A megújuló energiaforrások terjedésének rendszerstabilitásra gyakorolt hatása

64. Magyar Elektrotechnikai Egyesület Vándorgyűlés és Kiállítás
Bükfürdő, Hotel Caramell
A5 Szekció – Megújuló energiatermelés rendszerbe integrálásának kérdései
2017.09.14.

Táczi István, Dr. Vokony István (BME Villamos Energetika Tanszék)

MŰEGYETEM 1782

BME VILLAMOSMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

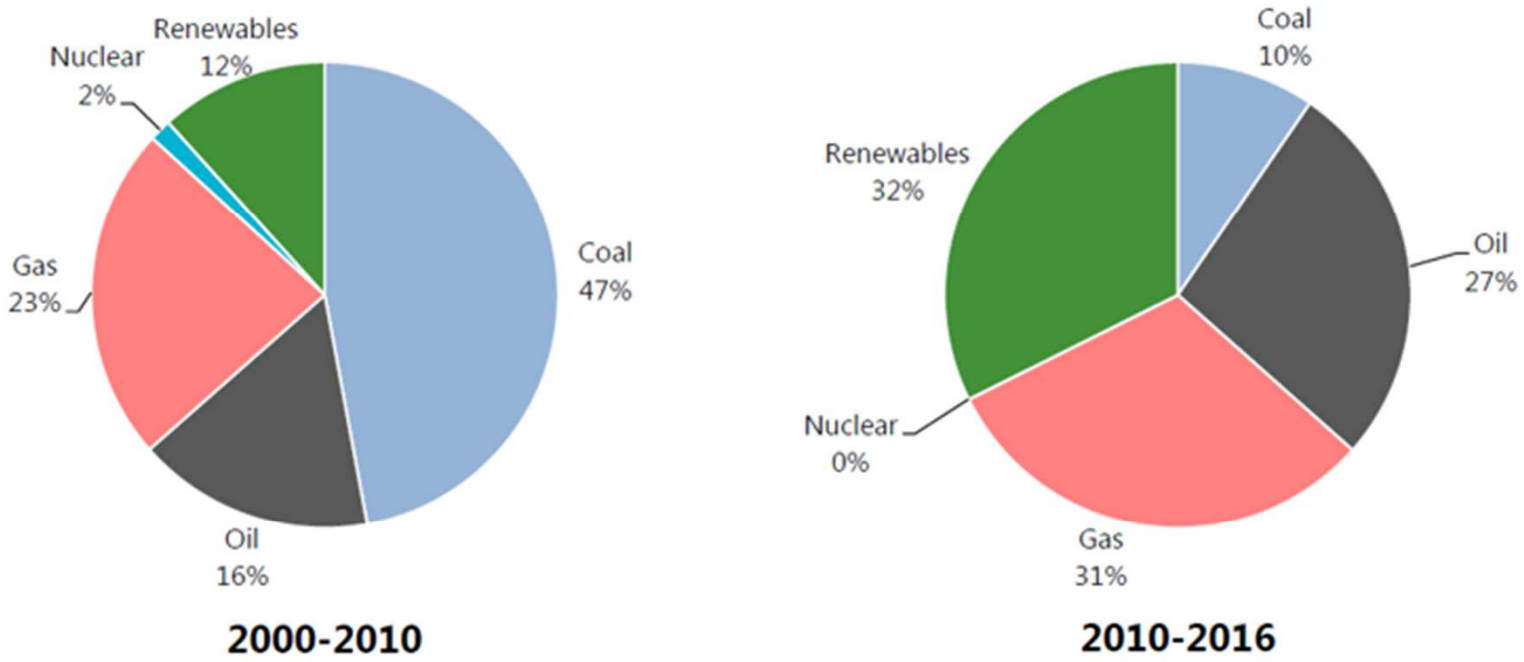
Villamos Energetika Tanszék
Villamos Művek és Környezet Csoport

Tartalom

- Problémafelvetés
- Kitekintés a hazai környezetre
- Megújuló integráció rendszerszabályozást érintő vetületei
- Stabilitás a fókuszban
- Vizsgálati módszertan
- Szabályozó struktúrák
- Szimulációs eredmények
- Összefoglalás és konklúzió

Problémafelvetés

Shares in *growth* in world energy demand



Since 2010, efficiency measures have slowed down growth in global energy consumption. Renewables and natural gas account for almost two-thirds of the growth.

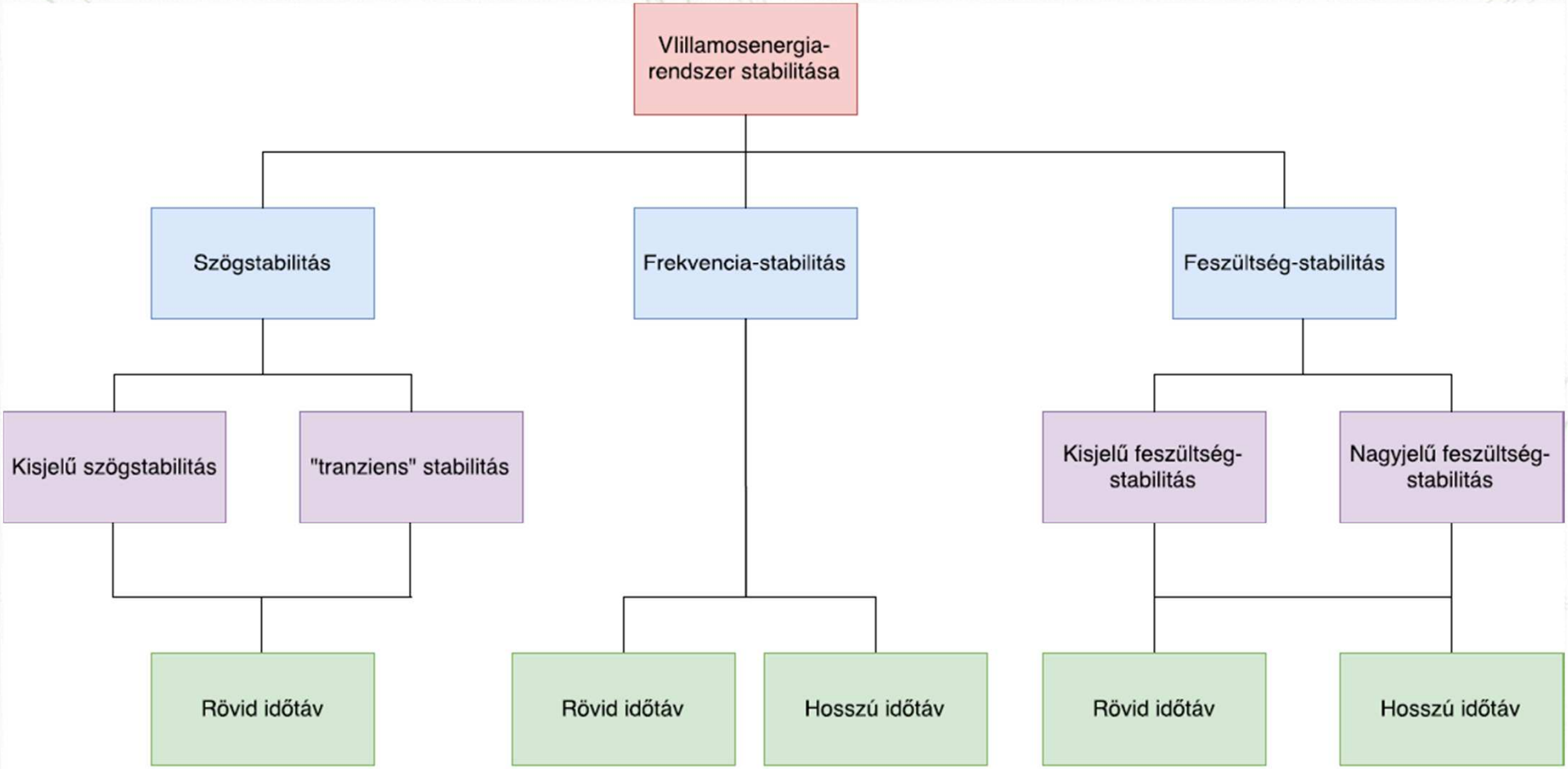
Forrás: International Energy Agency

Kitekintés a hazai környezetre

- 2020 termelői portfólió

Primer energiaforrás	Forgatókönyv I.	~ Arány	Forgatókönyv II.	~ Arány
Fotovoltaikus	2 000 MW	20,5%	4 000 MW	34,4%
Lignit	950 MW	10%	950 MW	8,2%
Nukleáris	2 000 MW	20,5%	2 000 MW	17,2%
Szénhidrogén	3 159 MW	33%	3 159 MW	27,2%
Egyéb megújuló	1 517 MW	16%	1 517 MW	13%
Összesen	9 626 MW	100%	11 626 MW	100%

A rendszer stabilitása



A rendszer inerciája

- Statikus egyensúly

$$P_G = P_M = P_F + P_V$$

- Dinamikus egyensúly

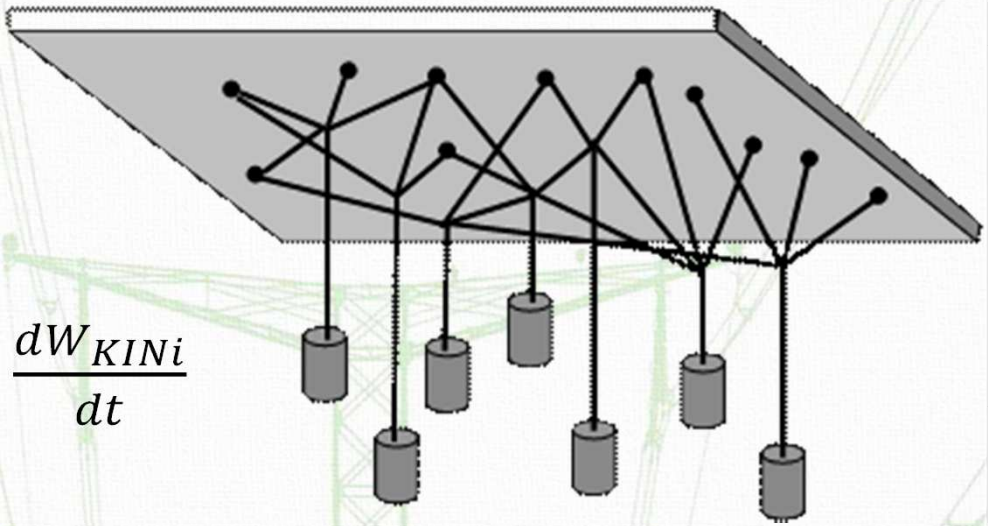
$$P_{mi} = P_{gi} + D_i * \Delta\omega_i + \frac{dW_{KINi}}{dt}$$

- Kinetikus energia

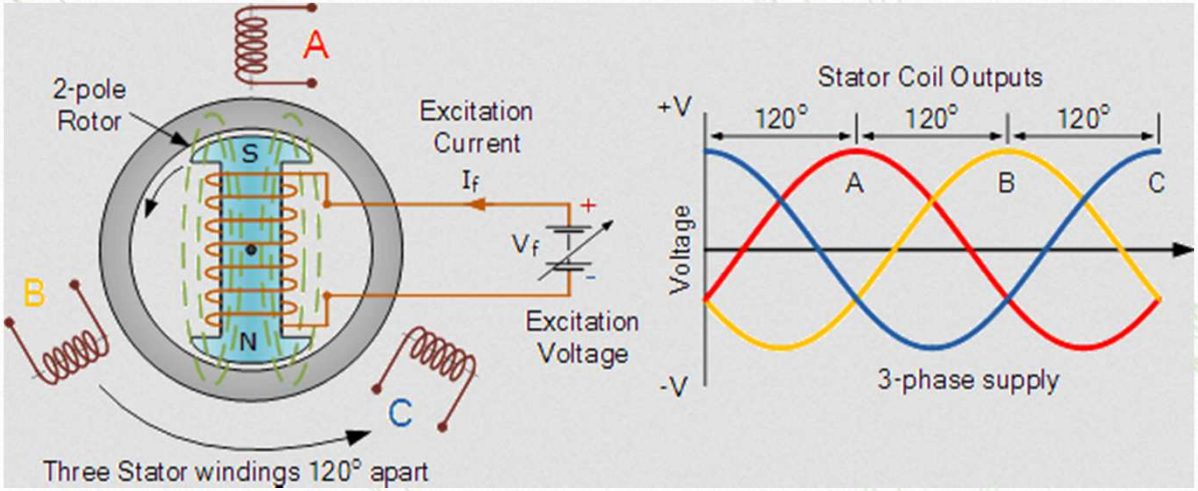
$$\frac{1}{2}\Theta * \omega_n^2 = H_i * S_i$$

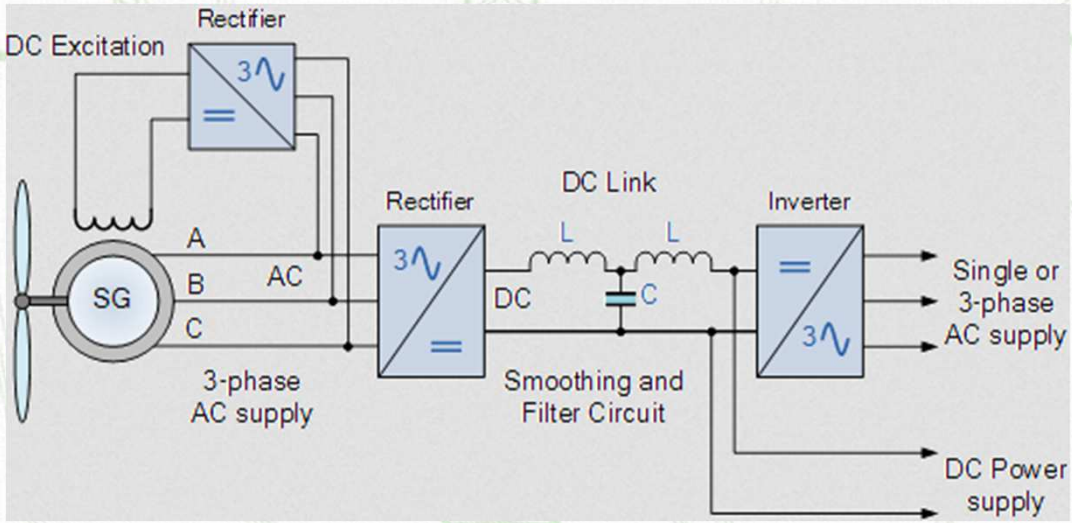
- Inercia

$$H_i = \frac{\Delta P_i(t_0) f_n}{2\left.\frac{df_i}{dt}\right|_{t=t_0}}$$

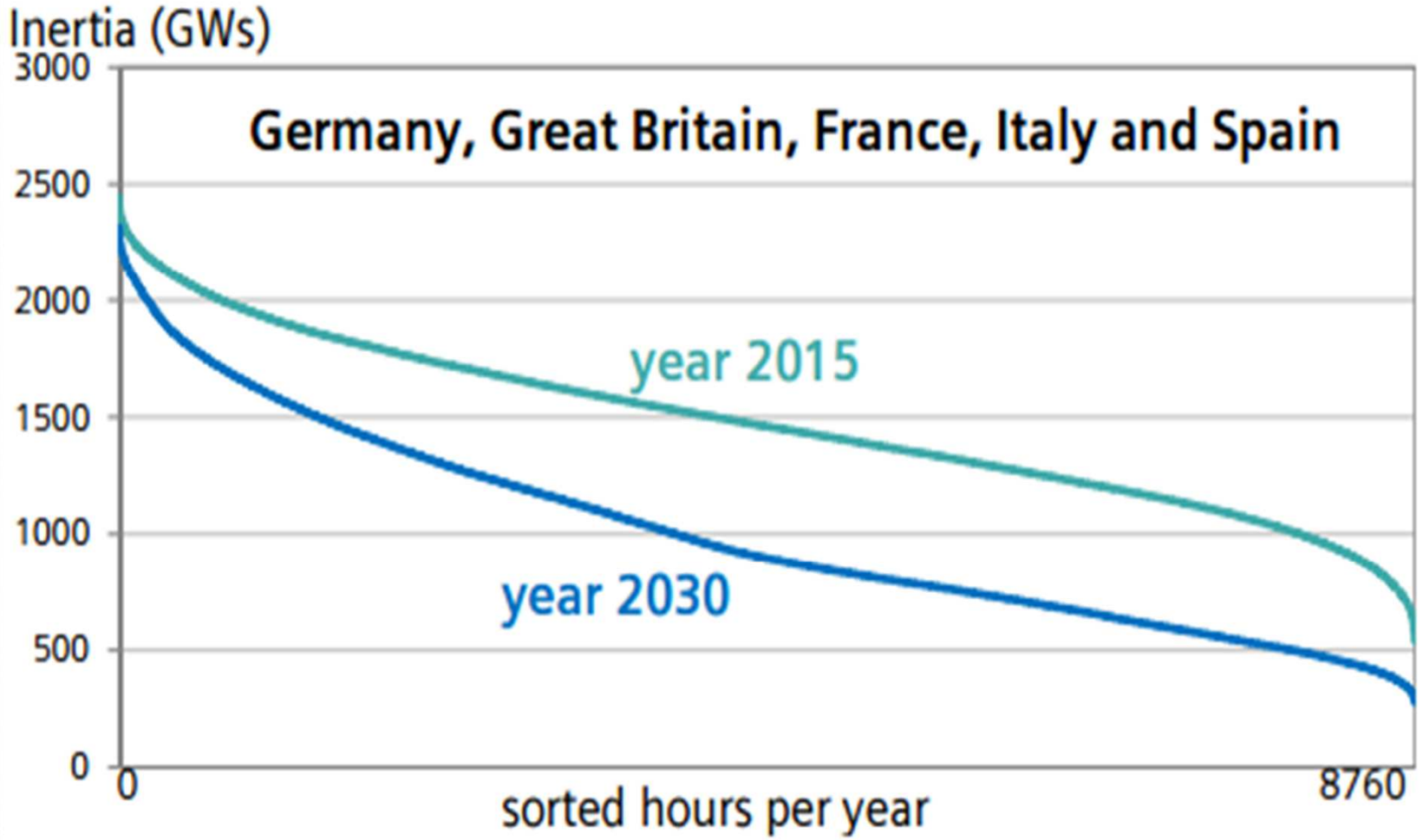


Szinkrongenerátor ←→ Átalakító





Frekvencia-stabilitás kérdése



Forrás: IEEE Power and Energy Society webinar

Szintetikus inercia

„Szintetikus”

- Mesterségesen előállított
- Vezérlések megvalósítása
- Lehet-e ugyanaz, mint a fizikai kényszer?
- Változó hálózati struktúra hatásai?
- Teljesen más irány?

„Inercia”

- Szinkrongépek kinetikus energiája
- A forgó tömeg és sebesség szabja meg
- Közvetlen fizikai folyamat
- Hatásos teljesítmény-frekvencia közti összefüggés

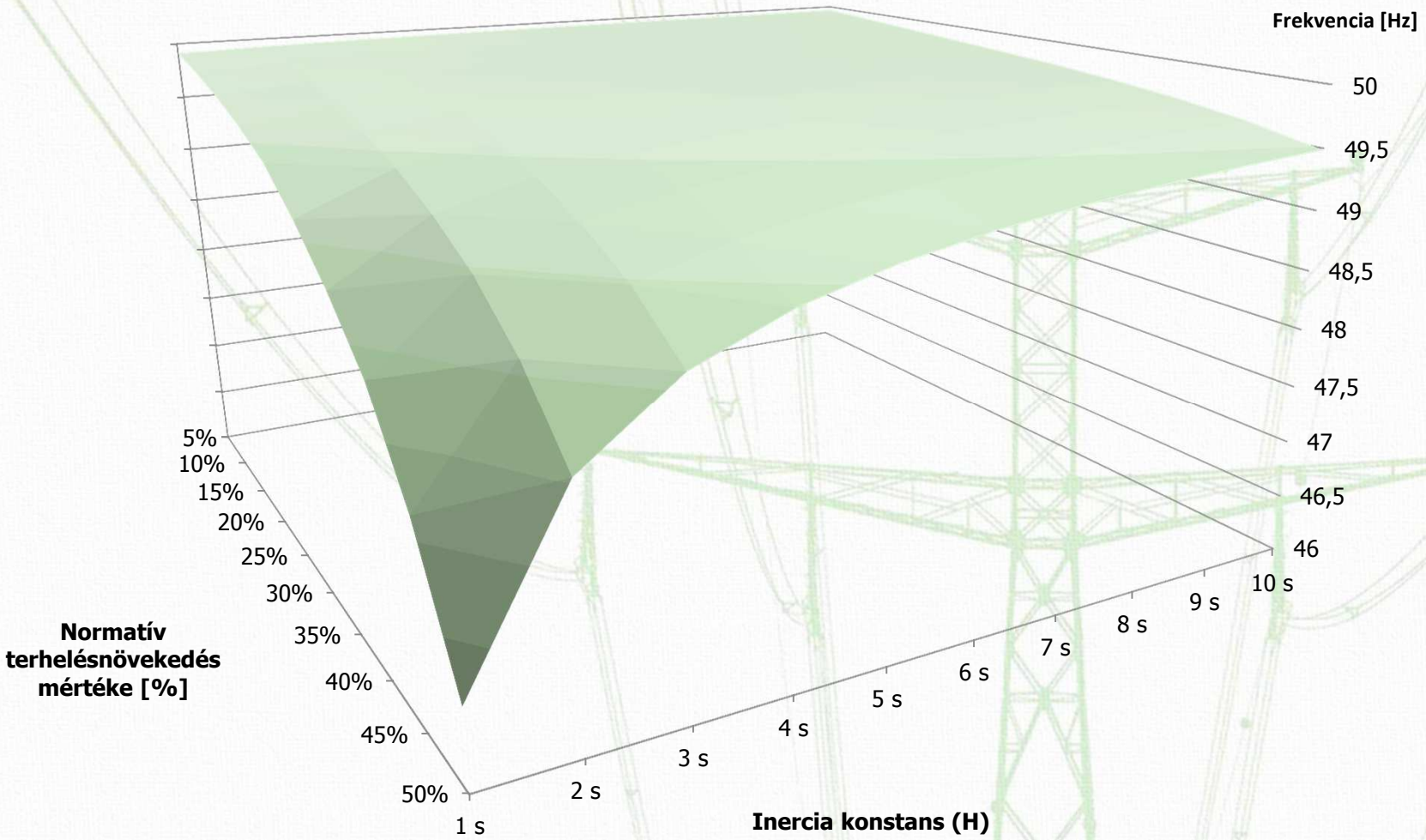
Vizsgálati módszertan

- ENTSO-E 2016 R&D munkája alapján kialakított elvek
- Normatív terhelésváltozások definiálása
- Mögöttes hálózat inercia konstansa írja le a megújuló penetrációt
- A folyamat során kialakuló legalacsonyabb frekvencia abszolút érték alapján elbírálható a folyamat:
  - **50-49,8 Hz**
  - **49,8-49 Hz**
  - **49 Hz >**

Cél: FTK elkerülés

Normatív terhelésnövekedés mértékek (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Megújuló penetráció (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

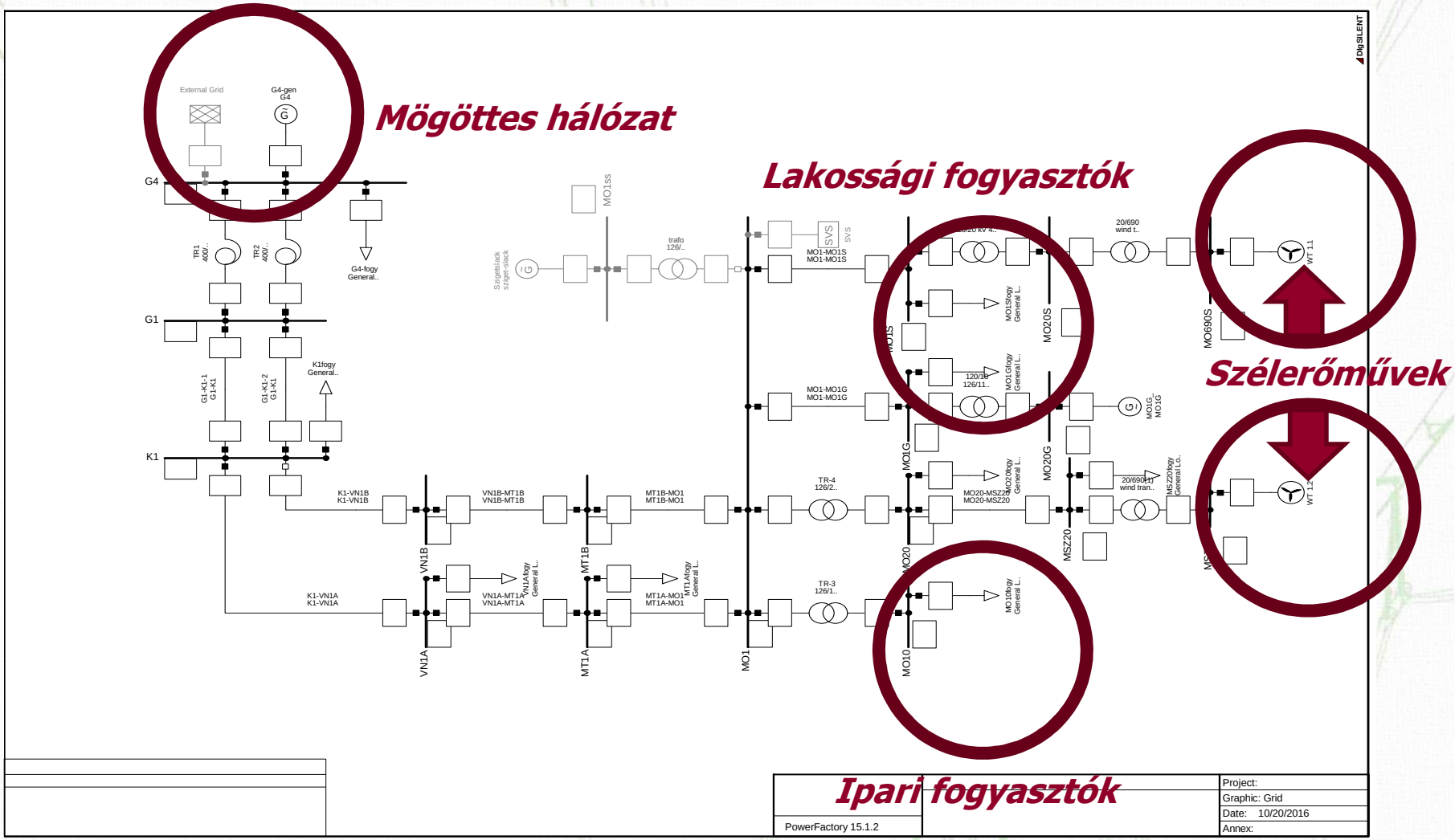
Állapotkép


Frekvencia [Hz]
50
49,5
49
48,5
48
47,5
47
46,5
46
5%
10%
15%
20%
25%
30%
35%
40%
45%
50%
Normatív terhelésnövekedés mértéke [%]
1 s
2 s
3 s
4 s
5 s
6 s
7 s
8 s
9 s
10 s
Inercia konstans (H)

Szabályozási struktúrák

- Középpontban a széleskörű alkalmazhatóság
- Szélerőműre és energiatárolóra is paraméterezhető
- Szelektivitás:
  - Frekvencia gradiens
  - Frekvencia abszolút érték
  - Irányérzékenység
- Válaszidő és meredekség definiálható
- Felfutás és lefutás elkülönített hangolása (rendszerszintű szabályozásba illeszthető!)
- Fix válasz / adaptív válasz
- Aktív állapot / Felépülési szakasz belső jelekkel

Szimulációs eredmények I.

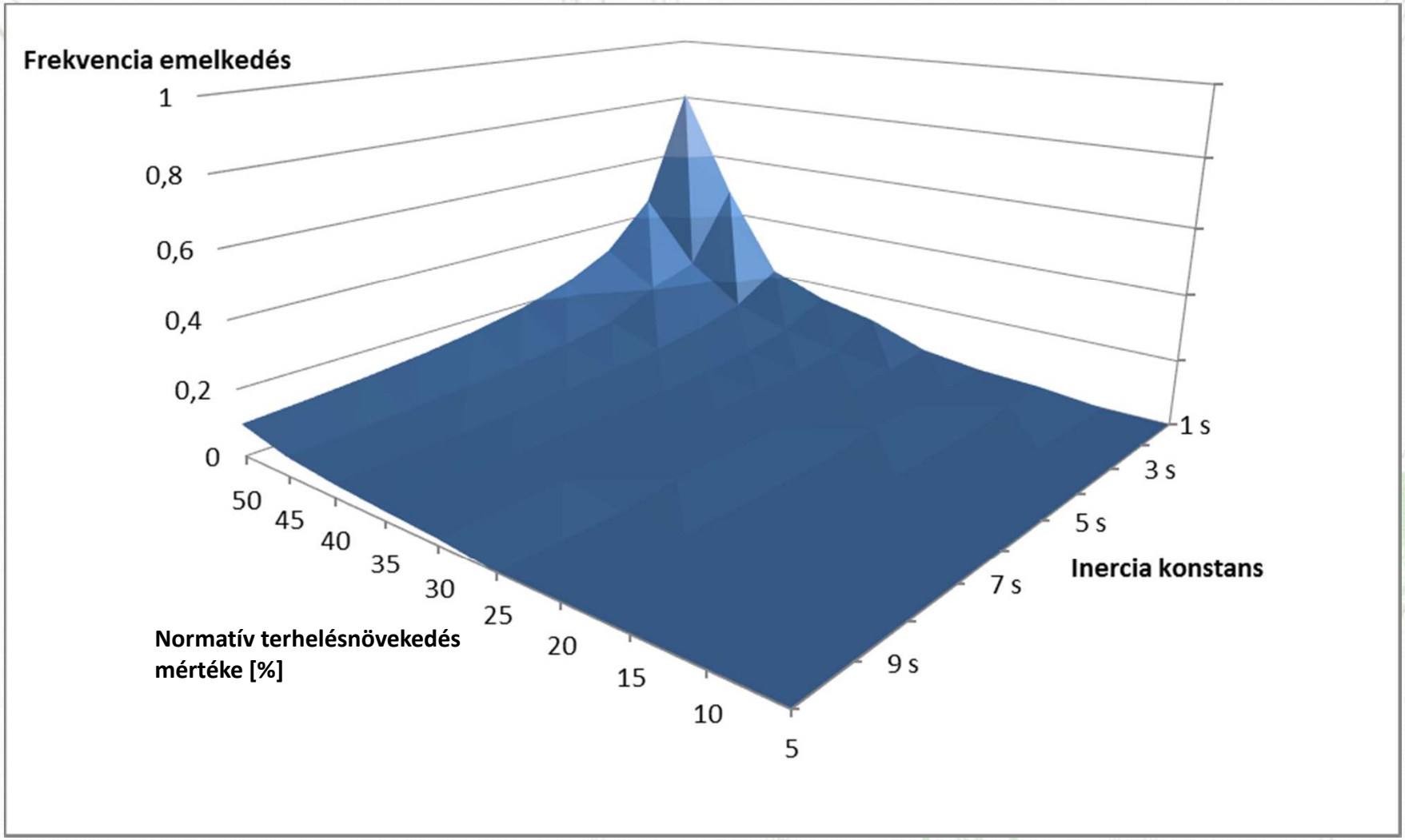


Szimulációs eredmények I.

H(s)\dP(%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	49,902 0,000	49,803 0,000	-0,094	-0,127	-0,181	-0,325	-0,428	-0,530	-0,838	-1,223
2	49,901 0,000	49,802 0,000	-0,017	-0,101	-0,133	-0,183	-0,242	-0,319	-0,470	-0,683
3	49,901 0,000	49,802 0,000	49,823 0,000	-0,074	-0,104	-0,134	-0,170	-0,228	-0,324	-0,470
4	49,948 0,000	49,895 0,000	49,843 0,000	-0,020	-0,081	-0,106	-0,134	-0,178	-0,247	-0,358
5	49,952 0,000	49,905 0,000	49,857 0,000	49,809 0,000	-0,057	-0,087	-0,104	-0,146	-0,200	-0,288
6	49,956 0,000	49,912 0,000	49,868 0,000	49,825 0,000	-0,040	-0,067	-0,096	-0,124	-0,167	-0,240
7	49,959 0,000	49,918 0,000	49,878 0,000	49,837 0,000	-0,016	-0,053	-0,075	-0,108	-0,143	-0,207
8	49,961 0,000	49,923 0,000	49,885 0,000	49,846 0,000	49,808 0,000	-0,040	-0,065	-0,094	-0,124	-0,181
9	49,963 0,000	49,927 0,000	49,890 0,000	49,854 0,000	49,817 0,000	-0,030	-0,055	-0,075	-0,110	-0,160
10	49,965 0,000	49,930 0,000	49,895 0,000	49,860 0,000	49,825 0,000	-0,028	-0,046	-0,066	-0,090	-0,143

37 → 48 → 48 **53 → 48 → 52** **10 → 4 → 0**

Szimulációs eredmények I.



Összefoglalás – I.

A szintetikus inercia képzése megoldást jelenthet bizonyos problémákra – a stabilitás megőrzéséhez további megoldások is szükségesek.

Termelőegységek

A magas megújuló penetráció további, mélyreható fizikai vizsgálata.

Energiatárolás

Bizonyos tároló technológiák képesek gyors reakcióra, az eszkaláció elkerülésére, alkalmazásukat lehetővé kell tenni a megfelelő módon.

Tartalékok

TSO és DSO szinten egyaránt lényeges a tartalékok szerepének revíziója, új tervezési eljárások bevezetése.

Stabilitás megőrzése

Piac

A piaci szerepkörök tisztázása elengedhetetlen: a TSO és DSO szerepek, felelősségkörök változnak.

Technológia

A rendszerszabályozásba integrálást meg kell valósítani, hatékony és koordinált módon (műszaki és költség optimum)

Reguláció

Regulációs támogatás, jól megfogalmazott szabályrendszer szükséges.

Összefoglalás – II.

Rendszerintegrációs kérdések:

- A **rendszerszabályozás** a megváltozott körülmények közt részletes revíziót kíván
- A teljesítményelektronikai átalakítókon keresztül hálózatra csatlakozó termelők bevonása megkerülhetetlen
- Új szolgáltatások jelenhetnek meg a rendszer fizikai viselkedésének átalakulásával
- A kulcskérdés a **koordináció**

A szintetikus inercia vizsgálata:

- A szelektivitás és érzékenység szimulációs vizsgálata elvégezhető
- A szélerőművek dinamikai terhelhetőségük határán képesek a veszélyes üzemállapotok többségének elhárítására a vizsgált esetekben (~70%)
- A fennmaradó kritikus esetekben 6, illetve 20 MW tároló névleges teljesítmény elégséges volt az FTK elkerüléshez
- A dinamikus paraméterek változtathatóságával az **emulálás sikeressége** elbírálható

Köszönjük szépen a megtisztelő figyelmet!