

Aufgabe 1**Aufgabe 1.1****a)**

Möglichkeit: $k = 3$ Knoten und $z = 5$ Zweige

b) 5 unbekannte Zweigströme $\rightarrow$ mit ohmschem Gesetz lassen sich dann die 5 Spannungen an den Widerständen berechnen.

c) Es werden $KG = k - 1 = 3 - 1 = 2$ und $MG = z - (k - 1) = 5 - 2 = 3$ unabhängige Knoten- und Maschengleichungen benötigt.

Aufgabe 1.2

a) $R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{20 \, \Omega \cdot 30 \, \Omega}{20 \, \Omega + 30 \, \Omega} = 12 \, \Omega$

$$R_{345} = R_{34} + R_5 = 12 \, \Omega + 6 \, \Omega = 18 \, \Omega$$

$$R_{2345} = \frac{R_2 \cdot R_{345}}{R_2 + R_{345}} = \frac{9 \, \Omega \cdot 18 \, \Omega}{9 \, \Omega + 18 \, \Omega} = 6 \, \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_{2345} = 6 \, \Omega + 6 \, \Omega = 12 \, \Omega$$

b) $I_1 = \frac{U}{R_{\text{ges}}} = \frac{24 \, \text{V}}{12 \, \Omega} = 2 \, \text{A}$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 6 \, \Omega \cdot 2 \, \text{A} = 12 \, \text{V}$$

$$U_2 = U - U_1 = 24 \, \text{V} - 12 \, \text{V} = 12 \, \text{V}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{12 \, \text{V}}{9 \, \Omega} = 1,33 \, \text{A}$$

$$I_5 = I_1 - I_2 = 2 \, \text{A} - 1,33 \, \text{A} = 0,667 \, \text{A}$$

$$U_5 = R_5 \cdot I_5 = 6 \, \Omega \cdot 0,667 \, \text{A} = 4 \, \text{V}$$

$$U_{34} = U_2 - U_5 = 12 \, \text{V} - 4 \, \text{V} = 8 \, \text{V}$$

$$I_3 = \frac{U_{34}}{R_3} = \frac{8 \, \text{V}}{20 \, \Omega} = 0,4 \, \text{A}$$

$$I_4 = \frac{U_{34}}{R_4} = \frac{8 \, \text{V}}{30 \, \Omega} = 0,267 \, \text{A}$$

$$\text{Probe: } I_3 + I_4 = 0,4 \, \text{A} + 0,267 \, \text{A} = 0,667 \, \text{A} = I_5$$

$$\text{Alternativ mit der Stromteiler-Regel: } I_3 = I_5 \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad I_4 = I_5 \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

Aufgabe 1.3

$$\text{a) } P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = 6 \, \Omega \cdot (2 \, \text{A})^2 = 24 \, \text{W}$$

$$P_2 = R_2 \cdot I_2^2 = 9 \, \Omega \cdot (1,33 \, \text{A})^2 = 15,92 \, \text{W}$$

$$P_3 = R_3 \cdot I_3^2 = 20 \, \Omega \cdot (0,4 \, \text{A})^2 = 3,2 \, \text{W}$$

$$P_4 = R_4 \cdot I_4^2 = 30 \, \Omega \cdot (0,267 \, \text{A})^2 = 2,14 \, \text{W}$$

$$P_5 = R_5 \cdot I_5^2 = 6 \, \Omega \cdot (0,667 \, \text{A})^2 = 2,67 \, \text{W}$$

$$\text{b) } R_R = \sum_{i=1}^5 P_i = \dots = 47,93 \, \text{W} \approx 48 \, \text{W}$$

$$P_U = U \cdot I_1 = 24 \, \text{V} \cdot 2 \, \text{A} = 48 \, \text{W}$$

Aufgabe 2

Aufgabe 2.1

a) Das Netzwerk ist linear!

b) Nur Stromquelle wirksam. $U_1 \rightarrow$ Kurzschluss.

Mit der Stromteiler-Regel:
$$I_{31} = I_q \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

c) Nur U_1 wirksam. $\rightarrow$ Stromquelle = Leerlauf (Unterbrechung).

Direkt aus der MR:
$$I_{32} = \frac{-U_1}{R_2 + R_3}$$

d)
$$I_3 = I_{31} + I_{32} = I_q \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} - \frac{U_1}{R_2 + R_3} = \frac{1}{R_2 + R_3} \cdot [I_q \cdot R_2 - U_1]$$

$$U_{AB} = R_3 \cdot I_3 + U_1 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot [I_q \cdot R_2 - U_1] + U_1$$

Umgeformt:
$$U_{AB} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot [I_q \cdot R_3 + U_1]$$

e)
$$I_3 = 0 \Leftrightarrow [I_q \cdot R_2 - U_1] = 0 \Leftrightarrow I_q = \frac{U_1}{R_2}$$

$$U_{AB} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot \left[\frac{U_1}{R_2} \cdot R_3 + U_1 \right] = U_1$$

Oder:
$$I_3 = 0 \text{ A} \Rightarrow U_{R3} = 0 \text{ V} \Rightarrow U_{AB} = U_1$$

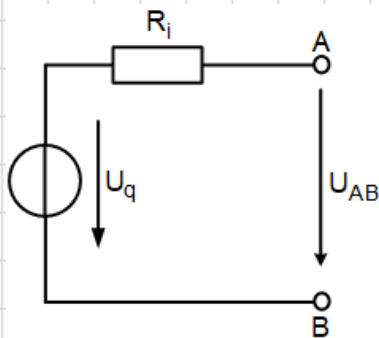
f) Stromquelle = Unterbrechung und Spannungsquelle = Kurzschluss

→ R_2 und R_3 sind parallel und R_4 ist in Reihe

$$R_{AB} = R_4 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

Aufgabe 2.2

a)



b)

U_q entspricht der Leerlaufspannung U_{AB} von oben.

R_i entspricht dem Ersatzwiderstand R_{AB} von oben.

Aufgabe 2.3

a) Spule = Energiespeicher → Der Energieinhalt muss stetig verlaufen

(keine unendlich große Leistung möglich!) → Die Energie kennzeichnende Größe (bei der Spule der Spulenstrom) muss stetig verlaufen!

b) $i_L(t = 0_-) = 0 = i_L(t = 0_+) \Rightarrow$ an $(R_i + R)$ kein Spannungsabfall $\Rightarrow u_L(t = 0_+) = U_q$

c) Stationär gilt: Spule = Kurzschluss →

$$i_{L,stat} = I_L = \frac{U_q}{R_i + R} \Rightarrow R = \frac{U_q}{I_L} - R_i = \frac{20 \text{ V}}{5 \text{ A}} - 0,5 \Omega = 3,5 \Omega$$

Aufgabe 3

Aufgabe 3.1

a) Es gilt: $X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$ umgeformt nach f: $f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot X_C \cdot C}$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 30 \, \Omega \cdot 166,67 \cdot 10^{-6} \, \text{F}} = 31,83 \, \text{Hz} \quad [f] = \frac{\text{A} \cdot \text{V}}{\text{V} \cdot \text{As}} = \frac{1}{\text{s}} = \text{Hz}$$

b) $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 31,83 \, \text{Hz} \cdot 0,1 \, \text{H} = 20 \, \Omega$

$$\underline{Z}_L = j \cdot X_L = j \cdot 20 \, \Omega$$

$$\underline{Z}_{RC} = \frac{R \cdot \underline{Z}_C}{R + \underline{Z}_C} = \frac{-j \cdot 30 \, \Omega \cdot 60 \, \Omega}{(60 \, \Omega - j \cdot 30 \, \Omega)} = \frac{-j \cdot 30 \, \Omega \cdot 60 \, \Omega \cdot (60 \, \Omega + j \cdot 30 \, \Omega)}{(60 \, \Omega)^2 + (30 \, \Omega)^2}$$

$$\underline{Z}_{RC} = \frac{-j \cdot 108.000 \, \Omega + 54.000 \, \Omega}{4.500 \, \Omega^2} = (12 - j \cdot 24) \, \Omega$$

$$\underline{Z} = \underline{Z}_L + \underline{Z}_{RC} = j \cdot 20 \, \Omega + 12 \, \Omega - j \cdot 24 \, \Omega = (12 - j \cdot 4) \, \Omega$$

Aufgabe 3.2

a) $\underline{I} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}} = \frac{20 \, \text{V}}{(12 - j \cdot 4) \, \Omega} = \frac{20 \, \text{V} \cdot (12 + j \cdot 4) \, \Omega}{(12 \, \Omega)^2 + (4 \, \Omega)^2} = \frac{240 \, \text{V} \cdot \Omega + j \cdot 80 \, \text{V} \cdot \Omega}{160 \, \Omega^2}$

$$\underline{I} = (1,5 + j \cdot 0,5) \, \text{A}$$

$$\underline{U}_L = j \cdot X_L \cdot \underline{I} = j \cdot 20 \, \Omega \cdot (1,5 + j \cdot 0,5) \, \text{A} = (-10 + j \cdot 30) \, \text{V}$$

$$\underline{U}_C = \underline{U} - \underline{U}_L = 20 \, \text{V} - (-10 + j \cdot 30) \, \text{V} = (30 - j \cdot 30) \, \text{V}$$

$$\underline{I}_R = \frac{\underline{U}_C}{R} = \frac{(30 - j \cdot 30) \, \text{V}}{60 \, \Omega} = (0,5 - j \cdot 0,5) \, \text{A}$$

$$\underline{I}_C = \frac{\underline{U}_C}{-j \cdot X_C} = j \cdot \frac{(30 - j \cdot 30) \text{ V}}{30 \Omega} = (1 + j \cdot 1) \text{ A}$$

Aufgabe 3.3

a) $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* = 20 \text{ V} \cdot (1,5 - 0,5) \text{ A} = (30 - j \cdot 10) \text{ VA}$

$$P = \operatorname{Re}(\underline{S}) = 30 \text{ W}$$

$$Q = \operatorname{Im}(\underline{S}) = -10 \text{ var} \quad \text{Kapazitive Blindleistung, da negativ!}$$

b) Leistungen aus Teilleistungen:

$$P = R \cdot I_R^2 = 60 \Omega \cdot \left[(0,5 \text{ A})^2 + (0,5 \text{ A})^2 \right] = 30 \text{ W}$$

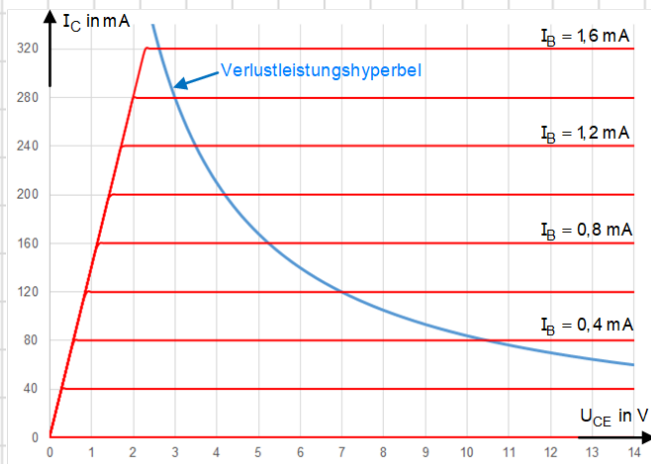
$$Q = Q_L - Q_C = X_L \cdot I^2 - X_C \cdot I_C^2$$

$$Q = 20 \Omega \cdot \left[(1,5 \text{ A})^2 + (0,5 \text{ A})^2 \right] - 30 \Omega \cdot \left[(1 \text{ A})^2 + (1 \text{ A})^2 \right] = -10 \text{ var}$$

Aufgabe 4

Aufgabe 4.1

a)



Werte aus einer Kennlinie:

$$B = \frac{I_{C0}}{I_B} = \frac{240 \text{ mA}}{1,2 \text{ mA}} = 200$$

Die Kennlinien verlaufen im ungesättigten Bereich mit der Steigung null. Daraus folgt: $R_{CE} = \infty \Omega$

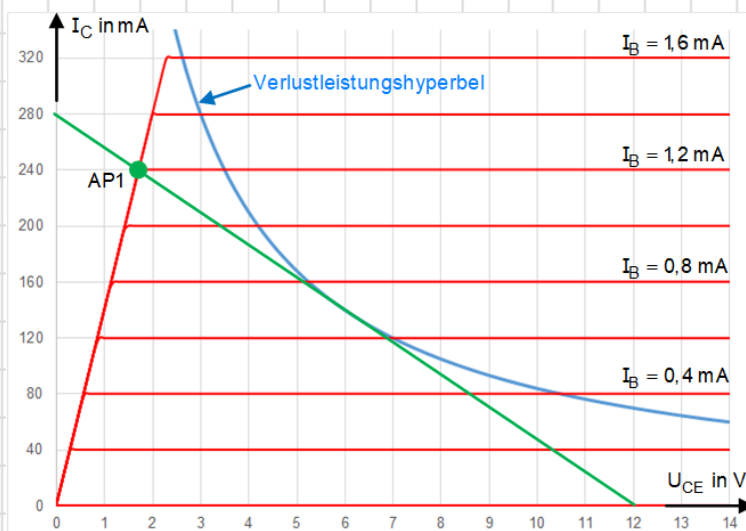
Werte aus einem Punkt auf der Verlustleistungshyperbel, z. B.:

$$U_{CE} = 7 \text{ V} \rightarrow I_{C,\text{max,zul}} = 120 \text{ mA}$$

$$P_{\text{tot}} = U_{CE} \cdot I_{C,\text{max,zul}} = 7 \text{ V} \cdot 120 \text{ mA} = 840 \text{ mW}$$

Aufgabe 4.2

a)



U_{Bat} ist konstant 12 V, d. h. die Steigung der AG wird solange vergrößert, bis sie die Verlustleistungshyperbel tangiert.

Aus dem I_C -Achsenabschnitt folgt: $I_{C,\text{max}} = 280 \text{ mA}$

$$\text{Damit: } R_{L,\text{min}} = \frac{U_{\text{Bat}}}{I_{C,\text{max}}} = \frac{12 \text{ V}}{280 \text{ mA}} \approx 43 \Omega$$

b) Arbeitspunkt mit maximaler Leistung liegt auf der Sättigungsgrenze:

$$I_{B,\min} = 1,2 \text{ mA}$$

c) $P_{L,AP1} = (U_{\text{Bat}} - U_{\text{CE},AP1}) \cdot I_{\text{C},AP1}$

Abgelesen: $U_{\text{CE},AP1} \approx 1,7 \text{ V}$ und $I_{\text{C},AP1} = 240 \text{ mA}$

$$P_{L,AP1} = (12 \text{ V} - 1,7 \text{ V}) \cdot 240 \text{ mA} = 2,47 \text{ W}$$

$$P_{\text{VT},AP1} = U_{\text{CE},AP1} \cdot I_{\text{C},AP1} = 1,7 \text{ V} \cdot 240 \text{ mA} \approx 0,41 \text{ W}$$

d) $U_{\text{BE},AP1} = R_{\text{BE}} \cdot I_{\text{B},AP1} + U_{\text{BE}0} = 100 \Omega \cdot 1,2 \text{ mA} + 0,62 \text{ V} = 0,74 \text{ V}$

$$I_2 = \frac{U_{\text{BE},AP1}}{R_3} = \frac{0,74 \text{ V}}{100 \Omega} = 7,4 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_{\text{B}} + I_2 = 1,2 \text{ mA} + 7,4 \text{ mA} = 8,6 \text{ mA}$$

$$U_{\text{R12}} = U_{\text{Bat}} - U_{\text{BE},AP1} = 12 \text{ V} - 0,74 \text{ V} = 11,26 \text{ V}$$

$$U_{\text{R2}} = U_{\text{R12}} - R_1 \cdot I_1 = 11,26 \text{ V} - 1.000 \Omega \cdot 8,6 \text{ mA} = 2,66 \text{ V}$$

$$R_2 = \frac{U_{\text{R2}}}{I_1} = \frac{2,66 \text{ V}}{8,6 \text{ mA}} \approx 309 \Omega$$

Aufgabe 4.3

a) Der AP2 kann durch Verändern des Basisstromes (d. h. durch vergrößern von R_2) eingestellt werden: $R_2 \uparrow \Rightarrow I_{\text{B}} \downarrow \Rightarrow \text{AP wandert auf der AG "nach unten"}$

b) $U_{\text{L},AP2} = U_{\text{CE},AP2} = 0,5 \cdot U_{\text{Bat}} = 0,5 \cdot 12 \text{ V} = 6 \text{ V}$

Am Transistor fällt in diesem AP dieselbe Spannung wie am Lastwiderstand ab und es fließt derselbe Strom durch den Transistor, daher gilt:

$$P_{L,AP2} = \frac{U_{L,AP2}^2}{R_L} = \frac{(6 \text{ V})^2}{43 \Omega} = 0,84 \text{ W} = P_{VT,AP2}$$

c) $P_{VT,AP2} \leq P_{\text{tot}}$ daher zulässig für Dauerbetrieb!

Name:

Matrikelnummer:



Aufgabe 5

Aufgabe 5.1

a) $x = 0 \rightarrow R_2 = 0 \, \Omega$

Somit: $R_2(x) = R \cdot x$

$x = 1 \rightarrow R_2 = R$

Es gilt: $R_1(x) + R_2(x) = R$ somit: $R_1(x) = R - R_2(x) = R \cdot (1 - x)$

b) Spannungsteiler-Regel: $U_e(x) = U_0 \cdot \frac{R_2(x)}{R_1(x) + R_2(x)} = U_0 \cdot \frac{R \cdot x}{R} = U_0 \cdot x$

Aufgabe 5.2

a) 1. Schaltungsteil mit OP1: Nichtinvertierender Verstärker

2. Schaltungsteil mit OP2: Komparator

- Die Z-Diode stellt für den Komparator eine Referenzspannung zur Verfügung. Der Widerstand R_V dient zur Strombegrenzung (AP-Einstellung).
- Die Ausgangsspannung $U_{a2}(x)$ des Komparators kann lediglich die Werte $\pm U_V = \pm 15 \, \text{V}$ annehmen.

b) $U_{d2}(x) = U_Z - U_{a1}(x)$

Schaltschwelle des Komparators: $U_{d2}(x) = 0 \Leftrightarrow U_{a1}(x) = U_Z$

c) $x = 0,1 \rightarrow U_e(x = 0,1) = 10 \, \text{V} \cdot 0,1 = 1 \, \text{V}$

Für den nichtinvertierenden Verstärker gilt: $U_{a1}(x) = U_e(x) \cdot \underbrace{\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right)}_{v_U}$

$$v_U = \frac{U_{a1}(x=0,1)}{U_e(x=0,1)} = \frac{U_Z}{U_e(x=0,1)} = \frac{9,7 \text{ V}}{1 \text{ V}} = 9,7$$

$$v_U = 9,7 = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \Leftrightarrow R_3 = \frac{R_4}{v_U - 1} = \frac{220 \text{ k}\Omega}{8,7} \approx 25,3 \text{ k}\Omega$$

d) $x > 0,1 \Rightarrow U_e > 1 \text{ V} \Rightarrow U_{a1} > U_Z \Rightarrow U_{d2} < 0 \Rightarrow U_{a2} = -15 \text{ V}$

→ Für $x > 0,1$ leuchtet die LED nicht.

$$x < 0,1 \Rightarrow U_e < 1 \text{ V} \Rightarrow U_{a1} < U_Z \Rightarrow U_{d2} > 0 \Rightarrow U_{a2} = +15 \text{ V}$$

→ Für $x < 0,1$ leuchtet die LED.

Aufgabe 6

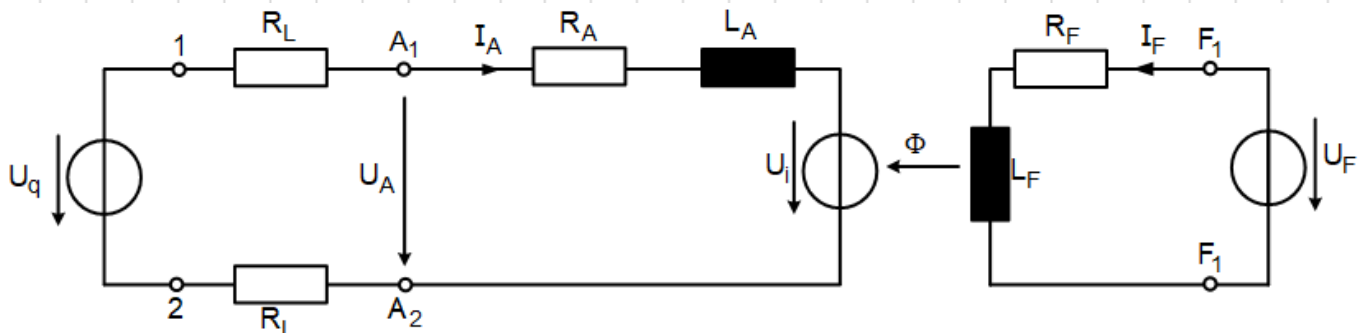
Aufgabe 6.1

a) Vorteil: Der Magnetfluss kann über den Erregerstrom variiert werden.

Nachteil: Verluste im Erregerkreis (Erregerverluste)

Aufgabe 6.2

a)



b) Stationäre Verhältnisse bei Gleichstrom. → An den Induktivitäten fallen keine Spannungen ab!

Aufgabe 6.3

$$a) (c \cdot \Phi)_{AP1} = \frac{U_{i,AP1}}{2 \cdot \pi \cdot n_{AP1}} = \frac{260 \text{ V}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{2.250 \text{ min}^{-1}}{60 \text{ s} \cdot \text{min}^{-1}}} = 1,1035 \text{ Vs}$$

$$R_A = \frac{U_{A,AP1} - U_{i,AP1}}{I_{A,AP1}} \quad \text{mit} \quad I_{A,AP1} = \frac{P_{\text{mech},AP1}}{U_{i,AP1}} = \frac{11.700 \text{ W}}{260 \text{ V}} = 45 \text{ A}$$

$$R_A = \frac{296 \text{ V} - 260 \text{ V}}{45 \text{ A}} = 0,8 \Omega$$

$$\text{MR: } U_{q,AP1} = U_{A,AP1} + 2 \cdot R_L \cdot I_{A,AP1} = 296 \text{ V} + 2 \cdot 0,1 \Omega \cdot 45 \text{ A} = 305 \text{ V}$$

Aufgabe 6.4

$$a) M_N = (c \cdot \Phi)_{AP1} \cdot I_{A,N} = 1,1035 \text{ Vs} \cdot 52 \text{ A} = 57,4 \text{ Nm}$$

Aus der Leistungsbilanz folgt:

$$P_{\text{mech},N} = U_q \cdot I_{A,N} - 2 \cdot R_L \cdot I_{A,N}^2 - R_A \cdot I_{A,N}^2$$

$$P_{\text{mech},N} = 380 \text{ V} \cdot 52 \text{ A} - 2 \cdot 0,1 \Omega \cdot (52 \text{ A})^2 - 0,8 \Omega \cdot (52 \text{ A})^2 \approx 17 \text{ kW}$$

$$n_N = \frac{P_{\text{mech},N}}{2 \cdot \pi \cdot M_N} = \frac{17.000 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot 57,4 \text{ Nm}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} = 2.828 \text{ min}^{-1}$$

$$\eta_{\text{GSM}} = \frac{P_{\text{mech},N}}{P_{\text{mech},N} + R_A \cdot I_{A,N}^2 + R_F \cdot I_F^2}$$

$$\eta_{\text{GSM}} = \frac{17.000 \text{ W}}{17.000 \text{ W} + 0,8 \Omega \cdot (52 \text{ A})^2 + 2 \Omega \cdot (6 \text{ A})^2} \approx 88 \%$$