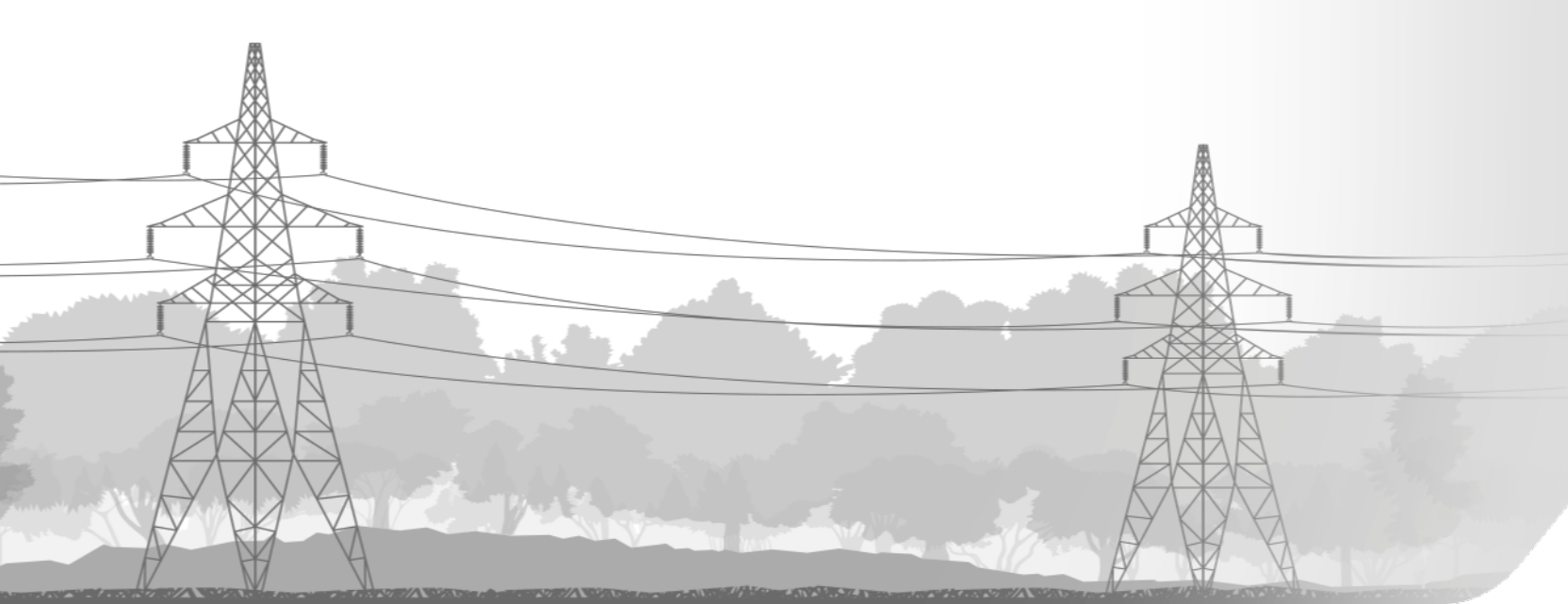




Az ukrán-moldáv villamosenergia-rendszer szinkron csatlakoztatásának kihívásai

Energetikai szakkollégium

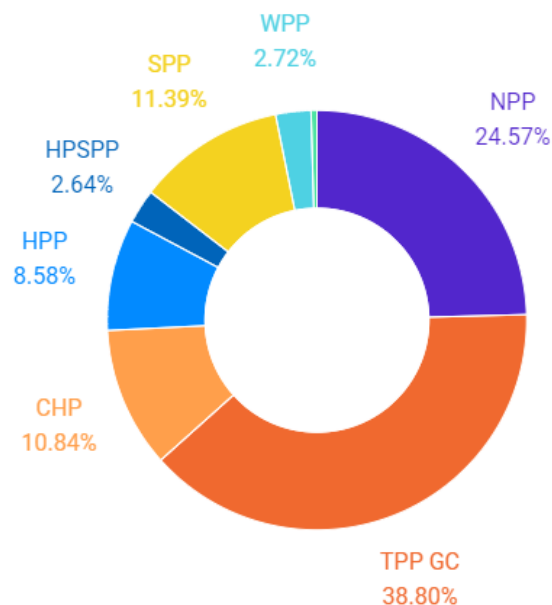
Balog Richárd és Decsi Gábor

2022.04.28

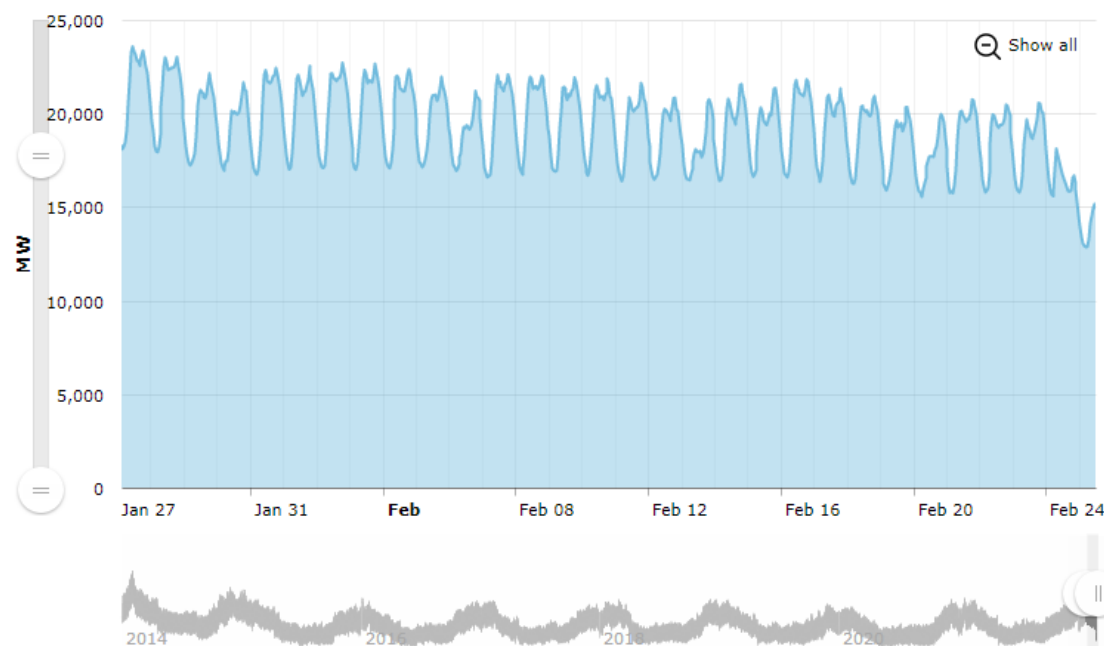


A kontinentális európai rendszerhez való csatlakozás előtt Ukrajnának két, egymástól függetlenül működő villamosenergia-rendszere volt, amiből a kisebbik (a földrajzi területet, az erőművek számát és a hálózatot illetően egyaránt), úgynevezett Burstin sziget a kontinentális európai villamosenergia-rendszer része volt több, mint 20 éve (arányok: teljes Ukrajna terhelése kb. 20.000 MW, melyből Burstin szigeté kb. 1.200 MW).

Installed capacity of the IPS of Ukraine
56297.90 MW



Electricity consumption in previous years



- Az ukrán és moldáv villamosenergia-rendszerirányítók (Ukrenergo és Moldelectrica) a 2010-es évek közepétől jelezték csatlakozási szándékukat az ENTSO-E kontinentális európai rendszerhez
- 2017-ben egy projekt/konzorcium alakult a román TSO (TRANSELECTRICA) vezetésével (mely konzorciumnak a MAVIR is tagja lett) azon vizsgálatok elvégzésére amelyek megadják a kapcsolódás műszaki, jogi és kereskedelmi (villamosenergia-piac) feltételeit
- A MAVIR – többek között a dinamikus szimulációs számításokat végezte
- A csatlakozás egyik fontos előfeltétele a – dinamikus szimulációk eredménye szerint – a kisjelű rendszerlengések csillapítására beépítendő STATCOM berendezések telepítése az ukrán hálózaton (elsősorban a keleti régiókban (Static synchronous compensator) illetve az u.n. PSS-ek alkalmazása a generátorok U/Q szabályozóiban
- A csatlakozás tervezett időpontjáról a projekt lezárásakor még nem született döntés

Miért van szükség a STATCOM/PSS telepítésére?

- gyenge, egy földrajzi folyosón keresztül megvalósítható kapcsolat
- nagy nyugat-kelet kiterjedésű hálózat, alacsony-frekvenciás lengés hajlammal.

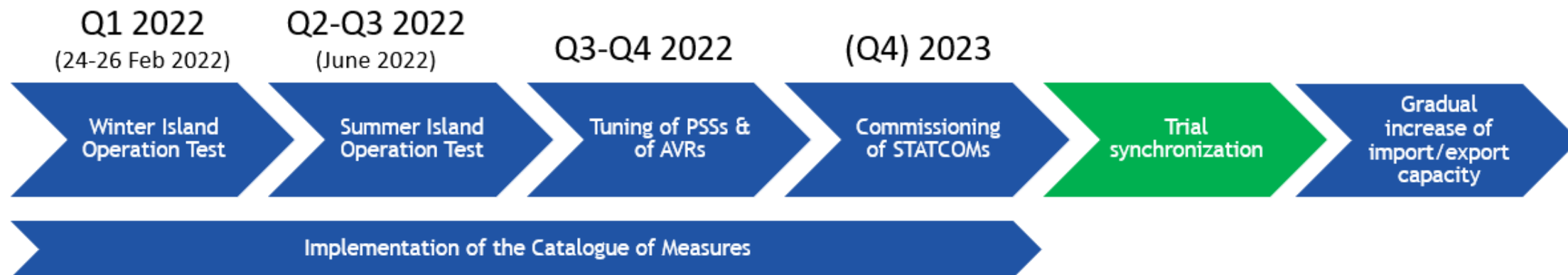


A csatlakozási eljárás része volt két teszt elvégzése, amely az ukrán/moldáv rendszerek önálló („sziget”) üzeme mellett:

- a teljesítmény szabályozás (AGC),
- a stabil működés,
- a kiesések (erőmű/fogyasztó) hatásának következményeit volt hivatott ellenőrizni.

Időzítést tekintve ezen tesztek a téli nagy terhelésű és nyári alacsony terhelésű állapotra kerültek időzítésre.

A téli nagyterhelésű állapot tesztjének tervezett időpontja 2022. február 24-25 volt.



Szigetüzemi teszt magas szintű programja

- 1.fázis: február 20-án a szigetüzemi leválasztás kezdete (Kisvárda-Munkács-Tiszalök)
- 2.fázis: február 23-án az orosz rendszerről való leválás, továbbá a Burshtyn-i „sziget” leválasztása a kontinentális európai rendszerről. (Teljes leválás 24-én 0:35-kor)
- 3.fázis: február 24-én a rendszerállapot ellenőrzése a teszt megkezdéséhez.
- 4.fázis: február 24-én termelő és fogyasztó egységek tervszerű leválasztása a szabályozás minőségének tesztelése érdekében.
- 5.fázis: február 27-én a teszt befejezése, szinkron csatlakozás az orosz rendszerhez továbbá a Burshtyn-i „sziget” reszinkronizálása a kontinentális európai rendszerhez.

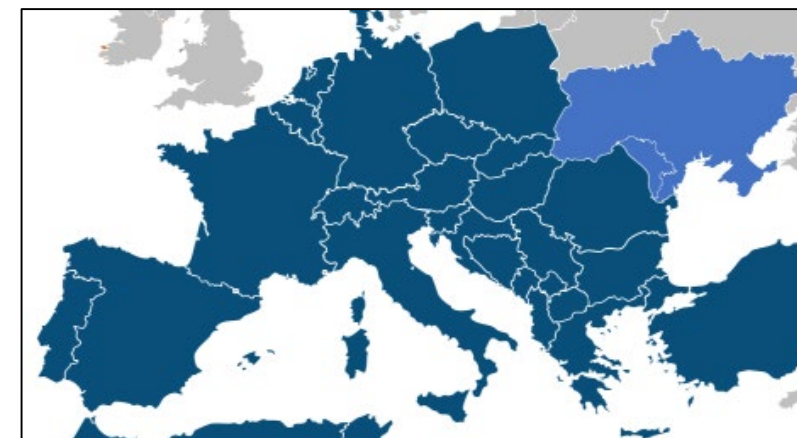
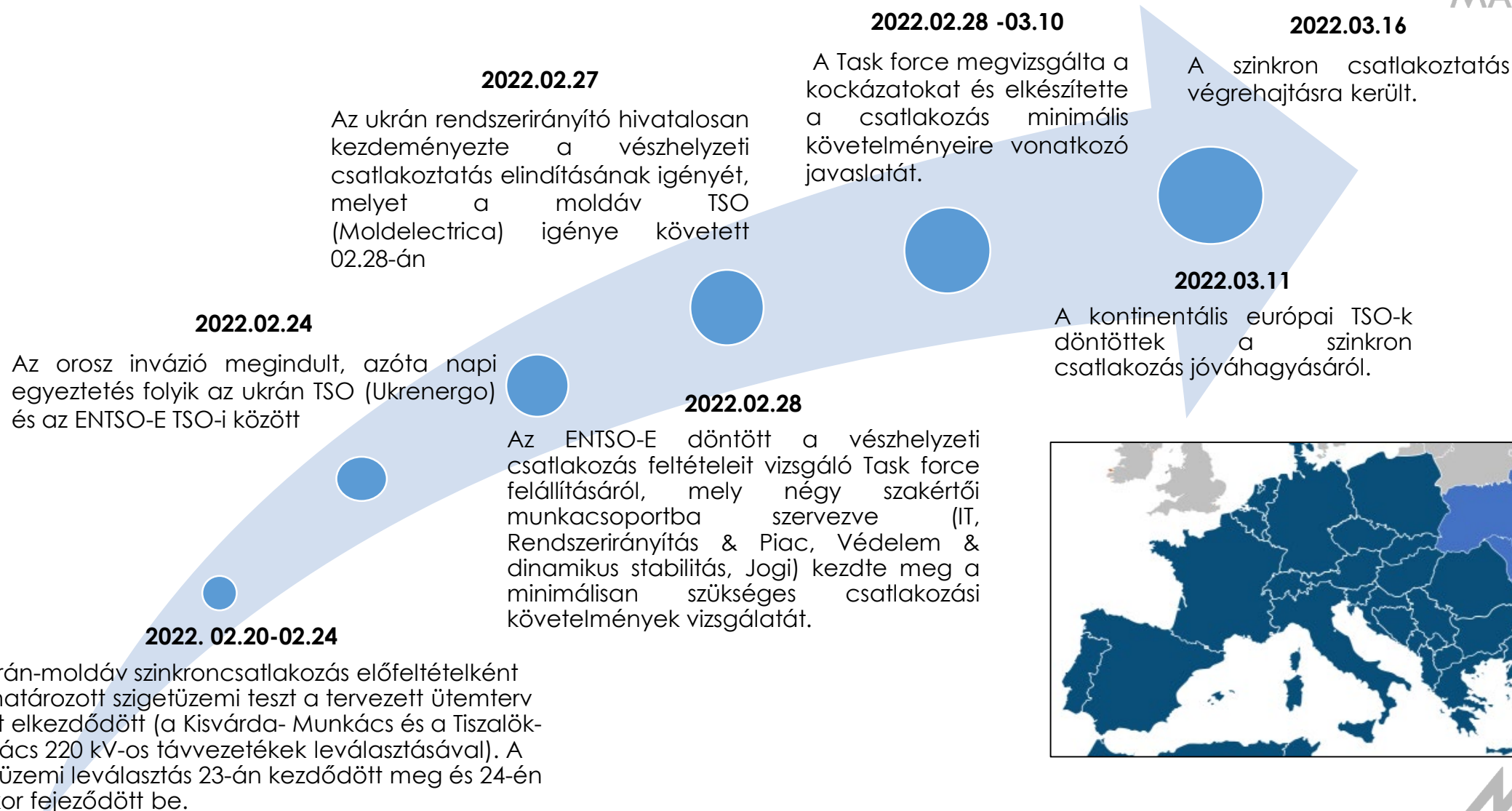


A szigetüzemi teszt eredménye

- Minden tesztlépés problémamentes és sikeres volt. (ΔP : -250 MW erőmű, -230 MW fogyasztó)
- A rendszerállapot stabil volt a tesztek alatt, a rendkívüli körülmények ellenére.
- Az ukrán illetékes minisztérium döntése az orosz rendszerhez való újra-csatlakozás elutasításáról az orosz megszállás következménye, így a szigetüzemi működés az európai szinkron rendszerhez való csatlakozásig szükségszerűen fennmaradt.



ELŐZMÉNYEK – A vészhelyzeti szinkronizáció főbb mérföldkövei



Kihívások:

- Nem tesztelt 20-22 GW-os rendszer.
- Nem becsülhető a hálózat sérülékenysége
- Nagy egységteljesítményű atomerőművi blokkok – 2-3 GW-os kiesések is lehetnek
- Kevés rendszerösszekötő távvezeték (gyakorlatilag magyar vezeték folyosó)
- Kevés valósidejű mérés (információ hiány)
- Hálózatbiztonság (kontingencia analízis korlátozottan számítható)
- IT biztonság

Egyéb „nehezítő” körülmények:

- Nemzetközi nyomás a mielőbbi szinkronizálásra
- Háborúban álló ország csatlakoztatása
- Rendszermentő automatikák telepítése (túláram védelmek és SCADA alkalmazás)



A vészhelyzeti csatlakozás követelményei

1 Előfeltételek

- **Technikai:** Elfogadott szinkronizációs program, szükséges mérések rendelkezésre állása, továbbá nincs rendszerközi lengés, nincs túlterhelés (N-1 állapotra sem), frekvencia stabilitás megfeleltetése
- **Szervezési:** RG CE döntés + az érintett TSO-k „készre jelentése”
- **Időzírtési :** 10:00-12:00 AM, jellemzően ekkor legstabilabb az üzem

2 Üzemzavari kisegítés lehetősége

Fő kockázat

- **Kétoldalú** megállapodások a korábbi Burstini szigetre szóltak
- **Nincs többoldalú** kisebbítési eljárás
- **Nincs garancia** a források rendelkezésre állására
- **Ukrenergó** nem biztos, hogy képes lesz minden körülmények között kiszabályozni a rendszerét.

Kockázatcsökkentő intézkedés

Többoldalú kisebbítési eljárás és megállapodás kidolgozása
koordinált eljárást megvalósítva

1. **Megelőző és enyhítő intézkedések** alkalmazása
2. **Vészhelyzeti leválás kezdeményezése**

3 Szabályozási tartalék biztosítása

- **FCR tartalékok biztosítása** a CE elfogadott módszertana szerint
- A kiegyenlítettatlenség kiszabályozása **15 percen belül** és a szükséges **mFRR és aFRR tartalékok biztosítása** az SO GL szerint

Típus	Pozitív [MW]	Negatív [MW]	Megjegyzés
FCR	135 – 168	135 – 168	Akkreditált tartomány: ±359 MW
mFRR	1.000	approx. 230 – 420	• Mindkét érték meghaladja az N-1 szerinti méretezési küszöböt.
aFRR	500 – 700	approx. 230	Akkreditált tartomány: ±1.410 MW
Other	> 1.000	> 300	15 perces aktiválási idejű tartalék

4 Vészhelyzeti leválásra vonatkozó eljárás kidolgozása

- Előre meghatározott indító események szerinti vészhelyzeti leválási forgatókönyv aktiválása
- A leválást kiváltó okok megszűnése esetén az újra csatlakozási eljárás alkalmazása

További feladatok a szinkron csatlakozást követően



Követelmények teljesítésének nyomon követése

- Folyamatos nyomon követés szükséges a következő követelmények teljesítése terén: szabályozás megfeleltetése, tartalékok biztosítása, rendszerközi lengések, és üzembiztonság fenntartása.

Többoldalú kisegítési eljárás

- Többoldalú kisegítési eljárás folyamatának és az azt biztosító megállapodás kidolgozása, figyelembe véve a sok szereplő miatt szükséges koordinációt, és az esetlegesen szükséges költségmegosztást.

Koordinált üzembiztonsági vizsgálat

- A koordinált üzembiztonsági számításokhoz szükséges hálózati modell adatcsere biztosítása, mind a napot megelőző, mind a napon belüli folyamathoz.

Megfigyelhetőségi terület kiterjesztése

- Megfigyelhetőségi területre vonatkozó valós idejű mérések és állásjelzések kiterjesztése

Kereskedelmi alapú szállítás engedélyezése

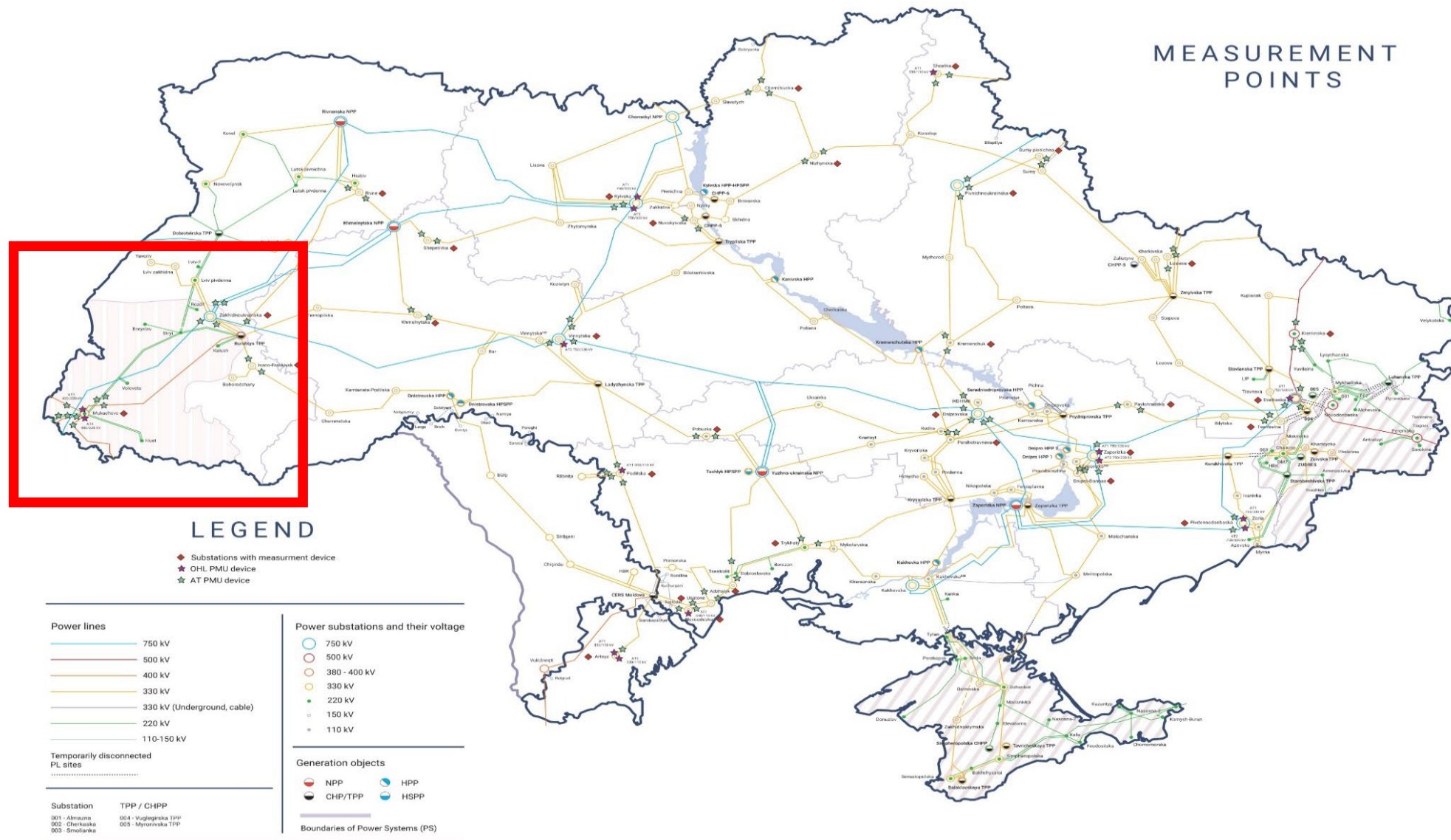
- A szinkron csatlakozás a kereskedelmi szállítás tiltása mellett indul
- A technikai feltételek teljesülése esetén, műszaki vizsgálat alátámasztásával lehetséges a kereskedelmi szállítás korlátjának feloldása



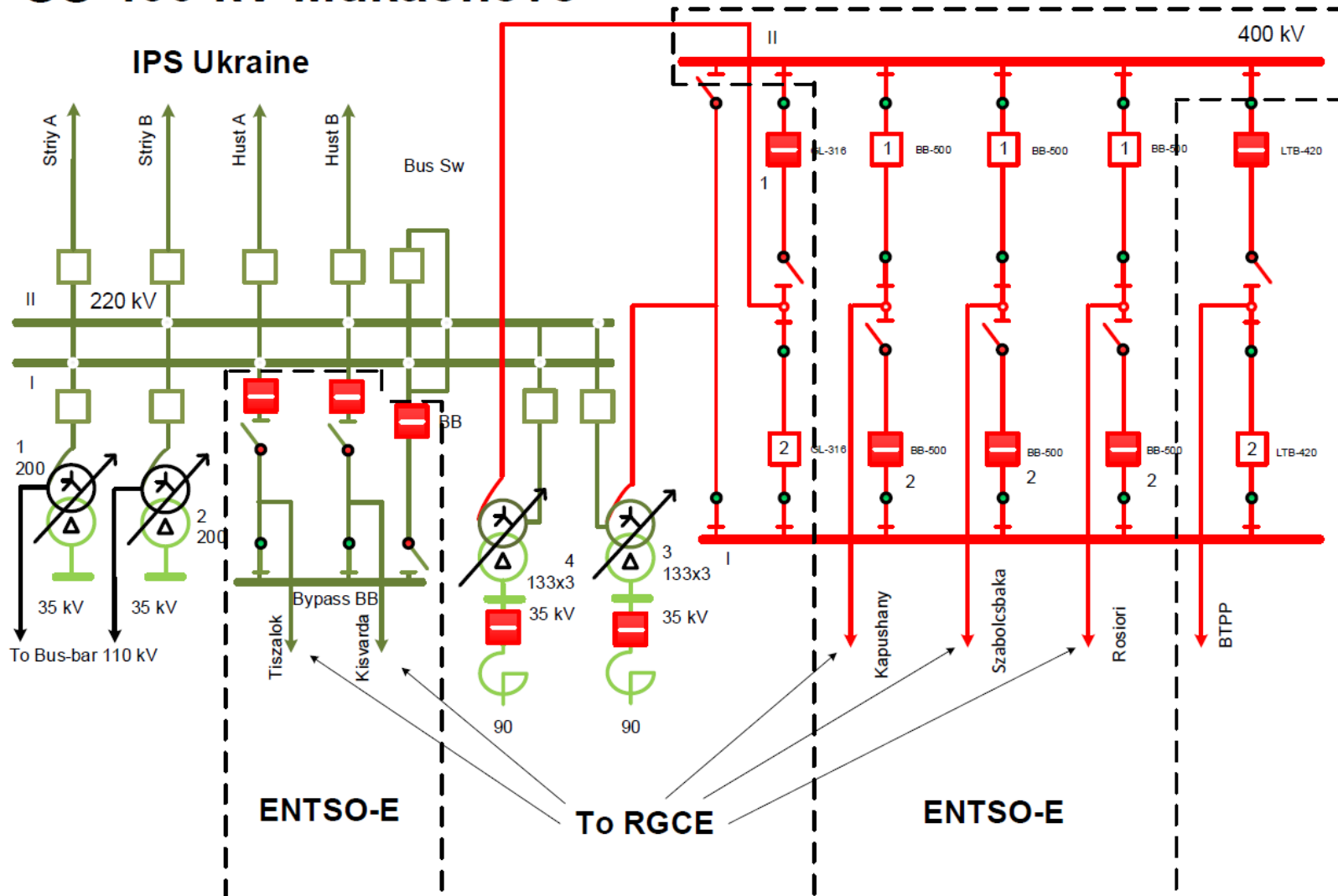
A vészhelyzeti csatlakozással járó kockázatok

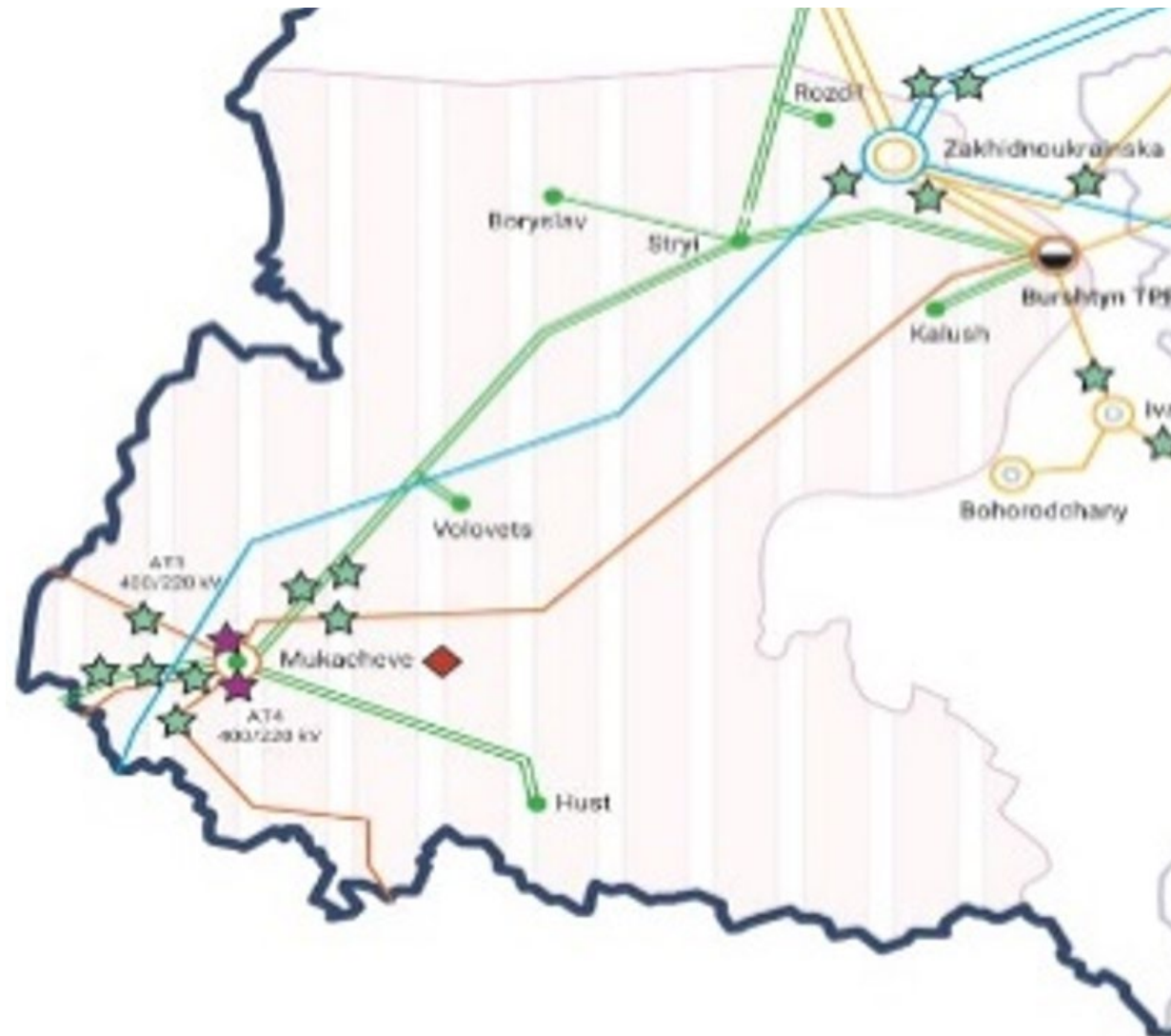
Risks	Measures to be implemented from the start of the synchronization	Further measures to be implemented after synchronization
n-1 security	- Implementation of the minimum data exchange n-1 analysis by neighbouring TSOs and Ukrenergo and Moldelectrica with the available data exchange	- Provision of additional data (observability area) - Ukrenergo to provide IGMs of UA/MD for coordinated security analysis
Frequency Stability	- Ukrenergo will provide the necessary levels of FCR and FRR - Activation of existing emergency contracts with neighbouring TSOs, if applicable (however the contracts are formally only applicable for Burshtyn Island) - Existing procedures in accordance with SAFA apply Limitation of exchange with Ukrenergo (NTC=0) Monitoring of frequency Monitoring of ACE by the CC North Amprion (TASE connection is already set up)	Implementation of multi-TSO emergency procedure including scheduling and settlement, including contractual framework in order to be prepared for prolonged emergency assistance should it become necessary.
Inter-area oscillations	Limitation of export from Ukraine-Moldova LFC Block to the rest of CE Monitoring of frequency oscillations Redispatch if oscillations are detected - Other measures	Necessary adjustments of the equipment settings .
Cost due to prolonged or frequent energy deliveries to Ukraine and unintended deviations	- As of now Ukrenergo is still able to balance its system and pay for energy imports if any – prolonged energy delivery is not foreseen. Document costs incurred due to measures related to emergency synchronization	- Developing a multilateral agreement for distribution of the costs of energy deliveries to Ukraine and Moldova, in case Ukrenergo and Moldelectrica are unable to pay - Developing a mechanism for financial settlement of unintended deviations with Ukraine-Moldova, in case Ukrenergo and Moldelectrica is unable to pay
Unforeseen risks	Monitoring Emergency disconnection procedure Measures in accordance with SO GL	

Szinkronizálás előkészítése



SS 400 kV Mukacheve





16.03.2022 CET time stamps

11:13:42 / Szabolsbaka (HU) – Zakhidnoukrainska (UA) 750 kV

11:15:44 / Szabolsbaka (HU) – Mukachevo (UA) 400 kV

V. Kapusany (SK) – Mukachevo (UA) 400 kV Rosiori (RO) –
Mukachevo (UA) 400 kV

11:23:04 / Tiszalök (HU) – Mukachevo (UA) 220 kV

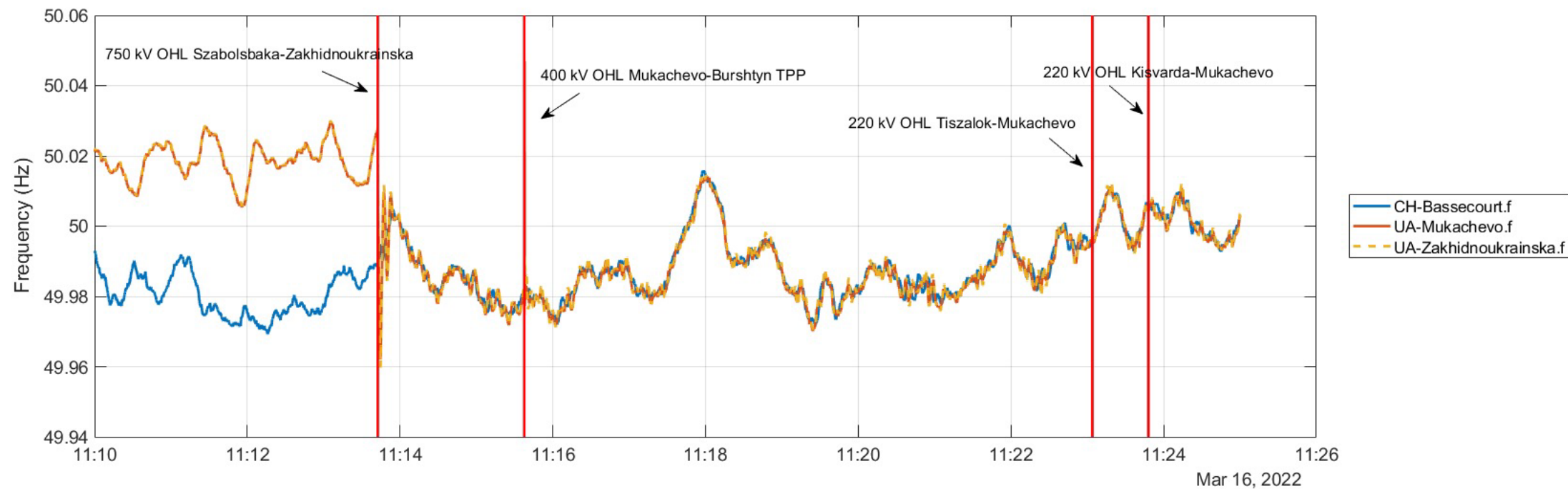
11:23:48 / Kisvarda (HU) – Mukachevo (UA) 220 kV

14:12:07 / Isaccea (RO) – Vulcanesti (MD) 400 kV

via Burshtyn TPP – Mukachevo 400 kV tieline



Szinkronizálás frekvencia diagramja





KÖSZÖNJÜK A FIGYELMET!



Háttérdiák



Rendszerállapot figyelés, alarm és bontás előkészítés

MAVIR

