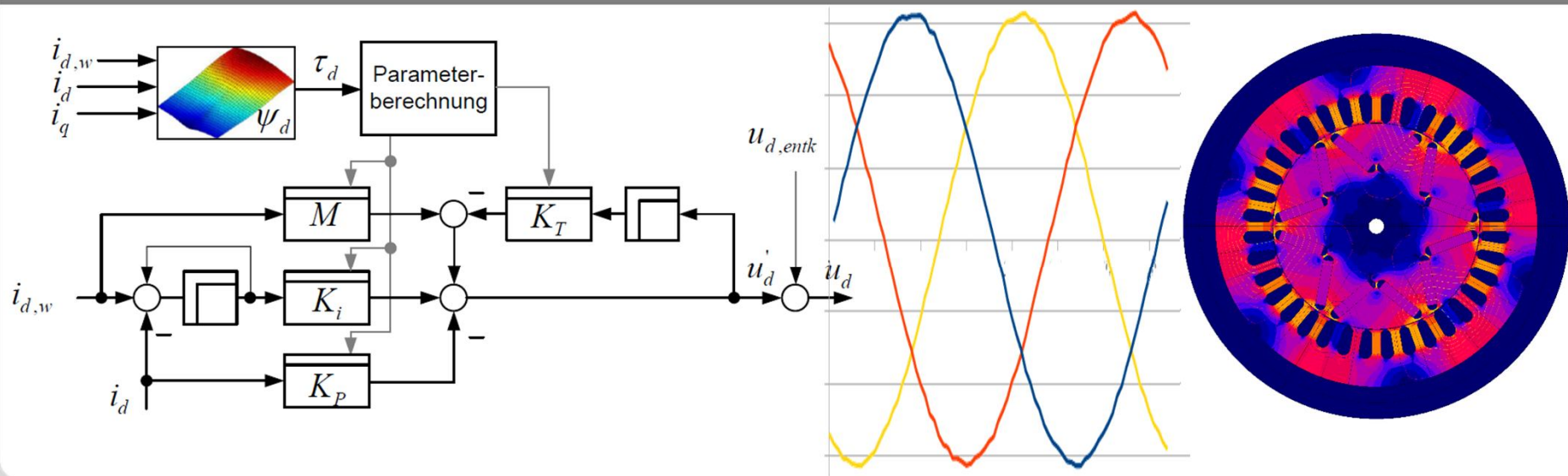


Übung „Regelung leistungselektronischer Systeme“ SS22

Übung 7 – ASM

Elektrotechnisches Institut (ETI)
Leistungselektronische Systeme



Zeitleiste

10.05.

- Tiefsetzsteller - Stromregelung

17.05.

- Tiefsetzsteller - Spannungsregelung

14.06.

- Modellbildung & Stromregelung der Gleichstrommaschine
- Drehzahlregelung der Gleichstrommaschine

17.06.

- Drehzahlregelung der Gleichstrommaschine
- Stromeinprägung / Raumzeiger und Dreiphasendrehsysteme

05.07.

- Stromeinprägung / Raumzeiger und Dreiphasendrehsysteme
- Rotororientierte Regelung der permanenterregten Synchronmaschine

08.07.

- Rotororientierte Regelung der permanenterregten Synchronmaschine
- Feldorientierte Regelung einer Asynchronmaschine

29.07.

- Feldorientierte Regelung einer Asynchronmaschine

5 Feldorientierte Regelung einer Asynchronmaschine

Die Systemgleichungen der Asynchronmaschine sind:

$$\underline{u}_S = R_S \underline{i}_S - j \dot{\gamma}_S \underline{\Psi}_S + \underline{\dot{\Psi}}_S \quad (5.1)$$

$$0 = R'_R \underline{i}'_R - j \dot{\gamma}_R \underline{\Psi}'_R + \underline{\dot{\Psi}}'_R \quad (5.2)$$

$$\underline{\Psi}_S = (L_h + L_{S\sigma}) \cdot \underline{i}_S + L_h \underline{i}'_R \quad (5.3)$$

$$\underline{\Psi}'_R = L_h \underline{i}_S + (L_h + L'_{R\sigma}) \cdot \underline{i}'_R \quad (5.4)$$

$$M = \frac{3}{2} p L_h \cdot \text{Im} \{ \underline{i}_S \underline{i}'_{R*} \} \quad (5.5)$$

- a) Ermitteln Sie aus den Systemgleichungen die Gleichungen für die feldorientierte Regelung. Reduzieren Sie dazu das Gleichungssystem in dem Sie die Zustandsgrößen $\underline{i}'_R$ und $\underline{\Psi}_S$ eliminieren. Vereinfachen Sie die erhaltenen Gleichungen durch die Wahl des Bezugssystems.
- b) Leiten Sie das Strommodell zur Schätzung des Rotorflussraumzeigers ab. Berechnen Sie die Rotorzeitkonstante aus den Parametern der Asynchronmaschine:

$$R'_R = 0.063 \, \Omega \quad (5.6)$$

$$R_S = 0.063 \, \Omega \quad (5.7)$$

$$L_h = 0.015 \, \text{H} \quad (5.8)$$

$$L_{S\sigma} = 890 \, \mu\text{H} \quad (5.9)$$

$$L'_{R\sigma} = 890 \, \mu\text{H} \quad (5.10)$$

- c) Vergleichen Sie die feldorientierte Regelung mit Strommodell mit der Kennliniensteuerung für eine mit Stromquelle betriebene Asynchronmaschine.

a) Allgemeine Spannungsgleichung der ASM

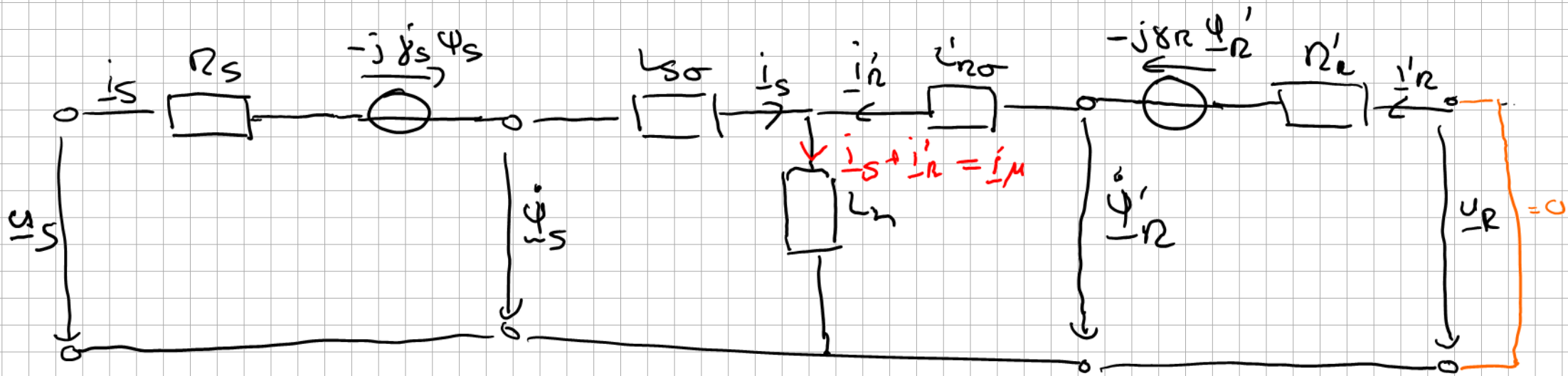
$$\underline{u}_S = R \underline{i}_S + \frac{d}{dt} \underline{\Psi}_S = R \underline{i}_S - j \dot{\gamma}_S \underline{\Psi}_S + \dot{\underline{\Psi}}_S \quad (\text{I}) \quad \dot{\underline{\Psi}}_S = \frac{d}{dt} \underline{i}_S \cdot L_S$$

$$0 = \underline{u}_R = R'_R \cdot \underline{i}'_R + \frac{d}{dt} \underline{\Psi}'_R = R'_R \cdot \underline{i}'_R - j \dot{\gamma}_R \underline{\Psi}'_R + \dot{\underline{\Psi}}'_R \quad (\text{II})$$

Flussgleichungen:

$$\underline{\Psi}_S = (L_h + L_{S\sigma}) \underline{i}_S + L_h \cdot \underline{i}'_R \quad (\text{III}) \quad \text{mit } L_h \hat{=} \text{Hauptinduktivität}$$

$$\underline{\Psi}'_R = L_h \cdot \underline{i}_S + (L_h + L'_{R\sigma}) \cdot \underline{i}'_R \quad (\text{IV}) \quad \text{mit } L_{S\sigma}, L_{R\sigma} \hat{=} \text{Streuintduktivität}$$



$\Rightarrow$ T-Ersatzschaltbild

Drehmomentgleichung: $M = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \operatorname{Im} \{ \dot{i}_s \cdot \dot{\Psi}_f^* \}$
 $= \frac{3}{2} \cdot p \cdot L_n \cdot \operatorname{Im} \{ \dot{i}_s \cdot \dot{i}_n'^* \} \quad (\underline{\nabla})$

$$\underline{\text{IV}} : \quad \underline{i}'_R = \frac{1}{L_h + L'_{R\sigma}} (\underline{\psi}'_R - L_h \cdot \underline{i}_S)$$

einsetzen in Momentengleichung:

$$\begin{aligned} M &= 3/2 \cdot p \cdot \frac{L_h}{L_h + L'_{R\sigma}} \cdot \operatorname{Im} \{ \underline{i}_S \cdot \underline{\psi}'_R^* \} \\ &= 3/2 \cdot p \cdot \frac{L_h}{L_h + L'_{R\sigma}} \operatorname{Im} \{ (i_{S0} + j i_{Sq}) (\psi'_{R0} - j \psi'_{Rq}) \} \end{aligned}$$

$\underline{i}'_R$ in Rotorspannungsgleichung einsetzen:

$$0 = \frac{R'_R}{L_h + L'_{R\sigma}} (\underline{\psi}'_R - L_h \cdot \underline{i}_S) - j \dot{\gamma}_R \underline{\psi}'_R + \underline{\dot{\psi}}'_R$$

↓ umsortieren

$$0 = - \frac{L_h \cdot R'_R}{L_h + L'_{R\sigma}} \underline{i}_S + \left(\frac{R'_R}{L_h + L'_{R\sigma}} - j \dot{\gamma}_R \right) \underline{\psi}'_R + \underline{\dot{\psi}}'_R$$

↓ nach $\underline{i}_s$ umstellen:

$$\underline{i}_s = \left(\frac{1}{L_h} - j \cdot \frac{L_h + L'_{R\sigma}}{R'_R \cdot L_h} \cdot j R \right) \underline{\psi}'_R + \frac{L_h + L'_{R\sigma}}{L_h + R'_R} \cdot \underline{\psi}'_R$$

$j \cdot \frac{L_h + L'_{R\sigma}}{R'_R \cdot L_h} \cdot j R \quad j \cdot \frac{L_h + L'_{R\sigma}}{L_h + R'_R}$

$$\underline{\psi}'_R = \psi'_{Rd} + j \psi'_{Rq}$$
$$= \psi'_{Ra}$$

→ rotflussorientiert bedeutet, dass nur d-Komponente vorhanden ist!

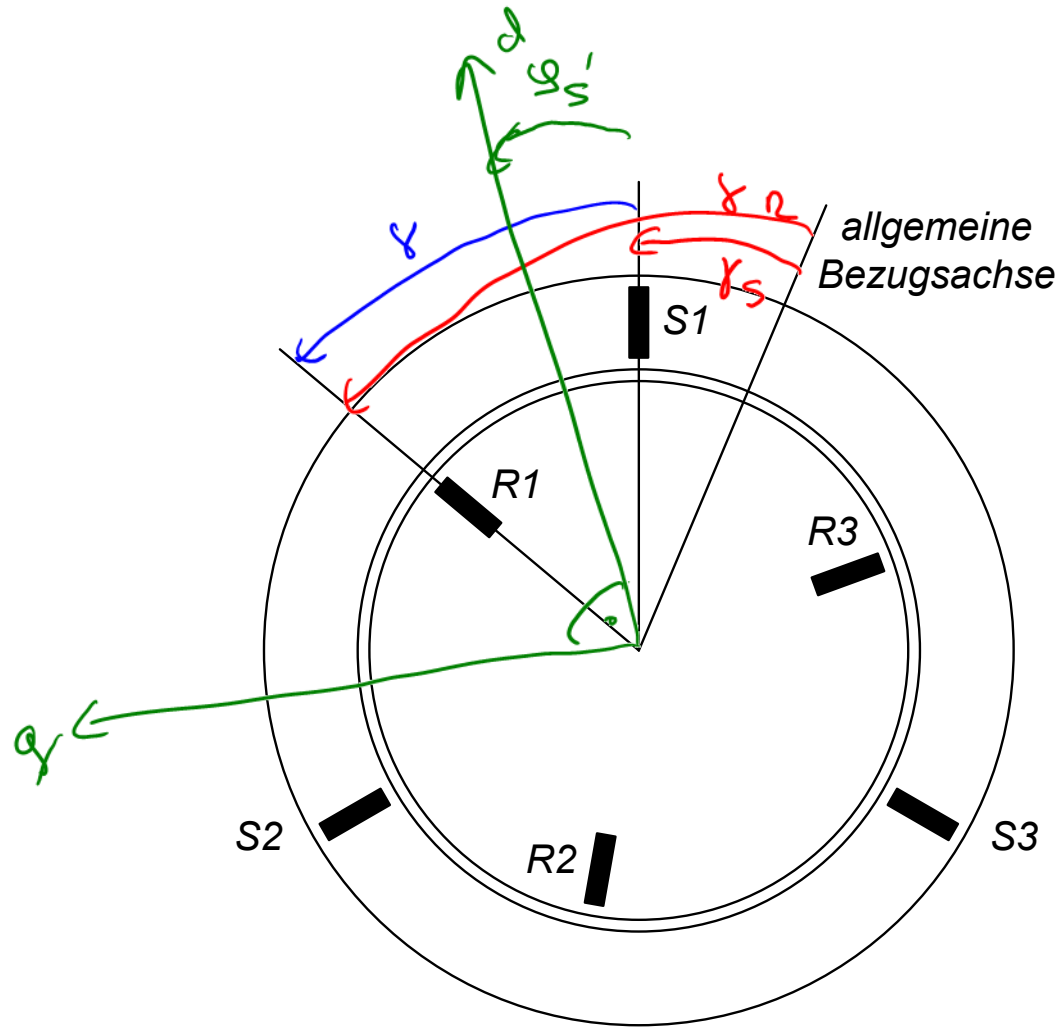


Abbildung 3: Schnittbild der Asynchronmaschine

$\gamma \triangleq$ Winkel zwischen
1. Stator und 1.
Rotorwicklung

$\gamma_s \triangleq$ Winkel zwischen
Bezugsachse und
1. Statorwicklung

$\gamma_R \triangleq$ Winkel zwischen
BA und 1. RW

$\theta_s' \triangleq$ Winkel zwischen
1. Statorwicklung und
 Φ_r'

rotorflussorientiert: $\gamma_s = -\theta_s' \Rightarrow \gamma_R = \gamma + \gamma_s = \gamma - \theta_s'$
 $\rightarrow$ allgemeine Achse an Φ_{rd} orientieren

Zurück zur Momentenformel:

$$M = \frac{3}{2} p \cdot \frac{L_n}{L_n + L'_{R\sigma}} \operatorname{Im} \{ (i s_d + j i s_q) \cdot \psi'_{Rd} \} = \frac{3}{2} p \cdot \frac{L_n}{L_n + L'_{R\sigma}} \cdot i s_q \psi'_{Rd}$$

Aufteilung von Gleichung IV in Real- und Imaginärteil:

1) Realteil:

$$i s_d = \frac{1}{L_n} \cdot \psi'_{Rd} + \frac{L_n + L'_{R\sigma}}{L_n \cdot R'_{Rd}} \cdot \dot{\psi}_{Rd}$$

!

$$i s_d(s) = \frac{1}{L_n} \psi'_{Rd} + \frac{L_n + L'_{R\sigma}}{L_n \cdot R'_{Rd}} \cdot \psi'_{Rd} \cdot s$$

$$i_m = \frac{\psi'_{Rd}}{L_n} \stackrel{!}{=} \text{Magnetisierungsstrom}$$

Übertragungsfunktion aufstellen:

$$G(s) = \frac{\psi'_{Rd}(s)}{i s_d(s)} = L_n \frac{1}{1 + \frac{L_n + L'_{R\sigma}}{R'_{Rd}} \cdot s} = \tau_R$$



2) Imaginärteil:

$$-\omega_R = s \cdot \omega_s$$

$$i s_g = \frac{L_n + L'_R \sigma}{L_n \cdot R'_R} \cdot (-\dot{\gamma}_R) \cdot \psi'_R$$

$$= \frac{\tau_R}{L_n} (\dot{\gamma}_s - \dot{\gamma}) \cdot \psi'_R = \tau_R (\dot{\gamma}_s - \dot{\gamma}) \cdot i \mu$$

Möglichkeiten um auf $\dot{\gamma}_s$ und ψ'_R zu kommen

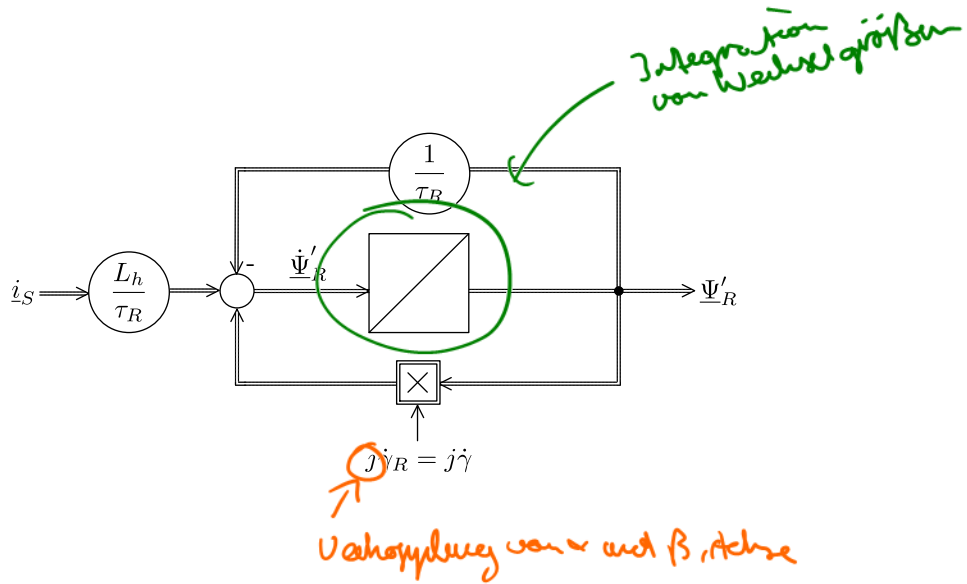
Strommodell

- ↳ Rotor Differentialgleichungen
- ↳ sehr gute Schätzwert für Winkel $\dot{\gamma}_s$
- ↳ sensitive Parameter R'_R und $L_n \rightarrow$ nachführen

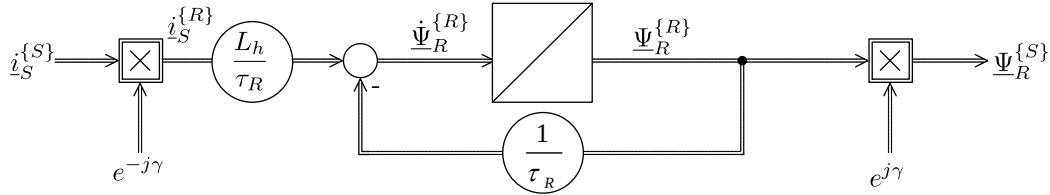
Spannungsmodell

- ↳ Statorseitige Differentialgleichungen
- ↳ erst ab 5-10% der Nenndrehzahl
- ↳ unabhängig von τ_R , aber R_s muss bekannt sein

1. Berechnung in stationärem Bezugssystem

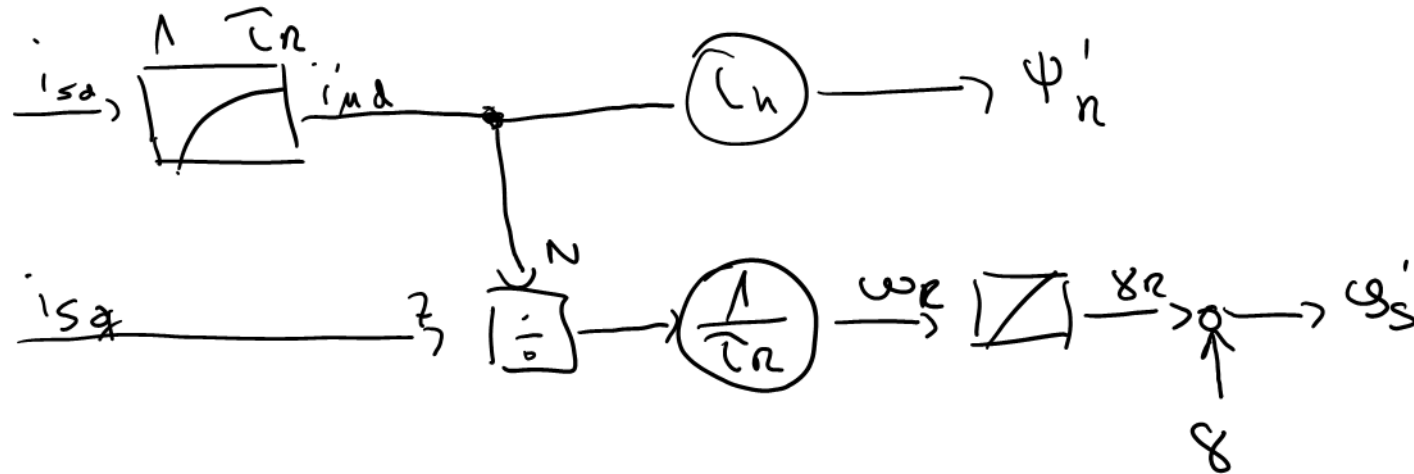


7. Berechnung im rotorfesten KOS {R}



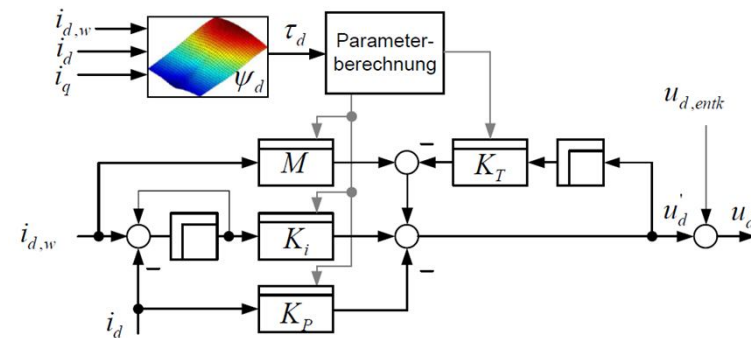
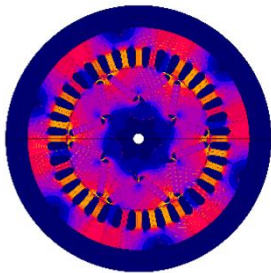
→ keine Verkopplung mehr, aber immer noch Integration von Wechselgrößen!

3. Berechnung im Rotationsorientierten KOS:



→ Konvergenz des rotationsorientierten Strommodells lässt sich nachweisen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Benedikt Schmitz-Rode

0721 608-46251
schmitz-rode@kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Elektrotechnisches Institut (ETI)

KIT Campus Süd
Geb. 11.10
Engelbert-Arnold-Str. 5
D-76131 Karlsruhe