

A MEE és az Elektrotechnikai Alapítvány hagyományaihoz híven idén is meghirdette szakdolgozat és diplomatervezési pályázatát, melyre összesen 20 pályamunka érkezett be. A nyertes fiatalok a díjak átvétele után a vándorgyűlés szekcióiban előadás keretében bemutatták pályázatukat. Az előző és ebben a lapszámban közöljük a díjnyertes fiatalok munkáit.

Táczi István

Az energiatárolás alkalmazásai, különös tekintettel az elosztó hálózatokra

A MEE 2016. Szakdolgozat Pályázat

II. HELYEZETT

A decentralizációs folyamatok a termelésben olyan kihívások elé állítják a villamosenergia-rendszer üzemeltetőit és tervezőit, melyek eddig elképzelhetetlenek voltak. Kétirányú áramlások, minőségi paraméterek romlása, ellátásbiztonság és megbízhatóság sérülésének lehetősége áll fenn, amennyiben a proaktív gondolkodás elmarad.

Az energiatárolás képes lehet megoldásként szolgálni a felmerülő problémákra. Egy megfelelően kialakított működési stratégiával ezek az alkalmazások képesek az elosztó hálózat lokális támogatására is: a teljesítményáramlás optimalizálása, biztonsági tartalékok készítése, a minőségi paraméterek javítása és gazdasági haszon realizálása egyaránt megvalósítható.

Distribution power grids will basically change in the near future: the increasing penetration of renewable energy sources causes high amount of intermittent and decentralized generation. This procedure will lead to problems which are unknown for a conventionally planned and operated grid. Bidirectional power flows, power quality issues and voltage sags can occur.

Energy storage systems are able to play a key role in the solutions. With a well-developed controlling strategy, these applications could support the low voltage grids locally: virtual islanding operations and load following, or improved reliability with reserves are all feasible. These installations can even be used for trading on the liberalized electricity market.

1. BEVEZETÉS

A villamosenergia-rendszer hatalmas változások előtt áll a közeljövőben. A hálózatra egyre nagyobb számban csatlakozó ingadozó penetrációjú megújuló energiaforrások rendszerbe integrálása merőben új megközelítéseket igényel irányítási (és általánosan minden műszaki), szabályozási, gazdasági szempontból egyaránt. A fenntartható energiarendszer kiépítése felé vezető úton világszinten egyértelműen lépések történtek, ezért a várhatóan felmerülő problémákra proaktív tervezés szükséges. A jelenlegi infrastruktúra és megoldások kialakításakor az energiatárolás nem volt versenyképes és szükséges megoldás, ez azonban a decentralizáció fokozódásával megváltozhat. A potenciális lehetőségek feltérképezésére pedig megfelelő bemenő adat, modellezési és kiértékelési eljárások szükségesek.

2. TECHNOLÓGIA ÉS ALKALMAZHATÓSÁG

Az energiatárolás hatásvizsgálatának megkezdéséhez először is definiálni kell a bemenő paramétereket és a célfüggvényt. A tárolási technológiák legfontosabb műszaki adatait egybevetve egy „tároló karakterisztikához” juthatunk, melynek fő elemei a névleges teljesítmény, kapacitás, hatásfok, reakcióidő az igényekre, élettartam, maximális ciklusszám és a fizikai méretek. A technológiák karakterisztikái igen széles palettán mozognak, mindegyiknek vannak előnyei és hátrányai. A beruházásról döntést csak a szükséges technológiai paraméterek, költségek és az alkalmazás eredményességének pontos ismeretében hozhatunk. A tárolás folyamata – időbeli eltolás mint egyfajta negyedik dimenzió az elosztásban – az energiarendszer teljes spektrumán alkalmazható a minőségi paraméterek javítására, a teljesítményáramlások optimalizálására, megbízhatóság növelésére.



Táczi István átveszi az oklevelét

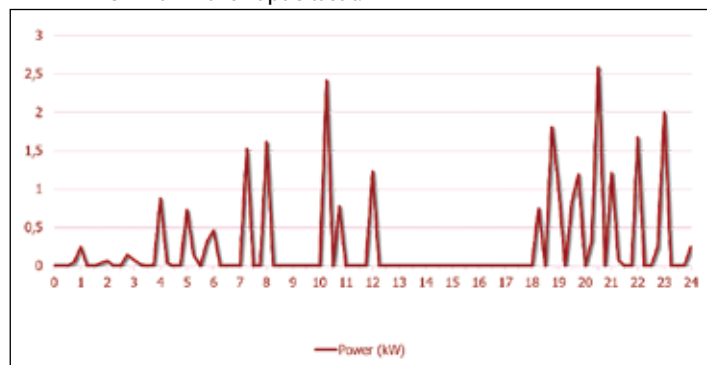
3. MODELLEZÉS ÉS SZIMULÁCIÓ

A modellezéshez egy részletes és sok általánosítással élő környezet hasznos igazán. A cél ebben az esetben a funkciók sokrétűségének biztosítása volt. Állítható bemeneti paraméter a szimuláció időtartama, a vezérlés által meghatározott kapcsolás frekvenciája, a tároló karakterisztika elemei, a villamosenergia-árak és a célfüggvény. A bemutatott szimulációk az ELMŰ Főti Élhető Jövő Park hálózati adatai alapján készültek (tehát valós mérési adatokon végzett szimulációk), de a modellezési eljárás – a program szolgáltatotta korlátokon belül – tetszőleges hálózaton lefuttatható, amennyiben a szükséges profiladatok rendelkezésre állnak. A vezérlések megvalósításakor egyetlen tárolót feltételez a program (tehát csak koncentrált elemként kezelhető), a karakterisztikájában felsorolt összes paramétert figyelembe lehet venni a szimulációk során. A bemutatott esettanulmány egy kisméretű hálózatrész, mely egyetlen ponton csatlakozik a közcélú hálózat többi részéhez, így kezelhető microgrid struktúráként (nincs megkötés a feszültségszintre és a topológiára vonatkozóan, de az ilyen kialakítás célszerű). A helyszínen napelemek, szél-erőmű, törpe vízerőmű és akkumulátor is megtalálható, mely alkalmassá teszi az energiamedzsment célú vizsgálatokra. A szimulációk 24 óra időtartamot ölelnek fel, 15 perces bontásban, a tárolóban levő energia pedig az ismertetett vizsgálatok kezdő pillanatában a kapacitásértékkel azonos (szintén változtatható). A modellezés és a szimulációt megvalósító script futtatása a DigSilent Power Factory programmal történt.

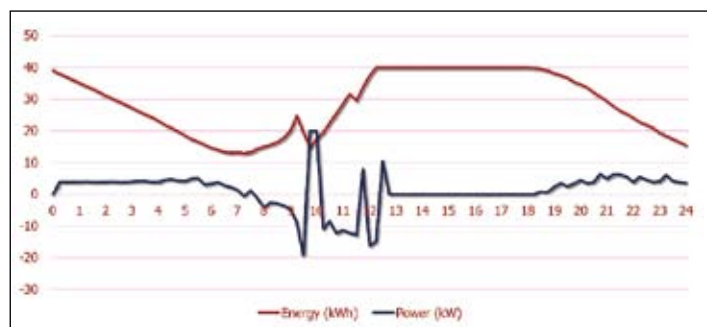
Virtuális szigetüzem

Az első célfüggvény a hálózati csatlakozási ponton vételezett energiameennyiség minimalizálása, a lokális megújuló

betáplálások helyi felhasználásának maximalizálása, azaz microgrid autonómitásának közelítése. Az 1. ábrán látható a tárolóteljesítmény és tárolt energia alakulása, míg a 2. ábra a hálózatról vételezett teljesítményt mutatja. A megvalósított vezérlés valós idejű adatokon dolgozik, nem tartalmaz múltbéli adatokon végzett műveleteket (folyamatirányító rendszer igénye van, nem prediktív). Az algoritmus lényege, hogy minden időlépésben meghatározza a termelés és fogyasztás különbségét, majd a tárolót – határfeltételeit betartva – beállítja ennek kiegyenlítésére. Mivel a helyi termelés döntő része a napelemekből származik, a napsütéses órákban a tároló eléri maximális kapacitását.



1. ábra Virtuális szigetüzemű működés esetén a hálózatról vételezett teljesítmény 15 perces bontásban

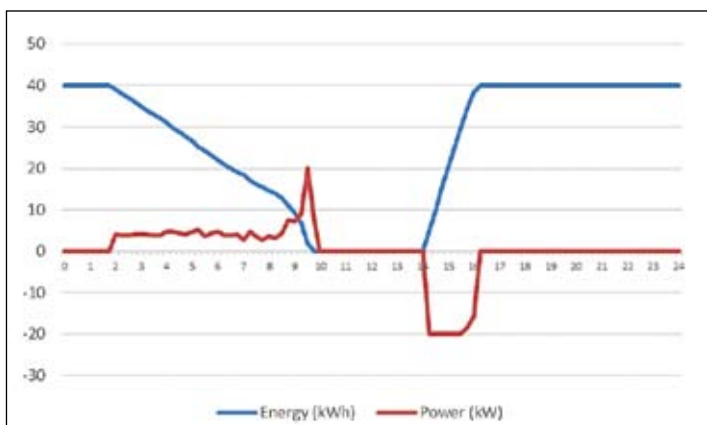


2. ábra Tárolt energia és teljesítmény alakulása virtuális szigetüzemben

Konklúzióként levonható, hogy a microgrid jelenlegi konstrukciójában is közel alkalmas szigetüzemű működésre, a tárolás megvalósításával a maximális teljesítményigény 3 kW alatt marad.

Biztonsági tartalékképzés

Az energiatároló berendezés célfüggvénye ebben az esetben az, hogy figyeli a microgrid domináns termelőegységét (napelem), amennyiben az leválik a hálózatról (tehát nem

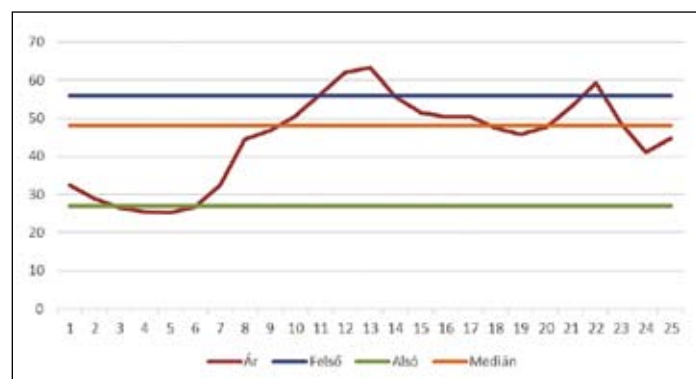


2. ábra Tárolt energia és teljesítmény alakulása biztonsági tartalékképzéskor

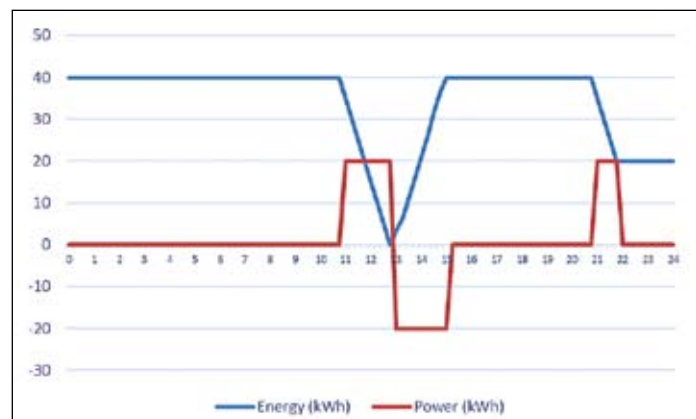
0 teljesítményre triggerel, hanem kiesésre), teljesítménykövető üzemmódba áll. Ha a termelő aktív, a tároló a helyi többletenergiból feltölti magát. A működés a 3. ábrán látható

Villamosenergia-kereskedelem a liberalizált piacon

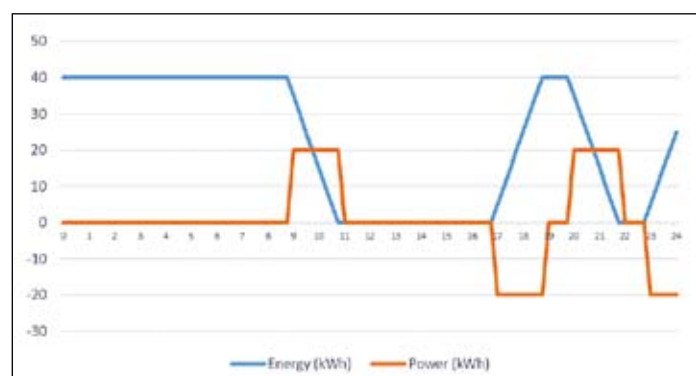
A microgrid a termelőegységek és a tároló segítségével alkalmas arra, hogy energiakereskedelmet folytasson a termelt megújuló energiával a liberalizált piacon. Ehhez szükség van egy árbemenetre (4. ábra), melyhez meghatározzuk a medián értéket, valamint az eladási és vételi küszöböt. Az első stratégia a vételi és eladási küszöböt figyeli, majd ha az ár valamelyiket eléri, maximális teljesítménnyel kisütésbe vagy töltésbe kezd. A fennmaradó időtartamban az esetleges helyi túlermelést eltárolja (5. ábra). Másik esetben a medián érték alapján dönt az aktuális állapotról (6. ábra). A megoldások nem feltétlen optimálisak a microgrid energiamederzmentje szempontjából, de kiinduló esettanulmánynak megfelelnek.



4. ábra Bemeneti villamosenergia-ár értékek



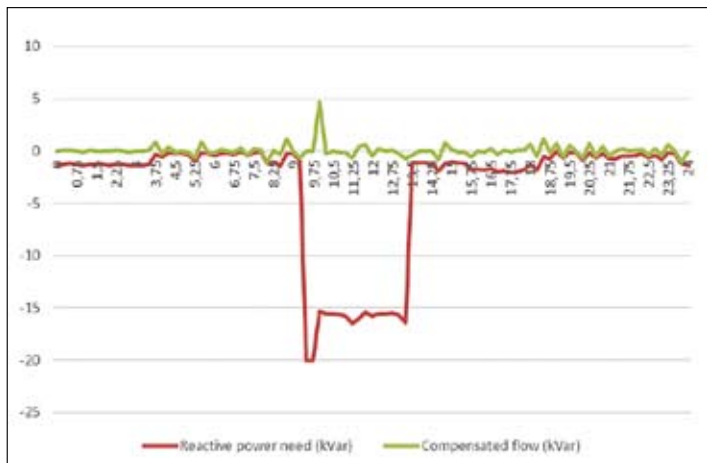
5. ábra Tárolt energia és teljesítmény alakulása az 1. kereskedelmi stratégiában



6. ábra Tárolt energia és teljesítmény alakulása a 2. kereskedelmi stratégiában

Meddőkompenzáció

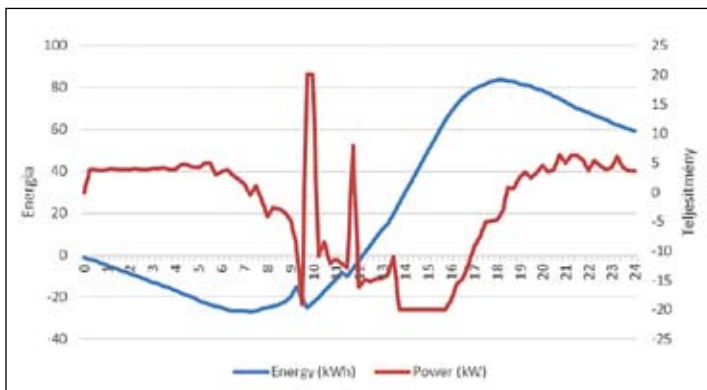
A tároló teljesítménytényezőjének változtatásával képes lehet a meddőteljesítmény-kiegyenlítés elvégzésére is. Ez a vizsgált esetben a hálózati viszonyokhoz mérten nagyteljesítményű locsolóberendezések teljesítményének kiegyensúlyozását jelenti. Ebben az esetben ugyan a meddőáramlások nem okoznak minőségi problémákat, de az algoritmus működésének helyessége ellenőrizhető. Az ilyen működés kitűnően kombinálható más stratégiákkal, ha a meddőigények tervezhetők.



7. ábra Eredeti és kompenzált meddőteljesítmény értékek

Méretezési eljárás

A tárolóhoz megalkotott kapacitáskorlát elhagyásával a ki-meneti teljesítmény és energiagörbék alkalmasak méretezési eljárások elvégzésére. A 8. és 9. ábrán látható a szükséges kapacitás, mely az energiagörbe szélsőértéke. Ehhez megfogalmazhatók biztonsági és tűrés tényezők.



8. ábra Méretezési eljárás virtuális szigetüzemben



9. ábra Méretezési számítás biztonsági tartalékképzéskor

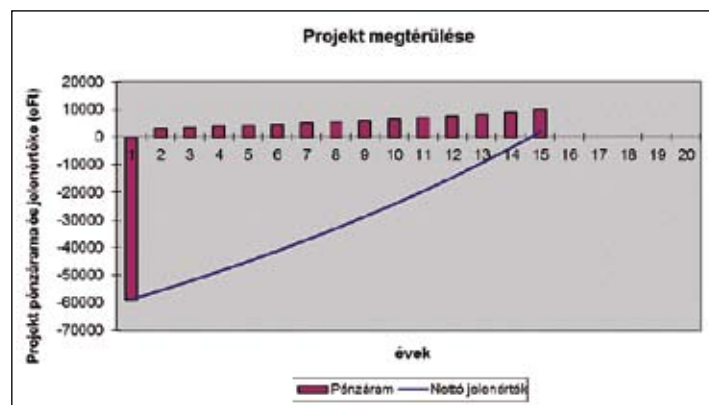
4. KIÉRTÉKELÉS ÉS KONKLÚZIÓ

A teljesítményviszonyok alakulásának pontos ismeretében a műszaki és gazdasági kiértékelés elvégezhető. A szimuláció által generált görbéket a Microsoft Excel programba exportálva általánosíthatók a számítások. Dolgozatomban egy egyszerű megtérülésszámítási modellen keresztül vizsgáltam a gazdasági hatásokat (10. ábra), mely tartalmazza a napelemes termelés költségét is és a 2. energiakereskedelmi stratégia eredményein dolgozik. A gazdasági környezet leképezésének pontosításával a döntéstámogatás hatékonysága javítható, célom azonban a modellezési eljárás megalkotása volt.

Összességében elmondható a modellalkotás alkalmas az energiatároló berendezések hatásainak egyszerű leképezésére, az alapelvek felhasználhatók egy részletesebb eljárás kidolgozására, mely akár hálózatfejlesztési tervek támogatására is szolgálhat.

Technikai alapadatok	
P [kW]	20
E [kWh]	100
Capital /kWh	550
O&M /kWh	12
Beruházás teljes költsége (USD)	95000
Capital	55000
Solar system	40000
Fixed O&M [USD/Year]	1200
BEVÉTEL	
Energiaforgalom változtatás nyeresége [€t/nap]	2554

10. ábra Technikai és gazdasági példaadatok



11. ábra Megtérülésszámítás végeredménye

Irodalomjegyzék

- [1] **International Renewable Energy Agency.**: Electricity Energy Storage and Renewables for Island Power, 2012.
- [2] **Electric Power Research Institute.**: Electricity Energy Storage Technology Options, 2010.
- [3] **International Electrotechnical Commission.**: White Paper on Energy Storage, 2011.
- [4] **Yan Zhang, Baolong Liu, Tao Zhang, Bo Guo.**: An Intelligent Control Strategy of Battery Energy Storage System for Microgrid Energy Management under Forecast Uncertainties
- [5] **Lazard.**: Levelized Cost of Energy Storage Analysis, 2015.
- [6] **DigSilent GmbH.**: DigSilent Programming Language User Manual.
- [7] **Lipták Szilárd.**: Study of DigSilent Power Factory and Implementation of an All-in-one Grid Model (Szakdolgozat, témavezetők: Dr. Hartmann Bálint, Daniel Unger)