Institut für Grundlagen und Theorie der Elektrotechnik
Technische Universität Graz

437.162 / 437.202 / 437.307: Grundlagen der Elektrotechnik - UE - 2. Teilklausur
Gruppe 1

Alle Zetteln sind mit Namen und Matr. Nr. zu versehen und abzugeben.
Es sind keine Hilfsmittel wie Taschenrechner und Formelzettel erlaubt!

Name: .... Matr. Nr.: ....

Aufgabe 1: Frequenzkennlinienverfahren

1. [9 P] Ermitteln Sie für die Schaltung aus Abb. 1 die Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega)$ und fertigen Sie das Bode-Diagramm an.
   Die Bauteilwerte sind gegeben mit: $R = 100\,\Omega$, $L_1 = 1\,\text{mH}$, $L_2 = 9\,\text{mH}$.

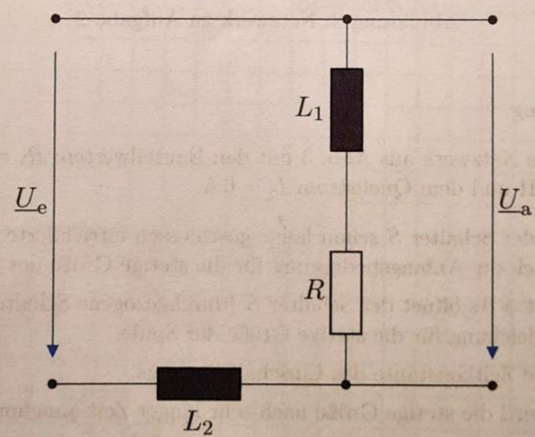


Abbildung 1: Netzwerk zu Aufgabe 1

Name: .... Matr. Nr.: ....

Aufgabe 2: Komplexes Netzwerk

1. [8 P] Gegeben ist das komplexe Netzwerk aus Abb. 2.
   Die Bauteilwerte sind gegeben mit: $R = 1\,\mathrm{k\Omega}$, $L_1 = 250\,\mathrm{mH}$, $C = 1\,\mathrm{\mu F}$ und $\omega = 1000\,\mathrm{s^{-1}}$.
   (a) Berechnen Sie allgemein die Impedanz an den Klemmen k und l, und geben Sie den Real- und Imaginärteil separat an. (Allgemein Rechnen - Keine Werte einsetzen)
   (b) Welchen Wert muss L_2 annehmen damit das Netzwerk kompensiert ist?

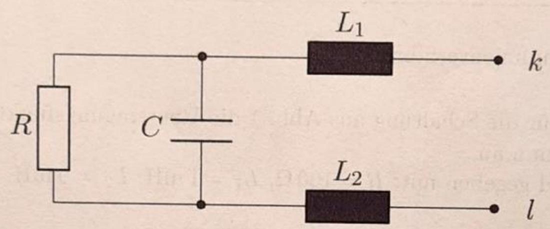


Abbildung 2: Netzwerk zu Aufgabe 2

Aufgabe 3: Schaltvorgang

1. [8 P] Gegeben ist das Netzwerk aus Abb. 3 mit den Bauteilwerten: $R_1 = 30\,\Omega$, $R_2 = 30\,\Omega$, $R_3 = 30\,\Omega$, $L = 60\,\mathrm{mH}$ und dem Quellstrom $I_q = 6\,\mathrm{A}$.
   (a) Für $t < 0\,\mathrm{s}$ war der Schalter S schon lange geschlossen (strichlierte Schalterstellung). Überlegen Sie sich die Anfangsbedingung für die stetige Größe der Spule.
   (b) Zum Zeitpunkt $t = 0\,\mathrm{s}$ öffnet der Schalter S (durchgezogene Schalterstellung). Ermitteln Sie die Differentialgleichung für die stetige Größe der Spule.
   (c) Ermitteln Sie die Zeitkonstante des Einschaltvorgangs.
   (d) Welchen Wert wird die stetige Größe nach sehr langer Zeit annehmen.

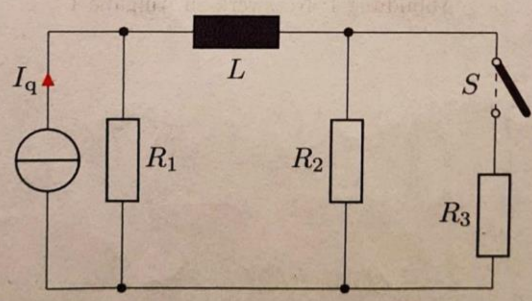


Abbildung 3: Netzwerk zu Aufgabe 3

Seite 2 von 2 04.02.2022

Aufgabe 1:

$R = 100\,\Omega \qquad L_1 = 1\,mH \qquad L_2 = 9\,mH$

$$\underline{Z}_{RL_2} = R + j\omega L_1$$

$$\underline{U}_a = \underline{U}_e \cdot \frac{R + j\omega L_1}{R + j\omega L_2 + j\omega L_1}$$

$$\rightarrow \underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} = \frac{R + j\omega L_1}{R + j\omega(L_1 + L_2)} = \frac{\cancel{R} \cdot \left(1 + j\omega \frac{L_1}{R}\right)}{\cancel{R} \cdot \left(1 + j\omega\left(\frac{L_1 + L_2}{R}\right)\right)} = \frac{\left(1 + j\omega \frac{L_1}{R}\right)}{\left(1 + j\omega\left(\frac{L_1 + L_2}{R}\right)\right)}$$

ω_0

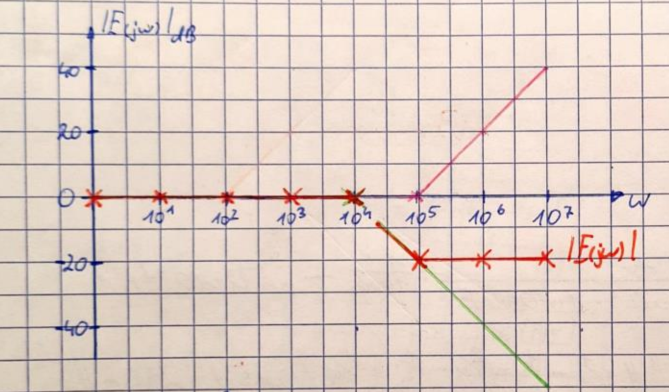
Ω_0

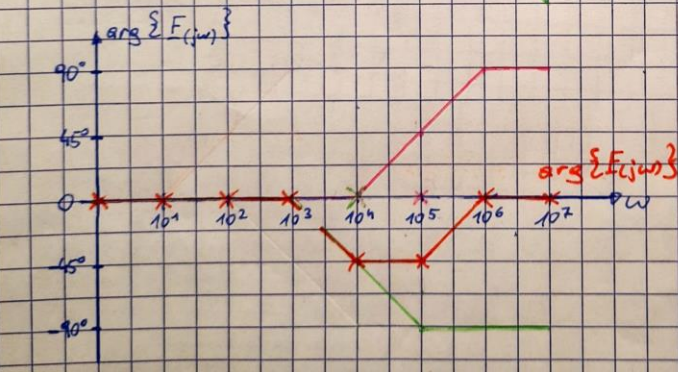
$$\omega_0 = \frac{R}{L_1} = \frac{100\,\Omega}{1\,mH} = 100 \cdot 10^3 = 10^5\ 1/s$$

$$\Omega_0 = \frac{R}{L_1 + L_2} = \frac{100\,\Omega}{1\,mH + 9\,mH} = \frac{100\,\Omega}{10 \cdot 10^{-3}\,H} = 100 \cdot 10^2 = 10^4\ 1/s$$

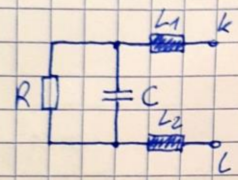
$$\Rightarrow \underline{F}(j\omega) = \frac{1 + j\frac{\omega}{10^5}}{1 + j\frac{\omega}{10^4}}$$

Bodediagramm: $\underline{F}(j\omega)$ — $\left|\frac{U_a}{U_e}\right|$ Amplitudengang; $arg\{\underline{F}(j\omega)\}$ Phasengang





Aufgabe 2:



$R = 1k\Omega \quad L_1 = 250mH \quad C = 1\mu F \quad \omega = 1000s^{-1}$

a) $$\underline{Z}_1 = \frac{R\cdot\frac{1}{j\omega C}}{R+\frac{1}{j\omega C}} = \frac{\frac{R}{\cancel{j\omega C}}}{\frac{Rj\omega C+1}{\cancel{j\omega C}}} = \frac{R}{Rj\omega C+1}\cdot\frac{1-j\omega CR}{1-j\omega CR} = \frac{R-j\omega CR^2}{1+\omega^2R^2C^2}$$

$$\underline{Z}_{kl} = \underline{Z}_1 + j\omega L_1 + j\omega L_2 = \frac{R-j\omega CR^2}{1+\omega^2R^2C^2} + j\omega L_1 + j\omega L_2 =$$

$$= \frac{R - R^2 j\omega C + j\omega^3 L_1 R^2 C^2 + j\omega^3 L_2 R^2 C^2}{1+\omega^2R^2C^2}$$

$$= \underbrace{\frac{R}{1+\omega^2R^2C^2}}_{\text{Realteil}} + \underbrace{j\,\frac{-R^2\omega C + \omega^3 L_1 R^2 C^2 + \omega^3 L_2 R^2 C^2}{1+\omega^2R^2C^2}}_{\text{Imaginärteil} = j\left(\omega(L_1+L_2) - \frac{\omega R^2 C}{1+\omega^2R^2C^2}\right)}$$

$$\frac{\omega^{\cancel{3}} L \cancel{R^2 C^2}}{\cancel{\omega^2 R^2 C^2}} \to \omega L$$

$$L \to \omega\cdot(L_1+L_2)$$

b) $$Im\{\underline{Z}_{kl}\} \overset{!}{=} 0$$

$$\omega(L_1+L_2) - \frac{\omega R^2 C}{1+\omega^2R^2C^2} \overset{!}{=} 0$$

$$\omega(L_1+L_2) = \frac{\omega R^2 C}{1+\omega^2R^2C^2}$$

$$L_1+L_2 = \frac{\omega R^2 C}{1+\omega^2R^2C^2}\cdot\frac{1}{\omega}$$

$$L_2 = \frac{\omega R^2 C}{1+\omega^2R^2C^2}\cdot\frac{1}{\omega} - L_1$$

$$L_2 = \frac{1000\,\tfrac{1}{s}\cdot 1000000\,\Omega^2\cdot 1\cdot 10^{-6}F}{1+\underbrace{1000000\,\tfrac{1}{s^2}\cdot 1000000\,\Omega^2\cdot 1\cdot 10^{-12}F^2}_{1}}\cdot\frac{1s}{1000} - 250\cdot 10^{-3}H =$$

$$= \frac{1000}{2}\cdot\frac{1}{1000} - 250\cdot 10^{-3}H = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{2}{4} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4} = 0{,}25H = 250mH$$

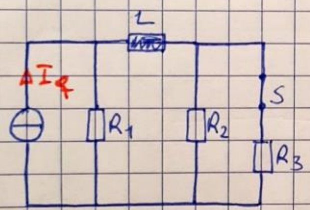
Prüfungsfragenausarbeitung 03.02.2023

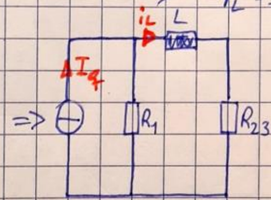
fgabe 3:

$R_1 = 30\,\Omega \quad R_2 = 30\,\Omega \quad R_3 = 30\,\Omega$

$L = 60\,mH \quad I_q = 6\,A$

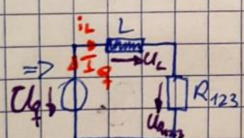
a)





$i_L = I_q \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_{23}} = 6 \cdot \frac{30}{45} = 4\,A$

$U_q = I_q \cdot R_1 = 6 \cdot 30 = 180\,V$

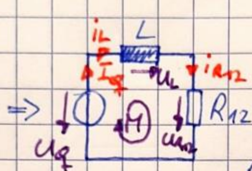


$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 15\,\Omega \qquad R_{123} = R_1 + R_{23} = 45\,\Omega$

• stetige Größe bei einer Spule ist der Strom $i_L(t)$.

↳ Spule wird zu einem Kurzschluss

b)



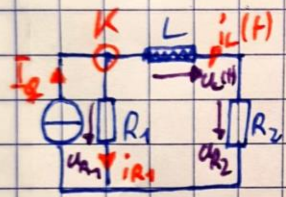
$U_q = I_q \cdot R_1 = 180\,V$

$R_{12} = R_1 + R_2 = 60\,\Omega$

$M: u_L + u_{R12} - U_q = 0 \qquad u_{R12} = i_L \cdot R_{12} \qquad i_L = I_q = 6\,mA$

$U_q = L \cdot \frac{di_L}{dt} + i_L \cdot R_{12} \quad |:L$

$\frac{U_q}{L} = \frac{di_L}{dt} + \frac{i_L \cdot R_{12}}{L} = i_L' + \frac{i_L \cdot R_{12}}{L}$ ... Differentialgleichung



K: $-I_q + i_{R1}(t) + i_L(t) = 0$

andere Möglichkeit

$I_q = i_{R1}(t) + i_L(t)$

$i_{R1}(t) = \frac{u_{R1}(t)}{R_1}$; $u_{R1}(t) = u_L(t) + u_{R2}$

$\stackrel{!}{=} u_L(t) + i_L(t) + R_2$

$i_{R1}(t) = \frac{1}{R_1}\left(L \cdot i_L'(t) + i_L(t) \cdot R_2\right)$

$= \frac{L}{R_1} \cdot i_L'(t) + i_L(t) \cdot \frac{R_2}{R_1}$

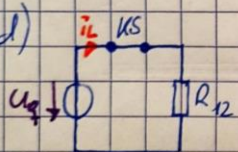
$u_L(t) = L \cdot i_L(t)'$

DGL: $\frac{L}{R_1} \cdot i_L'(t) + \frac{R_2}{R_1} \cdot i_L(t) + i_L(t) = I_q$ $\quad | \cdot \frac{R_1}{L}$

$i_L'(t) + \left(\frac{R_2}{L} + \frac{R_1}{L}\right) i_L(t) = \frac{R_1}{L} \cdot I_q$

c) $\tau = \frac{L}{R_{12}} = \frac{60 \cdot 10^{-3}\,H}{60\,\Omega} = 0{,}001\,s = 1\,ms$

d)



$i_L = I_q \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 6 \cdot \frac{30}{60} = 3A \;\hat{=}\; \frac{u_q}{R_{12}} = \frac{180}{60} = 3A$

$i_L(t > 5\tau) = \frac{u_q}{R_{12}} \;\hat{=}\; i_L(t > 5\tau) = I_q \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

• Was passiert mit der Spule nach langer Zeit? – Wird zu einem Kurzschluss.