

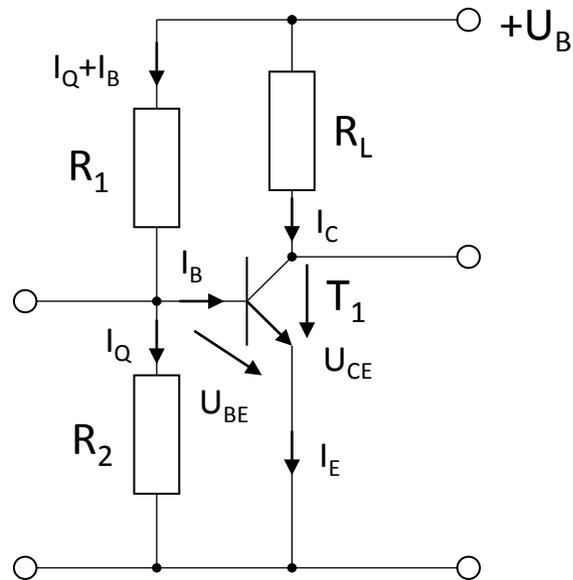
# Übung und Seminar zur Vorlesung „Grundlagen der Technischen Informatik 1“

## 5. Aufgabenkomplex

## 1. Aufgabe

## 1. Aufgabe

## Berechnung einer Transistorschaltung



Werte:

$$U_B = 5V$$

$$U_{CEA} = 2V$$

$$I_{CA} = 47mA$$

$$U_{BEA} = 0,7V$$

$$I_Q = 5 I_{BA}$$

## 1. Aufgabe

# 1. Aufgabe

## Berechnung einer Transistorschaltung

- 1.1. Zeichnen Sie mithilfe des Arbeitspunktes ( $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$ ) und der Betriebsspannung  $U_B$  die Widerstandsgerade für  $R_L$  im Kennlinienfeld
- 1.2. Berechnen Sie die Spannung  $U_{70mA}$
- 1.3. Berechnen Sie mithilfe der Werte  $U_B$ ,  $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$  den Kurzschlußstrom  $I_K$
- 1.4. Berechnen Sie Wert des Widerstandes  $R_L$  aus der Betriebsspannung  $U_B$  und den Kurzschlußstrom  $I_K$
- 1.5. Berechnen Sie den Strom  $I_{RL}$  durch den Widerstand  $R_L$
- 1.6. Berechnen Sie die Spannung  $U_{RL}$  über den Widerstand  $R_L$
- 1.7. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom  $I_{BA}$  für den Arbeitspunkt
- 1.8. Berechnen Sie die Stromverstärkung  $B_A$  für den Arbeitspunkt ( $I_{BA}$  und  $I_{CA}$ )
- 1.9. Berechnen Sie Querstrom  $I_Q$
- 1.10. Berechnen Sie den Strom  $I_{R1}$  durch den Widerstand  $R_1$
- 1.11. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R1}$  über den Widerstand  $R_1$
- 1.12. Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$

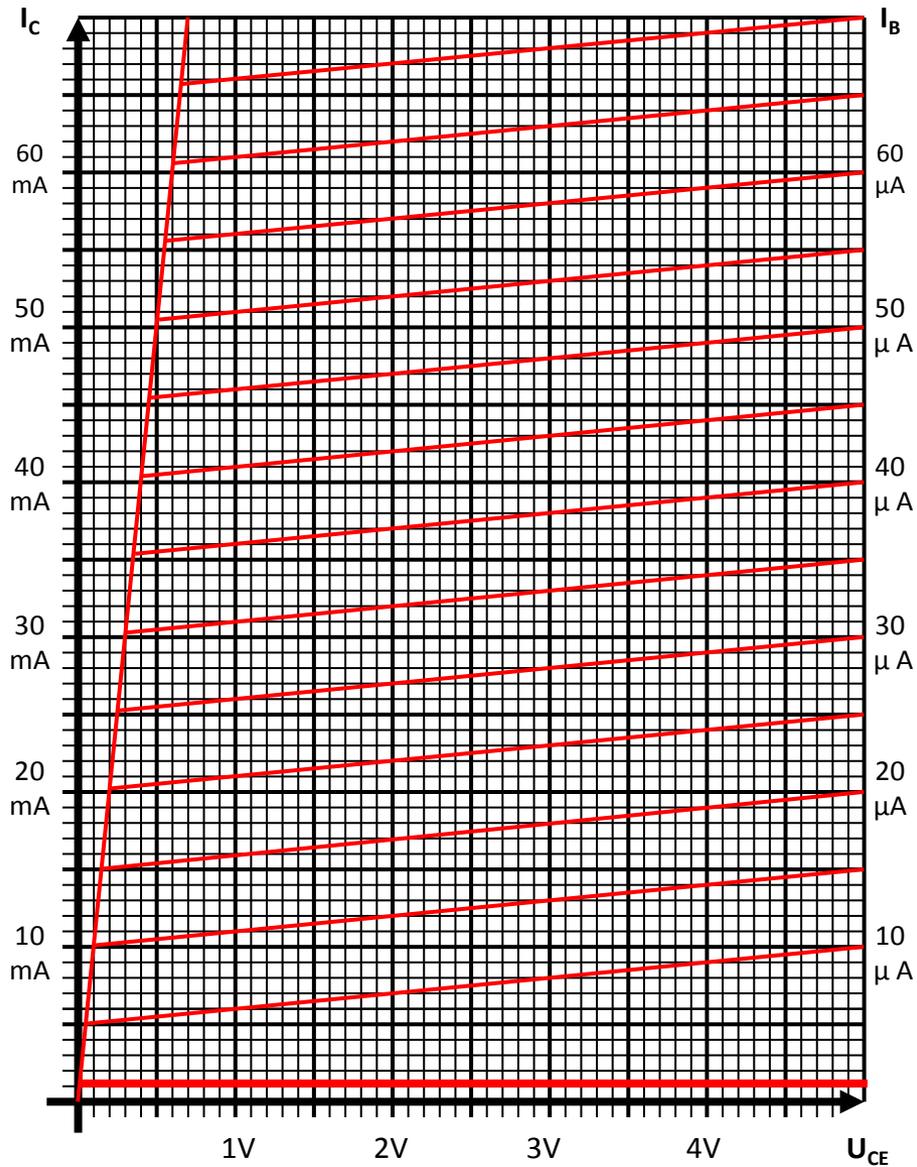
## 1. Aufgabe

# 1. Aufgabe

## Berechnung einer Transistorschaltung

- 1.13. Berechnen Sie den Strom  $I_{R_2}$  durch den Widerstand  $R_2$
- 1.14. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R_2}$  über den Widerstand  $R_2$
- 1.15. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$
- 1.16. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CE0}$  und den Strom  $I_{C0}$  für den nichtangesteuerten Transistor ( $I_B=0$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes
- 1.17. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CEmax}$  den Strom  $I_{Cmax}$  und den Basisstrom  $I_{Bmax}$  für den vollausgesteuerten Transistor ( $I_C=max$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes
- 1.18. Berechnen Sie die Basisverlustleistung  $P_B(0\mu A)$ ,  $P_B(50\mu A)$  und  $P_B(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=50\mu A$  und  $I_{Bmax}$
- 1.19. Berechnen Sie die Kollektorverlustleistung  $P_C(0\mu A)$ ,  $P_C(50\mu A)$  und  $P_C(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=50\mu A$  und  $I_{Bmax}$
- 1.20. Berechnen Sie die Totale-Verlustleistung  $P_{tot}(0\mu A)$ ,  $P_{tot}(50\mu A)$  und  $P_{tot}(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=50\mu A$  und  $I_{Bmax}$

1. Aufgabe



## 1. Aufgabe

## Formeln und Maßeinheiten:

*Formel:*

$$U = I \cdot R$$

$$P = U \cdot I$$

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_Q = 5 \cdot I_B$$

$$U_B = U_{RL} + U_{CE}$$

$$= U_{R1} + U_{R2}$$

$$= U_{R1} + U_{BE}$$

$$P_B = U_{BE} \cdot I_B$$

$$P_C = U_{CE} \cdot I_C$$

$$P_{tot} = P_B + P_C \approx P_C$$

*Maßeinheit:*

$$[U] = V$$

$$[I] = A$$

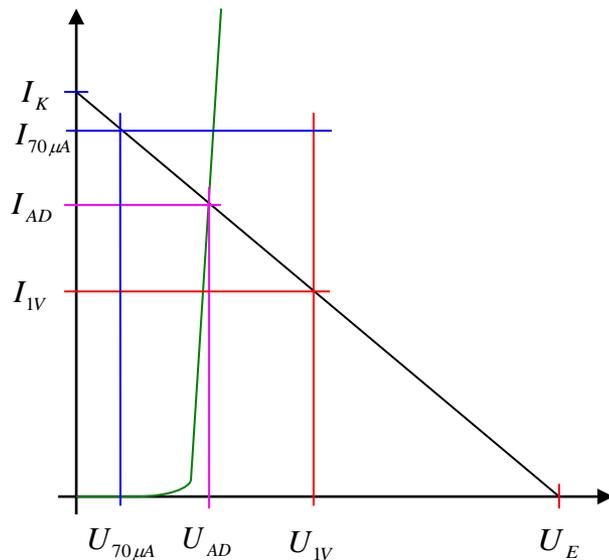
$$[R] = \Omega \left[ = \frac{V}{A} \right]$$

$$[P] = W = V \cdot A$$

## 1. Aufgabe

Hilfe:

Zeichnen der Widerstandsgeraden bei Überschreitung der Eckwerte  $U_E$  und  $I_K$  am Beispiel des Randes von  $70\mu\text{A}$  und  $1\text{V}$ .



Grenzwerte für das Datenblatt  $U_{1V} = 1\text{V} / I_{70\mu\text{A}} = 70\mu\text{A}$

$$I_K = \frac{U_E}{R_B}$$

$$R_B = \frac{U_E}{I_K} = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{1V}}{I_{1V}} \Rightarrow I_{1V} = \frac{U_E - U_{1V}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{70\mu\text{A}}}{I_{70\mu\text{A}}} \Rightarrow U_{70\mu\text{A}} = U_E - I_{70\mu\text{A}} R_B$$

Beispiel für  $U_E = 2\text{V}$  und  $R_B = 25\text{k}\Omega$

Eingangskennlinie:  $U_E = 2\text{V}$   $R_B = 25\text{k}\Omega$

$$U_E = 2\text{V} \quad I_K = \frac{U_E}{R_B} = \frac{2\text{V}}{25\text{k}\Omega} = 80\mu\text{A}$$

Eingangskennlinie:  $U_E = 2\text{V}$   $U_{1V} = 1\text{V}$   $R_B = 25\text{k}\Omega$

$$I_{1V} = \frac{U_E - U_{1V}}{R_B} = \frac{2\text{V} - 1\text{V}}{25\text{k}\Omega} = 40\mu\text{A}$$

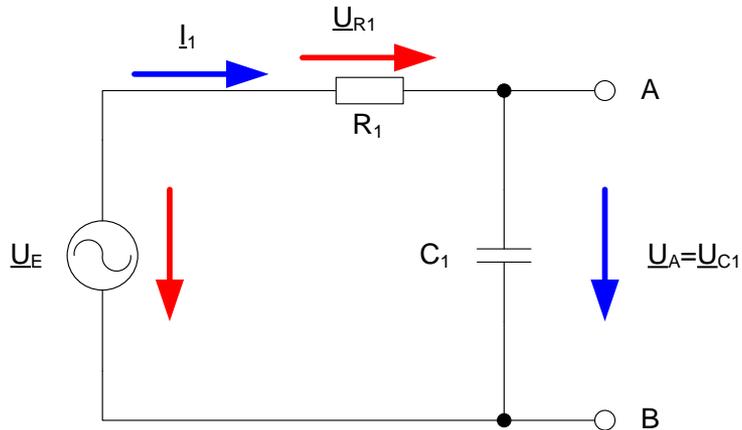
Eingangskennlinie:  $U_E = 2\text{V}$   $I_{70\mu\text{A}} = 70\mu\text{A}$   $R_B = 25\text{k}\Omega$  ( $I_K = 80\mu\text{A}$ )

$$U_{70\mu\text{A}} = U_E - I_{70\mu\text{A}} R_B = 2\text{V} - 70\mu\text{A} \cdot 25\text{k}\Omega = 2\text{V} - 1.75\text{V} = 0,25\text{V}$$

## 2. Aufgabe

## 2. Aufgabe

## Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass



Werte:

$$\underline{U}_E = 2,0V \angle 0^\circ = 2,0V + j \cdot 0V$$

$$R_1 = 2k\Omega$$

$$C_1 = 100nF$$

## 2. Aufgabe

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.1. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f=100\text{Hz}$ .
  - 2.1.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C_1}$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
  - 2.1.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.1.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform
- 2.1.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform
- 2.2. Bestimmen Sie die Werte wie unter 2.1. für die Frequenz von  $f=1\text{kHz}$
- 2.3. Bestimmen Sie die Werte wie unter 2.1. für für die Frequenz von  $f=10\text{kHz}$
- 2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

## 2. Aufgabe

Hilfe:

$$\underline{U}_{R1} = U_{R1,r} + jU_{R1,i} = \tilde{U}_{R1} e^{j\phi_{U_{R1}}} = \tilde{U}_{R1} \angle \phi_{U_{R1}} = \tilde{U}_{R1} (\cos[\phi_{U_{R1}}] + j \sin[\phi_{U_{R1}}])$$

$$U_{R1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{U}_{R1}\} = \tilde{U}_{R1} \cos[\phi_{U_{R1}}] \quad U_{R1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{U}_{R1}\} = \tilde{U}_{R1} \sin[\phi_{U_{R1}}]$$

$$\tilde{U}_{R1} = |\underline{U}_{R1}| = \sqrt{U_{R1,r}^2 + U_{R1,i}^2}$$

$$\phi_{U_{R1}} = \arctan\left[\frac{U_{R1,i}}{U_{R1,r}}\right] = \arccos\left[\frac{U_{R1,r}}{\tilde{U}_{R1}}\right] = \arcsin\left[\frac{U_{R1,i}}{\tilde{U}_{R1}}\right]$$

Für die imaginären Widerstände (ideale Kapazität und ideale Induktivität) gilt:

$$R_{L,i} = -\frac{1}{G_{L,i}} = \omega \cdot L \quad R_{C,i} = -\frac{1}{G_{C,i}} = -\frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{mit } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$j \cdot R_{L,i} = j \cdot \omega \cdot L \quad \Rightarrow \quad j \cdot G_{L,i} = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L} = -j \cdot \frac{1}{\omega \cdot L}$$

$$j \cdot R_{C,i} = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C} = -j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C} \quad \Rightarrow \quad j \cdot G_{C,i} = \left[-j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C}\right]^{-1} = j \cdot \omega \cdot C$$

Transformationsregel aus dem Zeitbereich:

$$a(t) = \bar{a} + \tilde{a} \cos(\omega t + \phi) = \bar{a} + \operatorname{Re}\{\tilde{a} \cdot e^{j(\omega t + \phi)}\} = \bar{a} + \operatorname{Re}\{\underline{a} \cdot e^{j\omega t}\} \quad \text{mit } \underline{a} = \tilde{a} \cdot e^{j\phi}$$

für  $a(t) = \tilde{a} \cos(\omega t + \phi)$  folgt  $\underline{a} = \tilde{a} \cdot e^{j\phi}$  für die Frequenz  $\omega = 2\pi \cdot f$   
dabei ist  $\bar{a}$  der zeitunabhängige Teil.

Die Versorschreibweise  $\angle \phi$  ist eine vereinfachte Schreibweise von  $e^{j\phi}$

## 1. Aufgabe

# Punkteverteilung:

Gesamtpunktzahl: 30 Punkte

Aufgabe 1.1-1.20 je 0,5 Punkte

Aufgabe 2.1.1-2.1.2 je 1 Punkt

Aufgabe 2.1.3-2.1.10 je 0,5 Punkte

Aufgabe 2.2.1-2.2.2 je 1 Punkt

Aufgabe 2.2.3-2.2.10 je 0,5 Punkte

Aufgabe 2.3.1-2.3.2 je 1 Punkt

Aufgabe 2.3.3-2.3.10 je 0,5 Punkte

Aufgabe 2.2.4 2 Punkte

## Bemerkung:

- In allen Formeln mit Zahlen sind die Maßeinheiten mitzuschleifen.
- Bei den Endergebnissen sind die Maßeinheiten zu verwenden, die, wenn vorhanden, aus einem Buchstaben bestehen. Während der Rechnung können Sie nach eigenem Ermessen verfahren.
- Bei den Endergebnissen sind die  $10^{\pm 3}$  Präfixe konsequent zu verwenden. Während der Rechnung können Sie nach eigenem Ermessen verfahren. Präfixe nur verwenden, wenn eine Maßeinheit dahinter ist.
- Alle Aufgaben auf eine Mantissengenauigkeit von 4 Stellen genau berechnen, wenn in der Aufgabe nicht anders angegeben (Exponent-Mantissendarstellung).
- Die Aufgaben sind zu nummerieren, auch die Teilaufgaben.
- Der Rechenweg muß ersichtlich sein. Gegebenenfalls das Schmierblatt anheften.
- Jedes Blatt ist wie folgt zu nummerieren Seite/Gesamtzahl der Seiten (z.B. Seite 6/8)
- Spannungen mit der Masche sind positiv, umgekehrt negativ.
- Ströme zum Knoten sind positiv, umgekehrt negativ.
- Phasenwinkel sind in Grad anzugeben

**Nichtbeachtung wird mit Punktabzug geahndet!**

## Bemerkung zu den Kennlinien:

- Alle Werte sind auf 4 Stellen zu berechnen.
- Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den halben Strich runden. Im Zweifelsfall auf den nächsthöheren. Die Genauigkeit ergibt sich hier aus der Ablesegenauigkeit.
- Bei den Basisströmen ist auf  $0,5 \mu\text{A}$  zu interpolieren.

Nichtbeachtung wird mit Punktabzug geahndet!

## Präfixe zur Kennzeichnung des Vielfachen von gesetzlichen Einheiten (dezimal):

Präfix	Faktor	Bezeichnung	Präfix	Faktor	Bezeichnung
Y	$10^{24}$	Yotta	m	$10^{-3}$	Milli
Z	$10^{21}$	Zetta	$\mu$	$10^{-6}$	Mikro
E	$10^{18}$	Exa	n	$10^{-9}$	Nano
P	$10^{15}$	Peta	p	$10^{-12}$	Piko
T	$10^{12}$	Tera	f	$10^{-15}$	Femto
G	$10^9$	Giga	a	$10^{-18}$	Atto
M	$10^6$	Mega	z	$10^{-21}$	Zepto
k	$10^3$	Kilo	y	$10^{-24}$	Yokto

Umgang mit den Präfixen am Beispiel der Mantissengenauigkeit von 4 Stellen:

---,- Präfix Maßeinheit

--,-- Präfix Maßeinheit

-,--- Präfix Maßeinheit

Beispiele:

216,4 $\mu$ F; 33,45kHz; 2,456M $\Omega$ ; 7,482A

# 1. Aufgabe Lösung

## Berechnung einer Transistorschaltung

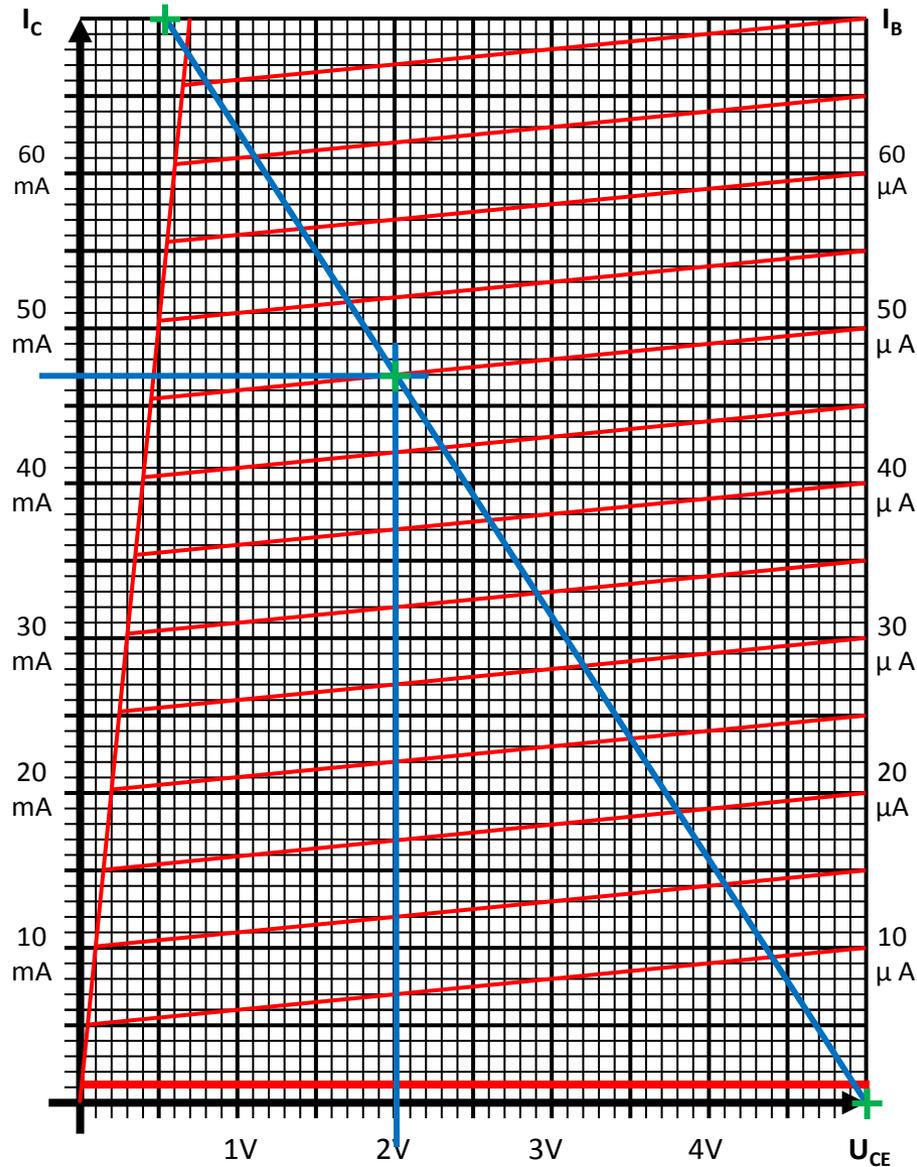
- 1.1. Zeichnen Sie mithilfe des Arbeitspunktes ( $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$ ) und der Betriebsspannung  $U_B$  die Widerstandsgerade für  $R_L$  im Kennlinienfeld
- 1.2. Berechnen Sie die Spannung  $U_{70mA}$
- 1.3. Berechnen Sie mithilfe der Werte  $U_B$ ,  $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$  den Kurzschlußstrom  $I_K$
- 1.4. Berechnen Sie Wert des Widerstandes  $R_L$  aus der Betriebsspannung  $U_B$  und den Kurzschlußstrom  $I_K$
- 1.5. Berechnen Sie den Strom  $I_{RL}$  durch den Widerstand  $R_L$
- 1.6. Berechnen Sie die Spannung  $U_{RL}$  über den Widerstand  $R_L$
- 1.7. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom  $I_{BA}$  für den Arbeitspunkt
- 1.8. Berechnen Sie die Stromverstärkung  $B_A$  für den Arbeitspunkt ( $I_{BA}$  und  $I_{CA}$ )
- 1.9. Berechnen Sie Querstrom  $I_Q$
- 1.10. Berechnen Sie den Strom  $I_{R1}$  durch den Widerstand  $R_1$
- 1.11. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R1}$  über den Widerstand  $R_1$
- 1.12. Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$

# 1. Aufgabe Lösung

## Berechnung einer Transistorschaltung

- 1.13. Berechnen Sie den Strom  $I_{R_2}$  durch den Widerstand  $R_2$
- 1.14. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R_2}$  über den Widerstand  $R_2$
- 1.15. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$
- 1.16. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CE0}$  und den Strom  $I_{C0}$  für den nichtangesteuerten Transistor ( $I_B=0$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes
- 1.17. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CEmax}$  den Strom  $I_{Cmax}$  und den Basisstrom  $I_{Bmax}$  für den vollausgesteuerten Transistor ( $I_C=max$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes
- 1.18. Berechnen Sie die Basisverlustleistung  $P_B(0\mu A)$ ,  $P_B(50\mu A)$  und  $P_B(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=50\mu A$  und  $I_{Bmax}$
- 1.19. Berechnen Sie die Kollektorverlustleistung  $P_C(0\mu A)$ ,  $P_C(50\mu A)$  und  $P_C(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=50\mu A$  und  $I_{Bmax}$
- 1.20. Berechnen Sie die Totale-Verlustleistung  $P_{tot}(0\mu A)$ ,  $P_{tot}(50\mu A)$  und  $P_{tot}(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=50\mu A$  und  $I_{Bmax}$

## 1. Aufgabe - Lösung



1.1. Zeichnen Sie mithilfe des Arbeitspunktes ( $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$ ) und der Betriebsspannung  $U_B$  die Widerstandsgerade für  $R_L$  im Kennlinienfeld

Werte:

$$U_B = 5V$$

$$U_{CEA} = 2V$$

$$I_{CA} = 47mA$$

$$U_{BEA} = 0,7V$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.2. Berechnen Sie die Spannung  $U_{70mA}$ 

$$R_L = \frac{U_B - U_{70mA}}{I_{70mA}} = \frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} = \frac{U_B}{I_k} \Rightarrow U_{70mA} = U_B - \frac{(U_B - U_{CEA})I_{70mA}}{I_{CA}}$$

$$\text{Transistor: } U_B = 5V \quad U_{CEA} = 2V \quad I_{CA} = 47mA \quad I_{70mA} = 70mA$$

$$U_{70mA} = 5V - \frac{(5V - 2V)70mA}{47mA} = 5V - \frac{3V \cdot 70mA}{47mA} = 5V - \frac{3V \cdot 70mA}{47mA} = 5V - 4,468V = 0,5319V = 531,9mV$$

1.3. Berechnen Sie mithilfe der Werte  $U_B$ ,  $U_{CEA}$  und  $I_{CA}$  den Kurzschlußstrom  $I_k$ 

$$R_L = \frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} = \frac{U_B}{I_k} \Rightarrow I_k = \frac{U_B \cdot I_{CA}}{U_B - U_{CEA}}$$

$$\text{Transistor: } U_B = 5V \quad U_{CEA} = 2V \quad I_{CA} = 47mA$$

$$I_k = \frac{5V \cdot 47mA}{5V - 2V} = \frac{5V \cdot 47mA}{3V} = 78,33mA$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.4. Berechnen Sie Wert des Widerstandes  $R_L$  aus der Betriebsspannung  $U_B$  und den Kurzschlußstrom  $I_K$

$$R_L = \frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} = \frac{U_B}{I_k} \Rightarrow R_L = \frac{U_B}{I_k}$$

$$\text{Transistor: } U_B = 5V \quad I_k = 78,33mA$$

$$R_L = \frac{5V}{78,33mA} = 63,83\Omega$$

1.5. Berechnen Sie den Strom  $I_{RL}$  durch den Widerstand  $R_L$

$$I_{RL} = I_{CA}$$

$$\text{Transistor: } I_{CA} = 47mA$$

$$I_{RL} = 47mA$$

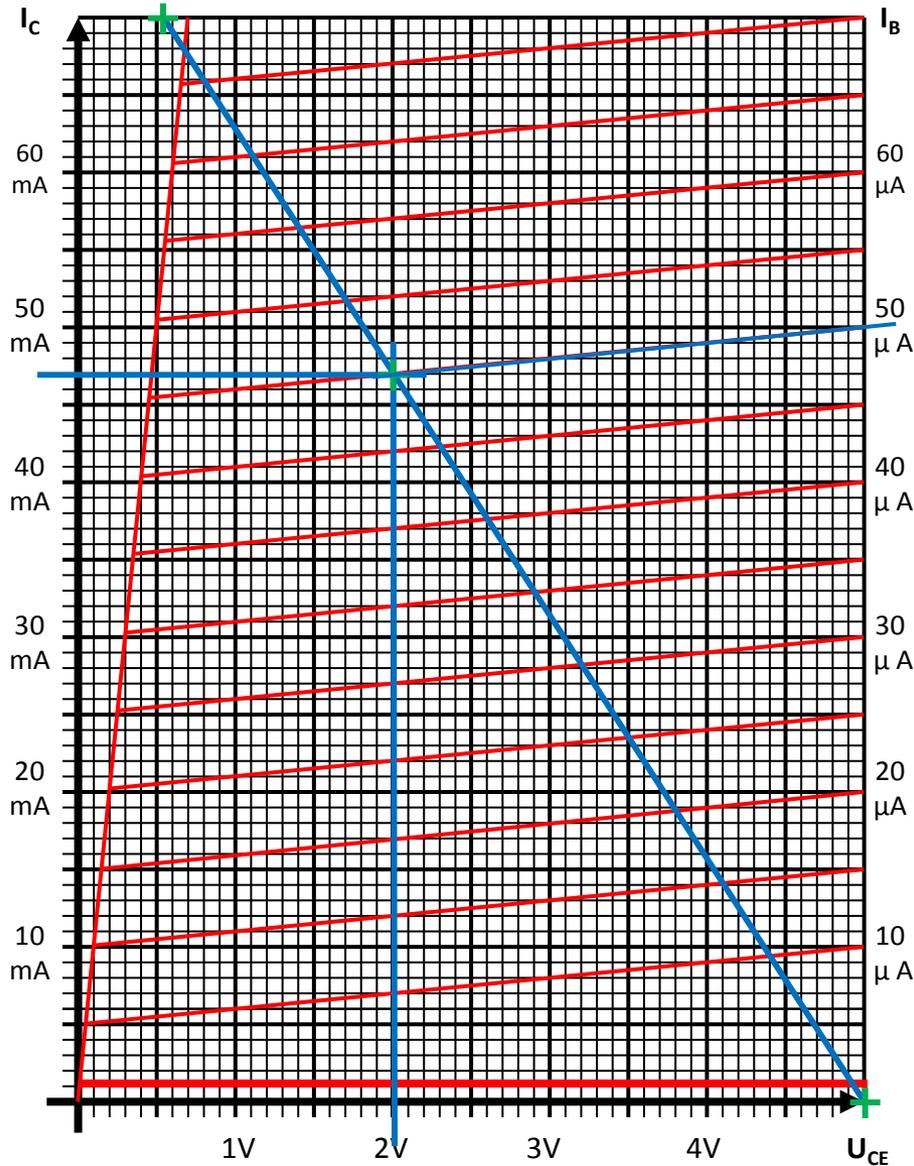
1.6. Berechnen Sie die Spannung  $U_{RL}$  über den Widerstand  $R_L$

$$U_B = U_{RL} + U_{CEA} \Rightarrow U_{RL} = U_B - U_{CEA}$$

$$\text{Transistor: } U_B = 5V \quad U_{CEA} = 2V$$

$$U_{RL} = 5V - 2V = 3V$$

1. Aufgabe - Lösung



1.7. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom  $I_{BA}$  für den Arbeitspunkt

Werte:  
 $U_B = 5V$   
 $U_{CEA} = 2V$   
 $I_{CA} = 47mA$   
 $U_{BEA} = 0,7V$   
 $I_{BA} = 50\mu A$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.8. Berechnen Sie die Stromverstärkung  $B_A$  für den Arbeitspunkt ( $I_{BA}$  und  $I_{CA}$ )

$$B_A = \frac{I_{CA}}{I_{BA}}$$

$$\text{Transistor : } I_{CA} = 47\text{mA} \quad I_{BA} = 50\mu\text{A}$$

$$B_A = \frac{47\text{mA}}{50\mu\text{A}} = 940$$

1.9. Berechnen Sie Querstrom  $I_Q$

$$I_Q = 5 \cdot I_{BA}$$

$$\text{Transistor : } I_{BA} = 50\mu\text{A}$$

$$I_Q = 5 \cdot 50\mu\text{A} = 250\mu\text{A}$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.10. Berechnen Sie den Strom  $I_{R_1}$  durch den Widerstand  $R_1$

$$I_{R_1} = I_Q + I_{BA}$$

$$\text{Transistor: } I_Q = 250\mu\text{A} \quad I_{BA} = 50\mu\text{A}$$

$$I_{R_1} = 250\mu\text{A} + 50\mu\text{A} = 300\mu\text{A}$$

1.11. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R_1}$  über den Widerstand  $R_1$

$$U_B = U_{R_1} + U_{R_2} = U_{R_1} + U_{BEA} \quad \Rightarrow \quad U_{R_1} = U_B - U_{BEA}$$

$$\text{Transistor: } U_B = 5\text{V} \quad U_{BEA} = 0,7\text{V}$$

$$U_{R_1} = 5\text{V} - 0,7\text{V} = 4,3\text{V}$$

1.12. Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}}$$

$$\text{Transistor: } U_{R_1} = 4,3\text{V} \quad I_{R_1} = 300\mu\text{A}$$

$$R_1 = \frac{4,3\text{V}}{300\mu\text{A}} = 14333\Omega = 14,33\text{k}\Omega$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.13. Berechnen Sie den Strom  $I_{R_2}$  durch den Widerstand  $R_2$

$$I_{R_2} = I_Q$$

$$\text{Transistor: } I_Q = 250\mu\text{A}$$

$$I_{R_2} = 250\mu\text{A}$$

1.14. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R_2}$  über den Widerstand  $R_2$

$$U_{R_2} = U_{BEA}$$

$$\text{Transistor: } U_{BEA} = 0,7\text{V}$$

$$U_{R_2} = 0,7\text{V}$$

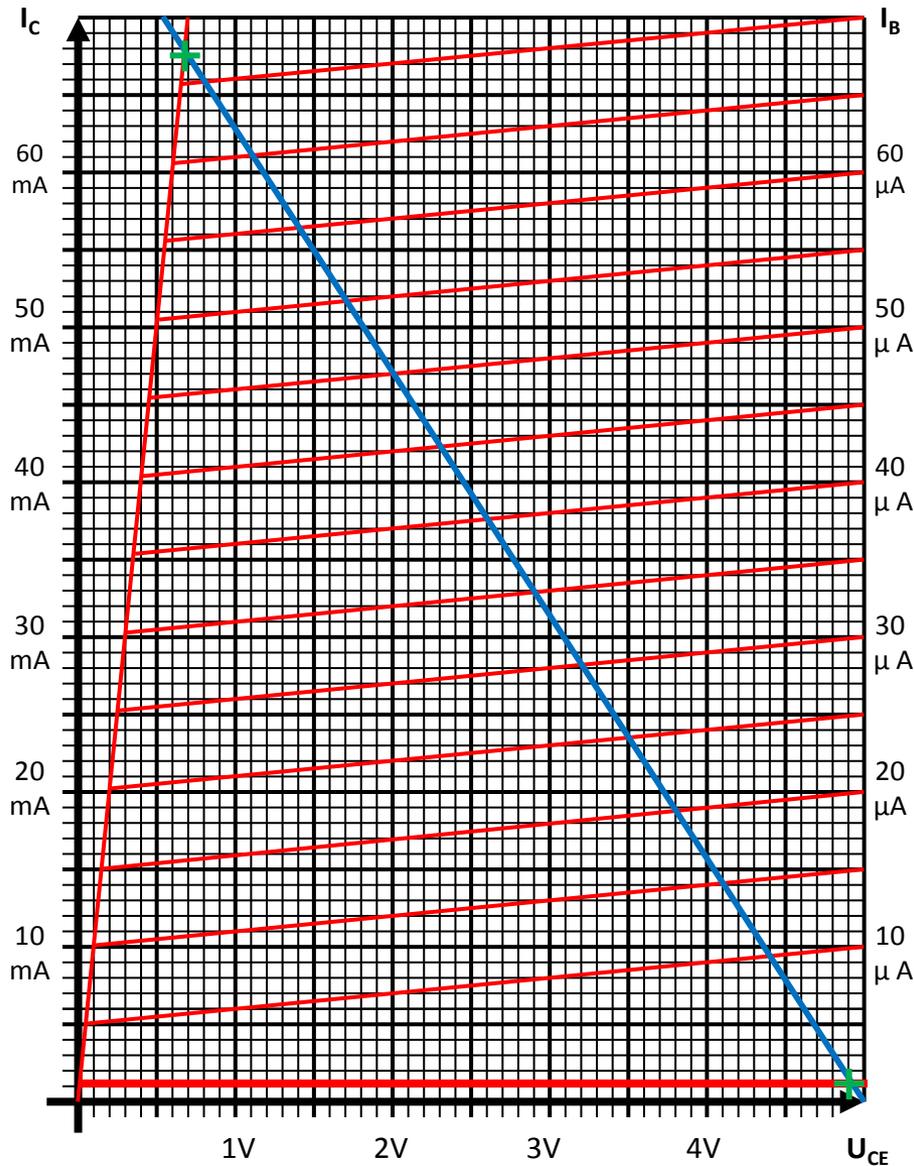
1.15. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$

$$R_2 = \frac{U_{R_2}}{I_{R_2}}$$

$$\text{Transistor: } U_{R_1} = 0,7\text{V} \quad I_{R_1} = 250\mu\text{A}$$

$$R_1 = \frac{0,7\text{V}}{250\mu\text{A}} = 2800\Omega = 2,8\text{k}\Omega$$

1. Aufgabe - Lösung



1.16. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CE0}$  und den Strom  $I_{C0}$  für den nichtangesteuerten Transistor ( $I_B=0$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes

$$I_B(I_B=0) \approx 0 \mu A \quad U_{CE0} = 4,9V \quad I_{C0} = 1mA$$

1.17. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CEmax}$  den Strom  $I_{Cmax}$  und den Basisstrom  $I_{Bmax}$  für den vollausgesteuerten Transistor ( $I_C=max$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes

$$I_{Bmax} \approx 72 \mu A \quad U_{CEmax} \approx 0,7V \quad I_{Cmax} = 67,5mA$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.18. Berechnen Sie die Basisverlustleistung  $P_B(0\mu A)$ ,  $P_B(50\mu A)$  und  $P_B(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=50\mu A$  und  $I_{Bmax}$

$$P_B = U_{BE} \cdot I_B$$

$$I_B = 0\mu A : U_{BE}(0\mu A) = 0,7V \quad I_B(0\mu A) = 0\mu A$$

$$P_B(0\mu A) = U_{BE}(0\mu A) \cdot I_B(0\mu A) = 0,7V \cdot 0\mu A = 0\mu W$$

$$I_B = 50\mu A : U_{BE}(50\mu A) = 0,7V \quad I_B(50\mu A) = 50\mu A$$

$$P_B(50\mu A) = U_{BE}(50\mu A) \cdot I_B(50\mu A) = 0,7V \cdot 50\mu A = 35\mu W$$

$$I_{Bmax} = 72\mu A : U_{BE}(I_{Bmax}) = 0,7V \quad I_B(I_{Bmax}) = 72\mu A$$

$$P_B(I_{Bmax}) = U_{BE}(I_{Bmax}) \cdot I_B(I_{Bmax}) = 0,7V \cdot 72\mu A = 50,4\mu W$$

1.19. Berechnen Sie die Kollektorverlustleistung  $P_C(0\mu A)$ ,  $P_C(50\mu A)$  und  $P_C(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $I_B=50\mu A$  und  $I_{Bmax}$

$$P_C = U_{CE} \cdot I_C$$

$$I_B = 0\mu A : U_{CE}(0\mu A) = 4,9V \quad I_C(0\mu A) = 1mA$$

$$P_C(0\mu A) = U_{CE}(0\mu A) \cdot I_C(0\mu A) = 4,9V \cdot 1mA = 4,9mW$$

$$I_B = 50\mu A : U_{CE}(50\mu A) = 2V \quad I_C(50\mu A) = 47mA$$

$$P_C(50\mu A) = U_{CE}(50\mu A) \cdot I_C(50\mu A) = 2V \cdot 47mA = 94mW$$

$$I_{Bmax} = 72\mu A : U_{CE}(I_{Bmax}) = 0,7V \quad I_C(I_{Bmax}) = 67,5mA$$

$$P_C(I_{Bmax}) = U_{CE}(I_{Bmax}) \cdot I_C(I_{Bmax}) = 0,7V \cdot 67,5mA = 47,25mW$$

## 1. Aufgabe - Lösung

1.20. Berechnen Sie die Totale-Verlustleistung  $P_{\text{tot}}(0\mu\text{A})$ ,  $P_{\text{tot}}(50\mu\text{A})$  und  $P_{\text{tot}}(I_{B\text{max}})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu\text{A}$  und  $I_B=50\mu\text{A}$  und  $I_{B\text{max}}$

$$P_{\text{tot}} = P_B + P_C$$

$$I_B = 0\mu\text{A} : P_B(0\mu\text{A}) = 0\mu\text{W} \quad P_C(0\mu\text{A}) = 4,9\text{mW}$$

$$P_{\text{tot}}(0\mu\text{A}) = 0\mu\text{W} + 4,9\text{mW} = 4,9\text{mW}$$

$$I_B = 50\mu\text{A} : P_B(50\mu\text{A}) = 35\mu\text{W} \quad P_C(50\mu\text{A}) = 94\text{mW}$$

$$P_{\text{tot}}(50\mu\text{A}) = 35\mu\text{W} + 94\text{mW} = 94,035\text{mW}$$

$$I_{B\text{max}} = 72\mu\text{A} : P_B(I_{B\text{max}}) = 50,4\mu\text{W} \quad P_C(I_{B\text{max}}) = 47,25\text{mW}$$

$$P_{\text{tot}}(I_{B\text{max}}) = 50,4\mu\text{W} + 47,25\text{mW} = 47,3\text{mW}$$

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.1. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f=100\text{Hz}$ .
- 2.1.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C_1}$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform
- 2.1.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.1.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform
- 2.1.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform
- 2.2. Bestimmen Sie die Werte wie unter 2.1. für die Frequenz von  $f=1\text{kHz}$
- 2.3. Bestimmen Sie die Werte wie unter 2.1. für für die Frequenz von  $f=10\text{kHz}$
- 2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = R_{1,r} + jR_{1,i} = \check{R}_1 e^{j\varphi_{R_1}} = \check{R}_1 \angle \varphi_{R_1} \quad \varphi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{R_{1,i}}{R_{1,r}} \right] \quad \check{R}_1 = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2}$$

$$R_{1,r} = 2k\Omega \quad R_{1,i} = 0k\Omega$$

$$\varphi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{0k\Omega}{2k\Omega} \right] = 0^\circ \quad \check{R}_1 = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 2k\Omega$$

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_{C1} = R_{C1,r} + jR_{C1,i} = \check{R}_{C1} e^{j\varphi_{R_{C1}}} = \check{R}_{C1} \angle \varphi_{R_{C1}} \quad R_{C1,i} = -\frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{mit} \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

$$C = 100nF \quad f = 100Hz$$

$$R_{C1,r} = 0\Omega$$

$$R_{C1,i} = -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 100Hz \cdot 100nF} = -\frac{1}{62,831 \cdot 10^{-6} \frac{A}{V}} =$$

$$= -0,01592 \cdot 10^6 \Omega = -15,92k\Omega$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 15,92k\Omega$$

$$\check{R}_{C1} = \sqrt{R_{C1,r}^2 + R_{C1,i}^2} \Rightarrow \check{R}_{C1} = \sqrt{(-15,92k\Omega)^2 + (0\Omega)^2} = 15,92k\Omega$$

$$\varphi_{R_{C1}} = \arctan \left[ \frac{R_{C1,i}}{R_{C1,r}} \right] \Rightarrow \varphi_{G_{C1}} = \arctan \left[ \frac{-15,92k\Omega}{0\Omega} \right] = -90^\circ$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 15,92k\Omega = 15,92k\Omega \angle -90^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0^\circ$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 15,92k\Omega = 15,92k\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{R}_{\text{ges}} = 2k\Omega + j0k\Omega + 0\Omega - j \cdot 15,92k\Omega = 2k\Omega - j \cdot 15,92k\Omega$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{\text{ges}} &= \sqrt{R_{\text{ges},r}^2 + R_{\text{ges},i}^2} \Rightarrow \tilde{R}_{\text{ges}} = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (15,92k\Omega)^2} = \sqrt{4(k\Omega)^2 + 253,4(k\Omega)^2} \\ &= \sqrt{257,4(k\Omega)^2} = 16,04k\Omega \end{aligned}$$

$$\phi_{R_{\text{ges}}} = \arctan\left[\frac{R_{\text{ges},i}}{R_{\text{ges},r}}\right] \Rightarrow \phi_{R_{\text{ges}}} = \arctan\left[\frac{-15,92k\Omega}{2k\Omega}\right] = \arctan(-7,96) = -82,83^\circ$$

$$\underline{R}_{\text{ges}} = 2k\Omega - j \cdot 15,92k\Omega = 16,04k\Omega \angle -82,83^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.1.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.1.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1} = \frac{\underline{U}_E}{\underline{R}_{ges}} \quad \underline{I}_1 = I_{1,r} + j \cdot I_{1,i} = \check{I}_1 e^{j\varphi_{I_1}} = \check{I}_1 \angle \varphi_{I_1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j \cdot 15,92k\Omega = 16,04k\Omega \angle -82,83^\circ$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2,0V \angle 0^\circ}{16,04k\Omega \angle -82,83^\circ} = 124,7\mu A \angle 82,83^\circ$$

$$I_{1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \cos[\varphi_{I_1}] \Rightarrow I_{1,r} = 124,7\mu A \cdot \cos[82,83^\circ] = 124,7\mu A \cdot (0,1248) = 15,56\mu A$$

$$I_{1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \sin[\varphi_{I_1}] \Rightarrow I_{1,i} = 124,7\mu A \cdot \sin[82,83^\circ] = 124,7\mu A \cdot (0,9922) = 123,72\mu A$$

$$\underline{I}_1 = 15,56\mu A + j \cdot 123,72\mu A = 124,7\mu A \angle 82,83^\circ = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{R_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 15,56\mu\text{A} + j \cdot 123,72\mu\text{A} = 124,7\mu\text{A} \angle 82,83^\circ$$

$$\underline{R}_1 = 2\text{k}\Omega + j \cdot 0\text{k}\Omega = 2\text{k}\Omega \angle 0^\circ$$

$$\underline{U}_{R_1} = 124,7\mu\text{A} \angle 82,83^\circ \cdot 2\text{k}\Omega \angle 0^\circ = 249,4\text{mV} \angle 82,83^\circ$$

$$U_{R_1,r} = \text{Re}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \cos[\phi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,r} = 249,4\text{mV} \cdot \cos[82,83^\circ] = 249,4\text{mV} \cdot (0,1248) = 31,12\text{mV}$$

$$U_{R_1,i} = \text{Im}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \sin[\phi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,i} = 249,4\text{mV} \cdot \sin[82,83^\circ] = 249,4\text{mV} \cdot (0,9922) = 247,4\text{mV}$$

$$\underline{U}_{R_1} = 31,12\text{mV} + j247,4\text{mV} = 249,4\text{mV} \angle 82,83^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{C_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C_1}$$

$$\underline{I}_1 = 15,56\mu\text{A} + j \cdot 123,72\mu\text{A} = 124,7\mu\text{A} \angle 82,83^\circ \quad \underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot 15,92\text{k}\Omega = 15,92\text{k}\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1} = 124,7\mu\text{A} \angle 82,83^\circ \cdot 15,92\text{k}\Omega \angle -90^\circ = 1,985\text{V} \angle -7,17^\circ$$

$$U_{C_1,r} = \text{Re}\{\underline{U}_{C_1}\} = \check{U}_{C_1} \cos[\phi_{R_{C_1}}] \Rightarrow U_{C_1,r} = 1,985\text{V} \cdot \cos[-7,17^\circ] = 1,985\text{V} \cdot (0,9921) = 1,969\text{V}$$

$$U_{C_1,i} = \text{Im}\{\underline{U}_{C_1}\} = \check{U}_{C_1} \sin[\phi_{R_{C_1}}] \Rightarrow U_{C_1,i} = 1,985\text{V} \cdot \sin[-7,17^\circ] = 1,985\text{V} \cdot (-0,1248) = -247,8\text{mV}$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1} = 1,969\text{V} - j \cdot 247,8\text{mV} = 1,985\text{V} \angle -7,17^\circ$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform

Probe:

$$\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{R1} = 31,12mV + j247,4mV = 249,4mV \angle 82,83^\circ$$

$$\underline{U}_{C1} = 1,969V - j \cdot 247,8mV = 1,985V \angle -7,17^\circ$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_E &= 31,12mV + j247,4mV + 1,969V - j \cdot 247,8mV \\ &= 2,00021V - j0,0004V \approx 2V + j \cdot 0V = \underline{U}_E \end{aligned}$$

## 2. Aufgabe - Lösung

2.1.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{A}(j\omega) = \check{A} \angle \phi_A = D_{A,r} + j \cdot D_{A,i} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz 100Hz

$$\underline{U}_{E,100\text{Hz}} = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{A,100\text{Hz}} = \underline{U}_{C1,100\text{Hz}} = 1,969V - j \cdot 247,8mV = 1,985V \angle -7,17^\circ$$

$$D_1 = D_{100\text{Hz}} = \frac{1,985V \angle -7,17^\circ}{2V \angle 0^\circ} = 0,9925 \angle -7,17^\circ$$

$$D_{r,100\text{Hz}} = \text{Re}\{\underline{D}\} = \check{D} \cos[\phi_D] \Rightarrow D_r = 0,9925 \cdot \cos[-7,17^\circ] = 0,9925 \cdot (0,9921) = 0,9847$$

$$D_{i,100\text{Hz}} = \text{Im}\{\underline{D}\} = \check{D} \sin[\phi_D] \Rightarrow D_i = 0,9925 \cdot \sin[-7,17^\circ] = 0,9925 \cdot (-0,1248) = -0,1238$$

$$\underline{D}_1 = \underline{D}_{100\text{Hz}} = 0,9847 - j \cdot 0,1238 = 0,9925 \angle -7,17^\circ$$

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

2.2. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f = \text{kHz}$ .

2.2.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C_1}$  in der Normal- und der Versorform

2.2.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.2.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform
- 2.2.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform
- 2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

## 2. Aufgabe -Lösung

2.2.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = R_{1,r} + jR_{1,i} = \check{R}_1 e^{j\varphi_{R_1}} = \check{R}_1 \angle \varphi_{R_1} \quad \varphi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{R_{1,i}}{R_{1,r}} \right] \quad \check{R}_1 = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2}$$

$$R_{1,r} = 2k\Omega \quad R_{1,i} = 0k\Omega$$

$$\varphi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{0k\Omega}{2k\Omega} \right] = 0^\circ \quad \check{R}_1 = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 2k\Omega$$

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.2.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_{C_1} = R_{C_{1,r}} + jR_{C_{1,i}} = \check{R}_{C_1} e^{j\varphi_{R_{C_1}}} = \check{R}_{C_1} \angle \varphi_{R_{C_1}} \quad R_{C_{1,i}} = -\frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{mit} \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

$$C = 100nF \quad f = 1kHz$$

$$R_{C_{1,r}} = 0\Omega$$

$$R_{C_{1,i}} = -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1kHz \cdot 100nF} = -\frac{1}{62,831 \cdot 10^{-5} \frac{A}{V}} =$$

$$= -0,01592 \cdot 10^5 \Omega = -1,592k\Omega$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot 1,592k\Omega$$

$$\check{R}_{C_1} = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2} \Rightarrow \check{R}_{C_1} = \sqrt{(-1,592k\Omega)^2 + (0\Omega)^2} = 1,592k\Omega$$

$$\varphi_{R_{C_1}} = \arctan \left[ \frac{R_{C_{1,i}}}{R_{C_{1,r}}} \right] \Rightarrow \varphi_{G_{C_1}} = \arctan \left[ \frac{-1,592k\Omega}{0\Omega} \right] = -90^\circ$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot 1,592k\Omega = 1,592k\Omega \angle -90^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.2.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1ges} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0^\circ$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 1,592k\Omega = 1,592k\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{R}_{ges} = 2k\Omega + j0k\Omega + 0\Omega - j \cdot 1,592k\Omega = 2k\Omega - j \cdot 1,592k\Omega$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{ges} &= \sqrt{R_{ges,r}^2 + R_{ges,i}^2} \Rightarrow \tilde{R}_{ges} = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (1,592k\Omega)^2} = \sqrt{4(k\Omega)^2 + 2,534(k\Omega)^2} \\ &= \sqrt{6,534(k\Omega)^2} = 2,556k\Omega \end{aligned}$$

$$\varphi_{R_{ges}} = \arctan \left[ \frac{R_{ges,i}}{R_{ges,r}} \right] \Rightarrow \varphi_{R_{ges}} = \arctan \left[ \frac{-1,592k\Omega}{2k\Omega} \right] = \arctan(-0,796) = -38,51^\circ$$

$$\underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j \cdot 1,592k\Omega = 2,556k\Omega \angle -38,51^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.2.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.2.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1} = \frac{\underline{U}_E}{\underline{R}_{ges}} \quad \underline{I}_1 = I_{1,r} + j \cdot I_{1,i} = \check{I}_1 e^{j\varphi_1} = \check{I}_1 \angle \varphi_1$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j \cdot 1,592k\Omega = 2,556k\Omega \angle -38,51^\circ$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2,0V \angle 0^\circ}{2,556k\Omega \angle -38,51^\circ} = 782,4\mu A \angle 38,51^\circ$$

$$I_{1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \cos[\varphi_1] \Rightarrow I_{1,r} = 782,4\mu A \cdot \cos[38,51^\circ] = 782,4\mu A \cdot (0,7824) = 612,14\mu A$$

$$I_{1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \sin[\varphi_1] \Rightarrow I_{1,i} = 782,4\mu A \cdot \sin[38,51^\circ] = 782,4\mu A \cdot (0,6226) = 487,12\mu A$$

$$\underline{I}_1 = 612,14\mu A + j \cdot 487,12\mu A = 782,4\mu A \angle 38,51^\circ = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.2.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{R_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 612,14\mu A + j \cdot 487,12\mu A = 782,4\mu A \angle 38,51^\circ$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot -1,592k\Omega = 1,592k\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{U}_{R_1} = 782,4\mu A \angle 38,51^\circ \cdot 2k\Omega \angle 0^\circ = 1564,8mV \angle 38,51^\circ$$

$$U_{R_1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \cos[\varphi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,r} = 1564,8mV \cdot \cos[38,51^\circ] = 1564,8mV \cdot (0,7824) = 1224,2mV$$

$$U_{R_1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \sin[\varphi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,i} = 1564,8mV \cdot \sin[38,51^\circ] = 1564,8mV \cdot (0,6226) = 974,2mV$$

$$\underline{U}_{R_1} = 1224,2mV + j974,2mV = 1564,8mV \angle 38,51^\circ$$

Fehler: Statt  $R_{C_1}$  muss  $R_1$  stehen.

## 2. Aufgabe -Lösung

2.2.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{C1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C1}$$

$$\underline{I}_1 = 612,14\mu\text{A} + j \cdot 487,12\mu\text{A} = 782,4\mu\text{A} \angle 38,51^\circ \quad \underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 1,592\text{k}\Omega = 1,592\text{k}\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 782,4\mu\text{A} \angle 38,51^\circ \cdot 1,592\text{k}\Omega \angle -90^\circ = 1,245\text{V} \angle -51,49^\circ$$

$$U_{C1,r} = \text{Re}\{\underline{U}_{C1}\} = \check{U}_{C1} \cos[\phi_{R_{C1}}] \Rightarrow U_{C1,r} = 1,245\text{V} \cdot \cos[-51,49^\circ] = 1,245\text{V} \cdot (0,6227) = 775,2\text{mV}$$

$$U_{C1,i} = \text{Im}\{\underline{U}_{C1}\} = \check{U}_{C1} \sin[\phi_{R_{C1}}] \Rightarrow U_{C1,i} = 1,245\text{V} \cdot \sin[-51,49^\circ] = 1,245\text{V} \cdot (-0,7825) = -974,2\text{mV}$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 775,2\text{mV} - j \cdot 974,2\text{mV} = 1,245\text{V} \angle -51,49^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.2.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform

Probe:

$$\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{R1} = 1224,2mV + j974,2mV = 1564,8mV \angle 38,51^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 775,2mV - j \cdot 974,2mV = 1,245V \angle -51,49^\circ$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_E &= 1224,2mV + j974,2mV + 775,2mV - j \cdot 974,2mV \\ &= 1,9994V - j0,0000V \approx 2V + j \cdot 0V = \underline{U}_E \end{aligned}$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.2.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(1\text{kHz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{A}(j\omega) = \check{A} \angle \varphi_A = D_{A,r} + j \cdot D_{A,i} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz 1kHz

$$\underline{U}_{E,1\text{kHz}} = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{A,1\text{kHz}} = \underline{U}_{C1,1\text{kHz}} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C1} = (612,14\mu A + j \cdot 487,12\mu A) \cdot (0\Omega - j \cdot 1,592k\Omega) = (782,4\mu A \angle 38,51^\circ) \cdot (1,592k\Omega \angle -90^\circ)$$

$$D_1 = D_{1\text{kHz}} = \frac{1245,5\text{mV} \angle -51,49^\circ}{2V \angle 0^\circ} = 0,6227 \angle -51,49^\circ$$

$$D_{r,1\text{kHz}} = \text{Re}\{\underline{D}\} = \check{D} \cos[\varphi_D] \Rightarrow D_r = 0,6227 \cdot \cos[-51,49^\circ] = 0,6227 \cdot (0,6226) = 0,3876$$

$$D_{i,1\text{kHz}} = \text{Im}\{\underline{D}\} = \check{D} \sin[\varphi_D] \Rightarrow D_i = 0,6227 \cdot \sin[-51,49^\circ] = 0,6227 \cdot (-0,7824) = -0,4872$$

$$\underline{D}_1 = \underline{D}_{1\text{kHz}} = 0,3876 - j \cdot 0,4872 = 0,6227 \angle -51,49^\circ$$

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

2.3. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f = \text{kHz}$ .

2.3.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C_1}$  in der Normal- und der Versorform

2.3.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R_1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C_1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C_1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

## 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

- 2.3.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform
- 2.3.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(100\text{Hz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform
- 2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

## 2. Aufgabe -Lösung

2.3. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von  $f = \text{kHz}$ .

2.3.1. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_1$  von  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = R_{1,r} + jR_{1,i} = \check{R}_1 e^{j\varphi_{R_1}} = \check{R}_1 \angle \varphi_{R_1} \quad \varphi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{R_{1,i}}{R_{1,r}} \right] \quad \check{R}_1 = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2}$$

$$R_{1,r} = 2k\Omega \quad R_{1,i} = 0k\Omega$$

$$\varphi_{R_1} = \arctan \left[ \frac{0k\Omega}{2k\Omega} \right] = 0^\circ \quad \check{R}_1 = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 2k\Omega$$

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.3.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{C_1}$  von  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_{C_1} = R_{C_{1,r}} + jR_{C_{1,i}} = \check{R}_{C_1} e^{j\varphi_{R_{C_1}}} = \check{R}_{C_1} \angle \varphi_{R_{C_1}} \quad R_{C_{1,i}} = -\frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{mit} \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

$$C = 100nF \quad f = 10kHz$$

$$R_{C_{1,r}} = 0\Omega$$

$$R_{C_{1,i}} = -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10kHz \cdot 100nF} = -\frac{1}{62,831 \cdot 10^{-4} \frac{A}{V}} =$$

$$= -0,01592 \cdot 10^4 \Omega = -0,1592k\Omega$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot 0,1592k\Omega$$

$$\check{R}_{C_1} = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2} \Rightarrow \check{R}_{C_1} = \sqrt{(-0,1592k\Omega)^2 + (0\Omega)^2} = 0,1592k\Omega$$

$$\varphi_{R_{C_1}} = \arctan \left[ \frac{R_{C_{1,i}}}{R_{C_{1,r}}} \right] \Rightarrow \varphi_{G_{C_1}} = \arctan \left[ \frac{-0,1592k\Omega}{0\Omega} \right] = -90^\circ$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot 1,592k\Omega = 0,1592k\Omega \angle -90^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.3.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand  $\underline{R}_{1\text{ges}} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0^\circ$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 0,1592k\Omega = 0,1592k\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{R}_{\text{ges}} = 2k\Omega + j0k\Omega + 0\Omega - j \cdot 0,1592k\Omega = 2k\Omega - j \cdot 0,1592k\Omega$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{\text{ges}} &= \sqrt{R_{\text{ges},r}^2 + R_{\text{ges},i}^2} \Rightarrow \tilde{R}_{\text{ges}} = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (0,1592k\Omega)^2} = \sqrt{4(k\Omega)^2 + 0,025(k\Omega)^2} \\ &= \sqrt{4,025(k\Omega)^2} = 2,006k\Omega \end{aligned}$$

$$\varphi_{R_{\text{ges}}} = \arctan \left[ \frac{R_{\text{ges},i}}{R_{\text{ges},r}} \right] \Rightarrow \varphi_{R_{\text{ges}}} = \arctan \left[ \frac{-0,1592k\Omega}{2k\Omega} \right] = \arctan(-0,0796) = -4,551^\circ$$

$$\underline{R}_{\text{ges}} = 2k\Omega - j \cdot 0,1592k\Omega = 2,006k\Omega \angle -4,551^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.3.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{R1}$  durch  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

2.3.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom  $\underline{I}_{C1}$  durch  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1} = \frac{\underline{U}_E}{\underline{R}_{ges}} \quad \underline{I}_1 = I_{1,r} + j \cdot I_{1,i} = \check{I}_1 e^{j\varphi_{I_1}} = \check{I}_1 \angle \varphi_{I_1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V \quad \underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j \cdot 0,1592k\Omega = 2,006k\Omega \angle -4,551^\circ$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2,0V \angle 0^\circ}{2,006k\Omega \angle -4,551^\circ} = 997\mu A \angle 4,551^\circ$$

$$I_{1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \cos[\varphi_{I_1}] \Rightarrow I_{1,r} = 997\mu A \cdot \cos[4,551^\circ] = 997\mu A \cdot (0,9968) = 993,80\mu A$$

$$I_{1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{I}_1\} = \check{I}_1 \sin[\varphi_{I_1}] \Rightarrow I_{1,i} = 997\mu A \cdot \sin[4,551^\circ] = 997\mu A \cdot (0,0793) = 79,062\mu A$$

$$\underline{I}_1 = 993,80\mu A + j \cdot 79,062\mu A = 997\mu A \angle 4,551^\circ = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.3.7. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_{R_1}$  über  $R_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{R_1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 993,80\mu A + j \cdot 79,062\mu A = 997\mu A \angle 4,551^\circ$$

$$\underline{R}_{C_1} = 0\Omega - j \cdot -0,1592k\Omega = 0,1592k\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{U}_{R_1} = 997\mu A \angle 4,551^\circ \cdot 2k\Omega \angle 0^\circ = 1994mV \angle 4,551^\circ$$

$$U_{R_1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \cos[\varphi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,r} = 1994mV \cdot \cos[4,551^\circ] = 1994mV \cdot (0,9968) = 1987,6mV$$

$$U_{R_1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{U}_{R_1}\} = \check{U}_{R_1} \sin[\varphi_{R_1}] \Rightarrow U_{R_1,i} = 1994mV \cdot \sin[4,551^\circ] = 1994mV \cdot (0,0793) = 158,12mV$$

$$\underline{U}_{R_1} = 1987,6mV + j158,12mV = 1994mV \angle 4,551^\circ$$

Fehler: Statt  $R_{C_1}$  muss  $R_1$  stehen.

## 2. Aufgabe -Lösung

2.3.8. Bestimmen Sie die komplexe Spannung  $\underline{U}_A = \underline{U}_{C1}$  über  $C_1$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{U}_{C1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C1}$$

$$\underline{I}_1 = 993,8\mu A + j \cdot 79,062\mu A = 997\mu A \angle 4,551^\circ \quad \underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 0,1592k\Omega = 0,1592k\Omega \angle -90^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 997\mu A \angle 4,551^\circ \cdot 0,1592k\Omega \angle -90^\circ = 0,1587V \angle -85,449^\circ$$

$$U_{C1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{U}_{C1}\} = \check{U}_{C1} \cos[\phi_{R_{C1}}] \Rightarrow U_{C1,r} = 0,1587V \cdot \cos[-85,449^\circ] = 0,1587V \cdot (0,5233) = 83,05mV$$

$$U_{C1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{U}_{C1}\} = \check{U}_{C1} \sin[\phi_{R_{C1}}] \Rightarrow U_{C1,i} = 0,1587V \cdot \sin[-85,449^\circ] = 0,1587V \cdot (-0,8522) = -135,2mV$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 83,05mV - j \cdot 135,2mV = 158,7mV \angle -85,449^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.3.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von  $\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$  in der Normalform, Bestimmen Sie  $\underline{U}_E$  in der Versorform

Probe:

$$\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$$

$$\underline{U}_E = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{R1} = 1987,6mV + j158,12mV = 249,4mV \angle 82,83^\circ$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 83,05mV - j \cdot 135,2mV = 158,7mV \angle -85,449^\circ$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_E &= 1987,6mV + j158,12mV + 83,05mV - j \cdot 135,2mV \\ &= 2,071V - j0,0229V \approx 2V + j \cdot 0V = \underline{U}_E \end{aligned}$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.3.10. Bestimmen Sie das Spannungsverhältnis  $\underline{A}(10\text{kHz}) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$  in der Normal- und der Versorform

$$\underline{A}(j\omega) = \check{A} \angle \varphi_A = D_{A,r} + j \cdot D_{A,i} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz 10kHz

$$\underline{U}_{E,10\text{kHz}} = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_{A,10\text{kHz}} &= \underline{U}_{C1,10\text{kHz}} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C1} = (993,80\mu A + j \cdot 79,062\mu A) \cdot (0\Omega - j \cdot 0,1592k\Omega) \\ &= (997\mu A \angle 4,551^\circ) \cdot (0,1592k\Omega \angle -90^\circ) = 158,72mV \angle -85,449^\circ \end{aligned}$$

$$D_1 = D_{10\text{kHz}} = \frac{158,72mV \angle -85,449^\circ}{2V \angle 0^\circ} = 0,07936 \angle -85,449^\circ$$

$$D_{r,10\text{kHz}} = \text{Re}\{\underline{D}\} = \check{D} \cos[\varphi_D] \Rightarrow D_r = 0,07936 \cdot \cos[-85,449^\circ] = 0,07936 \cdot (0,0793) = 0,0062$$

$$D_{i,10\text{kHz}} = \text{Im}\{\underline{D}\} = \check{D} \sin[\varphi_D] \Rightarrow D_i = 0,07936 \cdot \sin[-85,449^\circ] = 0,07936 \cdot (-0,9968) = -0,0791$$

$$\underline{D}_1 = \underline{D}_{10\text{kHz}} = 0,0062 - j \cdot 0,0791 = 0,07936 \angle -85,449^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

$$\underline{A}(j\omega) = \check{A} \angle \phi_A = D_{A,r} + j \cdot D_{A,i} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz 100Hz

$$\underline{U}_{E,100\text{Hz}} = 2\text{V} \angle 0^\circ = 2\text{V} + j \cdot 0\text{V}$$

$$\underline{U}_{A,100\text{Hz}} = \underline{U}_{C1,100\text{Hz}} = 1,969\text{V} - j \cdot 247,8\text{mV} = 1,985\text{V} \angle -7,17^\circ$$

$$D_1 = D_{100\text{Hz}} = \frac{1,985\text{V} \angle -7,17^\circ}{2\text{V} \angle 0^\circ} = 0,9925 \angle -7,17^\circ$$

$$D_{r,100\text{Hz}} = \text{Re}\{\underline{D}\} = \check{D} \cos[\phi_D] \Rightarrow D_r = 0,9925 \cdot \cos[-7,17^\circ] = 0,9925 \cdot (0,9921) = 0,9847$$

$$D_{i,100\text{Hz}} = \text{Im}\{\underline{D}\} = \check{D} \sin[\phi_D] \Rightarrow D_i = 0,9925 \cdot \sin[-7,17^\circ] = 0,9925 \cdot (-0,1248) = -0,1238$$

$$\underline{D}_1 = \underline{D}_{100\text{Hz}} = 0,9847 - j \cdot 0,1238 = 0,9925 \angle -7,17^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

$$\underline{A}(j\omega) = \check{A} \angle \varphi_A = D_{A,r} + j \cdot D_{A,i} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz 1kHz

$$\underline{U}_{E,1\text{kHz}} = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\underline{U}_{A,1\text{kHz}} = \underline{U}_{C1,1\text{kHz}} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C1} = (612,14\mu\text{A} + j \cdot 487,12\mu\text{A}) \cdot (0\Omega - j \cdot 1,592\text{k}\Omega) = (782,4\mu\text{A} \angle 38,51^\circ) \cdot (1,592\text{k}\Omega \angle -90^\circ)$$

$$D_1 = D_{1\text{kHz}} = \frac{1245,5\text{mV} \angle -51,49^\circ}{2V \angle 0^\circ} = 0,6227 \angle -51,49^\circ$$

$$D_{r,1\text{kHz}} = \text{Re}\{\underline{D}\} = \check{D} \cos[\varphi_D] \Rightarrow D_r = 0,6227 \cdot \cos[-51,49^\circ] = 0,6227 \cdot (0,6226) = 0,3876$$

$$D_{i,1\text{kHz}} = \text{Im}\{\underline{D}\} = \check{D} \sin[\varphi_D] \Rightarrow D_i = 0,6227 \cdot \sin[-51,49^\circ] = 0,6227 \cdot (-0,7824) = -0,4872$$

$$\underline{D}_1 = \underline{D}_{1\text{kHz}} = 0,3876 - j \cdot 0,4872 = 0,6227 \angle -51,49^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

$$\underline{A}(j\omega) = \check{A} \angle \varphi_A = D_{A,r} + j \cdot D_{A,i} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

für die Frequenz  $10\text{kHz}$

$$\underline{U}_{E,10\text{kHz}} = 2V \angle 0^\circ = 2V + j \cdot 0V$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_{A,10\text{kHz}} &= \underline{U}_{C1,10\text{kHz}} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C1} = (993,80\mu\text{A} + j \cdot 79,062\mu\text{A}) \cdot (0\Omega - j \cdot 0,1592\text{k}\Omega) \\ &= (997\mu\text{A} \angle 4,551^\circ) \cdot (0,1592\text{k}\Omega \angle -90^\circ) = 158,72\text{mV} \angle -85,449 \end{aligned}$$

$$D_1 = D_{10\text{kHz}} = \frac{158,72\text{mV} \angle -85,449^\circ}{2V \angle 0^\circ} = 0,07936 \angle -85,449^\circ$$

$$D_{r,10\text{kHz}} = \text{Re}\{\underline{D}\} = \check{D} \cos[\varphi_D] \Rightarrow D_r = 0,07936 \cdot \cos[-85,449^\circ] = 0,07936 \cdot (0,0793) = 0,0062$$

$$D_{i,10\text{kHz}} = \text{Im}\{\underline{D}\} = \check{D} \sin[\varphi_D] \Rightarrow D_i = 0,07936 \cdot \sin[-85,449^\circ] = 0,07936 \cdot (-0,9968) = -0,0791$$

$$\underline{D}_1 = \underline{D}_{10\text{kHz}} = 0,0062 - j \cdot 0,0791 = 0,07936 \angle -85,449^\circ$$

## 2. Aufgabe -Lösung

2.4. Vergleichen Sie die Spannungsverhältnisse  $\underline{A}(100\text{Hz})$ ,  $\underline{A}(1\text{kHz})$  und  $\underline{A}(10\text{kHz})$  in Bezug auf Amplitude und Phasenwinkel.

$$\underline{A}(j\omega) = \tilde{A} \angle \phi_A = D_{A,r} + j \cdot D_{A,i} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

Frequenz 100Hz

$$\underline{U}_{E,100\text{Hz}} = 2\text{V} \angle 0^\circ = 2\text{V} + j \cdot 0\text{V} \quad \underline{U}_{A,100\text{Hz}} = \underline{U}_{C1,100\text{Hz}} = 1,969\text{V} - j \cdot 247,8\text{mV} = 1,985\text{V} \angle -7,17^\circ$$

$$D_{100\text{Hz}} = \frac{1,985\text{V} \angle -7,17^\circ}{2\text{V} \angle 0^\circ} = 0,9925 \angle -7,17^\circ$$

Frequenz 1kHz

$$\underline{U}_{E,1\text{kHz}} = 2\text{V} \angle 0^\circ = 2\text{V} + j \cdot 0\text{V} \quad \underline{U}_{A,1\text{kHz}} = \underline{U}_{C1\text{kHz}} = 1,2455\text{V} \angle -51,49^\circ$$

$$D_{1\text{kHz}} = \frac{1,2455\text{V} \angle -51,49^\circ}{2\text{V} \angle 0^\circ} = 0,6627 \angle -51,49^\circ$$

Frequenz 10kHz

$$\underline{U}_{E,10\text{kHz}} = 2\text{V} \angle 0^\circ = 2\text{V} + j \cdot 0\text{V} \quad \underline{U}_{A,10\text{kHz}} = \underline{U}_{C10\text{kHz}} = 128,72\text{mV} \angle -85,449^\circ$$

$$D_{10\text{kHz}} = \frac{128,72\text{mV} \angle -85,449^\circ}{2\text{V} \angle 0^\circ} = 0,07936 \angle -85,449^\circ$$