

Bitte in Blockschrift ausfüllen.

24.03.2011

Name, Vorname	Studienrichtung	Matrikelnummer

Für die Aufgaben 1 bis 3 gilt jeweils:

- Pro Aufgabe können insgesamt 20 Punkte erreicht werden.
- Es werden nur Ergebnisse mit vollständigem Rechenweg gewertet.
- Bitte kennzeichnen Sie in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit den gegebenen Ersatzwerten weiterführen.

Aufgabe 1: Grundgesetze, Netzwerkanalyse, Wechselstrom

In Abbildung 1-1 ist eine an sinusförmiger Wechselspannung betriebene Schaltung (Brückenschaltung) für Messzwecke dargestellt.

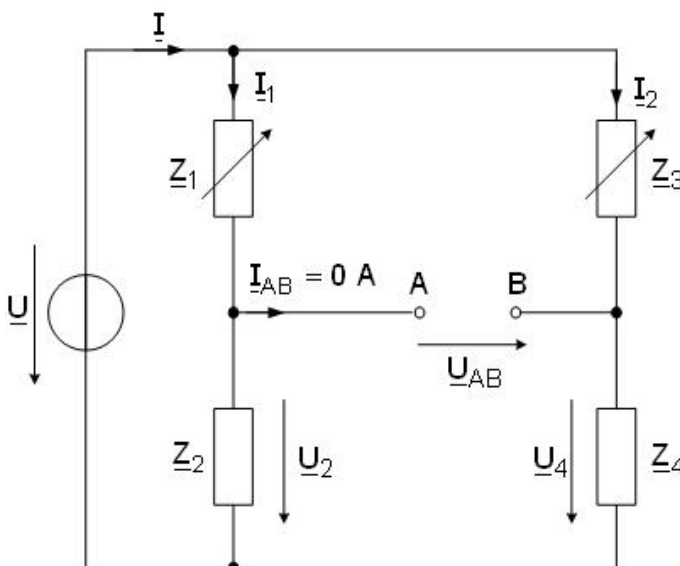


Abbildung 1-1: Brückenschaltung für Messzwecke

Durch Verändern der in Abbildung 1-1 allgemein dargestellten Impedanzen $\underline{Z}_1$ und $\underline{Z}_3$ kann die unbekannte Impedanz $\underline{Z}_4$ bestimmt werden, indem die Spannung $\underline{U}_{AB}$ im Brückenzweig A-B zu Null gebracht wird.

In einem ersten Schritt soll die Bedingung für $\underline{U}_{AB} = 0 \text{ V}$ (Abgleichbedingung) anhand der Schaltung in Abbildung 1-1 hergeleitet werden. In einem zweiten Schritt soll anhand der Schaltung in Abbildung 1-2 die Messung eines unbekannten realen (verlustbehafteten) Kondensators (im elektrischen Ersatzschaltbild in Abbildung 1-2 als Reihenschaltung des Widerstandes R_x und der Kapazität C_x dargestellt) untersucht werden.

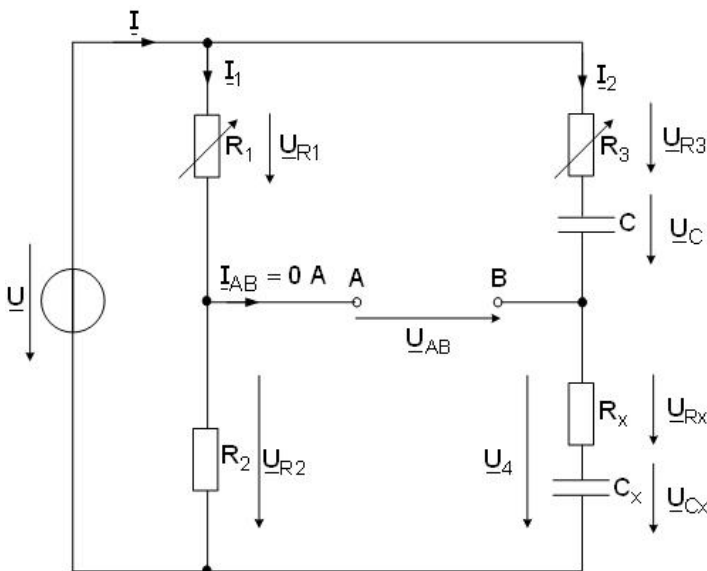


Abbildung 1-2:

Brückenschaltung zur Messung der unbekannten Kapazität C_x und des unbekannten Widerstandes R_x eines Kondensators

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Eingangsspannung: $\underline{U} = 25 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$

Frequenz: $f = 50 \text{ Hz}$

Widerstand: $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$,

Kapazität: $C = 1 \mu\text{F}$

Im Brückenzweig A-B fließt kein Strom, d.h. es gilt stets $\underline{I}_{AB} = 0 \text{ A}$.

Fragen:

Zunächst wird die Schaltung in Abbildung 1-1 betrachtet.

1.1 Ströme, Spannungen, Abgleichbedingung – (6 Punkte)

Berechnen Sie die beiden Zweigströme I_1 und I_2 , sowie die Spannungen U_2 , U_4 und U_{AB} jeweils allgemein in Abhängigkeit von U , Z_1 , Z_2 , Z_3 und Z_4 . Geben Sie in Abhängigkeit von Z_1 , Z_2 , Z_3 und Z_4 die Bedingung an, unter der die Spannung U_{AB} im Brückenweig gleich Null wird (Abgleichbedingung).

Hinweis: Wenn Sie Frage 1.1 nicht lösen konnten, dann rechnen Sie im

Folgenden mit der Abgleichbedingung $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$ weiter.

Im Folgenden wird die Schaltung in Abbildung 1-2 betrachtet.

1.2 Zeigerdiagramm – (6 Punkte)

Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm für den Fall der nicht abgeglichenen Brücke, d.h. für $U_{AB} \neq 0 \text{ V}$, welches alle in Abbildung 1-2 durch Zählpfeile und Bezeichner eingetragene Ströme und Spannungen enthält.

Hinweis: Verwenden Sie für die Zeichnung des Zeigerdiagramms ein Lineal! Freihandkonstruierte Zeigerdiagramme werden mit 0 Punkten bewertet. Benutzen Sie für die Darstellung ein Blatt DIN A4 und stellen Sie das Zeigerdiagramm in ausreichender Größe dar.

Gehen Sie bei der Konstruktion des Zeigerdiagramms in folgender Reihenfolge vor: I_1 , U_{R1} , U_{R2} , U , I_2 , U_{R3} , U_C , U_{Rx} , U_{Cx} , U_{AB} und I .

1.3 Bestimmung der Ersatzschaltbildgrößen des unbekannten Kondensators (R_x und C_x) – (5 Punkte)

Bestimmen Sie die beiden Beziehungen, mit welchen der unbekannte Widerstand R_x und die unbekannte Kapazität C_x aus den gegebenen Größen R_1 , R_2 , R_3 und C berechnet werden können.

Wie groß sind R_x und C_x , wenn die Brücke bei $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ und $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ abgeglichen ($\underline{U}_{AB} = 0 \text{ V}$) ist?

Hinweis: Gehen Sie von der Abgleichbedingung aus Frage 1.1 aus. Die beiden gesuchten Beziehungen erhalten Sie aus der entstandenen Gleichung, indem Sie einen Vergleich der Real- und der Imaginärteile machen.

1.4 Spannung $\underline{U}_{AB}$ im Brückenzweig – (3 Punkte)

Bei den Werten $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_x = 1,5 \text{ k}\Omega$ und $C_x = 0,5 \text{ }\mu\text{F}$ betragen die Ströme $\underline{I}_1 = 5 \text{ mA} \cdot e^{j0^\circ}$ und $\underline{I}_2 = 2,37 \text{ mA} \cdot e^{j64,77^\circ}$.

Zeigen Sie, dass die Brücke bei diesen Einstellungen von R_1 und R_3 nicht abgeglichen ist.

Aufgabe 2: Fremderregte Gleichstrommaschine als Lüfterantrieb

Eine fremderregte Gleichstrommaschine soll als Antrieb für einen Lüfter verwendet werden. Der Motor wird von einer Gleichspannungsquelle mit der konstanten Spannung $U_A = U_{AN}$ versorgt. In Abbildung 2-1 ist das Übersichtsschaltbild des Antriebs und des angekuppelten Lüfters dargestellt.

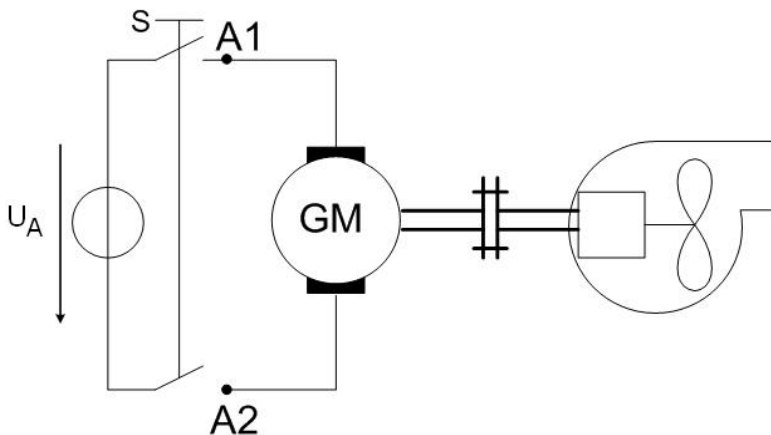


Abbildung 2-1: Übersichtsschaltbild der Gleichstrommaschine und des Lüfters

In Abbildung 2-2 ist das elektrische Ersatzschaltbild des Antriebs (fremderregte Gleichstrommaschine) mit den entsprechenden Zählpfeilen und Bezeichnern dargestellt.

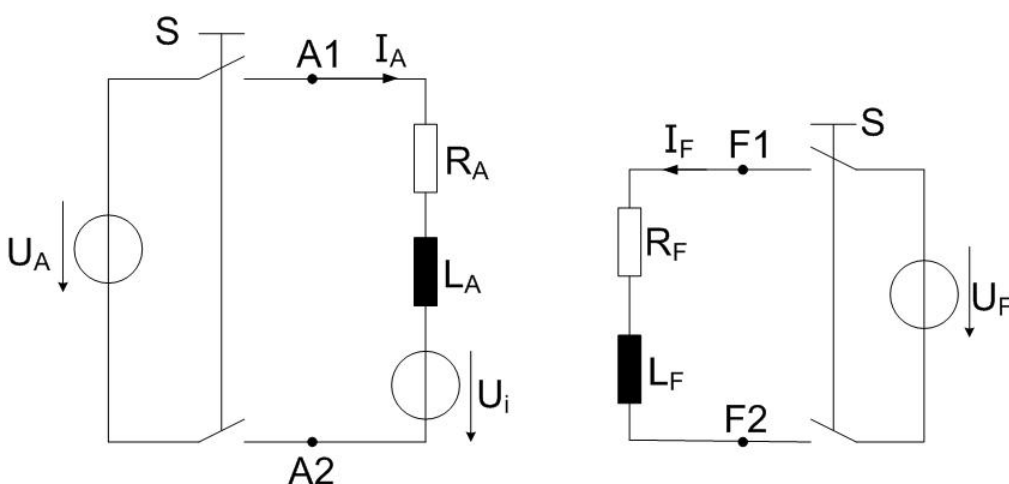


Abbildung 2-2: Elektrisches Ersatzschaltbild der Gleichstrommaschine mit Zählpfeilen und Bezeichnern

Es dürfen stets folgende Annahmen bzw. Vernachlässigungen zugrunde gelegt werden:

1. Es werden stets stationäre Betriebsverhältnisse vorausgesetzt.
2. Es sollen lediglich die Verluste im Ankerwiderstand betrachtet werden.
3. Die Gleichstrommaschine wird stets mit Nennfluss betrieben.

Folgende Daten sind gegeben:

Gleichstrommaschine

Ankernennspannung:	$U_{AN} = 220 \text{ V}$
Ankernennstrom:	$I_{AN} = 100 \text{ A}$
Nennleistung:	$P_N = 20 \text{ kW}$
Nenndrehzahl:	$n_N = 1450 \text{ min}^{-1}$

Lüfter

Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie: $M_L(n) = k \cdot n^2$ mit $k = 0,3 \text{ Nm} \cdot \text{s}^2$

Fragen:

Zunächst wird nur die Gleichstrommaschine (ohne Lüfter) betrachtet.

2.1 Nenndrehmoment, Ankerverluste, Ankerwiderstand und Einschaltstrom der Gleichstrommaschine – (3 Punkte)

Berechnen Sie das Nenndrehmoment M_N , die Ankerverluste $P_{VA,N}$ im Nennbetrieb, den Ankerwiderstand R_A und den Einschaltstrom $I_{A,An}$ der fremderregten Gleichstrommaschine.

Ist dieser Einschaltstrom zulässig (Begründung)?

Hinweis: Wenn Sie Frage 2.1 nicht lösen konnten, dann rechnen Sie im Folgenden mit $R_A = 0,2 \, \Omega$ weiter.

2.2 Induzierte Spannung und Leerlaufdrehzahl

Wie groß ist die induzierte Spannung $U_i = U_{iN}$, wenn die Gleichstrommaschine im Nennpunkt betrieben wird? Wie groß ist die Nennleerlaufdrehzahl n_0 der Gleichstrommaschine in min^{-1} und das Produkt aus Maschinenkonstante c und Nennfluss Φ_N ?

Hinweis: Wenn Sie Frage 2.2 nicht lösen konnten, dann rechnen Sie im Folgenden mit $c \cdot \Phi_N = 1,32 \, \text{Vs}$ und $n_0 = 1595 \, \text{min}^{-1}$ weiter.

2.3 Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahl

Für die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie der Gleichstrommaschine gilt:

$$n(M_{\text{GM}}) = n_0 - \frac{R_A}{2 \cdot \pi \cdot (c \cdot \Phi_N)^2} \cdot M_{\text{GM}}.$$

Bestimmen Sie daraus die Abhängigkeit des Drehmomentes M_{GM} von der Drehzahl n des Gleichstrommotors und stellen Sie das Ergebnis in der Form

$$M_{\text{GM}}(n) = \frac{a - n}{b} \text{ dar.}$$

Geben Sie die Werte der Konstanten a und b sowie deren Einheiten an (führen Sie Einheitenrechnungen durch).

Hinweis: Wenn Sie Frage 2.3 nicht lösen konnten, dann rechnen Sie im

$$\text{Folgenden mit } M_{\text{GM}}(n) = \frac{26,58 \frac{1}{\text{s}} - n}{0,018 \frac{1}{\text{Ws}^2}} \text{ weiter.}$$

Nun wird die Gleichstrommaschine zusammen mit dem Lüfter betrachtet, d.h. die Gleichstrommaschine treibt den Lüfter an.

2.4 Stationäre Drehzahl bei Betrieb des Lüfters

Welche stationäre Drehzahl n_{stat} in min^{-1} stellt sich ein, wenn die Gleichstrommaschine das Gebläse antreibt?

Hat der Ingenieur den Antrieb für den Lüfter im Dauerbetrieb richtig bemessen (Begründung)?

Hinweis: Im stationären Zustand gilt $M_{\text{GM}}(n_{\text{stat}}) = M_{\text{L}}(n_{\text{stat}})$.

Die Lösungsformel für die quadratische Gleichung $x^2 + p \cdot x + q = 0$

$$\text{lautet: } x_{1/2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

Aufgabe 3: Diode, Operationsverstärker, Transistor

In einem Wärmeschränk soll die durch den Temperatursensor $R_1(\vartheta)$ erfasste Ist-Temperatur mit Hilfe eines Heizdrahtes R_L auf eine vorgegebene Soll-Temperatur eingestellt werden. Die Schaltung zur Temperaturregelung ist in Abbildung 3-1 dargestellt. Sie kann vereinfacht in die folgenden 4 Teilschaltungen aufgeteilt werden:

1. In der Mess-Stufe wird die Ist-Temperatur mittels des temperaturabhängigen Widerstandes $R_1(\vartheta)$ erfasst und in das Spannungssignal U_{e1} umgewandelt.
2. Die Zenerdiodenstufe liefert eine Referenzspannung U_{e2} , welche der vorgegebenen Soll-Temperatur entspricht.
3. In der Verstärkerstufe mit dem Operationsverstärker (OP) wird die Differenz zwischen der Soll- und der Ist-Temperatur verstärkt.
4. In der Transistor-Endstufe wird der Heizdraht R_L durch den Transistor (nnp-Bipolartransistor) angesteuert.

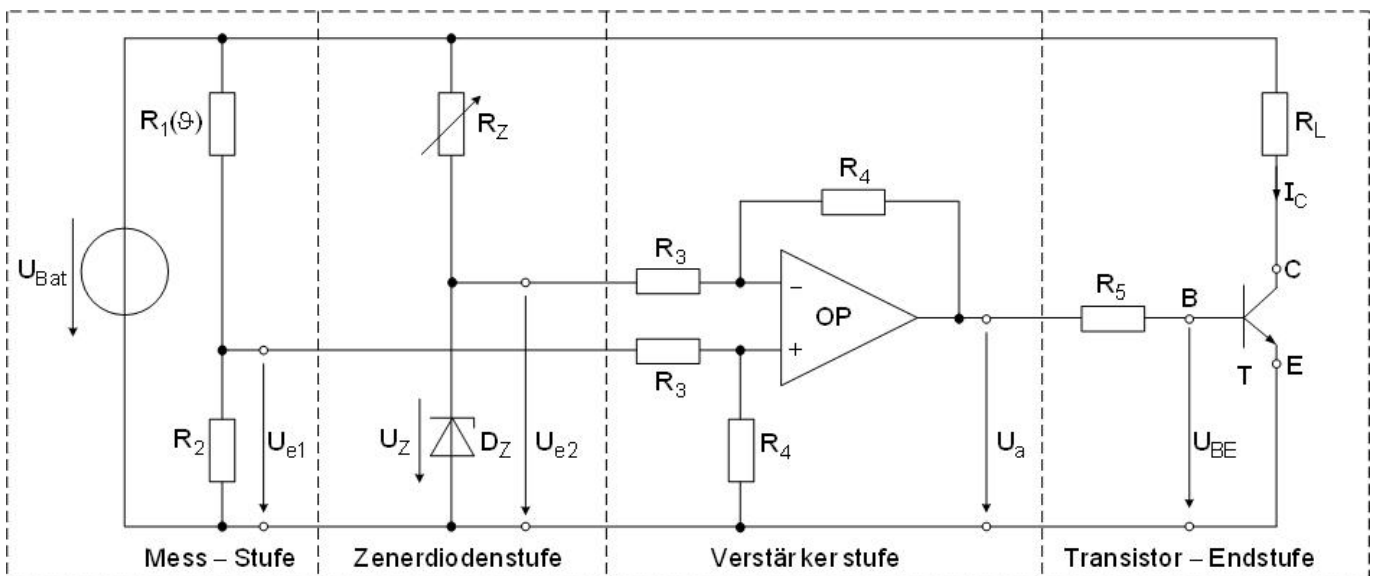


Abbildung 3-1: Schaltung zur Temperaturregelung eines Wärmeschrankes

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Versorgungsspannung

$$U_{\text{Bat}} = 12 \text{ V}$$

Widerstände

$$R_1(\vartheta) = 100 \, \Omega \cdot \left(1 + \frac{\vartheta - 20^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C}} \right)$$

$$R_2 = 500 \, \Omega$$

$$R_3 = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_5 = 100 \, \Omega$$

$$R_L = 10 \, \Omega$$

Zenerdiode

Durchbruchspannung der Zenerdiode

$$U_{Z0} = 9,9 \text{ V}$$

Dynamischer Widerstand im Arbeitsbereich

$$R_{\text{DZ}} = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} = 10 \, \Omega$$

Der Operationsverstärker (OP) darf als ideal angenommen werden.

Die Spannungsversorgung des OP ist in Abbildung 3-1 nicht eingezeichnet.

Transistor (nnp-Bipolartransistor)

Gleichstromverstärkung

$$B = 100$$

Diffusionsspannung der Basis-Emitter-Diode

$$U_{\text{BE0}} \rightarrow 0 \text{ V}$$

Basis-Emitter-Widerstand

$$R_{\text{BE}} \rightarrow 0 \, \Omega$$

Kollektor-Emitter-Widerstand

$$R_{\text{CE}} \rightarrow \infty \, \Omega$$

Fragen:

3.1 Mess-Stufe – (3 Punkte)

Wie groß sind die Werte des temperaturabhängigen Messwiderstandes $R_1(\vartheta)$ in Ohm bei den Temperaturen $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$ und $\vartheta_2 = -8,57^\circ\text{C}$?

Geben Sie die Beziehung $U_{e1} = f(U_{\text{Bat}}, R_1(\vartheta), R_2)$ an.

Berechnen Sie bei den Temperaturen $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$ und $\vartheta_2 = -8,57^\circ\text{C}$ die Werte der Spannung U_{e1} in Volt.

Hinweis: Wenn Sie Frage 3.1 nicht lösen konnten, dann rechnen Sie im Folgenden mit $R_1(20^\circ\text{C}) = 100\ \Omega$, $R_1(-8,57^\circ\text{C}) = 71,43\ \Omega$, $U_{e1}(20^\circ\text{C}) = 10\ \text{V}$ und $U_{e1}(-8,57^\circ\text{C}) = 10,5\ \text{V}$ weiter.

3.2 Zenerdiodenstufe – (4 Punkte)

Geben Sie die Beziehung $U_Z = U_{e2} = f(U_{\text{Bat}}, U_{Z0}, U_{DZ}, R_{DZ}, R_Z)$ an.

Auf welchen Wert muss R_Z eingestellt werden, sodass die Spannung $U_Z = U_{e2} = 10\ \text{V}$ beträgt?

3.3 Verstärkerstufe mit Operationsverstärker (OP) – (4 Punkte)

Welche Operationsverstärker-Grundsaltung wird bei diesem Schaltungsteil verwendet?

Geben Sie die Beziehung $U_a = f(U_{e1}, U_{e2}, R_3, R_4)$ an.

Wie groß ist die Ist-Temperatur, wenn die Spannung $U_a = 1\ \text{V}$ und die Spannung $U_Z = U_{e2} = 10\ \text{V}$ beträgt?

Nachfolgend soll nun der Schaltungsteil „Transistor-Endstufe“ betrachtet werden.

3.4 Gleichstromersatzschaltbild – (5 Punkte)

Zeichnen Sie das Gleichstrom-Ersatzschaltbild des Schaltungsteils „Transistor-Endstufe“ und versehen Sie es mit Zählpfeilen für die Größen

U_a , U_{BE} , U_{BE0} , I_B , I_{C0} und I_C .

3.5 Betriebspunkt mit 10 W Heizleistung (Index BP1) – (4 Punkte)

Bestimmen Sie den Kollektorstrom $I_{C(BP1)}$, den Basisstrom $I_{B(BP1)}$ sowie die erforderliche Eingangsspannung $U_{a(BP1)}$, sodass in diesem Betriebspunkt die Heizleistung P_L des Heizdrahtes R_L gleich $P_L = 10 \text{ W}$ beträgt.

Für Aufgabe 4 gilt:

- Pro Frage ist genau *eine* Antwort richtig.
- Jeder Themenblock wird separat und mit mindestens 0 Punkten bewertet.
Richtige Antwort: 1 Punkt
Keine Antwort: 0 Punkte
Falsche Antwort: –1 Punkt

Aufgabe 4:

Block 1 Grundlagen

4.1 Die elektrische Spannung zwischen zwei Punkten in einem elektrischen Feld ist

- a) direkt proportional zur elektrischen Feldstärke und dem Abstand zwischen den Punkten.
- b) unabhängig von der elektrischen Feldstärke.
- c) umgekehrt proportional zur elektrischen Feldstärke und direkt proportional zum Abstand der Punkte.

4.2 Bei einer idealen Gleichspannungsquelle ist die Klemmenspannung

- a) abhängig vom Klemmenstrom.
- b) unabhängig vom Klemmenstrom.
- c) abhängig von der Art der Belastung.

4.3 Eine reale Spannungsquelle wird im Ersatzschaltbild dargestellt durch

- a) die Reihenschaltung einer idealen Stromquelle und eines Widerstandes.
- b) die Reihenschaltung einer idealen Spannungsquelle und eines Widerstandes.
- c) die Reihenschaltung einer idealen Spannungsquelle und einer Kapazität.

4.4 Die elektrische Leitfähigkeit eines Werkstoffes ist charakterisiert durch

- a) den spezifischen Widerstand des Werkstoffes.
- b) die relative Permeabilität des Werkstoffes.
- c) die Dielektrizitätszahl des Werkstoffes.

4.5 Wie wird die Blindleistung Q in einem Wechselstromkreis berechnet?

- a) $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$
- b) $Q = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$
- c) $Q = U \cdot I \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right)$

4.6 In einer RL-Reihenschaltung

- a) sind Strom und Spannung immer in Phase.
- b) eilt der Strom, der durch die Schaltung fließt, der an der Schaltung angelegten Spannung nach.
- c) eilt der Strom, der durch die Schaltung fließt, der an der Schaltung angelegten Spannung vor.

4.7 Der Effektivwert des Stroms in einer RLC-Reihenschaltung ist

- a) bei der Resonanzfrequenz am niedrigsten.
- b) bei der Resonanzfrequenz am höchsten.
- c) unabhängig von der Frequenz.

4.8 Die Blindleistungsaufnahme einer RLC-Reihenschaltung bei Resonanz ist

- a) am höchsten.
- b) am niedrigsten.
- c) gleich Null.

Block 2 Halbleitertechnik

4.9 Ein n-dotierter Silizium-Kristall enthält Fremdatome der

- a) 3. Hauptgruppe des Periodensystems.
- b) 5. Hauptgruppe des Periodensystems.
- c) 4. Hauptgruppe des Periodensystems.

4.10 Ein pn-Übergang wird leitend, wenn

- a) die Breite der Sperrschicht zunimmt.
- b) die Breite der Sperrschicht konstant bleibt.
- c) die Breite der Sperrschicht abnimmt.

4.11 Bei einem Wechselstromverstärker in Emitter-Schaltung

- a) ist die Ausgangsspannung identisch mit der Eingangsspannung.
- b) wird die Eingangsspannung invertiert und deren Amplitude verstärkt.
- c) wird die Eingangsspannung nicht invertiert aber deren Amplitude verstärkt.

4.12 Die Gleichstrombetrachtung eines Wechselstromverstärkers mit einem Bipolartransistor in Emitterschaltung dient

- a) der Ermittlung des Arbeitspunkts.
- b) der Bestimmung der Spannungsverstärkung.
- c) der Bestimmung der Stromverstärkung.

4.13 Ein idealer Operationsverstärker hat

- a) einen niedrigen Ausgangswiderstand und einen niedrigen Eingangswiderstand.
- b) einen hohen Ausgangswiderstand und einen niedrigen Eingangswiderstand.
- c) einen hohen Eingangswiderstand und einen niedrigen Ausgangswiderstand.

4.14 Ein Operationsverstärker

- a) mit Rückkopplung kann als Komparator eingesetzt werden.
- b) ohne Rückkopplung kann als Signalverstärker eingesetzt werden.
- c) ohne Rückkopplung kann als Komparator eingesetzt werden.

Block 3 Elektrische Maschinen

4.15 Ein Motor

- a) wandelt mechanische Energie in elektrische Energie um und hat den Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{\text{mech}}}{P_{\text{el}}}$.
- b) wandelt elektrische Energie in mechanische Energie um und hat den Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{\text{mech}}}{P_{\text{el}}}$.
- c) wandelt elektrische Energie in mechanische Energie um und hat den Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{\text{el}}}{P_{\text{mech}}}$.

4.16 Ein stabiler Arbeitspunkt (AP) in einem Antriebssystem

- a) ist gegeben, wenn vom AP ausgehend in Richtung der höheren Drehzahlen das elektrische Drehmoment und in Richtung der niedrigeren Drehzahlen das Lastmoment überwiegt.
- b) ist gegeben, wenn vom AP ausgehend in Richtung der höheren Drehzahlen das Lastmoment und in Richtung der niedrigen Drehzahlen das elektrische Moment überwiegt.
- c) hängt nicht von der Steigung der Last- bzw. der Motorkennlinie ab.

4.17 Der Anlaufstrom $I_{A,An}$ einer fremderregten Gleichstrommaschine

- a) nimmt bei einer Erhöhung des magnetischen Flusses ab.
- b) nimmt bei einer Reduzierung des magnetischen Flusses zu.
- c) ist unabhängig vom magnetischen Fluss.

4.18 Die Leerlaufwinkelgeschwindigkeit einer fremderregten Gleichstrommaschine bei einer gleichbleibenden Ankerspannung erhöht sich,

- a) wenn der magnetische Fluss in der Maschine erhöht wird.
- b) wenn der magnetische Fluss in der Maschine reduziert wird.
- c) wenn Vorwiderstände im Ankerkreis eingeschaltet werden.

4.19 Das Anlaufdrehmoment einer permanentmagnetisch erregten Gleichstrommaschine ist abhängig von

- a) der Ankerspannung U_A und dem Ankerwiderstand R_A .
- b) der Ankerspannung U_A und der Drehzahl n .
- c) dem Ankerstrom I_A und der Drehzahl n .

4.20 Die synchrone Drehzahl einer Asynchronmaschine hängt

- a) von der Versorgungsfrequenz und der Polpaarzahl ab.
- b) von der Versorgungsfrequenz und der Versorgungsspannung ab.
- c) nur von der Polpaarzahl ab.