

Institut für Biomedizinische Technik,  
Karlsruher Institut für Technologie

Fritz-Haber-Weg 1  
76131 Karlsruhe  
Tel.: 0721/608-42650

### **Lineare Elektrische Netze**

Leiter: Prof. Dr. rer. nat. Olaf Dössel  
Tel: 0721 608-42650  
Olaf.Doessel@kit.edu

Übungsleiter: M.Sc. N. Pilia  
Tel: 0721 608-48035  
Nicolas.Pilia@kit.edu

---

#### Tutorium Nr. 5: Schwingkreis, Zeigerdiagramme, Brückenschaltung

Empfohlen für das Tutorium: Aufgaben 16, 17  
Empfohlen für Zuhause: Aufgaben 18, 19, 20

Die für das Tutorium empfohlenen Aufgaben dienen als Orientierung und sollen eine grobe Richtlinie darstellen, welche Aufgaben vom Umfang und Schwierigkeitsgrad her in der Zeit des Tutoriums zu schaffen sind.

Letztendlich entscheidet der Tutor, welche Aufgaben im Tutorium behandelt werden.

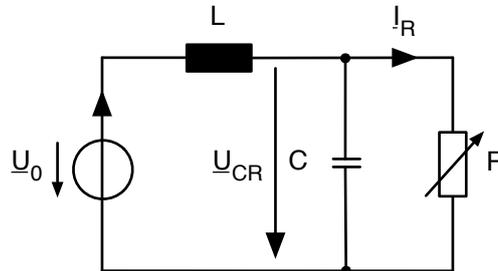
Zusätzlich wird empfohlen, die nicht im Tutorium behandelten Aufgaben zur weiteren Übung zu Hause zu bearbeiten.

Die Studenten sollen die Aufgaben im Tutorium selbstständig in Gruppen bearbeiten und anschließend vorrechnen.

Der Tutor soll lediglich Fragen beantworten und Unklarheiten beseitigen.

**Aufgabe 16**

Nachstehend abgebildete Schaltung, bestehend aus einer Induktivität  $L$ , einer Kapazität  $C$  und einem variablen Widerstand  $R$ , werde von einer idealen Spannungsquelle  $\underline{u}_0 = \hat{U}_0 \cdot e^{j\omega t}$  gespeist.

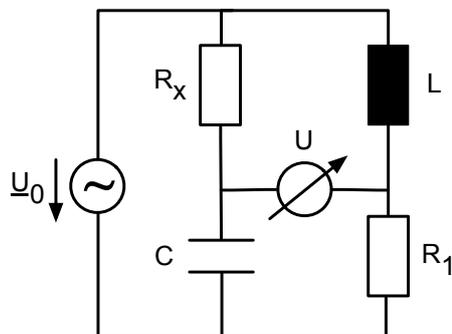


- Verwandeln Sie die Schaltung in einen äquivalenten Serienschwingkreis und berechnen Sie dessen Resonanzfrequenz  $\omega_0$  allgemein in Abhängigkeit von den Bauteilen  $R$ ,  $L$  und  $C$ .
- Bei welcher Kreisfrequenz  $\omega_1$  muss die Schaltung betrieben werden, damit der durch den Widerstand fließende Strom  $\underline{I}_R$  unabhängig von  $R$  ist?
- Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm aller auftretenden Ströme und Spannungen zum Zeitpunkt  $t = 0$  für folgende Werte:  
 $\hat{U}_0 = 10 \text{ V}$ ,  $\omega = 1000 \text{ s}^{-1}$ ,  $L = 10 \text{ mH}$ ,  $C = 100 \mu\text{F}$ ,  $R = 10 \Omega$   
(Maßstäbe:  $1 \text{ V} \rightarrow 1 \text{ cm}$ ,  $0.1 \text{ A} \rightarrow 1 \text{ cm}$ ).

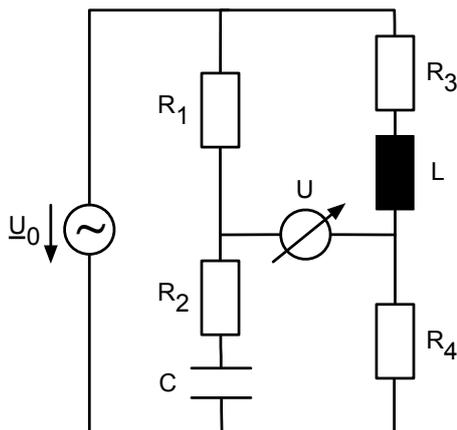
## Aufgabe 17

Berechnen Sie für die folgenden Brückenschaltungen die gesuchten Werte allgemein in Abhängigkeit der anderen Bauteile, indem Sie die Abgleichbedingungen aufstellen und entsprechend umformen.

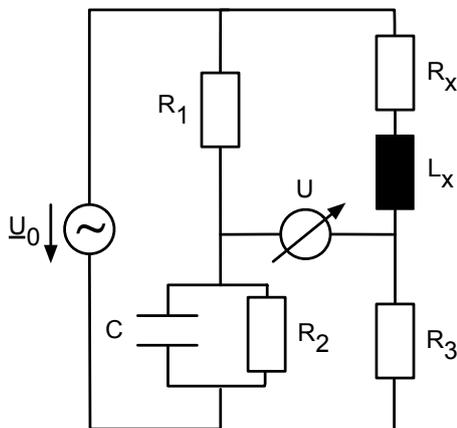
(a) Gesucht:  $R_x$ .



(b) Gesucht: Kreisfrequenz  $\omega$ . Geben Sie außerdem das Verhältnis  $\frac{L}{C}$  in Abhängigkeit der Widerstände an.

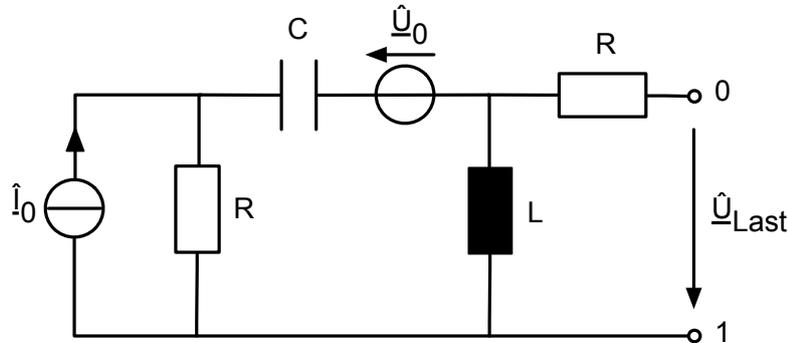


(c) Gesucht:  $R_x$  und  $L_x$ .



## Aufgabe 18

Gegeben sei der folgende aktive Zweipol mit einer Spannungsquelle der Amplitude  $\hat{U}_0 = 7 \text{ V} \cdot e^{j0}$  und einer Stromquelle  $\hat{I}_0 = (-30 + j40) \text{ mA}$ . Bauteilwerte:  $R = 100 \Omega$ ,  $C = 10 \text{ nF}$ ,  $L = 200 \mu\text{H}$ .



Bestimmen Sie

- den Innenwiderstand  $\underline{Z}_i$  allgemein in Abhängigkeit der Bauteile  $R$ ,  $L$ ,  $C$  und der Kreisfrequenz  $\omega$  (lösen Sie nicht nach  $\text{Re}\{\cdot\}$  und  $\text{Im}\{\cdot\}$  auf).
- die Leerlaufspannung  $\hat{U}_L$  des Zweipols bezüglich der Klemmen 0 und 1 allgemein in Abhängigkeit der Bauteile  $R$ ,  $L$ ,  $C$  und der Kreisfrequenz  $\omega$ .

Es sei nun:

$$\underline{Z}_i = R + \frac{\omega^4 L^2 R C^2}{(1 - \omega^2 L C)^2 + \omega^2 R^2 C^2} + j \frac{\omega L + \omega^3 (L R^2 C^2 - L^2 C)}{(1 - \omega^2 L C)^2 + \omega^2 R^2 C^2}$$

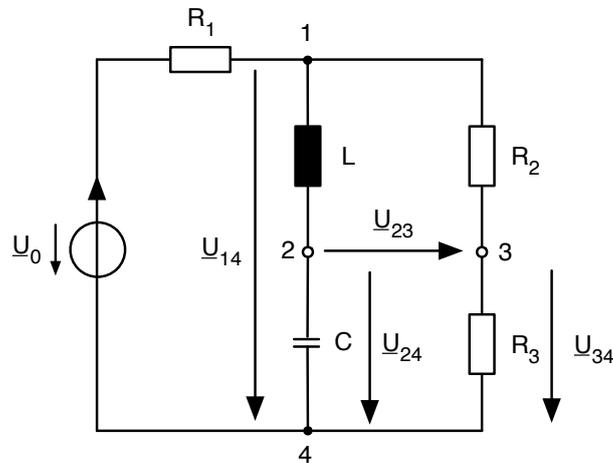
- Bei welcher Kreisfrequenz  $\omega_0$  ( $0 < \omega_0 < \infty$ ) tritt Resonanz auf? Bestimmen Sie  $\underline{Z}_i(\omega_0)$  zahlenmäßig.
- Geben Sie das Norton-Ersatzschaltbild an und berechnen Sie für  $\omega_0$  die Leerlaufspannung  $\underline{U}_L$  und den Kurzschlussstrom  $\underline{I}_k$ .
- Skizzieren Sie die I-U-Kennlinie des Zweipols nach d) für  $\omega_0$  bei Ohmscher Belastung.

*Hinweis:* Suchen Sie im Skript Antworten zu folgenden Leitfragen:

- Was sind Leerlaufspannungen und Kurzschlussstrom?
- Was ist Resonanz?
- Was ist ein Norton-Ersatzschaltbild?

**Aufgabe 19**

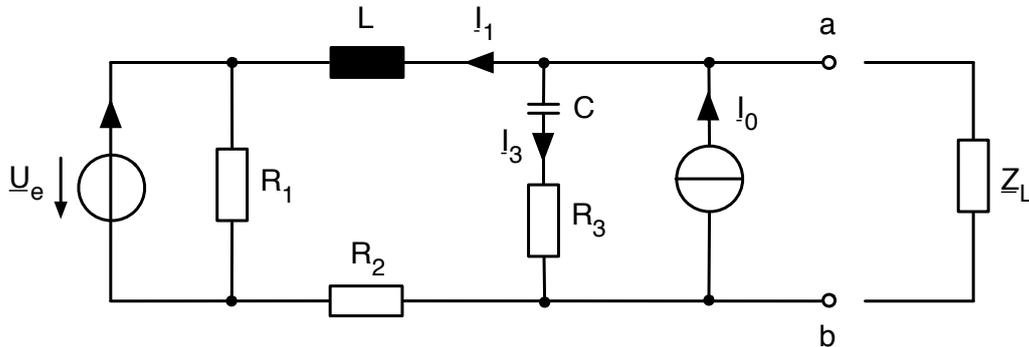
Die in der Abbildung dargestellte RLC-Brückenschaltung wird an der Spannungsquelle  $\underline{U}_0$  mit dem Innenwiderstand  $R_1$  betrieben.



- Bestimmen Sie eine allgemeine Lösung für die Brückenspannung  $\underline{U}_{23}$ , sodass diese nur von den Bauteilen  $R$ ,  $L$ ,  $C$  und der Kreisfrequenz  $\omega$  abhängt.
- Berechnen Sie diese Brückenspannung für  $\omega^2 LC = 1$ .
- Ist die Brücke abgleichbar?

## Aufgabe 20

Gehen Sie von folgender Schaltung aus:



- (a) Berechnen Sie die Eingangsimpedanz  $\underline{Z}_E$  der Schaltung bezüglich der Klemmen a und b allgemein in Abhängigkeit der Bauteile  $R$ ,  $L$ ,  $C$  und der Kreisfrequenz  $\omega$ . Stellen Sie Ihr Ergebnis folgendermaßen dar:

$$\underline{Z}_E = \frac{\operatorname{Re}\{\underline{Z}_{e,Zaehler}\} + j\operatorname{Im}\{\underline{Z}_{e,Zaehler}\}}{\operatorname{Re}\{\underline{Z}_{e,Nenner}\} + j\operatorname{Im}\{\underline{Z}_{e,Nenner}\}}$$

- (b) Berechnen Sie die Wirkleistung  $P$  und die Blindleistung  $Q$  der Schaltung, wenn a und b kurzgeschlossen sind, allgemein in Abhängigkeit der Bauteile  $R$ ,  $L$ ,  $C$ , der anliegenden Spannung  $\underline{U}_e$  und der Kreisfrequenz  $\omega$ .
- (c) Bei sehr großer Lastimpedanz ( $|\underline{Z}_L| \rightarrow \infty$ ) und kurzgeschlossener Spannungsquelle sollen die Ströme  $\underline{I}_1$  und  $\underline{I}_3$  berechnet werden. Gegeben sind dafür folgenden Bauteilwerte:  
 $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \Omega$ ,  $\omega C = 10^{-1} S$ ,  $\omega L = 20 \Omega$ ,  $\underline{I}_0 = (-5 + j5) A$ .

- (d) Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für Aufgabenteil c).

- (i) Tragen Sie  $\underline{I}_1$  und  $\underline{I}_3$  in dieses Diagramm ein. Verwenden Sie 1cm als Maßeinheit für 1A. Sollten Sie Teil c) nicht gelöst haben, gehen Sie von folgenden Werten aus:  $\underline{I}_1 = (2 + j4) A$ ,  $\underline{I}_3 = (-7 + j1) A$ .
- (ii) Konstruieren Sie  $-\underline{I}_0$ .
- (iii) Tragen Sie  $\underline{U}_C$  und  $\underline{U}_L$  in das Diagramm ein. Konstruieren Sie die Zeiger mit  $|\underline{U}_C| = 70.71 V$  und  $|\underline{U}_L| = 89.44 V$ . Verwenden Sie 1cm als Maßeinheit für 10 V.
- (iv) Berechnen Sie die Phasendifferenz zwischen  $\underline{U}_C$  und  $\underline{U}_L$ .