



IGTE

Klausurangabe 04.02.2022 Gruppe 2
Institut für Grundlagen und Theorie der
Elektrotechnik
Technische Universität Graz



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

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: $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 90 \Omega$, $C = \frac{1}{90} \text{ mF}$.

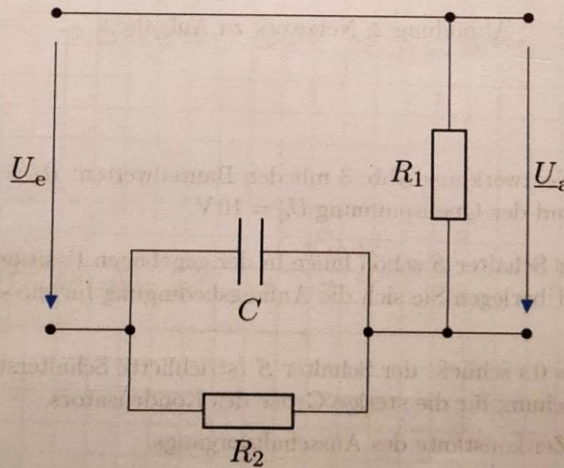


Abbildung 1: Netzwerk zu Aufgabe 1

Name: Matr. Nr.:

Aufgabe 2: Komplexes Netzwerk

1. [8 P] Gegeben ist das komplexe Netzwerk aus Abb. 2.

Die Bauteilwerte sind gegeben mit: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ und $\omega = 1000 \text{ s}^{-1}$.

- 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)
- Welchen Wert muss L annehmen damit das Netzwerk kompensiert ist?

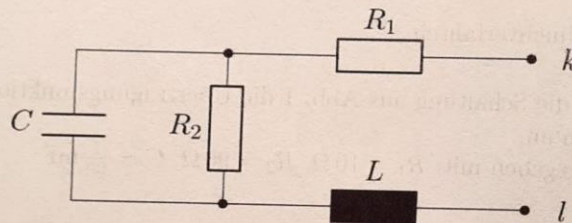


Abbildung 2: Netzwerk zu Aufgabe 2

Aufgabe 3: Schaltvorgang

1. [8 P] Gegeben ist das Netzwerk aus Abb. 3 mit den Bauteilwerten: $R_1 = 75 \text{ }\Omega$, $R_2 = 50 \text{ }\Omega$, $R_3 = 50 \text{ }\Omega$, $C = 1 \text{ mF}$ und der Quellspannung $U_q = 10 \text{ V}$.

- Für $t < 0 \text{ s}$ war der Schalter S schon lange in der gegebenen Position (durchgezogene Schalterstellung). Überlegen Sie sich die Anfangsbedingung für die stetige Größe des Kondensators.
- Zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ s}$ schließt der Schalter S (strichlierte Schalterstellung). Ermitteln Sie die Differentialgleichung für die stetige Größe des Kondensators.
- Ermitteln Sie die Zeitkonstante des Ausschaltvorgangs.
- Welchen Wert wird die stetige Größe nach sehr langer Zeit annehmen.

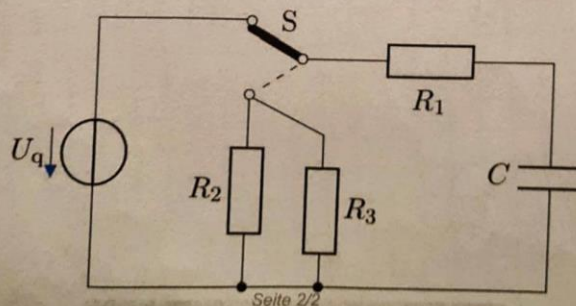


Abbildung 3: Netzwerk zu Aufgabe 3

Aufgabe 1:



$$R_1 = 10 \Omega \quad R_2 = 90 \Omega \quad C = 1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$F(j\omega) = \frac{U_a}{U_e}$$

$$U_a = R_1 I$$

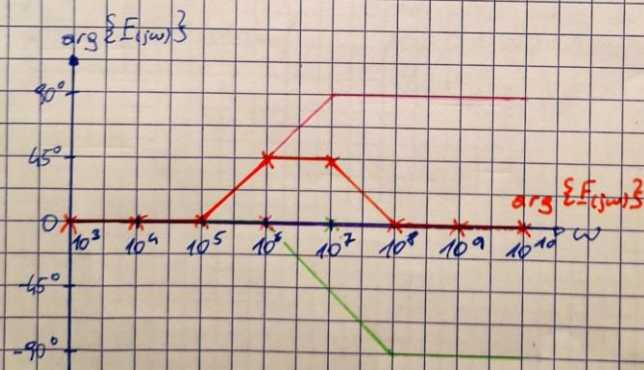
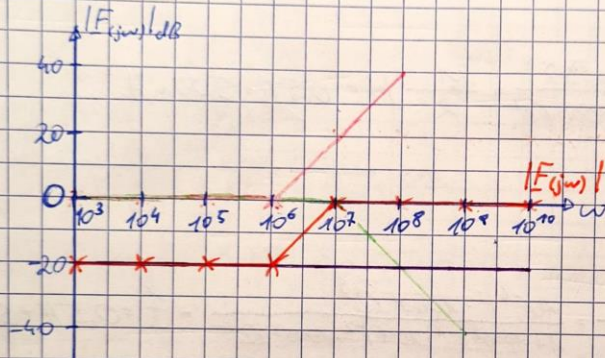
$$U_e = \frac{R_2 \cdot j\omega C}{R_2 + j\omega C} + R_1 = \frac{\frac{R_2}{j\omega C}}{1 + j\omega C R_2} + R_1 = \frac{R_2}{1 + j\omega C R_2} + R_1 = \frac{R_2 + R_1(1 + j\omega C R_2)}{1 + j\omega C R_2} = \frac{R_2 + R_1 + j\omega C R_1 R_2}{1 + j\omega C R_2}$$

$$\Rightarrow F(j\omega) = \frac{U_a}{U_e} = \frac{R_1}{\frac{R_2 + R_1 + j\omega C R_1 R_2}{1 + j\omega C R_2}} = \frac{R_1(1 + j\omega C R_2)}{R_2 + R_1 + j\omega C R_1 R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1 + j\omega C R_2}{1 + j\omega C \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$$

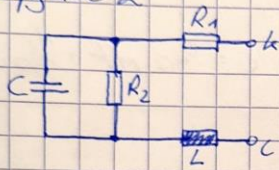
$$\omega_1 = \frac{1}{C R_2} = \frac{1}{10^{-6} \cdot 90} = \frac{1}{0,00009} = 1,1 \cdot 10^6 = 10^6 \text{ 1/s}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{C \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10^{-6}} \cdot \frac{10 \cdot 90}{10 + 90}} = \frac{1}{\frac{900}{100} \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{9 \cdot 10^{-6}} = 10^7 \text{ 1/s}$$

$$\Rightarrow K = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{10}{100} = \frac{1}{10} \rightarrow 20 \log\left(\frac{1}{10}\right) = -20 \text{ dB} \Rightarrow F(j\omega) = \frac{1}{10} \cdot \frac{1 + j\omega \frac{1}{10^6}}{1 + j\omega \frac{1}{10^7}}$$



Aufgabe 2:



$$R_1 = R_2 = 1k\Omega = 1000\Omega$$

$$C = 1\mu F = 10^{-6}F$$

$$\omega = 1000s^{-1}$$

$$a) \underline{Z}_1 = \frac{R_2 \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R_2 + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{\frac{R_2}{j\omega C}}{\frac{R_2 j\omega C + 1}{j\omega C}} = \frac{R_2}{1 + j\omega C R_2} \cdot \frac{1 - j\omega C R_2}{1 - j\omega C R_2} = \frac{R_2 - j\omega C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2}$$

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{\text{ges}} &= \underline{Z}_1 + R_1 + j\omega L = \frac{R_2 - j\omega C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} + R_1 + j\omega L = \\ &= \frac{R_2 - j\omega C R_2^2 + \omega^2 C^2 R_2^2 R_1 + j\omega^3 C^2 R_2^2 L + j\omega L + R_1}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} = \\ &= \underbrace{\frac{R_2 + \omega^2 C^2 R_2^2 R_1 + R_1}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2}}_{\text{Realteil}} + j \underbrace{\frac{-\omega C R_2^2 + \omega^3 C^2 R_2^2 L + \omega L}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2}}_{\text{Imaginärteil}} = j \cdot \left(\omega L - \frac{\omega C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} \right) \end{aligned}$$

$$b) \operatorname{Im}\{\underline{Z}_{\text{ges}}\} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\omega L - \frac{\omega C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} \stackrel{!}{=} 0$$

$$L - \frac{C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} = 0$$

$$L \cdot (1 + \omega^2 C^2 R_2^2) = C R_2^2$$

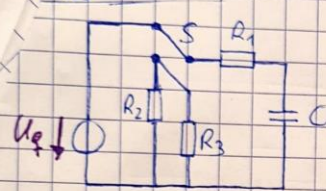
$$L = \frac{C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} = \frac{10^{-6}F \cdot 1000^2\Omega^2}{1 + 1000^2s^{-1} \cdot 10^{-6}F^2 \cdot 1000^2\Omega^2} = \frac{1}{2}H = 0,5H = 500mH$$

oder anders:

$$\omega L - \frac{\omega C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} \stackrel{!}{=} 0$$

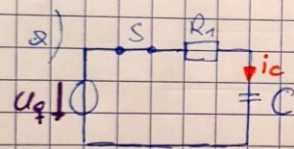
$$L = \frac{\omega C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{C R_2^2}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2} = \frac{10^{-6}F \cdot 1000^2\Omega^2}{1 + 1000^2s^{-1} \cdot 10^{-6}F^2 \cdot 1000^2\Omega^2} = \frac{1}{2} = 0,5H = 500mH$$

Aufgabe 3:



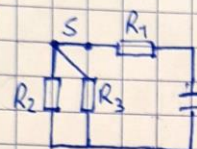
$R_1 = 75 \Omega$ $R_2 = R_3 = 50 \Omega$ $C = 1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$
 $U_q = 10 \text{ V}$

a)



• stetige Größe beim Kondensator ist die Spannung $u_c(t)$.
 \hookrightarrow Spannung fällt an den Klemmen beim Kondensator ab, der der Kondensator zu einem Leerlauf wird, daher fließt kein Strom durch.
 $\hookrightarrow u_c(t=0) = U_q = 10 \text{ V}$

b)



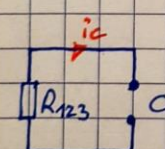
$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 25 \Omega$ $R_{123} = R_1 + R_{23} = 100 \Omega$

$M: 0 = U_{R_{123}} + u_c$ $U_{R_{123}} = i_c \cdot R_{123}$ $i_c(t) = C \cdot \frac{du_c(t)}{dt} = C \cdot u'_c(t)$

$u_c = -U_{R_{123}} = -i_c \cdot R_{123}$
 $u_c = -C \cdot \frac{du_c}{dt} \cdot R_{123} \quad | : (C \cdot R_{123})$
 $\frac{u_c}{C \cdot R_{123}} = - \frac{du_c}{dt}$
 $\Rightarrow 0 = \frac{u_c}{C \cdot R_{123}} + \frac{du_c}{dt} = \frac{u_c}{C \cdot R_{123}} \cdot u'_c$

c) $\tau = C \cdot R_{123} = 10^{-3} \text{ F} \cdot 100 \Omega = 0,1 \text{ s} = 100 \text{ ms}$

d)



Kondensator wird zu einem Leerlauf, daher fließt kein Strom durch.
 $\hookrightarrow u_c(t > 5 \tau) = 0$