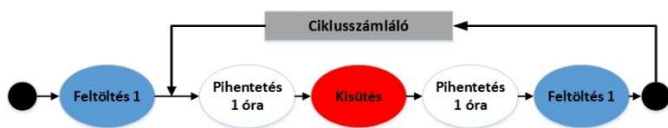
A töltési és kisütési ciklus végrehajtására ciklusosan töltő és kisütő LabView programot fejlesztettünk. A program képes a különböző paraméterek beállítása után levezényelni a tesztek.

A program a következő főbb paraméterekkel rendelkezik:

- ciklusszámláló;
- töltéskor: töltő áram és felső feszültség korlát;
- a szünet ideje;
- kisütéskor: kisütési áram érték és alsó feszültség határ.

A külső és a pakk (akkumulátor csomag) hőmérsékletét folyamatosan monitorozzuk. Ha bizonyos határ fölé lép az akkumulátor hőmérséklete a teszt azonnal leáll.

A program a következő blokk vázlat szerint valósult meg:



2. ábra: Tesztelési ciklus

A teszt működési alapelvei (sorrendje) a következők:

1. Az akkumulátor töltése konstans árammal, amíg az teljesen fel nem töltődik, és ezt követően a töltőáram a minimális áramkorlát alá nem esik.
2. A feltöltött akkumulátor pihentetése 1 órán keresztül.

3. Kisütés, amíg az előre meghatározott érték alá nem esik a küszöbfeszültség.
4. Pihentetés 1 órán keresztül.
5. A második töltési ciklus megkezdése.

3. AKKUMULÁTOR TESZTELÉS

Az akkumulátor tesztelési ciklusok kifejlesztésének első lépéseként kapacitás tesztekert hajtottuk végre:

- A tesztek során lítium-polimer, Turnigy nano-tech 12.800 mAh-ás és 7,4 V-os akkumulátor használtunk.
- Az akkumulátorok 2 sorba és 2 párhuzamosan kapcsolt cellából épültek fel. A töltési és kisütési ciklusok levezénylését LabView-ban írt program végezte.
- Ez felelt a biztonságos működésért is.

3.1. A töltés menete

A töltéshez az állandó áram / állandó feszültség (cc/cv: cc – constant current, cv – constant voltage) módszert alkalmaztuk. Ez azt jelenti, hogy a töltés első fázisában állandó áramerősséggel tölti az akkumulátort.

Ahogy közelítünk a 100% töltöttséghez, a töltő automatikusan elkezd csökkenti a töltőáramot, majd állandó feszültség tartásra vált át.

A töltés akkor fejeződik be, amikor a töltő áram a beállított töltési áram 3%-a alá csökken.

3.2. A kisütés menete

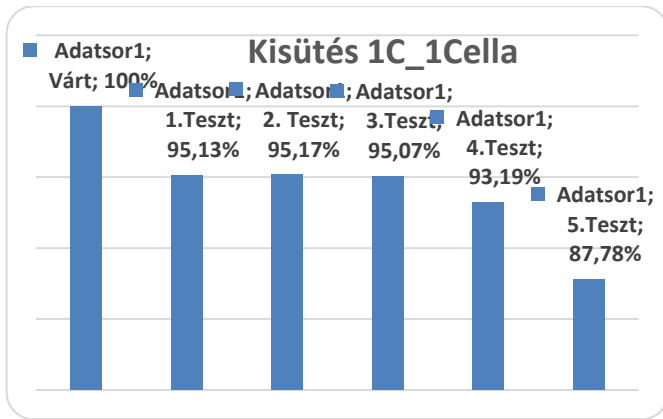
A kisütés sebességét az határozza meg, hogy milyen gyorsan képesek az ionok az anódtól a katód felé mozogni. Ezt „C”-értékkel szokás megadni. A mi esetünkben az 1 C-vel való kisütés 6,4 A-t jelent egy cellára kivetítve. Az egész pakk esetében 12,8 A ez az érték. Tehát 6,4 A-es áramerősséggel történő kisütéskor 1 óra alatt kell a cellának leadni a kapacitását.

3.3. Cella tesztelés

Elsőként ennek az akkumulátor-pakknak egy celláját teszteltük, ami 6400 mAh-nak és 3,7 V-nak felelt meg. Töltésnél a LabView interfész segítségével állítottuk be a töltő feszültség és áram értékét. A cella 100%-os töltöttségéhez az akkumulátor adatlapja alapján 4,2 V tartozik. Az 1C töltő áram 6,4-t A-t jelent ebben az esetben.

A töltés akkor ér véget, ha töltő áram visszaesik 0,192 A értékre.

A kisütések eredményeit elemezve arra a következtetésre jutottunk, hogy átlagosan 95%-os kapacitást tudunk kivenni, ha 4,2 V-ot feltételeztük a maximális töltöttségi szintnek.



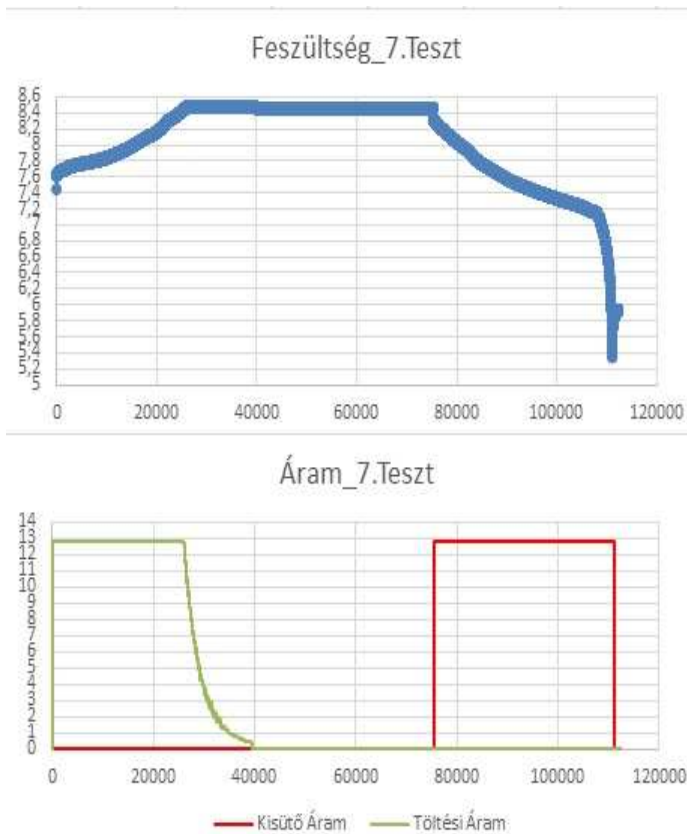
3. ábra: Kisütés 1C_1Cella

3.4. Akkumulátor pakk tesztelés

A pakk tesztelésére során az első három teszt a gyárilag megadott 8,4 V-ot feltételeztünk maximális töltöttségi szintnek.

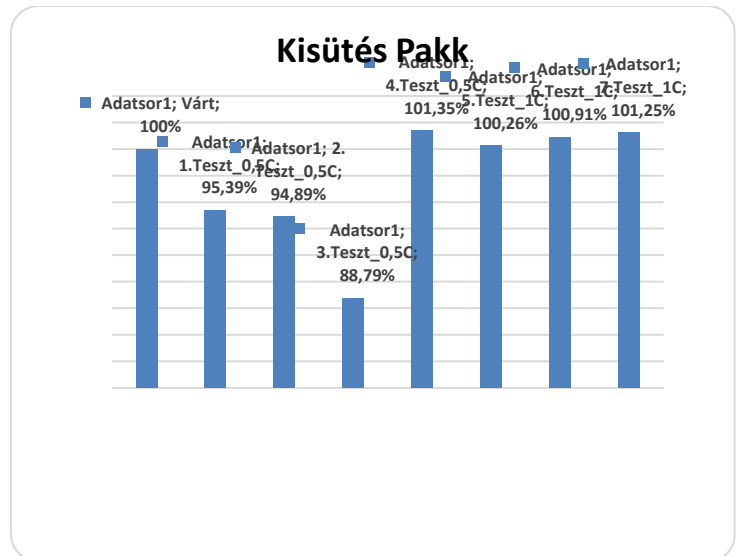
Az eredmények ebben az esetben is hasonlóképpen alakultak, mint az egy cellánál mért esetben. Ekkor az elméleti maximális töltöttségi szint 95%-át tudtuk kivenni.

A töltési feszültséget ezért felemeltük 8,5 V-ra, így tudtuk elérni a névlegesen megadott 12,8 Ah-át. A hetedik teszt során az akkumulátor pakk feszültség és áram értékei a következőképpen alakultak:



4. ábra: Hetedik teszt

A várt 12,8Ah (100%)-hoz képest százalékosan a következő értékek születtek:



5. ábra: Akkumulátor pakk kisütése

4. A MŰSZEREK PONTOSSÁGÁNAK HATÁSA

A tesztek során a töltési áram mintavételezése a **Hameg tápegységről**, kisütési áramé pedig az **EL-3000-es műterhelésről** történt.

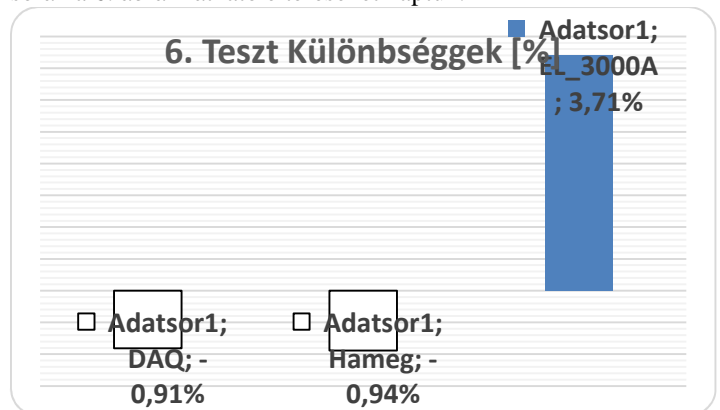
A feszültség mintavételezésére egy külső DAQ kártyát, valamint a Hameg tápot és az EL-3000 is használtuk.

Az áram loggolása során tizedes, még a feszültség esetében ezredes pontosságra volt szükség.

Ezért volt kritikus a minél gyorsabb és pontosabb feszültség érték mintavételezése.

Különböző tesztek során megfigyeltük hogyan tudjuk a legnagyobb pontosságot és az összehangolt mintavételezést elérni.

A különböző mérőegységek között a hatodik és hetedik teszt során a 6. ábrán látható eltéréseket kaptuk.



6. ábra: Teszt-különbségek [%]

Az eltérésekből arra a következtetésre jutottunk, hogy a Hameg tápegység és a DAQ kártya értéke viszonylag azonos

és pontos értéket adott, viszont az EL 3000-as műterhelés nagymértékben szór.

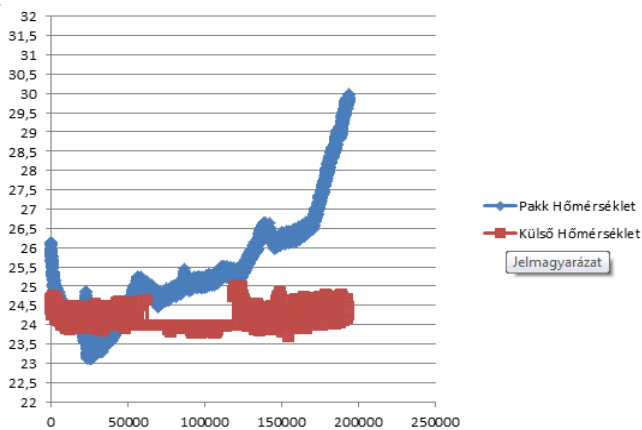
5. HŐMÉRSÉKLET-FÜGGŐSÉG

Hőmérséklet hatásának vizsgálatára két szenzort helyeztünk el a rendszerben:

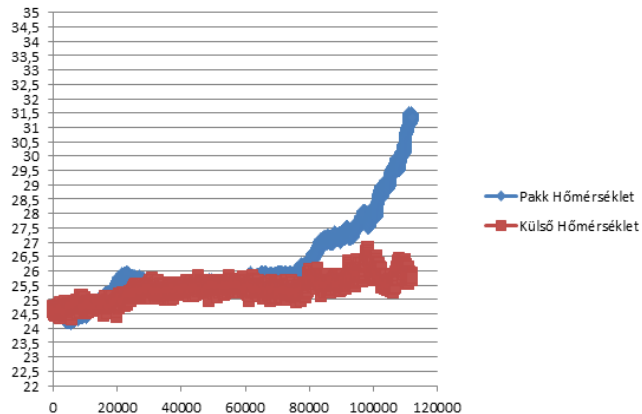
1. egyet a magára az akkumulátorra, a pakk hőmérséklet mérésnek érdekében,
2. a másikat pedig a távolabb tőle a külső hőmérséklet figyelésére.

Ezt a két adatot összehasonlítva tudtuk megállapítani a pakk melegedésének kezdetét.

A szenzorok típusa: LM35CAZ.



7. ábra: Hőmérséklet-függőség 0,5C



8. ábra: Hőmérséklet-függőség 1C

A hőmérséklet vizsgálata során feltűnt, hogy a kisütési szakaszban a pakk hőmérséklete nagymértékben megemelkedik.

A szakirodalom és a saját megfontolások alapján is valószínűsíthető, hogy ennek oka az, hogy a hőtermelés a kisütés végén felgyorsul, mivel az egyensúlyi feszültség potenciál és a feszültség eltérése nagyon gyorsan változik.

6. ÖSSZEZGÉS

A cikkben bemutatott vizsgálatok során hasznos tapasztalatokra tettünk szert az akkumulátorok tesztelésével kapcsolatosan. Ez a munka szerves részét alkotja annak a folyamatnak, amelynek során a Járműipari Kutatóközpontban elektromosan meghajtott járműveket fejlesztünk.

A kutatások jelenleg is folyamatban vannak. A különböző szempontok figyelembe vételekor fontos a járműparaméterek optimalása Péter [9,11,12] a valós közlekedési folyamatok sajátosságai mellett [10], modern jel-analízis eljárások [13] alkalmazásával. Az új eredmények mára a Ph.D. kutatásokban is megjelennek.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

1. „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.”
2. „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.”

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] I Lakatos: Performance measurement facilities aiming modern diagnostic, XXII. International Conference on Mechanical Engineering (OGÉT), Sibiu, Romania, published in Cluj, Technical Scientific Society Transylvania, (ed.: Csibi, Vencel József), pp. 217-220
- [2] I Lakatos, P Kőrös, F Hajdu: Examination of the effect of sensor properties on the secondary battery model in simulation environment, ACTA TECHNICA JAURINENSIS 7:(1) pp. 71-86 (2014)
- [3] V Nagy, I Lakatos, P Kőrös, T Orbán: Modelling of minimum power consumption electric vehicle drive system In: AVL Advanced Simulation Technologies International User Conference 2013. Graz, Austria, pp. 101-102
- [4] V Nagy, I Lakatos, P Kőrös, T Orbán: Analysis of electric powered city bus in AVL Cruise Simulation Software, 11th International Conference on Heat Engines and Environmental Protection, Balatonfüred, Hungary, 2013 In: Proceedings of the conference (ed. Gróf, Gy.)
- [5] I Lakatos: Elaboration of a new method for developing a diagnostic procedure for motor vehicles based on a model, Periodica Polytechnica: Transportation Engineering 41:(1) pp. 57-64. (2013)
- [6] I Lakatos: Diagnostic measurement for the effective performance of vehicles, Acta Polytechnica Hungarica 10:(3) pp. 239-249. (2013)

- [7] I Lakatos, V Nagy, P Kőrös, T Orbán: Computer Aided Modelling Of Hybrid Mini Van, Hungarian Journal of Industrial Chemistry 40:(1) pp. 57-64 (2013)
- [8] I Lakatos, P Kőrös, V Nagy: Description of fundamental characteristics of a synchronous motor with a vehicle simulation program using the similarity principles, In: microCAD 2013: XXVII. International Scientific Conference. Miskolc, Hungary
- [9] Péter T.: Reduction of parameters of spatial non-linear vehicle swinging systems, for identification and optimisation purposes, **PERIODICA POLYTECHNICA: TRANSPORTATION ENGINEERING** 36:(1) pp. 131-141. (1988)
- [10] PÉTER T, BOKOR J.: Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása, **A JÖVŐ JÁRMŰVE : JÁRMŰIPARI INNOVÁCIÓ 1-2:** pp. 19-23. (2006)
- [11] Peter T, Bellay A.: Integral Transformations of Road Profile Excitation for Variable Vehicle Speeds, **VEHICLE SYSTEM DYNAMICS** 15:(1) pp. 19-40. (1986)
- [12] Péter Tamás: Mathematical Transformations of Road Profile Excitation for Variable Vehicle Speeds. Studies in vehicle engineering and transportation science: a festschrift in honor of professor Pál Michelberger on occasion of his 70th birthday. 305 p. Budapest: Hungarian Academy of Sciences - Budapest University of Technology and Economics, 2000. pp. 51-69. (ISBN:963 420 660 3)
- [13] Péter T.:Fuzzy and Anytime Signal Processing Approaches for Supporting Modeling and Control, In: Rudas IJ (szerk.), ICCS 2005 : IEEE 3rd International Conference on Computational Cybernetics. 350 p., Konferencia helye, ideje: Balaclava, Mauritius, 2005.04.13-2005.04.16. Piscataway: IEEE, 2005. pp. 339-344., (ISBN:0780391225)