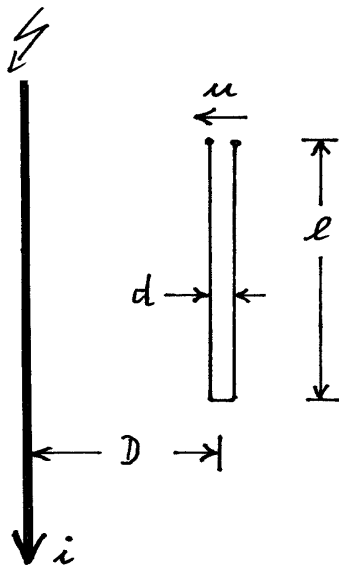


1.) (03/04 - 1)



Eine $l = 4 \text{ m}$ lange Verbindungsleitung, deren Leiter voneinander einen Abstand $d = 2 \text{ cm}$ haben, ist im Abstand $D = 3 \text{ m}$ parallel zu einem Blitzableiter verlegt. (Siehe Skizze).

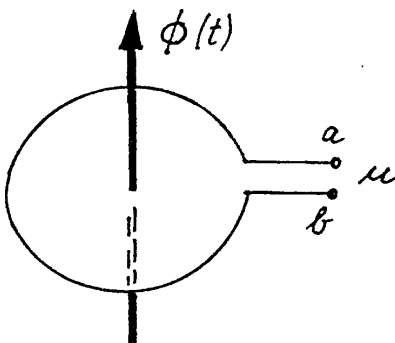
$$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/(Am)}$$

Welche Spannung u (Betrag !) wird induziert, wenn der Blitzstrom i linear in $0,6 \mu\text{s}$ auf 15 kA ansteigt ?

Ist die Spannung während dieser Zeit positiv oder negativ? (Begründung !)

(Ergebnis: $u = 134 \text{ V}$ - negativ)

2.) (99-1)



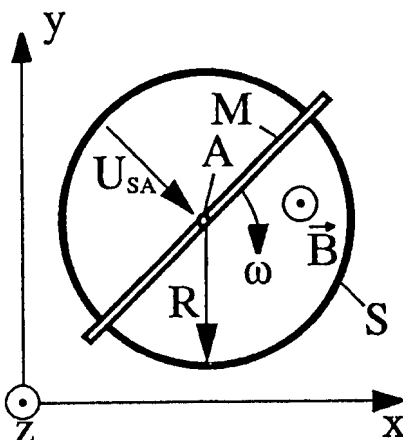
Eine Drahtschleife ($N=1$) wird von einem zeitlich veränderlichen Fluss durchsetzt.

$$\Phi(t) = \Phi_0 \cdot (1 - e^{-t/T}) \quad \text{mit} \quad \Phi_0 = 60 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}$$

und $T = 1 \text{ ms}$

- berechnen Sie die Spannung u für $t = 0,5 \cdot T$!
- Geben Sie die Polarität der Anschlussklemmen der Drahtschleife a-b für diesen Zeitpunkt an und begründen Sie ihre Angabe! (Ergebnis: $u = 36,4 \text{ mV}$, Klemme a: +)

3) (00/01-4)



Ein Metallstab M rotiert um die Achse A mit der Winkelgeschwindigkeit ω . Der Metallstab schleift auf dem Metallring S . Senkrecht zu dem Metallstab und Metallring wirkt eine homogene magnetische Flussdichte

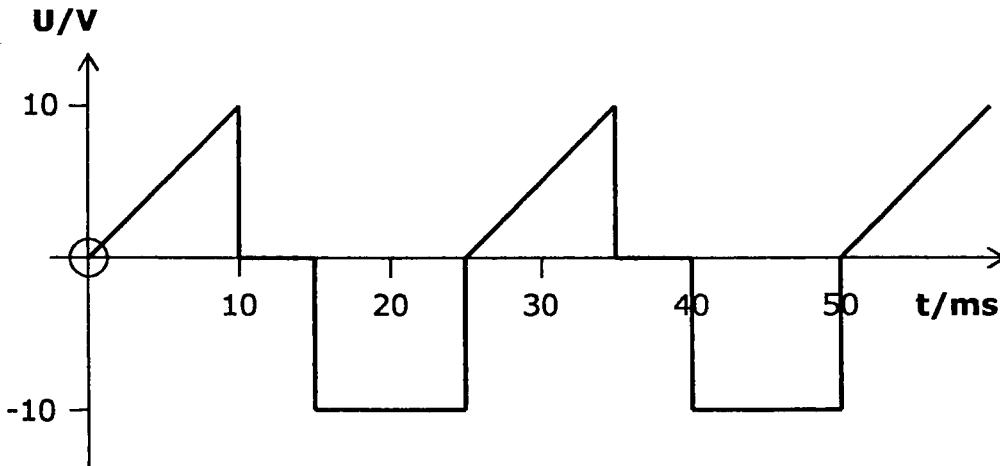
$$\vec{B} = B_z \cdot \vec{e}_z$$

Zwischen Schleifring und Achse wird eine Gleichspannung U_{SA} gemessen. Berechnen Sie die Flussdichte B_z .

$$R = 2 \text{ cm}; \quad \omega = 100 \cdot \pi; \quad U_{SA} = 25 \text{ mV.}$$

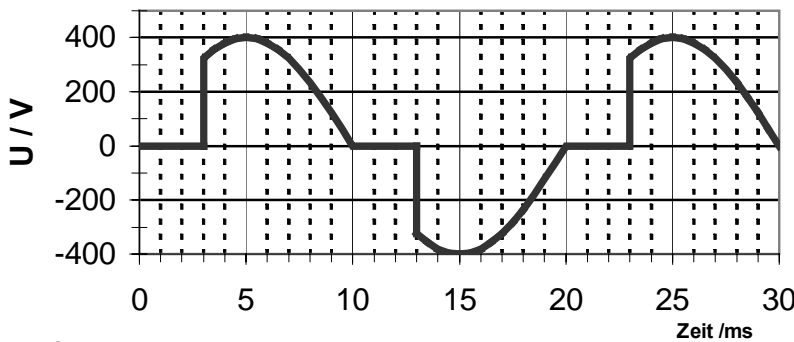
(Ergebnis: $B_z = - 0.398 \text{ Vs/m}^2$)

4) (03-2) Gegeben ist die dargestellte Spannung:



- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| a) Ermitteln Sie die Frequenz der Grundschwingung! | Ergebnis: 40 Hz |
| b) Berechnen Sie den Gleichrichtwert der Spannung! | 6 V |
| c) Berechnen Sie den Effektivwert der Spannung! | 7,3 V |
| d) Berechnen Sie den Formfaktor der Spannung! | 1,22 |
| e) Nun wird die dargestellte Spannung an einen ohmschen Widerstand von 100 Ω angelegt. Welche Verlustleistung tritt im Widerstand auf? | 0,53 W |

5) (01/02-3)



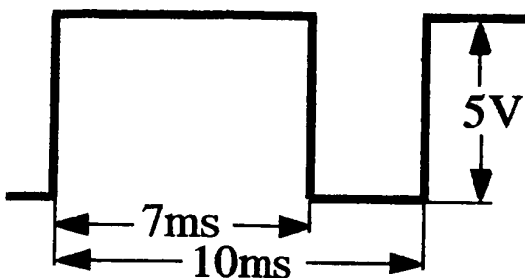
Sinusspannung mit Phasenanschnitt

Berechnen Sie den Effektivwert dieser Sinus-Spannung mit Phasenanschnitt.

Es gilt:
 $\sin^2 x = 0,5 - 0,5 \cdot \cos(2x)$

Ergebnis: 261 V

6) (02-2)



Gegeben ist eine periodische Rechteckspannung mit der Periodendauer von 10 ms. Berechnen Sie den Effektivwert, wenn der arithmetische Mittelwert gleich Null ist.

Ergebnis: 2,29 V

Blatt 13 Reihen- u. Parallelschaltung
Wechselstromleistung, Wirk- u. Blindstrom
Komplexe Wechselstromrechnung

1) Der Eingangswiderstand eines linearen Zweipols beträgt bei der Frequenz $f = 800 \text{ Hz}$ $Z = 600 \Omega$, sein Phasenwinkel ist $\varphi = 30^\circ$ induktiv.

- a) Berechnen Sie die Schaltelemente R_r und L_r der gleichwertigen Reihenersatzschaltung !
- b) Berechnen Sie die Schaltelemente R_p und L_p der gleichwertigen Parallelersatzschaltung !
- c) Wie ändern sich die Scheinersatzwiderstände (Betrag und Phase) beider Ersatzschaltungen, wenn die Frequenz $f' = 600 \text{ Hz}$ beträgt ?

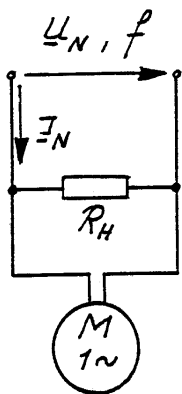
Ergebnisse: a) $R_r = 520 \Omega$, $L_r = 60 \text{ mH}$; b) $R_p = 693 \Omega$, $L_p = 239 \text{ mH}$;
c) Reihe: $Z' = 567 \Omega$; $\varphi' = 23,5^\circ$ Parallel: $Z' = 549 \Omega$; $\varphi' = 37,6^\circ$

2) An einem Verbraucher liegt die Spannung $u(t) = 310 \text{ V} \cdot \sin(\omega t + 55^\circ)$ an, er nimmt einen Strom von $i(t) = 8,5 \text{ A} \cdot \cos(\omega t)$ auf.

- a) Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf des Momentanwertes der Verbraucherleistung
- b) Berechnen Sie die Schein- Wirk- und Blindleistung

Ergebnisse: a) $p(t) = 1079 \text{ W} + 1318 \text{ W} \cdot \sin(2\omega t + 0,96 \text{ rad})$; b) $S = 1318 \text{ VA}$; $P = 1079 \text{ W}$; $Q = -756 \text{ var}$

3) (02-3) Blindleistungskompensation



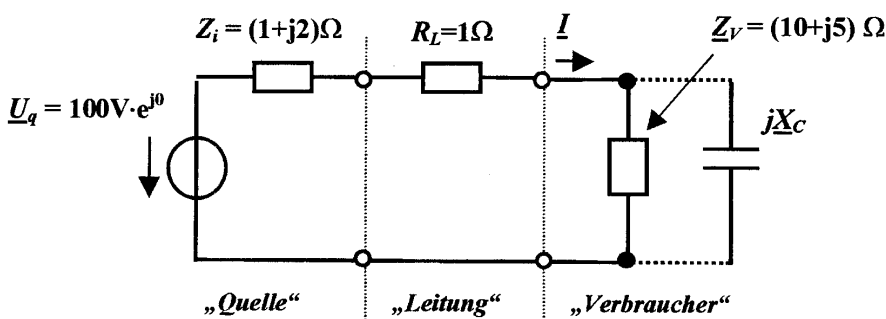
Die Daten der beiden Verbraucher am Einphasen-Wechselstromnetz sind:

Heizwiderstand R_H : $P_H = 1,5 \text{ kW}$;
Motor M: aufgenommene Leistung $P_{\text{auf}} = 2,5 \text{ kW}$;
Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,7$;
 $U_N = 230 \text{ V}$; $f = 50 \text{ Hz}$;

- a) Wie groß ist der dem Netz entnommene Strom I_N ?
- b) Welche Phasenverschiebung hat der Strom I_N zu der Spannung U_N ?
- c) Welche Kapazität muss ein Kondensator, parallel zu den Verbrauchern geschaltet, haben, damit der Blindstrom voll kompensiert wird?

a) $20,6 \text{ A}$ b) $32,52^\circ$ c) $153,6 \mu\text{F}$

4) (02-3)



Die Skizze zeigt ein System zur elektrischen Energieübertragung bestehend aus Quelle, Leitung und Verbraucher. Das System soll mit einem parallel geschalteten Kondensator X_C so optimiert werden, dass die Leitungsverluste P_{RL}

minimal werden. Bestimmen Sie X_C so, dass der Blindleistungsbedarf des Verbrauchers verschwindet. Berechnen Sie die Verlustleistung P_{VRL} der Leitung und die Wirkleistung P_W im Verbraucher.

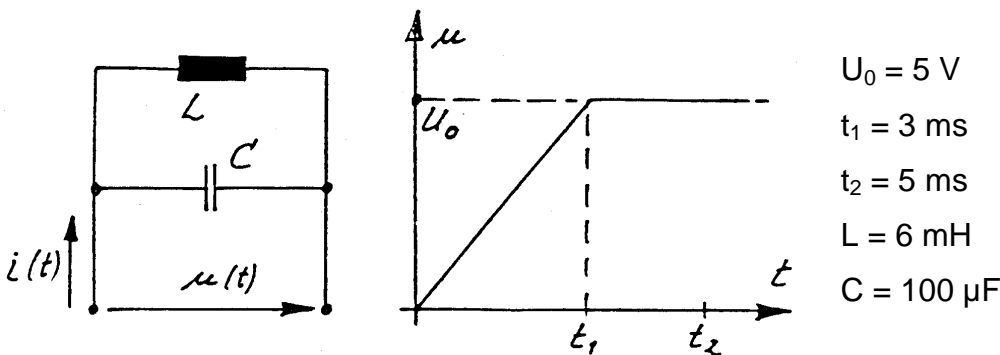
Ergebnisse: $X_C = -25 \Omega$; $P_{VRL} = 46,7 \text{ W}$; $P_W = 583 \text{ W}$

5) Ein Einphasen- Wechselstrommotor liegt an einer Spannung von 230 V - 50 Hz und gibt eine Leistung von 2 kW ab, wobei sein Wirkungsgrad $\eta = 80 \%$ und sein Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,7$ beträgt.

- Wie groß ist die Stromaufnahme des Motors ?
- Welche Kapazität muss parallelgeschaltet werden, um eine Blindstromkompensation auf $\cos \varphi = 0,9$ zu erreichen?
- Wie groß ist der dem Netz bei $\cos \varphi = 0,9$ entnommene Strom ?

Ergebnisse: a) 15,5 A b) 80,6 μ F c) 12,1 A

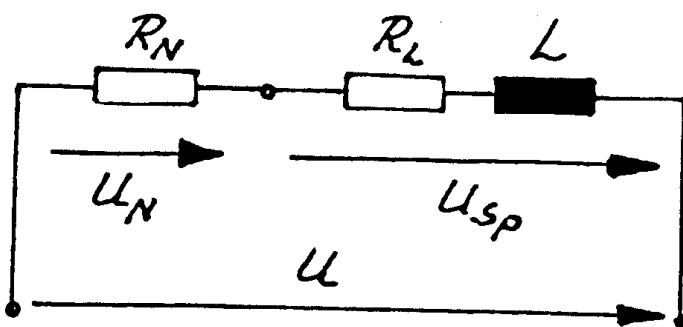
6) (90/91-6)



An der Parallelschaltung von L und C liegt die Spannung $u(t)$ (sh. Diagramm). Bei $t = 0$ ist $i_L = 0$. Berechnen Sie den Strom i bei $t = t_2$!

Ergebnis: $i(t_2) = 2,92 \text{ A}$

7) (92-2)



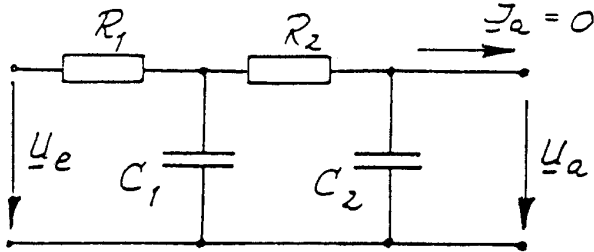
Aus den drei gemessenen sinusförmigen Spannungen U , U_N , und U_{sp} lassen sich die Werte R_L und L einer Spule bestimmen.

Es sind bekannt:
 $U = 100 \text{ V}$
 $U_N = 60 \text{ V}$ $U_{sp} = 70 \text{ V}$
 $R_N = 60 \Omega$; $f = 50 \text{ Hz}$.

- Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm der Spannungen!
- Bestimmen Sie R_L und L !

$R_L = 12,5 \Omega$; $L = 0,219 \text{ H}$

1) (95/95-2)



Gegeben ist die Ausgangsspannung

$$\underline{U}_a = 5 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$$

und $R_1 = R_2 = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{\omega C_2} = 1 \text{ k}\Omega$

Zeichnen Sie ein maßstäbliches Zeigerdiagramm aller Spannungen und aller Ströme!

Maßstäbe: $1 \text{ cm} \hat{=} 1 \text{ V}$ $1 \text{ cm} \hat{=} 1 \text{ mA}$

Entnehmen Sie dem Zeigerdiagramm Betrag und Phasenwinkel der Spannung \underline{U}_e !

Ergebnis: $\underline{U}_e = 15 \text{ V} \cdot e^{j90^\circ}$

2) (03/04-2)

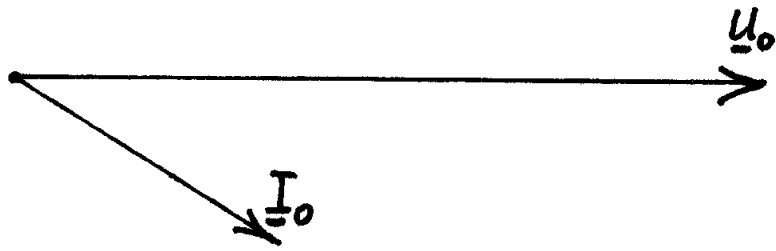
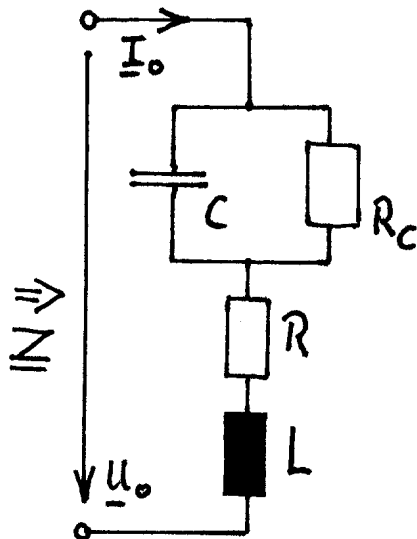


Bild 2

Von der Schaltung (Bild 1) sind die Zeiger \underline{U}_o und \underline{I}_o gegeben (Bild 2).

a) Ist der Gesamtwiderstand \underline{Z} induktiv, ohmsch oder kapazitiv ? (Stichwortartige Begründung !)

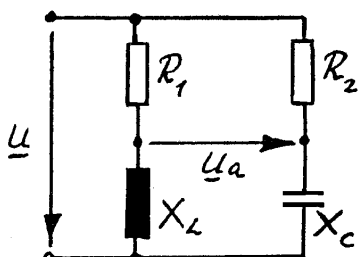
b) Vervollständigen Sie Bild 2 zu einem qualitativen Zeigerdiagramm aller Ströme und Spannungen.

Bild 1

(Rechte Winkel oder Parallelen sind zu kennzeichnen.

Alle Ströme und Spannungen müssen im Schaltbild (Bild1) und im Zeigerbild unmissverständlich benannt werden.)

3) (93/94 - 2)



Zeichnen Sie zu der abgebildeten Brückenschaltung ein maßstäbliches Zeigerdiagramm aller Ströme und Spannungen.

Entnehmen Sie dem Zeigerdiagramm die Spannung \underline{U}_a und geben Sie von dieser Spannung Betrag und Phasenwinkel an.

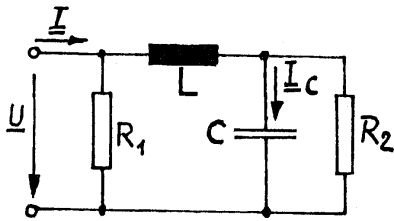
Maßstäbe: $10 \text{ V} \hat{=} 1 \text{ cm}$ $0,2 \text{ A} \hat{=} 1 \text{ cm}$

$$\underline{U} = 150 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$$

$$R_1 = 100 \Omega ; \quad R_2 = 80 \Omega ; \quad X_L = 200 \Omega ; \quad X_C = -120 \Omega$$

Ergebnis = $130 \text{ V} \cdot e^{j83^\circ}$

4) (90 - 3)



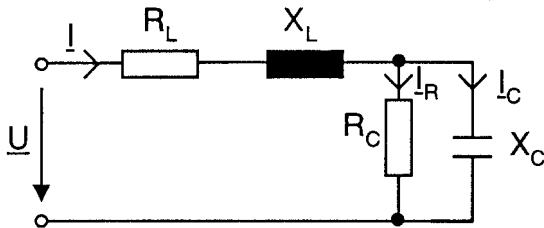
Zeichnen Sie für das abgebildete Netzwerk ein maßstäbliches Zeigerdiagramm aller Spannungen und Ströme.
Wie groß muss der Widerstand R_1 , sein damit der Strom \underline{I} der Spannung \underline{U} um 30° nacheilt ($\varphi_u - \varphi_i = 30^\circ$)

$$R_2 = |X_L| = |X_C| = 10 \text{ k}\Omega \quad \underline{I}_C = 1 \text{ mA} \cdot e^{j90^\circ}$$

$$\text{Maßstäbe: } 1 \text{ V} \hat{=} 0,8 \text{ cm} \quad 1 \text{ mA} \hat{=} 1 \text{ cm}$$

$$R_1 = 13,9 \text{ k}\Omega$$

5)



Von der nebenstehenden Zeichnung ist gegeben:

$$R_L = 20 \Omega \quad X_L = 20 \Omega ; \quad R_C = 200 \Omega ;$$

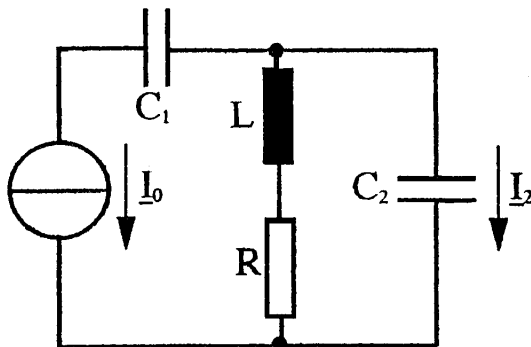
$$X_C = -100 \Omega \quad \underline{U} = 230 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$$

Gesucht sind

- Der Eingangswiderstand Z der Schaltung nach Betrag und Phasenwinkel
- Sämtliche Ströme und Spannungen nach Betrag und Phasenwinkel
- Wirk- Blind- und Scheinleistungsaufnahme der Schaltung
- Qualitatives Zeigerdiagramm aller Ströme und Spannungen unter der Annahme, dass sich die Gesamtschaltung induktiv verhält.

$$\text{Ergebnisse: a) } 84,5 \Omega \cdot e^{j45^\circ} \quad \text{b) } 2,71 \text{ A} \cdot e^{j45^\circ} \quad \text{c) } S = 623 \text{ VA} \quad P = 441 \text{ W} \quad Q = -441 \text{ var}$$

1) (92-1)



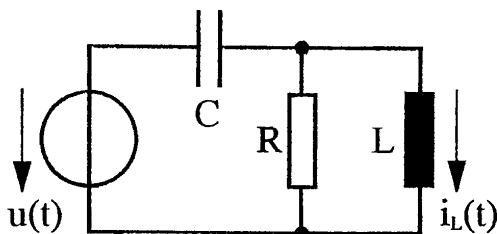
Berechnen sie den Strom \underline{I}_2 .

$\underline{I}_0 = 3 \text{ mA} \cdot e^{-j30^\circ}$; $C_1 = 1,2 \text{ nF}$; $L = 100 \mu\text{H}$;
 $R = 9,3 \Omega$; $C_2 = 820 \text{ pF}$; $f = 570 \text{ kHz}$.

Ergebnis: $\underline{I}_2 = 53,9 \text{ mA} \cdot e^{j176,3^\circ}$

(kann I_2 größer als I_0 sein ? wenn ja, warum ?)

2) (93/04 - 4)



Bestimmen Sie den momentanen Strom $\hat{i}_L(t)$ zum Zeitpunkt $t = t_1$

$u(t) = U_0 + \hat{U}_1 \cdot \cos(\omega t + \varphi)$;

$U_0 = 2 \text{ V}$; $\hat{U}_1 = 3 \text{ V}$; $f = 20 \text{ kHz}$; $\varphi = 50^\circ$;

$C = 130 \text{ nF}$; $R = 60 \Omega$; $L = 480 \mu\text{H}$; $t_1 = 26 \mu\text{s}$

Hinweise: An dieser Aufgabe sollen Sie den Übergang von der realen, zeitabhängigen Größe $u(t)$ in komplexe Größen \underline{U} , \underline{I} und \underline{I}_L und wieder zurück in die reale Größe $i_L(t)$ lernen. (Sehr grundsätzliche und wichtige Übung !)

a) Wie wirkt sich der Gleichanteil der Spannung U_0 aus ?

b) Übergang vom Zeitbereich in komplexen "Bild"-Bereich $u(t) \Rightarrow \underline{U}$

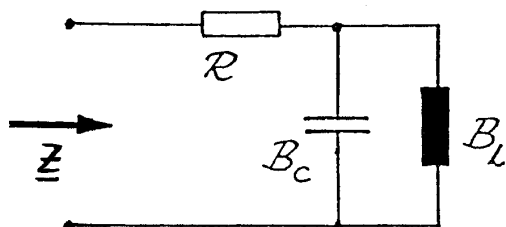
c) Berechnen Sie als Zwischenschritt den komplexen Strom \underline{I}_L !

d) Übergang von komplexen Bereich in Zeitbereich $\underline{I}_L \Rightarrow i_L(t)$

e) Achten Sie auf die Darstellung des Phasenwinkels $\omega t + \varphi$ (in Grad oder rad ?!!)

Ergebnis: $i(26\mu\text{s}) = -25,8 \text{ mA}$

3) (91/92-1)



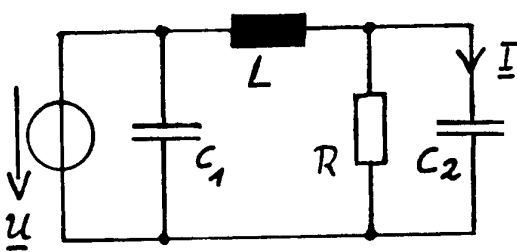
Der Widerstand des abgebildeten Netzwerkes soll

$\underline{Z} = 1 \text{ k}\Omega \cdot e^{j60^\circ}$ sein.

Wie groß müssen R und B_c sein, wenn $B_L = -3,33 \text{ mS}$ ist ?

Ergebnis: $R = 500 \Omega$; $B_c = 2,1 \text{ mS}$

4) (96/97-3)



Berechnen Sie den Strom \underline{I} !

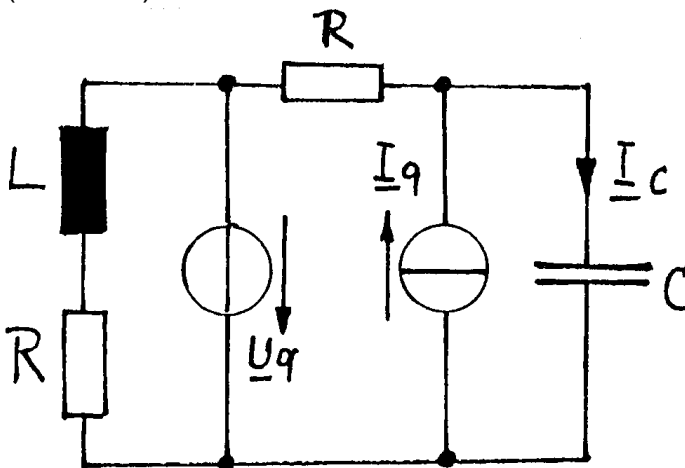
$\underline{U} = 15 \text{ V} \cdot e^{j20^\circ}$; $f = 1 \text{ kHz}$

$C_1 = 9 \mu\text{F}$; $C_2 = 4 \mu\text{F}$;

$R = 20 \Omega$; $L = 2 \text{ mH}$.

Ergebnis: $\underline{I} = 0,406 \text{ A} \cdot e^{+j67,4^\circ}$

5) (89/90 - 5)



Berechnen Sie mit der Überlagerungsmethode den Strom \underline{I}_C !

$R = 10 \Omega$; $L = 50 \text{ mH}$;

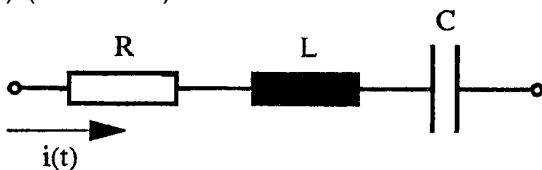
$C = 100 \mu\text{F}$; $f = 50 \text{ Hz}$;

$\underline{U}_q = 5 \text{ V} \cdot e^{+j20^\circ}$

$\underline{I}_q = 2 \text{ A} \cdot e^{-j60^\circ}$

Ergebnis: $\underline{I}_C = 0,643 \text{ A} \cdot e^{j25,8^\circ}$

6) (91/92 - 9)



In der Reihenschaltung fließt der Strom

$$i(t) = \begin{cases} 0 & \text{für } t < 0 \\ \underline{I}_0 \cdot \sin(\omega t) & \text{für } t \geq 0 \end{cases}$$

$R = 12 \Omega$; $L = 1,3 \text{ mH}$; $C = 8,7 \mu\text{F}$; $f = 2 \text{ kHz}$; $\underline{I}_0 = 10 \text{ mA}$

Der Kondensator ist zur Zeit $t = 0$ entladen. Berechnen Sie die momentanen Spannungen an R, L und C zur Zeit $t_1 = 350 \mu\text{s}$.

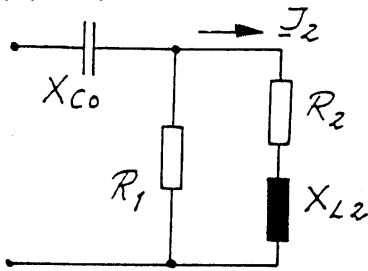
Welche Leistung nimmt die Schaltung in diesem Moment auf ?

Hinweis: Rechnung mit komplexen Größen wäre hier falsch. Warum ?

Ergebnisse: $u_R = -114 \text{ mV}$; $u_L = -50,5 \text{ mV}$; $u_C = +120 \text{ mV}$; $p = +427 \mu\text{W}$

Blatt 16 Komplexe Leistung, Anpassung
Duale Schaltung, Zwei- und Vierpol

1) (93-3)



Von dem Netzwerk sind folgende Daten bekannt:

$X_{C0} = -906 \Omega$; $X_{L2} = 628 \Omega$;

$R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 470 \Omega$;

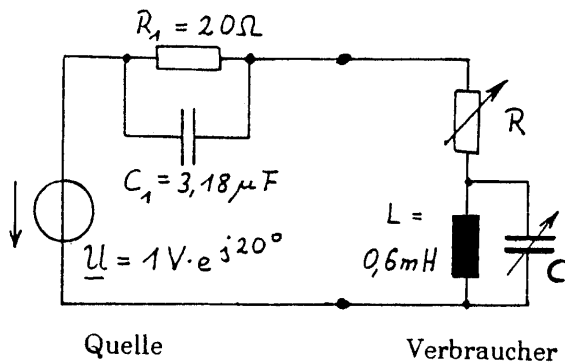
$I_2 = 12 \text{ mA} \cdot e^{j20^\circ}$;

Berechnen Sie Schein- Wirk- und Blindleistung des Netzwerkes!

Ergebnis: $S=243 \text{ mVA}$; $P=141,3 \text{ mW}$; $Q = -198 \text{ mvar}$

Was bedeutet Wirkleistungsanpassung ? Was bedeutet Blindleistungskompensation ?

2) (94/95-4)



Welche Werte müssen R und C annehmen, damit im Verbraucher die maximale Wirkleistung umgesetzt wird ?

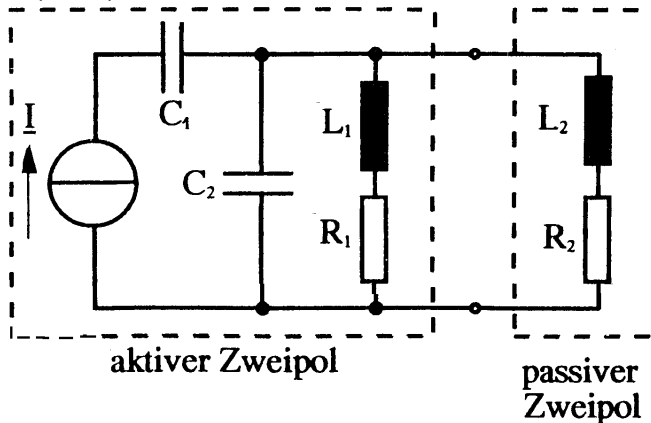
Wie groß ist diese Wirkleistung ?

$f = 1000 \text{ Hz}$

Ergebnis:

$R = 17,3 \Omega$; $C = 19,14 \mu\text{F}$; $P_{\text{max}}=14,5 \text{ mW}$

3) (94-4)



Um wieviel Prozent weicht die in dem passiven Zweipol umgesetzte Wirkleistung von der in dem aktiven Zweipol maximal abgebbaren Wirkleistung ab ?

$C_1 = 2 \text{ nF}$; $C_2 = 3 \text{ nF}$;

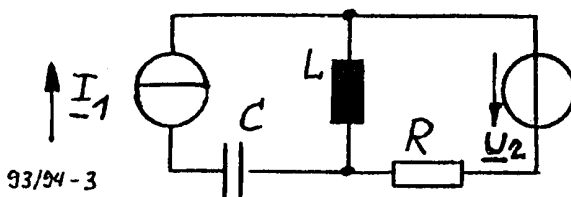
$L_1 = 2,5 \mu\text{H}$; $R_1 = 20 \Omega$;

$L_2 = 3,0 \mu\text{H}$; $R_2 = 15 \Omega$;

$f = 3 \text{ MHz}$

Ergebnis: $\Delta P\% = -78,5 \%$

4) (93/94 3)



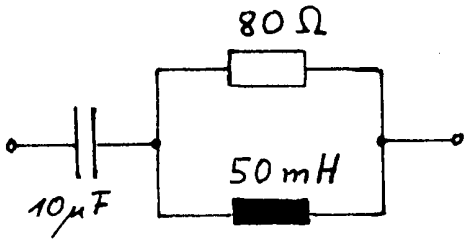
Berechnen Sie die Wirkleistung der Spannungsquelle (U_2). Wird Wirkleistung aufgenommen oder abgegeben ?

$R = 200 \Omega$; $L = 80 \mu\text{H}$; $C = 500 \text{ pF}$;

$f = 1 \text{ MHz}$; $I_1 = 10 \text{ mA} \cdot e^{j60^\circ}$; $U_2 = 3 \text{ V} \cdot e^{-j30^\circ}$

Ergebnis: $P = -16,5 \text{ mW}$ wird abgegeben

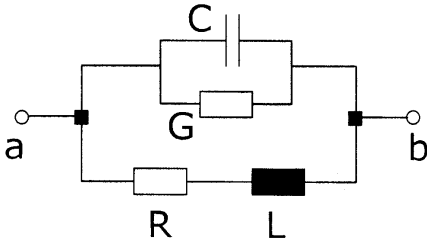
5) (02/03-8)



Berechnen Sie zu der gegebenen Schaltung die duale Schaltung mit der Dualitätskonstanten $R_D^2 = 10\,000\ \Omega^2$ (Schaltbild und Bauelemente).

Ergebnis: $R_2 = 125\ \Omega$; $L_2 = 100\ \text{mH}$; $C_2 = 5\ \mu\text{F}$

6) (03/04-5)



$R = 20\ \Omega$

$L = 1\ \text{mH}$

$C = 100\ \text{nF}$

$G = 2\ \text{mS}$

a) Geben Sie das duale Schaltbild für den Zweipol a-b an und berechnen Sie dessen Elemente für $R_D^2 = (100\ \Omega)^2$.

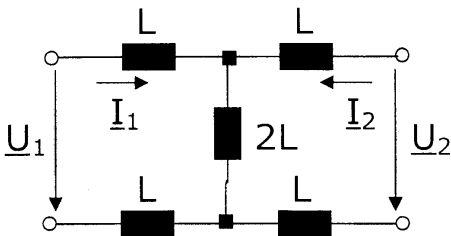
b) Welches verlustbehaftete Bauelement stellt die Reihenschaltung R und L dar?

c) Welches verlustbehaftete Bauelement stellt die Parallelschaltung G und C dar?

d) Interpretieren Sie das Ergebnis der Bauelementgrößen der beiden dualen Schaltungen in Bezug auf verlustbehaftete Bauelemente.

Ergebnisse: $R_G = 20\ \Omega$; $L_C = 1\ \text{mH} (= L)$; $G_R = 2\ \text{mS} (= G)$; $C_L = 100\ \text{nF} (= C)$

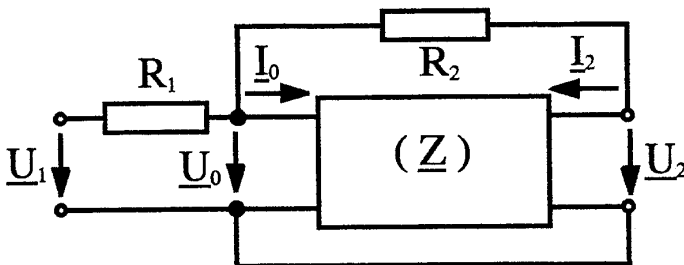
7) (03/04 - 6)



a) Bestimmen Sie die Y-Parameter des Vierpols in Abhängigkeit von L.

b) dto. Z-Parameter

8) (00-5)



$R_1 = 300\ \Omega$; $R_2 = 600\ \Omega$;

$\underline{U}_1 = 1,5\ \text{V}$

$\underline{Z}_{11} = 100\ \text{k}\Omega$

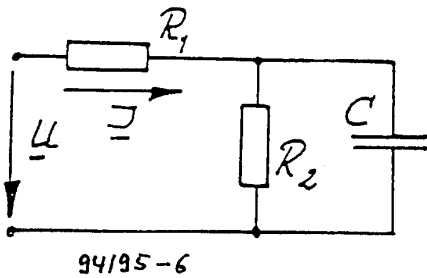
$\underline{Z}_{21} = -2\ \text{M}\Omega$

Die Z-Matrix des Vierpols ist gegeben:

$$\begin{bmatrix} \underline{U}_0 \\ \underline{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Z}_{11} & 0 \\ \underline{Z}_{21} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{I}_0 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix}$$

Berechnen Sie \underline{U}_0 (Ergebnis: $\underline{U}_0 = 0,1304\ \text{V}$)

1) (94/95) - 6



Konstruieren Sie die Stromortskurve $\underline{I} = g(f)$ von dem abgebildeten Netzwerk! Entnehmen Sie der Stromortskurve den Strom \underline{I} für $f = 2,5 \text{ kHz}$!

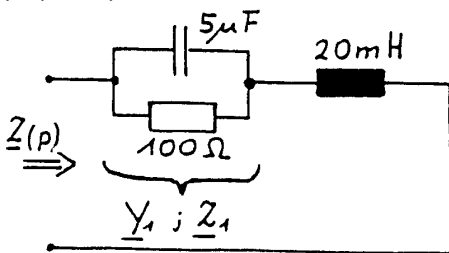
Gegeben sind: $R_1 = 15 \Omega$; $R_2 = 50 \Omega$; $C = 1,59 \mu\text{F}$;

$0,5 \text{ kHz} \leq f \leq 2,5 \text{ kHz}$; $\underline{U} = 10 \text{ V} = \text{konstant}$;

Maßstäbe: $5 \text{ mS} \hat{=} 1 \text{ cm}$ $10 \Omega \hat{=} 1 \text{ cm}$

Ergebnis: $\underline{I}(2,5\text{kHz}) = (193 + j136) \text{ mA}$

2) (94-9)



Parameter p: $\omega = p \cdot \omega_0$

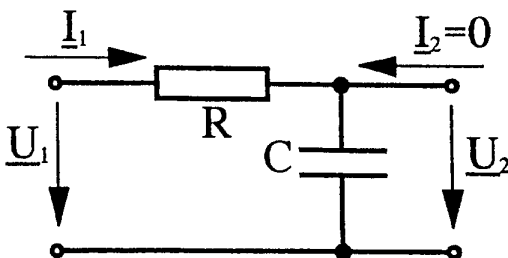
mit $\omega_0 = 1000 \text{ s}^{-1}$

Konstruieren Sie graphisch für den dargestellten Zweipol die Leitwertortskurve $\underline{Y}_1(p)$, die Widerstandsartskurve $\underline{Z}_1(p)$, und schließlich die Widerstandsartskurve $\underline{Z}(p)$. Be-

ziffern Sie jeweils die Punkte $p=0$; $p=1$; $p=3$ und den

Grenzwert $p \rightarrow \infty$. Maßstäbe: $1 \text{ cm} \hat{=} 10 \Omega$; $1 \text{ cm} \hat{=} 2,5 \text{ mS}$.

3) (93-8)



a) Zeichnen Sie maßstäblich die Ortskurve für das Spannungsverhältnis $\underline{U}_2/\underline{U}_1$ in Abhängigkeit von der Frequenz f .

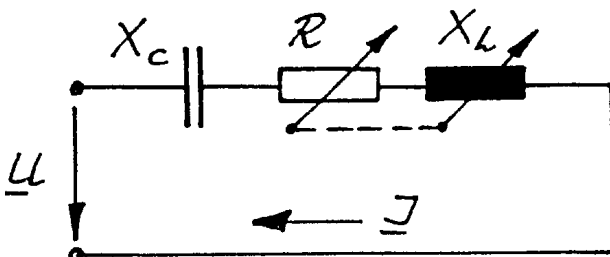
b) geben Sie die Grenzfrequenz der Schaltung an.

c) Wie groß ist die Dämpfung des Vierpols für die Frequenz $f = 1,2 \text{ kHz}$ (falls in Vorlesung behandelt: in dB)

$R = 16 \text{ k}\Omega$; $C = 12 \text{ nF}$; $200 \text{ Hz} \leq f \leq 1,2 \text{ kHz}$

(Ergebnisse: b) 829 Hz c) -4,9 dB)

4) (93/94-9)



Konstruieren Sie die Stromortskurve $\underline{I} = f(p)$ zu der abgebildeten Schaltung für $0 \leq p \leq 1$!

Es ist $\underline{Z}_{RL} = p \cdot (R_0 + jL_0)$. Die Parameterwerte $p = 0$; $0,25$; $0,5$; $0,75$ und 1 sind zu markieren.

Für welches p wird $I = I_{\text{max}}$?

Geben Sie diesen Stromwert an.

Gegeben sind: $\underline{U} = U = 10 \text{ V}$; $X_C = -3 \text{ k}\Omega$;

$R_0 = 6 \text{ k}\Omega$; $X_{L0} = 8 \text{ k}\Omega$.

Maßstäbe:

$1 \text{ cm} \hat{=} 1 \text{ k}\Omega$; $1 \text{ cm} \hat{=} 50 \mu\text{S}$.

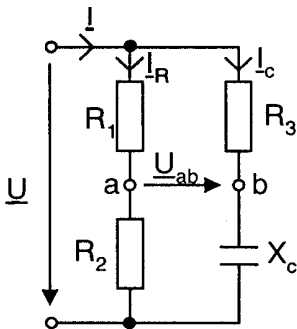
Ergebnis: $I_{\text{max}} = 5,55 \text{ mA}$

5) (02-7) (Einzige Übungsaufgabe zum Thema Widerstandstransformation)

Ein Verbraucher mit $\underline{Z}_v = (6 + j4) \text{ k}\Omega$ soll mit Hilfe von zwei Blindwiderständen so an eine Spannungsquelle mit dem Innenwiderstand $\underline{Z}_i = (3 + j1,5) \text{ k}\Omega$ angepasst werden, dass er die größtmögliche Wirkleistung aufnimmt. Bestimmen Sie zeichnerisch die hinzuzuschaltenden Blindwiderstände (Art und Größe) einer möglichen Schaltung und skizzieren Sie ihre Zusammenschaltung mit \underline{Z}_v . (Maßstab: $1 \text{ cm} \triangleq 1 \text{ k}\Omega$).

(Ergebnisse: $X_{LP} = 12,2 \text{ k}\Omega$; $X_{CS} = -5,6 \text{ k}\Omega$ oder $X_{CP} = -4,2 \text{ k}\Omega$; $X_{LS} = 2,6 \text{ k}\Omega$)

6) (Brücken)

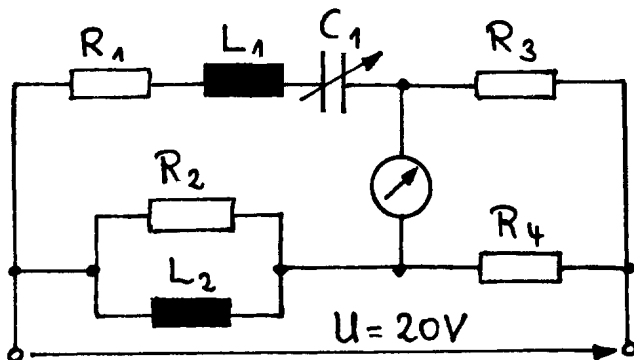


a) Gegeben: $R_1 = R_2 = R_3 = |X_C| = 1 \text{ k}\Omega$; $\underline{U} = 200 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$

Gesucht: Spannung \underline{U}_{ab} zwischen den Klemmen a-b nach Betrag und Phasenwinkel (Ergebnis: $\underline{U}_{ab} = 100 \text{ V} \cdot e^{+j90^\circ}$)

b) Qualitatives Zeigerdiagramm aller Ströme und Spannungen. (Qualitativ, d.h. alle Bauteilwerte verschieden)

7) (03/04-3)

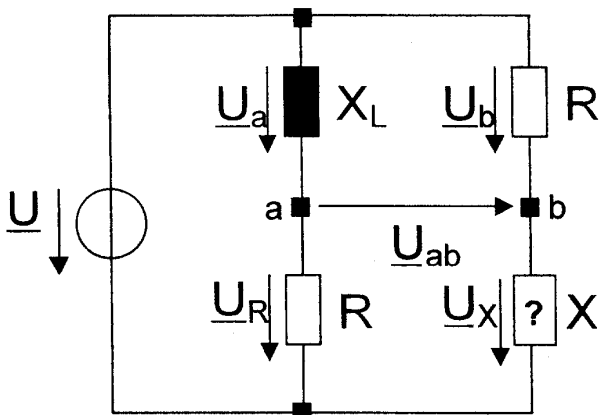


Gegeben ist die dargestellte Wechselstrombrücke, die zum Messen der Größe von R_2 und L_2 dient. Dabei ist $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = R_4 = 2 \text{ k}\Omega$ und $L_1 = 1 \text{ mH}$. Die Brücke ist bei einer Kreisfrequenz von $\omega = 10^6 \text{ s}^{-1}$ und $C_1 = 2 \text{ nF}$ abgeglichen.

Berechnen Sie R_2 und L_2 !

Ergebnis: $R_2 = 1,25 \text{ k}\Omega$ $L_2 = 2,5 \text{ mH}$

8) (03-1)



a) Zustand abgeglichene Brücke ($U_{ab} = 0$)

Welches Bauteil muss für X eingesetzt werden, um diese Voraussetzung zu erfüllen? Berechnen Sie den Wert des Bauteils als Funktion von R und X_L .

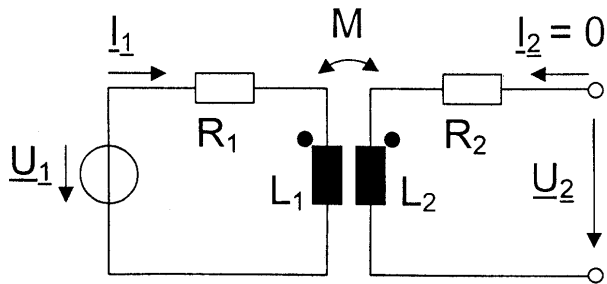
b) Zustand nicht abgeglichene Brücke ($U_{ab} \neq 0$)

Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm aller eingezeichneten Spannungen (Bezug $\underline{U} = U \cdot e^{j0^\circ}$), so dass \underline{U}_{ab} auf \underline{U} senkrecht steht (rechte Winkel müssen gekennzeichnet werden). Welches Bauteil muss für X eingesetzt werden,

um diese Voraussetzung zu erfüllen? Berechnen Sie den Wert dieses Bauteils als Funktion von R und X_L anhand der Beziehung zwischen den Zeigerlängen

Ergebnisse: a) $X = -R^2/X_L$; b) $X = +R^2/X_L$;

1) (03/04 - 7)



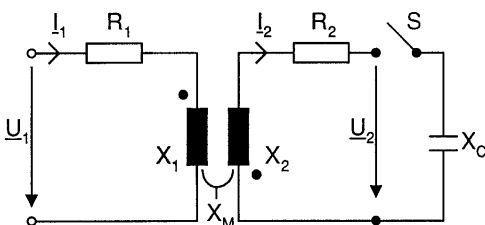
$U_1 = 230 \text{ V}$, sinusförmig
 $R_1 = 5 \Omega$
 $I_1 = 10 \text{ A}$
 $U_2 = 100 \text{ V}$
 Ausgangsseitiger Leerlauf

a) Berechnen Sie den Eingangswiderstand $Z_1 = U_1 / I_1$ nach Betrag und Phase sowie die aufgenommene Wirkleistung

b) Berechnen Sie ωL_1 , ωL_2 und ωM unter der Annahme einer idealen Kopplung.

Ergebnisse: $Z_1 = 23 \Omega \cdot e^{j77,4^\circ}$; $\omega L_1 = 22,45 \Omega$; $\omega L_2 = 4,45 \Omega$ und $\omega M = 10 \Omega$

2) Von nebenstehender Schaltung ist gegeben:



$\underline{U}_1 = 1 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$; $R_1 = 10 \Omega$; $X_1 = 100 \Omega$; $R_2 = 40 \Omega$
 $X_2 = 400 \Omega$; $X_c = -200 \Omega$; $X_M = 40 \Omega$

Gesucht:

a) Spannung \underline{U}_2 nach Betrag und Phase bei offenem Schalter S.

b) Spannung \underline{U}_2 nach Betrag und Phase bei geschlossenem Schalter S.

c) Größe und Richtung der über das Magnetfeld übertragenen Wirkleistung im Fall b).

Ergebnisse: a) $0,398 \text{ V} / -174,3^\circ$ b) $0,422 \text{ V} / 18,44^\circ$ c) $178 \mu\text{W}$ von Primär- auf Sekundärseite

3) Gegeben sind die Daten des abgebildeten Kreises:

$R_1 = 28 \Omega$; $X_1 = 96 \Omega$; $X_M = 60 \Omega$; $R_2 = 14 \Omega$;
 $X_2 = 400 \Omega$; $\underline{I}_1 = 2 \text{ A} \cdot e^{j0^\circ}$

Gesucht sind:

a) Spannung \underline{U}_{ab} nach Betrag und Phase bei offenem Schalter S.

($200 \text{ V} / 73,74^\circ$)

b) Spannung \underline{U}_S nach Betrag und Phase bei offenem Schalter S.

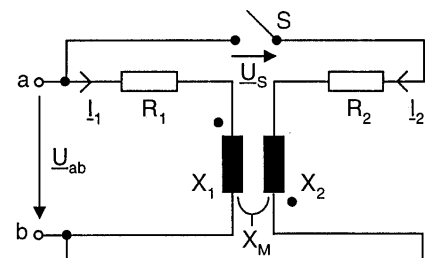
($317 \text{ V} / 79,8^\circ$)

c) Strom \underline{I}_2 und Spannung \underline{U}_{ab} nach Betrag und Phase bei geschlossenem Schalter S.

$I_2 = 0,688 \text{ A} / -8,34^\circ$ $U_{ab} = 159 \text{ V} / 71,7^\circ$

d) Größe und Richtung der über das Magnetfeld übertragenen Wirkleistung bei geschlossenem Schalter S

($P = 12,2 \text{ W}$ von Sekundär- auf Primärseite)



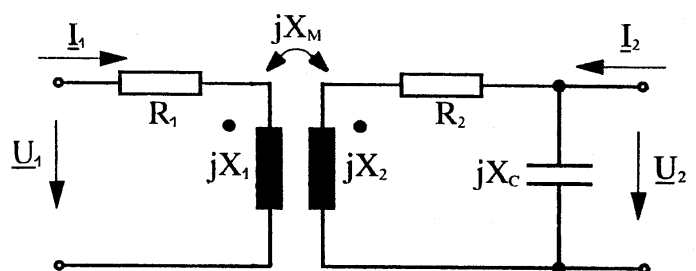
4) (93/94 - 7)

Geben Sie die Impedanzmatrix (Z) des Vierpols an.

$R_1 = 10 \Omega$; $X_1 = 100 \Omega$; $R_2 = 20 \Omega$

$X_2 = 200 \Omega$; $X_c = -200 \Omega$; $X_M = 120 \Omega$

Ergebnis: $Z_{11} = (730 + j100) \Omega$; $Z_{12} = Z_{21} = 1200 \Omega$
 $Z_{22} = (2000 - j200) \Omega$



5) (93-7)

Von einem Netztransformator sind folgende Daten gegeben:

Primärspannung $U_1 = 230V$; Frequenz $f = 50 Hz$; Primärwindungszahl $N_1 = 784$ Wdgn.

Induktivität der Primärwicklung $L_1 = 5,66 H$; Induktivität der Sekundärwicklung $L_2 = 1,42 H$;

Widerstand der Primärwicklung $R_1 = 800 \Omega$; Widerstand der Sekundärwicklung $R_2 = 150 \Omega$

Eisenquerschnitt $A_{Fe} = 11 cm^2$. Das Feld ist über dem Querschnitt A_{Fe} homogen, die Streuung ist Null!

a) Welche Spannung U_2 tritt an der Sekundärwicklung auf, wenn sie unbelastet ist, d.h. $I_2 = 0$ ist ?

b) Welchen Strom nimmt der Transformator bei sekundärseitigem Leerlauf auf ?

c) Welche Flussdichte \hat{B}_{Fe} tritt bei sekundärseitigem Leerlauf im Eisen auf ?

Ergebnisse: a) $U_2=105,1 V$ b) $I_1= 118 mA$ c) $B_{peak} = 1,095 Vs/m^2$

6) (94-6)

Ein symmetrisches 3-Phasen Spannungssystem mit der Phasenlage 1-2-3 speist einen unsymmetrischen Verbraucher mit den Impedanzen

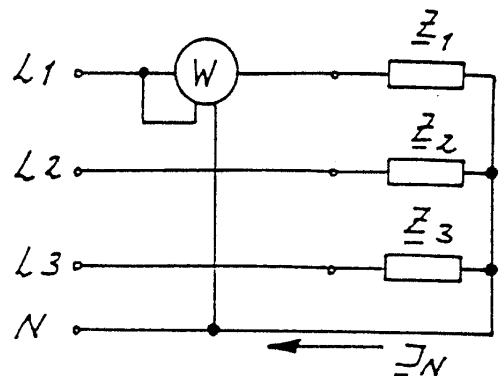
$$\underline{Z}_1 = R_1; \quad \underline{Z}_2 = R_2 + j \cdot X_{L2} = (50 + j \cdot 30) \Omega$$

$$\underline{Z}_3 = j \cdot X_{L3} = j \cdot 25 \Omega$$

$$\underline{U}_{12} = 400V \cdot e^{j30^\circ}$$

Der Leistungsmesser zeigt **1323 W** an.

Berechnen Sie den Strom \underline{I}_N . (=10,6A /14,7°)



7) (92-4)

Ein symmetrisches 3-Phasen Spannungssystem mit der Phasenlage 1-2-3 speist einen unsymmetrischen Verbraucher.

Gegeben sind:

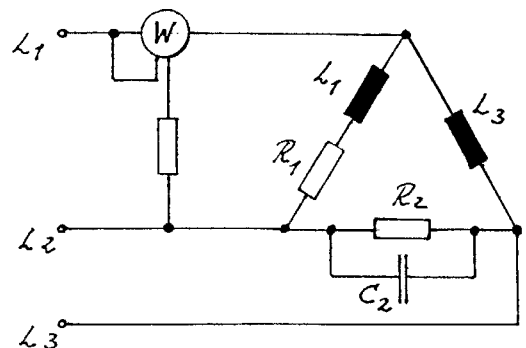
$$\underline{U}_{31} = 380V \cdot e^{j0^\circ}$$

$$R_1 = 60 \Omega; \quad X_{L1} = 20 \Omega;$$

$$R_2 = 100 \Omega; \quad X_{C2} = -80 \Omega;$$

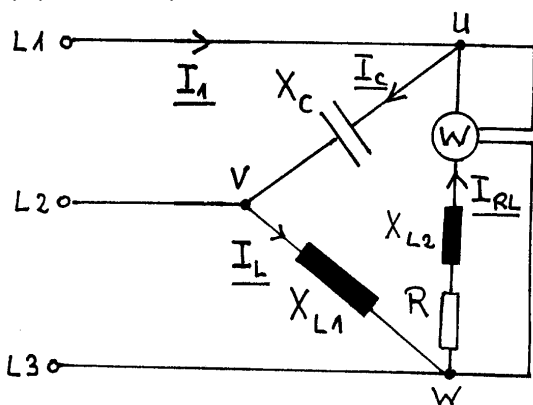
$$X_{L2} = 50 \Omega;$$

Berechnen Sie die Anzeige des Leistungsmessinstrumentes



(-335 W)

8) (03/04 - 4)



Gegeben ist ein symmetrisches 3-Phasen System mit Phasenfolge 1-2-3, das einen unsymmetrischen Verbraucher speist.

$$\underline{U}_{12} = 400V \cdot e^{j30^\circ}$$

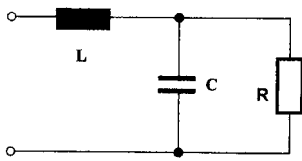
$$X_C = -100 \Omega; \quad X_{L1} = 125 \Omega;$$

$$X_{L2} = 60 \Omega; \quad R = 80 \Omega;$$

Berechnen Sie die drei Strangströme, den Leiterstrom \underline{I}_1 und die Anzeige des Leistungsmessers!

$$\underline{I}_C = 4 A / 120^\circ; \quad \underline{I}_L = 3,2 A / 180^\circ; \quad \underline{I}_{RL} = 4 A / 113,1^\circ; \quad P = 1280 W$$

1) (00-7)

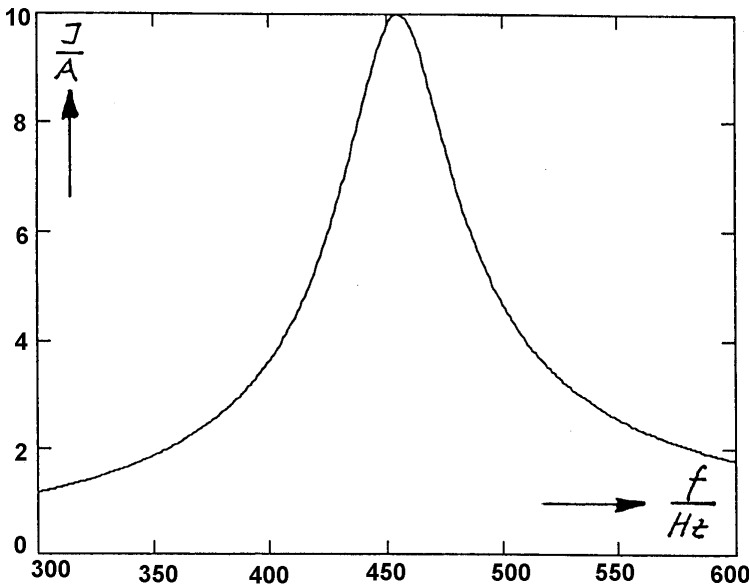


Berechnen Sie die Resonanzfrequenz des abgebildeten Zweipols

$L = 12 \text{ mH}; C = 2 \text{ }\mu\text{F}; R = 160 \text{ }\Omega$

(Ergebnis: $f_{res} = 899 \text{ Hz}$)

2) (93-3)



Von einem RLC-Reihenschwingkreis ist die Abhängigkeit $I(f)$ gegeben, sh. Kennlinie. Der Schwingkreis wird von einer konstanten sinusförmigen Spannung gespeist mit $U = 100 \text{ V}$. Bestimmen Sie die Bauelemente R, L, und C!

Sie dürfen auch mit der Näherung Güte $\gg 1$ rechnen.

($R = 10 \text{ }\Omega, L = 35,4 \text{ mH}; C = 3,47 \mu\text{F}$)

3) (03/04-8)

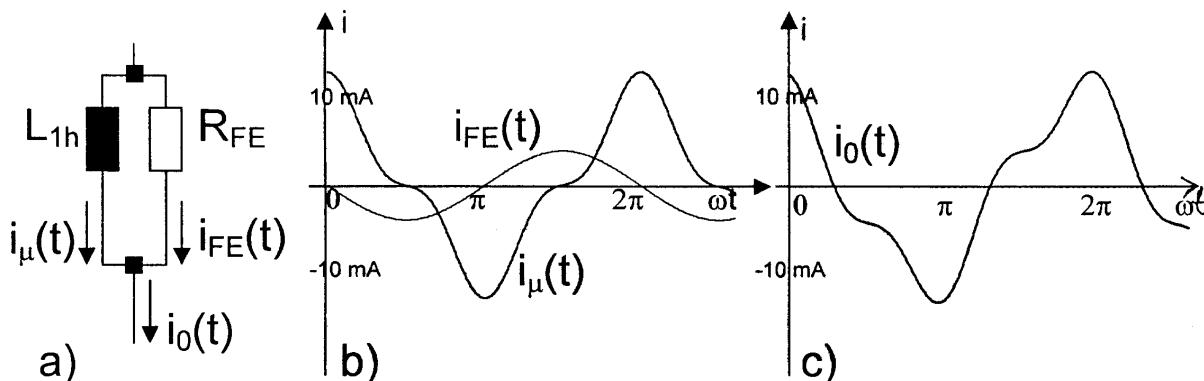


Bild a) zeigt einen Teil aus dem Ersatzschaltbild eines Transformators, aus dem hervorgeht, dass sich der Leerlaufstrom $i_0(t)$ zusammensetzt aus dem (verzerrten) Magnetisierungsstrom $i_\mu(t)$ und dem Strom $i_{Fe}(t)$, der die Eisenverluste repräsentiert. Bild b) zeigt die zeitlichen Verläufe von $i_\mu(t)$ und $i_{Fe}(t)$, welche durch folgende Fourier-Reihen approximiert werden können:

$i_\mu(t) = 10 \text{ mA} \cdot \cos(\omega t) + 2,88 \text{ mA} \cdot \cos(3\omega t) ; i_{Fe}(t) = -4 \text{ mA} \cdot \sin(\omega t)$

Der resultierende, in Bild c) dargestellte Leerlaufstrom ist die Summe: $i_0(t) = i_\mu(t) + i_{Fe}(t)$

- a) Berechnen Sie **Effektivwert** und **Klirrfaktor** von $i_\mu(t)$ (7,36 mA; 27,7%)
- b) Berechnen Sie **Effektivwert** und **Klirrfaktor** von $i_0(t)$ (7,88 mA; 25,8%)

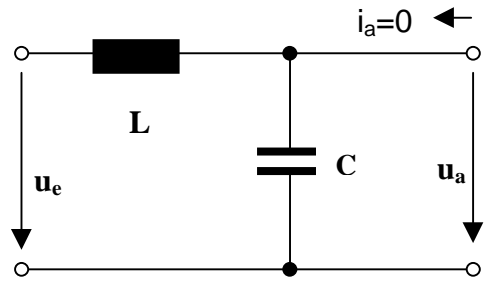
4) (01/02-8)

Am Eingang liegt die Spannung

$$u_e = 2V + 3V \cdot \sin(2\pi \cdot 50s^{-1} \cdot t) + 4V \cdot \sin(2\pi \cdot 100s^{-1} \cdot t)$$

Berechnen Sie den Klirrfaktor k_a der und den Effektivwert der Ausgangsspannung u_a .

$L = 100 \text{ mH}$, $C = 250 \text{ }\mu\text{F}$



(Ergebnis: $U_a=2,49 \text{ V}$; $k_a=21,5\%$)

5) (98-8)

An die Schaltung wird die Spannung

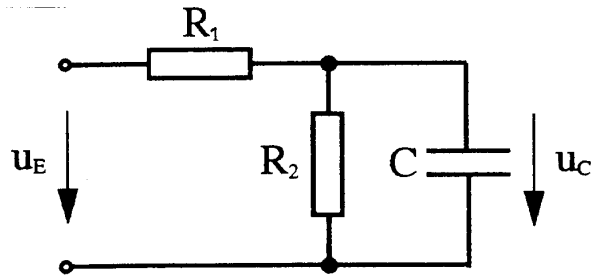
$$u_e = U_0 + \hat{u}_1 \cdot \cos(\omega t + \varphi_1) + \hat{u}_2 \cdot \cos(2\omega t + \varphi_2)$$

gelegt.

Berechnen Sie die Spannung zur Zeit $t = T$.

$$U_0 = 6V ; \hat{u}_1 = 7V ; \hat{u}_2 = 3V ; \omega = 961 \text{ kHz} ;$$

$$\varphi_1 = 60^\circ ; \varphi_2 = 135^\circ ; R_1 = 12 \text{ }\Omega ; R_2 = 20 \text{ }\Omega ; C = 25 \text{ nF} ; T = 2 \text{ }\mu\text{s}$$



(Ergebnis: $1,30 \text{ V}$)

6) (00-8)

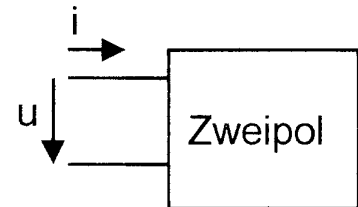
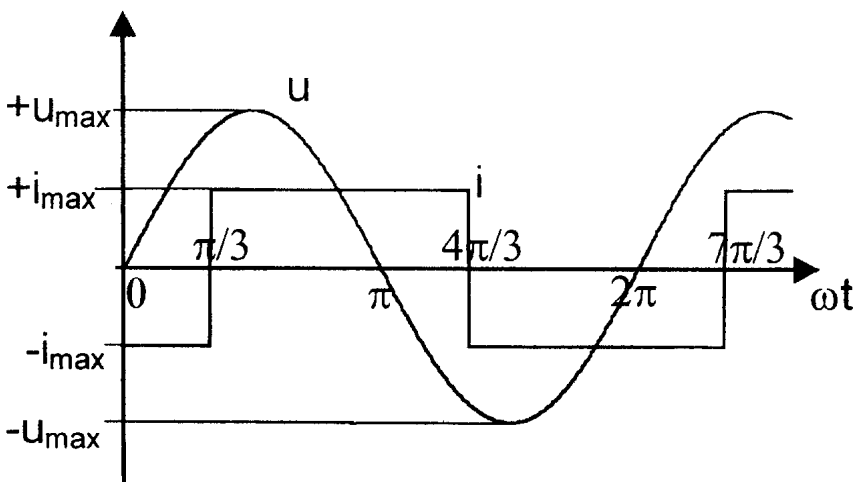
Für ein nichtlineares Bauelement gilt $i = a \cdot u^2$. Berechnen Sie den Klirrfaktor des Stromes, wenn die Spannung $u(t) = U_0 + \hat{u} \cdot \sin(\omega t)$ angelegt wird.

$$a = 20 \text{ mA/V}^2 ; U_0 = 1,5 \text{ V} ; \hat{u} = 1,2 \text{ V} ; \omega = 1500 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Es gilt: } \sin^2 \alpha = 0,5 \cdot (1 - \cos(2\alpha))$$

(Ergebnis: $k_i=19,6\%$)

7) (03-1)



An einem Zweipol liegt die dargestellte Spannung u und es fließt der dargestellte Rechteckstrom i . Spannung und Strom sind periodisch und haben die gleiche Periodendauer. Berechnen Sie die Wirkleistung, die der

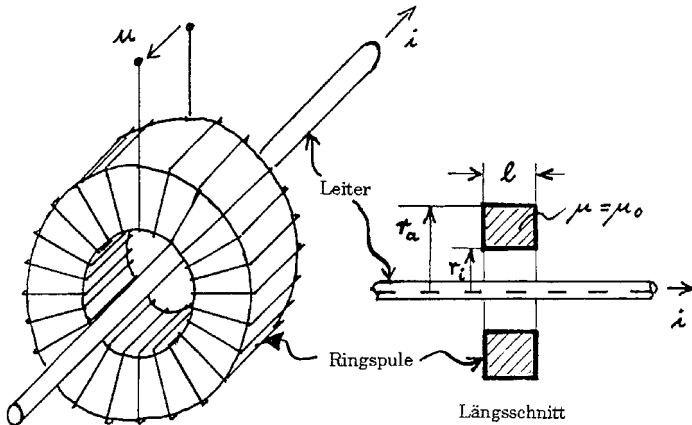
(Ergebnis: $573W$)

Zweipol aufnimmt. $U_{\max} = 300 \text{ V}$; $i_{\max} = 6 \text{ A}$

Hinweis: Es gibt eine "klassische" Lösung mit $P =$ mittlere Leistung über eine Periode oder eine elegante mit Fourier-Reihe. Dabei gilt für den Rechteckstrom:

$$i = \frac{24A}{\pi} \left[\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) + \frac{1}{3} \sin\left(3\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)\right) + \frac{1}{5} \sin\left(5\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)\right) + \dots \right]$$

1) (00-1)



Durch das Zentrum einer Ringspule mit rechteckigem Querschnitt (Länge $l = 12 \text{ mm}$, $r_i = 10 \text{ mm}$, $r_a = 20 \text{ mm}$; **Windungszahl = 1800**) wird ein Leiter geführt, in dem ein Wechselstrom fließt.

($I_{\text{eff}} = 40 \text{ A}$; $f = 50 \text{ Hz}$). Berechnen Sie den Effektivwert U der Spannung u .

$\mu = \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/(Am)}$

Ergebnis: 37,7 mV

2) (91-1)

$\underline{U} = 4,2 \cdot e^{j30^\circ}$; $f = 120 \text{ kHz}$; $\underline{I}_0 = 2,7 \text{ mA} \cdot e^{j110^\circ}$

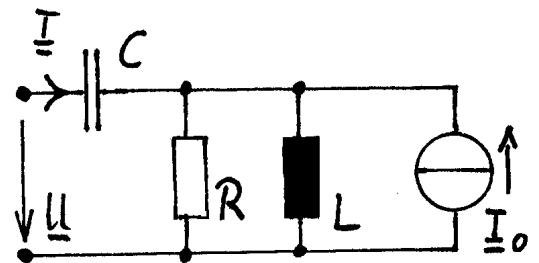
$R = 1,3 \text{ k}\Omega$; $L = 3,6 \text{ mH}$; $C = 1,5 \text{ nF}$.

a) Berechnen Sie den Strom \underline{I} und seinen Wirk- und Blindanteil \underline{I}_w bzw. \underline{I}_b .

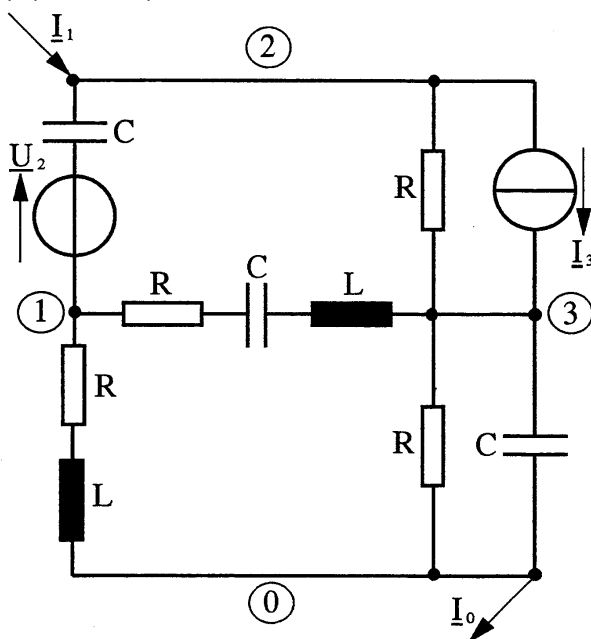
b) Berechnen Sie die Wirk und Blindleistung an den Anschlussklemmen und an der Stromquelle \underline{I}_0 .

Ergebnisse: $I = 5,25 \text{ mA} \cdot e^{j18,5^\circ}$; $I_w = 5,14 \text{ mA} \cdot e^{j30^\circ}$; $I_b = 1,05 \text{ mA} \cdot e^{-j60^\circ}$; $P_k = 21,6 \text{ mW}$; $Q_k = 4,4 \text{ mvar}$;

$P_l = 14,5 \text{ mW}$; $Q_l = -11,5 \text{ mvar}$ (Erzeugerpeilsystem)



3) (99/00-2)



Die Spannungen am gegebenen Netzwerk sollen mit Hilfe des Knotenpotenzialverfahrens berechnet werden. Stellen Sie die Gleichungen in Matrixschreibweise auf.

$R = 2 \text{ k}\Omega$; $X_C = -0,5 \text{ k}\Omega$; $X_L = 1 \text{ k}\Omega$

$\underline{I}_1 = 7 \text{ mA}$; $\underline{U}_2 = 3 \text{ V} \cdot e^{j90^\circ}$

$\underline{I}_3 = 5 \text{ mA} \cdot e^{-j90^\circ}$

Ergebnis:

$$\begin{pmatrix} (0,87 + j1,69) & (0 - j2) & (-0,47 + j0,12) \\ (0 - j2) & (0,5 + j2) & (-0,5 + j0) \\ (-0,47 + j0,12) & (-0,5 + j0) & (1,47 + j1,88) \end{pmatrix} \text{ mS} \cdot \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \\ U_{30} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (-6 + j0) \\ (13 + j5) \\ (0 - j5) \end{pmatrix} \text{ mA}$$