

Klausur

Elektrische Energiesysteme / Grundlagen der Elektrotechnik 3

30.07.2007

- Die Klausur besteht aus 6 Aufgaben. Pro richtig beantworteter Teilaufgabe a), b) oder c) sind unabhängig vom Schwierigkeitsgrad jeweils 3 Punkte erreichbar.
- Die einzelnen Fragen können weitgehend unabhängig voneinander beantwortet werden.
- Bei 45 von 54 erreichbaren Punkten wird die Note 1,0 gegeben; entsprechend bei 22 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

Matrikelnummer

Name

Unterschrift

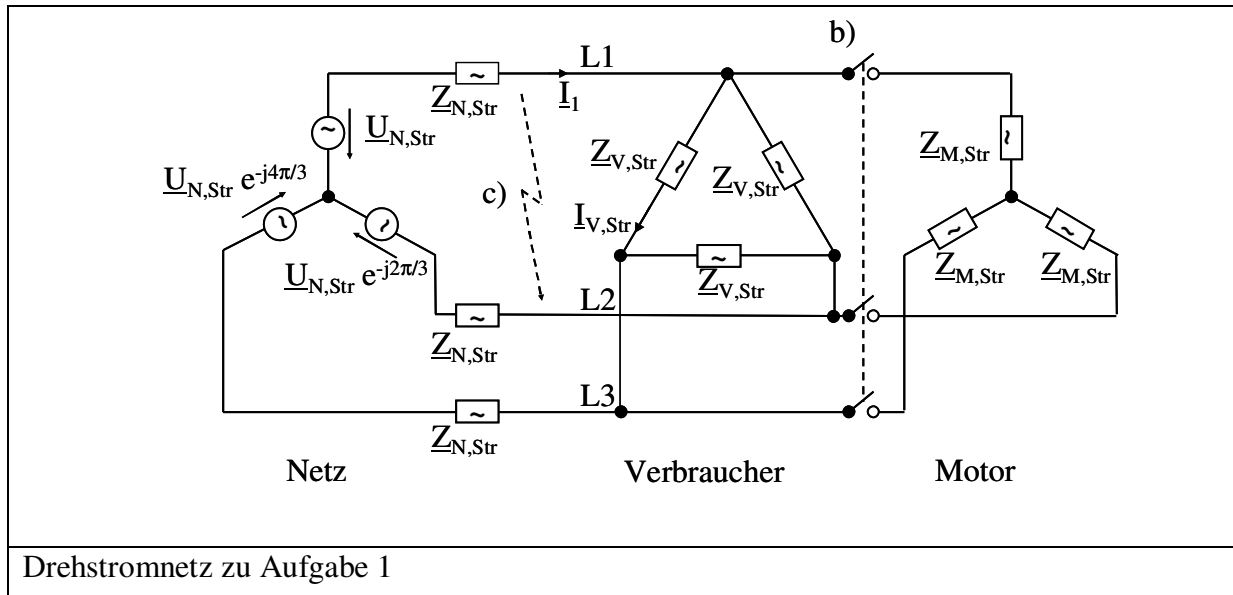
Bereich für die Korrektur

Aufgabe	Punkte	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Summe		
Note		

Aufgabe 1

Ein Drehstromnetz kann vereinfacht durch eine Strang-Leerlaufspannung $U_{N,Str} = 400\text{ V}$, $f_N = 50\text{ Hz}$ und eine Strang-Impedanz $Z_{N,Str} = 1\ \Omega \cdot e^{j25^\circ}$ beschrieben werden.

An dieses Netz wird ein in Dreieck geschalteter symmetrischer Verbraucher mit der Strangimpedanz $Z_{V,Str} = 50\ \Omega \cdot e^{j35^\circ}$ angeschlossen.

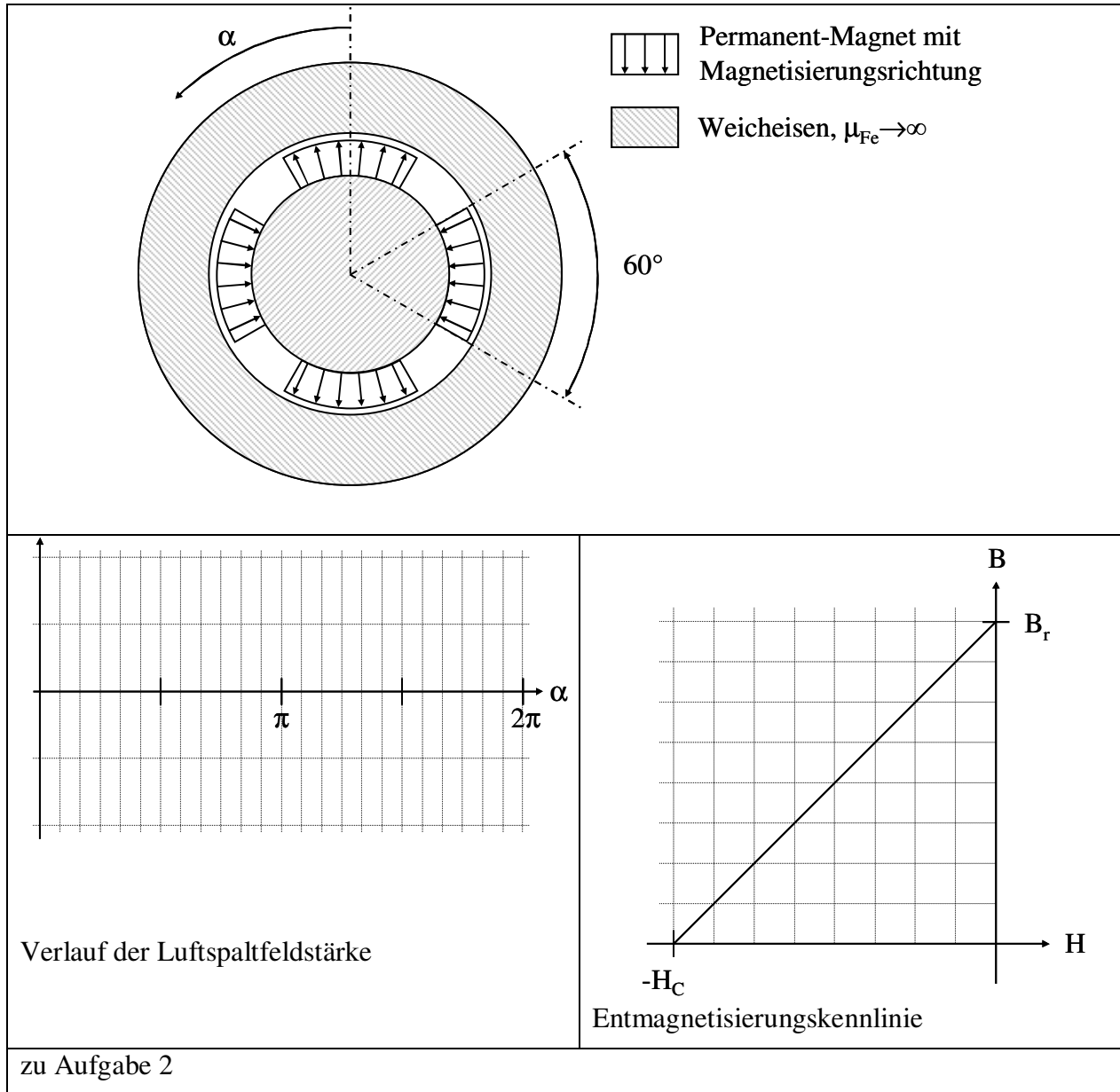


Drehstromnetz zu Aufgabe 1

- Wie groß ist der sich in der Versorgungsleitung einstellende Strom I_1 im Leiter L1?
Wie groß ist ein Strangstrom im Verbraucher $I_{V,Str}$ im normalen Betrieb?
Wie groß ist die Leiterspannung am Verbraucher?
- Parallel zum Verbraucher wird nun ein Asynchronmotor geschaltet. Beim Anlauf kann er durch die Kurzschluss-Impedanz $Z_{M,K} = 10\ \Omega \cdot e^{j70^\circ}$ beschrieben werden (Sternschaltung).
Wie groß wird die Leiterspannung am Verbraucher beim Einschalten des Asynchronmotors?
Liegt dieser Wert innerhalb der Toleranz für die Spannungsversorgung ($400\text{ V} + 6\%$, -10%)
- Wie groß wird der Kurzschlussstrom I_K bei verbrauchernahem Kurzschluss der Leiter L1 und L2? Hinweis: Vernachlässigen Sie die Verbraucherströme I_V und I_M !

Aufgabe 2

Gegeben seien der Querschnitt eines magnetischen Kreises aus einem permanenterregten Motor sowie die Entmagnetisierungskennlinie des Permanentmagneten. Die Magnete seien radial magnetisiert. Die Permeabilität des Weicheisens darf als unendlich groß angenommen werden.



- Vervollständigen Sie den Feldlinienverlauf in der obigen Skizze! Wieviele Pole weist das magnetische Feld auf?
- Stellen Sie in der obenstehenden Skizze qualitativ den Verlauf der Luftspaltfeldstärke H_δ über dem Winkel dar, wenn das Eisen eine unendlich große Permeabilität aufweist und keine Streuung auftritt!
- Der Magnet habe die oben skizzierte Entmagnetisierungskennlinie. Zeichnen sie den Arbeitspunkt ein, wenn die Magnethöhe die vierfache Luftspaltlänge beträgt und die Permeabilität des Magneten derjenigen von Luft entspricht ($h_m = 4 \cdot \delta$, $\mu_m = B_r / H_C = \mu_0$)!

Aufgabe 3

Ein Industriebetrieb wird über einen Drehstromtransformator der Schaltgruppe Dy5 mit $S_{N1} = 250 \text{ KVA}$ aus dem 10 kV-Mittelspannungsnetz versorgt. Die Sekundärspannung beträgt im Leerlauf $U_{20} = 410 \text{ V}$. Der Transformator kann vereinfacht durch ein einphasiges Längs-Ersatzschaltbild mit $\underline{Z}_{k1} = j0,06 \Omega$ (Stern-Ersatzschaltung) beschrieben werden. Die primäre Leiterspannung \underline{U}_{12} soll in die reelle Achse gelegt werden.

- Berechnen Sie zunächst die Stern-Ersatz-Impedanz \underline{Z}_V eines symmetrischen Verbrauchers mit den Bemessungsdaten $U_N = 400 \text{ V}$, $S_N = 120 \text{ kVA}$, $\cos\varphi_N = 0,8$ induktiv!
- Wie groß wird die Sekundärspannung des Transformators U_2 , wenn dieser Verbraucher sinnvoll angeschlossen wird?

Hinweis: Wenn Sie den Aufgabenteil a) nicht lösen konnten, nehmen Sie $\underline{Z}_V = 1,5 \Omega e^{j45^\circ}$ (Sternschaltung) an!

- Aufgrund einer Erweiterung des Betriebs soll ein zweiter Transformator mit einer Leistung von $S_{N2} = 150 \text{ KVA}$ parallel geschaltet werden.

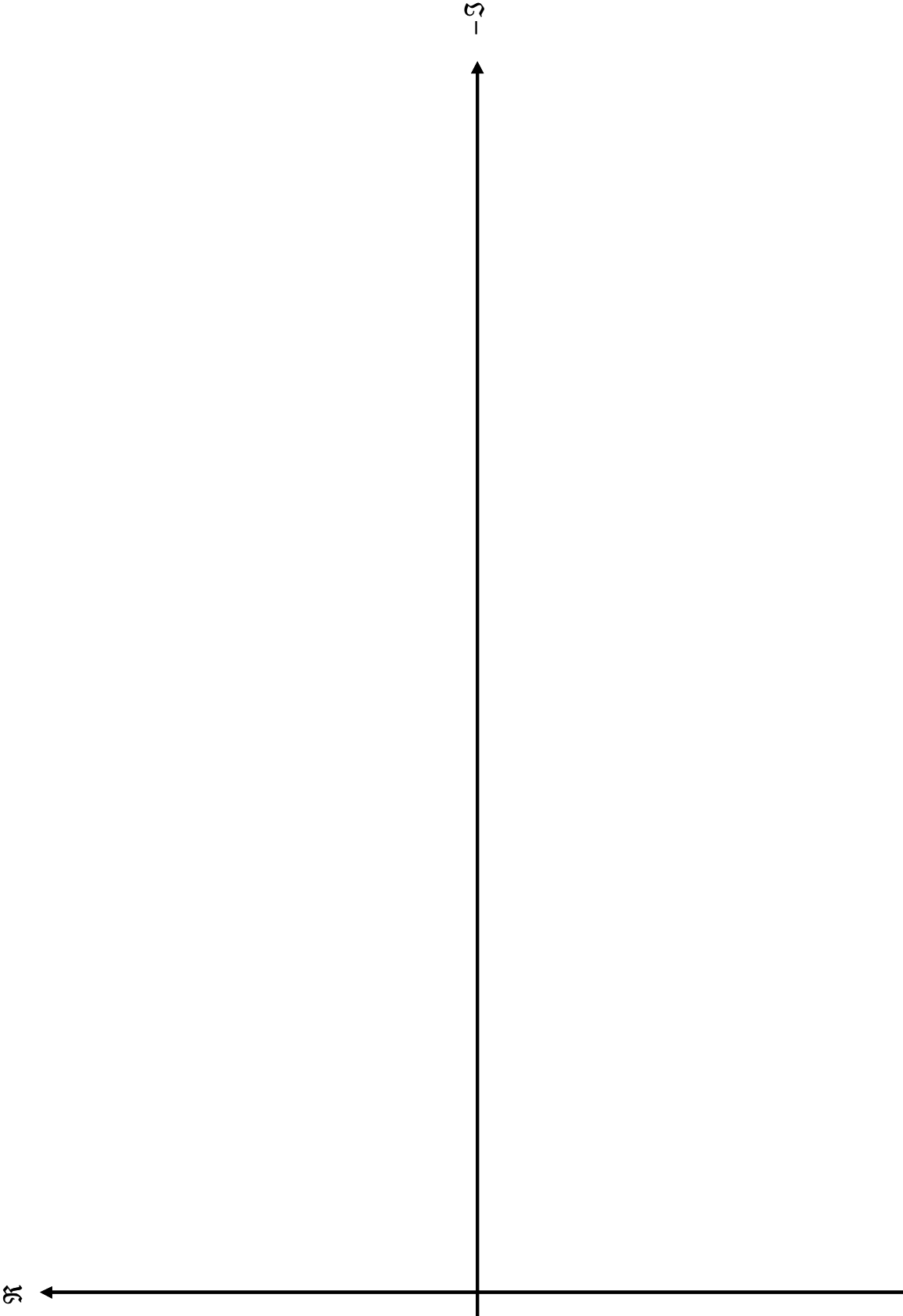
Geben Sie eine mögliche Schaltgruppe für den zweiten Transformator an!

Wie groß müssen Leerlaufspannung und Längsimpedanz für den zweiten Transformator gewählt werden, damit beide Transformatoren - bezogen auf die jeweilige Bemessungsleistung - gleichmäßig belastet werden ($I_1/I_2 = S_{N1}/S_{N2}$)? Hinweis: Überlegen Sie, wie sich die Ströme in den parallelen Transformator-Ersatzschaltbildern aufteilen!

Aufgabe 4

Auf dem Typenschild eines Kurzschlussläufer-Asynchronmotors stehen die Daten $U_N = 690/400 \text{ V}$, $I_N = 12,7/22 \text{ A}$, $P_N = 11 \text{ kW}$, $n_N = 1460 \text{ min}^{-1}$ und $\cos\varphi_N = 0,85$. Der Kurzschluss-Strom wurde am 400 V-Netz bei festgebremstem Läufer ($n = 0$) mit $I_{K,400} = 220 \text{ A}$, $\cos\varphi_{K,400} = 0,15$ gemessen. Alle Verluste außer den Rotor-Kupfer-Verlusten sowie Sättigung und Stromverdrängung dürfen vernachlässigt werden.

- Welche Schaltung der Statorwicklung ist für 400 V Betriebsspannung zu wählen?
- Zeichnen sie die Strom-Ortskurve des Motors für 400 V Betriebsspannung! (Empfohlener Maßstab für das Lösungsblatt auf der nächsten Seite: $m_I = 10 \text{ A/cm}$)
- Wie groß sind Kipp-Drehmoment und Kipp-Schlupf?



Aufgabe 5

Ein Synchrongenerator in einem thermischen Kraftwerk hat die Bemessungsdaten $U_N = 10 \text{ kV}$, $S_N = 150 \text{ MVA}$, $I_{fN} = 200 \text{ A}$, $n_N = 1000 \text{ 1/min}$, $f_N = 50 \text{ Hz}$, $\cos\varphi_N = 0,9$ kapazitiv und $K_C = 0,5$. Alle Verluste und die Sättigung dürfen vernachlässigt werden.

- a) Wie groß ist die Polpaarzahl p ?

Wie groß sind der Strom I_N und die Polradspannung U_{PN} im Bemessungspunkt?

- b) Die Maschine soll an ein Netz mit U_N und f_N ausschließlich kapazitive Blindleistung von 100 MVA liefern. Hinweis: Wenn Sie Punkt a) nicht gelöst haben, nehmen Sie $U_{PN} = 12 \text{ kV}$ (Stern-Spannung) und $X_1 = 1,5 \Omega$ im Stern-Ersatzschaltbild an.

Wie groß ist der Statorstrom I_b in diesem Betriebspunkt?

Wie ist der Erregerstrom I_{fb} einzustellen?

- c) Ein benachbarter Windkraftgenerator mit einer Leistungsabgabe von $4,0 \text{ MVA}$, $\cos\varphi = 1$ fällt innerhalb von 10 Sekunden wegen einer Flaute aus. Welche Maßnahme müssen Sie ergreifen, um das Netz stabil zu halten? Reicht die Leistungsänderungsrate der Turbine von $0,5 \% P_N$ pro Sekunde aus, um das Netz ausschließlich mit dem thermischen Kraftwerk zu stabilisieren?

Aufgabe 6

Eine permanenterregte Gleichstrommaschine mit $P_{N,\text{mechanisch}} = 500 \text{ W}$, $U_N = 12 \text{ V}$, $n_N = 3000 \text{ 1/min}$ und $\eta_N = 70 \%$ soll ein Förderband antreiben. Die Lagerreibungsverluste dürfen vernachlässigt werden.

- a) Geben Sie die Ersatzschaltbilddaten Ankerwiderstand R_a und Drehzahlkonstante $k\Phi$ an!

- b) Welche Drehzahl stellt sich bei Bemessungsspannung ein, wenn die Belastung durch das Reibdrehmoment des Förderbands $M_L = 1,5 \text{ Nm}$ beträgt?

Hinweis: Wenn Sie Aufgabenteil a) nicht lösen konnten, nehmen Sie $R_a = 50 \text{ m}\Omega$ und $k\Phi = 0,2 \text{ Vs}$ an!

Wie groß wird der Ankerstrom in diesem Betriebspunkt?

- c) Zum Anlaufen des Bandes wird ein Drehmoment von 5 Nm benötigt.

Kann der Motor dieses Drehmoment kurzzeitig liefern (Begründung erforderlich)?