# Bírálói vélemény
# Magyar Attila:
# „*Optimization Based Analysis and Operation of Complex Nonlinear Energy Systems*” c. doktori értekezéséről

Magyar Attila 2008-ban szerezte meg PhD fokozatát a veszprémi Pannon Egyetemen. A jelen bírálat tárgyát képező értekezését 2022 tavaszán nyújtotta be az MTA-hoz. A két esemény közt eltelt körülbelül 14 év bőségesen elegendő a PhD értekezés eredményeit meghaladó új, érdemi tudományos eredmények létrehozására és összefoglalására.

A Jelölt a PhD fokozat megszerzését követően nem sokkal a villamos energetikai rendszerek alkalmazási területen sikerrel kezdte kamatoztatni a rendszer- és irányításelméleti tudását.

## *Az értekezés téma- és címválasztása, aktualitása*

Egy-egy doktori értekezés témaválasztása szükségszerűen tükrözi a jelölt szakmai életútját. A vizsgált problémák, azok felvetési módja és a megoldásukra alkalmazott különböző eszközök általában szorosan kapcsolódnak annak a szakmai tudományos környezetnek a tevékenységéhez, amelyben a szerző dolgozik.

A Jelölt a Pannon Egyetemen és az MTA SZTAKI-ban jelen levő tudományos iskolákban szerezte a szakmai alapokat, amelyek predesztinálták a rendszer- és irányításelmélet, illetve az optimalizáció alkalmazási területeire. Időközben egyre több villamosmérnöki jellegű témával kezdett foglalkozni, elsősorban az irányításelméleti és optimalizációs megközelítés alkalmazásával.

A napjainkban kibontakozó energiaválság és az emberiség élhető jövője érdekében tett erőfeszítések komoly átalakítást követelnek meg az élet minden területén, és nagyban idetartozik a villamos energia is. Az egyre szaporodó háztartási naperőművek és okos hálózatok elterjedésével alapvetően átalakuló villamos energiarendszerben számtalan új módszer kap fontos szerepet a fogyasztói befolyásolástól, az okos mérőkön át a hálózat önjavító funkciókig. A Jelölt a dolgozat első kétharmadában olyan eredményeket ismertet, amelyekben az egy-egy szűkebb alkalmazási területre mérnöki elvek mentén megfogalmazott megoldások mind elhelyezhetőek a fent vázolt jövőbe mutató megoldások és megközelítések sorában.

A dolgozat harmadik harmada egy jóval elméletibb terület, ezzel összhangban a tárgyalása is kevésbé alkalmazáscentrikus. A nemlineáris rendszer- és irányításelmélet egy fontos dilemmája, hogy található-e olyan modell osztály, amely egy széles rendszerosztály leírására alkalmas, ugyanakkor jól használható analízis és szintézis módszerek fogalmazhatók meg rá. A Jelölt ezt a kérdést vizsgálja a Lotka-Volterra és kvázipolinomiális modell osztály tekintetében.

***Így elmondható, hogy az értekezés témaválasztása aktuális, s ezen a területen a Jelölt tudott új, értékes eredményeket produkálni.***

## *Az értekezés formája*

Az értekezés érdemi része 90 oldal, ezt követi egy függelék, amely a 91. és 103. oldal között húzódik. Az értekezés irodalomjegyzéke 118 darab hivatkozást tartalmaz, illetve elkülöníthető formában hivatkozik az értekezéshez szorosan kapcsolódó, annak eredményeit tartalmazó saját publikációkra (27 tétel).

Az értekezés jól tagolt, három nagyjából egyenlő súlyú fejezet taglalja a tézisekben összefoglalt eredményeket, kiegészítve egy előismereteket tartalmazó fejezettel. Az ábrák gondosan szerkesztettek, és informatívak és a teljes dolgozatra elmondható, hogy az ábrák és a szöveg egy koherens egészet alkotnak.

Az értekezés nyelvezete általában elfogadható, megfelelő angolsággal íródott. Elírások, helyesírási, illetve stilisztikai hibák helyenként maradtak benne, ezek azonban nem befolyásolják a mű értékét és érthetőségét.

## *Az értekezés tartalmi értékelése*

Az értekezésben kitűzött célok világosan vannak megfogalmazva a bevezető fejezetben.

A Jelölt eredményei egymással valójában lazán kapcsolódnak, viszont mindenképpen összeköti őket a villamos energetika, illetve az optimalizációs feladatok jelenléte.

A bevezető fejezet után egy külön fejezetben bevezeti a dolgozat megértéséhez szükséges szakmai alapokat. Ezek első olvasásra egymástól független témák, de a későbbiekben minden a helyére kerül. Itt ismerteti a szinuszos háromfázisú hálózatok taglalásához szükséges minimális alapokat, nemlineáris rendszerek stabilitási alapfogalmait, illetve az alkalmazott optimalizációs eszközöket is itt mutatja be.

A harmadik fejezet az első téziscsoport eredményeit részletezi. A fejezet első felében egy háztartási hűtőgép optimális ütemezésével foglalkozik óránként változó, de egy napra előre ismert áramárak mellett. Az elért eredményeket részletes és jól követhető szimulációs vizsgálatoknak veti alá, melyek igazolták a módszer hatékonyságát. Ugyanakkor független forrásból származó összehasonlítással is megerősíti, hogy az elért eredmények felülmúlják a szakirodalomban találhatókat. A fejezet második felében lítium-ion akkumulátorok hőmérsékletfüggő modellparamétereinek megbecslésére ad módszert, melynek alapja az akkumulátor helyettesítő áramköri modellje. A modell paramétereit hőmérsékletfüggő karakterisztikaként definiálja, és a paraméterbecslés során ezeket interpolálja mérési adatokból.

A negyedik fejezetben nem feltételezi az előző fejezetben még meglévő dinamikus modellek ismeretét, és ezzel egyidőben az alkalmazási terület is megváltozik. Árambetáplálláson alapuló áramminőségjavításra ad módszereket optimalizációs eszközök alkalmazásával. Az eredmények ismertetése során igyekszik megmaradni a koncepciók szintjén és nem elveszni a villamosmérnöki részletekben, ami jót tesz a fejezet érthetőségének. A fejezetben ismertetett két módszer alapja, hogy a betáplált áram jelalakot leszűkíti egy jelcsaládra, és ennek paraméterei alkotják az probléma keresési terét. A megfogalmazott optimalizálási probléma költségfüggvénye pedig egy megfelelő áramminőségi mutató formájában kerül kiválasztásra.

Az alkalmazott optimumkereső eljárás az aszinkron párhuzamos mintakeresési eljárás, melynek adott problémára felírt implementációját mindkét esetben megadja. Az elért eredményeket ebben a fejezetben is nagy felbontású dinamikus szimulációs környezetben vizsgálja meg több szimulációs kísérlet elvégzésével.

Az ötödik fejezetben kvázipolinomiális modellben adott rendszerek stabilitásvizsgálatát köti össze a kvázipolinomiális rendszerhez tartozó Lotka-Volterra rendszer ismert Ljapunov függvényével, és a Ljapunov-féle stabilitás analízist visszavezeti az adott Ljapunov függvény család paramétereinek meghatározására, amit egy lineáris mátrixegyenlőtlenségként fogalmaz meg. A stabilitásvizsgálati módszert továbbfejleszti nemlineáris (kvázimonomiális) állapotvisszacsatolás tervezésre, kihasználva, hogy erre a visszacsatolásra nézve zárt a kvázipolinomiális rendszerosztály. A Ljapunov függvény paramétereinek és a szabályozó paramétereinek együttes keresését bilineáris mátrixegyenlőtlenség megoldhatósági problémájaként fogalmazza meg.

A Jelölt saját eredményeit téziscsoportokban tálalja, melyek mindegyike két-két altézisből áll. A tézisek egy rövid általános eredményközlésből állnak, a fő tudományos eredmények az altézis pontokban kerülnek kimondásra. Az egyes tézisek eredményeinek publikációkkal való alátámasztása szintén világosan adott a tézisekben. Jól megtalálható az egyes tézisek eredményeinek részletes megalapozása a dolgozat 3-4-5 fejezetiben. A tézisek ismertetése után röviden kitér az eredmények alkalmazhatóságára, illetve továbbfejlesztési lehetőségeire. Ezeknek megfelelően:

- *Önálló új tudományos eredménynek fogadom az „1. Téziscsoportot”*, amelyben modell alapú optimalizációs elven működő eljárásokat fogalmazott meg villamos energetikai rendszerekre. Az 1.a altézisben folyamatosan működő berendezések költségoptimális üzemeltetését fogalmazta meg modell prediktív módszertan alkalmazásával egy optimális ütemezési feladatként, melyre egy heurisztikus optimumkereső eljárást adott. Ezt az eljárást továbbfejlesztette annak érdekében, hogy a parametrikus bizonytalanságokra nézve robusztus legyen a módszer.
  Az 1.b altézisben egy teljesen más feladatot fogalmaz meg, lítium-ion akkumulátorok identifikációjára adott egy két lépésből álló eljárást, mely szintén optimalizáción alapul. *Hozzáteszem, hogy kissé erőltetettnek tartom e két terület egy tézisbe helyezését, bár ez nem von le a benne közölt tudományos eredmények értékéből.*
- *Önálló új tudományos eredménynek fogadom a „2. Téziscsoportot”* is, amely ismeretlen, illetve folyamatosan változó topológiájú (és ezáltal modellel nem leírható) villamos hálózatok áram betáplálását fogalmazta meg közvetlen optimalizálási feladatokként. A 2.a altézisben egyfázisú hálózatokba történő áram betáplálást (amely például az egyre elterjedtebb háztartási naperőművek funkciója) ragadta meg és írta fel oly módon, hogy a betáplált áram jelalak javítsa a csatlakozási ponton mérhető teljes harmonikus torzítást.
  A 2.b altézisben az előző altézis eredményeit általánosította háromfázisú hálózatra, és átfogalmazva az optimumkeresési költségfüggvényre, a háromfázisú hálózatokban jelen levő áramminőségi mutatóra, a feszültség aszimmetriára. Ehhez egy új szimmetrikus differencia alapú aszimmetria normát használ, amely a szimulációs vizsgálatok alapján jobban teljesít, mint a szabványos normák.
- *Önálló új tudományos eredménynek fogadom a „3. Téziscsoportot”*, amely egy nagyon ígéretes nemlineáris dinamikus rendszerosztály, a kvázipolinomiális rendszerosztály alapján globális stabilitásvizsgálati és állapotvisszacsatolás alapú szabályozótervezési módszereket ad. A 3.a altézisben a kvázipolinomiális modellel

közvetlen dinamikus kapcsolatba hozható Lotka-Volterra modell ismert Ljapunov függvényosztály megfelelő elemének kiválasztását, azaz a globális aszimptotikus stabilitásvizsgálatot írja fel lineáris mátrixegyenlőtlenség formában. Az eredmény szerves folytatása a 3.b tézisben megfogalmazott stabilizáló nemlineáris állapotvisszacsatolás tervezési feladat, amely bilineáris mátrixegyenlőtlenség formában kerül megfogalmazásra. A Jelölt a kvázipolinomiális szabályozótervezés során kapott bilineáris probléma megoldása helyett egy iteratív lineáris mátrixegyenlőtlenséget javasolt.

## *Kérdések, észrevételek*

Az értekezés olvasása közben a következő kérdések merültek fel bennem:

1. Az első tézisben bemutatott adaptív modell prediktív ütemező eljárásról megemlíti, hogy általánosítható több háztartási eszközre is. Felteszem, hogy az eszköz dinamikájának hasonló viselkedésűnek kell lennie az itt bemutatott fagyasztóéhoz. Pontosan mely eszközökre alkalmazható az eljárás?
2. A második tézis (b) pontjában ismertetett szimmetrikus differencia alkalmazása aszimmetria normaként megköveteli a gyors számíthatóságot a valós idejű alkalmazások esetében. Mit tudunk ennek a komplexitásáról?
3. Eredendően nem kvázipolinomiális rendszerek esetén a QP beágyazás megnöveli az állapottér dimenzióját. Nem ütközik-e akadályba ilyen esetben a harmadik tézisben bemutatott kvázipolinomiális reprezentáción alapuló szabályozótervezés?

## *Összefoglaló értékelés, bírálói javaslat*

A benyújtott értekezés és eredményei publikáltsága meggyőzött arról, hogy abban Magyar Attila saját kutatási eredményeit ismerteti.
A jelölt fontos és aktuális, a villamos hálózattal kapcsolatos problémákat fogalmazott meg optimalizálási feladatként, melyekre a megfelelő eljárást kifejlesztve megoldást is adott. Másrészt kihasználva a kvázipolinomiális rendszerosztály speciális tulajdonságait egy analízis-szintézis problémakört fogalmazott meg, melyek mindegyike felírható optimalizálási problémaként.

A doktori munka eredményeit és azok tudományos értékét elegendőnek tartom MTA doktora cím megszerzéséhez.

A fentiek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és a doktori mű elfogadását. Az értekezés minden egyes tézisét maradéktalanul elfogadom új tudományos eredménynek, és élek azzal a lehetőséggel, hogy már a bírálás jelen fázisában javasoljam Magyar Attila részére az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2023. március 18.

Rudas Imre
az MTA Doktora