

Klausur

Elektrische Energiesysteme / Grundlagen der Elektrotechnik 3

10.10.2011

- 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:

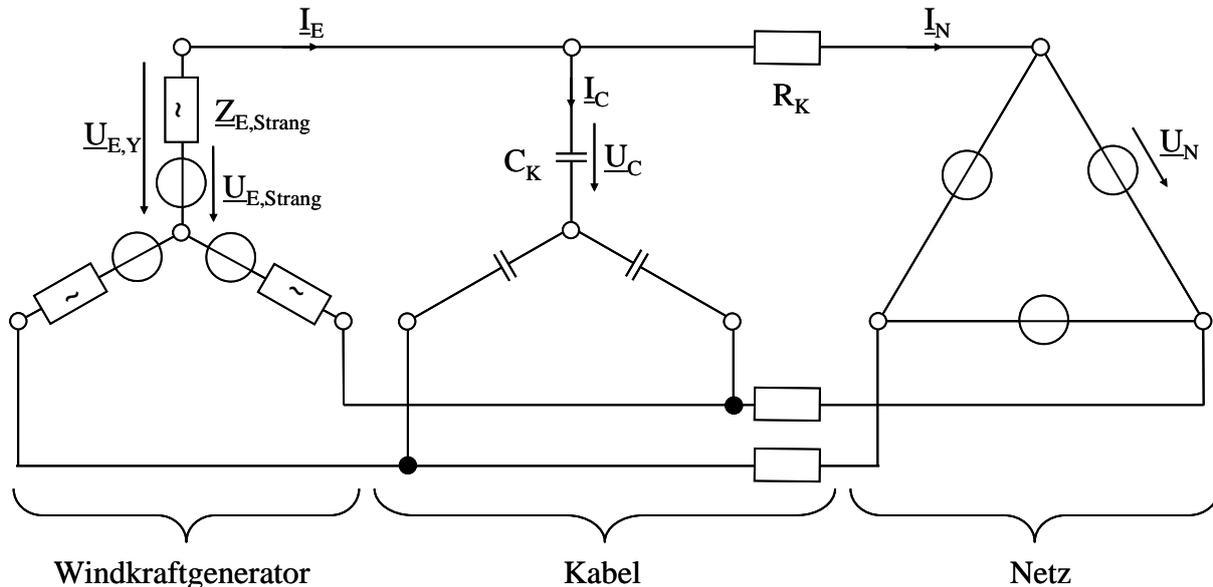
Bereich für die Korrektur

Aufgabe	Punkte	
1		
2		
3		
4		
Summe		
Note		

Aufgabe 1

Ein in Stern geschalteter Offshore-Windkraftgenerator mit der einstellbaren Strang-Spannung $\underline{U}_{E,Strang}$ und der Strang-Impedanz von $\underline{Z}_{E,Strang} = j0,2 \Omega$ soll in ein starres Drehstromnetz mit $U_N = 690 \text{ V}$ und $f_N = 50 \text{ Hz}$ speisen (s. Skizze).

Zur Übertragung wird ein Kabel genutzt, das vereinfacht durch seine Erdkapazität $C_K = 30 \mu\text{F}$ und seinen Widerstand $R_K = 20 \text{ m}\Omega$ beschrieben werden kann.



- a) Zeichnen Sie ein einphasiges Stern-Ersatzschaltbild der gesamten Schaltung auf! (1 Punkt)
Geben Sie den Betrag der Netzspannung $U_{N,Y}$ im einphasigen Ersatzschaltbild an! (1 Punkt)
Geben Sie die Impedanz \underline{Z}_{CK} des Kondensators C_K an! (1 Punkt)

Hinweis: Falls **komplexe Größen** gefragt sind, müssen zum Erreichen der jeweiligen Punkte **Betrag und Phase bzw. Real- und Imaginärteil** angegeben werden!

- b) In das Netz soll eine Leistung von $P_N = 3 \text{ MW}$ bei einem Leistungsfaktor $\cos\varphi = 0,8$ ind. eingespeist werden. Legen Sie zur weiteren Berechnung $\underline{U}_{N,Y}$ in die reelle Achse!

Geben Sie den Netzstrom \underline{I}_N nach Betrag und Phase sowie als Real- und Imaginärteil an! (2 Punkte)

Wie groß muss die Sternspannung im Erzeuger $\underline{U}_{E,Y} = \underline{U}_C$ gewählt werden? (Hinweis: Diese Spannung ergibt sich aus der Netzspannung und dem Netzstrom.) (1 Punkt)

- c) Falls Sie die Fragen aus b) nicht beantwortet haben, nehmen Sie $\underline{U}_{E,Y} = 460 \text{ V } e^{-j6^\circ}$ an!

Wie groß ist der Strom \underline{I}_C ? (1 Punkt)

Wie groß ist der Strom \underline{I}_E ? (1 Punkt)

Welche Strangspannung $\underline{U}_{E,Strang}$ ist am Generator einzustellen? (1 Punkt)

- d) Der Generator sei eine Synchronmaschine. Wie können Sie die induzierte Spannung am Generator (Polradspannung) einstellen? (1 Punkt)

Wie groß ist die Phasenverschiebung zwischen Ober- und Unterspannung bei einem Dy5-Transformator? (1 Punkt)

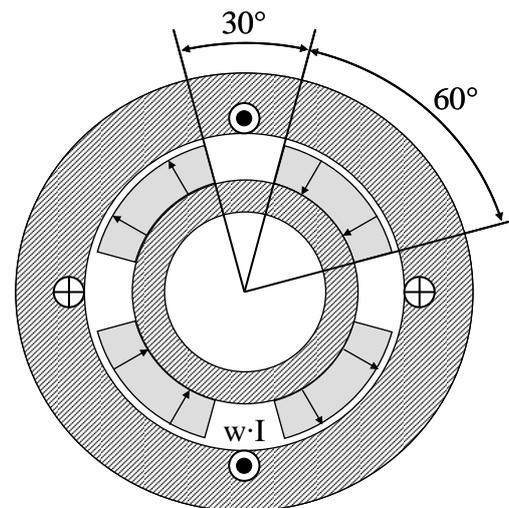
Welchen Vorteil hat die Energieübertragung über große Entfernungen mittels Hochspannung? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 1:

Lösung zu Aufgabe 1:

Aufgabe 2

Gegeben sei nebenstehend ein Teil des Querschnitts eines magnetischen Kreises aus einer permanenterregten Synchronmaschine. Die Permeabilität des Weicheisens (schraffierter Bereich) darf als unendlich groß angenommen werden. Die Permanentmagnete (grau) sind in der eingezeichneten Art radial magnetisiert (B-Feldlinien). Die mit Spulen der Windungszahl w gefüllten Nuten sollen den Feldverlauf nicht beeinflussen.



Annahmen:

radiale Magnethöhe $h_m = 4 \text{ mm}$

radiale Luftspaltlänge $l_\delta = 1 \text{ mm}$

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

Die magnetische Streuung darf vernachlässigt werden.

- a) Zunächst fließe kein Strom, d. h. $w \cdot I = 0$.

Vervollständigen Sie in der Skizze auf dem Lösungsblatt die magnetischen Feldlinien!
(2 Punkte)

Wieviele Polpaare p hat die Maschine? (1 Punkt)

- b) Die Achsenabschnitte der linearen Entmagnetisierungskennlinie betragen $B_H C = 300 \text{ kA/m}$ und $B_r = 0,4 \text{ T}$ (s. auch Diagramm auf dem Lösungsblatt).

Geben Sie das Durchflutungsgesetz für den magnetischen Kreis an! Hinweis: Berücksichtigen Sie das ideale Verhalten des Weicheisens!
(1 Punkt)

Nehmen Sie eine gleiche Fläche für den Luftspalt A_δ und den Magneten A_m an! Stellen Sie den linearen Zusammenhang zwischen der magnetischen Flussdichte B_m und der magnetischen Feldstärke H_m im Magneten für $w \cdot I = 0$ her (Scherungsgerade)! (1 Punkt)

Zeichnen Sie die Scherungsgerade ein! (1 Punkt)

- c) Durch die Spulen wird pro Pol eine Durchflutung $w \cdot I = 400 \text{ A}$ in entmagnetisierender Richtung aufgebracht.

In welcher Weise ändert sich die Scherungsgerade qualitativ? (1 Punkt)

Zeichnen Sie die entsprechende Scherungsgerade! (1 Punkt)

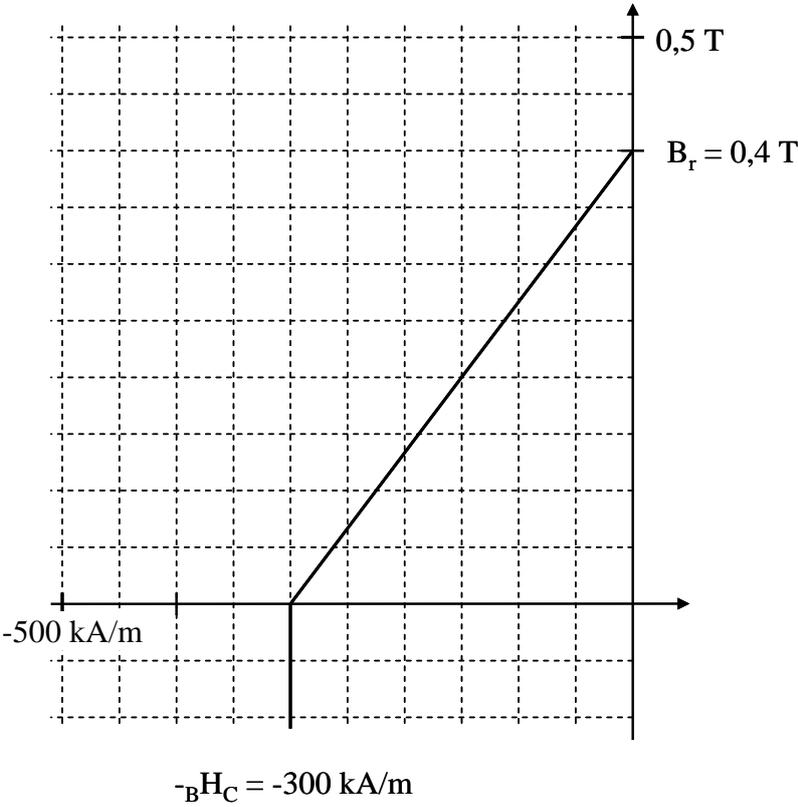
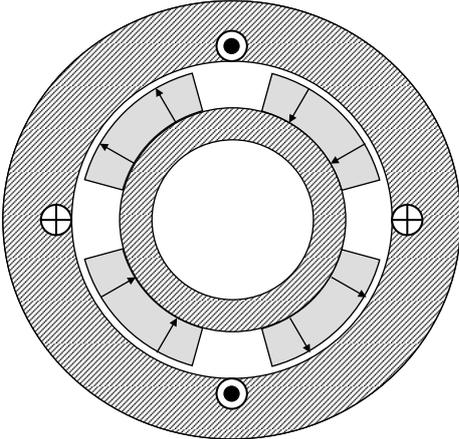
Besteht eine Entmagnetisierungsgefahr in diesem Betriebspunkt? (1 Punkt)

- d) Nennen Sie zwei wichtige technische Materialien für Permanentmagnete! (2 Punkte)

Wie sollte die Hysteresekurve für weichmagnetische Materialien qualitativ verlaufen?

(1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 2



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 2

Aufgabe 3

Auf dem Typenschild eines Asynchronmotors findet man u. a. folgende Daten:

Bemessungsleistung:	$P_N = 150 \text{ kW}$
Bemessungsspannung:	$U_N = 690 \text{ V}$
Bemessungsstrom:	$I_N = 155 \text{ A}$
Leistungsfaktor im Bemessungspunkt:	$\cos\varphi_N = 0,85$
Nennfrequenz:	$f_N = 50 \text{ Hz}$
Bemessungsdrehzahl:	$n_N = 960 \text{ min}^{-1}$

Hinweise:

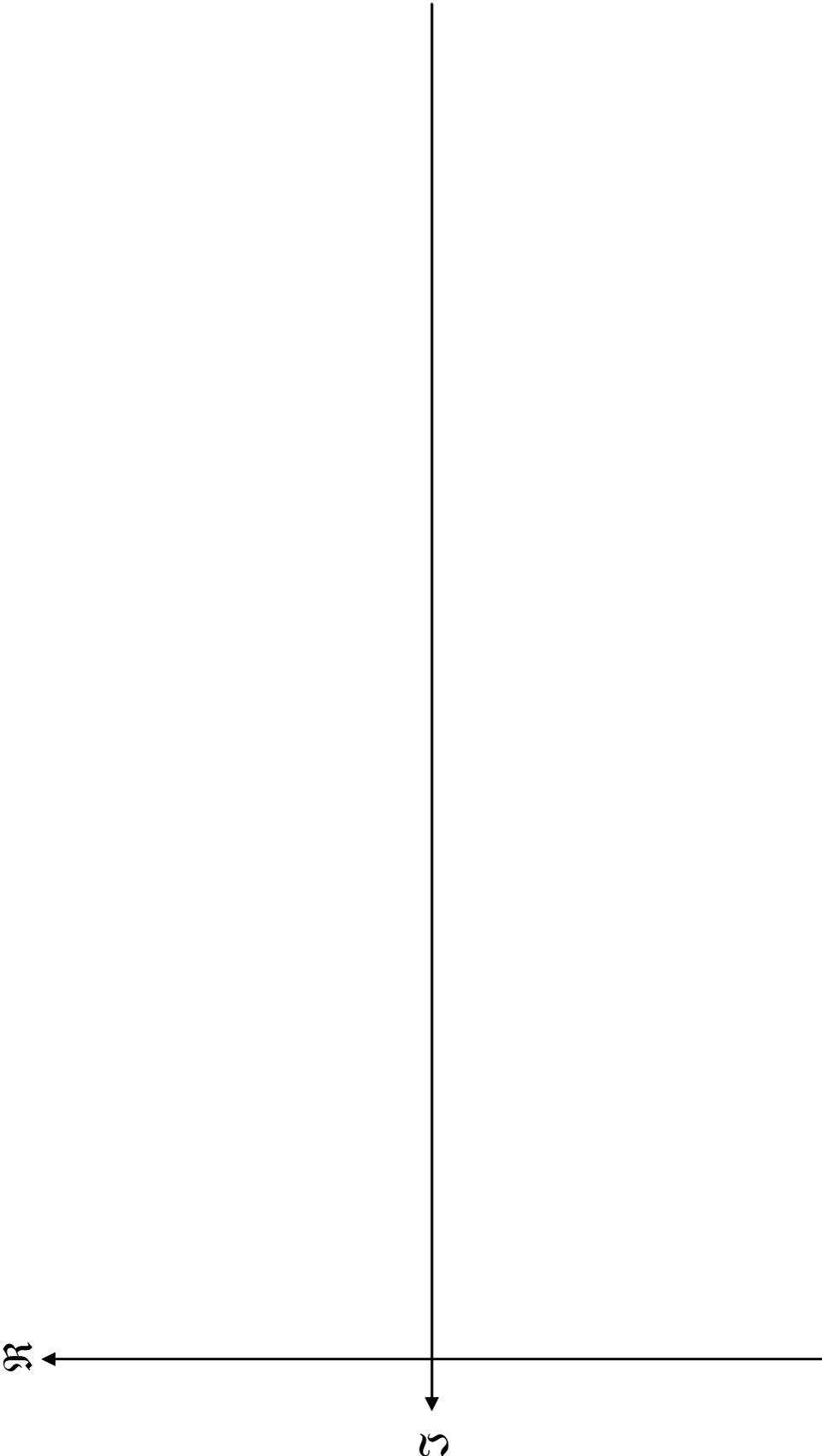
Die Schaltung der Motorwicklung ist nicht angegeben und für die Lösung der Aufgabe nicht notwendig.

Alle Verluste außer den Läufer-Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden.

Die Maschine darf als ungesättigt betrachtet werden.

- a) Wie groß ist der Wirkungsgrad der Maschine im Bemessungspunkt? (1 Punkt)
 Welche Polpaarzahl hat die Maschine? (1 Punkt)
 Wie groß ist der Wirkstrom im Bemessungs-Punkt I_{WN} ? (1 Punkt)
- b) Aus dem Datenblatt sei $M_{Kipp}/M_N = 1,8$ bekannt.
 Wie groß ist der Wirkstrom im Kippunkt I_{WKipp} ? (1 Punkt)
 Zeichnen Sie den Bemessungsstrom in das Zeigerdiagramm auf der Lösungsseite!
 Strommaßstab: $m_I = 50 \text{ A/cm}$ (1 Punkt)
 Zeichnen Sie die Ortskurve des Statorstroms! (1 Punkt)
- c) Wie groß ist der Schlupf im Bemessungspunkt? (1 Punkt)
 Zeichnen Sie eine Schlupfgerade, so dass der Punkt mit $s = 1$ noch auf dem Lösungsblatt liegt! (1 Punkt)
 Zeichnen Sie den Kurzschlussstrom I_K in das Diagramm! (1 Punkt)
- d) Wie groß kann das Anlauf-Drehmoment M_K bei einem Schleifringläufer-Asynchronmotor bei geeigneter Wahl des Vorwiderstand im Vergleich zum Kipp-Drehmoment M_{Kipp} maximal werden? (1 Punkt)
 Geben Sie die Kloss'sche Formel an! (1 Punkt)
 Welchen Maschinenparameter müssen Sie variieren um die Leerlaufdrehzahl n_0 eines Asynchronmotors bei gegebener Netzfrequenz f_N zu verändern? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 3



Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 3

Aufgabe 4

Eine fremderregter Gleichstrommotor weist folgende Daten auf:

Anker-Bemessungsspannung: $U_{aN} = 400 \text{ V}$

Anker-Bemessungsstrom $I_{aN} = 49 \text{ A}$

Bemessungsdrehzahl: $n_N = 4000 \text{ 1/min}$

Bemessungs-Drehmoment: $M_N = 44 \text{ Nm}$

Erregerstrom im Bemessungspunkt: $I_{fN} = 1 \text{ A}$

Erregerspannung im Bemessungspunkt: $U_{fN} = 200 \text{ V}$

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

- a) Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild des Motors! (2 Punkte)
Geben Sie die Bemessungs-Leistung des Motors P_N an! (1 Punkt)
- b) Berechnen Sie die Erregerverluste im Bemessungspunkt P_{VfN} ! (1 Punkt)
Berechnen Sie die Ankerverluste P_{VaN} ! (1 Punkt)
Wie groß ist der Ankerwiderstand R_a ? (1 Punkt)
- c) Der Motor arbeitet bei einem Ankerstrom von $I_{ac} = 40 \text{ A}$ und einer Ankerspannung $U_{ac} = 200 \text{ V}$.
Geben Sie die induzierte Spannung U_{ic} und die Leistung P_c an! (2 Punkte)
Welche Drehzahl stellt sich bei $I_{fc} = I_{fN} = 1 \text{ A}$ ein? (1 Punkt)
- d) Welche Schaltung einer geblechten Gleichstrommaschine kann sinnvoll an Wechselspannung betrieben werden? (1 Punkt)
Welche mittlere Leistung erreicht ein Wechselstrom-Kommutatormotor im Vergleich zur einer gleich großen Gleichstrommaschine, wenn die Erregerwicklung entsprechend angepasst wird? (1 Punkt)
Bei einer Gleichstrommaschine soll die Drehzahl über die Bemessungsdrehzahl hinaus erhöht werden. Welche Größe muss wie verstellt werden? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 4