

Modern irányításelméleti lehetőségek az inverteres termelőegységek szabályozásában

Sütő Bence

PhD hallgató

XI. Mechwart András Ifjúsági Találkozó, Szeged, 2021.09.21.

- > Modern irányításelméleti lehetőségek
- > A zárt rendszer modelljei
 - > Szakasz modell
 - > Kaszkád PI szabályozó modell
 - > Állapotvisszacsatolás modellje
- > PI szabályozó és állapotvisszacsatolás összehasonlítása
- > Kitekintés

Mikrogrid szabályozás

Inverterek
összehangolása

Felsőbb szintű inverter szabályozás

Teljesítményszabályozás
Kisegítő funkciók

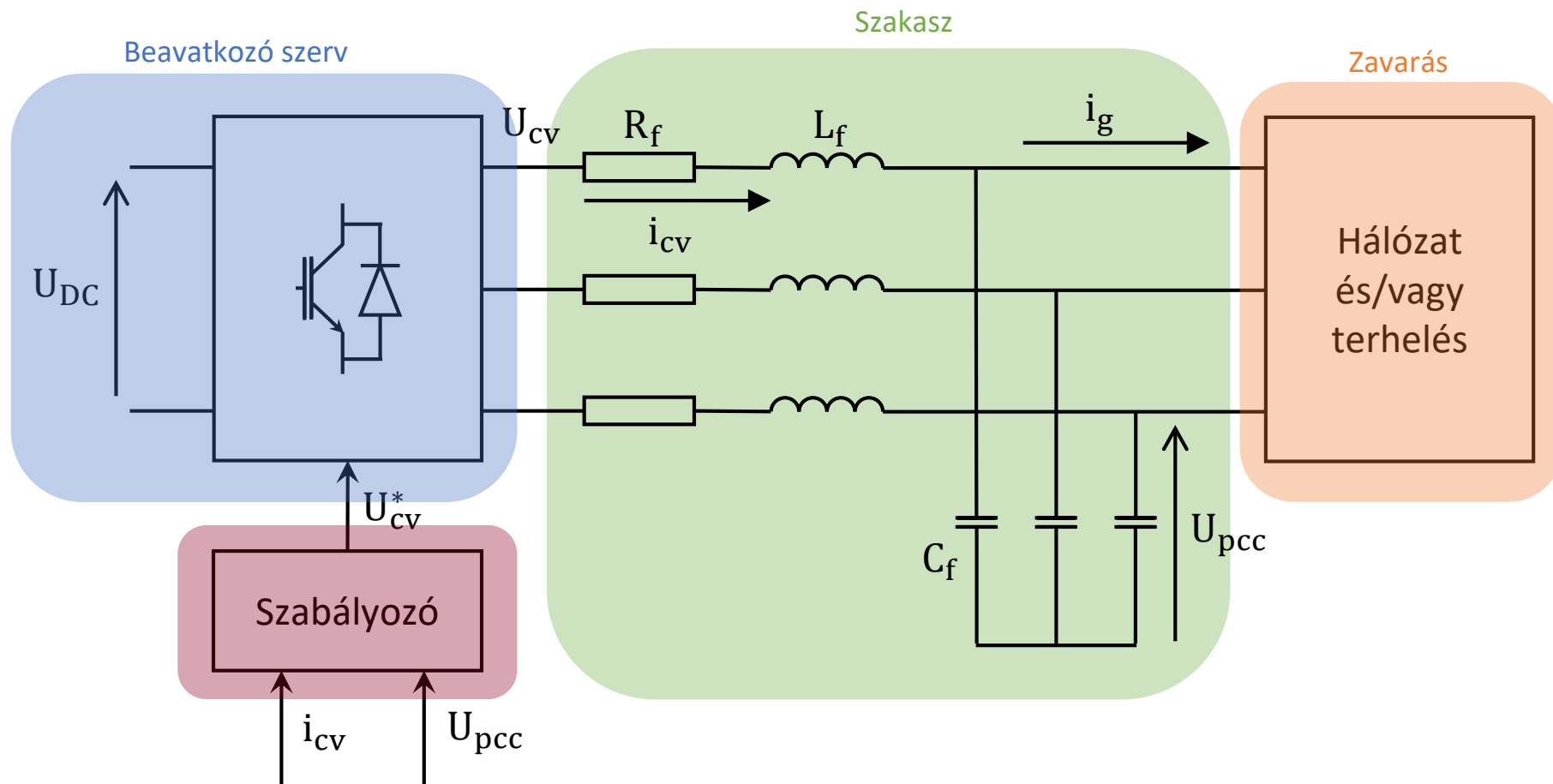
Alsóbb szintű inverter szabályozás

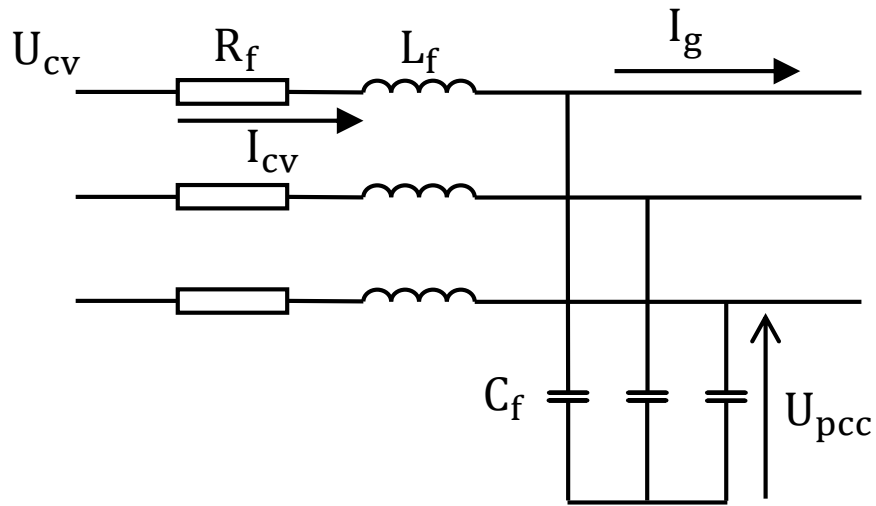
Feszültség- és
áramszabályozás

- > Az állapottérben megvalósított állapotvisszacsatolás jobb dinamikával rendelkezik, mint a tradicionális PI szabályozós megoldás?

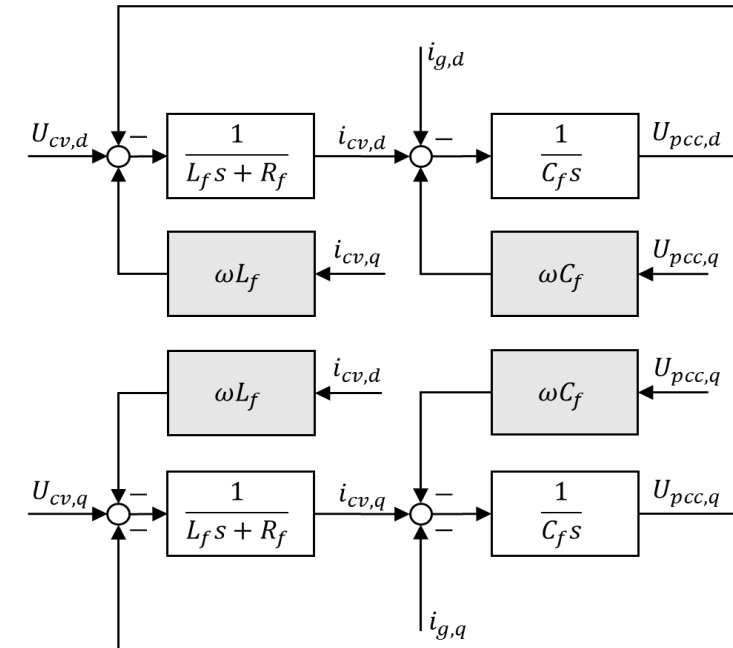
A zárt rendszer és részmodelljei

A teljes rendszer





Folytonos idejű átviteli függvény



Diszkrét idejű állapotteres leírás

$$x = \begin{bmatrix} i_{cv,d} \\ i_{cv,q} \\ U_{pcc,d} \\ U_{pcc,q} \end{bmatrix}, u = \begin{bmatrix} U_{cv,d} \\ U_{cv,q} \end{bmatrix}, d = \begin{bmatrix} i_{g,d} \\ i_{g,q} \end{bmatrix} y = \begin{bmatrix} U_{pcc,d} \\ U_{pcc,q} \end{bmatrix}$$

$$x_{k+1} = Ax_k + B_u u_k + B_d d$$

$$y = Cx_k$$

> Kaszkád szabályozó

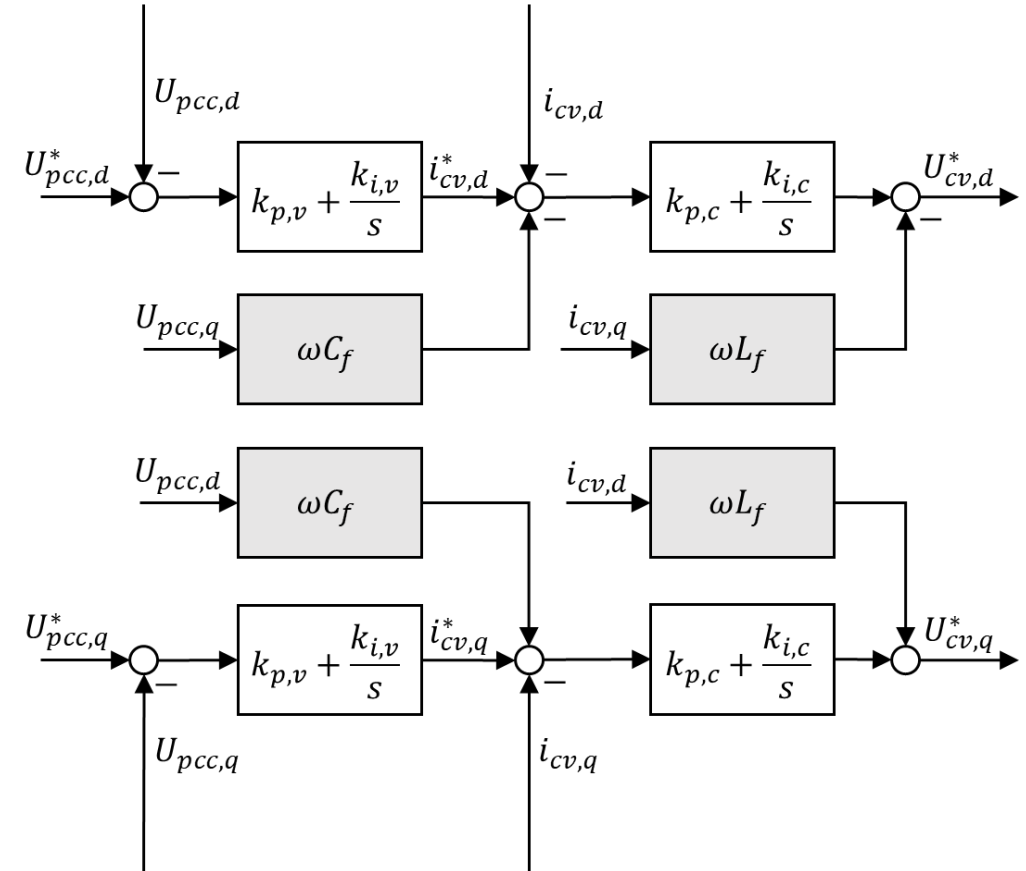
- > Belső áramszabályozó kör tervezése póluskiejtés elvén - τ paraméter

$$k_{p,c} = \frac{L_f}{\tau} \qquad k_{i,c} = \frac{R_f}{\tau}$$

- > Külső feszültségszabályozó kör tervezése szimmetrikus optimum elvén - a paraméter

$$k_{p,v} = \frac{C_f}{a\tau} \qquad k_{i,v} = \frac{C_f}{a^3\tau^2}$$

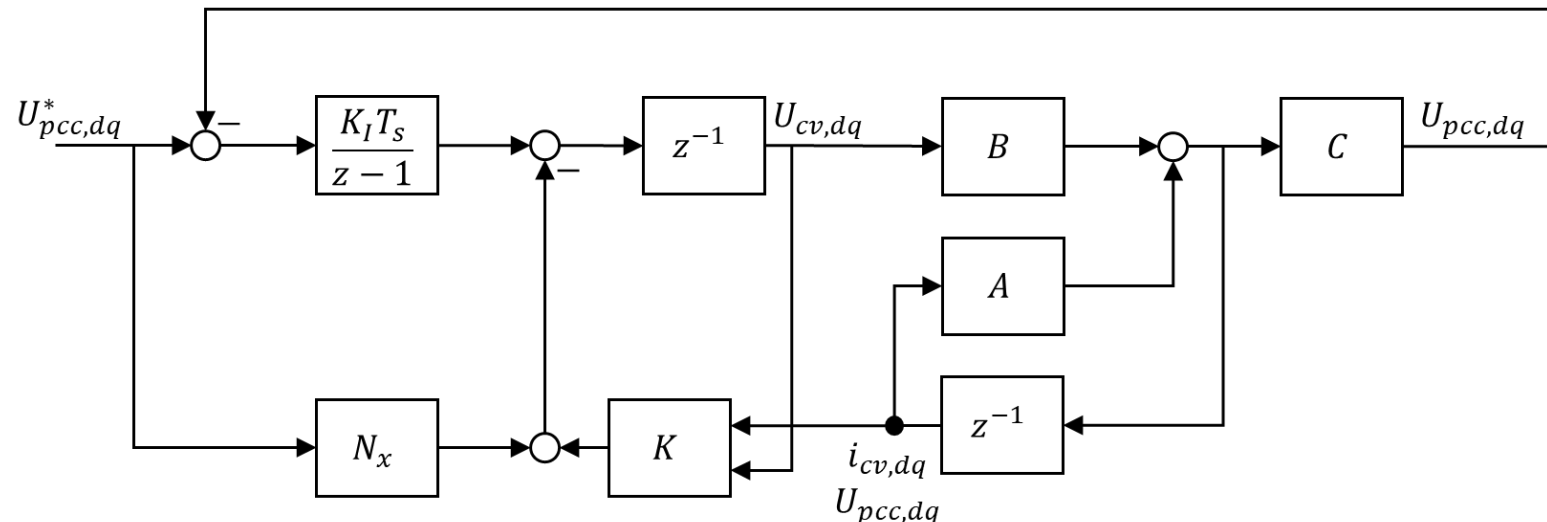
> Keresztcsatolás kompenzálás utólag



- > Tervezés optimális LQ szabályozóként - Q, R paraméterek

$$J(x, u) = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} \langle Qx(k), x(k) + Ru(k), u(k) \rangle + \frac{1}{2} \langle Q_N x(N), x(N) \rangle$$

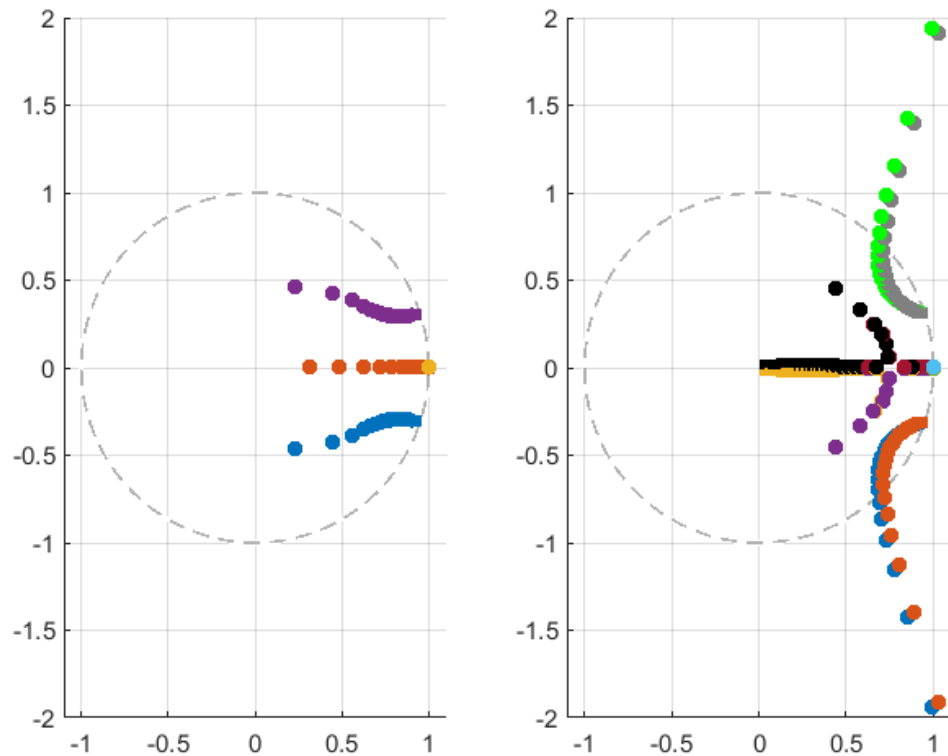
- > Kiszámítandó N_x, K, K_I értéke



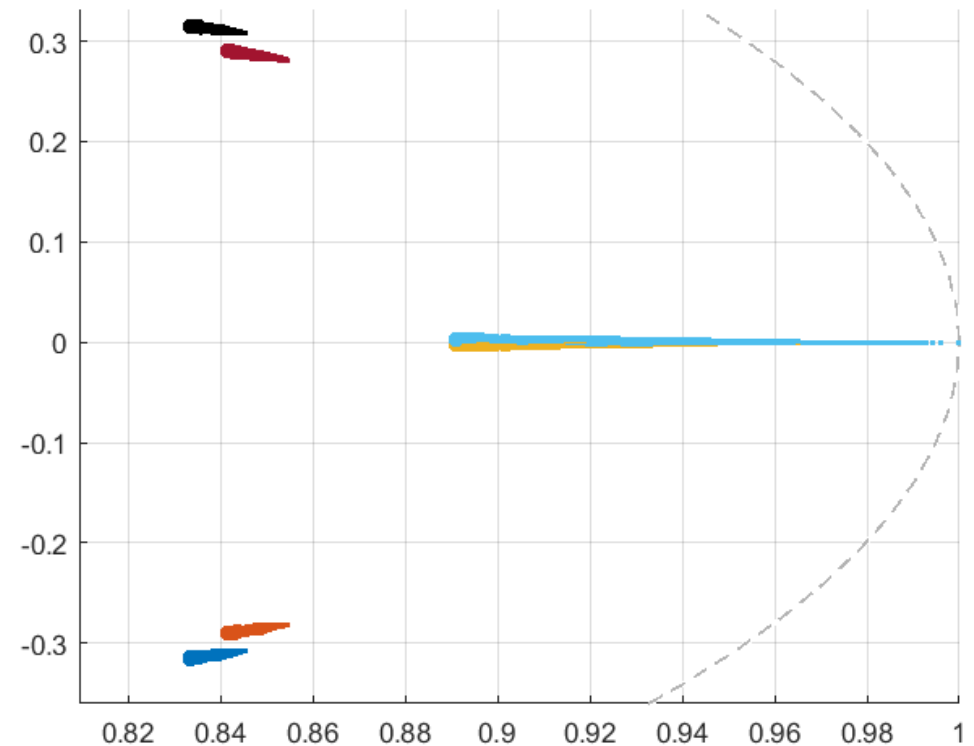
Elméleti és szimulációs összehasonlítás eredményei

Póluselrendezés vizsgálata

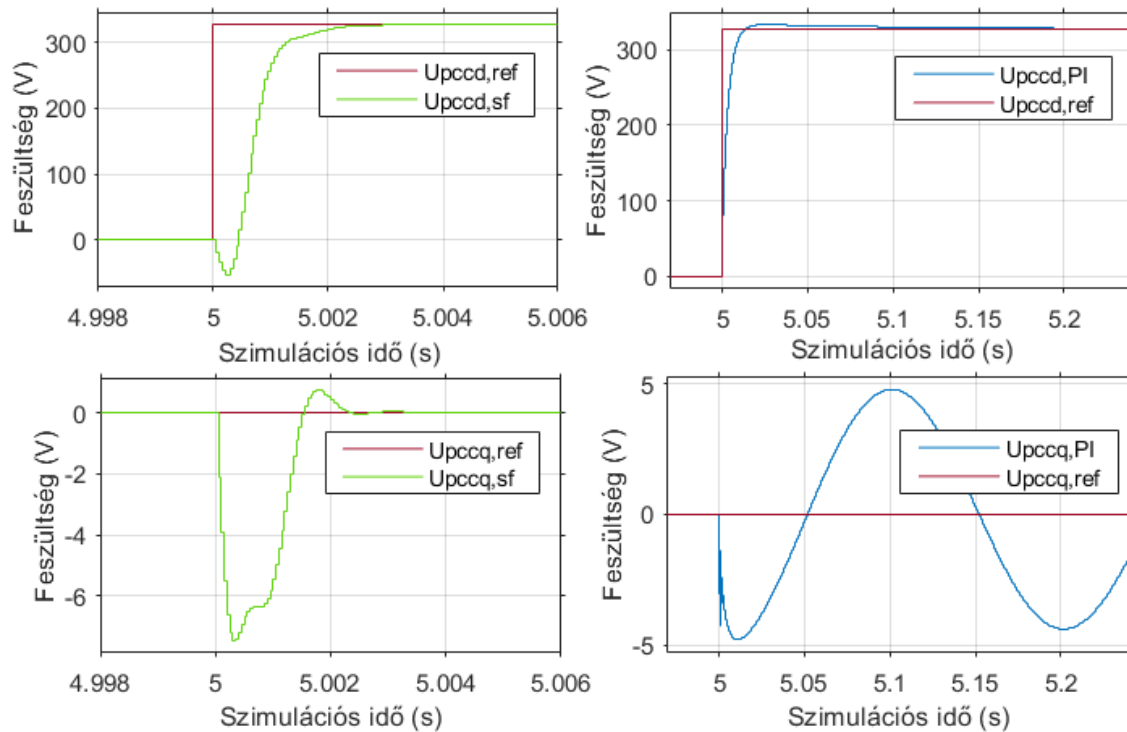
PI szabályozott rendszerben τ csökkentése
2 ms-ról 20 μ s-ra (a változatlan)



Állapotvisszacsatolt rendszerben
alapjelkövetés súlyozása Q -val



Alapjelkövetés



Paraméterérzékenység

L_f, C_f szorzó	0,1	0,5	1,1	1,5	2	3
$\min\{U_{pcc,d}\}$ (V)	-158,6	-76,4	-49,2	-37,7	-28,4	-17,3
$\max\{U_{pcc,d}\}$ (V)	-	-	-	355,6	405,3	481,6
$\min\{U_{pcc,q}\}$ (V)	-18	-10,1	-7,6	-14,8	-26,1	-70,4
$\max\{U_{pcc,q}\}$ (V)	3,6	1	1,4	7,3	22,2	73,6

Kitekintés

- > Alapjelkövetés elérése módosított költségfüggvénnyel
- > Implementálás és tesztelés RTS rendszerben
- > További modern irányításelméleti megoldások vizsgálata
 - > Model predictive control
 - > Robusztus szabályozás (H_∞ szabályozó)
- > Alkalmazás a felsőbb irányítások, és a mikrogrid vezérlés szintjén

Köszönöm a figyelmet!

Sütő Bence, suto.bence@bme.hu