Helmut-Schmidt-Universität
Universität der Bundeswehr Hamburg
Fakultät für Elektrotechnik
Grundlagen der Elektrotechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Dickmann

Trainingsaufgaben
Grundlagen der Elektrotechnik

von Dr.-Ing. Stefan Schenke

Version vom 4. Februar 2022.

Dieses Dokument finden Sie auf
www.hsu-hh.de/get/lehre/repetitorium

Dieser QR-Code führt auf die Homepage.

Inhaltsverzeichnis

1 Trainingsaufgaben **5**

1. Ladung und Strom . . . 5
2. Ohmsches Gesetz und elektrische Leistung . . . 8
3. Ohmscher Widerstand eines Drahtes . . . 13
4. Temperaturabhängige Widerstände . . . 15
5. Kirchhoffsche Sätze . . . 17
6. Widerstandsnetzwerke . . . 20
7. Spannungsteiler . . . 24
8. Stromteiler . . . 30
9. Ideale und reale Spannungs- und Stromquellen . . . 34
10. Leistungsanpassung . . . 39
11. Strom- und Spannungsmessung . . . 42
12. Wheatstonebrücke – Gleichstrom . . . 51
13. Stern-Dreieck-Umformung . . . 58
14. Überlagerungssatz . . . 62
15. Ersatzspannungs- und Ersatzstromquelle . . . 66
16. Knotenpotentialverfahren . . . 70
17. Arbeitspunkt grafisch ermitteln . . . 73
18. Schaltungen vereinfachen . . . 79
19. Leistung in Gleichstrom-Netzwerken . . . 82
20. Transiente Vorgänge – Randbedingungen . . . 84
21. Transiente Vorgänge – Differentialgleichung aufstellen . . . 94
22. Transiente Vorgänge – Zeitverlauf zeichnen . . . 104
23. Effektivwerte ohne Integrale berechnen . . . 112
24. Komplexe Darstellung von Sinusgrößen, Zeigerdiagramme . . . 115
25. Wechselstromschaltungen . . . 118
26. Schwingkreise . . . 126
27. Wirk- Blind- und Scheinleistung in Wechselstromnetzen . . . 128
28. Ortskurven . . . 135
29. Bodediagramm . . . 147
30. Drehstrom . . . 150
31. Fourerreihe . . . 162
32. Laplacetransformation . . . 169
33. Elektrisches Feld . . . 174
34. Magnetischer Kreis . . . 195
35. Transformator . . . 203

2 Kurzlösungen **209**

1 Trainingsaufgaben

1. Ladung und Strom

Der elektrische Strom ist ein Maß dafür, wieviele Ladungsträger pro Zeiteinheit durch einen Leitungsquerschnitt fließen. Mathematisch lässt sich dieser Zusammenhang mit einer Ableitung ausdrücken:

$$i(t) = \frac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}t}.$$

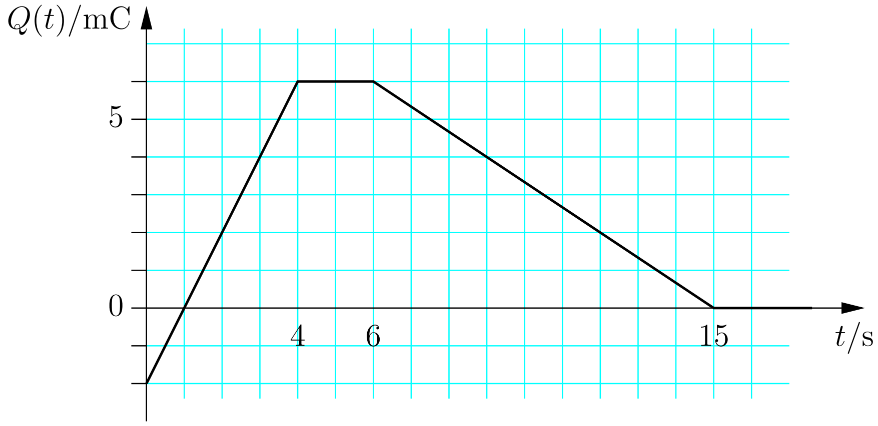
Kennen Sie den zeitlichen Verlauf der Ladung $q(t)$, können Sie daraus also den Strom $i(t)$ berechnen. Auch umgekehrt können Sie aus dem Verlauf des Stroms $i(t)$ die Ladungsmenge $q(t)$ berechnen, die im Zeitraum t_0 und t durch einen Leiterquerschnitt geflossen ist:

$$q(t) = \int\limits_{t_0}^{t} i(t')\,\mathrm{d}t'.$$

1.1

aLadung_Strom_3

Durch einen Leiterquerschnitt fließt die elektrische Ladung $Q(t)$, deren zeitlicher Verlauf in der nachfolgenden Grafik dargestellt ist.



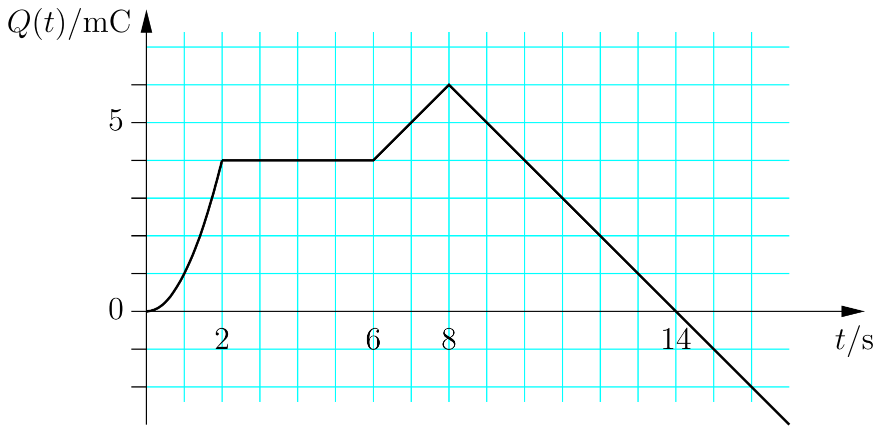
1. Beschreiben Sie den Verlauf von $Q(t)$ abschnittsweise durch mathematische Funktionen.

2. Berechnen Sie den Strom $i(t)$ durch den Leiterquerschnitt.

1.2

aLadung_Strom_1

Durch einen Leiterquerschnitt fließt die elektrische Ladung $Q(t)$, deren zeitlicher Verlauf in der nachfolgenden Grafik dargestellt ist.



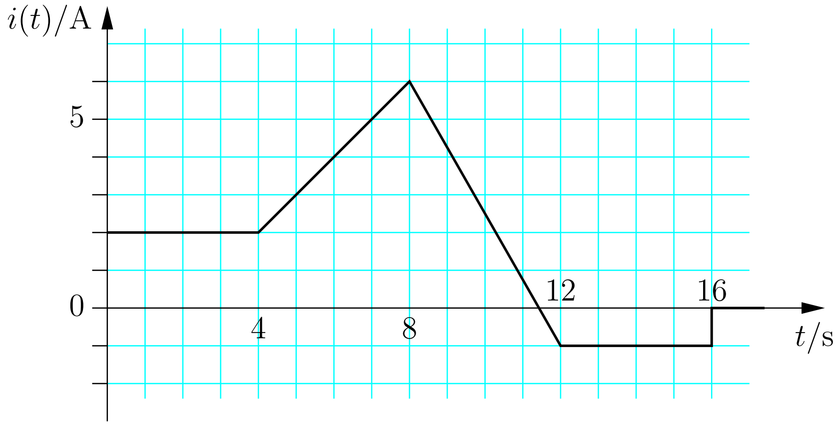
1. Beschreiben Sie den Verlauf von $Q(t)$ abschnittsweise durch mathematische Funktionen.

2. Berechnen Sie den Strom $i(t)$ durch den Leiterquerschnitt.

1.3

aLadung_Strom_2

In einem Leiter fließt der elektrische Strom $i(t)$, dessen zeitlicher Verlauf in dem nachfolgenden Diagramm dargestellt ist:



1. Beschreiben Sie den Verlauf von $i(t)$ abschnittsweise durch mathematische Funktionen.

2. Berechnen Sie, wieviele Ladungen insgesamt durch den Querschnitt des Leiters fließen.

2. Ohmsches Gesetz und elektrische Leistung

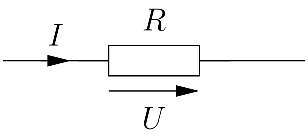
Für diese Aufgaben benötigen Sie

- das Ohmsche Gesetz: $U = R \cdot I$,
- die Definition des Leitwerts: $G = 1/R$ und
- die Definition der elektrischen Leistung für Gleichstromnetze: $P = U \cdot I$.

2.1

aOhm_Leistung_R_01

Durch einen Widerstand R fließt der Strom I.

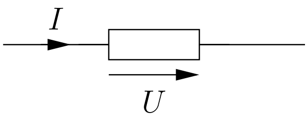


Welche Spannung U fällt an dem Widerstand ab?

2.2

aOhm_Leistung_R_02

An einem Widerstand fällt die Spannung U ab und es fließt der Strom I durch ihn.

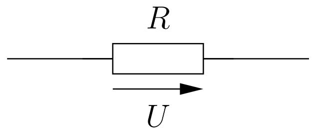


Welche Leistung P wird im Widerstand umgesetzt?

2.3

aOhm_Leistung_R_03

An einem Widerstand R fällt die Spannung U ab.

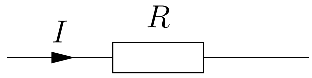


Welche Leistung P wird im Widerstand umgesetzt?

2.4

aOhm_Leistung_R_04

Durch einen Widerstand R fließt der Strom I.

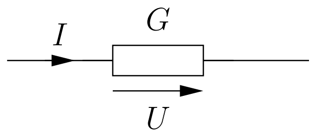


Welche Leistung P wird in dem Widerstand umgesetzt?

2.5

aOhm_Leistung_R_05

Durch einen Leitwert G fließt der Strom I.

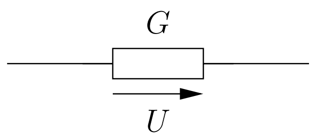


Welche Spannung U fällt an ihm ab?

2.6

aOhm_Leistung_R_06

An einem Leitwert G fällt die Spannung U ab.



Welche Leistung P wird im Leitwert umgesetzt?

2.7

aOhm_Leistung_R_07

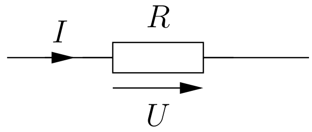
Durch einen Leitwert G fließt der Strom I.

Welche Leistung P wird im Leitwert umgesetzt?

2.8

aOhm_Leistung_R_08

An einem Widerstand R fällt die Spannung U ab.

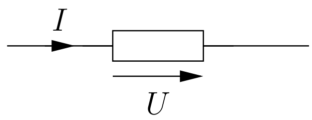


Welcher Strom I fließt durch den Widerstand?

2.9

aOhm_Leistung_R_09

Durch einen Widerstand fließt der Strom I und es wird die Leistung P in ihm umgesetzt.

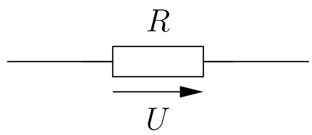


Welche Spannung U fällt am Widerstand ab?

2.10

aOhm_Leistung_R_10

In einem Widerstand R wird die Leistung P umgesetzt.

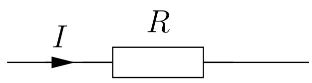


Welche Spannung U fällt am Widerstand ab?

2.11

aOhm_Leistung_R_11

In einem Widerstand R wird die Leistung P umgesetzt.

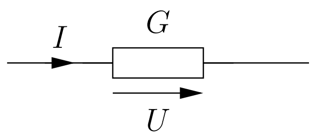


Welcher Strom I fließt durch den Widerstand?

2.12

aOhm_Leistung_R_12

An einem Leitwert G fällt die Spannung U ab.

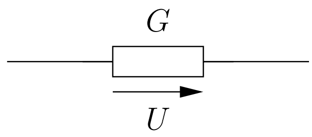


Welcher Strom I fließt durch den Leitwert?

2.13

aOhm_Leistung_R_13

In einem Leitwert G wird die Leistung P umgesetzt.

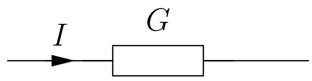


Welche Spannung U fällt am Leitwert ab?

2.14

aOhm_Leistung_R_14

In einem Leitwert G wird die Leistung P umgesetzt.

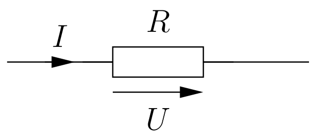


Welcher Strom I fließt durch den Leitwert?

2.15

aOhm_Leistung_R_15

Durch einen Widerstand R fließt der Strom I und es fällt die Spannung U an ihm ab.

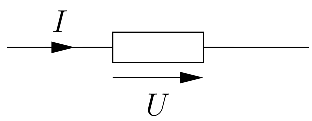


Wie groß ist der Widerstand R?

2.16

aOhm_Leistung_R_16

In einem Widerstand wird die Leistung P umgesetzt und es fällt die Spannung U an ihm ab.

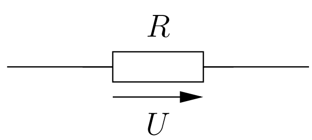


Welcher Strom I fließt durch den Widerstand?

2.17

aOhm_Leistung_R_17

In einem Widerstand wird die Leistung P umgesetzt und es fällt die Spannung U an ihm ab.

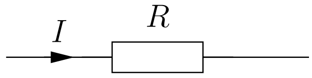


Wie groß ist der Widerstand R?

2.18

aOhm_Leistung_R_18

Durch einen Widerstand fließt der Strom I und es wird die Leistung P in ihm ungesetzt.

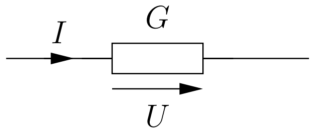


Wie groß ist der Widerstand R?

2.19

aOhm_Leistung_R_19

Durch einen Leitwert G fließt der Strom I und es fällt die Spannung U an ihm ab.

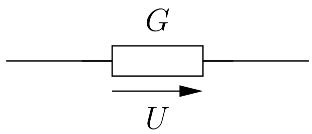


Welchen Wert besitzt der Leitwert G?

2.20

aOhm_Leistung_R_20

An einem Leitwert G fällt die Spannung U ab und es wird die Leistung P in ihm umgesezt.

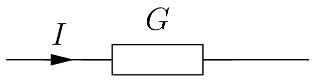


Welchen Wert besitzt der Leitwert G?

2.21

aOhm_Leistung_R_21

Durch einen Leitwert G fließt der Strom I und es wird die Leistung P in ihm umgesetzt.



Welchen Wert besitzt der Leitwert G?

3. Ohmscher Widerstand eines Drahtes

Der elektrische Widerstand eines homogenen Drahts (konstante Querschnittsfläche und gleiches Material über die gesamte Länge) berechnet sich wie folgt:

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{A}.$$

Hierbei ist ϱ eine Materialkonstante, der *spezifische Widerstand*. Die Länge l und die Querschnittsfläche A beschreiben die Geometrie des Drahts.
Alternativ lässt sich der Widerstand auch mit Hilfe der *Leitfähigkeit* κ berechnen:

$$R = \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{l}{A}.$$

Es gilt $\varrho = 1/\kappa$.

3.1

aWiderstand_01

Auf einem Schiebewiderstand sind 300 m Konstantandraht ($\varrho = 0{,}5\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$) von 0,4 mm Durchmesser aufgewickelt.

Wie groß ist der Widerstand der Wicklung?

3.2

aWiderstand_02

Eine Spule besteht aus 500 Windungen Aluminiumdraht ($\varrho = 0{,}029\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$) von 0,5 mm Durchmesser.

Wie groß ist der Widerstand bei einer mittleren Windungslänge von 4 cm?

3.3

aWiderstand_03

Zu einem Motor führt eine 200 m lange Doppelleitung aus Kupfer ($\rho = 0{,}0178\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$) von 1,5 mm^2 Querschnitt.

Wie groß ist der Widerstand der Zuleitung?

3.4

aWiderstand_05

Zwischen den Platten eines Kondensators von 0,1 m^2 Fläche befindet sich eine 4 mm dicke Glasplatte ($\rho = 10^{10}\,\Omega\,\mathrm{m}$).

Welchen Widerstand hat die Platte?

3.5

aWiderstand_07

Der Konstantandraht ($\rho = 0{,}5\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$) eines Heizdrahtamperemeters hat 0,06 mm Durchmesser.

Welche Länge muss er haben, wenn sein Widerstand 40 Ω betragen soll?

3.6

aWiderstand_08

Wieviel Meter Kupferdraht ($\varrho = 0{,}0178\,\Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$) enthält eine Spule, die bei 1 mm^2 Drahtquerschnitt einen Widerstand von 6 Ω besitzt?

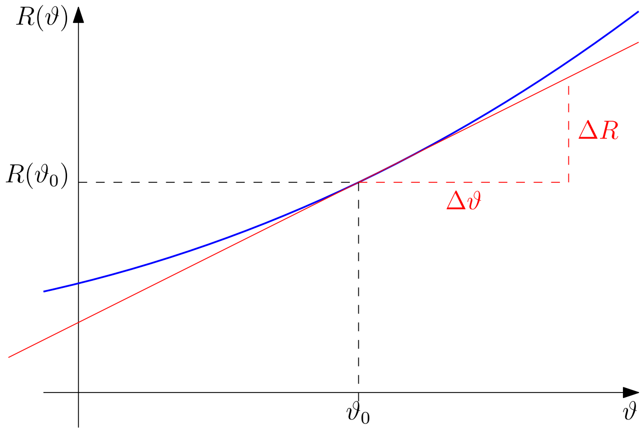
3.7

aWiderstand_09

Auf den wievielfachen Wert steigt der Ohm'sche Widerstand eines Drahtes, wenn er unter Erhaltung des Gesamtvolumens auf die doppelte Länge ausgezogen wird?

4. Temperaturabhängige Widerstände

Der Widerstandswert R eines realen Widerstands ist von von dessen Temperatur ϑ abhängig. Leider ist der Zusammenhang zwichen R und ϑ nichtlinear und damit mathematisch kompliziert zu beschreiben. Wir behelfen uns damit, dass wir die Funktion $R(\vartheta)$ um einen Arbeitspunkt ϑ_0 linearisieren.



Anhand der gewählten Tangente lässt sich eine Geradengleichung aufstellen:

$$R(\vartheta) \approx R(\vartheta_0) + \left.\frac{\mathrm{d}R(\vartheta)}{\mathrm{d}\vartheta}\right|_{\vartheta=\vartheta_0} \cdot (\vartheta - \vartheta_0).$$

Hierbei ist $\left.\frac{\mathrm{d}R(\vartheta)}{\mathrm{d}\vartheta}\right|_{\vartheta=\vartheta_0}$ die Steigung des Temperaturverlaufs an der Stelle ϑ_0. Es ist üblich, diese Steigung auf den Wert $R(\vartheta_0)$ zu normieren:

$$\begin{aligned} R(\vartheta) &\approx R(\vartheta_0)\left(1 + \underbrace{\frac{1}{R(\vartheta_0)} \cdot \left.\frac{\mathrm{d}R(\vartheta)}{\mathrm{d}\vartheta}\right|_{\vartheta=\vartheta_0}}_{\alpha_{\vartheta_0}} \cdot \underbrace{(\vartheta - \vartheta_0)}_{\Delta\vartheta}\right) \\ &\approx R(\vartheta_0) \cdot (1 + \alpha_{\vartheta_0} \cdot \Delta\vartheta). \end{aligned}$$

Die Größe $\alpha_{\vartheta_0} = \frac{1}{R(\vartheta_0)} \cdot \left.\frac{\mathrm{d}R(\vartheta)}{\mathrm{d}\vartheta}\right|_{\vartheta=\vartheta_0}$ nennt man *Temperaturkoeffizient bezüglich* ϑ_0. Meistens verwendet man $\vartheta_0 = 20°\mathrm{C}$ als Bezugstemperatur und nennt den Temperaturkoeffizienten dann α_{20}.

aWiderstand_Temperatur_01
4.1

Die Feldwicklung eines Elektromotors hat bei 20°C einen Widerstand von 500 Ω ($\alpha_{20} = 0{,}0038\,\frac{1}{\mathrm{K}}$).

Welchen Widerstand hat sie im Betrieb bei 62°C?

aWiderstand_Temperatur_02
4.2

Ein Kupferdraht ($\alpha_{20} = 0{,}0038\,\frac{1}{\mathrm{K}}$) hat bei 20°C den Widerstand R.

Bei welcher Temperatur ist der Widerstand doppelt so groß?

aWiderstand_Temperatur_03
4.3

Welche Temperatur hat ein Heizwiderstand, wenn er bei 20°C einen Strom von 2,9 A und im Betrieb 0,5 A aufnimmt? $\alpha_{20} = 0{,}004\,\frac{1}{\mathrm{K}}$.

aWiderstand_Temperatur_06
4.4

Der Widerstand einer Telegrafenleitung ($\alpha_{20} = 0{,}0038\,\frac{1}{\mathrm{K}}$) beträgt 1,5 Ωbei 8°C.

Bei welcher Temperatur beträgt der Widerstand 1,65 Ω?

aWiderstand_Temperatur_07
4.5

Zur Feststellung des Temperaturkoeffizienten wird ein Draht in einem Ölbad von 20°C auf 100°C erwärmt. Dabei nimmt sein Widerstand um 5% zu.

Welchen Wert hat der Temperaturkoeffizient α_{20}?

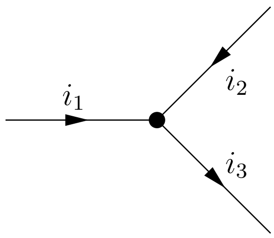
aWiderstand-Temperatur_09
4.6

Bei welcher Temperatur in °C verdoppelt sich der Widerstand eines Kupferdrahtes gegenüber dem Wert bei 20°C?
$\alpha_{20} = 0{,}0038\ \mathrm{K}^{-1}$)

5. Kirchhoffsche Sätze

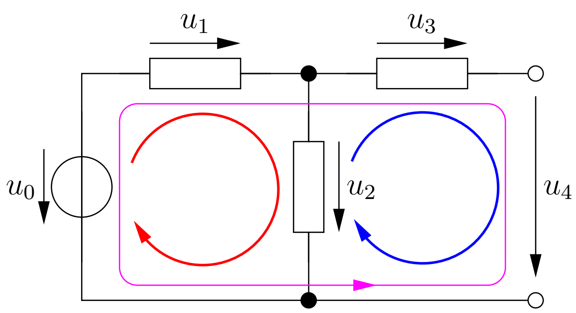
Für die folgenden Aufgaben benötigen Sie folgende Gesetze:

Kirchhoffscher Knotensatz Die Summe aller in einen Knoten hinein- und herausfließender Ströme ist Null. In den Knoten hineinfließende Ströme werden positiv, hinausfließende Stöme negativ gezählt.



$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

Kirchhoffscher Machensatz Die Summe aller Spannungen innerhalb einer Masche ist Null. Definieren Sie zunächst die Umlaufrichtung Ihrer Masche. Spannungen in Umlaufrichtung werden positiv gezählt, Spannungen entgegen der Umlaufrichtung negativ.



$$-u_0 + u_1 + u_2 = 0$$
$$-u_2 + u_3 + u_4 = 0$$
$$u_0 - u_4 - u_3 - u_1 = 0$$

Ohmsches Gesetz und Zählpfeile An einem Widerstand gilt das Ohmsche Gesetz:

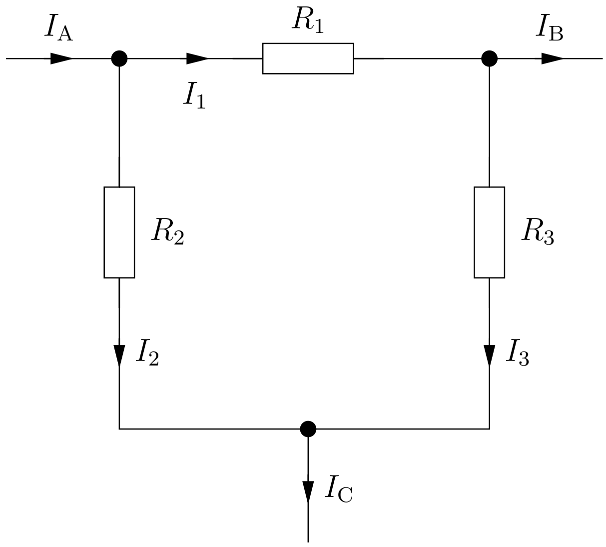
$$U = R \cdot I$$

und das Verbraucherzählpfeilsystem wird angewendet. Dies bedeutet, dass U und I am Bauteil in die selbe Richtung zeigen. Sollte jedoch im Schaltbild die Größen U und I an einem Widerstand in entgegengesetzte Richtungen zeigen (Erzeugerzählpfeilsystem), so berücksichtigt man dies mit einem negativen Vorzeichen im Ohmschen Gesetz: $U = -R \cdot I$.

5.1

aKirchhoff_01

Gegeben ist folgender Teil einer größeren Schaltung:

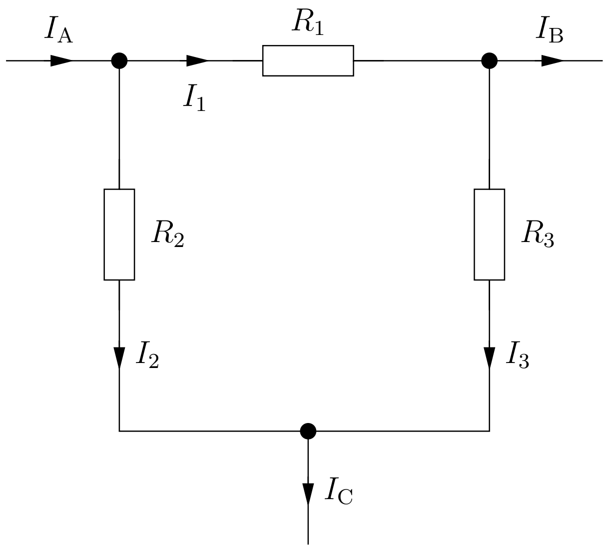


Die Größen I_A, I_B und I_1 sowie die Widerstandswerte R_1, R_2 und R_3 sind bekannt.
Bestimmen Sie I_C, I_2 und I_3.

5.2

aKirchhoff_02

Gegeben ist folgender Teil einer größeren Schaltung:

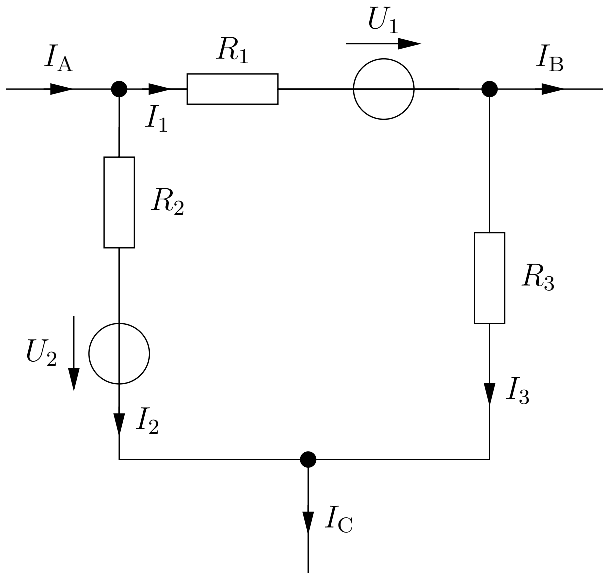


Die Größen I_1 und I_2 sowie die Widerstandswerte R_1, R_2 und R_3 sind bekannt.
Bestimmen Sie I_A, I_B, I_C und I_3.

aKirchhoff_03

5.3

Gegeben ist folgender Teil einer größeren Schaltung:

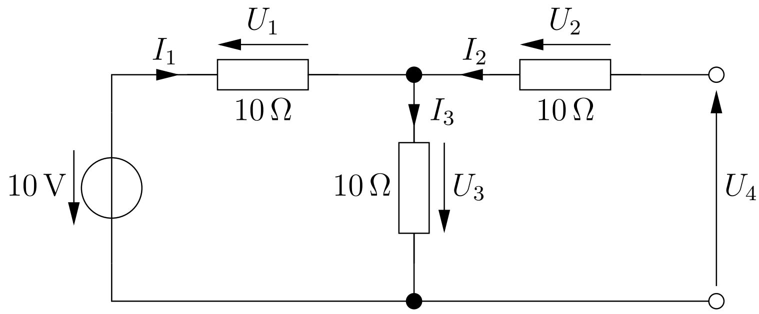


Die Größen U_1, U_2, I_2 und I_C sowie die Widerstandswerte R_1, R_2 und R_3 sind bekannt.
Bestimmen Sie I_A, I_B, I_1 und I_3.

aKirchhoff_06

5.4

Gegeben ist folgende Schaltung:



Bestimmen Sie alle eingezeichneten Ströme und Spannungen. Beachten Sie die Vorzeichen!

6. Widerstandsnetzwerke

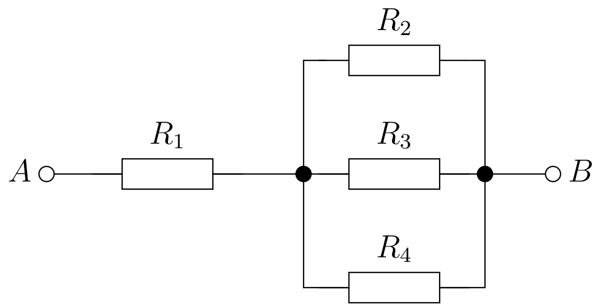
Für diese Aufgaben benötigen Sie die Formeln zur Berechnung des Gesamtwiderstandes von Reihen- und Parallelschaltungen:

- Reihenschaltung: $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + ... + R_n$.
- Parallelschaltung: $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}$.
- Parallelschaltung von zwei Widerständen (ergibt sich aus der vorherigen Gleichung): $R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$.

6.1

aWiderstandsnetzwerk_01

Gegeben ist folgendes Widerstandsnetzwerk:

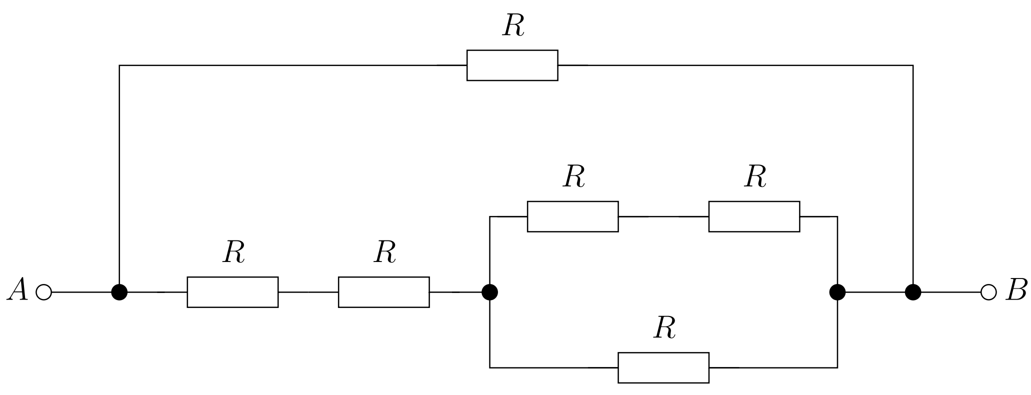


Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen A und B.

6.2

aWiderstandsnetzwerk_02

Gegeben ist folgendes Widerstandsnetzwerk:

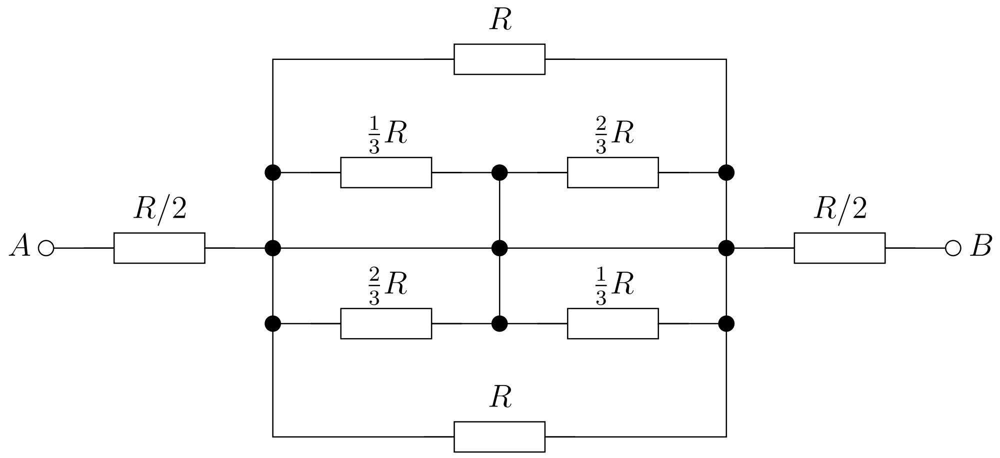


Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen A und B.

6.3

aWiderstandsnetzwerk_06

Gegeben ist folgendes Widerstandsnetzwerk:

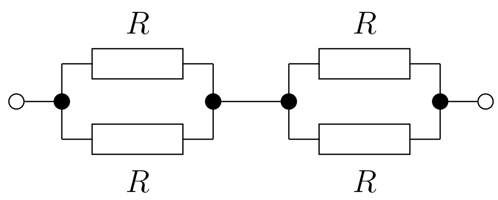


Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen A und B.

6.4

aWiderstandsnetzwerk_15

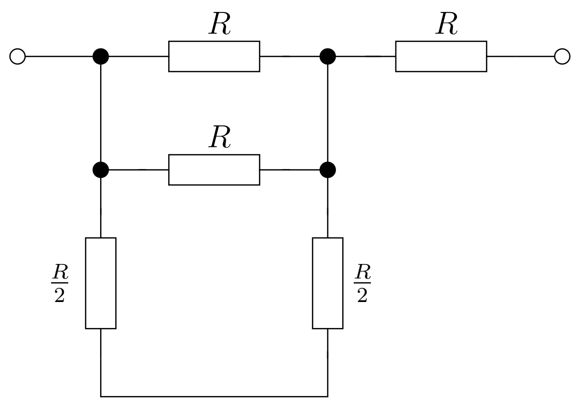
Wie groß ist der Gesamtwiderstand R_{ges} der folgenden Schaltung?



6.5

aWiderstandsnetzwerk_16

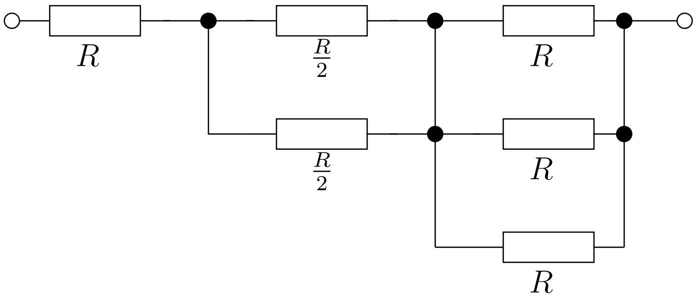
Wie groß ist der Gesamtwiderstand R_{ges} der folgenden Schaltung?



aWiderstandsnetzwerk_17a

6.6

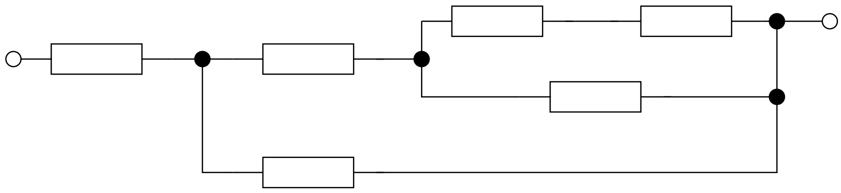
Wie groß ist der Gesamtwiderstand R_{ges} der folgenden Schaltung?



aWiderstandsnetzwerk_21

6.7

Wie groß ist der Gesamtwiderstand R_{ges} der folgenden Schaltung?

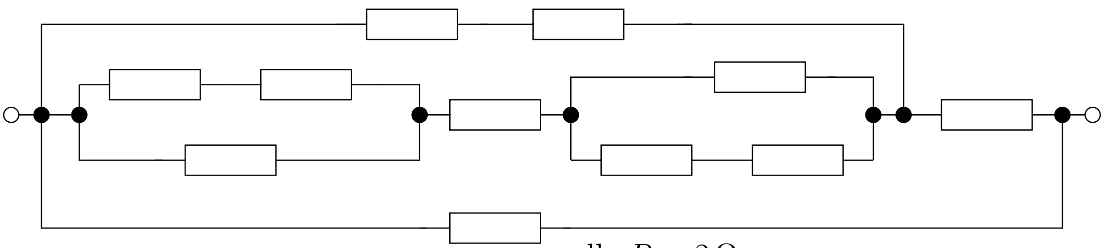


alle $R = 3\,\Omega$

aWiderstandsnetzwerk_22

6.8

Wie groß ist der Gesamtwiderstand R_{ges} der folgenden Schaltung?



alle $R = 2\,\Omega$

aWiderstandsnetzwerk_07

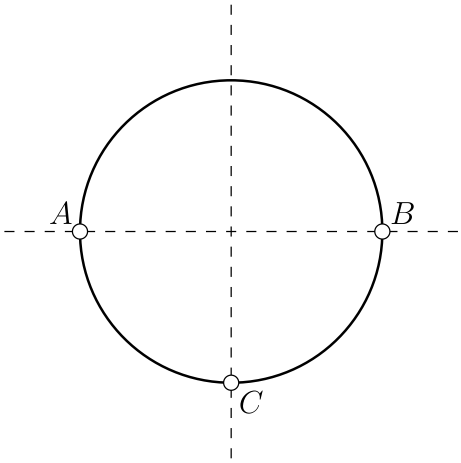
6.9

Zwei Widerstände R_1 und $R_2 = R_1 + 32\,\Omega$ ergeben in der Parallelschaltung $12\,\Omega$.
Welche Werte haben R_1 und R_2?

aWiderstandsnetzwerk_12

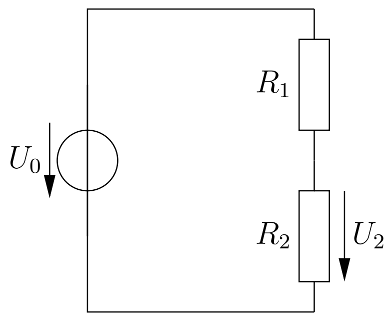
6.10

Gegeben ist ein Metallring:



Zwischen den gegenüberliegenden Punkten A und B ist der Widerstand gleich R.
Wie groß ist der Widerstand zwischen den Punkten A und C?

7. Spannungsteiler



Fließt durch zwei Widerstände der selbe Strom, lässt sich die Spannungsteiler-Formel anwenden:

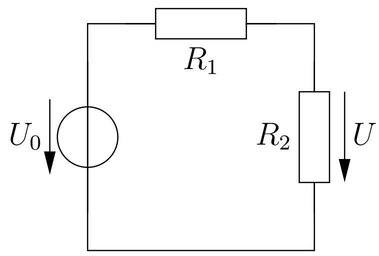
$$U_2 = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Bei größeren Schaltungen lässt sich diese Gleichung oft anwenden, nachdem man Widerstände zusammengefasst hat.

7.1

aSpannungsteiler_01

Gegeben ist die folgende Schaltung:



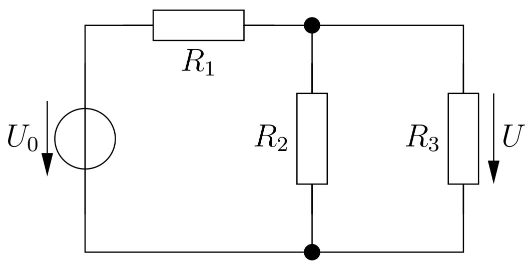
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.2

aSpannungsteiler_02

Gegeben ist die folgende Schaltung:



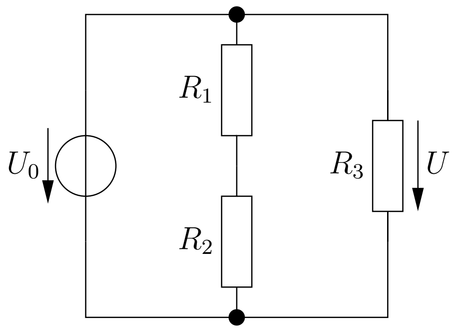
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.3

aSpannungsteiler_03

Gegeben ist die folgende Schaltung:



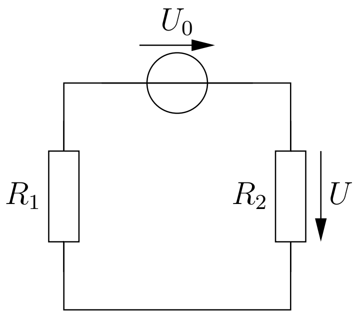
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.4

aSpannungsteiler_04

Gegeben ist die folgende Schaltung:



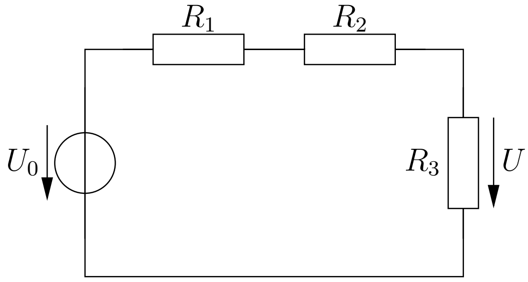
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.5

aSpannungsteiler_05

Gegeben ist die folgende Schaltung:



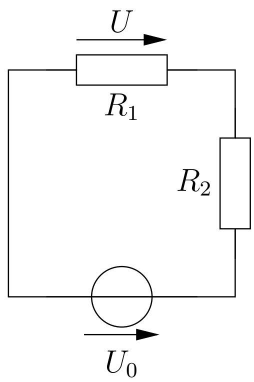
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.6

aSpannungsteiler_06

Gegeben ist die folgende Schaltung:



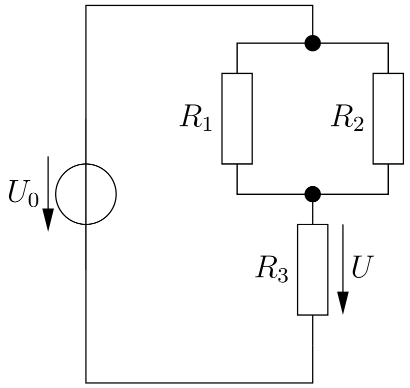
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

aSpannungsteiler_07

7.7

Gegeben ist die folgende Schaltung:



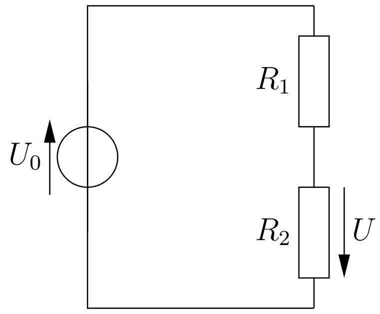
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

aSpannungsteiler_08

7.8

Gegeben ist die folgende Schaltung:



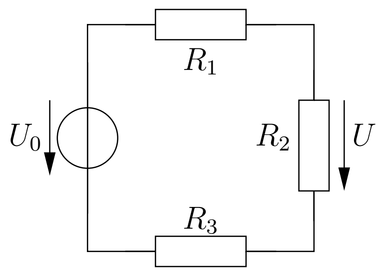
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.9

aSpannungsteiler_09

Gegeben ist die folgende Schaltung:



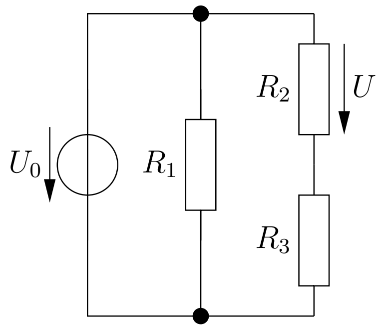
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.10

aSpannungsteiler_10

Gegeben ist die folgende Schaltung:



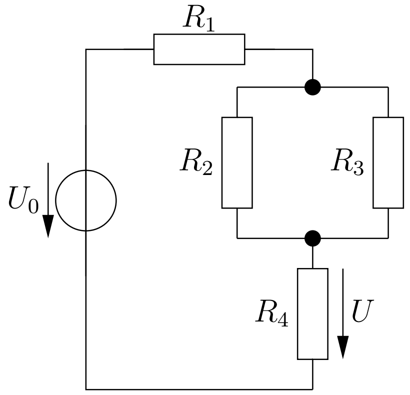
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.11

aSpannungsteiler_11

Gegeben ist die folgende Schaltung:



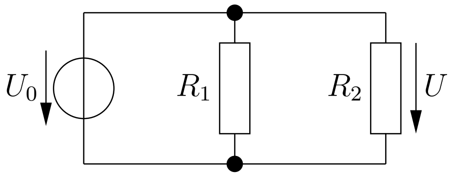
Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

7.12

aSpannungsteiler_12

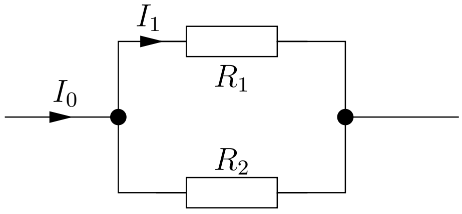
Gegeben ist die folgende Schaltung:



Sie kennen den Wert der Spannungsquelle U_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist die Spannung U?

8. Stromteiler



Fällt an zwei Widerständen die selbe Spannung ab, lässt sich die Stromteilerteiler-Formel anwenden:

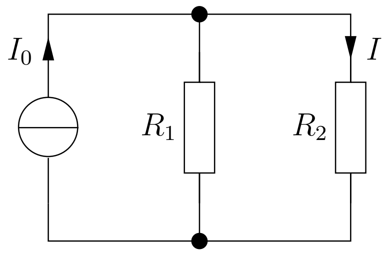
$$I_1 = I_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Bei größeren Schaltungen lässt sich diese Gleichung oft anwenden, nachdem man Widerstände zusammengefasst hat.

8.1

aStromteiler_01

Gegeben ist die folgende Schaltung:



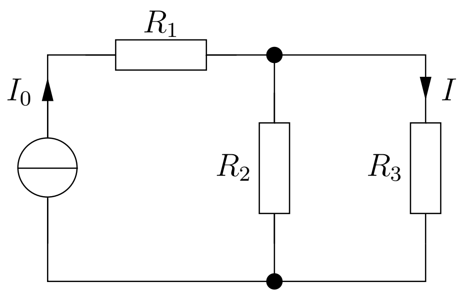
Sie kennen den Wert der Stromquelle I_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist der Strom I?

8.2

aStromteiler_02

Gegeben ist die folgende Schaltung:



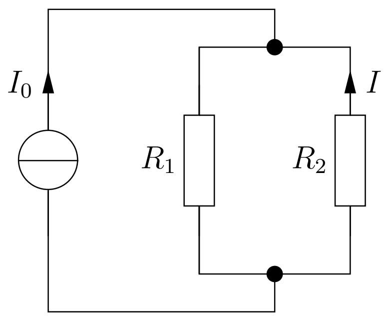
Sie kennen den Wert der Stromquelle I_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist der Strom I?

aStromteiler_03

8.3

Gegeben ist die folgende Schaltung:



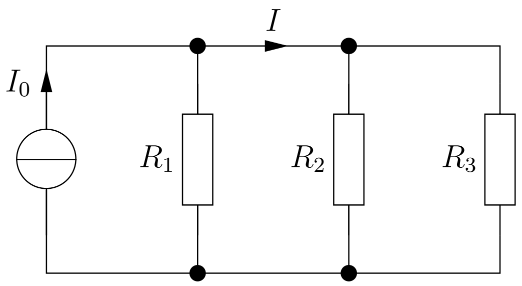
Sie kennen den Wert der Stromquelle I_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist der Strom I?

aStromteiler_04

8.4

Gegeben ist die folgende Schaltung:



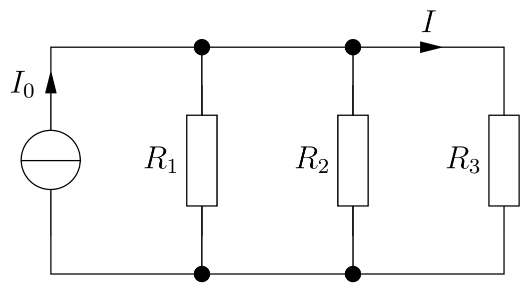
Sie kennen den Wert der Stromquelle I_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist der Strom I?

8.5

aStromteiler_05

Gegeben ist die folgende Schaltung:



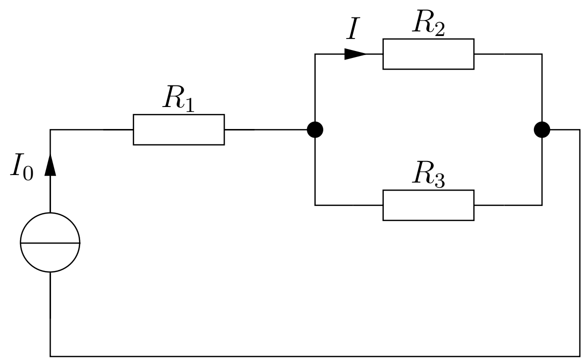
Sie kennen den Wert der Stromquelle I_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist der Strom I?

8.6

aStromteiler_06

Gegeben ist die folgende Schaltung:



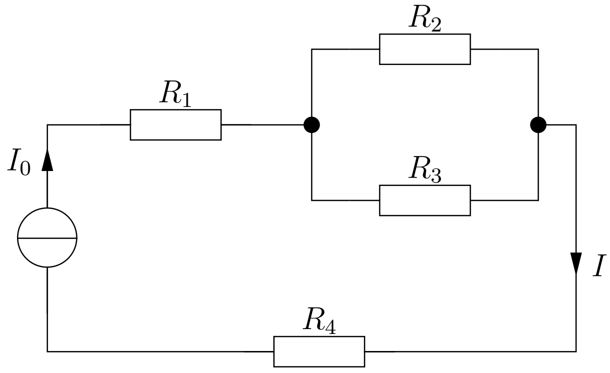
Sie kennen den Wert der Stromquelle I_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist der Strom I?

aStromteiler_07

8.7

Gegeben ist die folgende Schaltung:



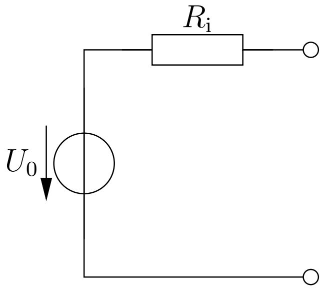
Sie kennen den Wert der Stromquelle I_0 sowie die Werte sämtlicher Widerstände.

Wie groß ist der Strom I?

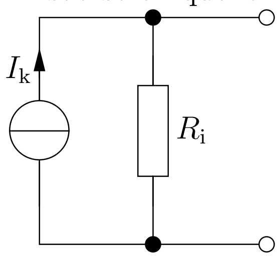
9. Ideale und reale Spannungs- und Stromquellen

Im folgenden betrachten wir Schaltungen, die aus Quellen und Widerständen bestehen (bei Wechselstromschaltungen sind auch Kondensatoren und Spulen zulässig) und zwei Anschlussklemmen besitzen. An die Klemmen kann ein Verbraucher angeschlossen werden.
Es ist nun möglich, die komplette Schaltung auf eine Ersatzspannungsquelle oder eine Ersatzstromquelle zu reduzieren.

Ersatzspannungsquelle:



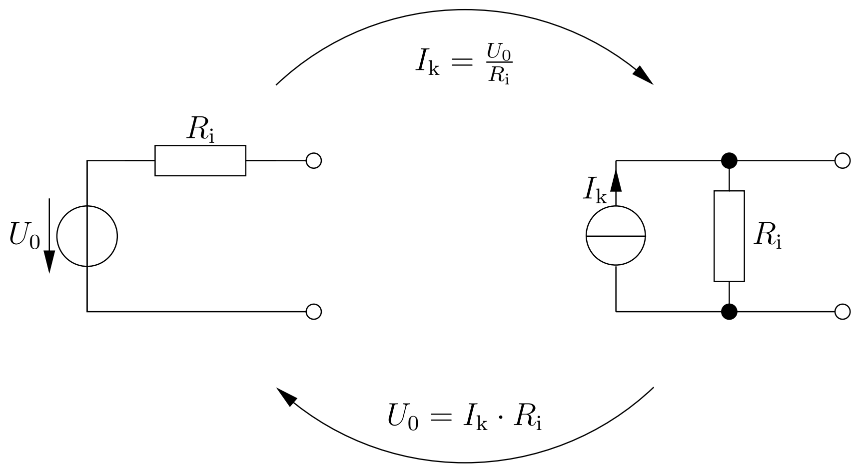
Ersatzstromquelle:



Die neue Schaltung, die nur noch aus zwei Bauelementen besteht, verhält sich bezüglich ihrer Ausgangsklemmen zu 100% so wie die Originalschaltung. Ein an die Klemmen angeschlossener Verbraucher kann also keinen Unterschied zwischen der Originalschaltung und der Ersatzquelle feststellen.

Es gibt zwei Möglichkeiten, eine Schaltung in eine Ersatzquelle umzuwandeln. Im Folgenden wird die erste Methode behandelt, in Abschnitt **??** die zweite.

1. Schrittweise Umwandlung:
   Auch die realen Spannungs- und die reale Stromquelle verhalten sich absolut identisch! Darum lassen sich die Schaltungen auch einfach ineinander umwandeln:



- Der Innenwiderstand bleibt gleich,

- der Zählpfeil an der Quelle ändert seine Richtung,
- der Wert der neuen Quelle errechnet sich mit Hilfe des ohmschen Gesetzes.

Man kann nun die Schaltung schrittweise umformen, indem man

a) Widerstände so weit es geht zusammen fasst,

b) Quellen zusammenfasst (in Reihe geschaltete Spannungsquellen kann man addieren, parallel geschaltete Stromquellen kann man addieren),

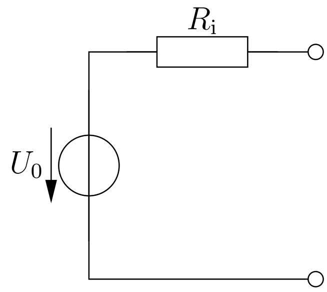
c) Quellen umwandelt (reale Spannungsquellen in reale Stromquellen und umgekehrt),

d) die genannten Schritte so oft wiederholt, bis nur noch eine reale Quelle übrig ist.

aErsatzquelle_10

9.1

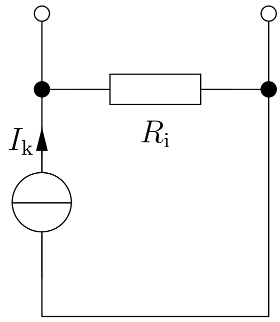
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine äquivalente Stromquelle um:



aErsatzquelle_11

9.2

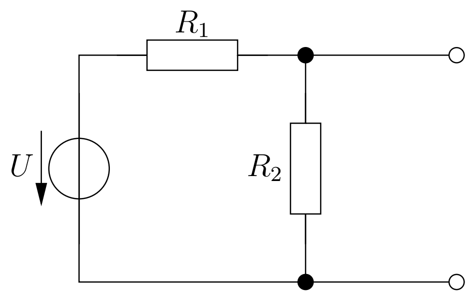
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine äquivalente Spannungsquelle um:



aErsatzquelle_12

9.3

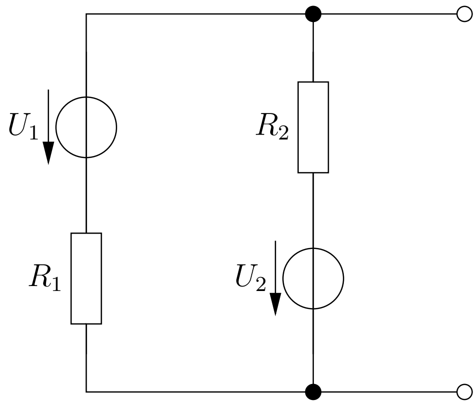
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, **indem Sie Quellenumformungen durchführen und Bauelemente zusammenfassen**.



9.4

aErsatzquelle_13

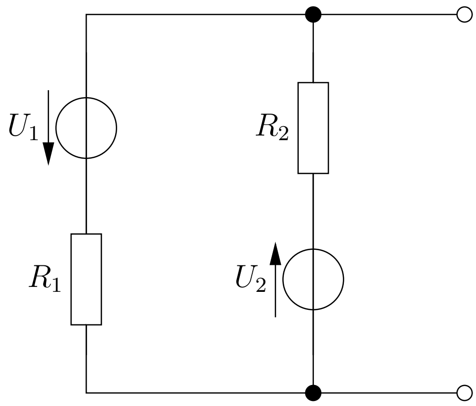
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie Quellenumformungen durchführen und Bauelemente zusammenfassen.



9.5

aErsatzquelle_15

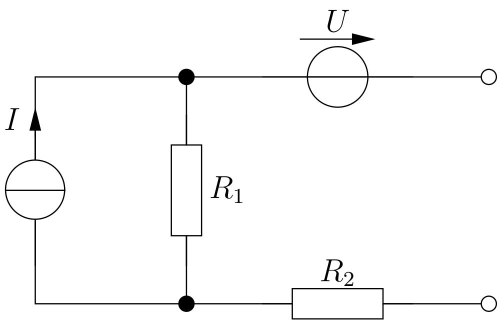
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie Quellenumformungen durchführen und Bauelemente zusammenfassen.



9.6

aErsatzquelle_16

Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie Quellenumformungen durchführen und Bauelemente zusammenfassen.



10. Leistungsanpassung

Gegeben ist eine reale Quelle (oder eine Schaltung, die sie in eine reale Quelle umwandeln können), die den Innenwiderstand R_i, die Leerlaufspannung U_0 und den Kurzschlussstrom I_K besitzt. Wenn Sie einen Lastwiderstand R_L an diese Quelle anschließen, wird dieser der Quelle Leistung entnehmen. Ist der Widerstand sehr groß ($R_\mathrm{L} \gg R_\mathrm{i}$), so fällt zwar eine hohe Spannung $U \approx U_0$ an ihm ab, aber es fließt nur ein kleiner Strom I. Die von der Quelle abgegebene Leistung $P = U \cdot I$ ist also klein. Bei einem kleinen Lastwiderstand ($R_\mathrm{L} \ll R_\mathrm{i}$) fließt zwar ein großer Strom $I \approx I_\mathrm{K}$, dafür ist der Spannungsabfall U gering. Wieder wird der Quelle eine geringe Leistung $P = U \cdot I$ entnommen.

Die maximale Leistung wird der Quelle entnommen, wenn

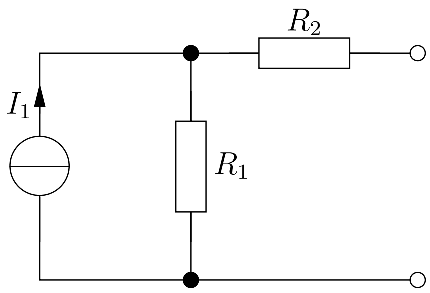
$$R_\mathrm{L} = R_\mathrm{i}.$$

Dies wird Leistungsanpassung genannt.

10.1

aLeistungsanpassung_03

Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

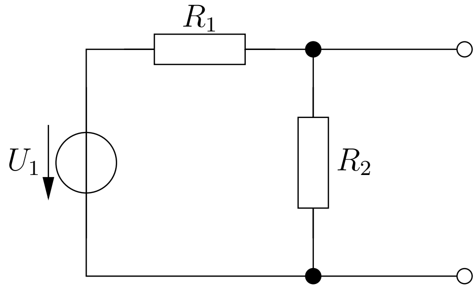


1. Welchen Lastwiderstand R_L müssen Sie an die Klemmen anschließen, um der Schaltung die maximale Leistung P_max zu entnehmen?
2. Wie groß ist P_max?

10.2

aLeistungsanpassung_04

Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.



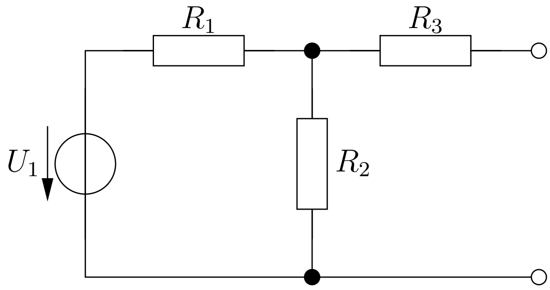
1. Welchen Lastwiderstand R_L müssen Sie an die Klemmen anschließen, um der Schaltung die maximale Leistung P_max zu entnehmen?

2. Wie groß ist P_max?

10.3

aLeistungsanpassung_05

Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.



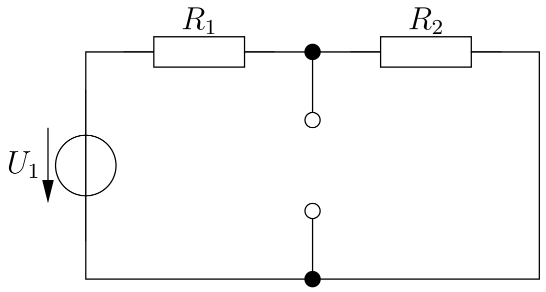
1. Welchen Lastwiderstand R_L müssen Sie an die Klemmen anschließen, um der Schaltung die maximale Leistung P_max zu entnehmen?

2. Wie groß ist P_max?

10.4

aLeistungsanpassung_06

Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

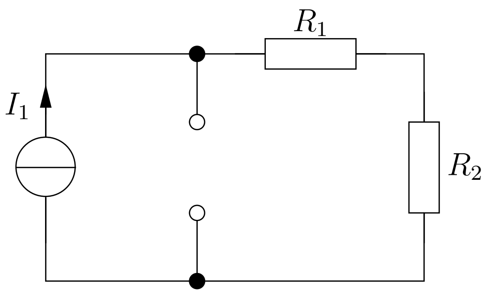


1. Welchen Lastwiderstand R_L müssen Sie an die Klemmen anschließen, um der Schaltung die maximale Leistung P_{max} zu entnehmen?
2. Wie groß ist P_{max}?

10.5

aLeistungsanpassung_07

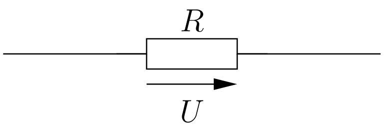
Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

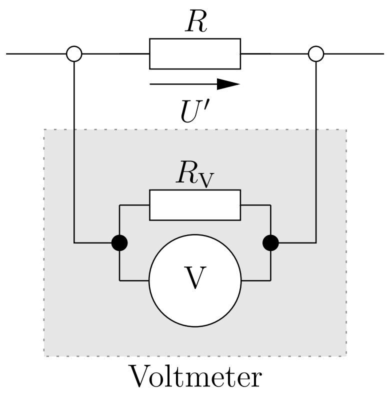


1. Welchen Lastwiderstand R_L müssen Sie an die Klemmen anschließen, um der Schaltung die maximale Leistung P_{max} zu entnehmen?
2. Wie groß ist P_{max}?

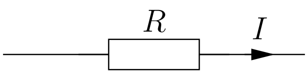
11. Strom- und Spannungsmessung

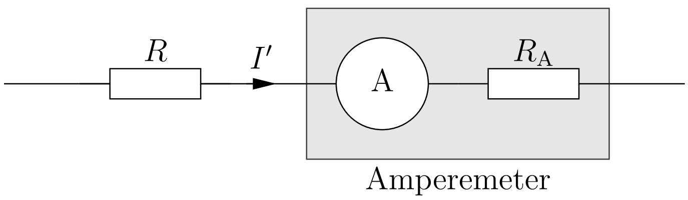
Ein Voltmeter wird parallel zu dem Bauelement geschaltet, an dem man den Spannungsabfall messen möchte. Ein reales Messgerät besitzt jedoch auch einen Innenwiderstand. Dadurch verändert man mit dem Anschließen des Voltmeters die Schaltung:





Ein Amperemeter wird in den Zweig eingesetzt, in dem man den Stromfluss messen möchte. Ein reales Messgerät besitzt jedoch auch einen Innenwiderstand. Dadurch verändert man mit dem Einfügen des Amperemeters die Schaltung:

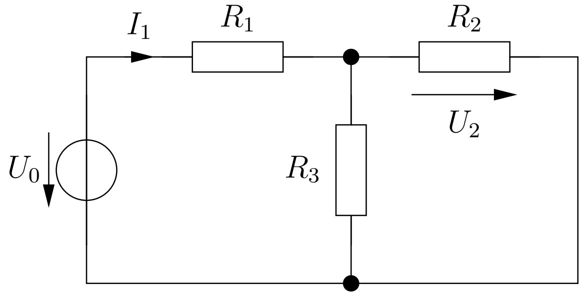




aMessungen_02

11.1

Gegeben ist folgende Schaltung:



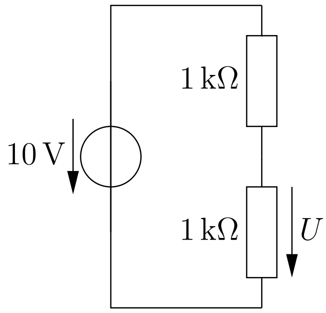
1. Wie müssen Sie Messgeräte anschließen, um I_1 und U_2 zu messen? (Zeichnen Sie die Schaltung mit eingefügten Messgeräten.)

2. Der Strommesser besitzt den Innenwiderstand R_A, der Spannungsmesser den Innenwiderstand R_V.
   Berechnen Sie, welchen Wert der Strommesser anzeigt.

11.2

aMessungen_10

Gegeben ist die folgende Schaltung:



Die Werte der Bauelemente können Sie dem Schaltbild entnehmen. Sie möchten die Spannung U messen. Hierfür stehen Ihnen zwei Voltmeter mit unterschiedlichen Innenwiderständen zur Verfügung:

- $R_{\mathrm{V1}} = 1\,\mathrm{k\Omega}$
- $R_{\mathrm{V2}} = 10\,\mathrm{k\Omega}$

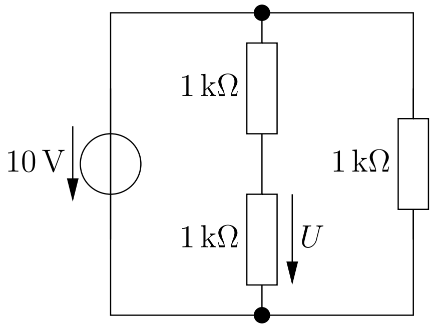
Berechnen Sie

1. die Spannung U, wenn kein Messgerät angeschlossen ist,
2. die Spannung U, wenn Sie das Voltmeter mit $R_{\mathrm{V1}} = 1\,\mathrm{k\Omega}$ verwenden,
3. die Spannung U, wenn Sie das Voltmeter mit $R_{\mathrm{V2}} = 10\,\mathrm{k\Omega}$ verwenden.

aMessungen_11

11.3

Gegeben ist die folgende Schaltung:



Die Werte der Bauelemente können Sie dem Schaltbild entnehmen. Sie möchten die Spannung U messen. Hierfür stehen Ihnen zwei Voltmeter mit unterschiedlichen Innenwiderständen zur Verfügung:

- $R_{\mathrm{V1}} = 1\,\mathrm{k\Omega}$
- $R_{\mathrm{V2}} = 10\,\mathrm{k\Omega}$

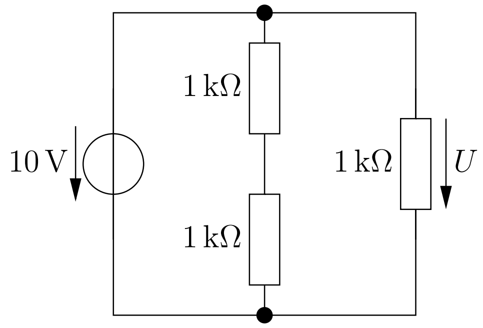
Berechnen Sie

1. die Spannung U, wenn kein Messgerät angeschlossen ist,
2. die Spannung U, wenn Sie das Voltmeter mit $R_{\mathrm{V1}} = 1\,\mathrm{k\Omega}$ verwenden,
3. die Spannung U, wenn Sie das Voltmeter mit $R_{\mathrm{V2}} = 10\,\mathrm{k\Omega}$ verwenden.

11.4

aMessungen_13

Gegeben ist die folgende Schaltung:



Die Werte der Bauelemente können Sie dem Schaltbild entnehmen. Sie möchten die Spannung U messen. Hierfür stehen Ihnen zwei Voltmeter mit unterschiedlichen Innenwiderständen zur Verfügung:

- $R_{V1} = 1\,\mathrm{k\Omega}$
- $R_{V2} = 10\,\mathrm{k\Omega}$

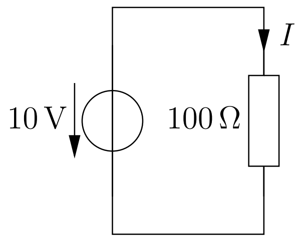
Berechnen Sie

1. die Spannung U, wenn kein Messgerät angeschlossen ist,
2. die Spannung U, wenn Sie das Voltmeter mit $R_{V1} = 1\,\mathrm{k\Omega}$ verwenden,
3. die Spannung U, wenn Sie das Voltmeter mit $R_{V2} = 10\,\mathrm{k\Omega}$ verwenden.

aMessungen_14

11.5

Gegeben ist die folgende Schaltung:



Die Werte der Bauelemente können Sie dem Schaltbild entnehmen. Sie möchten den Strom I messen. Hierfür stehen Ihnen zwei Amperemeter mit unterschiedlichen Innenwiderständen zur Verfügung:

- $R_{\mathrm{A1}} = 1\,\Omega$
- $R_{\mathrm{A2}} = 10\,\Omega$

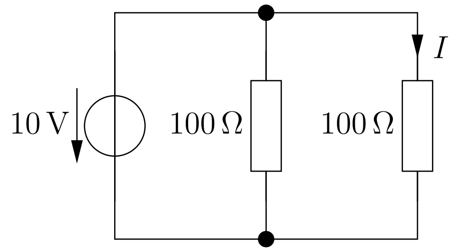
Berechnen Sie

1. den Strom I, wenn kein Messgerät angeschlossen ist,
2. den Strom I, wenn Sie das Amperemeter mit $R_{\mathrm{A1}} = 1\,\Omega$ verwenden,
3. den Strom I, wenn Sie das Amperemeter mit $R_{\mathrm{A2}} = 10\,\Omega$ verwenden.

11.6

aMessungen_15

Gegeben ist die folgende Schaltung:



Die Werte der Bauelemente können Sie dem Schaltbild entnehmen. Sie möchten den Strom I messen. Hierfür stehen Ihnen zwei Amperemeter mit unterschiedlichen Innenwiderständen zur Verfügung:

- $R_{\mathrm{A1}} = 1\,\Omega$
- $R_{\mathrm{A2}} = 10\,\Omega$

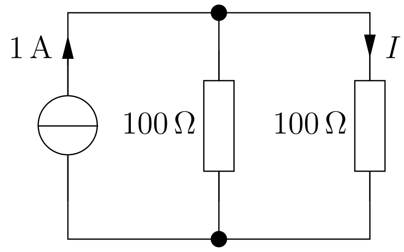
Berechnen Sie

1. den Strom I, wenn kein Messgerät angeschlossen ist,
2. den Strom I, wenn Sie das Amperemeter mit $R_{\mathrm{A1}} = 1\,\Omega$ verwenden,
3. den Strom I, wenn Sie das Amperemeter mit $R_{\mathrm{A2}} = 10\,\Omega$ verwenden.

11.7

aMessungen_16

Gegeben ist die folgende Schaltung:



Die Werte der Bauelemente können Sie dem Schaltbild entnehmen. Sie möchten den Strom I messen. Hierfür stehen Ihnen zwei Amperemeter mit unterschiedlichen Innenwiderständen zur Verfügung:

- $R_{\mathrm{A1}} = 1\,\Omega$
- $R_{\mathrm{A2}} = 10\,\Omega$

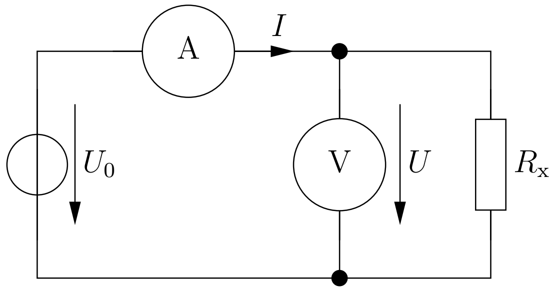
Berechnen Sie

1. den Strom I, wenn kein Messgerät angeschlossen ist,
2. den Strom I, wenn Sie das Amperemeter mit $R_{\mathrm{A1}} = 1\,\Omega$ verwenden,
3. den Strom I, wenn Sie das Amperemeter mit $R_{\mathrm{A2}} = 10\,\Omega$ verwenden.

11.8

aMessungen_17

Mit der folgenden Messschaltung möchten Sie den Wert des Widerstands R_x bestimmen:



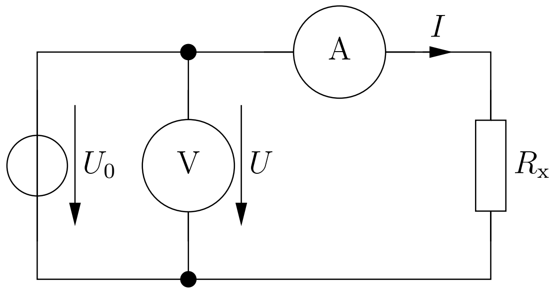
Das Voltmeter besitzt den Innenwiderstand R_V und zeigt den Messwert U an. Das Amperemeter besitzt den Innenwiderstand R_A und zeigt den Messwert I an.

Berechnen Sie den exakten Wert von R_x.

11.9

aMessungen_18

Mit der folgenden Messschaltung möchten Sie den Wert des Widerstands R_x bestimmen:



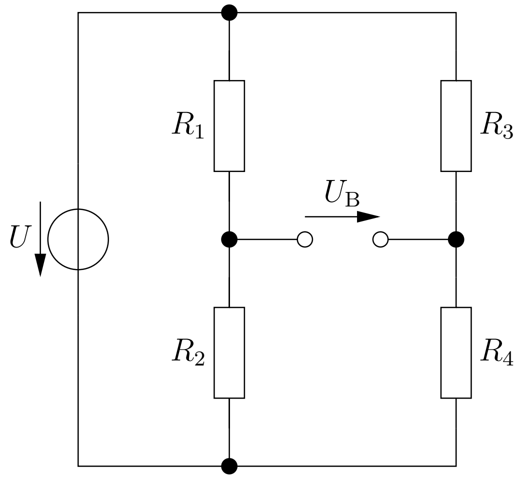
Das Voltmeter besitzt den Innenwiderstand R_V und zeigt den Messwert U an. Das Amperemeter besitzt den Innenwiderstand R_A und zeigt den Messwert I an.

Berechnen Sie den exakten Wert von R_x.

12. Wheatstonebrücke – Gleichstrom

Eine Wheatstonebrücke ist abgeglichen, d. h. $U_\mathrm{B} = 0$, wenn die *Abgleichbedingung* erfüllt ist:

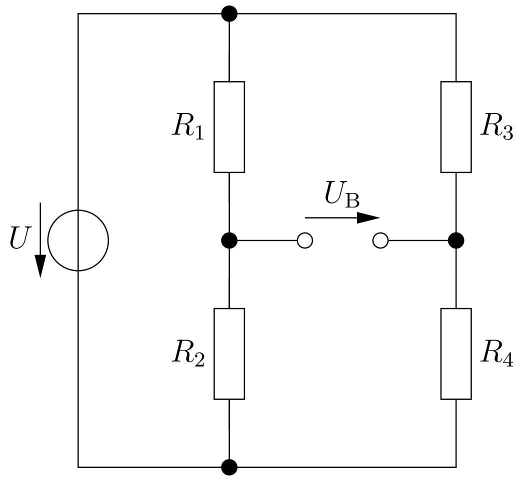
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}.$$



aBruecke_04

12.1

Gegeben ist folgende Schaltung:



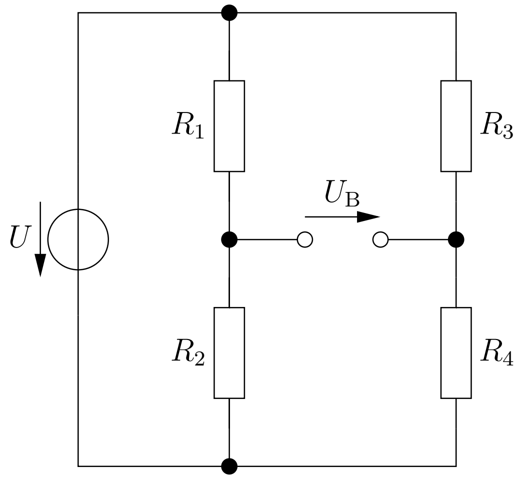
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 100\,\Omega$, $R_2 = 25\,\Omega$, $R_3 = 80\,\Omega$ und $R_4 = 20\,\Omega$.

Ist die Brücke abgeglichen, d. h. $U_\mathrm{B} = 0$?

12.2

aBruecke_05

Gegeben ist folgende Schaltung:



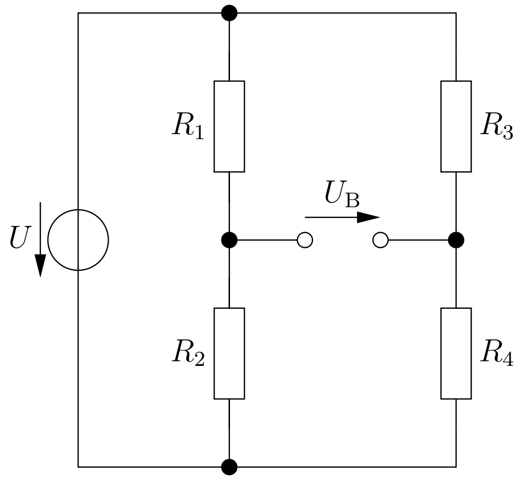
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 100\,\Omega$, $R_2 = 25\,\mathrm{m}\Omega$, $R_3 = 80\,\mathrm{m}\Omega$ und $R_4 = 20\,\Omega$.

Ist die Brücke abgeglichen, d. h. $U_B = 0$?

12.3

aBruecke_06

Gegeben ist folgende Schaltung:



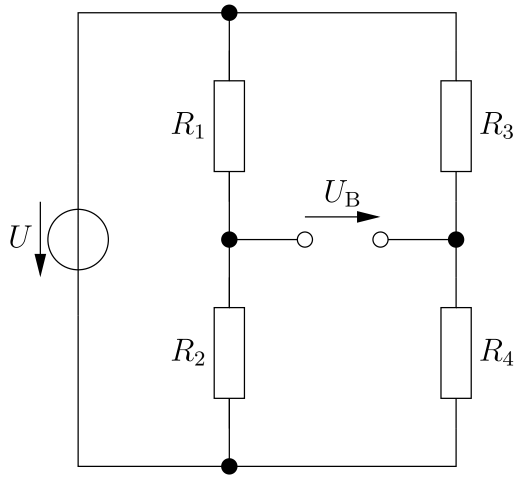
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 100\,\mathrm{k}\Omega$, $R_2 = 25\,\Omega$, $R_3 = 80\,\Omega$ und $R_4 = 20\,\mathrm{m}\Omega$.

Ist die Brücke abgeglichen, d. h. $U_B = 0$?

aBruecke_07

12.4

Gegeben ist folgende Schaltung:



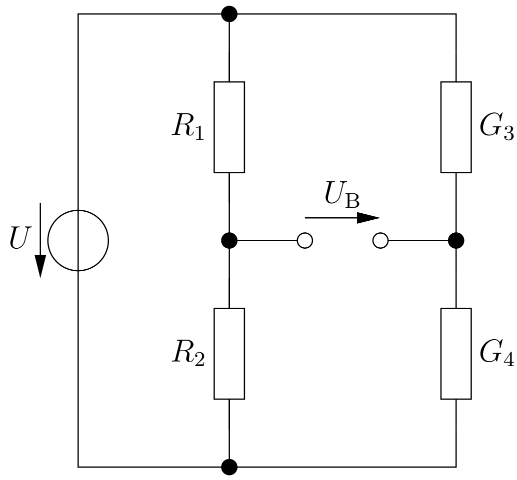
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 450\,\mathrm{k\Omega}$, $R_2 = 150\,\mathrm{m\Omega}$, $R_3 = 180\,\Omega$ und $R_4 = 60\,\mu\Omega$.

Ist die Brücke abgeglichen, d. h. $U_\mathrm{B} = 0$?

aBruecke_08

12.5

Gegeben ist folgende Schaltung:



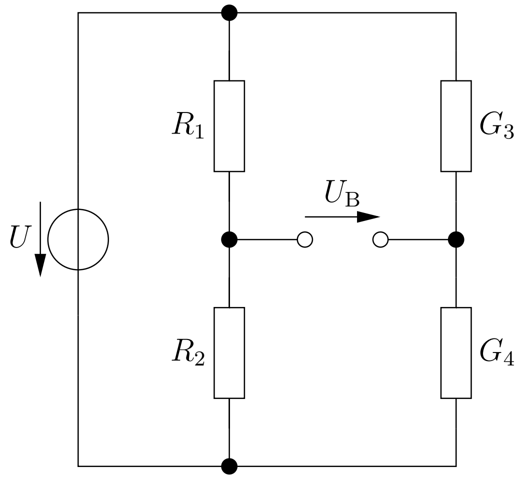
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 200\,\Omega$, $R_2 = 100\,\mathrm{m\Omega}$, $G_3 = 200\,\mathrm{S}$ und $G_4 = 100\,\mathrm{S}$.

Ist die Brücke abgeglichen, d. h. $U_\mathrm{B} = 0$?

12.6

aBruecke_09

Gegeben ist folgende Schaltung:



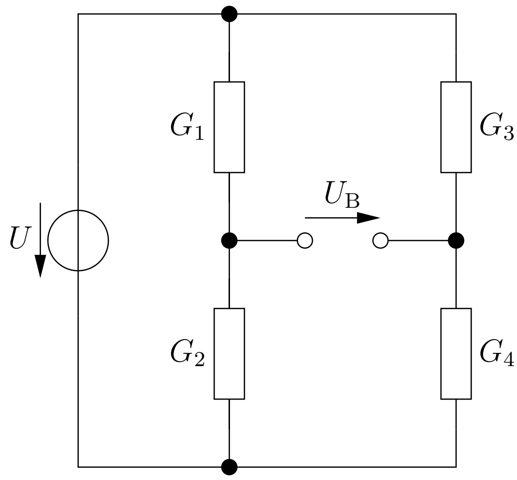
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 200\,\mathrm{m\Omega}$, $R_2 = 100\,\mathrm{m\Omega}$, $G_3 = 15\,\mathrm{S}$ und $G_4 = 30\,\mathrm{S}$.

Ist die Brücke abgeglichen, d. h. $U_B = 0$?

12.7

aBruecke_12

Gegeben ist folgende Schaltung:



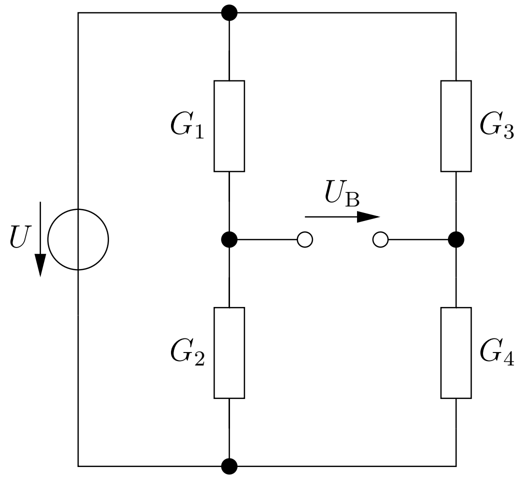
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $G_1 = 250\,\mathrm{S}$, $G_2 = 50\,\mathrm{S}$, $G_3 = 500\,\mathrm{S}$ und $G_4 = 100\,\mathrm{S}$.

Ist die Brücke abgeglichen, d. h. $U_B = 0$?

12.8

aBruecke_13

Gegeben ist folgende Schaltung:



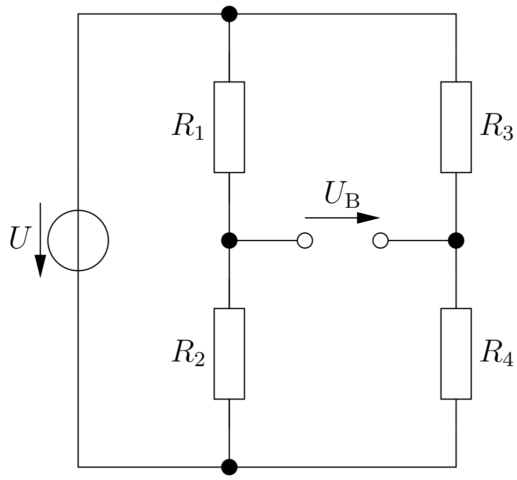
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $G_1 = 250\,\mathrm{mS}$, $G_2 = 50\,\mathrm{S}$, $G_3 = 500\,\mathrm{S}$ und $G_4 = 100\,\mathrm{kS}$.

Ist die Brücke abgeglichen, d. h. $U_\mathrm{B} = 0$?

12.9

aBruecke_10

Gegeben ist folgende Schaltung:



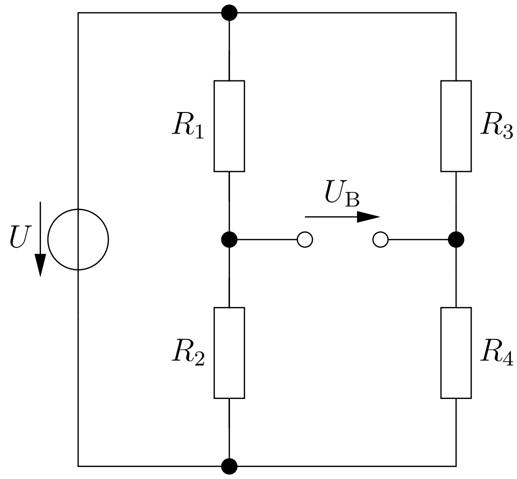
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 250\,\Omega$, $R_2 = 50\,\mathrm{m}\Omega$ und $R_3 = 50\,\Omega$. Die Brücke ist abgeglichen, d. h. $U_\mathrm{B} = 0$.

Wie groß ist R_4?

12.10

aBruecke_11

Gegeben ist folgende Schaltung:



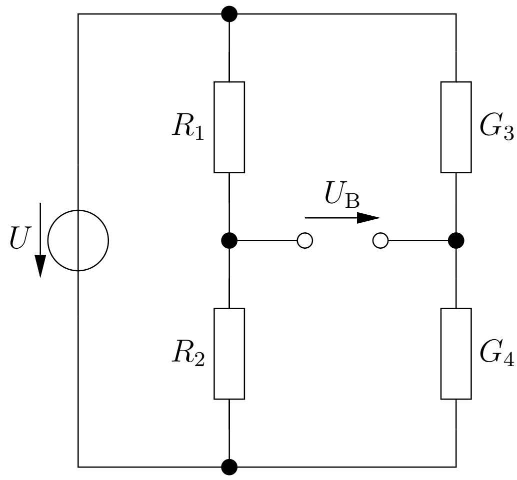
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 250\,\Omega$, $R_2 = 50\,\mathrm{m}\Omega$ und $R_4 = 10\,\mathrm{k}\Omega$. Die Brücke ist abgeglichen, d. h. $U_\mathrm{B} = 0$.

Wie groß ist R_3?

12.11

aBruecke_14

Gegeben ist folgende Schaltung:



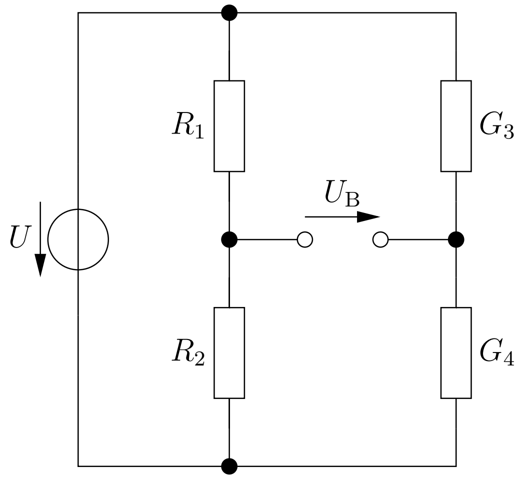
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 250\,\Omega$, $R_2 = 50\,\mathrm{m}\Omega$ und $G_4 = 10\,\mathrm{kS}$. Die Brücke ist abgeglichen, d. h. $U_\mathrm{B} = 0$.

Wie groß ist G_3?

aBruecke_15

12.12

Gegeben ist folgende Schaltung:



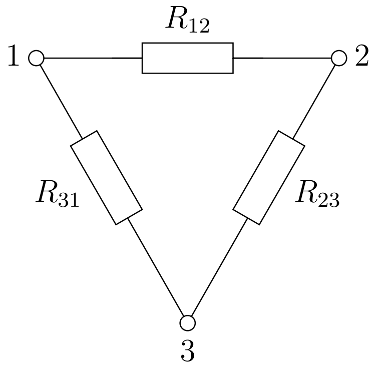
Für die Bauelemente gilt $U = 10\,\mathrm{V}$, $R_1 = 250\,\mathrm{m\Omega}$, $R_2 = 50\,\mathrm{m\Omega}$ und $G_4 = 10\,\mathrm{kS}$. Die Brücke ist abgeglichen, d. h. $U_B = 0$.

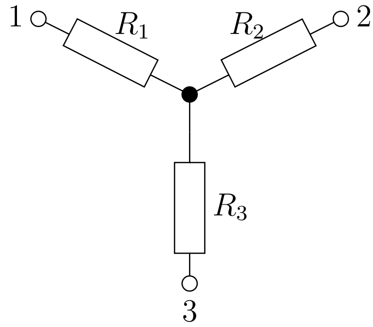
Wie groß ist G_3?

13. Stern-Dreieck-Umformung

Hat man eine Dreieckschaltung innerhalb einer größeren Schaltung, so steht man vor dem Problem, dass man keine reinen Parallel- oder Reihenschaltungen identifizieren kann. Um dennoch den Gesamtwiderstand der Schaltung berechnen zu können, lässt sich eine Sternschaltung finden, die sich bezüglich der drei Anschlussklemmen exakt gleich verhält.

Die Werte der neuen Widerstände berechnen sich wie folgt:



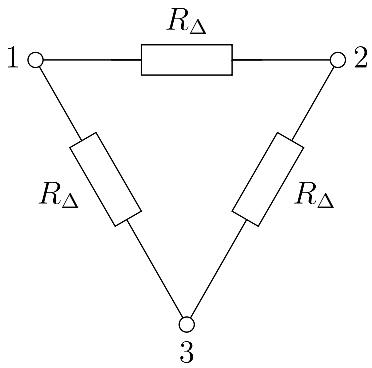


$$
\begin{aligned}
R_{12} &= R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3} \\
R_{23} &= R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} \\
R_{31} &= R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}
\end{aligned}
$$

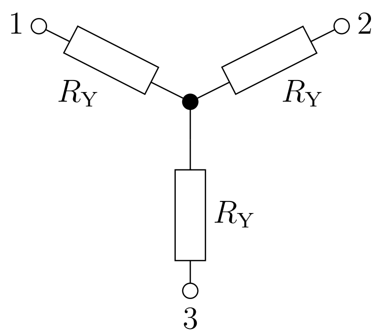
$$
\begin{aligned}
R_1 &= \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\
R_2 &= \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\
R_3 &= \frac{R_{31} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}
\end{aligned}
$$

Sonderfall: Symmetrische Netzwerke

Bei symmetrischen Schaltungen ($R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_\Delta$, bzw. $R_1 = R_2 = R_3 = R_\mathrm{Y}$) vereinfachen sich die die oben genannten Gleichungen:



$R_\Delta = 3R_\mathrm{Y}$

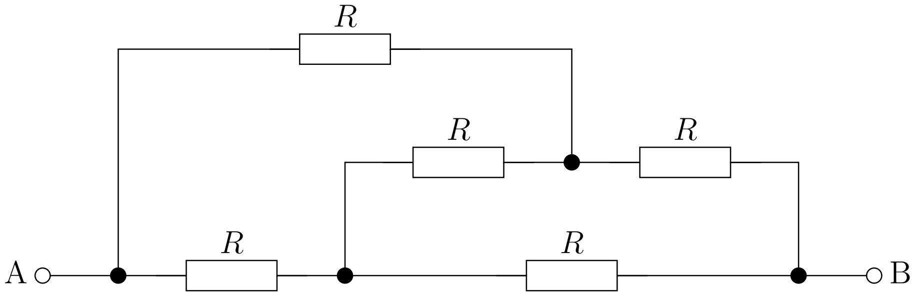


$R_\mathrm{Y} = \frac{R_\Delta}{3}$

13.1

aDreieck_Stern_02

Gegeben ist folgende Schaltung:

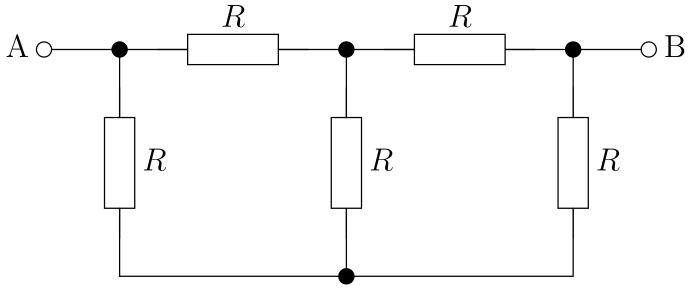


Bestimmen Sie den Widerstand zwischen den Klemmen A und B.

13.2

aDreieck_Stern_03

Gegeben ist folgende Schaltung:

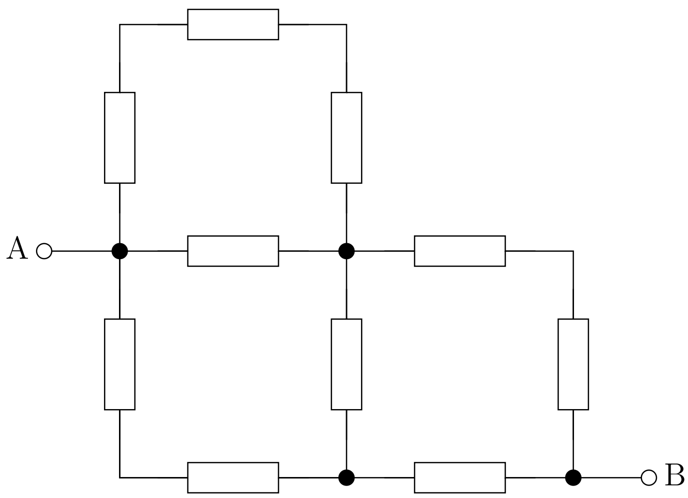


Bestimmen Sie den Widerstand zwischen den Klemmen A und B.

13.3

aDreieck_Stern_04

Gegeben ist folgende Schaltung:



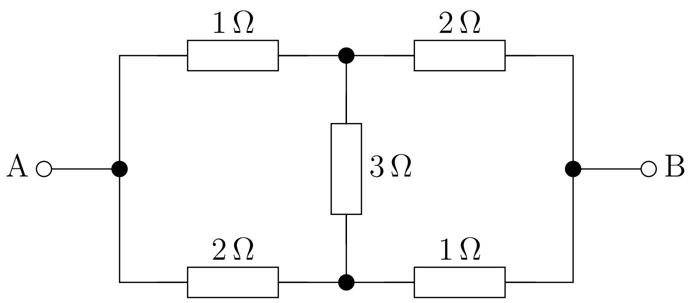
Alle Widerstände besitzen den Wert $3\,\Omega$.

Bestimmen Sie den Widerstand zwischen den Klemmen A und B.

13.4

aDreieck_Stern_05

Gegeben ist folgende Schaltung:

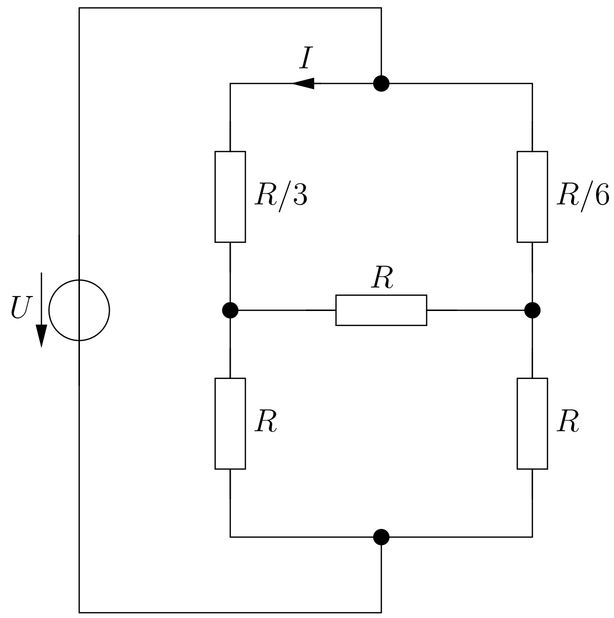


Bestimmen Sie den Widerstand zwischen den Klemmen A und B.

23/2 1.049

13.5

Für die gezeigte Schaltung und die angegebenen Widerstandswerte ist der Strom I zu berechnen.

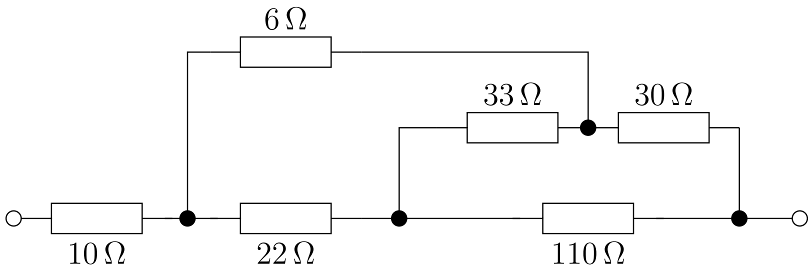


Hinweis: Es empfiehlt sich, an geeigneter Stelle eine Stern-Dreieck-Umwandlung vorzunehmen.

aWiderstandsnetzwerk_24

13.6

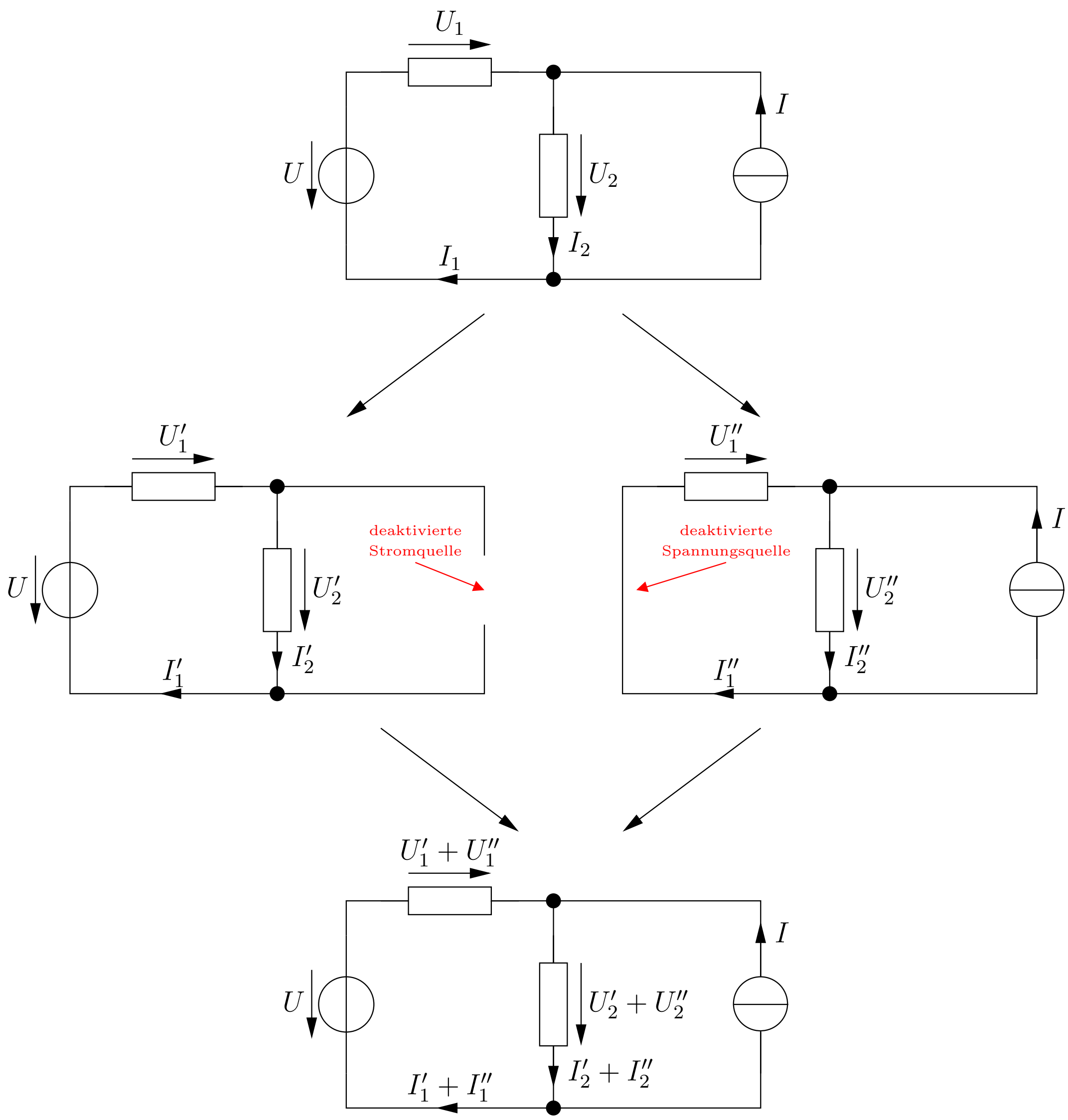
Wie groß ist der Gesamtwiderstand R_{ges} der folgenden Schaltung?



14. Überlagerungssatz

Die Ströme und Spannungen innerhalb einer Schaltung, die mehrere Quellen beinhaltet, lassen sich mit Hilfe des Überlagerungssatzes bestimmen. Hierbei werden nacheinander alle Quellen bis auf eine deaktiviert und alle Ströme und Spannungen in der verbleibenden Schaltung berechnet. Dies wiederholt man solange, bis jede Quelle einmal aktiv war. Die Ströme und Spannungen in der Schaltung berechnen sich nun als die Summe der Einzelergebnisse.

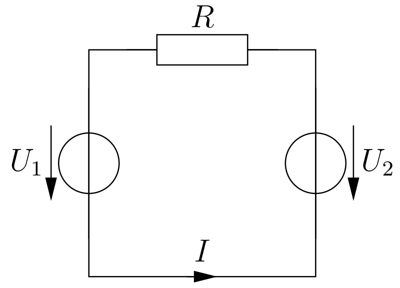
- Eine deaktivierte Spannungsquelle wird zu einem Kurzschluss und
- eine deaktivierte Stromquelle wird zu einem Leerlauf.



14.1

aUeberlagerungssatz_01

Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

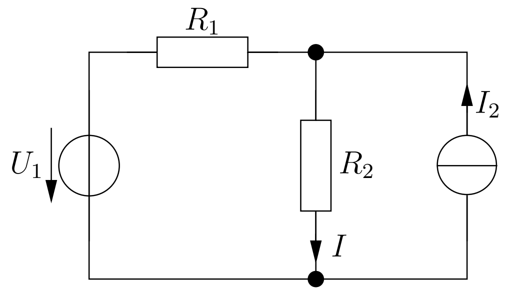


Berechnen Sie den Wert des Stroms I mit Hilfe des Überlagerungssatzes.

14.2

aUeberlagerungssatz_02

Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

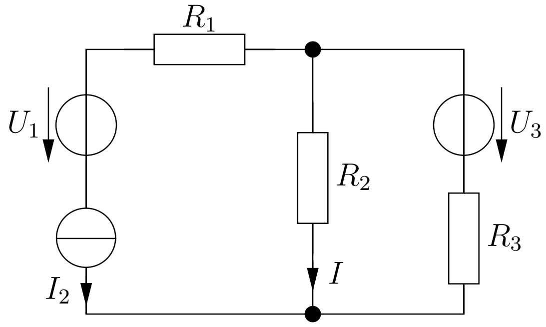


Berechnen Sie den Wert des Stroms I mit Hilfe des Überlagerungssatzes.

14.3

aUeberlagerungssatz_03

Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

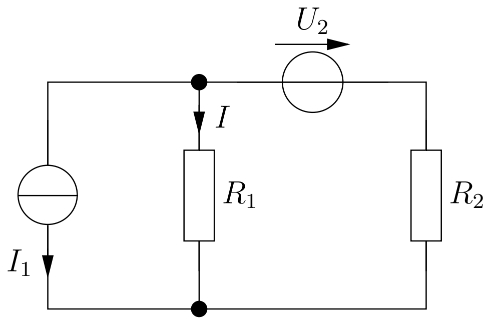


Berechnen Sie den Wert des Stroms I mit Hilfe des Überlagerungssatzes.

14.4

aUeberlagerungssatz_04

Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

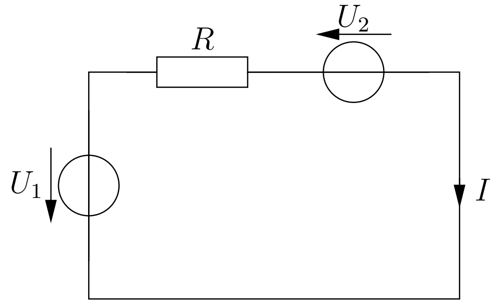


Berechnen Sie den Wert des Stroms I mit Hilfe des Überlagerungssatzes.

14.5

aUeberlagerungssatz_05

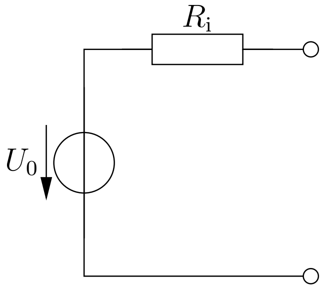
Die folgende Schaltung ist gegeben. Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

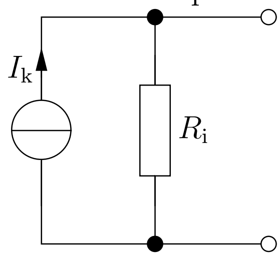


Berechnen Sie den Wert des Stroms I mit Hilfe des Überlagerungssatzes.

15. Ersatzspannungs- und Ersatzstromquelle

Im folgenden betrachten wir Schaltungen, die aus Quellen und Widerständen bestehen (bei Wechselstromschaltungen sind auch Kondensatoren und Spulen zulässig) und zwei Anschlussklemmen besitzen. An die Klemmen kann ein Verbraucher angeschlossen werden.
Es ist nun möglich, die komplette Schaltung auf eine Ersatzspannungsquelle oder eine Ersatzstromquelle zu reduzieren.





Die neue Schaltung, die nur noch aus zwei Bauelementen besteht, verhält sich bezüglich ihrer Ausgangsklemmen zu 100% so wie die Originalschaltung. Ein an die Klemmen angeschlossener Verbraucher kann also keinen Unterschied zwischen der Originalschaltung und der Ersatzquelle feststellen.

Es gibt zwei Möglichkeiten, eine Schaltung in eine Ersatzquelle umzuwandeln. Die erste wurde in Abschnitt 9. behandelt.

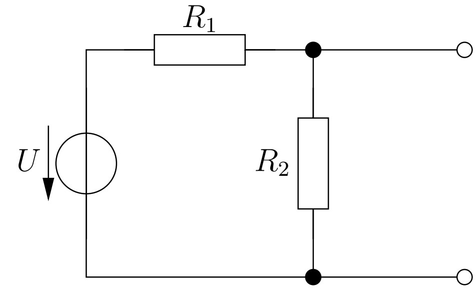
2. Direkte Bestimmung der Bauteile der Ersatzquelle:

- Bestimmen Sie zwei der folgenden Kenngrößen:
  - Innenwiderstand R_i: Alle Quellen in der Schaltung deaktivieren (Spannungsquellen werden zum Kurzschluss, Stromquellen zum Leerlauf) und den Widerstand der Schaltung bezüglich der Klemmen berechnen.
  - Leerlaufspannung U_0: Berechnen, welche Spannung zwischen den Klemmen abfällt, wenn kein Verbraucher an die Schaltung angeschlossen ist.
  - Kurzschlussstrom I_K: Klemmen kurzschließen und den Strom berechnen, der durch diesen Kurzschluss fließt.
- Die dritte Größe berechnen Sie mit Hilfe des ohmschen Gesetzes: $U_0 = R_\mathrm{i} \cdot I_\mathrm{K}$.

aErsatzquelle_18

15.1

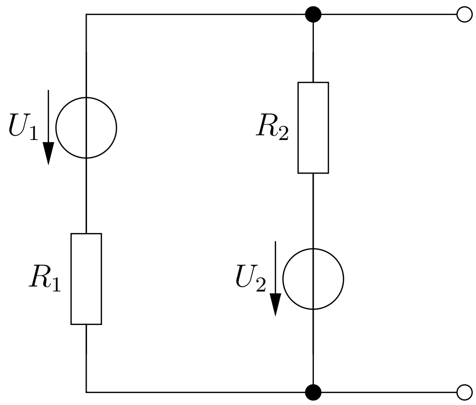
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie die Leerlaufspanng an den Klemmen berechnen und den Innenwiderstand der Schaltung bestimmen.



aErsatzquelle_19

15.2

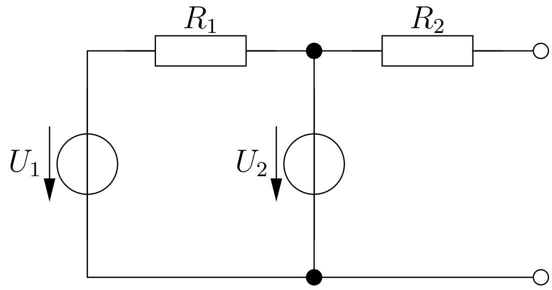
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie die Leerlaufspanng an den Klemmen berechnen und den Innenwiderstand der Schaltung bestimmen.



15.3

aErsatzquelle_20

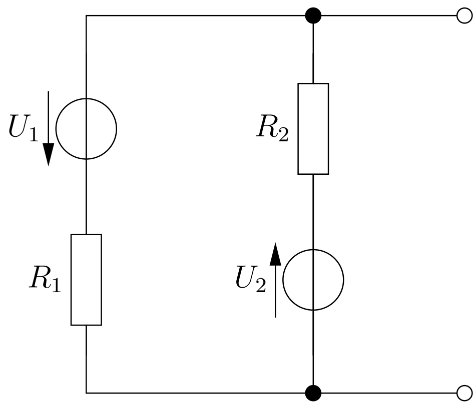
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, **indem Sie die Leerlaufspanng an den Klemmen berechnen und den Innenwiderstand der Schaltung bestimmen**.



15.4

aErsatzquelle_21

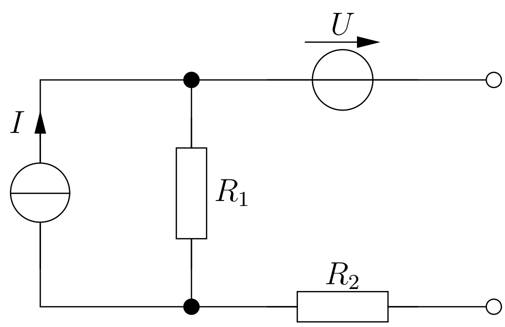
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie die Leerlaufspanng an den Klemmen berechnen und den Innenwiderstand der Schaltung bestimmen.



15.5

aErsatzquelle_22

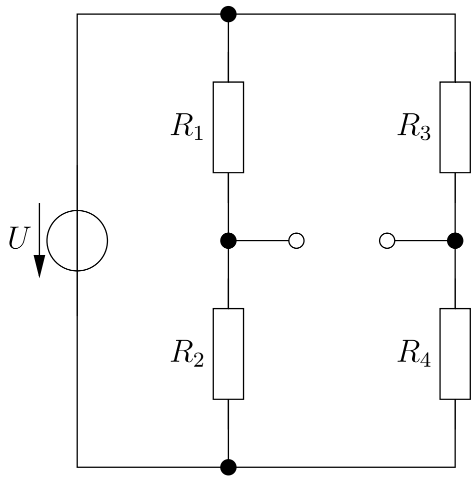
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie die Leerlaufspanng an den Klemmen berechnen und den Innenwiderstand der Schaltung bestimmen.



15.6

aErsatzquelle_17

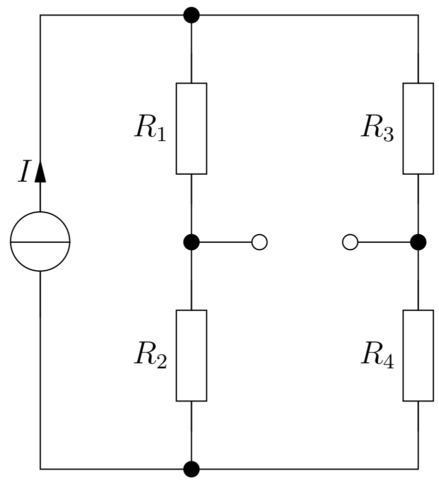
Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie die Leerlaufspanng an den Klemmen berechnen und den Innenwiderstand der Schaltung bestimmen.



15.7

aErsatzquelle_23

Wandeln Sie die folgende Schaltung in eine Ersatzspannungsquelle um, indem Sie die Leerlaufspanng an den Klemmen berechnen und den Innenwiderstand der Schaltung bestimmen.

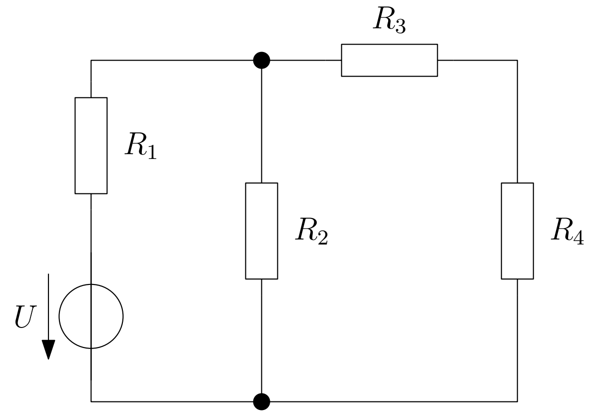


16. Knotenpotentialverfahren

16.1

aKnotenpotential_06

Die folgende Schaltung soll mit Hilfe des Knotenpotentialverfahrens analysiert werden.

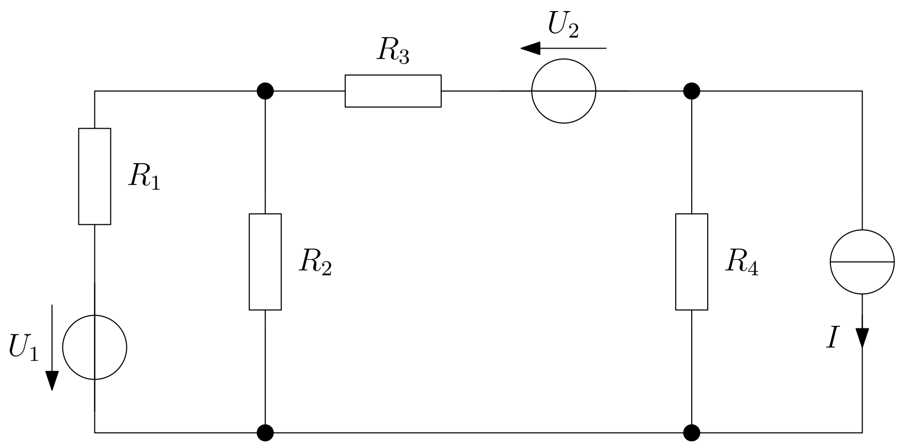


Formen Sie die Schaltung so um, dass das Knotenpotentialverfahren angewendet werden kann.

16.2

aKnotenpotential_07

Die folgende Schaltung soll mit Hilfe des Knotenpotentialverfahrens analysiert werden.

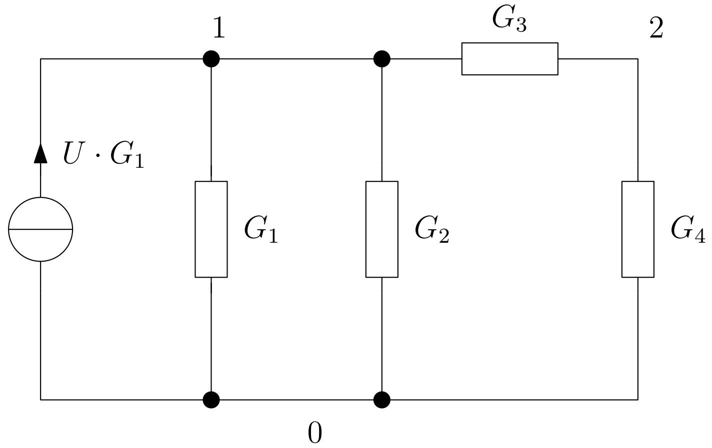


Formen Sie die Schaltung so um, dass das Knotenpotentialverfahren angewendet werden kann.

16.3

aKnotenpotential_06b

Die folgende Schaltung soll mit Hilfe des Knotenpotentialverfahrens analysiert werden.

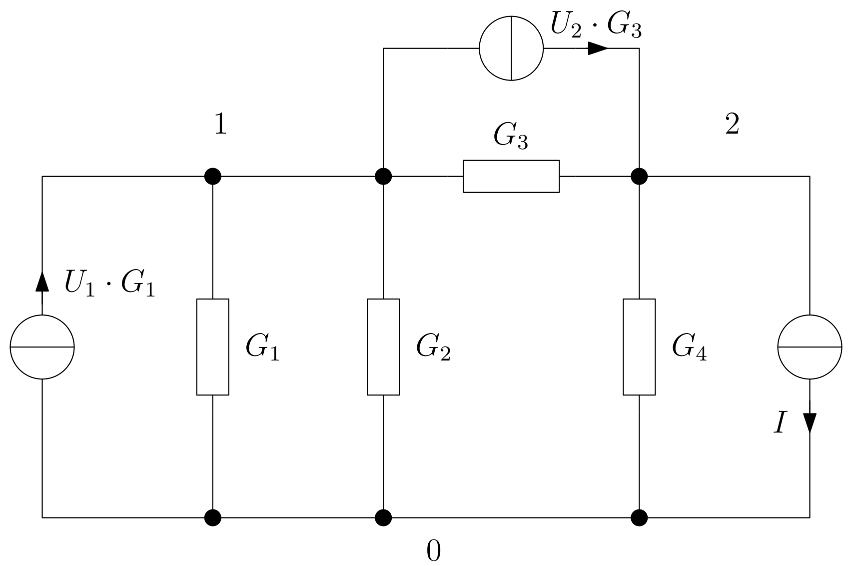


Stellen Sie das Matrix-Gleichungssystem auf, dessen Lösung die Knotenpotentiale liefert.

16.4

aKnotenpotential_07b

Die folgende Schaltung soll mit Hilfe des Knotenpotentialverfahrens analysiert werden.



Stellen Sie das Matrix-Gleichungssystem auf, dessen Lösung die Knotenpotentiale liefert.

16.5

aKnotenpotential_10

Lösen Sie das folgende Matrix-Gleichungssystem.

$$\begin{pmatrix} 3G & -G \\ -G & 2G \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I \\ 0 \end{pmatrix}$$

16.6

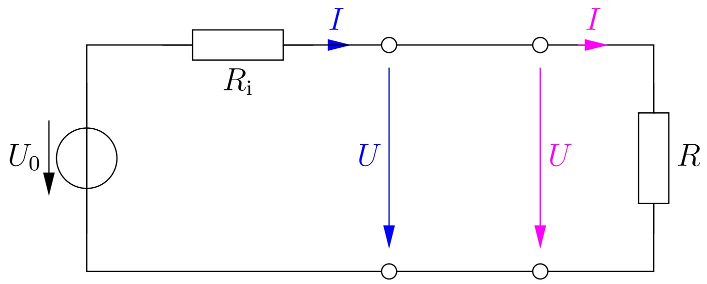
aKnotenpotential_11

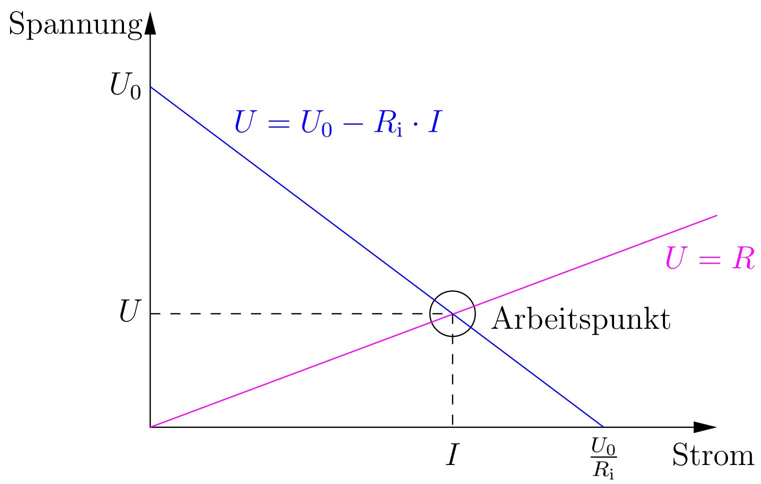
Lösen Sie das folgende Matrix-Gleichungssystem.

$$\begin{pmatrix} 3G & -G & -2G \\ -G & 2G & 0 \\ -2G & 0 & G \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \\ U_{30} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

17. Arbeitspunkt grafisch ermitteln

Eine reale Quelle besitzt eine Kennlinie, welche die Achsen in den Punkten der Leerlaufspannung U_0 und des Kurzschlussstroms I_K schneidet. Die Kennlinie eines ohmschen Widerstandes geht durch den Ursprung und gehorcht dem ohmschen Gesetz. Wie in der unten dargestellten Grafik zu sehen ist, schneiden sich diese Kennlinien in einem einzigen Punkt. Dieser wird als Arbeitspunkt bezeichnet, an den Achsen lässt sich ablesen, welche Werte Strom und Spannung an den Klemmen einnehmen.



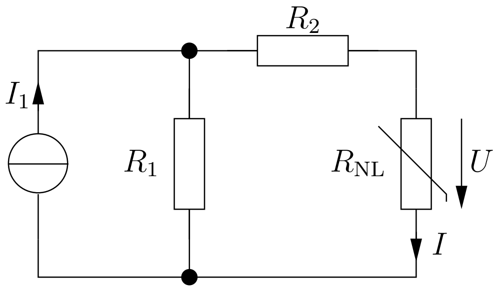


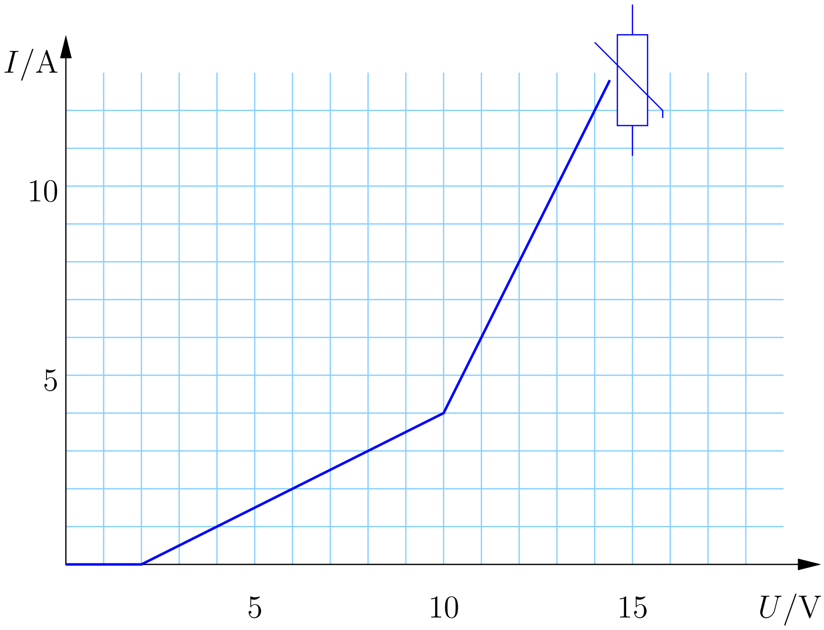
In den folgenden Aufgaben sind nichtlineare Bauteile an eine Schaltung angeschlossen. Auch hier können Sie den Arbeitspunkt grafisch bestimmen. Wandeln Sie hierfür den Rest der Schaltung in eine Ersatzquelle um und zeichnen Sie deren Kennlinie mit in das U–I-Diagramm ein. Der Arbeitspunkt ist wieder der Schnittpunkt der Kennlinien.

17.1

aArbeitspunkt_02

Eine Schaltung besteht aus einer idealen Stromquelle $I_1 = 12\,\mathrm{A}$, zwei linearen Widerständen $R_1 = 1\,\Omega$ und $R_2 = 1/3\,\Omega$ sowie einem nichtlinearen Widerstand R_{NL}. Die Strom-Spannungskennlinie von R_{NL} ist dem Diagramm zu entnehmen.



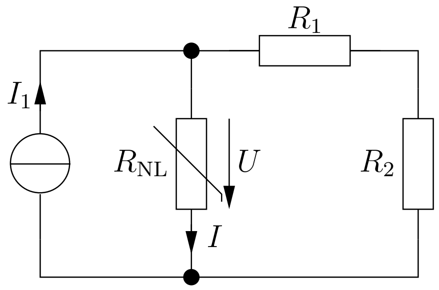


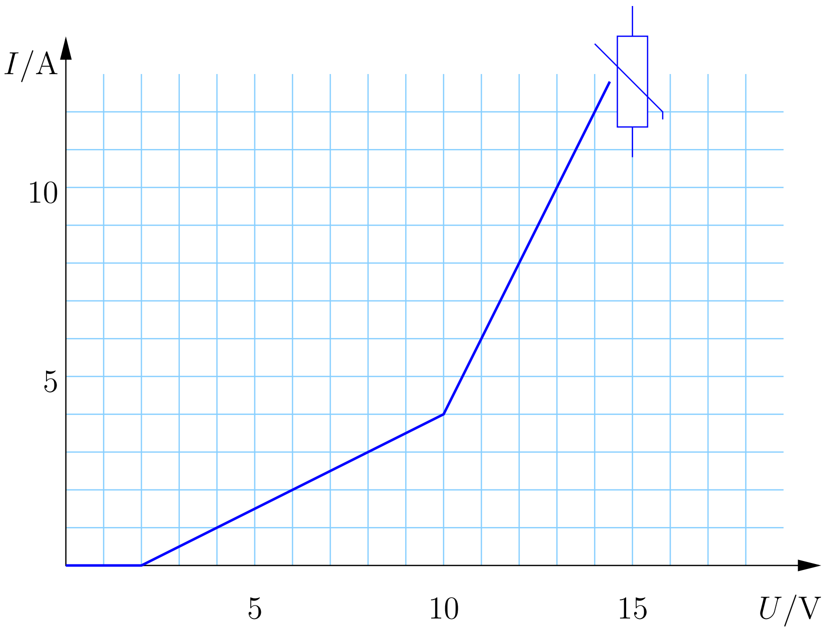
Bestimmen Sie die Spannung U und den Strom I, indem Sie I_1, R_1 und R_2 in eine Ersatzspannungsquelle umwandeln, deren Kennlinie mit in das Diagramm einzeichnen und den Arbeitspunkt bestimmen.

17.2

aArbeitspunkt_03

Eine Schaltung besteht aus einer idealen Stromquelle $I_1 = 5\,\mathrm{A}$, zwei linearen Widerständen $R_1 = 1{,}5\,\Omega$ und $R_2 = 1/2\,\Omega$ sowie einem nichtlinearen Widerstand R_{NL}. Die Strom-Spannungskennlinie von R_{NL} ist dem Diagramm zu entnehmen.



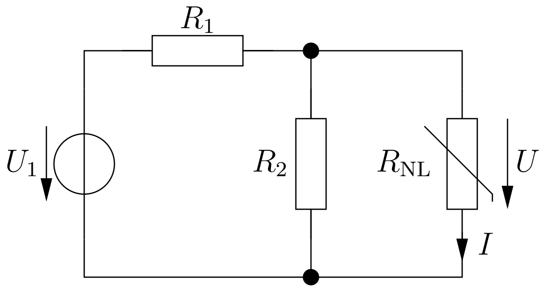


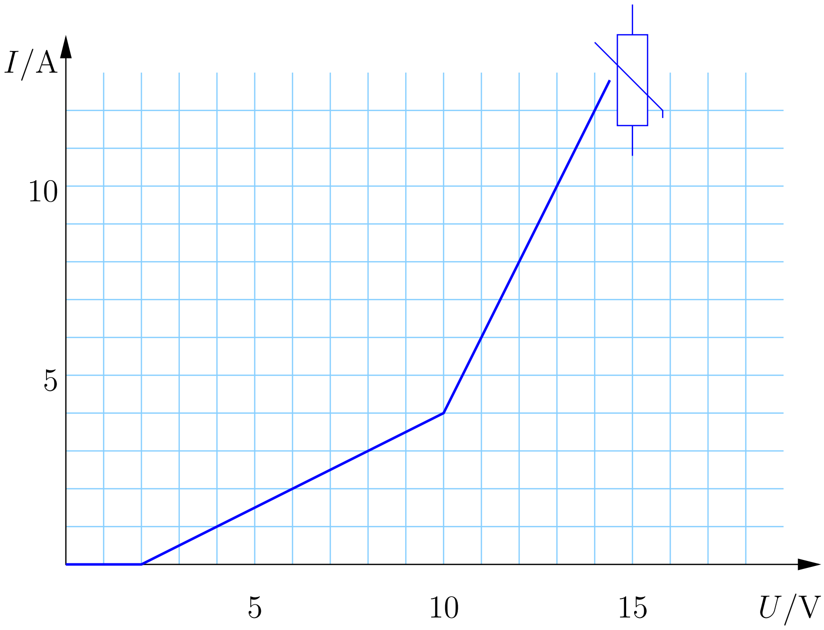
Bestimmen Sie die Spannung U und den Strom I, indem Sie I_1, R_1 und R_2 in eine Ersatzstromquelle umwandeln, deren Kennlinie mit in das Diagramm einzeichnen und den Arbeitspunkt bestimmen.

17.3

aArbeitspunkt_04

Eine Schaltung besteht aus einer idealen Spannungsquelle $U_1 = 12\,\mathrm{V}$, zwei linearen Widerständen $R_1 = 1{,}5\,\Omega$ und $R_2 = 3\,\Omega$ sowie einem nichtlinearen Widerstand R_{NL}. Die Strom-Spannungskennlinie von R_{NL} ist dem Diagramm zu entnehmen.



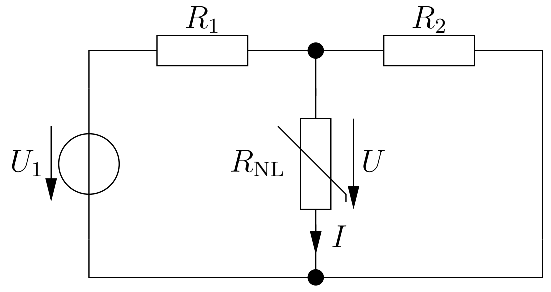


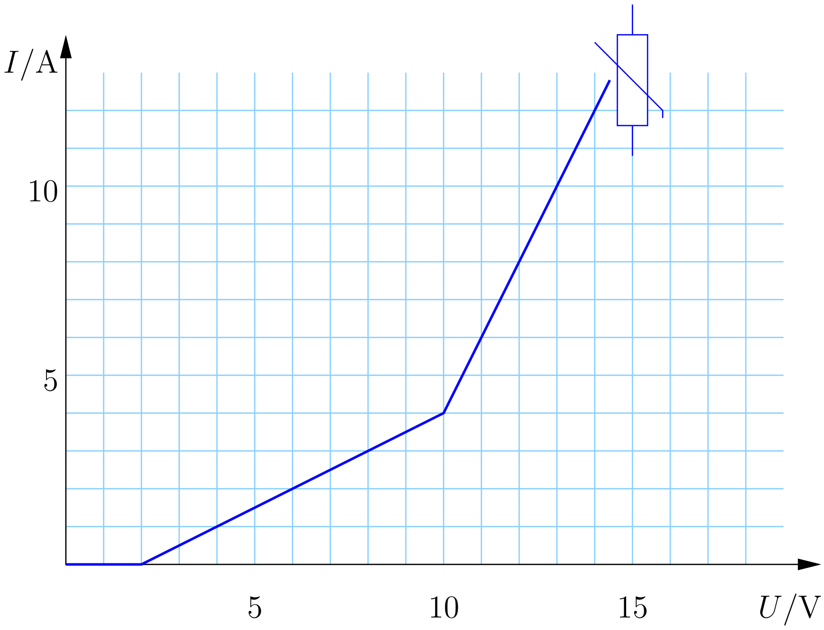
Bestimmen Sie die Spannung U und den Strom I, indem Sie U_1, R_1 und R_2 in eine Ersatzstromquelle umwandeln, deren Kennlinie mit in das Diagramm einzeichnen und den Arbeitspunkt bestimmen.

aArbeitspunkt_05

17.4

Eine Schaltung besteht aus einer idealen Spannungsquelle $U_1 = 10\,\mathrm{V}$, zwei linearen Widerständen $R_1 = 2\,\Omega$ und $R_2 = 2\,\Omega$ sowie einem nichtlinearen Widerstand R_{NL}. Die Strom-Spannungskennlinie von R_{NL} ist dem Diagramm zu entnehmen.



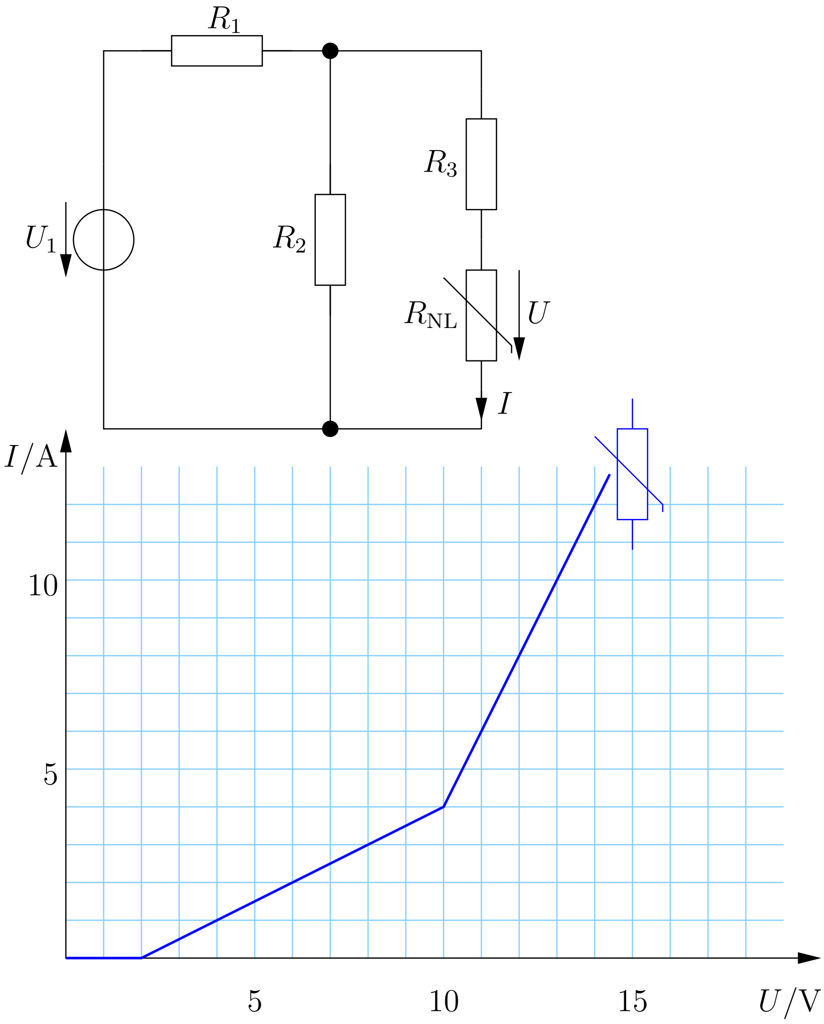


Bestimmen Sie die Spannung U und den Strom I, indem Sie U_1, R_1 und R_2 in eine Ersatzquelle umwandeln, deren Kennlinie mit in das Diagramm einzeichnen und den Arbeitspunkt bestimmen.

17.5

aArbeitspunkt_06

Eine Schaltung besteht aus einer idealen Spannungsquelle $U_1 = 30\,\mathrm{V}$, drei linearen Widerständen $R_1 = 1\,\Omega$, $R_2 = 1{,}5\,\Omega$ und $R_3 = 1{,}4\,\Omega$ sowie einem nichtlinearen Widerstand R_{NL}. Die Strom-Spannungskennlinie von R_{NL} ist dem Diagramm zu entnehmen.



Bestimmen Sie die Spannung U und den Strom I, indem Sie U_1, R_1 R_2 und R_3 in eine Ersatzquelle umwandeln, deren Kennlinie mit in das Diagramm einzeichnen und den Arbeitspunkt bestimmen.

18. Schaltungen vereinfachen

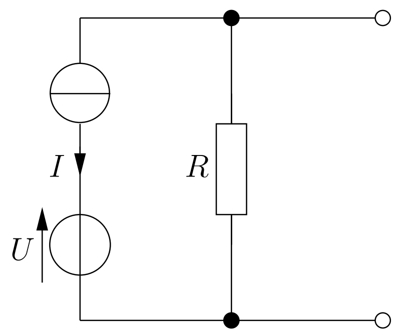
In den folgenden Aufgaben können Sie folgende Methoden anwenden:

- Parallel geschaltete Widerstände können zusammengefasst werden.
- In Reihe geschaltete Widerstände können zusammengefasst werden.
- In Reihe geschaltete ideale Spannungsquellen können durch Addition zusammengefasst werden.
- Parallel geschaltete ideale Stromquellen können durch Addition zusammengefasst werden.
- Schaltungsteile, die in Reihe zu einer idealen Stromquelle geschaltet sind, haben keinen Einfluss auf den Rest der Schaltung. Sie können durch einen Kurzschluss ersetzt werden, wenn lediglich der Rest der Schaltung zu untersuchen ist. (Die ideale Stromquelle treibt ihren Strom durch alles, was zu ihr in Reihe geschaltet ist.)
- Schaltungsteile, die parallel zu einer idealen Spannungsquelle geschaltet sind, haben keinen Einfluss auf den Rest der Schaltung. Sie können weggelassen werden, wenn lediglich der Rest der Schaltung zu untersuchen ist. (Aufgrund der idealen Spannungsquelle fällt deren Spannung an allen parallel geschalteten Elementen ab.)

18.1

aSchaltung_vereinfachen_01

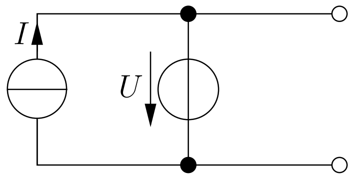
Vereinfachen Sie die folgende Schaltung bezüglich ihres Klemmenverhaltens so weit wie möglich:



aSchaltung_vereinfachen_02

18.2

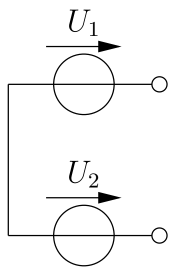
Vereinfachen Sie die folgende Schaltung bezüglich ihres Klemmenverhaltens so weit wie möglich:



aSchaltung_vereinfachen_03

18.3

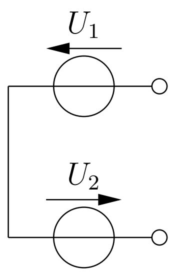
Vereinfachen Sie die folgende Schaltung bezüglich ihres Klemmenverhaltens so weit wie möglich:



aSchaltung_vereinfachen_04

18.4

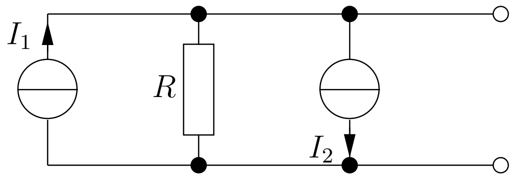
Vereinfachen Sie die folgende Schaltung bezüglich ihres Klemmenverhaltens so weit wie möglich:



18.5

aSchaltung_vereinfachen_05

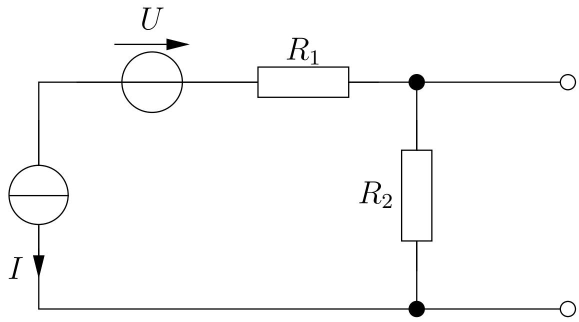
Vereinfachen Sie die folgende Schaltung bezüglich ihres Klemmenverhaltens so weit wie möglich:



18.6

aSchaltung_vereinfachen_06

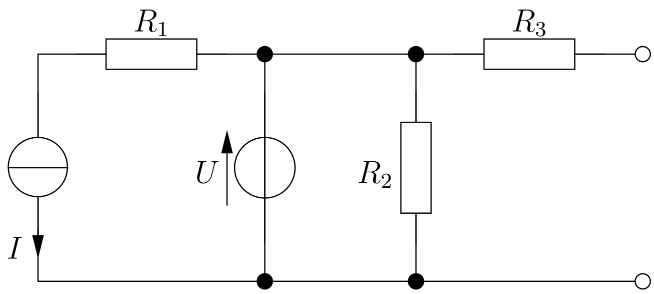
Vereinfachen Sie die folgende Schaltung bezüglich ihres Klemmenverhaltens so weit wie möglich:



18.7

aSchaltung_vereinfachen_07

Vereinfachen Sie die folgende Schaltung bezüglich ihres Klemmenverhaltens so weit wie möglich:



19. Leistung in Gleichstrom-Netzwerken

Widerstände sind passive Bauelemente und können elektrische Leistung nur aufnehmen. An ihnen zeigen Strom I und Spannung U in die selbe Richtung. Die Leistung berechnet sich mit

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R.$$

Quellen geben in der Regel elektrische Leistung ab. Dann zeigen Strom I und Spannung U in entgegengesetzte Richtungen. An einer idealen Stromquelle ist der Strom I immer bekannt, der Spannungsabfall U ergibt sich aus der äußeren Beschaltung. Dagegen ist an einer idealen Spannungsquelle die Spannung U bekannt und der Strom I ergibt sich aus der angeschlossenen Schaltung.

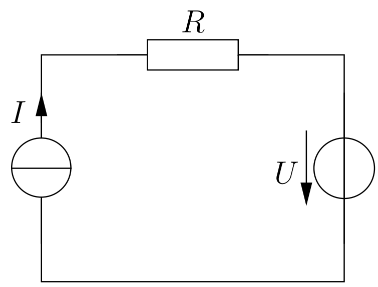
Es kann nun vorkommen, dass die Schaltungsanalyse ergibt, dass Strom und Spannung an einer Quelle in die selbe Richtung zeigen. In diesem Fall nimmt auch die Quelle Leistung auf! (Eine Batterie kann z. B. geladen werden.) An den Quellen berechnet sich die abgegebene (bzw. aufgenommene) Leistung mit

$$P = U \cdot I.$$

19.1

aLeistung_GS_30

Gegeben ist die folgende Schaltung:



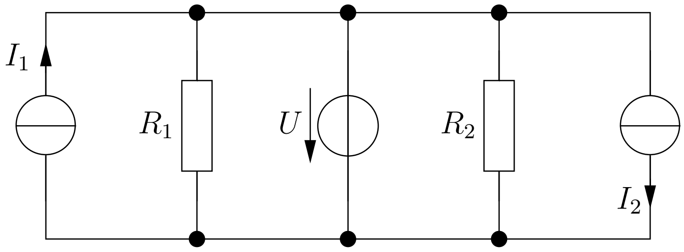
Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

1. Berechnen Sie, welche elektrische Leistung in den einzelnen Bauelementen umgesetzt wird.
2. Bestimmen Sie für jedes Bauelement, ob es Energie aufnimmt oder abgibt.

19.2

aLeistung_GS_31

Gegeben ist die folgende Schaltung:



Die Werte aller Bauelemente sind bekannt.

1. Berechnen Sie, welche elektrische Leistung in den einzelnen Bauelementen umgesetzt wird.

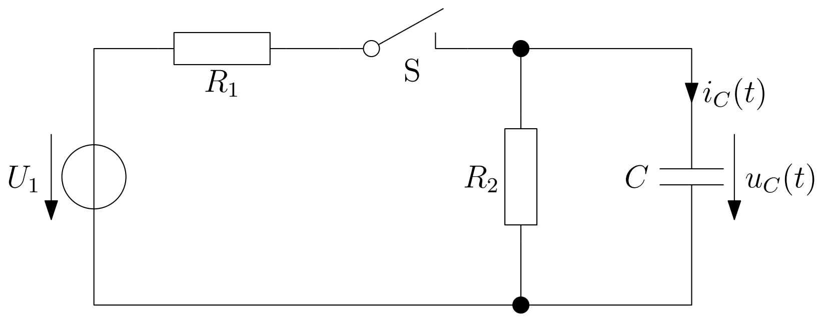
2. Bestimmen Sie für jedes Bauelement, ob es Energie aufnimmt oder abgibt.

20. Transiente Vorgänge – Randbedingungen

20.1

aEinschwingvorgang_12

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



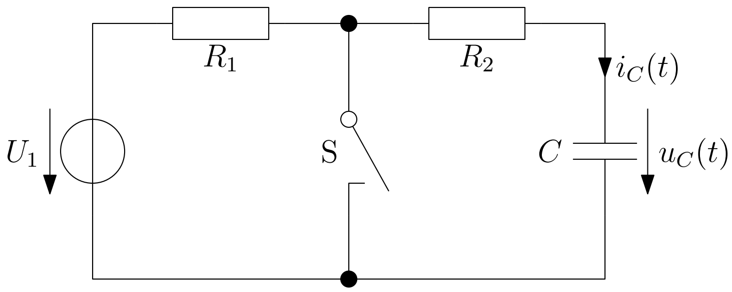
Berechnen Sie den Wert der Kondensatorspannung $u_C(t)$

1. vor Schließen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Schließens,
3. lange nach Schließen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert des Kondensatorstroms $i_C(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.2

aEinschwingvorgang_13

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



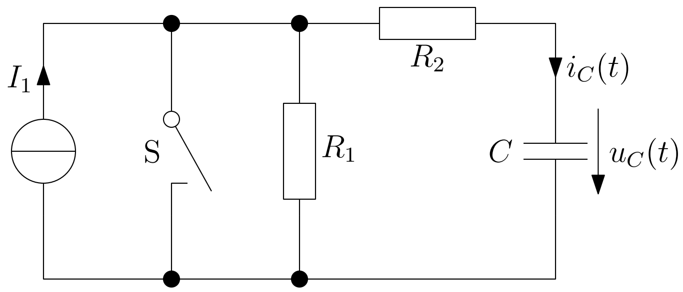
Berechnen Sie den Wert der Kondensatorspannung $u_C(t)$

1. vor Schließen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Schließens,
3. lange nach Schließen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert des Kondensatorstroms $i_C(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.3

aEinschwingvorgang_14

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



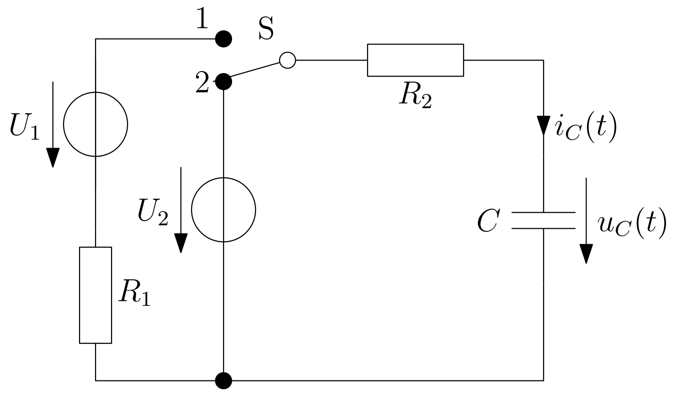
Berechnen Sie den Wert der Kondensatorspannung $u_C(t)$

1. vor Schließen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Schließens,
3. lange nach Schließen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert des Kondensatorstroms $i_C(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.4

aEinschwingvorgang_15

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S stand sehr lange auf Position 2 und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ auf Position 1 geschaltet.



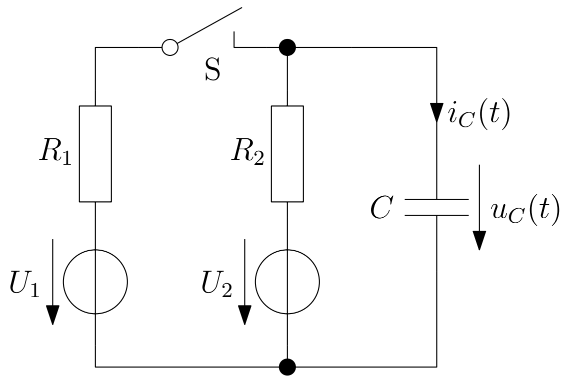
Berechnen Sie den Wert der Kondensatorspannung $u_C(t)$

1. vor Umlegen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Umlegens,
3. lange nach Umlegen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert des Kondensatorstroms $i_C(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.5

aEinschwingvorgang_16

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



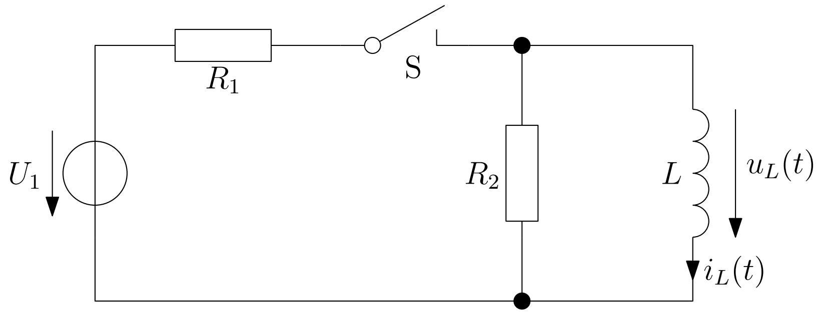
Berechnen Sie den Wert der Kondensatorspannung $u_C(t)$

1. vor Schließen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Schließens,
3. lange nach Schließen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert des Kondensatorstroms $i_C(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.6

aEinschwingvorgang_18

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



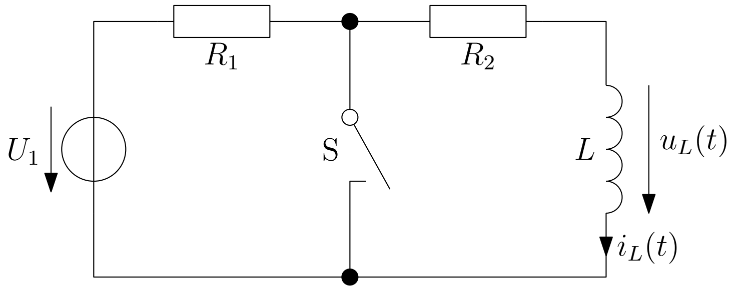
Berechnen Sie den Wert der Spulenstroms $i_L(t)$

1. vor Schließen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Schließens,
3. lange nach Schließen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert der Spulenspannung $u_L(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.7

aEinschwingvorgang_19

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



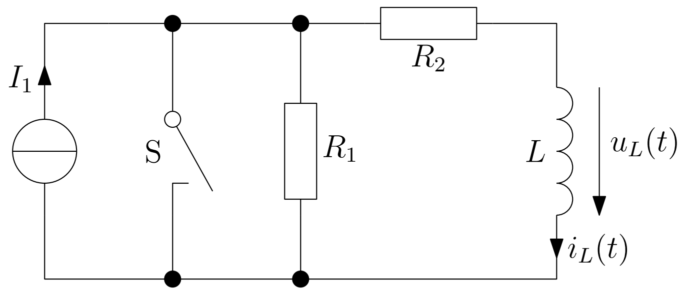
Berechnen Sie den Wert der Spulenstroms $i_L(t)$

1. vor Schließen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Schließens,
3. lange nach Schließen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert der Spulenspannung $u_L(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.8

aEinschwingvorgang_20

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



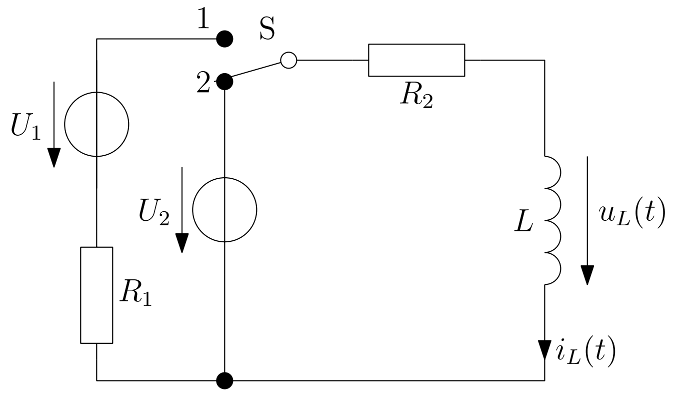
Berechnen Sie den Wert der Spulenstroms $i_L(t)$

1. vor Schließen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Schließens,
3. lange nach Schließen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert der Spulenspannung $u_L(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.9

aEinschwingvorgang_21

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S stand sehr lange auf Position 2 und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ auf Position 1 geschaltet.



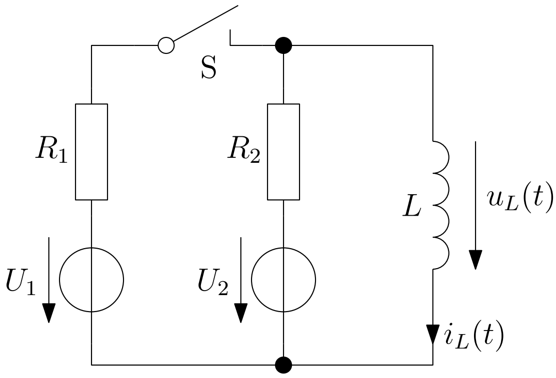
Berechnen Sie den Wert der Spulenstroms $i_L(t)$

1. vor Umlegen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Umlegens,
3. lange nach Umlegen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert der Spulenspannung $u_L(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

20.10

aEinschwingvorgang_22

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Berechnen Sie den Wert der Spulenstroms $i_L(t)$

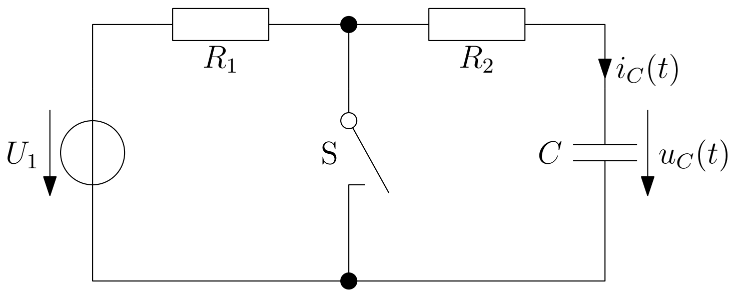
1. vor Schließen des Schalters: $t < t_0$,
2. im Moment t_0 des Schließens,
3. lange nach Schließen des Schalters: $t \to \infty$.
4. Berechnen Sie den Wert der Spulenspannung $u_L(t_0)$ im Moment des Schließens (der Schalter ist bereits geschlossen).

21. Transiente Vorgänge – Differentialgleichung aufstellen

21.1

aEinschwingvorgang_24

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

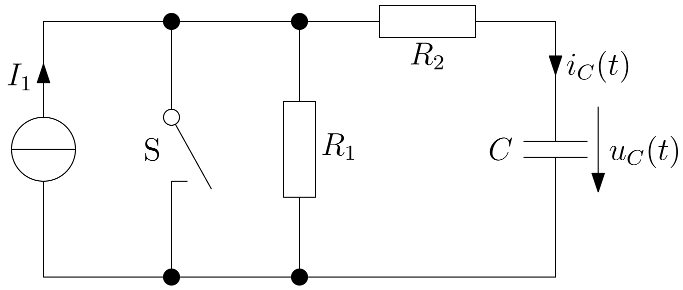
$$\tau \frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung $u_C(t)$ nach Schließen des Schalters beschreibt.

21.2

aEinschwingvorgang_25

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

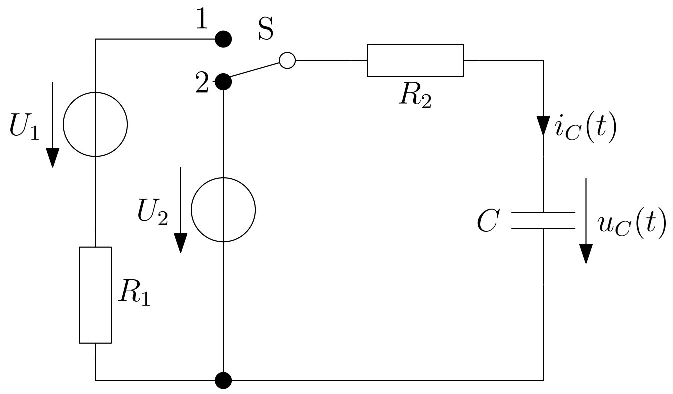
$$\tau \frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung $u_C(t)$ nach Schließen des Schalters beschreibt.

21.3

aEinschwingvorgang_26

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S stand sehr lange auf Position 2 und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ auf Position 1 umgelegt.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

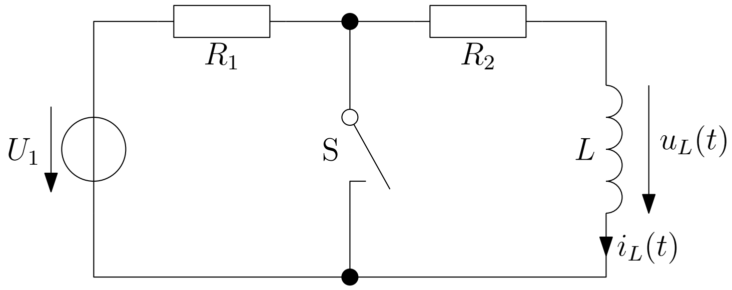
$$\tau \frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung $u_C(t)$ nach Umlegen des Schalters beschreibt.

21.4

aEinschwingvorgang_27

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

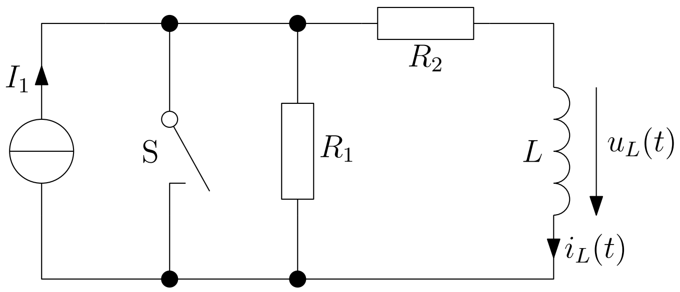
$$\tau \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} + i_L(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf des Spulenstroms $i_L(t)$ nach Schließen des Schalters beschreibt.

21.5

aEinschwingvorgang_28

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

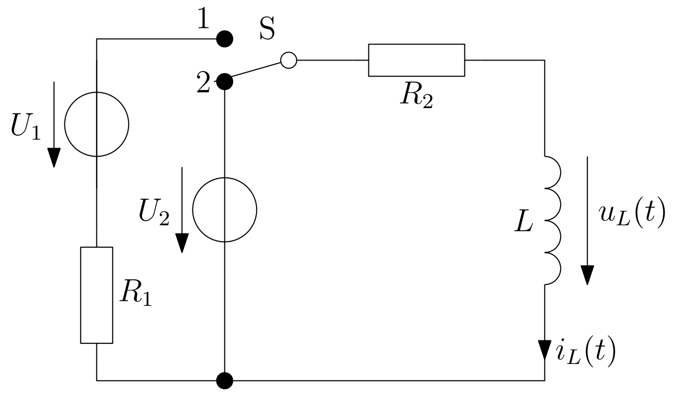
$$\tau \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} + i_L(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf des Spulenstroms $i_L(t)$ nach Schließen des Schalters beschreibt.

21.6

aEinschwingvorgang_29

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S stand sehr lange auf Position 2 und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ auf Position 1 umgelegt.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

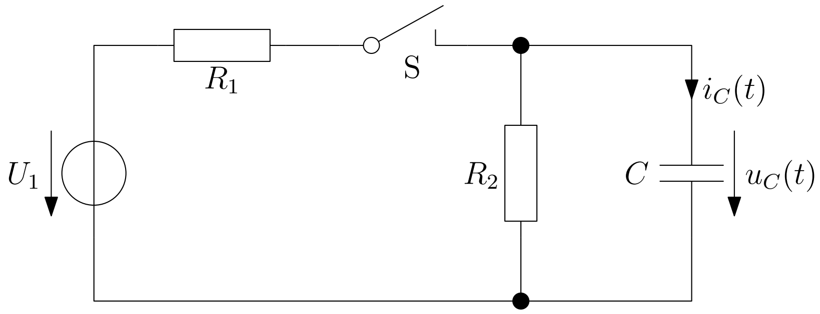
$$\tau \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} + i_L(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf des Spulenstroms $i_L(t)$ nach Umlegen des Schalters beschreibt.

21.7

aEinschwingvorgang_30

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

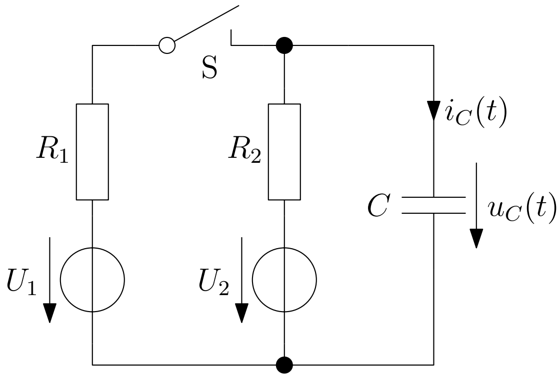
$$\tau \frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung $u_C(t)$ nach Schließen des Schalters beschreibt.

21.8

aEinschwingvorgang_31

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

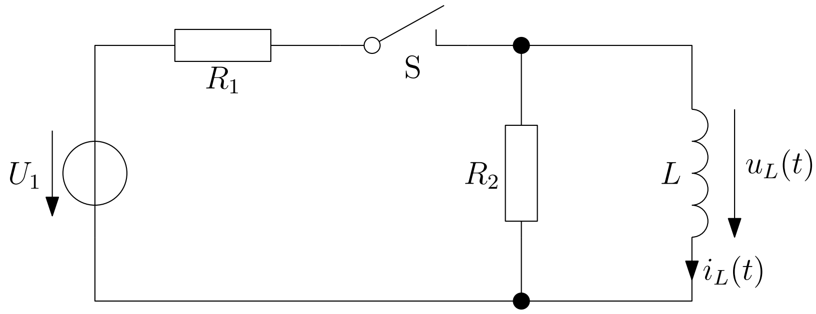
$$\tau \frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung $u_C(t)$ nach Schließen des Schalters beschreibt.

21.9

aEinschwingvorgang_32

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

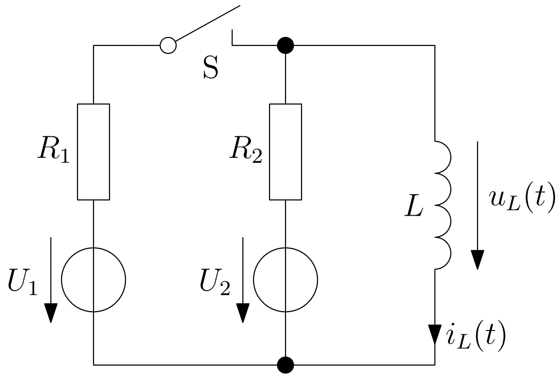
$$\tau \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} + i_L(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf des Spulenstroms $i_L(t)$ nach Schließen des Schalters beschreibt.

21.10

aEinschwingvorgang_33

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.



Stellen Sie eine Differentialgleichung der Form

$$\tau \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} + i_L(t) = \text{const.}$$

auf, deren Lösung den zeitlichen Verlauf des Spulenstroms $i_L(t)$ nach Schließen des Schalters beschreibt.

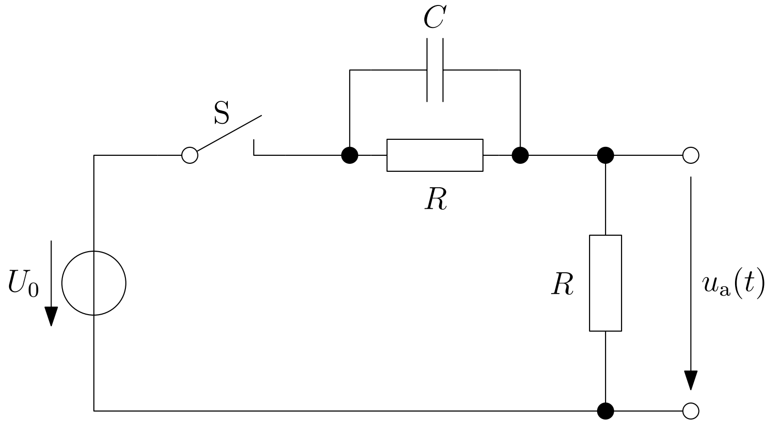
22. Transiente Vorgänge – Zeitverlauf zeichnen

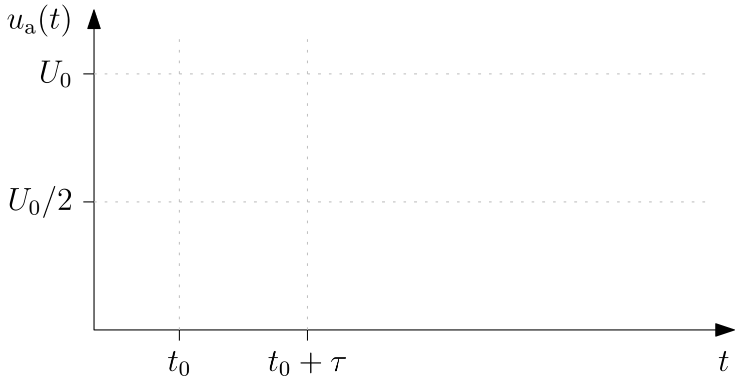
22.1

aEinschwingvorgang_44

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.

Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_t.



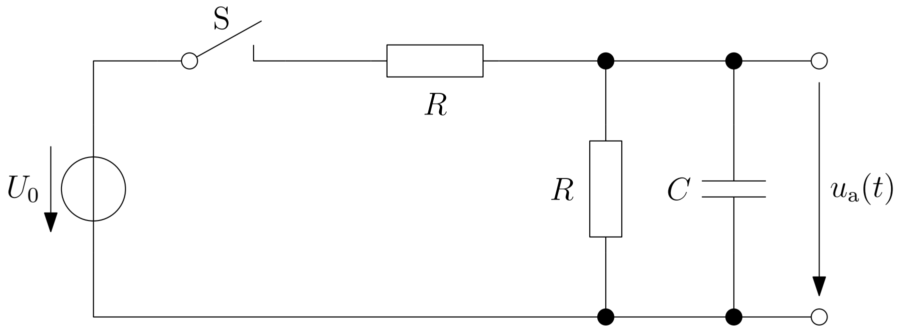


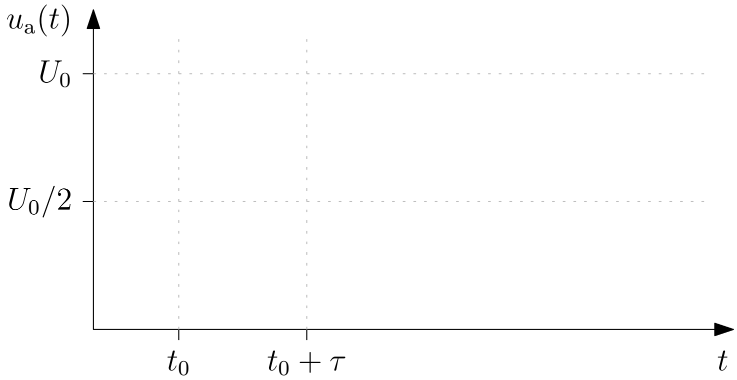
22.2

aEinschwingvorgang_45

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.

Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_t.



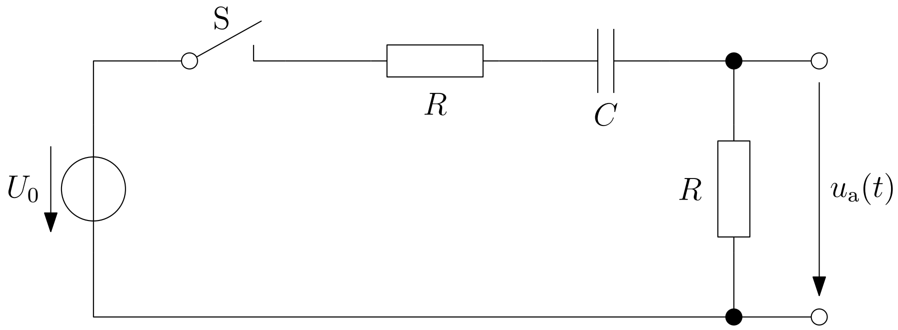


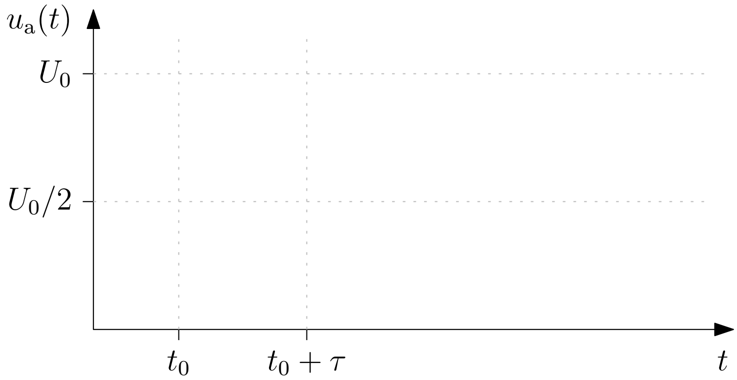
22.3

aEinschwingvorgang_46

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.

Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_t.



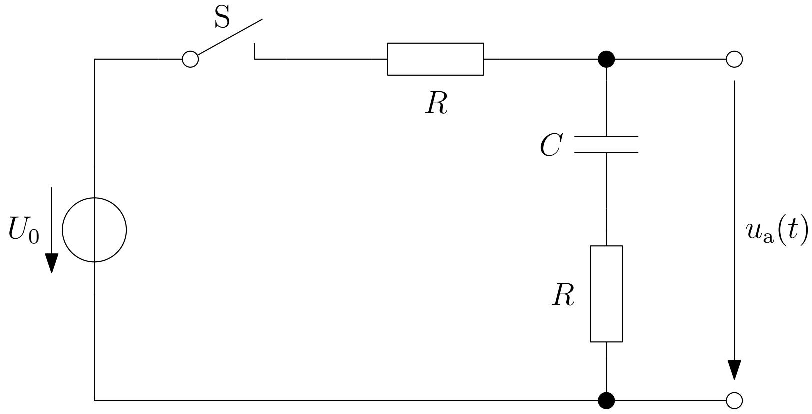


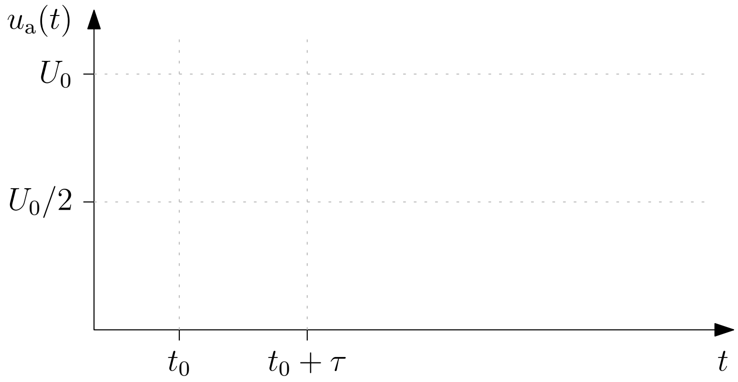
22.4

aEinschwingvorgang_47

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.

Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_t.



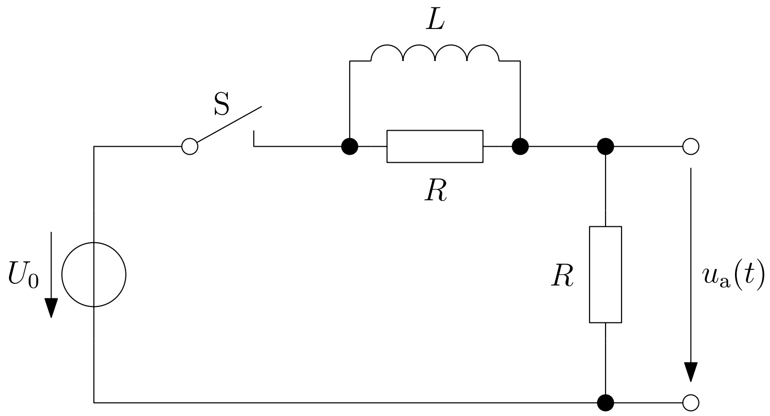


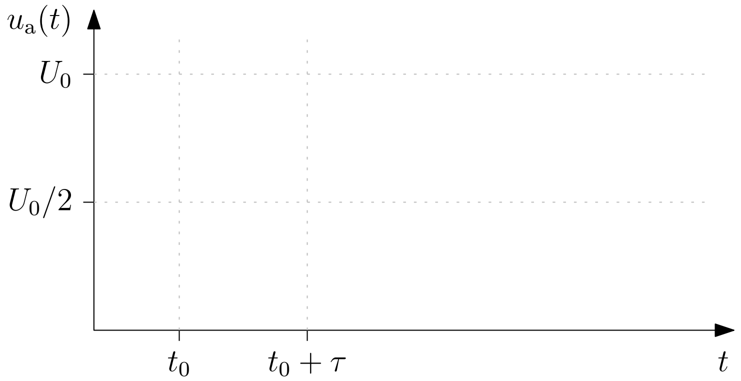
22.5

aEinschwingvorgang_48

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.

Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_t.



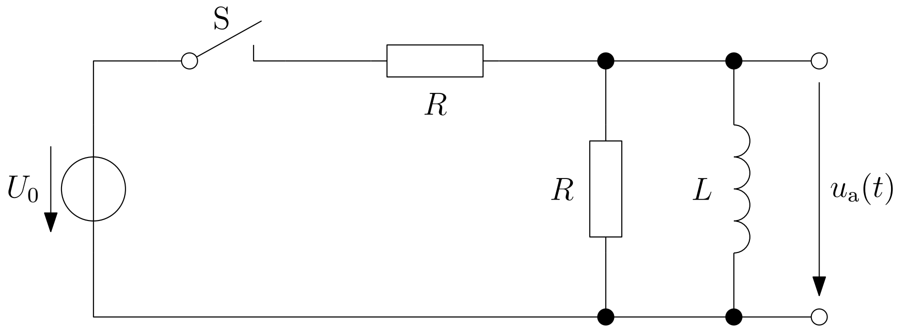


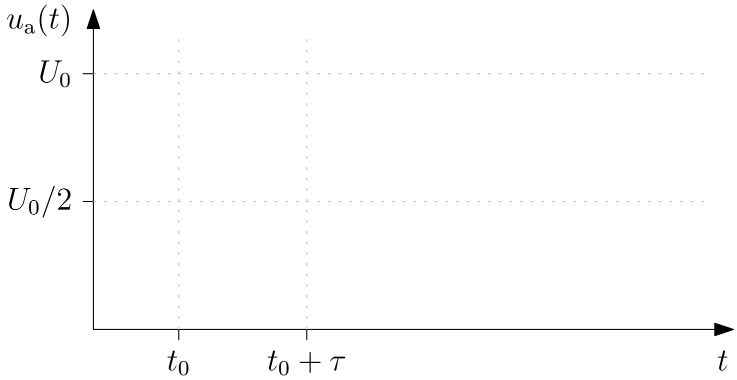
22.6

aEinschwingvorgang_49

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.

Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_t.



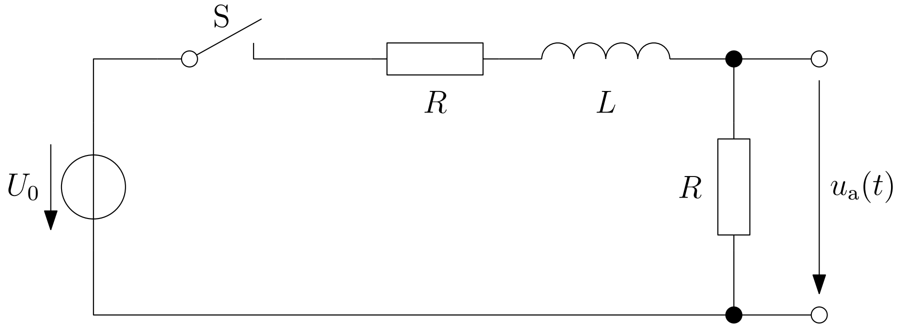


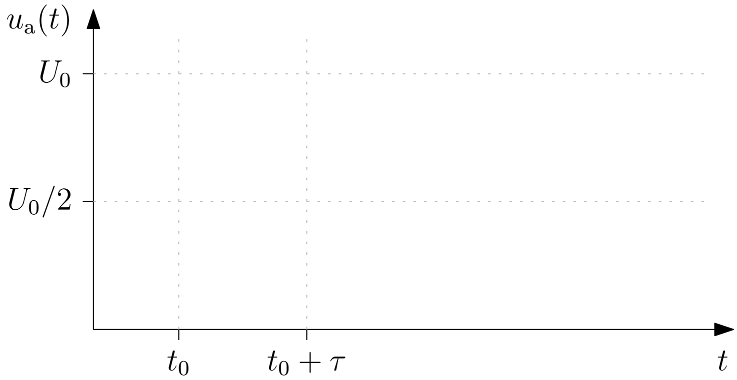
22.7

aEinschwingvorgang_50

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.

Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_t.



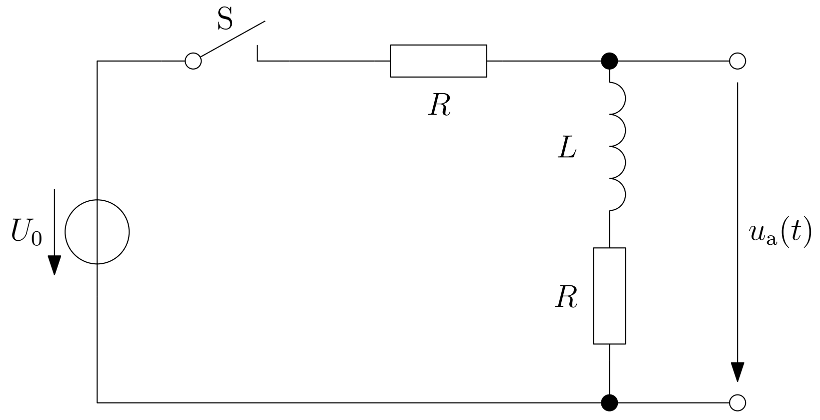


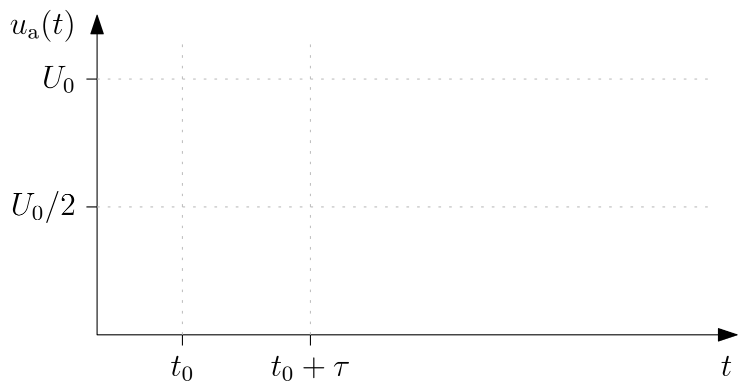
22.8

aEinschwingvorgang_51

Alle Bauelementwerte der folgenden Schaltung sind bekannt. Der Schalter S war sehr lange geöffnet und wird zum Zeitpunkt $t = t_0$ geschlossen.

Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_t.





23. Effektivwerte ohne Integrale berechnen

Liegt eine periodischen Wechselspannung $u(t)$ an einem Widerstand R an, so wird in ihm im zeitlichen Mittel die Leistung P umgesetzt. Der Effektivwert U von $u(t)$ entspricht dem Wert jener Gleichspannung, die dieselbe Leistungsaufnahme P in dem Widerstand zur Folge hätte. Möchte man also berechnen, welche Leistung eine Wechselspannung $u(t)$ verursacht, muss man deren Effektivwert U berechnen und kann dann die bekannte Formel $P = U^2/R$ nutzen.

Wichtige Effektivwerte für mittelwertfreie Spannungsverläufe mit dem Scheitelwert $\hat{u}$ sind:

- Sinus: $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$.
- Dreieck: $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{3}}$.
- Rechteck: $U = \hat{u}$.

Sollte ein periodischer Spannungsverlauf $u(t)$ einen Gleichanteil besitzen, kann man $u(t)$ in einen mittelwertfreien Wechselanteil $u_\sim(t)$ und den Gleichanteil $\overline{u(t)}$ aufteilen:

$$u(t) = u_\sim(t) + \overline{u(t)}.$$

Der Effektivwert U von $u(t)$ lässt sich dann wie folgt berechnen:

$$U = \sqrt{(U_\sim)^2 + \left(\overline{u(t)}\right)^2}$$

Hierbei ist $U_\sim$ der Effektivwert des mittelwertfreien Wechelanteils $u_\sim(t)$.

Für Ströme gilt das oben genannte analog.

23.1

aEffektivwert_10

An einem ohmschen Widerstand $R = 20\,\Omega$ liegt eine mittelwertfreie Sinusspannung mit der Amplitude $\hat{u} = 7\,\mathrm{V}$ und einer Frequenz $f = 50\,\mathrm{Hz}$ an.

Welche Wirkleistung P wird im zeitlichen Mittel im Widerstand R umgesetzt?

23.2

aEffektivwert_11

An einem ohmschen Widerstand $R = 30\,\Omega$ liegt eine mittelwertfreie Dreieckspannung mit der Amplitude $\hat{u} = 9\,\text{V}$ und einer Frequenz $f = 100\,\text{Hz}$ an.

Welche Wirkleistung P wird im zeitlichen Mittel im Widerstand R umgesetzt?

23.3

aEffektivwert_12

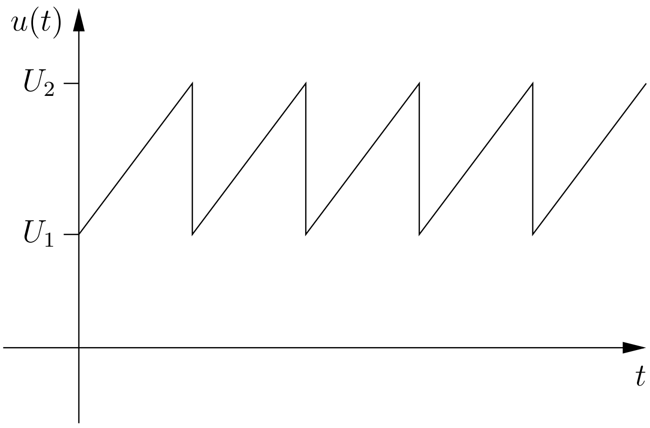
An einem ohmschen Widerstand $R = 25\,\Omega$ liegt eine mittelwertfreie Rechteckspannung mit der Amplitude $\hat{u} = 12\,\text{V}$ und einer Frequenz $f = 25\,\text{kHz}$ an.

Welche Wirkleistung P wird im zeitlichen Mittel im Widerstand R umgesetzt?

23.4

aEffektivwert_13

An einem ohmschen Widerstand R liegt eine Zägezahnspannung, die von einer Gleichspannung überlagert ist:

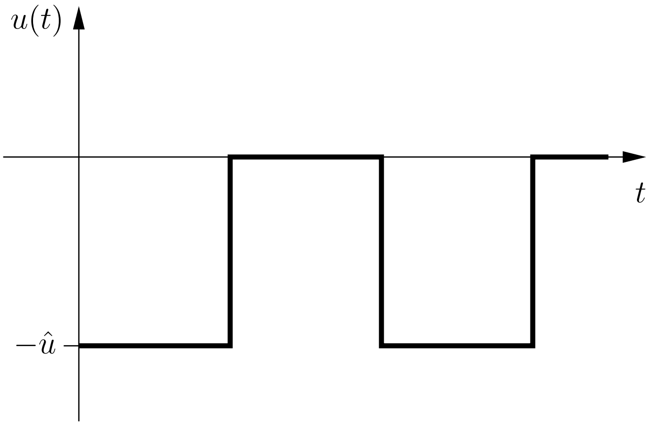


1. Bestimmen Sie den Mittelwert $\overline{u(t)}$ des periodischen Spannungsverlaufs $u(t)$.
2. Berechnen Sie den Effektivwert U des periodischen Spannungsverlaufs $u(t)$.
3. Welche Wirkleistung P wird im zeitlichen Mittel im Widerstand R umgesetzt?

23.5

aEffektivwert_14

An einem ohmschen Widerstand R liegt eine Rechteckspannung, die von einer Gleichspannung überlagert ist:

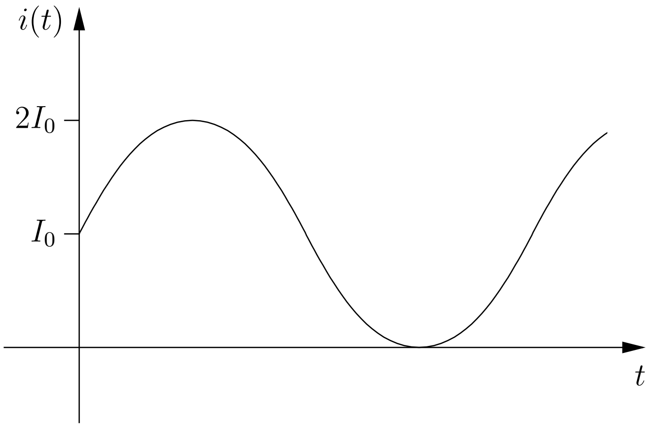


1. Bestimmen Sie den Mittelwert $\overline{u(t)}$ des periodischen Spannungsverlaufs $u(t)$.
2. Berechnen Sie den Effektivwert U des periodischen Spannungsverlaufs $u(t)$.
3. Welche Wirkleistung P wird im zeitlichen Mittel im Widerstand R umgesetzt?

23.6

aEffektivwert_15

Durch einen ohmschen Widerstand R fließt ein Sinusstrom, der mit einem Gleichstrom überlagert ist:



1. Bestimmen Sie den Mittelwert $\overline{i(t)}$ des periodischen Stromverlaufs $i(t)$.
2. Berechnen Sie den Effektivwert I des periodischen Stromverlaufs $i(t)$.
3. Welche Wirkleistung P wird im zeitlichen Mittel im Widerstand R umgesetzt?

24. Komplexe Darstellung von Sinusgrößen, Zeigerdiagramme

In den hier betrachteten Wechselspannungsschaltungen geben alle Quellen sinusförmige Ströme bzw. Spannungen ab, die alle dieselbe Kreisfrequenz ω besitzen. Dies hat zur Folge, dass in linearen Schaltungen (also Schaltungen, die neben den idealen Quellen nur aus den Bauelementen R, L und C bestehen) ALLE Ströme und Spannungen sinusförmig sind und die Kreisfrequenz ω besitzen. Die Größen unterscheiden sich nur in Betrag (hier rechnen wir mit den Effektivwerten) und Nullphasenwinkel. Es bietet sich darum an, alle Ströme und Spannungen durch komplexe Zahlen darzustellen:

$$i(t) = \hat{\imath} \cdot \sin(\omega t + \varphi_i) \quad \rightarrow \quad \underline{I} = \frac{\hat{\imath}}{\sqrt{2}}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_i} = I\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_i}$$

$$u(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi_u) \quad \rightarrow \quad \underline{U} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_u} = U\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_u}$$

24.1

akomplexer_Effektivwert_03

Gegeben ist der Strom $i(t) = 5\,\mathrm{A} \cdot \sin(\omega t + \pi/3)$

Bestimmen Sie den komplexen Effektivwert $\underline{I} = I\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_i}$ von $i(t)$. Bestimmen Sie hierfür I und φ_i.

24.2

akomplexer_Effektivwert_04

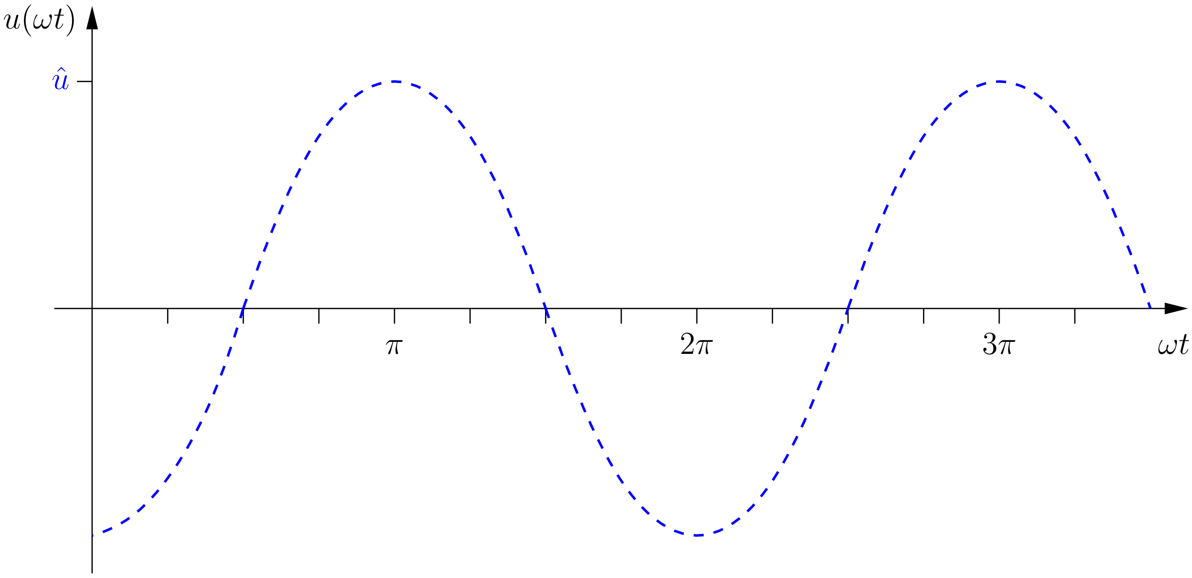
Gegeben ist der Strom $i(t) = 8\,\mathrm{A} \cdot \cos(\omega t + \pi/3)$

Bestimmen Sie den komplexen Effektivwert $\underline{I} = I\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_i}$ von $i(t)$. Bestimmen Sie hierfür I und φ_i.

24.3

akomplexer_Effektivwert_01

Gegeben ist ein sinusförmiger Spannungsverlauf $u(\omega t)$ mit der Amplitude $\hat{u}$.

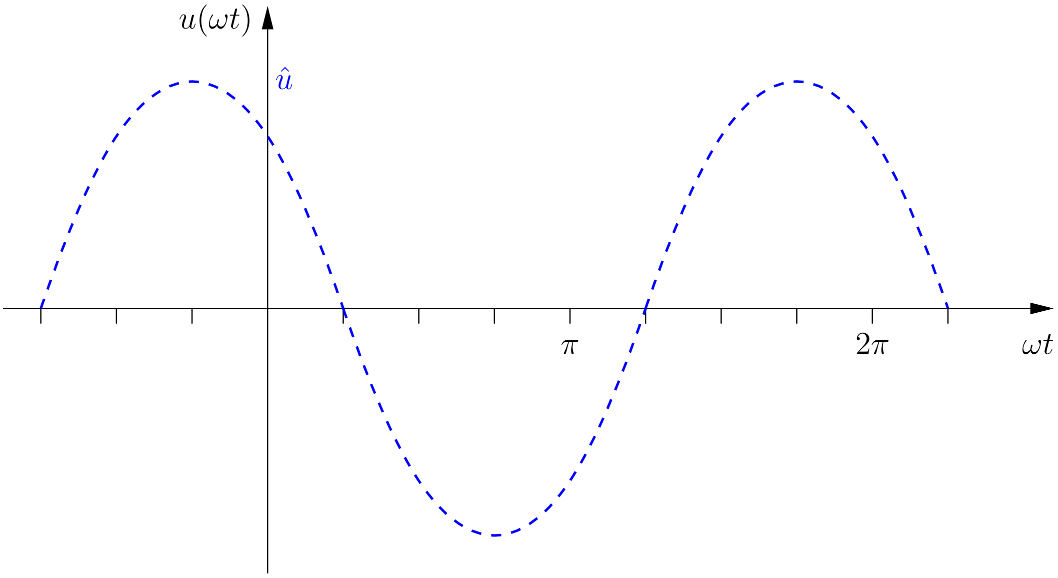


1. Drücken Sie $u(\omega t)$ als Zeitfunktion aus.
2. Bestimmen Sie den komplexen Effektivwert $\underline{U} = U\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_u}$ von $u(\omega t)$. Bestimmen Sie hierfür U und φ_u.

24.4

akomplexer_Effektivwert_02

Gegeben ist ein sinusförmiger Spannungsverlauf $u(\omega t)$ mit der Amplitude $\hat{u}$.



1. Drücken Sie $u(\omega t)$ als Zeitfunktion aus.
2. Bestimmen Sie den komplexen Effektivwert $\underline{U} = U\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi_u}$ von $u(t)$. Bestimmen Sie hierfür U und φ_u.

24.5

akomplexer_Effektivwert_05

In einer Schaltung eilt der Strom $i(t)$ der Spannung $u(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + 45°)$ um 60° nach. Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für $t = 0$.

24.6

akomplexer_Effektivwert_06

In einer Schaltung eilt der Strom $i(t)$ der Spannung $u(t) = \hat{u} \cdot \cos(\omega t + 115°)$ um 45° nach. Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für $t = 0$.

25. Wechselstromschaltungen

Wechselstromschaltungen unterscheiden sich von Gleichstromschaltungen nur dadurch, dass man mit komplexen Zahlen rechnet, um die Nullphasenwinkel der Spannungen $\underline{U}$ und Ströme $\underline{I}$ zu berücksichtigen. Alle Methoden, die Sie für Gleichspannungsschaltungen kennengelernt haben, gelten weiterhin! Außerdem werwenden wir zwei neue Bauelemente: Den Kondensator (oder die Kapazität) C und die Spule (oder die Induktivität) L. Diese beiden Bauteile besitzen einen frequenzabhängigen komplexen *Widerstand*, Impedanz $\underline{Z}$ genannt:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_L &= \mathrm{j}\omega L, \\ \underline{Z}_C &= \frac{1}{\mathrm{j}\omega C}. \end{aligned}$$

Hierbei ist $\omega = 2\pi f$ die Kreisfrequenz der Wechelströme und -spanungen, wobei f die Frequenz in Hz ist.

25.1

aWechselstromschaltung_01

Ein Widerstand R und eine Iduktivität L sind in Reihe geschaltet und werden von dem Wechselstrom $\underline{I}$ durchflossen.

1. Wie groß sind die Spannungsabfälle $\underline{U}_R$ am Widerstand und $\underline{U}_L$ an der Induktivität?
2. Wie groß ist der Betrag U des Spannungsabfalls $\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_L$ an der Reihenschaltung?
3. Wie groß ist der Phasenverschiebungswinkel φ zwischen $\underline{U}$ und $\underline{I}$?
4. Zeichen Sie ein Zeigerdiagramm, das $\underline{I}$, $\underline{U}_R$, $\underline{U}_L$ und $\underline{U}$ enthält.

25.2

aWechselstromschaltung_02

Ein Widerstand R und ein Kondensator C sind in Reihe geschaltet und werden von dem Wechselstrom $\underline{I}$ durchflossen.

1. Wie groß sind die Spannungsabfälle $\underline{U}_R$ am Widerstand und $\underline{U}_C$ am Kondensator?
2. Wie groß ist der Betrag U des Spannungsabfalls $\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_C$ an der Reihenschaltung?
3. Wie groß ist der Phasenverschiebungswinkel φ zwischen $\underline{U}$ und $\underline{I}$?
4. Zeichen Sie ein Zeigerdiagramm, das $\underline{I}$, $\underline{U}_R$, $\underline{U}_C$ und $\underline{U}$ enthält.

aWechselstromschaltung_03

25.3

Ein Widerstand R und ein Kondensator C sind parallel geschaltet und an ihnen fällt die Wechselspannung $\underline{U}$ ab.

1. Wie groß sind die Ströme $\underline{I}_R$ durch den Widerstand und $\underline{I}_C$ durch den Kondensator?
2. Wie groß ist der Betrag I des Gesamtstroms $\underline{I} = \underline{I}_R + \underline{I}_C$ durch die Parallelschaltung?
3. Wie groß ist der Phasenverschiebungswinkel φ zwischen $\underline{U}$ und $\underline{I}$?
4. Zeichen Sie ein Zeigerdiagramm, das $\underline{U}$, $\underline{I}_R$, $\underline{I}_C$ und $\underline{I}$ enthält.

25.4

aWechselstromschaltung_04

Ein Widerstand R und eine Induktivität L sind parallel geschaltet und an ihnen fällt die Wechselspannung $\underline{U}$ ab.

1. Wie groß sind die Ströme $\underline{I}_R$ durch den Widerstand und $\underline{I}_L$ durch die Induktivität?
2. Wie groß ist der Betrag I des Gesamtstroms $\underline{I} = \underline{I}_R + \underline{I}_L$ durch die Parallelschaltung?
3. Wie groß ist die Phasenverschiebung φ zwischen $\underline{U}$ und $\underline{I}$?
4. Zeichen Sie ein Zeigerdiagramm, das $\underline{U}$, $\underline{I}_R$, $\underline{I}_L$ und $\underline{I}$ enthält.

25.5

aWechselstromschaltung_05

Ein Widerstand $R = 10\,\Omega$ und eine Induktivität L sind in Reihe geschaltet. Bei der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi \cdot 50\,\text{Hz}$ messen Sie zwischen der Gesamtspannung $\underline{U}$ und dem Strom $\underline{I}$ den Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 40°$.

Berechnen Sie den Wert von L

25.6

aWechselstromschaltung_06

Ein Widerstand $R = 10\,\Omega$ und eine Induktivität L sind parallel geschaltet. Bei der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi \cdot 50\,\text{Hz}$ messen Sie zwischen der Spannung $\underline{U}$ und dem Gesamtstrom $\underline{I}$ den Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 40°$.

Berechnen Sie den Wert von L

25.7

aWechselstromschaltung_07

Ein Widerstand $R = 10\,\Omega$ und ein Kondensator C sind in Reihe geschaltet. Bei der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi \cdot 50\,\text{Hz}$ messen Sie zwischen der Gesamtspannung $\underline{U}$ und dem Strom $\underline{I}$ den Phasenverschiebungswinkel $\varphi = -40°$.

Berechnen Sie den Wert von C

25.8

aWechselstromschaltung_08

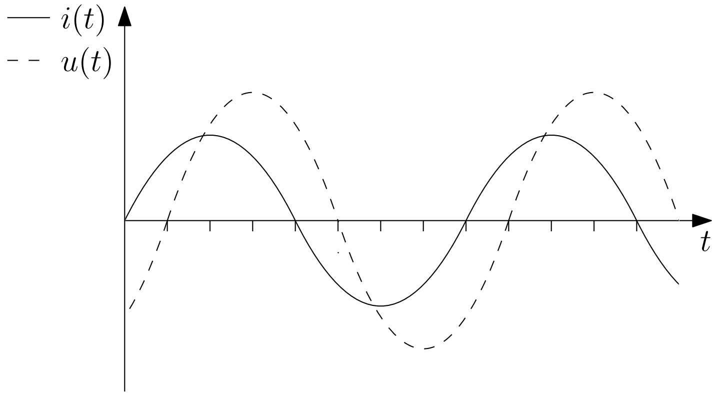
Ein Widerstand $R = 10\,\Omega$ und ein Kondensator C sind parallel geschaltet. Bei der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi \cdot 50\,\text{Hz}$ messen Sie zwischen der Spannung $\underline{U}$ und dem Gesamtstrom $\underline{I}$ den Phasenverschiebungswinkel $\varphi = -40°$.

Berechnen Sie den Wert von C

25.9

aImpedanz_01

Sie messen die zeitlichen Verläufe von Spannung $u(t)$ und Strom $i(t)$ an einer Impedanz:



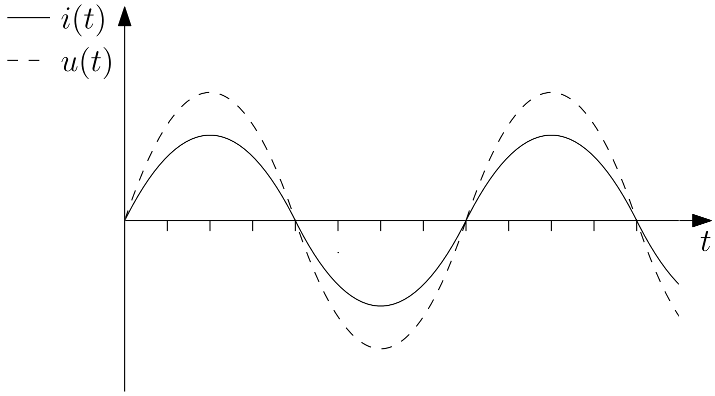
Welches Verhalten weist die Impedanz auf?

- ☐ ohmsch
- ☐ induktiv
- ☐ kapazitiv
- ☐ ohmsch-induktiv
- ☐ ohmsch-kapazitiv

25.10

aImpedanz_02

Sie messen die zeitlichen Verläufe von Spannung $u(t)$ und Strom $i(t)$ an einer Impedanz:



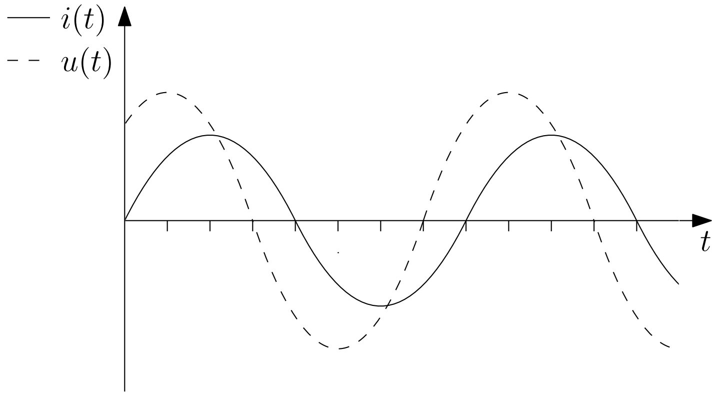
Welches Verhalten weist die Impedanz auf?

- ☐ ohmsch
- ☐ induktiv
- ☐ kapazitiv
- ☐ ohmsch-induktiv
- ☐ ohmsch-kapazitiv

25.11

aImpedanz_03

Sie messen die zeitlichen Verläufe von Spannung $u(t)$ und Strom $i(t)$ an einer Impedanz:



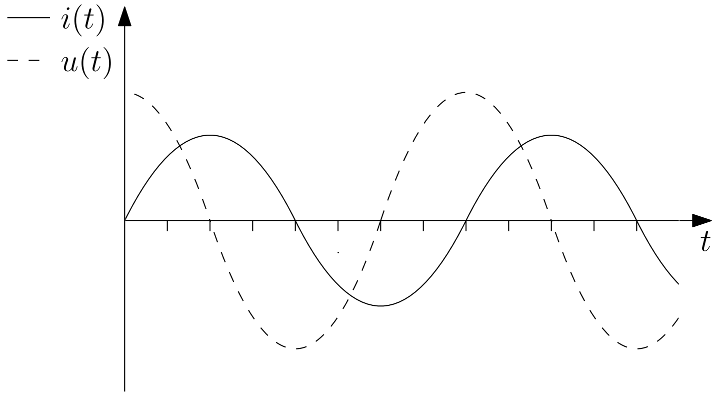
Welches Verhalten weist die Impedanz auf?

- ☐ ohmsch
- ☐ induktiv
- ☐ kapazitiv
- ☐ ohmsch-induktiv
- ☐ ohmsch-kapazitiv

25.12

aImpedanz_04

Sie messen die zeitlichen Verläufe von Spannung $u(t)$ und Strom $i(t)$ an einer Impedanz:



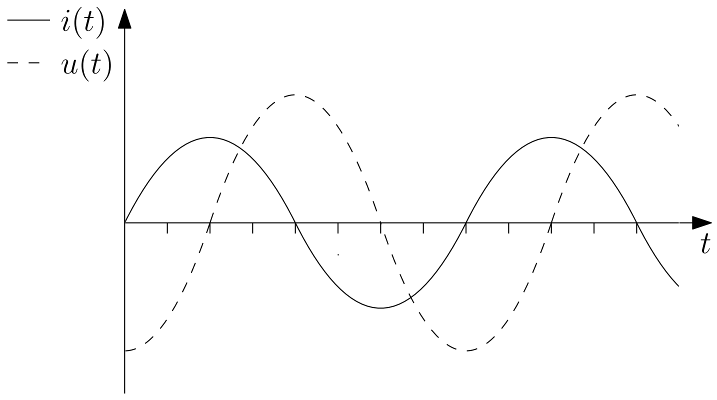
Welches Verhalten weist die Impedanz auf?

- ☐ ohmsch
- ☐ induktiv
- ☐ kapazitiv
- ☐ ohmsch-induktiv
- ☐ ohmsch-kapazitiv

25.13

aImpedanz_05

Sie messen die zeitlichen Verläufe von Spannung $u(t)$ und Strom $i(t)$ an einer Impedanz:



Welches Verhalten weist die Impedanz auf?

- ☐ ohmsch
- ☐ induktiv
- ☐ kapazitiv
- ☐ ohmsch-induktiv
- ☐ ohmsch-kapazitiv

26. Schwingkreise

Eine Schaltung, die L **und** C beinhaltet, ist schwingfähig. Bei der Resonanzkreisfrequenz ω_0 sind die Spannung $\underline{U}$, die an der Schaltung abfällt und der Strom $\underline{I}$, der durch die Schaltung fließt, in Phase. Dies bedeutet, dass für $\omega = \omega_0$ die Impedanz $\underline{Z}$ (und ebenso die Admittanz $\underline{Y}$) der Schaltung rein reell ist. Dies bedeutet

$$\mathrm{Im}\{\underline{Z}(\omega_0)\} = 0 \qquad \text{bzw.} \qquad \mathrm{Im}\{\underline{Y}(\omega_0)\} = 0.$$

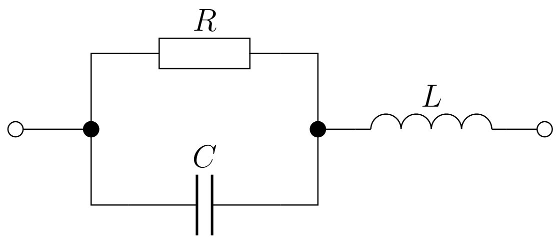
Um die Resonanzkreisfrequenz zu bestimmen, geht man folgendermaßen vor:

- Gesamtimpedanz $\underline{Z}$ (oder Gesamtadmittanz $\underline{Y}$) der Schaltung aufstellen,
- $\underline{Z}$ (bzw. $\underline{Y}$) in Real- und Imaginärteil zerlegen,
- den Imaginärteil gleich Null setzen: $\mathrm{Im}\{\underline{Z}\} = 0$ (bzw. $\mathrm{Im}\{\underline{Y}\} = 0$),
- die so erhaltene Gleichung nach ω auflösen.

26.1

aSchwingkreis_06

Gegeben ist die folgende Schaltung:

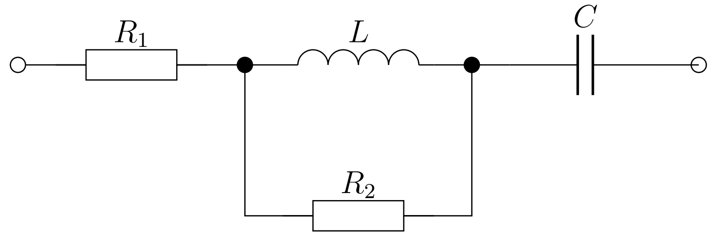


1. Bestimmen Sie die komplexe Impedanz $\underline{Z}$ der Schaltung.
2. Berechnen Sie die Resonanzkreisfrequenz ω_0 der Schaltung.

aSchwingkreis_10

26.2

Gegeben ist die folgende Schaltung:



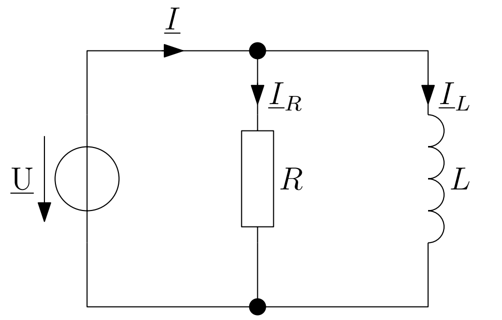
1. Bestimmen Sie die komplexe Impedanz $\underline{Z}$ der Schaltung.
2. Berechnen Sie die Resonanzkreisfrequenz ω_0 der Schaltung.

27. Wirk- Blind- und Scheinleistung in Wechselstromnetzen

27.1

aLeistung_komplex_04

Ein passives Netzwerk ist mit einer idealen Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert U und der Kreisfrequenz ω verbunden. Die Werte aller Bauteile sind Ihnen bekannt.



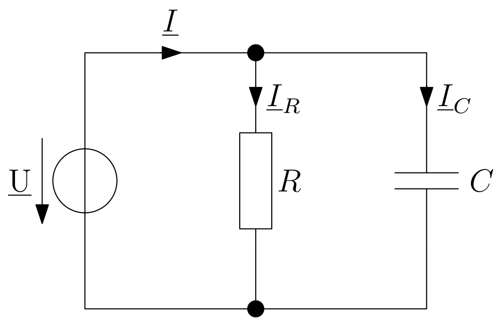
Berechnen Sie, welche Wirkleistung P und welche Blindleistung Q der Quelle entnommen wird.

1. Berechnen Sie Wirk- und Blindleistung separat an jedem passiven Bauelement.
2. Berechnen Sie zunächst $\underline{I}$ und daraus die Scheinleistung $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$. Anschließend können Sie mit $P = \mathrm{Re}\{\underline{S}\}$ und $Q = \mathrm{Im}\{\underline{S}\}$ Wirk- und Blindleistung berechnen.

27.2

aLeistung_komplex_05

Ein passives Netzwerk ist mit einer idealen Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert U und der Kreisfrequenz ω verbunden. Die Werte aller Bauteile sind Ihnen bekannt.



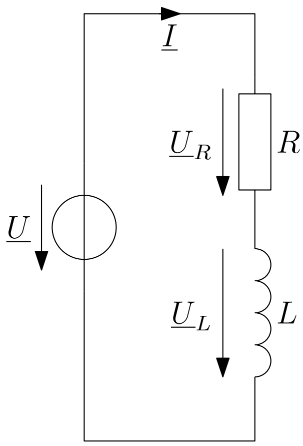
Berechnen Sie, welche Wirkleistung P und welche Blindleistung Q der Quelle entnommen wird.

1. Berechnen Sie Wirk- und Blindleistung separat an jedem passiven Bauelement.
2. Berechnen Sie zunächst $\underline{I}$ und daraus die Scheinleistung $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$. Anschließend können Sie mit $P = \mathrm{Re}\{\underline{S}\}$ und $Q = \mathrm{Im}\{\underline{S}\}$ Wirk- und Blindleistung berechnen.

27.3

aLeistung_komplex_06

Ein passives Netzwerk ist mit einer idealen Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert U und der Kreisfrequenz ω verbunden. Die Werte aller Bauteile sind Ihnen bekannt.



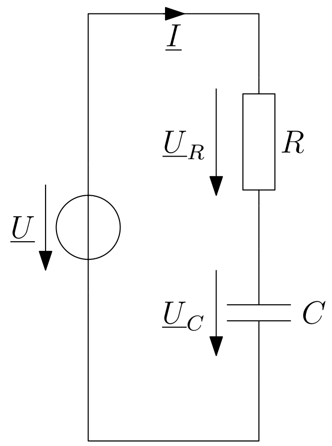
Berechnen Sie, welche Wirkleistung P und welche Blindleistung Q der Quelle entnommen wird.

1. Berechnen Sie Wirk- und Blindleistung separat an jedem passiven Bauelement.
2. Berechnen Sie zunächst $\underline{I}$ und daraus die Scheinleistung $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$. Anschließend können Sie mit $P = \mathrm{Re}\{\underline{S}\}$ und $Q = \mathrm{Im}\{\underline{S}\}$ Wirk- und Blindleistung berechnen.

27.4

aLeistung_komplex_07

Ein passives Netzwerk ist mit einer idealen Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert U und der Kreisfrequenz ω verbunden. Die Werte aller Bauteile sind Ihnen bekannt.



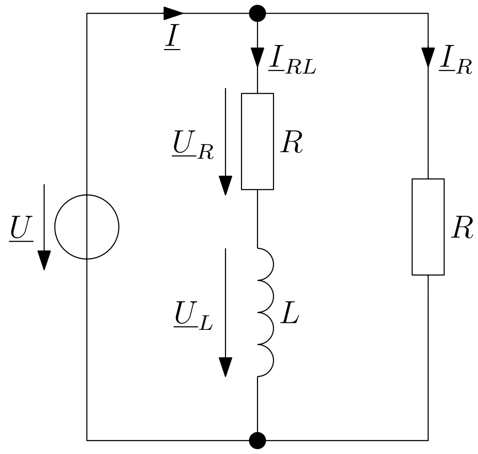
Berechnen Sie, welche Wirkleistung P und welche Blindleistung Q der Quelle entnommen wird.

1. Berechnen Sie Wirk- und Blindleistung separat an jedem passiven Bauelement.
2. Berechnen Sie zunächst $\underline{I}$ und daraus die Scheinleistung $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$. Anschließend können Sie mit $P = \mathrm{Re}\{\underline{S}\}$ und $Q = \mathrm{Im}\{\underline{S}\}$ Wirk- und Blindleistung berechnen.

27.5

aLeistung_komplex_08

Ein passives Netzwerk ist mit einer idealen Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert U und der Kreisfrequenz ω verbunden. Die Werte aller Bauteile sind Ihnen bekannt.



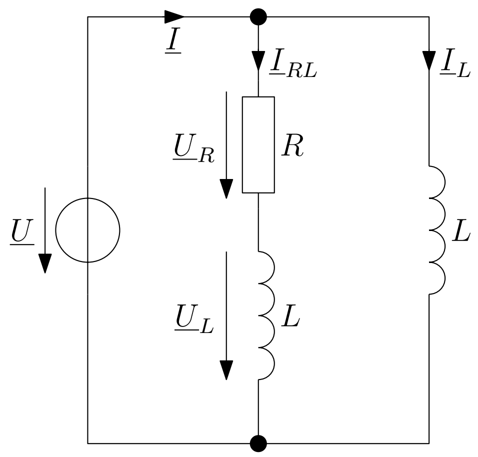
Berechnen Sie, welche Wirkleistung P und welche Blindleistung Q der Quelle entnommen wird.

1. Berechnen Sie Wirk- und Blindleistung separat an jedem passiven Bauelement.
2. Berechnen Sie zunächst $\underline{I}$ und daraus die Scheinleistung $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$. Anschließend können Sie mit $P = \mathrm{Re}\{\underline{S}\}$ und $Q = \mathrm{Im}\{\underline{S}\}$ Wirk- und Blindleistung berechnen.

27.6

aLeistung_komplex_09

Ein passives Netzwerk ist mit einer idealen Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert U und der Kreisfrequenz ω verbunden. Die Werte aller Bauteile sind Ihnen bekannt.



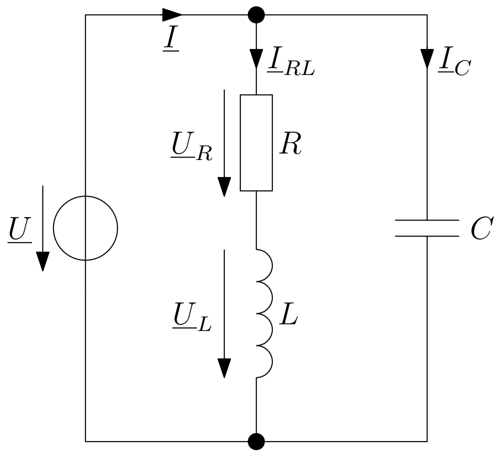
Berechnen Sie, welche Wirkleistung P und welche Blindleistung Q der Quelle entnommen wird.

1. Berechnen Sie Wirk- und Blindleistung separat an jedem passiven Bauelement.
2. Berechnen Sie zunächst $\underline{I}$ und daraus die Scheinleistung $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$. Anschließend können Sie mit $P = \mathrm{Re}\{\underline{S}\}$ und $Q = \mathrm{Im}\{\underline{S}\}$ Wirk- und Blindleistung berechnen.

27.7

aLeistung_komplex_10

Ein passives Netzwerk ist mit einer idealen Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert U und der Kreisfrequenz ω verbunden. Die Werte aller Bauteile sind Ihnen bekannt.



Berechnen Sie, welche Wirkleistung P und welche Blindleistung Q der Quelle entnommen wird.

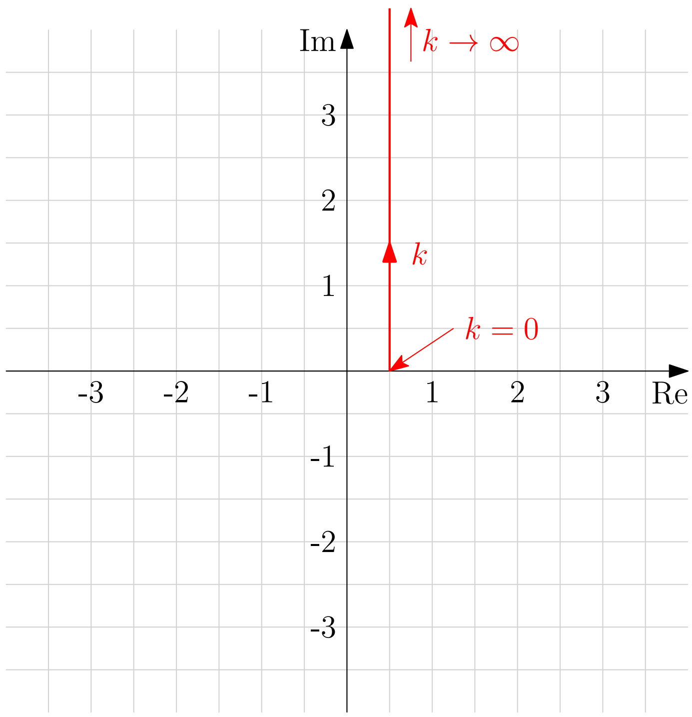
1. Berechnen Sie Wirk- und Blindleistung separat an jedem passiven Bauelement.
2. Berechnen Sie zunächst $\underline{I}$ und daraus die Scheinleistung $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$. Anschließend können Sie mit $P = \mathrm{Re}\{\underline{S}\}$ und $Q = \mathrm{Im}\{\underline{S}\}$ Wirk- und Blindleistung berechnen.

28. Ortskurven

28.1

aOrtskurve_06

Gegeben ist die Ortskurve der komplexen Funktion $\underline{F}(k)$.

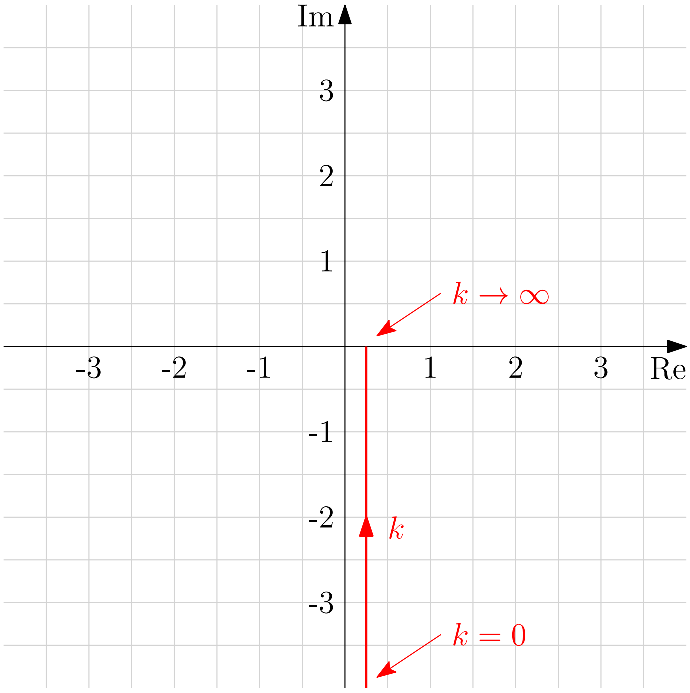


Invertieren Sie die Ortskurve (zeichnen Sie die Ortskurve von $\frac{1}{\underline{F}(k)}$).

28.2

aOrtskurve_07

Gegeben ist die Ortskurve der komplexen Funktion $\underline{F}(k)$.

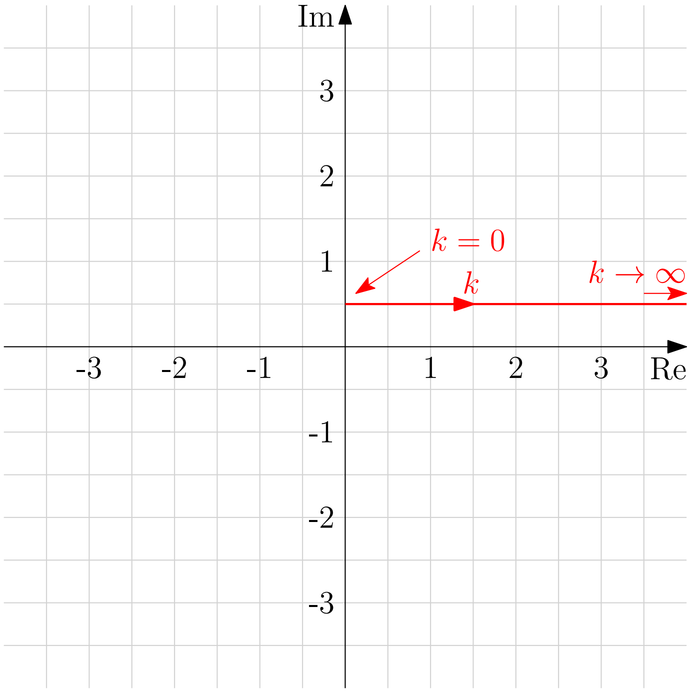


Invertieren Sie die Ortskurve (zeichnen Sie die Ortskurve von $\frac{1}{\underline{F}(k)}$).

aOrtskurve_08

28.3

Gegeben ist die Ortskurve der komplexen Funktion $\underline{F}(k)$.

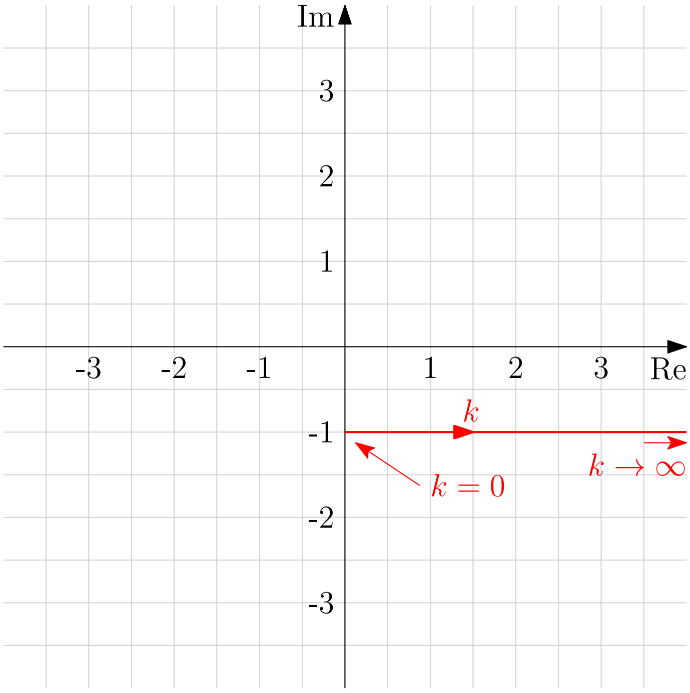


Invertieren Sie die Ortskurve (zeichnen Sie die Ortskurve von $\frac{1}{\underline{F}(k)}$).

28.4

aOrtskurve_09

Gegeben ist die Ortskurve der komplexen Funktion $\underline{F}(k)$.

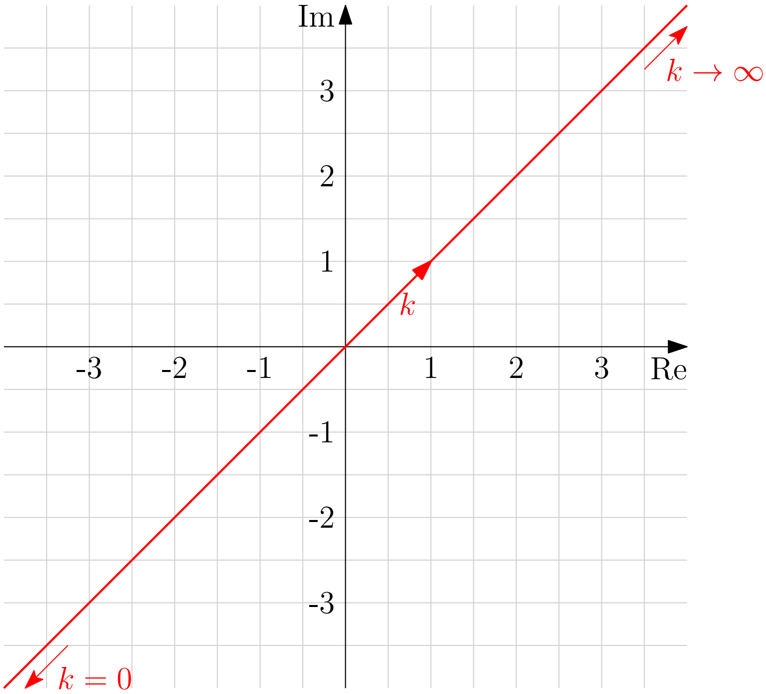


Invertieren Sie die Ortskurve (zeichnen Sie die Ortskurve von $\frac{1}{\underline{F}(k)}$).

aOrtskurve_10

28.5

Gegeben ist die Ortskurve der komplexen Funktion $\underline{F}(k)$.

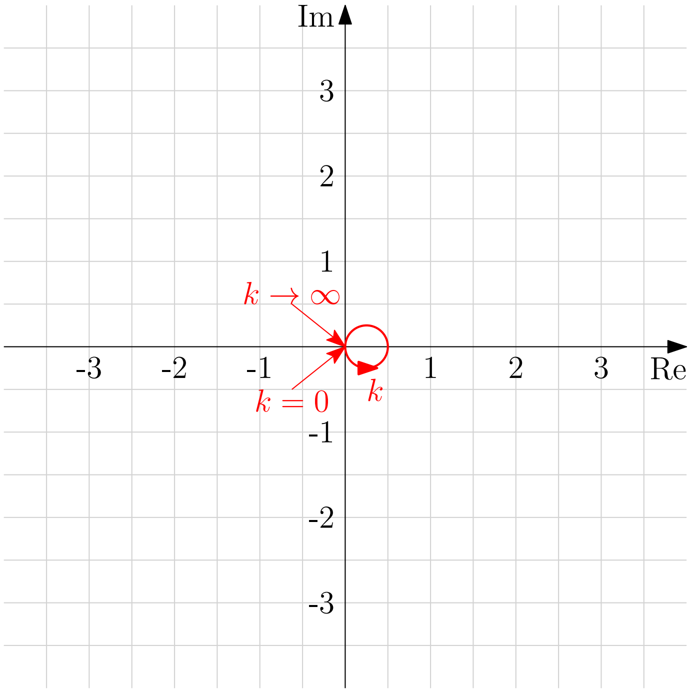


Invertieren Sie die Ortskurve (zeichnen Sie die Ortskurve von $\frac{1}{\underline{F}(k)}$).

28.6

aOrtskurve_11

Gegeben ist die Ortskurve der komplexen Funktion $\underline{F}(k)$.

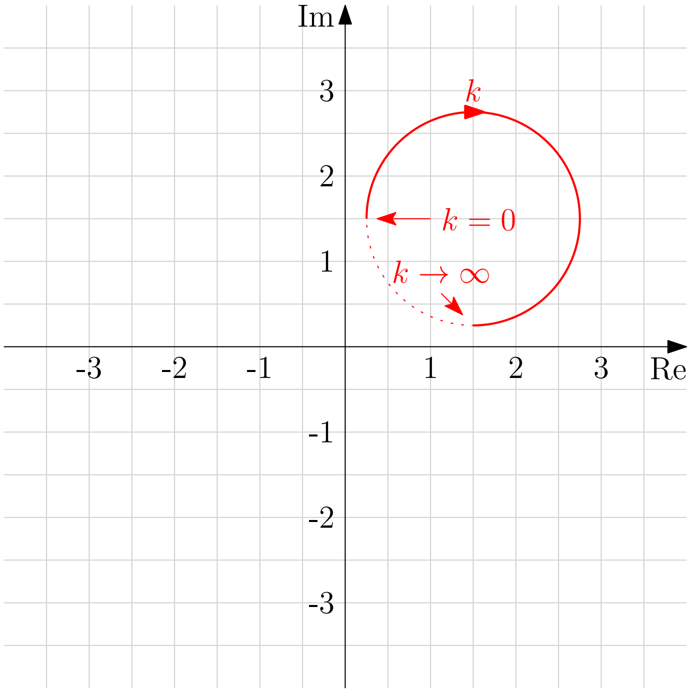


Invertieren Sie die Ortskurve (zeichnen Sie die Ortskurve von $\frac{1}{\underline{F}(k)}$).

aOrtskurve_12

28.7

Gegeben ist die Ortskurve der komplexen Funktion $\underline{F}(k)$.

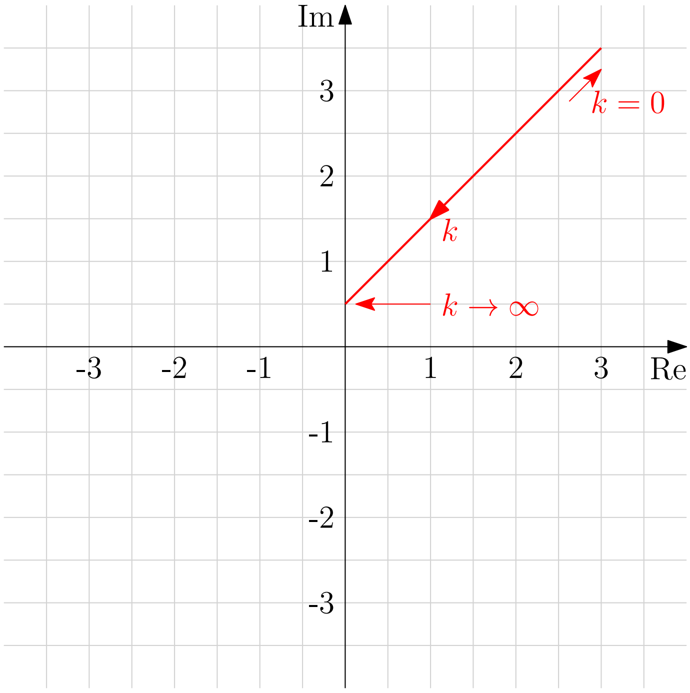


Invertieren Sie die Ortskurve (zeichnen Sie die Ortskurve von $\frac{1}{\underline{F}(k)}$).

28.8

aOrtskurve_13

Gegeben ist die Ortskurve der komplexen Funktion $\underline{F}(k)$.

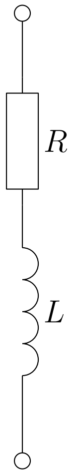


Invertieren Sie die Ortskurve (zeichnen Sie die Ortskurve von $\frac{1}{\underline{F}(k)}$).

28.9

aOrtskurve_14

Gegeben ist die folgende Schaltung:

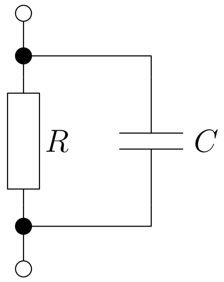


1. Zeichnen Sie die Ortskurve der Impedanz $\underline{Z}(\omega)$ der Schaltung.
2. Zeichnen Sie die Ortskurve der Admittanz $\underline{Y}(\omega)$ der Schaltung.

28.10

aOrtskurve_15

Gegeben ist die folgende Schaltung:

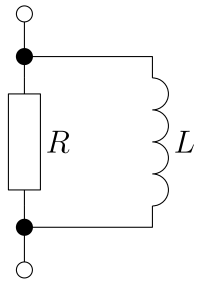


1. Zeichnen Sie die Ortskurve der Admittanz $\underline{Y}(\omega)$ der Schaltung.
2. Zeichnen Sie die Ortskurve der Impedanz $\underline{Z}(\omega)$ der Schaltung.

28.11

aOrtskurve_16

Gegeben ist die folgende Schaltung:

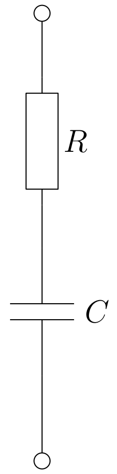


1. Zeichnen Sie die Ortskurve der Admittanz $\underline{Y}(\omega)$ der Schaltung.
2. Zeichnen Sie die Ortskurve der Impedanz $\underline{Z}(\omega)$ der Schaltung.

28.12

aOrtskurve_17

Gegeben ist die folgende Schaltung:

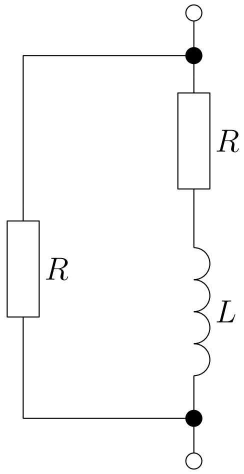


1. Zeichnen Sie die Ortskurve der Impedanz $\underline{Z}(\omega)$ der Schaltung.
2. Zeichnen Sie die Ortskurve der Admittanz $\underline{Y}(\omega)$ der Schaltung.

28.13

aOrtskurve_18

Gegeben ist die folgende Schaltung:

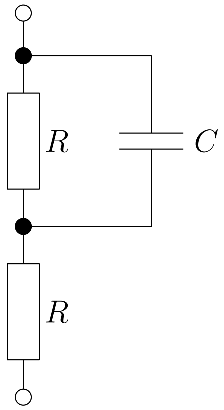


Zeichnen Sie die Ortskurve der Admittanz $\underline{Y}(\omega)$ der Schaltung.

28.14

aOrtskurve_19

Gegeben ist die folgende Schaltung:

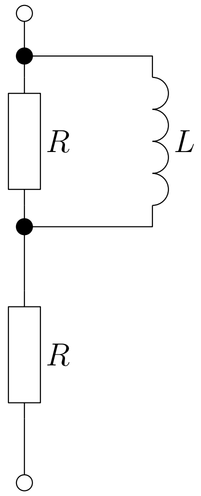


Zeichnen Sie die Ortskurve der Impedanz $\underline{Z}(\omega)$ der Schaltung.

28.15

aOrtskurve_20

Gegeben ist die folgende Schaltung:

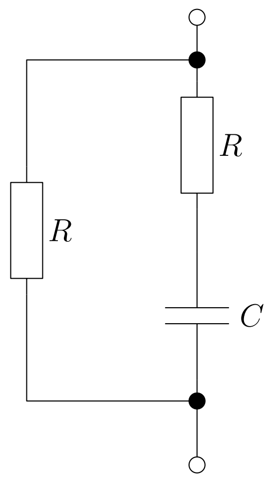


Zeichnen Sie die Ortskurve der Impedanz $\underline{Z}(\omega)$ der Schaltung.

aOrtskurve_21

28.16

Gegeben ist die folgende Schaltung:



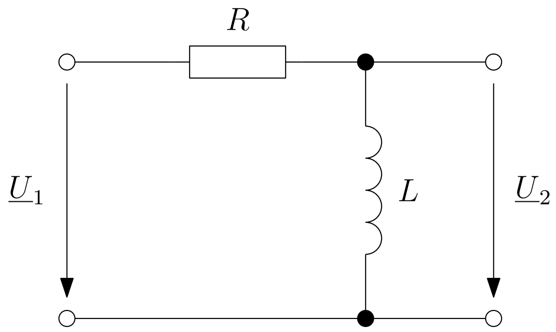
Zeichnen Sie die Ortskurve der Admittanz $\underline{Y}(\omega)$ der Schaltung.

29. Bodediagramm

29.1

aBodediagrmm_01

Gegeben ist eine Hochpassfilterschaltung.

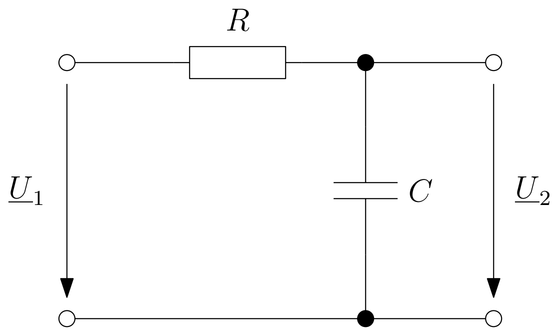


1. Stellen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{k} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ auf.
2. Normieren Sie $\underline{k}$ auf die Grenzfrequenz ω_g.
3. Welchen Wert besitzt ω_g?

29.2

aBodediagrmm_02

Gegeben ist eine Tiefpassfilterschaltung.

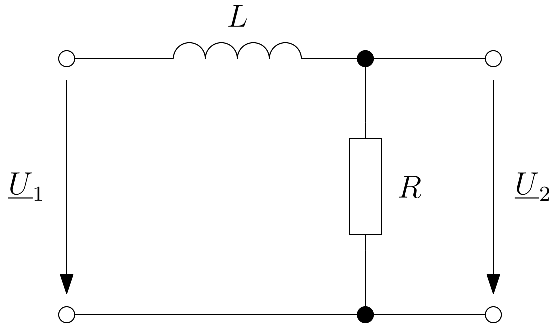


1. Stellen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{k} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ auf.
2. Normieren Sie $\underline{k}$ auf die Grenzfrequenz ω_g.
3. Welchen Wert besitzt ω_g?

29.3

aBodediagrmm_03

Gegeben ist eine Tiefpassfilterschaltung.

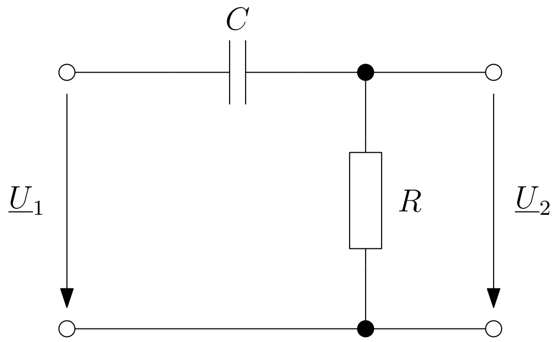


1. Stellen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{k} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ auf.
2. Normieren Sie $\underline{k}$ auf die Grenzfrequenz ω_{g}.
3. Welchen Wert besitzt ω_{g}?

29.4

aBodediagrmm_04

Gegeben ist eine Hochpassfilterschaltung.



1. Stellen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{k} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ auf.
2. Normieren Sie $\underline{k}$ auf die Grenzfrequenz ω_{g}.
3. Welchen Wert besitzt ω_{g}?

aBodediagrmm_05

29.5

Zeichnen Sie das Bodediagramm der folgenden Übertragungsfunktion:

$$\underline{k} = 1 + \mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_\mathrm{g}}.$$

Normieren Sie die Frequenzachsen auf ω_g.

aBodediagrmm_06

29.6

Zeichnen Sie das Bodediagramm der folgenden Übertragungsfunktion:

$$\underline{k} = \frac{1}{1 + \mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_\mathrm{g}}}.$$

Normieren Sie die Frequenzachsen auf ω_g.

aBodediagrmm_07

29.7

Zeichnen Sie das Bodediagramm der folgenden Übertragungsfunktion:

$$\underline{k} = \frac{\mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_{\mathrm{g}_1}}}{1 + \mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_{\mathrm{g}_2}}}.$$

Es gilt $\omega_{\mathrm{g}_1} = 10\omega_{\mathrm{g}_2}$. Normieren Sie die Frequenzachsen auf ω_{g_1}.

aBodediagrmm_08

29.8

Zeichnen Sie das Bodediagramm der folgenden Übertragungsfunktion:

$$\underline{k} = \frac{1 + \mathrm{j}\frac{\omega_{\mathrm{g}_1}}{\omega}}{1 - \mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_{\mathrm{g}_2}}}.$$

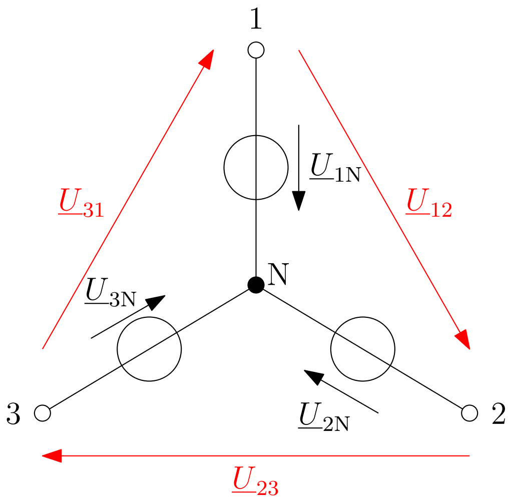
Es gilt $\omega_{\mathrm{g}_1} = 10\omega_{\mathrm{g}_2}$. Normieren Sie die Frequenzachsen auf ω_{g_1}.

30. Drehstrom

30.1

aDrehstrom_03

Gegeben ist eine symmetrische Drehstromquelle. Es gilt $\underline{U}_{1\mathrm{N}} = U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0°}$.



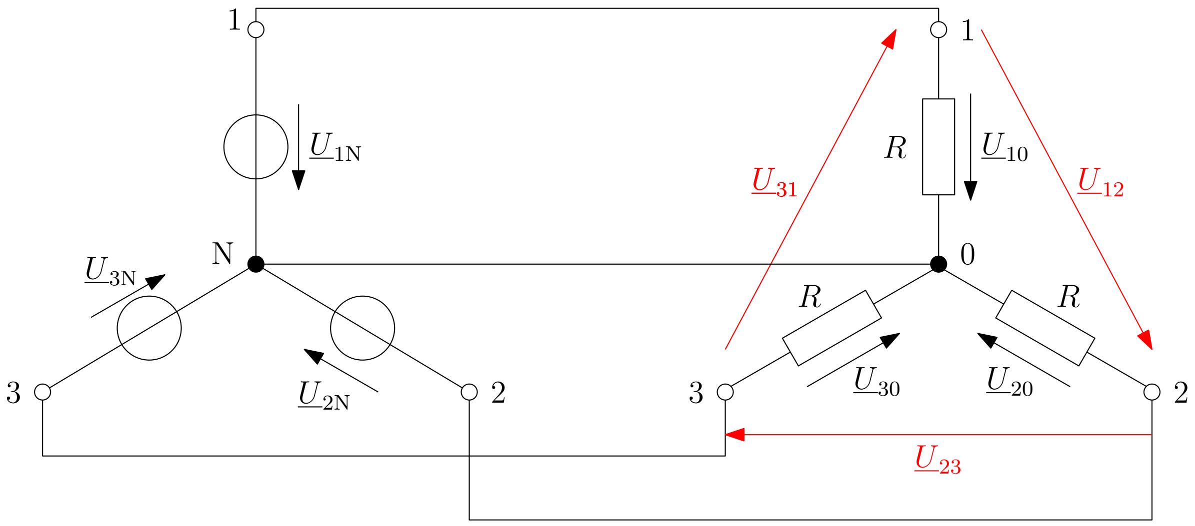
Geben Sie an, welche der eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

aDrehstrom_04

30.2

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1\mathrm{N}} = U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}$.



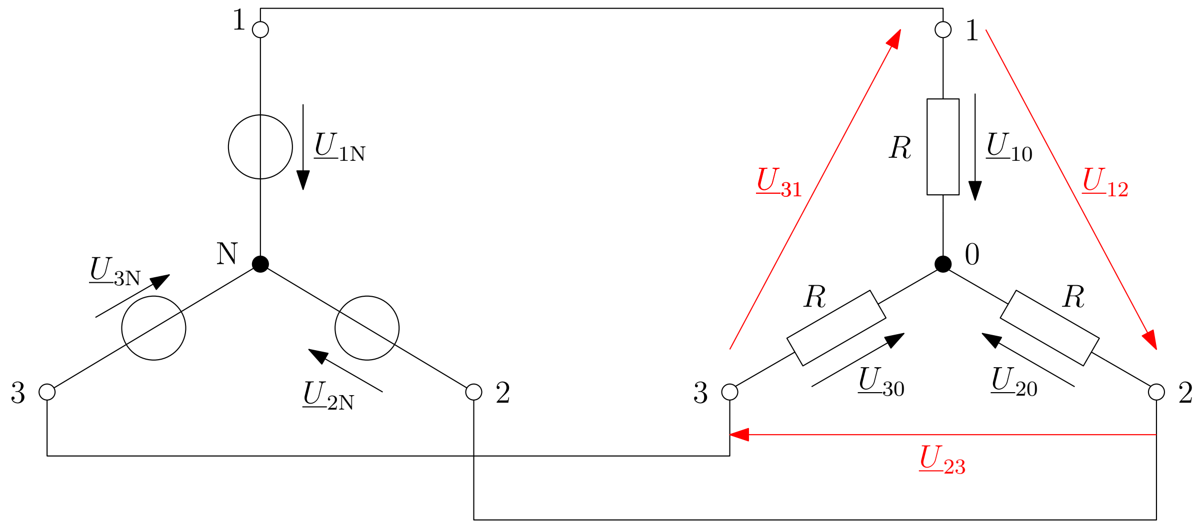
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

30.3

aDrehstrom_05

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1N} = U_Y \cdot e^{0°}$.



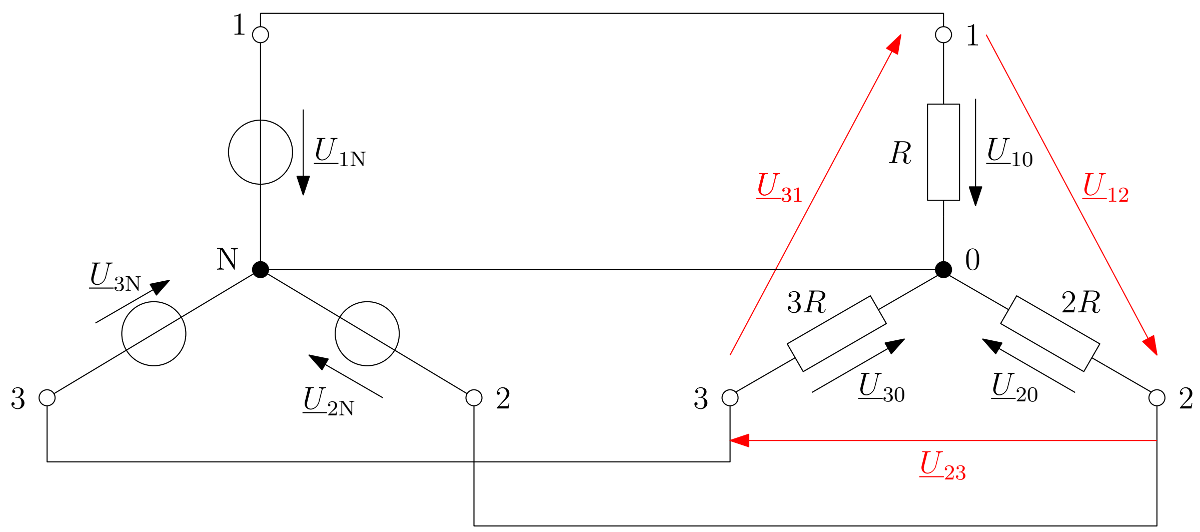
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

30.4

aDrehstrom_06

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1N} = U_Y \cdot e^{0°}$.



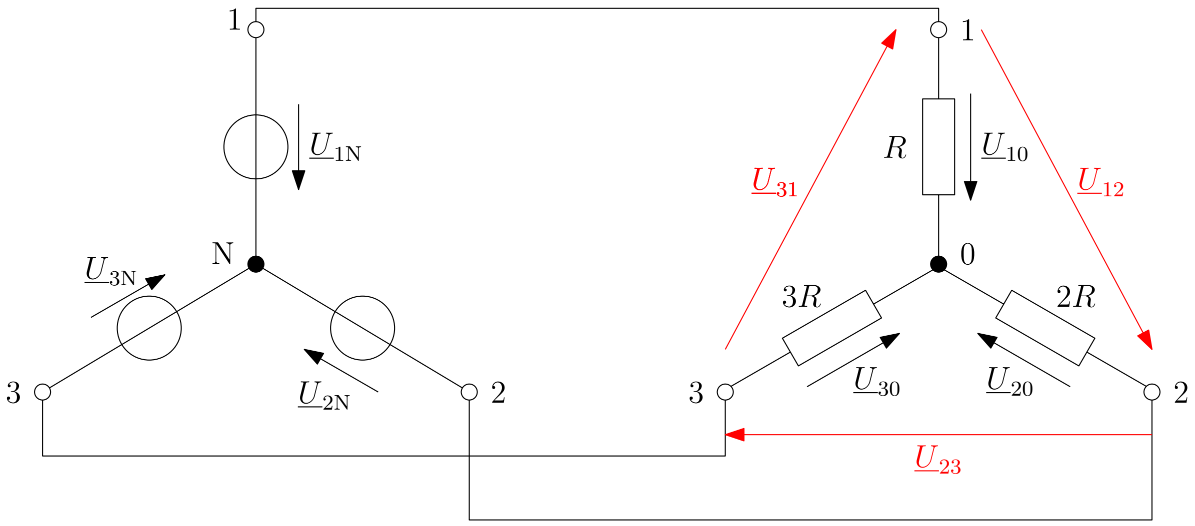
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

30.5

aDrehstrom_12

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1\mathrm{N}} = U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0°}$.



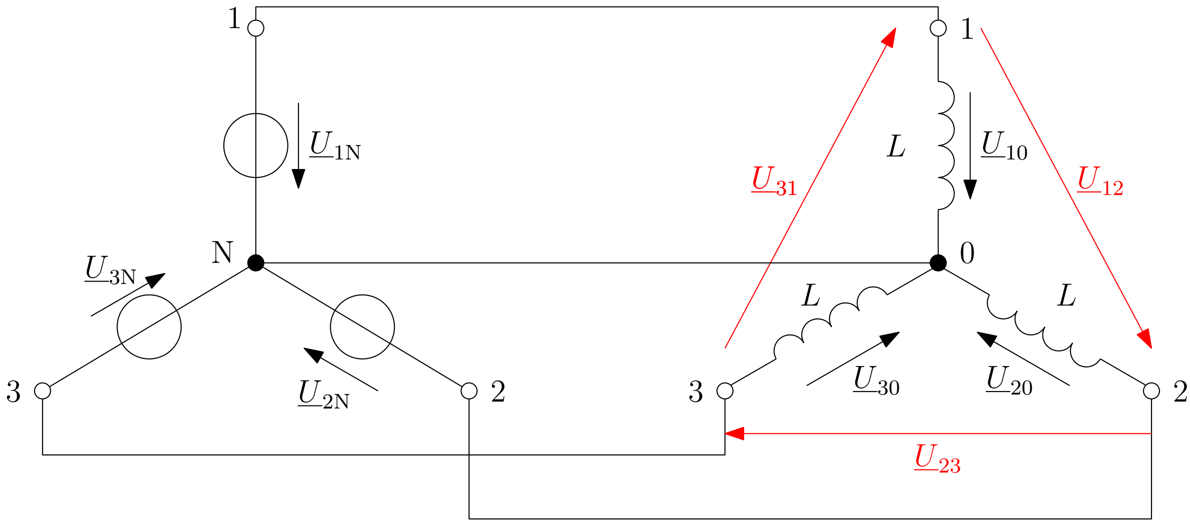
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

aDrehstrom_07

30.6

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1\mathrm{N}} = U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0°}$.



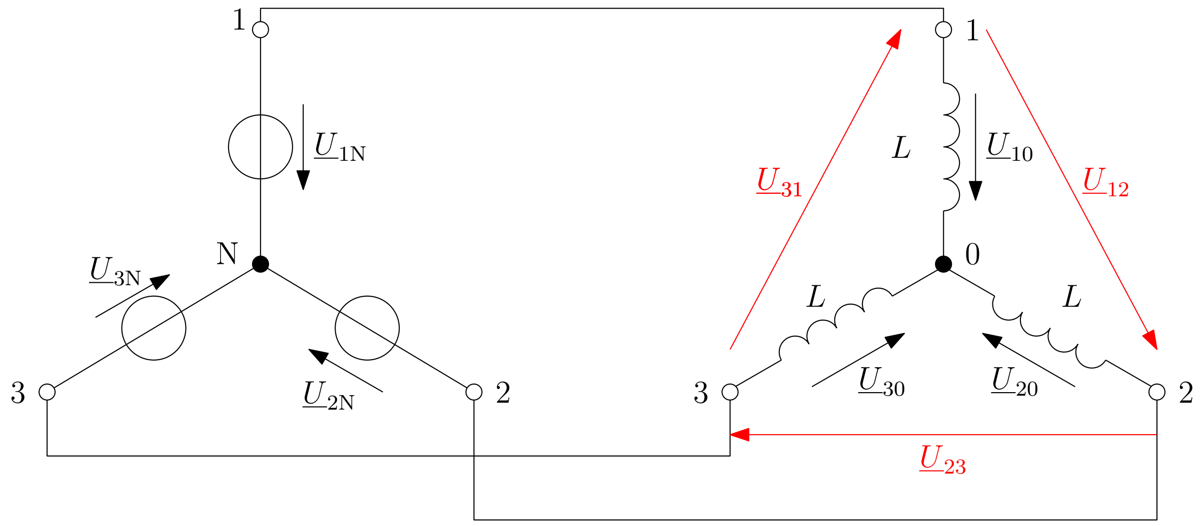
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

aDrehstrom_08

30.7

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1\mathrm{N}} = U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0°}$.



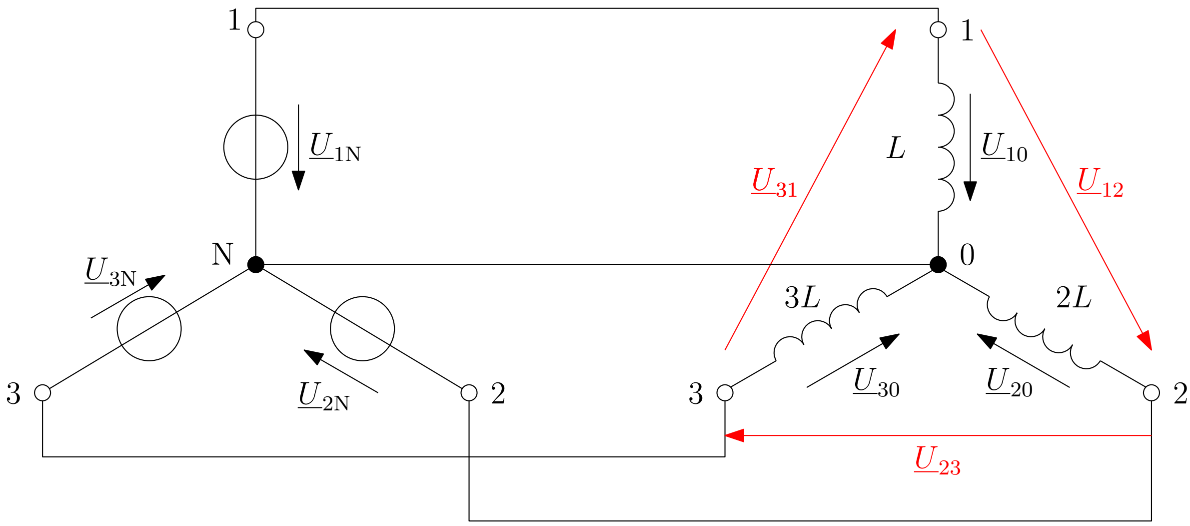
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

30.8

aDrehstrom_13

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1N} = U_Y \cdot e^{0°}$.



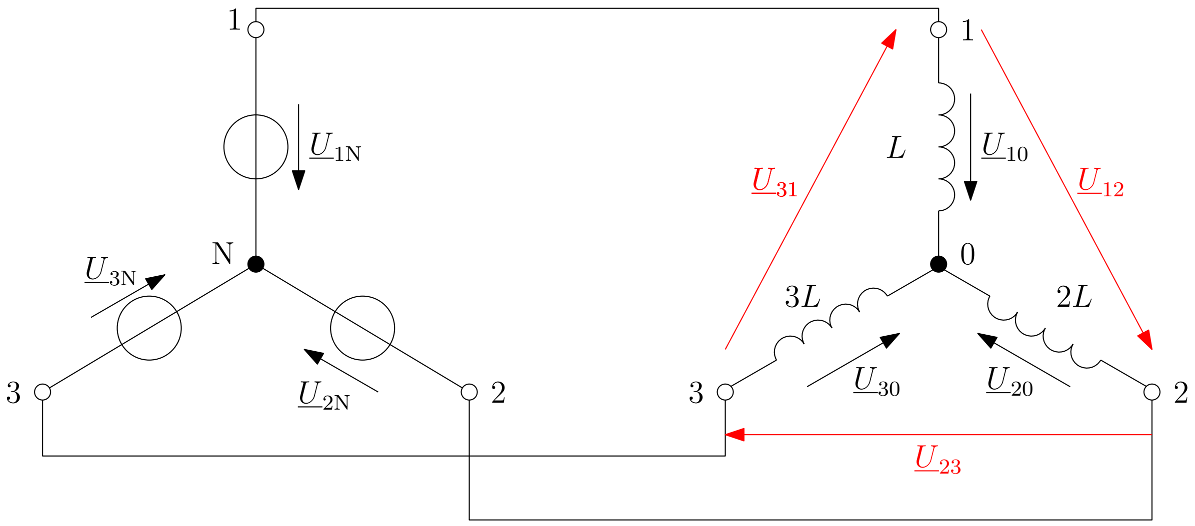
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

30.9

aDrehstrom_09

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1\mathrm{N}} = U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{0°}$.



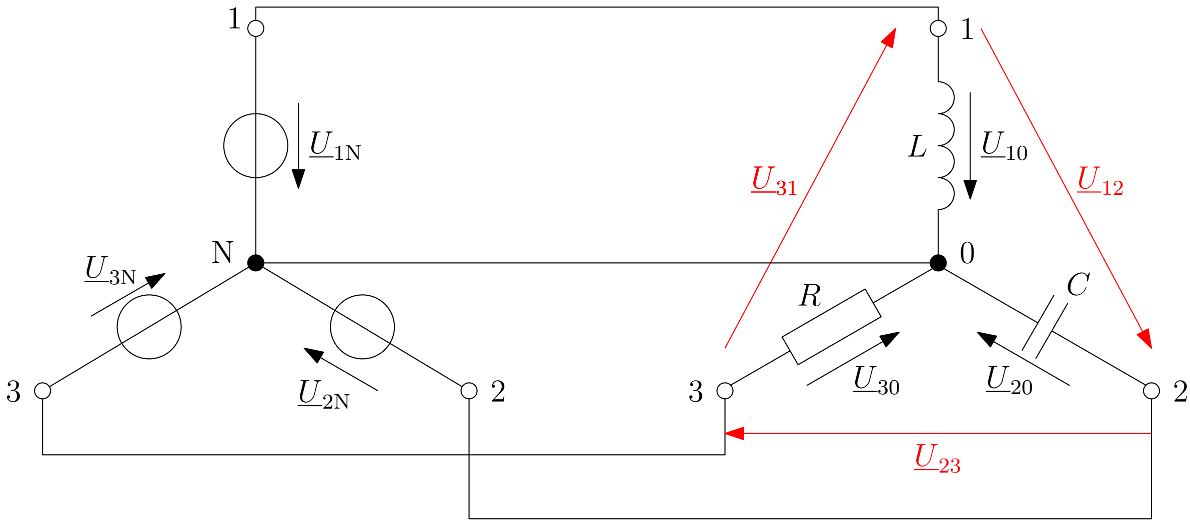
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

aDrehstrom_10

30.10

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt sowohl $\underline{U}_{1N} = U_Y \cdot e^{0°}$ als auch $R = \omega L = \frac{1}{\omega C}$.



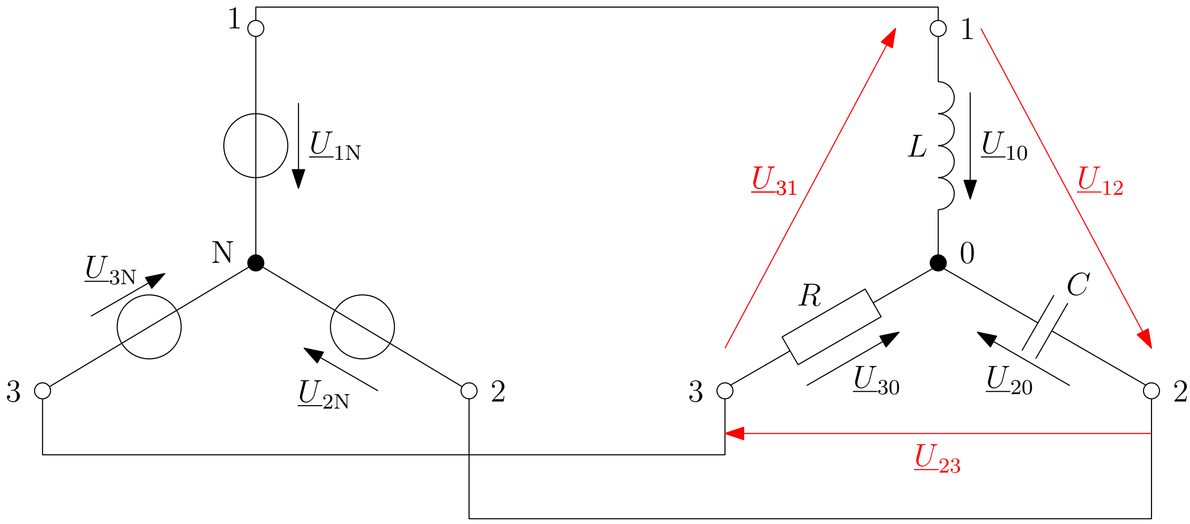
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

30.11

aDrehstrom_11

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt sowohl $\underline{U}_{1\mathrm{N}} = U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0°}$ als auch $R = \omega L = \frac{1}{\omega C}$.



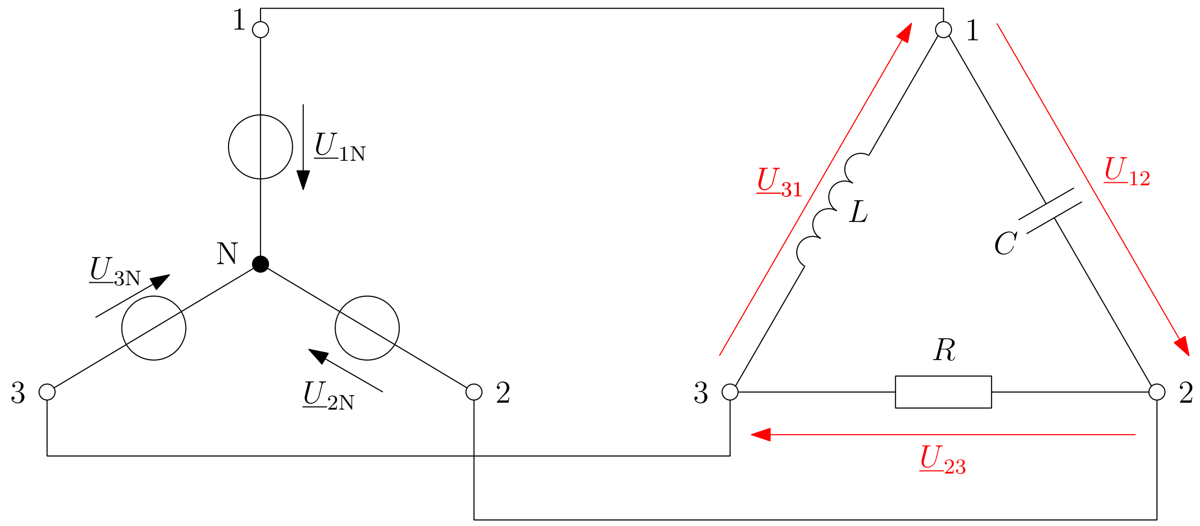
Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

30.12

aDrehstrom_14

Eine symmetrische Drehstromquelle ist mit einer Last verbunden (siehe Schaltplan). Es gilt $\underline{U}_{1\mathrm{N}} = U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}$.



Geben Sie an, welche der an der Last eingezeichneten Spannungen Ihnen ohne weitere Rechnung bekannt sind.

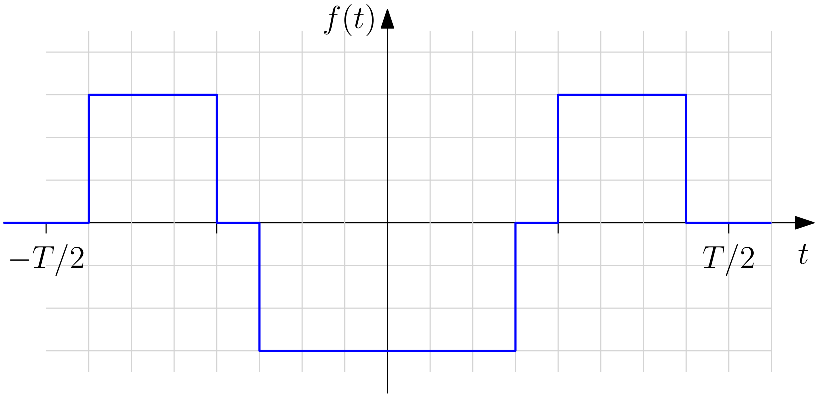
Geben Sie diese Spannungen nach Betrag und Phase an.

31. Fourerreihe

31.1

aFourierreihe_05

Gegeben ist eine periodische Funktion $f(t)$.

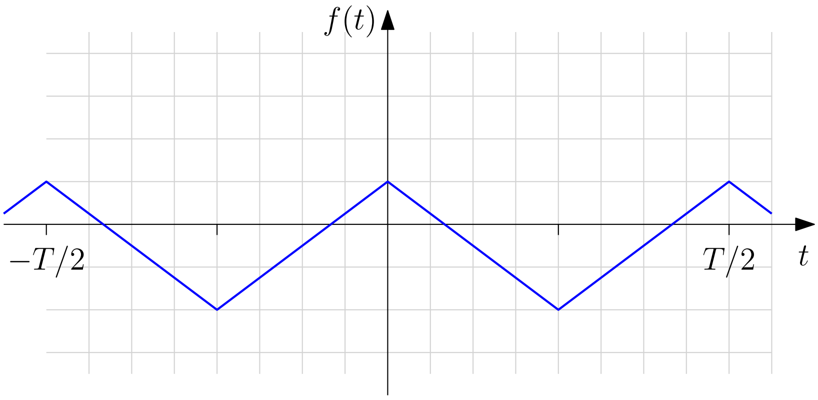


Bestimmen Sie anhand der Symmetrie, welche Koeffizienten der Fourierreihe Null werden.

31.2

aFourierreihe_04

Gegeben ist eine periodische Funktion $f(t)$.

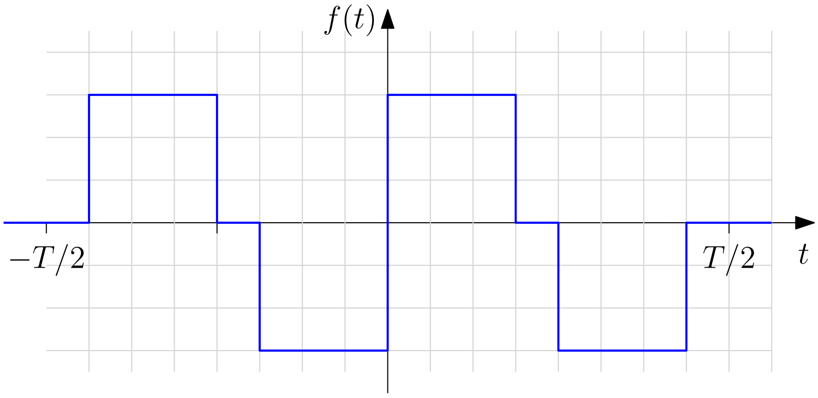


Bestimmen Sie anhand der Symmetrie, welche Koeffizienten der Fourierreihe Null werden.

31.3

aFourierreihe_06

Gegeben ist eine periodische Funktion $f(t)$.

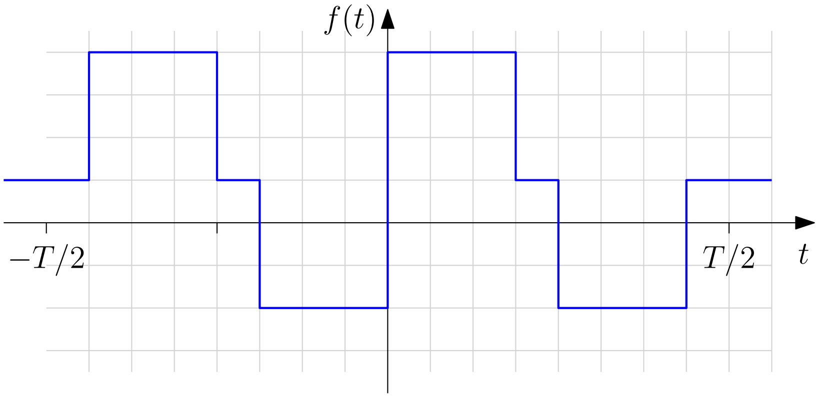


Bestimmen Sie anhand der Symmetrie, welche Koeffizienten der Fourierreihe Null werden.

31.4

aFourierreihe_07

Gegeben ist eine periodische Funktion $f(t)$.

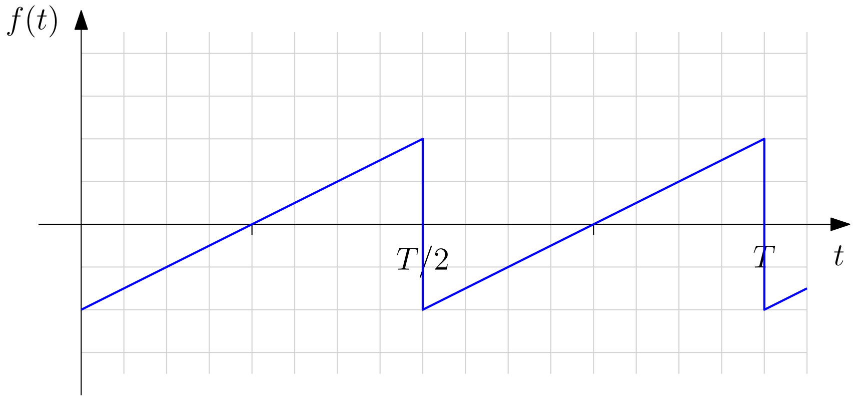


Bestimmen Sie anhand der Symmetrie, welche Koeffizienten der Fourierreihe Null werden.

31.5

aFourierreihe_02

Gegeben ist eine periodische Funktion $f(t)$.

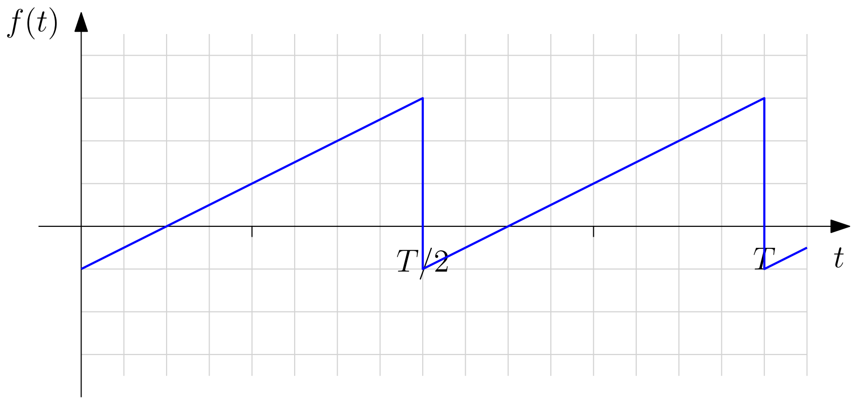


Bestimmen Sie anhand der Symmetrie, welche Koeffizienten der Fourierreihe Null werden.

31.6

aFourierreihe_03

Gegeben ist eine periodische Funktion $f(t)$.

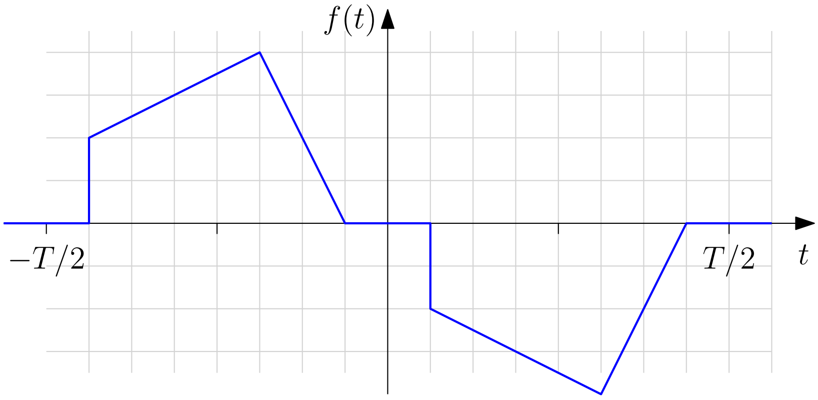


Bestimmen Sie anhand der Symmetrie, welche Koeffizienten der Fourierreihe Null werden.

aFourierreihe_08

31.7

Gegeben ist eine periodische Funktion $f(t)$.

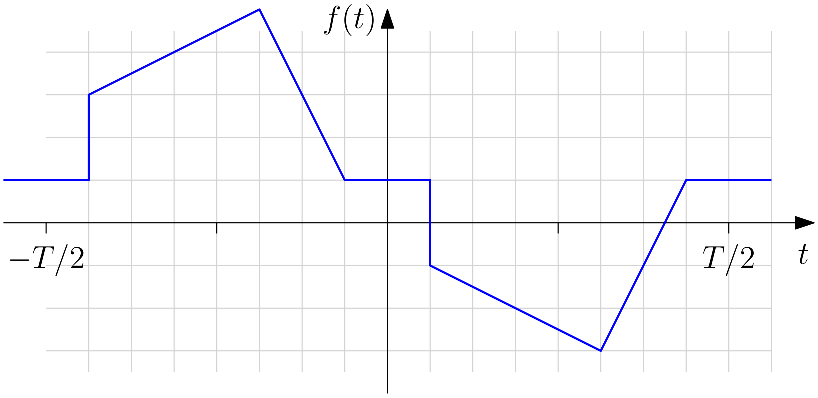


Bestimmen Sie anhand der Symmetrie, welche Koeffizienten der Fourierreihe Null werden.

aFourierreihe_09

31.8

Gegeben ist eine periodische Funktion $f(t)$.

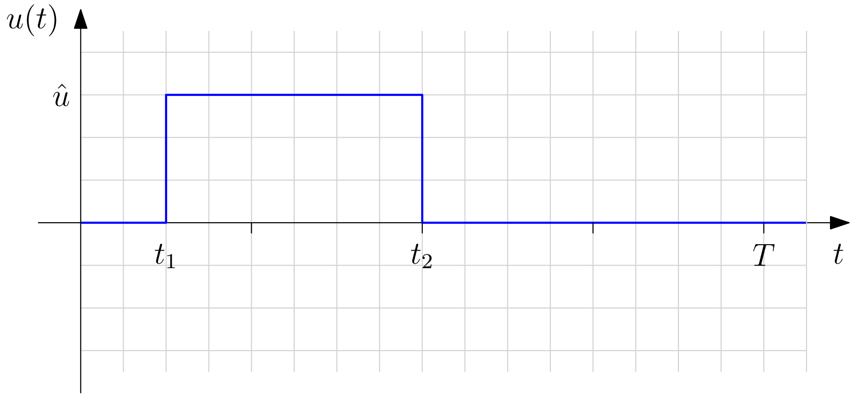


Bestimmen Sie anhand der Symmetrie, welche Koeffizienten der Fourierreihe Null werden.

31.9

aFourierreihe_10

Gegeben ist ein periodischer Spannungsverlauf $u(t)$.



Berechnen Sie die Fourierkoeffizienten durch Lösen der Integrale

1. $a_0 = \frac{2}{T} \int\limits_{t_1}^{t_2} \hat{u} \, \mathrm{d}t$,

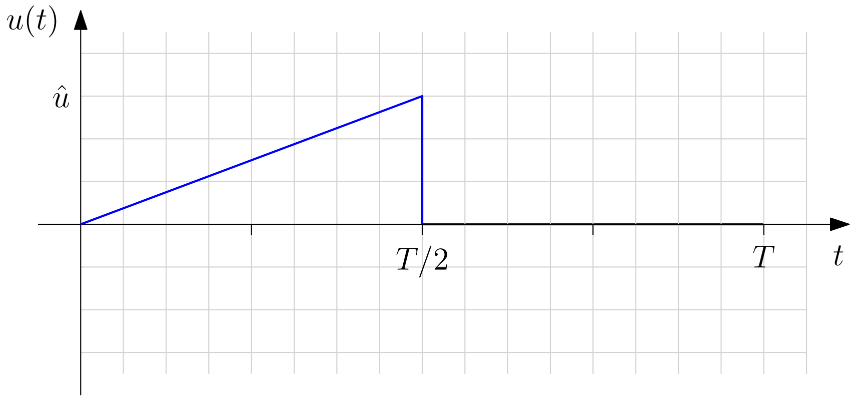
2. $a_m = \frac{2}{T} \int\limits_{t_1}^{t_2} \hat{u} \cdot \cos(m\omega t) \, \mathrm{d}t$,

3. $b_m = \frac{2}{T} \int\limits_{t_1}^{t_2} \hat{u} \cdot \sin(m\omega t) \, \mathrm{d}t$.

31.10

aFourierreihe_11

Gegeben ist ein periodischer Spannungsverlauf $u(t)$.



Berechnen Sie die Fourierkoeffizienten durch Lösen der Integrale

1. $a_0 = \frac{2}{T} \int\limits_0^{T/2} \frac{2\hat{u}}{T} t \, \mathrm{d}t$,
2. $a_m = \frac{2}{T} \int\limits_0^{T/2} \frac{2\hat{u}}{T} t \cdot \cos\left(m\omega t\right) \, \mathrm{d}t$,
3. $b_m = \frac{2}{T} \int\limits_0^{T/2} \frac{2\hat{u}}{T} t \cdot \sin\left(m\omega t\right) \, \mathrm{d}t$.

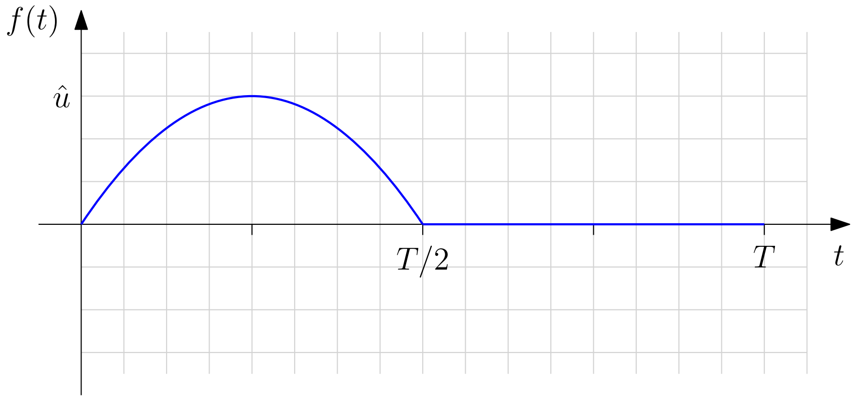
Hinweis:

$$\int x \cdot \cos(ax) \, \mathrm{d}x = \frac{ax \sin(ax) + \cos(ax)}{a^2} \quad (+\,\mathrm{const})$$
$$\int x \cdot \sin(ax) \, \mathrm{d}x = \frac{\sin(ax) - ax \cos(ax)}{a^2} \quad (+\,\mathrm{const})$$

31.11

aFourierreihe_12

Gegeben ist ein periodischer Spannungsverlauf $u(t)$.



Berechnen Sie die Fourierkoeffizienten durch Lösen der Integrale

1. $a_0 = \frac{2}{T} \int\limits_0^{T/2} \hat{u} \sin(\omega t) \, \mathrm{d}t,$

2. $a_m = \frac{2}{T} \int\limits_0^{T/2} \hat{u} \sin(\omega t) \cdot \cos(m\omega t) \, \mathrm{d}t,$

3. $b_m = \frac{2}{T} \int\limits_0^{T/2} \hat{u} \sin(\omega t) \cdot \sin(m\omega t) \, \mathrm{d}t.$

Hinweis:

$$\sin(x) \cdot \cos(y) = \frac{\sin(x-y) + \sin(x+y)}{2}$$

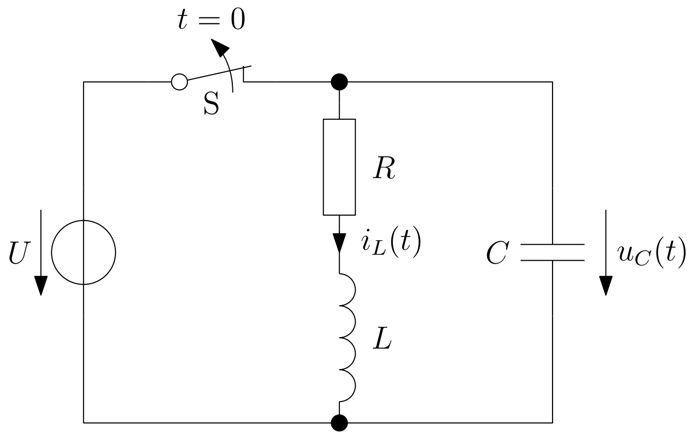
$$\sin(x) \cdot \sin(y) = \frac{\cos(x-y) - \cos(x+y)}{2}$$

32. Laplacetransformation

32.1

aLaplace_02

In der folgenden Schaltung wird der Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.

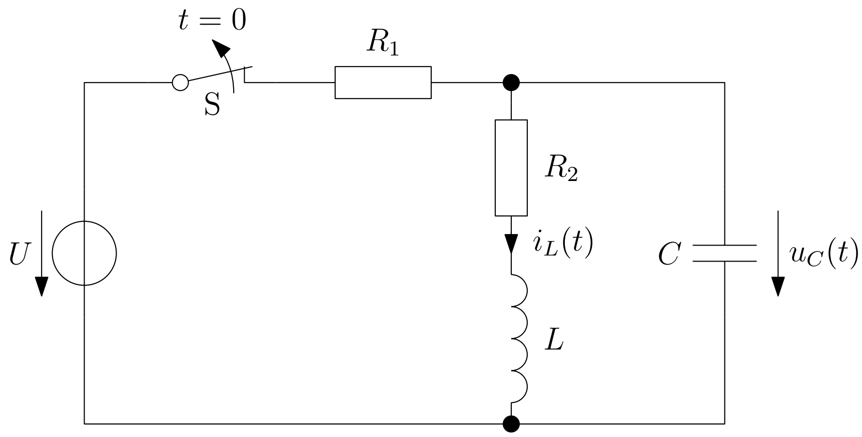


Bestimmen Sie $i_L(t = 0)$ und $u_C(t = 0)$.

32.2

aLaplace_03

In der folgenden Schaltung wird der Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.

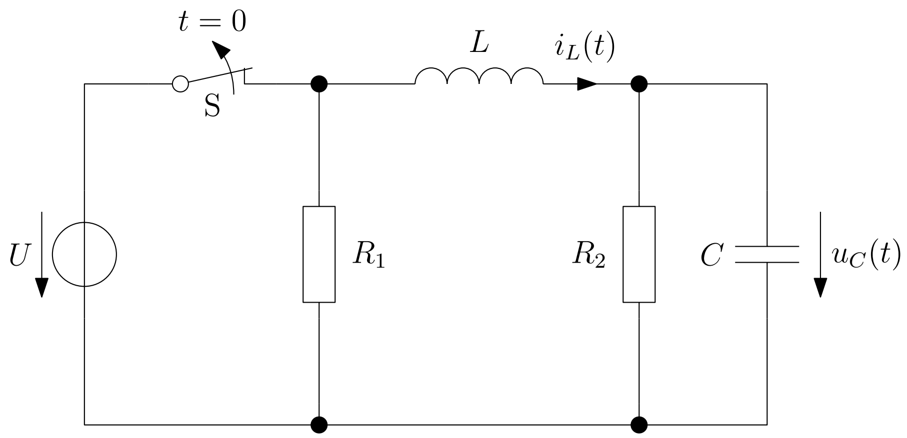


Bestimmen Sie $i_L(t = 0)$ und $u_C(t = 0)$.

32.3

aLaplace_04

In der folgenden Schaltung wird der Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.

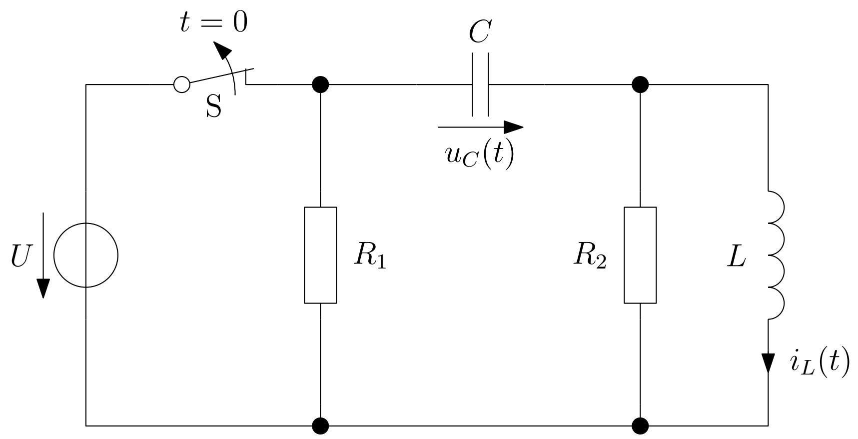


Bestimmen Sie $i_L(t = 0)$ und $u_C(t = 0)$.

32.4

aLaplace_05

In der folgenden Schaltung wird der Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.

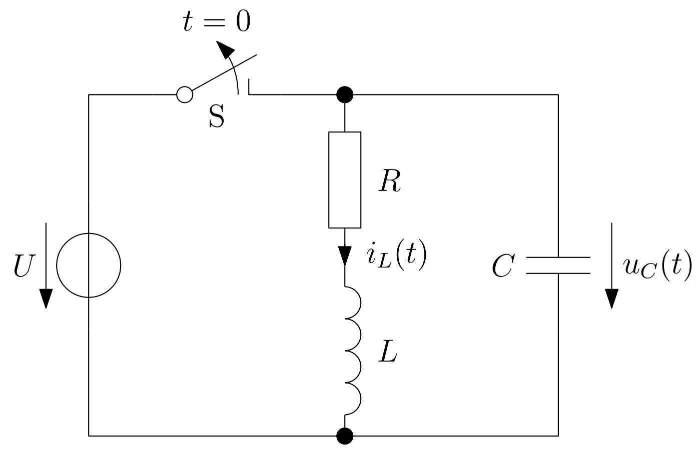


Bestimmen Sie $i_L(t = 0)$ und $u_C(t = 0)$.

32.5

aLaplace_02b

In der folgenden Schaltung wurde der Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.



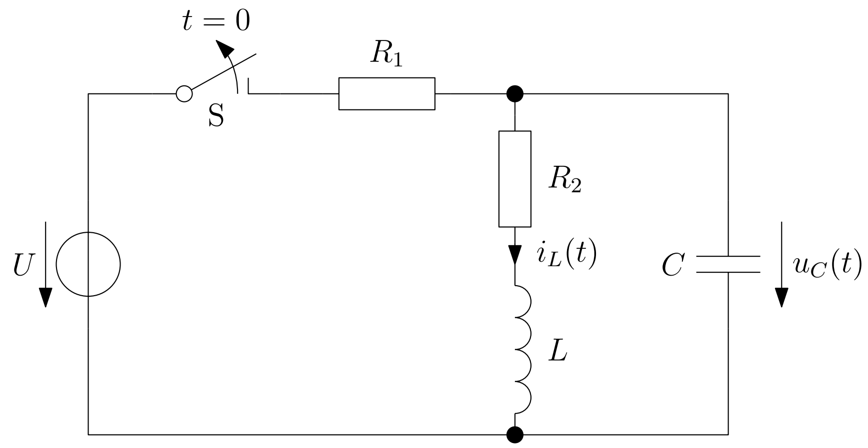
Die Werte $i_L(t=0) = \frac{U}{R}$ und $u_C(t=0) = U$ haben Sie bereits bestimmt.

Formen Sie die Schaltung in den Bildbereich um.

32.6

aLaplace_03b

In der folgenden Schaltung wurde der Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.



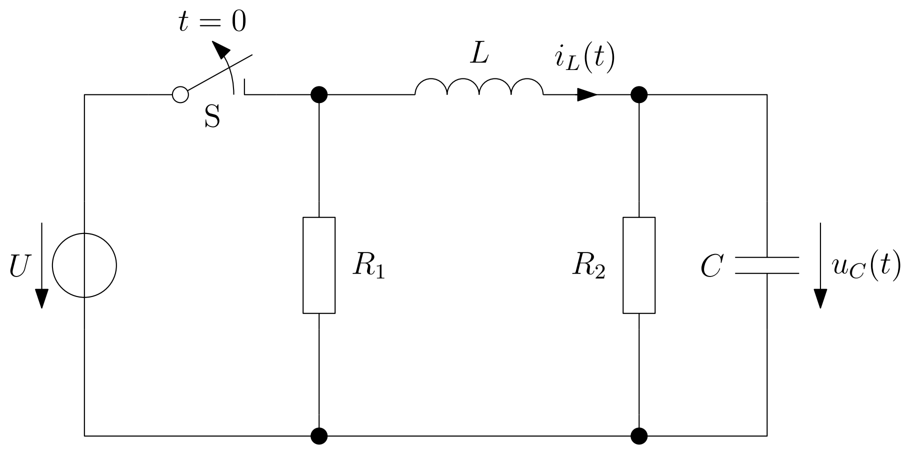
Die Werte $i_L(t=0) = \frac{U}{R_1+R_2}$ und $u_C(t=0) = U \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$ haben Sie bereits bestimmt.

Formen Sie die Schaltung in den Bildbereich um.

32.7

aLaplace_04b

In der folgenden Schaltung wurde der Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.



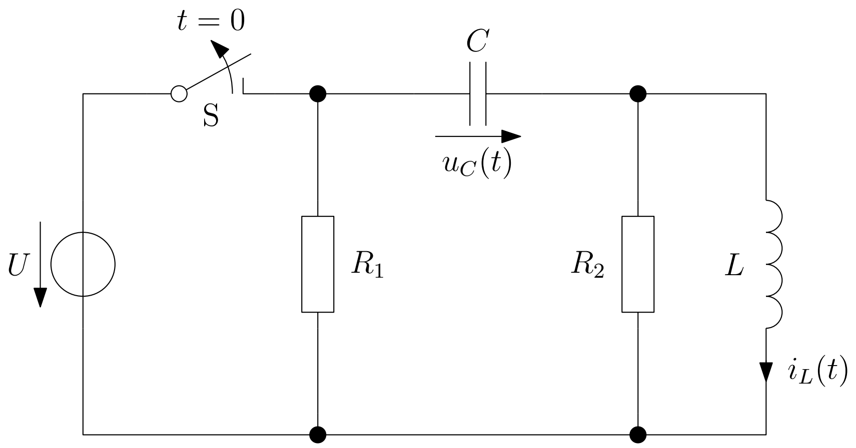
Die Werte $i_L(t = 0) = \frac{U}{R_2}$ und $u_C(t = 0) = U$ haben Sie bereits bestimmt.

Formen Sie die Schaltung in den Bildbereich um.

32.8

aLaplace_05b

In der folgenden Schaltung wurde der Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.



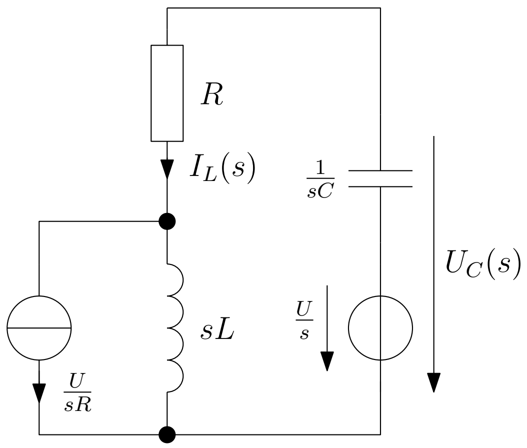
Die Werte $i_L(t = 0) = 0$ und $u_C(t = 0) = U$ haben Sie bereits bestimmt.

Formen Sie die Schaltung in den Bildbereich um.

32.9

aLaplace_02c

Gegeben ist eine Schaltung im Bildbereich:

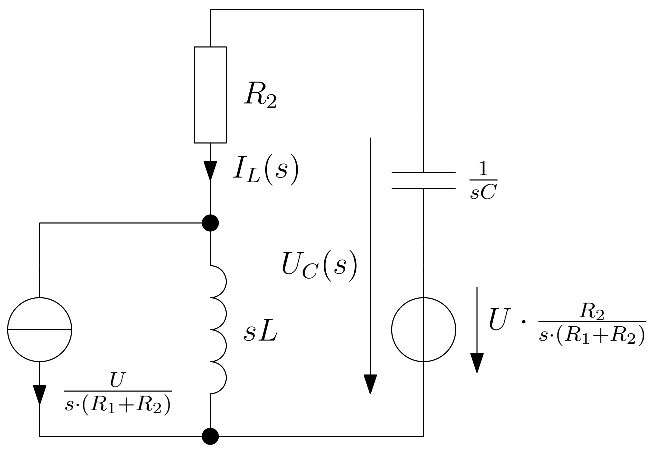


Bestimmen Sie $I_L(s)$.

32.10

aLaplace_03c

Gegeben ist eine Schaltung im Bildbereich:

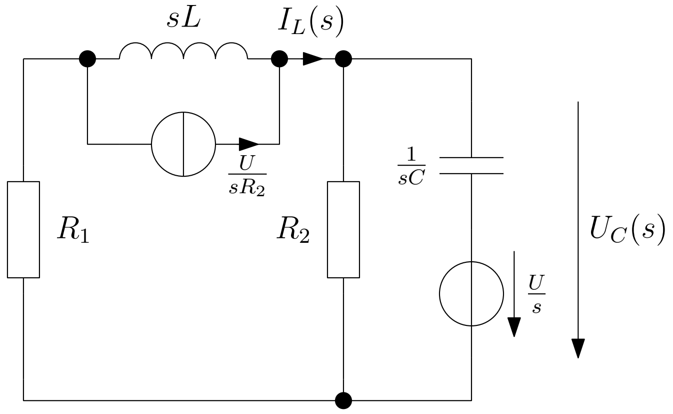


Bestimmen Sie $I_L(s)$.

32.11

aLaplace_04c

Gegeben ist eine Schaltung im Bildbereich:

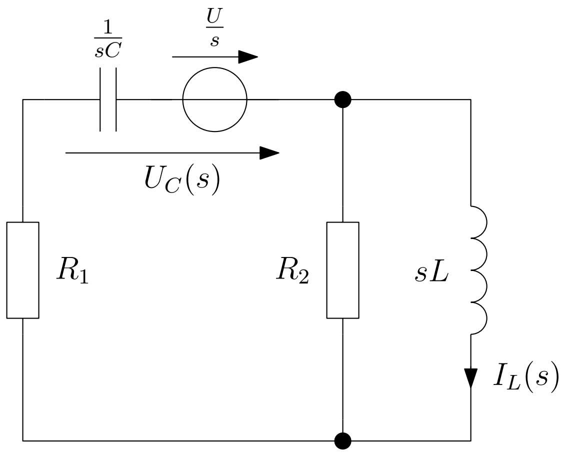


Bestimmen Sie $I_L(s)$.

32.12

aLaplace_05c

Gegeben ist eine Schaltung im Bildbereich:



Bestimmen Sie $I_L(s)$.

33. Elektrisches Feld

33.1

aElektrisches_Feld_01

Gegeben ist ein elektrisches Feld:

$$\vec{E} = 3\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}\vec{e}_x + 2\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}\vec{e}_y$$

Folgende Punkte sind im Raum definiert:

$$P_1 = (0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}); \qquad P_2 = (2\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}); \qquad P_3 = (0\,\mathrm{m}, 4\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m});$$

$$P_4 = (2\,\mathrm{m}, 4\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}); \qquad P_5 = (0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}, 3\,\mathrm{m}); \qquad P_6 = (2\,\mathrm{m}, 4\,\mathrm{m}, 3\,\mathrm{m}).$$

Berechnen Sie die Spannung U zwischen Punkten

1. P_1 und P_2,
2. P_1 und P_3,
3. P_1 und P_4,
4. P_1 und P_5,
5. P_3 und P_4,
6. P_1 und P_6.

33.2

aElektrisches_Feld_02

Gegeben ist ein elektrisches Feld:

$$\vec{E} = 2x\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}^2}\vec{e}_x + 2y^2\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}^3}\vec{e}_y$$

Folgende Punkte sind im Raum definiert:

$$P_1 = (0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}); \qquad P_2 = (2\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}); \qquad P_3 = (0\,\mathrm{m}, 4\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m});$$

$$P_4 = (2\,\mathrm{m}, 4\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}); \qquad P_5 = (0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{m}, 3\,\mathrm{m}); \qquad P_6 = (2\,\mathrm{m}, 4\,\mathrm{m}, 3\,\mathrm{m}).$$

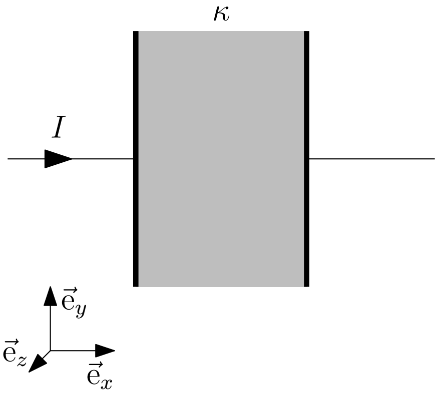
Berechnen Sie die Spannung U zwischen Punkten

1. P_1 und P_2,
2. P_1 und P_3,
3. P_1 und P_4,
4. P_1 und P_5,
5. P_3 und P_4,
6. P_1 und P_6.

33.3

aStroemungsfeld_08

Zwei parallele Elektroden mit der Querschnittsfläche A befinden sich im Abstand d zueinander. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff mit der konstanten Leitfähigkeit κ. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.



1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(x)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(y)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(z)$

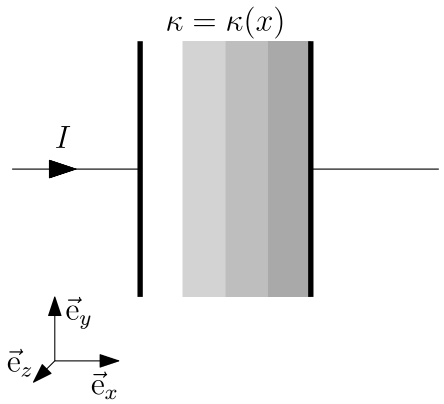
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(x)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(y)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$

3. Berechnen Sie $\vec{J}$ und $\vec{E}$.

33.4

aStroemungsfeld_09

Zwei parallele Elektroden mit der Querschnittsfläche A befinden sich im Abstand d zueinander. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Leitfähigkeit κ sich in x-Richtung ändert. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.

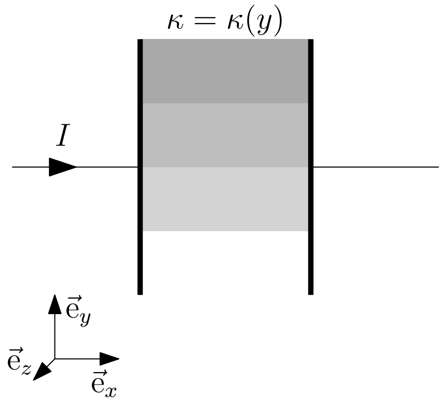


1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(x)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(y)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(z)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(x)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(y)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
3. Berechnen Sie $\vec{J}$ und $\vec{E}$.

33.5

aStroemungsfeld_10

Zwei parallele Elektroden mit der Querschnittsfläche A befinden sich im Abstand d zueinander. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Leitfähigkeit κ sich in y-Richtung ändert. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.

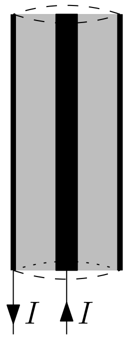


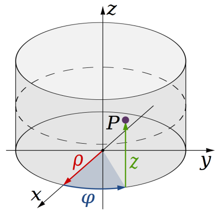
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(x)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(y)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(z)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(x)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(y)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
3. Berechnen Sie $\vec{J}$ und $\vec{E}$.

33.6

aStroemungsfeld_11

Zwei zylindrische Elektroden mit der Länge l und den Radien ρ_i und ρ_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Leitfähigkeit κ konstant ist. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.





1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(z)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\rho)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\varphi)$

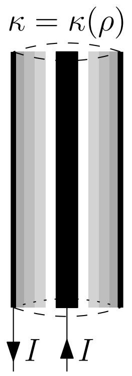
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$

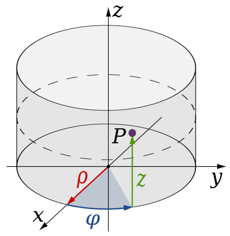
3. Berechnen Sie $\vec{J}$ und $\vec{E}$.

33.7

aStroemungsfeld_12

Zwei zylindrische Elektroden mit der Länge l und den Radien ρ_i und ρ_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Leitfähigkeit κ vom Radius ρ abhängt. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.



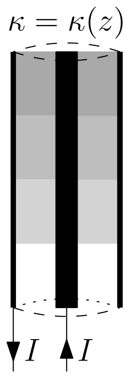


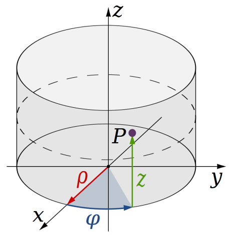
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(z)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\rho)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\varphi)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$
3. Berechnen Sie $\vec{J}$ und $\vec{E}$.

33.8

aStroemungsfeld_13

Zwei zylindrische Elektroden mit der Länge l und den Radien ρ_i und ρ_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Leitfähigkeit κ von der Höhe z abhängt. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.



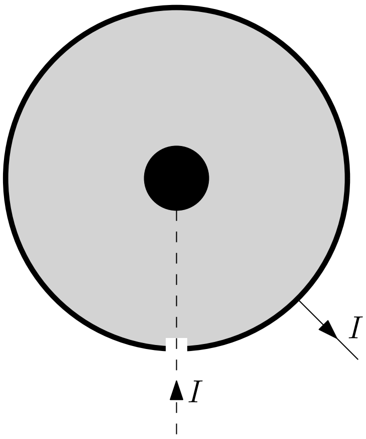


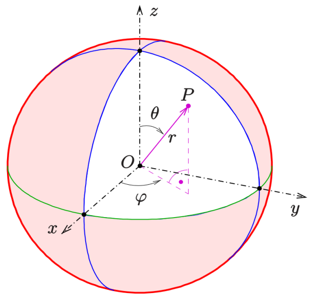
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(z)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\rho)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\varphi)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$

33.9

aStroemungsfeld_14

Zwei ideal leitende Kugelschalen mit den Radien r_i und r_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Leitfähigkeit κ konstant ist. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.





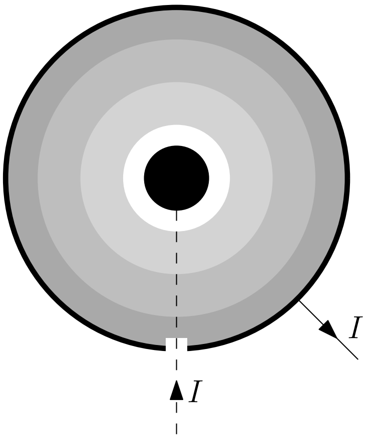
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(r)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\varphi)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\theta)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(r)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\theta)$
3. Berechnen Sie $\vec{J}$ und $\vec{E}$.

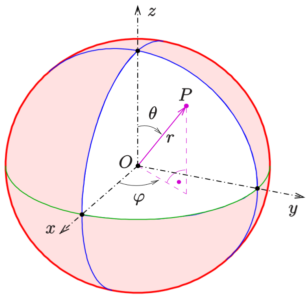
33.10

aStroemungsfeld_15

Zwei ideal leitende Kugelschalen mit den Radien r_i und r_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Leitfähigkeit κ vom Radius r abhängt. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.

$\kappa = \kappa(r)$



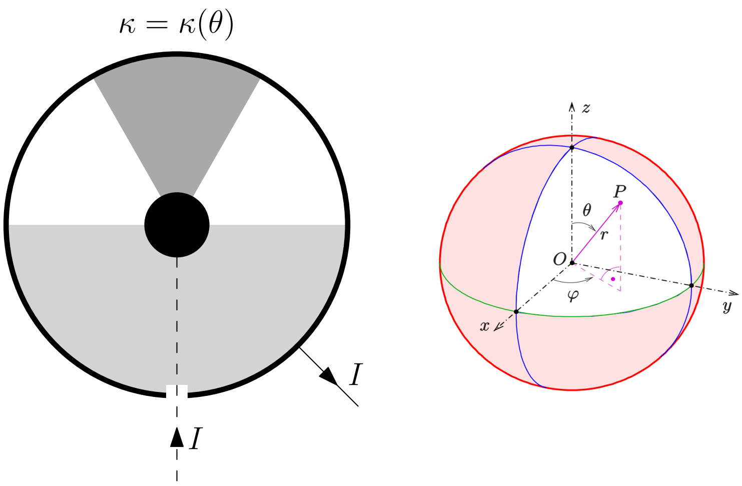


1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(r)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\varphi)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\theta)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(r)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\theta)$
3. Berechnen Sie $\vec{J}$ und $\vec{E}$.

33.11

aStroemungsfeld_16

Zwei ideal leitende Kugelschalen mit den Radien r_i und r_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Leitfähigkeit κ vom Winkel Θ abhängt. Die Anordnung wird von dem konstanten Strom I durchflossen, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.



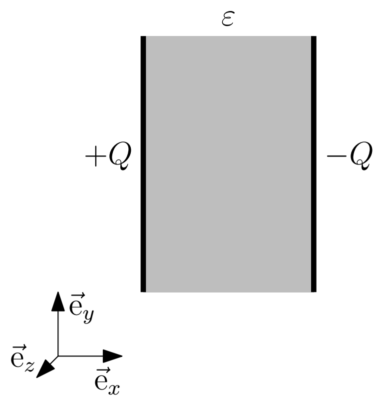
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die Stromdichte $\vec{J}$ ab?
   - ☐ $\vec{J} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(r)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\varphi)$
   - ☐ $\vec{J} = \vec{J}(\theta)$

2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(r)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\theta)$

33.12

aElektrostatik_08

Zwei parallele Elektroden mit der Querschnittsfläche A befinden sich im Abstand d zueinander. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff mit der konstanten Permittivität ε. Auf der linken Platte befindet sich die Ladung Q, auf der rechten $-Q$. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.

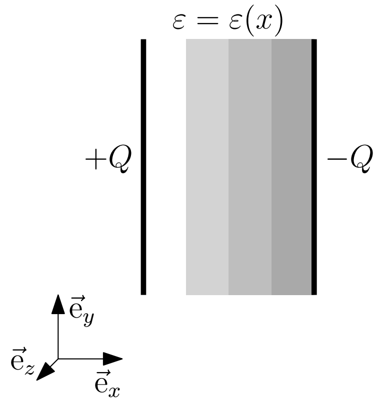


1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(x)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(y)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(z)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(x)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(y)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
3. Berechnen Sie $\vec{D}$ und $\vec{E}$.

aElektrostatik_09

33.13

Zwei parallele Elektroden mit der Querschnittsfläche A befinden sich im Abstand d zueinander. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Permittivität ε sich in x-Richtung ändert. Auf der linken Platte befindet sich die Ladung Q, auf der rechten $-Q$. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.

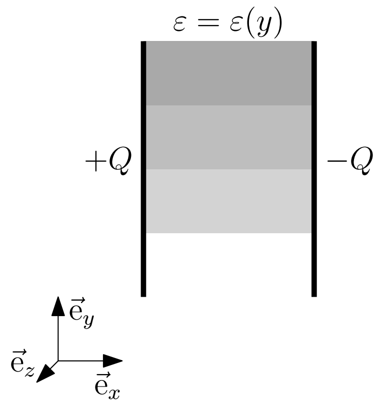


1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(x)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(y)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(z)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(x)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(y)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
3. Berechnen Sie $\vec{D}$ und $\vec{E}$.

33.14

aElektrostatik_10

Zwei parallele Elektroden mit der Querschnittsfläche A befinden sich im Abstand d zueinander. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Permittivität ε sich in y-Richtung ändert. Auf der linken Platte befindet sich die Ladung Q, auf der rechten $-Q$. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.

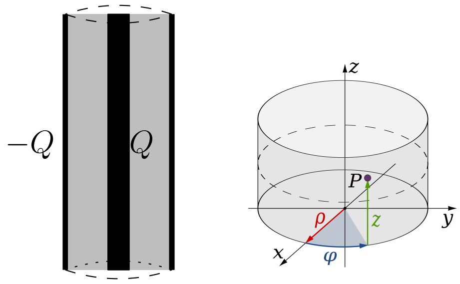


1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(x)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(y)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(z)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(x)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(y)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
3. Berechnen Sie $\vec{D}$ und $\vec{E}$.

33.15

aElektrostatik_11

Zwei zylindrische Elektroden mit der Länge l und den Radien ρ_i und ρ_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Permittivität ε konstant ist. Auf der inneren Elektrode befindet sich die Ladung $+Q$, auf der äußeren $-Q$, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.

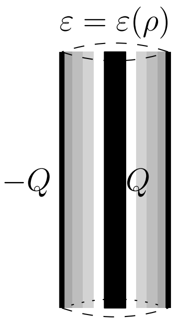


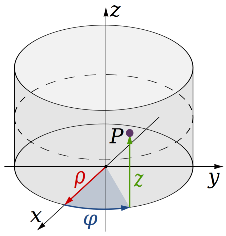
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(z)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\rho)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\varphi)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$
3. Berechnen Sie $\vec{D}$ und $\vec{E}$.

33.16

aElektrostatik_12

Zwei zylindrische Elektroden mit der Länge l und den Radien ρ_i und ρ_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Permittivität ε sich mit dem Radius ρ ändert. Auf der inneren Elektrode befindet sich die Ladung $+Q$, auf der äußeren $-Q$, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.



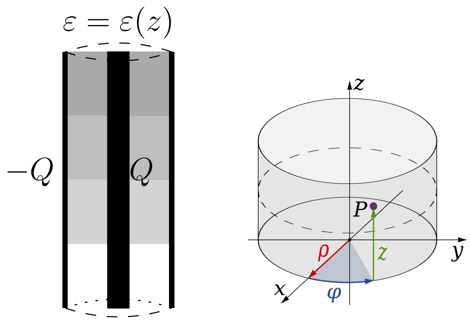


1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(z)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\rho)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\varphi)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$
3. Berechnen Sie $\vec{D}$ und $\vec{E}$.

33.17

aElektrostatik_13

Zwei zylindrische Elektroden mit der Länge l und den Radien ρ_i und ρ_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Permittivität ε sich in Längsrichtung z ändert. Auf der inneren Elektrode befindet sich die Ladung $+Q$, auf der äußeren $-Q$, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.



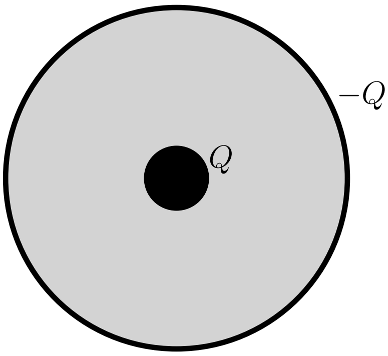
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(z)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\rho)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\varphi)$

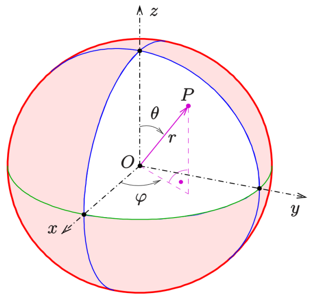
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(z)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\varphi)$

33.18

aElektrostatik_14

Zwei ideal leitende Kugelschalen mit den Radien r_i und r_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Permittivität ε konstant ist. Auf der inneren Elektrode befindet sich die Ladung $+Q$, auf der äußeren $-Q$, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.



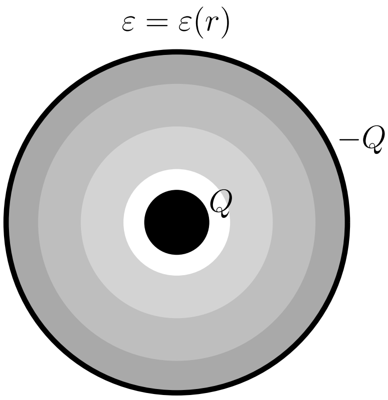


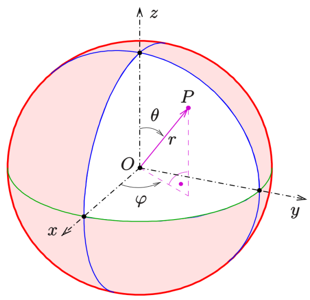
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(r)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\phi)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\theta)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(r)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\phi)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\theta)$
3. Berechnen Sie $\vec{D}$ und $\vec{E}$.

33.19

aElektrostatik_15

Zwei ideal leitende Kugelschalen mit den Radien r_i und r_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Permittivität ε sich mit dem Radius r ändert. Auf der inneren Elektrode befindet sich die Ladung $+Q$, auf der äußeren $-Q$, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.



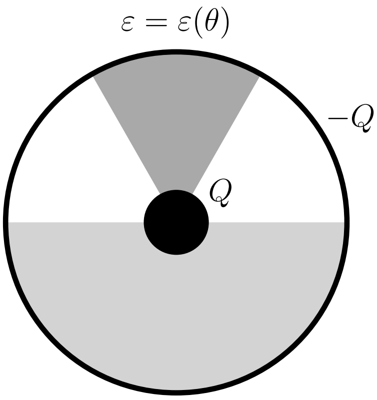


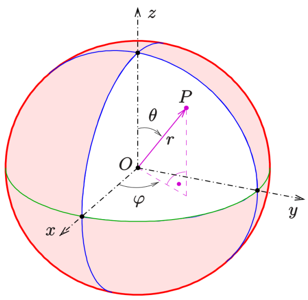
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(r)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\phi)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\theta)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(r)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\phi)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\theta)$
3. Berechnen Sie $\vec{D}$ und $\vec{E}$.

33.20

aElektrostatik_16

Zwei ideal leitende Kugelschalen mit den Radien r_i und r_a sind konzentrisch ineinandergesteckt. Zwischen ihnen befindet sich ein Werkstoff, dessen Permittivität ε sich mit dem Winkel θ ändert. Auf der inneren Elektrode befindet sich die Ladung $+Q$, auf der äußeren $-Q$, siehe Skizze. Der Spannungsabfall zwischen den Elektroden beträgt U.





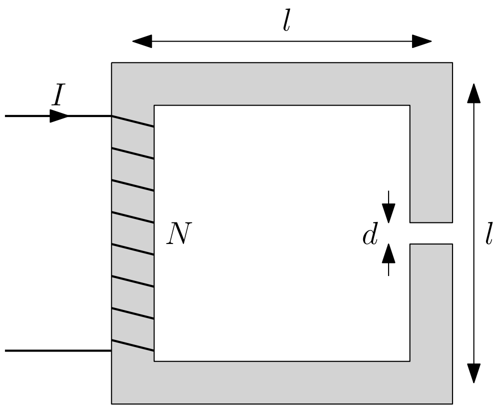
1. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ ab?
   - ☐ $\vec{D} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(r)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\phi)$
   - ☐ $\vec{D} = \vec{D}(\theta)$
2. Von welcher Koordinate bzw. welchen Koordinaten hängt die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ ab?
   - ☐ $\vec{E} = \text{const.}$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(r)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\phi)$
   - ☐ $\vec{E} = \vec{E}(\theta)$

34. Magnetischer Kreis

34.1

aMagnetischer_Kreis_10

Ein magnetischer Kreis besitzt die Querschnittsfläche A und die relative Permeabilität μ_{r}. Ein Luftspalt ist in den Eisenkern gesägt. Alle geometrischen Abmessungen sind der Skizze zu entnehmen. Um einen Schenkel ist eine Spule mit N Windungen gewickelt, die von dem Gleichstrom I durchflossen wird.

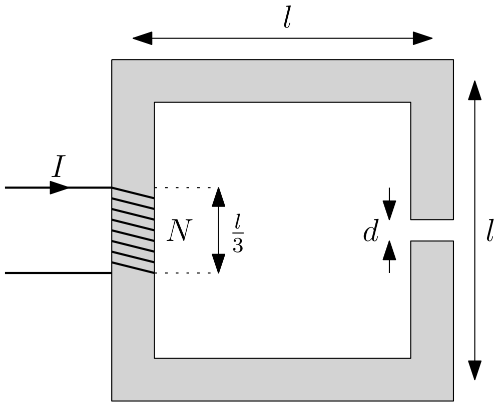


1. Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.
2. Dimensionieren Sie alle Bauelemente des Ersatzschaltbildes.

34.2

aMagnetischer_Kreis_11

Ein magnetischer Kreis besitzt die Querschnittsfläche A und die relative Permeabilität μ_{r}. Ein Luftspalt ist in den Eisenkern gesägt. Alle geometrischen Abmessungen sind der Skizze zu entnehmen. Um einen Schenkel ist eine Spule mit N Windungen gewickelt, die von dem Gleichstrom I durchflossen wird.

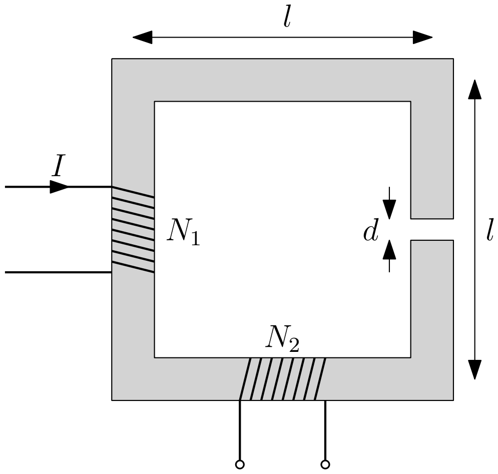


1. Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.
2. Dimensionieren Sie alle Bauelemente des Ersatzschaltbildes.

aMagnetischer_Kreis_12

34.3

Ein magnetischer Kreis besitzt die Querschnittsfläche A und die relative Permeabilität μ_r. Ein Luftspalt ist in den Eisenkern gesägt. Alle geometrischen Abmessungen sind der Skizze zu entnehmen. Um einen Schenkel ist eine Spule mit N_1 Windungen gewickelt, die von dem Gleichstrom I durchflossen wird. Eine zweite Spule mit N_2 Windungen ist um den Kern gewickelt, deren Klemmen jedoch nicht angeschlossen sind (Leerlauf).

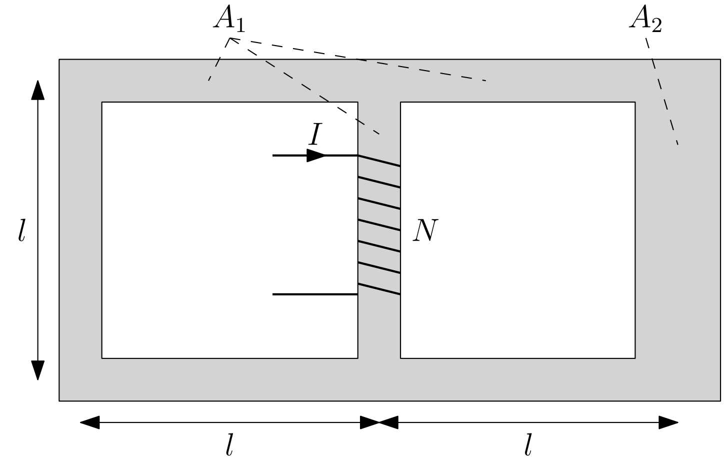


1. Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.
2. Dimensionieren Sie alle Bauelemente des Ersatzschaltbildes.

34.4

aMagnetischer_Kreis_13

Ein magnetischer Kreis besitzt besitzt die relative Permeabilität μ_r und die Querschnittsflächen A_1 und A_2. Alle geometrischen Abmessungen sind der Skizze zu entnehmen. Um einen Schenkel ist eine Spule mit N Windungen gewickelt, die von dem Gleichstrom I durchflossen wird.

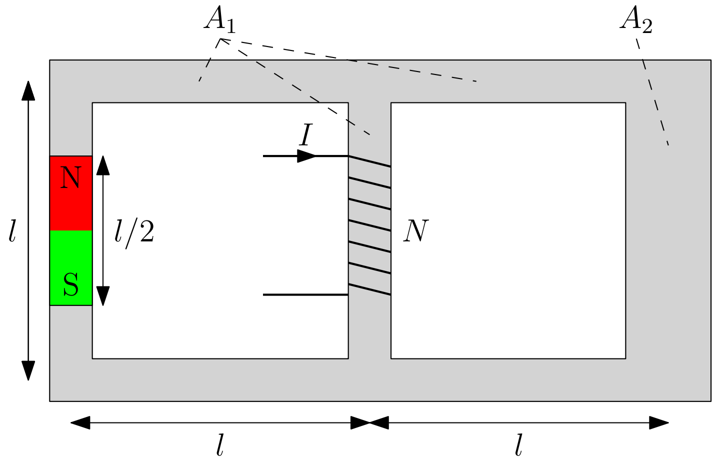


1. Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.
2. Dimensionieren Sie alle Bauelemente des Ersatzschaltbildes.

34.5

aMagnetischer_Kreis_14

Ein magnetischer Kreis besitzt besitzt die relative Permeabilität μ_r und die Querschnittsflächen A_1 und A_2. Alle geometrischen Abmessungen sind der Skizze zu entnehmen. Um einen Schenkel ist eine Spule mit N Windungen gewickelt, die von dem Gleichstrom I durchflossen wird. Ein anderer Schenkel beinhaltet einen Permanentmagneten, der den magnetischen Flus Φ durch den Eisenkreis treibt.

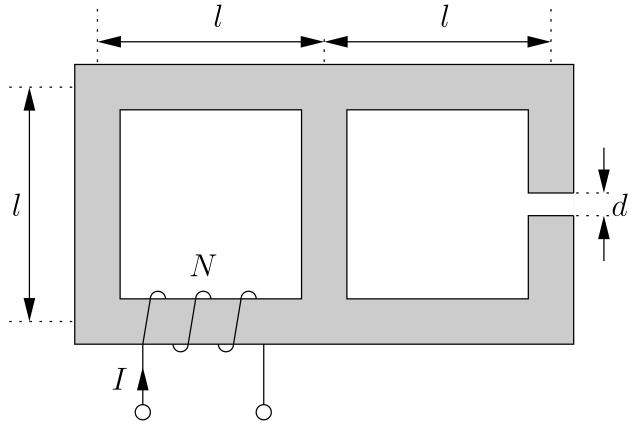


1. Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.
2. Dimensionieren Sie alle Bauelemente des Ersatzschaltbildes.

34.6

aMagnetischer_Kreis_3

Gegeben ist ein magnetischer Kreis mit der konstanten Querschnittsfläche A. Alle weiteren Abmessungen sind der Skizze zu entnehmen. Durch die eingezeichnete Spule mit N Windungen fließt der Gleichstrom I. Das Material des Eisenkerns besitzt die relative Permeabilität μ_r.

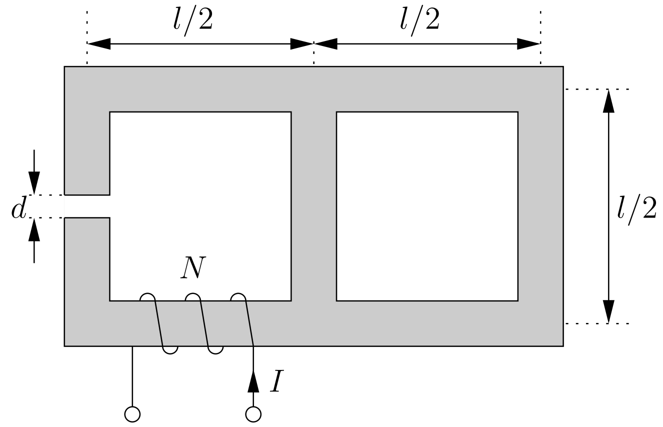


1. Zeichnen Sie das äquivalente elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.
2. Bestimmen Sie die Größen aller Bauelemente des Ersatzschaltbildes.
3. Berechnen Sie den magnetischen Fluss Φ im Luftspalt. Streuungseffekte können vernachlässigt werden.

aMagnetischer_Kreis_4

34.7

Gegeben ist ein magnetischer Kreis mit der konstanten Querschnittsfläche A. Alle weiteren Abmessungen sind der Skizze zu entnehmen. Durch die eingezeichnete Spule mit N Windungen fließt der Gleichstrom I. Das Material des Eisenkerns besitzt die relative Permeabilität μ_r.

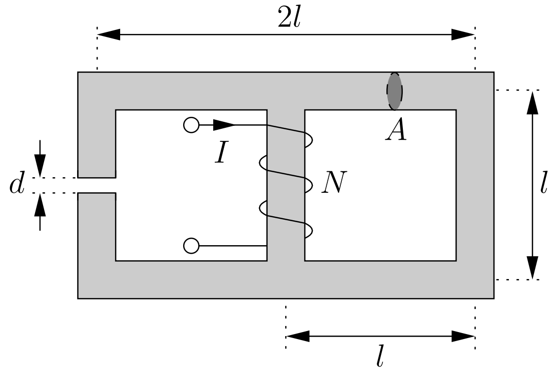


1. Zeichnen Sie das äquivalente elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.
2. Bestimmen Sie die Größen aller Bauelemente des Ersatzschaltbildes.
3. Berechnen Sie die magnetische Feldstärke H im Luftspalt. Streuungseffekte können vernachlässigt werden.

34.8

aMagnetischer_Kreis_5

Gegeben ist ein magnetischer Kreis mit der konstanten Querschnittsfläche A. Alle weiteren Abmessungen sind der Skizze zu entnehmen. Durch die eingezeichnete Spule mit N Windungen fließt der Gleichstrom I. Das Material des Eisenkerns besitzt die relative Permeabilität μ_r.



1. Zeichnen Sie das äquivalente elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.
2. Bestimmen Sie die Größen aller Bauelemente des Ersatzschaltbildes.
3. Berechnen Sie die magnetische Feldstärke H im Luftspalt. Streuungseffekte können vernachlässigt werden.

35. Transformator

Beginnen Sie bei den folgenden Aufgaben mit dem vollständigen T-Ersatzschaltbild. Der Aufgabentext gibt Ihnen Hinweise, ob Sie Elemente des Ersatzschaltbildes weglassen können.

35.1

aTrafo_04

An einem T-Symmetrischen Transformator führen Sie den Leerlauf- und den Kurzschlussversuch durch.

Die im Leerlauf gemessene Wirkleistungsaufnahme kann vernachlässigt werden.

Zeichnen Sie das T-Ersatzschaltbild dieses Transformators.

35.2

aTrafo_05

An einem T-Symmetrischen Transformator führen Sie den Leerlauf- und den Kurzschlussversuch durch.

Die im Kurzschluss gemessene Wirkleistungsaufnahme kann vernachlässigt werden.

Zeichnen Sie das T-Ersatzschaltbild dieses Transformators.

35.3

aTrafo_06

An einem T-Symmetrischen Transformator führen Sie den Leerlauf- und den Kurzschlussversuch durch.

Beim sekundärseitigen Kurzschluss sind Strom und Spannung auf der Primärseite in Phase.

Zeichnen Sie das T-Ersatzschaltbild dieses Transformators.

Beginnen Sie bei den folgenden Aufgaben mit dem vollständigen T-Ersatzschaltbild. Überlegen Sie anhand der Messwerte, ob Sie Elemente des Ersatzschaltbildes weglassen können.

35.4

aTrafo_07

An einem T-Symmetrischen Transformator führen Sie bei der Frequenz f=50 Hz den Leerlauf- und den Kurzschlussversuch durch.

Beim sekundärseitigen Leerlauf messen Sie auf der Primärseite die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 200\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 1\,\mathrm{A}, \\ P_1 &= 20\,\mathrm{W}. \end{aligned}$$

Beim sekundärseitigen Kurzschluss messen Sie auf der Primärseite die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 2\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 10\,\mathrm{A}, \\ P_1 &= 20\,\mathrm{W}. \end{aligned}$$

Zeichnen Sie das T-Ersatzschaltbild dieses Transformators.

35.5

aTrafo_08

An einem T-Symmetrischen Transformator führen Sie bei der Frequenz f=50 Hz den Leerlauf- und den Kurzschlussversuch durch.

Beim sekundärseitigen Leerlauf messen Sie auf der Primärseite die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 200\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 1\,\mathrm{A}, \\ P_1 &= 20\,\mathrm{W}. \end{aligned}$$

Beim sekundärseitigen Kurzschluss messen Sie auf der Primärseite die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 5\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 20\,\mathrm{A}, \\ P_1 &= 25\,\mathrm{W}. \end{aligned}$$

Zeichnen Sie das T-Ersatzschaltbild dieses Transformators.

In den folgenden Aufgaben betrachten Sie nur das Leerlauf-Ersatzschaltbild des Transformators. Berechnen Sie dessen Bauelemente anhand der Messwerte.

35.6

aTrafo_09

An einem T-Symmetrischen Transformator führen Sie bei der Frequenz f=50 Hz den Leerlaufversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 200\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 1\,\mathrm{A}, \\ P_1 &= 0\,\mathrm{W}. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_{Fe} und L_{h} des T-Ersatzschaltbildes.

35.7

aTrafo_10

An einem T-Symmetrischen Transformator führen Sie bei der Frequenz f=50 Hz den Leerlaufversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 200\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 1\,\mathrm{A}, \\ P_1 &= 50\,\mathrm{W}. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_{Fe} und L_{h} des T-Ersatzschaltbildes.

35.8

aTrafo_11

An einem T-Symmetrischen Transformator führen Sie bei der Frequenz f=50 Hz den Leerlaufversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 200\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 1\,\mathrm{A}, \\ \varphi_1 &= 80^\circ. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_{Fe} und L_{h} des T-Ersatzschaltbildes.

In den folgenden Aufgaben betrachten Sie nur das Kurzschluss-Ersatzschaltbild des Transformators. Berechnen Sie dessen Bauelemente anhand der Messwerte.

35.9

aTrafo_12

An einem T-symmetrischen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = 10$ führen Sie bei der Frequenz $f = 50\,\text{Hz}$ den Kurzschlussversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 5\,\text{V}, \\ I_1 &= 10\,\text{A}, \\ P_1 &= 0\,\text{W}. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_1, R_2', $L_{1\sigma}$ und $L_{2\sigma}'$ des T-Ersatzschaltbildes, sowie die Werte des sekundären Wicklungswiderstands R_2 und der sekundären Streuinduktivität $L_{2\sigma}$.

35.10

aTrafo_13

An einem T-symmetrischen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = 10$ führen Sie bei der Frequenz $f = 50\,\text{Hz}$ den Kurzschlussversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 5\,\text{V}, \\ I_1 &= 10\,\text{A}, \\ P_1 &= 50\,\text{W}. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_1, R_2', $L_{1\sigma}$ und $L_{2\sigma}'$ des T-Ersatzschaltbildes, sowie die Werte des sekundären Wicklungswiderstands R_2 und der sekundären Streuinduktivität $L_{2\sigma}$.

35.11

aTrafo_14

An einem T-symmetrischen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = 10$ führen Sie bei der Frequenz $f = 50\,\text{Hz}$ den Kurzschlussversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 5\,\text{V}, \\ I_1 &= 10\,\text{A}, \\ P_1 &= 20\,\text{W}. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_1, R_2', $L_{1\sigma}$ und $L_{2\sigma}'$ des T-Ersatzschaltbildes, sowie die Werte des sekundären Wicklungswiderstands R_2 und der sekundären Streuinduktivität $L_{2\sigma}$.

35.12

aTrafo_15

An einem T-symmetrischen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = 10$ führen Sie bei der Frequenz $f = 50\,\mathrm{Hz}$ den Kurzschlussversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 5\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 10\,\mathrm{A}, \\ \varphi_1 &= 0^\circ. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_1, R_2', $L_{1\sigma}$ und $L_{2\sigma}'$ des T-Ersatzschaltbildes, sowie die Werte des sekundären Wicklungswiderstands R_2 und der sekundären Streuinduktivität $L_{2\sigma}$.

35.13

aTrafo_16

An einem T-symmetrischen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = 10$ führen Sie bei der Frequenz $f = 50\,\mathrm{Hz}$ den Kurzschlussversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 5\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 10\,\mathrm{A}, \\ \varphi_1 &= 90^\circ. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_1, R_2', $L_{1\sigma}$ und $L_{2\sigma}'$ des T-Ersatzschaltbildes, sowie die Werte des sekundären Wicklungswiderstands R_2 und der sekundären Streuinduktivität $L_{2\sigma}$.

35.14

aTrafo_17

An einem T-symmetrischen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = 10$ führen Sie bei der Frequenz $f = 50\,\mathrm{Hz}$ den Kurzschlussversuch durch.

Auf der Primärseite messen Sie die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} U_1 &= 5\,\mathrm{V}, \\ I_1 &= 10\,\mathrm{A}, \\ \varphi_1 &= 45^\circ. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Elemente R_1, R_2', $L_{1\sigma}$ und $L_{2\sigma}'$ des T-Ersatzschaltbildes, sowie die Werte des sekundären Wicklungswiderstands R_2 und der sekundären Streuinduktivität $L_{2\sigma}$.

2 Kurzlösungen

1.1

1.

$$q(t) = \begin{cases} \frac{8\,\mathrm{mC}}{4\,\mathrm{s}} \cdot t - 2\,\mathrm{mC} & , 0\,\mathrm{s} \leq t < 4\,\mathrm{s} \\ 6\,\mathrm{mC} & , 4\,\mathrm{s} \leq t < 6\,\mathrm{s} \\ -\frac{2\,\mathrm{mC}}{3\mathrm{s}} \cdot t + 10\,\mathrm{mC} & , 6\,\mathrm{s} \leq t < 15\,\mathrm{s} \\ 0\,\mathrm{mC} & , 15\,\mathrm{s} \leq t \end{cases}$$

2.

$$i(t) = \begin{cases} 2\,\mathrm{mA} & , 0\,\mathrm{s} \leq t < 4\,\mathrm{s} \\ 0\,\mathrm{mA} & , 4\,\mathrm{s} \leq t < 6\,\mathrm{s} \\ -\frac{2}{3}\,\mathrm{mA} & , 6\,\mathrm{s} \leq t < 15\,\mathrm{s} \\ 0\,\mathrm{mA} & , 15\,\mathrm{s} \leq t \end{cases}$$

1.2

1.

$$q(t) = \begin{cases} 1\,\frac{\mathrm{mC}}{\mathrm{s}^2} \cdot t^2 & , 0\,\mathrm{s} \leq t < 2\,\mathrm{s} \\ 4\,\mathrm{mC} & , 2\,\mathrm{s} \leq t < 6\,\mathrm{s} \\ 1\,\frac{\mathrm{mC}}{\mathrm{s}} \cdot t - 2\,\mathrm{mC} & , 6\,\mathrm{s} \leq t < 8\,\mathrm{s} \\ -1\,\frac{\mathrm{mC}}{\mathrm{s}} \cdot t + 14\,\mathrm{mC} & , 8\,\mathrm{s} \leq t \end{cases}$$

2.

$$i(t) = \begin{cases} 2\,\frac{\mathrm{mA}}{\mathrm{s}} \cdot t & , 0\,\mathrm{s} \leq t < 2\,\mathrm{s} \\ 0\,\mathrm{mA} & , 2\,\mathrm{s} \leq t < 6\,\mathrm{s} \\ 1\,\mathrm{mA} & , 6\,\mathrm{s} \leq t < 8\,\mathrm{s} \\ -1\,\mathrm{mA} & , 8\,\mathrm{s} \leq t \end{cases}$$

1.3

1.

$$i(t) = \begin{cases} 2\,\mathrm{A} & , 0\,\mathrm{s} \le t < 4\,\mathrm{s} \\ 1\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{s}} \cdot t - 2\,\mathrm{A} & , 4\,\mathrm{s} \le t < 8\,\mathrm{s} \\ -\frac{7\,\mathrm{A}}{4\mathrm{s}} \cdot t + 20\,\mathrm{A} & , 8\,\mathrm{s} \le t < 12\,\mathrm{s} \\ -1\,\mathrm{A} & , 12\,\mathrm{s} \le t < 16\,\mathrm{s} \\ 0\,\mathrm{A} & , 16\,\mathrm{s} \le t \end{cases}$$

2.

$$\begin{aligned} Q &= \int_{0\,\mathrm{s}}^{4\,\mathrm{s}} 2\,\mathrm{A}\,\mathrm{d}t + \int_{4\,\mathrm{s}}^{8\,\mathrm{s}} \left(1\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{s}} \cdot t - 2\,\mathrm{A}\right)\,\mathrm{d}t + \int_{8\,\mathrm{s}}^{12\,\mathrm{s}} \left(-\frac{7\,\mathrm{A}}{4\mathrm{s}} \cdot t + 20\,\mathrm{A}\right)\,\mathrm{d}t + \int_{12\,\mathrm{s}}^{16\,\mathrm{s}} -1\,\mathrm{A}\,\mathrm{d}t \\ &= 30\,\mathrm{As} \end{aligned}$$

2.1

$U = RI$

2.2

$P = UI$

2.3

$P = U^2/R$

2.4

$P = I^2R$

2.5

$U = I/G$

2.6

$P = U^2G$

2.7

$P = I^2/G$

2.8

$I = U/R$

2.9

$U = P/I$

2.10

$U = \sqrt{PR}$

2.11

$$I = \sqrt{P/R}$$

2.12

$$I = UG$$

2.13

$$U = \sqrt{P/G}$$

2.14

$$I = \sqrt{PG}$$

2.15

$$R = U/I$$

2.16

$$I = P/U$$

2.17

$$R = U^2/P$$

2.18

$$R = P/I^2$$

2.19

$$G = I/U$$

2.20

$$G = P/U^2$$

2.21

$$G = I^2/P$$

3.1 $R = 1194\,\Omega$
3.2 $R = 2{,}95\,\Omega$
3.3 $R = 4{,}75\,\Omega$
3.4 $R = 400\,\mathrm{M\Omega}$
3.5 $l = 22{,}64\,\mathrm{cm}$.
3.6 $l = 337\,\mathrm{m}$.
3.7 Der Widerstand vervierfacht sich.
4.1 $R = 580\,\Omega$.
4.2 $\vartheta = 283°\mathrm{C}$.
4.3 $\vartheta = 1220°\mathrm{C}$.
4.4 $\vartheta = 33°\mathrm{C}$.
4.5 $\alpha_{20} = 625 \cdot 10^{-6}\,\frac{1}{\mathrm{K}}$.
4.6 $\vartheta = 283{,}2°\mathrm{C}$
5.1 $I_\mathrm{C} = I_\mathrm{A} - I_\mathrm{B}$,
$I_2 = I_\mathrm{A} - I_1$,
$I_3 = I_1 - I_\mathrm{B}$.

5.2 $I_3 = \frac{R_2 I_2 - R_1 I_1}{R_3}$,
$I_\mathrm{A} = I_1 + I_2$,
$I_\mathrm{B} = I_1 - I_3$,
$I_\mathrm{C} = I_2 + I_3$,

5.3 $I_3 = I_\mathrm{C} - I_2$,
$I_1 = \frac{R_2 I_2 - R_3 I_3 - U_1}{R_1}$,
$I_\mathrm{A} = I_1 + I_2$,
$I_\mathrm{B} = I_1 - I_3$.

5.4

$$U_1 = -5\,\mathrm{V}, U_2 = 0\,\mathrm{V}, U_3 = 5\,\mathrm{V}, U_4 = -5\,\mathrm{V}, I_1 = 0{,}5\,\mathrm{A}, I_2 = 0\,\mathrm{A}, I_3 = 0{,}5\,\mathrm{A}$$

6.1 $R_\mathrm{ges} = R_1 + \frac{1}{1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4}$

6.2 $R_\mathrm{ges} = \frac{8}{11} R$.

6.3 $R_\mathrm{ges} = R$

6.4 R

6.5 $\frac{4}{3} R$

6.6 $\frac{19}{12} R$

6.7 $4{,}875\,\Omega$

6.8 $1{,}350\,\Omega$

6.9 $R_1 = 16\,\Omega, R_2 = 48\,\Omega$.

6.10 $R_\mathrm{AC} = \frac{3}{4} R$

7.1

$$U = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

7.2

$$U = U_0 \frac{\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}$$

7.3

$$U = U_0$$

7.4

$$U = -U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

7.5

$$U = U_0 \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

7.6

$$U = U_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

7.7

$$U = U_0 \frac{R_3}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3}$$

7.8

$$U = -U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

7.9

$$U = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

7.10

$$U = U_0 \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

7.11

$$U = U_0 \frac{R_4}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_4}$$

7.12

$$U = U_0$$

8.1

$$I = I_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

8.2

$$I = I_0 \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

8.3

$$I = -I_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

8.4

$$I = I_0 \frac{R_1}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}$$

8.5

$$I = I_0 \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3}$$

8.6

$$I = I_0 \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

8.7

$$I = I_0$$

9.1

$$\begin{aligned} I_\mathrm{k} &= U_0/R_\mathrm{i} \\ R_\mathrm{i} &= R_\mathrm{i} \end{aligned}$$

9.2

$$\begin{aligned} U_0 &= I_\mathrm{k} R_\mathrm{i} \\ R_\mathrm{i} &= R_\mathrm{i} \end{aligned}$$

9.3

$$\begin{aligned} U_0 &= U \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ R_\mathrm{i} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

9.4

$$\begin{aligned} U_0 &= \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \right) \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \\ R_\mathrm{i} &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

9.5

$$\begin{aligned} U_0 &= \left(\frac{U_1}{R_1} - \frac{U_2}{R_2} \right) \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \\ R_\mathrm{i} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

9.6

$$\begin{aligned} U_0 &= I R_1 - U \\ R_\mathrm{i} &= R_1 + R_2 \end{aligned}$$

10.1

1. $R_\mathrm{L} = R_1 + R_2$
2. $P_\mathrm{max} = \frac{I_1^2}{4} \cdot \frac{R_1^2}{R_1 + R_2}$

10.2

1. $R_\mathrm{L} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
2. $P_\mathrm{max} = \frac{U_1^2}{4R_1} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

10.3

1. $R_\mathrm{L} = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
2. $P_\mathrm{max} = \frac{U_1^2 R_2^2}{(4R_1 + 4R_2)(R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_1 R_2)}$

10.4

1. $R_{\mathrm{L}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
2. $P_{\max} = \frac{U_1^2}{4R_1} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

10.5

1. $R_{\mathrm{L}} = R_1 + R_2$
2. $P_{\max} = \frac{I_1^2}{4} \cdot (R_1 + R_2)$

11.1

2. $I_1 = \frac{U_0}{R_{\mathrm{A}} + R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{\mathrm{V}}}}}$

11.2

1. $U = 5\,\mathrm{V}$
2. $U = 3{,}33\,\mathrm{V}$
3. $U = 4{,}76\,\mathrm{V}$

11.3

1. $U = 5\,\mathrm{V}$
2. $U = 3{,}33\,\mathrm{V}$
3. $U = 4{,}76\,\mathrm{V}$

11.4

1. $U = 10\,\mathrm{V}$
2. $U = 10\,\mathrm{V}$
3. $U = 10\,\mathrm{V}$

11.5

1. $I = 0{,}1\,\mathrm{A}$
2. $I = 0{,}099\,\mathrm{A}$
3. $I = 0{,}091\,\mathrm{A}$

11.6

1. $I = 0{,}1\,\mathrm{A}$
2. $I = 0{,}099\,\mathrm{A}$
3. $I = 0{,}091\,\mathrm{A}$

11.7

1. $I = 0{,}5\,\mathrm{A}$
2. $I = \frac{100}{201}\,\mathrm{A} = 0{,}4975\,\mathrm{A}$
3. $I = \frac{10}{21}\,\mathrm{A} = 0{,}4762\,\mathrm{A}$

11.8

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_\mathrm{V}}}$$

11.9

$$R_x = \frac{U - IR_\mathrm{A}}{I}$$

12.1 $\frac{100\,\Omega}{25\,\Omega} = \frac{80\,\Omega}{20\,\Omega}$ → Die Brücke ist abgeglichen.
12.2 $\frac{100\,\Omega}{25\,\mathrm{m}\Omega} \neq \frac{80\,\mathrm{m}\Omega}{20\,\Omega}$ → Die Brücke ist nicht abgeglichen.
12.3 $\frac{100\,\mathrm{k}\Omega}{25\,\Omega} = \frac{80\,\Omega}{20\,\mathrm{m}\Omega}$ → Die Brücke ist abgeglichen.
12.4 $\frac{450\,\mathrm{k}\Omega}{150\,\mathrm{m}\Omega} = \frac{180\,\Omega}{60\,\mu\Omega}$ → Die Brücke ist abgeglichen.
12.5 $\frac{200\,\Omega}{100\,\mathrm{m}\Omega} \neq \frac{1/200\,\mathrm{S}}{1/100\,\mathrm{S}}$ → Die Brücke ist nicht abgeglichen.
12.6 $\frac{200\,\mathrm{k}\Omega}{100\,\mathrm{m}\Omega} = \frac{1/15\,\mathrm{S}}{1/30\,\mathrm{S}}$ → Die Brücke ist abgeglichen.
12.7 $\frac{1/250\,\mathrm{S}}{1/50\,\mathrm{S}} = \frac{1/500\,\mathrm{S}}{1/100\,\mathrm{S}}$ → Die Brücke ist abgeglichen.
12.8 $\frac{1/250\,\mathrm{mS}}{1/50\,\mathrm{S}} = \frac{1/500\,\mathrm{S}}{1/100\,\mathrm{kS}}$ → Die Brücke ist abgeglichen.
12.9 $R_4 = 10\,\mathrm{m}\Omega$.
12.10 $R_3 = 50\,\mathrm{M}\Omega$.
12.11 $G_3 = 2\,\mathrm{S}$.
12.12 $G_3 = 2\,\mathrm{kS}$.
13.1 $R_\mathrm{ges} = R$
13.2 $R_\mathrm{ges} = R$
13.3 $R_\mathrm{ges} = \frac{219}{56}\,\Omega$.
13.4 $R_\mathrm{ges} = \frac{13}{9}\,\Omega$.
13.5

$$I = \frac{9U}{13R}$$

13.6 $38{,}3\,\Omega$
14.1

$$I = \frac{U_2}{R} - \frac{U_1}{R}$$

14.2

$$I = \frac{U_1}{R_1 + R_2} + I_2\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

14.3

$$I = -I_2\frac{R_3}{R_2 + R_3} + \frac{U_3}{R_2 + R_3}$$

14.4

$$I = \frac{U_2}{R_1 + R_2} - I_1\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

14.5

$$I = \frac{U_1}{R} + \frac{U_2}{R}$$

15.1

$$\begin{aligned} U_0 &= U\frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ R_\mathrm{i} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

15.2

$$\begin{aligned} U_0 &= U_2 + \frac{U_1 - U_2}{R_1 + R_2} R_2 \\ R_\mathrm{i} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

15.3

$$\begin{aligned} U_0 &= U_2 \\ R_\mathrm{i} &= R_2 \end{aligned}$$

15.4

$$\begin{aligned} U_0 &= \frac{U_1 + U_2}{R_1 + R_2} R_2 - U_2 \\ R_\mathrm{i} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

15.5

$$\begin{aligned} U_0 &= I R_1 - U \\ R_\mathrm{i} &= R_1 + R_2 \end{aligned}$$

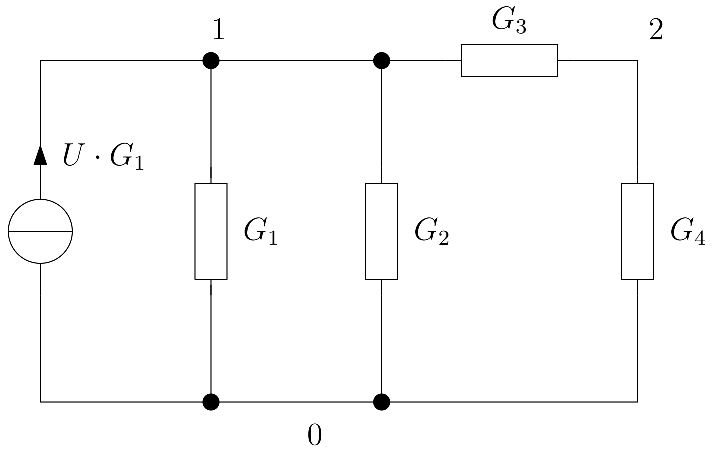
15.6

$$\begin{aligned} U_0 &= U\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) \\ R_\mathrm{i} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \end{aligned}$$

15.7

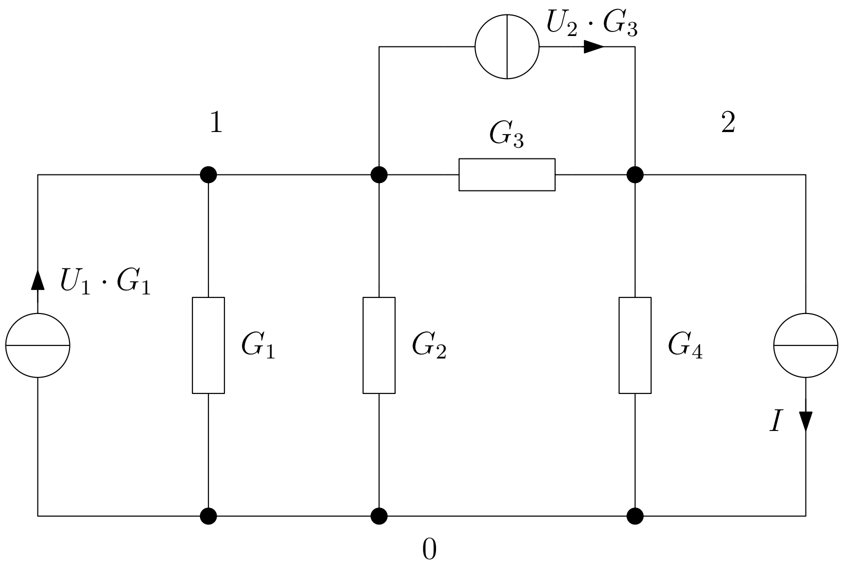
$$\begin{aligned} U_0 &= I\frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} R_2 - I\frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} R_4 \\ R_\mathrm{i} &= \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \end{aligned}$$

16.1



$G_n = \frac{1}{R_n}, \qquad n = 1...4$

16.2



$G_n = \frac{1}{R_n}, \qquad n = 1...4$

16.3

$$\begin{pmatrix} G_1 + G_2 + G_3 & -G_3 \\ -G_3 & G_3 + G_4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U \cdot G_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

16.4

$$\begin{pmatrix} G_1 + G_2 + G_3 & -G_3 \\ -G_3 & G_3 + G_4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1 \cdot G_1 - U_2 \cdot G_3 \\ U_2 \cdot G_3 - I \end{pmatrix}$$

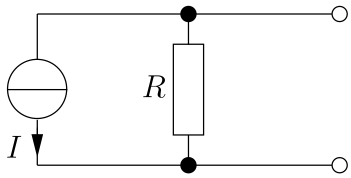
16.5

$$\begin{aligned} U_{20} &= \frac{I}{5G} \\ U_{10} &= \frac{2I}{5G} \end{aligned}$$

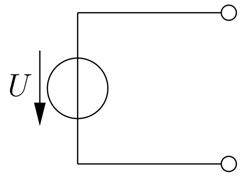
16.6

$$U_{30} = -\frac{4I}{3G}$$
$$U_{20} = -\frac{I}{3G}$$
$$U_{10} = -\frac{2I}{3G}$$

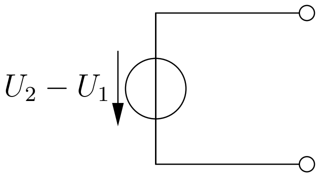
17.1 $U = 8\,\mathrm{V},\ I = 3\,\mathrm{A}$.
17.2 $U = 6\,\mathrm{V},\ I = 2\,\mathrm{A}$.
17.3 $U = 6\,\mathrm{V},\ I = 2\,\mathrm{A}$.
17.4 $U = 4\,\mathrm{V},\ I = 1\,\mathrm{A}$.
17.5 $U = 10\,\mathrm{V},\ I = 4\,\mathrm{A}$.
18.1



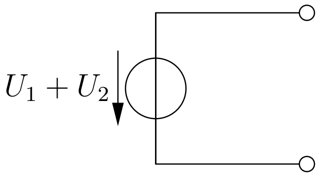
18.2



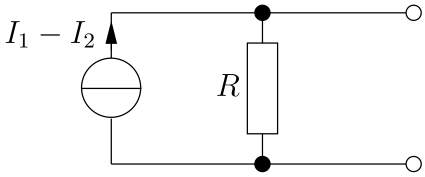
18.3



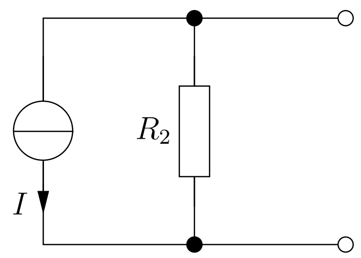
18.4



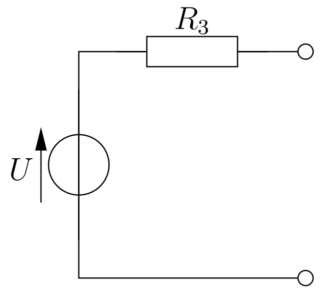
18.5



18.6



18.7



19.1

$$\begin{aligned} P_U &= U \cdot I \quad \text{(nimmt Energie auf)} \\ P_R &= R \cdot I^2 \quad \text{(nimmt Energie auf)} \\ P_I &= (R \cdot I + U) \cdot I \quad \text{(gibt Energie ab)} \end{aligned}$$

19.2

$$\begin{aligned} P_{I_1} &= I_1 \cdot U \quad \text{(gibt Energie ab)} \\ P_{I_2} &= I_2 \cdot U \quad \text{(nimmt Energie auf)} \\ P_{R_1} &= U^2/R_1 \quad \text{(nimmt Energie auf)} \\ P_{R_2} &= U^2/R_2 \quad \text{(nimmt Energie auf)} \\ P_U &= P_{R_1} + P_{R_2} + P_{I_2} - P_{I_1} \\ & \text{(beide Fälle möglich, abhängig von den Werten der Bauelemente)} \end{aligned}$$

20.1

1. $u_C(t < t_0) = 0$
2. $u_C(t = t_0) = 0$
3. $u_C(t \to \infty) = U_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
4. $i_C(t = t_0) = \frac{U_1}{R_1}$

20.2

1. $u_C(t < t_0) = U_1$
2. $u_C(t = t_0) = U_1$
3. $u_C(t \to \infty) = 0$

4. $i_C(t = t_0) = -\frac{U_1}{R_2}$

20.3

1. $u_C(t < t_0) = I_1 \cdot R_1$
2. $u_C(t = t_0) = I_1 \cdot R_1$
3. $u_C(t \to \infty) = 0$
4. $i_C(t = t_0) = -\frac{I_1 \cdot R_1}{R_2}$

20.4

1. $u_C(t < t_0) = U_2$
2. $u_C(t = t_0) = U_2$
3. $u_C(t \to \infty) = U_1$
4. $i_C(t = t_0) = \frac{U_1 - U_2}{R_1 + R_2}$

20.5

1. $u_C(t < t_0) = U_2$
2. $u_C(t = t_0) = U_2$
3. $u_C(t \to \infty) = U_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$
4. $i_C(t = t_0) = \frac{U_1 - U_2}{R_1}$

20.6

1. $i_L(t < t_0) = 0$
2. $i_L(t = t_0) = 0$
3. $i_L(t \to \infty) = \frac{U_1}{R_1}$
4. $u_L(t = t_0) = U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

20.7

1. $i_L(t < t_0) = \frac{U_1}{R_1 + R_2}$
2. $i_L(t = t_0) = \frac{U_1}{R_1 + R_2}$
3. $i_L(t \to \infty) = 0$
4. $u_L(t = t_0) = -U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

20.8

1. $i_L(t < t_0) = I_1 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

2. $i_L(t=t_0) = I_1 \frac{R_1}{R_1+R_2}$

3. $i_L(t \to \infty) = 0$

4. $u_L(t=t_0) = -I_1 \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}$

20.9

1. $i_L(t<t_0) = \frac{U_2}{R_2}$

2. $i_L(t=t_0) = \frac{U_2}{R_2}$

3. $i_L(t \to \infty) = \frac{U_1}{R_1+R_2}$

4. $u_L(t=t_0) = U_1 - U_2 \cdot \frac{R_1+R_2}{R_2}$

20.10

1. $i_L(t<t_0) = \frac{U_2}{R_2}$

2. $i_L(t=t_0) = \frac{U_2}{R_2}$

3. $i_L(t \to \infty) = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$

4. $u_L(t=t_0) = U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$

21.1

$$R_2 C \frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = 0$$

21.2

$$R_2 C \frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = 0$$

21.3

$$(R_1+R_2) C \frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = U_1$$

21.4

$$\frac{L}{R_2} \cdot \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} + i_L(t) = 0$$

21.5

$$\frac{L}{R_2} \cdot \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} + i_L(t) = 0$$

21.6

$$\frac{L}{R_1+R_2} \cdot \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} + i_L(t) = \frac{U_1}{R_1+R_2}$$

21.7

$$\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}C\frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t}+u_C(t)=U_1\cdot\frac{R_2}{R_1+R_2}$$

21.8

$$\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}C\frac{\mathrm{d}u_c(t)}{\mathrm{d}t}+u_C(t)=\frac{U_1R_2+U_2R_1}{R_1+R_2}$$

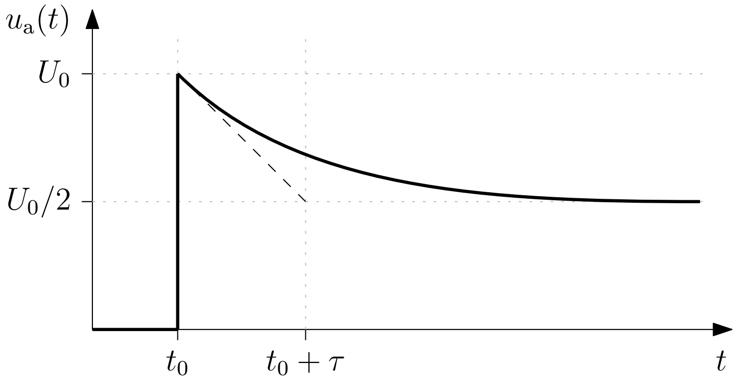
21.9

$$\frac{L\cdot(R_1+R_2)}{R_1R_2}\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}+i_L(t)=\frac{U_1}{R_1}$$

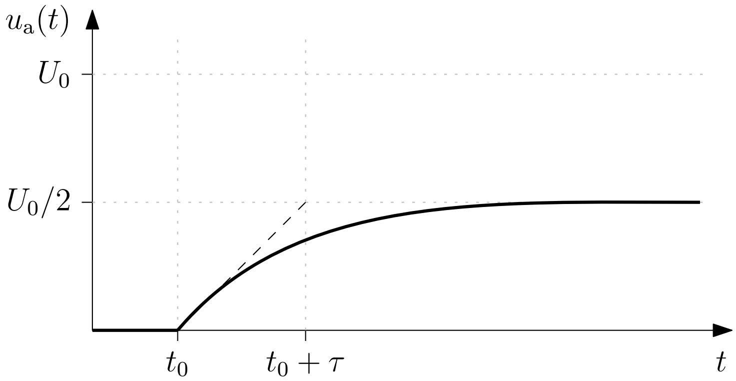
21.10

$$\frac{L\cdot(R_1+R_2)}{R_1R_2}\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}+i_L(t)=\frac{U_1}{R_1}+\frac{U_2}{R_2}$$

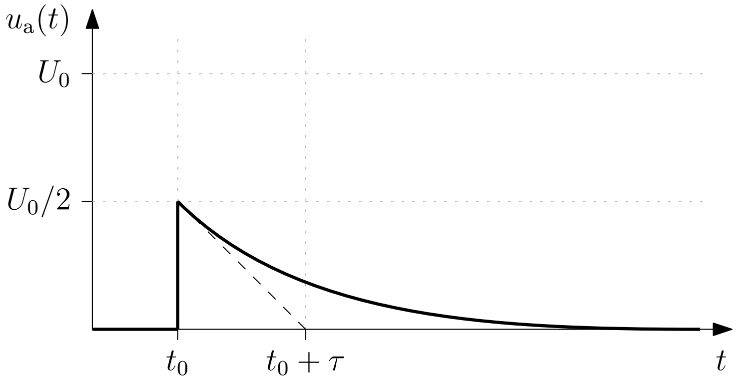
22.1



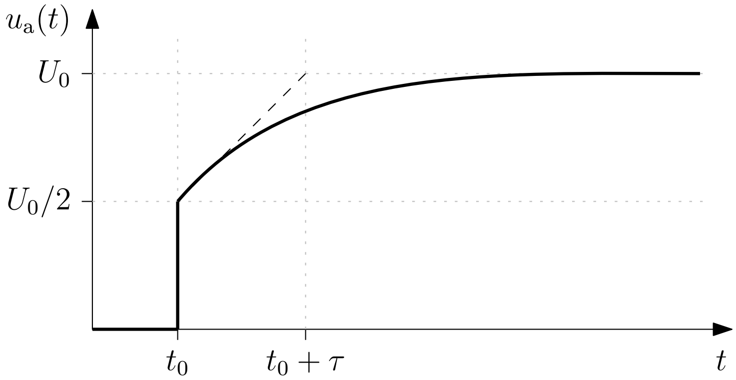
22.2



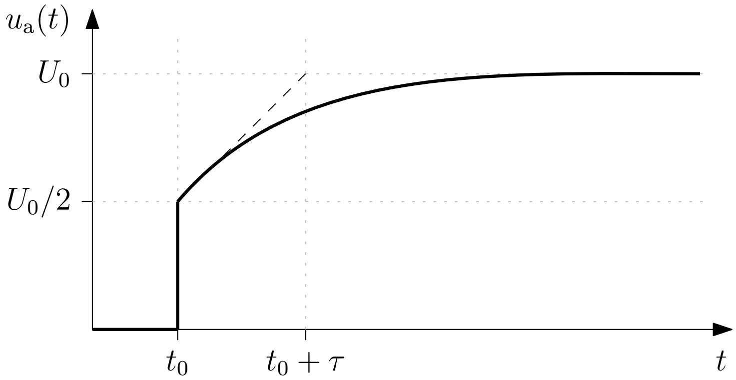
22.3



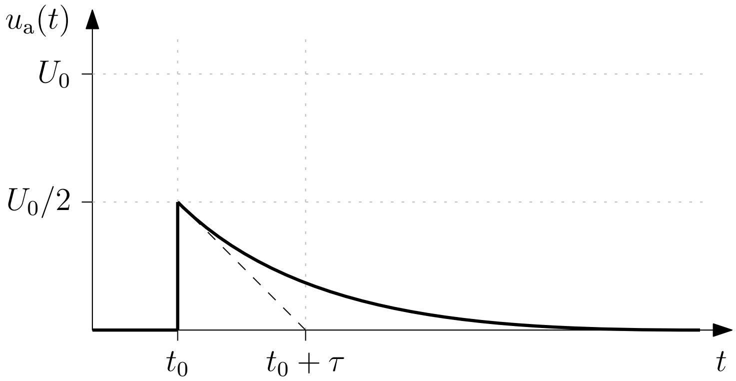
22.4



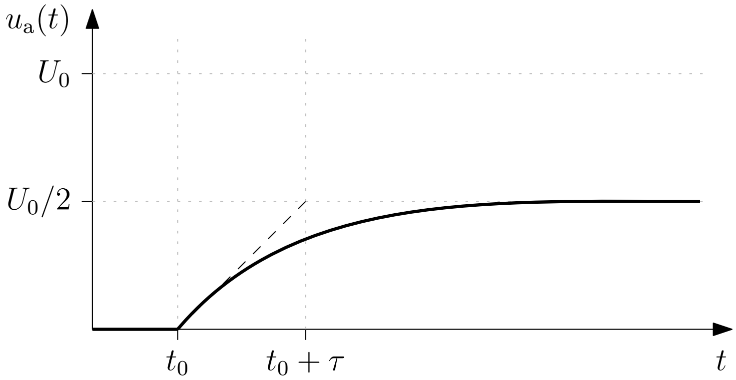
22.5



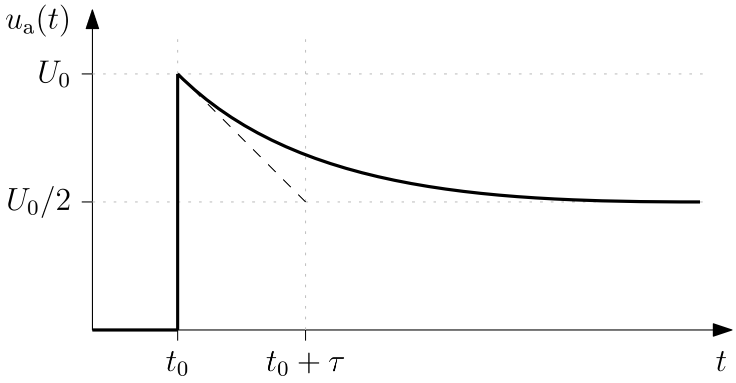
22.6



22.7



22.8



23.1

$P = 1{,}225\,\mathrm{W}$

23.2

$P = 0{,}9\,\mathrm{W}$

23.3

$P = 5{,}76\,\mathrm{W}$

23.4

1. $\overline{u(t)} = (U_1 + U_2)/2.$
2. $U = \sqrt{\left(\frac{U_2 - U_1}{2\cdot\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{U_1+U_2}{2}\right)^2}.$
3. $P = \frac{U^2}{R}.$

23.5

1. $\overline{u(t)} = -\hat{u}/2.$
2. $U = \sqrt{\left(\frac{\hat{u}}{2}\right)^2 + \left(-\frac{\hat{u}}{2}\right)^2}.$
3. $P = \frac{U^2}{R}.$

23.6

1. $\overline{i(t)} = I_0.$
2. $I = \sqrt{\left(\frac{I_0}{\sqrt{2}}\right)^2 + I_0^2}.$
3. $P = I^2 \cdot R.$

24.1

$$\underline{I} = \frac{5\,\mathrm{A}}{\sqrt{2}}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}60°}.$$

24.2

$$\underline{I} = \frac{8\,\mathrm{A}}{\sqrt{2}}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}150°}.$$

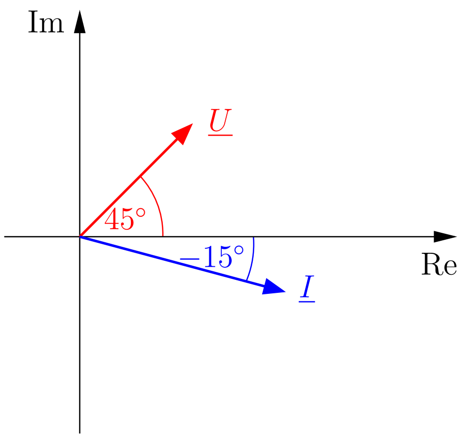
24.3

1. $u(\omega t) = \hat{u}\sin(\omega t - \pi/2)$.
2. $\underline{U} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\pi/2}$.

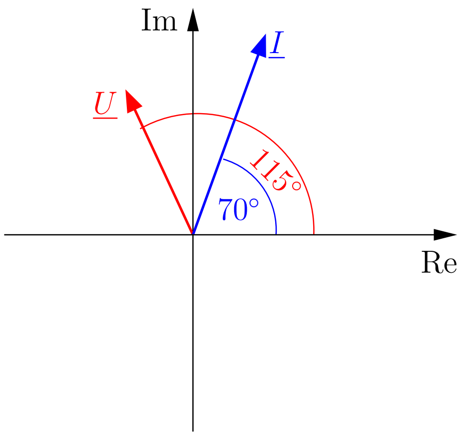
24.4

1. $u(\omega t) = \hat{u}\sin(\omega t + 3\pi/4)$.
2. $\underline{U} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}3\pi/4}$.

24.5



24.6



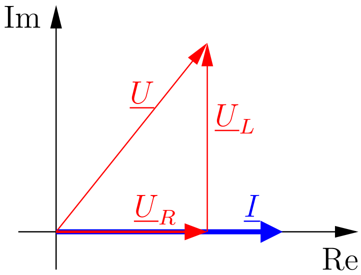
25.1

1. $\underline{U}_R = R \cdot \underline{I}$; $\underline{U}_L = \mathrm{j}\omega L \cdot \underline{I}$

2. $U = \sqrt{(RI)^2 + (\omega L I)^2}$

3. $\varphi = \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)$

4.



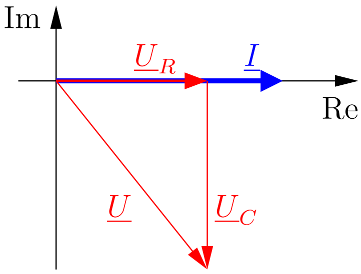
25.2

1. $\underline{U}_R = R \cdot \underline{I}$; $\underline{U}_C = \frac{1}{\mathrm{j}\omega C} \cdot \underline{I}$

2. $U = \sqrt{(RI)^2 + \left(\frac{I}{\omega C}\right)^2}$

3. $\varphi = \arctan\left(\frac{-\frac{1}{\omega C}}{R}\right) = -\arctan\left(\frac{1}{\omega C R}\right)$

4.



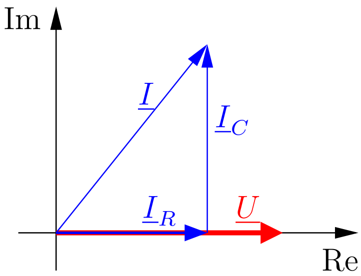
25.3

1. $\underline{I}_R = \frac{\underline{U}}{R}$; $\underline{I}_C = \mathrm{j}\omega C \underline{U}$

2. $I = \sqrt{\left(\frac{U}{R}\right)^2 + (\omega C U)^2}$

3. $\varphi = -\arctan\left(\frac{\omega C}{1/R}\right) = -\arctan(\omega C R)$

4.



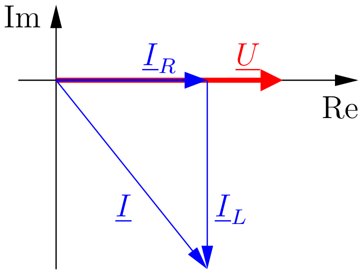
25.4

1. $\underline{I}_R = \frac{\underline{U}}{R}$; $\underline{I}_L = \frac{\underline{U}}{\mathrm{j}\omega L}$

2. $I = \sqrt{\left(\frac{U}{R}\right)^2 + \left(\frac{U}{\omega L}\right)^2}$

3. $\varphi = -\arctan\left(\frac{-\frac{1}{\omega L}}{\frac{1}{R}}\right) = -\arctan\left(-\frac{R}{\omega L}\right) = \arctan\left(\frac{R}{\omega L}\right)$

4.



25.5

$L = 26{,}6\,\mathrm{mH}$.

25.6

$L = 37{,}9\,\mathrm{mH}$.

25.7

$C = 379\,\mathrm{\mu F}$.

25.8

$C = 267\,\mathrm{\mu F}$.

25.9 ohmsch-kapazitiv
25.10 ohmsch
25.11 ohmsch-induktiv
25.12 induktiv
25.13 kapazitiv
26.1

1. $\underline{Z} = \mathrm{j}\omega L + \frac{\frac{1}{R} - \mathrm{j}\omega C}{\frac{1}{R^2} + \omega^2 C^2}$

2. $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{(RC)^2}}$

26.2

1. $\underline{Z} = R_1 + \frac{R_2 \cdot \mathrm{j}\omega L}{R_2 + \mathrm{j}\omega L} + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C}$

2. $$\omega_0 = \sqrt{\frac{R_2^2}{LCR_2^2 - L^2}}$$

27.1

1. $P = \frac{U^2}{R}$

   $Q = \frac{U^2}{\omega L}$

2.

$$\begin{aligned}
\underline{I} &= \frac{\underline{U}}{R} + \frac{\underline{U}}{\mathrm{j}\omega L} = \underline{U} \cdot \left(\frac{1}{R} - \mathrm{j}\frac{1}{\omega L}\right) \\
\underline{I}^* &= \underline{U}^* \cdot \left(\frac{1}{R} + \mathrm{j}\frac{1}{\omega L}\right) \\
\underline{S} &= \underline{U} \cdot \underline{I}^* = U^2 \cdot \left(\frac{1}{R} + \mathrm{j}\frac{1}{\omega L}\right) \\
\Rightarrow P &= \frac{U^2}{R} \\
Q &= \frac{U^2}{\omega L}
\end{aligned}$$

27.2

1. $P = \frac{U^2}{R}$

   $Q = -U^2 \cdot \omega C$

2. $\underline{S} = U^2 \cdot \left(\frac{1}{R} - \mathrm{j}\omega C\right)$

27.3

1.

$$\begin{aligned}
\underline{I} &= \frac{\underline{U}}{R + \mathrm{j}\omega L} \\
I &= \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \\
P &= I^2 \cdot R = U^2 \cdot \frac{R}{R^2 + (\omega L)^2} \\
Q &= I^2 \cdot \omega L = U^2 \cdot \frac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}
\end{aligned}$$

2. $$\underline{S} = U^2 \cdot \frac{R + \mathrm{j}\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}$$

27.4

1.

$$
\begin{aligned}
\underline{I} &= \frac{\underline{U}}{R+\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}}\\
I &= \frac{U}{\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}\\
P &= I^2\cdot R = U^2\cdot\frac{R}{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}\\
Q &= -I^2\cdot\frac{1}{\omega C} = -U^2\cdot\frac{\frac{1}{\omega C}}{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}
\end{aligned}
$$

2. $$\underline{S} = U^2\cdot\frac{R-\mathrm{j}\frac{1}{\omega C}}{R^2+\frac{1}{(\omega C)^2}}$$

27.5

1.

$$
\begin{aligned}
P &= U^2\cdot\left(\frac{R}{R^2+(\omega L)^2}+\frac{1}{R}\right)\\
Q &= U^2\cdot\frac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}
\end{aligned}
$$

2. $$\underline{S} = U^2\cdot\left(\frac{R}{R^2+(\omega L)^2}+\frac{1}{R}+\mathrm{j}\frac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}\right)$$

27.6

1.

$$
\begin{aligned}
P &= U^2\cdot\frac{R}{R^2+(\omega L)^2}\\
Q &= U^2\cdot\left(\frac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}+\frac{1}{\omega L}\right)
\end{aligned}
$$

2. $$\underline{S} = U^2\cdot\left(\frac{R}{R^2+(\omega L)^2}+\mathrm{j}\left(\frac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}+\frac{1}{\omega L}\right)\right)$$

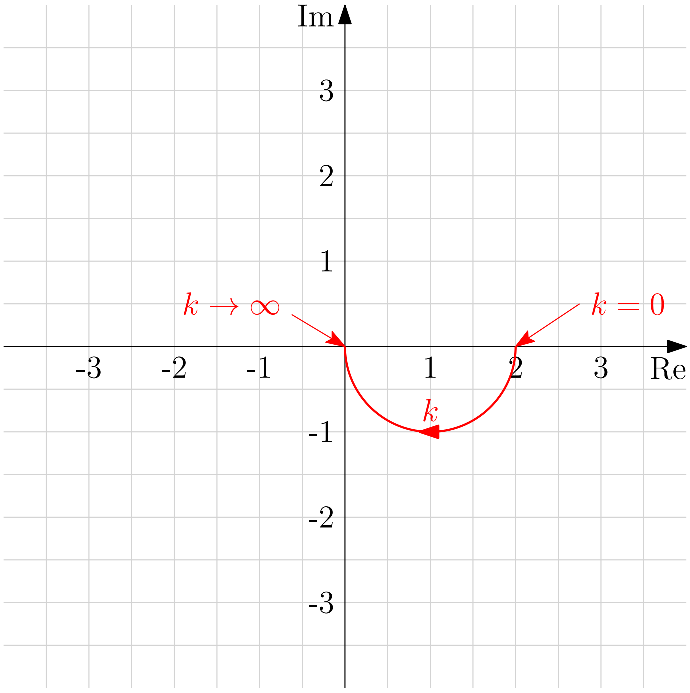
27.7

1.

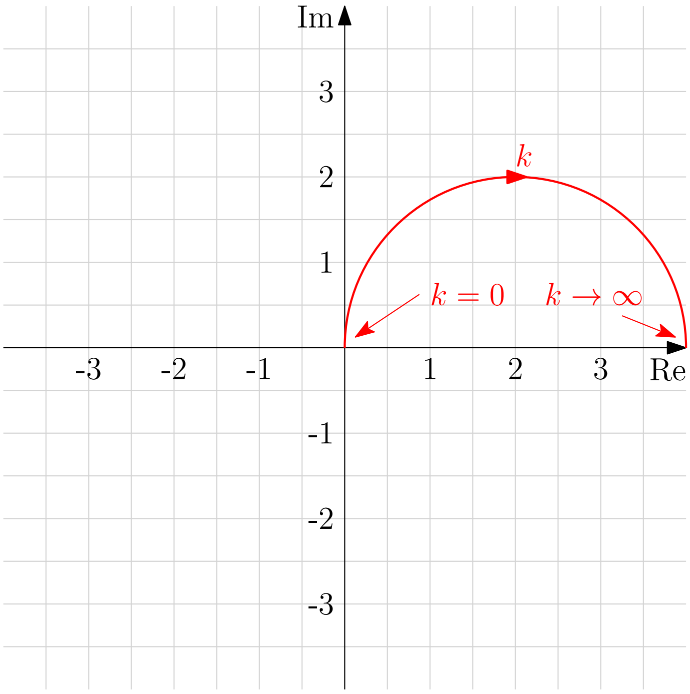
$$
\begin{aligned}
P &= U^2\cdot\frac{R}{R^2+(\omega L)^2}\\
Q &= U^2\cdot\left(\frac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}-\omega C\right)
\end{aligned}
$$

2. $$\underline{S} = U^2 \cdot \left(\frac{R}{R^2 + (\omega L)^2} + \mathrm{j} \left(\frac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2} - \omega C \right) \right)$$

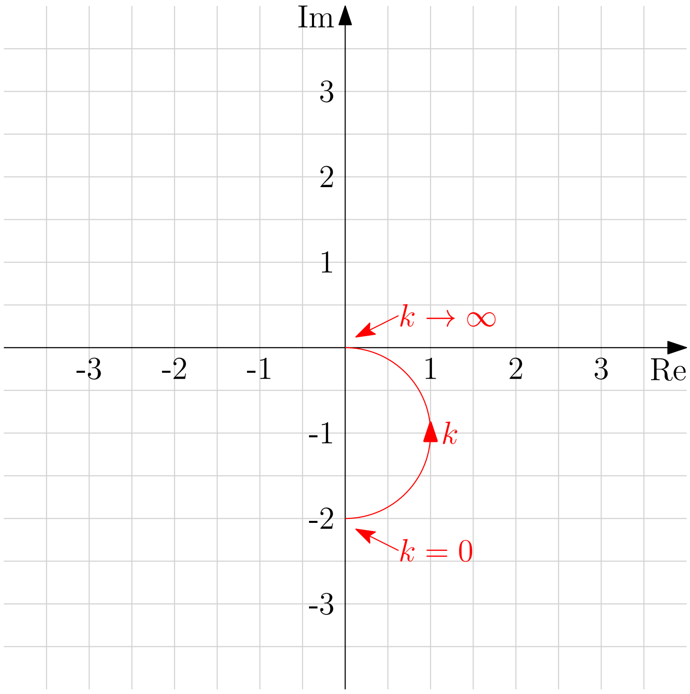
28.1



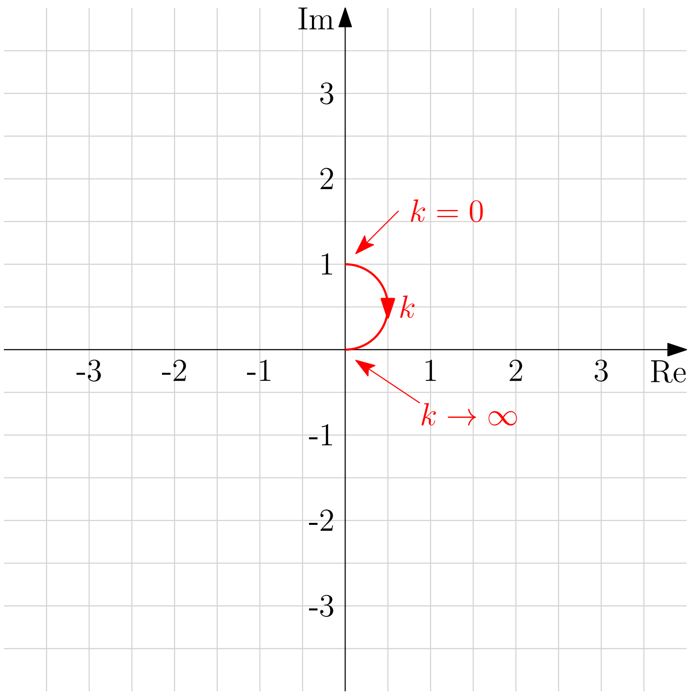
28.2



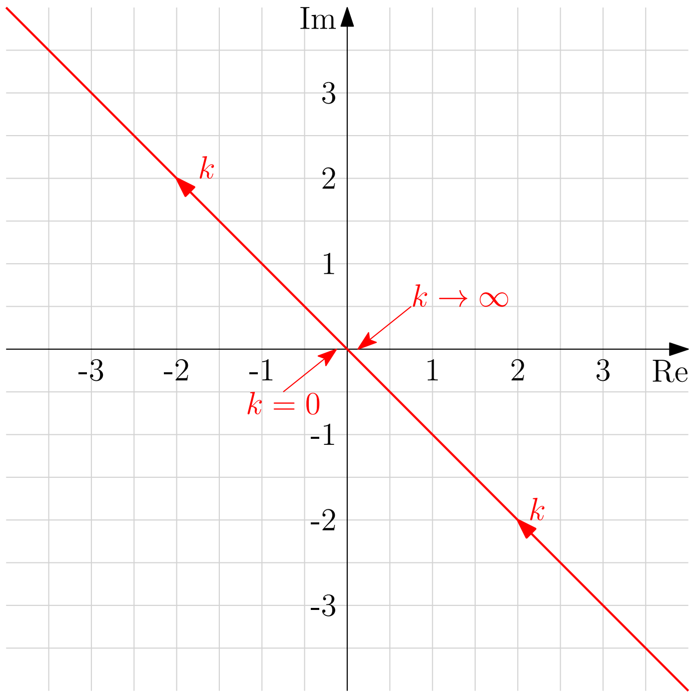
28.3



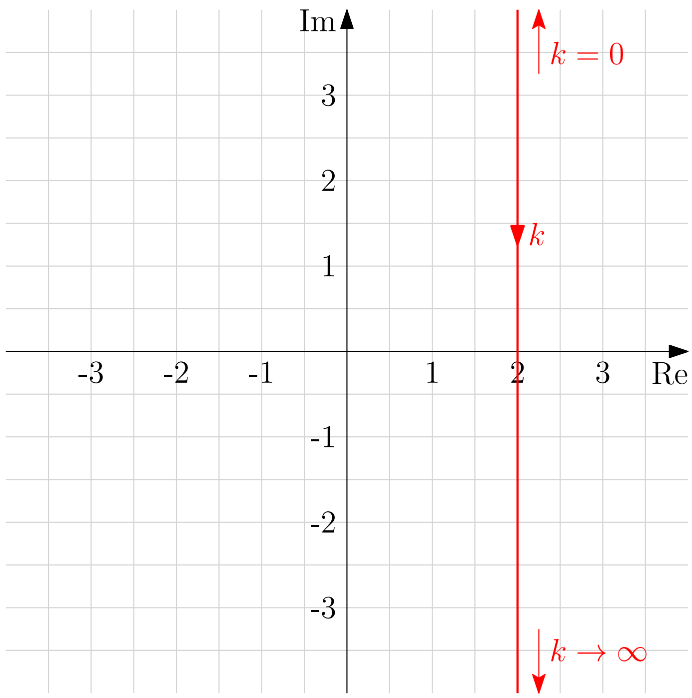
28.4



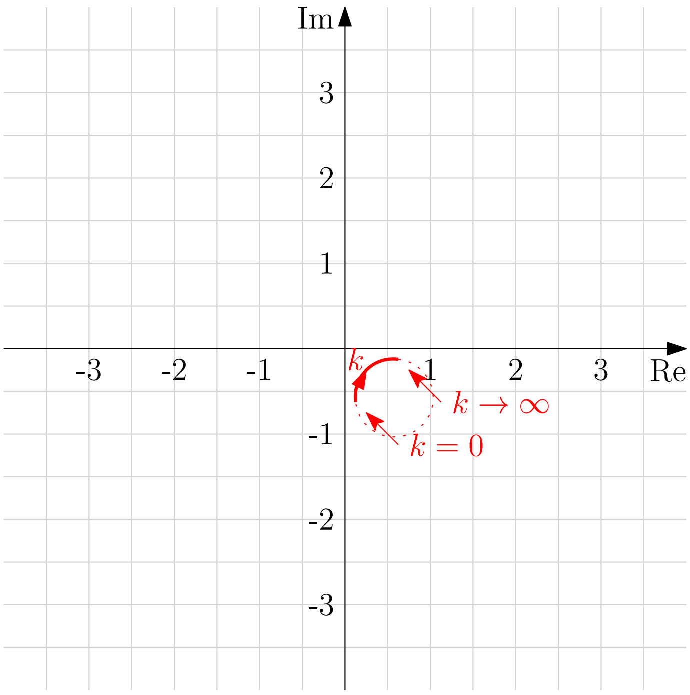
28.5


Im
3
2
1
-3
-2
-1
1
2
3
Re
-1
-2
-3
k
$k \to \infty$
$k = 0$
k

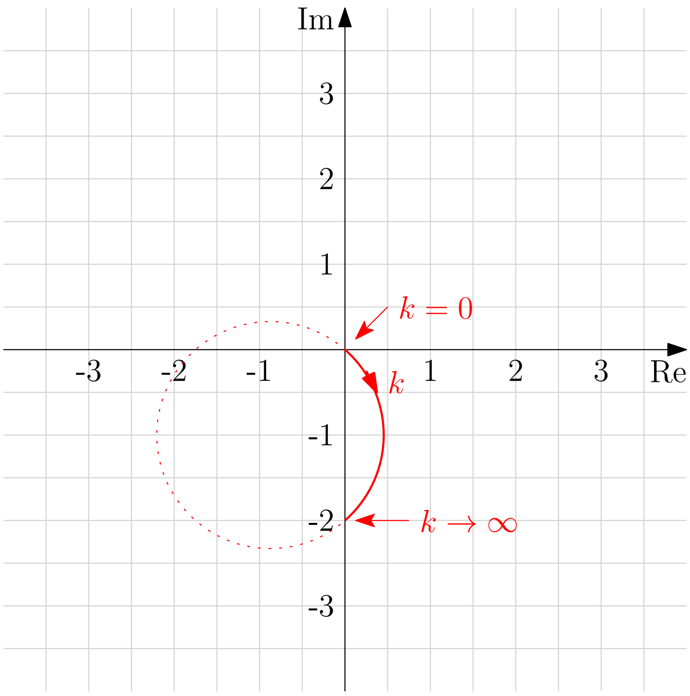
28.6


Im
3
2
1
-3
-2
-1
1
2
3
Re
-1
-2
-3
$k = 0$
k
$k \to \infty$

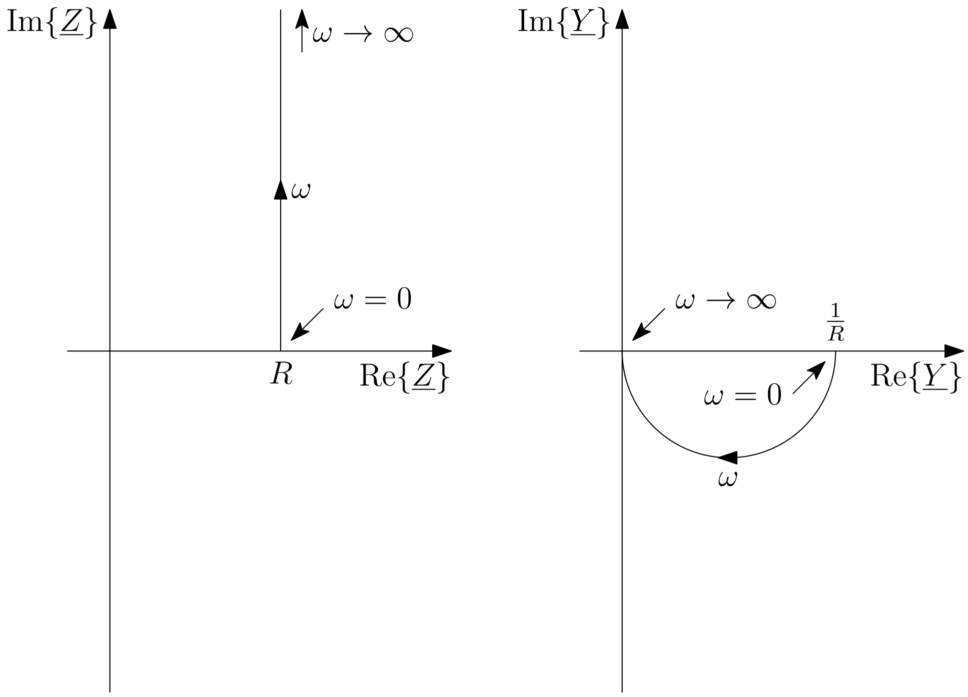
28.7


Im
3
2
1
-3
-2
-1
1
2
3
Re
-1
-2
-3
k
$k \to \infty$
$k = 0$

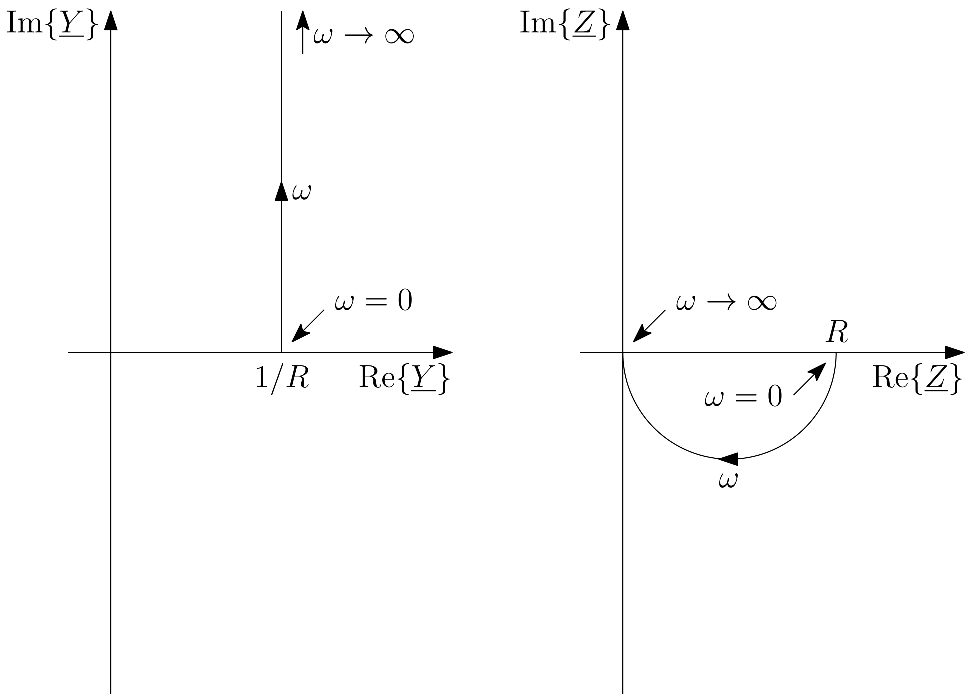
28.8


Im
3
2
1
$k = 0$
-3
-2
-1
1
2
3
Re
k
-1
-2
$k \to \infty$
-3

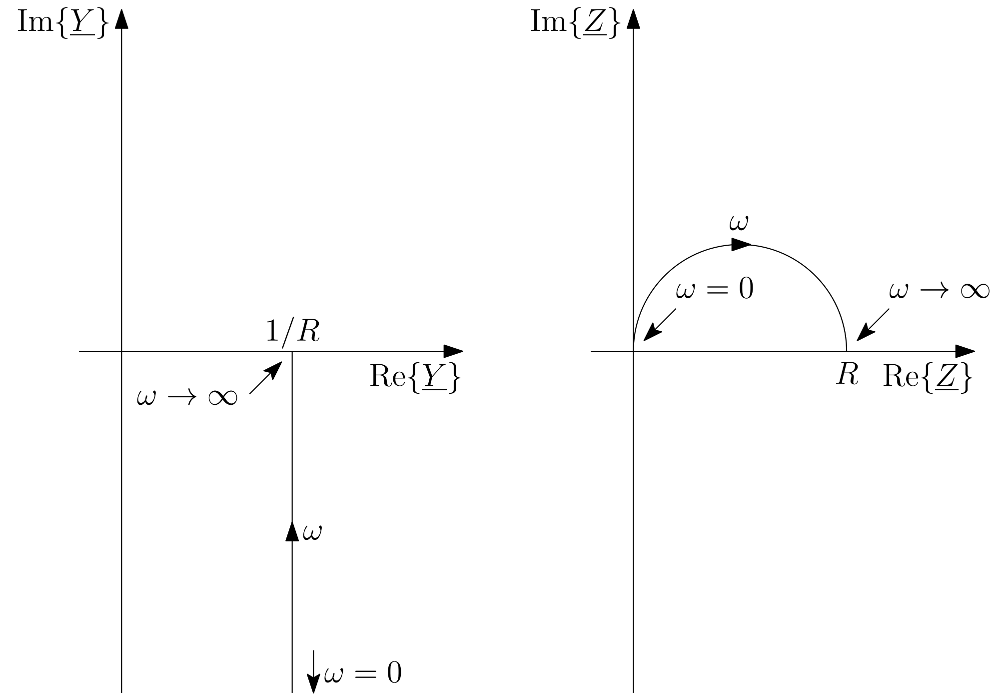
28.9



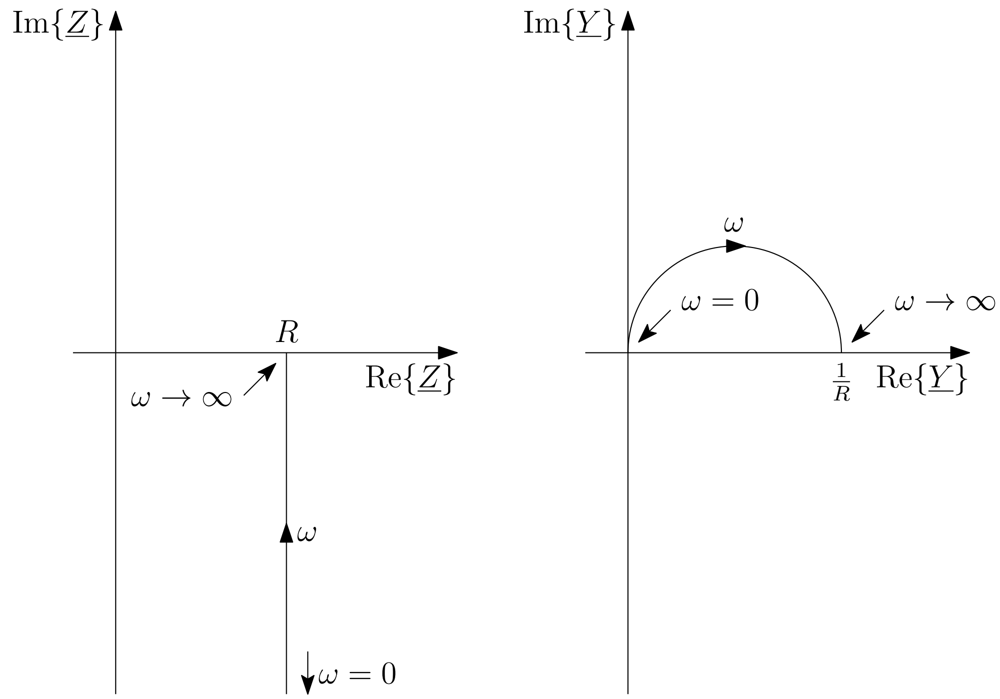
28.10



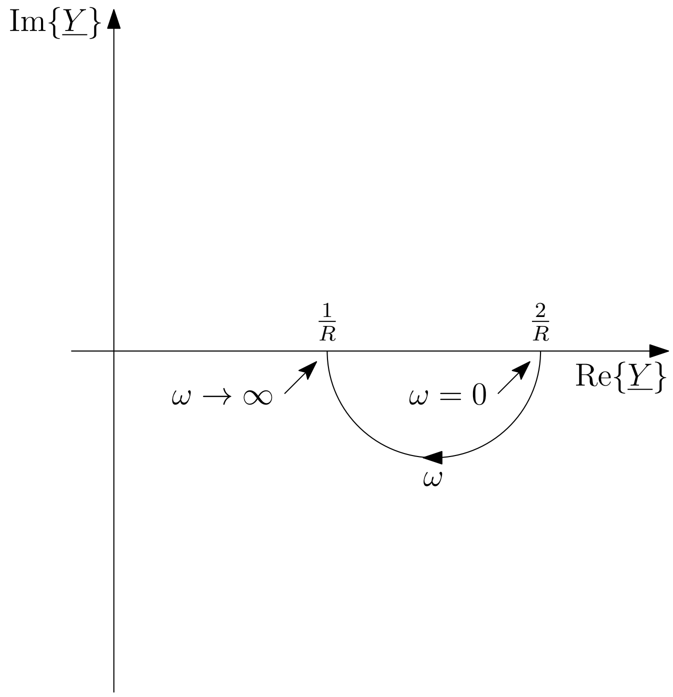
28.11



28.12

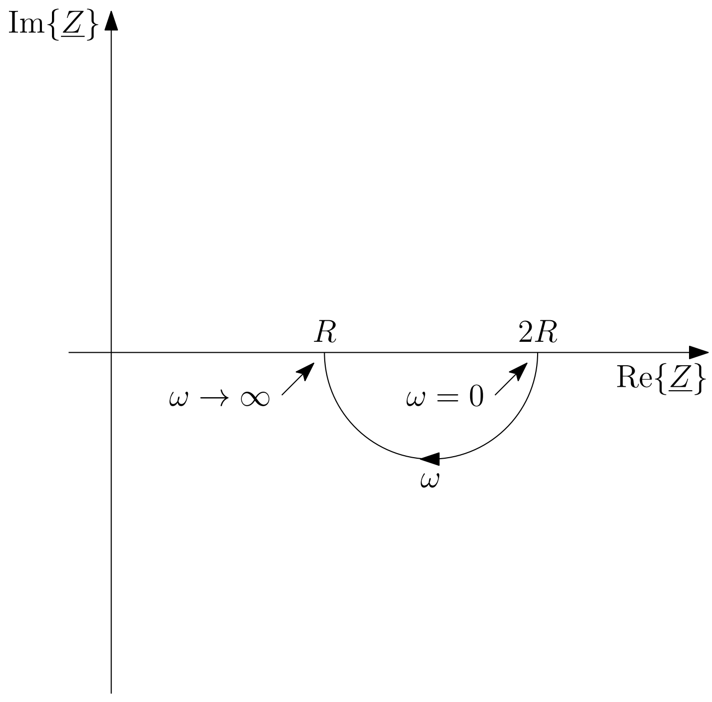


28.13



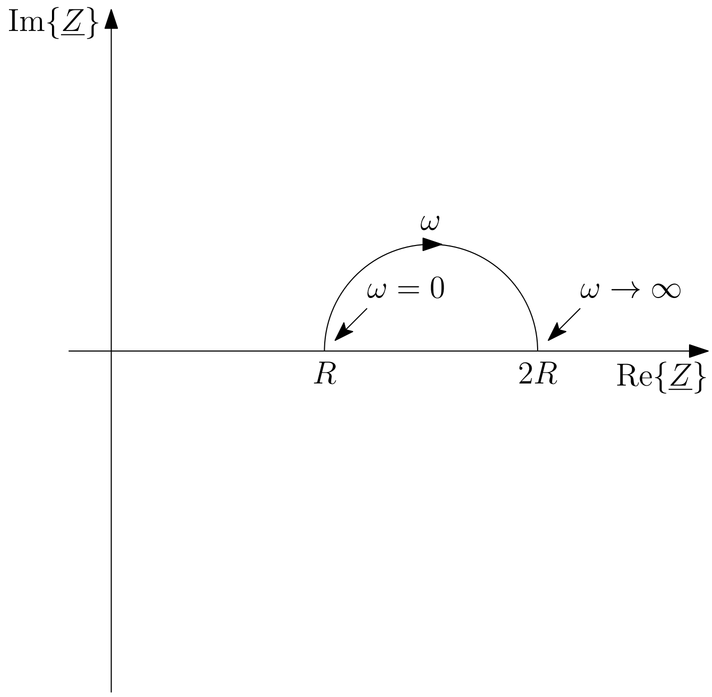
$\mathrm{Im}\{\underline{Y}\}$
$\frac{1}{R}$
$\frac{2}{R}$
$\mathrm{Re}\{\underline{Y}\}$
$\omega \to \infty$
$\omega = 0$
ω

28.14

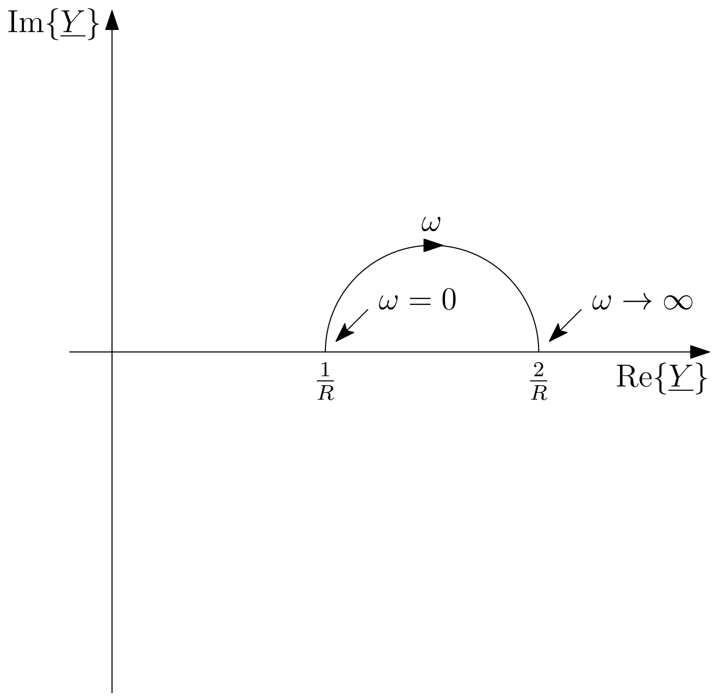


$\mathrm{Im}\{\underline{Z}\}$
R
$2R$
$\mathrm{Re}\{\underline{Z}\}$
$\omega \to \infty$
$\omega = 0$
ω

28.15



28.16



29.1

1. $\underline{k} = \frac{\mathrm{j}\omega L}{R + \mathrm{j}\omega L}$
2. $\underline{k} = \frac{\mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_\mathrm{g}}}{1 + \mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_\mathrm{g}}}$
3. $\omega_\mathrm{g} = \frac{R}{L}$

29.2

1. $\underline{k} = \frac{\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}}{R+\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}}$

2. $\underline{k} = \frac{1}{1+\mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_\mathrm{g}}}$

3. $\omega_\mathrm{g} = \frac{1}{RC}$

29.3

1. $\underline{k} = \frac{R}{R+\mathrm{j}\omega L}$

2. $\underline{k} = \frac{1}{1+\mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_\mathrm{g}}}$

3. $\omega_\mathrm{g} = \frac{R}{L}$

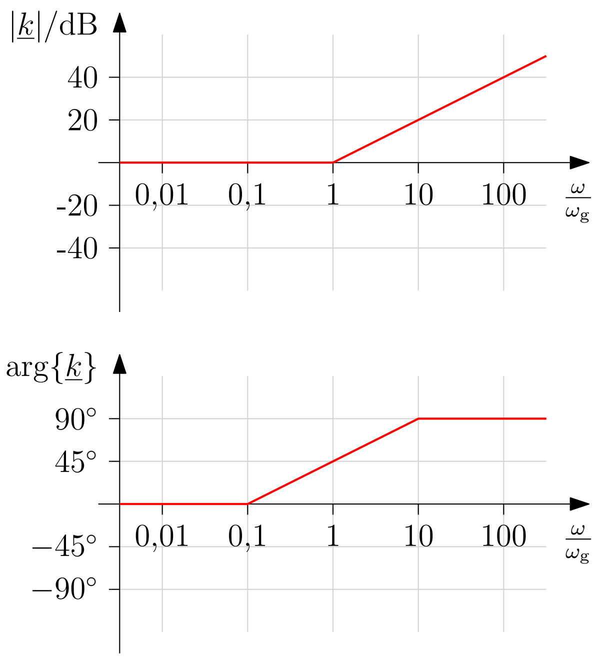
29.4

1. $\underline{k} = \frac{R}{R+\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}}$

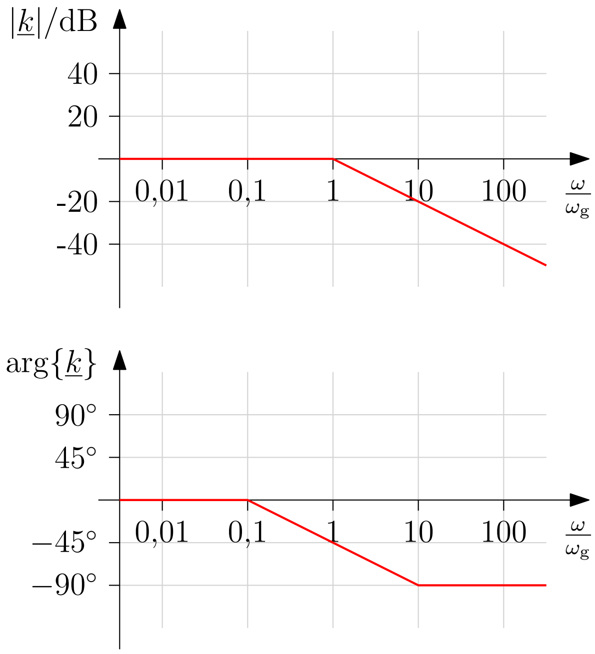
2. $\underline{k} = \frac{\mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_\mathrm{g}}}{1+\mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_\mathrm{g}}}$

3. $\omega_\mathrm{g} = \frac{1}{RC}$

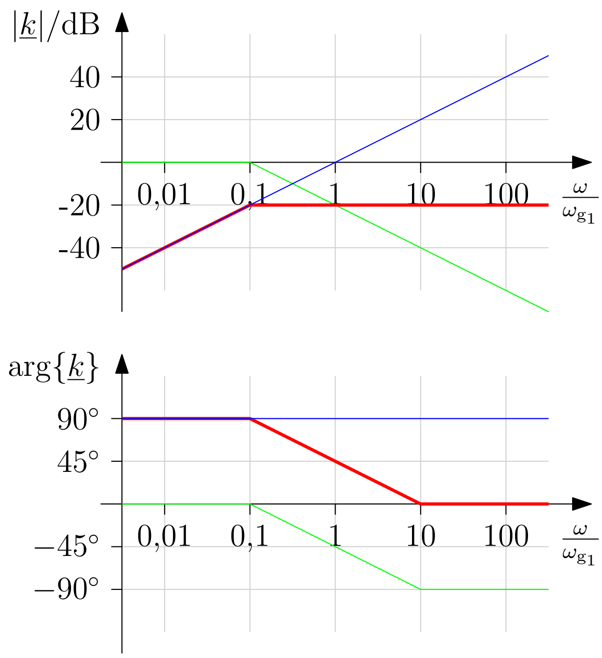
29.5



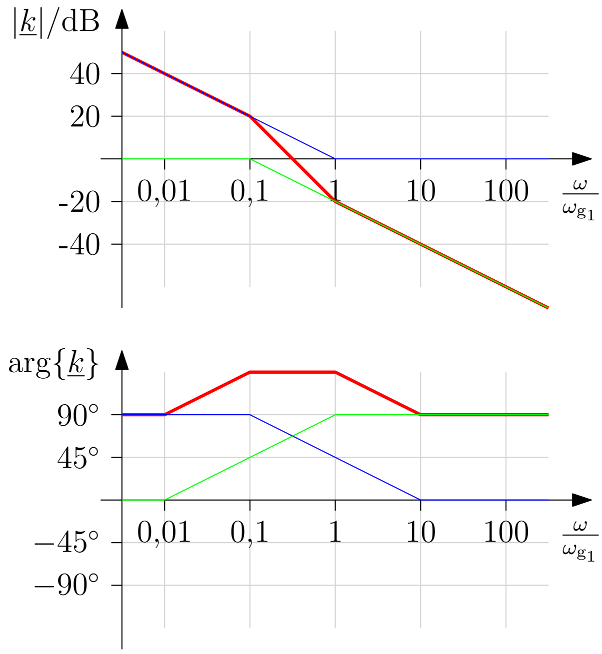
29.6


|k|/dB
40
20
-20
-40
0,01
0,1
1
10
100
ω/ωg
arg{k}
90°
45°
−45°
−90°

29.7


|k|/dB
40
20
-20
-40
0,01
0,1
1
10
100
ω/ωg1
arg{k}
90°
45°
−45°
−90°

29.8



30.1

$$
\begin{aligned}
\underline{U}_{1\mathrm{N}} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}\\
\underline{U}_{2\mathrm{N}} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-120^\circ}\\
\underline{U}_{3\mathrm{N}} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{120^\circ}\\
\underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\
\underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\
\underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}
\end{aligned}
$$

30.2

$$
\begin{aligned}
\underline{U}_{10} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}\\
\underline{U}_{20} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-120^\circ}\\
\underline{U}_{30} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{120^\circ}\\
\underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\
\underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\
\underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}
\end{aligned}
$$

30.3

$$
\begin{aligned}
\underline{U}_{10} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}\\
\underline{U}_{20} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-120^\circ}\\
\underline{U}_{30} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{120^\circ}\\
\underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\
\underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\
\underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}
\end{aligned}
$$

30.4

$$\begin{aligned}\underline{U}_{10} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}\\ \underline{U}_{20} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-120^\circ}\\ \underline{U}_{30} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{120^\circ}\\ \underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\ \underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\ \underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}\end{aligned}$$

30.5

$$\begin{aligned}\underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\ \underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\ \underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}\end{aligned}$$

30.6

$$\begin{aligned}\underline{U}_{10} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}\\ \underline{U}_{20} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-120^\circ}\\ \underline{U}_{30} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{120^\circ}\\ \underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\ \underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\ \underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}\end{aligned}$$

30.7

$$\begin{aligned}\underline{U}_{10} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}\\ \underline{U}_{20} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-120^\circ}\\ \underline{U}_{30} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{120^\circ}\\ \underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\ \underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\ \underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}\end{aligned}$$

30.8

$$\begin{aligned}\underline{U}_{10} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ}\\ \underline{U}_{20} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-120^\circ}\\ \underline{U}_{30} &= U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{120^\circ}\\ \underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\ \underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\ \underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}\end{aligned}$$

30.9

$$\begin{aligned}\underline{U}_{12} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ}\\ \underline{U}_{23} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ}\\ \underline{U}_{31} &= \sqrt{3}U_{\mathrm{Y}} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}\end{aligned}$$

30.10

$$\begin{aligned}
\underline{U}_{10} &= U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{0^\circ} \\
\underline{U}_{20} &= U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{-120^\circ} \\
\underline{U}_{30} &= U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{120^\circ} \\
\underline{U}_{12} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ} \\
\underline{U}_{23} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ} \\
\underline{U}_{31} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}
\end{aligned}$$

30.11

$$\begin{aligned}
\underline{U}_{12} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ} \\
\underline{U}_{23} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ} \\
\underline{U}_{31} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}
\end{aligned}$$

30.12

$$\begin{aligned}
\underline{U}_{12} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{30^\circ} \\
\underline{U}_{23} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{-90^\circ} \\
\underline{U}_{31} &= \sqrt{3} U_\mathrm{Y} \cdot \mathrm{e}^{150^\circ}
\end{aligned}$$

31.1

$$\begin{aligned}
a_0 &= 0 \\
b_m &= 0
\end{aligned}$$

31.2

$$\begin{aligned}
a_{2m+1} &= 0 \\
b_m &= 0
\end{aligned}$$

31.3

$$\begin{aligned}
a_0 &= 0 \\
a_m &= 0
\end{aligned}$$

31.4

$$a_m = 0$$

31.5

$$\begin{aligned}
a_0 &= 0 \\
a_m &= 0 \\
b_{2m+1} &= 0
\end{aligned}$$

31.6

$$\begin{aligned}
a_m &= 0 \\
b_{2m+1} &= 0
\end{aligned}$$

31.7

$$\begin{aligned} a_0 &= 0 \\ a_{2m} = b_{2m} &= 0 \end{aligned}$$

31.8

$$a_{2m} = b_{2m} = 0$$

31.9

$$\begin{aligned} a_0 &= 2\hat{u}\frac{t_2 - t_1}{T} \\ a_m &= \frac{\hat{u}}{m\pi}\left(\sin(m\omega t_2 - \sin(m\omega t_1)\right) \\ b_m &= \frac{\hat{u}}{m\pi}\left(-\cos(m\omega t_2 + \cos(m\omega t_1)\right) \end{aligned}$$

31.10

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{\hat{u}}{2} \\ a_m &= \frac{\hat{u}}{m\pi}(\cos(m\pi) - 1) \\ b_m &= -\frac{\hat{u}}{m\pi}\cos(m\pi) \end{aligned}$$

31.11

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{2\hat{u}}{\pi} \\ a_m &= \begin{cases} 0 & , \quad m = 1 \\ \hat{u}\left(\frac{1}{(1-m)2\pi}(1 - \cos((1-m)\pi)) + \frac{1}{(1+m)2\pi}(1 - \cos((1+m)\pi))\right) & , \quad m > 1 \end{cases} \\ b_m &= \begin{cases} \frac{\hat{u}}{2} & , \quad m = 1 \\ 0 & , \quad m > 1 \end{cases} \end{aligned}$$

32.1

$$\begin{aligned} i_L(t=0) &= \frac{U}{R} \\ u_C(t=0) &= U \end{aligned}$$

32.2

$$\begin{aligned} i_L(t=0) &= \frac{U}{R_1 + R_2} \\ u_C(t=0) &= U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

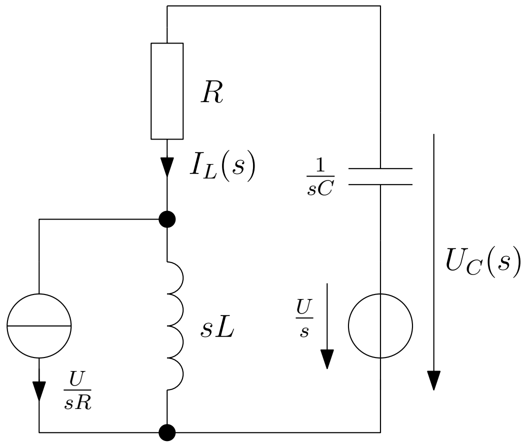
32.3

$$\begin{aligned} i_L(t=0) &= \frac{U}{R_2} \\ u_C(t=0) &= U \end{aligned}$$

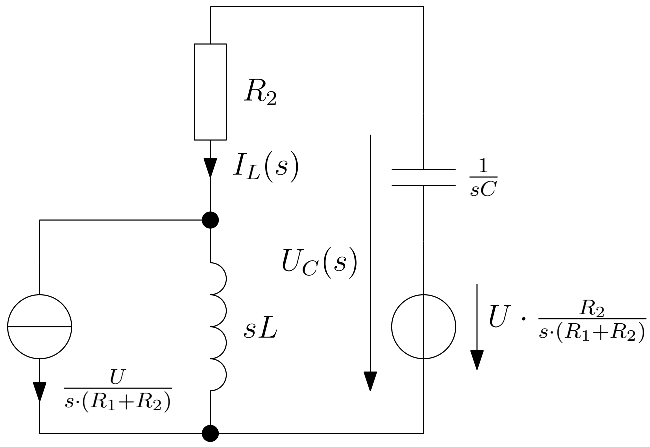
32.4

$$\begin{aligned} i_L(t=0) &= 0 \\ u_C(t=0) &= U \end{aligned}$$

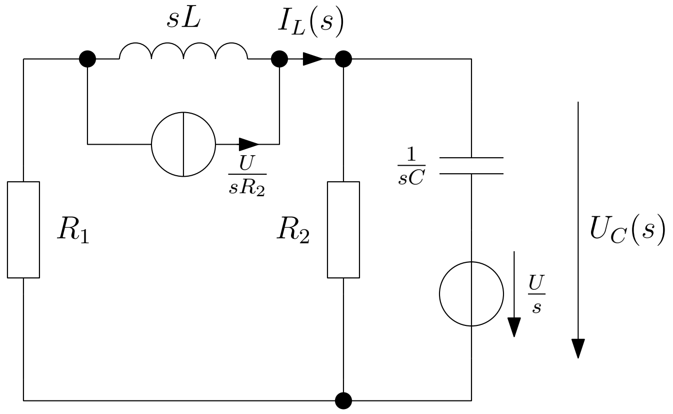
32.5



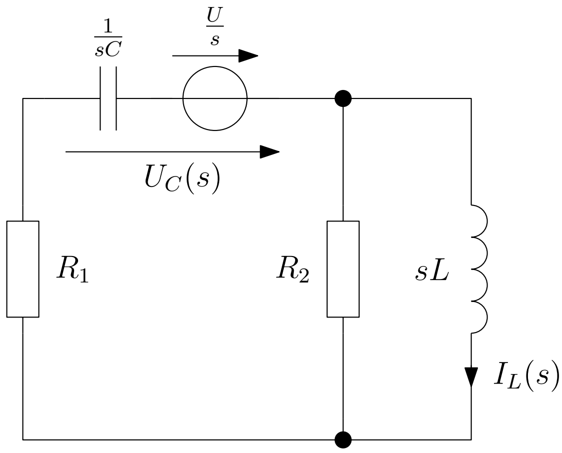
32.6



32.7



32.8



32.9

$$I_L(s) = \frac{\frac{U}{s} + \frac{UL}{R}}{R + sL + \frac{1}{sC}}$$

32.10

$$I_L(s) = \frac{\frac{UL}{R_1+R_2} + \frac{UR_2}{s(R_1+R_2)}}{R + sL + \frac{1}{sC}}$$

32.11

$$I_L(s) = \frac{U\left(\frac{L}{R_2} - \frac{C}{\frac{1}{R_2}+sC}\right)}{R_1 + sL + \frac{1}{\frac{1}{R_2}+sC}}$$

32.12

$$I_L(s) = -\frac{\frac{U}{s}}{R_1 + \frac{1}{sC}} \cdot \frac{\frac{1}{sL}}{\frac{1}{R_1+\frac{1}{sC}} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{sL}}$$

33.1

1. $U_{12} = 6\,\mathrm{V}$,
2. $U_{13} = 8\,\mathrm{V}$,
3. $U_{14} = 14\,\mathrm{V}$,
4. $U_{15} = 0\,\mathrm{V}$,
5. $U_{34} = 6\,\mathrm{V}$,
6. $U_{16} = 14\,\mathrm{V}$.

33.2

1. $U_{12} = 4\,\mathrm{V}$,
2. $U_{13} = \frac{128}{3}\,\mathrm{V} = 42{,}67\,\mathrm{V}$,

3. $U_{14} = 46{,}67\,\mathrm{V}$,
4. $U_{15} = 0\,\mathrm{V}$,
5. $U_{34} = 4\,\mathrm{V}$,
6. $U_{16} = 46{,}67\,\mathrm{V}$.

33.3

1. $\vec{J} = \text{const.}$
2. $\vec{E} = \text{const.}$
3. $\vec{J} = \frac{I}{A}\vec{e}_x$
   $\vec{E} = \frac{I}{A\kappa}\vec{e}_x = \frac{U}{d}\vec{e}_x$

33.4

1. $\vec{J} = \text{const.}$
2. $\vec{E} = \vec{E}(x)$
3. $\vec{J} = \frac{I}{A}\vec{e}_x$
   $\vec{E} = \frac{I}{A\kappa(x)}\vec{e}_x$

33.5

1. $\vec{J} = \vec{J}(y)$
2. $\vec{E} = \text{const.}$
3. $\vec{E} = \frac{U}{d}\vec{e}_x$
   $\vec{J} = \kappa(y) \cdot \frac{U}{d}\vec{e}_x$

33.6

1. $\vec{J} = \vec{J}(\rho)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
3. $\vec{J} = \frac{I}{2\pi l\rho}\vec{e}_\rho$
   $\vec{E} = \frac{I}{\kappa 2\pi l\rho}\vec{e}_\rho$

33.7

1. $\vec{J} = \vec{J}(\rho)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
3. $\vec{J} = \frac{I}{2\pi l\rho}\vec{e}_\rho$
   $\vec{E} = \frac{I}{\kappa(\rho)2\pi l\rho}\vec{e}_\rho$

33.8

1. $\vec{J} = \vec{J}(\rho, z)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$

33.9

1. $\vec{J} = \vec{J}(r)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(r)$
3. $\vec{J} = \frac{I}{4\pi r}\vec{e}_r$
   $\vec{E} = \frac{I}{\kappa 4\pi r}\vec{e}_r$

33.10

1. $\vec{J} = \vec{J}(r)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(r)$
3. $\vec{J} = \frac{I}{4\pi r}\vec{e}_r$
   $\vec{E} = \frac{I}{\kappa(r) 4\pi r}\vec{e}_r$

33.11

1. $\vec{J} = \vec{J}(r, \theta)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(r)$

33.12

1. $\vec{D} = \text{const.}$
2. $\vec{E} = \text{const.}$
3. $\vec{D} = \frac{Q}{A}\vec{e}_x$
   $\vec{E} = \frac{Q}{A\varepsilon}\vec{e}_x = \frac{U}{d}\vec{e}_x$

33.13

1. $\vec{D} = \text{const.}$
2. $\vec{E} = \vec{E}(x)$
3. $\vec{D} = \frac{Q}{A}\vec{e}_x$
   $\vec{E} = \frac{Q}{A\varepsilon(x)}\vec{e}_x$

33.14

1. $\vec{D} = \vec{D}(y)$
2. $\vec{E} = \text{const.}$

3. $\vec{E} = \frac{U}{d}\vec{e}_x$ $\vec{D} = \varepsilon\frac{U}{d}\vec{e}_x$

33.15

1. $\vec{D} = \vec{D}(\rho)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
3. $\vec{D} = \frac{Q}{2\pi l\rho}\vec{e}_\rho$
   $\vec{E} = \frac{Q}{\varepsilon 2\pi l\rho}\vec{e}_\rho$

33.16

1. $\vec{D} = \vec{D}(\rho)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$
3. $\vec{D} = \frac{Q}{2\pi l\rho}\vec{e}_\rho$
   $\vec{E} = \frac{Q}{\varepsilon(\rho) 2\pi l\rho}\vec{e}_\rho$

33.17

1. $\vec{D} = \vec{D}(\rho, z)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(\rho)$

33.18

1. $\vec{D} = \vec{D}(r)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(r)$
3. $\vec{D} = \frac{Q}{4\pi r^2}\vec{e}_r$
   $\vec{E} = \frac{Q}{\varepsilon 4\pi r^2}\vec{e}_r$

33.19

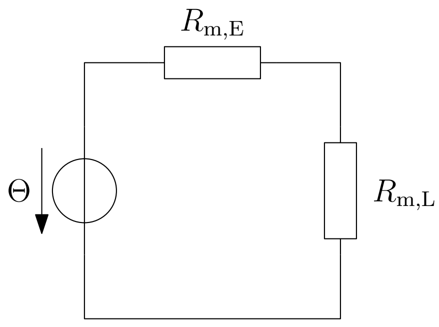
1. $\vec{D} = \vec{D}(r)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(r)$
3. $\vec{D} = \frac{Q}{4\pi r^2}\vec{e}_r$
   $\vec{E} = \frac{Q}{\varepsilon(r) 4\pi r^2}\vec{e}_r$

33.20

1. $\vec{D} = \vec{D}(r, \theta)$
2. $\vec{E} = \vec{E}(r)$

34.1

1.

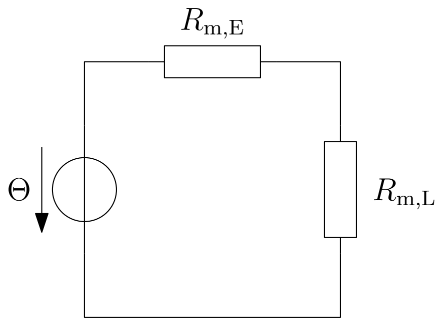


2.

$$\begin{aligned}
\Theta &= N \cdot I \\
R_{\mathrm{m,E}} &= 3\frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} + \frac{l-d}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \approx 4\frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,L}} &= \frac{d}{\mu_0 A}
\end{aligned}$$

34.2

1.

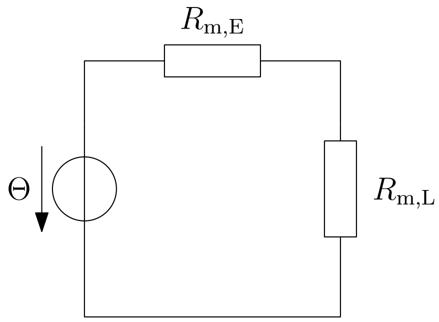


2.

$$\begin{aligned}
\Theta &= N \cdot I \\
R_{\mathrm{m,E}} &= 3\frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} + \frac{l-d}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \approx 4\frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,L}} &= \frac{d}{\mu_0 A}
\end{aligned}$$

34.3

1.

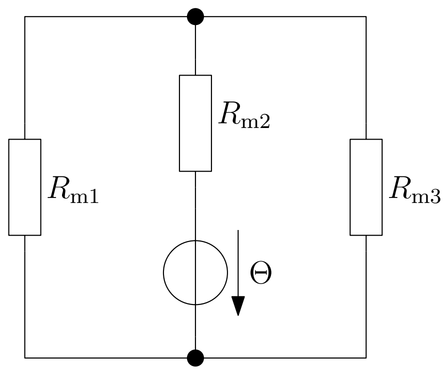


2.

$$\begin{aligned}
\Theta &= N \cdot I \\
R_{\mathrm{m,E}} &= 3\frac{l}{\mu_0\mu_\mathrm{r}A} + \frac{l-d}{\mu_0\mu_\mathrm{r}A} \approx 4\frac{l}{\mu_0\mu_\mathrm{r}A} \\
R_{\mathrm{m,L}} &= \frac{d}{\mu_0 A}
\end{aligned}$$

34.4

1.

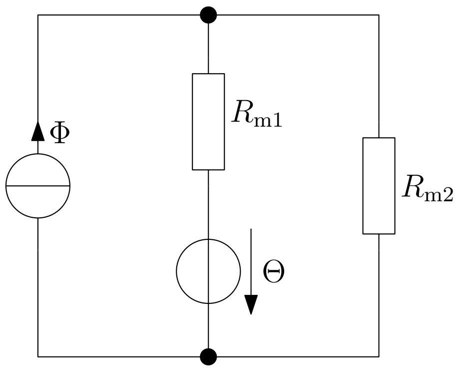


2.

$$\begin{aligned}
\Theta &= N \cdot I \\
R_{\mathrm{m1}} &= 3\frac{l}{\mu_0\mu_\mathrm{r}A_1} \\
R_{\mathrm{m2}} &= \frac{l}{\mu_0\mu_\mathrm{r}A_1} \\
R_{\mathrm{m3}} &= 2\frac{l}{\mu_0\mu_\mathrm{r}A_1} + \frac{l}{\mu_0\mu_\mathrm{r}A_2}
\end{aligned}$$

34.5

1.

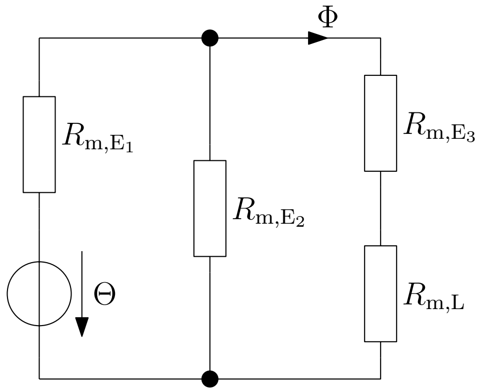


2.

$$\begin{aligned}
\Theta &= N \cdot I \\
R_{\mathrm{m1}} &= \frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A_1} \\
R_{\mathrm{m2}} &= 2\frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A_1} + \frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A_2}
\end{aligned}$$

34.6

1.



2.

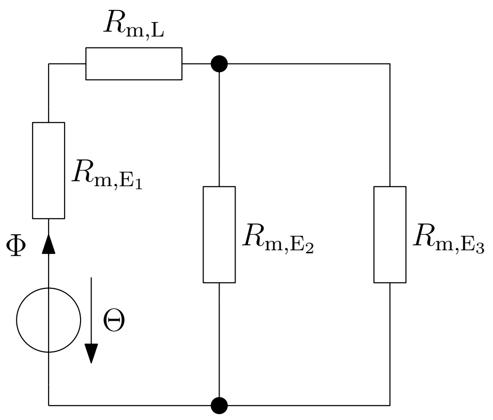
$$\begin{aligned}
\Theta &= N \cdot I \\
R_{\mathrm{m,E_1}} &= \frac{3 \cdot l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,E_2}} &= \frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,E_3}} &= \frac{2 \cdot l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} + \frac{l-d}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \approx \frac{3 \cdot l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,L}} &= \frac{d}{\mu_0 A}
\end{aligned}$$

3.

$$\Phi = \frac{N \cdot I}{R_{\mathrm{m,E_1}}} \cdot \frac{\frac{R_{\mathrm{m,E_1}} \cdot R_{\mathrm{m,E_2}}}{R_{\mathrm{m,E_1}} + R_{\mathrm{m,E_2}}}}{\frac{R_{\mathrm{m,E_1}} \cdot R_{\mathrm{m,E_2}}}{R_{\mathrm{m,E_1}} + R_{\mathrm{m,E_2}}} + R_{\mathrm{m,E_3}} + R_{\mathrm{m,L}}}$$

34.7

1.



2.

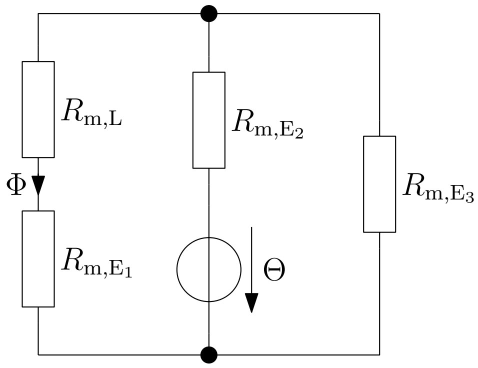
$$\begin{aligned}
\Theta &= N \cdot I \\
R_{\mathrm{m,E_1}} &= \frac{2 \cdot l/2}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} + \frac{l/2 - d}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \approx \frac{3 \cdot l/2}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,E_2}} &= \frac{l/2}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,E_3}} &= \frac{3 \cdot l/2}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,L}} &= \frac{d}{\mu_0 A}
\end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned}
\Phi &= \frac{\Theta}{R_{\mathrm{m,E_1}} + R_{\mathrm{m,L}} + \frac{R_{\mathrm{m,E_2}} \cdot R_{\mathrm{m,E_3}}}{R_{\mathrm{m,E_2}} + R_{\mathrm{m,E_3}}}} \\
H &= \frac{\Phi}{\mu_0 A}
\end{aligned}$$

34.8

1.



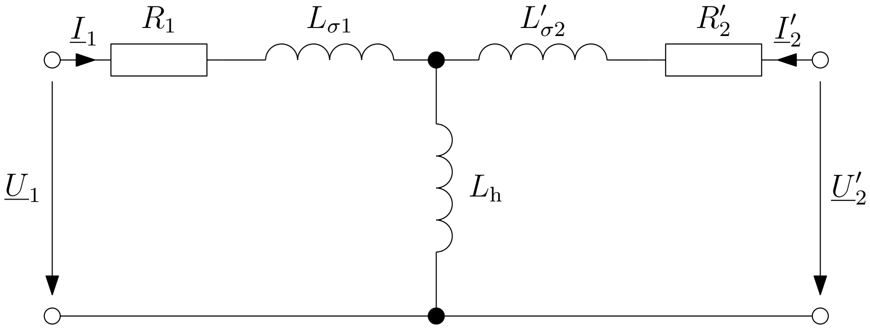
2.

$$
\begin{aligned}
\Theta &= N \cdot I \\
R_{\mathrm{m,E_1}} &= \frac{2 \cdot l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} + \frac{l - d}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \approx \frac{3 \cdot l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,E_2}} &= \frac{l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,E_3}} &= \frac{3 \cdot l}{\mu_0 \mu_\mathrm{r} A} \\
R_{\mathrm{m,L}} &= \frac{d}{\mu_0 A}
\end{aligned}
$$

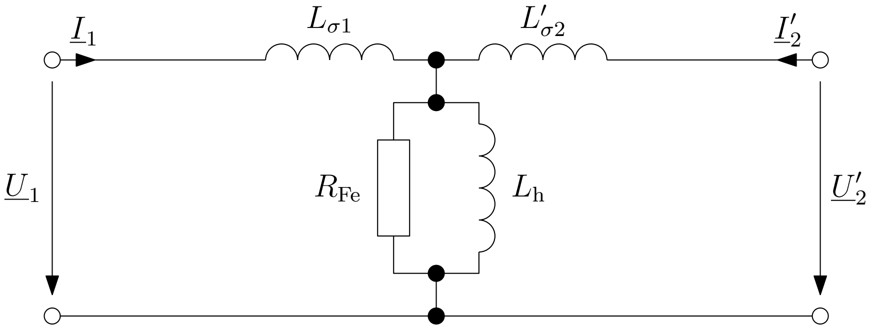
3.

$$
\begin{aligned}
\Phi &= \frac{\Theta}{R_{\mathrm{m,E_2}}} \cdot \frac{\frac{R_{\mathrm{m,E_2}} \cdot R_{\mathrm{m,E_3}}}{R_{\mathrm{m,E_2}} + R_{\mathrm{m,E_3}}}}{\frac{R_{\mathrm{m,E_2}} \cdot R_{\mathrm{m,E_3}}}{R_{\mathrm{m,E_2}} + R_{\mathrm{m,E_3}}} + R_{\mathrm{m,E_1}} + R_{\mathrm{m,L}}} \\
H &= \frac{\Phi}{\mu_0 A}
\end{aligned}
$$

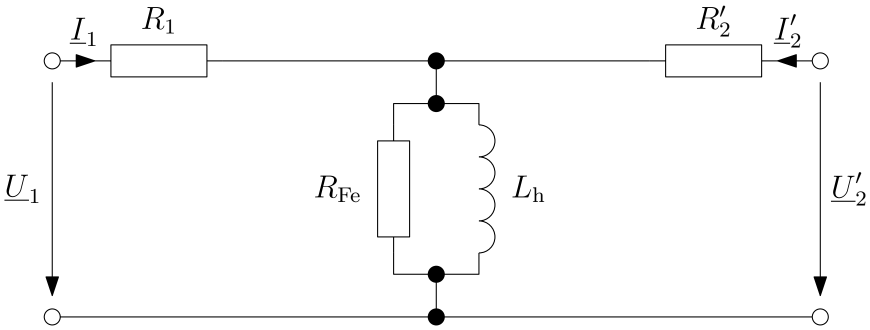
35.1



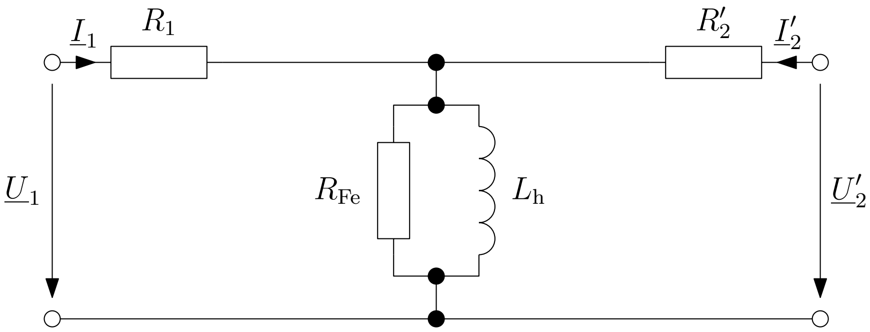
35.2



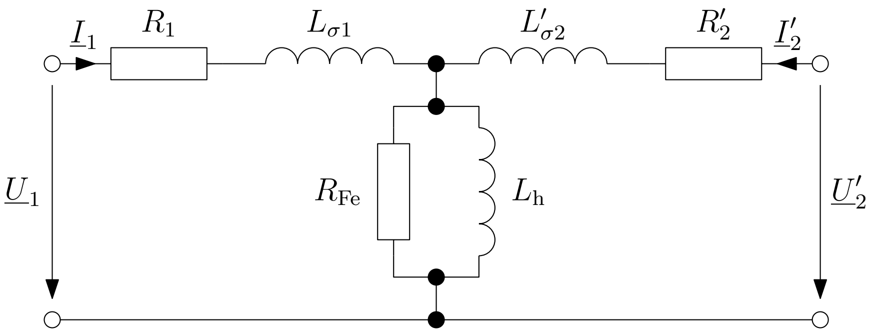
35.3



35.4



35.5



35.6

$R_{\mathrm{Fe}} = \infty$

$L_{\mathrm{h}} = 637\,\mathrm{mH}$

35.7

$R_{\mathrm{Fe}} = 800\,\Omega$

$L_\mathrm{h} = 657{,}5\,\mathrm{mH}$

35.8

$R_\mathrm{Fe} = 1152\,\Omega$

$L_\mathrm{h} = 646{,}4\,\mathrm{mH}$

35.9

$R_1 = R_2' = 0$

$L_{1\sigma} = L_{2\sigma}' = 796\,\mu\mathrm{H}$

$R_2 = 0$

$L_{2\sigma} = 7{,}96\,\mu\mathrm{F}$

35.10

$R_1 = R_2' = 0{,}25\,\Omega$

$L_{1\sigma} = L_{2\sigma}' = 0$

$R_2 = 2{,}5\,\mathrm{m}\Omega$

$L_{2\sigma} = 0$

35.11

$R_1 = R_2' = 0{,}1\,\Omega$

$L_{1\sigma} = L_{2\sigma}' = 729\,\mu\mathrm{F}$

$R_2 = 1\,\mathrm{m}\Omega$

$L_{2\sigma} = 7{,}29\,\mu\mathrm{F}$

35.12

$R_1 = R_2' = 250\,\mathrm{m}\Omega$

$L_{1\sigma} = L_{2\sigma}' = 0$

$R_2 = 2{,}5\,\mathrm{m}\Omega$

$L_{2\sigma} = 0$

35.13

$R_1 = R_2' = 0$

$L_{1\sigma} = L_{2\sigma}' = 796\,\mu\mathrm{F}$

$R_2 = 0$

$L_{2\sigma} = 7{,}96\,\mu\mathrm{F}$

35.14

$R_1 = R_2' = 177\,\mathrm{m}\Omega$

$L_{1\sigma} = L_{2\sigma}' = 563\,\mu\mathrm{F}$

$R_2 = 1{,}77\,\mathrm{m}\Omega$

$L_{2\sigma} = 5{,}63\,\mu\mathrm{F}$