

Kombinált önindító-generátorok hibrid gépkocsik számára

Integrated Starter-Generators for Hybrid Vehicles

SZABÓ Loránd

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamos Gépek Tanszék
400750 Cluj, P.O. Box 358, e-mail: Lorand.Szabo@mae.utcluj.ro

Abstract: *The hybrid vehicles could be real competitors of the classical cars having internal combustion engine powertrain. The integrated starter-generator (ISG) is an important device of such cars and replaces both the conventional starter and alternator in a single electric device. In the paper the basic structures of the hybrid cars will be presented. The main characteristics of the ISG and some variants will be also discussed.*

Összefoglaló: *A hibrid gépkocsik komoly vetélytársai lehetnek a klasszikus belsőégésű motorok hajtotta járműveknek. Ezek egyik fontos alkatrésze a kombinált önindító-generátor, amelyik egyetlen elektronikusan vezérelt alegységbe integrálja az önindítót és a generátort. Cikkünkben ismertetjük a hibrid meghajtású gépkocsik szerkezeti felépítését, előnyeit, valamint részletesen foglalkozunk az indítógenerátor fontosabb jellemzőivel, valamint áttekintjük az ehhez szóba jöhető villamos gépeket. Cikkünkben megemlítünk néhány immár sorozatgyártott indítógenerátort is.*

Kulcsszavak: Hibrid meghajtású gépkocsi, kombinált önindító-generátor, villamos gépek.

1. BEVEZETÉS

Világunk egyik globális környezeti problémája a levegőszennyezésből adódó üvegházhatás és felmelegedés. A légkörbe jutó káros anyagok nagy része a közlekedésből származik. Gépjárműveink ma még nagyrészt környezetszennyező és alacsony hatásfokú belsőégésű motorokkal működnek. Az autógyárak fejlesztőmérnökei kísérleteznek olcsó és környezetkímélő alternatív megoldásokon. Az eddigi legnagyobb sikert a hibrid meghajtású gépkocsikkal érték el [1].

A hibrid gépkocsik egyik új és fontos alkotóeleme a kombinált önindító-generátor, amely tulajdonképpen egy sajátos tervezésű nagyhatékonyságú villamos gép, amelyet saját vezérlő elektronika táplál. Segítségével egyetlen berendezés ki tudja váltani a klasszikus gépkocsik két alkotóelemét: az önindítót és a generátort [2].

Az önindító-generátorok tervezése és kivitelezése jelentőségük miatt napjainkban a villamos gépek szakterületén dolgozó kutatók egyik legfontosabb kihívása. Számos publikáció jelenik meg nap mint nap e témakörben, és már valamennyi jelentős kutatóközpont és autóvillamossági cég kidolgozta saját termékeit. Mivel a kombinált önindító-generátor nagyon sok, és többször egymásnak ellentmondó, feltételnek kell megfeleljen, a megvalósított változatok sokfélék, mind ami a villamos gép típusát, mind ami a mechanikai megoldásokat illeti. Valószínűleg idővel letisztul majd a kép és egy, valamennyi gépkocsigyártó által elfogadott változat marad életképes. Ezek számbavétele bizonyára tanulságos lehet az ezen a területen dolgozó valamennyi szakember számára.

2. HIBRID MEGHAJTÁSÚ GÉPKOCSIK

A jövő autóiparának egyik nagy reménysege a hibrid meghajtású gépkocsi, amelyikben keverik a hagyományos (belsőégésű motoros) és az elektromos meghajtást [3].

A hibrid gépkocsik hajtóműve a legtipikusabb esetben két energia-átalakítóból és két energiatárolóból áll. A két energia-átalakító többnyire egy belsőégésű motor és egy környezetbarát villanymotor. A hibrid gépkocsik kétféle energiahordozót használnak: a tartályban tárolt folyékony üzemanyagot, valamint az akkumulátorban felhalmozott villamos energiát.

A hibrid technológia alkalmazásának alapja az, hogy a hagyományos motor csak akkor kapcsol be, amikor eléri azt az optimális fordulatszámot, amelyen a károsanyag kibocsátás a legkisebb és az üzemanyag fogyasztás a legalacsonyabb. A hibrid meghajtású gépkocsiknak, amennyiben a kétféle motor működését ügyesen összehangolják, számos előnyük van az alacsony fogyasztás és környezetkímélő jelleg mellett: csendesen üzemelnek, nagy utazási kényelmet biztosítanak, stb. Megvalósításukat és elterjedésüket az nehezíti, hogy a kettős hajtóműrendszert és ezek kiegészítő elemeit mind bele kell építeni a gépkocsiba. Ennek ugyan nincs műszaki akadálya, de jócskán megnöveli a gyártás költségeit, és persze a kicsi eladási árát is [4].

A hibrid gépkocsi meghajtásokat az erőátvitel módja szerint osztályozva négyféle változatot tudunk megkülönböztetni. A legelterjedtebb változatok a 1. ábrán láthatók. A sorba kapcsolt hibrid meghajtásnál a kerekeket a villanymotor hajtja, a villamos áramot pedig a belsőégésű motorral összekapcsolt generátor szolgáltatja. Ebben az esetben a belsőégésű motor viszonylag szűk sebességhatárok között dolgozik, tehát a hatékonysága maximális lehet.

A párhuzamosan kapcsolt hibrid meghajtásnál vagy a belsőégésű motor, vagy a villanymotor, vagy mindkettő egyszerre hajtja a kerekeket. Amikor szükséges a villanymotor is tud kiegészítő energiával szolgálni (15-20 százalékkal lecsökkentve az üzemanyag fogyasztást [5]). A párhuzamos hibrid meghajtás hatásfoka nem éri el a soros változatét, azonban a magasabb teljesítménye jobban illik a mindennapi autózás igényeihez [6].

E két változaton kívül léteznek még vegyes és független rendszerű hibrid meghajtások [7].

Az első sorozatban gyártott hibrid gépkocsi, a Toyota Prius 1998 óta közlekedik az utakon. A hajtómű vegyes rendszerű hibrid, a belsőégésű motor közvetlenül hajtja a kerekeket a jó hatásfokú üzemi tartományokban. A kitűnően megtervezett és összehangolt hibrid meghajtásának köszönhetően fogyasztása jóval alatta marad a hasonló teljesítményű hagyományos gépkocsiénál. Hátránya a nagy súlya és a magas ára, mivel kettős meghajtással rendelkezik és viszonylag komplikált a vezérlése. Emiatt elterjedése még lassú, de a gyártók bizakodóak, és azt tervezik, hogy 2012-re valamennyi gépkocsijuk hibrid meghajtású lesz [8].

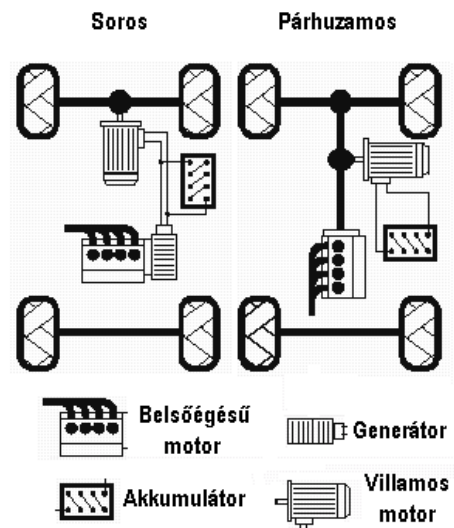
A hátrányokat csökkenteni szándékozandó megjelentek a hibrid technológia második generációjának tartott visszafogott vagy minimál hibridnek nevezett változatok is, amelyeket az angol szakirodalom *mild hibrid*ként emleget. A nagyobb teljesítményű belső égésű motort kisebb teljesítményű villanymotor és kisebb akkumulátor egészíti ki. A két motor mindegyikét azokban az üzemállapotban használják, amelyekben azok a legelőnyösebben működnek. Például hidegindításkor, amikor a belsőégésű motor a legtöbb károsanyagot bocsátaná ki, csak a villanymotor működik. Amikor a legnagyobb teljesítményre van igény, és a belső égésű motor sokat fogyasztana, a dúsítás helyett a többleteljesítményt a villanymotor adja [9]. A villanymotor indítja a belsőégésű motort, be tud segíteni az autó gyorsításába is, valamint fékezésakor áramot termel vissza az akkumulátorba. A városi közlekedésben gyakori megálláskor a belsőégésű motor leáll és a komoly teljesítményű villanymotor a fék elengedésekor azonnal újraindítja a motort. A visszafogott hibridek villamos gépét kombinált önindító-generátornak nevezik (*ISG – Integrated Starter-Generator*) [10]. Az újabb hibrid rendszer egyik fő előnye, hogy kompakt felépítésének köszönhetően sok autótípusba építhető be könnyen, minimális átalakítás után.

3. A KOMBINÁLT ÖNINDÍTÓ-GENERÁTOR

A kombinált önindító-generátor (vagy másképpen nevezve indítógenerátor), mint a neve is mutatja, a gépkocsik két fontos aleggységét ötvözi: az önindítót és a generátort.

A két aleggység integrálásának egy nagyobb teljesítményű rendszerbe több oka is van:

- Eltűnhet az önindító, amelyet csak a motor bekapcsolásakor használunk és amelyik a gépkocsi üzemének java részében nem dolgozik.



1. ábra.

A hibrid meghajtás főbb változatai

- Egyes konstrukciónál kiküszöbölhető az áttétel a generátor és a tengely közül.
- A generátor kapocsfeszültsége gyors szabályozásának szükségessége a belsőégésű motor hirtelen nyomaték- vagy sebességsökkenése esetén.
- A hagyományos generátorok karbantartás-igényes csúszógyűrűi és keféi lecserélésének szükségessége.

A kombinált önindító-generátor úgy működik, mint egy kétirányú teljesítményszabályozó: mechanikai energiát tud átalakítani villamos energiává, illetve fordítva is. Amikor motor üzemben dolgozik, hangtalanul és a hagyományos önindítóknál számottevően hamarabb el tudja indítani a belsőégésű motort bármilyen kedvezőtlen időjárási viszony (alacsony hőmérséklet) közepette is. Generátorként működve nagy hatásfokkal tudja feltölteni a gépkocsi akkumulátorát, illetve táplálni a gépkocsi elektromos fogyasztóit.

Az indítógenerátor kihasználja a gépkocsik új, 42 voltos névleges feszültségű villamos rendszere nyújtotta előnyöket. Az új szabványra való áttérés már szükségsszerű volt, mivel a gépkocsikba egyre több kényelmi és biztonsági villamos berendezést szerelnek. Ezek számottevően megnövelik a gépkocsik villamos teljesítményszükségletét, ami elérheti akár a 3500–5000 wattot is. Ekkora teljesítmény esetén a 14 voltos rendszernek az ellenállásból származó veszteségei már igen nagyok volnának, nem is szólva arról, hogy a használatos generátorok teljesítményének felső határa 2500 watt körül van, és az akkumulátor-cellák kapacitása sem növelhető tovább [11].

A leggyakoribb esetben az indítógenerátort a belsőégésű motor és a kapcsolószekrény közé ékelik be (lásd az 2. ábrát).

A kombinált önindító-generátornak három fő funkciója van: az indítás-megállás segítése, a villamos energia termelése és a teljesítmény támogatás (*power assistance*).

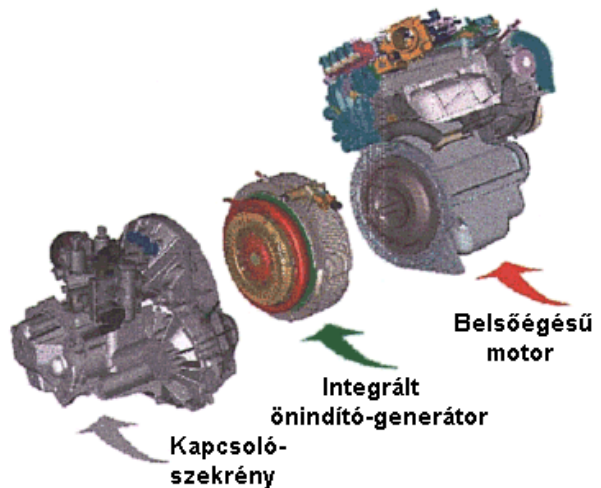
Az indítógenerátor lehetővé teszi, hogy a belsőégésű motor leálljon valahányszor a gépkocsi megáll, majd tized másodperc alatt újrainduljon, amint a gépkocsivezető lenyomja a gázpedált. Ezáltal lecsökkenhet a fogyasztás és a károsanyag kibocsátás. Ez főként a városi közlekedésben nagyon előnyös.

Az önindító üzemmódban az indítógenerátor nagyon rövid idő alatt képes a belsőégésű motort az indítási sebességére felpörgetni. Amint ezt elérte az indítógenerátor kikapcsol. Továbbá az indítógenerátor motorként segíteni tudja a belsőégésű motort, amikor a gépkocsinak nagy a gyorsulás igénye, vagy szüksége van pótlólagos energiára (például előzésekkor, vagy hegymenetben).

Generátor üzemben képes villamos energiát termelni a forgó tengely mechanikai energiájából, ami az akkumulátorban tárolódik. Mindemellett generátorként segíteni tudja a gépkocsi fékezését is (visszatápláló fékezési módban). Ekkor a gépkocsi fékezése közben is töltődik az akkumulátor.

A kombinált önindító-generátor használatának előnyeit a következőkben foglaljuk össze [5, 12]:

- Mivel a belsőégésű motort kombinálták egy villamos géppel, a létrejött integrált rendszer segíteni tudja a belsőégésű motor teljesítmény-leadását. Ezáltal hasonló teljesítőképességű gépkocsikat kisebb teljesítményű belsőégésű motorral lehet felszerelni.
- Az azonnali leállítási és indítási funkciói, a visszatápláló fékezés lehetősége, valamint a nagyobb névleges feszültségű és teljesítményű villamos gép használatával az üzemanyag fogyasztás akár 20 százalékkal is csökkenthető.
- A legnagyobb hidegben is kitűnő az indítási teljesítménye. A belsőégésű motor nem igényel dúsítást, ami tovább csökkenti az üzemanyag fogyasztást és a légszennyeződést.
- Amikor a gépkocsi áll le lehet kapcsolni a belsőégésű motort, mert bármikor azonnal újraindítható. Városi közlekedésben, ahol gyakoriak a várakozások, ez a lehetőség tovább csökkenti a fogyasztást, valamint a levegőszennyezést épp ott, ahol erre a legnagyobb szükség van.



2. ábra.

A kombinált önindító-generátor tipikus elhelyezése

- Mivel működése szinte rezgésmentes és halk, megnöveli a gépkocsiban utazók kényelmi szintjét.
- Az alkalmazott villamos gépek kizárólag kefe nélküliek, emiatt nagy a működési biztonságuk és csak csekély karbantartást igényelnek.
- Speciális kialakításának köszönhetően valamennyi indítógenerátor viszonylag könnyen illeszthető a már létező gépkocsik hajtásláncába, vagyis nem szükséges teljesen új modellek kidolgozása. Emiatt a fejlesztési költségek alaposan lefaraghatók.
- Az indítógenerátorral felszerelt gépkocsikat a legnagyobb hidegben is könnyen el lehet indítani.

Az indítógenerátorok legnagyobb hátránya, hogy speciális vezérlő elektronikát igényelnek.

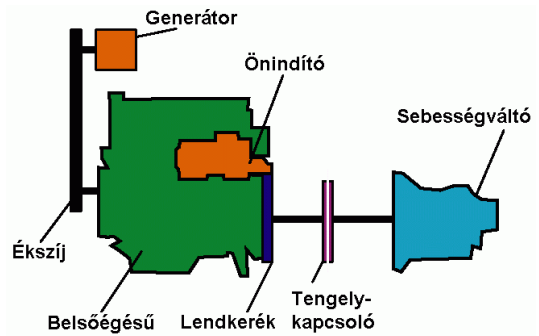
A kombinált önindító-generátor tervezése komoly kihívás a szakembereknek, mivel a támasztott követelmények igen szigorúak és sokrétűek [13]:

- Nagy indítási nyomaték a legkedvezőtlenebb működési feltételek mellett is.
- Széles sebességtartományban (600 és 8000 ford/perc között) kell dolgozzon magas hatásfokkal.
- A tengelyre szerelt változatainak akár 20 g nagyságrendű rezgéseknek is ellent kell tudniuk állni.
- Életciklusa igen magas kell legyen (több mint 250 000 indítás/állítás 10 év alatt).
- Széles hőmérséklet tartományban kell dolgoznia: -30 °C és 115 °C közötti környezeti hőmérsékleten és akár +180 °C-on a motorháztető alatt.
- Kicsi karbantartási igényű, megbízható és természetesen minél olcsóbb kell legyen.

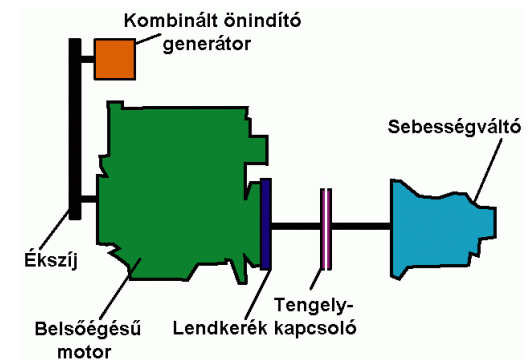
Alapjában véve az indítógenerátorok két típusát különböztethetjük meg: az ékszíjjal meghajtott, illetve a közvetlenül a tengelyre (a belsőégésű motor és a váltó közé) szerelt változatot. E két típus, valamint a klasszikus (külön önindító és generátoros) változat alegységeinek elrendezését a 3. ábrán láthatjuk.

Mint az ábrákról kiderül, a tengelyre szerelt változatnál a kombinált önindító-generátort oda szerelik, ahol a klasszikus változatnál csak a tengelykapcsoló volt. Ez a megoldás egyszerűbb és olcsóbb, mint az ékszíjjal meghajtott változat, de méreteiben (vastest és tekercselések) nagyobb és drágább villamos gépet igényel.

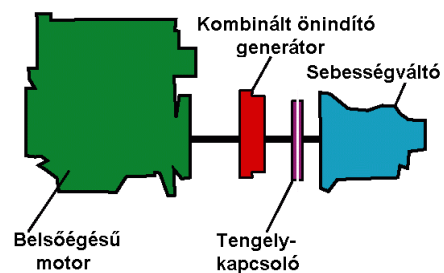
Mint látni fogjuk az elkövetkezendőkben, a különböző termelők megosztották e két változat használatát illetőleg.



a) különálló önindító és generátor



b) Ékszíjjal meghajtott változat



c) Tengelyre szerelt változat

3. ábra.

A kombinált önindító-generátor változatai

4. INDÍTÓGENERÁTORKÉNT HASZNÁLHATÓ VILLAMOS GÉPEK

A fentebb ismertetett szigorú követelményeknek többféle villamos gép tud megfelelni: az aszinkron gép, az állandómágneseű szinkron gép, a kefenélküli egyenáramú gép vagy a reluktanciagép [14, 15]. Áttekintve a jelenlegi fejlesztéseket úgy tűnik, hogy ezek közül az első kettő került előtérbe, de több kutatóműhelyben foglalkoznak az utóbbi gépek indítógenerátorként való használatán.

Az aszinkron gép robusztus és olcsó, azonban van több hátránya is, mint például a nehézkes hűtése, viszonylag alacsony hatásfoka, kicsi légrése, drága tekercselése és igényes vezérlése. Az egyik

reprezentatív aszinkron gépes indítógenerátor a Continental Automotive Systems *Integrated Starter Alternator Damper* (ISAD) rendszere. E termék a kettős önindító és generátor funkció túl képes a csillapítani a belsőégésű motor és a hajtáslánc rezgéseit és zaját is [16].

Az állandómágnesű szinkron gép kompakt felépítésű és az aszinkron gépnél nagyobb légréssel is hatékonyan működik, ami ebben az esetben, amikor a gép jelentős rezgéseknek van kitéve igen fontos tényező. Hátránya, hogy a drága az állandómágnes és az állórészi tekercselése. Mivel közel működik a belsőégésű motorhoz, a magas környezeti hőmérséklet károsan befolyásolhatja az állandómágneseket. Mivel az állandó gerjesztést nem lehet lekapcsolni még kis sebességeknél is szükséges alkalmazni a mezőgyengítést [17].

A Sachs' társaság DynaStart nevű, a tengelyre szerelt indítógenerátora egy különleges külső forgórészű NdFeB állandómágnesű szinkron gép (lásd a 4. ábrát). A gép magas pólusszámmal készült és nagy a légrése ($l=1,5$ mm). Mezőgyengítéssel 1:40 sebességtartományban képes dolgozni. Indításkor viszonylag alacsony áramot ($100 \div 300$ A) vesz fel és hatásfoka eléri a 85 százalékot.

A Bosch egy állandómágneses gerjesztésű, belső forgórészű szinkron gépet alkalmaz erre a célra (lásd a 5. ábrát) Más változatokkal ellentétben ez nagyon kis méretű, és az álló külső gyűrűnek köszönhetően a házrész tervezése rendkívül változatos lehet. A kisebb tömeg, az egyszerű hűtővíz-, illetve kábel hozzávezetés további előnyt jelentenek [18].

A kefenélküli egyenáramú gépet üzemeltethetjük mezőgyengítéssel állandó nyomatékon vagy állandó teljesítményen. Azonos feszültség és áram mellett a legnagyobb nyomatékot képes kifejteni a vizsgált villamos gépek közül. További előnyei az alacsony tehetetlenségi nyomaték, a megbízhatóság, illetve a forgórészében nem keletkezik számottevő hő. Hátrányai, akárcsak az előbb tárgyalt gép esetében, főleg az állandómágnesek miatt vannak: magas árak, alacsony működési hőmérsékletük, illetve a mágnes lemágneseződésének és korróziójának veszélye. A Honda használ ilyen villamos gépeket a 6. ábrán látható *Integrated Motor Assist* (IMA) elnevezésű indítógenerátoraihoz.

Az olcsó és robusztus reluktanciamotorok komoly vetélytársai lehetnek a klasszikus villamos gépeknek az indítógenerátorok piacán. Nyomatékuk a légréseben tárolt mágneses energia minimalizálásának alapelvein keletkezik. Forgórészükön nincsenek tekercsek, ezért hűtésük is egyszerűbb. Akár magas fordulatszámnál is könnyen lekacsolhatók és nem érzékenyek a magas környezeti hőmérsékletekre [19, 20].

Többféle változattal kísérleteznek a szakemberek. A Kolozsvári Műszaki Egyetem Villamos Gépek Tanszékén is folynak kísérletek többféle reluktanciamotor indítógenerátoros felhasználásával.

A legígéretesebbnek a kapcsolt reluktanciájú motor (*SRM - Switched Reluctance Motor*) és az átlós fluxusú villamos gép (*TFM - Transverse Flux Machine*) tűnik [21]. Az első kitűnik egyszerű felépítésével, illetve könnyű vezérelhetőségével. Az átlós fluxusú villamos gép fő előnye, hogy nagyon magas a



4. ábra.
DynaStart indítógenerátor



5. ábra.
A Bosch indítógenerátora



6. ábra.
A Honda IMA indítógenerátora

fajlagos nyomatéka, és teljesítménye ($20 \div 60$ Nm/kg, illetve $0,5 \div 1,3$ kW/kg) a klasszikus villamos gépekhez képest ($4 \div 5$ Nm/kg, illetve $0,1 \div 1,5$ kW/kg) [22, 23].

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a publikáció részben a Román Akadémia, a román Oktatási Minisztérium Tudományos Kutatás és Egyetemi Oktatás Országos Tanácsa (CNCSIS), valamint a Domus Hungarica Scientiarum et Artium Alapítvány segítségével jött létre. Köszönet érte valamennyi támogatónak.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] MacLean, H.L. és Lave, L.B.: **Evaluating Automobile Fuel/Propulsion System Technologies**. Progress in Energy and Combustion Science, vol. 29 (2003), pp. 1-69.
- [2] Lipman, T. és Hwang, R.: **Hybrid Electric And Fuel Cell Vehicle Technological Innovation: Hybrid and Zero-Emission Vehicle Technology Links**. Proceedings of the 20th International Electric Vehicle Symposium and Exposition, Long Beach (CA, USA), 2003.
- [3] Szabó L.: **Új tendenciák a környezetbarát gépjárművek meghajtásában**, Műszaki Szemle, vol. 25, 2004, pp. 44-54.
- [4] Anisits F.: **Az új évszázad hajtóművei – Az esélyesek**, Élet és tudomány, 2001/38. URL: <http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/2001/0138/04.html>.
- [5] Husain, I.: **Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals**, CRC Press, Boca Raton (USA), 2003.
- [6] Dettmer, R.: **Hybrid Vigour**, IEE Review, January 2001, pp. 25-28.
- [7] Szabó L., és Szabó G.S.: **Üzemanyagcellák gépjárművek számára**, ENELKO '2003, az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság Energetikai és Elektrotechnikai Konferenciája, Kolozsvár, pp. 197-208.
- [8] Scharf, A.: **Motor Control Technologies for the Hybrid Electric Vehicle**, Power Electronics Europe, no. 3, 2004, pp. 18-21.
- [9] Malesh, T.: **Integrated Starter Generator: The New Centerpiece in Automotive Alternative Power Technology**, The Power Report, May 2001, pp. 4-5.
- [10] Emőd I.: **Belsőégésű motorok jövője**, AUTÓKUT Rt., 2001, URL: <http://www.autokut.hu/206.pdf>.
- [11] Wolfner A.: **Nő a feszültség**, Élet és tudomány, 2001/5. URL: http://www.sulinet.hu/cgi-bin/db2www/ma/et_tart/1st?kat=Agae&url=/eletestudomany/archiv/2001/0105/diak/technika/technika.html.
- [12] Fatic, G.T., Walters, J.E., és Gunawan, F.S.: **Cold Starting Performance of a 42-Volt Integrated Starter Generator System**, SAE Technical Paper Series, no. 2002-01-0523, Society of Automotive Engineers (SAE), Warrendale (PA, USA), 2002.
- [13] Viorel, I.A., Szabó L., Löwenstein, L. és Șteț, C.: **Integrated Starter-Generators for Automotive Applications**, Conferința Națională de Acționări Electrice CNAE '04, Cluj, 2004, pp. 225-260.
- [14] Miller, J.M., Stefanovic, V.R., és Levi, E.: **Prognosis for Integrated Starter Alternator Systems in Automotive Applications**, Proceedings of the PEMC Conference, Cavtat (Horvátország), 2002, CD-n: T5-001.pdf.
- [15] Hofmann, H. és Sanders, S.R.: **Synchronous Reluctance Motor/Alternator for Flywheel Energy Storage Systems**, in Proceedings of the IEEE Workshop on Power Electronics in Transportation, Dearborn (MI, USA), 1996, pp. 199-206.
- [16] Holt, D.: **42 V Update**, Service Tech Magazine, September 2001, pp. 14-16.
- [17] Bae, B.-H. és Sul, S.-K.: **Practical Design Criteria of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor For 42V Integrated Starter-Generator**, Proceedings of the IEEE International Electric Machines & Drives Conference, Madison (WI, USA), 2003, pp. 656-662.
- [18] ***: **Még nagyobb elektromosenergia-igény az autókban - A Bosch megoldása az indítógenerátor**, Robert Bosch Kft., 2001 szeptember 28. URL: <http://www.bosch.hu/sajto/presstext.phtml?id=37&PHPSESSID=2593dfd9b7de2e3532092c644aed58d6>.
- [19] Henneberger, G., és Viorel, I.A.: **Variable Reluctance Electrical Machines**, Shaker Verlag, Aachen (Németország), 2001.
- [20] Fahimi, B., Emadi, A., és Sepe, R.B.: **A Switched Reluctance Machine-Based Starter/Alternator for More Electric Cars**, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 19, no. 1 (March 2004), pp. 116-124.
- [21] Șteț C., Viorel, I.A. Szabó L. és Löwenstein L.: **Hybrid Electric Vehicles Based on Switched Reluctance Motor Drives**, Oradea University Annals, Electrotechnical Section, 2004 (nyomtatásban).
- [22] Viorel, I.A., Popan, A.D., Blissenbach, R. és Henneberger, G.: **On a Transverse Flux Machine with Permanent Magnets in the Stator**, ELECTROMOTION, vol. 10, no. 3, 2003, pp. 420-425.
- [23] Viorel, I.A., Henneberger, G., Blissenbach, R. és Löwenstein, L.: **Transverse Flux Machines. Their Behavior, Design, Control and Applications**, Mediamira, Cluj-Napoca, 2003.