

Energiatárolási lehetőségek a liberalizált villamosenergia-piacon

Hálózatfejlesztés a növekvő megújuló penetráció függvényében

Az energetikai rendszerek vizsgálatakor számos esetben találkozhatunk azzal a problémával, hogy az elosztás nem csak térben, de időben is szükséges. Ez a feladat egy új dimenzióként jelenik meg, és az ellátást alapvetően befolyásolja. Az energiahatékonyság javításában, dekarbonizációs célok elérésében és a megújuló energiaforrások részesedésének növelésében egyaránt pozitív hatást gyakorolhatnak a megfelelően alkalmazott energiatároló rendszerek. A hálózattámogatási módszerek feltérképezésekor felmerülő lehetőségek nem csak műszaki, de gazdasági szempontból is érdekesek.

Energy storage systems (ESSs) will play a key role in enabling the European Union to reach its decarbonization goals and improve energy efficiency. ESSs are devices which can absorb energy after it is generated in order to use it at a later time. They can provide a variety of application solutions along the entire value chain of the electrical system, from generation support to transmission and distribution support to end-customer uses. These opportunities are interesting not only in a technical aspect but also from an economical viewpoint.

Kulcsszavak: Energiatárolás, Megújuló energiaforrások, Hálózatfejlesztés, Energhahatékonyság, Decentralizáció

1. AZ ENERGIATÁROLÁS SZÜKSÉGESSÉGE, FOGALMA

A villamosenergia-rendszer sem képez kivételt a fizikai törvények alól, így a teljesítmény-egyensúly fennállásának értelmében a termelt és elfogyasztott energiamennyiség pillanatszerűen is megegyezik, mely rendszerszintű szabályozást igényel. Tároló berendezések alkalmazása ebben a folyamatban kiemelten fontos lehet, hiszen ekkor képesek lehetünk szétcsatolni az említett két komponenst. Javíthatóvá válik a hálózat kihasználtsága, ezzel együtt az energiahatékonyság nő.

A világgazdasági környezetvédelemhez való viszonya is lényeges tényező: a megfogalmazott direktívák a hatásfoknövelésre és a megújuló energiaforrások termelési részesedésének növelésére egyaránt pozitív

hatást gyakorolhatnak a tárolás széles körben történő elterjedésére.

A jövőbeni hálózatfejlesztési irányzatok sokkal összetettebb mérési és szabályozási algoritmusokat alkalmaznak, melyben a jól vezérelhető decentralizált kapacitások növelhetik a megbízhatóságot és ellátásminőséget. Ezentúl a villamos autók piacának megjelenése, valamint az ingadozó kimenettel rendelkező termelőegységek menetrendhez igazítása is releváns lehetőségeket rejt magában.

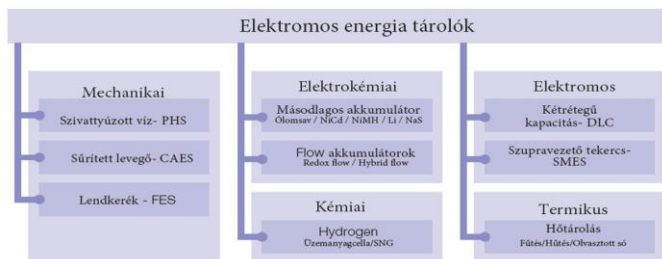
Energiatárolónak nevezzük az olyan fizikai eszközt, amely képes az energia generálás utáni időbeni abszorbeálására, majd leadására, illetve további felvételére az igények függvényében. A tárolás módja (főként fizikai közege) alapján tipizálhatjuk a különböző technológiákat. Egy adott eszköz jellemzésére alkothatunk egy összetett karakterisztikát amennyiben ismerjük a jellemző paramétereit. Ennek segítségével összehasonlíthatjuk más típusokkal, vizsgálhatjuk a rendszerbe illesztés lehetőségeit, meghatározhatjuk a potenciális alkalmazási területeket. A főbb elemek a következők:

- Teljesítmény (Power)
- Kapacitás (Energy/Capacity)
- Élettartam (Lifetime)
- Hatásfok (Efficiency)
- Kibocsátási idő (Discharge time)
- Válaszidő (Response time)
- Ciklusszám (Cycle lifetime)
- Méret (Size)

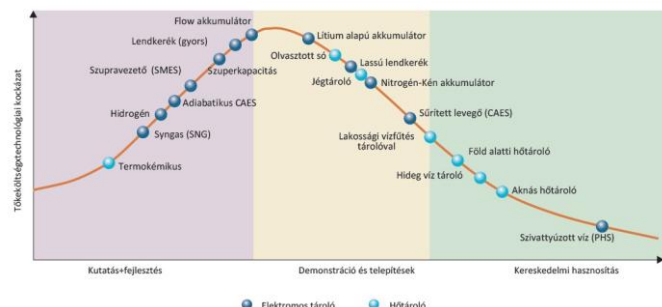
A leírás standardizálásához egy alapvető terminológia tehát adott. Az üzembe helyezéskor azonban a konkrét definíciókat mindig tisztázni kell, illetve szükséges a megfelelő protokollok implementálása, komponensek közötti kommunikáció létesítése és az összekapcsolási szükségletek meghatározása (kimeneti minőség, tolerancia és szinkronizációs adatok).

2. LEHETSÉGES TECHNOLÓGIÁK

Az energiatárolás megvalósításának lehetőségeit az energia megjelenési formája, a megőrzést biztosító fizikai közeg alapján csoportosíthatjuk. Fontos paramétere e csoportoknak az is, hogy milyen érettségi szinten áll a technológia: van-e szignifikáns ipari tapasztalat, működő minta projekt, avagy csak laboratóriumi körülmények közt vizsgált egységek állnak rendelkezésre. Világszinten 2014. januárjában a teljes villamos rendszeren mozgó teljesítmény nagyjából 2,7%-a volt a teljes installált tárolási kapacitás (145 301 MW), melynek döntő részét (több mint 99%, 142 078 MW) a szivattyúzott víz tárolók adták.



1. ábra: Energiatárolási technológiák csoportosítása



2. ábra: Technológiák érettsége

3. ALKALMAZÁSOK

Az energiátároló technológiák rendszerbe csatolása számos pozitív hatást vonhat maga után. Ezen alkalmazási területeket rendezhetjük hálózati szerepük alapján:

- Fogyasztói szint
- Elosztói hálózat
- Átviteli hálózat
- Rendszerszint
- Energiatermelés

Az egyes szegmensek sok lehetőséget rejtenek magukban, a különböző alkalmazások pedig bizonyos esetekben párhuzamosíthatóak, ezzel halmozva a telepített berendezés hasznosságát.

Ezen felhasználások esetén a berendezések méreteitől és üzemétől függően erősen eltérő költségeket és bevételt tapasztalhatunk. Igazán hasznos alkalmazás az, amelyik nem csak a hálózati fizikai tulajdonságait javítja, hanem pénzügyi szempontból is pozitív mérlegre képes. Ennek vizsgálata azonban összetett feladat, amely minden esetben körültekintő kiválasztási folyamatot eredményez: pontosan ismernünk kell a szükséges kapacitást és az üzemi működés jellegét. Csak alapos számítások alapján lehet a megfelelő technológiát az adott alkalmazáshoz csatolni a kívánt eredmény eléréséhez.

1. Táblázat. A fő technológiák közelítő költségei

	Ólom savas akkumulátor	Li-ion akkumulátor	NaS akkumulátor	Lendkerék	Sűrített levegő	Szivattyúzott víz
Kisütési teljesítmény tőkeköltség [\$/kWh]	300-800	400-1000	1000-2000	2000-4000	800-1000	1000-4000
Kapacitás tőkeköltség [\$/kWh]	150-500	500-1500	125-250	1500-3000	50-150	100-250
Tárolás szintezett költsége	0.25-0.35	0.30-0.45	0.05-0.15	nincs adat	0.10-0.20	0.05-0.15
Éves működési költségek [\$/kWh-év]	30	25	15	15	5	5

3.1. Termelői és rendszerszint

Szabályozás: Rövid idejű fluktuációk esetén fellépő hatások csillapítására szabályozást kell megvalósítani. Ezen jelenségek oka főként a termelés és fogyasztás pillanatos kiegyensúlyozatlansága. Például amennyiben a frekvencia meghaladja a névleges értéket, túltermelés van a rendszerben, ellentétes esetben a kereslet meghaladja a kínálatot. A különböző jellegű deviációk kezelésére megkülönböztetünk primer, szekunder és terciér tartalékokat. Az energiátárolók mindhárom említett kapacitásként létesíthetőek lehetnek, mindig az adott előírásoknak megfelelő paraméterekkel.

Gyors szabályozás: a tárolás kérdéskörével foglalkozó vállalatok szerint a jelenlegi fosszilis- és vízerőmű tartalékoknál gyorsabb válaszidejű szabályozásra is képesek lehetnek egyes berendezések, mely az alkalmazás hatékonyságát nagyban növelheti.

Csúcslevágás: A hálózatok kihasználtságának mértéke kulcsfontosságú a hatékonyságnövelés szempontjából. Mivel a tárolók képesek időben mozgatni a termelést és az igényeket egyaránt, megfelelő algoritmus segítségével csökkenthető a maximális terhelés, nő a minimális. Ennek hatására javul a kihasználtság (átlagos terhelés/maximális terhelés), a terhelési görbe jellege a konstans felé mozdul. Ez költségek szempontjából is eredményes hálózatfejlesztési irány lehet, hiszem a méretezést mindig a maximális értékek szabják meg.

Forgótartalékok: azon termelési kapacitásokat soroljuk ide, amelyek működésben vannak, jellemző szabályozások szerint 10 percen belül képesek növelni vagy csökkenteni kimenetüket és versenypiacon óránként frissítik az általuk biztosítható szolgáltatásokat.

Az év legnagyobb részében a szabályozási árak magasabbak, néhány esetben azonban fordított helyzet áll elő, gazdaságilag ekkor éri meg a kapacitást ilyen üzemben működtetni.

Inercia tartalék/Cseretartalék: ezen esetben a kapacitás nincs közvetlenül a rendszerre csatolva, de egy bizonyos időtartamon belül (lehet például 30 perc) képes a forgótartalékokhoz hasonló működésre. Fenntartási költségei alacsonyabbak, de kevesebb haszonnal is kecsegtet.

Black start: azon szolgáltatás, mely más energiatermelő egységek indításához szükséges kimaradás esetén. Ennek hatására teljes elszigetelődés után egy erőmű képes külső energiaforrás nélkül újra termelő üzembe állni (kis indítási igényeknél rentábilis a tároló alkalmazása). Azon üzemek, melyek képesek ilyen működésre, plusz juttatásban részesülnek (versenypiaci szerződés, bilaterális szerződések keretein belül).

Árbitrázs: az energiaárak a liberális piacon erősen illékonyak, e tulajdonság kihasználására irányuló kezdeményezés az árbitrázs keresés. Az olcsóbb éjszakai és drágább csúcsterhelési áram közti különbség egy bizonyos differencia mellett kockázatmentes nyereséggé konvertálható. Ez a tárolót működtető szereplő számára jövedelmező, a hálózatrányítás szempontjából pedig szintén pozitív, kihasználtság javító hatású.

Izolált hálózatok: kisléptékű közműves ellátású elszigetelt hálózatok esetén is szükséges fenntartani a rendszer kiegyensúlyozottságát a megbízható működés érdekében. Ilyen esetekben elterjedtek a dízelgenerátoros támogatások és sokszor találkozhatunk magas megújuló energiaforrás termelési részesedéssel is.

3.2. Átviteli és elosztói hálózat

Feszültségtámogatás: feszültségletörések akkor is kialakulhatnak, ha az energiamennyiség, amelyet át szeretnénk vinni, meghaladja a hálózati infrastruktúra képességeit, nem a kialakításnak megfelelő terhelés éri azt. Főként a csúcsterhelési időben és meleg délutánokon okozhat problémát. Ezen meghibásodások bekövetkezési valószínűségének csökkentésére használhatunk tárolókat.

Fázisjavítás: meddőteljesítmény felvétel illetve leadás segítségével a minőségi jellemzők javíthatóak. Jelenleg ezt a módszert generátorok, kapacitív és induktív tárolók, statikus VAR kompenzátorok segítségével valósítják meg, de megfelelő kommunikációs egység és inverter segítségével energiatárolók is képesek lehetnek ilyen működésre.

Hálózati csatlakozás díjak: az elosztóhálózatra csatlakozó ügyfeleknek belépési díjat kell fizetni, ez teljesítmény szerint számított költséget jelent számukra. Tároló berendezés segítségével a fogyasztó csökkentheti a maximális igényeit, ezzel kedvezőbb díjazást nyerve magának.

Befektetési késleltetések: a hálózati infrastruktúra-fejlesztések elkerülhetetlenek, ha a rendszer valamely részén gyakorta kialakulnak torlódások. A csúcsterhelés csökkentésével ezek a beruházások akár több évvel is halaszthatóak, hiszen a növekedést képes a tárolási kapacitás elfedni, aktívan igazítani a rendszert az igényekhez. Ezzel együtt az egyébként is szükséges és napirendre kerülő változtatásokkal összehangolhatóvá tehetőek a fejlesztések, ilyenkor pedig a jelentős költségek megoszlanak.

Lokális kapacitás: egyes területek nehezen láthatóak el megfelelően, mivel helyi szinten nincs megfelelő termelési kapacitás és kiépített hálózat. Belvárosi területeken jelentkező probléma, hogy a nagyon magas kereslet kiszolgálására meglehetősen drága a kapacitáslétesítés, valamint a fizikai méretek miatt a lehetőségek is erősen korlátozottak.

Megújuló energiaforrás integráció: meglehetősen összetett kérdés, mely a deklarált célértékek elfogadása (USA: RPS, EU: 20/20/20) fényében minél korábbi megoldást igényel. A fő probléma a fluktuáció, mely a kimeneten tapasztalható. Ez nehezen jelezhető előre, az időjárás kaotikus viselkedése okozza. A szélenergia éjszakai csúcstermelése és a napenergia déli csúcsa egyaránt keresleti völgyidőszakokat érint. A szabályozási probléma tehát adott, időbeni eltolással kell illeszteni a profilokat. Fosszilis tartalékokra is szükség lehet, hiszen az ellátásbiztonság nem sérülhet. Ezentúl a csúcsterhelésbeli részesedés (NQC: net qualifying capacity) előírása lényeges, amely megmutatja, hogy mekkora részesedést vagyunk képesek elérni a megújuló energiaforrások segítségével csúcsterheléskor. Amennyiben ez az érték eléri a 25%-ot, perturbáció elleni védelem kiépítése szükséges. Flexibilis grid esetén a részesedés nagyon magas is lehet, ekkor lehet szerepe a nagyléptékű energiatárolásnak a kiegyensúlyozási feladatok elvégzésében, ez több 100 GW nagyságrendű is lehet. Mindemelllett a decentralizált termelés is megkerülhetetlen, hiszen lokális szinten ez biztosítja a megbízhatóságot.

3.3. Felhasználó közeli alkalmazások

Teljesítményminőség: a feszültség letörések és pillanatnyi kimaradások fogyasztói oldalon sokszor észrevehetetlenek, az elektronikai berendezésekben azonban komoly károkat okozhatnak. Ez főként kereskedelmi és ipari fogyasztóknál előforduló probléma. Megoldására gyors válaszidejű energiatároló eszközök alkalmazása javasolható.

Megbízhatóság: biztonsági tartalékként felhasználva az energiatároló berendezések képesek lehetnek átmenteni egy rendszert a kimaradáson, végig fenntartva annak normál üzemét. Főként rövid idejű működésben lehet hasznos, 4 óránál hosszabb kimaradások esetén már a tartalékgenerátor üzemeltetése költséghatékonyabb minden esetben.

Kiskereskedelmi díjak: attól függően, hogy milyen időszakban vásároljuk, az elektromos energia ára

eltérhet. Ennek a különbségének a kihasználása irányul az úgynevezett TOU (time of use) díjak csökkentése. Ez a módszer nyilván akkor nyereséges, ha az árkülönbségekkel fedezni tudjuk a tárolási veszteségeket is. Erősen függ a szabályozási keretrendszerrel, lokális piacokon lehet életképes megoldás. A fogyasztók továbbá díjat fizetnek a maximális igényeik után. Ez egy bizonyos időszakban mért érték, melyet a csúcslevágás kihasználásával csökkenteni lehet. A redukció mértéke erősen függ a fogyasztási görbe jellegétől.

Jól látható tehát, hogy az energiatárolás számára a villamosenergia-rendszer teljes spektrumán adódnak lehetőségek, a valóban hasznos és jól működő megvalósításokhoz azonban körültekintő előkészületek és sok adat szükséges. Ennek ellenére Katie Fehrenbacher, a GigaOm intézet kutatójának szavaival élve szabad fordításban: „a következő generációs smart grid energiatárolás nélkül olyan, mint egy számítógép merevlemez nélkül: erősen behatárolt”

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **International Renewable Energy Agency**, *Electricity storage and renewables for island power*, May 2012.
- [2] **stoRE**: *Empfehlungen zur Anpassung der politischen und marktregulatorischen Rahmbedingungen für Energiespeicher in Deutschland*, 2014.
- [3] **Electric Power Research Institute**: *Electricity energy storage technology options*, 2010.
- [4] **stoRE**: *Final publishable report (EU)*, May 2014.
- [5] **Eurelectric**: *Decentralized storage: impact on future distribution grids*, June 2012.
- [6] **International Energy Agency**: *The future role and challenges of Energy storage working paper*, 2014.
- [7] **International Energy Agency**: *Technology roadmap on energy storage*, 2014.
- [8] **International Electrotechnical Commission**: *White paper on energy storage*, December 2011.
- [9] **Magyar Elektrotechnikai Egyesület (Témavezető: Dr. Dán András)**: *A hazai hálózatra a közeljövőben várhatóan nagy számban csatlakozó háztartási méretű kiserőművek által okozott problémák vizsgálata*