

Aufgabe H97 A2:**Gleichstrommaschine (30 Punkte)**

Ein fremderregter Gleichstrommotor wird von einer Gleichspannung $U = 220 \text{ V}$ versorgt. Dem Typenschild kann man folgende Daten entnehmen:

Nennspannung	$U_{aN} = 220 \text{ V}$
Nennstrom	$I_{aN} = 200 \text{ A}$
Nennzahl	$n_N = 3000 \text{ min}^{-1}$
Ankerwiderstand	$R_a = 0,06 \Omega$

Für die folgenden Berechnungen sollen Feld-, Reibungs- und Eisenverluste vernachlässigt werden.

- Wie groß sind das Nenndrehmoment M_N und die mechanische Leistung P_{mech} ?
- Welchen Wirkungsgrad η_N hat die Maschine?
- Berechnen Sie die Leerlaufdrehzahl n_0 !

Durch einen zusätzlichen Vorwiderstand im Feldkreis wird der Fluss in der Maschine auf 80% des Nennwertes abgesenkt.

- Welche Leerlaufdrehzahl stellt sich für diesen Fall ein?
- Bestimmen Sie die Drehzahl und die mechanische Leistung der Maschine, wenn sie mit dem Nennmoment belastet wird.
- Welcher Wirkungsgrad ergibt sich für diesen Betriebspunkt?
- Ist dieser Betriebspunkt auf Dauer zulässig? (Begründung)

Musterlösung:

a) Die Darstellung der Anker-Quellspannung lautet für den Nennbetriebspunkt:

$$U_{qN} = U_{aN} - I_{aN} \cdot R_a = c \cdot \Phi_N \cdot \Omega_N$$

$$\Rightarrow c \cdot \Phi_N = \frac{U_{aN} - I_{aN} \cdot R_a}{\Omega_N} = \frac{220 \text{ V} - 200 \text{ A} \cdot 0,06 \Omega}{2\pi \cdot 3000/60 \text{ s}} = \frac{208 \text{ V}}{314,2 \text{ s}^{-1}} = \underline{\underline{0,662 \text{ Vs}}}$$

Damit lassen sich Nennmoment und -leistung berechnen als:

$$M_N = c \cdot \Phi_N \cdot I_{aN} = 0,662 \text{ Vs} \cdot 200 \text{ A} = \underline{\underline{132,4 \text{ Nm}}} \quad (1 \text{ VAs} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm})$$

$$P_{mech} = M_N \cdot \Omega_N = 132,4 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ s}^{-1} = \underline{\underline{41,60 \text{ kW}}}$$

$$\text{b) } \eta_N = \frac{P_{mech,N}}{P_{auf,N}} = \frac{41,6 \text{ kW}}{220 \text{ V} \cdot 200 \text{ A}} = \underline{\underline{94,5\%}}$$

Hier ist $P_{auf} = P_{el}$, weil nur der Ankerverlustwiderstand berücksichtigt wird.

c) Im Leerlauf ist $I_a = 0$ und die Leerlaufdrehzahl kann berechnet werden nach:

$$n_0 = \frac{\Omega_0}{2\pi} = \frac{U_{aN}}{2\pi \cdot c \cdot \Phi_N} = \frac{220 \text{ V}}{208 \text{ V}/50 \text{ s}} = 52,88 \text{ s}^{-1} = \underline{\underline{3173 \text{ min}^{-1}}} \quad (U_{q0} = U_{aN})$$

d) Der Fluss wird auf 80 % des Nennwertes abgesenkt (Feldschwächbereich), die Betriebsspannung bleibt gleich:

$$c \cdot \Phi_1 = 0,8 \cdot c \cdot \Phi_N = 0,5296 \text{ Vs}, \quad U_{q01} = U_{aN} = 220 \text{ V}$$

$$\Rightarrow n_{01} = \frac{U_{aN}}{2\pi \cdot 0,8 \cdot c \cdot \Phi_N} = \frac{220 \text{ V}}{0,8 \cdot 208 \text{ V}/50 \text{ s}} = 66,11 \text{ s}^{-1} = \underline{\underline{3966 \text{ min}^{-1}}}$$

e) Bei verringertem Fluss wird der zur Momentbildung nötige Ankerstrom:

$$I_{a1} = \frac{M_1}{c \cdot \Phi_1} = \frac{M_N}{c \cdot \Phi_1} = \frac{132,4 \text{ Nm}}{0,5296 \text{ Vs}} = \underline{\underline{250 \text{ A}}} \quad (I_{a1} > I_{aN})$$

$$\Rightarrow n_1 = \frac{U_{q1}}{2\pi \cdot c \cdot \Phi_1} = \frac{U_{aN} - I_{a1} \cdot R_a}{2\pi \cdot c \cdot \Phi_1} = \frac{220 \text{ V} - 15 \text{ V}}{2\pi \cdot 0,5296 \text{ Vs}} = 61,61 \text{ s}^{-1} = \underline{\underline{3696 \text{ min}^{-1}}}$$

$$\Rightarrow P_{mech,1} = M_N \cdot \Omega_N = 132,4 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 61,61 \text{ s}^{-1} = \underline{\underline{51,25 \text{ kW}}} \quad (P_{mech,1} > P_{mech,N})$$

f) Der Wirkungsgrad sinkt auf

$$\eta_N = \frac{P_{mech,1}}{P_{auf,1}} = \frac{51,25 \text{ kW}}{220 \text{ V} \cdot 250 \text{ A}} = \underline{\underline{93,2\%}} \quad (P_{auf,1} = P_{el,1} = 55 \text{ kW})$$

- g) Der aufgenommene Ankerstrom liegt 25 % über dem Nennstrom. Diese Überlastung ist auf Dauer nicht zulässig!

Im zweiten Teil der Aufgabe wird ein Betriebspunkt im Feldschwächbereich angenommen. In diesem Bereich können Drehzahlen $n_1 > n_N$ erreicht werden, jedoch muss dabei das abgegebene Moment dazu umgekehrt proportional sinken, damit die Bedingung $P_{mech,1} = M_1 \cdot \Omega_1 = P_{mech,N}$ eingehalten wird.