

Bírálat

Kuczmann Miklós:

„Ferromágneses hiszterézis az elektromágneses térszámításban című MTA doktori disszertációjáról

0 A bíráló kompetenciája

A disszertáció témájával és téziseivel kapcsolatos kompetenciám elsősorban az anizotróp, hiszterézises tulajdonságú ferromágneses és szupravezető anyagok modellezésével kapcsolatosak. Villamos gépes kutatásaimmal összefüggésben a disszertációban vizsgált jelenségkör annak mérésével, elemzésével és a mérnöki gyakorlatban való használhatóságával, alkalmazhatóságával van összefüggésben. Fő kutatási területeim: a) a szupravezetők alkalmazástechnikája területén a szupravezető anyagok, valamint tömbi és huzal formában készített alkatrészek modellezésével, az ezek felhasználásával tervezett és készített eszközök szimulációjával; b) másfelől villamos gépek: transzformátorok és forgógépek elméletével, tervezésével és csatolt térszámításával foglalkozom. Ezek a problémák megkívánják az anizotróp, hiszterézises tulajdonságú anyagok ismeretét, egymással csatolásban lévő jelenségek szimultán kezelését. A térszámítási téziskör dominánsan bírálótársaim kompetenciája.

1 A probléma a szakterület irodalmában jelentős-e és megoldásra vár-e?

Kuczmann Miklós a mai kutatások előterében lévő, a ferromágneses anyagok hiszterézisének modellezésével, numerikus módszereivel, számítógépi szimulációjával és a validációhoz szükséges tesztelésével foglalkozik, elméleti és az arra alapozott kísérleti kutatásainak eredményeit mutatja be. A téma- és problémaválasztás korszerű, mind a tudományos megközelítés, mind a mérnöki gyakorlat szempontjából jelentős. A villamosmérnöki, ezen belül az elektrotechnikai gyakorlat: adott gép-hajtás elemző számítása (analízis), tervező számítása (szintézis), a vasmag veszteségeinek elméletileg megalapozott, kellően pontos számítása, a hiszterézis-modell térszámításba való beépítése szempontjából megállapítható, hogy **a feladatkitűzés korszerű és a választott problémák a tudományos és szakmai érdeklődés és kutatás homlokterében vannak.**

2 A disszertáció tartalmi kidolgozása, formai kivitelezése

A disszertáció 96 oldal terjedelmű fő részt, 14 oldalnyi függelék, 21 oldalnyi, 313 tételt tartalmazó irodalomjegyzéket tartalmaz. Jelölt az első, Bevezető fejezetben foglalja össze kutatásai előzményeit és céljait. A 2. fejezet alapos irodalmi áttekintés a Preisach-modellről, a mágneses hiszterézis-karakterisztika méréséről, valamint az elektrodinamikai rendszerek numerikus analízisével kapcsolatban a potenciál-formalizmusokról, a végeselem-módszerről, a nemlinearitásokra is kitérve. A 3-5. fejezetekben fejti ki új tudományos eredményeit, arányos terjedelemben. A téziseket a rövid 6. fejezetben foglalja össze. A Mű a rövid 7. Konklúzió fejezettel zárul. A 23 oldal terjedelmű 3. fejezetben a skalár- és a vektor hiszterézis

jelenségeinek modellezésével, mérésével, és a modellek verifikációjával foglalkozik. A 15 oldal terjedelmű 4. fejezetben a hiszterézis-karakterisztika numerikus technikához való illesztését tárgyalja, a fixpontos technikát és a polarizációs formulát alkalmazza. A 20 oldal terjedelmű 5. fejezetben a végeselem-módszer villamosmérnöki tervezésben való alkalmazását fejti ki. A 6. fejezetben korábbi fejezetek végén bemutatott téziseket foglalja össze változatlan tartalommal. A rövid 7. fejezetben a további kutatási feladatokat mutatja be. A Függelék 8 oldal terjedelmű „A” részében a mérések során használt eszközöket, az 5 oldal terjedelmű „B” részben az izotróp Everett-modell identifikációját közli.

A hivatkozott irodalomjegyzék bőséges és pontos.

A disszertáció és a tézisfüzet arányos, jó felépítésű, gondos munka, korrekt tudományos illetve szakmai nyelven íródott. Gépelési hibák nem találhatók. A stílus szakszerű, pedáns, ugyanakkor gördülékeny és jól olvasható.

A Mű olvastán kiviláglik Jelölt kiváló oktatói-pedagógiai készsége, képességei. Mondandóját világosan, érthetően, jól követhetően fejti ki, a Mű olvashatósága (readability) példamutató.

Az ábrák, táblázatok, fényképek a leírtakat megfelelően támogatják. A fontos eredmények a fő részben megtalálhatóak. Jó megoldás, hogy az eredmények háttérét vagy részleteit Jelölt a Függelékben közli.

A tézisek a vonatkozó fejezetek végén, az elvégzett és kellő részletességgel – esetenként a Függelékben közölve – rekonstruálhatóan bemutatott munka kifejtését követően kerülnek megfogalmazásra. Így valóban: a tézisek az elvégzett munka tudományos eredményeit tartalmazzák.

Megállapítható, hogy művét Jelölt példamutató gondossággal állította össze.

Összefoglalóan véleményem, hogy a disszertáció tartalmi és formai kidolgozása jól megfelel a követelményeknek. A mű tiszta, szép, értékes munka.

3 Szakirodalmi munkásság, IF, idézettségi adatok

Szakirodalmi munkásságát a habitusvizsgálat során az előterjesztők részletesen elemezték, ehelyütt csak a legfontosabb adatokra térek ki.

Az MTMT alapján Jelölt szakirodalmi munkásságát az alábbi fő mérőszámok jellemzik:

Saját közlemények száma:	186
Független idézetek száma:	286
Összegzett IF	16,595
Várható IF	1,653
Összesen:	18,248
h-index:	8

A publikációs tevékenységet kiválóan ítélem, lényegesen meghaladja a megkívánt (előírt) szintet. Az első tézishez 22, a másodikhoz 19, a harmadikhoz 23 közlemény tartozik. Megjegyzendő, hogy ezekre a közleményekre a hivatkozások meghatározó része a PhD fokozat megszerzését követően történt.

Összefoglalóan megállapítható, hogy Jelölt szakirodalmi munkássága jelentős, a követelményeket meghaladóan teljesítette, valamint mindhárom tézis körütekintően és jól publikált.

4 Az eredmények alkalmazhatóak-e a szakterület elméletében vagy gyakorlatában?

Határozott véleményem, hogy az elért eredmények a mérnöki gyakorlat számára is hasznosak és minden bizonnyal hasznosíthatóak lesznek. Hivatkozom az elvégzett nagyszámú mérésre, melyek például a villamos gépek tervezői számára új ismereteket adnak, úgymint a vasmagban kialakuló mágneses erőter részletes kvalitatív képe, eloszlásának pontos kvantitatív ismerete, a vasveszteség számítása a tér- és időharmonikusok, valamint a nemlinearitás figyelembevételével.

Az elméleti alapok pedáns, részletes, a részletszámításokat is akkurátusan bemutató kifejtése megítélésem szerint kiválóan használható a villamosmérnöki műszaki felsőoktatásban mint tananyag, a kidolgozott nagyszámú példa mint esettanulmány, valamint a kidolgozott kísérleti vizsgálatok és tesztelési módszerek laboratóriumi gyakorlatokban kerülhetnek felhasználásra. Mindezzel Jelölt elősegíti tudományos eredményeinek a műszaki felsőoktatásba való eredményes bevezetését, ami a tudományos munka fontos célja.

5 Az elért eredmények megoldják-e a problémát?

A tézisekben megfogalmazott eredmények új tudományos eredmények, melyek a választott problémák alapján kitűzött feladatok megoldásához érdemben hozzájárulnak.

Nagyra értékelem, hogy a tézisek megfogalmazásában Jelölt markánsan kiemelte új eredményeit, személyes hozzájárulásait a problémakör nemzetközi szinten rendelkezésre álló ismereteihez viszonyítva.

6 A Mű értékelése

A Mű fő részében foglaltak tudományos-szakmai értékelését „villamos gépes” nézőpontból végeztem el.

Megjegyzéseim:

1. A mérés zajosságának csökkentésére megítélésem szerint kínálkozott volna lehetőség. A zajok feltehetően nem vezettek le lehetett, így lehetőségként vetem fel a teljes mérési elrendezés árnyékolását, ami az elrendezés méreteit ismerve illetve figyelembe véve megoldható lett volna. A digitális szűrés ügyes megoldás, ám az zajok eredendő okainak kiiktatása vagy lényeges redukálása könnyebben kezelhető és értékelhető eredményeket szolgáltatott volna.
2. A T.E.A.M. feladatok között
 - a. Általános megjegyzés, hogy a kitűzött példák specifikációja a Műben nem eléggé részletezett, az olvasó számára sok helyütt nem egyértelmű a feladat kitűzése. Példaként említem, hogy a leírás alapján nem tudható, hogy a villamos gépes feladatban mekkora az alumínium hengergyűrű vastagsági mérete, milyen feltételeket ad meg a feladat, és így tovább.
 - b. A „transzformátor”-nak nevezett eszköz valójában csak hasonlít egy valós transzformátorra. A valóságban a teljesítmény-transzformátorok lemezeit átlapoltan készítik. A példa szerinti eszköz egy-egy rétege összefüggő lemezből van kialakítva (kivágva), így az erőter a sarkokban egy rétegen belül hajlik, nem pedig az egyik rétegből lép át a másikba bonyolultabb térbeli úton.
 - c. Az indukciónak nevezett gép sem a tipikus gyakorlati kivitt követi, amennyiben állórészén légrés-tekerccseléssel van ellátva. Ez elvileg lehetséges, de indukciós gépekben nem szokásos, például azért sem, mert – hacsak nem nagy amplitúdójú impulzus-gerjesztésről lenne szó – az állórész-gerjesztés nem alkalmas a szokásos nagyságú légrés-indukció létrehozására. Ez a megoldás inkább szinkron gépek armatura-tekerccselésében merült fel, illetve szupravezetős szinkron gépekben ez tekinthető tipikusnak. A másik tényező, hogy a gerjesztőáram megadásából következtethetően a gép áramkényszeres táplálásának látszik. Ez a kényszer használatos a gyakorlatban, de eltér a széles körben használt feszültség-kényszeres táplálás esetétől. Így például álló állapotban nem a szokásos indítási áramokkal számol, hanem a megadott állandónak választott áram értékkel. Emiatt az eredmények – bár a feladatmegoldás szempontjából helyesek – a gyakorlati esetekkel nem vagy nem könnyen összevethetőek.
 - d. Értékes rész a mérési eredmények átszámítása a kiválasztott pontokra, tartományokra. Ez azért lényeges, mert a számítás az anyag illetve az eszközök egyes komponenseinek adott pontjaiban illetve tartományaiban szolgáltatnak eredményeket, amelyeket ugyanezen pontokban illetve tartományokban Jelölt nem tudott mérni, csak azok közelében. A számítással kapott eredmények saját

mérésekkel történő validálása szempontjából lényeges a mérési eredmények pontosságának igazolása.

- e. Kiemelem, hogy a 3. tézis körébe tartozó feladat-megoldások nemcsak Jelölt új tudományos eredményeinek alkalmazásaiként értékelhetők: a műszaki tudomány szemszögéből nézve új tudományos eredmények is azonosíthatóak. Például a „villamos gépes” feladatba illesztett saját hiszterézis-modell a vizsgált villamos gépnek a szakirodalomban eddig nem elemzett működéséről szolgáltat új felismeréseket, eredményeket. Hasonlóképpen érdekes eredmények, az egyébként izotrópnak definiált lemezek kisebb-nagyobb mértékű anizotróp viselkedésének feltárása.

3. Az eredmények hasznosíthatósága

- a. Jelölt érdeme, hogy a mágneses térszámításba illesztett hiszterézis-modell a gyakorló mérnök számára lehetővé teszi a kereskedelemben hozzáférhető térszámító programok képességeit meghaladó feladatok elvégzését, amennyiben a kereskedelmi szoftverek a hiszterézist nem foglalják magukba. Az anizotróp modellekkel az orientált lemezekkel készített villamos gépek (például teljesítmény transzformátorok), míg a forgó mágneses térre való kiterjesztés a villamos forgógépek pontos számítása végezhető el, a gyakorlat számára is kielégítő módon. Bár a futási idő sok feladat megoldásában még jelentős, ám ezekre a számításokra a gyakorlati életben is rendelkezésre áll az idő. A futási idő problémája inkább a tervezési feladatok megoldása során okozhat nehézségeket, amennyiben a tervezési variánsok futtatása, az optimális variáns megtalálása igényel – valószínűsíthetően egyelőre – sok időt.
- b. Felmerül a kérdés, melyek azok a gyakorlati problémák, amelyekben a hiszterézis figyelmen kívül hagyása lényeges eredmény-vesztést okozhat. E kérdésre nézetem szerint léteznek válaszok. Egyrészt a hagyományos anyagokból készített hiszterézis motorok nyilvánvalóan nem számíthatóak kielégítően a hiszterézis-modell hiányában. Kétségtelen, hogy ez a motor típus a villamos gépek szűk osztályát képezi, ám létezik. Másrészt a szupravezetős gépek, különösen az úgynevezett tömbi szupravezetőkkel felépített szupravezetős gépek számítása is igényli a hiszterézis jelenségének figyelembe vételét. A villamosipari gyakorlatban, így az említett villamos gépekben alkalmazott II típusú szupravezető anyagok (alacsony-, közepes- és magashőmérsékletű szupravezető huzalok és szalagok, valamint tömbi szupravezető magashőmérsékletű szupravezető anyagok) természetükből következően szignifikánsan hiszterézis tulajdonságúak. Végül a számítási eredmények pontossága, a finom struktúrák feltárása a szokásos számításokban is fontos lehet, amire a Műből választva jó példa lehet a villamos gépes T.E.A.M feladatba illesztett hiszterézis modell eredményei. Egy-egy szaktudomány, szakma

fejlődését az alkalmazható számítási módszerek és eszközök fejlődése is előre mozdítja.

7 Az új tudományos eredmények értékelése

A disszertációban közöltek jelentős részben tükrözik a PhD fokozat megszerzése után készített [14] könyvben leírtakat. A könyv kiemelkedő gondossággal, gyakorlatilag hibamentesen összeállított mű. Az elméleti alapokat részletesen mutatja be, valamint Jelölt (és szerzőtársa) saját tudományos eredményeit is tartalmazza.

Megállapítható, hogy a Mű Jelölt hosszú időn át végzett kutató munkájának, valamint legfrissebb eredményein alapul. Jelölt új tudományos eredményeit pontosan, részletesen és jól azonosítható módon fogalmazza meg.

Az **első tételben** a mérnöki szimulációkban is jól használható hiszterézis-modellt realizál. A tételben szereplő mérőrendszer fejlesztése és elismerésre méltó megvalósítása megteremtette a lehetőséget a skalár- és vektoriális hiszterézis-karakterisztikák rögzítésére, a modellek verifikálására, a zajok ügyes kiszűrésére, a szenzor kimenő jelének pontos értelmezésére, tetszőleges időbeli lefutású mágneses indukció előállítására, egyirányú anizotrópia figyelembe vételére.

Megjegyzem, hogy az első tétel – véleményem szerint – legfontosabb tudományos eredményei a szöveg között rejtve, illetve altételben megfogalmazva találhatók, amennyiben a forgó mágnesezési folyamatok pontosabb leírására is alkalmas modell-általánosítás, valamint a dinamikus általánosítás megítélésem szerint lényeges új tudományos eredmények.

Az 1a) altétel az automatizált mérési elrendezés, a zajszűrés és az előre meghatározott indukció jelalak elérésére szolgáló szabályozó eljárás elméleti alapjait és megvalósítását tartalmazza.

Az 1b) altételben a skalár hiszterézis karakterisztika frekvenciafüggetlen Presiach-moddal történő modellezését tartalmazza az Everett-függvény felhasználásával, mellyel a mért és számított eredmények nagyfokú egyezése biztosítható.

Az 1c) altételben Jelölt a vektoriális hiszterézis karakterisztika mérésére alkalmas automatizált mérési elrendezést dolgozza ki, a szenzorok jelének pontos értelmezésével, a szűrés technika tovább fejlesztésével. A bemutatott mérési elrendezés jól használható a vektoriális karakterisztika felvételére, a modellek identifikációjára.

Az 1d) altételben Jelölt új paramétert vezet be a forgó mágnesezés, továbbá az anizotrópia pontosabb kezelésére.

A **főtézis**ben lényeges új tudományos eredményként értékelem az izotróp és anizotróp vektor Preisach-modell általánosítását, amely forgó mágnesezési folyamatok pontosabb leírására alkalmas. Ez a gondolat van kifejtve az **1.d altézis**ben.

Az **1.a és az 1.c altézisek** megítélésem szerint új tudományos eredményeket nem tartalmaznak, az eredmények validálása szempontjából jelentősek. A skalár és a vektor hiszterézis validálása külön feladat, ám az átfedő technikák miatt a két altézis alkalmasint össze is vonható.

Az **1.b tézis** implementációs jellegű, ám elméleti igénye és módszeressége miatt új tudományos eredményként elfogadható.

Összefoglalóan az Első Tézisről:

Az **első tézist az 1.b és 1.d altézisekkel elfogadom** új tudományos eredményekként. Az 1.a és az 1.b altéziseket a tudományos eredmények validációjaként értékelem.

A **második tézis** új elméleti eredményeket tartalmaz a kidolgozott Preisach-modell numerikus térszámításba való illesztése érdekében. A polarizációs formula felhasználásával konvergens fixpontos iterációs sémát hozott létre. Kidolgozta a statikus és az örvényáramú tér számítására alkalmas összes potenciál-formalizmus alkalmas alakjait, valamint a végeselemes számításokban jól használható gyenge alakokat is, mind a direkt, mind pedig az inverz alakban megadott hiszterézis modellek kezelésére.

A tézis részletes elemzése megítélésem szerint bírálótársaim kompetenciájához tartozik. A tézis tudományos jellegét és értékét tekintve - véleményem szerint – a Műben foglalt munka kiemelt eredményeként értékelem. Markáns jellegére utal, hogy altézisek nem tartoznak hozzá.

Összefoglalóan a Második Tézisről:

A tézis alapos kritikája nem tartozik bírálói kompetenciámba. Megítélésem szerint a **második tézis elfogadható** új tudományos eredményként.

A **harmadik tézis** mintegy esettanulmányokként tartalmazza a lineáris és nemlineáris statikus és örvényáram-problémákkal kapcsolatban a megoldásra alkalmas vagy legalkalmasabb potenciál-formalizmusok analízisét. Implementálta az általa használt fixpontos iterációs sémát, a nemlinearitás kezelésére az általa fejlesztett polarizációs formulával. Elemezte a kötött formalizmusokból adódó csomóponti elemekkel és az élmenti elemekkel történő közelítést mind lineáris, mind pedig nemlineáris esetekben. Ezek az eredmények elsősorban tudományos eredményei alkalmazását képezik, egyúttal alátámasztják, hogy az eredmények a mérnöki gyakorlat számára is használhatóak.

Megjegyzem, hogy ebben a tézisben is található Jelölt által nem hangsúlyozott lényeges új tudományos eredmény, melyet a **3.d. altézis**ben fogalmazott meg.

A **3.a altézis**ben villamos gépekben alkalmazott lemezanyagok vizsgálatának eredményeit közli, eredményeket szolgáltat a különböző veszteségi komponensekre vonatkozóan.

A **3.b altézis**ben toroid transzformátor modellezésével és a szimulációk saját mérési eredményekkel történő összevetésével kimutatja, hogy a frekvenciafüggetlen hiszterézis modell örvényáramú problémák esetén nem ad pontos eredményt, tudniillik a számított örvényáramok által keltett veszteségek nem szolgáltatják a teljes modellt.

A **3.c altézis**ben kijelenti, hogy a kidolgozott numerikus térszimuláció jól használható a villamosmérnöki gyakorlatban. Egy transzformátor modell és egy aszinkron gép modell ellenőrző számítását mutatja be. A térszámításba beillesztett Jelölt által kidolgozott hiszterézis-modell segítségével a műszaki tudomány szemszögéből nézve új tudományos eredményeket hozott létre a vizsgált gépek működésével, viselkedésével kapcsolatban. Az eredmények kísérleti igazolására részletes elemzést végzett arra vonatkozóan, hogyan számíthatók át a mérési eredmények a kiválasztott vizsgálati pontokban illetve tartományokban vizsgált (számított) jellemzők értékére.

A **3.d altézist** új tudományos eredményként értékelem.

Összefoglalóan a Harmadik Tézisről:

A harmadik tézisben a **3.d altézist** elfogadom új tudományos eredményként. A **3.a és 3.b altéziseket** az új tudományos eredmények alkalmazásaiként, illetve a gyakorlati alkalmazhatóság alátámasztásaként fogadom el. A **3.c altézisben** Jelölt a műszaki tudomány szemszögéből nézve új tudományos eredményeket hozott létre a vizsgált gépek működésével, viselkedésével kapcsolatban

7 Nyilatkozat az új tudományos eredmények elfogadásáról

Jelölt három főtézisét elfogadom. Az altézisek közül az **1.b. és 1.d, valamint 3.c és 3.d** számozásúakat új tudományos eredményeknek ismerem el.

Fentiek alapján javasolom az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2015. május 15.



Dr. Vajda István, az MTA doktora, dr. habil, egyetemi tanár
Óbudai Egyetem, Automatika Intézet