# UNIVERSITÄT LEIPZIG

**Institut für Informatik**

| | |
|---|---|
| Studentenmitteilung<br>**1. Semester - WS 2006** | Abt. Technische Informatik<br>*Gerätebeauftragter*<br>Dr. rer.nat. Hans-Joachim Lieske<br>Tel.: [49]-0341-97 32213<br>Zimmer: Jo 04-47<br>e-mail: lieske@informatik.uni-leipzig.de<br>www: http://www.informatik.uni-leipzig.de/~lieske<br>Sprechstunde: Mi. $14^{00} – 15^{00}$<br><br>Montag, 18. Dezember 2006 |

# Aufgaben zu Übung
# Grundlagen der Technischen Informatik 1

## 5. Aufgabenkomplex

**Spannungen und Ströme in Wechselspannungsnetzwerken**

## 5. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

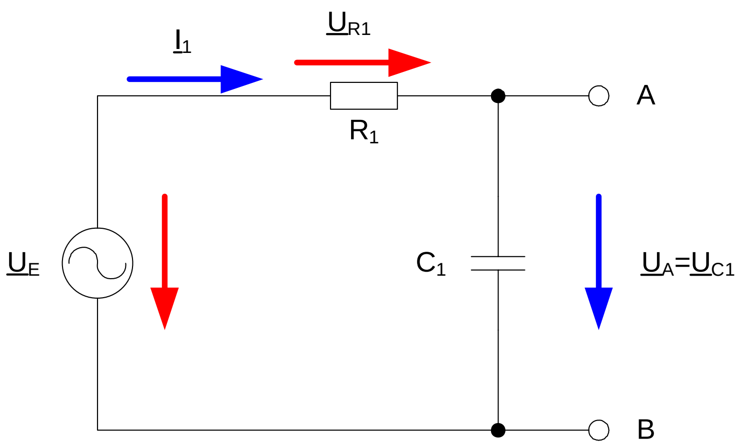
### Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

Gegeben ist folgende Schaltung:

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

$R_1 = 2k\Omega$

$C_1 = 150nF$



Aufgaben: **Gesamtpunktzahl: 15,0 Punkte**

1. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von f=100 Hz.

**Gesamtpunktzahl: 4,5 Punkte**

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

**0,5 Punkte**

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

**0,5 Punkte**

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

**0,5 Punke**

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

**0,5 Punkte**

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

**0,5 Punkte**

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

**0,5 Punkte**

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

**0,5 Punkte**

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

**0,5 Punkte**

1.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von $\underline{U}_E = \underline{U}_{R_1} + \underline{U}_{C_1}$ in der Normalform

**0,5 Punkte**

2. Bestimmen Sie die folgenden Werte, wie unter 1., für die Frequenz von 1kHz.

**Gesamtpunktzahl: 4,5 Punkte**

3. Bestimmen Sie die folgenden Werte, wie unter 1., für die Frequenz von 10kHz.

**Gesamtpunktzahl: 4,5 Punkte**

4. Bestimmen Sie die Spannungsdämpfung $\underline{D}_1 = \dfrac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$ für f=100 Hz, $\underline{D}_2$ für f=1kHz und $\underline{D}_3$ für f=10kHz in der Normal- und der Versorform **1,5 Punkte**

# 5. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

## Spannungen und Ströme am RC-Bandpass bei einer Frequenz außerhalb der Resonanzfrequenz

Ein Bandpass wird mit einer Frequenz von 2kHz erregt. In vielen Fällen kann man die Bauelemente L, R und C als ideale Bauelemente betrachten. In der Realität, bei genauen Betrachtungen, haben diese jedoch noch Eigenschaften anderer Art. Hier z.B. ist $R_{PC1}$ der endliche Widerstand des Dielektrikums und $R_{L1}$ der Drahtwidersand der Wicklung. Dabei werden diese Werte bei der Spule meistens als Reihenwiderstand – und bei dem Kondensator meistens als Parallelwiderstand angegeben.

Gegeben ist folgende Schaltung:

$$\underline{U}_E = 10{,}0V\angle 0° = 10V + j \cdot 0V$$

$$R_1 = 200\Omega$$

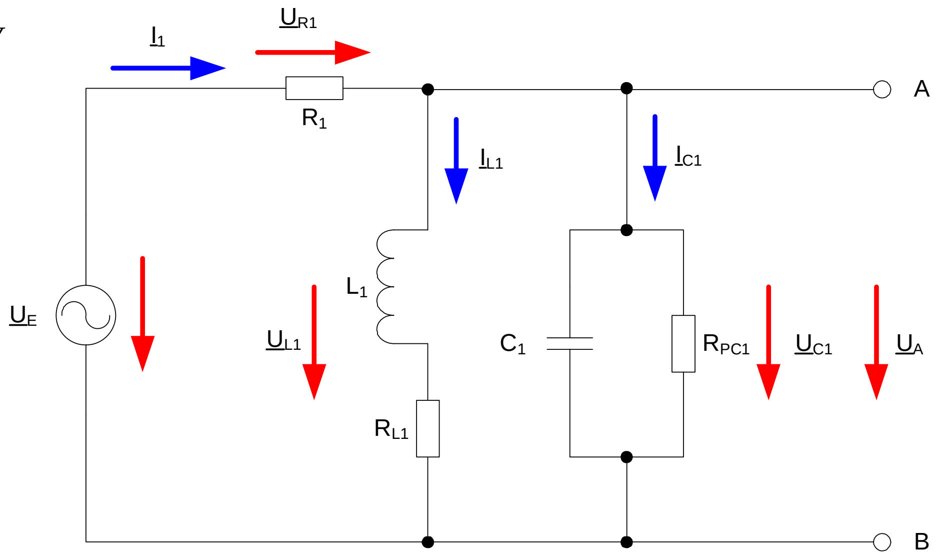
$$C_1 = 5nF$$

$$R_{PC1} = 10M\Omega$$

$$L_1 = 40mH$$

$$R_{L1} = 10\Omega$$

$$f = 2kHz$$



Aufgaben: **Gesamtpunktzahl: 15,0 Punkte**

1. Bestimmen Sie die Augangsspannung $\underline{U}_A$ und die Spannungsdämpfung $\underline{D}$ für die Frequenz von f=2kHz.

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

**1 Punkt**

1.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand $\underline{R}_{C1}$ von $C_1$ in der Normal- und der Versorform mittels $C_1$ und $R_{PC1}$

- Nutzen Sie dabei den Leitwert $\underline{G}_{C1}$ **1 Punkt**

1.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand $\underline{R}_{L1}$ von $L_1$ in der Normal- und der Versorform mittels $L_1$ und $R_{L1}$ **1 Punkt**

1.4. Bestimmen Sie den komplexen Leitwert $\underline{G}_{C1}$ von $C_1$ in der Normal- und der Versorform (schon unter 1.2 bestimmt) **1 Punkt**

1.5. Bestimmen Sie den komplexen Leitwert $\underline{G}_{L1}$ von $L_1$ in der Normal- und der Versorform

**1 Punkt**

1.6. Bestimmen Sie den komplexen Leitwert $\underline{G}_{C1L1}$ der Parallelschaltung von $C_1$ und $L_1$ in der Normal- und der Versorform **1 Punkt**

1.7. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand $\underline{R}_{C1L1}$ der Parallelschaltung von $C_1$ und $L_1$ in der Normal- und der Versorform **1 Punkt**

1.8. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand $\underline{R}_{ges} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1L1}$ in der Normal- und der Versorform

**1 Punkt**

1.9. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_1$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{U}_E$ und $\underline{R}_{ges}$

**1 Punkt**

1.10. Bestimmen Sie die komplexe Spannung $\underline{U}_{R1}$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{I}_1$ und $\underline{R}_1$

**1 Punkt**

1.11. Bestimmen Sie die komplexe Spannung $\underline{U}_A$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{I}_1$ und $\underline{R}_{C1L1}$

**1 Punkt**

1.12. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_{R1}$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{I}_1$ und $\underline{R}_1$

**1 Punkt**

1.13. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_{L1}$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{U}_A$ und $\underline{R}_{L1}$

**1 Punkt**

1.14. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_{C1}$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{U}_A$ und $\underline{R}_{C1}$

**1 Punkt**

1.15. Bestimmen Sie die Spannungsdämpfung $\underline{D} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$ in der Normal- und der Versorform

**0,5 Punkte**

1.16. Überprüfen Sie den Knotensatz durch die Berechnung von $\underline{I}_1 = \underline{I}_{L1} + \underline{I}_{C1}$ in der Normalform

**0,5 Punkte**

**Für die komplexen Größen gilt folgende Schreibweise am Beispiel von $\underline{U}_{R1}$:**

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

$$U_{R1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{U}_{R1} \cos[\phi_{U_{R1}}] \qquad U_{R1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{U}_{R1} \sin[\phi_{U_{R1}}]$$

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

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

*Für die imaginären Widerstände (ideale Kapatzität und ideale Induktivität) gilt:*

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

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

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

*Transformationsregel aus dem Zeitbereich:*

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

$$f\ddot{u}r\ a(t) = \breve{a}\cos(\omega t + \phi) \quad folgt \quad \underline{a} = \breve{a} \cdot e^{j\phi} \quad f\ddot{u}r\ die\ Frequenz \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

*dabei ist $\bar{a}$ der zeitunabhängige Teil.*

Die Schreibweise hat auch für Ströme und Widerstände und Leitwerte zu erfolgen. Für die Spannungen ist das Symbol U, für die Ströme das Symbol I, für die Widerstände das Symbol R und für die Leitwerte ist das Symbol G zu Verwenden. Z, X und Y sind nicht zu verwenden, da diese Bezeichnungen von dem allgemeinen Schema abweichen und zu Verwirrungen führen können.

Alle Winkelangaben haben in Grad zu erfolgen.

Die Versorform $(z.B:\ U_{R1}\angle\phi_{U_{R1}})$ ist eine vereinfachte Schreibweise der Eulerschen Form $(z.B:\ U_{R1} e^{j\phi_{U_{R1}}})$, die auch die Anschaulichkeit verbessert.

$$\underline{U}_{R1} = U_{R1}\angle\phi_{U_{R1}} = U_{R1} e^{j\phi_{U_{R1}}}$$

Beachten Sie, dass beim idealen ohmschen Widerstand das Imaginärteil und bei der idealen Kapatzität und Induktivität das Realteil gleich null ist.

**Bemerkung:**

**Für alle Aufgaben gilt:**

1. **In allen Formeln mit Zahlen sind die Maßeinheiten mitzuschleifen.**
2. **Bei den Endergebnissen sind die Maßeinheiten zu verwenden, die, wenn vorhanden, aus einem Buchstaben bestehen. Während der Rechnung können Sie nach eigenem Ermessen verfahren.**
3. **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.**
4. **Alle Aufgaben auf insgesamt 4 Stellen genau berechnen, wenn in Aufgabe nicht anders angegeben.**
5. **Die Aufaben sind zu nummerieren, auch die Teilaufgaben.**
6. **Der Rechenweg muß ersichtlich sein. Gegebenenfalls das Schmierblatt anheften.**
7. **Jedes Blatt ist wie folgt zu nummerieren Seite/Gesamtzahl der Seiten (z.B. Seite 6/8)**

**Nichtbeachtung wird mit Punktabzug geahndet!**

**Präfixe zur Kennzeichnung des Vielfachen von gesetzlichen Einheiten (dezimal)**

| Zeichen | Faktor | Bezeichnung |
|---|---|---|
| Y | $10^{24}$ | Yotta |
| Z | $10^{21}$ | Zetta |
| E | $10^{18}$ | Exa |
| P | $10^{15}$ | Peta |
| T | $10^{12}$ | Tera |
| G | $10^{9}$ | Giga |
| M | $10^{6}$ | Mega |
| k | $10^{3}$ | Kilo |
| m | $10^{-3}$ | Milli |
| µ | $10^{-6}$ | Mikro |
| n | $10^{-9}$ | Nano |
| p | $10^{-12}$ | Piko |
| f | $10^{-15}$ | Femto |
| a | $10^{-18}$ | Atto |
| z | $10^{-21}$ | Zepto |
| y | $10^{-24}$ | Yokto |
| Weniger gebräuchlich nur zu Information | | |
| h | $10^{2}$ | Hekto |
| da | $10^{1}$ | Deka |
| d | $10^{-1}$ | Dezi |
| c | $10^{-2}$ | Zenti |

Umgang mit den Präfixen am Beispiel einer 4 stelligen Genauigkeit:

- - - , - Präfix Maßeinheit

- - , - - Präfix Maßeinheit

-, - - - Präfix Maßeinheit

Beispiele:

216,4µF; 33,45kHz; 2,456MΩ; 7,482A

# Lösung:

## 5. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

## Spannungen und Ströme am RC-Tiefpass

1. Bestimmen Sie die folgenden Werte für die Frequenz von f=100 Hz.

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

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

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

$$\phi_{R_1} = \arctan\left[\frac{0k\Omega}{2k\Omega}\right] = 0° \qquad \breve{R}_1 = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 2k\Omega$$

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

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

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

$$C = 150nF \qquad f = 100Hz$$

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

$$R_{C1,i} = -\frac{1}{2\cdot\pi\cdot 100Hz\cdot 150nF} = -\frac{1}{94{,}25\cdot 10^{-6}\,\frac{A}{V}} = -0{,}01061\cdot 10^{6}\,\Omega = -10{,}61k\Omega$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j\cdot 10{,}61k\Omega$$

$$\breve{R}_{C1} = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2} \quad\Rightarrow\quad \breve{R}_{C1} = \sqrt{(-10{,}61k\Omega)^2 + (0\Omega)^2} = 10{,}61k\Omega$$

$$\phi_{R_{C1}} = \arctan\left[\frac{R_{C1,i}}{R_{C1,r}}\right] \quad\Rightarrow\quad \phi_{R_{C1}} = \arctan\left[\frac{-10{,}61k\Omega}{0\Omega}\right] = -90°$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j\cdot 10{,}61k\Omega = 10{,}61k\Omega\angle -90°$$

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

$$\underline{R}_{ges} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$$

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0°$$
$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 10{,}61k\Omega = 10{,}61k\Omega \angle -90°$$

$$\underline{R}_{ges} = 2k\Omega + j0k\Omega \quad + \quad 0\Omega - j \cdot 10{,}61k\Omega = 2k\Omega - j \cdot 10{,}61k\Omega$$

$$\breve{R}_{ges} = \sqrt{R_{ges,r}^2 + R_{ges,i}^2} \quad \Rightarrow \quad \breve{R}_{ges} = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (-10{,}61k\Omega)^2} = \sqrt{4(k\Omega)^2 + 112{,}6(k\Omega)^2}$$
$$= \sqrt{116{,}6(k\Omega)^2} = 10{,}80k\Omega$$

$$\phi_{R_{ges}} = \arctan\left[\frac{R_{ges,i}}{R_{ges,r}}\right] \quad \Rightarrow \quad \phi_{R_{ges}} = \arctan\left[\frac{-10{,}61k\Omega}{2k\Omega}\right] = \arctan(-5{,}305) = -79{,}32°$$

$$\underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j \cdot 10{,}61k\Omega = 10{,}80k\Omega \angle -79{,}32°$$

1.4. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_1$ in der Normal- und der Versorform
1.5. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_{R_1}$ durch $R_1$ in der Normal- und der Versorform
1.6. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_{C_1}$ durch $C_1$ in der Normal- und der Versorform

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

$$\underline{U}_E = 2V\angle 0° = 2V + j \cdot 0V \qquad \underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j \cdot 10{,}61k\Omega = 10{,}80k\Omega \angle -79{,}32°$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2{,}0V\angle 0°}{10{,}80k\Omega\angle -79{,}32°} = 185{,}2\mu A\angle 79{,}32°$$

$$I_{1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{I}_1\} = \breve{I}_1 \cos[\phi_{I_1}] \quad \Rightarrow \quad I_{1,r} = 185{,}2\mu A \cdot \cos[84{,}62°] = 185{,}2\mu A \cdot (0{,}1853) = 34{,}32\mu A$$
$$I_{1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{I}_1\} = \breve{I}_1 \sin[\phi_{I_1}] \quad \Rightarrow \quad I_{1,i} = 185{,}2\mu A \cdot \sin[84{,}62°] = 185{,}2\mu A \cdot (0{,}9827) = 182{,}0\mu A$$

$$\underline{I}_1 = 185{,}2\mu A\angle 79{,}32° = 34{,}32\mu A + j \cdot 182{,}0\mu A \qquad = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

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

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

$$\underline{U}_{R1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 185{,}2\mu A\angle 79{,}32° = 34{,}32\mu A + j \cdot 182{,}0\mu A \qquad \underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega\ \angle 0°$$

$$\underline{U}_{R1} = 185{,}2\mu A\angle 79{,}32° \cdot 2k\Omega\ \angle 0° = 370{,}4mV\angle 79{,}32°$$

$$U_{R1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{U}_{R1}\cos[\phi_{R_1}] \quad \Rightarrow \quad U_{R1,r} = 370{,}4mV \cdot \cos[79{,}32°] = 370{,}4mV \cdot (0{,}1853) = 68{,}64mV$$
$$U_{R1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{U}_{R1}\sin[\phi_{R_1}] \quad \Rightarrow \quad U_{R1,r} = 370{,}4mV \cdot \sin[79{,}32°] = 370{,}4mV \cdot (0{,}9826) = 364{,}0mV$$

$$\underline{U}_{R1} = 370{,}4mV\angle 79{,}32° = 68{,}64mV + j364{,}0mV$$

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

$$\underline{I}_1 = 185{,}2\mu A\angle 79{,}32° = 34{,}32\mu A + j \cdot 182{,}0\mu A \qquad \underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 10{,}61k\Omega = 10{,}61k\Omega\angle -90°$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 185{,}2\mu A\angle 79{,}32° \cdot 10{,}61k\Omega\angle -90° = 1{,}965V\angle -10{,}68°$$

$$U_{C1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_{C1}\} = \breve{U}_{C1}\cos[\phi_{R_{C1}}] \quad \Rightarrow \quad U_{C1,r} = 1{,}965V \cdot \cos[-10{,}68] = 1{,}965V \cdot (0{,}9826) = 1{,}931V$$
$$U_{C1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_{C1}\} = \breve{U}_{C1}\sin[\phi_{R_{C1}}] \quad \Rightarrow \quad U_{C1,r} = 1{,}965V \cdot \sin[-10{,}68] = 1{,}965V \cdot (-0{,}1853) = -364{,}2mV$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 1{,}965V\angle -10{,}68° = 1{,}931V - j \cdot 364{,}2mV$$

1.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von $\underline{U}_E = \underline{U}_{R_1} + \underline{U}_{C_1}$ in der Normalform

$$\mathrm{Pr}\,obe:$$
$$\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$$

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

$$\underline{U}_{R1} = 370{,}4mV\angle 79{,}32° = 68{,}64mV + j364{,}0mV$$
$$\underline{U}_{C1} = 1{,}965V\angle -10{,}68 = 1{,}931V - j \cdot 364{,}2mV$$

$$\underline{U}_E = 68{,}64mV + j364{,}0mV \qquad +1{,}931V - j \cdot 364{,}2mV$$
$$= 0{,}06864V + j0{,}364V \qquad +1{,}931V - j \cdot 0{,}364{,}2V$$
$$= 1{,}99964 + j0{,}0002V \quad \approx 2V + j \cdot 0V = \underline{U}_E$$

$$\underline{D} = \breve{D}\angle\phi_D = D_r + j\cdot D_i = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

*für die Frequenz* $100Hz$

$$\underline{U}_{E,100Hz} = 2V\angle 0° = 2V + j\cdot 0V \qquad \underline{U}_{A,100Hz} = \underline{U}_{C1,100Hz} = 1{,}965V\angle -10{,}68 = 1{,}931V - j\cdot 364{,}2mV$$

$$\underline{\underline{D_1 = D}}_{100Hz} = \frac{1{,}965V\angle -10{,}68°}{2V\angle 0°} = 0{,}9825\angle -10{,}68°$$

$$D_{r,100Hz} = \mathrm{Re}\{\underline{D}\} = \breve{D}\cos[\phi_D] \quad \Rightarrow \quad D_r = 0{,}9825\cdot\cos[-10{,}68°] = 0{,}9825\cdot(0{,}9826) = 0{,}9654$$

$$D_{i,100Hz} = \mathrm{Im}\{\underline{D}\} = \breve{D}\sin[\phi_D] \quad \Rightarrow \quad D_i = 0{,}9825\cdot\sin[-10{,}68°] = 0{,}9825\cdot(-0{,}1853) = -0{,}1821$$

$$\underline{D}_1 = \underline{D}_{100Hz} = 0{,}9825\angle -10{,}68° = 0{,}9654 - j\cdot 0{,}1821$$

2. Bestimmen Sie die folgenden Werte, wie unter 1., für die Frequenz von 1kHz.

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

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

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

$$\phi_{R_1} = \arctan\left[\frac{0k\Omega}{2k\Omega}\right] = 0° \qquad \breve{R}_1 = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 2k\Omega$$

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

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

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

$$C = 150nF \qquad f = 1kHz$$

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

$$R_{C1,i} = -\frac{1}{2\cdot\pi\cdot 1kHz\cdot 150nF} = -\frac{1}{942{,}5\cdot 10^{-6}\,\frac{A}{V}} = -0{,}001061\cdot 10^6\,\Omega = -1{,}061k\Omega$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j\cdot 1{,}061k\Omega$$

$$\breve{R}_{C1} = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2} \quad\Rightarrow\quad \breve{R}_{C1} = \sqrt{(-1{,}061k\Omega)^2 + (0\Omega)^2} = 1{,}061k\Omega$$

$$\phi_{R_{C1}} = \arctan\left[\frac{R_{C1,i}}{R_{C1,r}}\right] \quad\Rightarrow\quad \phi_{R_{C1}} = \arctan\left[\frac{-10{,}61k\Omega}{0\Omega}\right] = -90°$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j\cdot 1{,}061k\Omega = 1{,}061k\Omega\angle -90°$$

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

$$\underline{R}_{ges} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$$

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega \angle 0°$$
$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j\cdot 1{,}061k\Omega = 1{,}061k\Omega\angle -90°$$

$$\underline{R}_{ges} = 2k\Omega + j0k\Omega \quad + \quad 0\Omega - j\cdot 1{,}061k\Omega = 2k\Omega - j\cdot 1{,}061k\Omega$$

$$\breve{R}_{ges} = \sqrt{R_{ges,r}^2 + R_{ges,i}^2} \quad\Rightarrow\quad \breve{R}_{ges} = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (-1{,}061k\Omega)^2} = \sqrt{4(k\Omega)^2 + 1{,}126(k\Omega)^2}$$
$$= \sqrt{5{,}126(k\Omega)^2} = 2{,}264k\Omega$$

$$\phi_{R_{ges}} = \arctan\left[\frac{R_{ges,i}}{R_{ges,r}}\right] \quad\Rightarrow\quad \phi_{R_{ges}} = \arctan\left[\frac{-1{,}061k\Omega}{2k\Omega}\right] = \arctan(-0{,}5305) = -27{,}94°$$

$$\underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j\cdot 1{,}061k\Omega = 2{,}264k\Omega\angle -27{,}94°$$

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

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

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

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

$$\underline{U}_E = 2V\angle 0° = 2V + j\cdot 0V \qquad \underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j\cdot 1{,}061k\Omega = 2{,}264k\Omega\angle -27{,}94°$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2{,}0V\angle 0°}{2{,}264k\Omega\angle -27{,}94°} = 883{,}4\mu A\angle 27{,}94°$$

$$I_{1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{I}_1\} = \breve{I}_1\cos[\phi_{I_1}] \quad\Rightarrow\quad I_{1,r} = 883{,}4\mu A\cdot\cos[27{,}94°] = 883{,}4\mu A\cdot(0{,}8834) = 780{,}4\mu A$$
$$I_{1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{I}_1\} = \breve{I}_1\sin[\phi_{I_1}] \quad\Rightarrow\quad I_{1,i} = 883{,}4\mu A\cdot\sin[27{,}94°] = 883{,}4\mu A\cdot(0{,}4685) = 413{,}9\mu A$$

$$\underline{I}_1 = 883{,}4\mu A\angle 27{,}94° = 780{,}4\mu A + j\cdot 413{,}9\mu A \qquad = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

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

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

$$\underline{U}_{R1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 883{,}4\mu A\angle 27{,}94° = 780{,}4\mu A + j \cdot 413{,}9\mu A \qquad \underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega\ \angle 0°$$

$$\underline{U}_{R1} = 883{,}4\mu A\angle 27{,}94° \cdot 2k\Omega\ \angle 0° = 1{,}767V\angle 27{,}94°$$

$$U_{R1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{U}_{R1}\cos[\phi_{R_1}] \quad \Rightarrow \quad U_{R1,r} = 1{,}767V \cdot \cos[27{,}94°] = 1{,}767V \cdot (0{,}8834) = 1{,}561V$$
$$U_{R1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{U}_{R1}\sin[\phi_{R_1}] \quad \Rightarrow \quad U_{R1,r} = 1{,}767V \cdot \sin[27{,}94°] = 1{,}767V \cdot (0{,}4685) = 827{,}8mV$$

$$\underline{U}_{R1} = 1{,}767V\angle 27{,}94° = 1{,}561V + j \cdot 827{,}8mV$$

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

$$\underline{I}_1 = 883{,}4\mu A\angle 27{,}94° = 780{,}4\mu A + j \cdot 413{,}9\mu A \qquad \underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 1{,}061k\Omega = 1{,}061k\Omega\angle -90°$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 883{,}4\mu A\angle 27{,}94° \cdot 1{,}061k\Omega\angle -90° = 937{,}3mV\angle -62{,}06°$$

$$U_{C1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_{C1}\} = \breve{U}_{C1}\cos[\phi_{R_{C1}}] \quad \Rightarrow \quad U_{C1,r} = 937{,}3mV \cdot \cos[-62{,}06°] = 937{,}3mV \cdot (0{,}4685) = 439{,}1mV$$
$$U_{C1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_{C1}\} = \breve{U}_{C1}\sin[\phi_{R_{C1}}] \quad \Rightarrow \quad U_{C1,r} = 937{,}3mV \cdot \sin[-62{,}06°] = 937{,}3mV \cdot (-0{,}8834) = -828{,}0mV$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 937{,}3mV\angle -62{,}06° = 439{,}1mV - j \cdot 828{,}0mV$$

2.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von $\underline{U}_E = \underline{U}_{R_1} + \underline{U}_{C_1}$ in der Normalform

$\mathrm{Pr}\,obe:$

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

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

$$\underline{U}_{R1} = 1{,}767V\angle 27{,}94° = 1{,}561V + j \cdot 827{,}8mV$$
$$\underline{U}_{C1} = 937{,}3mV\angle -62{,}06° = 439{,}1mV - j \cdot 828{,}0mV$$

$$\underline{U}_E = 1{,}561V + j \cdot 827{,}8mV \qquad + 439{,}1mV - j \cdot 828{,}0mV$$
$$= 2{,}0001V - j0{,}2mV = 2{,}0001V - j0{,}0002V \qquad \approx 2V + j \cdot 0V = \underline{U}_E$$

$$\underline{D} = \breve{D}\angle\phi_D = D_r + j \cdot D_i = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

*für die Frequenz* $1kHz$

$$\underline{U}_{E,1kHz} = 2V\angle 0° = 2V + j \cdot 0V \qquad \underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 937{,}3mV\angle -62{,}06° = 439{,}1mV - j \cdot 828{,}0mV$$

$$\underline{D}_2 = \underline{D}_{1kHz} = \frac{937{,}3mV\angle -62{,}06°}{2V\angle 0°} = 0{,}4687\angle -62{,}06$$

$$D_{r,1kHz} = \mathrm{Re}\{\underline{D}\} = \breve{D}\cos[\phi_D] \quad \Rightarrow \quad D_r = 0{,}4687 \cdot \cos[-62{,}06] = 0{,}4687 \cdot (0{,}4685) = 0{,}2196$$
$$D_{i,1kHz} = \mathrm{Im}\{\underline{D}\} = \breve{D}\sin[\phi_D] \quad \Rightarrow \quad D_i = 0{,}4687 \cdot \sin[-62{,}06] = 0{,}4687 \cdot (-0{,}8834) = -0{,}4140$$

$$\underline{D}_2 = \underline{D}_{1kHz} = 0{,}4687\angle -62{,}06 = 0{,}2196 - j \cdot 0{,}4140$$

3. Bestimmen Sie die folgenden Werte, wie unter 1., für die Frequenz von 10kHz.

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

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

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

$$\phi_{R_1} = \arctan\left[\frac{0k\Omega}{2k\Omega}\right] = 0° \qquad \breve{R}_1 = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 2k\Omega$$

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

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

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

$$C = 150nF \qquad f = 10kHz$$

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

$$R_{C1,i} = -\frac{1}{2\cdot\pi\cdot 10kHz \cdot 150nF} = -\frac{1}{9425\cdot 10^{-6}\,\frac{A}{V}} = -0{,}0001061\cdot 10^{6}\,\Omega = -106{,}1\Omega$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j\cdot 106{,}1\Omega$$

$$\breve{R}_{C1} = \sqrt{R_{1,r}^2 + R_{1,i}^2} \quad \Rightarrow \quad \breve{R}_{C1} = \sqrt{(-106{,}1\Omega)^2 + (0\Omega)^2} = 106{,}1\Omega$$

$$\phi_{R_{C1}} = \arctan\left[\frac{R_{C1,i}}{R_{C1,r}}\right] \quad \Rightarrow \quad \phi_{R_{C1}} = \arctan\left[\frac{-106{,}1\Omega}{0\Omega}\right] = -90°$$

$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j\cdot 106{,}1\Omega = 106{,}1\Omega\angle -90°$$

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

$$\underline{R}_{ges} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1}$$

$$\underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega\ \angle 0°$$
$$\underline{R}_{C1} = 0\Omega - j \cdot 106{,}1\Omega = 106{,}1\Omega \angle -90°$$

$$\underline{R}_{ges} = 2k\Omega + j0k\Omega \quad + \quad 0\Omega - j \cdot 106{,}1\Omega = 2k\Omega - j \cdot 106{,}1\Omega$$

$$\breve{R}_{ges} = \sqrt{R_{ges,r}^2 + R_{ges,i}^2} \quad \Rightarrow \quad \breve{R}_{ges} = \sqrt{(2k\Omega)^2 + (-0{,}1061k\Omega)^2} = \sqrt{4(k\Omega)^2 + 0{,}01126(k\Omega)^2}$$
$$= \sqrt{4{,}011(k\Omega)^2} = 2{,}003k\Omega$$

$$\phi_{R_{ges}} = \arctan\left[\frac{R_{ges,i}}{R_{ges,r}}\right] \quad \Rightarrow \quad \phi_{R_{ges}} = \arctan\left[\frac{-106{,}1\Omega}{2k\Omega}\right] = \arctan(-0{,}05305) = -3{,}037°$$

$$\underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j \cdot 106{,}1\Omega = 2{,}003k\Omega \angle -3{,}037°$$

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

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

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

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

$$\underline{U}_E = 2V\angle 0° = 2V + j \cdot 0V \qquad \underline{R}_{ges} = 2k\Omega - j \cdot 106{,}1\Omega = 2{,}003k\Omega \angle -3{,}037°$$

$$\underline{I}_1 = \frac{2{,}0V\angle 0°}{2{,}003k\Omega\angle -3{,}037°} = 998{,}5\mu A\angle 3{,}037°$$

$$I_{1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{I}_1\} = \breve{I}_1 \cos[\phi_{I_1}] \quad \Rightarrow \quad I_{1,r} = 998{,}5\mu A \cdot \cos[3{,}037°] = 998{,}5\mu A \cdot (0{,}9986) = 997{,}1\mu A$$
$$I_{1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{I}_1\} = \breve{I}_1 \sin[\phi_{I_1}] \quad \Rightarrow \quad I_{1,i} = 998{,}5\mu A \cdot \sin[3{,}037°] = 998{,}5\mu A \cdot (0{,}05298) = 52{,}90\mu A$$

$$\underline{I}_1 = 998{,}5\mu A\angle 3{,}037° = 997{,}1\mu A + j \cdot 52{,}90\mu A \qquad = \underline{I}_{R_1} = \underline{I}_{C_1}$$

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

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

$$\underline{U}_{R1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 998{,}5\mu A\angle 3{,}037° = 997{,}1\mu A + j\cdot 52{,}90\mu A \qquad \underline{R}_1 = 2k\Omega + j0k\Omega = 2k\Omega\ \angle 0°$$

$$\underline{U}_{R1} = 998{,}5\mu A\angle 3{,}037° \cdot 2k\Omega\ \angle 0 = 1{,}997V\angle 3{,}037°$$

$$U_{R1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{U}_{R1}\cos[\phi_{R_1}] \quad \Rightarrow \quad U_{R1,r} = 1{,}997V\cdot\cos[3{,}037°] = 1{,}997V\cdot(0{,}9986) = 1{,}994V$$
$$U_{R1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{U}_{R1}\sin[\phi_{R_1}] \quad \Rightarrow \quad U_{R1,r} = 1{,}997V\cdot\sin[3{,}037°] = 1{,}997V\cdot(0{,}05298) = 105{,}8mV$$

$$\underline{U}_{R1} = 1{,}997V\angle 3{,}037° = 1{,}994V + j0{,}1058V$$

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

$$\underline{I}_1 = 998{,}5\mu A\angle 3{,}037° = 997{,}1\mu A + j\cdot 52{,}90\mu A \qquad \underline{R}_{C1} = 0\Omega - j\cdot 106{,}1\Omega = 106{,}1\Omega\angle -90°$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 998{,}5\mu A\angle 3{,}037° \cdot 106{,}1\Omega\angle -90° = 105{,}9mV\angle -86{,}96°$$

$$U_{C1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_{C1}\} = \breve{U}_{C1}\cos[\phi_{R_{C1}}] \quad \Rightarrow \quad U_{C1,r} = 105{,}9mV\cdot\cos[-86{,}96°] = 105{,}9mV\cdot(0{,}05303) = 5{,}616mV$$
$$U_{C1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_{C1}\} = \breve{U}_{C1}\sin[\phi_{R_{C1}}] \quad \Rightarrow \quad U_{C1,r} = 105{,}9mV\cdot\sin[-86{,}96°] = 105{,}9mV\cdot(-0{,}9986) = -105{,}8mV$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 105{,}9mV\angle -86{,}96° = 5{,}616mV - j\cdot 105{,}8mV$$

3.9. Überprüfen Sie den Maschensatz durch die Berechnung von $\underline{U}_E = \underline{U}_{R_1} + \underline{U}_{C_1}$ in der Normalform

$$\mathrm{Pr}\,obe:$$
$$\underline{U}_E = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{C1}$$

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

$$\underline{U}_{R1} = 1{,}997V\angle 3{,}037° = 1{,}994V + j0{,}1058V$$
$$\underline{U}_{C1} = 105{,}9mV\angle -86{,}96° = 5{,}616mV - j\cdot 105{,}8mV$$

$$\underline{U}_E = 1{,}994V + j0{,}1058V \qquad + 5{,}616mV - j\cdot 105{,}8mV$$
$$= 1{,}994V + j0{,}1058V \qquad + 0{,}005616V - j\cdot 0{,}1058V$$
$$= 1{,}999616 - j0V \qquad \approx 2V + j\cdot 0V = \underline{U}_E$$

$$\underline{D} = \breve{D}\angle\phi_D = D_r + j \cdot D_i = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

*für die Frequenz* $10kHz$

$$\underline{U}_{E,10kHz} = 2V\angle 0° = 2V + j \cdot 0V$$
$$\underline{U}_{A,10kHz} = \underline{U}_{C1,10kHz} = 105{,}9mV\angle -86{,}96° = 5{,}616mV - j \cdot 105{,}8mV$$

$$\underline{D}_3 = \underline{D}_{10kHz} = \frac{105{,}9mV\angle -86{,}96°}{2V\angle 0°} = 0{,}05295\angle -86{,}96°$$

$$D_{r,10kHz} = \mathrm{Re}\{\underline{D}\} = \breve{D}\cos[\phi_D] \quad \Rightarrow \quad D_r = 0{,}05295 \cdot \cos[-86{,}96°] = 0{,}05295 \cdot (0{,}05303) = 0{,}002808$$
$$D_{i,10kHz} = \mathrm{Im}\{\underline{D}\} = \breve{D}\sin[\phi_D] \quad \Rightarrow \quad D_i = 0{,}05295 \cdot \sin[-86{,}96°] = 0{,}05295 \cdot (-0{,}9986) = -0{,}05288$$

$$\underline{D}_3 = \underline{D}_{10kHz} = 0{,}05295\angle -86{,}96° = 0{,}002808 - j \cdot 0{,}05288$$

4. Bestimmen Sie die Spannungsdämpfung $\underline{D}_1 = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$ für f=100 Hz, $\underline{D}_2$ für f=1kHz und $\underline{D}_3$ für f=10kHz in der Normal- und der Versorform

$$\underline{D} = \breve{D}\angle\phi_D = D_r + j \cdot D_i = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

*für die Frequenz* $100Hz$

$$\underline{U}_{E,100Hz} = 2V\angle 0° = 2V + j \cdot 0V \qquad \underline{U}_{A,100Hz} = \underline{U}_{C1,100Hz} = 1{,}965V\angle -10{,}68 = 1{,}931V - j \cdot 364{,}2mV$$

$$\underline{U}_{R1} = 370{,}4mV\angle 79{,}32° = 68{,}64mV + j364{,}0mV$$

$$\underline{D}_1 = \underline{D}_{100Hz} = 0{,}9825\angle -10{,}68° = 0{,}9654 - j \cdot 0{,}1821$$

*für die Frequenz* $1kHz$

$$\underline{U}_{E,1kHz} = 2V\angle 0° = 2V + j \cdot 0V \qquad \underline{U}_A = \underline{U}_{C1} = 937{,}3mV\angle -62{,}06° = 439{,}1mV - j \cdot 828{,}0mV$$

$$\underline{U}_{R1} = 1{,}767V\angle 27{,}94° = 1{,}561V + j \cdot 827{,}8mV$$

$$\underline{D}_2 = \underline{D}_{1kHz} = 0{,}4687\angle -62{,}06 = 0{,}2196 - j \cdot 0{,}4140$$

*für die Frequenz* $10kHz$

$$\underline{U}_{E,10kHz} = 2V\angle 0° = 2V + j \cdot 0V \quad \underline{U}_{A,10kHz} = \underline{U}_{C1,10kHz} = 105{,}9mV\angle -86{,}96° = 5{,}616mV - j \cdot 105{,}8mV$$

$$\underline{U}_{R1} = 1{,}997V\angle 3{,}037° = 1{,}994V + j0{,}1058V$$

$$\underline{D}_3 = \underline{D}_{10kHz} = 0{,}05295\angle -86{,}96° = 0{,}002808 - j \cdot 0{,}05288$$

*Dämpfung in dB* (*nicht gefordert*)

$$D_{dB} = 20\lg|\underline{D}|$$

$$D_{dB-100Hz} = 20\lg(0{,}9825) = 20(-7{,}667 \cdot 10^{-3}) = -0{,}1533dB$$

$$D_{dB-1Hkz} = 20\lg(0{,}4687) = 20(-0{,}3291) = -6{,}582dB$$

$$D_{dB-10Hkz} = 20\lg(0{,}05295) = 20(-1{,}276) = -25{,}52dB$$

# Lösung:

## 5. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

### Spannungen und Ströme am RC-Bandpass bei einer Frequenz außerhalb der Resonanzfrequenz

Aufgaben:

1. Bestimmen Sie die Augangsspannung $\underline{U}_A$ und die Spannungsdämpfung $\underline{D}$ für die Frequenz von f=2kHz.

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

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

$$R_{1,r} = 200\Omega \qquad R_{1,i} = 0k\Omega$$

$$\phi_{R_1} = \arctan\left[\frac{0k\Omega}{1{,}5k\Omega}\right] = 0° \qquad \breve{R}_1 = \sqrt{(200\Omega)^2 + (0k\Omega)^2} = 200\Omega$$

$$\underline{R}_1 = 200\Omega + j0k\Omega = 200\Omega \angle 0°$$

1.2. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand $\underline{R}_{C1}$ von $C_1$ in der Normal- und der Versorform mittels $C_1$ und $R_{PC1}$ - Nutzen Sie dabei den Leitwert $\underline{G}_{C1}$

$$\underline{G}_{C1} = G_{C1,r} + jG_{C1,i} = \breve{G}_{C1} e^{j\phi_{G_{C1}}} = \breve{G}_{C1} \angle \phi_{G_{C1}}$$

$$C_1 = 5nF \qquad R_{PC1} = 10M\Omega \qquad f = 2kHz$$

$$G_{C1,r} = \frac{1}{R_{PC1}} \quad \Rightarrow \quad G_{C1,r} = \frac{1}{10M\Omega} = 100 \cdot 10^{-9} S = 100nS$$

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

$$R_{C,i} = -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 2kHz \cdot 5nF} = -\frac{1}{62{,}83 \cdot 10^{-6} \frac{A}{V}} = -15{,}92k\Omega$$

$$G_{C1,i} = -\frac{1}{R_{C,i}} \quad \Rightarrow \quad G_{C1,i} = -\frac{1}{-15{,}92k\Omega} = 62{,}81\mu S$$

$$\underline{G}_{C1} = 100nS + j \cdot 62{,}81\mu S$$

$$\Rightarrow \quad \breve{G}_{C1} = \sqrt{G_{C1,r}^2 + G_{C1,i}^2} \quad \Rightarrow \quad \breve{G}_{C1} = \sqrt{(100nS)^2 + (62{,}81\mu S)^2} = \sqrt{\left(100 \cdot 10^{-9} S\right)^2 + \left(62{,}81 \cdot 10^{-6} S\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(0{,}1 \cdot 10^{-6} S\right)^2 + \left(62{,}81 \cdot 10^{-6} S\right)^2} = \sqrt{0{,}01 \cdot 10^{-12} S^2 + 3945 \cdot 10^{-12} S^2}$$

$$= \sqrt{3945{,}01 \cdot 10^{-12} S^2} = 62{,}8093 \cdot 10^{-6} S \approx 62{,}81\mu S$$

$$\Rightarrow \quad \phi_{G_{C1}} = \arctan\left[\frac{G_{C1,i}}{G_{C1,r}}\right] \quad \Rightarrow \quad \phi_{G_{C1}} = \arctan\left[\frac{62{,}81\mu S}{100nS}\right] = \arctan\left[\frac{62{,}81 \cdot 10^{-6} S}{100 \cdot 10^{-9} S}\right]$$

$$= \arctan[628{,}1] = 89{,}9087° \approx 89{,}91°$$

$$\underline{G}_{C1} = 100nS + j \cdot 62{,}81\mu S = 62{,}81\mu S \angle 89{,}91°$$

$$\underline{R}_{C1} = \frac{1}{\underline{G}_{C1}} \quad \Rightarrow \quad \underline{R}_{C1} = \frac{1}{62{,}81\mu S \angle 89{,}91°} = \frac{1}{62{,}81\mu S} \angle 89{,}91° = 15{,}92k\Omega \angle -89{,}91°$$

$$\underline{R}_{C1} = R_{C1,r} + jR_{C1,i} = \breve{R}_{C1} e^{j\phi_{R_{C1}}} = \breve{R}_{C1} \angle \phi_{R_{C1}}$$

$$R_{C1,r} = \operatorname{Re}\{\underline{R}_{C1}\} = \breve{R}_{C1} \cos[\phi_{R_{C1}}] \quad \Rightarrow \quad R_{C1,r} = 15{,}92k\Omega \cdot \cos[-89{,}91°]$$

$$= 15{,}92k\Omega \cdot (1{,}571 \cdot 10^{-3}) = 25{,}01\Omega$$

$$R_{C1,i} = \operatorname{Im}\{\underline{R}_{C1}\} = \breve{R}_{C1} \sin[\phi_{R_{C1}}] \quad \Rightarrow \quad R_{C1,i} = 15{,}92k\Omega \cdot \sin[-89{,}91°]$$

$$= 15{,}92k\Omega \cdot (-0{,}99999) = -15{,}92k\Omega$$

$$\underline{R}_{C1} = 15{,}92k\Omega \angle -89{,}91° = 25{,}01\Omega - j \cdot 15{,}92k\Omega$$

1.3. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand $\underline{R}_{L1}$ von $L_1$ in der Normal- und der Versorform mittels $L_1$ und $R_{L1}$

$$\underline{R}_{L1} = R_{L1,r} + jR_{L1,i} = \breve{R}_{L1} e^{j\phi_{R_{L1}}} = \breve{R}_{L1} \angle \phi_{R_{L1}}$$

$$L_1 = 40mH \qquad R_{L1} = 10\Omega \qquad f = 2kHz$$

$$R_{L1,r} = R_{L1} \quad \Rightarrow \quad R_{L1,r} = 10\Omega$$

$$R_{L1,i} = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad \Rightarrow \quad R_{L1,i} = 2 \cdot \pi \cdot 2kHz \cdot 40mH = 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 10^3 \frac{1}{s} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \frac{Vs}{A}$$
$$= 502{,}7\Omega$$

$$\underline{R}_{L1} = 10\Omega + j \cdot 502{,}7\Omega$$

$$\breve{R}_{L1} = \sqrt{R_{L1,r}^2 + R_{L1,i}^2} \quad \Rightarrow \quad \breve{R}_{L1} = \sqrt{(10\Omega)^2 + (502{,}7\Omega)^2} = \sqrt{100\Omega^2 + 252{,}7 \cdot 10^3 \Omega^2}$$
$$= \sqrt{252{,}8 \cdot 10^3 \Omega^2} = 502{,}792\Omega \approx 502{,}8\Omega$$

$$\phi_{R_{L1}} = \arctan\left[\frac{R_{L1,i}}{R_{L1,r}}\right] \quad \Rightarrow \quad \phi_{R_{L1}} = \arctan\left[\frac{502{,}7\Omega}{10\Omega}\right] = \arctan[50{,}27] = 88{,}86°$$

$$\underline{R}_{L1} = 10\Omega + j \cdot 502{,}7\Omega = 502{,}8\Omega \angle 88{,}86°$$

1.4. Bestimmen Sie den komplexen Leitwert $\underline{G}_{C1}$ von $C_1$ in der Normal- und der Versorform (schon unter 1.2 bestimmt)

$$\underline{G}_{C1} = 100nS + j \cdot 62{,}81\mu S = 62{,}81\mu S \angle 89{,}91°$$

1.5. Bestimmen Sie den komplexen Leitwert $\underline{G}_{L1}$ von $L_1$ in der Normal- und der Versorform

$$\underline{G}_{L1} = \frac{1}{\underline{R}_{L1}}$$

$$\underline{R}_{L1} = 10\Omega + j \cdot 502{,}7\Omega = 502{,}8\Omega \angle 88{,}86°$$

$$\underline{G}_{L1} = \frac{1}{502{,}8\Omega \angle 88{,}86°} = 1{,}989mS \angle -88{,}86°$$

$$G_{L1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{G}_{L1}\} = \breve{G}_{L1} \cos[\phi_{G_{L1}}]$$
$$\Rightarrow \quad G_{L1,r} = 1{,}989mS \cdot \cos[-88{,}86°] = 1{,}989mS \cdot (19{,}90 \cdot 10^{-3}) = 39{,}58\mu S$$
$$G_{L1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{G}_{L1}\} = \breve{G}_{L1} \sin[\phi_{G_{L1}}]$$
$$\Rightarrow \quad G_{L1,i} = 1{,}989mS \cdot \sin[-88{,}86°] = 1{,}989mS \cdot (-0{,}9998) = -1{,}989mS$$

$$\underline{G}_{L1} = 1{,}989mS \angle -88{,}86° = 39{,}58\mu S - j \cdot 1{,}989mS$$

1.6. Bestimmen Sie den komplexen Leitwert $\underline{G}_{C1L1}$ der Parallelschaltung von $C_1$ und $L_1$ in der Normal- und der Versorform

$$\underline{G}_{C1L1} = \underline{G}_{C1} + \underline{G}_{L1}$$

$$\underline{G}_{C1} = 100nS + j \cdot 62{,}81\mu S = 62{,}81\mu S \angle 89{,}91°$$
$$\underline{G}_{L1} = 39{,}58\mu S - j \cdot 1{,}989mS = 1{,}989mS \angle -88{,}86°$$

$$\begin{aligned}\underline{G}_{C1L1} &= 100nS + j \cdot 62{,}81\mu S \quad + 39{,}58\mu S - j \cdot 1{,}989mS \\ &= 0{,}1\mu S + 39{,}58\mu S + j(0{,}06281mS - 1{,}989mS) \\ &= 39{,}68\mu S - j \cdot 1{,}926mS\end{aligned}$$

$$\Rightarrow \quad \breve{G}_{C1L1} = \sqrt{G_{C1L1,r}^2 + G_{C1L1,i}^2} \quad \Rightarrow \quad \breve{G}_{C1L1} = \sqrt{(39{,}68\mu S)^2 + (-1{,}926mS)^2}$$
$$= \sqrt{\left(39{,}68 \cdot 10^{-6} S\right)^2 + \left(-1926 \cdot 10^{-6} S\right)^2} = \sqrt{1575 \cdot 10^{-12} S^2 + 3709476 \cdot 10^{-12} S^2}$$
$$= \sqrt{3711051 \cdot 10^{-12} S^2} = 1926\mu S = 1{,}926mS$$

$$\Rightarrow \quad \phi_{G_{C1L1}} = \arctan\left[\frac{G_{C1L1,i}}{G_{C1L1,r}}\right] \quad \Rightarrow \quad \phi_{G_{C1L1}} = \arctan\left[\frac{-1{,}926mS}{39{,}68\mu S}\right] = \arctan\left[\frac{-1926 \cdot 10^{-6} S}{39{,}68 \cdot 10^{-6} S}\right]$$
$$= \arctan[-48{,}54] = -88{,}82°$$

$$\underline{G}_{C1L1} = 39{,}68\mu S - j \cdot 1{,}926mS = 1{,}926mS \angle -88{,}82°$$

1.7. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand $\underline{R}_{C1L1}$ der Parallelschaltung von $C_1$ und $L_1$ in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_{C1L1} = \frac{1}{\underline{G}_{C1L1}}$$

$$\underline{G}_{C1L1} = 39{,}68\mu S - j \cdot 1{,}926mS = 1{,}926mS \angle -88{,}82°$$

$$\underline{R}_{C1L1} = \frac{1}{1{,}926mS \angle -88{,}82°} = 519{,}2\Omega \angle 88{,}82$$

$$R_{C1L1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{R}_{C1L1}\} = \breve{R}_{C1L1} \cos[\phi_{R_{C1L1}}]$$
$$\Rightarrow \quad R_{C1L1,r} = 519{,}2\Omega \cdot \cos[88{,}82] = 519{,}2\Omega \cdot (20{,}59 \cdot 10^{-3}) = 10{,}69\Omega$$
$$R_{C1L1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{R}_{C1L1}\} = \breve{R}_{C1L1} \sin[\phi_{R_{C1L1}}]$$
$$\Rightarrow \quad R_{C1L1,i} = 519{,}2\Omega \cdot \sin[88{,}82] = 519{,}2\Omega \cdot (0{,}9998) = 519{,}1\Omega$$

$$\underline{R}_{C1L1} = 519{,}2\Omega \angle 88{,}82 = 10{,}69\Omega + j \cdot 519{,}1\Omega$$

1.8. Bestimmen Sie den komplexen Widerstand $\underline{R}_{ges} = \underline{R}_1 + \underline{R}_{C1L1}$ in der Normal- und der Versorform

$$\underline{R}_{ges} = \underline{R}_{C1L1} + \underline{R}_1$$

$$\underline{R}_{C1L1} = 519{,}2\Omega\angle 88{,}82 = 10{,}69\Omega + j\cdot 519{,}1\Omega \qquad \underline{R}_1 = 200\Omega + j0k\Omega = 200\Omega\ \angle 0°$$

$$\underline{R}_{ges} = 10{,}69\Omega + j\cdot 519{,}1\Omega + 200\Omega + j0k\Omega = 210{,}69\Omega + j\cdot 519{,}1\Omega$$

$$\Rightarrow \quad \breve{R}_{ges} = \sqrt{R_{ges,r}^2 + R_{ges,i}^2} \qquad \Rightarrow \quad \breve{G}_{C1L1} = \sqrt{(213{,}17\Omega)^2 + (1{,}143k\Omega)^2}$$
$$= \sqrt{(210{,}69\Omega)^2 + (519{,}1\Omega)^2} = \sqrt{44390\Omega^2 + 269464\Omega^2} = \sqrt{313854\Omega^2}$$
$$= 560{,}2\Omega$$

$$\Rightarrow \quad \phi_{G_{ges}} = \arctan\left[\frac{R_{ges,i}}{R_{ges,r}}\right] \quad \Rightarrow \quad \phi_{G_{ges}} = \arctan\left[\frac{519{,}1\Omega}{210{,}69\Omega}\right]$$
$$= \arctan[2{,}464] = 67{,}91°$$

$$\underline{R}_{ges} = 210{,}69\Omega + j\cdot 519{,}1\Omega = 560{,}2\Omega\angle 67{,}91°$$

1.9. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_1$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{U}_E$ und $\underline{R}_{ges}$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_E}{\underline{R}_{ges}}$$

$$\underline{U}_E = 10V\angle 0° = 2{,}0V + j\cdot 0V \qquad \underline{R}_{ges} = 210{,}69\Omega + j\cdot 519{,}1\Omega = 560{,}2\Omega\angle 67{,}91°$$

$$\underline{I}_1 = \frac{10V\angle 0}{560{,}2\Omega\angle 67{,}91°} = 17{,}85mA\angle -67{,}91°$$

$$I_{1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{I}_1\} = \breve{I}_1 \cos[\phi_{I_1}]$$
$$\Rightarrow \quad I_{1,r} = 3{,}570mA\cdot\cos[-67{,}91°] = 3{,}570mA\cdot(0{,}3761) = 6{,}713mA$$
$$I_{1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{I}_1\} = \breve{I}_1 \sin[\phi_{I_1}]$$
$$\Rightarrow \quad I_{1,i} = 3{,}570mA\cdot\sin[-67{,}91°] = 3{,}570mA\cdot(-0{,}9266) = -16{,}54mA$$

$$\underline{I}_1 = 17{,}85mA\angle -67{,}91° = 6{,}713mA - j\cdot 16{,}54mA$$

1.10. Bestimmen Sie die komplexe Spannung $\underline{U}_{R1}$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{I}_1$ und $\underline{R}_1$

$$\underline{U}_{R1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_1$$

$$\underline{I}_1 = 17{,}85mA\angle -67{,}91° = 6{,}713mA - j \cdot 16{,}54mA \qquad \underline{R}_1 = 200\Omega + j0k\Omega = 200\Omega\ \angle 0°$$

$$\underline{U}_{R1} = 17{,}85mA\angle -67{,}91° \cdot 200\Omega\ \angle 0° = 3{,}570V\angle -67{,}91$$

$$U_{R1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{I}_1 \cos[\phi_{U_{R1}}]$$

$$\Rightarrow \quad U_{R1,r} = 3{,}570V \cdot \cos[-67{,}91] = 3{,}570V \cdot (0{,}3761) = 1{,}343V$$

$$U_{R1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_{R1}\} = \breve{I}_1 \sin[\phi_{U_{R1}}]$$

$$\Rightarrow \quad U_{R1,i} = 3{,}570V \cdot \sin[-67{,}91] = 3{,}570VV \cdot (-0{,}9266) = -3{,}308V$$

$$\underline{U}_{R1} = 3{,}570V\angle -67{,}91 = 1{,}343V - j \cdot 3{,}308V$$

1.11. Bestimmen Sie die komplexe Spannung $\underline{U}_A$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{I}_1$ und $\underline{R}_{C1L1}$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{L1} = \underline{U}_{C1} = \underline{I}_1 \cdot \underline{R}_{C1L1}$$

$$\underline{I}_1 = 17{,}85mA\angle -67{,}91° = 6{,}713mA - j \cdot 16{,}54mA \qquad \underline{R}_{C1L1} = 519{,}2\Omega\angle 88{,}82 = 10{,}69\Omega + j \cdot 519{,}1\Omega$$

$$\underline{U}_A = 17{,}85mA\angle -67{,}91° \cdot 519{,}2\Omega\angle 88{,}82° = 17{,}85mA \cdot 519{,}2\Omega\angle(-67{,}91° + 88{,}82°)$$

$$= 9{,}268V\angle 20{,}91°$$

$$U_{A,r} = \mathrm{Re}\{\underline{U}_A\} = \breve{U}_A \cos[\phi_{U_A}]$$

$$\Rightarrow \quad U_{A,r} = 9{,}268V \cdot \cos[20{,}91°] = 9{,}268V \cdot (0{,}9341) = 8{,}658V$$

$$U_{A,i} = \mathrm{Im}\{\underline{U}_A\} = \breve{U}_A \sin[\phi_{U_A}]$$

$$\Rightarrow \quad U_{A,i} = 9{,}268V \cdot \sin[20{,}91°] = 9{,}268V \cdot (0{,}3569) = 3{,}308V$$

$$\underline{U}_A = 9{,}268V\angle 20{,}91° = 8{,}658V + j \cdot 3{,}308V$$

**Probe: (nicht gefordert)**

$$Probe:$$

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

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

$$\underline{U}_{R1} = 3{,}570V\angle -67{,}91 = 1{,}343V - j \cdot 3{,}308V$$
$$\underline{U}_A = 9{,}268V\angle 20{,}91° = 8{,}658V + j \cdot 3{,}308V$$

$$\underline{U}_E = 1{,}343V - j \cdot 3{,}308V + 8{,}658V + j \cdot 3{,}308V = 1{,}343V + 8{,}658V + j \cdot (-3{,}308V + 3{,}308V)$$
$$= 10{,}001V - j \cdot 0V \quad \approx 10V + j \cdot 0V \qquad qed.$$

1.12. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_{R1}$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{I}_1$ und $\underline{R}_1$

$$\underline{I}_{R1} = \underline{I}_1 = 17{,}85mA\angle -67{,}91° = 6{,}713mA - j \cdot 16{,}54mA$$

1.13. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_{L1}$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{U}_A$ und $\underline{R}_{L1}$

$$\underline{I}_{L1} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{R}_{L1}}$$

$$\underline{U}_A = 9{,}268V\angle 20{,}91° = 8{,}658V + j \cdot 3{,}308V \qquad \underline{R}_{L1} = 10\Omega + j \cdot 502{,}7\Omega = 502{,}8\Omega\angle 88{,}86°$$

$$\underline{I}_{L1} = \frac{9{,}268V\angle 20{,}91°}{502{,}8\Omega\angle 88{,}86°} = \frac{9{,}268V}{502{,}8\Omega}\angle(20{,}91° - 88{,}86°) = 18{,}43mA\angle -67{,}95°$$

$$I_{L1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{I}_{L1}\} = \breve{I}_{L1}\cos[\phi_{L_1}]$$
$$\Rightarrow \quad I_{L1,r} = 18{,}43mA \cdot \cos[-67{,}95°] = 18{,}43mA \cdot (0{,}3754) = 6{,}919mA$$
$$I_{L1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{I}_{L1}\} = \breve{I}_{L1}\sin[\phi_{L_1}]$$
$$\Rightarrow \quad I_{L1,i} = 18{,}43mA \cdot \sin[-67{,}95°] = 18{,}43mA \cdot (-0{,}9268) = -17{,}08mA$$

$$\underline{I}_{L1} = 18{,}43mA\angle -67{,}95° = 6{,}919mA - j \cdot 17{,}08mA$$

1.14. Bestimmen Sie den komplexen Strom $\underline{I}_{C1}$ in der Normal- und der Versorform mittels $\underline{U}_A$ und $\underline{R}_{C1}$

$$\underline{I}_{C1} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{R}_{C1}}$$

$$\underline{U}_A = 9{,}268V\angle 20{,}91° = 8{,}658V + j\cdot 3{,}308V$$
$$\underline{R}_{C1} = 15{,}92k\Omega\ \angle -89{,}91° = 25{,}01\Omega - j\cdot 15{,}92k\Omega$$

$$\underline{I}_{C1} = \frac{9{,}268V\angle 20{,}91°}{15{,}92k\Omega\ \angle -89{,}91°} = \frac{9{,}268V}{15{,}92k\Omega}\angle(20{,}91° + 89{,}91°) = 582{,}2\mu A\angle 110{,}82°$$

$$I_{C1,r} = \mathrm{Re}\{\underline{I}_{C1}\} = \breve{I}_{C1}\cos[\phi_{C_1}]$$
$$\Rightarrow \quad I_{C1,r} = 582{,}2\mu A\cdot\cos[110{,}82] = 582{,}2\mu A\cdot(-0{,}3554) = -206{,}9\mu A$$
$$I_{C1,i} = \mathrm{Im}\{\underline{I}_{C1}\} = \breve{I}_{C1}\sin[\phi_{C_1}]$$
$$\Rightarrow \quad I_{C1,i} = 582{,}2\mu A\cdot\sin[110{,}82] = 582{,}2\mu A\cdot(0{,}9347) = 544{,}2\mu A$$

$$\underline{I}_{C1} = 582{,}2\mu A\angle 110{,}82° = -206{,}9\mu A + j\cdot 544{,}2\mu A$$

1.15. Bestimmen Sie die Spannungsdämpfung $\underline{D} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$ in der Normal- und der Versorform

$$\underline{D} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_E}$$

$$\underline{U}_A = 9{,}268V\angle 20{,}91° = 8{,}658V + j\cdot 3{,}308V \qquad \underline{U}_E = 10V\angle 0° = 10V + j\cdot 0V$$

$$\underline{D} = \frac{9{,}268V\angle 20{,}91°}{10V\angle 0°} = \frac{9{,}268V}{10V}\angle(20{,}91° - 0°) = 0{,}9268\angle 20{,}91°$$

$$\textit{nicht gefordert}:$$
$$D_{dB} = 20\lg|\underline{D}| \quad \Rightarrow \quad D_{dB} = 20\lg(0{,}9268) = 20(-33{,}01\cdot 10^{-3}) = -0{,}6602dB$$

1.16. Überprüfen Sie den Knotensatz durch die Berechnung von $\underline{I}_1 = \underline{I}_{L1} + \underline{I}_{C1}$ in der Normalform

$$Probe:$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{L1} + \underline{I}_{C1}$$

$$\underline{I}_1 = 17{,}85mA\angle -67{,}91° = 6{,}713mA - j \cdot 16{,}54mA$$

$$\underline{I}_{L1} = 18{,}43mA\angle -67{,}95° = 6{,}919mA - j \cdot 17{,}08mA$$
$$\underline{I}_{C1} = 582{,}2\mu A\angle 110{,}82° = -206{,}9\mu A + j \cdot 544{,}2\mu A$$

$$\begin{aligned}\underline{I}_1 &= 6{,}919mA - j \cdot 17{,}08mA \quad -206{,}9\mu A + j \cdot 544{,}2\mu A = 6{,}919mA - 206{,}9\mu A \quad + j \cdot (-17{,}08mA + j \cdot 544{,}2\mu A)\\ &= 6{,}919mA - 0{,}2069mA \quad + j \cdot (-17{,}08mA + j \cdot 0{,}5442mA)\\ &= 6{,}712mA - j \cdot 16{,}54mA \qquad \approx 6{,}713mA - j \cdot 16{,}54mA \qquad qed.\end{aligned}$$

nicht gefordert – Resonanzfrequenz der Parallelschaltung

$$\mathrm{Re}\,sonanzfrequenz:$$
$$C_1 = 5nF$$
$$L_1 = 40mH$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L_1 \cdot C_1}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{5nF \cdot 40mH}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{2 \cdot 10^{-10}}\,s} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 14{,}14 \cdot 10^{-6}\,s}$$
$$= \frac{1}{88{,}84 \cdot 10^{-6}\,s} = 11{,}26Hz$$