



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Háromfázisú aszinkron gép mezőorientált szabályozása

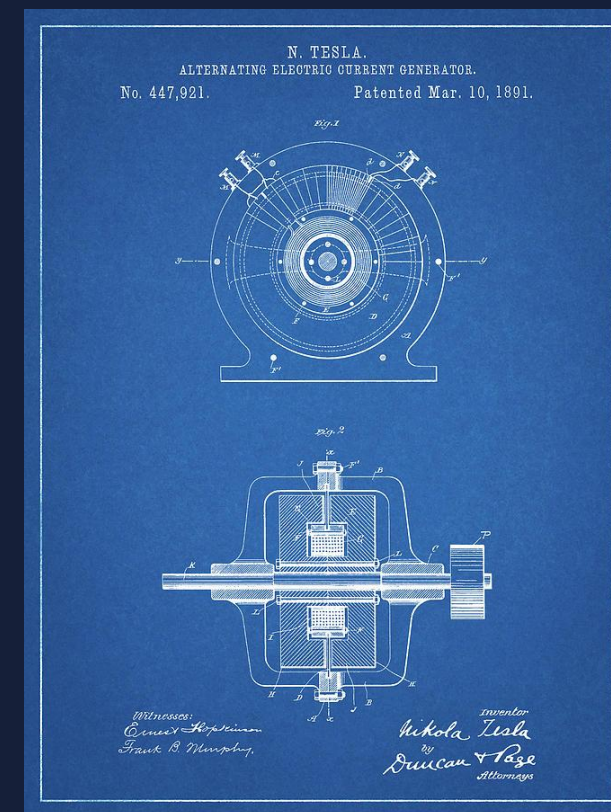
Készítette : Arnóczy László Vince YKQEYD

Mérnökinformatikus BSC
2024

Belső konzulens: Lovas István
Külső konzulens: Sipos Gergő

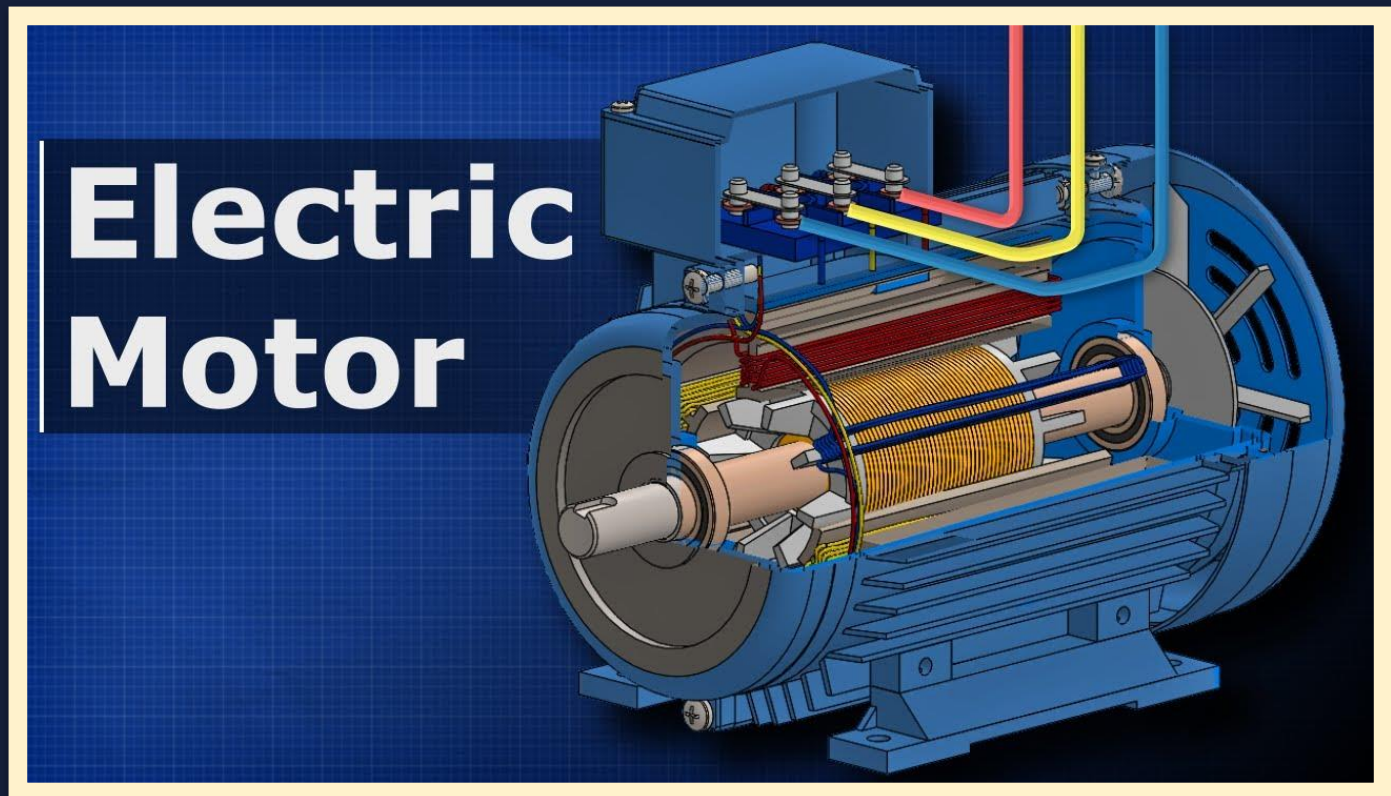
Tartalomjegyzék

- I. Mezőorientált szabályozás bemutatása
- II. Rendszerterv
- III. Komponensek
- IV. Mérések
- V. Összegzés és továbbfejlesztési lehetőségek

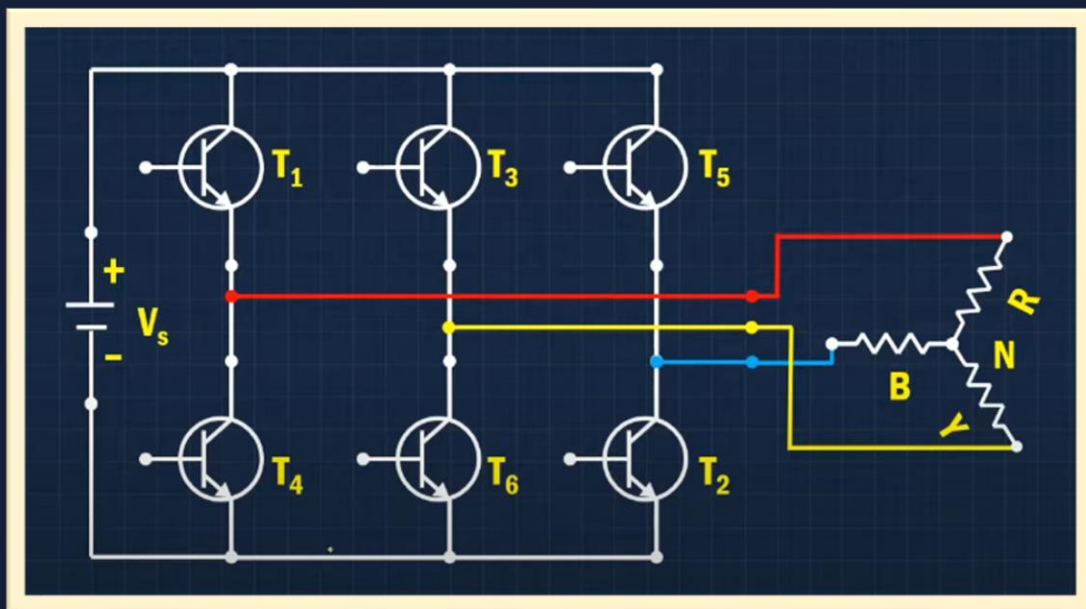


I. Mezőorientált szabályozás elterjedése

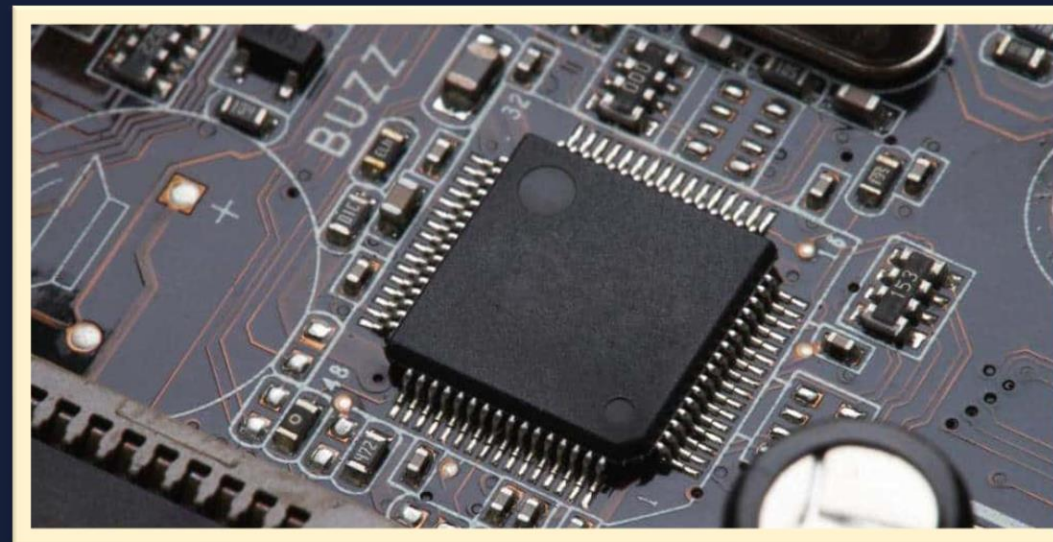
- **Cél** : Háromfázisú motorok hatékonyabb szabályozása (1970)
- Zárt kör szabályozásán alapul
- Vektor kontrollok közé tartozik
- Előtte skalár kontrollok
- Nyomatékszabályozás
- Sebességszabályozás



Elterjedésének okai



Inverterek megjelenése



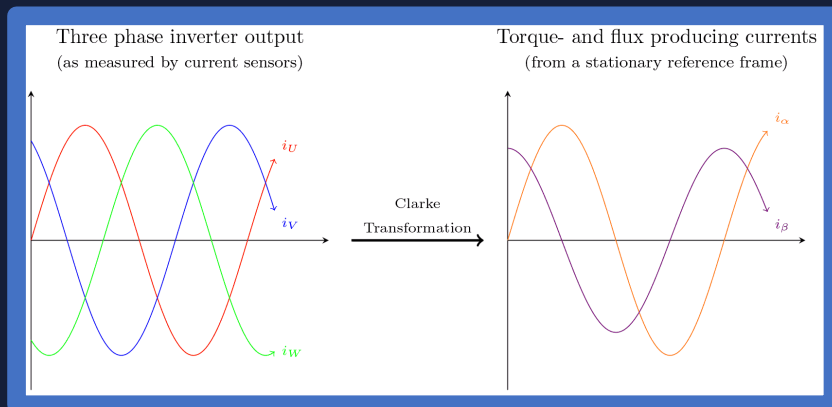
Mikrokontrollerek számítási teljesítményének növekedése

Szabályozási kör visszacsatolt értékei

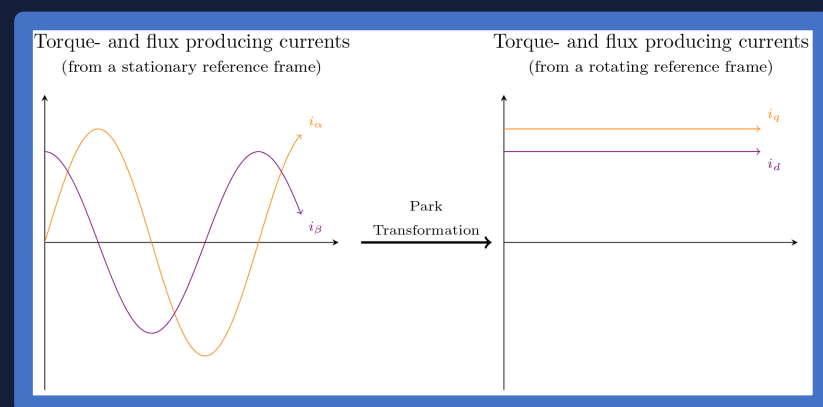
1. Sator áram fluxusképző komponense (D - irányú áram)
2. Sator áram nyomatékképző komponense (Q –irányú áram)
3. Rotorfluxus szög meghatározása

Ehhez szükséges:

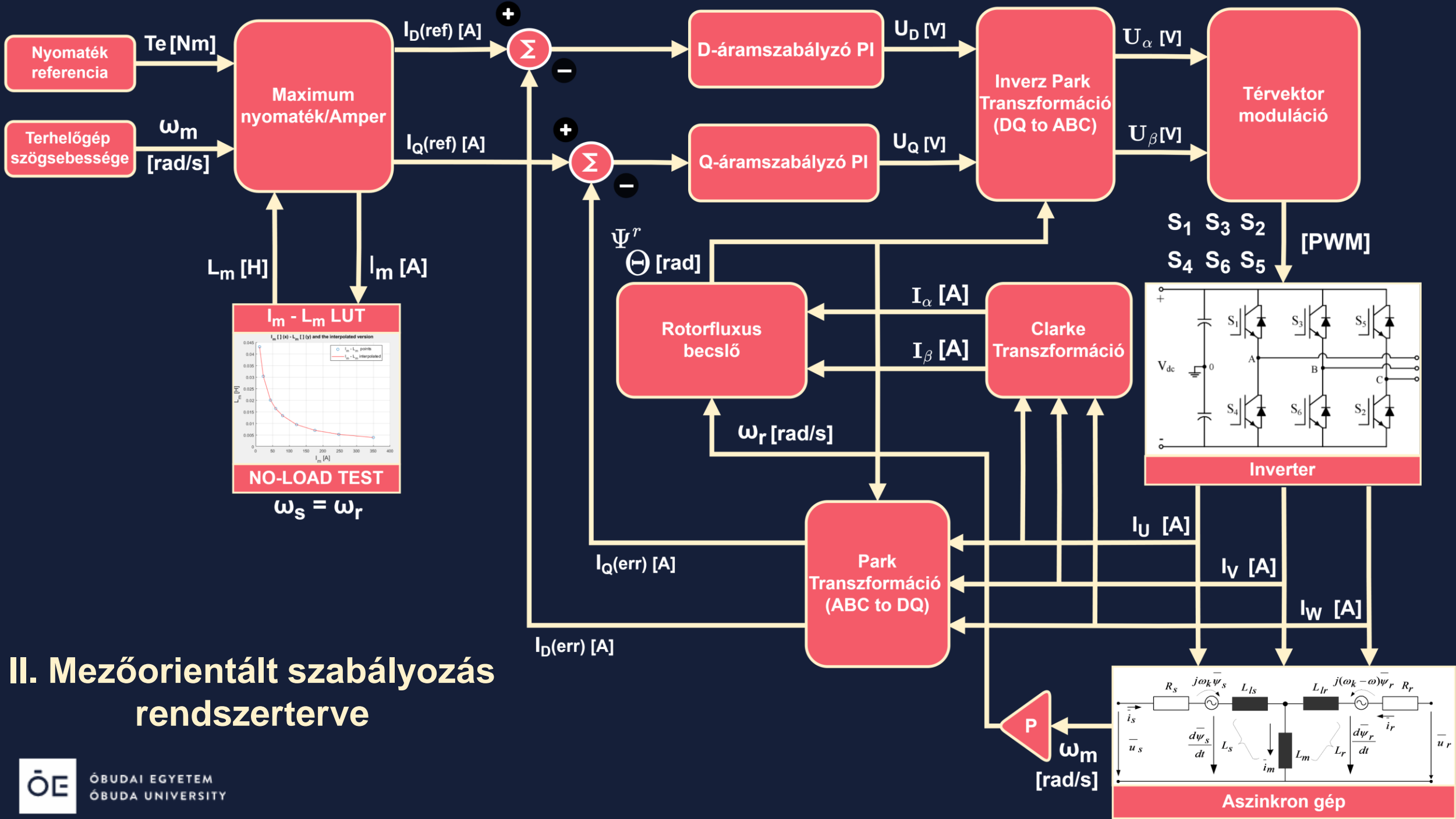
➡ Koordináta-transzformációk, melyek egyszerűsítik a háromfázisú rendszert



Clarke – transzformáció (időfüggő)



Park – transzformáció (időfüggetlen)



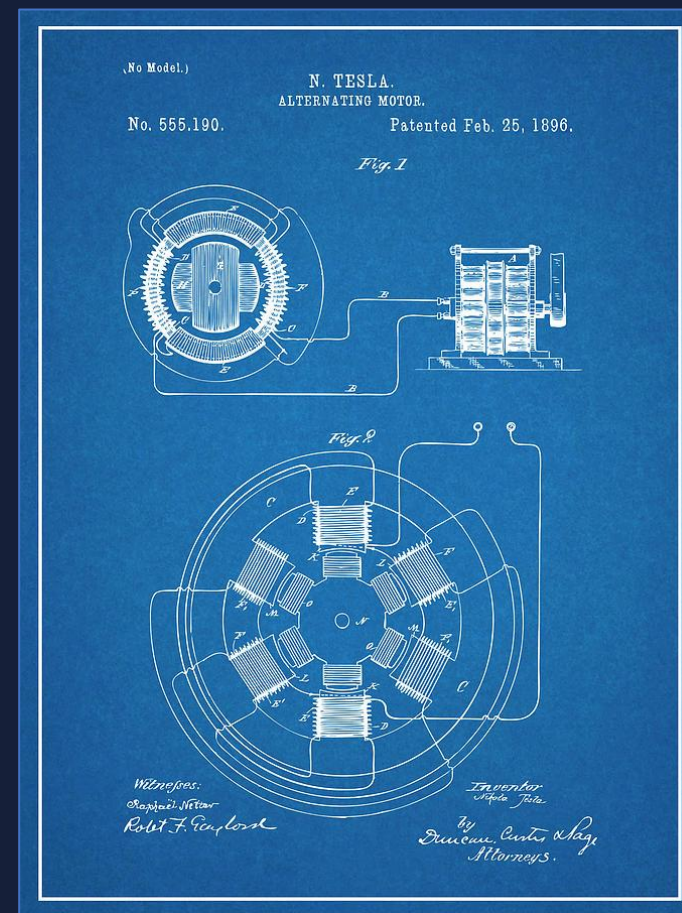
III. Komponensek

Nyomatékszabályozás (FOC)

1. MTPA stratégia
2. Áramszabályzók
3. Invertervezérlés
4. Rotorfluxus becslő

Sebességszabályozás és open loop tesztelés

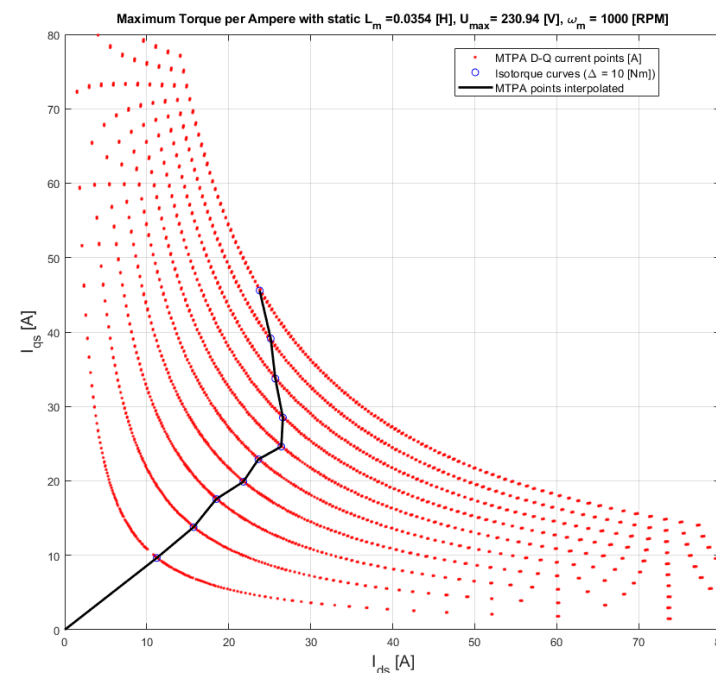
1. U/f control
2. Aluláteresztő IIR szűrő tervezése
(PWM feszültség → Fázisfeszültség)



Maximum nyomaték per amper stratégia

Cél : A legkisebb D – Q áramok megtalálása adott nyomaték referenciához

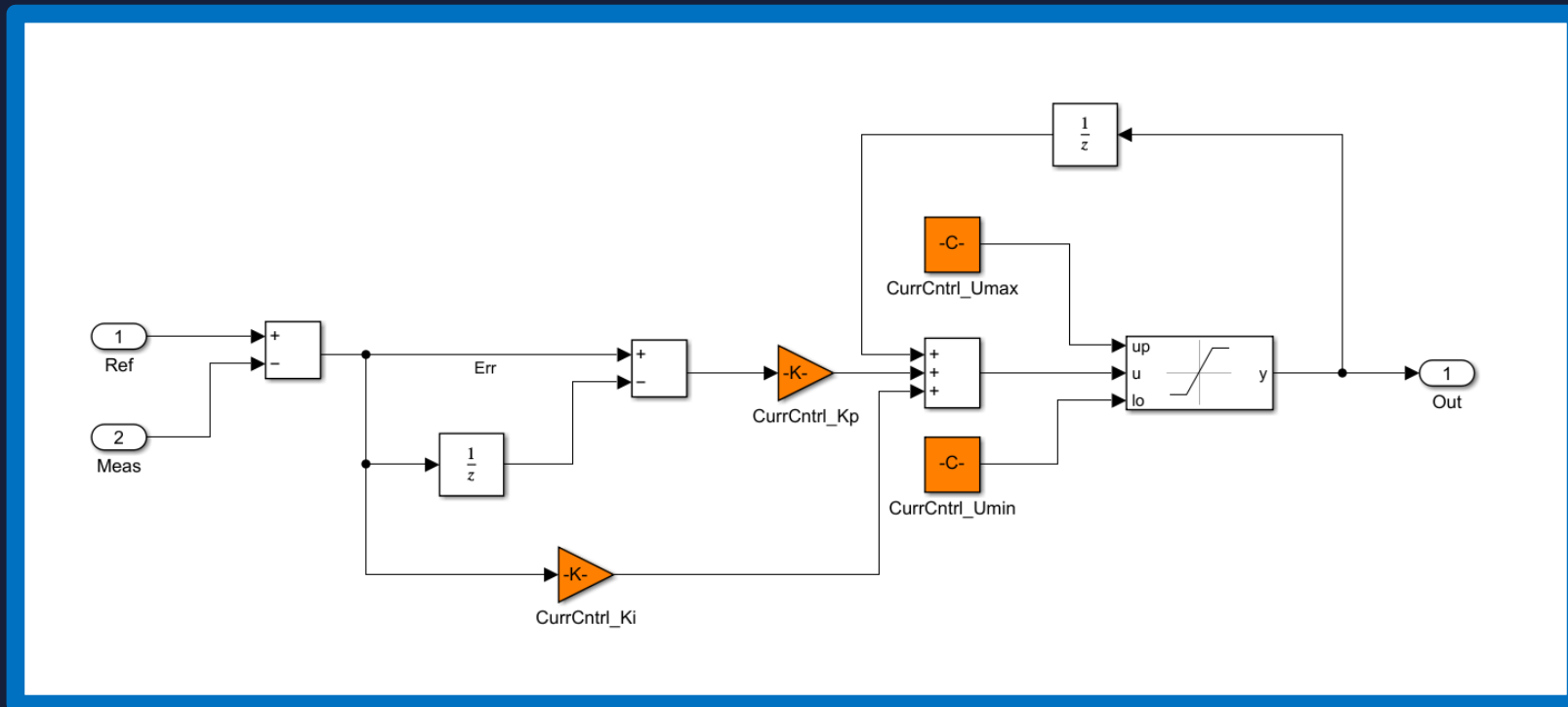
- Iteratív megvalósítás



Áramszabályzók

Cél : A motor fázisáramainak szabályozása D és Q-irányban

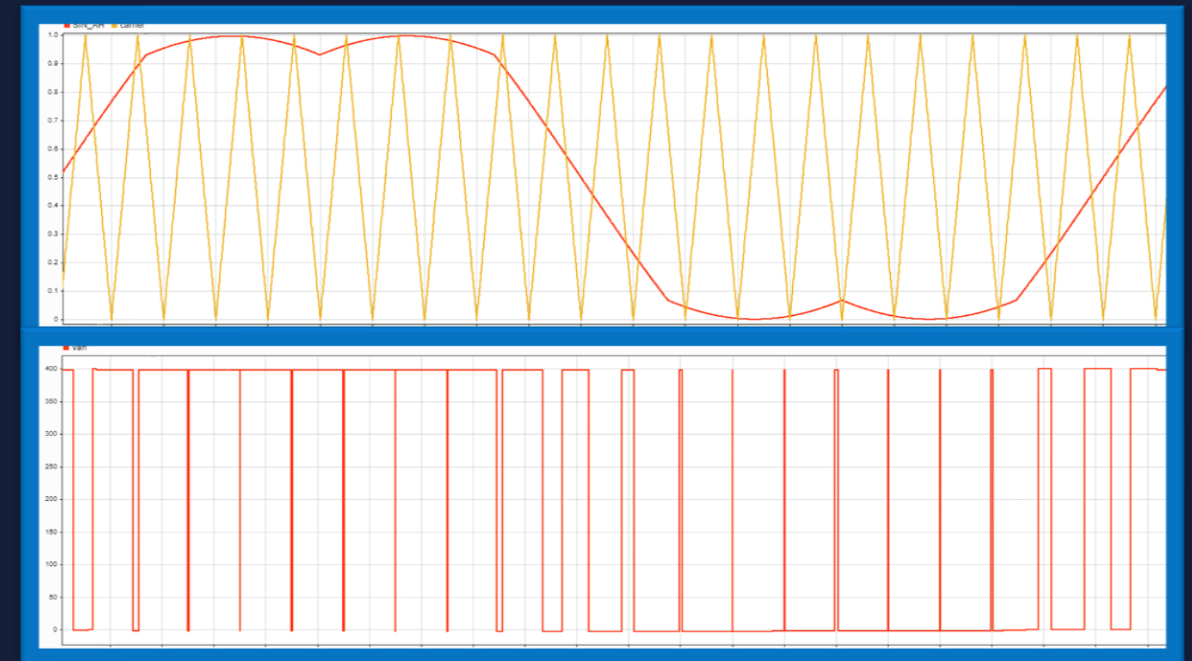
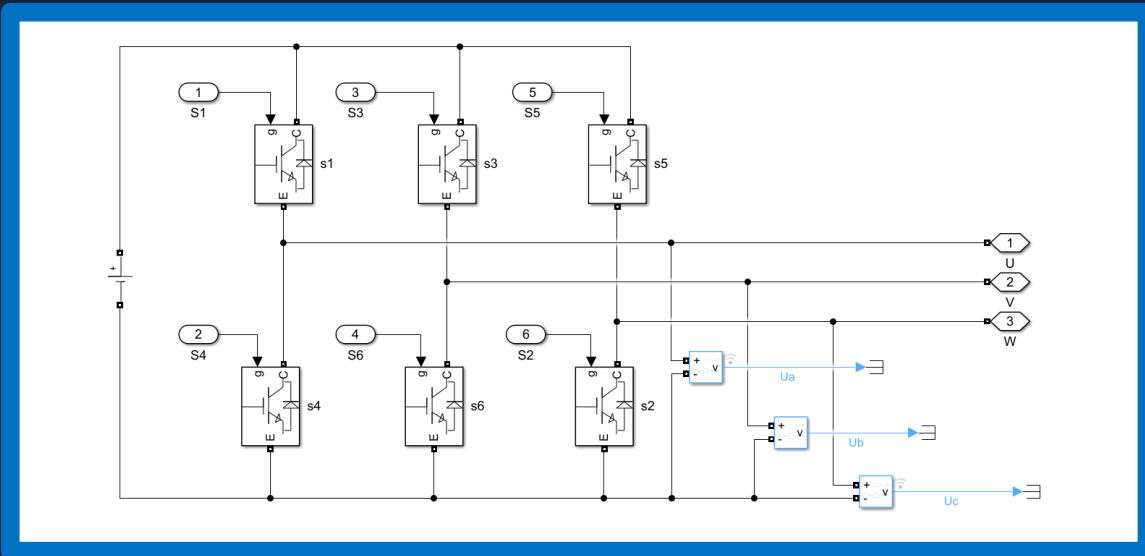
- Diszkrét idejű PI szabályzók “anti-windup” technikával



Invertervezérlés

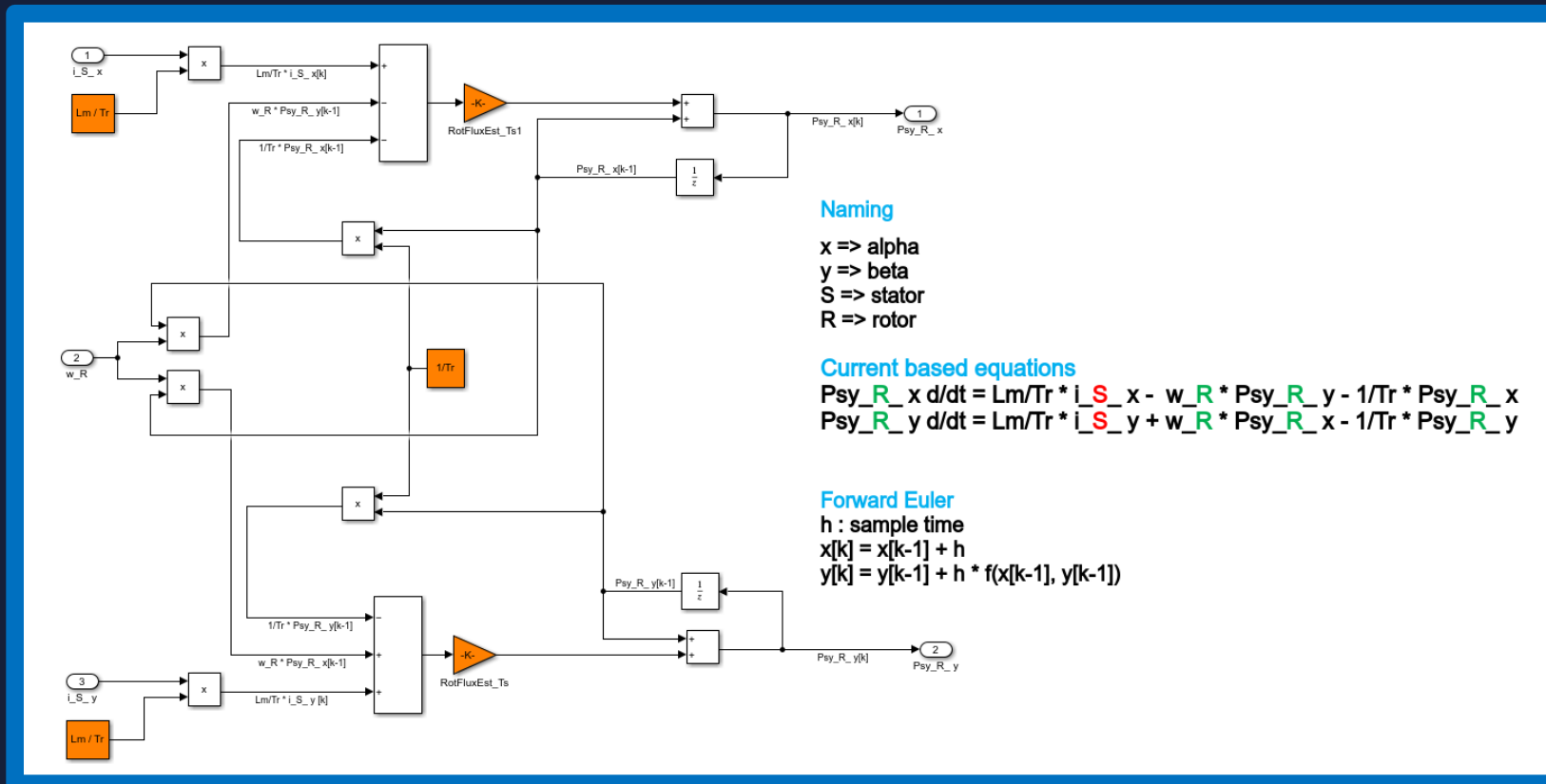
Cél : Referencia feszültségeknek megfelelő fázisfeszültségek előállítása

- Megvalósítása Space Vector Modulation (SVPWM) implementációjával (harmadik harmonikus hozzákeveréssel)

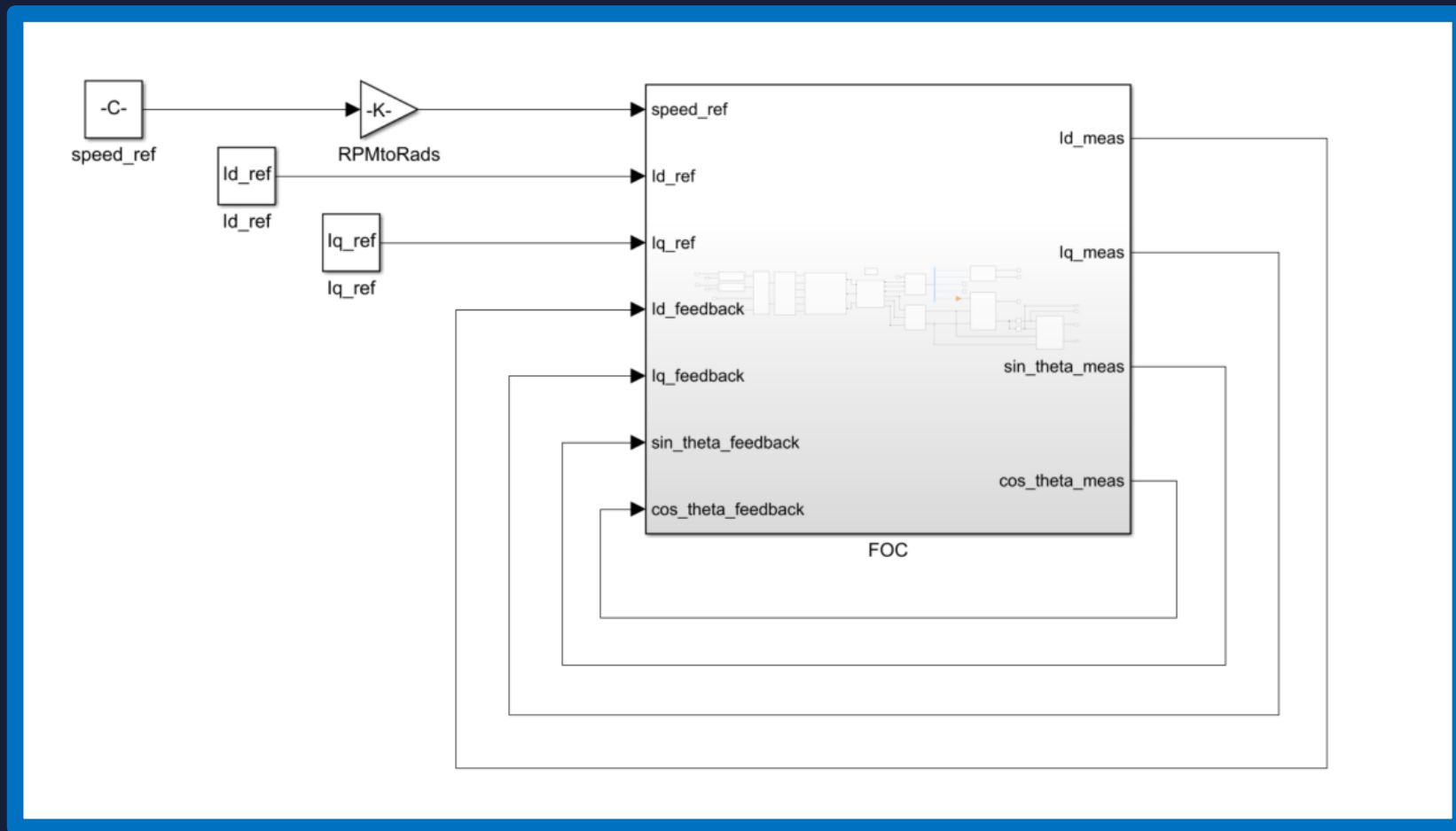


Rotorfluxus becselő

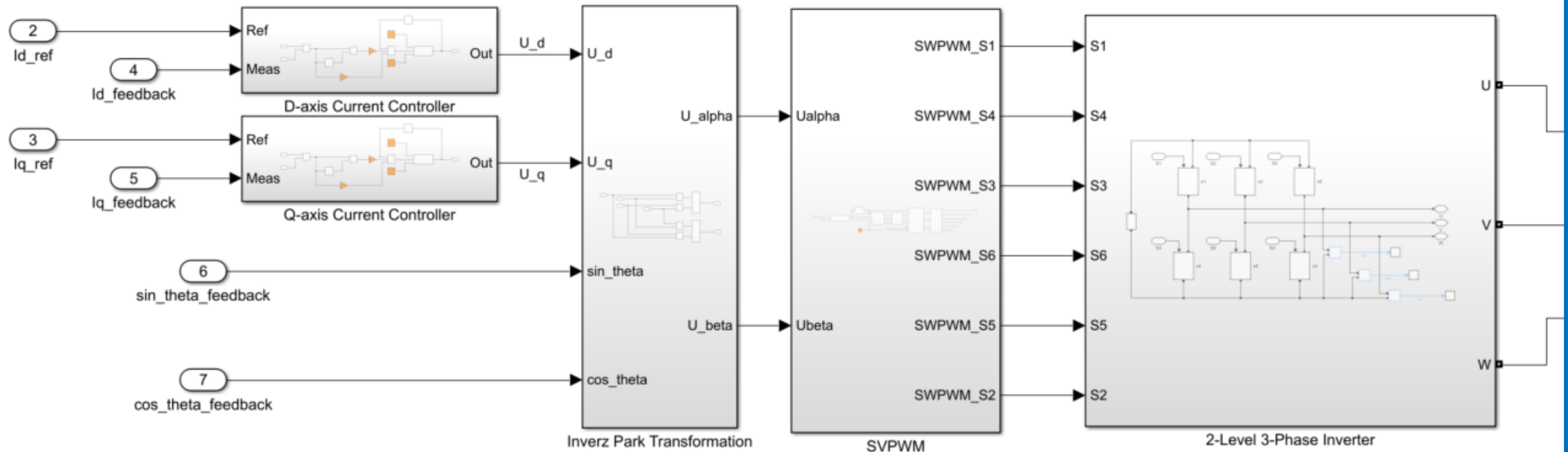
Cél : Rotorfluxus szög meghatározása



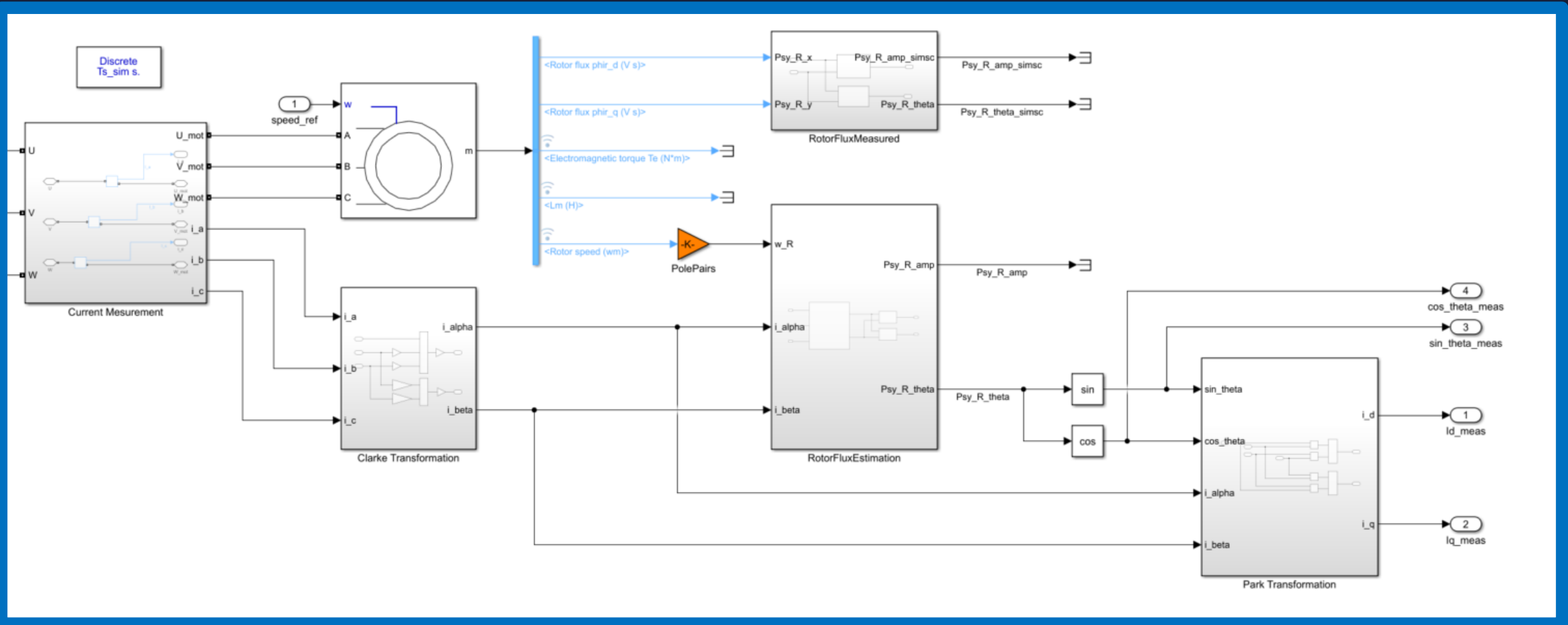
Szabályozási körben visszacsatolt értékek



Inverter oldal implementációja



Motor oldal implementációja



IV. Mérések

A szimuláció helyességét egy munkapontban szeretném bemutatni mérésekkel.

- Főmező inductivitás szaturációja nincs beleszámolva (MTPA)

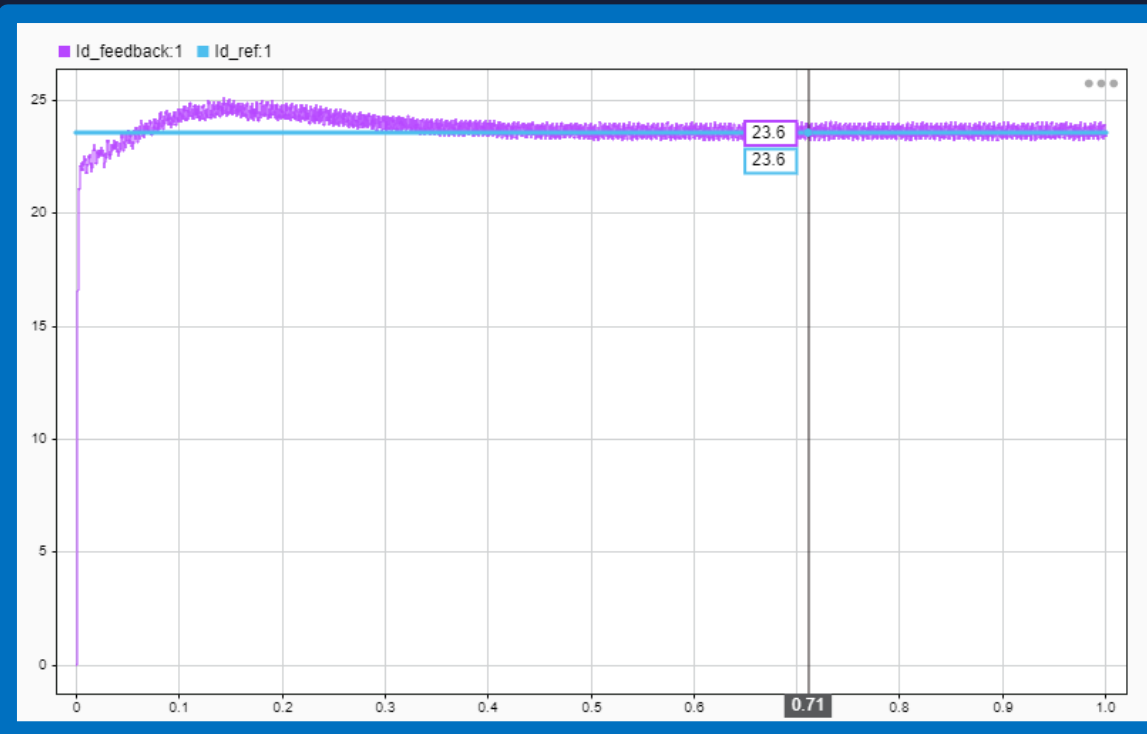
Munkapont referenciái:

- $T_e = 50$ → Nyomaték referencia [Nm]
- $\omega_M = 1000$ → Mechanikai szögsebesség [RPM]

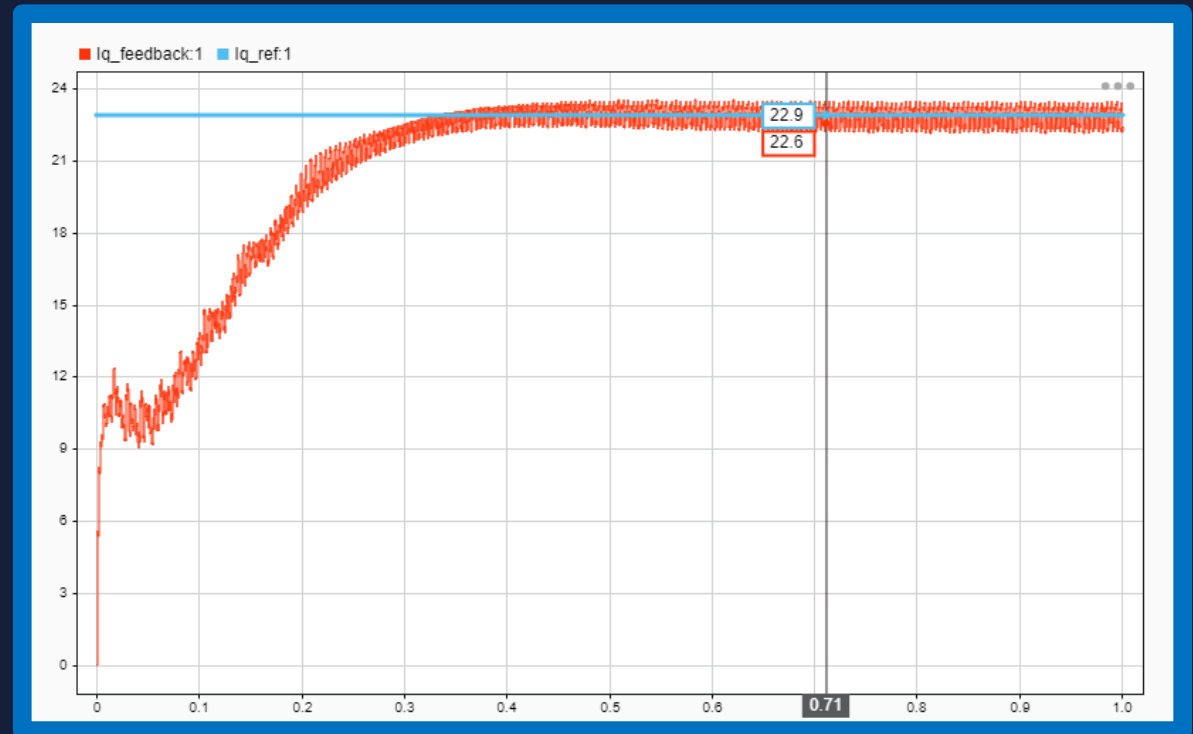
A munkaponthoz tartozó MTPA által számolt referencia áram, feszültség és nyomaték értékei:

- $T_{e_{calc}} = 49.7562$ → Számolt nyomaték referencia [Nm]
- $I_{ds} = 23.6193$ → D-irányú áramszabályzó referencia jele [A]
- $I_{qs} = 22.9028$ → Q-irányú áramszabályzó referencia jele [A]
- $U_{ds} = -11.7981$ → D-irányú beavatkozó jel [V]
- $U_{qs} = 202.025$ → Q-irányú beavatkozó jel [V]

Áramszabályzók mért és referencia jelei

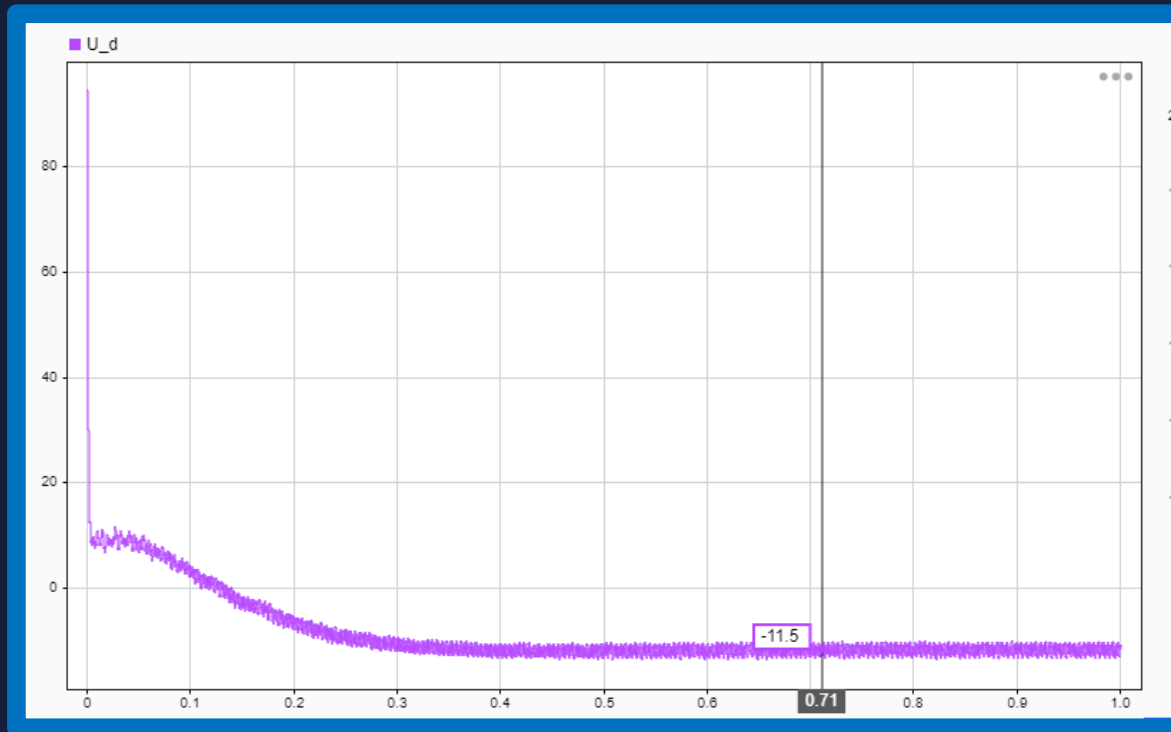


Visszacsatolt és mért D – irányú stator
áram [A]

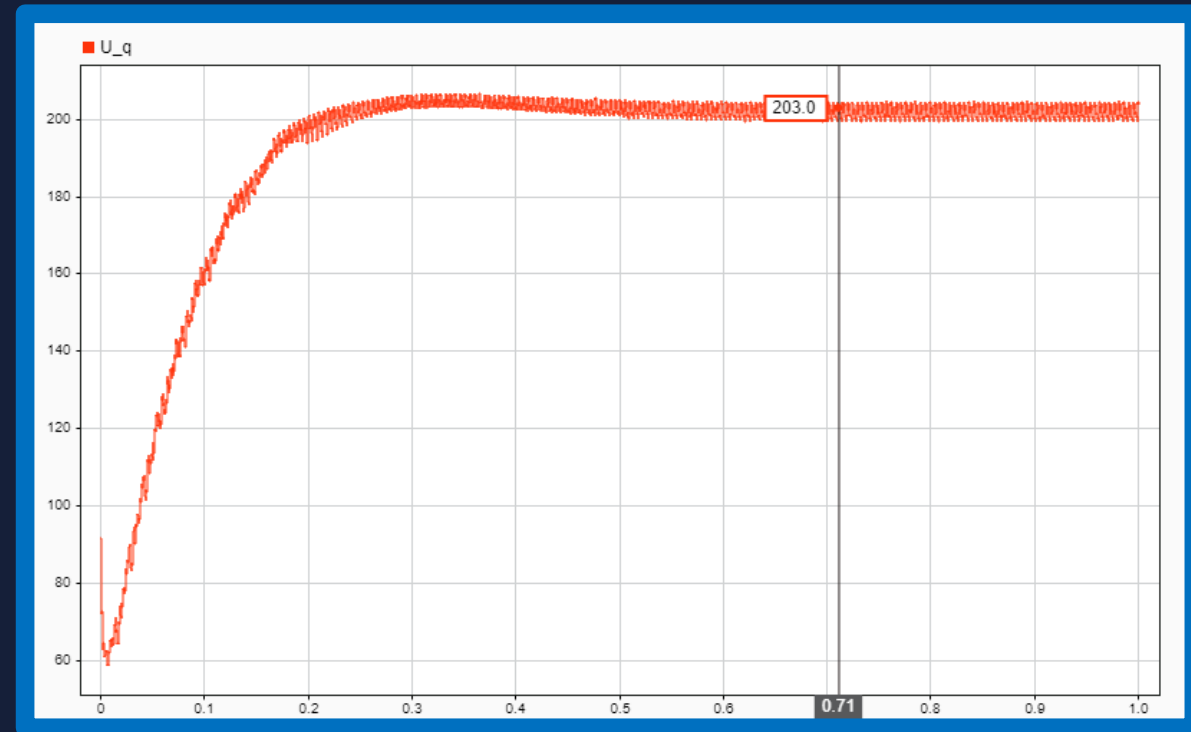


Visszacsatolt és mért Q – irányú stator
áram [A]

Áramszabályzók beavatkozó jelei (kimenetek)

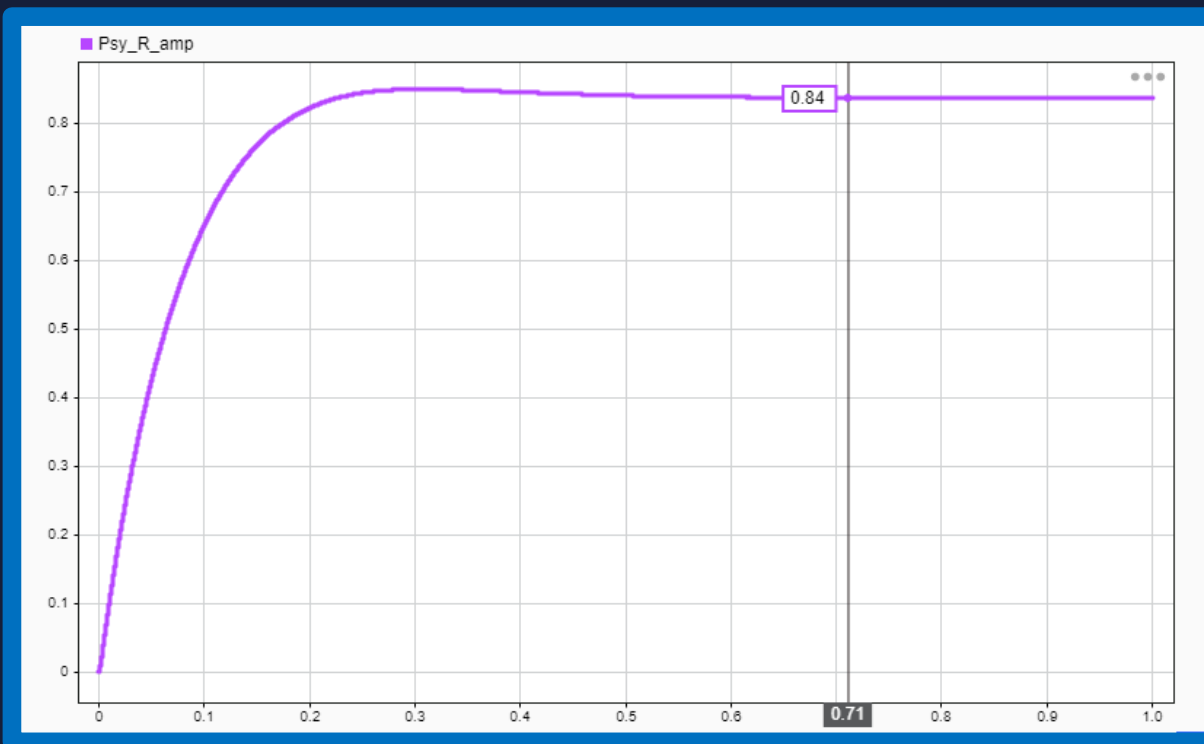


D – irányú stator feszültség [V]

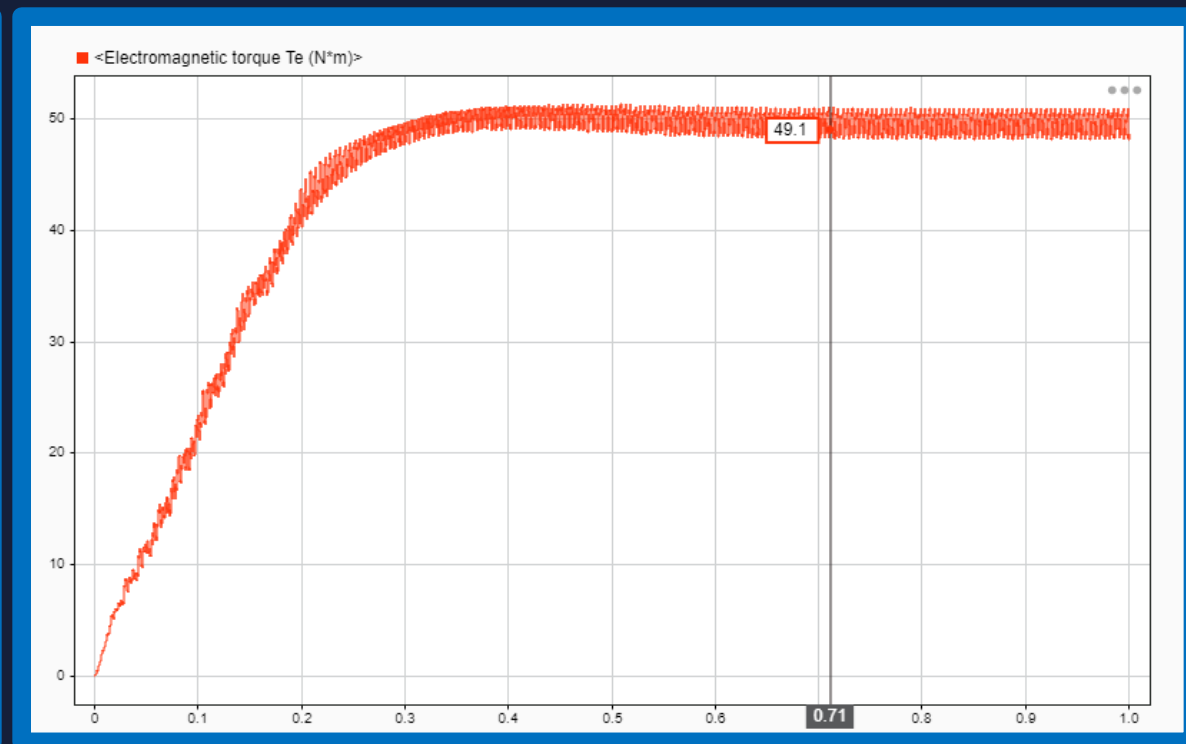


Q – irányú stator feszültség [V]

Rotorfluxus és nyomaték mérése



Rotorfluxus amplitúdó [Wb]



Motor forgatónyomatéka [Nm]

V. Összegzés és továbbfejlesztési lehetőségek

- A szimulációt elemzve statikus főmező inductivitással a szabályozás pontosan működik
- Mágneses szaturációval a nyomaték szintén beáll, de a referenciához képest 5-20%-os eltéréssel
- Nyomatékszabályozás mellett U/f sebességszabályozást is megvalósítottam

Továbbfejlesztés

- Mágnesező áram számítás újragondolása
- Mezőgyengítés (field-weakening) implementálása

Főcél: Hardveres implementáció a generált kódból

- Mikrokontroller konfigurálása (pl: ADC-k)
- Inverter PWM jeleinek holtidő kompenzációja
- Áramszabályzók kalibrálása motor modell alapján



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Köszönöm a figyelmet!