

Tutorium

„Einführung in die Elektrotechnik 1“

Aufgabensammlung



Inhalt

Aufgabe 1	Elektronenbewegung in einem Leiter	3
Aufgabe 2	Ohmscher Widerstand	3
Aufgabe 3	Temperaturabhängigkeit von R	3
Aufgabe 4	Temperaturabhängigkeit von R	3
Aufgabe 5	Temperaturabhängigkeit von R	4
Aufgabe 6	Leistung	4
Aufgabe 7	Leistung	4
Aufgabe 8	Energie	4
Aufgabe 9	Energie und Wirkungsgrad.....	5
Aufgabe 10	Widerstandsberechnung	5
Aufgabe 11	Widerstandsberechnung	5
Aufgabe 12	Parallelschaltung.....	6
Aufgabe 13	Parallelschaltung – Stromteiler-Regel	6
Aufgabe 14	Ersatzwiderstände, Netzwerkvereinfachung.....	6
Aufgabe 15	Ersatzspannungsquelle.....	7
Aufgabe 16	Erwärmung von Wasser und Hubarbeit.....	8
Aufgabe 17	Ersatzstromquelle	8
Aufgabe 18	Spannungsteiler.....	8
Aufgabe 19	Leistungsanpassung	9
Aufgabe 20	Leistung	9
Aufgabe 21	Leitungsdimensionierung	9
Aufgabe 22	Überlagerungssatz.....	10
Aufgabe 23	Überlagerungssatz.....	10
Aufgabe 24	Überlagerungssatz.....	10
Aufgabe 25	Zeitabhängige Ströme und Spannungen.....	11
Aufgabe 26	Wechselstrom – Zeitfunktion.....	11
Aufgabe 27	Wechselstrom – Zeitfunktion und Zeigerdarstellung.....	11
Aufgabe 28	Wechselstrom – Spule und Kondensator	11
Aufgabe 29	Wechselstrom – Zeigerdiagramm	11
Aufgabe 30	Wechselstrom – Zeigerdiagramm	12
Aufgabe 31	Wechselstrom – Komplexe Rechnung	12
Aufgabe 32	Wechselstrom – Komplexe Rechnung	13
Aufgabe 33	Wechselstrom – Komplexe Rechnung	13
Aufgabe 34	Wechselstrom – Komplexe Rechnung	14
Aufgabe 35	Wechselstrom – Komplexe Rechnung	14

Aufgabe 1 Elektronenbewegung in einem Leiter

In einem Kupferleiter mit dem Leiterquerschnitt $A_{\text{Cu}} = 2 \text{ mm}^2$ fließt ein Strom $I = 10 \text{ A}$. Die Dichte der im Kupfer vorhandenen freien Elektronen beträgt $n = 8,5 \cdot 10^{19} \text{ mm}^{-3}$. Die Elementarladung beträgt $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$.

- a) Mit welcher mittleren Geschwindigkeit bewegen sich die Elektronen durch den Leiter?

Aufgabe 2 Ohmscher Widerstand

Ein Leiterseil besteht aus 50 einzelnen zusammen verflochtenen Leitern mit einem Durchmesser von jeweils $d = 2 \text{ mm}$. Der spezifische Widerstand des verwendeten

Leitermaterials beträgt $\rho = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.

- a) Berechnen Sie den ohmschen Widerstand R für eine 10 km lange Leitung.

Aufgabe 3 Temperaturabhängigkeit von R

Ein Drahtwiderstand besitzt bei der Temperatur $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$ einen Widerstand von $R_1 = 0,4 \Omega$. Bei der Temperatur ϑ_2 beträgt der Widerstandswert $R_2 = 0,42 \Omega$. Der Temperaturbeiwert beträgt $\alpha_{20} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

- a) Ist die Temperatur ϑ_2 größer oder niedriger als die Temperatur ϑ_1 ?
b) Berechnen Sie die Temperatur ϑ_2 .

Aufgabe 4 Temperaturabhängigkeit von R

Ein Präzisions-Widerstand darf sich ausgehend von seinem Widerstandswert bei $\vartheta = 20^\circ\text{C}$ nur um $p = \pm 0,015 \%$ ändern. Der Temperaturbeiwert des verwendeten Materials beträgt bei $\vartheta = 20^\circ\text{C}$ $\alpha_{20} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

- a) Berechnen Sie die niedrigste und die höchste zulässige Temperaturabweichung.

Aufgabe 5 Temperaturabhängigkeit von R

Zwei Widerstand R_1 und R_2 sind in Reihe geschaltet und besitzen bei der Temperatur $\vartheta = 20^\circ\text{C}$ einen Gesamtwiderstand von $R_{12} = 100\ \Omega$. Für R_1 beträgt $\alpha_1 = 4 \cdot 10^{-5}\ \text{K}^{-1}$ und für R_2 beträgt $\alpha_2 = -2 \cdot 10^{-5}\ \text{K}^{-1}$.

- a) Welcher der beiden Widerstände ist ein Heißleiter und welcher ein Kaltleiter?
- b) Berechnen Sie die Widerstandswerte R_1 und R_2 bei der Temperatur $\vartheta = 20^\circ\text{C}$, sodass der Gesamtwiderstand aus R_1 und R_2 temperaturunabhängig, d.h. konstant $R_{12} = 100\ \Omega$ bleibt.

Aufgabe 6 Leistung

Ein Ofen (entspricht näherungsweise einem ohmschen Widerstand R) wird zunächst an einer Spannung $U = 230\ \text{V}$ betrieben. Die Spannung sinkt auf $U = 225\ \text{V}$ ab.

- a) Berechnen Sie, um wieviel Prozent sich die Heizleistung durch den Spannungsabfall erniedrigt (Annahme: Der Widerstand R des Ofens bleibt konstant).

Aufgabe 7 Leistung

Ein ohmscher Widerstand setzt bei der Spannung U die Leistung P in Wärme um.

- a) Um wieviel Prozent muss die Spannung U abgesenkt werden, damit die Leistungsaufnahme um 20 % gesenkt wird?

Aufgabe 8 Energie

Ein elektrischer Verbraucher wird über einen Energiezähler angeschlossen. Die Beobachtung des Zählers ergibt, dass sich die Zählerscheibe in 2 Minuten 5 Mal vollständig gedreht hat. Auf dem Zähler steht, dass 80 Umdrehungen der Zählerscheibe einer entnommenen Energie von 1 kWh entsprechen.

- a) Welche Energie W nimmt der Verbraucher in diesen 2 Minuten auf?
- b) Wie groß ist die Leistungsaufnahme P des angeschlossenen Verbrauchers?

Aufgabe 9 Energie und Wirkungsgrad

Auf eine elektrische Heizplatte (entspricht einem ohmschen Widerstand R) mit der Leistung $P = 1.750 \text{ W}$ wird ein Topf mit einem kg Wasser der Temperatur $\vartheta = 15^\circ\text{C}$ gestellt und 5 Minuten lang bis zum Sieden des Wassers auf $\vartheta_1 = 100^\circ\text{C}$ erhitzt. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt $c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

- Berechnen Sie die von der Heizplatte aufgenommene elektrische Energie.
- Berechnen Sie die dem Wasser zugeführte Wärmeenergie.
- Wie groß ist der Wirkungsgrad beim Erhitzen des Wassers?

Aufgabe 10 Widerstandsberechnung

Ein 20 m langer Kupferdraht ($\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$) wird zu einem Drahtwiderstand aufgewickelt. Der Widerstand wird anschließend mit einem Messgerät zu $R = 1 \Omega$ gemessen.

- Berechnen Sie den Durchmesser des Drahtes.
- Wie groß wird der Widerstand, wenn man anstelle von Kupfer den Werkstoff Aluminium

($\rho_{\text{Al}} = 0,0279 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$) verwendet?

Aufgabe 11 Widerstandsberechnung

Eine 2 km lange Energieübertragungsstrecke besteht aus Aluminiumleitungen (Hin- und Rückleitung!) ($\rho_{\text{Al}} = 0,0279 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$). Die Querschnittsfläche beträgt 300 mm^2 .

- Berechnen Sie den ohmschen Widerstand der Leitung (Hin- und Rückleitung!).
- Wie groß ist der Spannungsabfall entlang der Leitung, wenn durch die Leitung ein Strom von 400 A fließt?
- Wie groß darf der Strom maximal sein, damit die zulässige Stromdichte $S = 3 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$ nicht überschritten wird?
- Wie groß sind die Leitungsverluste bei maximalem Strom?

Aufgabe 12 Parallelschaltung

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild (ESB) einer Parallelschaltung aus drei Widerständen, die an eine ideale Spannungsquelle angeschlossen werden.
- Ergänzen Sie das ESB durch eindeutige Bezeichner und Zählpfeile.
- Berechnen Sie sämtliche Ströme und Spannungen.
- Wie verhalten sich die Ströme zueinander?
- Geben Sie den Ersatzwiderstand der Parallelschaltung an.
- Führen Sie die Schaltungsanalyse erneut mit Leitwerten durch.

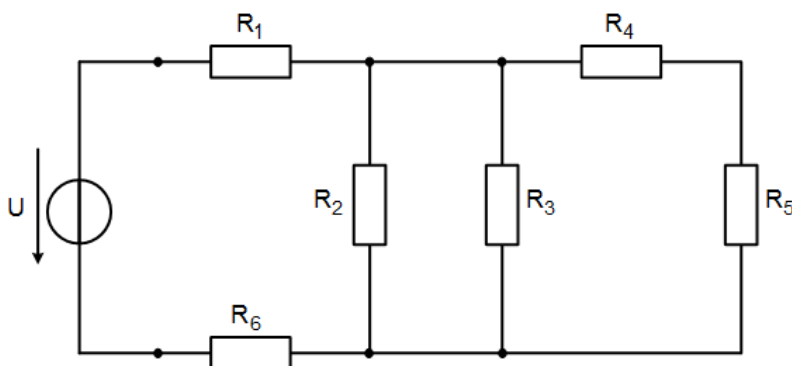
Aufgabe 13 Parallelschaltung – Stromteiler-Regel

In der Elektrotechnik tritt häufig der Sonderfall einer Parallelschaltung aus zwei Widerständen auf. Im Folgenden soll die Schaltung nun genauer untersucht und hilfreiche Beziehungen abgeleitet werden.

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild (ESB) der Parallelschaltung aus zwei Widerständen, die an eine ideale Spannungsquelle angeschlossen werden.
- Ergänzen Sie das ESB durch eindeutige Bezeichner und Zählpfeile.
- Berechnen Sie sämtliche Ströme und Spannungen.
- Wie verhalten sich die Teil-Ströme zum Gesamtstrom?
- Geben Sie den Ersatzwiderstand der Parallelschaltung an.
- Führen Sie die Schaltungsanalyse erneut mit Leitwerten durch.

Aufgabe 14 Ersatzwiderstände, Netzwerkvereinfachung

Gegeben ist die im folgenden Bild dargestellte Schaltung:



Gegeben:

$$U = 12 \text{ V}$$

$$R_1 = 2 \, \Omega$$

$$R_2 = 3 \, \Omega$$

$$R_3 = 6 \, \Omega$$

$$R_4 = 12 \, \Omega$$

$$R_5 = 6 \, \Omega$$

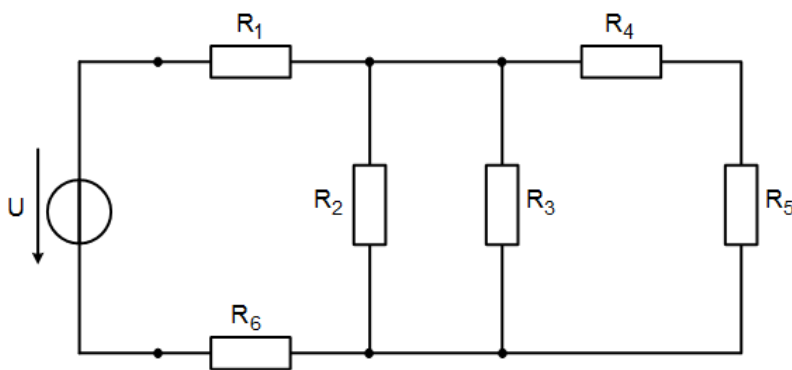
$$R_6 = 2,2 \, \Omega$$

Einfaches Widerstandsnetzwerk

- Ergänzen Sie das ESB durch eindeutige Bezeichner und Zählpfeile für alle Ströme und Spannungen.
- Fassen Sie die Widerstände sukzessive zusammen und berechnen Sie den Strom, den die Spannungsquelle liefern muss. Welche Leistung wird der Quelle entnommen?
- Berechnen Sie, ausgehend vom bekannten Gesamtstrom alle anderen Ströme und die Teilspannungen an den einzelnen Widerständen.
- Berechnen Sie die in den einzelnen Widerständen in Wärme umgesetzten Leistungen.
- Führen Sie eine Leistungsbilanz durch.

Aufgabe 15 Ersatzspannungsquelle

Gegeben ist die im folgenden Bild dargestellte Schaltung:



Gegeben:

$$U = 12 \text{ V}$$

$$R_1 = 2 \, \Omega$$

$$R_2 = 3 \, \Omega$$

$$R_3 = 6 \, \Omega$$

$$R_4 = 12 \, \Omega$$

$$R_5 = 6 \, \Omega$$

$$R_6 = 2,2 \, \Omega$$

Einfaches Widerstandsnetzwerk

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Ersatzspannungsquelle bezüglich des Zweiges in dem sich R_3 befindet.
- Berechnen Sie die Quellenspannung U_q und den Innenwiderstand R_i der Ersatzspannungsquelle.
- Berechnen Sie den Strom durch R_3 , die Spannung an R_3 und die Leistung, die in R_3 in Wärme umgesetzt wird.
- Berechnen Sie die Leistung P_q , die die Ersatzspannungsquelle liefert.
- Vergleichen Sie die Werte aus den Aufgabenteilen c) und d) mit den Ergebnissen aus Aufgabe 14. Welche Folgerungen können Sie daraus ziehen?

Aufgabe 16 Erwärmung von Wasser und Hubarbeit

In einem elektrisch betriebenen Warmwasserboiler sollen 100 Liter Wasser von 12°C auf 60°C erwärmt werden. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt $c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

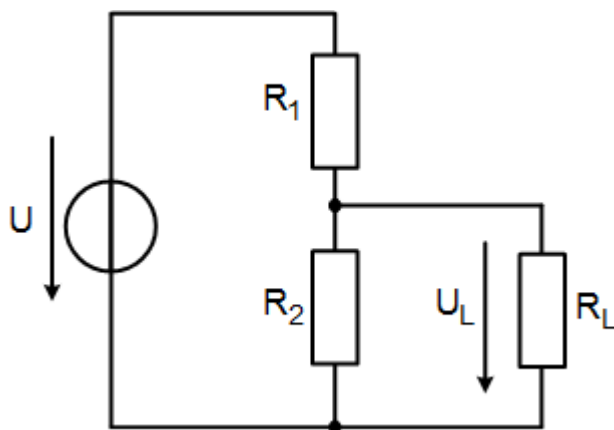
- Berechnen Sie die für die Erwärmung notwendige Wärmemenge (Energie) W in J und in kWh, unter der Annahme, dass der Erwärmungsprozess verlustlos abläuft.
- Wieviel Kostet die Warmwasseraufbereitung, wenn 1 kWh Energie 0,35 € kostet?
- Wie lange dauert der Erwärmungsvorgang, wenn die Heizspirale des Boilers eine elektrische Leistung von 3,5 kW besitzt?
- Wieviel Säcke Zement zu je 50 kg könnten mit derselben Menge an Energie mit einem Aufzug um 100 m in die Höhe befördert werden, wenn die Hebeanlage einen Wirkungsgrad von 80 % aufweist?

Aufgabe 17 Ersatzstromquelle

- Zeichnen Sie für die in Aufgabe 14 gegebene Schaltung die Ersatzstromquellendarstellung bezüglich des Zweiges mit den Widerständen R_4 und R_5 .
- Bestimmen Sie den Quellenstrom I_q und den Innenwiderstand R_i der Ersatzstromquelle.

Aufgabe 18 Spannungsteiler

Im folgenden Bild ist die Schaltung eines belasteten Spannungsteilers abgebildet.



Gegeben:

$$U = 60 \text{ V}$$

$$R_1 + R_2 = R = 2000 \, \Omega$$

$$R_L = 750 \, \Omega$$

Belasteter Spannungsteiler

- Bestimmen Sie die Widerstände R_1 und R_2 , sodass die Spannung $U_L = 35 \text{ V}$ beträgt.

Aufgabe 19 Leistungsanpassung

Zeigen Sie, dass einer realen Spannungsquelle mit dem Innenwiderstand R_i die maximale Leistung entnommen wird, wenn der Lastwiderstand R_L gleich dem Innenwiderstand R_i ist.

Aufgabe 20 Leistung

Die Leistungsaufnahme eines Fernsehgerätes beträgt im Betrieb 150 W und im Standby-Betrieb 3 W. Es wird täglich 4 Stunden ferngesehen. Den Rest der Zeit verbringt das Gerät im Standby.

- a) Wie groß ist der monatliche (30 Tage) Energiebedarf des Fernsehgeräts in kWh?
- b) Wie groß ist der monatliche Energiebedarf für den Standby-Betrieb?
- c) Zu wie viel Prozent wäre ein 1.000 MW-Kraftwerk ausgelastet, um die Energie für den Standby-Betrieb von 60 Millionen Fernsehgeräten zu liefern?
- d) Wie viel Tonnen Braunkohle werden benötigt, um die elektrische Energie aus Aufgabenteil c) zu erzeugen, wenn das Kraftwerk einen Wirkungsgrad von 38 % hat? (1 kg Braunkohle liefert 14,2 MJ Wärmeenergie).

Aufgabe 21 Leitungsdimensionierung

Ein Gleichstromverbraucher mit den Nenndaten $U_N = 500 \text{ V}$, $P_N = 25 \text{ kW}$ soll über eine 200 Meter lange Leitung an eine Spannungsquelle angeschlossen werden. Die Leitung besteht

aus Kupferdraht (spezifischer Widerstand $\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$).

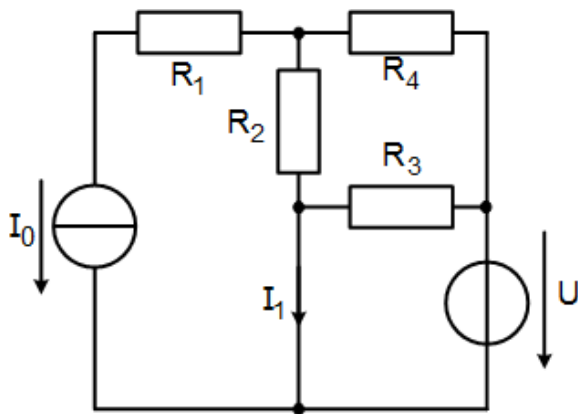
- a) Wie groß muss der Leitungsquerschnitt (Hin- und Rückleitung werden gleich dimensioniert) mindestens gewählt werden, damit die Verlustleistung in der Leitung nicht größer als 7 % von P_N wird?
- b) Was passiert, wenn anstatt der Kupferleitung eine Aluminiumleitung genommen wird (selbe Geometriedaten wie in a) und $\rho_{\text{Al}} = 0,0279 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$)?
- c) Was ist zu tun, wenn die Verluste ebenfalls nur maximal 7 % von P_N betragen sollen?

Aufgabe 22 Überlagerungssatz

- Beschreiben Sie kurz die Aussage des Überlagerungssatzes.
- Erklären Sie, wie mit Spannungs- und Stromquellen umgegangen werden muss.
- Warum darf die Leistung nicht aus Teilleistungen überlagert werden?

Aufgabe 23 Überlagerungssatz

Gegeben ist die im folgenden Bild dargestellte Schaltung.

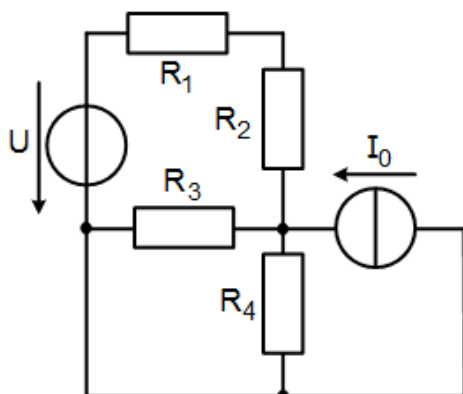


$$\begin{aligned} I_0 &= 2 \text{ A} \\ U &= 120 \text{ V} \\ R_1 &= R_2 = 60 \, \Omega \\ R_3 &= 100 \, \Omega \\ R_4 &= 90 \, \Omega \end{aligned}$$

- Berechnen Sie den Strom I_1 .
- Berechnen Sie die in den Widerständen in Wärme umgesetzten Leistungen.
- Welche Quelle liefert die größere Leistung?

Aufgabe 24 Überlagerungssatz

Gegeben ist die im folgenden Bild dargestellte Schaltung.



$$\begin{aligned} U &= 24 \text{ V} \\ I_0 &= 4 \text{ A} \\ R_1 &= 10 \, \Omega \\ R_2 &= 4 \, \Omega \\ R_3 &= 3 \, \Omega \\ R_4 &= 6 \, \Omega \end{aligned}$$

- Berechnen Sie sämtliche Ströme.

Aufgabe 25 Zeitabhängige Ströme und Spannungen

- Was versteht man unter einem periodischen Spannungsverlauf?
- Erklären Sie die Begriffe Gleichgröße, Wechselgröße und Mischgröße.

Aufgabe 26 Wechselstrom – Zeitfunktion

- Durch welche Größen wird eine sinusförmige Wechselgröße charakterisiert?
- Stellen Sie zwei sinusförmige Größen mit Phasenverschiebung in einem Liniendiagramm dar.

Aufgabe 27 Wechselstrom – Zeitfunktion und Zeigerdarstellung

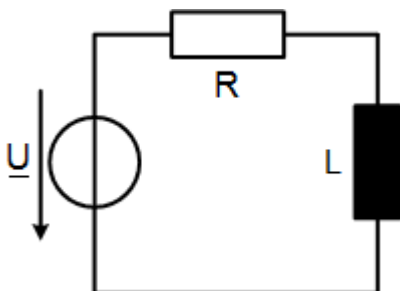
- Was versteht man unter einem Zeiger?
- Stellen Sie eine Sinus- und eine Kosinus-Funktion im Liniendiagramm und als rotierende Zeiger dar.
- Weshalb ist die Zeigerdarstellung nur für sinusförmige Größen gleicher Frequenz sinnvoll?

Aufgabe 28 Wechselstrom – Spule und Kondensator

- Geben Sie das Grundgesetz für die Spule L an.
- Wie lautet das Grundgesetz für den Kondensator C?
- Wie verhalten sich L und C bei Gleichspannung (stationär)?
- Wie verhält sich die Spule an einer sinusförmigen Wechselspannung (stationär)?
- Wie verhält sich der Kondensator an einer sinusförmigen Wechselspannung (stationär)?

Aufgabe 29 Wechselstrom – Zeigerdiagramm

Geben ist die im folgenden Bild dargestellte Reihenschaltung aus R und L.

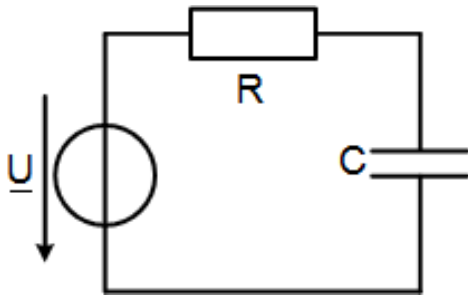


- Führen Sie Zählpfeile und Bezeichner ein.

- b) Zeichnen Sie ein Zeigerdiagramm, welches alle Ströme und Spannungen enthält.
- c) Wie groß ist der Scheinwiderstand der Reihenschaltung?

Aufgabe 30 Wechselstrom – Zeigerdiagramm

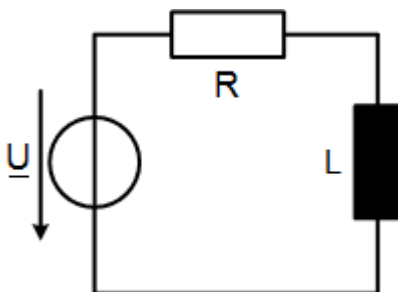
Geben ist die im folgenden Bild dargestellte Reihenschaltung aus R und C.



- a) Führen Sie Zählpfeile und Bezeichner ein.
- b) Zeichnen Sie ein Zeigerdiagramm, welches alle Ströme und Spannungen enthält.
- c) Wie groß ist der Scheinwiderstand der Reihenschaltung?

Aufgabe 31 Wechselstrom – Komplexe Rechnung

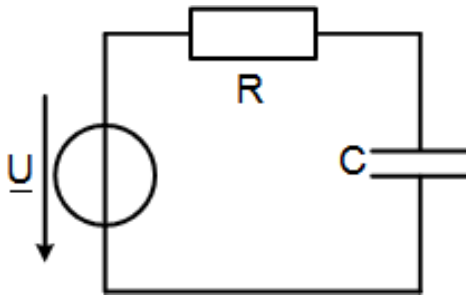
Geben ist die im folgenden Bild dargestellte Reihenschaltung aus R, L und C.



- a) Führen Sie Zählpfeile und Bezeichner ein.
- b) Bestimmen Sie die Impedanz $\underline{Z}$.
- c) Berechnen Sie den Strom $\underline{I}$ und die Spannungen $\underline{U}_R$ und $\underline{U}_L$.
- d) Interpretieren Sie die komplexen Größen.

Aufgabe 32 Wechselstrom – Komplexe Rechnung

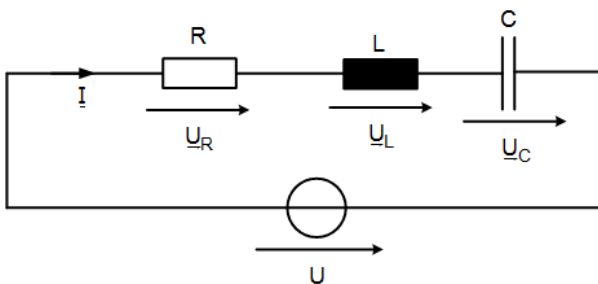
Geben ist die im folgenden Bild dargestellte Reihenschaltung aus R und C.



- Führen Sie Zählpfeile und Bezeichner ein.
- Bestimmen Sie die Impedanz $\underline{Z}$.
- Berechnen Sie den Strom $\underline{I}$ und die Spannungen $\underline{U}_R$ und $\underline{U}_C$.
- Interpretieren Sie die komplexen Größen.

Aufgabe 33 Wechselstrom – Komplexe Rechnung

Gegeben ist folgende Reihenschaltung aus R, L und C.



Gegebene Werte:

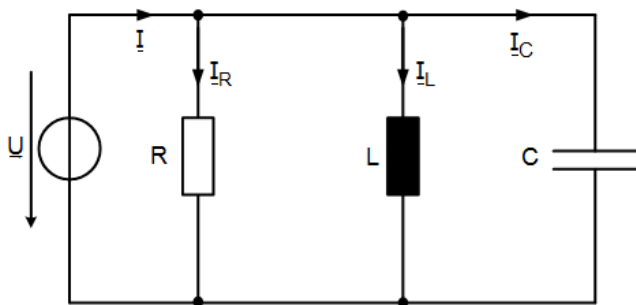
$$\underline{U} = 200 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz},$$

$$R = 20 \, \Omega, X_L = 60 \, \Omega \text{ und } X_C = 40 \, \Omega.$$

- Bestimmen Sie die Impedanz $\underline{Z}$ der Schaltung.
- Berechnen Sie den Strom $\underline{I}$ und die Spannungen $\underline{U}_R$, $\underline{U}_L$ und $\underline{U}_C$.
- Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$ und geben Sie die Wirk- und Blindleistung an.
- Auf welchen Wert müsste X_C verändert werden, damit der Strom $\underline{I}$ reell wird? Zeichnen Sie für diesen Fall ein maßstäbliches Zeigerdiagramm.

Aufgabe 34 Wechselstrom – Komplexe Rechnung

Geben ist die im folgenden Bild dargestellte Parallelschaltung aus R, L und C.



Gegebene Werte:

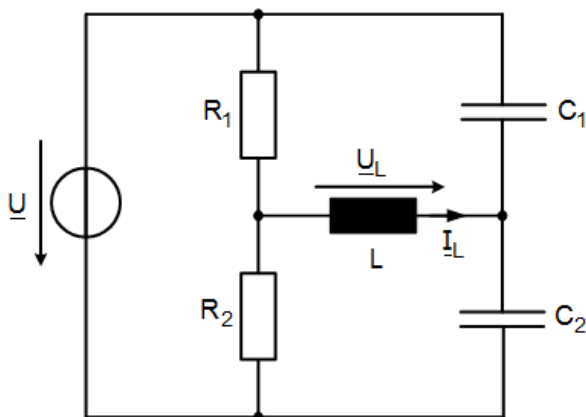
$$\underline{U} = 200 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}$$

$$R = 20 \Omega, X_L = 60 \Omega \text{ und } X_C = 40 \Omega$$

- Berechnen Sie sämtliche Ströme.
- Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$, die Wirkleistung P und die Blindleistung Q .
- Interpretieren Sie die komplexen Größen.

Aufgabe 35 Wechselstrom – Komplexe Rechnung

Geben ist die im folgenden Bild dargestellte Schaltung.



Gegebene Werte:

$$\underline{U} = 60 \text{ V}, f = 800 \text{ Hz}$$

$$R_1 = 30 \Omega, R_2 = 90 \Omega, C_1 = 2 \mu\text{F} \text{ und}$$

$$C_2 = 4 \mu\text{F}, L = 15 \text{ mH}$$

- Berechnen Sie mit Hilfe des Verfahrens der Ersatzspannungsquelle den Strom durch die Spule L und die Spannung an der Spule L.