

VILLAMOS HAJTÁSOK OKTATÁSI ÉS KUTATÁSI BÁZIS KIALAKÍTÁSA A SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEMEN

SETTING UP AN ELECTRIC DRIVES LABORATORY FOR EDUCATION AND RESEARCH IN UNIVERSITY OF GYŐR

Dr. Marcsa Dániel, Ph.D., Bán Péter

ÖSSZEFOGLALÁS.

A Széchenyi Egyetemen zajló fejlesztések egyik fókuszpontja az elektromos és hibrid hajtásrendszerekhez kapcsolódó oktatási és kutatási infrastruktúra modernizálása. Az előadás két fő részből tevődik össze, ami az Energotest Kft. által elkészített 11 fékpad megvalósításával és bemutatásával kezdődik, majd ezt követően az eszközök alkalmazására térünk ki.

ABSTRACT.

One of the focal points of developments at University of Győr is the modernization of education and research infrastructure related to electric and hybrid drive systems. Our presentation consists of two main parts, the implementation and the demonstration of usage of the 11 test beds produced by Energotest Kft.

1. VILLAMOS GÉPEK ÉS VILLAMOS HAJTÁSOK OKTATÁSI KIHÍVÁSAI

Az elektromos és hibrid járművekkel ismételtelen előtérbe került a villamos gépek és hajtások terület. Ennek megfelelően nagy jelentőséget nyertek az ezekkel a területekkel foglalkozó tantárgyak az oktatásban is. Győrben a Széchenyi István Egyetemen ezt az új ipari igényt csak tovább fokozták az Audi Hungária Zrt. elektromos járművekkel kapcsolatos törekvései.

A villamos gépek és hajtások oktatásánál jelentkezett igények alapján az Egyetem lehetőségei a gyakorlat szempontjából elavultnak bizonyultak, mert az egyenáramú gépre és a szinuszos gerjesztésű AC gépekre koncentrált. Így megkerülhetetlen volt egy nagyszabású beruházás, amely megfelelő laboratóriumi körülményeket és eszközöket biztosít a jövő mérnökképzésében.

A beszerzésnél azonban fontos volt a megváltozott hallgatói igényeket is figyelembe venni. Például a villamos gépek elméletének bevezetésével kapcsolatos tananyag nem változott az utóbbi évtizedekben, ezért a hallgatók számára a villamos gépek tárgy régimódinak és unalmasnak tűnhet [1]. Ezért olyan eszközökre volt szükség, amely kellően izgalmas és kézzelfogható a mai hallgató

számára, és emellett a gyakorlaton keresztül lehet megközelíteni az elméletet. Az oktatáshoz tartozik a szakdolgozat és diplomamunka készítése, emiatt nem jöhetett szóba a cégek által kínált ilyen irányú oktatási eszközök vásárlása, mert ezek jellemzően nem adnak kellő rugalmasságot a kísérletezésre, új módszerek kidolgozására [1] [2].

A fő cél az oktatás, de a jövőbeli kutatásokhoz is megfelelő alapot kell biztosítani az új eszközöknek. Valamint ipari munkák elvégzésre is alkalmasnak kell lennie a specifikált teljesítmény- és fordulatszám tartományban.

A fentiek alapján a beszerzésben szereplő eszközöknek a következő elvárásokat kellett teljesítenie:

- alkalmas legyen a releváns villamos gépek vizsgálatára, összehasonlítására;
- elősegítse a korszerű szabályozott villamos hajtások nyújtotta lehetőségek, előnyök megértését;
- lehetőséget biztosítson különböző villamos géptípusok üzemtanának elsajátítására;
- legyen lehetőség az iparban alkalmazott szabályozási módszerek adaptálására;
- látványos és könnyen érthető paraméter megjelenítés, könnyen feldolgozható formátumban elérhető és exportálható mérési eredmények;
- a mérőeszköz biztonságos legyen és megfeleljen a korszerű energiagazdálkodásnak.

A kitűzött célok megvalósításában az Energotest Kft. volt a partnerünk, amelynek eredményeképpen 10db 10kW-os és 1db 50kW-os fékpad készült az Egyetem számára.

A következőkben ezen fékpadok megvalósításának, konstrukciós kérdéseinek bemutatása következik, majd az elkészült berendezésekre épülő Villamos hajtások laboratórium bemutatása és a beszerzett eszközök hasznosítása.

2. A VIZSGÁLÓ BERENDEZÉSEK KIALAKÍTÁSA

A vizsgáló padok három kategóriába sorolhatók.

2.1 Túlterhelhető berendezések

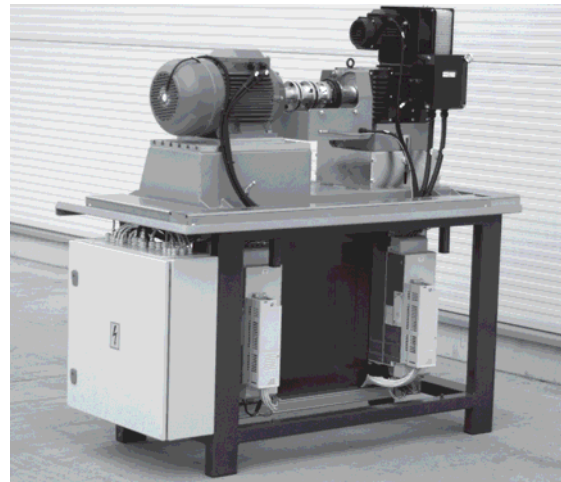
Kettő túlterhelhető berendezést terveztünk 10kW névleges teljesítménnyel, fő jellemzőjük, hogy az oktatási feladatokon kívül alkalmasak akár több száz órás K+F célú mérésekre is. A géppárok tulajdonságai alkalmassá teszik a padokat időleges túlterhelésre is, akár az IEC 60034-1 sz. szabványa szerinti S10 üzemi tényezőig. A terhelő gépek alkalmasak hálózati visszatáplálásra és a vizsgált gépek DC buszon történő visszatáplálására is, így a teljes vezérlő kör hatáskora is vizsgálható.

2.2 Oktatási célú padok

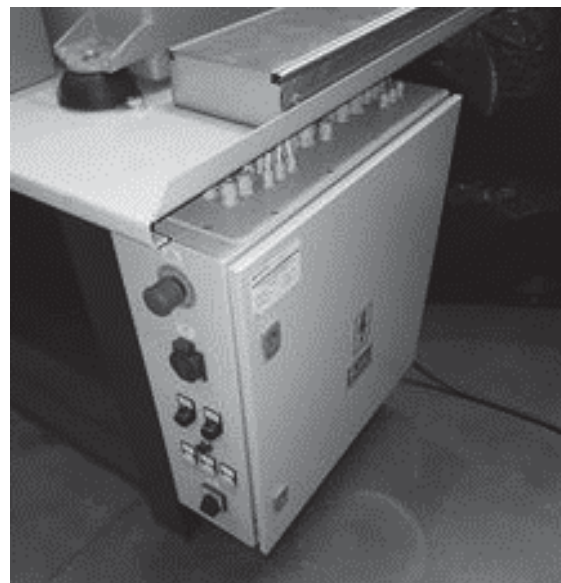
Az oktatási célú gépcsoportoknál a tervezést elsődlegesen a vizsgált gépek $M-n$ karakterisztikájának felvétele, a hálózati áram és feszültség viszonyok, valamint az üzemtani viszonyok vizsgálata szabta meg elsődlegesen. A vizsgáló gépek jelleggörbéje a vizsgált gépek minden munkapontjában kellően stabil terhelést biztosít, megszaladás nem fordulhat elő. A 2.1 és 2.2 alfejezet alatt bemutatott padok stabil acél vázra épültek, ahogy az 1. ábrán szereplő megvalósított példa esetében látható.

Az erősáramú vezérlő szekrények, a frekvenciaváltós hajtások és a CAN-busz rendszerű mérésadatgyűjtő-vezérlő elektronika az asztal munkasíkjá alatt helyezkednek el (lásd. 2. ábra).

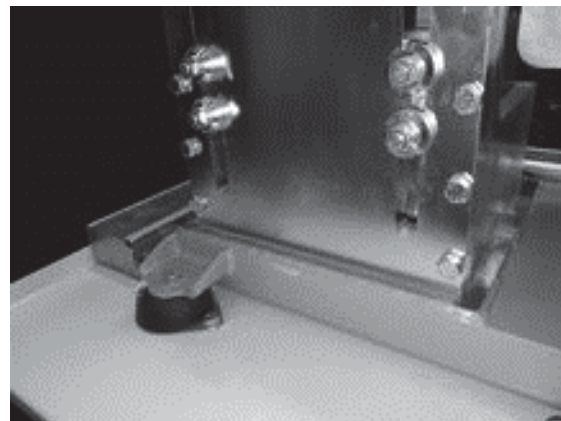
Valamennyi eszköz háromirányú állíthatósággal rendelkezik, azért, hogy a terhelőgép és a vizsgált gép tengelye úgy legyen összekapcsolható, hogy a kétcuklós lemezes tengelykapcsolónak lehetőleg minél kevesebb tengelyhibát kelljen kiküszöbölnie. A villamos gépek felfogatására szolgáló szekrényes tartóállvány lengéstanulag el van szigetelve a tartókerettől, hogy az oktató terem padozatára minél kisebb rezgések kerülhessenek. A 3. ábra a háromirányú állíthatóság megvalósítását és a rezgések elnyelését szolgáló rezgéscsillapító elemeket mutatja.



1. ábra. A szinkron reluktancia motorral felszerelt oktatási célú fékpad.

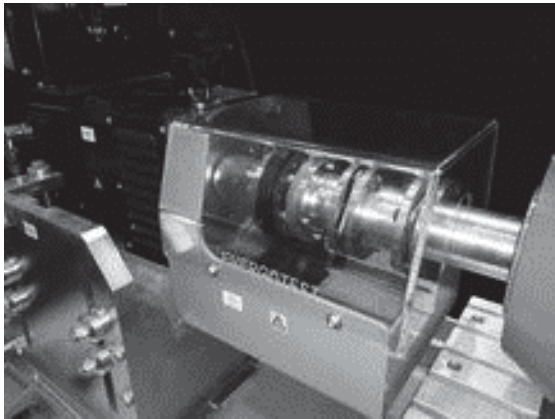


2. ábra. A fékpadok erősáramú vezérlőszekrénye.

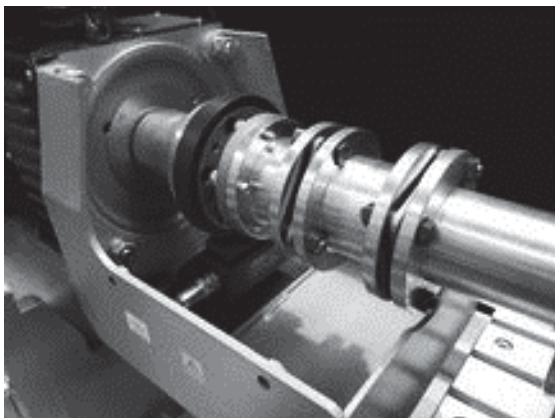


3. ábra. A háromirányú állíthatóság és a rezgéscsillapító.

A mérést végző hallgatói és oktatói személyzet védelme érdekében a forgó alkatrészek egy erős és átlátszó műanyag burkolat alatt helyezkednek el (lásd 4. ábra), amely meggátolja, hogy a forgó alkatrészekhez véletlenül hozzáérjenek, ugyanakkor a forgási állapot szemmel is látható.



4. ábra. A forgó részek érintés elleni védelmét szolgáló műanyag burkolat.



5. ábra. A tengelykapcsoló és a beépített nyomatékmérő tárcsa.

A vizsgáló és vizsgált gépet olyan tengelykapcsolóval kötöttük össze (lásd 5. ábra), amely jóval nagyobb kitérőtengelyűséget és párhuzamossági hibát is el tud viselni, mint amekkorával a kialakított vezető elemek összevezetik a vizsgáló és vizsgált gépek tengelyeit. Az egytengelyű beállítás és a nagy szabadságfokú tengelykapcsoló azért fontos, mert a beépített nagy pontosságú forgó nyomatékmérő tárcsák annál pontosabban mérnek, minél kevesebb axiális és radiális parazitaerő terheli őket mérés közben.

A vizsgáló gép minden padon ABB gyártmányú, IP23 védettségű, radiális léghűtésű

aszinkron szervomotor, amelyeknek a hűtő ventilátorát külön vezéreljük, tehát a berendezések álló helyzetben is alkalmasak a teljes nyomatékuk hosszú idejű leadására. A mért és szabályozott paramétereket minden padon két HMI (Human Machine Interface) jeleníti meg, külön a vizsgáló gépre és külön a vizsgált gépre, ahogy a 6. ábra mutatja.

A mérést végző személy a HMI-ken keresztül tudja a villamos gépeket a kívánt üzemállapotra hozni és az itt kijelzett értékeket tudja a mérési jegyzőkönyvbe felvenni.



6. ábra. A vizsgáló és a vizsgált géphez tartozó HMI-k.



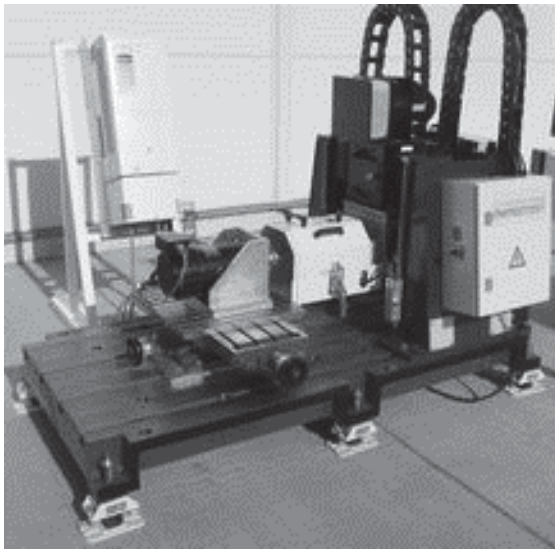
7. ábra. A fékpadok indítását engedélyező kulcsos kapcsoló.

A hallgatói biztonság érdekében minden vezérlő egység kulcsos kapcsolót is tartalmaz (lásd 7. ábra), amely lehetővé teszi, hogy az oktató csak akkor adjon engedélyt a mérés

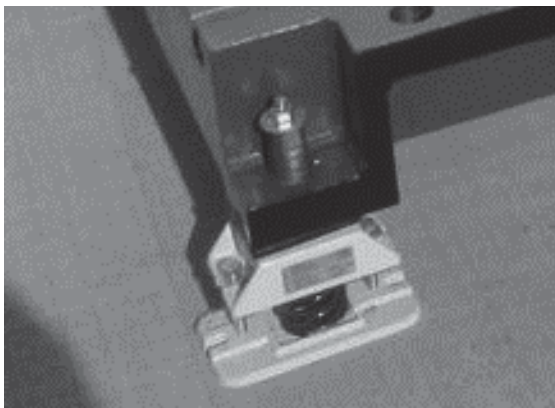
indítására, ha minden beállítást ellenőrzött és a testi épséget semmi nem veszélyezteti.

2.3 K+F célú, 55 kW-os vizsgálópád

Ez a berendezés a hagyományos hibrid hajtású személygépkocsik villamos gépeinek nagyságrendjébe eső teljesítménykategóriára készült, a vizsgáló villamos gép 55kW teljesítményű. A vizsgáló gép egy előtét tengellyel van hozzákötve a vizsgált forgógéphez és az előtét tengely áttételének változtatásával mód nyílik a különböző karakterisztikájú villamos gépek vizsgálatára is, 5-55kW teljesítményig és 0-10.000rpm vizsgált fordulatszámig. A gép egy rögzítő hornyokkal ellátott acél öntvény gépalapon került elhelyezésre. Ezt a fékpádot mutatja a 8. ábra.



8. ábra. Az 55 kW vizsgálópád.



9. ábra. Az 55 kW-os vizsgálópád rezgéscsillapítása.

A gépalapot 3Hz sajátlengési frekvenciára méretezett rugóelemek tartják, meggátolva

hogy a berendezés magas frekvenciájú zajokat tudjon átadni az épület tartószerkezeteinek. Az egyik rezgéscsillapításra szolgáló rugóelem látható a 9. ábrán.

A vizsgáló gép ABB gyártmányú aszinkron szervomotor, fordulatszámától független vezérlésű radiális hűtéssel, amely lehetővé teszi, hogy a vizsgáló gép bármely fordulatszámra korlátlan ideig üzemeltethető. A vizsgált berendezés a kétirányban állítható felfogó gépasztállal és a magasságában állítható vizsgáló gép mozgatásával helyezhető egy tengelybe és lemezes, kétsuklós tengelykapcsoló segítségével köthető össze. Természetesen ennél a padnál is forgó nyomatókmérő tárcsát használunk, amely 0,05% pontosságú nyomatókmérést tesz lehetővé akár percenként 10.000 fordulat mellett.



10. ábra. A 60kW-os számítógépről állítható DC tápegység.

A vizsgálópád tartalmaz egy olyan számítógépről vezérelhető egyenáramú tápegységet, amelynek feszültsége 0-1000V, áramerőssége pedig 0-300A tartományban állítható a mérésvezérlő számítógépről, 60kW teljesítménykorláttal. A 10. ábra a tápegységet mutatja. A tápegység különlegessége, hogy

olyan egyenletes jelet tud biztosítani, amely alkalmassá teszi akkumulátor szimulálására. A próbapad ezzel képes gépjármű hajtások tesztelésére a saját vezérlő elektronikájukkal együtt. A tápegység master - slave kapcsolással összegezni tudja a négy moduljának a kapacitását egy közös kiadó ponton.

A próbapad mérésadatgyűjtő rendszere és vezérlése CAN-Bus rendszerű, ez speciális előnyöket jelenthet a járművezérlő elektronikával való kommunikációs igény esetén. A pad számítástechnikája rack rendszerű ipari számítógép, Energopower szoftverrel, amely az Energotest Kft. saját fejlesztése. Ezt mutatja a 11. ábra.

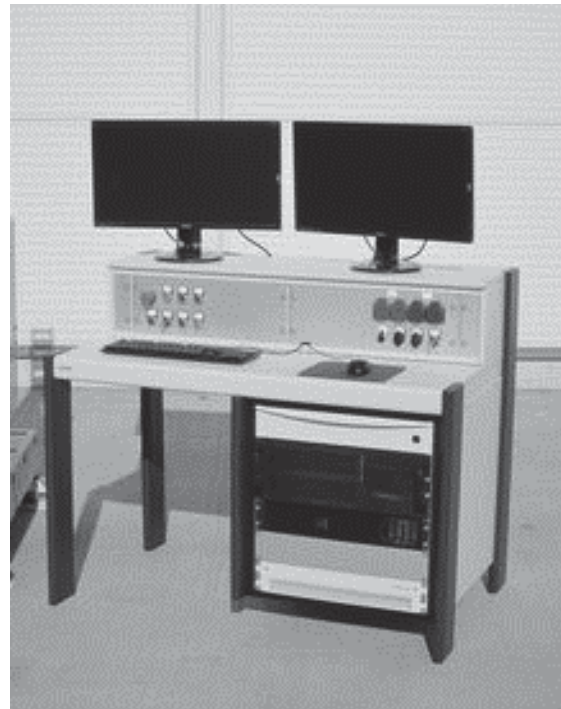
Minden adat tárolásra kerül, amely a mérőrendszerben keletkezik, vagy amelyet külön csatornán beviszünk a rendszerbe, és a szoftverhez rendelhető egy „fekete doboz” jellegű szoftvermodul is, amely úgy regisztrálja a mért és betáplált adatokat, hogy akkor is visszakereshetők, ha egy esetleges műszaki probléma (áramszünet) miatt a teljes rendszer leállna.

3. VILLAMOS HAJTÁSOK LABORATÓRIUM

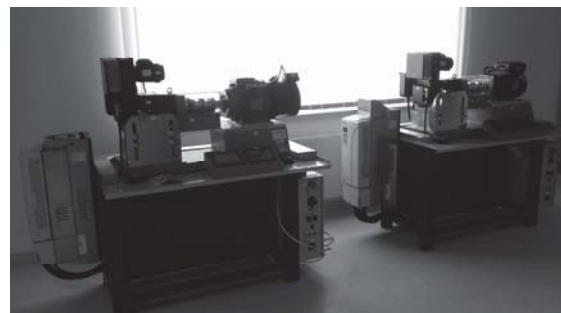
Ahogy a cikk címe is mutatja, az eszközök vásárlásának célja egy bázis létrehozása, amely megfelelően kiszolgálja a gyakorlatorientált oktatást és a kutatásban is megfelelő eszközként szolgál. Ez a bázis a Villamos hajtások laboratórium, amely 190m²-en kerül kialakításra. Az 55kW-os fékpáda biztonsági okokból a laboratóriumon belül egy külön helyiségben került elhelyezésre.

A laboratóriumban végzett munka jól beépíthető az Egyetemen lévő villamos- és járműmérnöki alap- (B.Sc.) és mesterképzés (M.Sc.) témához kapcsolódó tantárgyaiba. Emellett a laboratóriumra kulcsszerep hárul az Elektromos járműhajtás szakmérnöki továbbképzési szak esetében is.

Kutatás szempontjából a legnagyobb lehetőség az 55 kW-os fékpádban van, mert emellett, hogy alkalmas a hibrid járművek villamos gépeinek vizsgálatára, paramétereinek szempontjából teljesen megfelel a kerékgymotorok vizsgálatára is, amely egy nagyon ígéretes irány az elektromos járművek hajtásánál [3]. A kutatásnál még fontos megemlíteni a doktori (Ph.D.) képzést, amelynél felmerülő villamos gépekkel kapcsolatos mérésekhez, például prototípus



11. ábra. Az 55kW-os vizsgálópádahoz tartozó irányítópult.



12. ábra. A Villamos hajtások laboratóriumában elhelyezett két túlterhelhető fékpáda.



13. ábra. Az elkészült 10kW-os próbapadok.

vizsgálatára is jól alkalmazható a két 10kW-os túlterhelhető (lásd 12. ábra) és az 55kW-os vizsgálópáda.

Az előző fejezetben bemutatott 10kW-os vizsgálópáda mindegyikéhez tartozik egy-egy vizsgált gép is. A vizsgált gépek úgy lettek

kiválasztva, hogy azok minél jobban lefedjék a korszerű villamos hajtásokban elterjedten alkalmazott villamos gépeket, de a klasszikusnak számító gépek is megtalálhatóak legyenek a laboratóriumban. A két túlterhelhető (1, 2) és a nyolc oktatási célú fékpadhoz (3-10) a következő vizsgált gépek tartoznak:

1. Kalickás forgórészű aszinkron gép;
2. Aszinkron szervomotor;
3. Tekercselt forgórészű aszinkron gép;
4. Szinkron reluktancia motor;
5. Szinkron reluktancia motor IE4;
6. Hengeres forgórészű szinkron gép;
7. Kiálló pólusú szinkron gép;
8. Állandó mágneses szinkron gép;
9. Külső gerjesztésű egyenáramú gép;
10. Egyenáramú állandó mágneses szervomotor.

A 13. ábrán az oktatási célú fékpadok láthatóak a különböző vizsgált gépekkel.

A bemutatott fékpadok kutatás szempontjából a vizsgált gép mechanikai paramétereinek mérésére alkalmasak, ezért további eszközökre is szükség volt, amelyek a villamos paraméterek mérésére szolgálnak [4]. A további beszerzett mérőeszközök

- függvénygenerátor;
- teljesítmény analízator;
- digitális oszcilloszkóp;
- függvénygenerátor.

Mind az oktatásnál, mind a kutatás esetében bizonyos mérések elvégzéséhez egyen- és váltakozó feszültségű megtáplálásra is szükség van [4], ezért

- egy- és háromfázisú állítható transzformátor;
- egyenfeszültségű vezérelhető tápegység

is szerepelt az eszközlistában. A korszerű mérésadatgyűjtéshez és a mért adatok feldolgozásához számítógépek (asztali és hordozható) és a laboratóriumban elvégzendő

szerelési munkákhoz (vizsgált gép cseréje, szétszedése) szerszámos készletek is beszerzésre kerültek.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálópadok és mérőeszközök oktatásba és kutatásba történő integrációja még folyamatban van, azonban az eddigi tapasztalatok alapján – több szakdolgozat, diplomamunka és egy kutatási projekt – az eszközfejlesztésnél és a laboratóriumi korszerűsítésnél kitűzött célokat sikerült elérni az Energotest Kft. által szállított eszközök révén. Valamint a laboratóriumnak és az eszközöknek köszönhetően a Széchenyi István Egyetemen formálódik egy kutatócsoport, amely a villamos gépekhez és a hajtásokhoz kapcsolódó kutatások mellett az ipar méréstechnikai igényeit is kielégítené a vizsgálópadoknak köszönhetően.

6. IRODALOM

[1] Balog S.R., Sorchini Z., Kimball J.W., Chapman P.L., Krein P.T.: Modern Laboratory-Based Education for Power Electronics and Electric Machines. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 20, No. 2, pp. 538-547, 2005.

[2] Dal M.: Teaching Electric Drives Control Course: Incorporation of Active Learning Into the Classroom. IEEE Transactions on Education, Vol. 56, No. 4, pp. 459-469, 2013.

[3] Liu C., Chau K.T., Jiang J.Z.: A Permanent-magnet Hybrid In-wheel Motor Drive for Electric Vehicles. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, September 3-5, 2008, Harbin, China.

[4] Farkas A., Peresztegi S., Bába J.: Villamos gépek vizsgálata. Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest, 2017.