FASTER

A szintetikus inercia vizsgálata

Magyar Elektrotechnikai Egyesület 65. Vándorgyűlése
Thermal Hotel Visegrád
2018.09.13.

Táczi István
Témavezető: Dr. Vokony István

MŰEGYETEM 1782

BME VILLAMOSMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

Villamos Energetika Tanszék
Villamos Művek és Környezet Csoport

Problémafelvetés

- Szinkrongenerátorok ←→ teljesítményelektronikai átalakítók
- Forgó tömeg nélküli villamosenergia-termelés részarányának növelése → *frekvenciastabilitás*
- Megoldási lehetőségek
  - Új üzemeltetési korlátok (minimális forgó tömeg)
  - Szabályozási algoritmusok fejlesztése („szintetikus” forgó tömeg)
  - Határértékek felülvizsgálása
  - Fogyasztóoldali befolyásolás
  - Szinkron kompenzátorok alkalmazása

Inercia emulálási lehetőségei

- **Szélerőművek**
- **Energiatároló berendezések**
- Egyenáramú/hibrid hálózatok csatlakozási pontjai

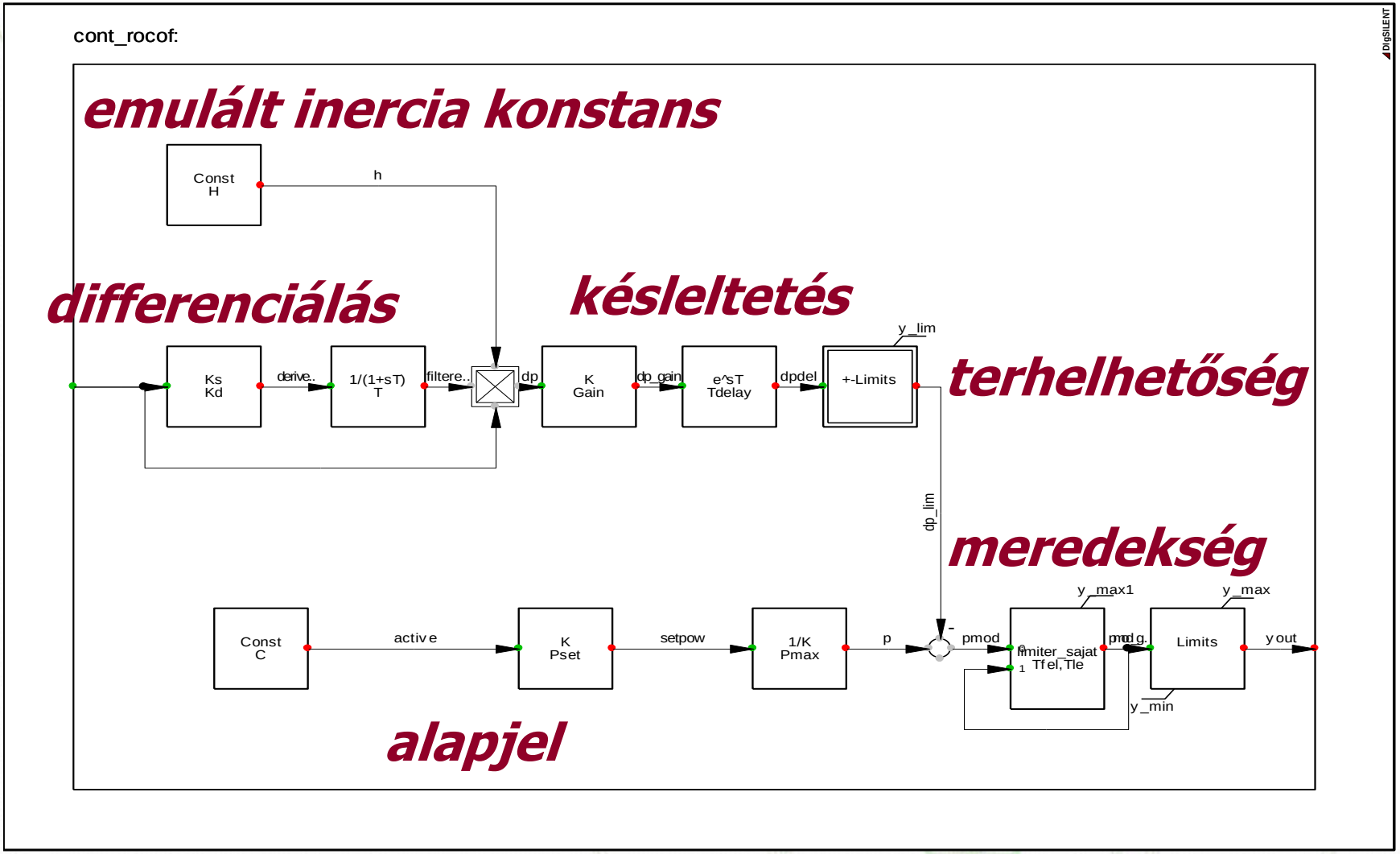
Lengési egyenlet alapú megközelítés:

$$\Delta p = 2Hf_R \frac{df_R}{dt}$$

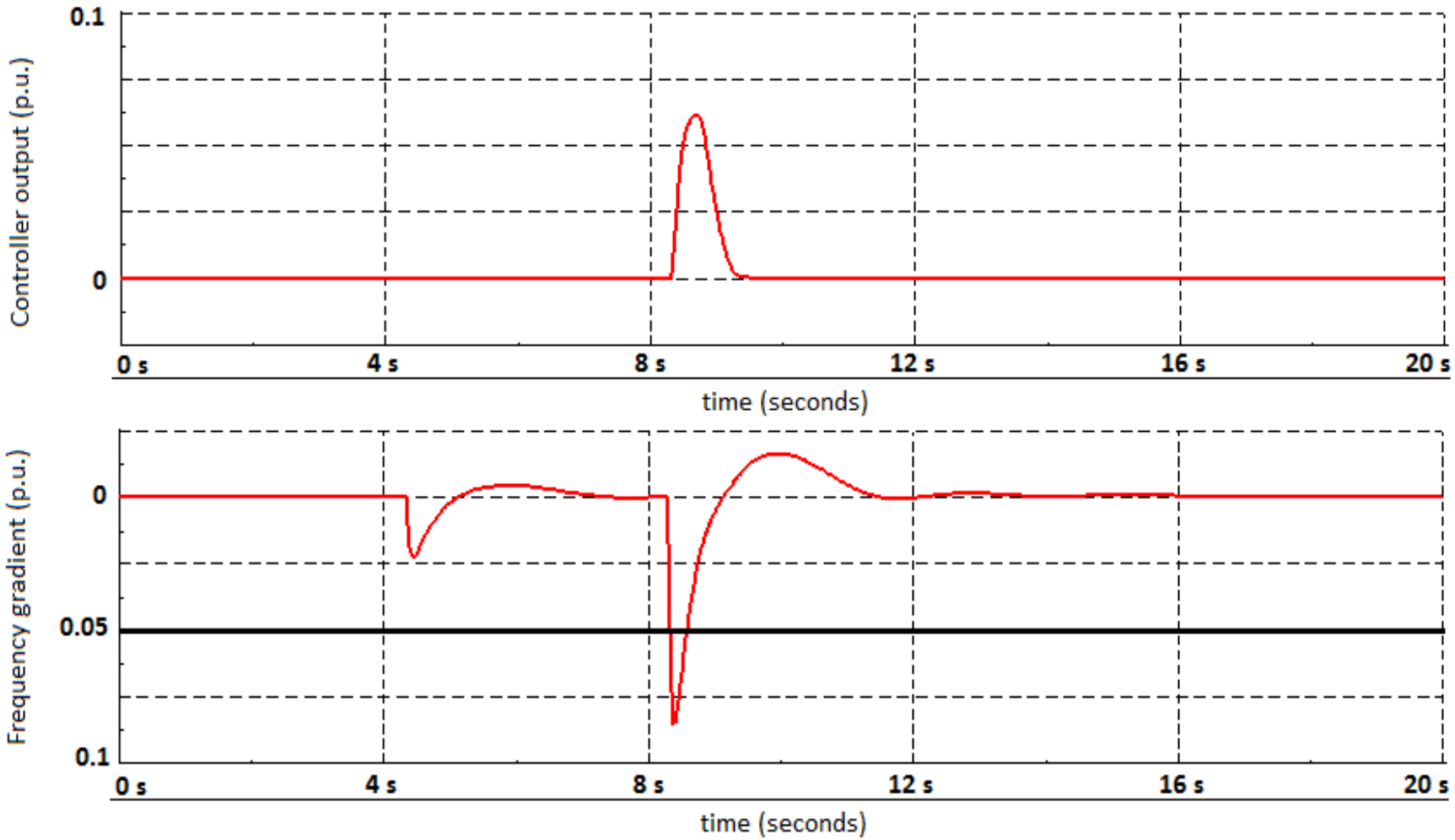
Szabályozási struktúrák

- 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*

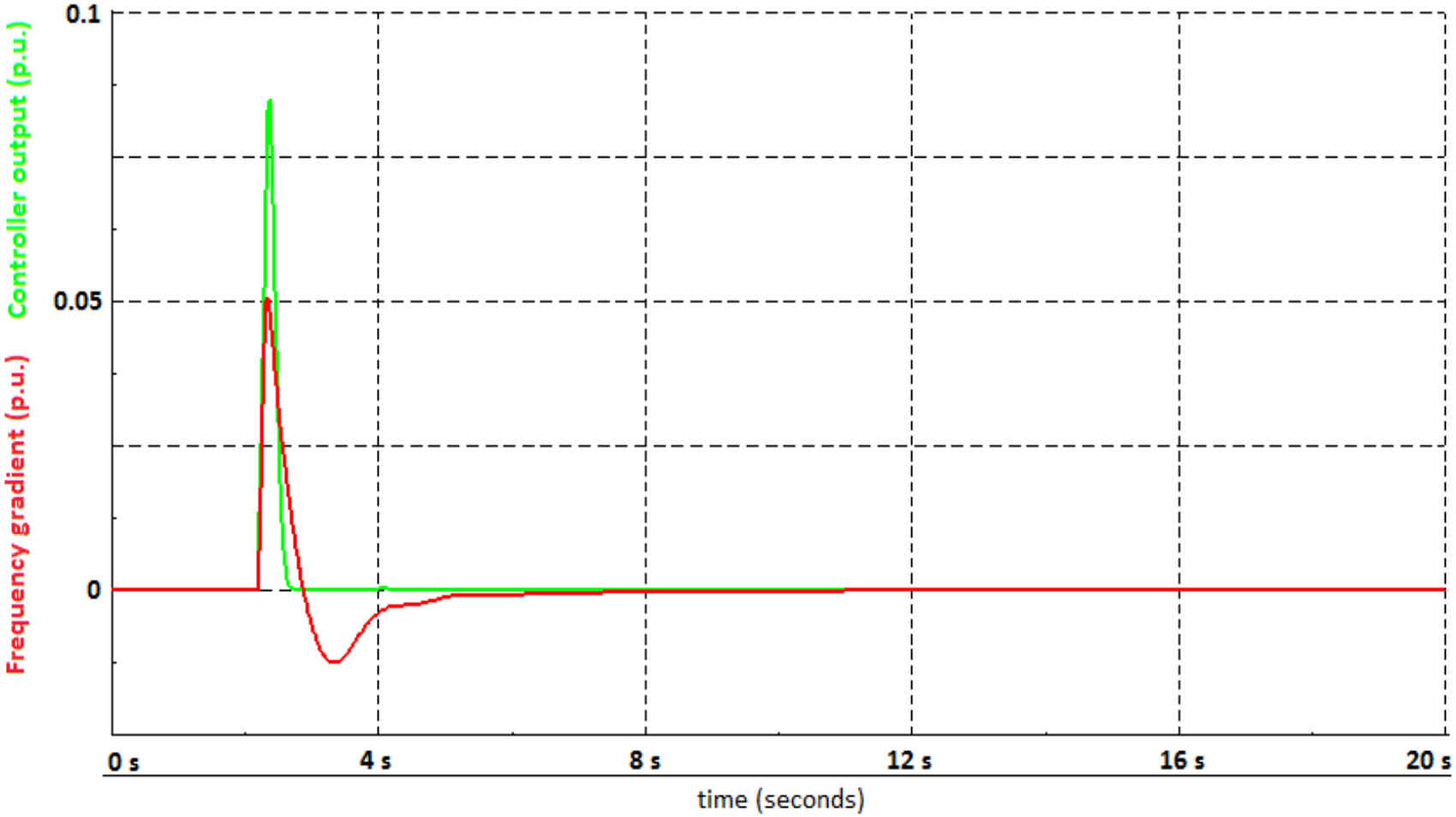
Alap struktúra



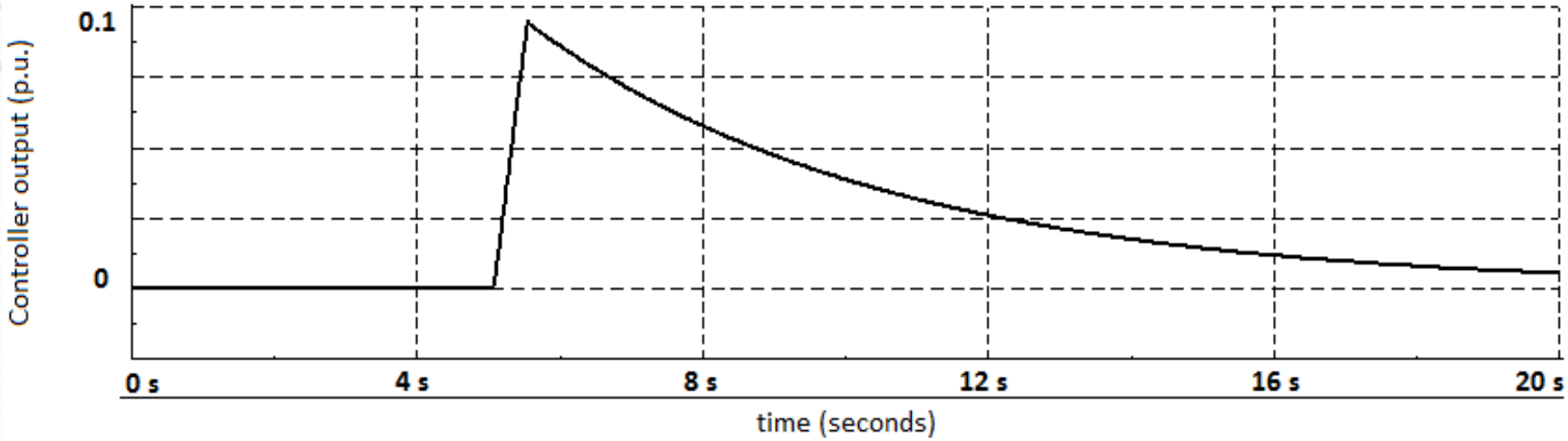
Gradiens szelektivitás

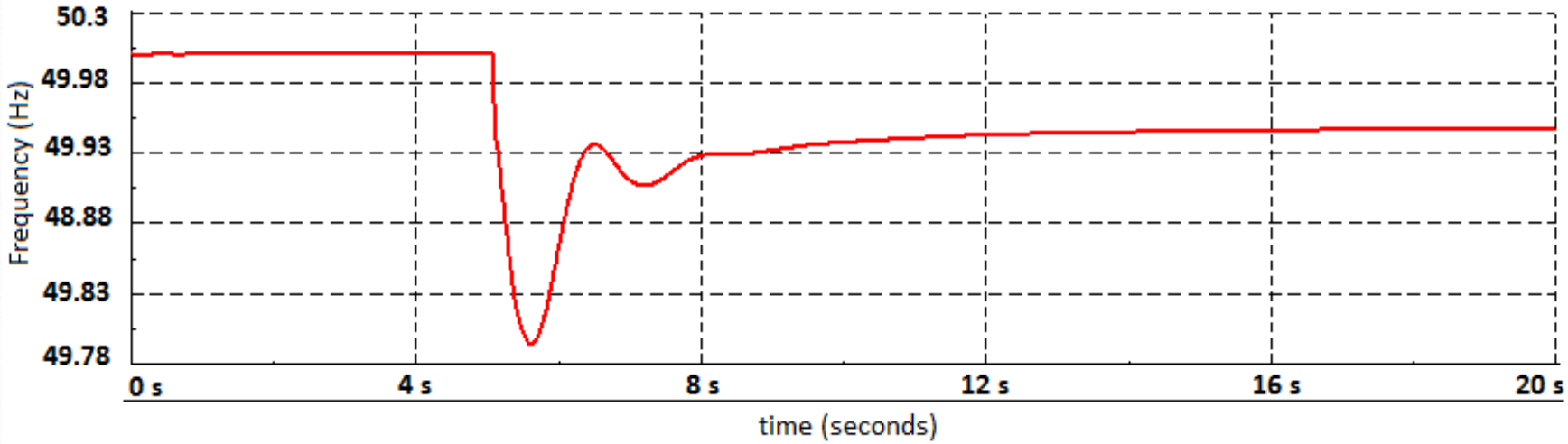


Irányérzékenység

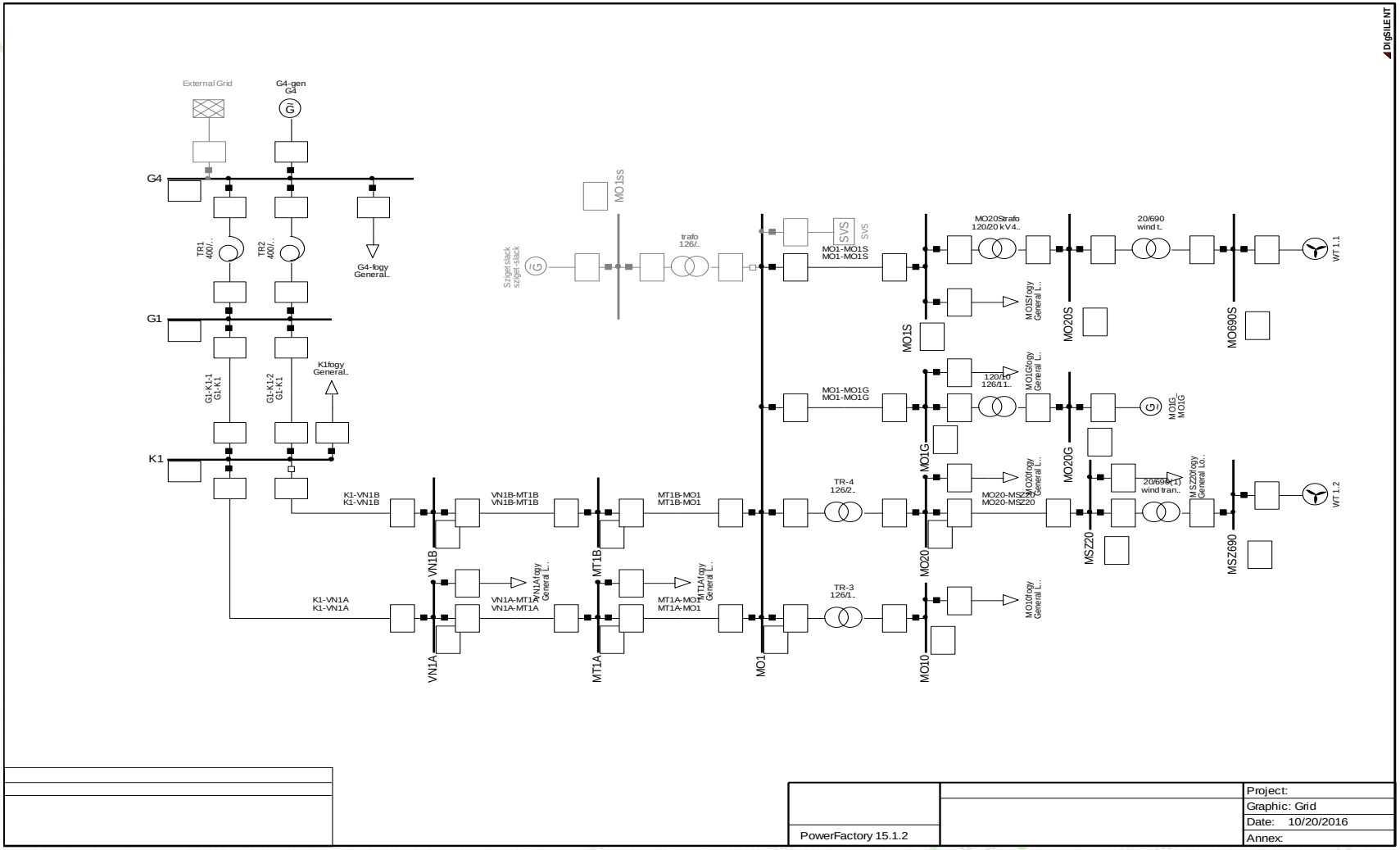


Szeparált fel/lefutás hangolás





Szimulációs eredmények I.



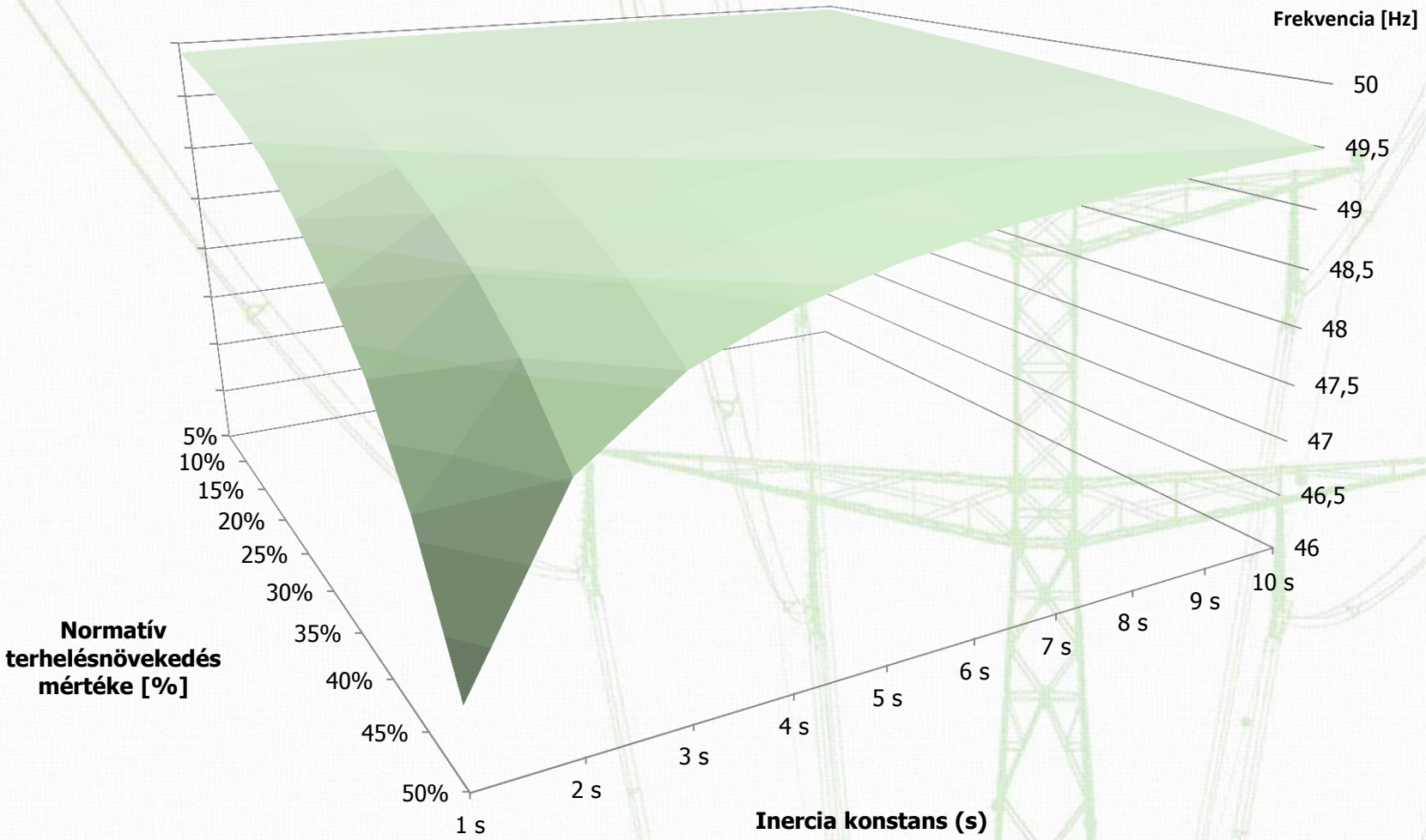
Vizsgálati módszertan

- 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**
  - **49,8-49,0 Hz**
  - **49,0 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

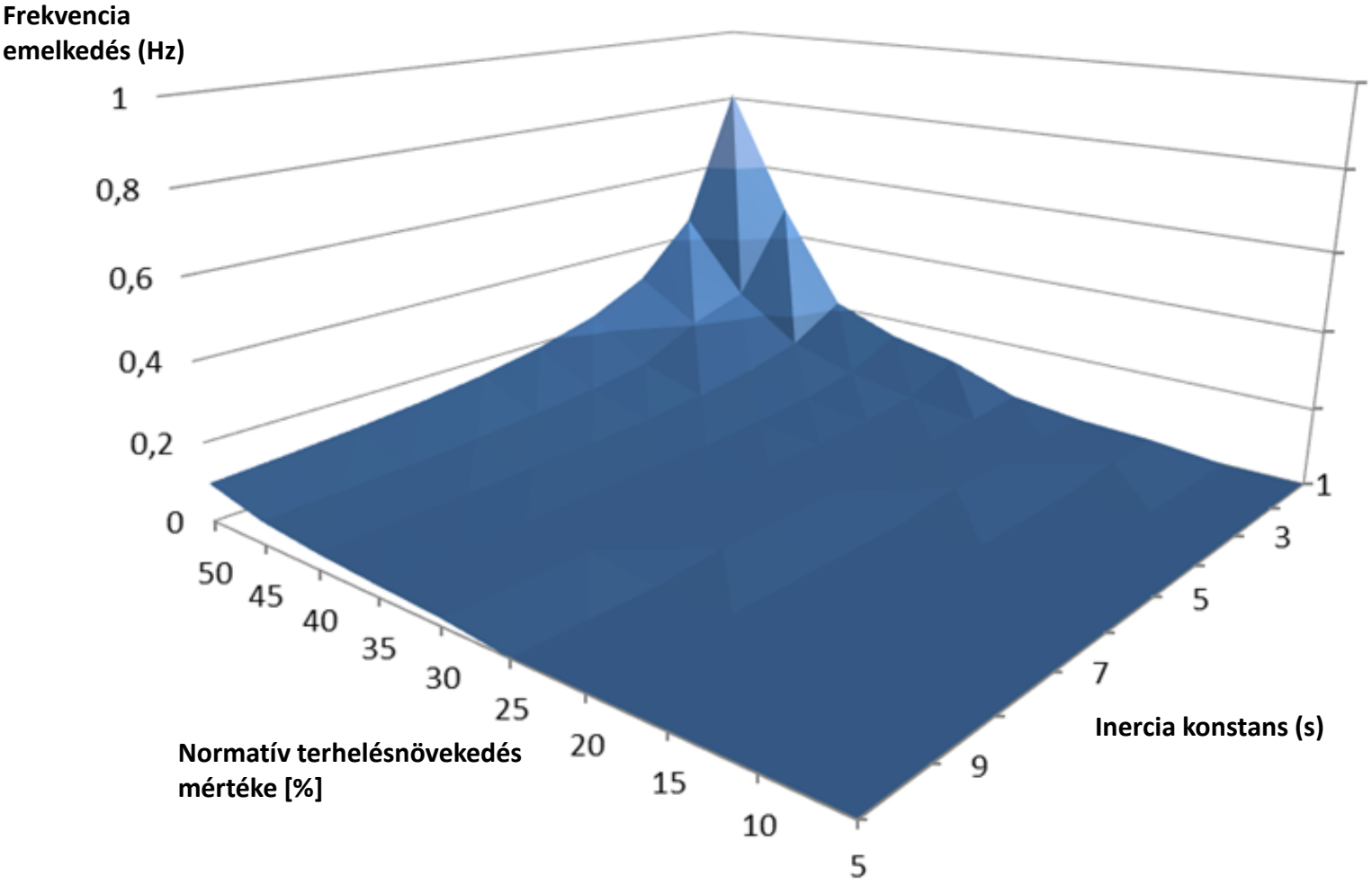

Frekvencia [Hz]
50
49,5
49
48,5
48
47,5
47
46,5
46
5%
10%
15%
20%
25%
30%
35%
40%
45%
50%
Normatív terhelésnövekedés mértéke [%]
1 s
2 s
3 s
4 s
5 s
6 s
7 s
8 s
9 s
10 s
Inercia konstans (s)

Szimulációs eredmények I.

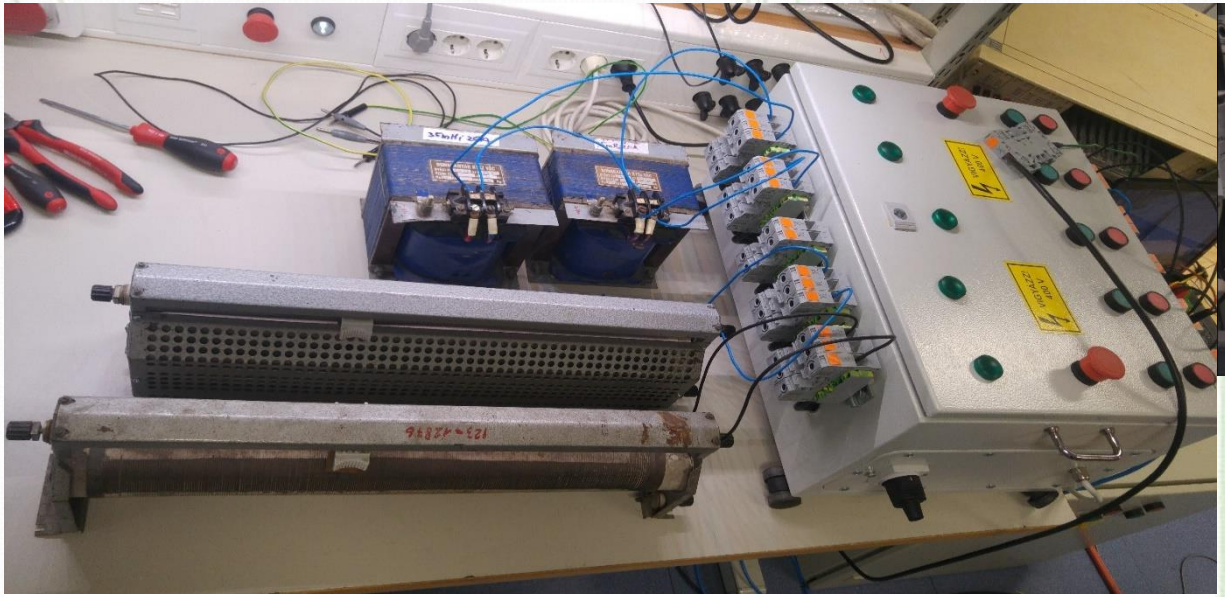
H(s)\dP(%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	49,912	49,823	-0,094	-0,127	-0,181	-0,325	-0,428	-0,530	-0,838	-1,223
2	49,931	49,862	-0,017	-0,101	-0,133	-0,183	-0,242	-0,319	-0,470	-0,683
3	49,941	49,882	49,823	-0,074	-0,104	-0,134	-0,170	-0,228	-0,324	-0,470
4	49,948	49,895	49,843	-0,020	-0,081	-0,106	-0,134	-0,178	-0,247	-0,358
5	49,952	49,905	49,857	49,809	-0,057	-0,087	-0,104	-0,146	-0,200	-0,288
6	49,956	49,912	49,868	49,825	-0,040	-0,067	-0,096	-0,124	-0,167	-0,240
7	49,959	49,918	49,878	49,837	-0,016	-0,053	-0,075	-0,108	-0,143	-0,207
8	49,961	49,923	49,885	49,846	49,808	-0,040	-0,065	-0,094	-0,124	-0,181
9	49,963	49,927	49,890	49,854	49,817	-0,030	-0,055	-0,075	-0,110	-0,160
10	49,965	49,930	49,895	49,860	49,825	-0,028	-0,046	-0,066	-0,090	-0,143

37 → 48 → 48 53 → 48 → 52 10 → 4 → 0

Szimulációs eredmények I.



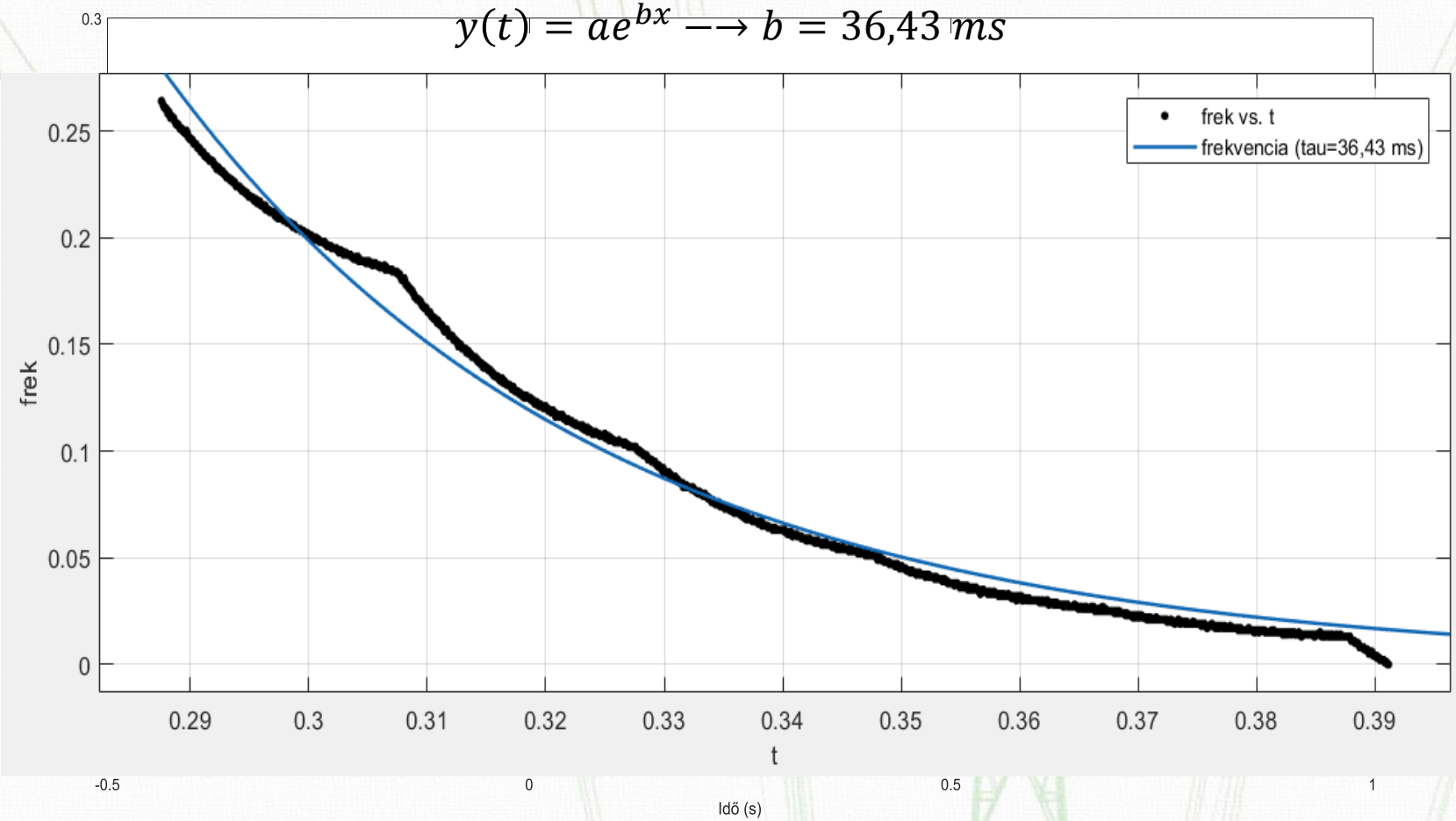
Laboratóriumi mérések



Paraméter	Érték
Bemeneti DC feszültség	329-438 V
Kimeneti AC feszültség	230/400 V, nullavezetővel
Névleges háromfázisú teljesítmény	60 kW
Névleges frekvencia	50 Hz
Tömeg	120 kg
Névleges áram	87 A
Maximális áram	130 A

Mérések értékelése

$$y(t) = ae^{bx} \longrightarrow b = 36{,}43\ ms$$



Összefoglalás

- A rendszer frekvenciastabilitása a közeljövő kritikus kérdése
- A fejlesztett modellezés és szimulációs környezet alkalmas hatásvizsgálatra, előzetes elemzések elvégzésére
  - Szelektivitások tesztelése
  - Érzékenységvizsgálat
- Az eredmények alapján a szintetikus inercia megfelelő beállítások mellett kitűnő megoldási alternatíva → **rendszerintegráció**

FASTER

Future Applications of Sustainable Transmission and Distribution Energy Research

Köszönöm szépen a megtisztelő figyelmet!

Táczi István
taczi.istvan@vet.bme.hu