

Válogatott szélsőérték-feladatok a villamos energetikában

Elosztóhálózatok költséghatékony üzemeltetése

Doktori értekezés téziszfüzete

Raisz Dávid

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Villamos Energetika Tanszék



2010

1 Bevezetés

Elosztóhálózatok üzemeltetése kapcsán egyre kiemeltebb szerepet kap a költséghatékonyság követelménye. Költségcsökkentés (vagy költség elkerülés) ezen a téren többféleképpen elérhető, néhány lehetőséget az alábbiakban felsorolok.

Magyarországon a kifeszültségű (kif) hálózatok veszteségei néhány európai országhoz képest viszonylag magasnak mondhatók. (Az MVM 2008-as statisztikai adatai alapján az összes eladásra átvett villamos energia csaknem 10 %-a veszteség, és e veszteségek nagyjából 40%-a a Kif hálózaton keletkezik.) A Kif hálózati veszteségek csökkentését célzó esetleges beruházások hatásának előzetes vizsgálata szempontjából fontos feladat e veszteség forrásainak, összetevőinek és azok nagyságának feltárása.

A Kif hálózati veszteségek pontos ismeretének egyik további előnye, hogy lehetővé teszi az áramlopások tényének felderítését. (Ha ugyanis egy transzformátoron fel van szerelve egy ún. főmérő, és az ezáltal mért energiának valamint a fogyasztóknál mért energiák összegének a különbsége szignifikánsan nagyobb, mint az elvárható veszteség, akkor áramlopásra lehet gyanakodni.)

További szempont a veszteségek szerepének megítélésakor, hogy a veszteségek nem elhanyagolható részei a mérlegkörök által leadott menetrendeknek. A mérlegkörök érdeke a pontos menetrendadás, és ennél fogva a veszteségeik pontos becslése is.

A többletköltségek elkerülésének egy további lehetséges eszköze, hogy ha az aktuális fogyasztást a leadott menetrendhez próbálják közelíteni annak érdekében, hogy a menetrendtől való eltérésért (a kiegyenlítő energiáért) fizetendő díj minimális legyen. Ennek egyik lehetséges eszköze a fogyasztók közvetlen vezérlése, pl. HKV (vagy RKV) rendszerek segítségével.

Természetesen a fogyasztó vezérlési rendszerek eredeti céljuk szerinti felhasználása önmagában is költség-elkerülést eredményez: ha sikerül a napi terhelési görbét simítani, vagyis a csúsfogyasztás és a völgyfogyasztás közötti különbséget csökkenteni, akkor egyrészt elkerülhető az alaperőművek visszaterhelése és a drága csúcserőművek használata, másrészt a kisebb csúcskihasználási tényező miatt kisebb lesz a hálózati veszteség.

Jelen doktori disszertáció a fent említett területeken elvégzett különböző kutatás-fejlesztési feladatok során nyert új tudományos eredmények összefoglalása.

2 Kisfeszültségű hálózatok veszteségeinek becslésére használt modellek és eljárások

A kutatás-fejlesztési feladatok első nagy csoportját három hazai elosztói engedélyes, az E.ON Dél-Dunántúli Áramszolgáltató Zrt, a DÉMÁSZ Hálózati Kft. és az ELMŰ Nyrt. megbízásából 2005 és 2008 között végeztük. E feladatok céljai között szerepelt a kisfeszültségű hálózati veszteségek forrásainak feltárása és rendszerezése, azok nagyságrendjének becslése, valamint egy új veszteség-meghatározási eljárás kidolgozása, amely lehetővé teszi a kif hálózatokon keletkező veszteség eddiginél pontosabb becslését már rendelkezésre álló vagy egyszerűen mérhető adatok alapján. A munka végeredményeként kifejlesztettem és implementáltam egy új veszteség-számítási eljárást.

A disszertáció második fejezetében az ezirányú kutatások nyomán keletkezett eredményeimet részletezem, és ezeket az alábbi tézisekben foglalom össze.

1. Tézis

Az irodalomban publikált hálózati veszteségszámító eljárások (ld. 2.2.1 fejezet) nagyrészt az alábbi adatok/jellemzők valamelyikének felhasználásán alapulnak:

- a vizsgált hálózat százalékos kiterheltsége
- különböző fogyasztói típusokhoz rendelt fogyasztói profilok (amelyek a hét különböző napjaira és az évszakok szerint eltérőek lehetnek)
- nagyon alapos, a fogyasztók villamosenergia vételezését eszközhasználat szinten figyelembe vevő modellek (ilyeneket nagyszámú kérdőíves felmérések alapján készítene)
- sztochasztikus terhelésmoделlek, amelyek a fogyasztói áramfelvételt egy adott időpontban egy megfelelően választott eloszlásból vett mintaként kezelik.

Ezek a módszerek nem veszik figyelembe egy körzetet ellátó transzformátor szekunder oldalán elvégzett árammérések eredményeit, vagyis egy adott fogyasztói körzetre jellemző mérési adatokat.

Továbbá az irodalomban nem található olyan eljárás, amely a veszteség összetevőit (időben nem egyenletes vételezés, meddőteljesítmény, aszimmetria és harmonikusok) együttesen és pontosan venné figyelembe.

Ezért a jelen értekezés első fő eredményét az alábbi tézisben foglalom össze.

Kidolgoztam egy új, determinisztikus eljárást kisfeszültségű közcélú elosztóhálózatok veszteségeinek számítására. Az eljárás bemenő adatai:

- a. a KÖF/kif transzformátor kisfeszültségű oldalán legalább egy héten át mért alap és felharmonikus áramok szimmetrikus összetevőkre bontva
- b. a hálózat topológiája a vezeték hosszakkal és ellenállásokkal
- c. fogyasztók éves energiafogyasztása
- d. a leágazási átlagtól (háztartások) jelentősen eltérő nagy fogyasztók (pl. közért, étterem, stb.) mért vagy profil alapján becsült áramai.

A mérés javasolt időbeli felbontása egy perc.

Az eljárás alapja, hogy

- a mért transzformátor áramokat a fogyasztók között azok éves energiafogyasztásának arányában osztjuk fel, (ld. a (2-15) és (2-19) egyenleteket), és*
- meghatározunk ún. ekvivalens ellenállásokat a vezetékszakaszok ellenállása és az egyes fogyasztók éves energiafogyasztásának a fogyasztók összegzett éves energiafogyasztásához viszonyított arányai alapján (ld. a (2-17) egyenletet).*

Ez az eljárás lehetővé teszi egy adott kif hálózat mérés hetére vonatkozó átlagos veszteségi teljesítményének meghatározását; az eljárás hibája átlagosan 4.2 %, amely az irodalomban található veszteségbecslési eljárások többségénél jobb a pontosságot jelent. Az eljárás különböző hálózati/fogyasztási esetekre számított hibájának szórása kisebb, mint az irodalomban szereplő eljárásoké. (Ld. 2-V táblázat.)

E módszerre „Egyesített Veszteségelmélet” néven hivatkozom, mert az irodalomban publikált eljárásoktól eltérően ez becslést ad a veszteségek összetevőire is, ezért alkalmas veszteségcsökkentést célzó beruházások költség-haszon elemzésére (ld. a (2-22) és (2-23) egyenleteket).

E tézist a [Dán, 0678], [DánRaisz, 07], [DanRaisz, 08], [Dán, 08], [Raisz, 08], [RaiszDán, 08] hivatkozások alatt publikáltam.

2. Tézis

Az irodalomban közölt sztochasztikus fogyasztói modellek (ld. a 2.2.2 fejezetet) vagy nagyon széleskörű felméréseken és a fogyasztói készülékhasználat modellezésén alapulnak, vagy pedig a fogyasztók által különböző időpontokban felvett áramot a napszaktól (és egymástól) függetlennek tekintik. Ezért ezek a modellek önmagukban nem alkalmazhatók olyan veszteségszámító eljárásban, amelynek alapjául a fogyasztók összegzett áramainak mért időfüggvényei szolgálnak.

Vizsgálataim során kimutattam továbbá, hogy az irodalomban használt statisztikai eloszlások nem alkalmasak a saját mérések során kapott fogyasztói áramok eloszlásainak leképezésére.

Végül az irodalomban közölt sztochasztikus fogyasztói modellek nem tartalmazzák a felharmonikus áramokat.

Ezért a jelen értekezés második fő eredményét az alábbi tézisben foglalom össze.

Kidolgoztam egy új sztochasztikus lakossági fogyasztói modellt (amelyet „elemi fogyasztók módszerének” nevezek), és e modell paramétereinek meghatározására szolgáló eljárást (utóbbit a 2.5.1.2 és 2.5.1.3 fejezetekben ismertetem). Egy elemi fogyasztó modellje (amelyet részletesen a 2.5.1.1 fejezetben ismertetek) több valószínűségi eloszlásfüggvény együttese, amelyek egy berendezés bekapcsolásának és használatának az idejét, valamint a felvett

(alap- és felharmonikus) áramait írják le. Az eloszlásfüggvények meghatározása lakossági fogyasztók (háztartások) harmonikusonkénti és sorrendenkénti áramfelvételének egyhetes mérése alapján történik.

A modell háztartások alap- és felharmonikus frekvenciájú áramainak sztochasztikusan változó időfüggvényeit szolgáltatja. A modell alkalmas háztartások áramának valószínű szimulációjára, ezért alkalmazható pl. kif hálózati veszteség becslésénél.

E tézist a [DanRaisz, 08], [Dán, 08], [Raisz, 08], [RaiszDán, 08] hivatkozások alatt publikáltam.

3. Tézis

Az első tézisben közölt determinisztikus veszteségszámító eljárás hibáját az okozza, hogy

- általában nincs információ arra nézve, hogy egy egyfázisú fogyasztó melyik fázisvezetőre csatlakozik
- az eljárás elhanyagolta a háztartási fogyasztás sztochasztikus jellegét és a háztartásokhoz azok feltételezett áramait úgy rendelte hozzá, hogy a transzformátornál mért áramokat időtől független arányszámokkal szorozta meg.

E hátrány kiküszöbölésére (az eljárás előnyeinek megtartása mellett) született a jelen értekezés harmadik fő eredménye, amelyet az alábbi tézisben foglalom össze:

Kidolgoztam egy új sztochasztikus eljárást kiefeszültségű közcélú elosztóhálózatok veszteségeinek számítására. Az eljárás bemenő adatai:

- a. sztochasztikus fogyasztói modell („elemi fogyasztók”) által szolgáltatott áramértékek*
- b. a KÖF/kief transzformátor kiefeszültségű oldalán legalább egy héten át mért alap és felharmonikus áramok szimmetrikus összetevőkre bontva*
- c. a hálózat topológiája a vezeték ellenállásokkal*
- d. fogyasztók éves energiafogyasztása*
- e. az átlagtól (háztartások) jelentősen eltérő nagy fogyasztók (pl. közért, étterem, stb.) mért vagy profil alapján becsült áramai.*

A mérés javasolt időbeli felbontása egy perc. (Az eljárás részletes leírását a 2.6. fejezet tartalmazza.)

Ez az eljárás lehetővé teszi egy adott kif hálózat mérés hetére vonatkozó átlagos veszteségi teljesítményének meghatározását; az eljárás hibája átlagosan 1.1 % (1.2 % szórással), amely az irodalomban található veszteségbecslési eljárások pontosságánál jobb.

Az irodalomban publikált eljárásoktól eltérően ez becslést ad a veszteségek összetevőire is, ezért alkalmas veszteségcsökkentést célzó beruházások költség-haszon elemzésére.

A módszer pontossága alkalmassá teszi azt áramlopások tényének felderítésére is, amennyiben a transzformátor fel van szerelve főmérővel, és amennyiben az alábbi tézisben szereplő szezonális korrekciót is alkalmazzuk.

E tézist a [DanRaisz, 08], [Dán, 08], [Raisz, 08], [RaiszDán, 08] hivatkozások alatt publikáltam.

4. Tézis

A determinisztikus és a sztochasztikus eljárás is egyhetes mérésekre támaszkodik, hiszen túlságosan nagy anyagi ráfordítással járna egy olyan mérés elvégzése, amely egy évig tart, a transzformátor szekunder áramát mindhárom fázisban és minden lényeges frekvencián egyperces felbontásban rögzíti, mindezt csupán egyetlen kif hálózat veszteségeinek becslésére. (Viszont a transzformátor szekunder oldalán egy főmérő felszerelése lényegesen kisebb ráfordítást igényel, sőt, ez korábban része volt az áramszolgáltatói gyakorlatnak. A hetenkénti fogyasztások tárolását biztosító eszközök manapság már olcsón beszerezhetők.)

Ha a mérés hetét nem körültekintően választották meg, akkor az arra a hétre számolt átlagos veszteségi teljesítmény lényegesen különbözhet az éves átlagos veszteségi teljesítménytől.

Az irodalomban nem található olyan eljárás, amely lehetőséget teremt az éves átlagos veszteségi teljesítménynek az egyheti átlagos veszteségi teljesítmény alapján történő becslésére.

Ezért a jelen értekezés negyedik fő eredményét az alábbi tézisben foglalom össze:

Kidolgoztam egy olyan korrekciós eljárást, amely lehetőséget nyújt az éves átlagos veszteségi teljesítménynek a heti átlagos veszteségi teljesítmény alapján történő becslésére, a szezonális hatások figyelembe vételével. A módszer egy korrekciós tényező bevezetésén alapul (ld.a (2.31) egyenletet), amely tényező a vizsgált körzet heti összfogyasztásaiból alkotott profil éves alakulása alapján határozható meg.

E profil meghatározása történhet

- *egy főmérő heti leolvasásával*
- *közéltőleg, a rendszerirányító által közzétett terhelési adatok alapján*
- *egy szinuszos közelítés segítségével.*

A módszer részletes leírása megtalálható a 2.7. fejezetben.

E tézist a [Dán, 0678] hivatkozás alatt publikáltam.

Az ismertetett eljárásokat az említett három elosztói engedélyes társaság munkatársainak megrendelésére egy szoftvercsomagban implementáltam és nekik átadtam. A disszertációban ismertetett eredmények e szoftver futtatásával készültek.

3 Vezérelt fogyasztók modellezése és a kapcsolási program optimalizálása

A kutatás-fejlesztési feladatok második nagy csoportja 2003-ra nyúlik vissza, amikor a Magyar Energia Hivatal megbízásából meg kellett vizsgálnunk a HKV szerepét a rendszeregyensúly fenntartása, a rendszer gazdasági hatékonyságának biztosítása és a rendszerszintű terheléskiegyenlítés szempontjából. A 70-es években kiépült hazánkban a hangfrekvenciás központi vezérlés, amelynek célja az volt, hogy a hőtároló típusú fogyasztók be- illetve kikapcsolása az egyes áramszolgáltatók diszpécser központjaiból vezérelve, a völgyterhelések feltöltésére alkalmas legyen. A 90-es években bekövetkezett dereguláció hatására az áramszolgáltatóknak azonban nem fűződött többé érdeke a napi terhelési görbe „simításához”, ami a rendszerirányítás szempontjából nehézségekhez vezetett.

E kutatás-fejlesztési feladatok folytatásaként áramszolgáltatói kérésre vizsgáltuk a fogyasztó vezérlési rendszerek nyújtotta egyéb lehetőségek (pl. kiegyenlítő energia csökkentés) kiaknázásának módszereit.

A disszertáció harmadik fejezetében az e kutatások nyomán keletkezett eredményeket részletezem.

Az egyik fontos eredményem egy, a vezérelt fogyasztók, konkrétan forróvíztárolók (mások által publikált) villamos fogyasztási modelljének tökéletesítése egy új forróvíz-fogyasztási modell megalkotásával, valamint a villamos fogyasztói modell paraméter-identifikációs eljárásának megalkotásával (ez az eljárás képes figyelembe venni forróvíz-fogyasztási méréseket is, amennyiben azok rendelkezésre állnak).

Az irodalomban nem közöltek korábban ilyen forróvíz-fogyasztási modellt és ilyen paraméter-identifikációs eljárást.

A vezérelt fogyasztókkal kapcsolatos kutatás során elért legfontosabb eredményem egy olyan, a vezérelt fogyasztók kapcsolási programjának meghatározására szolgáló eljárás kidolgozása, amely lehetővé teszi a mérlegköri kiegyenlítő energia lényegében on-line történő csökkentését oly módon, hogy a napi terhelési görbe simítását (völgyfeltöltést és lehetőségként a fogyasztási csúcs csökkentését), mint a vezérlés eredeti célját is figyelembe veszi.

Az irodalom nem közöl ennek a feladatnak a megoldására szolgáló eljárást (de még a probléma felvetését sem).

A kutatás során több rész-feladatot kellett megoldani:

- I. Egyrészt szükség van a rendszerszintű napi terhelési görbének két részre,
 - egy, csak a vezérelt fogyasztást tartalmazó
 - és egy, attól független részre

történő felbontására, annak érdekében, hogy a vezérelt fogyasztói modell paramétereit meg lehessen határozni, és hogy különböző kapcsolási programoknak a

terhelési görbére gyakorolt hatását elemezni lehessen. Bár az irodalomban ennek a „szeparációs feladatnak” a megoldására nem találtam megoldást, az etéren elért eredményeimet nem fogalmazom meg külön tézisként. Ennek okai:

- Tudomásom van arról, hogy egyes hálózati engedélyesek kidolgoztak hasonló eljárást. Ez feltehetően közelítő, mérnöki szemléletű módszer, amelynek részletei előttem ismeretlenek voltak, és ezért egy alapos összehasonlító elemzésre nem volt módom.
 - Az általam kidolgozott, és az irányításommal továbbfejlesztett eljárás egy részét még nem publikáltam.
- II. Szükség volt egy olyan algoritmus kidolgozására, amely a vezérlési időprogramokat a völgyfeltöltés (és lehetőségként a fogyasztási csúcsok csökkentése) érdekében optimalizálja, mégpedig különböző korlátok figyelembe vételével (pl. a kapcsolások következtében létrejövő terhelés-változás nem lehet nagyobb 90 MW-nál, illetve a fogyasztói komfortérzetet biztosítandó lehetőleg legalább napi nyolc óra bekapcsolási időt kell biztosítani.) Az etéren elért eredményemet sem fogalmazom meg külön tézisként, mert tudtommal az elosztói engedélyesek a rendszerirányító felügyeletével e célok és korlátok figyelembe vételével alakítják ki jelenleg is a vezérlési időprogramokat.

Ki szeretném azonban emelni, hogy a 3-3 ábrán látható napi rendszerterhelési görbének (amely tényértékeket mutat) és a saját eljárásom szimulációs eredményeit bemutató 3-12 ábrán látható rendszerterhelési görbének az összehasonlítása azt sugallja, hogy az általam kidolgozott eljárás lényegesen hatékonyabb, mint a jelenlegi gyakorlat, hiszen a szimulált eljárásom szerint a minimum fogyasztás 300 MW-tal (8 %-kal) nagyobbak adódott, mint a tényérték (és eközben a csúcsterhelés is csökkent).

Azonban, mivel a jelenlegi gyakorlatban alkalmazott módszer részletei előttem ismeretlenek voltak, ezért egy alapos (pontosan azonos körülményekre vonatkozó) összehasonlító elemzésre nem volt módom.

A fentiek figyelembe vételével az új tudományos eredményeimet az alábbi két tézisben foglalom össze.

5. Tézis

Korábbi, irodalomban publikált modellek alapján kidolgoztam egy új fogyasztói modellt a forróvíztárolók teljesítményfelvételének fizikai leképezésére. A modell újdonsága a korábbiakhoz képest a (hőmérséklettől függetlenített) forróvízfogyasztás sztochasztikus részmodellje, amelyet részleteiben a 3.4.1.2. fejezetben ismertetek.

Kidolgoztam a fenti modell paramétereinek meghatározására szolgáló eljárást, amely terhelési görbe méréseken alapul. A paraméter-identifikációs eljárás képes figyelembe venni forróvíz-fogyasztási méréseket, amennyiben azok rendelkezésre állnak (ld. a 3.4.1.2 és 3.4.1.3 fejezeteket).

Azáltal, hogy a forróvízfogyasztást a hőmérséklettől független, állandó hőmérsékletre vonatkozó alakra hoztam, lehetővé vált a modell paramétereinek meghatározása különböző hőmérsékleten történt forróvíz-fogyasztási mérések alapján.

A kapott forróvítároló modell alkalmas arra, hogy a különböző vezérlési programok napi terhelési görbére gyakorolt hatását szimulálja.

A módszer pontossága (ld. a 3-11 ábrát) lehetővé teszi, hogy a modellt egy, a kiegyenlítő energia csökkentését célzó eljárás részeként alkalmazzam.

E tézist a [RaiszDan, 05], [Raisz, 06], [RaiszDan, 08], [DanRaisz, 08], [Dan, 09], [Raisz, 09], [Raisz2, 09] hivatkozások alatt publikáltam.

6. Tézis

Kidolgoztam egy eljárást mérlegköri kiegyenlítő energia csökkentésére, ami a vezérelt fogyasztók időprogramjának az alapprogramhoz képesti kismértékű megváltoztatásával érhető el. Az alapprogramtól való eltérés korlátozására három lehetséges eljárást dolgoztam ki annak érdekében, hogy az alapprogram által megvalósított völgyfeltöltési cél (és a korlátozó feltételek) ne, vagy csak korlátozható mértékben sérüljenek. E három lehetőség:

- az alapprogramtól való eltérés időalapú korlátozása*
- az alapprogramtól való eltérés energia-alapú korlátozása*
- a kiegyenlítő energia csökkentésénél használt célfüggvény kiegészítése egy további összetevővel.*

Szimulációkkal igazoltam, hogy e módszerekkel csökkenthetők a kiegyenlítő energia költségek az alapprogramhoz képesti tetszőlegesen megválasztható eltérés mellett.

Az eljárás részleteit a 3.6.2 és 3.7.1 fejezetek tartalmazzák.

Ezt a tézist a [Faludi, 04], [RaiszDan, 05], [Raisz, 06], [RaiszDan, 08], [DanRaisz, 08], [Raisz, 09], [Raisz2, 09] hivatkozások alatt publikáltam.

Az itt ismertetett, vezérelt fogyasztókra vonatkozó eljárások implementálásra készek, azonban a gyakorlatba történő átültetésük jelenleg nehézségekbe ütközik: szükség van a jelenlegi piaci szabályozási rendszer egy részének újragondolására, több érintett szereplő (a rendszerirányító, az elosztói engedélyesek és különböző mérlegkörök) részben ellentétes érdekeinek figyelembevételével.

A kapott eredmények azonban világosan mutatják, hogy a fogyasztók közvetlen vezérlésének lehetősége nagyon hasznos eszköz a napi terhelési görbe alakítására és a mérlegköri kiegyenlítő energia csökkentésére. Az eredményekből az is látszik, hogy van lehetőség a különböző érdekek nyomán megfogalmazható célfüggvények és korlátozó feltételek közötti kompromisszumra, ezért e vezérlési lehetőség megtartása a jövőben feltétlenül indokolt.

4 Az értekezés témájához kapcsolódó saját publikációk

4.1 Az 1-4.tézishez tartozó publikációk

- Dán, 0678 Dr. A. Dán, D. Raisz et.al.: Supervision of LV network and measurement losses (KIF hálózati veszteségek, valamint a KÖF/KIF transzformátor körzetek mérési veszteségeinek felügyelete, ellenőrzése), Technical Reports prepared for three Hungarian DSOs, Dept. of Electric Power Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, 2006, 2007 and 2008 (in Hungarian)
- DánRaisz, 07 A. Dán, D. Raisz, I.Nagy, J. Libor, Á. Szemerei, Zs. Gombás, Zs. Babarczi: Knowledge-based modeling of LV network losses (Kisfeszültségű hálózatok veszteségeinek tudásalapú modellezése): MEE 54. Vándorgyűlés, Konferencia és Kiállítás (Annual Convention of the Hungarian Electrotechnical Association), Tihany, Hungary, 22-24. Aug. 2007 (in Hungarian)
- DánRaisz, 08 A. Dán, D. Raisz, I.Nagy, J. Libor, Á. Szemerei, Zs. Gombás, Zs. Babarczi: Knowledge-based modeling of LV network losses (Kisfeszültségű hálózatok veszteségeinek tudásalapú modellezése): MEE 55. Vándorgyűlés, Konferencia és Kiállítás (Annual Convention of the Hungarian Electrotechnical Association), Eger, Hungary, 10-12. Sept. 2008 (in Hungarian)
- Dán, 08 A.Dán, D.Raisz: Unified Loss Theory and its Application on Low Voltage Networks, Int. Conf. on Renewable Energy and Power Quality, ICREPO'08, 12-14.03.2008, Santander, Spain
- Raisz, 08 A.Dán, D.Raisz: A Novel Methodology for Measurement-Based Low-Voltage Loss Estimation, 6th International Conference on Power Quality and Supply Reliability, Pärnu, Estonia, 28.08.2008.
- RaiszDán, 08 Raisz Dávid, Dán András: A stochastic residential load model and its application to the unified loss theory, EUROPEAN TRANSACTIONS ON ELECTRICAL POWER 19:(8) pp. 1118-1130. (2008)

4.2 Az 5-6. tézishez tartozó publikációk

- Dán, 03 Dr. Dán András, Dr. Tajthy Tihamér, Raisz Dávid: A villamosenergia rendszerérdek közvetítésének árszabályozási lehetőségei, különös tekintettel a vezérelt, külön mért tarifakategória szerepére és az alkalmazott zónaidőkre, Kutatási jelentés a Magyar Energia hivatal részére, (Possibilities of Price-Based Regulation Mechanisms in Mediation of the Power System Interests, especially in Connection with Remote Controlled Appliances; Research Report prepared for the Hungarian Energy Agency), Budapest, Hungary, 2003
- Faludi, 04 Faludi A, Raisz D.: Investigation of the Power Management System according to the requirements of the liberalized market. Enhancements of the Ripple Control System. (in Hungarian) Technical Report, Power Systems and Environment Group, Dept. of Electric Power Engineering, Budapest University of Technology and Economics, 2004
- RaiszDan, 05 David Raisz, Dr. Andras Dan: Ripple Control as a possible tool for daily load balancing in an open electricity market environment, IEEE PowerTech Conference, 27-30.06.2005, StPetersburg, Russia;
DOI: 10.1109/PTC.2005.4524451
- Raisz, 06 Raisz Dávid: Optimization of Ripple Control Switching Timetables for Daily Load Balancing and Minimization of Imbalance Energy, INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIONS IN ENERGY SYSTEMS AND POWER, Vol. 1 No.1, pp. 53-61. (2006)
- RaiszDan, 08 Raisz Dávid, Dr. Dán András: A hangfrekvenciás fogyasztói befolyásolásban rejlő lehetőségek (Unexplored Possibilities in the RCS, in Hungarian), in: Proceedings of the III. BMF Conference in Energy: "Fogyasztói együttműködés a fenntartható villamosenergia ellátásért" Budapest, Hungary, 2008.10.25. pp. 21-31. (ISBN: 978-963-7154-84-3)
- DanRaisz, 08 Raisz Dávid, Dr Dán András: Vezérelt fogyasztói csoportok modellezése és különböző célfüggvények szerinti vezérlési programjuk meghatározása (On Modeling Groups of Remote Controlled Consumers and on the Determination of the Switching Schedules, in Hungarian), 55th Annual Convention of the Hungarian Electrotechnical Association, Eger, Hungary, 10-12.Sept.2008

- Dan, 09 Dr Dán András, Raisz Dávid, Gombás Zsolt, Kovács Gábor, Torda Balázs: SMART metering, vezérlési lehetőségek a hálózat-üzemeltetés terén (Smart Metering – Control Options in System Operation, in Hungarian), 56th Annual Convention of the Hungarian Electrotechnical Association, Balatonalmádi, Hungary, 9-11.Sept. 2009.
- Raisz, 09 Raisz Dávid, Dr Dán András: Vezérelt fogyasztói csoportok modellezése és különböző célfüggvények szerinti vezérlési programjuk meghatározása (On Modeling Groups of Remote Controlled Consumers and on the Determination of the Switching Schedules, in Hungarian), ELEKTROTECHNIKA 102:(1) pp. 5-8. (2009), Budapest, Hungary
- Raisz2, 09 Raisz Dávid: Vezérelt fogyasztói modellek és a vezérlésből fakadó előnyök (Models of Remote-Controlled Load and Advantages of Remote Load Control, in Hungarian), Proceedings of the IV. BMF Conference in Energy, 17th Nov. 2009, Budapest, Hungary
- Horváth, 10 Horváth Dániel: Vezérelhető fogyasztók kapcsolásának optimalizálása a mérlegköri kiegyenlítő energia csökkentése figyelembe vételével (Optimization of RCS switching time schedules), Project Laboratory Report (in Hungarian), Dept. of Electric Power Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary, 2010; *supervisor: David Raisz*

4.3 Saját publikációkra kapott hivatkozások

- Kadar, 08 Dr. Kádár Péter: A fogyasztói és áramszolgáltatói együttműködés célja és lehetőségei (Goals and Possibilities in a User-Utility Cooperation, in Hungarian), Proceedings of the III. BMF Conference in Energy: "Fogyasztói együttműködés a fenntartható villamosenergia ellátásért" Budapest, Hungary, 2008.10.25. pp. 9-19. (ISBN: 978-963-7154-84-3), Idézi a [Dán, 03] közleményt.