

Decentralizált áramtermelés hatása az energiarendszerekre, különösen az elosztóhálózatra

The impact of decentralized power production on the energy systems, in particular the distribution network

ORLAY Imre műszaki szakértő

ÉMÁSZ Hálózati Kft 3525 Miskolc Dózsa György u. 13. +36-20-940-3160 imre.orlay@emasz.hu

Abstract

One of the reasons of the network challenges of the recent period is that the number of small household power stations, PV power station and electric cars is growing. "Small household power station is a power plant connected to a low-voltage power supply with a connection power not exceeding 50 kVA at a connection point." „Household-size power plant is such power plant connected to the low voltage network, the connection capacity of which does not exceed 50 kVA on any connection point. [1] In Hungary, the most widely used household power plant (HMKE) is the photovoltaic production unit, or solar cell. Based on data from recent years, the number of HMKEs has doubled from year to year. The reasons for their growth include that the consumers expect them to reduce their energy costs, and secondly, the security of supply. Of course, the output of PV power plants producing electricity for the medium-voltage grid has also increased.

Összefoglalás

Az elmúlt időszak hálózati kihívásainak egyik oka, hogy napjainkban egyre nagyobb teret hódítanak a háztartási méretű kiserőművek, PV erőművek, valamint a villamos autók. "A háztartási méretű kiserőmű olyan, a kisfeszültségű hálózatra csatlakozó erőmű, melynek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton sem haladja meg az 50 kVA-t." [1] Hazánkban a legelterjedtebb háztartási méretű kiserőmű (HMKE) a fotóvoltaikus termelő egység, vagyis a napelem. Az elmúlt évek adatai alapján a HMKE-k száma évről évre megduplázódott. Az elterjedésüket az okozza, hogy a fogyasztók ettől várják energiaellátási költségük csökkentését, másrészt az ellátásuk biztonságát. Természetesen megnőtt a közép-feszültségű hálózatra termelő PV erőművek teljesítménye is.

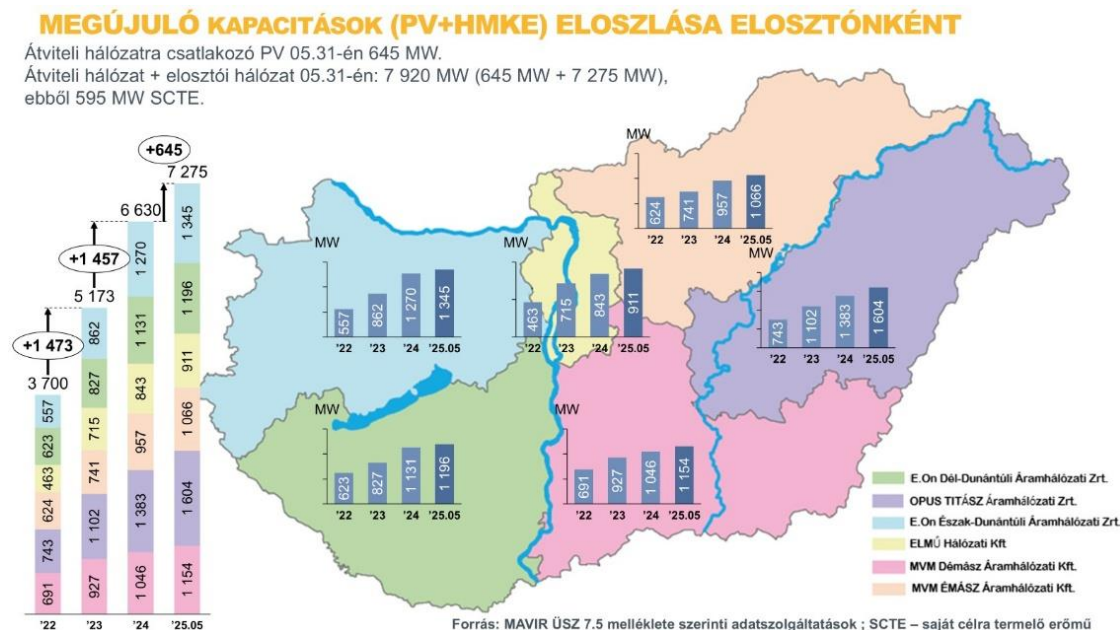
Kulcsszavak: háztartási méretű kiserőmű (HMKE). VER, KÁT, METÁR, Network kód, elosztott energiatermelés, időjárás függő menetrendezés, zárolt körzetek.

Bevezetés

A háztartási méretű kiserőművek hálózati csatlakoztatása inverteren keresztül történik. Csatlakoztatásuk számos feltételhez kötött: ezek között szerepelnek szükséges védelmi megoldások, a csatlakoztatható maximális teljesítmény, ami egyfázisú csatlakozás esetén max. 3 kVA lehet, a hálózattal együtt szigetüzemben nem működhet, a berendezések csak fixen csatlakoztathatók. Utóbbi időben megjelentek olyan inverterek is, amelyek támogatják a szigetüzemi állapotot is hálózat kimaradás esetén. A háztartási méretű kiserőművek hálózati visszahatásai közé tartoznak a feszültségminőség változása, a harmonikus zavarsszint, valamint az aszimmetria növekedése. A megengedett feszültség emelkedés induláskor kisfeszültségen max. 5 %, közép-feszültségen max. 3 % lehet. A növekvő penetráció következményeképpen egyre nagyobb hatást gyakorolnak a villamos energetikai elosztóhálózatra. Megjelent egy új fogalom a zárolt körzet, ahol nem lehet újabb HMKE-t csatlakoztatni. A szükséges védelmi megoldásokat ma már UCTE szintű szabályozás határozza meg. Az előírásokat ún. Network Kód -ok tartalmazzák. Az utóbbi időben megjelentek a nagyobb egységteljesítményű napelemes kiserőművek (499 kVA) a közép-feszültségű elosztóhálózatokon is, ami komoly kihívást jelent a hálózat üzemeltetők számára, sőt olyan PV erőművek is, amelyek önálló

132 kV-os hálózatra termelnek transzformáción keresztül. Ezt a folyamatot a 2017-től megjelent METÁR rendelet is támogatja.

A következő ábra mutatja, hogy 2025. májusában hogyan alakult a HMKE és a PV erőművek teljesítménye elosztó társaságoként-



1. ábra megújuló kapacitások elosztótársaságoként

A megújuló kapacitásokból 2794 MW a HMKE beépített teljesítmény.

Az elosztott, megújuló alapú áramtermelés az értéklánc minden szereplőjére hatással van. Az elosztóhálózatokra telepített napelemes rendszer penetráció növekedése világszerte indokoltá tette a napelemes rendszerek által a hálózatra gyakorolt negatív hatások vizsgálatát és különböző megoldások keresését ezeknek a hatásoknak a csökkentésére, elhárítására.

1. A villamosenergia rendszer jelene és jövője

A villamosenergia-termelésben az elmúlt évszázadot a központosított energiatermelés jellemezte. Ez változott meg napjainkban azzal, hogy egyre nagyobb arányban jelenik meg az elosztott energiatermelés. A vertikálisan üzemelő villamosenergia-rendszereket a centralizált energiatermelés jellemezte. A megtermelt energia szállítása és elosztása négy feszültségszinten (alap-, főelosztó-, közép- és kisméretű elosztóhálózat) történt. Ez a szállítás természetesen a hálózat veszteségben is különböző mértékben jelent meg. A fogyasztók passzív magatartást tanúsítottak, a rendszer irányítása jól szabályozottan, három szinten történik napjainkban is (MAVIR, KDSZ, ÜIK).

A villamosenergia-rendszer az említett vertikális struktúrából kezd átalakulni horizontális elrendezésűvé amiatt, hogy az energiatermelés nem csak centralizált energiatermelő egységekben valósul meg. A villamosenergia-hálózat átalakulását az 2. ábra szemlélteti. A változás legfontosabb jellemzői, fogyasztók aktívvá válása, kaotikus rendszerirányítás. Ez természetesen még inkább szükségessé teszi a jól működő rendszerirányítást, a termelési adatok valósidejű ismeretét.

Komoly feladat a rendszerirányítás szempontjából a megújuló energiából termelt villamosenergia becslése, ami erősen függ az időjárási hatásoktól és a tárolás kérdése.

A kihívások sokrétűek és számos szereplő bevonását indokolják



2. ábra Villamosenergia rendszer ma és a jövőben

2. Megújuló energiaforrásból történő villamosenergia termelés támogatása

Milyen ösztönzők hatnak a megújuló energiaforrásból történő villamosenergia termelés növekedésére? Nyilván szerepet játszik a klímahatástól való félelem, a CO₂ gázok kibocsátásának csökkentési igénye, azonban támogatások nélkül nem várható el tömeges elterjedés. Megállapíthatjuk, hogy a megújuló energiából történő villamosenergia termelés, támogatási rendszer nélkül nem versenyképes. Milyen támogatási rendszerek működtek, működnek Magyarországon:

2.1. Kötelező átvételi rendszer

A megújuló energiaforrásból és hulladékból történő villamosenergia-termelés ösztönzésének egyik hazai eszköze volt a kötelező átvételi (a továbbiakban: KÁT) rendszer, amelyben a „zöld” villamos energia a piaci árnál magasabb, jogszabályban meghatározott átvételi áron értékesíthető. A támogatott átvételi ár különbözik a megújuló energiaforrásból, illetve hulladékból termelt villamos energia esetében, emellett az átvételi árak differenciáltak a méret, a jogosultság megszerzésének időpontja, a zónaidő, valamint részben a technológia alapján. A KÁT rendszer keretében átvethető villamos energia mennyiségének és az átvétel időtartamának meghatározása biztosítja, hogy a termelő legfeljebb a befektetés megtérüléséig kaphasson támogatást. Jogszabályi változások miatt 2016. december 31-ét követően új KÁT támogatási jogosultság már nem állapítható meg.

2.2. Megújuló energiaforrásból előállított villamosenergia támogatása 2017-től

2017. január 1-jével elindult a megújuló energiaforrásból előállított villamosenergia támogatására szolgáló METÁR rendszer. A METÁR keretében a villamos energiát megújuló energiaforrásból előállító erőművek támogathatóak. A vegyes tüzelésű, illetve hulladékot égető erőművek a megújuló energiaforrásnak minősülő részre kaphatnak támogatást.

Lehetséges támogatási kategóriák

- Kötelező átvételi jogosultság (METÁR KÁT) 0,5 MW alatti erőművek részére igényelhető.
- Az 1 MW alatti erőművek esetén (a szélerőműveket kivéve) prémium típusú támogatásra való jogosultságot lehet igényelni.
- A METÁR keretében a legalább 1 MW villamos teljesítőképességű erőműben vagy szélerőműben termelt villamos energiára pályázati eljárás keretében lehet támogatást elnyerni.

2.3 Szaldó elszámolás

HMKE esetében az elszámolás a közcélú hálózathoz vételezett és a hálózatba betáplált energiamennyiségek szaldója alapján, egy speciális mérőberendezés (ad-vesz mérő) segítségével történik. Ezeknek az erőműveknek a támogatása a „szaldó” elszámoláson keresztül érvényesül. Korábban megszerzett éves szaldó átalakul és meghatározott üzemidő után kivezetésre kerül.

3. Elosztott energiatermelés

Az IEEE definíciója szerint: „Az elosztott energiatermelés az energiatermelés egy olyan formáját képviseli, melynek során az energia előállítása a központosított energiatermelő egységekhez viszonyítva számottevően kisebb létesítményekben valósul meg. Ezáltal ezeknek a rendszereknek a villamos energia rendszer bármely pontjához való csatlakoztatása megvalósítható.” [2]

Az elosztott energiatermelő egységek 2 típusba sorolhatók az energiaforrás szerint:

- megújuló energiaforrással rendelkezők: ide sorolhatók a szélturbinák, napelemes cellák, üzemanyagcellák, kis vízerőművek, biomasz és geotermikus forrású kiserőművek;
- nem megújuló energiaforrással rendelkezők: belsőégésű motorok, mikro gázturbinák.

Az International Energy Agency (IEA) megállapítása szerint 5 fő tényező határozza meg az elosztott energiatermelés fejlődését: [2]

- az elosztott energiatermelő technológiák fejlődése,
- új átviteli vezetékhálózatok építése iránti kényszer,
- növekvő fogyasztói igény a megbízható villamosenergia-szolgáltatásra,
- az villamosenergia-piac liberalizációja,
- klímaváltozással kapcsolatos aggodalmak.

Az elosztott energiatermelő egységek az alábbi két csoportba sorolhatók a szabályozhatóságuk, illetve a hálózatra csatlakoztatásuk alapján:

- kontrollálható energiaforrással működő egységek, ide tartoznak az olyan berendezések, amelyek működtetése üzemanyaggal, illetve primer energiaforrással történik, mint például: fosszilis üzemanyag alapú generátorok, üzemanyag cellák, mikro turbinák, geotermikus hővel, illetve biomasszával működő kiserőművek;
- nem kontrollálható energiaforrással működő egységek, mint például a napelemes cellák, szélturbinák, illetve a kis vízerőművek.

A hálózatra csatlakoztatás alapján is különböző típusokba sorolhatók az elosztott energiatermelő egységek. Léteznek olyan típusok, amelyek közvetlenül kapcsolhatók a hálózatra (generátorok), illetve létezik számos olyan típus is, amelyek nem közvetlenül csatlakoztathatók a hálózatra. Ezek között vannak azok, amelyek DC egyenáramot állítanak elő ilyenek például a napelemes cellák, illetve a hálózati AC 50 Hz-es áramtól eltérő frekvenciájú áramot állítanak elő, mint például a mikro turbinák és számos szélturbina. Ezeknek a konstans frekvenciájú 50 Hz-es hálózatra való csatlakoztatását teljesítményelektronika segítségével valósítják meg.

A napelemes rendszerek méretük alapján három különböző kategóriába sorolhatók:

- kis napelemes rendszerek, amelyeknek a teljesítménye 10 kW, vagy kevesebb
- közepes napelemes rendszerek, amelyeknek a teljesítménye 10 kW és 500 kW közé sorolható
- nagy napelemes rendszerek, amelyeknek a teljesítménye meghaladja az 500 kW-ot

Az első két kategóriát általában a kisfeszültségű, illetve a 11, 22, 35 kV-os közép- és nagyfeszültségű elosztóhálózatokra, míg az 500 kW teljesítményt meghaladó rendszereket általában a 132 kV-os főelosztó hálózatra csatlakoztatják NAF/KÖF transzformátorokon keresztül.

3.1. A megújuló energiatermelés hatása a rendszerirányításra

A rendszerirányítás igazi problémáját a decentralizált energiatermelés esetén a valósidejű adatszolgáltatás hiánya okozza. A nyári csúcsterhelésben ez ma jelentős bizonytalanságot jelent a magyar energiarendszerben. [3] Az időjárástól függő villamosenergia termelés a magyar energia-rendszer üzemirányítása szempontjából több kihívást tartogat, ezért fel kell készülni az időjárásfüggő menetrendezésre. A fotóvoltaikus termelők elterjedése kapcsán felmerülő alapvető kérdések a magyar villamosenergia-rendszerre vonatkozóan:

- Szabályozhatóság és tartalékigény biztosítása;
- Fotóvoltaikus termelők csatlakozási feltételeinek rendezése;
- Bizonytalanságok, ingadozások kezelése; (az időjárási hatások miatt a rendszer kihasználtsága kb. 20 %)

- Energiatárolás kérdése
Német tapasztalatok a megújuló alapú energiatermelés hálózatra gyakorolt hatásáról: [5]
- A nagymennyiségű hely- és időfüggő termelésre a hálózat nem volt felkészülve.
- A volatilitás nem csak a német, de a környező országok rendszerirányítói számára is problémát jelentettek, a rendszer megbízhatósága csökkent. (negatív ár)
- **Az érintett távvezetékek 98%-a, a megújuló termelők 98%-a az elosztóhálózatok szintjén található!**

Ez utóbbi állítás miatt külön kell vizsgálni az elosztóhálózati hatásokat, hiszen a problémák itt fokozottan jelentkeznek. Új hálózati berendezések megjelenése, vagy beavatkozási kényszer a feszültség minőség tarthatósága érdekében.

3.2. Network Kód

A szükséges védelmi megoldásokat, mint korábban jeleztem UCTE szintű szabályozás határozza meg. Az előírásokat ún. Network Kód -ok tartalmazzák. A Network Kód -okat megalapozó európai energiapolitikai célok [4]:

- Villamosenergia-ellátás biztonságának biztosítása
- Belső versenyképes villamosenergia-piac kialakítása
- Károsanyag kibocsátás csökkentése

A Network Kód -ok közül az RfG Network Kód a különböző típusú és teljesítményű (A,B,C,D) villamosenergia-termelő berendezések számára fogalmaz meg követelményeket:

- Frekvenciastabilitás,
- Rendszer megbízhatóság,
- Rendszer-helyreállítás,
- Általános rendszerszintű követelmények:
 - Szabályozó rendszerek kialakítása és beállítása,
 - Relévédelmi rendszerek kialakítása és beállítása,
 - Információcsere,
 - Eseményrögzítés és zavarírás,
- Feszültségstabilitás,
- Robosztusság.

A követelmények egyre bővülő, addicionális jelleggel vannak meghatározva: a bonyolultabb, nagyobb egység teljesítményű típusoknak a megelőző típusok általános műszaki követelményeit teljesítenie kell a számára megadott további követelményekkel együtt. A kategorizálásban az alábbi szempontokat vették figyelembe:

- A VER megbízható stabil üzem
- Rendszerszintű követelmények megvalósítása
- Jövőbeni kihívások és a VER szabályozhatósága

A következő években – előreláthatólag – számításba kell vennünk a megújuló, időjárásfüggő termelő berendezések, -különös tekintettel a kis- és középfeszültségű elosztó hálózatokra csatlakozó napelemes kiserőművek (PV) és a teljesítményelektronikán (inverter) keresztül csatlakozó, elosztott termelők – nagymértékben növekvő részarányát.

Kihívások és hatások a villamosenergia rendszer szabályozhatóságára, amelyre fel kell készülnünk:

- a VER eredő inerciájának, a rendszerben üzemelő gépegységek tehetetlenségének várható alakulása (csökkenése) (lásd a legutóbbi spanyol, portugál rendszer összeomlást!),
- a frekvenciaváltozási sebesség, meredekség (df/dt) növekedése,
- a csatlakozó elosztó hálózatok megváltozott sajátossága és szerepe.

3.3..Hálózatra csatlakozó napelemes rendszerek elosztóhálózatra kifejtett hatása [2]

A megújuló energiát hasznosító kiserőműveknek pozitív hatásuk (megújuló energiafelhasználás) mellett számos negatív hatásuk lehet a villamosenergia-elosztóhálózatra, ezek a

hatások kifejezetten érezhetőek a napelemes rendszerek nagyarányú elterjedése esetén. A hatások általában a rendszerek elhelyezkedésétől, illetve a méretétől is függenek. Melyek ezek a hatások:

3.3.1. Fordított teljesítményáramlás

A teljesítményáramlás alapján véve egyirányú folyamat, amely a nagyobb feszültség-szintről áramlik a kisebb feszültség-szint felé, nagyfeszültségű hálózatról a közép-feszültségű elosztóhálózat felé. A nagyarányú napelemes termelés elterjedése alapján véve megváltoztathatja ezt az eddig ismert teljesítményáramlási folyamatot. Fennáll a lehetősége olyan eseteknek, amikor a nettó teljesítmény-kibocsátás meghaladja a nettófogyasztási igényeket, ilyen esetekben a teljesítményáramlás megfordul és a közép-feszültségű oldalról áramlik a nagyfeszültségű oldalra. Ez a teljesítményáramlás a fogyasztókat ellátó szabadvezetékek, kábelek túlterhelődését és nagymértékű veszteségnövekedést okozhat. Változtatásokra lesz szükség az elosztóhálózaton található védelmi eszközök beállításában is. A fordított teljesítményáramlás hatással lehet az elosztóhálózatokon található fokozatszabályozással rendelkező transzformátorok működésére is. Új, OLTC transzformátorok, vagy vonali szabályozók megjelenése, ami a tervezési folyamatok újra gondolását igénylik.

3.3.2. Feszültség-emelkedés

A ma hagyományosnak mondott villamosenergia-rendszerben a közép-feszültségű hálózatot sugarasnak tekinthetjük, a csomóponti feszültségek szabályozására kidolgozott módszerek is e tulajdonság figyelembe vételén alapulnak. A hálózatra tápláló elosztott termelőegységek megjelenése és elterjedése azonban alapjaiban változtatja meg a feszültség-szabályozási elveket, hiszen a betáplálás hatására a termelőegységhez közeli csomópontok feszültsége akár nagyobb is lehet, mint a tápponti feszültség. Hasonlóan gondokat okozhat a tápponti feszültség-szabályozásban a gyakoribb szabályozási kényszer, amely a szabályozók karbantartási ciklusidejét jelentősen lecsökkentheti. A napelemes rendszerek által okozott feszültség-emelkedés a sugaras közép-feszültségű elosztóhálózaton, az egyik legfontosabb hatások közé tartozik. A közép-feszültségű elosztóhálózaton létrejövő feszültség-emelkedés korlátozhatja a napelemes rendszerek elterjedését. Felmerült a lehetősége, hogy a NAF/KÖF transzformátorok feszültségének szabályozásával csökkentjük a zárt körzetek számát.

3.3.3. Feszültség-szabályozási nehézségek

Napelemes rendszerek jelenléte nagymértékben megnehezíti a feszültség-szabályozási feladatokat, hiszen az elosztott energiatermelő egységeknek köszönhetően több energia betápláló egység is található a hálózaton. Az elosztóhálózaton található feszültség-szabályozó eszközök, mint például a sönt kondenzátorok alapján véve egyirányú teljesítményáramlásra lettek tervezve és az alapfeladatuk a lecsökkent feszültség megemlése a megengedett tartományon belülre, ebből kifolyólag a fordított teljesítményáramlás szabályozási problémákat okoz.

3.3.4. Veszteségek növekedése

Az elosztott energiatermelő egységek alapján véve csökkentik a villamosenergia-rendszeren fellépő veszteségeket azáltal, hogy a termelőegységeket közelebb hozzák a fogyasztókhoz. Ez a veszteségcsökkenés mindaddig fennáll, amíg a rendszer normál teljesítményáramlással működik, de amennyiben a teljesítményáramlás megfordul a hálózaton, nagymértékű veszteségnövekedés következik be.

3.3.5. Aszimmetria, energiaminőségi problémák

Az energiaminőségi problémák az egyik legfőbb hatásai közé tartoznak a nagyarányú napelemes rendszerek elterjedésének. A napelemes rendszerek villamosenergia-hálózathoz csatlakoztatásához használt inverterek feszültség aszimmetriát okozhatnak, harmonikus áramokat bocsátanak ki a hálózatra, ezzel növelhetik a hálózat teljes harmonikus torzítását (THD).

3.3.6. Megnövekedett meddő teljesítményáramlás a hálózaton

Teljesítményelektronikával rendelkező elosztott energiatermelő egységek általában egységesen $\cos \varphi = 1$ teljesítménytényezővel működnek, annak érdekében, hogy az előállított hatásos teljesítmény értékét maximalizálják. A napelemes rendszerek által előállított hatásos teljesítmény

részben fedezi a fogyasztók hatásos teljesítmény igényét, de ezzel szemben a fogyasztók meddő teljesítmény igényét teljes egészében a hálózatnak kell biztosítania. A hálózaton továbbítandó hatásos teljesítmény értéke lecsökken, de a meddő teljesítmény igény továbbra is fennáll.

4. Összefoglalás

A fentiekből látható, hogy a növekvő decentralizált áramtermelés pozitív hatása mellett számos negatív hatással hat az energiarendszerre. Ezeket a negatív hatásokat Network Kód –ok bevezetésével igyekeztek csökkenteni. Az elosztóhálózati hatásokkal most szembesülünk. Ezért fontos az, hogy ezeket a hatásokat meghatározzuk, és különböző eszközökkel igyekezzünk minimalizálni. Paradigma váltásra van szükség a hálózat tervezésben. Ennek érdekében meg kell határoznunk azt a maximális hálózatra csatlakoztatható teljesítményt, amelyet képes a hálózat „kiszabályozni”. El kell kezdenünk egy újabb üzemirányítási szint –Kisfeszültségű üzemirányítás- megfogalmazását annak érdekében, hogy a megtermelt energia akkor és ott kerüljön felhasználásra, amikor és ahol megtermeltük, csökkentve ezzel a hálózati veszteséget.

Felhasznált irodalom

- [1] Villamosenergia törvény 2007.
- [2] Tóth András: Feszültség szabályozási lehetőségek a középfeszültségű elosztóhálózaton nagymértékű napelemes energiatermelés elterjedtsége esetén MSc önálló laboratórium dolgozat BME 2017
- [3] Fehér Imre Üzemelőkészítési főmunkatárs MAVIR-FTSZ KDSZ értekezlet Hernádvécse 2017. PV termelésbecslés
- [4] Zerényi József ny. rendszerirányítási főmunkatárs: MSZT előadása 2017. Villamosenergia-termelő berendezések hálózati csatlakozási követelményei
- [5] Jászai Tamás: Decentralizált áramtermelés hatásai az energiarendszerekre METÁR Konferencia Budapest, 2016. június 9.