

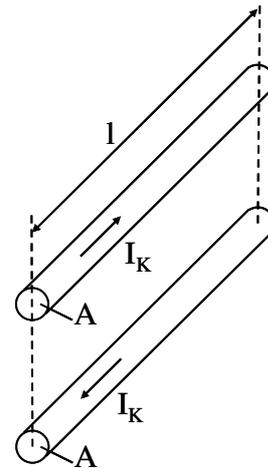


Aufgabe 1:

Ein zweiadriges Hochspannungs-Gleichstrom-Kabel soll die elektrische Leistung eines Offshore-Windparks von  $P = 100 \text{ MW}$  über eine Entfernung von  $l = 50 \text{ km}$  übertragen. Die Spannung am Einspeisepunkt beträgt  $U = 250 \text{ kV}$ .

Die Übertragung soll mit einem Wirkungsgrad von 99 % erfolgen.

Das für das Kabel verwendete Kupfer weist einen spezifischen Widerstand von  $\rho = 1,79 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega\text{m}$  auf, der als temperaturunabhängig ansehen werden darf.

Fragen:

1. Wie groß darf die über dem Kabel abfallende Spannung  $U_K$  maximal sein? (1 Punkt)
2. Welcher Strom  $I_K$  fließt im Kabel? (1 Punkt)
3. Wie groß darf der Widerstand jedes der zwei Leiter höchstens sein? (1 Punkt)
4. Welche Querschnittsfläche  $A$  müssen Sie mindestens einsetzen? (2 Punkte)

Lösung Aufgabe 1

Aufgabe 2:

Der Strom  $I_B$  soll nach dem Prinzip der Ersatzspannungsquelle ermittelt werden. Folgende Werte für die Bauelemente seien gegeben:

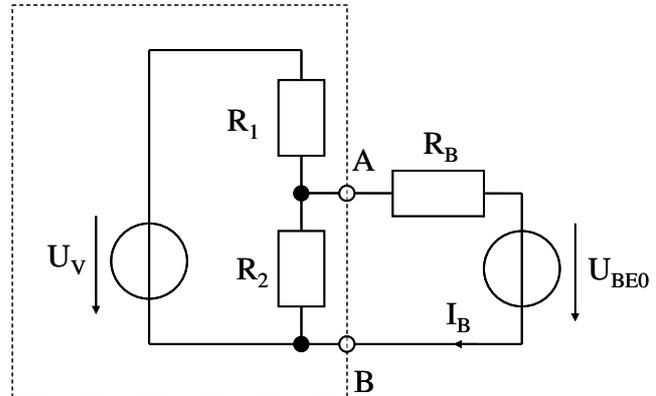
$$U_V = 10 \text{ V}$$

$$U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$$

$$R_1 = 9,1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 560 \text{ }\Omega$$

$$R_B = 50 \text{ }\Omega$$

Fragen:

1. Zeichnen Sie eine Ersatzspannungsquelle des gestrichelt eingerahmten Teil-Netzwerks aus  $U_V$ ,  $R_1$  und  $R_2$  bezüglich der Klemmen A und B auf! (1 Punkt)
2. Berechnen Sie den Innenwiderstand  $R_i$  und die Quellspannung  $U_0$  der Ersatzquelle? (2 Punkte)
3. Berechnen Sie den Strom  $I_B$ ! (2 Punkte)

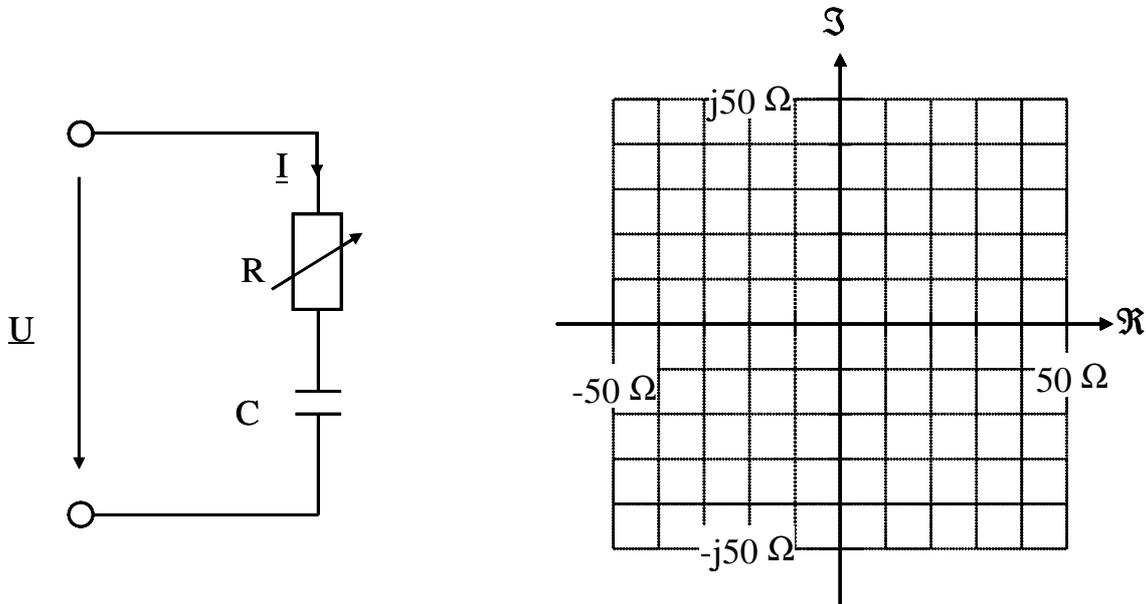
Lösung Aufgabe 2

Aufgabe 3:

Das untenstehende Bild zeigt das Schaltbild einer Reihenschaltung aus einer Kapazität und einem verstellbaren ohmschen Widerstand. Die Daten lauten:

$$R = x \cdot 50 \, \Omega \text{ mit } 0 \leq x \leq 1$$

$$C = 1 \, \text{F}$$



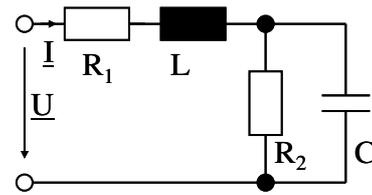
Fragen:

1. Geben Sie Blindwiderstand  $X_C$  und Impedanz  $\underline{Z}_C$  der Kapazität bei der Frequenz  $f = 4000 \text{ Hz}$  an! (2 Punkte)
2. Bei welchem Wert  $x$  beträgt die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung genau  $45^\circ$ , wenn die Frequenz weiterhin  $4000 \text{ Hz}$  beträgt? (Hinweis: falls Sie 1. nicht gelöst haben, nehmen Sie  $X_C = 45 \, \Omega$  an!) (2 Punkte)
3. Zeichnen Sie die Ortskurve  $\underline{Z}(x)$  in das oben stehende Diagramm! (1 Punkt)

Lösung Aufgabe 3

Aufgabe 4:

Die nebenstehende Skizze zeigt einen Serien-Resonanzkreis aus einer realen Spule ( $R_1$  und  $L$ ) und einem realen Kondensator ( $R_2$  und  $C$ ). Die Resonanzfrequenz soll bestimmt werden.

Fragen:

1. Berechnen Sie die komplexe Impedanz  $Z_{LR1}$  der Reihenschaltung aus  $R_1$  und  $L$ ! (1 Punkt)
2. Berechnen Sie die komplexe Impedanz  $Z_{CR2}$  der Parallelschaltung aus  $R_2$  und  $C$ ! (1 Punkt)
3. Welcher Phasenwinkel tritt im Resonanzfall zwischen  $\underline{U}$  und  $\underline{I}$  auf? (1 Punkt)
4. Geben Sie die Resonanzfrequenz des Schwingkreises an! (2 Punkte)

Lösung Aufgabe 4:

Aufgabe 5:

Die Widerstände in der nebenstehenden Verstärkerschaltung sind so auszulegen, dass sich ein sinnvoller Arbeitspunkt ergibt.

Der Transistor  $T_1$  kann durch den Steilheitskoeffizienten  $S = 17 \text{ mA/V}^2$  und die Threshold-Spannung  $U_{th} = 2,2 \text{ V}$  beschrieben werden. Für den Arbeitspunkt im Abschnürbereich soll gelten:

$$I_D = 5 \text{ mA}$$

$$I_{RG2} = 10 \text{ A}$$

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

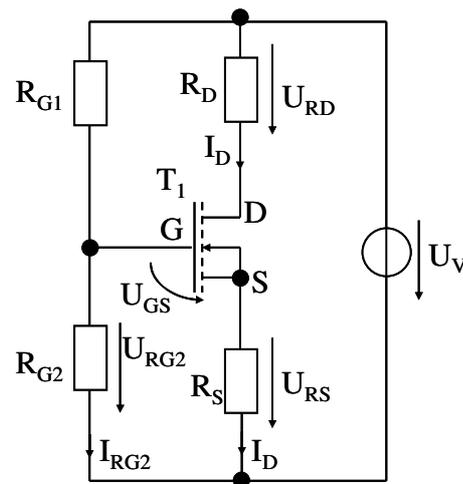
$$U_{DS} = 6 \text{ V}$$

$$U_{RS} = 1 \text{ V}$$

Fragen:

1. Bestimmen Sie den Widerstand  $R_D$ ! (Hinweis: Zeichnen Sie eine Masche unter Einbeziehung von  $U_V$ ,  $U_{RD}$ ,  $U_{DS}$  und  $U_{RS}$  ein!) (1 Punkt)
2. Wie groß wird der Strom  $I_S$ ? Wie groß muss der Widerstand  $R_S$  gewählt werden? (2 Punkte)
3. Welche Spannung  $U_{GS}$  muss für den gewählten Arbeitspunkt eingestellt werden? Wie groß wird  $R_{G2}$ ? (Hinweis: Zeichnen Sie eine Masche unter Einbeziehung der Spannungen  $U_{RS}$ ,  $U_{RG2}$  und  $U_{GS}$  ein!) (2 Punkte)

Lösung Aufgabe 5:

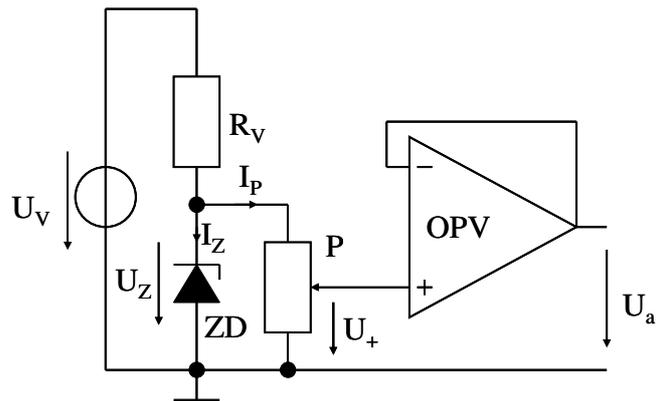


Aufgabe 6:

Die nebenstehende Skizze zeigt eine Verstärkerschaltung, wie sie z. B. in Labor-Netzgeräten mit einstellbarer Spannung eingesetzt wird.

Die Versorgungsspannung beträgt  $U_V = 15\text{ V}$ .

Die Zenerdiode ZD kann durch die Zener-Durchbruchsspannung  $U_Z = 6,8\text{ V}$  vollständig beschrieben werden. Sie soll einen Strom von  $I_Z = 1\text{ mA}$  führen. Das Potentiometer P weist einen Widerstand  $R_P = 10\text{ k}\Omega$  auf.

Fragen:

1. Wie groß wird der Strom im Potentiometer  $I_P$ ? Bestimmen Sie einen geeigneten Wert für den Widerstand  $R_V$ ! (Hinweis: Der Eingangsstrom des idealen OPV beträgt Null.) (2 Punkte)
2. Welche Spannungsverstärkung  $v_U = U_a/U_+$  weist der OPV auf? In welchem Bereich kann die Ausgangsspannung  $U_a$  eingestellt werden? (2 Punkte)
3. Schlagen Sie eine Modifikation der Schaltung vor, mit deren Hilfe die Spannung eine Ausgangsspannung im Bereich von 0-10 V liefern würde (qualitative Antwort genügt)! (1 Punkt)

Lösung Aufgabe 6

Aufgabe 7:

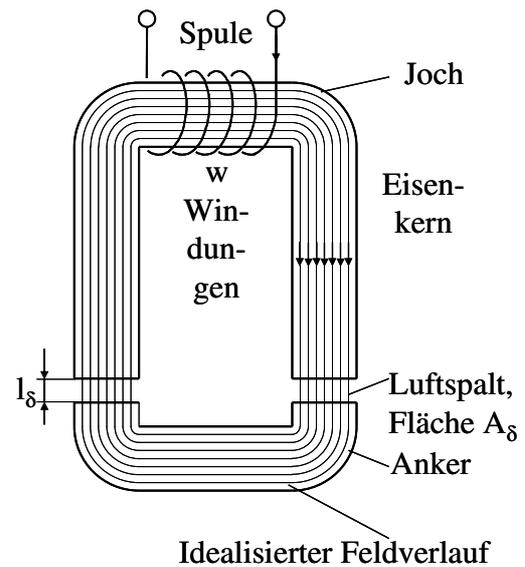
Der abgebildete Elektromagnet aus Spule, Anker und Joch soll in einem Aktuator eingesetzt werden. Anker und Joch bilden den Eisenkern aus weichmagnetischem Material. Sie dürfen für die Permeabilität des Weicheisens  $\mu_{Fe} \rightarrow \infty$  annehmen, und es tritt keine Streuung auf.

Die geometrischen Daten lauten:

$$A_{\delta} = 120 \text{ mm}^2$$

$$l_{\delta} = 1 \text{ mm (Ruhezustand)}$$

$$w = 1000$$

Fragen:

1. Die magnetische Flussdichte im Luftspalt soll  $B_{\delta} = 1 \text{ T}$  betragen. Wie groß ist die magnetische Feldstärke  $H_{\delta}$ ? (1 Punkt)
2. Wie groß ist der Strom  $I$  in der Spule einzustellen, damit sich die obige Flussdichte  $B_{\delta} = 1 \text{ T}$  ergibt? (Hinweis: falls Sie  $H_{\delta}$  nicht ermittelt haben, nehmen Sie  $H_{\delta} = 10^6 \text{ A/m}$  an!) (2 Punkte)
3. Wie groß wird die magnetische Flussverkettung  $\Psi$ ? (1 Punkt)
4. Ermitteln Sie die Induktivität aus Flussverkettung und Strom! (1 Punkt)

Lösung Aufgabe 7:

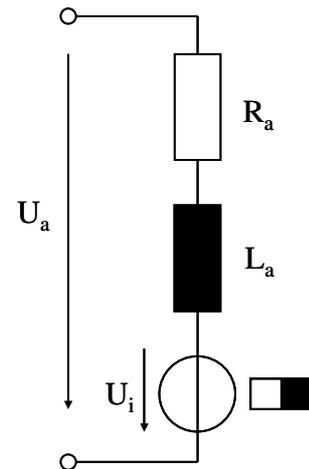
Aufgabe 8:

Ein permanenterregter Gleichstrommotor soll als Starter in einem Kraftfahrzeug eingesetzt werden. Er kann durch das nebenstehende Ersatzschaltbild ausreichend beschrieben werden.

Der Hersteller gibt folgende Daten bei  $U_a = 10 \text{ V}$  an:

Anfahr-Drehmoment:  $M_K = 50 \text{ Nm}$

Anfahr-Strom:  $I_K = 200 \text{ A}$

Fragen:

1. Geben Sie die Drehmomentkonstante  $k\Phi/(2\pi)$  an! (1 Punkt)
2. Berechnen Sie den Ankerwiderstand  $R_a$ ! (1 Punkt)
3. Wie groß ist diese Leerlaufdrehzahl bei einer Speisespannung von  $U_a = 12 \text{ V}$ ? (Hinweis: Wenn Sie a) nicht gelöst haben, nehmen Sie  $k\Phi/(2\pi) = 1/\pi \text{ Vs}$  an.) (1 Punkt)
4. Wie groß wird das Anfahr Drehmoment bei einer Speisespannung  $U_a = 12 \text{ V}$ ? (2 Punkte)

Lösung Aufgabe 8

Aufgabe 9:

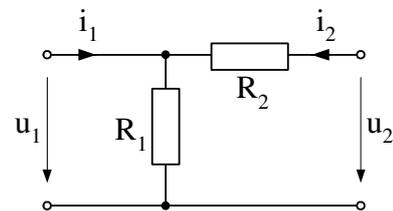
max. 30 Punkte

- Zu jeder Frage ist nur eine Antwort richtig.
- Jede richtige Antwort wird mit einem Punkt gewertet. Falsche oder keine Antworten werden als null Punkte gewertet.
- Die Punkte werden addiert und pauschal 10 Punkte für zufällig richtige Antworten abgezogen, d. h. es können maximal 20 Punkte erreicht werden. Negative Gesamtergebnisse werden als 0 Punkte gewertet.
- Kreuzen Sie daher zu jeder Frage eine Antwort a, b oder c an (z.B. **X** )!

Fragen:

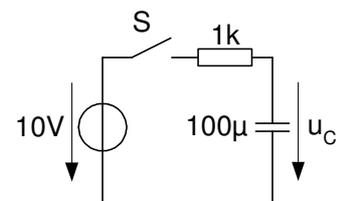
1. Ein Strommessgerät habe einen Messbereich von  $\pm 300\text{mA}$  und einen Innenwiderstand von  $R_i = 20\text{m}\Omega$ . Durch welche Maßnahme könnte man mit diesem Gerät auch Ströme bis  $\pm 600\text{mA}$  messen?
  - a In Reihe schalten eines Shuntwiderstandes mit  $10\text{ m}\Omega$ .
  - b Parallelschalten eines Shuntwiderstandes mit  $20\text{ m}\Omega$ .
  - c Parallelschalten eines Shuntwiderstandes mit  $10\text{ m}\Omega$ .

2. Welche Vierpolgleichung beschreibt die nebenstehende Schaltung?



- a 
$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 & R_2 \\ R_1 & R_1 + R_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$
- b 
$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 & R_1 \\ R_1 & R_1 + R_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$
- c 
$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & R_1 \\ R_1 & R_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

3. Der Kondensator in nebenstehender Schaltung sei zunächst entladen. Welche Aussage trifft zu, nachdem der Schalter S geschlossen wurde?



- a Die Zeitkonstante der RC-Schaltung beträgt  $\tau = 10\text{ ms}$ .
- b Nach einer Sekunde beträgt der Strom in der Schaltung weniger als  $1\text{ A}$ .
- c Der Kondensator gibt seine gespeicherte Energie an den Widerstand ab.

4. Eine 4 m lange Messleitung soll zur Messung von Signalströmen verwendet werden. Die Leitung enthält zwei Adern aus Kupfer mit einem Querschnitt von jeweils  $0,14 \text{ mm}^2$ . Wie groß ist der zusätzliche ohmsche Widerstand der Messleitung im Messaufbau (spezifischer Widerstand  $\rho_{\text{Cu}} = 1,79 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega\text{m}$ )?

- a  $0,5 \Omega$
- b  $1,0 \Omega$
- c  $1,5 \Omega$

5. Ein Pt 100 Platin-Temperatursensor wird zur Messung der Wicklungs-temperatur eines Motors eingesetzt. Der Widerstand eines Pt 100 bei  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  beträgt  $R_0 = 100 \text{ } \Omega$ . Der Temperaturkoeffizient beträgt  $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

Nach Ablauf aller thermischen Ausgleichsvorgänge stabilisiert sich der Widerstandswert auf  $R_{\text{end}} = 131 \text{ } \Omega$ . Welche Temperatur  $\vartheta_{\text{end}}$  hat die Wicklung des Motors?

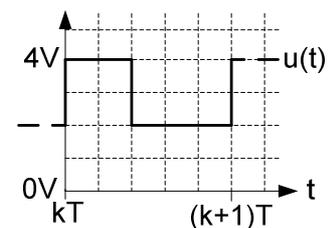
- a  $80^\circ\text{C}$
- b  $85^\circ\text{C}$
- c  $90^\circ\text{C}$

6. Zur Bestimmung einer mechanischen Zugspannung soll ein Dehnungs-messtreifen aus Metall verwendet werden. Dieser habe den Grundwiderstand  $R_0 = 200 \Omega$  und einen k-Faktor von  $k = 2$ . Das Messgerät zeigt einen Widerstand von  $R = 200,6 \text{ } \Omega$  an. Um wieviel Promille hat sich das Messobjekt gedehnt?

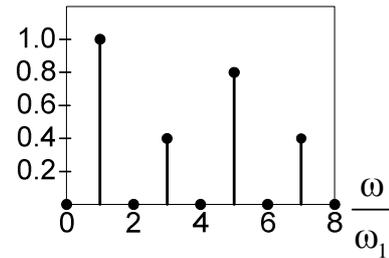
- a  $1,5 \text{ } \text{‰}$
- b  $3,0 \text{ } \text{‰}$
- c  $0,75 \text{ } \text{‰}$

7. Wie groß ist der Effektivwert  $U_{\text{eff}}$  des periodischen Spannungsverlaufs  $u(t)$ ?

- a  $U_{\text{eff}} = 2,97 \text{ V}$
- b  $U_{\text{eff}} = 2,83 \text{ V}$
- c  $U_{\text{eff}} = 2,2 \text{ V}$



8. Von welchem Signal  $y(t)$  wird hier das Amplitudenspektrum gezeigt?

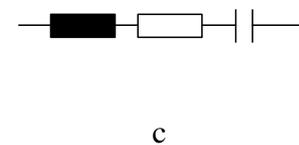
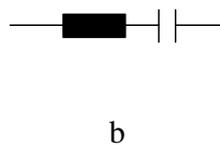
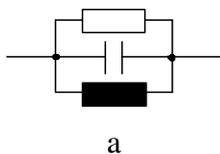
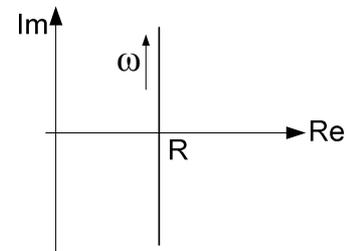


a  $y(t) = \cos(\omega t) + 3\cos(3\omega t) + 5\cos(5\omega t) + 7\cos(7\omega t)$

b  $y(t) = \cos(\omega t) + 3\cos\left(\frac{2}{5}\omega t\right) + 5\cos\left(\frac{4}{5}\omega t\right) + 7\cos\left(\frac{2}{5}\omega t\right)$

c  $y(t) = \cos(\omega t) + \frac{2}{5}\cos(3\omega t) + \frac{4}{5}\cos(5\omega t) + \frac{2}{5}\cos(7\omega t)$

9. Dargestellt ist eine Impedanz-Ortskurve bei Variation der Frequenz  $\omega$ . Zu welcher Schaltung passt sie?

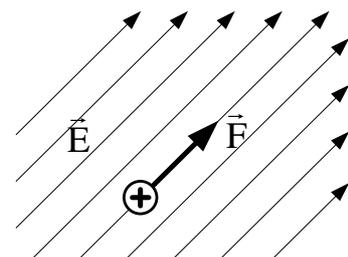


10. Eine positive Ladung  $Q = 2 \cdot 10^{-10} \text{ C}$  befindet sich in einem homogenen elektrostatischen Feld. Das Feld hat die Stärke  $E = 10 \text{ MV/m}$ . Welche Kraft wirkt auf die Ladung?

a  $F = -2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

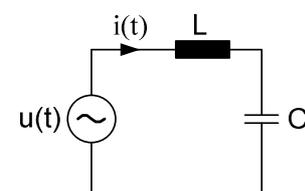
b  $F = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

c  $F = 2 \cdot 10^{-17} \text{ N}$



11. Welche der Gleichungen beschreibt die Laplace-Transformierte des Stroms  $i(t)$ ?

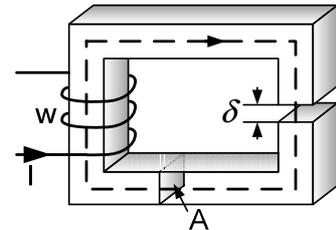
a  $I(s) = U(s) \cdot \left( \frac{sC}{s^2L + 1} \right)$



b 
$$I(s) = U(s) \cdot \left( \frac{C}{sL+1} \right)$$

c 
$$I(s) = U(s) \cdot \left( \frac{LC}{s+1} \right)$$

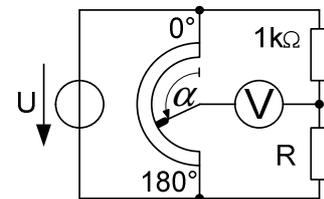
12. Das nebenstehende Bild zeigt eine Spule mit einem Luftspalt  $\delta = 1 \text{ mm}$  ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ VsA}^{-1}\text{m}^{-1}$ ) und der Induktivität  $L = 20 \text{ mH}$ . Die Feldstärke im magnetischen Eisen sei zu vernachlässigen.



Wieviele Windungen hat die Spule, wenn die Fläche des Querschnitts im Luftspalt  $A = 9 \text{ mm}^2$  beträgt?

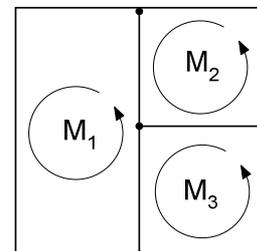
- a  $w = 1330$   
b  $w = 143$   
c  $w = 12$

13. Mit der nebenstehenden Schleifdrahtmessbrücke soll der Widerstand  $R$  bestimmt werden. Das Potentiometer hat einen Gesamtwiderstand von  $3 \text{ k}\Omega$ . Bei  $\alpha = 120^\circ$  ist die Brücke abgeglichen. Wie groß ist  $R$ ?



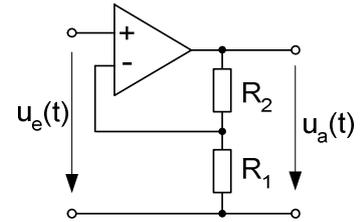
- a  $R = 500 \Omega$   
b  $R = 1 \text{ k}\Omega$   
c  $R = 2 \text{ k}\Omega$

14. Dargestellt ist der Graph eines elektrischen Netzwerkes in dem drei Maschen ( $M_1, M_2, M_3$ ) kenntlich gemacht wurden. Welche Aussage trifft zu?



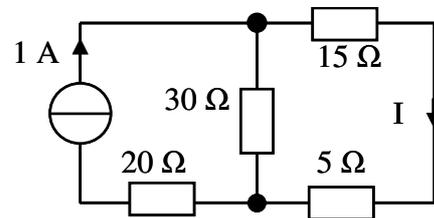
- a Das Netzwerk besitzt  $z = 4$  Zweige und  $k = 4$  Knoten.  
b Mehr als 3 Maschengleichungen lassen sich nicht finden.  
c Man benötigt  $z - k = 2$  Knotengleichungen zur vollständigen Berechnung.

15. Die nebenstehende Operationsverstärker-Schaltung wird an der Versorgungsspannung  $\pm U_V$  betrieben. Welche Funktion hat die Schaltung?



- a Nicht-invertierender Verstärker:  $u_a = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot u_e$
- b Komparator mit Hysterese:  $u_a = \pm U_V$
- c Invertierender Verstärker:  $u_a = -\frac{R_2}{R_1} \cdot u_e$

16. Welcher Strom  $I$  fließt in nebenstehender Schaltung durch den  $15 \Omega$ -Widerstand?



- a 0,4 A
- b 0,6 A
- c 1 A

17. Eine Heizlüfter mit näherungsweise konstantem elektrischem Widerstand  $R$  trägt u. A. die Typenschilddaten  $U_N = 230 \text{ V}$ ,  $S_N = 1,5 \text{ kW}$ ,  $\cos\varphi_N = 0,82$ . Wie groß wird die aufgenommene Heizleistung bei reduzierter Spannung von  $U = 220 \text{ V}$ ?

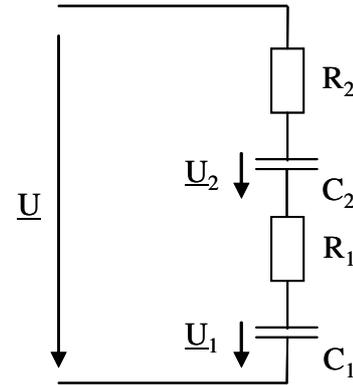
- a 1,13 kW
- b 1,19 kW
- c 1,26 kW

18. Welches der folgenden Materialien eignet sich als Hochspannungs-Isolator?

- a Quecksilber
- b wassergetränktes Papier
- c ölgetränktes Papier

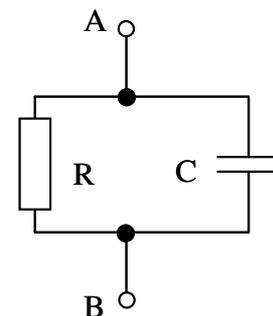
19. Gegeben sei das nebenstehende Wechselstrom-Netzwerk. In welchem Verhältnis teilen sich die Spannungen auf?

- a  $U_1/U_2 = C_1/C_2$
- b  $U_1/U_2 = R_2/R_1$
- c  $U_1/U_2 = C_2/C_1$



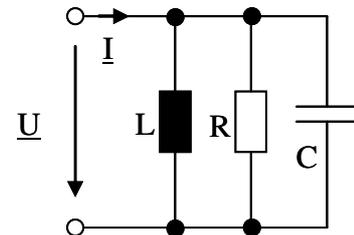
20. Wie groß ist die komplexe Impedanz  $\underline{Z}_{AB}$  eines realen Kondensators mit der Kapazität C und dem Widerstand R?

- a  $\underline{Z}_{AB} = R + \frac{1}{j\omega C}$
- b  $\underline{Z}_{AB} = R - j\omega C$
- c  $\underline{Z}_{AB} = \frac{R}{1 + j\omega RC}$



21. Welche Maßnahme vergrößert die Bandbreite des nebenstehenden Resonanzkreises, ohne die Resonanzfrequenz zu verändern?

- a Verminderung des Widerstands R
- b Verminderung von L und C um den gleichen Faktor
- c Verminderung des Stroms  $i(t)$



22. Mit welchem elektrotechnischen Bauteil können Sie elektrische Leistungen verstärken?

- a Transistor
- b Ungesteuerte Stromquelle
- c Spartransformator

23. Welcher Unterschied besteht zwischen idealem und realem Operationsverstärker (OPV)?

- a Bei realen OPV existiert eine endliche Grenzfrequenz; bei idealen OPV beträgt diese unendlich.
- b Bei idealen OPV ist die Ausgangsspannung auf die Versorgungsspannung begrenzt; bei realen OPV kann diese unendlich groß werden.
- c Der Eingangswiderstand im realen OPV ist endlich; im idealen OPV wird er zu Null angenommen.

24. Bei welcher Gleichstrommaschine hängt das Drehmoment quadratisch vom Ankerstrom ab?
- a Permanenterregte Gleichstrommaschine
  - b Fremderregte Gleichstrommaschine
  - c Reihenschlussmaschine
25. Wie können Sie die Anziehungskraft in einem Schütz (elektromagnetisch betätigter Schalter) unabhängig von der Länge des Luftspalts konstant halten?
- a Bei Verkleinerung des Luftspalts erhöht man die anliegende Spannung.
  - b Bei größerem Luftspalt muss ein stärkerer Strom fließen.
  - c Der Einbau eines Permanentmagneten sorgt für konstante Anziehungskraft.
26. Warum werden bei der Blindleistungskompensation Parallelkondensatoren eingesetzt?
- a Serienkondensatoren funktionieren nicht bei Gleichstrom.
  - b Die Spannung am Gerät als wichtige Bemessungsgröße bleibt erhalten.
  - c Eine Parallel-Serien-Kompensation (Compound-Kompensator) erhöht den Wirkungsgrad, wird aber zu teuer.
27. Mit welcher Frequenz pulsiert die Leistung in einem 400 Hz-Flugzeug-Wechselspannungsnetz?
- a 400 Hz
  - b 200 Hz
  - c 800 Hz
28. Sie schalten zwei elektronische Verstärker in Serie. Welche Aussage bezüglich der Phasenlage von Ein- und Ausgangsspannung ist richtig?
- a Die Phasenverschiebung beträgt unabhängig von der Frequenz immer  $0^\circ$ .
  - b Die Phasenverschiebung beträgt unabhängig von der Frequenz immer  $180^\circ$ .
  - c Die Phasenverschiebung verläuft frequenzabhängig.
29. Sie versetzen einen permanenterregten Gleichstrommotor, der bisher in einer Fabrikhalle bei  $20^\circ\text{C}$  Umgebungstemperatur eingesetzt war, in die Nähe eines Ofens bei etwa  $60^\circ\text{C}$  Temperatur. Welcher Effekt tritt ein?
- a Der Motor dreht merklich schneller, da das dünnflüssige Schmieröl für weniger Reibung sorgt.
  - b Der Motor wird um mehr als 40 K heißer, da der Wicklungswiderstand ansteigt.
  - c Der Motor arbeitet wie vorher.

30. Welche Aussage gilt für die nebenstehende Schaltung mit einem idealen Operationsverstärker?
- a Der Ausgang kann die Werte  $\pm U_V$  ( $U_V$ : Versorgungsspannung) annehmen.
  - b Die Verstärkung beträgt immer  $1+(R_2/R_1)$ .
  - c Die Verstärkung hängt von  $U_0$  ab.

