

## Semesterabschlussprüfung

Vorname: .....

Name: .....

Erreichte Punktezahl: .....

Note: .....

**Bearbeitungszeit: 90 Minuten**

### Wichtige Hinweise

- Papierunterlagen und Taschenrechner sind erlaubt.
- Die Aufgaben müssen auf den Aufgabenblättern gelöst werden.
- Die Heftklammern dürfen nicht entfernt werden.
- **Resultate ohne klar nachvollziehbaren Lösungsweg bzw. ohne Begründung geben keine Punkte.**
- **Tipp:** Zuerst alle Aufgaben durchlesen und mit der einfachsten beginnen.
- Verwenden Sie **keinen roten Stift, Bleistift ist erlaubt.**
- Teilaufgaben sind unabhängig lösbar.

### Aufgabe 1. Cosinus-förmige Signale und komplexe Zeiger (6 P)

An einer komplexen Impedanz  $\underline{Z}$  wird der in Abb. 1 dargestellte Spannungs- und Stromverlauf gemessen.

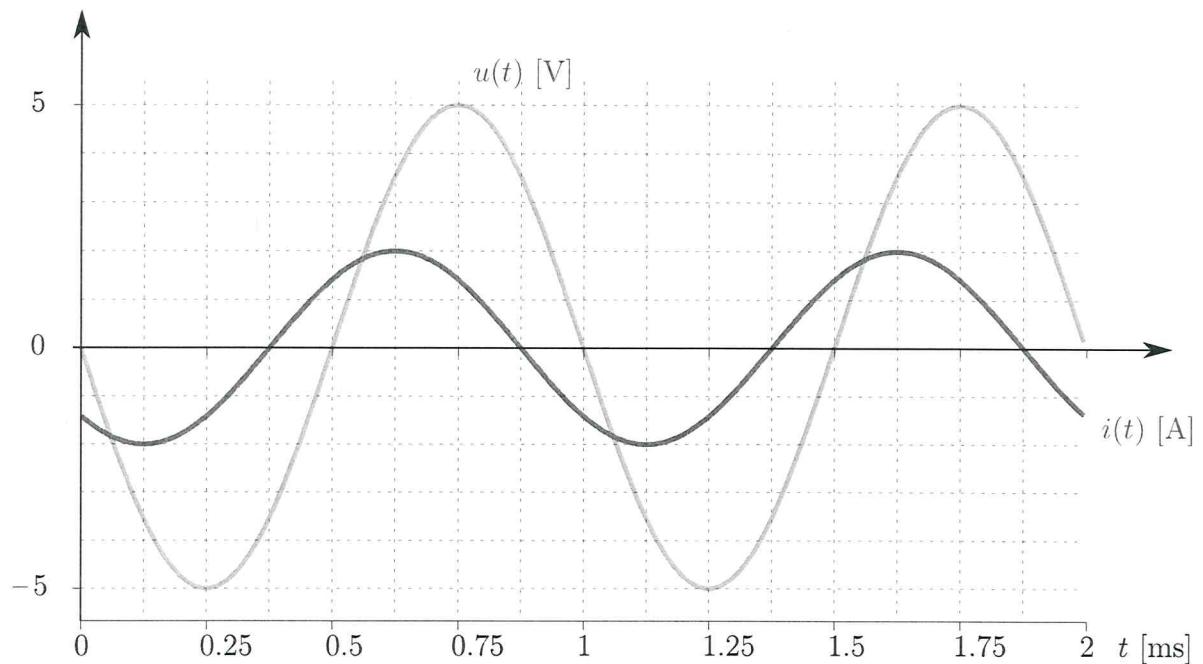


Abbildung 1

- a) Bestimmen Sie den Real- und Imaginärteil der entsprechenden komplexen Impedanz  $\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}}$ . (3 P)

$$u(t) = 5V \cdot \cos(2\pi 6t + 90^\circ)$$

$$i(t) = 2A \cdot \cos(2\pi 6t + 135^\circ)$$

$$\underline{U} = 5V \cdot e^{j90^\circ}$$

$$\underline{I} = 2A \cdot e^{j135^\circ}$$

$$\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \frac{5V \cdot e^{j90^\circ}}{2A \cdot e^{j135^\circ}} = \underline{\underline{2,5 \Omega \cdot e^{-j45^\circ}}}$$

- b) Welche der drei Bauelemente  $R$ ,  $L$  und  $C$  sind nötig um die Impedanz  $\underline{Z}$  zu realisieren, skizzieren Sie das entsprechende Parallelersatzschaltbild für die Impedanz  $\underline{Z}$ . **Begründen** Sie Ihre Antwort! Die Bauteilwerte müssen nicht berechnet werden? (3P)

$$\underline{Z} = \sqrt{2} \cdot 2,5 \Omega - j \sqrt{2} \cdot 2,5 \Omega$$

$\uparrow$   
 ident.  
 ohmsch

$\uparrow$   
 Kapazität

$$R = \sqrt{2} \cdot 2,5 \Omega$$

$$\omega C = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 2,5 \Omega}$$

Häufige Fehler: Phase falsch abgelesen.

## Aufgabe 2. Reale Spule

(6 P)

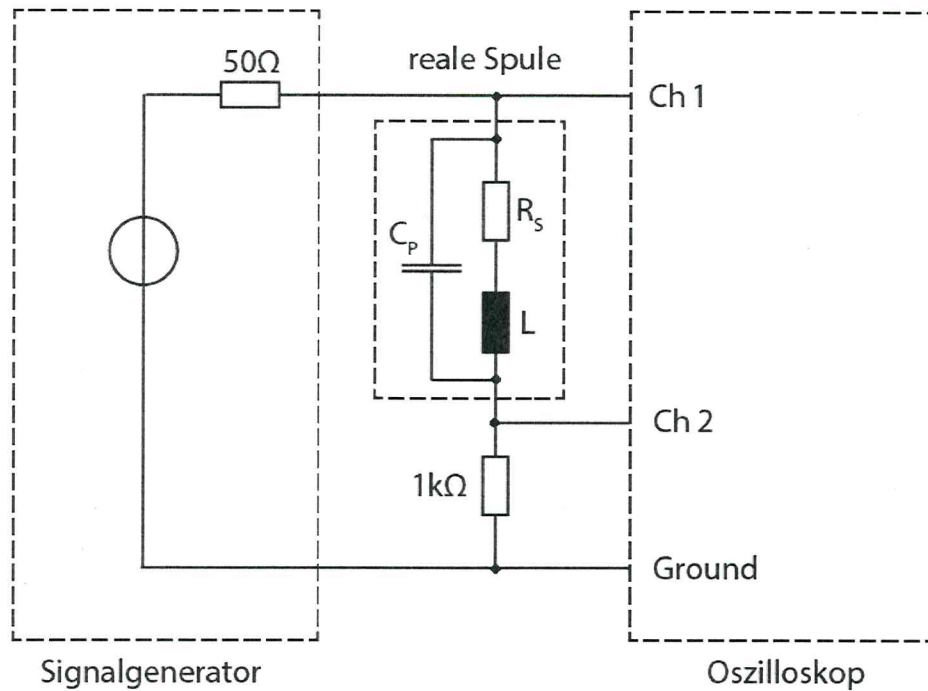
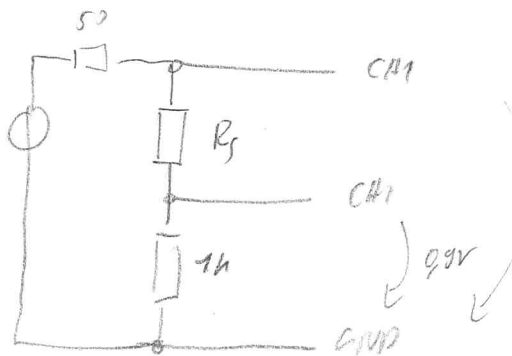


Abbildung 2: Messschaltung

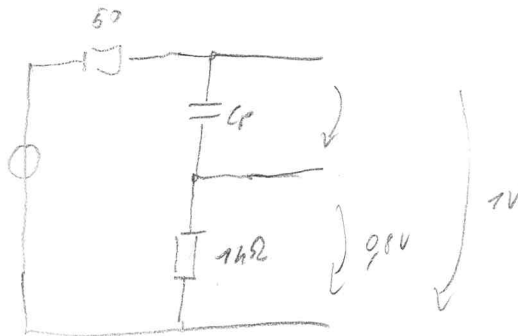
An dieser Messschaltung wurden für eine reale Spule die folgenden Effektivwerte mit dem Oszilloskop gemessen:

$f = 0$ :	Ch 1 = 1.0 V	Ch 2 = 0.9 V
$f = 1 \text{ MHz}$ :	Ch 1 = 1.0 V	Ch 2 = 0.8 V
$f = 100 \text{ kHz}$ :	Ch 1 = 1.0 V	Ch 2 $\approx 0 \text{ V}$ ← Resonanz der Spule

- a) Berechnen Sie näherungsweise die drei Parameter  $L$ ,  $R_s$  und  $C_p$  des linearen Spulenersatzschaltbildes. **Hinweis:** Zeichnen Sie zuerst für jede Frequenz ein vereinfachtes Schema, das jeweils nur die dominierenden Elemente der Spule enthält.

$f = 0$ :7V  $\Rightarrow$ 

$$R_s = \frac{1k}{0.9} \cdot 0.91 = \underline{\underline{111\Omega}}$$

 $f = 11740$ :

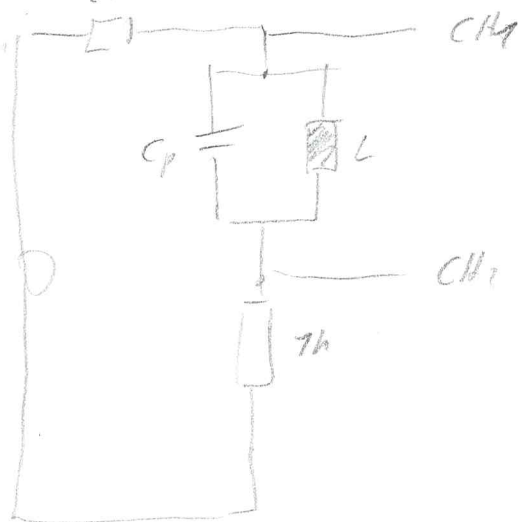
$$U_c = \sqrt{1 - 0.8^2} = \sqrt{0.36} = 0.6V$$

$$X_c = -\frac{0.6}{0.8} \cdot 1000\Omega = -750\Omega$$

$$C_p = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^6 \cdot 750} = \underline{\underline{0.212nF}}$$

 $f = 100kHz$ :

$$X_L \approx X_c = 7500\Omega = \omega \cdot L \Rightarrow L = \frac{7500}{2\pi \cdot 10^5} = \underline{\underline{12mH}}$$

Häufige Fehler:

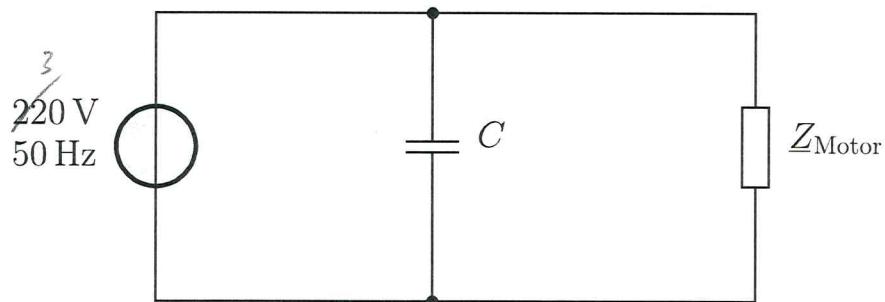
Ersteinhalt wird erkannt, aber nicht die geeignete Methode zur Berechnung.

oft wird die Formel für die Resonanzfrequenz von Parallelschwingkreis mit reeller Spule verwendet. Um  $R_s$  zu berechnen.

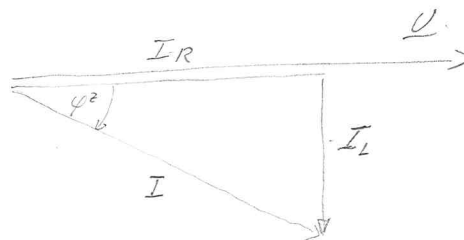
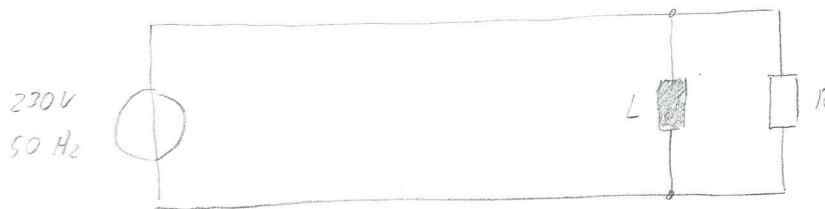
### Aufgabe 3. Blindleistungskompensation

(6 P)

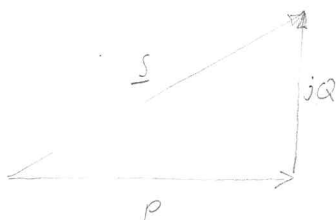
Der Motor in der folgenden Abbildung nimmt am 230 V, 50 Hz -Netz eine Wirkleistung von 300 W und eine induktive Blindleistung von 100 var auf.



- a) Zeichnen Sie ein qualitativ richtiges Zeigerdiagramm für alle Ströme und Spannungen unter der Annahme  $C = 0$ . (2 P)



$$\begin{aligned}
 \underline{S} &= \underline{U} \cdot \underline{I}^* \\
 &= \underline{U} \cdot \frac{\underline{U}^*}{\underline{Z}^*} \\
 &= |\underline{U}|^2 \cdot \frac{1}{\underline{Z}^*} \\
 &= \frac{|\underline{U}|^2}{|\underline{Z}|} e^{j\varphi_2}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 |\underline{I}| &= \frac{|\underline{S}|}{|\underline{U}|} = \frac{316,23 \text{ VA}}{230} = 1,375 \text{ A} \\
 |\underline{S}| &= \sqrt{300^2 + 100^2} \text{ VA} = 316,23 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

$$\underline{U} = 230 \text{ V} \cdot e^{j\theta} \Rightarrow \underline{I} = 1,375 \cdot e^{-j18,43^\circ}$$

b) Berechnen Sie die komplexe Impedanz des Motors.

(2 P)

$$|Z| = \frac{|U|^2}{|S|} = \frac{(230V)^2}{\sqrt{300^2 + 100^2}} = \frac{230V^2}{10^{5/2} VA} = \underline{\underline{167,3 \Omega}}$$

$$\varphi_2 = \arctan\left(\frac{p}{Q}\right) = 0,3218 \text{ rad.} \\ = 18,43 \text{ Grad.}$$

$$\underline{Z} = 167,3 \Omega \cdot e^{j 18,43 \text{ Grad}} = 158,7 + j 52,53 \Omega = \frac{1}{5,977 \cdot 10^{-3} S \cdot e^{-j 18,43^\circ}} \\ = 167,3 \Omega \cdot e^{j 0,3218 \text{ rad}} = \frac{1}{5,675 - j 1,877 \text{ mS}}$$

c) Der Kondensator im Schaltbild dient der Blindstrom-Kompensation.

Wie gross muss er gewählt werden, damit für den Leistungsfaktor gilt  $\cos(\varphi) = 1$ ?

(2 P)

$$X_L = -X_C \quad X_L = \frac{U^2}{Q} = \frac{(230V)^2}{100 \text{ VAR}} = 529 \Omega \\ X_C = -\frac{1}{2\pi f C} \Leftrightarrow C = -\frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi 50 \cdot 529} = \\ \underline{\underline{C = 6,02 \mu F}}$$

Häufige Fehler: Impedanz d. Motors hat dazu verleitet, den Blindanteil der Impedanz per Serienkondensator zu kompensieren, d.h. er wurde die Kap. für Serienschaltung berechnet.



Aufgabe Serienkondensator mit Form: Serienkapazität ist größer!  
und vermindert Netzleistung!

Aufgabe a war zu wage gestellt.

# Aufgabe 4. Frequenzgang

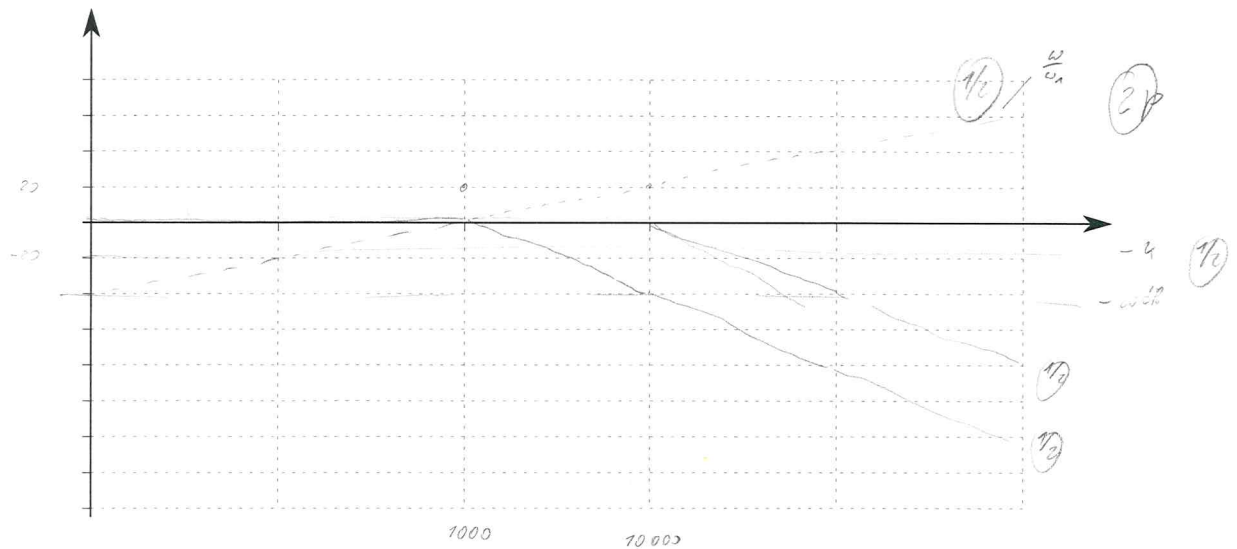
(6 P)

- a) Skizzieren Sie Amplituden- und Phasengang für die folgende normierte Übertragungsfunktion

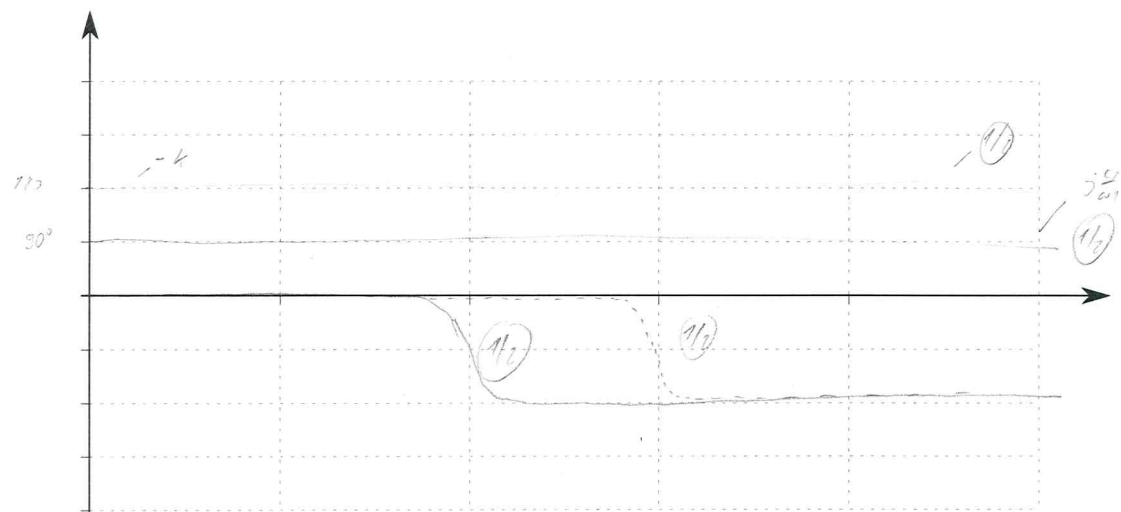
$$\underline{H}(\omega) = -k \cdot \frac{j \frac{\omega}{\omega_1}}{\left(1 + j \frac{\omega}{\omega_1 Q_1} + \left(j \frac{\omega}{\omega_1}\right)^2\right) \cdot \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_2 Q_2} + \left(j \frac{\omega}{\omega_2}\right)^2\right)},$$

mit  $k = 0.1$ ,  $\omega_1 = 1 \text{ kHz}$ ,  $\omega_2 = 10 \text{ kHz}$ ,  $Q_1 = Q_2 = 10$ . Beschriften Sie die Achsen!

## Hilfsskizze Amplitudengang



## Hilfsskizze Phasengang

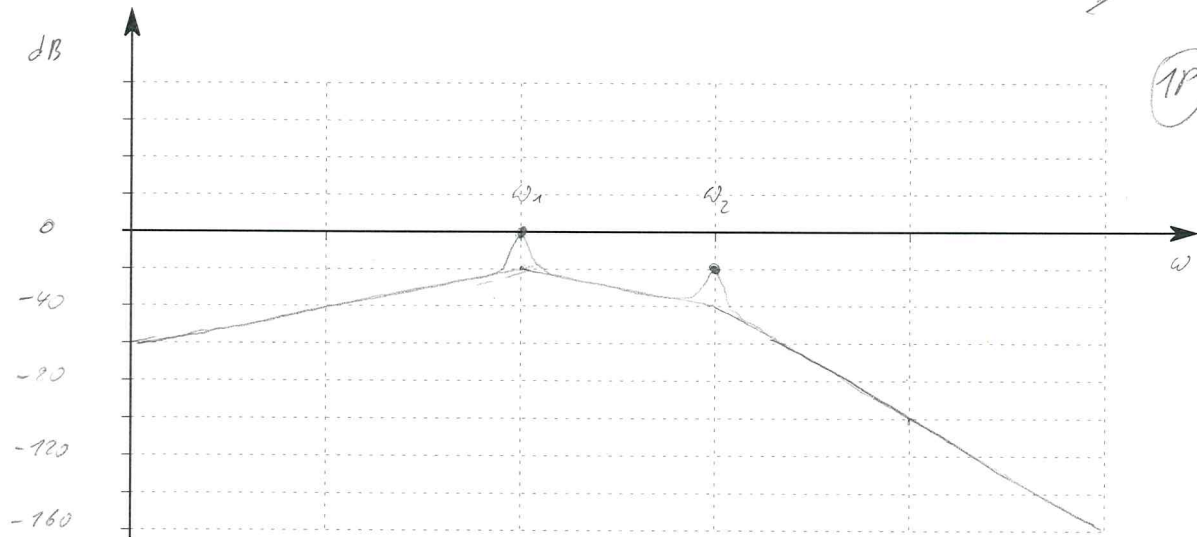




Händig & Feller, Vorzeichen ignoriert.

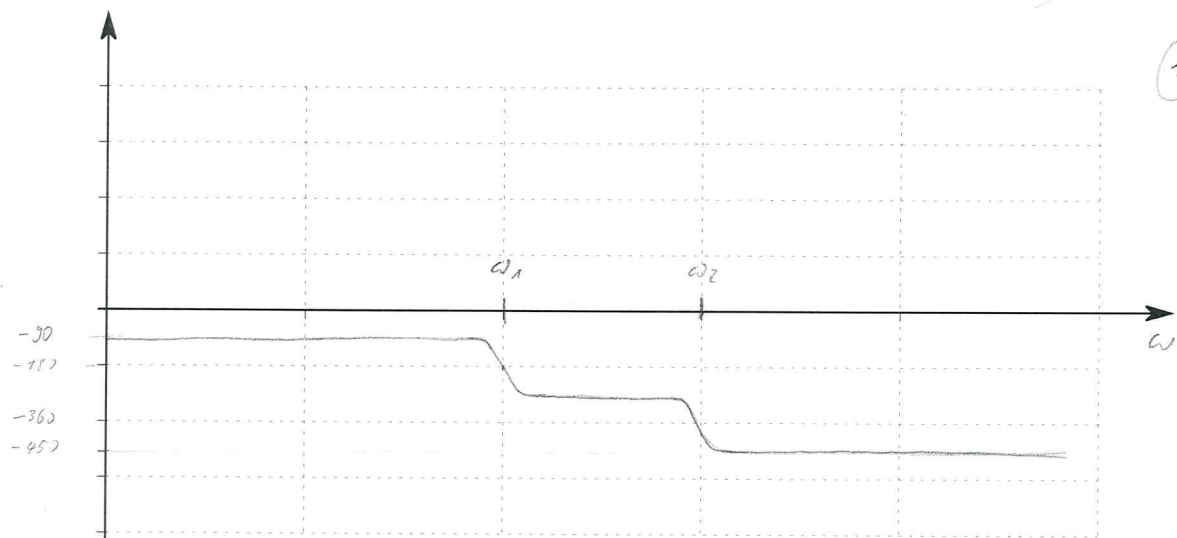
### Amplitudengang

(3 P)



### Phasengang

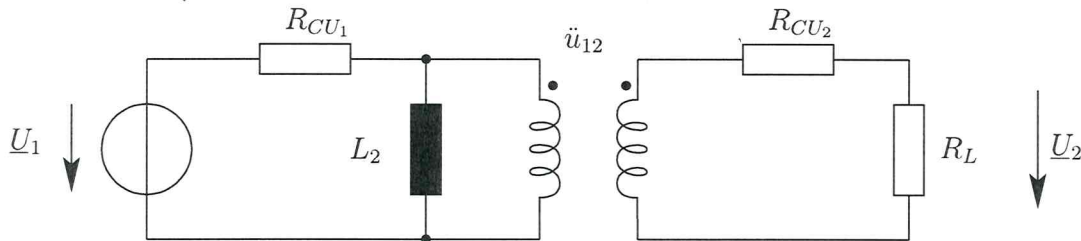
(3 P)



# Aufgabe 5. Belasteter Übertrager

(6 P)

Gegeben ist das folgende Trafoersatzschaltbild mit Last.

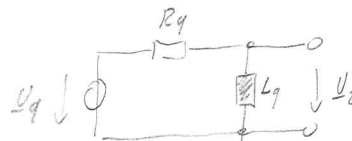


- a) Von welchem Typ ist die Übertragungsfunktion  $\underline{H}(f) = \frac{\underline{U}_2(f)}{\underline{U}_1(f)}$ ? Nur eine Antwort ist richtig, **begründen** Sie diese! (2 P)

- ☐ Tiefpass  
☒ Hochpass  
☐ Bandpass

Die Induktivität bildet bei tiefen Freq. einen Kurzschluss. Bei hohen Frequenzen ist sie hochohmig und beeinträchtigt die Übertragung nicht.

Präziser: Das Schaltbild besitzt das vereinfachte Ersatzschaltbild



welches genau einem Hochpass entspricht.

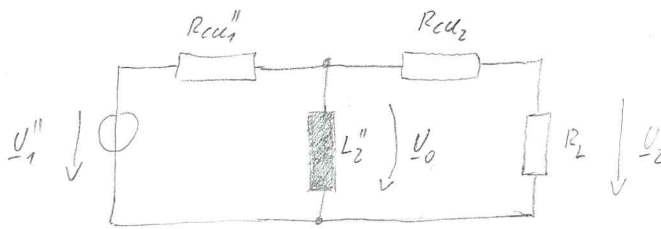
Häufige Fehler:

- $\underline{u}_{12}$  wie Übertragungsfkt benutzt

- $z' = \underline{u}_{11} \cdot z$  ,  $z' = \frac{1}{\underline{u}_{11}} \cdot z$  anstatt  $z' = \underline{u}_{11}^2 \cdot z$

- Keine Angabe von Notwendbarrechnung

- b) Geben Sie mit Hilfe von Formeln den Rechenweg an, um  $\underline{U}_2(f)$  zu berechnen. In Ihren Formeln darf der Operator  $\parallel$  für die Parallelschaltung von Impedanzen vorkommen. (4 P)



$$\underline{U}_1'' = \frac{1}{\ddot{a}_{12}} \cdot \underline{U}_1$$

$$R_{cu1}'' = \frac{1}{\ddot{a}_{12}^2} \cdot R_{cu1}$$

$$L_2'' = \frac{1}{\ddot{a}_{12}^2} \cdot L_2$$

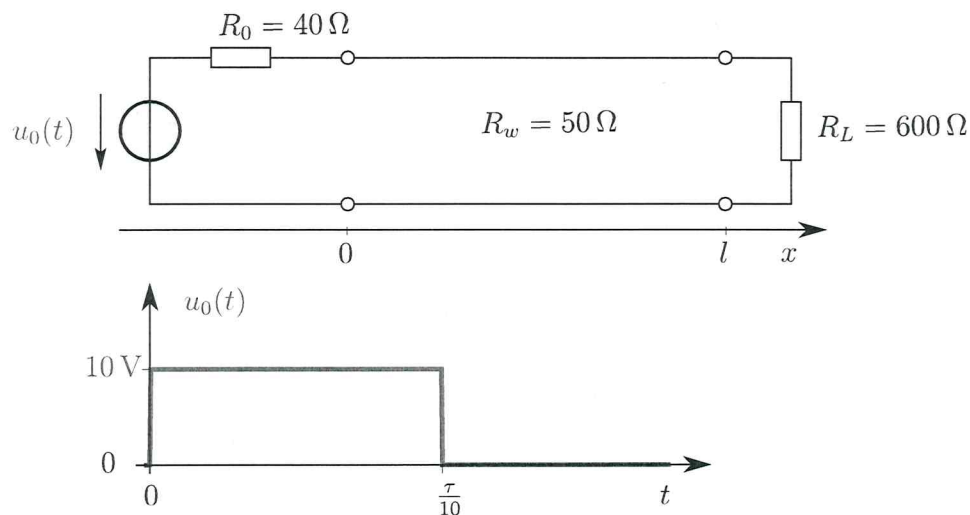
$$\underline{U}_2 = \underline{U}_0 \cdot \frac{R_L}{R_L + R_{cu2}}$$

$$\underline{U}_0 = \underline{U}_1'' \cdot \frac{j\omega L_2'' \parallel (R_{cu2} + R_L)}{R_{cu1}'' + [j\omega L_2'' \parallel (R_{cu2} + R_L)]}$$

**Aufgabe 6. Wellen auf Leitungen****(6 P)**

Eine Quelle mit dem Innenwiderstand  $R_0 = 40 \Omega$  wird an eine Leitung mit dem Wellenwiderstand  $R_W = 50 \Omega$  und der Signallaufzeit  $\tau$  angeschlossen. Die Leitung ist mit einem Verbraucher abgeschlossen, dessen Innenwiderstand gleich  $R_L = 600 \Omega$  beträgt. Die Quelle erzeugt im Inneren einen Impuls mit der Spannung  $\hat{u}_0 = 10 \text{ V}$ , siehe Bild unten.

Wegen der fehlenden Anpassung entstehen auf der Leitung Reflexionen, sodass der am Verbraucher ankommende Puls eine verfälschte Form besitzt. Die Pulsform  $u_0(t)$  soll unverzerrt am Verbraucher ankommen. Dazu soll die

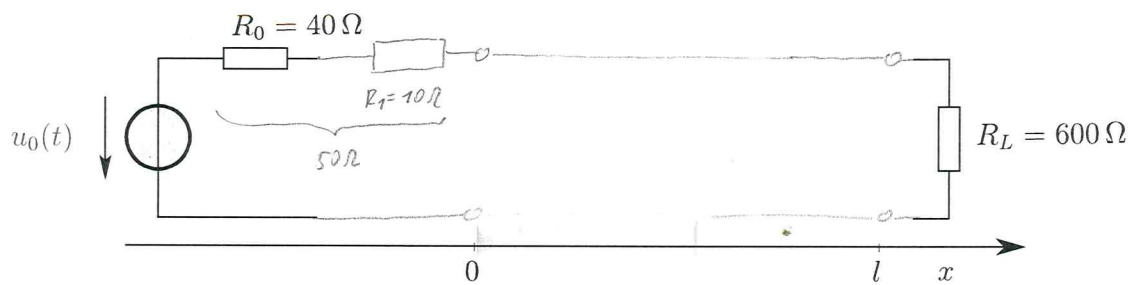


Schaltung durch einen **einzelnen Zusatzwiderstand** modifiziert werden.

- Für eine Modifikation gibt es zwei Varianten, skizzieren Sie diese in die Vorlage in Abb. 3. (2 P)
- Berechnen Sie für beide Varianten die Spannungsamplitude als auch die Stromamplitude des am Verbraucher ankommenden Impulses. (4 P)

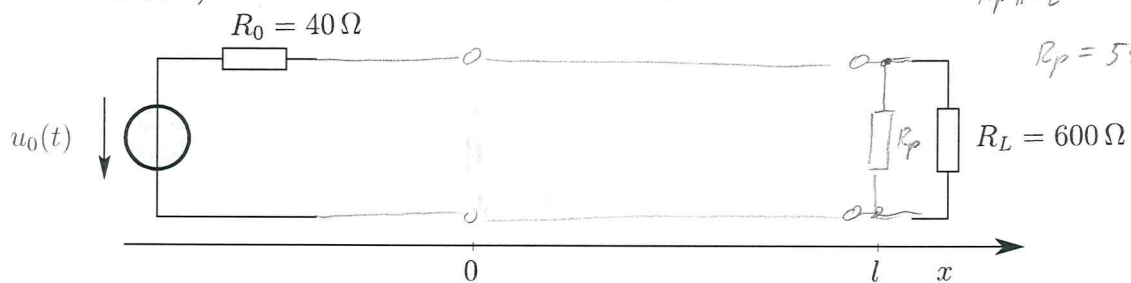
Häufige Fehler: •  $R_0 = 550 \Omega$  •  $R_w$  wurde auf  $600 \Omega$  gesetzt  
 • Fehler in Berechnungsweg für  $U_L$  und  $I_L$ .  
 Problem: Aufgabentyp zu wenig geübt.

Variante 1)



(1P)

Variante 2)



$$R_p \parallel R_L = 50 \Omega = 7$$

$$R_p = 54,55 \Omega$$

(1P)

Abbildung 3: Vorlagen zum Einzeichnen der Varianten.

b)

Variante 1:

$$a_0 = \frac{R_w}{R_0 + R_w} = \frac{50}{50 + 10} = \frac{1}{2}$$

$$t_L = 1 + r_L = 1 + \frac{R_L - R_w}{R_w + R_L} = 1 + \frac{600 - 50}{650} = \frac{1200}{650}$$

$$\hat{u}_L = \hat{u}_0 \cdot a_0 \cdot t_L = 10V \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{120}{65} = 5V \cdot \frac{24}{13} = \underline{\underline{9,23V}} \quad (1P)$$

$$\hat{i}_L = \frac{\hat{u}_L}{R_L} = \frac{9,23V}{600\Omega} = 0,0154A = \underline{\underline{15,4mA}} \quad (1P)$$

Variante 2:

$$a_0 = \frac{R_w}{R_0 + R_w} = \frac{50}{40 + 50} = \underline{\underline{0,5556}}$$

$$t_L = 1 + r_L = \underline{\underline{1}}$$

$$\hat{u}_L = \hat{u}_0 \cdot a_0 \cdot t_L = 10V \cdot 0,5556 = \underline{\underline{5,556V}} \quad (1P)$$

$$\hat{i}_L = \frac{\hat{u}_L}{R_L} = \frac{5,556V}{600\Omega} = 0,0093A = \underline{\underline{9,3mA}} \quad (1P)$$

