

## Az ukrán-moldáv villamosenergia-rendszer szinkron csatlakoztatásának kihívásai

2022.04.28.

### Bevezetés

Az Energetikai Szakkollégium Wigner Jenő emlékfélévének hetedik előadását a MAVIR munkatársai, Balog Richárd és Decsi Gábor tartották, akik egy élménybeszámoló formájában mutatták be a szinkron csatlakoztatás teljes folyamatát, az előzményektől kezdve egészen a vészhelyzeti csatlakoztatás végrehajtásáig.

Balog Richárd a rendszerirányítási és piaci oldal feladatainak feltérképezését, valamint a feladatokra való felkészülésének koordinálását látta el. Decsi Gábor a csatlakoztatás teljes folyamatának koordinálásáért és egyéb előkészítő feladatokért volt felelős.

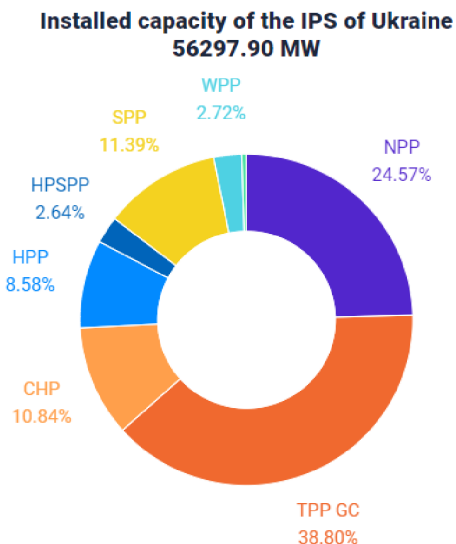
Az előadás első részében egy rövid általános ismertetőt hallhattunk Ukrajna villamosenergia-rendszeréről, majd a szinkroncsatlakozás előzményeiről és okairól. Mindezek után betekintést nyerhettünk a csatlakozás feltételeibe, feladataiba és kihívásaiba. Az előadás második felében pedig magáról a szinkronizálásról és további érdekességekről kaphattunk információt az előadóktól.

### Az ukrán villamosenergia-rendszer

Ukrajna egy 56 GW beépített kapacitású rendszerrel rendelkezik, melynek csúcsterhelése körülbelül 20-22 GW. A nagyfeszültségű hálózat feszültségszintjei rendre 110 kV, 220 kV, 330 kV, 500 kV, 750 kV. Az ország energiamixe főként földgázból (kb. 40%), szénből (11%) és nukleáris energiából (20-30%) áll, melynek fűtőanyagai elsősorban oroszországi importból származik. Az ukrán és a moldáv villamosenergia-rendszerek alapvetően a posztszovjet államok hálózataihoz voltak kapcsolva, azonban a támadás napján egy különleges teszt végrehajtása okán az ukrán hálózat független, szigetüzemi állapotba váltott át. Ilyen esetben teljesen önfenntartó módon látja el magát a régió villamosenergiával, hálózatilag nincs összeköttetésben másik rendszerrel. Nevéből adódóan általában szigetországok használják ezt a rendszert a mindennapokban, mint például Nagy-Britannia és Izland. A művelet az előzetes tervek szerint a téli nagyterhelésű időszakban, február 23. és 27. közöttre volt beütemezve, azonban az invázió miatt a visszacsatlakoztatást felfüggesztették.

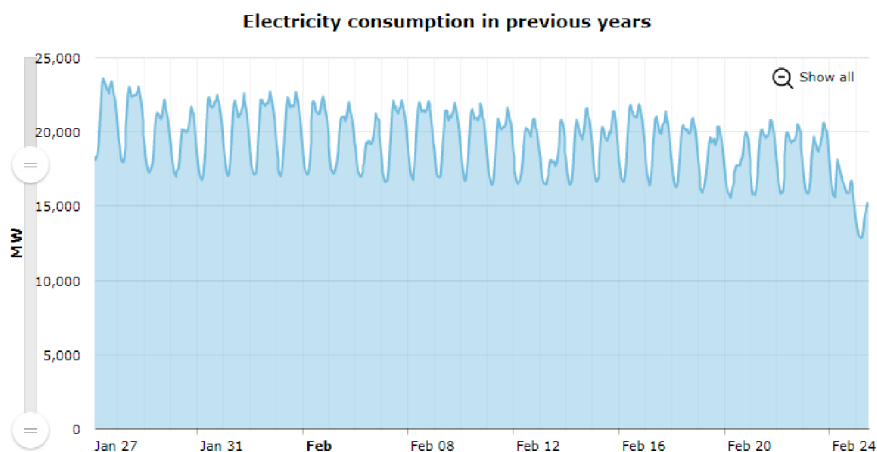
A terhelés a háború kitörése után jelentősen visszaesett. Eleinte minden nap, az utóbbi időszakban hetente kétszer-háromszor tájékoztatják az európai hálózati rendszert az erőművekről, szénkészletekről, hálózati kiesésekről. Jelenleg körülbelül

8000 helységben nincs villamosenergia ellátás. A csúcsterhelés 12-13 GW körül mozog, az eddigi 20 GW helyett. Összehasonlításképp, a németek és a franciák csúcsterhelése hozzávetőlegesen 100 GW körül van. Ebből is látszik, hogy Ukrajna kevésbé iparosodott és sokkal inkább mezőgazdasági termelésre összpontosító ország.



1.ábra: Ukrajna energiamixe a beépített kapacitása alapján

forrás: MAVIR Zrt.



2.ábra: Ukrajna villamosenergia fogyasztása az előző években

forrás: MAVIR Zrt.

## Előzmények

Már a 2000-es évek elején felvetődött az ukrán rendszer ENTSO-E-hez való csatlakozásnak ötlete. Az ENTSO-E az európai rendszerirányítók szövetsége, mely 36

ország 43 TSO-ját (átviteli rendszerirányító) foglalja magába. Ennek a szövetségnek tagja a MAVIR, a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító is.

A hálózat nagy földrajzi kiterjedése miatt a csatlakozás számos veszéllyel járhat együtt, hiszen ez a nagy kiterjedés frekvencia kilengésekhez, ezen kilengések pedig akár a rendszer összeomlásához is vezethetnek, ezért a csatlakoztatáshoz meg kellett teremteni a szinkronizálás feltételeit. 2017-ben erre a feladatra megalakult egy projekt, melyet a TRANSELECTRICA (a román TSO) vezetett. Ukrajna szomszédos TSO-jaként, illetve projekttagként a MAVIR-nak volt az egyik legnagyobb szerepe a szinkron csatlakoztatás levezénylésében. A projekt lezárásakor még nem volt tervezett időpont a csatlakoztatásra, de várhatóan 2023 végén történt volna meg, azonban a körülmények az események felgyorsítását igényelték.

## Feltételek

Alapvetően két fontos feltétel volt, amit mindenképpen meg kellett oldania a projektben résztvevő tagoknak. A nagy földrajzi kiterjedés miatt a lengésállóság növeléséhez szükség volt STATCOM (Static Synchronous Compensator), illetve PSS (Power System Stabilizer) rendszerekre a generátorok U/Q szabályozóiban. Ezen berendezések beszerzését azok nagy mennyisége és magas ára is jelentősen megnehezítette. További feltétel volt, hogy a szabályozórendszer távszabályozása, valamint informatikai infrastruktúrája megfelelő támogatást tudjon biztosítani a rendszerirányításban.

A szinkron csatlakoztatás további feltétele volt a már említett szigetüzemi teszt végrehajtása két különböző terhelési időszakban, egy téli nagyterhelésű és egy nyári, alacsonyterhelésű teszt, amely júniusra volt eltervezve. A szigetüzemi tesztre azért volt szükség, hogy ellenőrizni tudják az AGC (Automatic Generation Control) rendszer önálló működését, hogyan reagál fogyasztó-, illetve erőművi teljesítmény kiesésekre.

A szigetüzemi tesztek végrehajtásának tervezett időpontja február 24. és 25. volt, azonban már 20-án megkezdtek a kisebb teszteket. A kisvárdai és a tiszalöki rendszert Munkácshoz kapcsolták, belső magyar hálózati problémák miatt. Február 23-án váltottak teljes szigetüzemi állapotra, hogy bebizonyítsák, hogy megvannak a tartalékaik és megfelelnek a műszaki feltételeknek, még úgy is, hogy nem áll minden szabályozó eszköz a rendelkezésükre. Az utolsó orosz 220 kV-os vezetékét 24-én 0 óra 35 perckor kapcsolták le az ukrán hálózatról. Az ukránok a teszt megkezdésekor tisztában voltak annak a lehetőségével, hogy az orosz fél nem fogja a rendszerre való visszacsatlakozást engedélyezni, így a szigetüzemi állapot elhúzódhat. Természetesen ekkor még szó sem volt háborúról. A téli tesztek nagy részét elvégezték, azonban egy nem sikerült, mert maguk az ukránok jelentették ki, hogy

nem szeretnék visszacsatlakozni az orosz hálózatra. Az ország szivattyús-tározós erőműveinek köszönhetően nem kellett az iparból nélkülözni a villamosenergiát, elég volt kikapcsolni a tározós erőműveket. Ukrajnának több tározós vízerőműve is van, így ezek előnyeiket ki tudták használni. Az ukrán villamosenergia-rendszer stabil maradt a rendkívüli körülmények ellenére is.

## A háború kezdete

A teszt február 23-án zajlott le, az orosz invázió 24-én indult meg és hivatalosan 27-én jelezte Ukrajna, hogy szeretnék vészhelyzeti csatlakozást az európai rendszerhez. Pár nap alatt felfordult minden, hamar kellett cselekedni. Az ENTSO-E úgy döntött, hogy ennek fényében felállít egy munkacsoportot, akik megteremtik a vészhelyzeti csatlakozás feltételeit. Az egész munkacsoportnak 10 napja volt, hogy kidolgozzon egy projektet, és feltételeket tűzzön ki a vészhelyzeti szinkronizációhoz. A magyar TSO 11-én hagyta jóvá, majd 16-án került sor a csatlakoztatásra.

## Kihívások

A legfőbb kihívások közé tartozott, hogy a nagy teljesítményű ukrán rendszer még nem volt tesztelve ilyen körülmények között, nem volt meg minden eszköz a szabályozási feltételek kielégítésére. Nem voltak tapasztalatok, illetve mérések ilyen bizonytalan rendszerre vonatkozóan.

Az egyik legnagyobb veszélyt azonban az jelentette, hogy Ukrajnában, mint háború alatt álló országban, bármikor fennállhatnak IT kockázatok, ezért speciális kibervédelmi eszközökre is szükség volt. A vészhelyzeti csatlakozás során a hosszú, olykor hónapokig is eltartó, mérési kampányok végrehajtására nem volt lehetőség. Így meglehetősen kevés információ alapján kellett a szakértőknek végrehajtani a műveletet. Elsősorban a frekvencia stabilizálását kellett biztosítani a nagy frekvencia lengések kiküszöbölésének érdekében. Figyelembe kellett venni azt a tényt is, hogy a megszállók akár stratégiai fontosságú erőművi egységeket is elfoglalhatnak, váratlan teljesítmény kiesést okozva ezzel. Egy ekkora villamoshálózat szinkron csatlakozása önmagában nem ad stabilitást. A környező országok közül hazánk is csak 100-200 MW-nyi teljesítmény kompenzációt tudna biztosítani legjobb esetben. Abban az esetben, ha a kiesés pótlására a forrás rendelkezésre is áll, biztosítani kell annak megfelelő szabályozó képességét.

## További feladatok

Fontos, hogy továbbra is fennmaradjon a folyamatos kommunikáció, a mérés és a nyomon követés a TSO-k között. Jelenleg, amíg nincs megoldva a rendszer teljes stabilitása, és nem állnak rendelkezésre a megfelelő eszközök, a

kereskedelmi szállítás nem engedélyezett az ukránok számára.

Mindezek mellett van egy pénzügyi kockázata is a csatlakozásnak. Ha kiegészítésre kerülne sor vagy terven kívül kell energiát szállítani Ukrajnának, akkor az európai TSO-k általi pénzügyi megállapodás szerint kell eljárni, azonban Ukrajna ennek a megállapodásnak nem része, így tulajdonképpen ingyen használná a villamosenergiát, és az európai rendszereknek magukra kell vállalni a költségeket.

## A szinkronizálás

A művelet összesen 24 lépésből állt. Először is meg kellett állapítani, hogy milyen vezetékeken fog megtörténni a szinkronizálás. Ehhez 4 db 750 kV-os távvezeték állt rendelkezésre, azonban nem volt mindegyik megfelelő állapotban. Például a lengyel távvezetéknel nemhogy megszakító, de még transzformátor sem volt. A román oldalról már meg sem volt a vezeték.

Bekapcsolták a román-moldáv vezetékét, azonban ez túláramvédelem miatt lekapcsolt, ezért további beállításokra volt szükség. Két részre bontották a 400 kV-os sítet, így létrejött egy csomópont.

Magyar oldalról a két darab 220 kV-os Kisvárdán és Tiszalökön, a munkácsi-szabolcsbákai 400 kV-os és a szabolcsbákai-zakhidnoukrainkai 750 kV-os vezeték vett részt a kapcsolódásban. Ezeken kívül volt egy egyenként 400 kV-os szlovák-ukrán, román-ukrán és egy román-moldáv kapcsolat is. A román-moldáv távvezetéknek érdekessége, hogy ez volt az egyetlen egyenáramú.

A tényleges szinkronizálás első lépése a szabolcsbákai és a zakhidnoukrainkai 750 kV-os csatlakozás létrehozása volt 2022.03.16-án 11:13-kor. Nem egészen két perc múlva csatlakoztatták az Ukrajnával összekapcsolt 400 kV-os távvezetéseket. 11:23-kor szinkronizálták a tiszalöki és a kisvárdai vezetéseket. Az utolsó szinkronizálási lépés a román-moldáv vezetéken történt.



3.ábra: A szinkron csatlakozás hálózatának főbb távvezetékei  
forrás: MAVIR Zrt.

## Összefoglalás

A szinkronizáció sikeres volt, de a hálózatnak szüksége van még további fejlesztésekre, hogy minél megbízhatóbb és stabilabb legyen. A kelet-európai TSO-k nagyszerű munkát végeztek a nemzetközi nyomás ellenére is.

Szolga Larisza

Az Energetikai Szakkollégium tagja