

Klausur

Elektrische Energiesysteme

02.08.2012

- Die Klausur besteht aus 4 Aufgaben. Pro richtig beantworteter Teilaufgabe a), b), c) oder d) sind 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 Blätter handgeschriebene A4 Formelsammlung
- Dauer der Klausur: 2 h

Name (in Blockbuchstaben):

Matrikelnummer:

Studienrichtung:

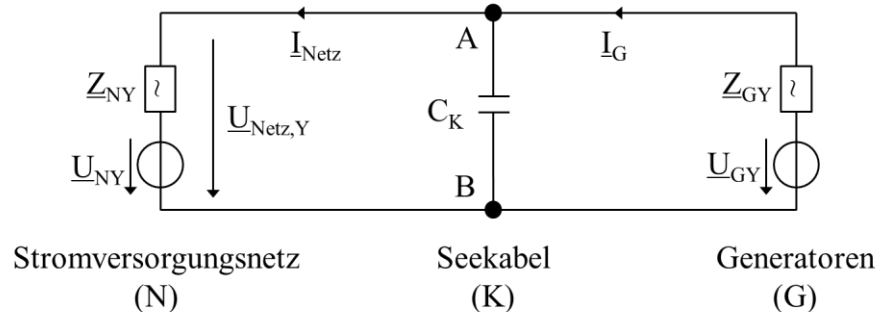
Unterschrift:

Bereich für die Korrektur

| Aufgabe | Punkte | |
|---------|--------|--|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| Summe | | |
| Note | | |

Aufgabe 1

Der Offshore-Windpark Alpha Ventus besteht aus 12 Generatoren mit einer Gesamtleistung von 60 MW, die über ein 60 km langes 110 kV-Drehstrom-Seekabel in das 50-Hz-Stromversorgungsnetz einspeisen. Es kann vereinfacht durch das unten stehende einphasige Ersatzschaltbild (für Sternschaltung) dargestellt werden.



- a) Ermitteln Sie die Größen des Stern-Ersatzschaltbilds für das Stromversorgungsnetz, welches als reale Spannungsquelle mit $U_N = 110 \text{ kV}$ modelliert werden kann.
Geben Sie die Sternspannung U_{NY} an! (1 Punkt)
Bei Kurzschluss des Netzes über die Klemmen A-B würde die Scheinleistung $S_K = j60 \text{ GVA}$ in der Innenimpedanz des Netzes Z_{NY} umgesetzt. Ermitteln Sie den Kurzschlussstrom I_K ! (1 Punkt)
Geben Sie die Innenimpedanz Z_{NY} des Netzes an! (1 Punkt)
- b) Nehmen Sie für das Netz weiterhin eine Quell-Leiterspannung von $U_N = 110 \text{ kV}$, aber eine vereinfachte Innenimpedanz $Z_{NY} = 0$ an. Legen Sie die Spannung U_{NY} für die weiteren Berechnungen in die reelle Achse.
Welcher Strom I_{Netz} fließt in das Netz, wenn an den Klemmen A-B eine reine Wirkleistung von $S_{\text{Netz}} = 60 \text{ MW}$ eingespeist wird? (1 Punkt)
Das Kabel wird im Wesentlichen durch seine Kapazität von $C_{KY} = 10 \mu\text{F}$ beschrieben, die in Stern zwischen die Leiter geschaltet ist. Ermitteln Sie die Impedanz Z_{KY} der Kapazität! (1 Punkt)
Bestimmen Sie den Strom in den Generatoren I_G ! (1 Punkt)
- c) Die Spannung an den Generatoren U_{GY} sei einstellbar. Die Innenimpedanz beträgt $Z_{GY} = (1+j20) \Omega$ im Stern-Ersatzschaltbild. Hinweis: Falls Sie Teil b) nicht gelöst haben, nehmen Sie $I_G = 350 \text{ A} \cdot e^{j30^\circ}$ an!
Berechnen Sie den Spannungsabfall an der Impedanz Z_{GY} ! (1 Punkt)
Berechnen Sie die Spannung U_{GY} ! (1 Punkt)
Zeichnen Sie ein quantitatives Zeigerdiagramm der Spannungen! (1 Punkt)
- d) Wie groß ist die Spannung eines Leiters gegen den Sternpunkt in einem dreiphasigen 690 V-Drehstromnetz? (1 Punkt)
Welche Sicherheitseinrichtung löst im TN-S-Netz bei einem widerstandsbehafteten Schluss in einem Gerät gegen das metallische Gehäuse aus? (1 Punkt)
Welchen Netzaufbau empfehlen Sie für ein äußerst betriebssicheres Niederspannungs-System (z. B. in Operationssälen)? (1 Punkt)

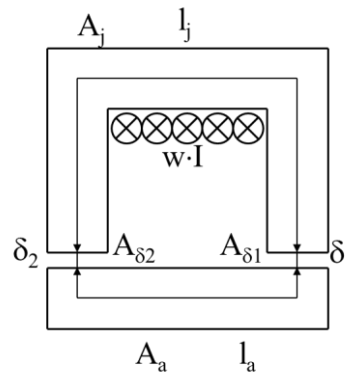
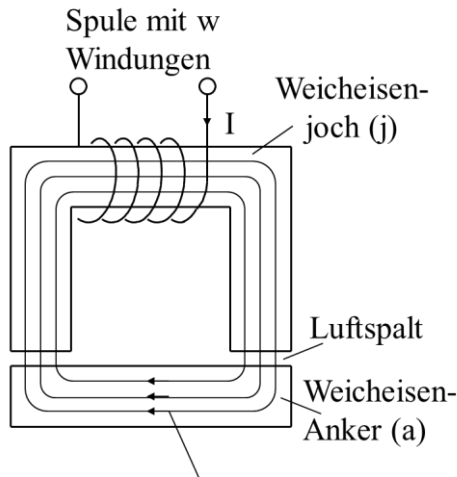
Lösung zu Aufgabe 1:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 1:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 1:

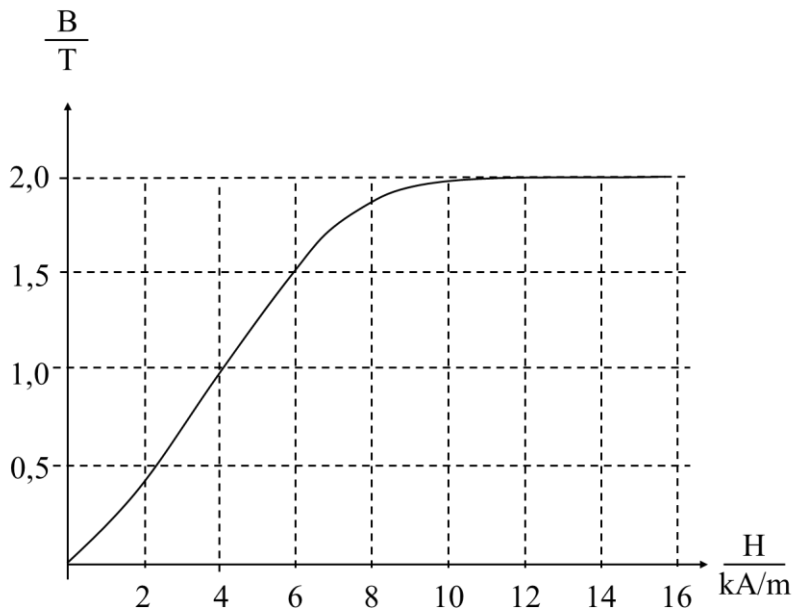
Aufgabe 2

Gegeben seien der untenstehende Querschnitt eines magnetischen Kreises aus einem Hubmagneten, bestehend aus weichmagnetischem Anker und weichmagnetischem Joch sowie zwei dazwischen liegenden Luftspalten. Es soll keine Streuung auftreten, d. h. die magnetischen Feldlinien treten nur im Bereich des Luftspalts aus dem Weicheisen heraus.



$l_j = 110 \text{ mm}$
 $l_a = 50 \text{ mm}$
 $\delta_1 = \delta_2 = 0,25 \text{ mm}$
 $A_j = A_a = A_{\delta1} = A_{\delta2} = 20 \text{ mm}^2$

Idealisierte magnetische Induktionslinien (homogenes Feld)



- a) Die Wicklung habe eine Windungszahl $w = 100$ und werde von einem Gleichstrom $I = 15,5 \text{ A}$ durchflossen. Der weichmagnetische Teil habe die Sättigungskennlinie nach oben stehendem Bild.

Stellen Sie das Durchflutungsgesetz für den magnetischen Kreis auf! (1 Punkt)

Ermitteln Sie die magnetische Flussdichte in den Luftspalten mit Hilfe der Scherung! (2 Punkte)

- b) Der Strom wird nun so eingestellt, das in beiden Luftspalten jeweils eine homogene Flussdichte von 1 T auftritt.
- Welche magnetische Energiedichte $w_{\text{mag}} = W_{\text{mag}}/V = f(\delta)$ besteht im Luftspalt? (1 Punkt)
- Welche magnetische Energie wird in einem Luftspalt gespeichert? (1 Punkt)
- Wie groß ist die Anziehungskraft pro Luftspalt? (1 Punkt)
- c) Was bedeutet die Bezeichnung Dy5 bei einem Transformator? (1 Punkt)
- Können Sie die primäre Streuinduktivität eines Transformators mit einer Messung bestimmen? (1 Punkt)
- Warum wird der Kern eines Transformators aus Blechen aufgebaut? (1 Punkt)
- d) Ein Synchrongenerator für ein europäisches Wasserkraftwerk habe eine Polpaarzahl $p = 60$. Mit welcher Drehzahl muss die Turbine arbeiten? (1 Punkt)
- Wie groß muss die Polradspannung einer Synchronmaschine eingestellt werden, damit sie bei einer Netzspannung von $U_N = 690 \text{ V}$ und einem Polradwinkel von $\vartheta = 30^\circ$ nur Wirkleistung liefert? (1 Punkt)
- Welche Art elektrischer Maschine wird zum Antrieb von Festplattenlaufwerken benutzt? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 2:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 2:

Aufgabe 3

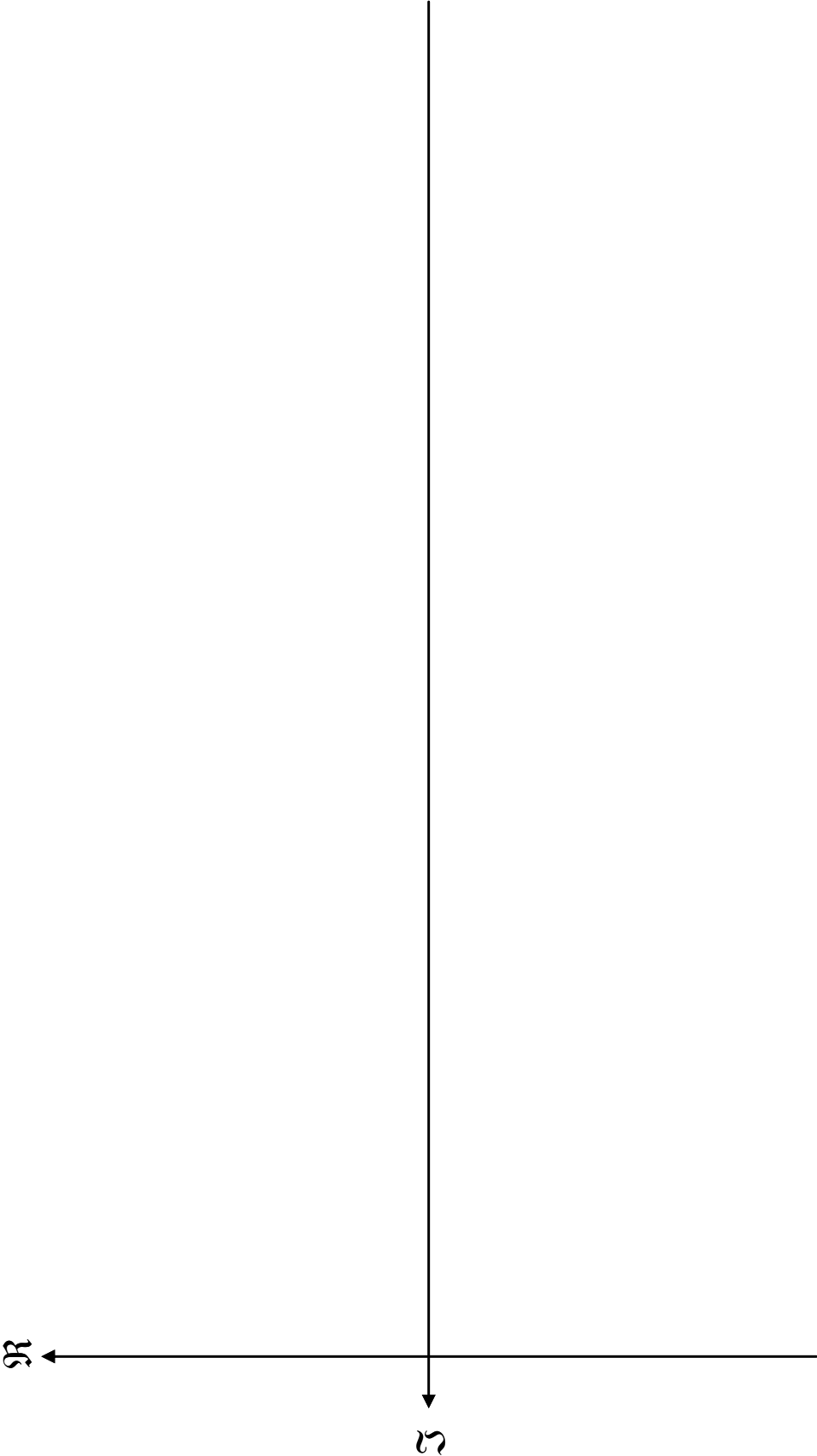
Von einem dreisträngigen, Kurzschlussläufer-Asynchronmotor für ein 50 Hz-Netz ist der Bemessungsstrom $\underline{I}_{N, \text{Strang}} = 50 \text{ A} \cdot e^{-j30^\circ}$ bei der Bemessungs-Spannung $\underline{U}_{\text{Strang}} = 230 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$ und -Frequenz $f_N = 50 \text{ Hz}$ bekannt. Das Kipp-Drehmoment liegt laut Datenblatt beim 1,8-fachen Bemessungsdrehmoment $M_{\text{Kipp}} = 1,8 \cdot M_N$. Die Bemessungsdrehzahl beträgt $n_N = 1480 \text{ min}^{-1}$.

Sättigung, Stromverdrängung und alle Verluste außer den Rotor-Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden.

- a) Wieviele Pole hat die Maschine? (1 Punkt)
Berechnen Sie den Wirkstrom I_{wN} im Bemessungspunkt! (1 Punkt)
Berechnen Sie den Wirkstrom $I_{w\text{Kipp}}$ im Kippunkt! (1 Punkt)
- b) Wählen Sie einen geeigneten Maßstab für eine Stromortskurve auf einem A4-Blatt und geben Sie diesen an! (1 Punkt)
Zeichnen Sie die Stromortskurve! (2 Punkte)
- c) Wie groß ist die Leerlaufdrehzahl n_0 ? (1 Punkt)
Wie groß ist der Schlupf im Bemessungspunkt s_N ? (1 Punkt)
Zeichnen Sie eine Schlupfgerade in das Diagramm! (1 Punkt)
- d) Markieren Sie den Schlupf im Bemessungspunkt s_N auf der Schlupfgeraden! (1 Punkt)
Lesen Sie den Kipp-Schlupf s_{Kipp} ab! (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 $I_{aN} = 132 \text{ A}$, $n_N = 2000 \text{ 1/min}$, $P_N = 48 \text{ kW}$, $n_{\max} = 2800 \text{ 1/min}$, Erregerstrom- und Spannung im Bemessungspunkt $I_{fN} = 2 \text{ A}$ und $U_{fN} = 250 \text{ V}$.

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! (1 Punkt)
Geben Sie das Bemessungs-Drehmoment M_N der Maschine an! (1 Punkt)
Berechnen Sie $k\Phi_N$ im Bemessungspunkt! (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 soll bei der Drehzahl $n_{\max} = 2800 \text{ 1/min}$ mit der Leistung $P_c = 30 \text{ kW}$ betrieben werden. Die induzierte Spannung soll $U_{ic} = 350 \text{ V}$ betragen. Außerdem wird ein Vorwiderstand im Ankerkreis verwendet, der zusammen mit dem Ankerwiderstand $R_a + R_V = 350 \text{ m}\Omega$ beträgt.
Berechnen Sie den Ankerstrom I_{ac} ! (1 Punkt)
Auf welchen Wert ist der Erregerstrom I_{fc} einzustellen? (1 Punkt)
Wird die Anker-Bemessungsspannung in diesem Betriebspunkt überschritten? (1 Punkt)
- d) An Wechselstrom-Haushaltsgeräten findet man häufig dreipolige Stecker (Typ F). Wie sind die zugehörigen Leiter bezeichnet? (1 Punkt)
Ein Gerät wird mit Hilfe eines zweipoligen Eurosteckers an das 230 V-Wechselstromnetz angeschlossen. Welche Schutzklasse muss das Gerät aufweisen? (1 Punkt)
In einem Haus wird ein Stromversorgungskabel für ein mit 16 A abgesichertes 230 V-Netz verlegt. Welche beiden Kriterien müssen bei der Auswahl des Kabelquerschnitts beachtet werden? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 4:

Fortsetzung Lösung zu Aufgabe 4: