

Aufgabe 1:

Asynchronmaschine (35 Punkte)

Eine Asynchronmaschine mit Schleifringläufer werde durch folgende Daten beschrieben:

$$P_N = 3000 \text{ W} , U_N = 400 \text{ V} , n_N = 720 \text{ min}^{-1} , f_N = 50 \text{ Hz} , \cos\varphi_N = 0,76$$

Der Rotorstrom habe bei Nennbetrieb eine Frequenz von $f_{r,N} = 2 \text{ Hz}$.

Im Rotorlager sei ein Drehzahlproportionaler Verlust zu berücksichtigen, das Reibmoment betrage 0,25 Nm. Eisen- und Ständerverluste sollen vernachlässigt werden.

- Wie groß ist der Schlupf s_N und welche Polpaarzahl p muss die Maschine demnach haben?
- Berechnen Sie das Nennmoment M_N und die zugehörige Luftspaltleistung $P_{\delta,N}$.
- Wie groß sind Rotorverlust $P_{vr,N}$, Wirkungsgrad η_N und Nennstrom I_N ?
- Die Maschine sei so konstruiert, dass das Anlaufmoment dem Zweifachen des Nennmoments entspricht. Wie groß muss der Kippschlupf s_K der Maschine theoretisch sein?
- Bei großer Last muss die Maschine ein Anlaufmoment von $M_{A2} = 3M_N$ aufbringen. Kann dieses Moment durch Einfügen von Vorwiderständen in den Läuferkreis aufgebracht werden und welches Moment M_{A3} ist maximal möglich?
- Welcher Vorwiderstand R_{V3} ist nach e) für das Erreichen von M_{A3} erforderlich?
 - Das Übersetzungsverhältnis von Ständer- zu Rotorwicklung betrage 1:1,
 - die Vorwiderstände werden in Sternschaltung eingefügt und
 - der Wicklungswiderstand eines Stranges betrage $R_i = 0,5 \Omega$.

Musterlösung Aufgabe 1:

a) [5 P] $s_N = \frac{f_{rN}}{f_s} = \frac{2 \text{ Hz}}{50 \text{ Hz}} = \underline{\underline{0,04 = 4 \%}}$ (16.5)

$$n_d = \frac{n_N}{1 - s_N} = \frac{720 \text{ min}^{-1}}{0,96} = 750 \text{ min}^{-1} \quad (16.3)$$

$$p = \frac{f_s}{n_d} = \frac{3000 \text{ min}^{-1}}{750 \text{ min}^{-1}} = \underline{\underline{4}} \quad (16.2)$$

b) [8 P] $M_N = \frac{P_{mech}}{\Omega_N} = \frac{3000 \text{ Nm} \cdot \text{s}^{-1}}{2\pi \cdot 12 \text{ s}^{-1}} = \underline{\underline{39,8 \text{ Nm}}}$ (8.13)

$$P_{vR,N} = M_R \cdot \Omega_N = 0,25 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 12 \text{ s}^{-1} = 19 \text{ W}$$

$$P_{\delta,N} = \frac{P_{mech,N} + P_{vR,N}}{1 - s_N} = \frac{3019 \text{ W}}{0,96} = \underline{\underline{3145 \text{ W}}} \quad (17.14)$$

c) [7 P] $P_{vr,N} = P_{\delta,N} \cdot s_N = 3145 \text{ W} \cdot 0,04 = \underline{\underline{126 \text{ W}}}$

$$\eta_N = \frac{P_{mech,N}}{P_{\delta,N}} = \frac{3000 \text{ W}}{3145 \text{ W}} = \underline{\underline{95,4 \%}} \approx 1 - s \quad (17.15)$$

$$I_N = \frac{P_{\delta,N}}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi_N} = \frac{3145 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,76} = \underline{\underline{6 \text{ A}}} \quad (11.17)$$

d) [5 P] Aus $M_A = M_K \cdot \frac{2}{\frac{1}{s_K} + \frac{s_K}{1}} \stackrel{!}{=} 2M_K \cdot \frac{2}{\frac{0,04}{s_K} + \frac{s_K}{0,04}} = 2M_N$ (17.22)

$$\Rightarrow 2 \cdot \left(\frac{1}{s_K} + s_K \right) = \frac{0,04}{s_K} + \frac{s_K}{0,04} \Rightarrow s_K^2 \cdot \left(2 - \frac{1}{0,04} \right) = 0,04 - 2$$

$$\Rightarrow s_K \approx \pm \sqrt{0,085} \Rightarrow \underline{\underline{s_K = 0,29}}$$

e) [5 P] Das maximale Moment M_{A3} , welches die Maschine aufbringen kann, ist das Kippmoment:

$$\frac{M_N}{M_K} = \frac{2}{\frac{s_N}{s_K} + \frac{s_K}{s_N}} \Rightarrow M_K = \frac{\frac{0,04}{0,29} + \frac{0,29}{0,04}}{2} M_N \approx 3,7 M_N$$

Ein Anlaufmoment von $M_{A2} = 3M_N < M_K = \underline{\underline{M_{A3} = 3,7M_N}}$ kann demnach sicher aufgebracht werden.

f) [5 P] Aus $s_K = \pm \frac{R'_r}{X_\sigma} \Rightarrow s_K \sim R'_r$ (17.21)

$$\frac{s_A}{s_K} = \frac{1}{0,29} = \frac{R_i + R_{V3}}{R_i} \Rightarrow R_{V3} = R_i \left(\frac{1}{0,29} - 1 \right) \approx \underline{\underline{1,22 \Omega}}$$