



Institut für Elektrische  
Maschinen, Antriebe  
und Bahnen



Braunschweig, 21.08.2012  
Ku-Puz/Hen-Tar/Mei-Pso

## **Bachelorprüfung Sommersemester 2012**

# **Grundlagen der elektrischen Energietechnik**

- 1. Teil: Hochspannungstechnik und Energieübertragung
- 2. Teil: Elektromechanische Energieumformung
- 3. Teil: Grundlagen der Leistungselektronik

## 2. Teil: Elektromechanische Energieumformung

### 1. Aufgabe: Gleichstrommaschine

- 1.1 Welche Funktion haben die Wendepolwicklung und die Kompensationswicklung beim Betrieb einer Gleichstrommaschine? [2 P]
- 1.2 Bei einer fremderregten Gleichstrommaschine wird während des Betriebs im Nennpunkt versehentlich die Erregung ausgeschaltet. Welche Auswirkungen hat dies auf den Betrieb (Ankerstrom, Drehzahl) der Maschine? [2 P]

Für einen Elektro-Gabelstapler wird eine fremderregte Gleichstrommaschine als Fahrmotor verwendet. Aus einer Batteriespannung  $U_{\text{Bat}} = 220 \text{ V}$  kann mit Hilfe von Gleichstromstellern sowohl eine variable Ankerspannung  $U_a$  als auch eine variable Erregerspannung  $U_f$  von 0 bis 220 V eingestellt werden. Die Gleichstrommaschine besitzt im Nennpunkt folgende Daten:

$$\begin{aligned} \text{Drehzahl:} \quad n_N &= 1400 \text{ min}^{-1} \\ \text{Drehmoment:} \quad M_N &= 100 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Für die Rotationsinduktivität ist der Wert  $M'_d = 1,0 \text{ H}$ , für den Erregerwiderstand der Wert  $R_f = 150 \Omega$  und für den Ankerwiderstand der Wert  $R_a = 0,1 \Omega$  angegeben.

Sättigungserscheinungen im Eisenkreis, Reibungs- und Eisenverluste sowie Verluste durch die Wendepol- oder Kompensationswicklung werden nicht berücksichtigt.

- 1.3 Welcher Erregerstrom  $I_{f,N}$  ist für den Motorbetrieb einzustellen, damit im Nennpunkt ein Ankerstrom von  $I_{a,N} = 100 \text{ A}$  fließt? Wie groß sind dann die induzierte Spannung  $U_{i,N}$ , die Ankerspannung  $U_{a,N}$ , die mechanische Leistung  $P_{\text{mech},N}$  und der Wirkungsgrad  $\eta_N$  (ohne Berücksichtigung der Erregerverluste)? [5 P]

Während eines Bremsvorgangs wird mit der Maschine generatorisch in die Batterie zurückgespeist. In diesem Betriebspunkt beträgt die Ankerspannung  $U_a = 220 \text{ V}$ , es fließt ein Ankerstrom  $I_a = -100 \text{ A}$  und der Erregerstrom beträgt  $I_f = 1,455 \text{ A}$ .

- 1.4 Wie groß sind die induzierte Spannung und die Drehzahl in diesem Betriebspunkt? Wie groß sind das Drehmoment und die mechanische Leistung? [4 P]

## **2. Aufgabe: Asynchronmaschine (ASM)**

- 2.1 Welchen Einfluss hat die Stern-Dreieck-Umschaltung und welchen Einfluss hat die Polpaarzahl  $p$  auf die Leerlaufdrehzahl einer Asynchronmaschine? [2 P]
- 2.2 Welchen Einfluss hat bei einer Asynchronmaschine die Streuung ( $X_\sigma$ ) auf den Anlaufstrom und auf das Kippmoment? [2 P]

Ein vierpoliger Käfigläufer-Asynchronmotor wird an einem 400V/50Hz-Drehstromnetz betrieben. Von dem Asynchronmotor sind folgende Daten bekannt:

Schaltungsart: Sternschaltung  
 Nennleistung:  $P_{\text{mech,N}} = 3 \text{ kW}$   
 Nenndrehzahl:  $n_N = 1436 \text{ min}^{-1}$

Im Kippunkt wird eine Drehzahl  $n_k = 1125 \text{ min}^{-1}$  gemessen. Der Statorwiderstand sowie Eisen-, Reibungs- und Zusatzverluste sind vernachlässigbar (vereinfachtes Ersatzschaltbild).

- 2.3 Bestimmen Sie für den Nennpunkt: [4 P]
- den Schlupf  $s_N$
  - das Drehmoment  $M_N$
  - die Luftspaltleistung  $P_{\delta,N}$
  - die Rotorverlustleistung  $P_{\text{vr,N}}$
- 2.4 Bestimmen Sie für den Kippunkt: [3 P]
- den Schlupf  $s_k$
  - das Kippmoment  $M_k$
- 2.5 Wie groß ist das Anlaufmoment  $M_A$ ? [2 P]

### **3. Aufgabe: Vollpol-Synchronmaschine**

- 3.1 Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm einer Vollpol-Synchronmaschine für Motorbetrieb am starren Netz ( $R_s = 0$ ), wobei die Maschine nur Wirkleistung aufnimmt. Bezeichnen Sie die Spannungsabfälle und tragen Sie den Polradwinkel  $\vartheta$  ein. Wie groß ist der Phasenwinkel  $\varphi$ ? [3 P]
- 3.2 Wie muss eine Synchronmaschine am Netz betrieben werden, um kapazitive Verbraucher zu kompensieren? [1 P]
- 3.3 Nennen Sie mindestens zwei Einsatzbereiche bzw. Anwendungsgebiete, für die der Einsatz von Synchronmaschinen besonders vorteilhaft ist, und begründen Sie Ihre Antwort. [2 P]

Eine vierpolige Vollpol-Synchronmaschine wird in Sternschaltung am 400V/50Hz-Drehstromnetz betrieben. Folgende Größen sind bekannt:

synchrone Reaktanz:  $X_d = 1,6 \, \Omega$

Polradspannung bei Nennerregung:  $U_{p,N} = 400 \, \text{V}$

Verluste können vernachlässigt werden ( $R_s = 0$ )

- 3.4 Im Nennpunkt gibt die Maschine bei Nennerregung eine mechanische Leistung von  $P_{\text{mech},N} = 86,6 \, \text{kW}$  ab. Berechnen Sie: [5 P]
- das Nennmoment  $M_N$
  - den Polradwinkel  $\vartheta_N$
  - die elektrisch zugeführte Leistung  $P_{\text{el},N}$
  - den Strangstrom  $I_{s,N}$  (Tipp: Stromortskurve)
- 3.5 Die Maschine wird bei Nennerregung kurzzeitig bis zum Kippunkt belastet. Bestimmen Sie für diesen Betriebspunkt: [3 P]
- den Polradwinkel  $\vartheta_K$
  - das Kippmoment  $M_K$
  - die Überlastbarkeit  $\ddot{u}$

**Lösungen zu den Rechen-Aufgabenteilen der Bachelorprüfung**  
**Sommersemester 2012**

**2. Teil: Elektromechanische Energieumformung**

**1. Aufgabe: Gleichstrommaschine**

1.3)  $I_{f,N} = 1 \text{ A}$

$$U_{i,N} = 146,6 \text{ V}$$

$$U_{a,N} = 156,6 \text{ V}$$

$$P_{mech,N} = 14660 \text{ W}$$

$$\eta_N = 0,936$$

1.4)  $U_i^* = 230 \text{ V}$

$$n^* = 1509,5 \text{ min}^{-1}$$

$$M^* = -145,5 \text{ Nm}$$

$$P_{mech}^* = -23000 \text{ W}$$

**2. Aufgabe: Asynchronmaschine (ASM)**

2.3)  $s_N = 0,0426 = 4,26 \%$

$$M_N = 19,95 \text{ Nm}$$

$$P_{\delta,N} = 3133,7 \text{ W}$$

$$P_{vr,N} = 133,7 \text{ W}$$

2.4)  $s_k = 0,25$

$$M_k = 60,15 \text{ Nm}$$

2.5)  $M_A = 28,3 \text{ Nm}$

**3. Aufgabe: Vollpol-Synchronmaschine**

3.4)  $M_N = 55,13 \text{ Nm}$

$$\vartheta_N = 30^\circ$$

$$P_{el,N} = 86,6 \text{ kW}$$

$$I_{s,N} = 144,3 \text{ A}$$

3.5)  $\vartheta_k = 90^\circ$

$$M_k = 1102,6 \text{ Nm}$$

$$\ddot{u} = 2$$