

4 Gleichstrommaschine

4.1 Aufbau und Funktion

- Prinzip: Leiterschleife im Magnetfeld
- Magnetfeld kann mittels einer stromdurchflossenen Erregerwicklung erzeugt werden
- Ankerwicklung (Leiterschleife) wird in Nähe eines zylindrischen Läufers angelegt
- Luftspalt sollte möglichst klein sein, um hohe Flussdichten zu erzielen
- Stromzuführung über Kohlebürsten und auf Läuferwelle angebrachte Kupferringe
- Wechsel der Stromrichtung in der Polfläche möglich (Kommutator)
- bei großen Maschinen zusätzlich Wendepole zur Vermeidung von Funkenbildung

4.2 Induktion und Drehmomentbildung

- Kreisfrequenz: $\Omega = 2\pi \cdot n = \frac{v}{r}$
- im Ankerkreis induzierte Spannung

$$U_i = c\Phi \cdot \Omega$$

- elektrisch erzeugtes, inneres Moment

$$M_i = c\Phi \cdot I_A \quad I_A \text{ Ankerstrom}$$

- quasistationärer Zustand:

$$U_A = U_i + R_A \cdot I_A = c\Phi \cdot \Omega + R \cdot I_A$$

4.2.1 Selbstregelter Generator

- erfunden von Werner von Siemens
- von Generator erzeugte Ankerspannung wird zur Speisung des Erregerkreises genutzt

4.3 Betriebsverhalten (fremderregte, kommutierte Gleichstrommaschine)

- Umformung der Ankerspannungsgleichung mit $M = c\Phi \cdot I_A$ und $U_i = c\Phi \Omega$ führt auf

$$\Omega = \frac{U_A}{c\Phi} - \frac{R_A}{(c\Phi)^2} M_i$$

- Leerlauf ($M_i = 0$): $\Omega_0 = \frac{U_A}{c\Phi}$
- Anlauf, Blockierung ($\Omega = 0$): $M_B = c\Phi \frac{U_A}{R_A}$

4.4 Leistungsbilanz

- elektrische Leistung des Ankerkreises teilt sich auf in ohmsche Verluste und die mechanische Leistung P_{mech}

$$P_{\text{el}} = U_A I_A = R_A I_A^2 + c \Phi \cdot I_A$$

- innere mechanische Leistung

$$P_{\text{mech}} = M_i \Omega = U_i I_A$$

> 0 Motorbetrieb
 $= 0$ Leerlauf, Stillstand
 < 0 Generatorbetrieb

4.6 Steuerung der Drehzahl mit einstellbarer Spannungsquelle

- Drehzahl kann mit Vorwiderstand gesteuert werden, aber diese Methode verursacht hohe ohmsche Verluste
- Lösung: Stromrichter als steuerbare Spannungsquelle, Verluste unabhängig von Drehzahl

4.7 Erhöhung der Drehzahl durch Feldschwächung

- Feldschwächegrad: $k = \frac{\Phi}{\Phi_N}$
- Formel für Drehzahl-Drehmoment-Verläufe:

$$\Omega = \frac{U_A}{k c \Phi_N} - \frac{R_A}{k^2 (c \Phi_N)^2} M_i$$

- Leerlaufdrehzahl steigt umgekehrt proportional zum Feldschwächegrad

$$\Omega_{\text{Le}} = \frac{U_A}{c \Phi_N} \frac{1}{k}$$

- aber bei Belastung Drehzahlabsfall umgekehrt proportional zu k^2

$$\Delta \Omega = - \frac{R_A}{k c \Phi_N^2} \frac{1}{k^2} M_i$$

- im Feldschwächbereich sinkt Drehmoment proportional zu k

$$M_i = c \Phi \cdot I_A = c \Phi_N \cdot I_A \cdot k$$

4.8 Betriebsverhalten (Gleichstrom-Reihenschlussmaschine)

- Erregerwicklung so angeschlossen, dass sie in Reihe zur Ankerwicklung geschaltet werden kann
- Widerstand der Erregerwicklung wird dem der Ankerwicklung zuge-schlagen $\rightarrow$ einfachere Analyse

$$U_d = R_A I_A + c \Phi_N \cdot \frac{I_A}{I_{\text{An}}} \Omega$$

$$M_i = c \Phi_N \cdot \frac{I_A}{I_{\text{An}}}$$

- Zusammenhang zwischen Drehzahl und Drehmoment

$$\Omega = \frac{U_A}{\sqrt{U_A^2 - \frac{c \Phi_A}{I_A}}} = \frac{R_A}{\frac{c \Phi_A}{I_A}}$$

- sehr hohe Leerlaufdrehzahl
- sehr hohes Anlauf-/Blockmoment

- Reihenschlussmaschine oft als Universalmotor für Gleich- und Wechselstrom benutzt
- Drehmomentrichtung nicht abhängig von Polarität des Stroms

$$M_i \sim I_A^2$$

- eingesetzt in
 - Handbohrmaschine
 - Handrührer
 - Staubsauger...