

Grundlagen der Gleichstrommaschinen

Grundgleichungen

$$U_q = c \cdot \Phi \cdot n \quad (1)$$

$$M = \frac{c \cdot \Phi}{2\pi} \cdot I_A \quad (2)$$

Motor

$$U_A = U_q + I_A \cdot R_A \quad (3a)$$

Generator

$$U_A = U_q - I_A \cdot R_A \quad (3b)$$

Maschinenkonstante

$$c = \frac{2p}{2a} \cdot z_A$$

- 2a Anzahl der parallelen Zweige im Anker
 2p Polzahl
 z_A Zahl der Leiterstäbe am Ankerumfang

Innere Leistung, Wirkungsgrad

$$P_i = U_q \cdot I_A \quad @ \quad \Phi = konst.$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{VE} + P_{VA}}$$

Wellen-Leistung, Wellen-Drehmoment

$$M_i = \frac{P_i}{2\pi \cdot n} ; \quad M_N = M_i - M_V$$

M_V: Drehmoment zur Überwindung der Eisen- und Reibungsverluste

Fremderregte Gleichstrommaschine und Nebenschlussmaschine

$$n = \frac{U_A}{c\Phi} - \frac{R_A}{c\Phi} \cdot I_A$$

$$n = \frac{U_A}{c\Phi} - \frac{2\pi \cdot R_A}{(c\Phi)^2} \cdot M$$

$$n = n_0 - \Delta n(I_A)$$

$$M \sim I \quad @ \quad \Phi = konst.$$

relative Drehzahländerung

$$\frac{\Delta n}{n_0} = \frac{R_A I_A}{U_A} = \frac{I_A^2 R_A}{U_A I_A} = \frac{P_{CuA}}{P_A}$$

Für geringe Drehzahländerung werden die Kupferverluste im Ankerkreis möglichst klein gehalten. Dadurch steigt auch der Wirkungsgrad.

Reihenschlussmaschine

$$\Phi = c_1 \cdot I$$

$$U_q = c \cdot \Phi \cdot n = c \cdot c_1 \cdot I \cdot n = c_R \cdot I \cdot n$$

$$M \sim I^2$$

$$I = \sqrt{\frac{2\pi}{c_R} \cdot M}$$

$$n = \frac{U_A}{c_R \cdot I} - \frac{R_A}{C_R}$$

$$n = \frac{U_A}{\sqrt{2\pi \cdot c_R \cdot M}} - \frac{R_A}{C_R}$$

$$n_0 = \frac{U_A}{c \cdot \Phi_{rem}} \gg n_N$$

Grundlagen der Gleichstrommaschinen

Drehzahlsteuerung der fremderregten Gleichstrommaschine

Drehzahlsteuerung durch Ankerspannungsänderung: $0 \leq n \leq n_N$

$$\begin{aligned} \Phi &= \Phi_N & \Rightarrow U_q &\sim n \\ I_A &= I_{AN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \text{konst.} \\ [P \sim U_A] &\leq P_N \end{aligned}$$

$$\frac{U_q}{U_{qN}} = \frac{n}{n_N}$$

Drehzahlsteuerung durch Feldschwächung: $n_N \leq n \leq n_{max}$

$$\begin{aligned} I_A &= I_{AN} & \Phi &\sim I_E \sim U_E \end{aligned}$$

$$\Rightarrow U_q = U_{qN} = U_{AN} - I_{AN} R_A = \text{konst.}$$

$$\Rightarrow U_E \cdot n = \text{konst.}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{konst.} \\ [M \sim \Phi] &\leq M_N \end{aligned}$$

$$U_E \cdot n = U_{EN} \cdot n_N$$

Drehzahlsteuerung durch Ankervorwiderstand: $0 \leq n \leq n_N$

$$M \sim I_A \Rightarrow \frac{M}{I_A} = \text{konst.}$$

Nachteil: hohe Verlustleistung im Vorwiderstand

Anfahren

Problem:

$$U_q(n=0) = 0 \Rightarrow I_A(n=0) = \frac{U_A}{R_A} \gg I_{AN}$$

- Anlassen mit Spannungssteuerung

$$U_A < U_{AN}$$

- Anlassen mit Vorwiderstand

$$I_A = \frac{U_A}{R_A + R_V}$$

Bremsen

Nutzbremmung mit Umkehrstromrichter (4Q)

$$U_A < U_\varrho$$

Rückspeisung der Bremsenergie ins Netz möglich

Widerstandsbremmung

$$U_A = 0 \Rightarrow n = \frac{2\pi(R_A + R_V) \cdot M}{(c\Phi)^2}$$

Stufenweise Reduzierung von R_V für höheres Bremsmoment

Leerlaufdrehzahl

$$U_q \sim n \Rightarrow \frac{U_{qN}}{U_{AN}} = \frac{n_N}{n_0} \quad @ \quad \Phi = \text{konst.}$$