

# Bíráói vélemény

## Gyimóthy Szabolcs

### Speciális kontinuummodellek az alkalmazott elektrodinamikában

#### című MTA Doktori értekezéséről

A dolgozat elektromágneses elven működő eszközök vizsgálatához és tervezéséhez nyújt új, speciális eszközöket. Olyan problémák megoldását célozza meg, amelyek rutineljárással történő modellezése nem vezetne eredményre, vagy csak extrém erőforrás-felhasználás mellett. A témaválasztás időszerű, hiszen az egyre pontosabb modellalkotás kulcskérdés a villamosmérnöki gyakorlat számára.

A Jelölt 2014-ben habilitált a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. Abban elektromágneses mezők numerikus szimulációjával foglalkozott. Jelen disszertációt az azóta született új kutatási eredményekre alapozza. Ez figyelemreméltó, hiszen egyszerűbb lett volna a habilitáció dolgozatát továbbfejleszteni. Az itt bemutatott eredmények kétségkívül új, az ipar számára is releváns témákat mutatnak be.

Az 1. fejezetben bevezeti az elektromágneses térszámításban a direkt és az inverz probléma fogalmát, a megoldandó Maxwell-egyenleteket és a dolgozat középpontjában álló többléptékű problémákat. Megoldási stratégiának a homogenizáció módszerét választja, amelynek illusztrálására két példát bevezetőként mutat.

A 2. fejezet litze huzalból készült tekercsek modellezésével foglalkozik. Fő alkalmazási területnek a mágnesesen csatolt, rezonancián alapuló, vezeték nélküli energiaátvitelt jelöli meg, amelyet elektromos járművek töltésére használnak. Erre egy prototípus is épült, amely a mérési eredményeket szolgáltatja. A fejezet elején kiderül, hogy a berendezés hatásfoka a tekercsek ellenállásától nagyban függ: csökkentésével a hatásfok nő. A kutatás középpontjában így a tekercs Joule-veszteségének számítása áll, amelyből az ellenállás összetevői meghatározhatók. A modellezés nehézsége a tekercset alkotó nagyon vékony és nagyon nagyszámú, egymástól elszigetelt vezetők alkotta geometriában áll. A litze huzalból készült elrendezéseket numerikus módszerekkel általában nagyon nehéz számolni, szükség van valamilyen homogenizációs technikára; az irodalom számos módszert ismertet, ahogy a Szerző ezt bemutatja. A dolgozat ehhez a kötegek közti áramkiszorítás újszerű leírásával és az eddigieknél pontosabb számításával járul hozzá, s így egy új többléptékű, homogenizáción alapuló technikát mutat be. A módszer nagyon részletes, teljesen általános leírásának megértését nagyban segíti egy konkrét elrendezés vizsgálatának leírása.

- Kérdésként merül fel, hogy az egyre finomított és egyre több hatást figyelembe vevő modellekkel számított részeredmények mennyire hatnak vissza a korábbi, kevésbé aprólékos modellel számított eredményekre? Egyáltalán érdemes ezzel foglalkozni?
- A fejezet végén említi, hogy további szimulációkat igényelne a modell pontosítása. A 2.21. ábrán felvázolt részeredmények mennyiben segítik a modell pontosítását? Hogy dönthető el, hogy a részellenállások (összetevők) értéke külön-külön helyes?
- Itt egy direkt feladat megoldását láttuk. Hogy lehet elképzelni, hogy a módszert a tekercselrendezés tervezésére használjuk?

A 3. fejezet szalagtekercsek modellezésével foglalkozik, feszültségkényszert feltételezve. Korszerű alkalmazási területként a magas hőmérsékletű szupravezető tekercsek modellezését jelöli meg, habár a módszer más hasonló elrendezéseknél is használható. Az elméleti ismeretek rövid, tényszerű közlését követően egy egyszerű tesztfeladatot bemutatva a szupravezetős alkalmazást tárgyalja. Bemutatja a megoldandó Maxwell-egyenleteket és a potenciálformalizmusokat ( $\mathbf{A}$ ,  $V$  és  $\mathbf{H}$ ) és egyéb technikai részleteket. Fő célja a spirális tekercsek homogenizálási módszeren alapuló szimulációja, melyre egy olyan ekvivalens, anizotrop vezetőképesség-tenzort dolgozott ki, amely figyelembe veszi a spirális pályát. A lineáris tesztfeladatot követően tér rá a szupravezetős alkalmazásra.

- Érdekes, hogy nem említi a  $\mathbf{T}, \phi$ -formalizmust. Számomra ez egy kedvelt módszer örvényáramú problémák megoldására. Érdekel, miért nem került itt bemutatásra.
- A 3.4.3. fejezetben a végeselemes implementációt ismerteti. Itt a csomóponti elemekkel történő megoldást mutatja be. Vázolja fel, hogy lehetne az élelem alapú megoldást alkalmazni a feladat megoldásában.
- Technikai jellegű kérdés: a használt COMSOL Multiphysics 5.2. nem teszi lehetővé az élelemek alkalmazását? Próbálták a weak form környezetet? A 3.5. verzióban ez még rendelkezésre állt, és nagyon hatékonyan lehetett alkalmazni.
- A legtöbb szupravezetős alkalmazás a vezetőképesség nemlineáris tulajdonságait helyezi előtérbe és modellezi. Találkozott olyan irodalommal, ahogy a H-B karakterisztikát alkalmazzák? Ha nem, mit gondol a H-B karakterisztika alkalmazásáról?

A 4. fejezet mozgó közeg nyugvó-ekvivalens modellezésével foglalkozik. Olyan módszert dolgozott ki, amellyel a stacionárius közegmozgás elektromágneses modellje egy nyugvó közeg ekvivalens modelljévé alakítható. A megoldandó egyenletek bemutatása után a nyugalmi ekvivalens részletes tárgyalását követően tesztfeladatokon illusztrálja a módszert. Ezen tesztfeladatok megoldása a szakirodalomból ismert, így a javasolt módszer ellenőrzésére is lehetőség nyílt.

A dolgozatot az eredmények tézisszerű összefoglalása zárja. A megfogalmazott tézisek egyértelműen új tudományos eredmények. A mű irodalomjegyzéke 122 tételt tartalmaz.

Mivel hiányzik a záró fejezet, megkérdezem, hogy a Szerző milyen irányban folytatja tudományos tevékenységét, az itt bemutatott módszereket hogyan kívánja a jövőben felhasználni, alkalmazni.

A nemzetközi elismertséget tükrözi az MTMT-adatbázisban megtalálható 120 közleményre érkezett 309 független hivatkozás és a 10-es Hirsch-index (2021. április 26-ai adat).

A 100 oldalas, Latex-ben szerkesztett dolgozat stílusa gördülékeny, olvasmányos. Szépen szerkesztett műről van szó, az ábrák gyönyörűek, a táblázatok nagyban segítik az eredmények megértését.

**A Jelölt téziseit új tudományos eredménynek elfogadom.**

**Összefoglalva, a doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak tartom, és javaslom annak kitűzését.**

Győr, 2021. április 26.

Kuczmann Miklós

az MTA Doktora