

## Klausur

### Elektrische Energiesysteme / Grundlagen der Elektrotechnik 3

02.04.2008

- Die Klausur besteht aus 6 Aufgaben. Pro richtig beantworteter Teilaufgabe a), b) oder c) sind unabhängig vom Schwierigkeitsgrad jeweils 3 Punkte erreichbar.
- Die einzelnen Fragen können weitgehend unabhängig voneinander beantwortet werden.
- Bei 45 von 54 erreichbaren Punkten wird die Note 1,0 gegeben; entsprechend bei 22 Punkten eine 4,0. Halbe Punkte werden nicht gegeben.
- zulässige Hilfsmittel: Zirkel, Lineal, Winkelmesser, nicht kommunikationsfähiger Taschenrechner, 3 Blätter A4 Formelsammlung
- Dauer der Klausur: 2 h

**Matrikelnummer****Name****Unterschrift**

---

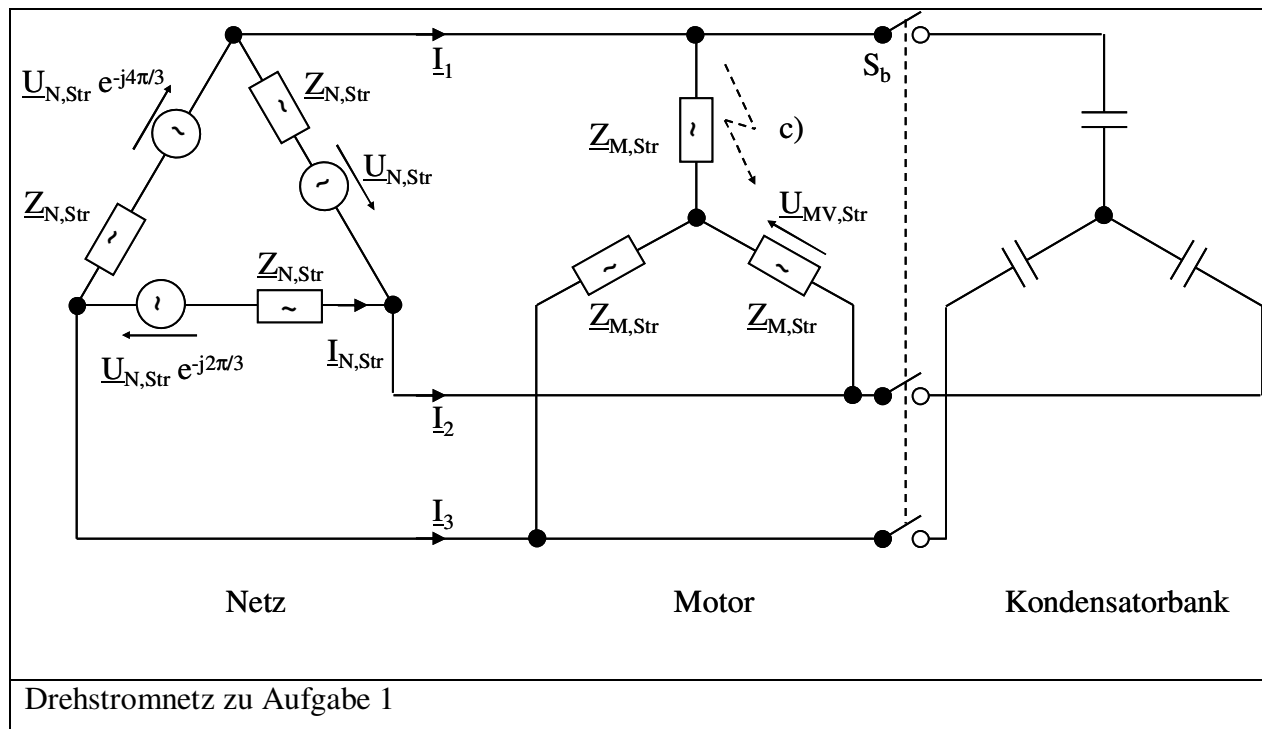
Bereich für die Korrektur

Aufgabe	Punkte	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Summe		
Note		

Aufgabe 1

Ein Drehstromnetz kann vereinfacht durch eine Strang-Leerlaufspannung  $\underline{U}_{N,Str} = 400 \text{ V}$ ,  $f_N = 50 \text{ Hz}$  und eine Strang-Impedanz  $\underline{Z}_{N,Str} = 1 \Omega \cdot e^{j25^\circ}$  beschrieben werden.

An dieses Netz wird als Verbraucher ein in Stern geschalteter symmetrischer Motor mit der Strangimpedanz  $\underline{Z}_{M,Str} = 50 \Omega \cdot e^{j35^\circ}$  angeschlossen.



Hinweis: Die Lösung wird vereinfacht, wenn Sie auf der Netzseite eine Dreieck-Stern-Umwandlung durchführen.

- Wie groß ist der sich in der Versorgungsleitung einstellende Strom  $\underline{I}_1$  im Leiter L1?  
Wie groß wird der entsprechende Strangstrom im Netz  $\underline{I}_{N,Str}$ ?  
Wie groß ist die Strangspannung  $\underline{U}_{M,Str}$  am Motor?
- Parallel zum Motor wird nun eine Kondensatorbank, bestehend aus drei in Stern geschalteten Kondensatoren, geschaltet. Wie groß müssen die Kapazitäten gewählt werden, damit die Netz-Leiterströme  $\underline{I}_1$ ,  $\underline{I}_2$  und  $\underline{I}_3$  mit den Sternspannungen  $\underline{U}_{M1}$ ,  $\underline{U}_{M2}$  und  $\underline{U}_{M3}$  am Motor in Phase liegen?
- Die Kondensatoren werden nun wieder abgeschaltet. Wie groß wird der Kurzschlussstrom  $\underline{I}_{IK}$  bei Kurzschluss des Strangs U im Motor? Hinweis: Die Frage ist durch scharfes Hinsehen in zwei Zeilen beantwortbar.

Lösung zu Aufgabe 1:

Aufgabe 2

Gegeben sei der untenstehende Querschnitt eines magnetischen Kreises eines Gleichstrom-Motors. Die Permeabilität des Weicheisens darf als unendlich groß angenommen werden ( $\mu_{\text{Fe}} \rightarrow \infty$ ).

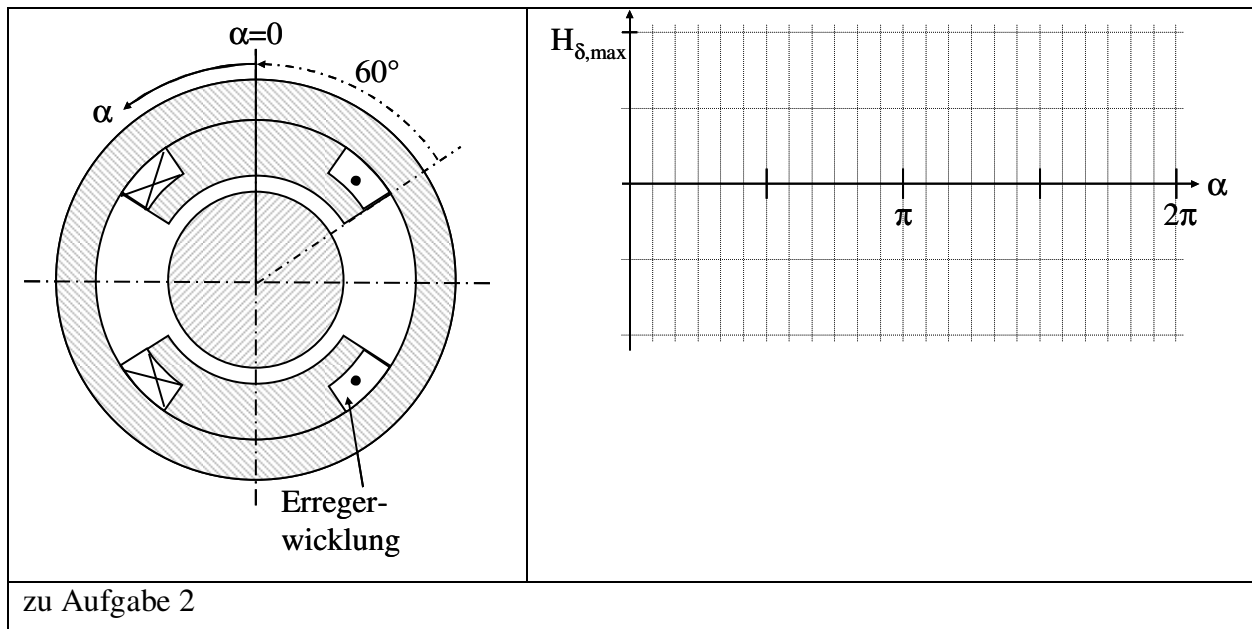
Die Erregerwicklung mit  $w_f = 100$  Windungen werde von einem Strom  $I_f = 1$  A gespeist.

- Zeichnen Sie zwei Feldlinien in die unten links stehende Skizze ein!
- Stellen Sie in der obenstehenden Skizze den Verlauf der Luftspaltfeldstärke  $H_\delta$  über dem Winkel dar, wenn das Eisen eine unendlich große Permeabilität aufweist und keine Streuung auftritt!

Wie groß wird bei einem Luftspalt von 1 mm das maximal auftretende  $H_\delta$ ? Hinweis:  $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-7} \text{ V s A}^{-1} \text{ m}^{-1}$ .

- Die Fläche unter einem Polschuh beträgt  $50 \text{ cm}^2$ . Wie groß wird der Polfluss  $\Phi_p$ ?

Lösung zu Aufgabe 2:



Aufgabe 3

Ein 20 kV-Generator speist über einen Drehstromtransformator der Schaltgruppe Yy6 mit  $S_N = 50 \text{ MVA}$ ,  $U_1 = 110 \text{ kV}$ ,  $U_2 = 20 \text{ kV}$  in das 110 kV-Drehstromnetz. Die Kurzschlussspannung ist mit  $u_k = 5 \%$  angegeben.

- a) Wie groß ist die - auf die Oberspannungsseite bezogene - Längsreaktanz im Stern-Ersatzschaltbild des Transformators, wenn die Verluste und der Magnetisierungsstrom vernachlässigt werden dürfen? Geben Sie das Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  für das Längs-Ersatzschaltbild an!
- b) Wie groß muss die Generatorspannung  $U_2$  eingestellt werden, damit dieser eine Scheinleistung von  $\underline{S} = (40 + j30) \text{ MVA}$  an das ideal anzusehende Netz liefert?

Hinweis: Legen Sie die Netz-Spannung in die reelle Achse!

- c) Ausgehend vom Betrieb nach b) entsteht ein allpoliger Netzkurzschluss. Wie groß wird der Generatorstrom, wenn der Generator als ideale Spannungsquelle betrachtet wird? Wie wirkt es sich qualitativ auf den Kurzschlussstrom aus, wenn der Generator als reale Spannungsquelle gesehen wird?

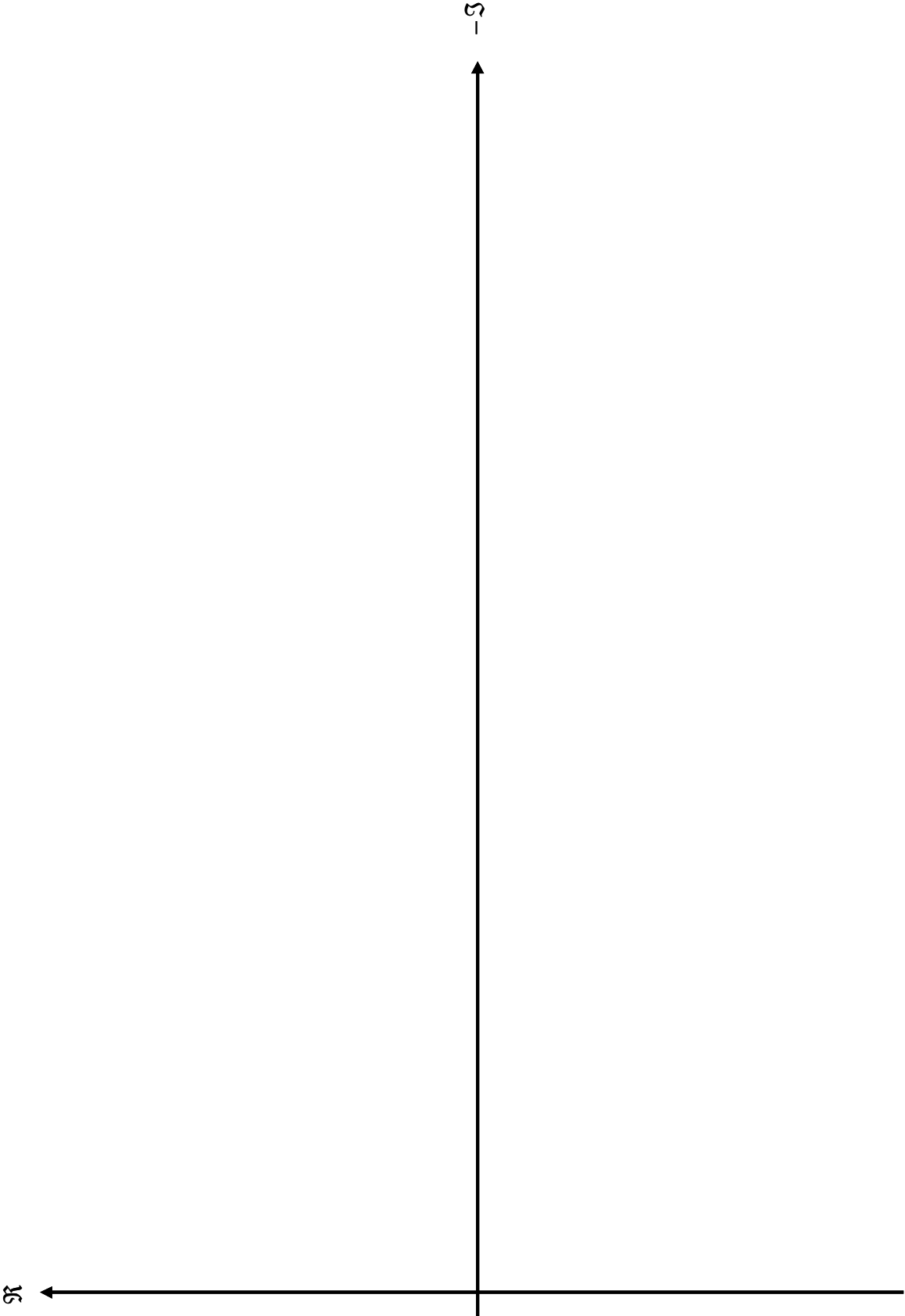
Lösung zu Aufgabe 3:

Aufgabe 4

Auf dem Typenschild eines Kurzschlussläufer-Asynchronmotors stehen die Daten  $U_N = 400/230 \text{ V}$ ,  $I_N = 44/76 \text{ A}$ ,  $P_N = 22 \text{ kW}$ ,  $n_N = 960 \text{ min}^{-1}$  und  $\cos\varphi_N = 0,84$ . Das Kipp-Drehmoment wird mit  $480 \text{ Nm}$  angegeben. Sättigung und Stromverdrängung sowie alle Verluste außer den Rotor-Kupfer-Verlusten dürfen vernachlässigt werden.

- a) Welche Schaltung der Statorwicklung ist für  $400 \text{ V}$  Betriebsspannung zu wählen? Welches Drehmoment entwickelt die Maschine im Bemessungspunkt?
- b) Zeichnen sie die Strom-Ortskurve des Motors für  $400 \text{ V}$  Betriebsspannung! (Empfohlener Maßstab für das Lösungsblatt auf der nächsten Seite:  $m_I = 10 \text{ A/cm}$ ).
- c) Welche Drehzahl stellt sich bei einer Belastung mit  $330 \text{ Nm}$  ein?

Lösung zu Aufgabe 4 (s. auch nächste Seite):



Aufgabe 5

Ein Synchrongenerator in einem thermischen Kraftwerk hat die Bemessungsdaten  $U_N = 27 \text{ kV}$ ,  $I_N = 7500 \text{ A}$ ,  $I_{fN} = 200 \text{ A}$ ,  $n_N = 1500 \text{ 1/min}$ ,  $f_N = 50 \text{ Hz}$ ,  $\cos\varphi_N = 0,85$  (kapazitiver Verbraucher) und  $K_C = 0,4$ . Alle Verluste und die Sättigung dürfen vernachlässigt werden.

- a) Wie groß ist die Polpaarzahl  $p$ ?

Wie groß sind die Synchron-Reaktanz  $X_1$ , die Bemessungs-Scheinleistung  $S_N$  und die Polradspannung  $U_{PN}$  (Stern-Spannung) im Bemessungspunkt?

- b) Die Maschine soll an ein Netz mit  $U_N$  und  $f_N$  ausschließlich kapazitive Blindleistung von 100 MVA liefern.

Wie groß ist der Statorstrom  $I_b$  in diesem Betriebspunkt?

Wie ist der Erregerstrom  $I_{fb}$  einzustellen?

- c) Ausgehend vom Betrieb nach b) soll zusätzlich eine Wirkleistung von 100 MVA aufgebracht werden. Welche Änderungen sind durchzuführen (qualitative Antwort genügt)?

Lösung zu Aufgabe 5:



Aufgabe 6

Ein Universalmotor mit folgenden Daten soll in einem Waschmaschinenantrieb eingesetzt werden:  $P_{N,mechanisch} = 500 \text{ W}$ ,  $U_N = 230 \text{ V}$ ,  $f_N = 50 \text{ Hz}$ ,  $n_N = 3000 \text{ 1/min}$ ,  $\cos\varphi_N = 0,8$  und  $\eta_N = 70 \%$ . Alle Verluste außer den Kupferverlusten dürfen vernachlässigt werden. Die Bürsten befinden sich in Neutralstellung, d. h. die induzierte Ankerspannung liegt in Phase mit dem Ankerstrom.

- a) Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild und geben Sie Summen-Widerstand  $R_a+R_f$  und Summen-Reaktanz  $X_a+X_f$  der Anker- und der Erregerwicklung an!
- b) Wie groß wird das Drehmoment bei der Drehzahl Null und Betrieb mit Bemessungsspannung?
- c) Im Schonwaschgang wird ein Drehmoment von  $0,5 \text{ Nm}$  bei einer Drehzahl von  $500 \text{ 1/min}$  benötigt. Wie hoch muss die Spannung eingestellt werden?

Lösung zu Aufgabe 6: