

Klausur

Elektrische Energiesysteme / Grundlagen der Elektrotechnik 3

13.10.2010

- 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

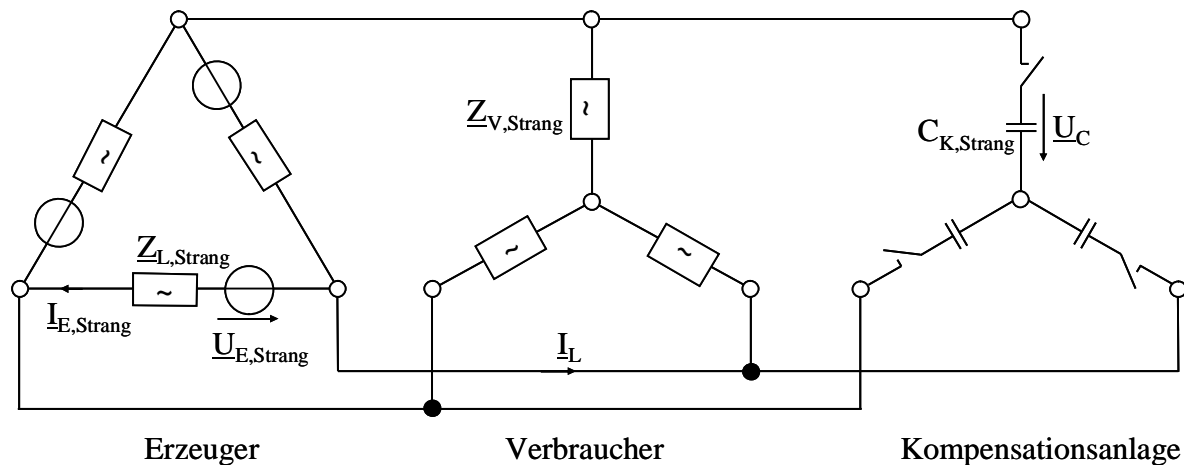
Aufgabe	Punkte	
1		
2		
3		
4		
Summe		
Note		

Aufgabe 1

Ein Niederspannungs-Drehstromnetz kann durch eine Dreieck-Ersatzschaltung mit einer Spannungsquelle von $U_{E,Strang} = 690 \text{ V}$, $f_N = 50 \text{ Hz}$ mit einer Innenimpedanz von $Z_{L,Strang} = (0,35 + j0,18) \Omega$ beschrieben werden.

An das Netz wird ein Verbraucher in Sternschaltung mit $Z_{V,Strang} = (6 + j3) \Omega$ geschaltet.

Alle Schalter seien zunächst offen.



Drehstromnetz zu Aufgabe 1

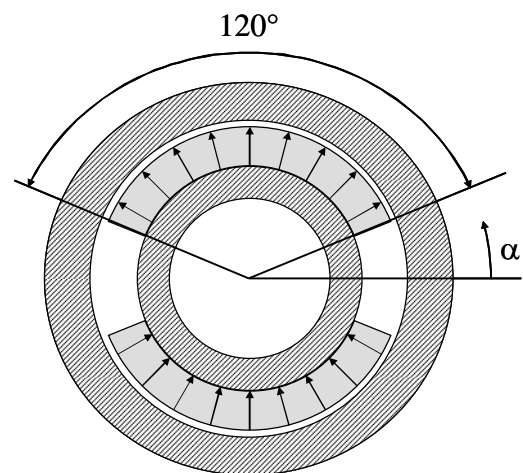
- a) Zeichnen Sie ein einphasiges Ersatzschaltbild in Y-Schaltung auf! (1 Punkt)
Geben Sie die Impedanz des Erzeugers $Z_{L,Y}$ im einphasigen Ersatzschaltbild an! (1 Punkt)
Geben Sie die Quellspannung $U_{E,Y}$ im einphasigen Ersatzschaltbild an! (1 Punkt)
- b) Geben Sie den Leiterstrom I_L nach Betrag und Phase an! (2 Punkte)
Wie groß ist der Strangstrom im Erzeuger $I_{E,Strang}$ (beachten Sie die Dreieckschaltung!)? (1 Punkt)
- c) Nun sollen Kondensatoren zur vollständigen Blindleistungskompensation dimensioniert werden. Nehmen Sie dazu näherungsweise $Z_L = 0$ an!
Die Schalter seien zunächst noch ausgeschaltet. Wie groß ist der Blindstromanteil im Leiterstrom I_{Lb} ? (1 Punkt)
Nun werden die Schalter eingeschaltet. Welche Spannung U_C liegt am Kondensator? (1 Punkt)
Welche Kapazität $C_{K,Strang}$ muss der Kondensator aufweisen? (1 Punkt)
- d) Ergänzen Sie folgende Formeln!
Für die transformierten Größen im energietechnischen Ersatzschaltbild des Transformators gilt:
 $I_2' = I_2$ (1 Punkt)
 $L_{12}' = L_{12}$ (1 Punkt)
- In einem Netz gilt für den allpoligen Kurzschlussstrom I_{K3} im Verhältnis zum zweipoligen Kurzschlussstrom I_{K2} ohne Erdberührung:
 $I_{K3} = I_{K2}$ (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 1:

Aufgabe 2

Gegeben sei nebenstehend ein Teil des Querschnitts eines magnetischen Kreises aus einer permanenterregten Synchronmaschine. Die Permeabilität des Weich Eisens (schraffierter Bereich) darf als unendlich groß angenommen werden. Die Permanentmagnete (grau) sind in der eingezeichneten Art radial magnetisiert.

Hinweis: $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ V s A}^{-1} \text{ m}^{-1}$



- a) Tragen Sie den qualitativen Verlauf der magnetischen Feldstärke im Luftspalt über dem Rotor-Winkel in die Skizze auf dem Lösungsblatt ein! Die Streuung darf vernachlässigt werden. (3 Punkte)
- b) Die axiale Höhe je eines Magneten beträgt 3 mm und der Luftspalt hat eine axiale Länge von 1 mm. Die Achsenabschnitte der linearen Entmagnetisierungskennlinie betragen $B_{HC} = 318 \text{ kA/m}$ 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)

Welchen maximalen Wert nimmt die magnetische Feldstärke im Luftspalt $H_{\delta, \max}$ an! (1 Punkt)

- c) Der dreiphasig gewickelte Stator erzeuge eine Polrad-Strangspannung von $U_{PN} = 200 \text{ V}$ in der Synchronmaschine bei der Drehzahl $n_N = 1000 \text{ min}^{-1}$. Die Maschine darf als verlustfrei angesehen werden. Die Maschine wird motorisch so gesteuert, dass Polradspannung und Statorstrom in Phase liegen (sog. feldorientierter Betrieb).

Welche Leistung P_N und welches Drehmoment M_N können mit $I_{1N} = 25 \text{ A}$ erzielt werden? (2 Punkte)

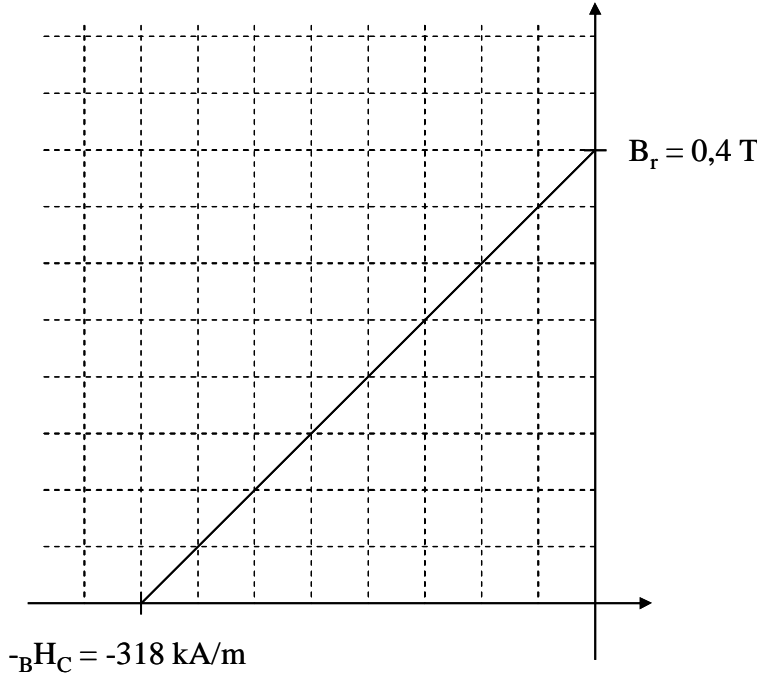
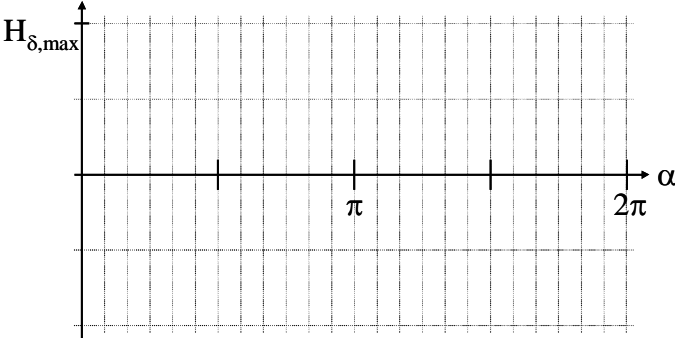
Wie verändert sich das Drehmoment, wenn sich bei gleichem Strom I_{1N} die Drehzahl sinkt? (Hinweis: die Spannungen können sich dabei ändern.) (1 Punkt)

- d) Zeichnen Sie ein Zeigerdiagramm für den obigen Betriebszustand mit $X_1(f_N) = 2 \Omega$! (1 Punkt)

Welche Stator-Strangspannung U_1 muss eingestellt werden? (1 Punkt)

Nimmt die Maschine in diesem Betriebspunkt induktive oder kapazitive Blindleistung auf? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 2



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 2

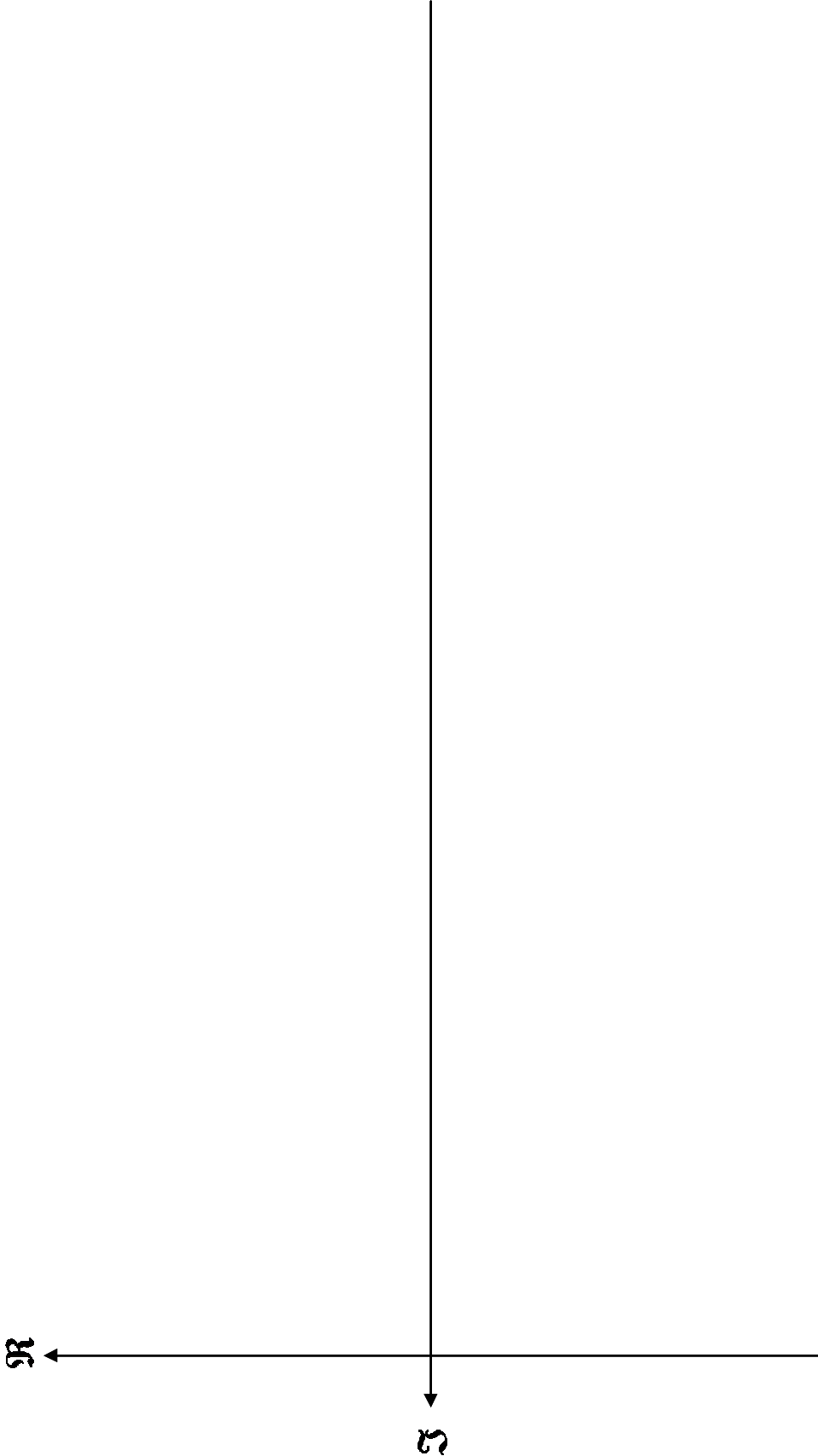
Aufgabe 3

Von einem dreisträngigen, vierpoligen ($2p = 4$) Kurzschlussläufer-Asynchronmotor sind die strangbezogenen Größen Bemessungsstrom (nicht Optimalstrom) $\underline{I}_{N, \text{Strang}} = 30 \text{ A} \cdot e^{-j30^\circ}$, das Kipp-Drehmoment $M_{\text{Kipp}} = 220 \text{ Nm}$ und der Kipp-Schlupf $s_{\text{Kipp}} = 0,25$ 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. 10 A entspricht 1 cm) (1 Punkt)
Wie groß ist die Leerlaufdrehzahl der Maschine? (1 Punkt)
Berechnen Sie den Wirkanteil des Kipp-Stroms I_{WKipp} ! (1 Punkt)
- b) Zeichnen Sie die Ortskurve des Statorstroms (Hinweis: falls Sie a) nicht vollständig gelöst haben, nehmen Sie $I_{\text{WKipp}} = 60 \text{ A}$ an)! (1 Punkt)
Zeichnen Sie eine Schlupfgerade ein! (1 Punkt)
Wie groß ist die Bemessungs-Drehzahl n_N ? (1 Punkt)
- c) Zeichnen Sie den Kurzschlusspunkt \underline{I}_K ein! (1 Punkt)
Wie groß ist das Verhältnis Kurzschluss-Drehmoment zu Bemessungs-Drehmoment M_K/M_N ? (1 Punkt)
Wie groß wird der Leistungsfaktor im Kurzschlusspunkt $\cos\varphi_K$? (1 Punkt)
- d) Welche Läuferausführung kommt bei Asynchronmotoren am häufigsten zur Anwendung? (1 Punkt)
- Auf einem Typenschild eines anderen Asynchronmotors steht 50 Hz und 975 1/min. Welche Polzahl $2p$ hat der Motor? (1 Punkt)
- Welche Formel gibt den Zusammenhang zwischen Schlupf und Drehmoment eines Asynchronmotors an? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 3



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 3

Aufgabe 4

Eine fremderregte Gleichstrommaschine weist folgende Daten auf: Anker-Bemessungsspannung $U_{aN} = 400 \text{ V}$, Anker-Bemessungsstrom $I_{aN} = 195 \text{ A}$, $n_N = 2000 \text{ 1/min}$, $P_N = 73 \text{ kW}$, $n_{\max} = 3000 \text{ 1/min}$, Erregerstrom- und Spannung im Bemessungspunkt $I_{fN} = 5 \text{ A}$ und $U_{fN} = 200 \text{ V}$.

Es sollen nur die Stromwärmeverluste im Anker- und Erregerwiderstand berücksichtigt werden. Der magnetische Kreis darf als linear angesehen werden.

- a) Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild der Maschine! (2 Punkte)
Geben Sie das Bemessungs-Drehmoment der Maschine an! (1 Punkt)
- b) Berechnen Sie die Ankerverluste im Bemessungspunkt P_{VaN} ! (1 Punkt)
Wie groß ist der Ankerwiderstand R_a ? (1 Punkt)
Geben Sie den Gesamt-Wirkungsgrad im Bemessungspunkt η_N an! (1 Punkt)
- c) Die Maschine arbeitet bei einer Drehzahl von $n_c = 2800 \text{ 1/min}$, einer Ankerspannung $U_a = U_{aN} = 400 \text{ V}$ und einem Ankerstrom von $I_{ac} = 100 \text{ A}$. Geben Sie die induzierte Spannung U_{ic} , die Leistung P_c und den einzustellenden Erregerstrom I_{fc} an! (3 Punkte)
- d) Kann die Nebenschlussmaschine sinnvoll an Wechselspannung betrieben werden? (1 Punkt)
Mit welcher Frequenz pulsiert die Leistung eines Universalmotors? (1 Punkt)
Nennen Sie ein technisch wichtiges Material für Permanentmagnete! (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 4