

Name, Vorname	Studienrichtung	Matrikelnummer

Bitte in Blockbuchstaben ausfüllen!

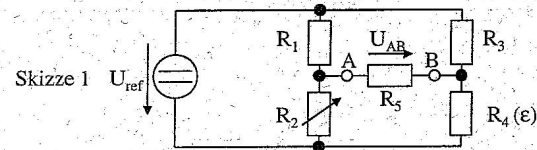
Aufgabe 1:

- pro richtig beantworteter Frage sind 4 Punkte erreichbar

Dehnungsmessstreifen sind elektrische Widerstände, deren Widerstandswert von der mechanischen Dehnung abhängt. Im Folgenden sollen Messschaltungen für Dehnungsmessstreifen berechnet werden.

Teil a)

Gegeben ist zunächst eine Schaltung bestehend aus einer Gleichspannungsquelle U_{ref} und 4 Widerständen R_1 bis R_4 sowie einem Spannungsmessgerät, das durch den Widerstand R_5 beschrieben werden kann (s. Skizze 1). Die Widerstände $R_1 = R_3 = R$ haben den gleichen Wert. Der Widerstand R_2 ist verstellbar. Der Widerstand R_4 ist ein Dehnungsmessstreifen mit dem von der mechanischen Dehnung ϵ abhängigen Wert $R_4(\epsilon) = R \cdot (1 + 2 \cdot \epsilon)$.



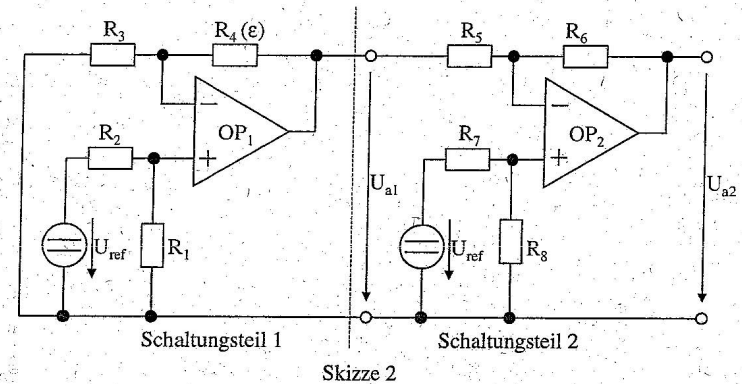
Fragen:

- Wieviele Zweige und Knoten enthält die Schaltung? Wieviele Knoten- und Maschengleichungen sind zur Berechnung aller Ströme im Netzwerk notwendig (Hinweis: Es genügt, die Anzahl der jeweiligen Gleichungen anzugeben)?
- Der verstellbare Widerstand wird zunächst auf einen beliebigen Wert $R_2 = R + \Delta R$ eingestellt. Der Widerstand des Messgeräts R_5 sei so groß, dass der Strom zwischen den Klemmen A und B vernachlässigbar klein wird. Geben Sie die Spannung zwischen den Klemmen A und B an!
- Wie muss ΔR in Abhängigkeit von ϵ und R eingestellt werden, damit die Spannung über dem Messgerät U_{AB} zu Null wird?

Teil b)

Zur elektronischen Überwachung des mechanischen Dehnungszustands wird eine zweite Schaltung mit den Operationsverstärkern OP_1 und OP_2 verwendet (s. Skizze 2).

Die Operationsverstärker dürfen als ideal angesehen werden. Beide Gleichspannungsquellen liefern dieselbe Spannung U_{ref} .



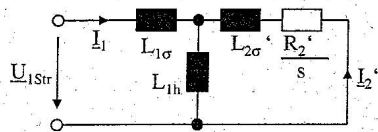
Fragen:

- Zunächst soll nur der linke Schaltungsteil 1 betrachtet werden. Der Dehnungsmessstreifen wird durch den Widerstand $R_4(\epsilon) = R \cdot (1 + 2 \cdot \epsilon)$ symbolisiert. Die übrigen Widerstände $R_1 = R_2 = R_3 = R$ sind gleich groß und konstant. Wie groß wird die elektrische Spannung U_{a1} als Funktion von U_{ref} und der Dehnung ϵ ?
- Nun soll auch der rechte Schaltungsteil 2 mit einbezogen werden. Die Widerstände $R_5 = R_7 = R_e$ sowie $R_6 = R_8 = R_G$ sind jeweils gleich groß. Wie groß wird die elektrische Ausgangsspannung U_{a2} als Funktion von U_{ref} , R_G/R_e und ϵ ? Wie groß ist das Verhältnis R_G/R_e zu wählen, damit bei einer Dehnung von $\epsilon = 10^{-3}$ genau $U_{a2} = -U_{ref}$ wird?

Aufgabe 2:

- pro richtig beantworteter Frage sind 4 Punkte erreichbar

Ein Wicklungsstrang eines Drehstrom-Asynchronmotors kann durch das folgende vereinfachte einphasige Ersatzschaltbild dargestellt werden, in dem die Reibungs-, Eisen- und Statorkupferverluste vernachlässigt werden:



Folgende Daten eines Strangs sind bekannt:

Bezogener Rotorwiderstand: $R_2' = 0,128 \Omega$
 Hauptinduktivität: $L_{1h} = 56,8 \text{ mH}$
 Streuinduktivitäten: $L_{1\sigma} = L_{2\sigma}' = 2,56 \text{ mH}$
 Polpaarzahl: $p = 2$
 Die Maschine ist in Stern geschaltet!

Teil a)

Der Motor wird zunächst an der Nennspannung von $U_{1N} = 400 \text{ V}$ (verkettet) mit der Nennfrequenz $f_{1N} = 50 \text{ Hz}$ betrieben. Der Nullphasenwinkel der Strangspannung wird auf 0° ($\underline{U}_{1Str} = U_{1Str} \cdot e^{j0^\circ}$) festgelegt.

Fragen:

- Der Motor wird zunächst im Leerlauf betrieben. Der Schlupf im Leerlauf beträgt $s = s_0 = 0$. Wie groß ist der Strom $I_{1,0}$ im Leerlauf?
Wie hoch ist die Leerlaufdrehzahl n_0 ?
- Nun wird der Motor mit Nennlast betrieben. Der Nennschlupf beträgt $s = s_N = 2\%$. Bestimmen Sie die Impedanz eines Strangs Z_{Str} und den Nennstrom I_{1N} der Maschine.
- Berechnen Sie die gesamte elektrische Wirkleistung des Motors P_{1N} an den Statorklemmen! Wie groß ist das Drehmoment M_N ? Wenn Sie den Nennstrom im vorigen Unterpunkt nicht berechnet haben, nehmen Sie einen Strom von $I_{1N} = 70 \text{ A } e^{-j30^\circ}$ an.

Teil b)

Nun soll der Motor an einem Frequenzumrichter betrieben werden. Die Amplitude und Frequenz der speisenden Spannung sind frei einstellbar.

Fragen:

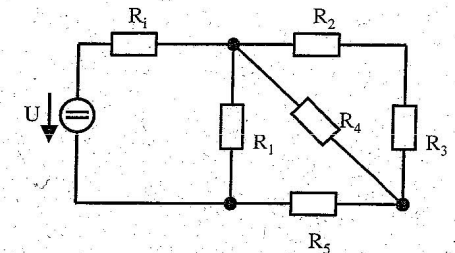
- Welche Statorfrequenz f_{1b} muss eingestellt werden, damit die Leerlaufdrehzahl des Motors $n_{0b} = 1200 \text{ min}^{-1}$ beträgt?
- Auf welchen Wert muss die Spannung U_{1b} bei dieser Frequenz eingestellt werden, wenn sich derselbe Leerlaufstrom $I_{1,0b} = I_{1,0}$ wie bei Nennspannung und -frequenz ergeben soll? Bei welcher Drehzahl tritt nun das Nenndrehmoment M_N auf?

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.
- 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**)!

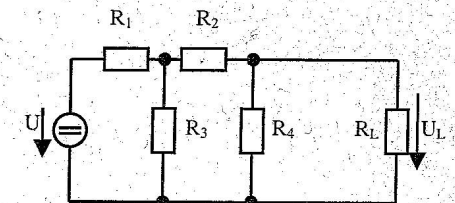
Fragen:

- Gegeben sei das nebenstehende Schaltungsnetzwerk. Die Spannung U sowie die Widerstände R_1 bis R_5 seien bekannt. Wieviele Knoten- und Maschengleichungen werden für die Berechnung aller Ströme im Netzwerk benötigt?



- 2 Maschengleichungen und 3 Knotengleichungen
- 3 Maschengleichungen und 2 Knotengleichungen
- 3 Maschengleichungen und 3 Knotengleichungen

- Das nebenstehende Schaltungsnetzwerk besteht aus einer Spannungsquelle U und den Widerständen R_1 bis R_4 sowie R_L . Es soll die Spannung U_L bestimmt werden. Welches der folgenden Verfahren führt mit dem geringsten Rechenaufwand zum Ziel?



- Aufstellen und Lösen aller Maschen- und Knotengleichungen
- Vereinfachung des Netzwerks durch Berechnung der Parallelschaltung aus R_L und R_4
- Verwendung einer Ersatzspannungsquelle bezüglich der Klemmen von R_L

3. Welcher Leiterwerkstoff wird in Hochspannungs-Freileitungen verwendet, um die Masse und die Verluste gering zu halten?

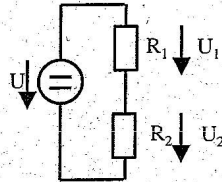
a Kupfer
b Aluminium
c Magnesium

4. Wie lautet die Spannungsteilerregel für die Reihenschaltung der Widerstände R_1 und R_2 in der untenstehenden Schaltung?

a $\frac{u_1}{u_2} = \frac{R_2}{R_1}$

b $\frac{u_1}{u_2} = \frac{R_1}{R_2}$

c $u_1 \cdot R_1 + u_2 \cdot R_2 = 0$



5. Nach welcher Formel wird die Ersatzkapazität C_e von k parallel geschalteten Kondensatoren C_1 bis C_k berechnet?

a $C_e = \sum_k C_k$

b $C_e = \frac{1}{\sum_k \frac{1}{C_k}}$

c $C_e = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \dots}{C_1 + C_2 + C_3 \dots}$

6. Wie groß ist die Resonanzfrequenz f_0 der untenstehenden Schaltung aus den hintereinandergeschalteten Bauelementen Kondensator C_1 , Induktivität L und Kondensator C_2 ?

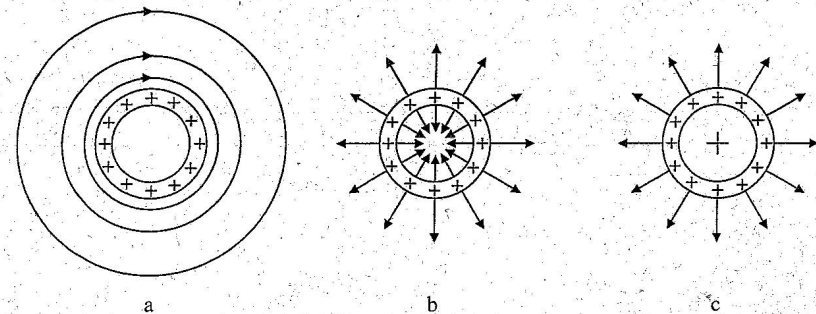
a $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{L \cdot C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}}$

b $f_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{C_1 + C_2}}$

c $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC_1 + LC_2}}$



7. Die elektrischen Feldlinien einer geladenen metallischen Hohlkugel im ansonsten ladungsfreien, homogenen und ideal isolierenden Raum verlaufen



- a in einem tangentialen Wirbel um die Kugel
b in radialer Richtung nach innen und außen
c im Außenraum in radialer Richtung ausgehend von der Kugeloberfläche

8. In welchem der folgenden Dielektrika kann die höchste Energiedichte des elektrischen Feldes erreicht werden?

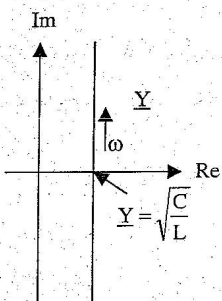
a Öl ($\epsilon_r = 2,5$; $E_D = 20 \text{ MV m}^{-1}$)

b Luft ($\epsilon_r = 1$; $E_D = 3 \text{ MV m}^{-1}$)

c PVC ($\epsilon_r = 4$; $E_D = 15 \text{ MV m}^{-1}$)

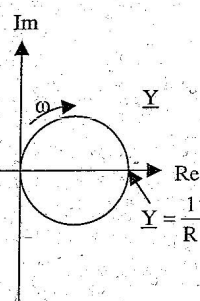
9. Die magnetische Anziehungskraft zweier paralleler stromführender Leiter ist
- proportional zu deren Abstand
 - umgekehrt proportional zu deren Abstand
 - proportional zum natürlichen Logarithmus ihres Abstands

10. Welche der folgenden Skizzen stellt die Ortskurve der Admittanz $\underline{Y} = f(\omega)$ eines gedämpften RLC-Reihenschwingkreises dar?

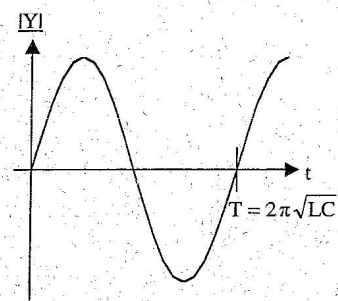


Skizze 1

- Skizze 1
- Skizze 2
- Skizze 3



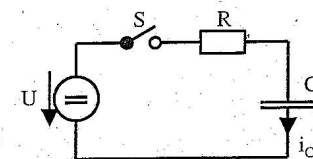
Skizze 2



Skizze 3

11. Wie verändert sich die Bandbreite eines Parallelschwingkreises mit steigender Güte Q?
- Sie wird größer.
 - Sie wird kleiner.
 - Sie ist immer gleich $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

12. Ein zunächst ungeladener Kondensator wird durch Schließen des Schalters S über einen Widerstand aufgeladen. Wie verhält sich der Kondensator unendlich lange Zeit nach Beendigung des Schaltvorgangs?
- Wie ein Kurzschluss.
 - Wie ein endlicher Widerstand.
 - Wie ein unendlich großer Widerstand.



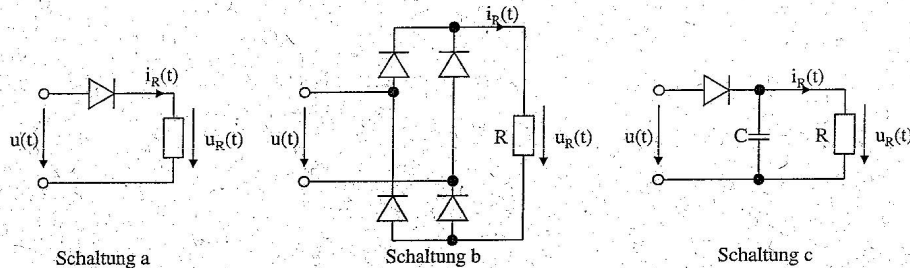
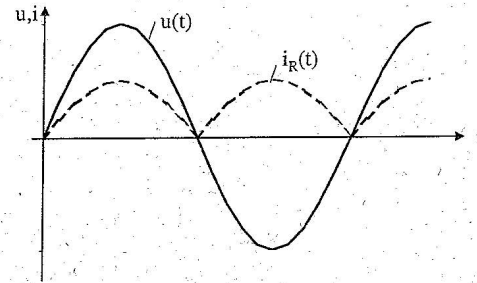
13. Das Typenschild eines Drehstrommotors enthält die Angabe U_N 230/400V. Wie hoch ist die Strangspannung des Motors im Nennbetrieb?
- 230 V
 - 400 V
 - 690 V

14. Der N-Leiter im Fünfleiter-Drehstromnetz (TN-S-Netz) führt
- nur im Fehlerfall einen Strom
 - nur bei unsymmetrischer Belastung einen Strom
 - bei unsymmetrischer Belastung maximal ca. 10% des Außenleiterstroms

15. Die typische Leistung eines thermischen Großkraftwerks (z. B. Kern- oder Kohlekraftwerk) beträgt
- 1 GW
 - 1 MW
 - 100 MWh

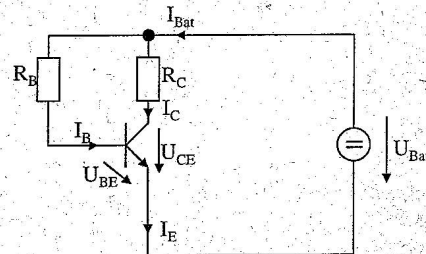
16. In Dioden entsteht bei hoher Sperrspannung ein Strom, der zusehends mehr Ladungsträger freisetzt und dadurch lawinenartig ansteigt. In welchem Bauelement wird dieser Effekt bewusst genutzt?
- Laserdiode
 - PIN-Diode (Hochspannungsdiode)
 - Zenerdiode

17. Welche der drei unten angegebenen Schaltungen erzeugt bei sinusförmiger Eingangsspannung $u(t)$ die eingezeichnete Stromkurvenform $i_R(t)$ im Widerstand R ?



- a Schaltung a
b Schaltung b
c Schaltung c

18. Für eine Transistorschaltung entsprechend der nebenstehenden Skizze soll der Arbeitspunkt eingestellt werden. Die Daten $R_C = 1000 \Omega$, $\beta = 100$, $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$ und $U_{Bat} = 10 \text{ V}$ sind bekannt (der Transistor kann vereinfacht durch die linearisierten Steuer- und Eingangskennlinien beschrieben werden). Wie groß ist R_B zu wählen, damit sich ein sinnvoller Arbeitspunkt als Verstärker mit hoher symmetrischer Aussteuerbarkeit ergibt?

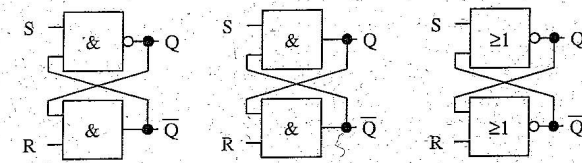


- a $R_B = 47 \text{ k}\Omega$
b $R_B = 94 \text{ k}\Omega$
c $R_B = 188 \text{ k}\Omega$

19. Welche Grundsaltung des Bipolartransistors hat immer eine Spannungsverstärkung $|v_{ul}| < 1$?

- a Kollektorschaltung
b Basisschaltung
c Emitterschaltung

20. Welche der folgenden Schaltungen realisiert ein RS-Flipflop?



- Schaltung a
a Schaltung a
b Schaltung b
c Schaltung c

21. Welche Logiktafel gehört zur der folgenden Verknüpfung: $C = (A \cdot \bar{B}) + (\bar{A} \cdot B)$?

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

a

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

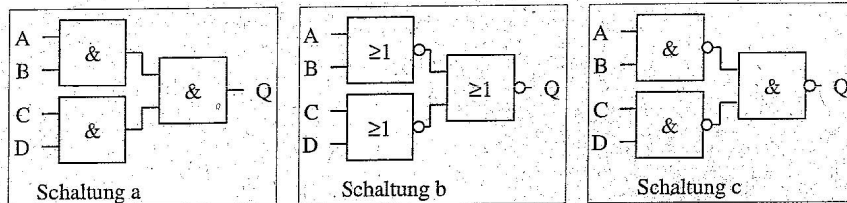
b

A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

c

22. Durch das Theorem von de Morgan wird nachgewiesen, dass
- alle denkbaren logischen Verknüpfungen ausschließlich mit NOR-Gattern oder ausschließlich mit NAND-Gattern realisiert werden können.
 - alle denkbaren logischen Verknüpfungen aus AND- und OR-Gattern realisiert werden können.
 - man zur Realisierung aller denkbaren logischen Verknüpfungen mindestens die Gattertypen NOT, AND und NOR oder NOT, OR und NAND benötigt.

23. Mit welcher digitalen Schaltung wird die logische Verknüpfung $Q = (A+B) \cdot (C+D)$ realisiert? Hinweis: Formen Sie die Gleichung nach dem de Morganschen Theorem um!



- Schaltung a
 - Schaltung b
 - Schaltung c
24. Welche digitale Schaltungsfamilie wird in verlustarmen komplexen Logikschaltungen (z.B. Mikroprozessoren) eingesetzt?
- TTL-Logik
 - CMOS-Logik
 - Low-Power-Schottky-Logik
25. Welche logische Schaltung kann als 1-Bit-Speicher genutzt werden?
- D-Flipflop
 - AND-Gatter
 - Inverter

26. Die ganze 8-Bit-Binärzahl 11000000 entspricht in ganzzahliger Zweierkomplement-Darstellung der Dezimalzahl
- 192
 - 64
 - 192
27. Die Multiplikation mit der Zahl 4 bedeutet in binärer Darstellung
- eine zweimalige Verschiebung nach links
 - eine viermalige Verschiebung nach links
 - ein viermalige Verschiebung nach rechts
28. Welcher der folgenden Elektromotoren benötigt einen mechanischen Kommutator?
- Drehstrom-Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer
 - Universalmotor
 - Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer
29. Welche Frequenz f_A hat der Strom in den Spulen der Ankerwicklung eines rotierenden Gleichstrommotors?
- Beim Gleichstrommotor fließt ein Gleichstrom, also $f_A = 0$.
 - Durch Einstreuung tritt die Netzfrequenz im Ankerkreis auf: $f_A = 50 \text{ Hz}$.
 - Die Frequenz ist gleich dem Produkt aus Polpaarzahl und Drehzahl: $f_A = p \cdot n$.
30. Die unten genannten Elektromotoren können für die gleiche Nennspannung mit gleichen Abmessungen gebaut werden. Bei welchem der genannten Motoren hat dann die Erregerwicklung die höchste Windungszahl?
- Universalmotor
 - Reihenschlussmotor
 - Nebenschlussmotor

zu Aufgabe 1:

1. Zweige $z = 6$; Knoten $k = 4$; $(k - 1) = 3$ Knoten- und $z - (k - 1) = 3$ Maschengleichungen
2. Unter Bezug auf das Potential am unteren Knoten (Verbindung R_2 , R_4 und U_{ref}) folgt aufgrund der Spannungsteilerregel:

$$U_{AB} = U_A - U_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_{ref} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot U_{ref} = U_{ref} \cdot \frac{\Delta R - 2\epsilon R}{(2R + \Delta R) \cdot (2 + 2\epsilon)}$$

$$3. U_{AB} = 0 \Rightarrow \Delta R = 2\epsilon \cdot R$$

4. nichtinvertierender Verstärker mit Spannungsteiler $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ für U_{ref} :

$$U_{a1} = U_{ref} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) = (1 + \epsilon) \cdot U_{ref}$$

$$5. \text{Differenzverstärker: } U_{a2} = (U_{ref} - U_{a1}) \cdot \frac{R_G}{R_e} = -\epsilon \cdot U_{ref} \cdot \frac{R_G}{R_e} \Rightarrow \frac{R_G}{R_e} = 1000$$

zu Aufgabe 2:

$$1. I_0 = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot 2\pi \cdot f_{1N} \cdot (L_{1\sigma} + L_{1h})} = 12,38 \text{ A} \quad n_0 = \frac{f_{1N}}{p} = 1500 \text{ min}^{-1}$$

$$2. \underline{Z}_N = j\omega_1 L_{1\sigma} + \frac{j\omega_1 L_{1h} \cdot \left(j\omega_1 L_{2\sigma}' + \frac{R_2'}{s_N}\right)}{j\omega_1 \cdot (L_{1h} + L_{2\sigma}') + \frac{R_2'}{s_N}} = 6,234 \Omega \cdot e^{j32,8^\circ}$$

$$\underline{I}_N = \frac{U_1}{\underline{Z}_{1N}} = \frac{U_{1Str}}{j\omega_1 L_{1\sigma} + \frac{j\omega_1 L_{1h} \cdot \left(j\omega_1 L_{2\sigma}' + \frac{R_2'}{s_N}\right)}{j\omega_1 \cdot (L_{1h} + L_{2\sigma}') + \frac{R_2'}{s_N}}} = \frac{\frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}}}{6,234 \Omega \cdot e^{j32,8^\circ}} = 37 \text{ A} \cdot e^{-j32,8^\circ}$$

$$3. P_{e1N} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N \cdot \cos \varphi_N = 21,6 \text{ kW} \quad \text{bzw. } P_{e1N} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N \cdot \cos \varphi_N = 42,0 \text{ kW}$$

$$M_N = \frac{P_{1N}}{2\pi n_0} = 137,5 \text{ Nm} \quad \text{bzw. } M_N = \frac{40 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1500 \text{ min}^{-1}} = 267 \text{ Nm}$$

$$4. f_{1b} = \frac{n_0'}{n_0} \cdot f_{1N} = 40 \text{ Hz}$$

$$5. U_{1b} = \frac{n_0'}{n_0} \cdot U_{1N} = 320 \text{ V}$$

$$f_{2b} = f_{2N} = f_{1N} \cdot s_N = 1 \text{ Hz} \quad n_N = (1 - s_N) \cdot n_0 = 1470 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{Nb} = n_{0b} - p \cdot f_{2b} = 1170 \text{ min}^{-1}$$

zu Aufgabe 3:

1b	11b	21b
2c	12c	22a
3b	13a	23c
4b	14b	24b
5a	15a	25a
6a	16c	26b
7c	17b	27a
8a	18c	28b
9b	19a	29c
10b	20c	30c