



2012.

Smart gridek rendszerintegrációs feltételei

(stabilitás vizsgálat, rendszer helyreállítás – szinkronozás, feszültség- meddőteljesítmény szabályozás)

doktori értekezés tézislevele

Szerző: Vokony István
Témavezető: Dr.Dán András

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamos Energetika Tanszék**

1. tézis: Az RTSI mérőszám létrehozása

Bevezetés

Napjainkban egyre nő az igény a folyamatos és zavarmentes villamosenergia-ellátás iránt. A technológiai fejlődés, az ipari és személyes igények fokozott követelményeket támasztanak a villamosenergia-szolgáltatókkal szemben. Az átviteli hálózat egyre nagyobb fokú kihasználtsága és összetettsége, valamint a növekvő igények biztosítása pedig komoly szakmai kihívás a mérnökök számára. A múltban bekövetkezett, stabilitásbomlásra visszavehető üzemzavarok arra hívják fel a figyelmet, hogy fontos és szükséges a villamosenergia-rendszer dinamikus biztonságának, üzemzavarokkal szembeni ellenálló képességének folyamatos felügyelete.

A villamosenergia-rendszerek stabilitásának mértéke, vagyis hálózati-, ill. terhelésváltozásokkal, üzemzavarokkal szembeni ellenálló képességének nagysága stabilitási mérőszámok meghatározásával jellemezhető. Az időbeli szimuláció nélküli, ún. közvetlen módszerek alkalmazásának eredménye általában egy megfelelően értelmezett stabilitási mérőszám. A közvetlen módszerek eredeti célja a folyamatok időbeli szimulációjához szükséges számítási igény csökkentése volt, azonban ma az informatika rohamos fejlődésének köszönhetően a diszpécseri döntések felgyorsultak. Generált viszont egy újat: a folyamatok időbeli szimulációja során keletkező hatalmas információ-mennyiségből nehéz kiszűrni a stabilitás mértékének megítélésére alkalmas információt. Több közvetlen módszer eredményeinek összehasonlításával vizsgálatokat végeztem egy micro grid modelljén azt keresve, hogy az egyes módszerek által használt mérőszámok közül melyik szolgáltatja a legmegbízhatóbb (szimulációs számítás eredményeivel összehasonlítva a legjobb) eredményt. Létrehoztam egy mérőszámot, amelynek a kiszámításához készítettem egy MatLab programot. Az általam megalkotott RTSI index alkalmas arra, hogy egy adott üzemállapot esetén jó közelítő becslést tehesünk a lehetséges események bekövetkezéséről, azaz a rendszer stabilitásának alakulásáról.

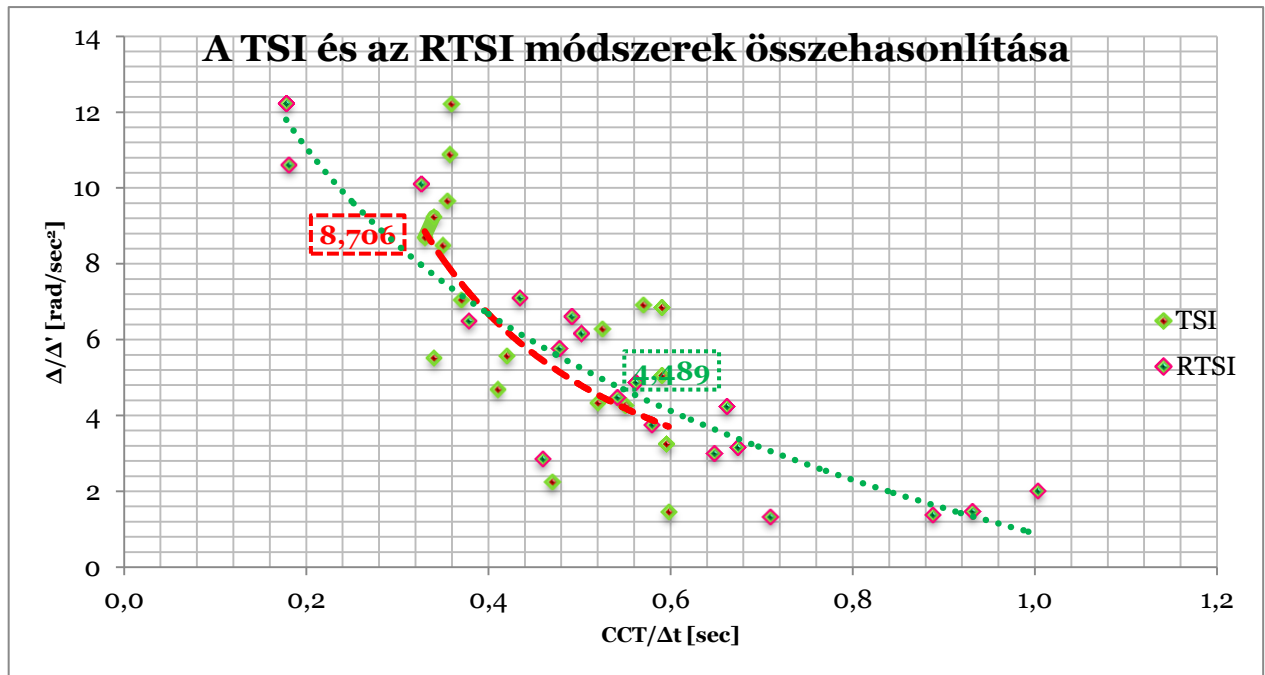
Eredmények

A különböző üzemállapotokban fellépő zárlatok esetén kialakuló szöggyorsulások alapján határoztam meg a stabilitási index értékét (Δ) az adott üzemállapotra, melynek a kritikus zárlathárítási idővel való összefüggése ($TSI=f(\Delta, CCT)$) a módszer validálásának kulcskérdése [9]. A kritikus zárlathárítási időt (CCT) a HTSW szimulációs szoftver segítségével határoztam meg. A Δt értékeket a MatLab program segítségével határoztam meg, és az ehhez tartozó teljesítmény változások alapján kiszámítottam a Δ' értékeket ugyan ezekre az üzemállapotokra, így adódott az RTSI értéke ($RTSI=f(\Delta', \Delta t)$). Ezáltal összehasonlíthatóvá vált a két módszer.

Jól látható, hogy az RTSI módszerrel végzett számítások eredményei pontosabban illeszkednek a várt karakterisztikára. A zárlati szimulációkból adódó gyorsulások a két módszer esetén 0,97-es korrelációt mutatnak, azaz közel megegyező eredmények adódtak; azonban a zárlathárítási időkből már csak 0,59-es ez az érték, ami gyenge jobboldali korrelációt mutat.

A két görbe összehasonlításul készült az 1. ábra. Nagy számú szimuláció készült különböző üzemállapotokra. Az eltérő üzemállapotokhoz tartozó indexek alapján lehet meghatározni a két karakterisztikát. Mindemellett

a két eljárás közötti különbséget is szemléletesen be lehet mutatni. Két esetet ragadnék ki a sok közül: az egyik esetben a TSI módszer alapján stabilnak jelzett üzemállapot az időbeli szimulációs eredmények alapján instablnak bizonyult ($\Delta=8,706 \text{ rad/sec}^2$). Az RTSI módszerrel vizsgálva ugyanezt az állapotot - a módszer helyesen - instablnak jelezte. Egy másik esetben a TSI módszer szerint az üzemállapot instabil volt, míg az RTSI módszer szerint stabil ($\Delta'=4,489 \text{ rad/sec}^2$). Az időbeli szimulációs vizsgálatok az RTSI módszert igazolták. Ez is azt az állítást igazolja, hogy az RTSI módszer pontosabb, megbízhatóbb a jelenleg ismert egyik legjobb módszernél, a TSI módszernél.



1. ábra: Eltérések a két módszer által kapott eredményekben

Összefoglalás, I. tézis

Az elvégzett elméleti számítások, irodalomkutatás, modellalkotás és modellszámítások eredményeit összefoglalva az alábbi következtetések állapíthatók meg:

- a szakirodalomban szereplő stabilitási index számításához a háttér elkészült, és az indexet egy adott mintahálózatra kiszámítottam, amely a kontrollszámításokkal hibahatáron belül egybeesik
- a kiszámított eredményeket egy időbeli szimulációs programmal ellenőriztem, amelynek során az index által prognosztizált eseményt a szimuláció megerősítette
- a vizsgált stabilitási indexek jelentős egyszerűsítéseket alkalmaznak a hálózati változások egyszerű kezelése érdekében
- a stabilitási indexek eredeti célja – a számítási idők lecsökkentése az időbeli szimuláció futási idejéhez képest – a mai számítókapacitás mellett jelentőségét veszítette, azonban a stabilitási indexek számításának ma elsősorban az áttekinthető kimenet és a hálózat stabilitási állapotának gyors áttekintése ad létjogosultságot
- alaposan meg kell vizsgálni, hogy az elvi elhanyagolások milyen feltételek mellett nem vezetnek félrevezető eredményre

- az eredmények értékelésének és validálásának elsődleges eszköze az időbeli szimuláció reprezentatív eredményeivel való összehasonlítás
- az általam kiszámított RTSI index megbízhatóbb, és jobb eredményeket szolgáltatott ugyanarra a hálózatra, és szimulációs esetekre, mint a TSI index
- az RTSI index meghatározása egyszerűbb és gyorsabb a szakirodalomban járatos tranziens stabilitási indexeknél

A módszer összefoglalva:

1.: Első lépésként tetszőleges rendszerállapot mellett szimuláljunk 3 fázisú zárlatot az i -edik gép kapcsain. Ennek hatására a rendszer forgó gépeinek szöggyorsulása változni fog.

2.: Meghatározható egy átlagos rendszer-gyorsulás érték ($\bar{\epsilon}_1$) az az első lépésben kiszámított ϵ értékekből.

3.: A kiszámított maximális szöggyorsulások és a rendszer átlagos szöggyorsulásának különbsége adja a Δ' értéket.

4.: A stabilitási karakterisztika a Δ' és a Δt közötti összefüggés alapján adódik.

1. tézis

Megállapítható, hogy a forgógépes hálózatok dinamikus stabilitási állapotának közvetlen módszerrel történő meghatározására az általam kifejlesztett RTSI módszer gyorsabb és pontosabb az ismert eljárásoknál.

Az 1. tézis eredményeit a következő cikkeimben publikáltam: [S8], [S9], [S11], [S14].

2. tézis: Szinkronozási feltételek, FTK alkalmazása

Bevezetés

A hagyományos villamosenergia-hálózatok évtizedeken át sikeresen kötötték össze az energia termelőket és a fogyasztókat. Ezen hálózatok alapvető architektúrája úgy alakult ki, hogy megfeleljen a nagyteljesítményű, zömében fosszilis alapú erőművi technológiáknak, melyek a fogyasztási pontoktól távol (pl.: a szén lelőhely közelében) helyezkedtek el. Ezt a villamos energetikai világot alakítják majd át azok a változások, melyekkel szembe kell néznünk.

Az Európai Unió felismerve a feladatot, létrehozta a „European Technology Platform Smart Grids” munkacsoportját 2005-ben, melynek feladata, hogy a 2020 utáni európai hálózatok vízióját készítse el. A platform résztvevői az ipar, az átviteli és elosztó hálózati engedélyesek, a kutató szervezetek és a szabályozók képviselőiből áll össze. Az általuk elkészített munkaanyag az egyik első volt Európában, mely kijelölte a smart grid koncepcióját. Olyan feltételeket szabott meg, mint:

- rugalmasság, a hálózatnak ki kell szolgálnia a fogyasztók szükségleteit, miközben képesnek kell lennie reagálnia a különböző kihívásokra;
- hozzáférhetőség, biztosítani kell hálózati hozzáférést minden szereplő számára, kiemelten kezelve a megújuló energiaforrásokat, illetve az alacsony CO₂ kibocsátású, jó hatásfokú (kombinált ciklusú) kiserőműveket;
- megbízhatóság, biztosítsa és javítsa az ellátás minőségét összhangban a XXI. sz. igényeivel és kezelje rugalmasan a hálózati zavarokat és az egyéb bizonytalansági tényezőket;
- gazdaságosság, innováció, hatékony energia menedzsment és szabályozások segítségével nyújtsa a lehető legjobbat.

A jövőkép legfontosabb elemei, sarokpontjai:

- olyan, már bizonyított technológiai megoldások eszköztárát hozza létre, melyeket gyorsan, és költséghatékonyan be lehet vetni, megteremtve ezáltal a jelenlegi hálózat számára, hogy minden energiaforrást képes legyen befogadni;
- szabályozási és kereskedelmi környezet harmonizáció szükséges, hogy elősegítsük a nemzetközi kereskedelmet, mind termelés, mind pedig a hálózati szolgáltatások számára;
- megosztott műszaki szabványok és protokollok létrehozása szükséges, melyek biztosítják a nyílt hozzáférést, így segítve elő bármely gyártó tetszőleges berendezésének az alkalmazását;
- olyan információs, számítási és telekommunikációs rendszerek létrehozása szükséges, melyek segítségével a vállalkozások hasznosítani tudják a különböző innovatív szolgáltatásokat saját hatékonyságuk és a fogyasztóknak nyújtott szolgáltatásaik javítása érdekében;
- biztosítani kell a régi és új eszközök sikeres kapcsolódását, hogy megmaradjon az automatizálás és a szabályozás folyamatossága

Európában és a világ számos országában folynak kutatások a fentiekben körvonalazott, és az ehhez hasonló jövőképek megvalósításával kapcsolatban. A vizsgálatok célja, hogy a hazai adottságokat figyelembe véve tegyek javaslatot a magyarországi séma kialakítására, vizsgáljam meg a lehetőségeket.

Összefoglalás, II. tézis

A kutatások második szakaszában a modellhálózatot teljesítmény- és frekvenciaszabályozási szempontból elemeztem. A ma rendelkezésre álló szabályozási módszereket implementáltam a modellbe, és a szimulációs környezet segítségével tesztelni tudtam különböző beállításokkal, különböző üzemállapotokban a gridet.

A kutatás egyik fontos vizsgálati szempontja az újra-szinkronozás volt. Ennek a vizsgálati szakasznak több állapotát vizsgáltam attól függően, hogy mennyire drasztikus változások mentek végbe a szigetüzemben. Az újra-szinkronozás két legfontosabb paraméterét (frekvencia különbség és feszültség szög különbség a micro grid és a nagy hálózat között a kapcsolat helyén) változtatva mértem fel a grid tulajdonságait, lehetőségeit.

Egy másik fontos szabályozási lehetőség a frekvenciafüggő terheléskorlátozás. Mivel a szakirodalomban nem találtam ilyen méretű gridekre információt az FTK alkalmazásáról, fontosnak tartottam ezt is megvizsgálni. Az összefoglaló táblázatok és a diagramok jól mutatják, hogy az újra-szinkronozáskor fellépő teljesítményugrást hogyan befolyásolja, mennyivel csökkenti az FTK alkalmazása. Jelentős, a grid

összteljesítményének közel 40%-os kiesése esetén is meg tudta tartani a hálózat a frekvencia névlegeshez közeli értékét, ezáltal lehetővé téve az újra-szinkronozást.

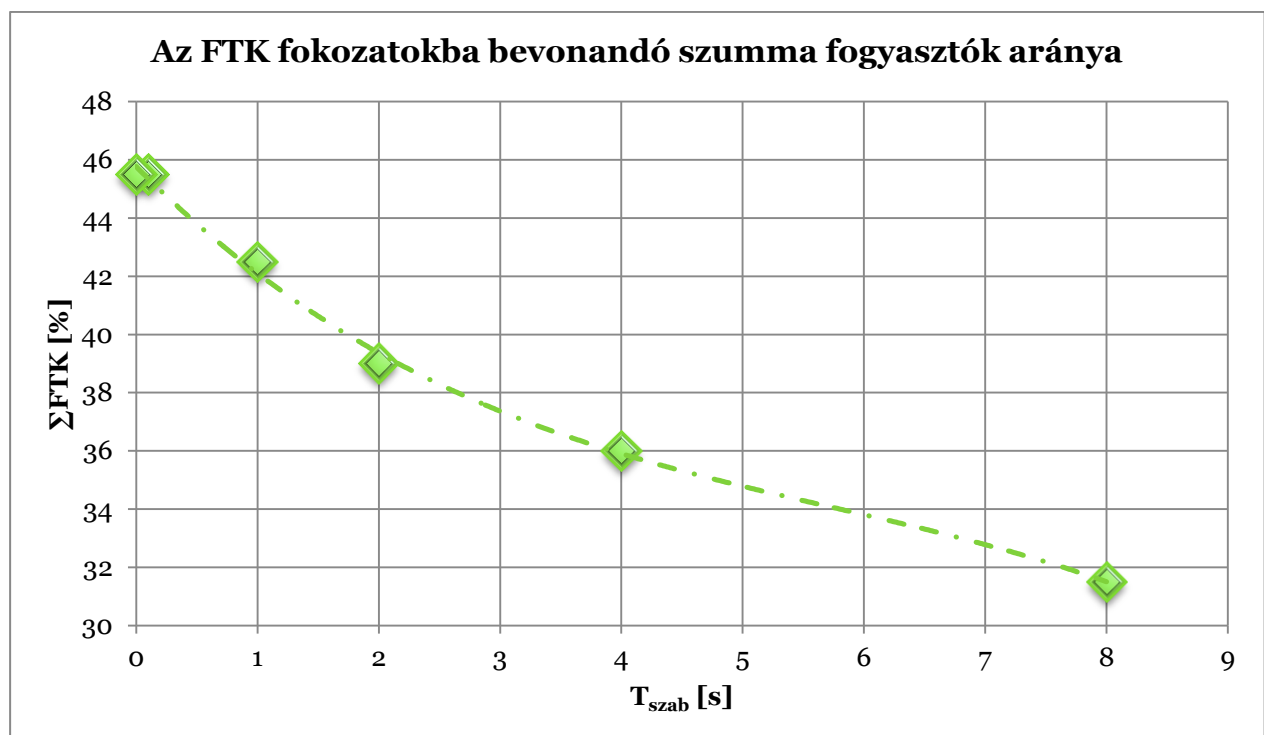
Következtetésként azt lehet megállapítani, hogy az FTK fokozatok alkalmazása hatékonyan segíti a grid stabil állapotban tartását dinamikus stabilitási szempontból. Ezért azonban nagy árat kell fizetni: a fogyasztók terheléskorlátozása csak különleges esetekben lehet indokolt.

Ilyen különleges eset lehet, ha a gridnek szigetként kell üzemelni, majd a szigetüzemi működés során kiesések lépnek fel. Egyrészt az a kérdés, milyen körülmények között képes a sziget megtartani az 50Hz-hez közeli szinkron üzemet, valamint képes-e a nagyhálózathoz való visszakapcsolódásra, újra-szinkronozásra. Ebből a szempontból az FTK alkalmazása rendkívül hatékonyan segíti ezt elő.

Látható, hogy a teljes fogyasztás 35%-ának kiesése esetén is stabil szinkronban tudja tartani a gridet az FTK, valamint a biztonságos visszakapcsolódás is megvalósítható ennek az intézkedésnek köszönhetően.

A fogyasztók a korlátozás után a kooperációs üzemben visszakapcsolhatók.

A vizsgálat sorozat eredményeit felhasználva egy javaslatot lehet tenni a megújuló energiaforrást alkalmazó erőművek – ezek túlnyomó többsége teljesítményelektronikán keresztül csatlakozik a hálózathoz – invertereinek a beállítására. Az integrátor szabályozási időállandójának változtatásából (ld. disszertáció 8.4. ábra) arra lehet következtetni, hogy nem feltétlenül a leggyorsabban reagáló erőmű a leghatékonyabb szabályozási szempontból (2. ábra). Ha túlzottan gyors reagálásúvá tesszük az erőművet, a szabályozásba bevonandó fogyasztók aránya megnő (az első fokozat esetén ez az érték akár 11% is lehet).



2. ábra: Az FTK-ba bevonandó összes fogyasztók arányának alakulása a integrálási időállandók függvényében

Fontos kihangsúlyozni, hogy az FTK alkalmazása hagyományos értelemben a rendszerirányító hatáskörébe tartozik. A vizgálatsorozatokban azonban azt elemeztem, hogy milyen előnyökkel járna ez a típusú szabályozás micro gridek esetén szigetüzemi körülmények között.

A fokozatok számát és a megszólalási küszöbértékeket az ENTSO-E Operation Handbook Policy 5 alapján határoztam meg.

Az egyes fokozatonként lekapcsolandó fogyasztók arányát úgy határoztam meg, hogy a lekapcsolás után 50 Hz legyen az állandósult frekvencia 0,1%-os hibahatáron belül.

A fejlett teljesítményelektronika lehetőségeit megvizsgálva javaslatot tettem a hálózat oldali hatásos teljesítményt szabályozó inverter külső P-f karakterisztikájának beállítására.

2. tézis

A megújuló erőművek hálózati oldali invertereinek külső karakterisztikáját úgy kell beállítani, hogy egy szinkron generátor–turbina egység primer és szekunder szabályozását kövesse. A turbinaszabályozó integrálási időállandójának csökkentésével nő a lekapcsolandó fogyasztók aránya.

Valamint a 2. tézis témaköréhez kapcsolódóan két altézist is megfogalmaztam:

A. Az optimális 36-40%-os FTK arányt (ENTSO-E OH P5) a turbinaszabályozó integrálási időállandójának 2-4 sec. közötti megválasztásával lehet elérni. Ez egyben az inverter P-f karakterisztikájának javasolt beállítási értéke.

B. Az FTK alkalmazása micro gridek esetében hatékonyan segíti a grid stabil állapotban tartását szigetüzemben és elősegíti az újraszinkronozást.

A 2. tézis és a hozzá tartozó altézisek eredményeit a következő cikkeimben publikáltam: [S2], [S3], [S5], [S12].

3. tézis: Feszültség- meddőteljesítmény szabályozási lehetőségek

Bevezetés

Az intelligens hálózatok lehetséges elterjedése sok kérdést vet fel. Eddigi vizsgálataimban a rendszer stabilitását, frekvencia megtartó képességét, üzembiztonságát vizsgáltam. A rendszerirányító szempontjából ezek a paraméterek a legfontosabbak közé tartoznak. Azonban a fogyasztó nem „elégzik” meg a folyamatos, megbízható ellátással, hanem az ellátás minőségére is vannak kritériumok. A szolgáltatott feszültség

minőségére vonatkozó előírásokról rendelkezik az MSZEN50160 szabvány. Elkerülhetetlen tehát a feszültség- és ezzel szorosan összefüggő meddőteljesítmény szabályozás kérdéskörének a vizsgálata.

Kiindulásként tekintünk a VER globális meddőteljesítmény egyensúlyára vonatkozó feltételre. [7]

Az együttműködő rendszerek valamely részrendszere hálózatára vonatkozóan a meddőteljesítmények egyensúlyát a hatásos teljesítményekre felírható egyenlettel formailag azonosan a

$$\sum Q_E + Q_I = \sum Q_A + Q_H$$

formában adható meg, ahol a „vizsgált” VER-re vonatkozóan:

$\sum Q_E$ a hálózatba betáplált erőművi meddőteljesítmények összege

Q_I a hálózatba befolyó import meddőteljesítmény-áramlásoknak a szaldója (a beáramló a pozitív előjelű)

$\sum Q_A$ az alállomások eredő meddőfelvétele a nagyobb feszültségű oldalon

Q_H a hálózat elemeinek (vezetékek, transzformátorok, fojtótekercek, statikus kompenzátorok, stb.) eredő meddőteljesítménye.

Meddőteljesítmény termelésnek (előállításnak) tekintjük a túlgerjesztett generátor és a kapacitás által leadott, illetve nyelésnek (fogyasztásnak) az alulgerjesztett generátor és az induktivitás által felvett meddőteljesítményt. A valamely hálózati elemen áramló $S = P + jQ$ teljesítményhez a hatásos teljesítmény pozitív áramlási irányát alapul véve a meddőteljesítmény akkor lesz pozitív, ha az áram késik a feszültséghez képest.

Vizsgálataim során tehát a korábban ismertetett összefüggések szolgáltatták az alapot a feszültség-meddőteljesítmény szabályozásra vonatkozólag.

Eredmények

A vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy hatékony módja a feszültség- meddőteljesítmény szabályozásnak a szélerőművek invertereivel megvalósított meddőteljesítmény betáplálás. Az esetleges topológiából adódó, extrém feszültség viszonyok is megszüntethetők, és a szabvány által előírt határértékek betartása is megvalósíthatóvá válik. Ez az eljárás középfeszültségen alkalmas a feszültségviszonyok határértéken belül tartására. Azonban adódik a kérdés, hogy mennyire általános a megoldás: eltérő topológia esetén, más feszültség szinteken is ilyen hatékony-e az eljárás. Más hálózatot megvizsgálva is azt az eredményt kaptam, hogy középfeszültségen a szélerőművek inverterei segítségével a csatlakozó transzformátorok meddőteljesítmény igényét ki lehet szolgálni. Alapvetően két dolog befolyásolja az igényelt meddő mértékét: a transzformátor dropja valamint a kiterheltség mértéke. A leggyakoribb KiF/KöF és KöF/NF transzformátor adatok ismeretében azt a megállapítást lehet tenni, hogy a 0,95-ös teljesítménytényező elegendő minden esetben az igényelt meddőteljesítmény kiszolgálásában. Tehát a szélerőművek invertereit elegendő 0,95 kapacitív illetve induktív teljesítménytényezővel igénybe venni névleges hatásos teljesítmény mellett. Ez mintegy 5%-os túlméretezést igényel. Azonban ez a többlet igénybe vehető az átlagos teljesítményt meghaladó szélsőbesség kihasználására, amikor a többlet hatásos teljesítmény a hálózat felé áramlik. És mivel ez önmagában feszültség növelő hatású, nincs szükség kapacitív meddő betáplálásra.

Összefoglalás, III tézis

Eddigi vizsgálataim során több szempontból elemeztem a micro/smart grideket. Hogyan, milyen körülmények között tudnak stabilan üzemelni, milyen beavatkozások tudják a rendszer vagy a szigetüzem stabilitását növelni. A megfelelő működéshez azonban elengedhetetlen a minőségi mutatók figyelembe vétele, a feszültség szintek névlegeshez közeli értéken tartása.

A bemutatott szimulációkban három befolyásoló tényezőt vizsgáltam meg. Egyrészt egy aktív meddőkompenzátor hatását a feszültség tartásra, másrészt egy PQ-típusú (állandó hatásos- és meddőteljesítményt betápláló) erőmű meddőteljesítmény szabályozásba való bevonásával próbáltam a feszültség szinteket a kívánt határértékek közé szorítani. A harmadik szakaszban pedig a szélerőművek inverterei segítségével meddőteljesítmény betáplálást szimuláltam.

Megállapítható, hogy mind a meddőkompenzátor, mind a gázturbina meddőteljesítmény szabályozásba való bevonása a sziget feszültség értékeit a névlegeshez közelíti. A legnagyobb ingadozást, és a 10%-os küszöbön való túllépést az MSZ20 sín kénytelen elszenvedni. Azonban a beavatkozásoknak köszönhetően az ingadozás mértéke is lecsökken, valamint a határértékeken belül tartás is szinte tökéletesen megvalósul.

Érdekes az üzemvitelt úgy kialakítani, hogy a kis tartományban jelentkező meddőteljesítmény völgy kialakulását, ezáltal a feszültség növekedést elkerüljük. A terheléseket olyan módon kell átrendezni, csoportosítani, hogy a keresztáramlásokat, azaz a hatásos- és meddőteljesítmények ellentétes irányú áramlását elkerüljük.

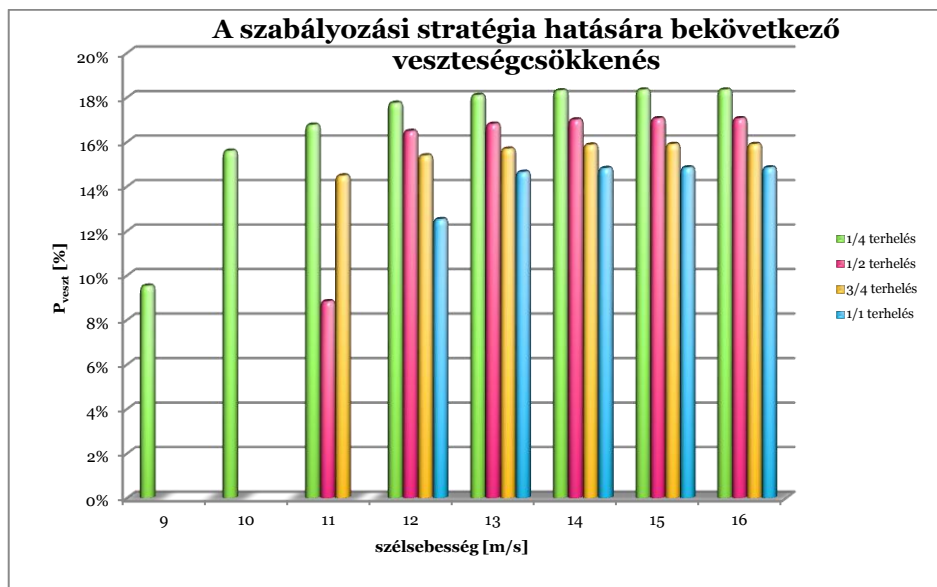
A meddőteljesítmény igények kielégítését célszerű helyben megvalósítani, azaz a szélerőművek transzformátorainak növekvő igényét a szélerőművek segítségével kell kielégíteni.

Általános következtetések:

- a feszültség szabályozás kérdéseit, a meddőkompenzátorok elhelyezését alapvetően a topológia és a kialakuló teljesítmény-áramlások, esetenként a hatásos- és meddőteljesítmény keresztáramlások befolyásolják
- a transzformátorok drop választása döntő fontosságú lehet: a nagy teljesítményű, kiterhelt transzformátorok soros meddő igénye határozhatja meg a feszültségviszonyokat
- a fogyasztók meddőteljesítmény igényét micro grid méretű hálózatok esetén szerencsésebb nem szállítani, hanem a lehetőségekhez képest helyben előállítani, szolgáltatni
- a felsorolt problémákra egy, esetleg több, megfelelő helyen telepített SVS lehet a megoldás, vagy ha van mód rá a szinkron gépek feszültség- meddőteljesítmény szabályozása
- a teljesítményelektronika segítségével a meddőteljesítmény betáplálás lokális megvalósítása célszerű
- micro gridek esetén a feszültség- meddőteljesítmény szabályozást több, egymáshoz rendelt fokozatban kell megvalósítani, azért, hogy a hálózati veszteségeket növelő felesleges meddőteljesítmény áramlások minimálisra csökkenjenek; a szabályozás első lépcsője a lokális meddőteljesítmény szabályozás megvalósítása: a szélerőművek inverterei segítségével a teljesítménytényező $\cos(\varphi)=0,95$ -ös lehetőség biztosításával a fellépő meddőteljesítmény szabályozási igények mind nagy- mind középfeszültségű hálózaton biztonsággal kielégíthetők

- a második eszköz a rendszerben lévő forgógépek meddőteljesítmény szabályozásba való bevonása abban az esetben, ha villamos szempontból kellő közelségben merül fel az igény
- a harmadik egyben rendkívül effektív beavatkozási eszköz az SVS telepítése, amennyiben nincs mód az első két módszer alkalmazására

A három meddőteljesítmény szabályozási eljárást együttesen használva hatékonyan lehet a hálózat feszültségét a kívánt határértékek között tartani, miközben a hálózati veszteségeket is lehet minimalizálni, ahogy azt a 3. ábra mutatja.



3. ábra: Az elérhető veszteségcsökkenések %-os értékei különböző terhelési állapotok mellett a szélsebesség függvényében

3. tézis:

Megfogalmaztam egy terhelésfüggő, vegyes többlépcsős meddőteljesítmény-szabályozási stratégiát. A szabályozható eszközök térben elszórtan helyezkednek el, és időben egymástól függetlenül működnek. A szabályozás célja a hálózati veszteségek minimalizálása és a feszültségértékek kívánt határok között tartása.

A 3. tézis eredményeit a következő cikkeimben publikáltam: [S1], [S4], [S10].

A tézisek gyakorlati alkalmazhatósága

A micro gridek / smart gridek tárgyköre rendkívül népszerű téma, azonban kiforratlan, új terület. Ebből is következik, hogy gyakorlati alkalmazhatóságról hagyományos értelemben nem lehet beszélni, hiszen ilyen hálózatok még nem léteznek. Hasonló pilot rendszerek tesztelése és kiépítése a valóságban hatalmas költségvonattal járna, ezért egy lehetséges megoldás a számítógépes modell létrehozása. Megfelelően validált leképezés esetén a számítógépes modell működése érdemi eltérés nélkül, gyakorlatilag szinte valósághűen közelítheti a valós hálózatokét. Azontúl, hogy ez a megoldás a költséghatékonyságra is törekszik,

legalább olyan hasznos lehet, mint egy valós, kiépített smart rendszer. Az így megszerzett tapasztalatok a későbbiekben a valóságba átültethetőek lesznek.

Hogy az ilyen jellegű kutatásokra szükség van – ezáltal a kutatás gyakorlati alkalmazhatósága is megvalósul – mi sem mutatja jobban, mint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen működő Integrált Energetikai Tudásközpont által vezetett vizsgálat, melynek én is részese lehetek. Az ELMŰ Nyrt. megbízásából végzünk kutatásokat a smart hálózatok jövőbeli alkalmazhatóságára vonatkozólag. A munka alapvetően az intelligens hálózatok kérdéseivel foglalkozik. Alkalmasan megválasztott szoftverkörnyezetben vizsgáljuk a megváltozott feszültség viszonyokat, a hálózati veszteségek alakulását, figyelembe véve a termelés és a fogyasztás jellegzetességeit. Tesszük mindezt egy olyan hálózatmodell alkalmazásával, mely esetében jelen vannak az elosztott energiatermelés megújuló energiaforrásokat hasznosító berendezései. Megvizsgáljuk az energiatárolás kialakításának lehetőségeit és hatásait az említett jellemzőkre, továbbá javaslatokat fogalmazunk meg a továbblépést illetően.

Látható, hogy a kutatásaim illeszkednek az ipari megbízók igényeihez, bár egyelőre a jövőbe mutatnak. A kutatási eredmények, tapasztalatok a gyakorlati alkalmazásokban később, a micro gridek kiépülésével egyidejűleg kerülnek alkalmazásra.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőmnek, Dr. Dán András Professzor Úrnak a munka során nyújtott segítségéért és kritikai észrevételeiért, Faludi Andor Úrnak a vizsgálatokban, szimulációkban nyújtott segítségéért, tanácsaiért, valamint Hartmann Bálint Kolléga Úrnak a modellalkotásban való támogatásáért, a közös munkáért.

Ezen túlmenően köszönettel tartozom mindazon kollégáknak, akik hasznos tanácsaikkal segítették a kutatómunka eredményeinek elérését.

Sokat köszönhetek az Energetikus Képzést Támogató Alapítványnak, mely támogatta kutatásaimat, ösztönzött a munka folytatására.

Végül, de nem utolsósorban szeretném megköszönni családomnak és barátaimnak a támogatást, az ösztönzést, mellyel elősegítették a dolgozat létrejöttét.

Rövidítések

1	RTSI	Módosított tranziens stabilitási index (Revised Transient Stability Index)
2	CCT	Kritikus zárlat-fennmaradási idő (Critical Clearing Time)
3	TSI	Tranziens stabilitási index (Transient Stability Index)
4	VER	villamosenergia-rendszer
5	HTSW	tanszéki fejlesztésű dinamikus szimulációs szoftver
6	FTK	Frekvenciafüggő fogyasztói Terhelés Korlátozás
7	MSZEN50160	Magyar Szabvány: A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségjellemzői

8	SVS	Statikus meddőteljesítmény kompenzátor (Static Var System)
9	KiF	kis feszültség
10	KöF	közép feszültség
11	NF	nagy feszültség
12	PQ	állandó hatásos- és meddőteljesítményű fogyasztói modell típusú
13	ENTSO-E	Európai Villamos Átviteli Rendszerirányítók Szervezete (European Network of Transmission System Operators for Electricity)

Publikációs lista

- [S1] I. Vokony, A. Dan: Reactive Power- and Voltage Regulation in Micro Grids, International Conference on Renewable Energy and Power Quality, Santiago de Compostela, Spain, 28th – 30th March, 2012
- [S2] B. Hartmann, I. Vokony, A. Dan: Developing a Dynamic Smart Grid Model, Electrical Engineering, Electronics, Automatics, issue 59, no.4, 2011
- [S3] I. Vokony, A. Faludi, A. Dan: Examination of Under Frequency Load Shedding in Smart Grids, International Youth Conference on Energetics, Leiria, Portugal, 07th July – 09th July, 2011
- [S4] I. Vokony, A. Dán: Leválasztható körzetek szigetüzemi vizsgálata III., Elektrotechnika 2011/09 (évfolyam: 104.) 2011
- [S5] I. Vokony, A. Dán: Leválasztható körzetek szigetüzemi vizsgálata II., Elektrotechnika 2011/05 (évfolyam: 104.) 2011
- [S6] A. Dan, D. Divényi, B. Hartmann, P. Kiss, D. Raisz, I. Vokony: Perspectives of Demand-Side Management in a Smart Metered Environment, International Conference on Renewable Energy and Power Quality, Las Palmas, Spain, 13th – 15th March, 2011
- [S7] A. Dán, D. Raisz, P. Kiss, I. Vokony, D. Divényi, B. Hartmann: HKV-RKV és az intelligens fogyasztásmérés, Elektrotechnika 2011/01 (évfolyam 104.)
- [S8] I. Vokony, A. Dán: Leválasztható körzetek szigetüzemi vizsgálata, Elektrotechnika 2010/07-08 (évfolyam: 103.) 2010
- [S9] I. Vokony, A. Dán: Revised Transient Stability Index For Smart Grids, Periodica Polytechnica 2011
- [S10] I. Vokony, A. Dán: Examination Of Micro Grid Operation In Island Condition, Focusing On Voltage Control, Electrical Engineering, Electronics, Automatics, issue 58, no.2, 2010, pages 15-19.
- [S11] I. Vokony, A. Dán: Creation of Stability Index for Micro Grids, International Conference on Renewable Energy and Power Quality, Granada, Spain, 24th – 26th March, 2010
- [S12] I. Vokony, A. Dán.: Examination of Smart Grids in Island Operation, Powertech 2009, Bucharest, Romania, 28th Jun – 02nd July, 2009
- [S13] I. Vokony, B. Hartmann, T. Decsi, A. Dan: Comparing energetic simulators via a Smart Grid model, International Youth Conference on Energetics, Budapest, Hungary, 04th Jun – 06th Jun, 2009
- [S14] I. Vokony, A. Faludi, A. Dán: Development of micro grid model for stability assessment, International Conference on Renewable Energy and Power Quality, Santander, Spain, 12th March – 14th March, 2008
- [S15] I. Vokony, Á. Székely, T. Barbarics dr: Direct methods for power system transient stability assessment, International Youth Conference on Energetics, Budapest, Hungary, 31st May – 2nd Jun, 2007

[S16] I. Vokony, Á. Székely, A. Faludi, T. Barbarics dr: Evaluation of direct methods for power system stability analysis, International Conference on Renewable Energy and Power Quality, Seville, Spain, 27th March – 30th March, 2007

[S17] I. Vokony, Á. Székely, A. Faludi, T. Barbarics dr: Villamosenergia-rendszer stabilitásvizsgálata közvetlen módszerekkel, Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, Románia, 16th Március – 17th Március, 2007

[S18] I. Vokony, Á. Székely: Villamosenergia-rendszer stabilitásvizsgálata közvetlen módszerekkel, Tudományos Diákköri Konferencia, BME, Budapest, 17th November, 2006