

Klausur

Elektrische Energiesysteme / Grundlagen der Elektrotechnik 3

30.07.2012

- 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, 1 Blatter handgeschriebene A4 Formelsammlung
- Dauer der Klausur: 2 h

Name (in Blockbuchstaben):

Matrikelnummer:

Studienrichtung:

Unterschrift:

Bereich für die Korrektur

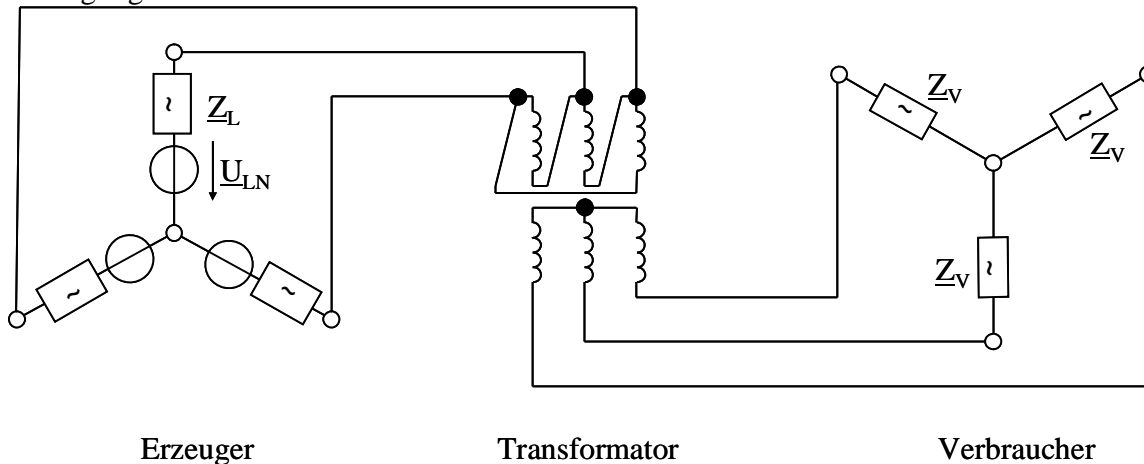
Aufgabe	Punkte	
1		
2		
3		
4		
Summe		
Note		

Aufgabe 1

Der symmetrische Niederspannungs-Drehspannungs-Erzeuger für das unten stehende Netz kann durch eine Y-Ersatzschaltung mit Spannungsquellen von $U_{LN} = 33/\sqrt{3}$ kV, $f_N = 50$ Hz mit einer jeweiligen Innenimpedanz von $\underline{Z}_L = (500 + j1000) \Omega$ beschrieben werden.

An das Netz soll ein symmetrischer Drehstrom-Verbraucher mit den Typenschild-Daten $U_N = 690$ V, $S_N = 35$ kVA, $\cos\varphi_N = 0,85$ induktiv geschaltet werden.

Zur Anpassung steht ein Transformator mit den Daten $S_N = 100$ kVA, $U_N = 33$ kV / 690 V, Dy5 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 Y-Längs-Ersatzschaltbild beschrieben werden. Dazu sind die Reaktanzen $X_{1\sigma} = 900 \Omega$ und $X_{2\sigma} = 0,4 \Omega$ bekannt. Die Widerstände von Primär- und Sekundärwicklung dürfen idealisiert mit $R_1 = R_2 = 0 \Omega$ angenommen werden. Analog gilt für die Hauptreaktanz $X_{1h} \rightarrow \infty$.
Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis? (1 Punkt)
Berechnen Sie $X_{2\sigma}'$! (1 Punkt)
Geben Sie die auf die Primärseite bezogene Längsimpedanz $X_T = X_{1\sigma} + X_{2\sigma}'$ an! (1 Punkt)
- c) Nehmen Sie unabhängig von den bisherigen Ergebnissen $R_{V,Y} = 4 \Omega$ und $X_{V,Y} = 2,5 \Omega$ induktiv sowie $\dot{u} = 50$ und $X_T = 1500 \Omega$ an.
Transformieren Sie \underline{Z}_V auf die Primärseite des Transformators! (1 Punkt)
Geben Sie bezogenen und realen Sekundärstrom I_2' und I_2 an! (2 Punkte)
- d) Ergänzen Sie folgende Formeln!
Für die Stern-Dreieck-Umwandlung der Stranggrößen einer symmetrischen Quelle gilt für gleiches Klemmenverhalten:
$$U_Y = U_D \quad (1 \text{ Punkt})$$

$$Z_Y = Z_D \quad (1 \text{ Punkt})$$

Wie hängt die Summenleistung in einem symmetrischen Drehstromnetz von der Zeit ab? (1 Punkt)

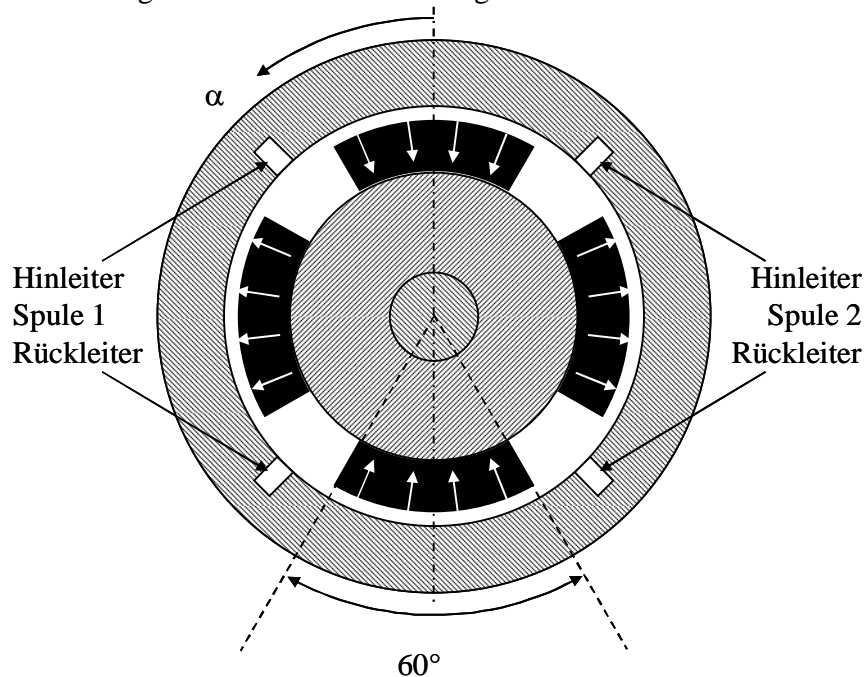
Lösung zu Aufgabe 1:

Lösung zu Aufgabe 1:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 1:

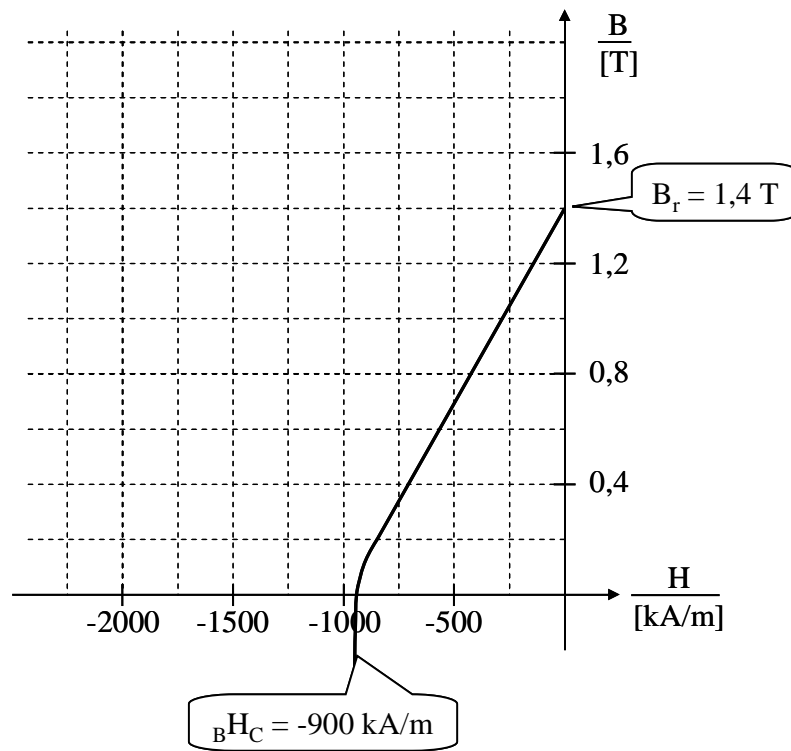
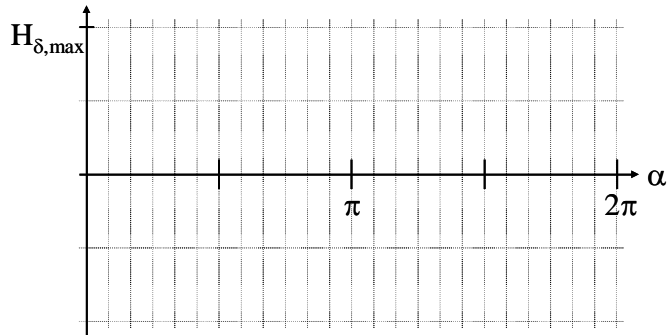
Aufgabe 2

Gegeben seien der untenstehende Querschnitt eines magnetischen Kreises aus einer vereinfacht dargestellten permanentenerregten Synchronmaschine. 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 3 mm und der Luftspalt hat eine radiale Länge von 1 mm. Nehmen Sie eine näherungsweise gleichbleibende Fläche von Magnet und Luftspalt an! Zeichnen Sie die Scherungsgerade in das Lösungsblatt auf der nächsten Seite! (1 Punkt)
Geben Sie die magnetische Flussdichte im Magneten B_m an! (1 Punkt)
Um welches Permanentmagnetmaterial könnte es sich handeln? (1 Punkt)
- c) Wie groß wird der magnetische Fluss Φ_p pro Pol der Maschine, wenn das Feld an der Magnetoberfläche $A_p = 200 \text{ mm}^2$ als radial mit konstantem Flussdichte-Betrag nach b) angenommen wird? (Hinweis: falls Sie b) nicht beantwortet haben, nehmen Sie $B_m = 1,1 \text{ T}$ an. (2 Punkte)
Wie groß kann die Flussverkettung in einem Statorstrang höchstens werden, wenn sich die Gesamtwindungszahl eines Strangs auf 2 Spulen mit insgesamt $w_1 = 100$ Windungen verteilt? (1 Punkt)
- d) Welche Drehzahl hat eine 6-polige Synchronmaschine am 60 Hz US-Drehstromnetz im Bemessungspunkt? (1 Punkt)
Wirkt eine motorisch übererregte Synchronmaschine am Netz wie eine ohmsch-kapazitive oder wie eine ohmsch-induktive Last? (1 Punkt)
Wie ändert sich die Polradspannung einer permanentenerregten Synchronmaschine mit der Drehzahl? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 2:



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 2:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 2:

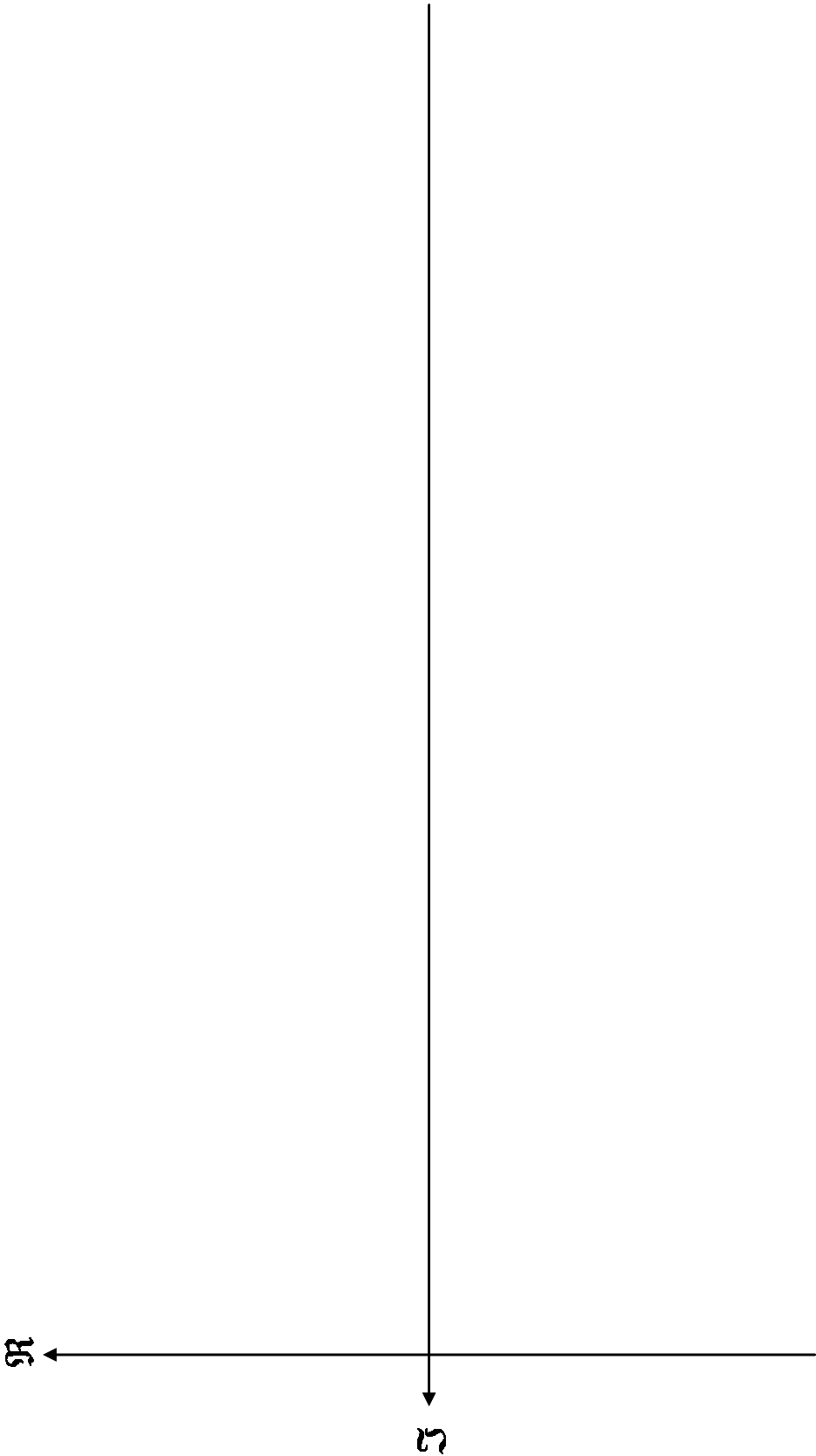
Aufgabe 3

Von einem dreisträngigen, sechspoligen Kurzschlussläufer-Asynchronmotor für ein 400 Hz-Netz eines Flugzeugs sind die strangbezogenen Größen Leerlaufstrom $\underline{I}_{0,\text{Strang}} = 50 \text{ A} \cdot e^{-j90^\circ}$ und Kurzschlussstrom $\underline{I}_{K,\text{Strang}} = 240 \text{ A} \cdot e^{-j75^\circ}$ bei der Bemessungs-Spannung $\underline{U}_{\text{Strang}} = 115 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$ und - Frequenz $f_N = 400 \text{ Hz}$ bekannt.

Alle Verluste außer den Rotor-Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden.

- a) Zeichnen Sie den Leerlaufstrom \underline{I}_0 in ein Diagramm! (s. nächste Seite, geeigneter Strommaßstab: z. B. 20 A entspricht 1 cm) (1 Punkt)
Ergänzen Sie den Kurzschlussstrom \underline{I}_K ! (1 Punkt)
Zeichnen Sie die Ortskurve des Statorstroms! (1 Punkt)
- b) Zeichnen Sie den Kipp-Punkt ein! (1 Punkt)
Bestimmen Sie den Statorstrom im Kippunkt $I_{I_{\text{Kipp}}}$? (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 s_0 auf der Schlupfgeraden! (1 Punkt)
Markieren Sie den Kurzschluss-Schlupf s_K auf der Schlupfgeraden! (1 Punkt)
- d) Lesen Sie den Kipp-Schlupf s_{Kipp} ab! (1 Punkt)
Geben Sie die Leerlaufdrehzahl n_0 der Maschine an! (1 Punkt)
Wie groß ist die Kipp-Drehzahl n_{Kipp} ? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 3:



Fortsetzung 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 $I_{aN} = 395 \text{ A}$, $n_N = 4000 \text{ 1/min}$, $P_N = 143 \text{ kW}$, $n_{\max} = 5000 \text{ 1/min}$, 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 $P_{v_{aN}}$! (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 soll bei der Drehzahl $n_c = 5000 \text{ 1/min}$ mit der Leistung $P_c = 100 \text{ kW}$ betrieben werden. Der Erregerstrom betrage $I_{fc} = 1 \text{ A}$. (Hinweis: Falls Sie b) nicht lösen konnten, nehmen Sie $R_a = 100 \text{ m}\Omega$ an!)
Wie groß wird die induzierte Spannung U_{ic} ? (1 Punkt)
Wird der zulässige Ankerstrom I_{aN} überschritten? (1 Punkt)
Wird die zulässige Ankerspannung U_{aN} überschritten? (1 Punkt)
- d) Wie sind die Leiter in einem Gleichspannungs-Netz normgerecht zu bezeichnen? (1 Punkt)
Nennen Sie mindestens ein zum Leitungsschutz verwendbares Gerät! (1 Punkt)
Dürfen Sie ein Gerät der Schutzart IP 00 an einer Hauswand im Freien montieren? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 4:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 4: