

Prüfungen „Grundlagen der Elektrotechnik (Service)“ vom 9.8.2008

Lösung zu Aufgabe 1:

Frage 1:

Umstellen der Steuerkennlinie im Abschnürbereich liefert:

$$I_D = \frac{S}{2} \cdot (U_{GS} - U_{th})^2 \Rightarrow U_{GS} = U_{th} + \sqrt{\frac{2 \cdot I_R}{S}} = 2 \text{ V} + \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ A}}{0,1 \text{ A V}^{-2}}} = 2,141 \text{ V}$$

Da der Gatestrom Null beträgt, gilt für die Serienschaltung $R_1 + R_2$:

$$R_1 + R_2 = \frac{U_V}{I_1} = \frac{12 \text{ V}}{10 \mu\text{A}} = 1,2 \text{ M}\Omega$$

Die Einzelwiderstände ergeben sich aus der Spannungsteilerregel:

$$R_2 = (R_1 + R_2) \cdot \frac{U_{GS}}{U_V} = 1,2 \text{ M}\Omega \cdot \frac{2,141 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 214 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = (R_1 + R_2) - R_2 = 1,2 \text{ M}\Omega - 214 \text{ k}\Omega = 986 \text{ k}\Omega$$

Frage 2:

Ein Maschenumlauf über Versorgungsspannung und den Ausgangskreis der Transistorschaltung liefert:

$$\begin{aligned} U_{\vartheta} &= U_V - (R_D + R_{\vartheta}) \cdot I_R = 12 \text{ V} - (2000 \Omega + 100 \Omega \cdot (1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot \vartheta)) \cdot 1 \text{ mA} \\ &= 9,9 \text{ V} - 3,85 \cdot 10^{-4} \text{ V} \cdot \left(\frac{\vartheta - 273 \text{ K}}{\text{K}} \right) \end{aligned}$$

Frage 3:

Bei $\vartheta = 273 \text{ K}$ muss U_{ϑ} Null betragen. Dies wird für beliebige $R_1 \neq 0$ und R_2 genau dann erfüllt, wenn $U_{\vartheta}(273 \text{ K}) = U_0$ gilt:

$$U_0 = U_{\vartheta}(273 \text{ K}) = 9,9 \text{ V} \quad (10 \text{ V})$$

Frage 4:

Bei $\vartheta = 100 \text{ }^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$ beträgt $U_{\vartheta} = 9,9 \text{ V} + 0,0385 \text{ V}$ ($10 \text{ V} + 400 \text{ V}$) und somit $U_{\vartheta} - U_0 = 0,0385 \text{ V}$ (400 V). Diese Spannung muss auf $U_a = 1 \text{ V}$ verstärkt werden:

$$\frac{R_1}{R_2} = 0,0385 (40) \Rightarrow R_2 = 2,6 \text{ M}\Omega \quad (2,5 \text{ k}\Omega)$$

Lösung zu Aufgabe 2:

Frage 1:

Die magnetische Energie im homogenen Feld folgt aus der Energiedichte und dem Volumen:

$$W_{\text{mag}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0} \cdot V_{\delta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(1,5 \text{ T})^2 \cdot \text{A} \cdot \text{m}}{1,256 \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot \text{s}} \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,448 \text{ J}$$

Die Kraft ergibt sich durch Ableitung der magnetischen Energie nach dem Weg. Bei konstantem Strom muss die Änderung der magnetischen Energie durch Variation der Luftspaltlänge berücksichtigt werden ($B \sim 1/\delta$):

$$F = \left. \frac{d W_{\text{mag}}}{d \delta} \right|_{I=\text{const.}} = W_{\text{mag}}(\delta_0) \cdot \frac{d \delta_0}{d \delta} = -\frac{W_{\text{mag}}}{\delta_0} = -\frac{4,479 \text{ J}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = -224 \text{ N}$$

anziehende Kraft

Frage 2:

Die magnetische Feldstärke im Luftspalt folgt aus der Materialgleichung für Luft:

$$H_{\delta} = \frac{B_{\delta}}{\mu_0} = 1,194 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

Aus dem Durchflutungsgesetz kann nun der Strom bestimmt werden:

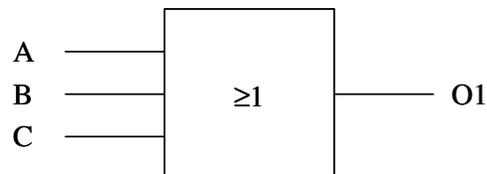
$$H_{\delta} \cdot 2 \cdot \delta = w \cdot I \Rightarrow I = \frac{H_{\delta} \cdot 2 \cdot \delta}{w} = \frac{1,194 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1000} = 4,775 \text{ A}$$

Frage 3:

Wenn die Differenz A oder B oder C zu groß wird, wird Blockieren angenommen:

$$O1 = A + B + C$$

Alternativ Gleichung oder Schaltbild

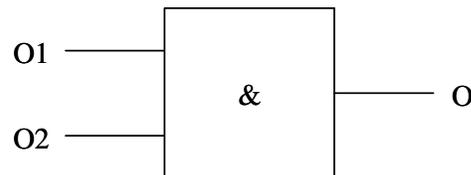


Frage 4:

Wenn die Bremse nicht betätigt wird, kann das Rad nicht durch Bremsen blockieren. Daher müssen die Bedingungen O1 und O2 erfüllt sein.

$$O = O1 \cdot O2$$

Alternativ Gleichung oder Schaltbild



Lösung zu Aufgabe 3 (Klausur 1):

1b	11a	21a
2b	12b	22c
3c	13a	23c
4a	14b	24a
5a	15b	25a
6b	16c	26c
7a	17c	27c
8a	18c	28a
9a	19a	29a
10a	20b	30a

Lösung zu Aufgabe 3 (Klausur 4):

1a	11c	21b
2a	12c	22a
3a	13a	23a
4a	14c	24c
5b	15a	25b
6c	16a	26c
7c	17c	27b
8c	18a	28b
9a	19a	29a
10b	20c	30a

Lösung zu Aufgabe 3 (Klausur 5):

Frage 1:

Das Drehmoment folgt aus mechanischer Leistung und Drehzahl im Bemessungspunkt:

$$M_{MN} = \frac{P_{MN}}{2\pi \cdot n_{MN}} = \frac{400 \text{ kW} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}{2\pi \cdot 1480 \text{ min}^{-1}} = 2581 \text{ Nm}$$

Zur Ermittlung der elektrischen Leistung muss der Wirkungsgrad bestimmt werden. Die Polpaarzahl ergibt sich aus einer Abschätzung, wann der Schlup am geringsten wird:

$$p = 1 \Rightarrow n_0 = 3000 \text{ min}^{-1} \Rightarrow s_N = \frac{3000 - 1480}{3000} = 0,507 : \text{unsinnig hoch}$$

$$p = 2 \Rightarrow n_0 = 1500 \text{ min}^{-1} \Rightarrow s_N = \frac{1500 - 1480}{1500} = 0,0133 : \text{sinnvoll}$$

$$p = 3 \Rightarrow n_0 = 1000 \text{ min}^{-1} \Rightarrow s_N = \frac{1000 - 1480}{1000} = -0,48 : \text{unsinnig, da negativ}$$

$p \geq 3$: s_N negativ, also unsinnig

Weitere Berechnung mit $p = 2$:

$$\eta = (1 - s) = (1 - 0,0133) = 0,9867$$

Elektrische Leistung:

$$P_{M\text{el}} = \frac{P_{MN}}{\eta} = 405,4 \text{ kW}$$

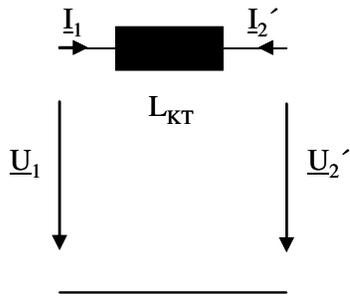
Scheinleistung

$$S_{MN} = \frac{P_{M\text{el}}}{\cos \varphi_{MN}} = 476,9 \text{ kVA}$$

Bemessungsstrom:

$$\underline{I}_{MN} = \frac{S_{MN}}{\sqrt{3} \cdot U_{MN}} \cdot (\cos \varphi_{MN} - j \sin \varphi_{MN}) = \frac{476,9 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} \cdot e^{-j \arccos(0,85)} = 688,4 \text{ A} \cdot e^{-j31,8^\circ}$$

Frage 2:



Berechnung des auf die Primärseite bezogenen Motorstroms:

$$\underline{I}_1 = -\underline{I}_2' = \frac{\underline{I}_{MN}}{\ddot{u}} = \frac{688,4 \text{ A} \cdot e^{-j31,8^\circ}}{20.000 \text{ V}/400 \text{ V}} = 13,77 \text{ A} \cdot e^{-j31,8^\circ} = (11,70 - j7,26) \text{ A}$$

Wenn $\frac{\underline{U}_2'}{\sqrt{3}} = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 11,55 \text{ kV}$ in die reelle Achse gelegt wird, ergibt sich die Sternspannung

\underline{U}_{10} zu:

$$\underline{U}_{10} = \frac{\underline{U}_2'}{\sqrt{3}} + \underline{I}_1 \cdot jX_{KT} = 11,55 \text{ kV} + (11,70 - j7,26) \text{ A} \cdot j40 \Omega = (11,84 + j468) \text{ V} = 11,85 \text{ kV} \cdot e^{j2,3^\circ}$$

$$U_{ILL} = U_{10} \cdot \sqrt{3} = 11,85 \text{ kV} \cdot \sqrt{3} = 20,52 \text{ kV}$$

Lösung zu Aufgabe 4 (Klausur 5):

1b	16c	31a
2b	17c	32c
3c	18c	33a
4a	19a	34a
5a	20b	35c
6b	21a	36b
7a	22c	37a
8a	23c	38a
9a	24a	39c
10a	25a	40b
11a	26c	41c
12b	27c	42b
13a	28a	43b
14b	29a	44a
15b	30a	45a