

Klausur

Elektrische Energiesysteme / Grundlagen der Elektrotechnik 3

26.07.2010

- Die Klausur besteht aus 4 Aufgaben. Pro richtig beantworteter Teilaufgabe a), b), c) oder d) sind unabhängig vom Schwierigkeitsgrad jeweils 3 Punkte erreichbar.
- Die einzelnen Fragen können weitgehend unabhängig voneinander beantwortet werden.
- Bei 48 von 48 erreichbaren Punkten wird die Note 1,0 gegeben; entsprechend bei 24 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

Name (in Blockbuchstaben):

Matrikelnummer:

Studienrichtung:

Unterschrift:

Bereich für die Korrektur

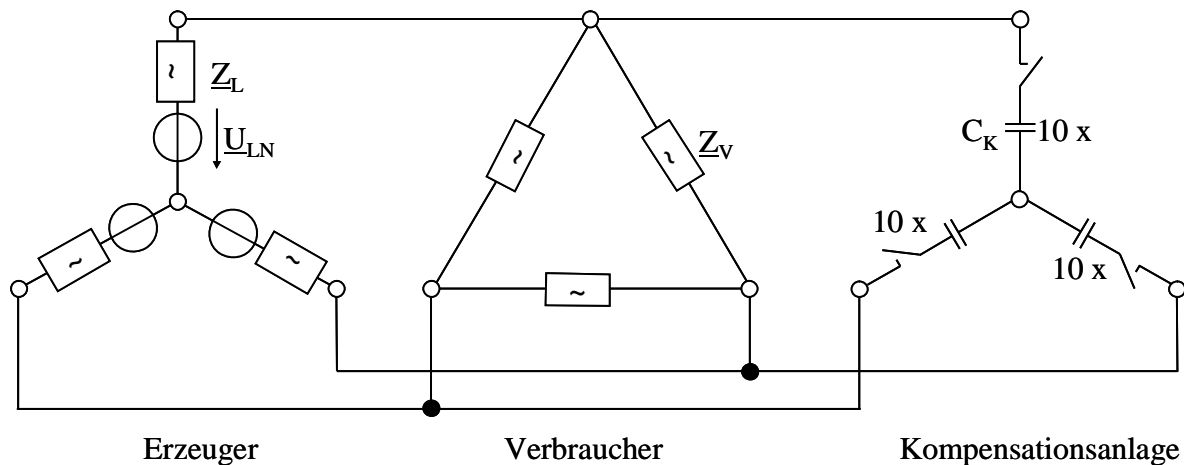
Aufgabe	Punkte	
1		
2		
3		
4		
Summe		
Note		

Aufgabe 1

Ein Niederspannungs-Drehstromnetz kann durch eine Y-Ersatzschaltung mit einer Spannungsquelle von $U_{LN} = 400\text{ V}$, $f_N = 50\text{ Hz}$ mit einer Innenimpedanz von $\underline{Z}_L = (0,2 + j0,1)\ \Omega$ beschrieben werden.

An das Netz wird ein Verbraucher in Dreieckschaltung mit $\underline{Z}_V = (10 + j5)\ \Omega$ geschaltet.

Alle Schalter seien zunächst offen.



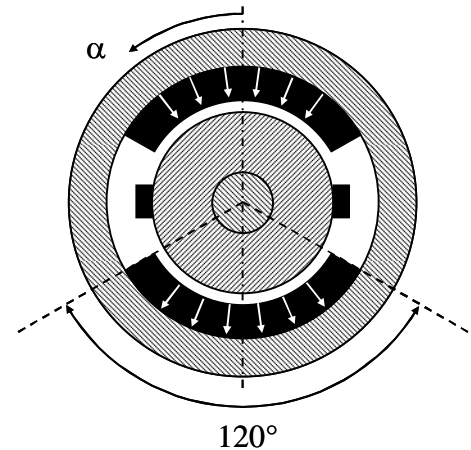
Drehstromnetz zu Aufgabe 1

- a) Zeichnen Sie ein einphasiges Ersatzschaltbild in Y-Schaltung auf! (1 Punkt)
Geben Sie die Impedanz des Verbrauchers $\underline{Z}_{V,Y}$ im einphasigen Ersatzschaltbild an! (2 Punkte)
- b) Geben Sie den Leiterstrom \underline{I}_L nach Betrag und Phase an! (2 Punkte)
Wie groß ist der Strangstrom am Verbraucher \underline{I}_V (beachten Sie die Dreieckschaltung!)? (1 Punkt)
- c) Zur Blindleistungskompensation stehen pro Strang bis zu 10 parallel schaltbare $100\ \mu\text{F}$ -Kondensatoren (in Stern geschaltet) zur Verfügung.
Wie groß wird der Blindstrom pro Kondensator bei Vernachlässigung der Leitungsimpedanz ($\underline{Z}_L \rightarrow 0$)? (1 Punkt)
Wie groß ist der Blindstrom im Leiterstrom \underline{I}_{Lb} ? (Hinweis: falls Sie b) nicht gelöst haben, nehmen Sie $\underline{I}_L = 128\text{ A } e^{-j45^\circ}$ an!) (1 Punkt)
Wieviele Kondensatoren müssen zugeschaltet werden, um den Leistungsfaktor in die Nähe von $\cos\varphi \approx 1$ zu bringen, ohne jedoch eine Überkompensation durchzuführen? (1 Punkt)
- d) Ergänzen Sie folgende Formeln!
Für die transformierten Größen im energietechnischen Ersatzschaltbild des Transformators gilt:
$$\underline{U}_2' = \underline{U}_2 \quad (1\text{ Punkt})$$
$$\underline{R}_2' = \underline{R}_2 \quad (1\text{ Punkt})$$
Bei der Zerlegung in symmetrische Komponenten gilt für den Gegenstrom:
$$\underline{I}_g = (\cdot \underline{I}_1 + \cdot \underline{I}_2 + \cdot \underline{I}_3) \quad (1\text{ Punkt})$$

Lösung zu Aufgabe 1:

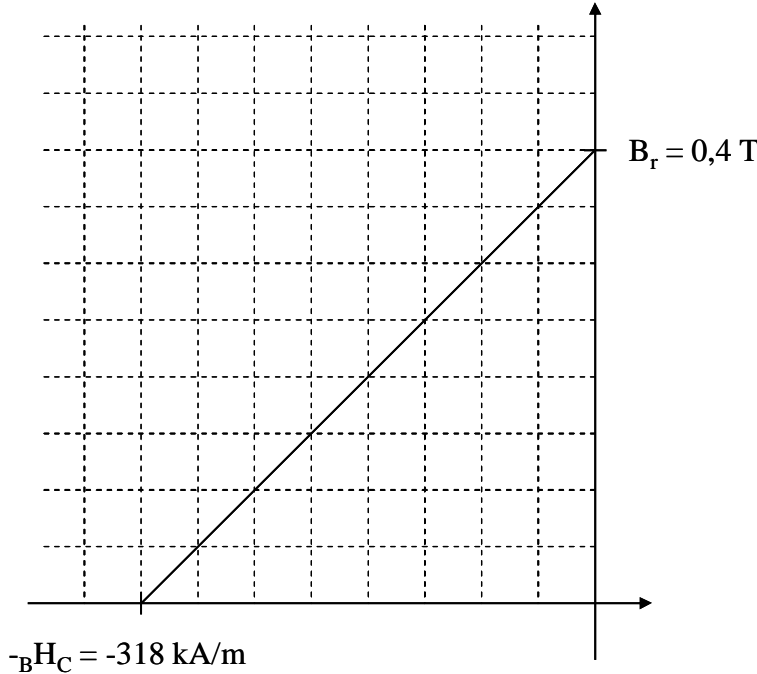
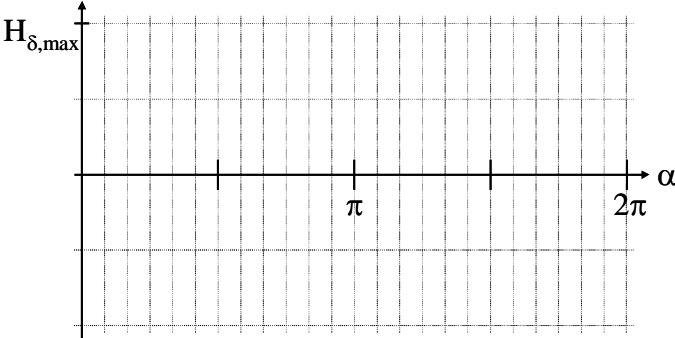
Aufgabe 2

Gegeben seien nebenstehend ein Teil des Querschnitts eines magnetischen Kreises aus einer permanenterregten Gleichstrommaschine. Die Permeabilität des Weicheisens (schraffierter Bereich) darf als unendlich groß angenommen werden. Die Permanentmagnete (schwarz) sind in der eingezeichneten Art radial magnetisiert.



- a) Tragen Sie den qualitativen Verlauf der magnetischen Feldstärke im Luftspalt über dem Drehwinkel in die Skizze auf dem Lösungsblatt ein! Die Streuung darf vernachlässigt werden. (3 Punkte)
- b) Die axiale Magnethöhe beträgt 5 mm und der Luftspalt hat eine axiale Länge von 1 mm. Die Achsenabschnitte der linearen Entmagnetisierungskennlinie betragen $B_H C = 318 \text{ kA/m}$ und $B_r = 0,4 \text{ T}$ (s. auch Diagramm auf dem Lösungsblatt).
Zeichnen Sie die Scherungsgerade! (1 Punkt)
Geben Sie die magnetische Flussdichte im Luftspalt an (konstante Fläche)! (1 Punkt)
Geben Sie die Höhe von $H_{\delta, \max}$ an! (1 Punkt)
- c) Der Stator erzeuge eine Flussverkettung von $k\Phi = 100 \text{ mVs}$ in der Gleichstrommaschine mit dem Ankerwiderstand $R_a = 20 \text{ m}\Omega$.
Wie groß ist die Leerlaufdrehzahl der Maschine n_0 bei $U_{aN} = 12 \text{ V}$? (1 Punkt)
Wie groß ist der Kurzschlussstrom $I_{a,k}$ bei $U_{aN} = 12 \text{ V}$? (1 Punkt)
Welches innere Drehmoment M_{iN} erreicht die Maschine bei $I_{aN} = 100 \text{ A}$? (1 Punkt)
- d) Die Maschine mit den Daten aus c) soll ein Drehmoment von $M_{id} = 1 \text{ Nm}$ bei einer Drehzahl von $n = 5000 \text{ min}^{-1}$ entwickeln.
Welcher Ankerstrom I_a muss eingestellt werden? (1 Punkt)
Welche Ankerspannung U_a muss eingestellt werden? (1 Punkt)
Welche Massnahme ist geeignet, die berechnete Ankerspannung aus einer 12 V-Quelle zu erzeugen? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 2



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 2

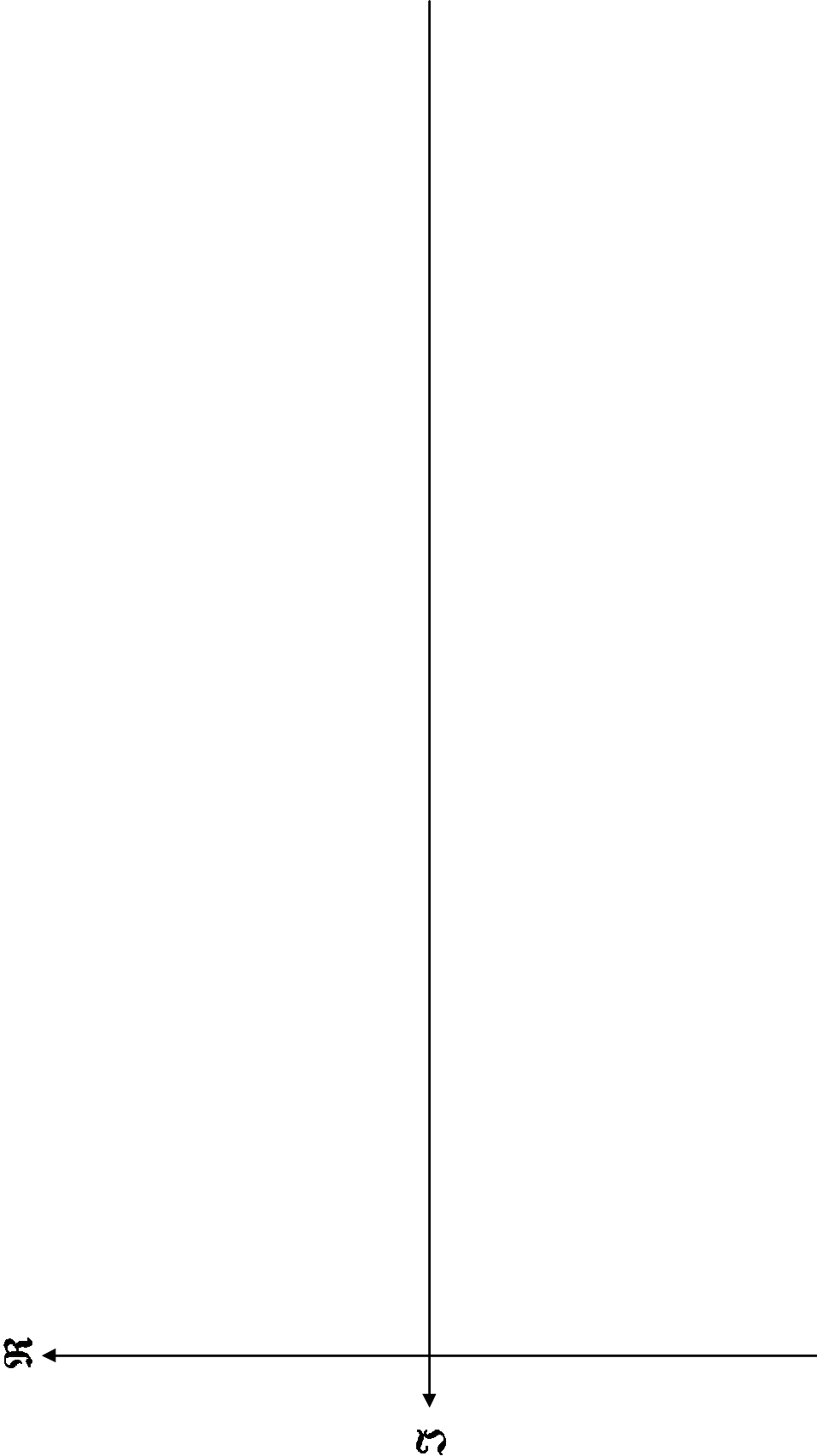
Aufgabe 3

Von einem dreisträngigen, vierpoligen Kurzschlussläufer-Asynchronmotor sind die strang-bezogenen Größen Bemessungsstrom (nicht Optimalstrom) $\underline{I}_{N,\text{Strang}} = 15 \text{ A} \cdot e^{-j30^\circ}$ und Kurzschlussstrom $\underline{I}_K = 50 \text{ A} \cdot e^{-j75^\circ}$ bei der Bemessungs-Spannung $U_{\text{Strang}} = 230 \text{ V}$ und -Frequenz $f_N = 50 \text{ Hz}$ bekannt.

Alle Verluste außer den Läufer-Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden.

- a) Zeichnen Sie den Bemessungsstrom in ein Diagramm! (s. nächste Seite, geeigneter Strommaßstab: z. B. 5 A entspricht 1 cm) (1 Punkt)
Ergänzen Sie den Kurzschlussstrom! (1 Punkt)
Zeichnen Sie die Ortskurve des Statorstroms! (1 Punkt)
- b) Zeichnen Sie den Kipp-Punkt in das Diagramm! (1 Punkt)
Wie groß ist der Statorstrom im Kipp-Punkt $I_{1\text{Kipp}}$? (1 Punkt)
Wie groß ist das Verhältnis Kipp-Drehmoment zu Bemessungs-Drehmoment M_{Kipp}/M_N ? (1 Punkt)
- c) Zeichnen Sie eine Schlupfgerade in das Diagramm! (1 Punkt)
Markieren Sie den Leerlaufschlupf auf der Schlupfgeraden! (1 Punkt)
Markieren Sie den Kurzschluss-Schlupf auf der Schlupfgeraden! (1 Punkt)
- d) Lesen Sie den Bemessungs-Schlupf ab! (1 Punkt)
Geben Sie die Leerlaufdrehzahl der Maschine an! (1 Punkt)
Wie groß ist die Bemessungs-Drehzahl? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 3



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 3

Aufgabe 4

Eine dreisträngiger Synchrongenerator mit den Daten $U_N = 5 \text{ kV}$, $S_N = 250 \text{ kVA}$, $\cos\varphi_N = -0,8$ übererregt, $p = 30$, $\vartheta_N = -25^\circ$, Y-Schaltung soll in einem Wasserkraftwerk eingesetzt werden. Der Erregerstrom im Bemessungspunkt beträgt $I_{FN} = 10 \text{ A}$.

Alle Verluste des Motors dürfen vernachlässigt werden.

- a) Zeichnen Sie ein einphasiges Strang-Ersatzschaltbild der Maschine! (1 Punkt)
Berechnen Sie den Bemessungs-Strom \underline{I}_N der Maschine nach Betrag und Phase (U_N in reeller Achse)! (2 Punkte)
- b) Zeichnen Sie ein maßstäbliches Zeigerdiagramm der Maschine im Bemessungspunkt! (Maßstab z. B. 10 A/cm , 500 V/cm) (1 Punkt)
Lesen Sie die Polradspannung U_{PN} in diesem Betriebspunkt aus dem Diagramm ab! (1 Punkt)
Ermitteln Sie den Blindwiderstand der Statorinduktivität X_1 aus dem Diagramm! (1 Punkt)
- c) Die Maschine wird in einem Inselnetz betrieben. Abweichend von b) habe die Maschine die Daten $X_{1c} = 150 \Omega$ und $U_{Pc} = 8 \text{ kV}$. Sie wird mit einer Impedanz $\underline{Z}_c = (450 + j450) \Omega$ belastet.
Zeichnen Sie ein einphasiges Ersatzschaltbild des Inselnetzes! (1 Punkt)
Berechnen Sie den Strom I_c durch die Last \underline{Z}_c ! (1 Punkt)
Berechnen Sie die Wirkleistung an der Last P_c ? (1 Punkt)
- d) Welche Generator-Bauform wird bei hoher Polzahl (z. B. Wasser- und Windkraftwerke) bevorzugt? (1 Punkt)
Welcher Energiespeicher steht im Verbundnetz für sehr schnelle Leistungsänderungen (Änderungsgeschwindigkeit ca. 1 s) zur Verfügung? (1 Punkt)
Welche Schutzmaßnahme stellt bei üblichen Steckernetzteilen für elektronische Geräte (z. B. Laptop) mit zweipoligem Anschluss (L-N) die Berührungssicherheit im Fehlerfall her? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 4