

Bitte in Blockschrift ausfüllen.

19.03.2009

Name, Vorname	Studienrichtung	Matrikelnummer

Für die Aufgaben 1 bis 3 gilt jeweils:

- Pro Aufgabe können insgesamt 20 Punkte erreicht werden.
- In der Vorlesung und/oder im Seminar abgeleitete Beziehungen für bekannte Schaltungen dürfen ohne erneute Herleitung verwendet werden.
- Kennzeichnen Sie in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit den gegebenen Ersatzwerten weiterführen.

Aufgabe 1 Grundgesetze, Netzwerkanalyse, Wechselstrom

Gegeben ist die in Abbildung 1-1 dargestellte Schaltung. Sie besteht aus zwei identischen Glühlampen G1 und G2, die jeweils mit in Reihe geschalteter ohmsch-induktiver bzw. ohmsch-kapazitiver Impedanz an der Wechselspannungsquelle $\underline{U}$ mit der Frequenz f betrieben werden. Die Glühlampen zeigen rein ohmsches Verhalten und werden in ihrem Nennpunkt betrieben. Die Schaltung soll nachfolgend nun so dimensioniert werden, dass im einen Zweig die Spannung $\underline{U}_{G1}$ an der Glühlampe G1 der Spannung $\underline{U}$ um 45° nacheilt und im anderen Zweig die Spannung $\underline{U}_{G2}$ an der Glühlampe G2 der Spannung $\underline{U}$ um 45° voreilt.

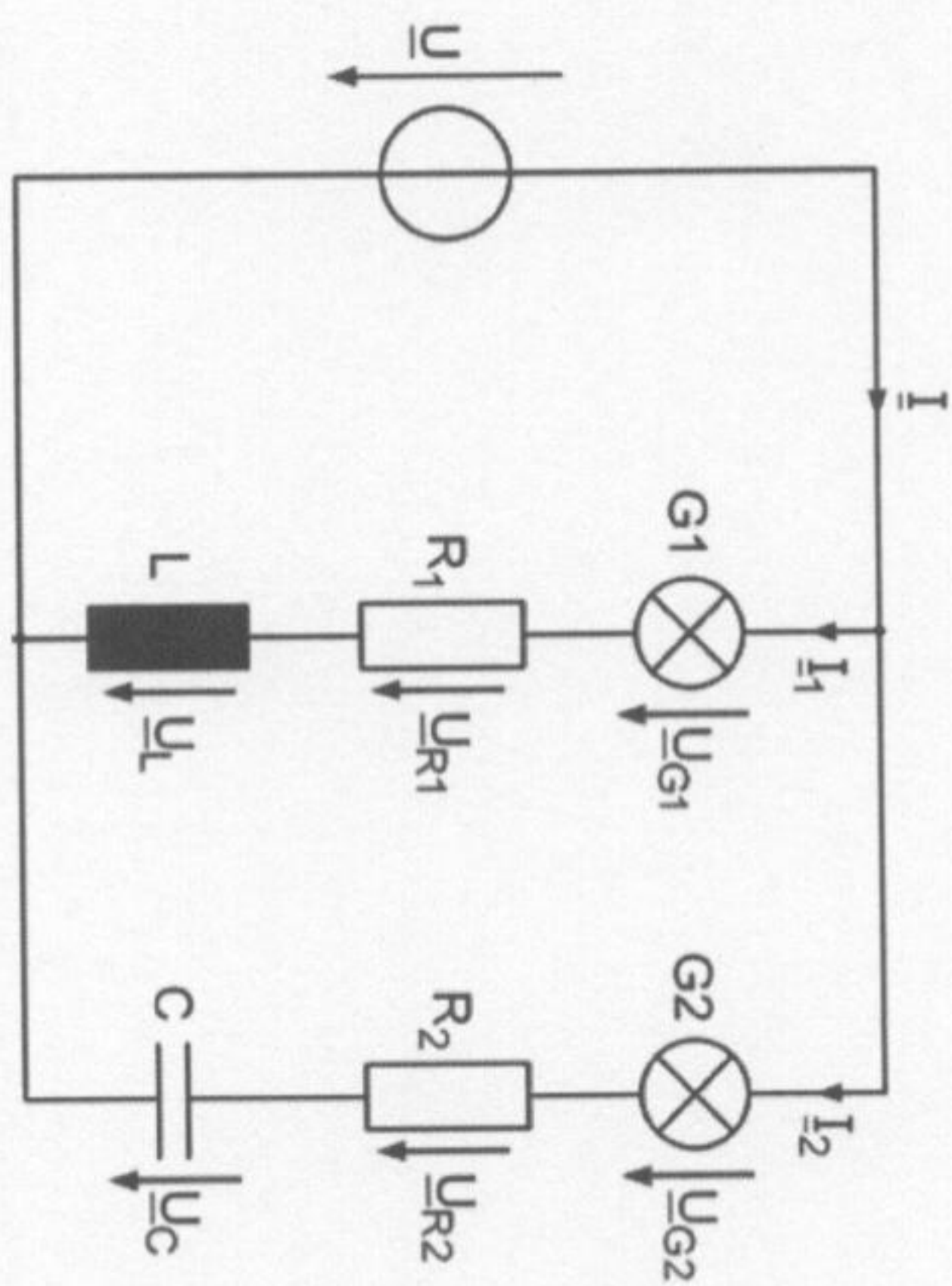


Abbildung 1-1: Wechselstrom-Schaltung mit zwei Glühlampen

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannungsquelle

Spannungseffektivwert

$$U = 230 \text{ V}$$

Frequenz

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

Glühlampen G1 und G2

Nennspannung

$$U_{G1} = U_{G2} = 120 \text{ V}$$

Nennleistung

$$P_{G1} = P_{G2} = 60 \text{ W}$$

Verhalten:

Die Glühlampen verhalten sich wie ohmsche Widerstände mit R_{G1} und R_{G2} (Lampenwiderstände im Nennbetrieb der Lampen). Es gilt

$$R_{G1} = R_{G2}.$$

Fragen:

1.1 Aufstellung des Gleichungssystems

Aus wie vielen Knoten k und Zweigen z besteht das elektrische Netzwerk?
Wie viele unabhängige Gleichungen n benötigen Sie zur Berechnung der unbekannten Größen? Stellen Sie die entsprechenden Gleichungen auf.

1.2 Zeigerdiagramm

Zeichnen Sie ein nicht maßstäbliches aber winkeltreues Zeigerdiagramm für den Zweig mit der Glühlampe G_1 .
Zeichnen Sie ein nicht maßstäbliches aber winkeltreues Zeigerdiagramm für den Zweig mit der Glühlampe G_2 .
Kombinieren Sie die beiden Zeigerdiagramme zum nicht maßstäblichen aber winkeltreuen Zeigerdiagramm der gesamten Schaltung.

Hinweis: Beachten Sie, dass im einen Zweig die Spannung $\underline{U}_{G1}$ an der Glühlampe G_1 der Spannung $\underline{U}$ um 45° nacheilen und im anderen Zweig die Spannung $\underline{U}_{G2}$ an der Glühlampe G_2 der Spannung $\underline{U}$ um 45° voreilen soll.

1.3 Effektivwerte

Wie groß sind die Effektivwerte (Beträge) der Spannungen $\underline{U}_{G1} + \underline{U}_{R1}$, $\underline{U}_{G2} + \underline{U}_{R2}$, $\underline{U}_L$ und $\underline{U}_C$?

Wie groß sind die Effektivwerte I_1 und I_2 der Lampenströme I_1 und I_2 ?

1.4 Bestimmung der Bauelemente

Wie groß sind die ohmschen Widerstände R_{G1} und R_{G2} der beiden Lampen im Betrieb?
Bestimmen Sie den Wert der Induktivität L in mH und den Wert der Kapazität C in μF . Wie groß müssen die ohmschen Widerstände R_1 und R_2 gewählt werden?

1.5 Impedanz und Leistung

Bestimmen Sie die Impedanz $\underline{Z}_{ges}$ der gesamten Schaltung. Welche Scheinleistung S nimmt die Schaltung auf? Bestimmen Sie die in der Schaltung umgesetzte Wirkleistung P . Wie groß ist die in der Induktivität L „umgesetzte“ Blindleistung Q_L und die in der Kapazität C „umgesetzte“ Blindleistung Q_C ?

Wirkt die gesamte Schaltung demnach ohmsch, induktiv oder kapazitiv (kurze Begründung)?

Aufgabe 2: Gleichstrommaschine

Eine permanentmagnetisch erregte Gleichstrommaschine (GM) in einem Akku-Elektrowerkzeug soll über eine Leistungselektronik (LE) angesteuert werden.

Abbildung 2-1 zeigt die prinzipielle Anordnung des Antriebsstrangs.

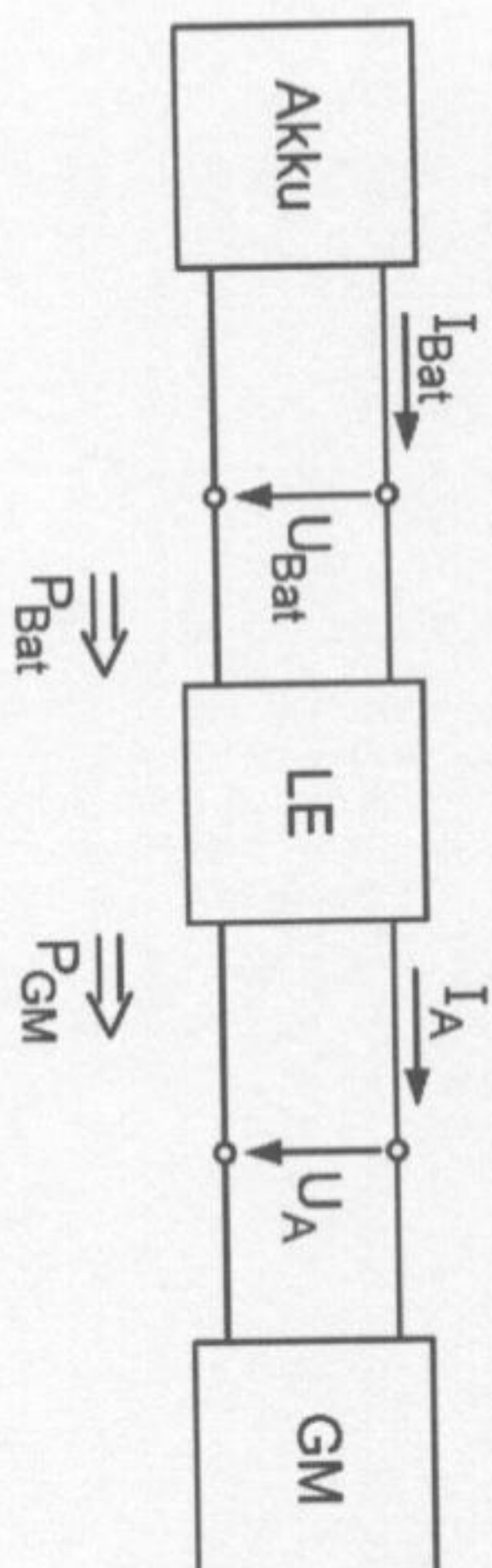


Abbildung 2-1: Antrieb eines Akku-Elektrowerkzeugs

Die Leistungselektronik arbeitet verlustfrei, d. h. die aufgenommene Leistung P_{Bat} und die abgegebene Leistung P_{GM} sind gleich groß ($P_{\text{Bat}} = P_{\text{GM}}$). Über den Bedienknopf des Werkzeugs kann die Ankerspannung U_A unabhängig von der Akkuspannung U_{Bat} eingestellt werden.

Während der Entwicklung wird für den Akku folgende Kennlinie gemessen:

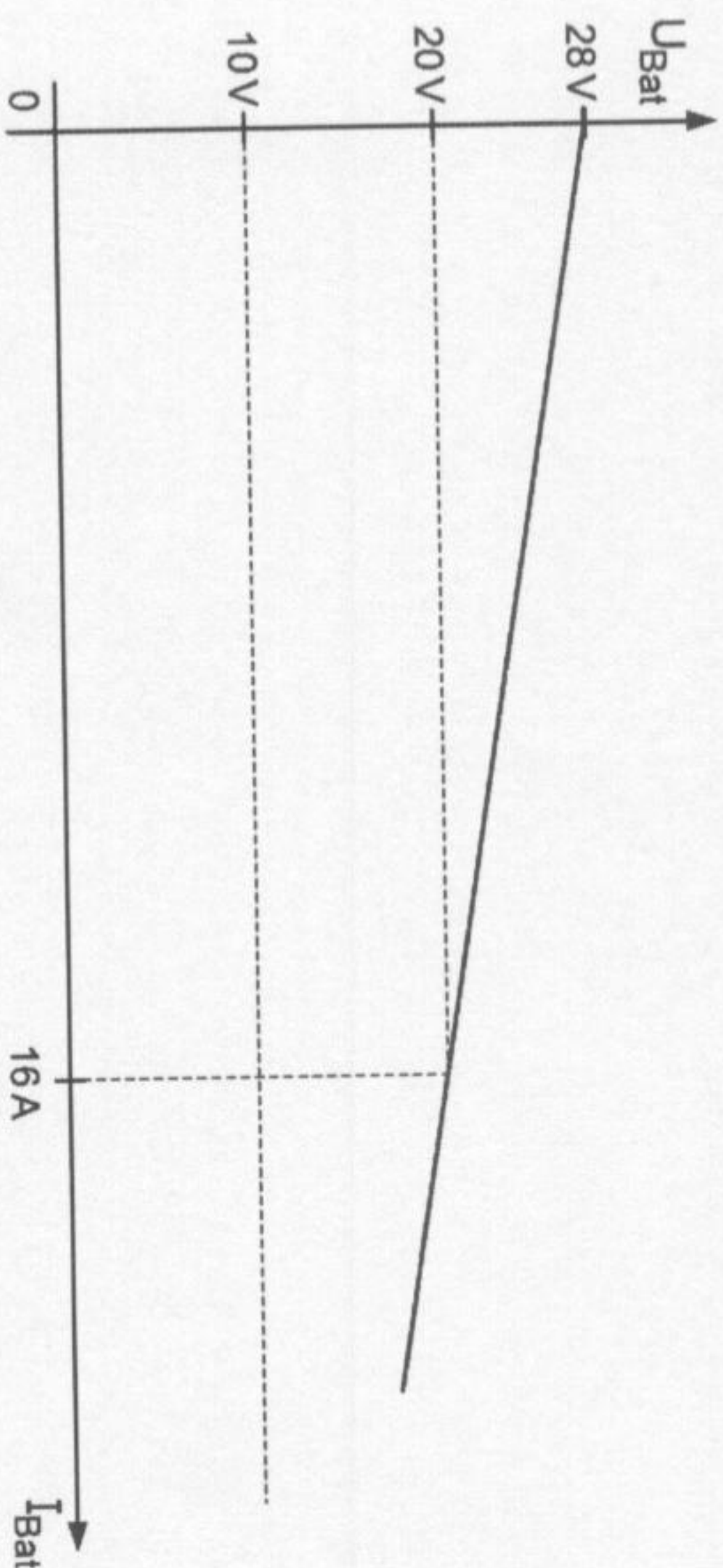


Abbildung 2-2: Kennlinie des Akkus

Von der GM sind folgende Daten bekannt:

Nennrehzahl

$$n_N = 2000 \text{ min}^{-1}$$

Nennleistung

$$P_N = 150 \text{ W}$$

Nenn-Ankerspannung

$$U_{AN} = 24 \text{ V}$$

Nenn-Ankerstrom

$$I_{AN} = 8 \text{ A}$$

Die GM soll mit Ausnahme der ohmschen Ankerverluste als verlustfrei angenommen werden.

Fragen:

2.1 Ersatzschaltbild des Akkus

Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des Akkus als reale Spannungsquelle und bestimmen Sie die Leerlaufspannung U_0 und den Innenwiderstand R_i .

Hinweis: Sollten sie Frage 2.1 nicht gelöst haben, können Sie im Folgenden mit $U_0 = 27 \text{ V}$ und $R_i = 375 \text{ m}\Omega$ weiterarbeiten.

2.2 Klemmenspannung des Akkus

Wie groß ist die Ausgangsspannung U_{Bat} des Akkus in Abhängigkeit des Ausgangsstroms I_{Bat} ? Bestimmen Sie die Ausgangsleistung P_{Bat} des Akkus und die im Innenwiderstand R_i umgesetzte Verlustleistung $P_{V,\text{Bat}}$ in Abhängigkeit des Ausgangsstroms I_{Bat} .

Hinweis: Sollten sie Frage 2.2 nicht gelöst haben, können Sie im Folgenden

$$\text{mit } P_{\text{Bat}} = 27,5 \text{ W} \cdot \frac{I_{\text{Bat}}}{\text{A}} - 0,4375 \text{ W} \cdot \left(\frac{I_{\text{Bat}}}{\text{A}} \right)^2 \text{ und}$$

$$P_{V,\text{Bat}} = 0,4375 \text{ W} \cdot \left(\frac{I_{\text{Bat}}}{\text{A}} \right)^2 \text{ weiterarbeiten.}$$

2.3 Ersatzschaltbild der Gleichstrommaschine

Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Gleichstrommaschine mit dem Ankerwiderstand R_A , der Ankerinduktivität L_A und der induzierten Spannung U_i .

2.4 Nennwerte der Gleichstrommaschine

Berechnen Sie das abgegebene Drehmoment M_N und den Wirkungsgrad η_{MN} der GM im Nennbetrieb. Wie groß ist der Ankerwiderstand R_A ? Bestimmen Sie die induzierte Spannung U_N im Nennbetrieb.

Hinweis: Sollten Sie Frage 2.4 nicht gelöst haben, können Sie im Folgenden mit $M_N = 735 \text{ mNm}$, $\eta_{MN} = 80,2\%$, $R_A = 0,59 \Omega$ und $U_N = 19,2 \text{ V}$ weiterarbeiten.

Die GM wird während der Arbeit mit dem Akku-Elektrowerkzeug bei einer Drehzahl von $n_1 = 1500 \text{ min}^{-1}$ mit einem Drehmoment von $M_1 = 500 \text{ mNm}$ belastet.

2.5 Betrieb unter Last

Bestimmen Sie für diesen Arbeitspunkt die induzierte Spannung U_N , den Ankerstrom I_{A1} und die Ankerspannung U_{A1} . Welche elektrische Leistung P_{el1} nimmt die GM in diesem Arbeitspunkt auf? Bestimmen Sie die insgesamt im Akku-Elektrowerkzeug auftretenden Verluste P_{v1} .

Aufgabe 3:

Die Biegebelastung eines Stahlträgers wird mit Dehnungsmessstreifen gemessen. Für die vorgegebenen Dehnungsmessstreifen soll ein Messverstärker dimensioniert werden. Abbildung 3-1 zeigt die vollständige Schaltung aus Dehnungsmessstreifen und Messverstärker. Es sind insgesamt 4 einzelne Dehnungsmessstreifen in Brückenschaltung angeordnet. Sie sind so angeordnet, dass zwei von ihnen bei Biegebelastung gestreckt (R_1 und R_3) und die beiden anderen gestaucht (R_2 und R_4) werden. Alle vier Dehnungsmessstreifen, R_1 , R_2 , R_3 und R_4 , haben jeweils die gleichen Abmessungen und den gleichen Nenn-Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$, wenn sie nicht gestreckt oder gestaucht werden. Der exakte Widerstand $R(\varepsilon)$ der vier gleichen Dehnungsmessstreifen ist abhängig von der relativen Längenänderung

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}.$$

Die Biegebelastung des Stahlträgers ändert sich so langsam, dass alle elektrischen Größen als Gleich-Größen betrachtet werden können.

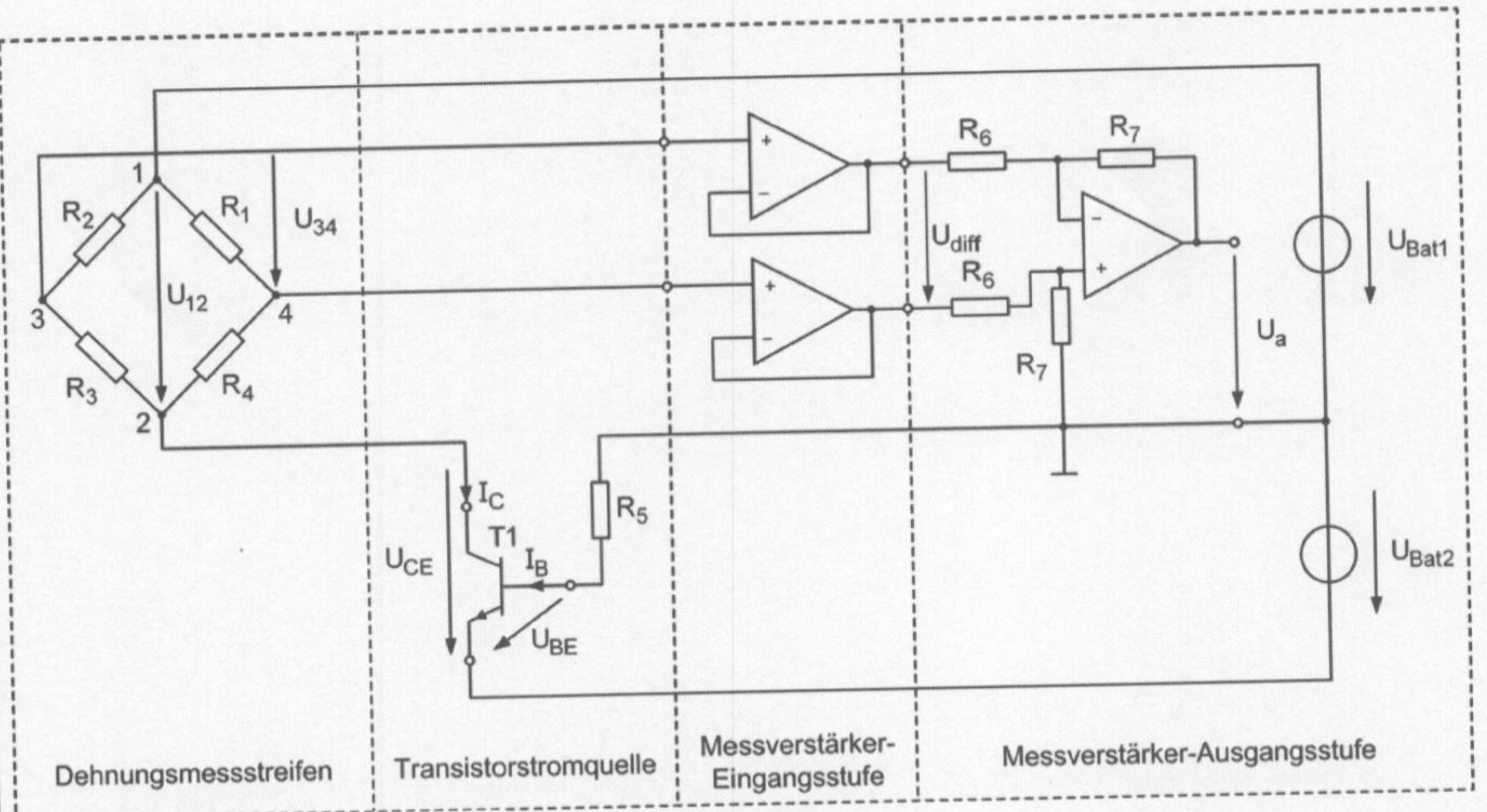


Abbildung 3-1: Dehnungsmessstreifen mit Messverstärker und Transistor für die Gleichstromversorgung

Von der Schaltung sind folgende Daten gegeben:

Versorgungsspannungen

$$U_{Bat1} = U_{Bat2} = 15 \text{ V}$$

Widerstände der vier Dehnungsmessstreifen

$$R_1(\varepsilon) = R_3(\varepsilon) = 1 \text{ k}\Omega \cdot (1 + 100 \cdot \varepsilon_1)$$

$$R_2(\varepsilon) = R_4(\varepsilon) = 1 \text{ k}\Omega \cdot (1 + 100 \cdot \varepsilon_2)$$

Relative Längenänderungen der Dehnungsmessstreifen bei maximal zulässiger Biegebelastung $\varepsilon_1 = +0,02\%$
 Abhängigkeit zwischen den relativen Längenänderungen $\varepsilon_2 = -\varepsilon_1$

Transistor T1:

Stromverstärkungen

$$B = 100$$

Basis-Emitter-Widerstand

$$R_{BE} = 500 \Omega$$

Diffusionsspannung der Basis-Emitter-Diode

$$U_{BE0} = 0,75 \text{ V}$$

Kollektor-Emitter-Widerstand

$$R_{CE} = 3 \text{ k}\Omega$$

Arbeitspunkt (AP)

$$I_{C(AP)} = 15 \text{ mA}$$

$$U_{CE(AP)} = 15 \text{ V}$$

Messverstärker-Schaltungen:

Widerstände

$$R_6 = 1 \text{ k}\Omega$$

Sämtliche Operationsverstärker dürfen als ideal betrachtet werden.

Fragen:

Zunächst wird der Schaltungsteil „Dehnungsmessstreifen“ betrachtet.

3.1 Betrachtung der Dehnungsmessstreifen

Ermitteln Sie zuerst den auf die Klemmen 1 und 2 bezogenen Gesamtwiderstand R_{ges} der Brückenschaltung aus den vier Dehnungsmessstreifen R_1, R_2, R_3, R_4 .

Die Brückenschaltung aus den Dehnungsmessstreifen soll nach Vorgabe des Herstellers mit einem konstanten Strom von $I_C = 15 \text{ mA}$ betrieben werden.

Wie groß ist der Spannungsabfall U_{12} bei einem Betrieb mit $I_C = 15 \text{ mA}$?

Hinweis: Sollten Sie Frage 3.1 nicht gelöst haben, können Sie im Folgenden mit $U_{12} = 13,5 \text{ V}$ und $R_{ges} = 900 \Omega$ weiterarbeiten.

3.2 Belasteter Stahlträger

Bestimmen Sie die Spannung U_{34} zwischen den Dehnungsmessstreifen bei maximal zulässiger Biegebelastung F_{max} .

Nun werden die Schaltungsteile „Dehnungsmessstreifen“ und „Transistorstromquelle“ gemeinsam betrachtet.

3.3 Gleichstrom-Ersatzschaltbild

Erstellen Sie das vollständige Transistor-Gleichstrom-Ersatzschaltbild der Schaltungsteile „Dehnungsmessstreifen“ und „Transistor-Stromquelle“.

Das Gleichstrom-Ersatzschaltbild soll alle relevanten Spannungsquellen sowie die vier Widerstände der Dehnungsmessstreifen enthalten. Tragen sie die Spannung U_{12} ein.

3.4 Arbeitspunkteinstellung

Bestimmen Sie den Basisvorwiderstand R_B so, dass sich der vorgegebene Arbeitspunkt (AP) bei $I_C = 15 \text{ mA}$ einstellt.

Weiter wird der Schaltungsteil „Messverstärker-Eingangsstufe“ betrachtet.

3.5 Messverstärker-Eingangsstufe

Welche OP-Grundsicherung wird im Schaltungsteil Messverstärker-Eingangsstufe verwendet?

Wie groß ist die Spannung U_{diff} am Ausgang der Messverstärker-Eingangsstufe in Abhängigkeit von der Spannung U_{34} ?

Hinweis: Sollten Sie Frage 3.5 nicht gelöst haben, können Sie im Folgenden mit $U_{diff} (F_{max}) = 0,5 \text{ V}$ weiterarbeiten.

Es wird der Schaltungsteil „Messverstärker-Ausgangsstufe“ betrachtet.

3.6 Messverstärker-Ausgangsstufe

Um was für eine OP-Schaltung handelt es sich beim Schaltungsteil Messverstärker-Ausgangsstufe?

Berechnen Sie die Widerstände R_7 so, dass sich bei der maximal zulässigen Biegebelastung F_{max} eine Ausgangsspannung von $U_a = -10 \text{ V}$ einstellt.

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 Stromstärke I ist definiert als

- a) $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ und hat die Einheit Ampere.
- b) $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ und hat die Einheit Ampere/Sekunde.
- c) $I = U \cdot R$ und hat die Einheit Ampere.

4.2 Der Effektivwert I des Stromes $i(t) = \hat{i} \cdot \sin(\omega \cdot t - \phi_i)$ berechnet sich

zu:

- a) $I = \hat{i} \cdot \sin(\phi_i)$
- b) $I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$
- c) $I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{3}}$

4.3 Bei einer realen Spannungsquelle

- a) ist die Klemmenspannung unabhängig vom Klemmenstrom immer konstant.
- b) sinkt die Klemmenspannung mit steigendem Klemmenstrom.
- c) sinkt die Klemmenspannung mit abnehmendem Klemmenstrom.

4.4 Ein sinusförmiger elektrischer Strom durch eine Induktivität eilt der Spannung an der Induktivität um

- a) $\frac{\pi}{2}$ vor.
- b) $\frac{\pi}{4}$ vor.
- c) $\frac{\pi}{2}$ nach.

4.5 An einem Kondensator mit der Kapazität C gilt:

- a) $i_C(t) = C \cdot u_C(t)$
- b) $u_C(t) = C \cdot \frac{di_C(t)}{dt}$
- c) $i_C(t) = C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$

4.6 In einem RLC-Reihenschwingkreis ist bei Resonanz

- a) sowohl der Effektivwert des Stroms als auch der Scheinwiderstand der Schaltung maximal.
- b) der Effektivwert der Spannung an dem Widerstand R maximal und der Scheinwiderstand der Schaltung minimal.
- c) sowohl der Effektivwert des Stroms als auch der Scheinwiderstand der Schaltung minimal.

4.7 In einer Wechselstromschaltung gelten:

- a) Wirkleistung $P = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$ und Scheinleistung $S = I \cdot U \cdot \cos(\varphi)$
- b) Scheinleistung $S = I \cdot U$ und Blindleistung $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$
- c) Blindleistung $Q = U \cdot I$ und Scheinleistung $S = I \cdot U \cdot \sin(\varphi)$

4.8 Ein Netzwerk wird mit Hilfe der Methode der Ersatzspannungsquelle berechnet.

Die in der Ersatzspannungsquelle umgesetzte Leistung ist

- a) genau gleich der umgesetzten Leistung im ursprünglichen Netzwerk.
- b) im Allgemeinen nicht gleich der umgesetzten Leistung im ursprünglichen Netzwerk.
- c) immer doppelt so groß wie die umgesetzte Leistung im ursprünglichen Netzwerk.

Block 2: Halbleitertechnik

4.9 Die Energiedifferenz zwischen dem Leitungsband und dem Valenzband ist bei den

- a) Halbleitern nicht vorhanden.
- b) Nichtleitern sehr groß.
- c) Leitern sehr groß.

4.10 Das linearisierte Ersatzschaltbild einer Diode ist gültig

- a) im gesamten Bereich der Strom-Spannungskennlinie der Diode.
- b) nur für spezielle Diodentypen.
- c) nur in einem Bereich um den gewählten Arbeitspunkt.

4.11 Welche Aussage stimmt?

- a) Eigenleitung ist die Fähigkeit des reinen Halbleiterkristalls durch Energiezuführung leitend zu werden.
- b) Durch den Einbau von Fremdatomen der 5. und 3. Hauptgruppe sinkt die Leitfähigkeit des Silizium-Kristalls.
- c) Der Einbau von Akzeptoren (Atome der 3. Hauptgruppe) führt beim Silizium-Kristall zu einem Elektronenüberschuss.

4.12 Sowohl das Gleichstrom- als auch das Wechselstrom-Ersatzschaltbild eines Bipolartransistors enthält

- a) eine stromgesteuerte Spannungsquelle.
- b) eine stromgesteuerte Stromquelle.
- c) eine spannungsgesteuerte Spannungsquelle.

4.13 Ein Komparator ist

- a) ein Operationsverstärker ohne Gegenkopplung und wird zur Multiplikation von zwei Spannungen benutzt.
- b) ein Operationsverstärker mit Gegenkopplung und wird als Inverter eingesetzt.
- c) ein Operationsverstärker ohne Gegenkopplung und wird zum Vergleich von zwei Spannungen benutzt.

4.14 Ein idealer Operationsverstärker ist durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet:

- a) Der Eingangswiderstand ist unendlich klein, die Open-Loop-Verstärkung ist unendlich groß und die Ausgangsspannung ist lastunabhängig.
- b) Der Eingangswiderstand ist unendlich klein, die Open-Loop-Verstärkung ist unendlich groß und die Ausgangsspannung ist lastabhängig.
- c) Der Eingangswiderstand und die Open-Loop-Verstärkung sind unendlich groß und die Ausgangsspannung ist lastunabhängig.

Block 3: Elektrische Maschinen

4.15 In einer Leiterschleife wird eine Spannung induziert, wenn sich die

Leiterschleife

- a) in einem zeitlich wechselnden Magnetfeld befindet und ruht.
- b) in einem zeitlich konstanten Magnetfeld befindet und ruht.
- c) in einem zeitlich konstanten elektrischen Feld bewegt.

4.16 Ein stabiler Arbeitspunkt in einem Antriebssystem

- a) ist gegeben, wenn von dem Arbeitspunkt ausgehend in Richtung der höheren Drehzahlen das Lastmoment und in Richtung der niedrigeren Drehzahlen das elektrische Drehmoment überwiegt.
- b) ist gegeben, wenn von dem Arbeitspunkt ausgehend in Richtung der höheren Drehzahlen das elektrische Drehmoment und in Richtung der niedrigeren Drehzahlen das Lastmoment überwiegt.
- c) hängt nicht von den Steigungen der Last- bzw. der Motorkennlinie ab.

4.17 Die ideale Leerlaufdrehzahl der fremderregten Gleichstrommaschine sinkt, wenn

- a) der Strom I_f in der Feldwicklung sinkt.
- b) der Strom I_f in der Feldwicklung steigt.
- c) Ankervorwiderstände zugeschaltet werden.

4.18 Als Ankerrückwirkung bei der Gleichstrommaschine wird

- a) das durch die Ankerströme verursachte Bremsdrehmoment bezeichnet.
- b) die Verzerrung des Hauptmagnetfelds durch das Ankerquerfeld bezeichnet.
- c) die Geräuschentwicklung in der Maschine durch die Kohlebürsten am Anker bezeichnet.

4.19 Die Leiterspannung an einer Synchronmaschine in Sternschaltung beträgt 400 V. Welche Aussage stimmt?

- a) Die Strangspannung beträgt 400 V.
- b) Die Strangspannung beträgt 230 V.
- c) Die Strangspannung ist abhängig von der Drehzahl.

4.20 Die synchrone Drehzahl n_{sync} des Drehfelds einer zweipoligen Asynchronmaschine, die am 50-Hz-Netz betrieben wird, beträgt:

- a) $n_{\text{sync}} = 3000 \text{ min}^{-1}$
- b) $n_{\text{sync}} = 1500 \text{ min}^{-1}$
- c) $n_{\text{sync}} = 750 \text{ min}^{-1}$