

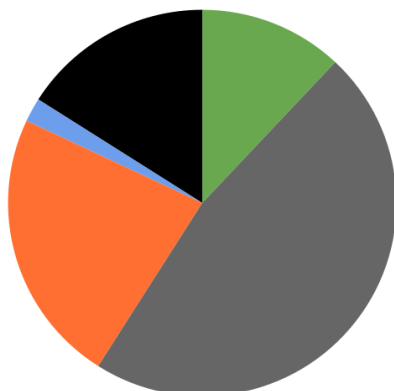
## A nem forgógépes energiatermelés hatása a villamosenergia-rendszer frekvencia-stabilitás megőrzésére

2021. november 4.

A hagyományos felépítésű villamosenergia-rendszerek hosszú évtizedek óta biztosítják a fogyasztók minőségi és folyamatos energia ellátását. A konvencionális, fosszilis energiaforrásokat felhasználó villamos energetikai alakítják át rohamosan terjedő megújuló energiaforrás alapú megoldások. Az időjárásfüggő megújuló energiaforrás alapú energiatermelés viszont számos kihívást, változást hoz magával a villamosenergia-rendszer szabályozásának szempontjából is. Ezen témakört ismerhettük meg bővebben Dr. Vokony István előadásában.

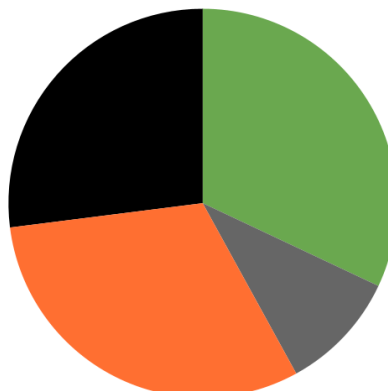
### 2000-2010

- Megújulók
- Szén
- Gáz
- Nukleáris
- Olaj



### 2010-2016

- Megújulók
- Szén
- Gáz
- Olaj



1-2. ábra, A világ energiatermelésének össz-részarányának alakulása

Az elmúlt éveket megfigyelve látható, hogy a korábban több, mint 85%-ban fosszilis energiahordozókat felhasználó termelés a 2010-2016-os évekre jelentősen megváltozott. Napjainkban a megújuló energiaforrás és földgáz alapú energiatermelés a globális mennyiség kétharmadát teszi ki. Ezeken felül az is látható, hogy a megújulókkal együtt a földgázt, illetve olaj alapú termelés is nagy mértékben növekedett. Ennek oka, hogy az időjárásfüggő megújuló energiatermeléssel megjelent a szinkron tömeget alkalmazó erőművek mellett egy új, ezidáig nem számottevő, nagyméretben volatilis hálótcsatlakozási megoldás, amely a teljesítményelektronika segítségével termel a rendszerre.

Egészen az elmúlt évekig a villamosenergia termelését szinte kizárólag forgó tömegű, szinkron generátoros táplálással oldottuk meg. Ezen esetben a felhasznált energiahordozóval, legyen az szén, gáz, olaj vagy nukleáris jellegű, turbina

segítségével egy generátort forgatunk meg, amely a kapcsain villamos energiát szolgáltatott.

A szinkron gépekkel történő energiatermelés egyik nagy előnye, a forgó tömeg fizikai tulajdonságaiból fakadó inercia. Ezt az inerciát egy teljesítményelektronikai háttérrel rendelkező erőművi termelőegység fizikai okok miatt nem tudja biztosítani.

A forgó gép, kialakításából adódóan rendelkezik valamilyen perdülettel amit a nehéz, nagyméretű forgó fémtömeg add. Ezen tömeg vélhetően egy, a rendszert befolyásolni akaró eseményre (pl. zárlat) nem tud azonnal reagálni, fizikai adottságaiból, *tehetetlenségéből* adódóan csillapító hatással lesz a rendszerben zajló hirtelen folyamatokra. Ez a csillapító hatás az elmúlt évtizedekben megszokott, több száz MW-os blokkokkal működő energia rendszerünkben kiválóan működött.

Bár nem tud inerciát biztosítani a teljesítményelektronikát alkalmazó erőművi egység, viszont emulálni képes azt, amit **szintetikus inerciának** nevezünk. Ennek mértékét, szükségességét az adott termelő esetében a TSO<sup>1</sup> felelőssége meghatározni, akitől az elvárás, hogy az energiarendszer kezdeti frekvenciaváltozása (**RoCoF**) egy, a villamosenergia-rendszert érintő eseményre reagálva a meghatározott alsó és felső határértékek közé essen, a termelői kiesések, fogyasztói korlátozások elkerülése érdekében.

Fontos itt megemlíteni, hogy a rendszer inercia konstansa egy adott gépre vagy a rendszerre vonatkozó **H [s] idő** dimenziójú fizikai mennyiséget jelöli, a rendszerinercia pedig a rendszer mögöttes kinetikus energiájára utal, ami egy **[MWs], energia** dimenziójú mértékegység. Nagy különbség a kettő között, hogy a kinetikus energia additív mértékegység, súlyozható, és általa meghatározható egy villamos gép vagy egy rendszer mögött egy adott tehetetlenség, robusztusság.

Az ENTSO-E<sup>2</sup> 2008-as javaslata szerint a TSO-k előírhatnak szintetikus inercia hozzájárulást, ami úgy működik, hogy minden újonnan kapcsolódó gépegység esetén meghatározunk egy elvárt inercia konstanszt. A szintetikus inercia biztosítására (amennyiben rendelkezésre áll, pl. Magyarországra ez nem jellemző) HVDC kapcsolatokat is elő lehet írni. A rendszerinerciát egy másik rendszerből is biztosítani lehet, ebben a másik rendszer adott rendszerre gyakorolt hatásának vizsgálata szükséges. Alternatív megoldásként teljesítményelektronikai DC csatlakozásokat is lehet alkalmazni, a biztosítható energiamennyiség függvényében. Ezen felül nem csak a termelői, hanem a fogyasztói oldalon is lehetőség van a szabályozásra, természetesen, ha ez kellően gyors, frekvencia alapú vezérlésként képes megvalósulni, ehhez sajnos a smart metering aggregált méréseinek finomítása szükséges, a jelenlegi 15 perces intervallumok nem kellően pontosak, a 10-100 milliszekundum nagyságrendű változások szabályozására.

---

<sup>1</sup> Transmission System Operator, *Átviteli Rendszerirányító, magyarországi vonatkozásban a MAVIR Zrt.*

<sup>2</sup> European Network of Transmission System Operators, *az európai rendszerirányítók igazgatósága*

A virtuális inercia emulálása során tulajdonképpen nem befolyásoló tényező, a beérkező energia forrása, a fontos egyedül az, hogy DC villamosenergiaként érkezik, és ezt teljesítményelektronikai úton, **inverter** segítségével kell a villamosenergia rendszerben alkalmazott AC energiává konvertálni. Ahhoz, hogy ez a rendszer is rendelkezzen tehetetlenséggel, a teljesítményelektronikát kell igényeinknek megfelelően szabályozni. Az elektronika, annak megfelelően, ahogy programozták, azonnal és "gondolkodás nélkül" reagál az érzékelt változásokra, szemben a forgó tömeggel, ami természetes tehetetlenségénél fogva fog "megfontoltan" reagálni, csillapítani a hatást. Azonban egy energiarendszerben ez az azonnali reagálás óhatatlanul is problémákhoz vezethet, rosszabb esetben, ha nem a táplálás válaszol, hanem a védelem szólal meg az elektronikában, akkor akár gépegység, vagy a dominó hatás miatt több gépegység együttes kieséséhez is vezethet.

Erre a problémára megoldást jelenthet, ha a teljesítményelektronika nem egyszerűen azonnal reagál, hanem programozottan szinkron gépként viselkedik, *mintha* rendelkezne egy mögöttes, inerciát okozó fizikai tulajdonsággal, akár a forgó tömeg. Ebben az esetben rengeteg múlik a tehetetlenséget megvalósító algoritmus megírásán.

Az Európai Unió MIGRATE<sup>3</sup> projekt 2020-ban záródott, amelynek a keretei között elemezték a teljesítményelektronikai átalakítók térnyerésének fényében a rendszerirányítás új kereteit. Átfogóan vizsgálták a stabilitást, van-e szükség a jelenlegi rendszer, és annak a módszertanának átdolgozására, indokolt-e új védelmek beiktatása, és végül, de nem utolsó sorban ellenőrizték, hogy a szolgáltatott energia minőségében okoz-e változást a teljesítményelektronikai rendszerek alkalmazása.

Vizsgálatuk kiterjedt a teljesen teljesítményelektronikai alapú rendszerekre is, milyen üzemirányítási kihívásokat vonna maga után. A stabilitás áttekintése során az új eszközök által felvetett három legkritikusabb kihívásként, kezelendő problémaként az inercia csökkenését, a teljesítményelektronika és a kábelek rezonanciáját és a stabilitási tartomány beszűkülését jelölték meg.

A **szögstabilitásra** kezdetben javító hatással volt a teljesítményelektronika általános, elszórt megjelenése a rendszerben, azonban egy határpontot elérve masszívan negatív hatást gyakorolt, ami az össz-stabilitás mértékét csökkenti. Egy napon belül az időjárás okozta ingadozás egyre nagyobb hatással van a villamosenergia rendszerre, ugyanezen okokból kifolyólag a **frekvenciastabilitás** terén az inercia csökkenését lehet felfedezni, a RoCoF hirtelen változási meredeksége megnőtt, abszolútértéke is emelkedett. Erre szintén a megfelelő monitoring rendszerek kifejlesztése jelentheti a megoldást, ezen felül az időjárás pontosabb előrejelzésével az ellátásbiztonság mértéke is jelentősen növelhető lehet. **Feszültségstabilitási** téren több kihívást okoznak a megújulók, de jellemzően kisebb súlyokkal jelennek meg.

---

<sup>3</sup> Massive InteGRation of power Electronic devices, *teljesítményelektronikai eszközök masszív integrálása*

A teljesítményelektronika és a kábelek között is fellépnek nem kívánt hatások, ezek offshore szélerőművek esetében jelentősek, ám magyar vonatkozásban a betáplált felharmonikusok emelkedésével is jelentkeznek.

Mindezen problémák már 2010-ben is jelentkeztek, először a Brit szigetekén, ekkor már felismerték, hogy a RoCoF nem kívánt értékeket vesz fel, és az elkövetkező években számos kísérlet is történt ennek megfelelő mértékű szabályozására. Ausztráliában ugyanígy jelentkeztek üzemzavarok, szélsőséges rendszerállapotok 2016-ban.

Alapvetően kétféle megoldás létezik a külföldi szemlélet szerint frekvenciaszabályozásra. Az első megfontolás alapján további tehetetlenséget kell bevinni a rendszerbe, akár többlet betáplálása, új erőmű építése útján. A másik szemlélet szerint próbáljuk meg valamiképpen ezt a helyzetet kezelni, Vizsgáljuk meg a RoCoF értéke milyen limitek mellett kell, hogy megválasztásra kerüljön, fogadjuk el, hogy a szintetikus inercia megoldást jelent a felvetődő problémákra, és éljünk vele.

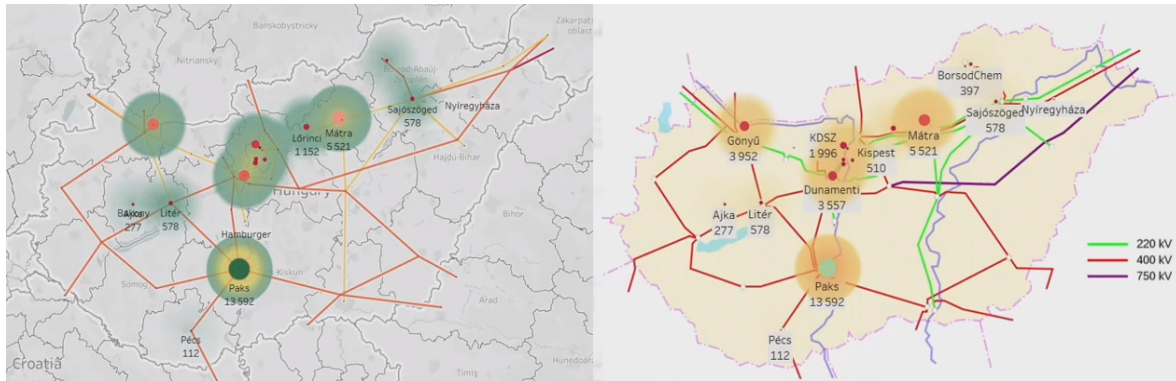
A TSO-k szerint, a gyakorlatban ez egy **primer szabályozással**, vagy ha azzal nem, akkor egy *nagyon gyors* primer szabályozással, egy **FFR-el, gyors frekvenciaválással**, vagy egy **szinkron inerciaválással**, egy valamilyen inercia emulációval létrehozott valós tehetetlenséggel kezelhető a feladat. A különböző országokban ez a három megoldás kombinációi jelentek meg.

A probléma kezelésére felhasználhatók **szinkron kompenzátorok** is, olyan szinkron gépek, melyek nem szolgáltatnak hatásos teljesítményt, "csak forognak", de ezzel is valódi forgó tömeget képeznek a rendszerben. Fontos szerepet tudnak betölteni az U-Q szabályzásban, de mivel nem áll mögöttük mechanikai perdület, így viselkedésük hiába hasonló, az inercia konstansuk kisebb, mint erőművi társaiké.

**Adaptív FTK** alatt fogyasztói teljesítmény korlátozás, vagy beépített helyi késleltetés értendő, ami területfüggő és kapcsolódik ahhoz, amit mérünk. Sajnos a gyakorlatban a fogyasztók korlátozása nem a legcélravezetőbb megoldás annak ellenére, hogy matematikailag és műszakilag annak tekinthető.

A gyakorlati megvalósítás azonban további kérdéseket vet fel, ugyanis mialatt végzünk egy mérést a hálózaton, ami egy adott késleltetéssel feldolgozásra kerül könnyen lehet, hogy már elkéstünk a válaszreakcióval.

A forgó tömeg állapotának vizsgálatára a magyar villamosenergia-rendszerben kutatás keretei között egy vizualizációs program készült, ami a felhasználói igények szerint képes megjeleníteni a rendszer részeként működő erőművek kinetikus energiáját méretarányosan és blokszinten, a napelemes energiatermelés térnyeréséből fakadó inerciahatásokat és a MAVIR 4 különböző forráselemzési forgatókönyvét. Természetesen mindezen túl számos egyéb szűrési vizualizációs támogatási lehetőség elérhető a szoftverben.



3.ábra, a kifejlesztett vizualizációs megoldás

A megoldás jövőbeli fejlesztési lehetőségei közé tartozik, **vizualizációs szinten** az automatizáltság fokának emelése érdekében az adatok folyamatos frissítése, illetve az statikus adattáblák folyamatosan frissülő adatbázisra váltása. **Rendszerszinten** a továbblépést egy RoCoF és minimális frekvencia becslésére alkalmas SCADA<sup>4</sup> modul kifejlesztése és tranziens hatásbecslő funkciók fejlesztése jelentenék.

### Tafferner József

Az Energetikai Szakkollégium tagja

<sup>4</sup> Supervisory Control And Data Acquisition, *felügyeleti ellenőrzés és adatgyűjtés, olyan ipari irányítástechnika, ahol a folyamatot felügyelő és ellenőrző számítógépes rendszer működik*