

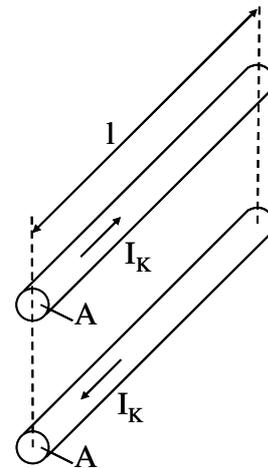


Aufgabe 1:

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 jeder 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:

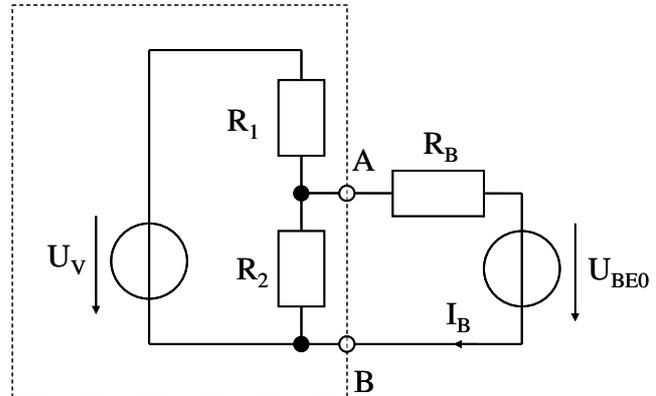
$$U_V = 10 \text{ V}$$

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

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

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

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

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)

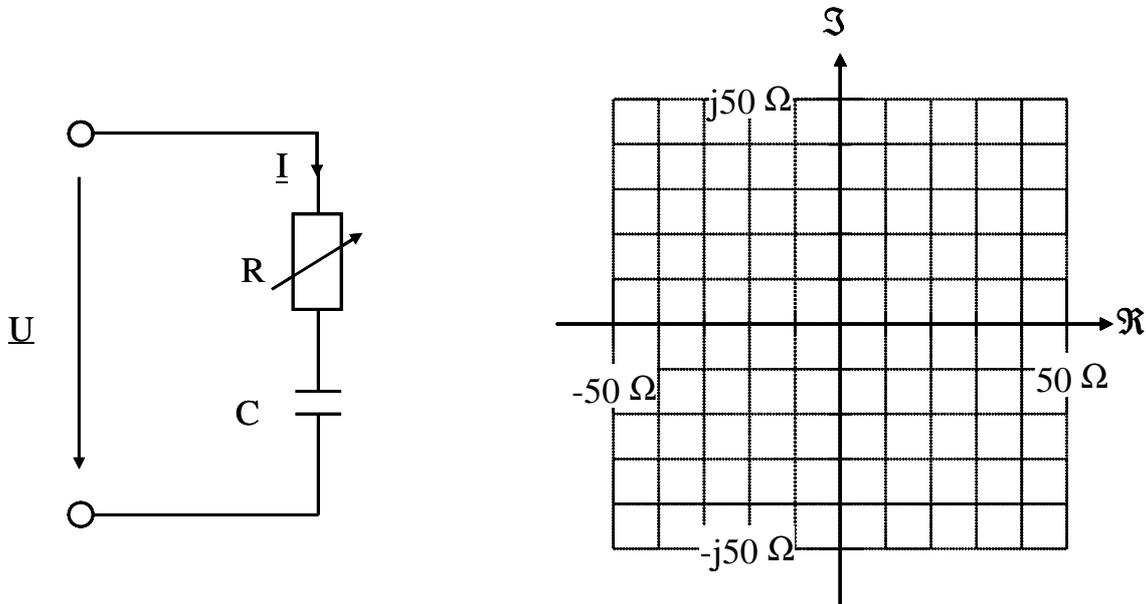
Lösung Aufgabe 2

Aufgabe 3:

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

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

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



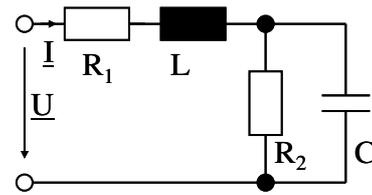
Fragen:

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:

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

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

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

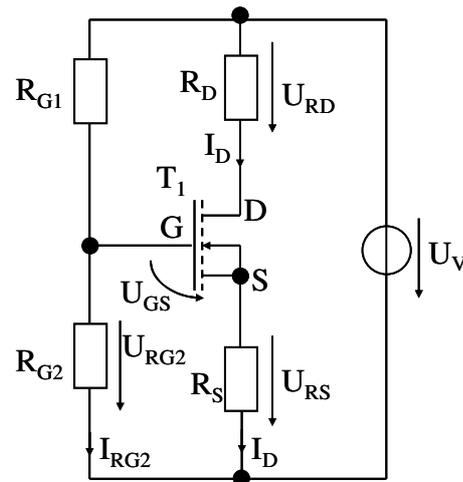
$$U_{DS} = 6 \text{ V}$$

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

Fragen:

- 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)
- Wie groß wird der Strom  $I_S$ ? Wie groß muss der Widerstand  $R_S$  gewählt werden? (2 Punkte)
- 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:

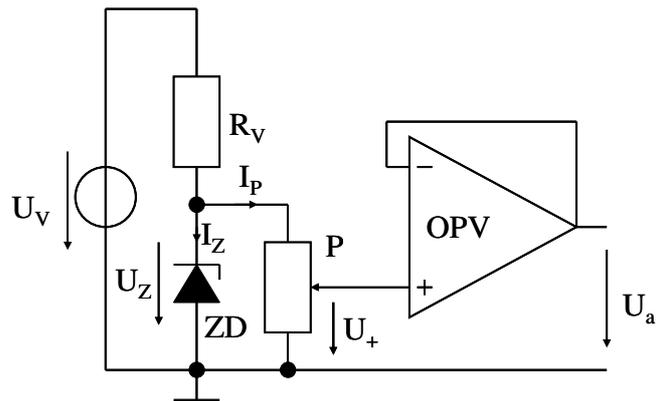


Aufgabe 6:

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:

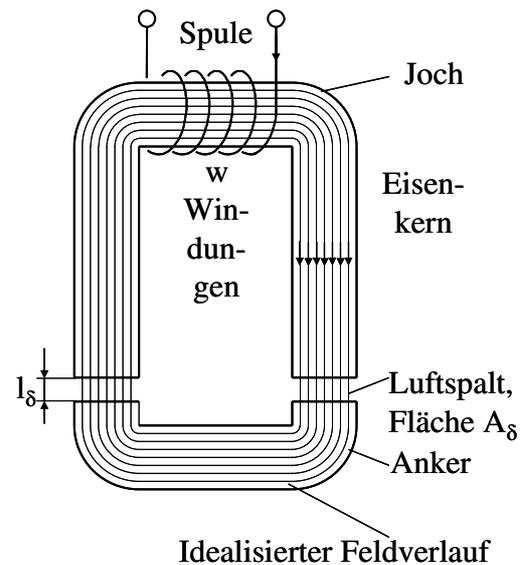
Der abgebildete Elektromagnet aus Spule, Anker und Joch soll in einem Aktuator eingesetzt werden. Anker und Joch bilden den Eisenkern aus weichmagnetischem Material. Sie dürfen für die Permeabilität des Weicheisens  $\mu_{Fe} \rightarrow \infty$  annehmen, und es tritt keine Streuung auf.

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:

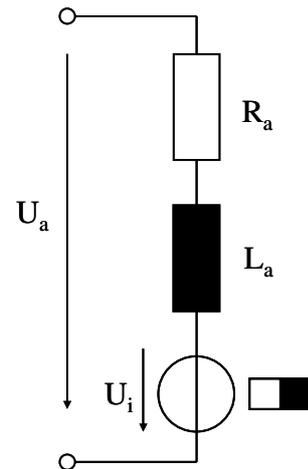
Aufgabe 8:

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

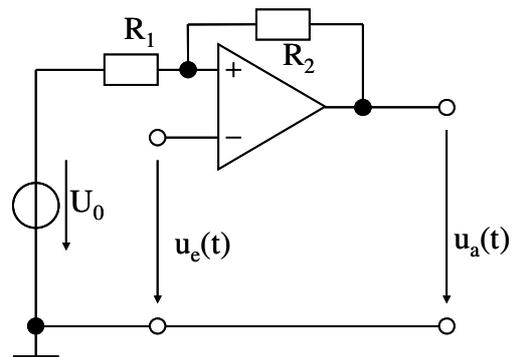
Aufgabe 9:

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. 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.

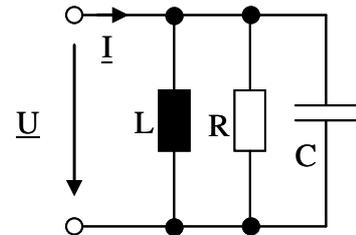


2. Sie versetzen einen permanenterregten Gleichstrommotor, der bisher in einer Fabrikhalle bei 20 °C Umgebungstemperatur eingesetzt war, in die Nähe eines Ofens bei etwa 60 °C Temperatur. Welcher Effekt tritt ein?
  - a Der Motor dreht merklich schneller, da das dünnflüssige Schmieröl für weniger Reibung sorgt.
  - b Der Motor wird um mehr als 40 K heißer, da der Wicklungswiderstand ansteigt.
  - c Der Motor arbeitet wie vorher.
3. Der Blindwiderstand  $X_C$  eines Kondensators mit der Kapazität  $C$  beträgt bei der Frequenz  $f$ :
  - a  $X_C = 1 / (j \cdot 2\pi \cdot f \cdot C)$
  - b  $X_C = 2\pi / (f \cdot C)$
  - c  $X_C = 1 / (2\pi \cdot f \cdot C)$
4. 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°.
  - b Die Phasenverschiebung beträgt unabhängig von der Frequenz immer 180°.
  - c Die Phasenverschiebung verläuft frequenzabhängig.

5. Mit welcher Frequenz pulsiert die Leistung in einem 400 Hz-Flugzeug-Wechselspannungsnetz?
  - a 400 Hz
  - b 200 Hz
  - c 800 Hz
  
6. 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.
  
7. 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.
  
8. Bei welcher Gleichstrommaschine hängt das Drehmoment quadratisch vom Ankerstrom ab?
  - a Permanenterregte Gleichstrommaschine
  - b Fremderregte Gleichstrommaschine
  - c Reihenschlussmaschine
  
9. 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.
  
10. Mit welchem elektrotechnischen Bauteil können Sie elektrische Leistungen verstärken?
  - a Transistor
  - b Ungesteuerte Stromquelle
  - c Spartransformator

11. Warum werden Elektromotoren auf Basis magnetischer Felder gebaut?
- Die mögliche Energiedichte des magnetischen Feldes übertrifft die eines elektrischen Felds in Luft.
  - Das elektrische Feld kann sich nicht räumlich verändern.
  - Aus konstruktiven Gründen muss ohnehin Eisen verbaut werden, welches magnetische Felder besser leitet als elektrische Felder.

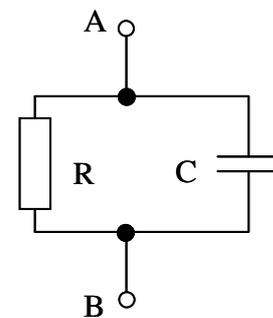
12. Welche Maßnahme vergrößert die Bandbreite des nebenstehenden Resonanzkreises, ohne die Resonanzfrequenz zu verändern?



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

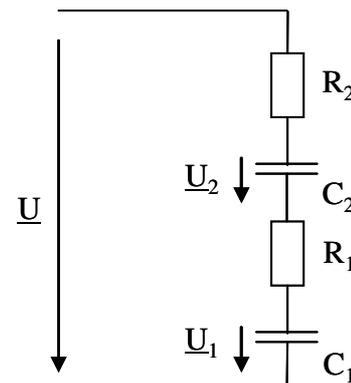
13. Wie groß ist die komplexe Impedanz  $\underline{Z}_{AB}$  eines realen Kondensators mit der Kapazität C und dem Widerstand R?

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



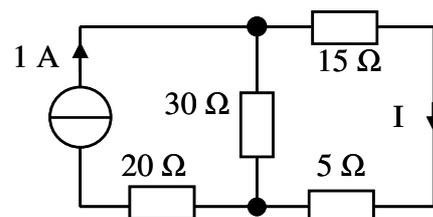
14. Gegeben sei das nebenstehende Wechselstrom-Netzwerk. In welchem Verhältnis teilen sich die Spannungen auf?

- $U_1/U_2 = C_1/C_2$
- $U_1/U_2 = R_2/R_1$
- $U_1/U_2 = C_2/C_1$

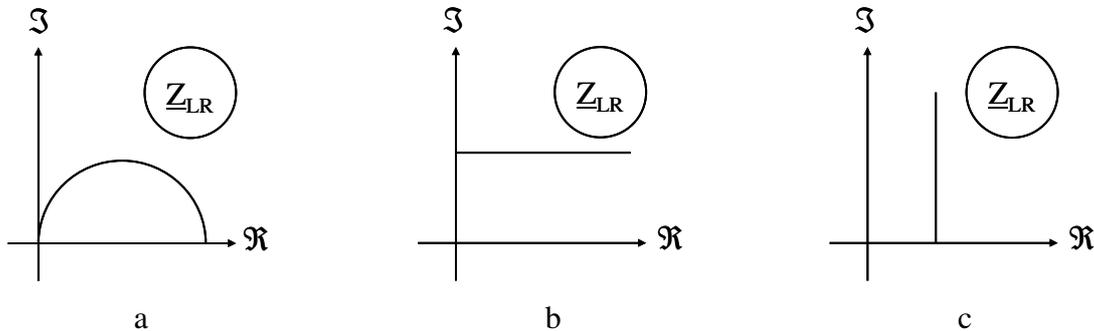


15. Welcher Strom I fließt in nebenstehender Schaltung durch den 15 Ω-Widerstand?

- 0,4 A
- 0,6 A
- 1 A



16. Welche der folgenden Ortskurven entspricht der einer Impedanz  $\underline{Z}(\omega)$  aus einer Parallelschaltung von einem Ohmschen Widerstand  $R$  und einer Induktivität  $L$  bei variabler Frequenz?



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. Woraus bestehen Hochspannungs-Freileitungen?

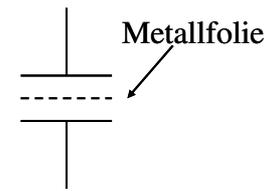
- a Ytterbium-Kobalt-Oxid wegen der hochtemperatur-supraleitenden Eigenschaft
- b Aluminium wegen des besten Verhältnisses von spezifischer Masse und spezifischem Widerstand
- c Silber zur Verringerung der Korrosion durch sauren Regen

20. Welches der folgenden Materialien eignet sich zum Bau von Permanentmagneten?

- a Austenit-Stahl
- b Magnesiumhaltige Leichtmetalllegierungen
- c Selten-Erd-Legierungen, z. B. Neodym-Eisen-Bor



25. In einen idealen Plattenkondensator wird eine sehr dünne Metallfolie parallel zu den Platten in gleichem Abstand  $d/2$  zu beiden Elektroden zwischen diese gelegt. Wie verändert sich die Kapazität  $C$ ?

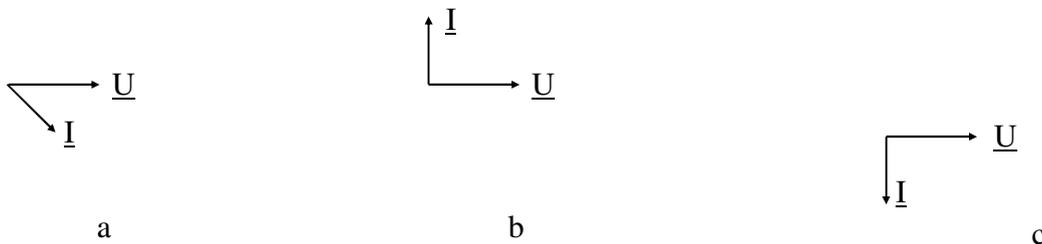
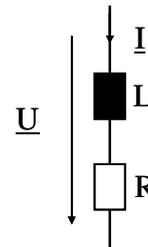


- a Sie wird doppelt so groß.
- b Sie sinkt auf die Hälfte des ursprünglichen Werts.
- c Die Kapazität bleibt konstant.

26. Bei einem idealen Plattenkondensator wird die Fläche  $A$  der Platten verdoppelt. Wie verändert sich die Kapazität  $C$ ?

- a Sie sinkt auf die Hälfte des ursprünglichen Werts.
- b Sie wird doppelt so groß.
- c Die Kapazität bleibt konstant.

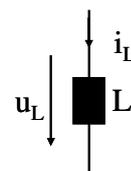
27. An einer realen Spule, symbolisiert durch eine Reihenschaltung eines idealen Widerstands und einer idealen Induktivität, liege eine Wechselspannung an, die durch den Zeiger  $\underline{U}$  dargestellt wird. Welches Zeigerdiagramm gibt die Phasenlage von  $\underline{I}$  richtig wieder?



28. Der Temperaturkoeffizient von gut leitfähigen Metallen wie Silber oder Kupfer beträgt

- a ca. 0,4 %/K
- b ca. 2 %/K
- c ca. 0,005 %/K

29. In einer Induktivität  $L = 1 \text{ mH}$  beträgt der zeitabhängige Strom  $i_L(t) = t \cdot 1 \text{ A/s}$  für  $t > 0$ . Wie groß ist die anliegende Spannung  $u_L(t)$ ?



- a  $u_L = 1 \text{ V}$
- b  $u_L = 1 \text{ mV}$
- c  $u_L = 1 \text{ kV}$

30. Gegeben sei das nebenstehende Netzwerk. Die Spannung  $U$  sowie die Widerstände  $R_1$  bis  $R_5$  seien bekannt. Wie viele Knoten- und Maschengleichungen werden für die Berechnung aller Zweigströme im Netzwerk benötigt?
- a 2 Maschengleichungen und 3 Knotengleichungen
  - b 4 Maschengleichungen und 2 Knotengleichungen
  - c 3 Maschengleichungen und 3 Knotengleichungen

