

Elektrotechnik 1 + 2 Klausur Herbst 2008

Musterlösung

17. September 2008

1 Lösung Aufgabe 1

1.1 Lösung Aufgabe 1.1

Es soll die Leistungsaufnahme bei Nennleistung $P_{auf,N}$ direkt aus den gegebenen Strömen für den Erregerkreis $I_{F,N}$ und den Ankerkreis $I_{A,N}$ bestimmt werden.

$$P_{auf,N} = U_0 \cdot (I_{F,N} + I_{A,N})$$

$$P_{auf,N} = 220V \cdot (4,0A + 0,3A) = \underline{\underline{946,0W}} \quad (1)$$

Punkte:

Davon ausgehend sollen zusammen mit dem Wirkungsgrad η die restlichen Werte bestimmt werden.

$$P_{ab,N} = P_{auf,N} \cdot \eta = 946,0W \cdot 0,7 = \underline{\underline{662,2W}} \quad (2)$$

Punkte:

1.2 Lösung Aufgabe 1.2

Berechnung der einzelnen Verluste aus der Gesamtverlustleistung $P_{V,N}$ möglich:

$$P_{V,N} = P_{auf,N} - P_{ab,N}$$

$$P_{V,N} = 946,0W - 662,2W = 283,8W$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \underline{\underline{944,0W - 660W = 284W}}$$

$$P_{V,N}(\text{Startor}) = 220V \cdot 0,3A = \underline{\underline{66,0W}} \quad (3)$$

Punkte:

$$P_{V,N}(\text{Anker}) = P_{V,N} - P_{V,N}(\text{Startor})$$

$$P_{V,N}(\text{Anker}) = 283,8W - 66W = \underline{\underline{217,8,0W}} \quad (4)$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \underline{\underline{284W - 66W = 218,0W}}$$

Punkte:

Mit den Ergebnissen 3 und 4 die Widerstände in Anker und Stator bestimmen

$$R_A = \frac{P_{V,N}(Anker)}{(I_A)^2}$$

$$R_A = \frac{217,8 [W]}{16 [A]^2} = \underline{\underline{13,6125\Omega}} \quad (5)$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \frac{218 [W]}{16 [A]^2} = 13,625\Omega$$

Punkte:

$$R_F = \frac{P_{V,N}(Stator)}{(I_F)^2} = \frac{66,0 [W]}{0,09 [A]^2} = \underline{\underline{733,3\Omega}} \quad (6)$$

Punkte:

Die Induzierte Spannung $U_{i,N}$ bei Nenn Drehzahl mit dem Ankerwiderstand Gl. 5 bestimmen. Anschließend mit der Induzierten Spannung bei Nenn Drehzahl und der Nenn Drehzahl als Kreisfrequenz Ω_N das Produkt von Motor konstante und Fluss $(c \cdot \Phi)$

$$\begin{aligned} U_{i,N} &= U_{A,N} - R_A \cdot I_{A,N} \\ U_{i,N} &= 220V - (13,6125\Omega \cdot 4A) = \underline{\underline{165,55V}} \quad (7) \end{aligned}$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = (13,625\Omega \cdot 4A) = 165,5V$$

Punkte:

$$\begin{aligned} (c \cdot \Phi) &= \frac{U_i}{\Omega} \text{ aus Script: } U_i = (c \cdot \Phi) \cdot \Omega \\ (c \cdot \Phi) &= \frac{U_{i,N}}{\Omega_N} \text{ mit: } \Omega_N = 2\pi \cdot \frac{1800 [U/min]}{60 [s/min]} \\ (c \cdot \Phi) &= \frac{165,55V}{60\pi} = \underline{\underline{0,87827 [Vs]}} \quad (8) \end{aligned}$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \frac{165,5V}{60\pi} = 0,87800 [Vs]$$

Punkte:

Mit dem Ergebniss für $(c \cdot \Phi)$ aus Gl. 8 das Nennmoment M_N bestimmen:

$$M_N = (c \cdot \Phi) \cdot I_{A,N} = 0,87827Vs \cdot 4A = \underline{\underline{3,513 [Nm]}} \quad (9)$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = 0,87800Vs \cdot 4A = 3,512 [Nm]$$

Punkte:

1.3 Lösung Aufgabe 1.3

Zuerst den Anlaufstrom I_{A1} bestimmen, dann mit Hilfe der Motor konstante aus Gl. 8 das Anlaufmoment.

$$I_{A1} = \frac{U_{A,N}}{R_A} = \frac{220V}{13,6125\Omega} = \underline{\underline{16,162A}} \quad (10)$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \frac{220V}{14\Omega} = 15,714A$$

Punkte:

$$\begin{aligned} M_{An1} &= (c \cdot \Phi) \cdot I_{A,0} \\ M_{An1} &= 0,87827Vs \cdot 16,162A = \underline{\underline{14,194 [Nm]}} \quad (11) \end{aligned}$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = 0,87800Vs \cdot 15,714A = 13,79 [Nm]$$

Punkte:

Bestimmen der Leerlaufdrehzahl n_{01} mit der der Motor konstante aus Gl. 8 :

$$n_{01} = \left(\frac{30 [s]}{\pi [min]} \right) \cdot \frac{U_{A,N}}{(c \cdot \Phi)} \text{ mit: } n[U/min] = \frac{30 [s]}{\pi [min]} \cdot \Omega [1/s]$$

$$n_{01} = \left(\frac{30 [s]}{\pi [min]} \right) \cdot \frac{220V}{0,87827Vs} = \underline{\underline{2392,0 [U/min]}} \quad (12)$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \left(\frac{30 [s]}{\pi [min]} \right) \cdot \frac{220V}{0,9Vs} = 2334,3 [U/min]$$

Punkte:

1.4 Lösung Aufgabe 1.4

Begrenzung des Drehmomentes auf $M_{An2} = 8 [Nm]$ und Dimensionierung des Vorwiderstandes R_V .

$$\text{aus Script: } M = (c \cdot \Phi) \cdot I_A$$

$$\Rightarrow I_{A2}(8Nm) = \frac{8Nm}{(c \cdot \Phi)} = \frac{8Nm}{0,87827Vs} = \underline{\underline{9,11 [A]}} \quad (13)$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \frac{8Nm}{(c \cdot \Phi)} = \frac{8Nm}{0,9Vs} = 8,89 [A]$$

Punkte:

$$\text{aus Maschenregel: } (R_V + R_A) = \frac{U_A}{I_{A,0}(8Nm)}$$

$$\Rightarrow R_V = \frac{U_A}{I_{A,0}(8Nm)} - R_A$$

$$R_V = \frac{220V}{9,11A} - 13,61\Omega = \underline{\underline{10,54\Omega}} \quad (14)$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \frac{220V}{8,89A} - 14\Omega = \underline{\underline{10,74\Omega}}$$

Punkte:

1.5 Lösung Aufgabe 1.5

Umschalten bei einer Drehzahl $n = n_s$ bei der ohne Vorwiderstand R_V ein Drehmoment $M = 8Nm$ oder weniger anliegt:

$$\text{Ansatz: } 8Nm = 9,11A$$

$$\Rightarrow U_i(8Nm) = U_{A,N} - (R_A \cdot I_A(8Nm))$$

$$U_i(8Nm) = 220V - (13,6125\Omega \cdot 9,11A) = \underline{\underline{96,040V}}$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \frac{220V - (14\Omega \cdot 8,89A)}{95,540V}$$

$$\text{aus Script: } \Omega = (c \cdot \Phi) \cdot U_i(8Nm)$$

$$\Omega_s = 0,87827Vs \cdot 96,040V = 84,351[1/s]$$

$$\text{mit Ersatzwerten: } = \frac{0,9Vs \cdot 95,540V}{85,986[1/s]}$$

$$n_s = \frac{30}{\pi} \left[\frac{s}{min} \right] \cdot \Omega_s = \underline{\underline{805,5[U/min]}} \quad (15)$$

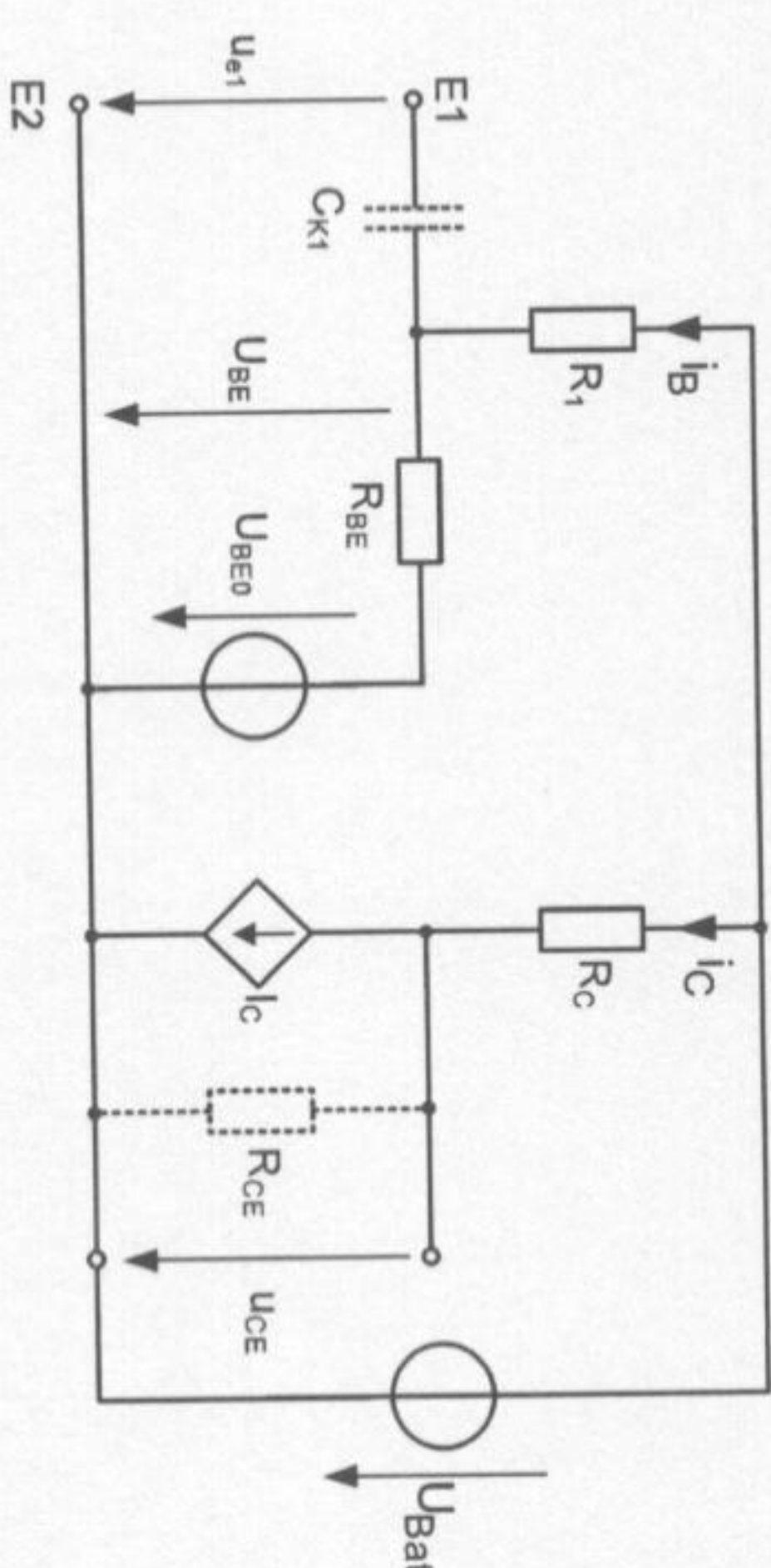
$$\text{mit Ersatzwerten: } = \frac{821,1[U/min]}{821,1[U/min]}$$

Punkte:

2 Lösung Aufgabe2

2.1 Lösung Aufgabe 2.1

Das linearisierte Gleichstrom-EZB, nicht notwendig zum DC-EZB gehörende Bauelemente sind gestrichelt eingetragen. Der Koppelkondensator C_{K1} gehört nicht zum linearisierte Gleichstrom-EZB, kein Punktabzug wenn er wie untenstehend eingetragen ist.



Punkte:

Den Widerstand R_C und R_1 mit den geg. Werten bestimmen:

$$\text{aus Maschenregel: } R_C = \frac{U_{Bat} - U_{CE}}{I_C} = \frac{12V - 6V}{4mA} = \underline{\underline{1,5k\Omega}} \quad (16)$$

Punkte:

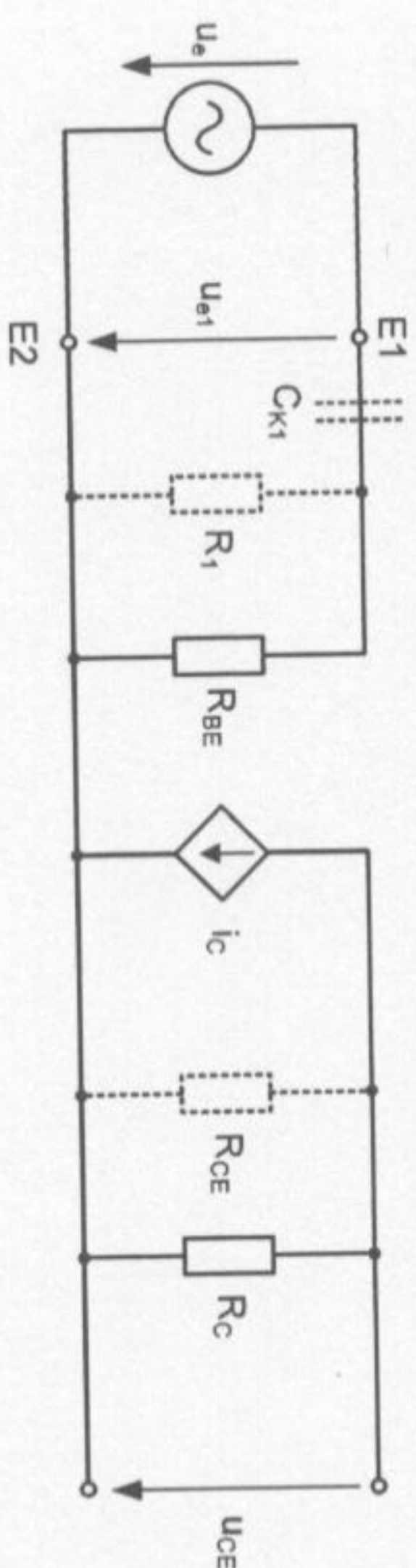
$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_B} = \frac{U_{Bat} - U_{BE}}{I_C} \cdot B \quad \text{mit: } I_B = \frac{I_C}{B}$$

$$R_1 = \frac{12V - 0,6V}{4mA} \cdot 100 = \underline{\underline{285k\Omega}} \quad (17)$$

Punkte:

2.2 Lösung Aufgabe 2.2

Zeichnung des Wechselstrom Ersatzschaltbildes ggf. auch ohne R_{CE} , C_{K1} und R_1 .



Punkte:

Der Wert für C_{K1} kann direkt mit f_{ug} und R_{BE} bestimmt werden:

$$\begin{aligned} \text{Ansatz: } X_{C_{K1}}(f_{ug}) &= R_{BE} \text{ mit: } R_1 \gg R_{BE} \\ \frac{1}{2\pi \cdot f_{ug} \cdot C_{K1}} &= R_{BE} \\ \Rightarrow C_{K1} &= \frac{1}{2\pi \cdot f_{ug} \cdot R_{BE}} \\ C_{K1} &= \frac{1}{2\pi \cdot 20 \text{ Hz} \cdot 500 \Omega} = 15,91 \text{ } [\mu\text{F}] \end{aligned}$$

Punkte:

Bestimmung der Verstärkungsfaktors v_{u1} mit $v_{u1} = \frac{\hat{u}_{a1}}{\hat{u}_{e1}}$. Es ist zulässig und sinnvoll den Widerstand R_1 wegzulassen. Ansatz: $R_1 \gg R_{BE} \rightarrow \frac{R_{BE} \cdot R_1}{R_{BE} + R_1} \approx R_{BE}$

$$\begin{aligned} v_{u1} &= \frac{\hat{u}_{a1}}{\hat{u}_{e1}} \\ v_{u1} &= \frac{R_C \cdot \hat{i}_C}{R_{BE} \cdot \hat{i}_B} \text{ mit: } R_{CE} \rightarrow \infty \\ v_{u1} &= \frac{R_C \cdot \hat{i}_C \cdot \beta}{R_{BE} \cdot \hat{i}_C} \text{ mit: } \hat{i}_B = \beta \cdot \hat{i}_C \\ v_{u1} &= \frac{R_C \cdot \beta}{R_{BE}} \text{ (ggf. direkt aus Formelsammlung)} \\ v_{u1} &= \frac{1,5 \text{ k}\Omega \cdot 100}{500 \Omega} = \underline{\underline{300}} \\ \text{mit } R_1 &= \underline{\underline{300,5}} \end{aligned} \quad (18)$$

Punkte:

Ausgangsspannung $\hat{u}_{a1}$ mit der Verstärkung aus Gl. 18 :

$$\begin{aligned} \text{Ansatz: } v_{u1} &= \frac{\hat{u}_{a1}}{\hat{u}_{e1}} = 300 \\ \Rightarrow \hat{u}_{a1} &= 300 \cdot \hat{u}_{e1} \\ \hat{u}_{a1} &= 300 \cdot 1 \text{ mV} = \underline{\underline{300 \text{ mV}}} \\ \text{mit } R_1 &= \underline{\underline{300,5 \cdot 1 \text{ mV} = 300,5 \text{ mV}}} \end{aligned}$$

Punkte:

2.3 Lösung Aufgabe 2.3

Es handelt sich um einen invertierenden Verstärker, weiter gilt:

Punkte:

1. Die Differenzspannung u_d wird durch die Rückkoppelung gleich Null
2. Der Strom i_{OP} ist gleich Null da der Eingangswiderstand als unendlich groß angenommen wird $R_{in} \rightarrow \infty$

Punkte:

Dimensionierung der Linear-Verstärker Teilschaltung. Die Verstärkung der Ersten Stufe ist berechnet worden Gl. 18, die Verstärkung beider Stufen, der Ersten und der Zweiten zusammen v_{u12} ist gegeben:

$$\begin{aligned} v_{u12} &= v_{u1} \cdot v_{u2} \\ \Rightarrow v_{u2} &= \frac{v_{u12}}{v_{u1}} = \frac{750}{300} = \underline{\underline{2,5}} \\ v_{u2} &= \frac{R_3}{R_2} \\ R_2 &= \frac{R_3}{v_{u2}} = \frac{50 \Omega}{2,5} = \underline{\underline{20 \Omega}} \end{aligned} \quad (19)$$

Punkte:

2.4 Lösung Aufgabe 2.4

Bei der Schaltung handelt es sich um einen Impedanzwandler

Punkte:

mit den folgenden charakteristischen Eigenschaften:

- 1. Eingangswiderstand unendlich groß
- 2. Ausgangswiderstand gleich null

Punkte:

Die Spannungsverstärkung ist gleich eins ($v_{u3} = 1$).

Punkte:

Berechnung der Ausgangsleistung P_L :

$$\hat{u}_{a3} = v_{u3} \cdot v_{u12} \cdot \hat{u}_{e1} = 1 \cdot 750 \cdot 1mV = 750mV$$
$$P_L = \frac{1}{2} \cdot \frac{\hat{u}_{a3}^2}{R_L} = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,75V^2}{600\Omega} = \underline{\underline{0,4688 [mW]}}$$
 (20)

Punkte:

3 Lösung Aufgabe 3

Teilaufgabe	Antwort	Teilaufgabe	Antwort
3.01	a	3.11	b
3.02	b	3.12	b
3.03	c	3.13	b
3.04	b	3.14	b
3.05	b	3.15	b
3.06	b	3.16	a
3.07	c	3.17	a
3.08	c	3.18	c
3.09	b	3.19	b
3.10	a	3.20	a

Punkte: