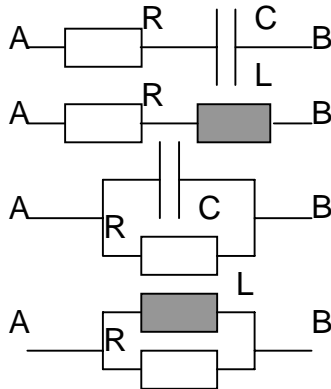


1 Übungen und Lösungen

1.1 Übungen

1. EINTORE

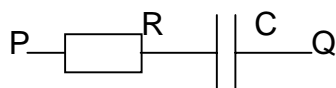


Suchen Sie das Impedanzverhalten $\frac{Z_{AB}}{R}$ für die vier dargestellten Eintore mit den Normierungen $\Omega = \omega \cdot RC$ beziehungsweise

$$\Omega = \omega \cdot \frac{L}{R}.$$

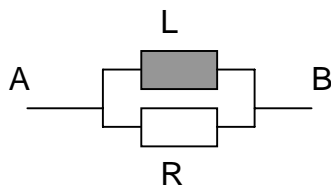
Stellen Sie das Impedanzverhalten (Betrag) auf doppeltlogarithmischem Papier dar. Stellen Sie das Winkelverhalten (Phase) $\varphi(\omega)$ auf einfachlogarithmischem Papier dar.

2. EINTOR



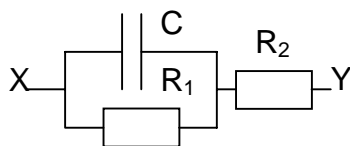
Es sind $R = 56 \text{ k}\Omega$ und $C = 22 \text{ nF}$. Bei welcher Frequenz f wird $|Z_{PQ}| = 100 \text{ k}\Omega$? Wie gross wird φ an dieser Stelle?

3. EINTOR



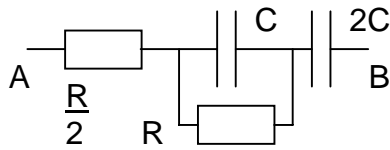
Gegeben sei die nebenstehende Parallelschaltung mit $R = 2,7 \text{ k}\Omega$ und $L = 16 \text{ mH}$.
 a) Wie gross wird die Impedanz $|Z_{AB}|$ bei einer Frequenz von $f_1 = 12 \text{ kHz}$?
 b) Wie gross wird der Phasenwinkel φ_1 an dieser Stelle? Zeigerdarstellung?
 c) Bei welcher Frequenz f_2 wird $|Z_{AB}| = \frac{R}{\sqrt{2}}$?
 d) Wie gross wird φ_2 in c)?

4. EINTOR



Gegeben sei die nebenstehende Schaltung mit $R_1 = 33 \text{ k}\Omega$, $C = 8,2 \text{ nF}$ und $R_2 = k \cdot R_1$.
 a) Wie gross wird die Impedanz $|Z_{XY}|$ bei einer Frequenz von $f_1 = 800 \text{ Hz}$ und aa) $k = 1$, ab) $k = 0,1$, ac) $k = 10$?
 b) Wie gross wird der Phasenwinkel φ_1 an diesen Stellen k_i ? Zeigerdarstellungen?
 c) Stellen Sie das Impedanzverhalten $|Z_{XY}|(\Omega)$ mit $\Omega = \omega \cdot R_1 C$ grafisch dar.

5. EINTOR

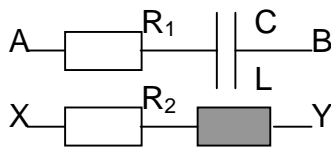


Wie gross werden die Impedanz $|Z_{AB}|_1$ und der Phasenwinkel φ_1 ?

$R = 39 \text{ k}\Omega$, $C = 1,8 \text{ nF}$, $f_1 = 2,3 \text{ kHz}$

Für welche Frequenz f_2 wird $|Z_{AB}|_2 = 47 \text{ k}\Omega$ gross ? Phasenwinkel φ_2 ?

6. EINTORE



$R_1 = 100 \Omega$, $C = 10 \text{ nF}$

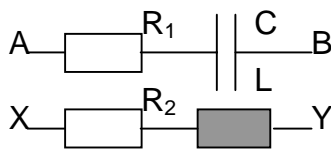
$R_2 = 220 \Omega$, $L = 300 \mu\text{H}$, $\omega = 1,6 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1}$

Bestimmen Sie die beiden Impedanzen Z_{AB} und Z_{XY} formal und in Zahlen.

Geben Sie die Zeigerdarstellungen an für Z_{AB} , Z_{XY} und $Z_{AB} + Z_{XY}$.

Welchen Wert haben der Betrag und der Winkel von $Z_{AB} + Z_{XY}$?

7. EINTORE



$R_1 = 270 \Omega$, $C = 12 \text{ nF}$

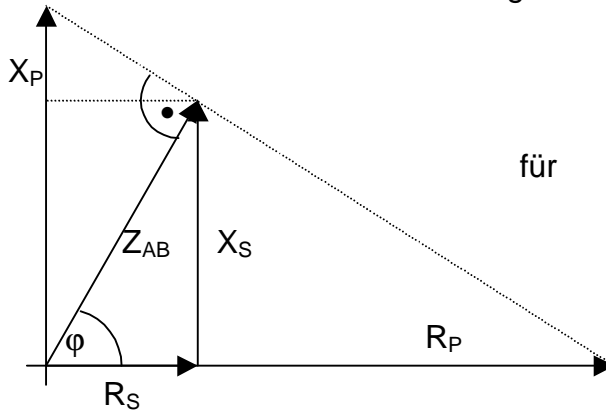
$R_2 = 120 \Omega$, $L = 500 \mu\text{H}$, $f = 120 \text{ kHz}$

Bestimmen Sie die beiden Impedanzen Z_{AB} und Z_{XY} formal und in Zahlen.

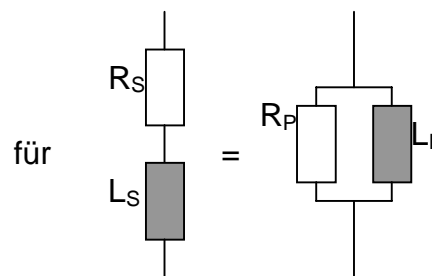
Geben Sie die Zeigerdarstellungen an für Z_{AB} , Z_{XY} und $Z_{AB} // Z_{XY}$ (Parallelschaltung).

Welchen Wert haben der Betrag und der Winkel von $Z_{AB} // Z_{XY}$?

8. BEWEISFÜHRUNG

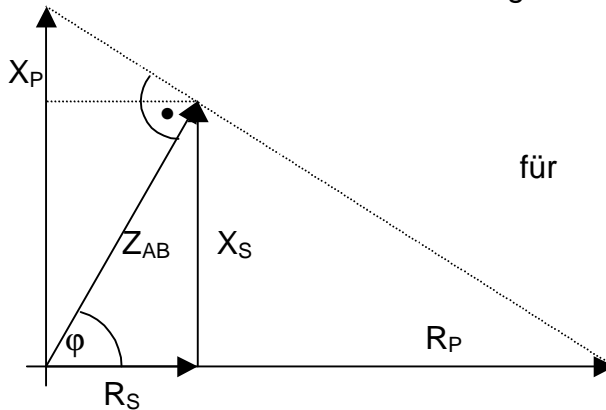


Zeigen Sie, dass gilt

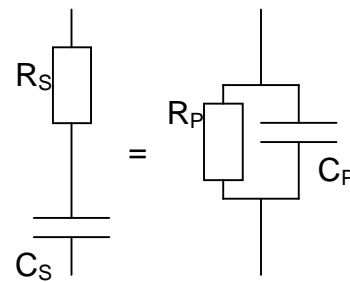


9. BEWEISFÜHRUNG

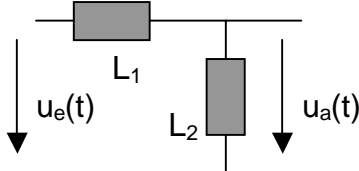
Zeigen Sie, dass gilt



für



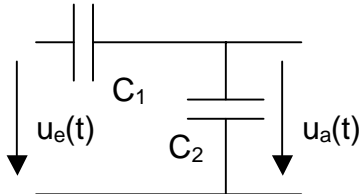
10. ZWEITOR



$u_e(t) = \hat{u} \sin(\omega t - \pi/6)$
 $L_1 = 200 \mu\text{H}, L_2 = 400 \mu\text{H}$

Bestimmen Sie $u_a(t)$.

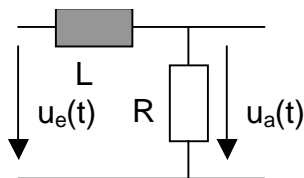
11. ZWEITOR



$u_e(t) = \hat{u} \sin(\omega t - \pi/4)$
 $C_1 = 20 \text{ nF}, C_2 = 40 \text{ nF}$

Bestimmen Sie $u_a(t)$.

12. ZWEITOR



mit $\Omega = \omega \frac{L}{R}$.

Stellen Sie $20 \cdot \lg\left(\left|\frac{u_a}{u_e}\right|\right) = \text{dB}_{\left|\frac{u_a}{u_e}\right|}$ und

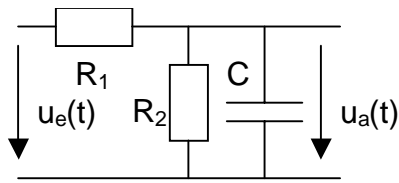
$\varphi_{\left\{\frac{u_a}{u_e}\right\}}(\Omega)$ grafisch dar (einfachlogarithmisches Papier).

Bestimmen Sie die Eckfrequenz Ω_{Eck} und Ω_0 für $|\varphi| = \pi/4$.

Bestimmen Sie

$\frac{u_a}{u_e}(\Omega)$ $\left|\frac{u_a}{u_e}\right|(\Omega)$ $\varphi_{\left\{\frac{u_a}{u_e}\right\}}(\Omega)$

13. ZWEITOR



Bestimmen Sie

$$\frac{u_a}{u_e}(\Omega) \quad \left| \frac{u_a}{u_e} \right|(\Omega) \quad \varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\}(\Omega)$$

$$\text{mit } \Omega = \omega R_1 C \text{ und } k = \frac{R_2}{R_1}.$$

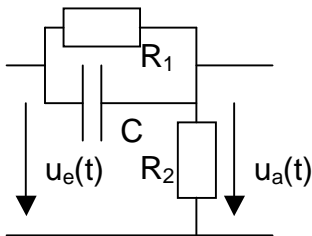
Stellen Sie $20 \cdot \lg \left(\left| \frac{u_a}{u_e} \right| \right) = \text{dB} \left| \frac{u_a}{u_e} \right|$ und

$\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\}(\Omega)$ grafisch dar (einfachlogarithmi-

sches Papier).

Bestimmen Sie die Eckfrequenz Ω_{Eck} und Ω_0 für $|\varphi| = \pi/4$.

14. ZWEITOR



Bestimmen Sie

$$\frac{u_a}{u_e}(\Omega) \quad \left| \frac{u_a}{u_e} \right|(\Omega) \quad \varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\}(\Omega)$$

$$\text{mit } \Omega = \omega R_2 C \text{ und } k = \frac{R_1}{R_2}.$$

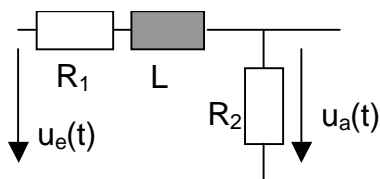
Stellen Sie $20 \cdot \lg \left(\left| \frac{u_a}{u_e} \right| \right) = \text{dB} \left| \frac{u_a}{u_e} \right|$ und

$\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\}(\Omega)$ grafisch dar (einfachlogarithmi-

sches Papier).

Bestimmen Sie die Eckfrequenz Ω_{Eck} und Ω_0 für $|\varphi| = \pi/4$.

15. ZWEITOR



Bestimmen Sie

$$\frac{u_a}{u_e}(\Omega) \quad \left| \frac{u_a}{u_e} \right|(\Omega) \quad \varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\}(\Omega)$$

$$\text{mit } \Omega = \omega \frac{L}{R_2} \text{ und } k = \frac{R_1}{R_2}.$$

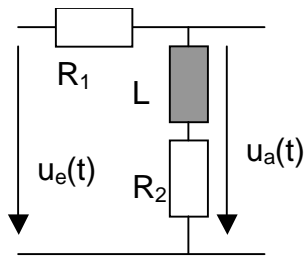
Stellen Sie $20 \cdot \lg \left(\left| \frac{u_a}{u_e} \right| \right) = \text{dB} \left| \frac{u_a}{u_e} \right|$ und

$\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\}(\Omega)$ grafisch dar (einfachlogarithmi-

sches Papier).

Bestimmen Sie die Eckfrequenz Ω_{Eck} und Ω_0 für $|\varphi| = \pi/4$.

16. ZWEITOR



mit $\Omega = \omega \frac{L}{R_1}$ und $k = \frac{R_2}{R_1}$.

Stellen Sie $20 \cdot \lg \left(\left| \frac{u_a}{u_e} \right| \right) = \text{dB} \left| \frac{u_a}{u_e} \right|$ und

$\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\} (\Omega)$ grafisch dar (einfachlogarithmi-

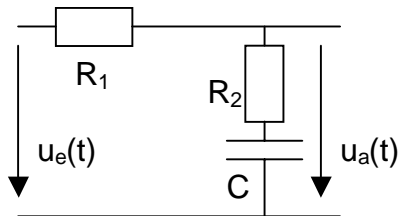
sches Papier).

Bestimmen Sie die Eckfrequenz Ω_{Eck} und Ω_0 für $|\varphi| = \pi/4$.

Bestimmen Sie

$\frac{u_a}{u_e} (\Omega)$ $\left| \frac{u_a}{u_e} \right| (\Omega)$ $\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\} (\Omega)$

17. ZWEITOR



mit $\Omega = \omega R_1 C$ und $k = \frac{R_2}{R_1}$.

Stellen Sie $20 \cdot \lg \left(\left| \frac{u_a}{u_e} \right| \right) = \text{dB} \left| \frac{u_a}{u_e} \right|$ und

$\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\} (\Omega)$ grafisch dar (einfachlogarithmi-

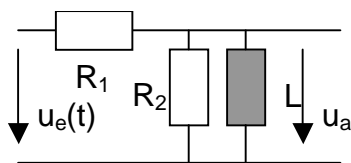
sches Papier).

Bestimmen Sie die Eckfrequenzen Ω_{Eck} und Ω_0 für $|\varphi| = \pi/4$.

Bestimmen Sie

$\frac{u_a}{u_e} (\Omega)$ $\left| \frac{u_a}{u_e} \right| (\Omega)$ $\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\} (\Omega)$

18. ZWEITOR



mit $\Omega = \omega \frac{L}{R_1}$ und $k = \frac{R_2}{R_1}$.

Stellen Sie $20 \cdot \lg \left(\left| \frac{u_a}{u_e} \right| \right) = \text{dB} \left| \frac{u_a}{u_e} \right|$ und

$\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\} (\Omega)$ grafisch dar (einfachlogarithmi-

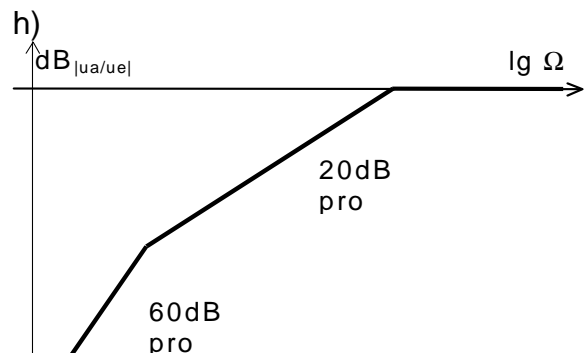
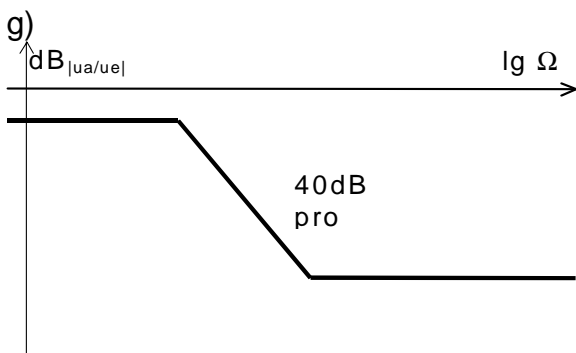
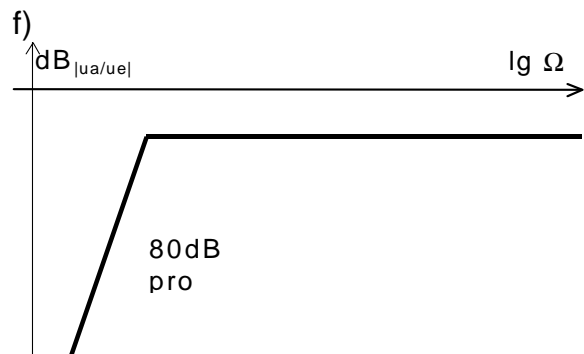
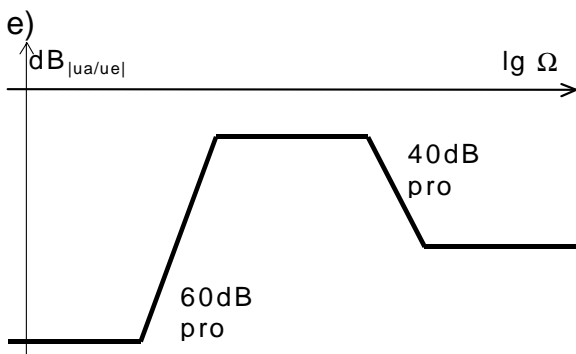
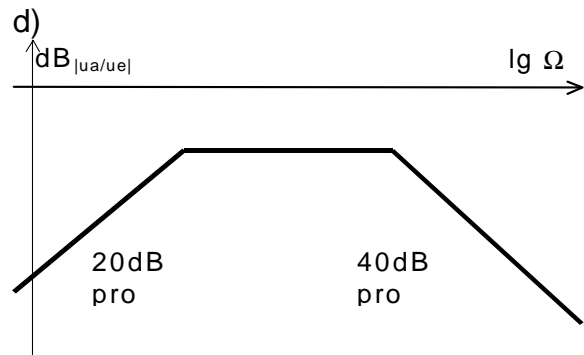
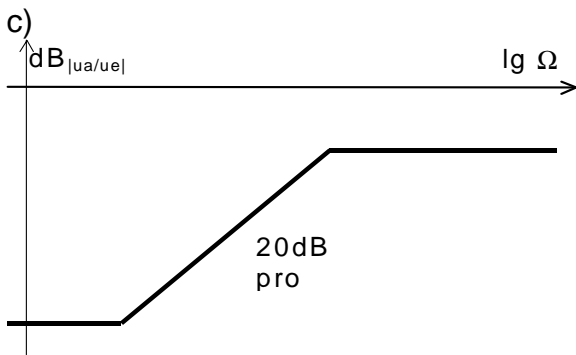
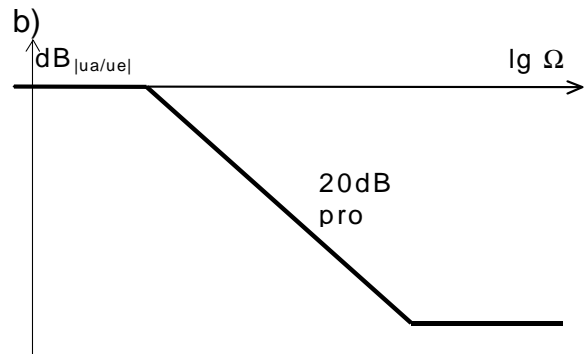
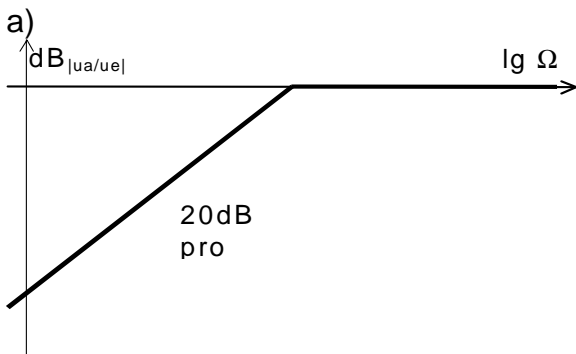
sches Papier).

Bestimmen Sie die Eckfrequenzen Ω_{Eck} und Ω_0 für $|\varphi| = \pi/4$.

Bestimmen Sie

$\frac{u_a}{u_e} (\Omega)$ $\left| \frac{u_a}{u_e} \right| (\Omega)$ $\varphi \left\{ \frac{u_a}{u_e} \right\} (\Omega)$

19. Suchen Sie zu den unten gegebenen Amplitudengängen die zugehörige Schaltung aus R-L und R-C Kombinationen, sowie die Phasengänge und Ortskurven.



1.2 Lösungen

$$1. \quad \begin{array}{ll} \text{a)} & Z = R + \frac{1}{j\omega C} \quad \frac{Z}{R} = \frac{1 + j\Omega}{j\Omega} \\ \text{c)} & Z = \frac{R}{1 + j\omega RC} \quad \frac{Z}{R} = \frac{1}{1 + j\Omega} \end{array} \quad \begin{array}{ll} \text{b)} & Z = R + j\omega L \quad \frac{Z}{R} = 1 + j\Omega \\ \text{d)} & Z = \frac{R \cdot j\omega L}{R + j\omega L} \quad \frac{Z}{R} = \frac{j\Omega}{1 + j\Omega} \end{array}$$

$$2. \quad \Omega = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{Z_{PQ}}{R}\right)^2 - 1}} = 0,67593 \quad f = 87,32 \text{ Hz} \quad \varphi = -0,976 \text{ rad} \triangleq -55,94^\circ$$

$$3. \quad \text{a)} |Z_{AB}| = 1,1 \text{ k}\Omega \quad \text{b)} \varphi_1 = 1,151 \text{ rad} \triangleq 65,93^\circ \quad \text{c)} f = 26,86 \text{ kHz} \quad \text{d)} \varphi_1 = 0,7854 \text{ rad}$$

$$4. \quad \begin{array}{lll} \text{aa)} & |Z_{XY}|_1 = 47,28 \text{ k}\Omega & \text{ab)} |Z_{XY}|_{0,1} = 21,67 \text{ k}\Omega \\ \text{ba)} & \varphi_1 = -0,3396 \text{ rad} \triangleq -19,457^\circ & \text{bb)} \varphi_{0,1} = -0,8138 \text{ rad} \triangleq -46,63^\circ \\ \text{bc)} & \varphi_1 = -0,046 \text{ rad} \triangleq -2,64^\circ & \end{array}$$

$$5. \quad \frac{Z_{AB}}{R} = \frac{(1 - \Omega^2) + j \cdot 4\Omega}{-2\Omega \cdot (\Omega - j)} \quad |Z_{AB}|_1 = 54,37 \text{ k}\Omega \quad \varphi_1 = -0,785 \text{ rad} \triangleq -45^\circ$$

$$f_2 = 4,85 \text{ kHz} \quad \varphi_2 = 0,7374 \text{ rad} \triangleq -42,25^\circ$$

$$6. \quad Z_{AB} = 100 \Omega - j 625 \Omega \quad Z_{XY} = (220 + j 48) \Omega$$

$$7. \quad |Z| = 244,36 \Omega$$

$$10. \quad \frac{u_a}{u_e} = \frac{L_2}{L_1 + L_2} = \frac{2}{3} \quad u_a(t) = \frac{2\hat{u}}{3} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)$$

$$11. \quad \frac{u_a}{u_e} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{1}{3} \quad u_a(t) = \frac{\hat{u}}{3} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$12. \quad \frac{u_a}{u_e} = \frac{R}{R + j\omega L} = \frac{1}{1 + j\Omega} \quad \varphi = -\arctan(\Omega) \quad \Omega_{\text{Eck}} = \Omega_0 = 1$$

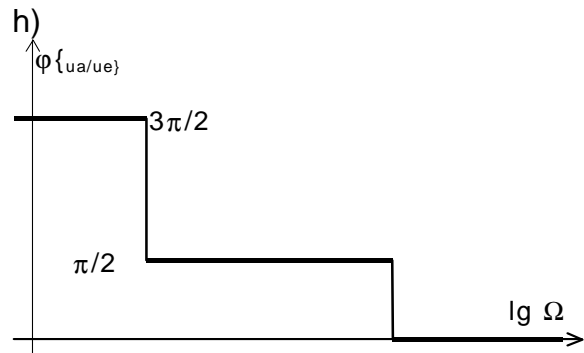
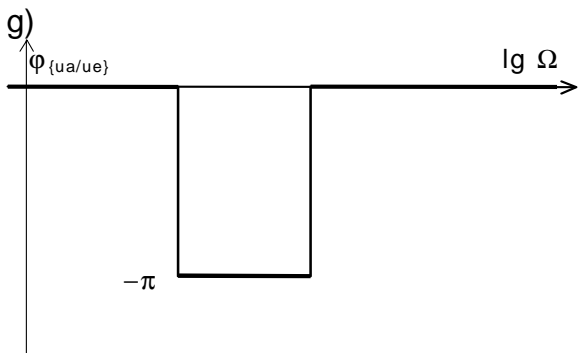
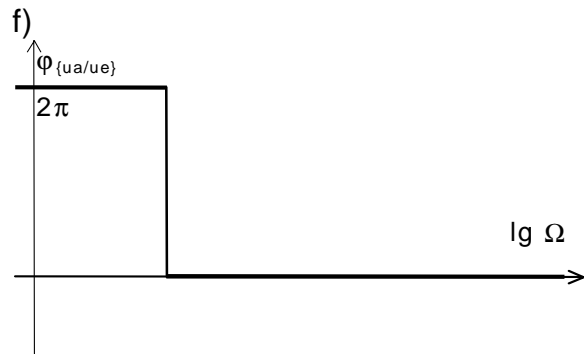
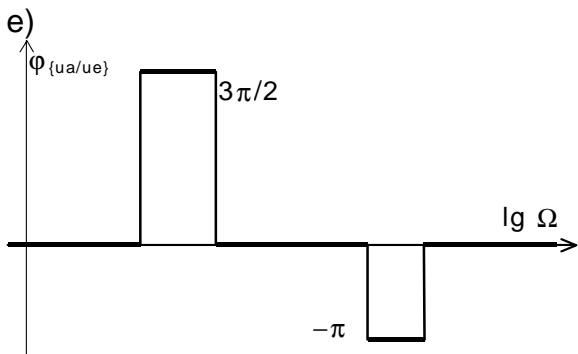
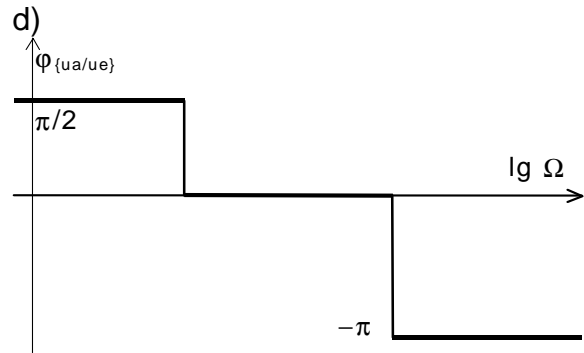
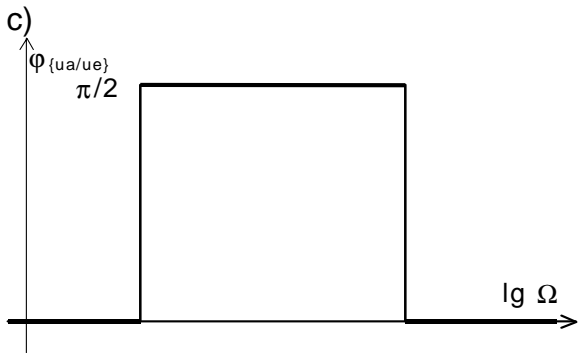
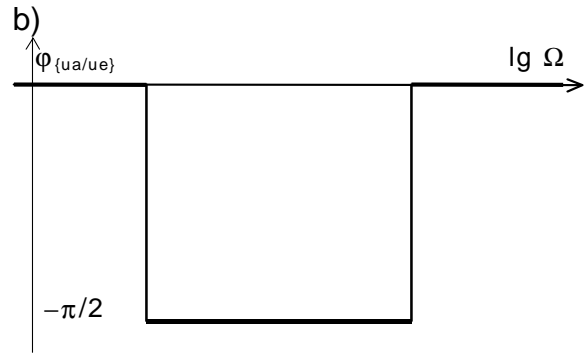
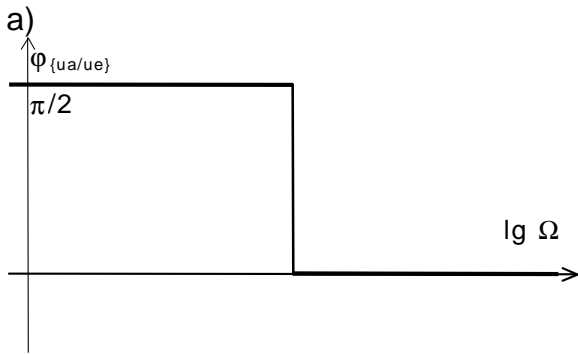
$$13. \quad \frac{u_a}{u_e} = \frac{R_2}{R_2 + R_1 + j\omega R_1 R_2 C} = \frac{1}{1 + \frac{1}{k} + j \cdot \Omega} \quad \varphi = -\arctan\left(\frac{k\Omega}{1+k}\right)$$

$$14. \quad \frac{u_a}{u_e} = \frac{R_2 + j\omega R_1 R_2 C}{R_1 + R_2 + j\omega R_1 R_2 C} = \frac{1 + j \cdot k\Omega}{1 + k + j \cdot k\Omega} \quad \varphi = \arctan\left(\frac{k^2\Omega}{1+k+k^2\Omega^2}\right)$$

$$15. \quad \frac{u_a}{u_e} = \frac{R_2}{R_2 + R_1 + j\omega L} = \frac{1}{1+k+j \cdot \Omega} \quad \varphi = -\arctan\left(\frac{\Omega}{1+k}\right)$$

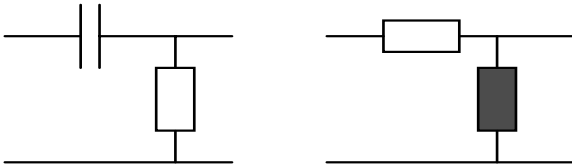
$$16. \quad \frac{u_a}{u_e} = \frac{R_2 + j\omega L}{R_2 + R_1 + j\omega L} = \frac{k + j \cdot \Omega}{1+k+j \cdot \Omega} \quad \varphi = \arctan\left(\frac{\Omega}{k \cdot (1+k) + \Omega^2}\right)$$

19. Suchen Sie zu den unten gegebenen Amplitudengängen die zugehörige Schaltung aus R-L und R-C Kombinationen, sowie die Phasengänge und Ortskurven.

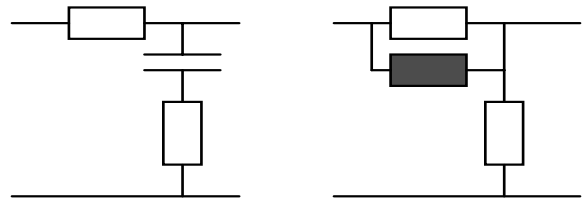


19. Suchen Sie zu den unten gegebenen Amplitudengängen die zugehörige Schaltung aus R-L und R-C Kombinationen, sowie die Phasengänge und Ortskurven.

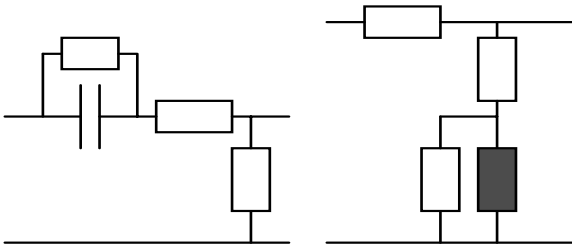
a)



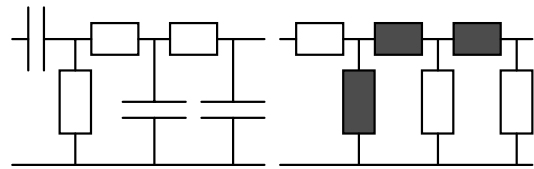
b)



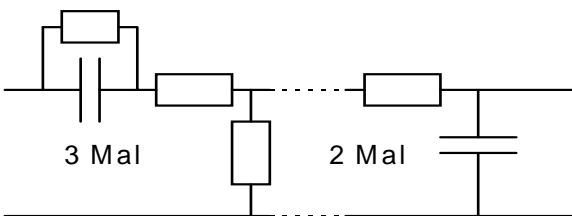
c)



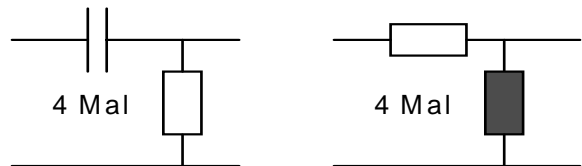
d)



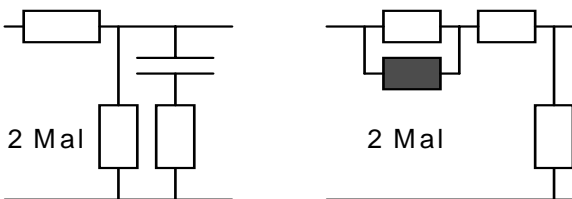
e)



f)



g)



h)

