

Klausur

Elektrische Energiesysteme / Grundlagen der Elektrotechnik 3

25.07.2011

- 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

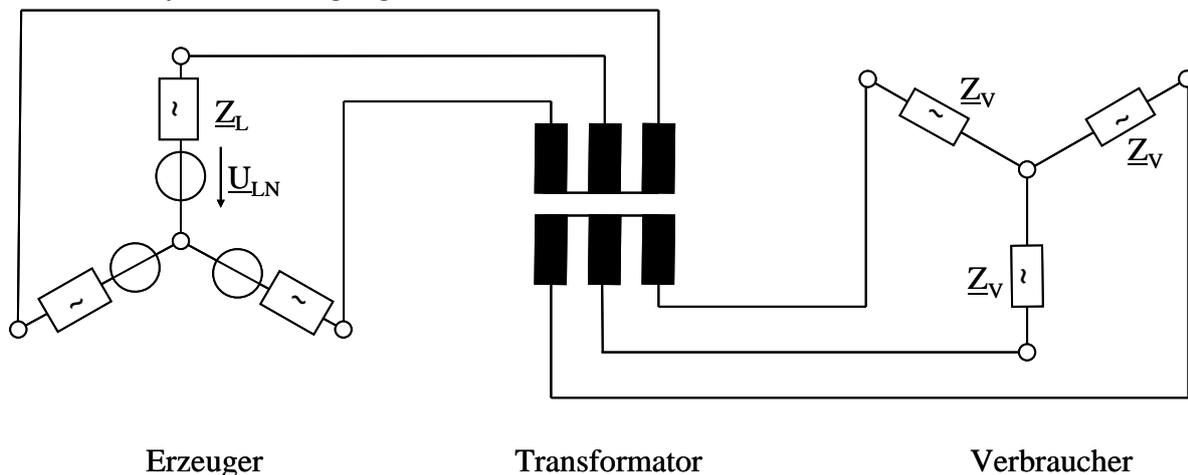
Aufgabe	Punkte	
1		
2		
3		
4		
Summe		
Note		

Aufgabe 1

Der symmetrische Niederspannungs-Drehspannungs-Erzeuger für das unten stehende Netz kann durch eine Y-Ersatzschaltung mit Spannungsquellen von $U_{LN} = 400 \text{ V}$, $f_N = 50 \text{ Hz}$ mit einer jeweiligen Innenimpedanz von $\underline{Z}_L = (0,1+j0,3) \Omega$ beschrieben werden.

An das Netz soll ein symmetrischer Drehstrom-Verbraucher mit den Typenschild-Daten $U_N = 400 \text{ V}$, $I_N = 50 \text{ A}$, $\cos\varphi_N = 0,85$ induktiv geschaltet werden.

Zur Anpassung steht ein Transformator mit den Daten $S_N = 100 \text{ kVA}$, $U_N = 690 \text{ V} / 400 \text{ V}$, $u_K = 8 \%$, Yy0 zur Verfügung.



- a) Der Verbraucher kann durch ein Y-Ersatzschaltbild aus zwei Bauelementen pro Strang beschrieben werden.
Geben Sie die Impedanz des Verbrauchers $\underline{Z}_{V,Y}$ im einphasigen Ersatzschaltbild nach Betrag und Phase an! (1 Punkt)
Geben Sie die Größe der Wirk- und Blindwiderstände $R_{V,Y}$ und $X_{V,Y}$ bei Annahme einer Reihenschaltung der Bauelemente an! (2 Punkte)
- b) Der Transformator soll durch ein Längs-Ersatzschaltbild beschrieben werden. Die Widerstände von Primär- und Sekundärwicklung dürfen idealisiert mit $R_1 = R_2 = 0 \Omega$ werden.
Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis? (1 Punkt)
Geben Sie die auf die Primärseite bezogene Längsimpedanz X_T an! (2 Punkte)
- c) Nehmen Sie unabhängig von den bisherigen Ergebnissen $R_{V,Y} = 4 \Omega$ und $X_{V,Y} = 2,5 \Omega$ induktiv sowie $\dot{u} = 2$ und $X_T = 0,5 \Omega$ an.
Transformieren Sie die Bauelemente $R_{V,Y}$ und $X_{V,Y}$ auf die Primärseite! (2 Punkte)
Wie groß wird der Primärstrom I_1 des Transformators? (1 Punkt)
- d) Ergänzen Sie folgende Formeln!
Für die Stern-Dreieck-Umwandlung einer symmetrischen Quelle gilt:
 $U_D = U_Y$ (1 Punkt)
 $Z_D = Z_Y$ (1 Punkt)
Warum werden zweiphasige Drehstromsysteme nicht in der Energieübertragung eingesetzt? (1 Punkt)

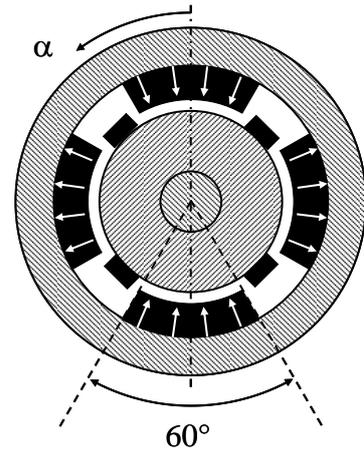
Lösung zu Aufgabe 1:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 1:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 1:

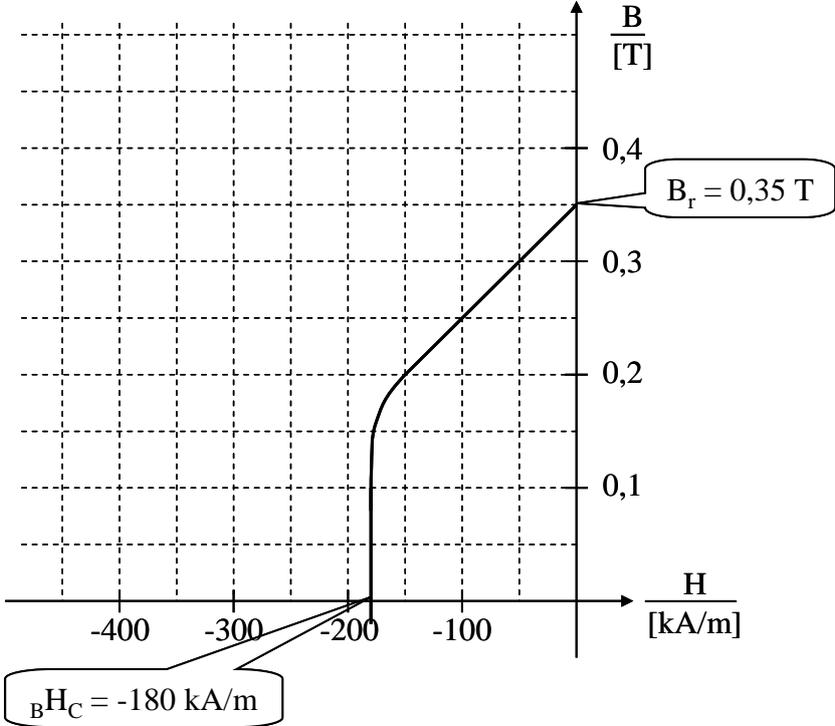
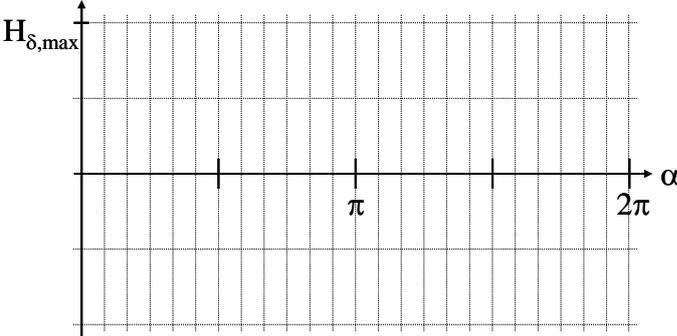
Aufgabe 2

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) Wieviele Pole hat die Maschine? (1 Punkt)
- 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. (2 Punkte)
- b) Die radiale Magnethöhe beträgt 2,5 mm und der Luftspalt hat eine radiale Länge von 1 mm. Die Achsenabschnitte der Entmagnetisierungskennlinie betragen $B_H C = 180 \text{ kA/m}$ und $B_r = 0,35 \text{ T}$ (s. auch Diagramm auf dem Lösungsblatt). Nehmen Sie eine näherungsweise gleichbleibende Fläche von Magnet und Luftspalt an!
- Zeichnen Sie die Scherungsgerade! (1 Punkt)
- Geben Sie die magnetische Flussdichte im Magneten B_m an (1 Punkt)
- Tritt in diesem Betriebspunkt bleibende Entmagnetisierung auf (Begründung erforderlich)? (1 Punkt)
- c) Bis auf den Ankerwiderstand soll eine zweipolige Gleichstrommaschine keine Verluste aufweisen.
- Bei einer Messung ergibt sich bei $U_{aN} = 12 \text{ V}$ eine Leerlaufdrehzahl von 7500 min^{-1} . Bei der gleichen Spannung misst man mit festgebremstem Läufer ($n = 0$) einen Kurzschlussstrom von $I_{ak} = 400 \text{ A}$.
- Ermitteln Sie die Maschinenkonstante $k\Phi_P$! (1 Punkt)
- Die Maschine wird mit dem Bemessungs-Drehmoment von $M_N = 1 \text{ Nm}$ belastet. Welcher Ankerstrom I_{aN} stellt sich ein? (1 Punkt)
- Wie groß ist der Ankerwiderstand R_a ? (1 Punkt)
- d) Die Maschine mit den Daten aus c) soll ein Drehmoment von $M_{id} = 1,2 \text{ Nm}$ bei einer Drehzahl von $n_d = 3500 \text{ min}^{-1}$ entwickeln. (Hinweis: falls Sie c) nicht gelöst haben, nehmen Sie $M_N = 1 \text{ Nm}$, $k\Phi_P = 90 \text{ mVs}$ und $R_a = 40 \text{ m}\Omega$ an!)
- Welcher Ankerstrom I_{ad} muss eingestellt werden? (1 Punkt)
- Welche Ankerspannung U_{ad} muss eingestellt werden? (1 Punkt)
- Dürfen Sie die Maschine dauerhaft in diesem Betriebspunkt fahren? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 2:



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 2:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 2:

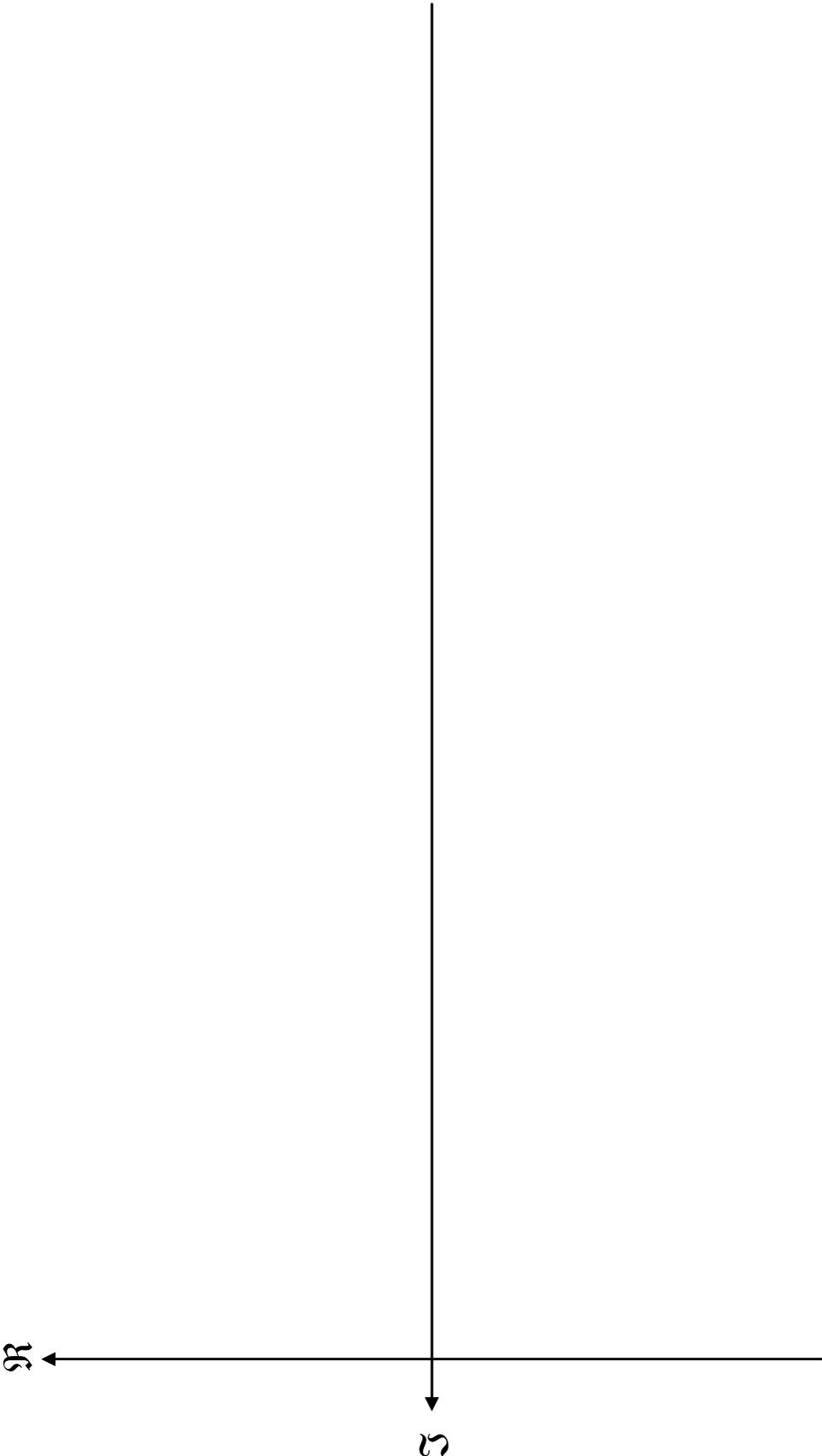
Aufgabe 3

Von einem dreisträngigen, sechspoligen Kurzschlussläufer-Asynchronmotor für ein 60 Hz-Netz sind die strangbezogenen Größen Leerlaufstrom $\underline{I}_{0,\text{Strang}} = 10 \text{ A} \cdot e^{-j90^\circ}$ und Kurzschlussstrom $\underline{I}_K = 50 \text{ A} \cdot e^{-j75^\circ}$ bei der Bemessungs-Spannung $\underline{U}_{\text{Strang}} = 230 \text{ V} \cdot e^{-j0^\circ}$ und -Frequenz $f_N = 60 \text{ Hz}$ bekannt.

Alle Verluste außer den Läufer-Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden.

- a) Zeichnen Sie den Leerlaufstrom 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 Kurzschluss-Drehmoment M_{Kipp}/M_K ? (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 Kipp-Schlupf ab! (1 Punkt)
Geben Sie die Leerlaufdrehzahl der Maschine an! (1 Punkt)
Wie groß ist die Kipp-Drehzahl? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 3:



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 3:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 3:

Aufgabe 4

Eine dreisträngiger Synchrongenerator mit den Daten $U_N = 400 \text{ V}$, $I_N = 200 \text{ A}$, $X_1 = 1 \Omega$, $\cos\varphi_N = -0,8$ übererregt, $p = 30$, Y-Schaltung soll in einem Klein-Wasserkraftwerk eingesetzt werden.

Alle Verluste (einschließlich Stromwärmeverluste) des Motors dürfen vernachlässigt werden.

- a) Zeichnen Sie ein einphasiges Strang-Ersatzschaltbild der Maschine! (1 Punkt)
Berechnen Sie die Bemessungs-Scheinleistung \underline{S}_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. 100 A/cm, 100 V/cm) (1 Punkt)
Lesen Sie die Polradspannung U_{PN} in diesem Betriebspunkt aus dem Diagramm ab!
(1 Punkt)
Wie groß ist der Polradwinkel im Bemessungspunkt ϑ_N ? (1 Punkt)
- c) Die Maschine wird in einem Inselnetz betrieben. Sie wird mit einer in Stern geschalteten dreiphasigen Impedanz $\underline{Z}_{\text{Last}} = (6+j4) \Omega$ belastet.
Zeichnen Sie ein einphasiges Ersatzschaltbild des Inselnetzes! (1 Punkt)
Ermitteln Sie den Laststrom $\underline{I}_{\text{Last}}$ für den Fall, dass dort gerade $U_{\text{Last}} = 400 \text{ V}$ (Leiterspannung!) anliegen! (1 Punkt)
Wie groß muss die Polradspannung U_{Pc} für diesen Betriebspunkt eingestellt werden? (1 Punkt)
- d) Wieviele Leiter werden im TN-S-Netz benötigt? (1 Punkt)
Wie funktioniert ein Zusatzschutz? (1 Punkt)
Warum weisen Batteriepole in einem Kraftfahrzeug keinen Berührschutz auf? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 4:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 4: