

Das Drehmoment der Schenkelpolsynchronmaschine (SPSM) bei Netzbetrieb

Christoph Hackl

Munich School of Engineering (MSE)
Research group "Control of Renewable Energy Systems (CRES)"

www.cres.mse.tum.de

31.03.2017, Hochschule München

Gliederung

1 Motivation

2 Modellbildung der SPSM

Gliederung

1 Motivation

- Beispiel: Walchenseekraftwerk
- Beispiel: CRES Laboraufbau

Gliederung

1 Motivation

- Beispiel: Walchenseekraftwerk
- Beispiel: CRES Laboraufbau

Motivation

Verwendung: Synchrongeneratoren im Walchenseekraftwerk (124 MW)

Rohrleitungen



Maschinenhalle



Gliederung

1 Motivation

- Beispiel: Walchenseekraftwerk
- Beispiel: CRES Laboraufbau

Motivation

Veranschaulichung des Aufbaus (Schenkelpolsynchronmaschine im CRES Labor)

Schenkelpol-SM und doppelt-gespeiste ASM



Anschlusskasten



Schenkelpol-SM: Stator und Rotor



Schleifring



Gliederung

2 Modellbildung der SPSM

- Zeigertheorie
- Elektrisches Netzwerk
- Dynamisches Modell in Erregerfluss-Orientierung

Gliederung

2 Modellbildung der SPSM

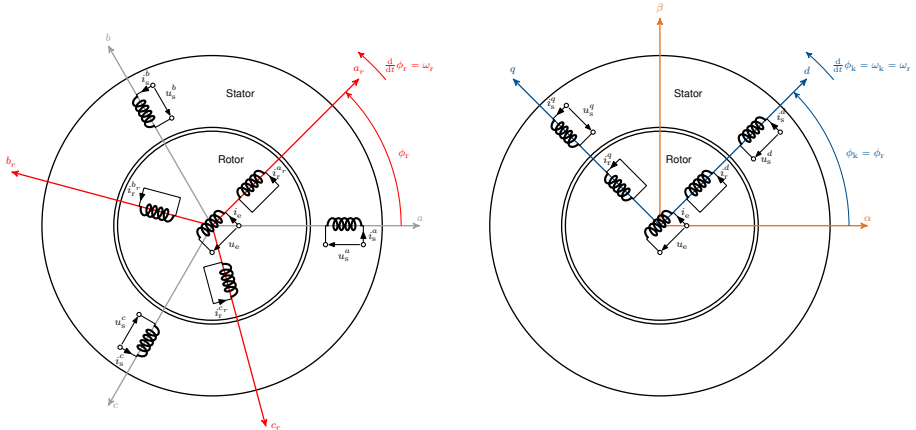
- Zeigertheorie

- Elektrisches Netzwerk

- Dynamisches Modell in Erregerfluss-Orientierung

Modellbildung der SPSM

Zeigertheorie für SPSM (mit Polpaarzahl $n_p = 1$)



⇒ Beispielhaftes Ableiten der elektrischen Spannungsgleichungen ...

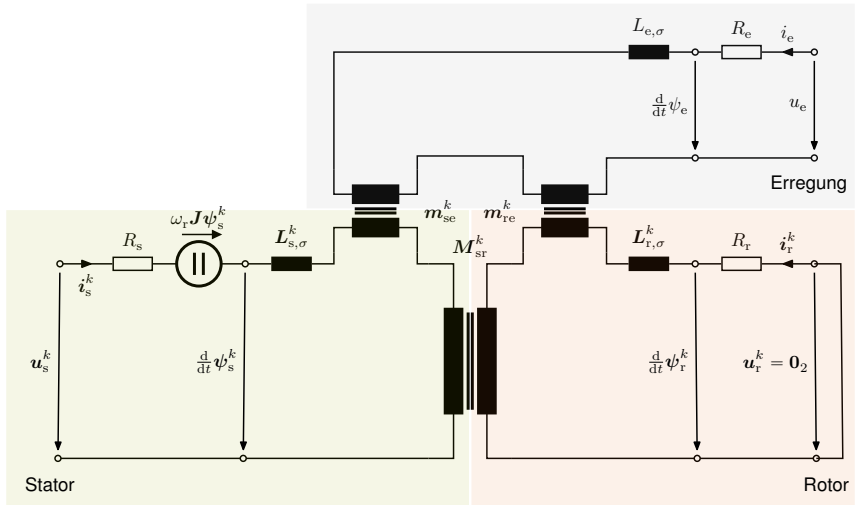
Gliederung

2 Modellbildung der SPSM

- Zeigertheorie
- Elektrisches Netzwerk
- Dynamisches Modell in Erregerfluss-Orientierung

Modellbildung der SPSM

Elektrisches Netzwerk der SPSM



Gliederung

2 Modellbildung der SPSM

- Zeigertheorie
- Elektrisches Netzwerk
- **Dynamisches Modell in Erregerfluss-Orientierung**

Modellbildung der SPSM

Dynamisches Modell in Erregerfluss-Orientierung (d.h. $\phi_k = \phi_r$ & $\omega_k = \omega_r$ [1, Abschnitt 16.2])

$$\begin{aligned}
 \text{El. Netzwerk:} \quad & \underbrace{\begin{pmatrix} u_s^d(t) \\ u_s^q(t) \end{pmatrix}}_{=: \mathbf{u}_s^k(t)} = R_s \underbrace{\begin{pmatrix} i_s^d(t) \\ i_s^q(t) \end{pmatrix}}_{=: \mathbf{i}_s^k(t)} + \omega_r(t) \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}}_{=: \mathbf{J}} \boldsymbol{\psi}_s^k(t) + \frac{d}{dt} \boldsymbol{\psi}_s^k(t) \\
 & \mathbf{0}_2 = R_r \mathbf{i}_r^k(t) + \frac{d}{dt} \boldsymbol{\psi}_r^k(t) \\
 & u_e(t) = R_e i_e(t) + \frac{d}{dt} \psi_e(t) \\
 \text{Verk. Fluß:} \quad & \boldsymbol{\psi}_s^k(t) = \underbrace{\begin{bmatrix} L_s^d & 0 \\ 0 & L_s^q \end{bmatrix}}_{=: \mathbf{L}_s^k} \mathbf{i}_s^k(t) + \underbrace{\begin{bmatrix} M_{sr}^d & 0 \\ 0 & M_{sr}^q \end{bmatrix}}_{=: \mathbf{M}_{sr}^k} \mathbf{i}_r^k(t) + \underbrace{\begin{pmatrix} M_{se}^d \\ 0 \end{pmatrix}}_{=: \mathbf{m}_{se}^k} i_e(t) \\
 & \boldsymbol{\psi}_r^k(t) = \underbrace{\begin{bmatrix} M_{sr}^d & 0 \\ 0 & M_{sr}^q \end{bmatrix}}_{=: \mathbf{L}_s^k} \mathbf{i}_s^k(t) + \underbrace{\begin{bmatrix} L_r^d & 0 \\ 0 & L_r^q \end{bmatrix}}_{=: \mathbf{M}_{sr}^k} \mathbf{i}_r^k(t) + \underbrace{\begin{pmatrix} M_{re}^d \\ 0 \end{pmatrix}}_{=: \mathbf{m}_{re}^k} i_e(t) \\
 & \psi_e(t) = \underbrace{\begin{pmatrix} M_{se}^d & 0 \end{pmatrix}}_{=(\mathbf{m}_{se}^k)^\top} \mathbf{i}_s^k(t) + \underbrace{\begin{pmatrix} M_{re}^d & 0 \end{pmatrix}}_{=(\mathbf{m}_{re}^k)^\top} \mathbf{i}_r^k(t) + L_e i_e(t) \\
 \text{Mechanik:} \quad & \frac{d}{dt} \omega_m(t) = \frac{1}{\Theta_m} \left(\frac{m_t(t)}{g_r} + m_m(t) \right) \\
 & \frac{d}{dt} \phi_m(t) = \omega_m(t) \\
 \text{Moment:} \quad & m_m(t) = \frac{3}{2} n_p \mathbf{i}_s^k(t)^\top \mathbf{J} \boldsymbol{\psi}_s^k(t) = f(\mathbf{u}_p^k, \mathbf{u}_s^k) = f(\delta) \text{ (für } \frac{d}{dt} = 0 \text{) ?}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Literatur

- [1] Dierk Schröder. *Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 4 edition, 2015.