

Name, Vorname	Studienrichtung	Matrikelnummer

Bitte in Blockbuchstaben ausfüllen!

Aufgabe 1:

- Pro Teilaufgabe können 4 Punkte erreicht werden.
- Hinweis: Die Teilaufgaben können unabhängig voneinander beantwortet werden!
- Kennzeichnen Sie es in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit gegebenen Ersatzwerten weiterführen bzw. weiterführen müssen!

Von einem fremderregten Gleichstrommotor sind folgende Daten bekannt:

Ankerspannung $U_{AN} = 220 \text{ V}$
 Ankernomstrom $I_{AN} = 50 \text{ A}$
 Maximal zulässiger Ankerstrom $I_{Amax} = 100 \text{ A}$
 Nennzahl $n_N = 2000 \text{ 1/min}$
 Nennreglerstrom $I_{RN} = 1 \text{ A}$
 Maximal zulässiger Erregerstrom $I_{Rmax} = 1,5 \text{ A}$
 Widerstand der Erregerwicklung $R_f = 100 \text{ } \Omega$
 Ankerwiderstand $R_A = 0,5 \text{ } \Omega$

Eisenverluste können stets vernachlässigt werden. Reibungsverluste können, außer bei Teilaufgabe d), immer vernachlässigt werden. Es treten keine Eisensättigungserscheinungen auf.

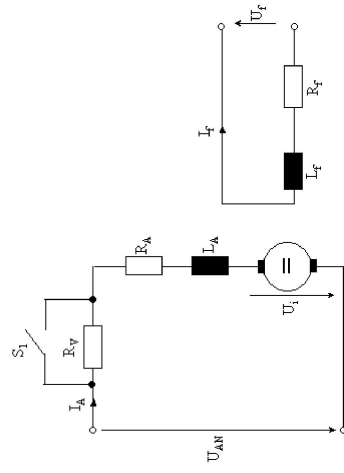


Bild 1: Ersatzschaltbild der fremderregten Gleichstrommaschine mit Vorwiderstand

- Die Maschine soll in unbelastetem Zustand bei U_{AN} und Nennregnung angelassen werden. Wie groß wäre der Anlaufstrom $I_{A,anl}$ ohne Vorwiderstand R_V ? Wie groß muss der Anker-vorwiderstand R_V gewählt werden, wenn der maximal zulässige Ankerstrom nicht überschritten werden darf? Wie groß ist der Ankerstrom I_A nach erfolgtem Hochlauf der unbelasteten Maschine über den Vorwiderstand R_V ? Ändert sich der Ankerstrom, wenn nach erfolgtem Hochlauf der unbelasteten Maschine der Vorwiderstand R_V durch Schließen des Schalters S_1 überbrückt wird (Begründung)?
- Nun wird die mit Nennregnung und Nennspannung betriebene Maschine belastet, bis sie ihre Nennzahl erreicht. Bestimmen Sie die Nennleistung P_N , das Nennmoment M_N , die Gesamtverluste P_{VN} sowie den Wirkungsgrad η_N der Maschine im Nennbetrieb. (Hinweis: der Anlasswiderstand wurde bereits überbrückt, d.h. es ist $R_V = 0$).
- Wie groß ist die ideale Leerlaufzahl (kein Reibungsmoment) n_{0N} in 1/min der bei Nennregnung und Nennspannung betriebenen Maschine? Wie groß sind die Gesamtverluste P_{V0} und der Wirkungsgrad η_0 der Maschine im Leerlauf?
- Um wie viele Umdrehungen pro Minute geht die reale Leerlaufzahl (mit Reibungsmoment) gegenüber der idealen Leerlaufzahl (ohne Reibungsmoment) der bei Nennregnung und Nennspannung betriebenen Maschine zurück, wenn durch die Lagerreibung und den Lüfter der Maschine ein Reibungsmoment von $M_R = 1,5 \text{ Nm}$ wirkt?
- Durch die alleinige Veränderung des Erregerstromes I_R wird erreicht, dass die Maschine (kein Reibungsmoment!) bei der Drehzahl $n = 1800 \text{ 1/min}$ ein Drehmoment von $M = 30 \text{ Nm}$ abgibt. Wie groß ist die mechanisch abgegebene Leistung $P = P_{mech}$ der Maschine in diesem Betriebspunkt? Wie groß ist die induzierte Spannung U_i in diesem Betriebspunkt? (Hinweis: wählen Sie aus den möglichen Lösungen die Spannung aus, bei der die Maschine einen akzeptablen Ankerstrom aufnimmt!) Wie groß ist der einzustellende Erregerstrom und auf welchen Wert muss somit die Erregerspannung eingestellt werden? Welche Leerlaufzahl stellt sich ein, wenn die Maschine plötzlich entlastet wird?

Aufgabe 2:

- Pro Teilaufgabe können 4 Punkte erreicht werden.
- Hinweis: Die Teilaufgaben können, bis auf Teilaufgabe e), unabhängig voneinander beantwortet werden!
- Kennzeichnen Sie es in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit gegebenen Ersatzwerten weiterführen bzw. weiterführen müssen!

An einem Maschinen-Prüfstand wird mittels eines piezoelektrischen Kraftsensors das Drehmoment einer Gleichstrommaschine erfasst. Die Messung erfolgt mittels einer Bremsmaschine, deren Stator drehbar gelagert ist und an dem ein starr befestigter Hebelarm der Gesamtlänge $L = 10 \text{ cm}$ für die Kraftübertragung auf den Drucksensor sorgt. Der Sensor gibt proportional zu der auf ihn ausgeübten Kraft F die Spannung $u_e = U_e = kF$ aus (siehe Bild 2).

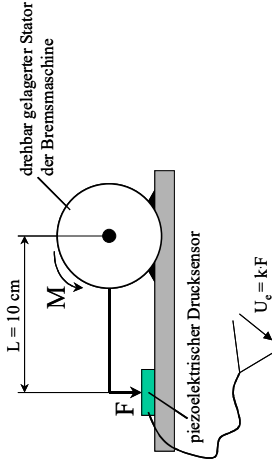


Bild 2: Drehmomentmessung mit einem piezoelektrischen Drucksensor

Das elektrische Ersatzschaltbild des Sensors ist in Bild 3 im gestrichelt eingekreisten Teil dargestellt; es besteht aus einer Spannungsquelle mit der eingeprägten Spannung $u_e = U_e$ und dem Innenwiderstand R_e . Der restliche Teil der in Bild 3 dargestellten Schaltung sorgt für die Signalverstärkung und Drehmomentüberwachung. Im Folgenden soll nun die Schaltung gemäß Bild 3 schrittweise analysiert und dimensioniert werden.

Daten des Gesamtsystems:

- Empfindlichkeit k des Drucksensors $k = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ V/N}$
- Maximal zulässige Kraft $F_{\max}$ $F_{\max} = 1000 \text{ N}$
- Spannung $u_e = U_e$ $U_e = k \cdot F$
- Innenwiderstand R_e der Sensor-Ersatzschaltung $R_e = 10^7 \Omega$
- Gesamtlänge L des Hebelarms $L = 10 \text{ cm}$
- Nennmoment der Gleichstrommaschine $M_N = 40 \text{ Nm}$
- Versorgungsspannung U_{Bat} $U_{\text{Bat}} = 12 \text{ V}$

Sämtliche Operationsverstärker (OP_1 bis OP_3) dürfen als ideal betrachtet werden!

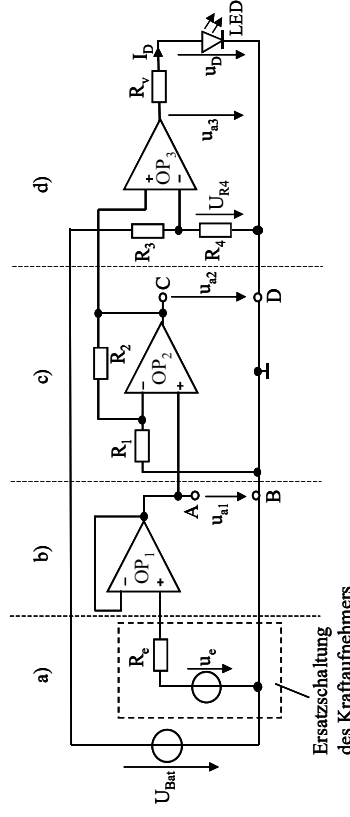


Bild 3: Messschaltung zur Signalverstärkung und Anzeige bei Überschreitung des maximal zulässigen Drehmomentes

Fragen:

Durch den im Schaltungs teil b) dargestellten Spannungsfollower erfolgt zunächst eine Anpassung des Sensors (Sensor-Ersatzdarstellung durch $u_e = U_e$ und R_e) an die nachfolgende Verstärkerstufe.

- a) Wie groß ist die Sensorspannung $u_e = u_d(40 \text{ Nm})$ bei einem Nennmoment von $M_N = 40 \text{ Nm}$? Wie groß ist dann die Spannung $u_{a1} = u_{a1}(40 \text{ Nm})$ am Ausgang des Spannungsfollowers (Schaltungs teil b)? Wie groß ist der Ausgangswiderstand des Spannungsfollowers (Schaltungs teil b)?

Die Spannung u_{a1} soll nun im Schaltungs teil c) so verstärkt werden, dass die Ausgangsspannung u_{a2} beim Nennmoment $M_N = 40 \text{ Nm}$ die Spannung $u_{a2}(40 \text{ Nm}) = 5 \text{ V}$ erreicht.

[Ersatzwert: $u_{a1}(40 \text{ Nm}) = 0,4 \text{ V}$]

- b) Wie groß ist der Widerstand R_2 zu wählen, wenn $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$ beträgt? Wie groß ist die Spannungsverstärkung $v_{U1} = u_{a2}/u_{a1}$ des Schaltungs teils c)?

Im folgenden Schaltungs teil d) soll nun das Drehmoment überwacht werden. Beim Erreichen von $M = 1,5 M_N = 60 \text{ Nm}$ soll die Leuchtdiode (LED) zu leuchten beginnen.

[Ersatzwert: $u_{a2}(60 \text{ Nm}) = 6,0 \text{ V}$]

- c) Wie groß muss die Spannung U_{R4} an R_4 sein, damit der OP₃ bei $M = 1,5 M_N$ umschaltet und die Leuchtdiode (LED) zu leuchten beginnt? Wie sind die Widerstände R_3 und R_4 zu dimensionieren, wenn $R_3 + R_4 = 30 \text{ k}\Omega$ betragen soll?

Beim Erreichen von $M = 1,5 M_N = 60 \text{ Nm}$ nimmt die Spannung u_{a3} den Wert $u_{a3} = U_{\text{Bat}}$ an.

Bei der LED handelt es sich um eine besonders helle weiße Leuchtdiode. Die Diodenkennlinie ist im nachfolgenden Bild 4 dargestellt.

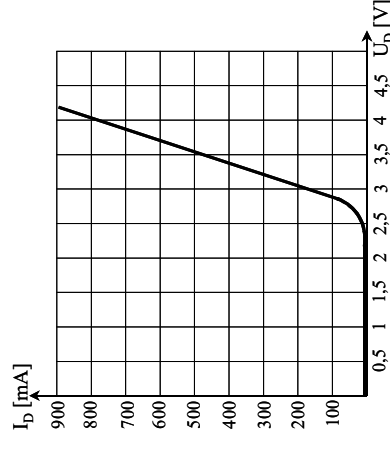


Bild 4: Kennlinie der verwendeten LED

- d) Wie groß muss der Vorwiderstand R_V gewählt werden, damit durch die Diode beim Erreichen von $M = 1,5 M_N = 60 \text{ Nm}$ ein Strom $I_D = 0,4 \text{ A}$ fließt? Tragen Sie den Arbeitspunkt der Diode im Kennlinienfeld Bild 4 ein. Kann die Diode in diesem Arbeitspunkt betrieben werden, wenn ihre maximal zulässige Verlustleistung $P_{\text{tot}} = 2 \text{ W}$ beträgt (Rechnung und Begründung!)?
- e) Vervollständigen Sie das Diagramm in Bild 5 für den vorgegebenen zeitlichen Verlauf der Kraft $F(t)$. Der Zustand der LED soll durch die binäre Variable $S = \{0, 1\}$ – LED leuchtet entspricht $S = 1$, LED leuchtet nicht entspricht $S = 0$ – repräsentiert werden.

- e) Vervollständigen Sie das Diagramm in Bild 5 für den vorgegebenen zeitlichen Verlauf der Kraft $F(t)$. Der Zustand der LED soll durch die binäre Variable $S = \{0,1\}$ – LED leuchtet entspricht $S = 1$, LED leuchtet nicht entspricht $S = 0$ – repräsentiert werden.

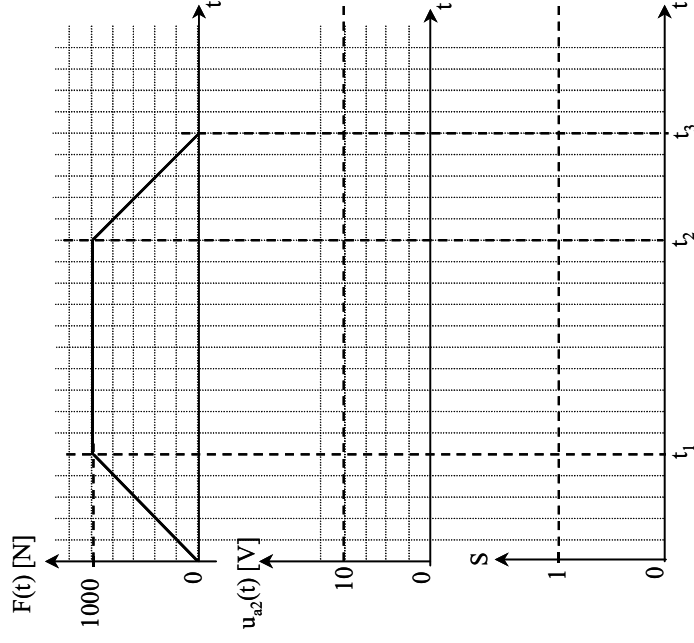


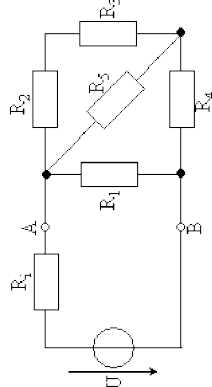
Bild 5: Zeitliche Verläufe von $u_{a2}(t)$ und der binären Variable S für den vorgegebenen Verlauf der Kraft $F(t)$

Aufgabe 3:

- Zu jeder Frage ist nur eine Antwort richtig.
- Jede richtige Antwort wird mit 1 Punkt gewertet. Falsche Antworten werden als 0 Punkte gewertet. Nicht bearbeitete Fragen werden ebenfalls mit 0 Punkten bewertet.
- Von der Gesamtpunktzahl werden 10 Punkte für zufällig richtige Antworten abgezogen, d.h. es können bei 30 bearbeiteten Teilfragen 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**)!
- Kennzeichnen Sie Ihre Lösung eindeutig!

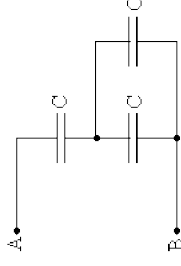
Fragen:

1. Gegeben sei das nebenstehende Netzwerk. Die Spannung U und der Innenwiderstand R_1 der Spannungsquelle sowie die Widerstände R_1 bis R_5 seien bekannt. Wieviele unabhängige Knoten- und Maschengleichungen können für das Netzwerk aufgestellt werden?



- a 2 Maschengleichungen und 3 Knotengleichungen
b 3 Maschengleichungen und 2 Knotengleichungen
c 3 Maschengleichungen und 3 Knotengleichungen

2. Gegeben ist die nebenstehende Schaltung bestehend aus drei identischen Kondensatoren mit den Kapazitätswerten C . Welche Gesamtkapazität C_{AB} hat die Schaltung bezüglich des Klemmenpaares A-B?



- $C_{AB} = \frac{3}{2} \cdot C$
- $C_{AB} = \frac{2}{3} \cdot C$
- $C_{AB} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot C$

3. Ein R-L-Glied wird an einer Spannungsquelle mit der eingepprägten Spannung $\underline{U}$ und der Kreisfrequenz ω betrieben. Wie groß ist der Betrag I des Stromes $\underline{I}$?

a $I = \frac{U^2}{\sqrt{R^2 + (j \cdot \omega \cdot L)^2}}$

b $I = \frac{U}{R}$

c $I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}}$

4. Wird ein Plattenkondensator an die Spannung U angeschlossen, so entsteht zwischen den Platten des voll aufgeladenen Kondensators

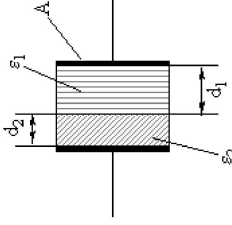
- a ein nahezu homogenes magnetisches Feld der Feldstärke H
- b ein nahezu homogenes elektrisches Feld der Feldstärke E
- c zunächst ein elektrisches Feld, welches aber dann für $t \rightarrow \infty$ verschwindet

5. Ein Plattenkondensator mit der Plattenfläche A enthält im Inneren ein geschichtetes Dielektrikum mit ϵ_1 und der Dicke d_1 sowie ein zweites Dielektrikum mit ϵ_2 und der Dicke d_2 (siehe nebenstehende Skizze). Wie groß ist die Kapazität des Kondensators, wenn ein homogenes E-Feld vorausgesetzt wird?

a $C = \epsilon_0 \cdot \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_2) \cdot A}{d_1 + d_2}$

b $C = \epsilon_0 \cdot \frac{\epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot A}{d_1 + d_2}$

c $C = \epsilon_0 \cdot \frac{\epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot A}{d_1 \cdot \epsilon_1 + d_1 \cdot \epsilon_2}$



6. Warum werden für die Energieübertragung Transformatoren eingesetzt?

- a da sie aus Einphasenwechselstrom ein symmetrisches Drehstromsystem erzeugen
- b aus Gründen der wirtschaftlichen, d.h. verlustarmen Energieübertragung
- c damit bei Lastschwankungen die Energie im magnetischen Feld kurzzeitig zwischengespeichert werden kann

7. Wie berechnet man die komplexe Impedanz einer Kapazität C in Abhängigkeit von der Frequenz f ?

a $\underline{Z}_C = \frac{j}{2\pi \cdot f \cdot C}$

b $\underline{Z}_C = \frac{j \cdot f \cdot C}{2\pi}$

c $\underline{Z}_C = \frac{1}{j \cdot 2\pi \cdot f \cdot C}$

8. Was bedeutet Resonanz in einer RLC-Reihenschaltung?

- a bei Resonanz kompensieren sich induktive und kapazitive Reaktanz, so dass sich der RLC-Schwingkreis wie eine rein reelle Impedanz verhält
- b bei Resonanz steigt der kapazitive Blindstrom auf ein Vielfaches des Stroms im Widerstand
- c bei Resonanz entsteht eine ungedämpfte Schwingung im Schwingkreis

9. Wie wird die komplexe Einphasen-Scheinleistung berechnet?

a $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}$

b $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$

c $\underline{S}^* = \underline{U}^* \cdot \underline{I}^*$

10. In welchem Bereich des Kennlinienfeldes wird ein n-Kanal MOSFET betrieben, wenn er in einer Verstärkerschaltung verwendet wird?

a Sperrbereich
b ohmscher Bereich
c Abschnürrbereich

11. Die Einphasen-Wechselstrom Leistung

a ist in jedem Augenblick konstant und gleich der übertragenen Wirkleistung
b pulsiert immer mit doppelter Frequenz des speisenden Systems
c pulsiert mit 50 Hz, wenn der Verbraucher induktiv ist

12. Wozu wird die Blindleistungskompensation angewandt?

a damit am Verbraucher die zulässige Spannung nicht überschritten wird
b damit der Wirkungsgrad des Verbrauchers verbessert wird
c damit die Netzzuleitungen möglichst gering belastet werden

13. Bei einem symmetrischen Drehstromverbraucher in Sternschaltung gilt:

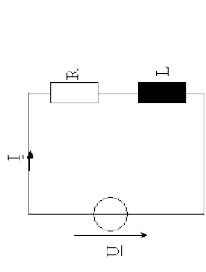
a der Phasenverschiebungswinkel zwischen der Strangspannung und dem Strangstrom beträgt immer 120°
b der Strangstrom ist gleich dem Leiterstrom und die Strangspannung beträgt das $\frac{1}{\sqrt{3}}$ -fache der Leiterspannung
c die Strangspannung ist gleich der Leiterspannung und der Leiterstrom beträgt das $\sqrt{3}$ -fache des Strangstromes

14. Welche der Aussagen ist richtig?

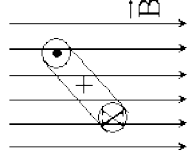
a im Drehstromsystem pulsiert die momentane Wirkleistung $p(t)$ mit $\frac{2 \cdot \pi}{3} \cdot 50 \text{ Hz}$
b im Drehstromsystem ist die momentane Leistung $p(t)$ unabhängig von der Last
c im Drehstromsystem ist die momentane Leistung $p(t)$ konstant

15. In der nebenstehenden Schaltung ist $R = 20 \Omega$, $L = 80 \text{ mH}$, $\underline{U} = 100 \text{ V}$ und die Frequenz $f = 50 \text{ Hz}$. Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

a die Schaltung wirkt induktiv, der Phasenwinkel beträgt $\varphi = 38,51^\circ$, $S = 350 \text{ VA}$, $P = 273,88 \text{ W}$
b es ist $\varphi = 38,51^\circ$, $I = 2,22 \text{ A}$, $P = 98,57 \text{ W}$
c es ist $S = 310,67 \text{ VA}$, $P = 193,44 \text{ W}$, $Q = 243,09 \text{ VAR}$ und $\cos(\varphi) = 0,623$



16. Eine von einem Strom I durchflossene Spule mit rechteckförmigem Querschnitt befindet sich wie in der nebenstehenden Skizze eingezeichnet in einem homogenen Magnetfeld mit der magnetischen Induktion B . In welche Richtung wirkt ein Drehmoment um die eingezeichnete Achse (+) aufgrund der magnetischen Kräfte auf die Spule? (Symbolik für die Stromrichtung entsprechend der in der Vorlesung eingeführten Konvention).

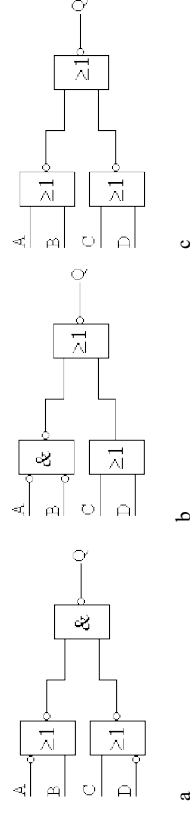


a im Uhrzeigersinn
b entgegen dem Uhrzeigersinn
c die beiden Kräfte heben sich auf, das Drehmoment ist somit Null

17. Welche der Aussagen ist richtig?

a der Überlagerungssatz kann immer angewendet werden
b der Überlagerungssatz gilt nur im Fall von linearen Netzwerken
c der Überlagerungssatz gilt nur für Schaltungen mit maximal zwei Quellen

18. Welche der digitalen Schaltungen gehört zu der logischen Gleichung $Q = (A + B) \cdot (C + D)$?



19. Welche Aussage stimmt?

- a am idealen Kondensator eilt die Spannung dem Strom um 90° voraus
- b am idealen Kondensator eilt der Strom der Spannung um 90° nach
- c am idealen Kondensator eilt die Spannung dem Strom um 90° nach

20. Ein RS-Flipflop ist

- a eine digitale Schaltung mit welcher eine Speicherfunktion realisiert wird
- b eine digitale Schaltung zur Entkopplung nachgeschalteter Logikgatter
- c eine digitale Schaltung zur Invertierung einer parallelen Bitfolge

21. Die Funktionsweise einer Gleichstrommaschine beruht auf dem Prinzip

- a Kraft auf stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld (B-Feld)
- b Kraft auf stromdurchflossenen Leiter im elektrischen Feld (E-Feld)
- c Spannungsinduktion eines bewegten Leiters im elektrischen Feld (E-Feld)

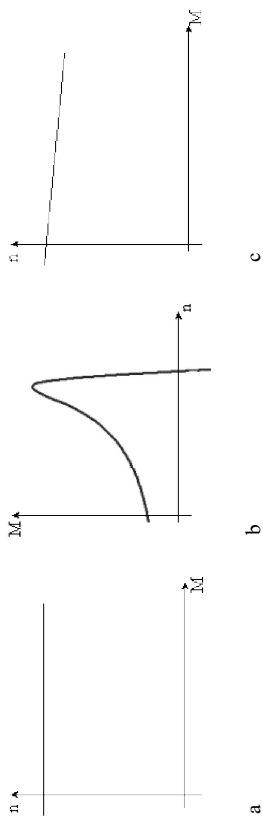
22. Die Leerlaufdrehzahl einer fremderregten Gleichstrommaschine steigt, wenn

- a die Ankerspannung U_a durch einen Vorwiderstand R_{va} vermindert wird
- b der Erregerstrom I_f durch einen Vorwiderstand R_{vf} vermindert wird
- c der Erregerstrom I_f durch Erhöhung der Erregerspannung U_f vergrößert wird

23. Der Anlauf einer Gleichstrommaschine ist im Allgemeinen

- a unproblematisch, da im Stillstand die induzierte Spannung null ist
- b problematisch, da der Anlaufstrom bei Gleichstrommaschinen großer Leistung ein Vielfaches des Nennstromes betragen kann
- c unproblematisch, wenn die Maschine am Frequenzumrichter angelassen wird

24. Welche der unten abgebildeten Drehzahl-Drehmoment Kennlinien gehört zu einer permanentmagnetregten Gleichstrommaschine?



25. Bei zunehmender Belastung einer permanentregten Gleichstrommaschine

- a nimmt die induzierte Spannung und der Ankerstrom ab
- b nimmt die induzierte Spannung ab und der Ankerstrom zu
- c wird die Drehzahl geringer, alle anderen Größen bleiben aber konstant

26. Weshalb ist das Ankerblechpaket einer Gleichstrommaschine geblecht ausgeführt?

- a weil sich durch die Blechung thermische Ausdehnungen weniger stark auswirken und der ohnehin geringe Luftspalt der Maschine erhalten bleibt
- b weil durch die Blechung die Eisenverluste im Ankerblechpaket reduziert werden und dadurch der Wirkungsgrad der Maschine steigt
- c weil durch die Blechung eine gute Dynamik der Maschine erreicht wird

27. Wovon hängt die Leerlaufdrehzahl einer Asynchronmaschine ab?

- a von der Höhe der Ständerspannung
- b von der Frequenz des speisenden Netzes
- c von der Schaltung der Ständerwicklungen (Stern oder Dreieck)

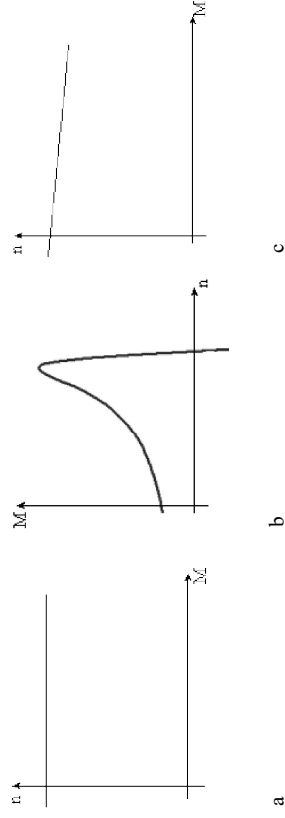
28. Wie ist der Schlupf definiert?

a $s = \frac{n}{n_0} - \frac{n_0}{n}$

b $s = \frac{n}{n} - \frac{n_0}{n}$

c $s = \frac{n_0 - n}{n_0}$

29. Welche der unten angegebenen Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien passt zu einer Asynchronmaschine?



30. Welche Aussage ist richtig?

- a die Asynchronmaschine ist ein robuster, wartungsarmer Antrieb und daher als Antriebsmaschine weit verbreitet
- b die Asynchronmaschine hat nur geringe Anwendung, da weder die Drehzahl noch der Leistungsfaktor konstant sind
- c Asynchronmaschinen sind für die Energieerzeugung sehr wichtig, als Antriebsmaschinen jedoch eher unbedeutend