

Prüfung

Einführung in die Elektrotechnik

Prüfungsnummer 12211 für die Studiengänge

ee, fmt, mabau, mecha, medte, tema, tp, ...

08.03.2018

Allgemeine Hinweise:

- Es werden nur Ergebnisse mit vollständigem Rechenweg gewertet. Begründen Sie Ihre Annahmen und erläutern Sie, wenn Sie Zwischenschritte auslassen konnten.
- Wenn Sie Funktionen eines programmierbaren Taschenrechners (GTR) benutzen (z. B. Umrechnung kartesische Koordinaten in Exponentialform, Lösen einer quadratischen Gleichung, etc.), so kennzeichnen Sie dies bitte in Ihrer Lösung.
- Verwenden Sie für Ihre Lösungen die extra ausgeteilten Lösungsblätter.
- Wenn der vorgegebene Platz in den Lösungsblättern nicht ausreicht, dann vermerken Sie dies innerhalb des Lösungsfeldes der entsprechenden Teilaufgabe und verwenden Sie ein zusätzliches Blatt (beschriftet mit Namen und Matrikelnummer!) oder verwenden Sie die leere Rückseite des vorhergehenden Lösungsblattes.
- Sämtliche Ergebnisse müssen soweit wie möglich vereinfacht werden.
- Geben Sie den ausgefüllten Umschlagbogen (Name, Matrikelnummer, Studiengang) und darin die Lösungsblätter und ggf. noch zusätzlich beschriebene Blätter ab.
- Die Aufgabenblätter selbst bitte nicht mit abgeben.

Aufgabe 1: Gleichstrom **(20 Punkte)**

In Abbildung 1-1 ist ein Gleichstromnetzwerk aus ohmschen Widerständen und einer Stromquelle gegeben.

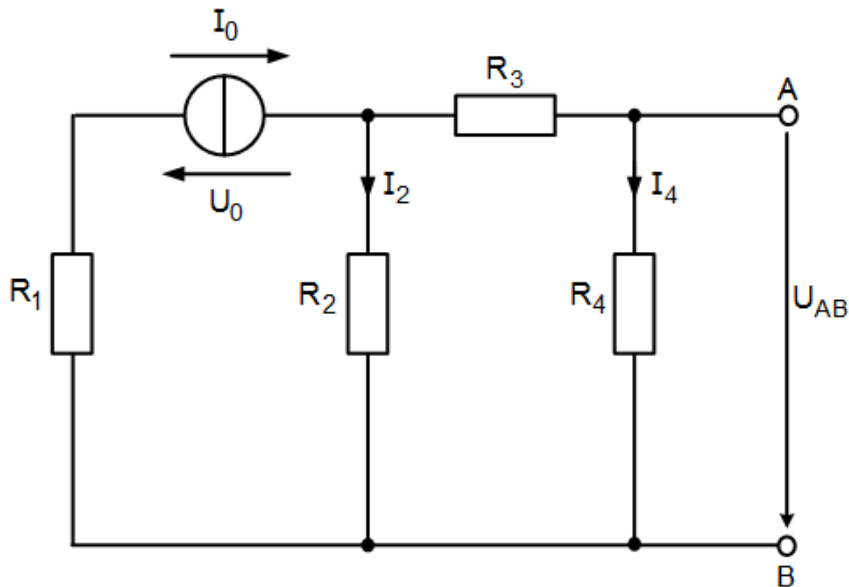


Abbildung 1-1: Gleichstromnetzwerk mit Stromquelle

Rechnen Sie allgemein (d. h., ohne Zahlenwerte) mit I_0 , R_1 , R_2 , R_3 und R_4 .

Aufgabe 1.1: Ströme, Spannung (9 Punkte)

a) Berechnen Sie:

- Die Ströme I_2 und I_4 .
- Die Spannung U_{AB} .
- Die Spannung U_0 .

Aufgabe 1.2: Leistungen (8 Punkte)

- a) Berechnen Sie die in den Widerständen R_1 bis R_4 auftretende Verlustleistung P .
- b) Zeigen Sie anhand einer Leistungsbilanz, dass die Verlustleistung P von der Quelle I_0 geliefert wird.

Aufgabe 1.3: Ersatzwiderstand (3 Punkte)

- a) Berechnen Sie den Ersatzinnenwiderstand R_{AB} bezüglich der Klemmen A-B.

Aufgabe 2: Gleichstrom **(20 Punkte)**

In Abbildung 2-1 ist das Ersatzschaltbild eines Gleichstromnetzwerkes mit einer Spannungsquelle, einer Stromquelle und vier Widerständen gegeben. Die Klemmen A-B sind stets offen, d. h., unbelastet (Leerlauf).

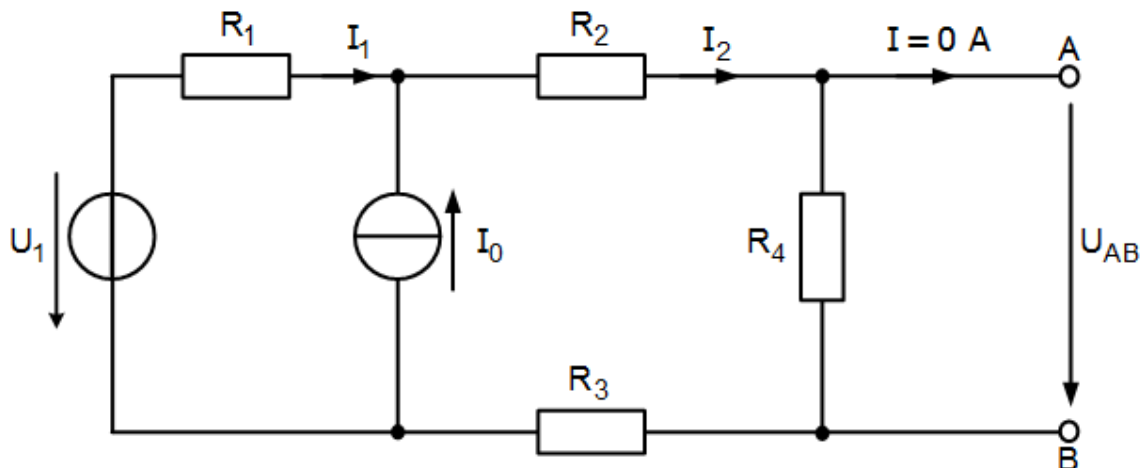


Abbildung 2-1: Gleichstromnetzwerk mit zwei Quellen

Rechnen Sie allgemein (d. h., ohne Zahlenwerte) mit U_1 , I_0 , R_1 , R_2 , R_3 , und R_4 .

Aufgabe 2.1: Allgemeines (5 Punkte)

- a) Erklären Sie, weshalb die Schaltungsanalyse mit Hilfe des Überlagerungssatzes durchgeführt werden darf.
- b) Erklären Sie, wie die einzelnen Quellen bei der Anwendung des Überlagerungssatzes behandelt werden müssen.
- c) Welche Größen dürfen überlagert werden?

Aufgabe 2.2: Ströme und Spannungen (8 Punkte)

- a) Bestimmen Sie die Teilströme I_{11} und I_{21} , die sich aus der alleinigen Wirkung der Spannungsquelle U_1 ergeben.
- b) Bestimmen Sie die Teilströme I_{12} und I_{22} , die sich aus der alleinigen Wirkung der Stromquelle I_0 ergeben.
- c) Überlagern Sie die Teilströme und geben Sie die Ströme I_1 und I_2 an.
- d) Bestimmen Sie die Spannung U_{AB} .
Könnte die Spannung U_{AB} auch aus Teilspannungen U_{AB1} und U_{AB2} berechnet werden (kurze Begründung)?

Aufgabe 2.3: Ersatzquellendarstellung (7 Punkte)

- a) Zeichnen Sie für die Schaltung in Abbildung 2-1 das Ersatzschaltbild der Ersatzspannungsquellendarstellung bezüglich der Klemmen A-B.
Geben Sie die Quellenspannung U_q an und bestimmen Sie den Innenwiderstand R_{i1} .
- b) Zeichnen Sie für die Schaltung in Abbildung 2-1 das Ersatzschaltbild der Ersatzstromquellendarstellung bezüglich der Klemmen A-B.
Bestimmen Sie den Quellenstrom I_q und geben Sie den Innenwiderstand R_{i2} an.
Erklären Sie kurz, weshalb das Ergebnis für I_q unabhängig von R_4 ist.

Aufgabe 3: Wechselstrom **(20 Punkte)**

In Abbildung 3-1 ist das Ersatzschaltbild einer Wechselstromschaltung gegeben. Die Schaltung wird an einer sinusförmigen Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert U und der Frequenz f betrieben.

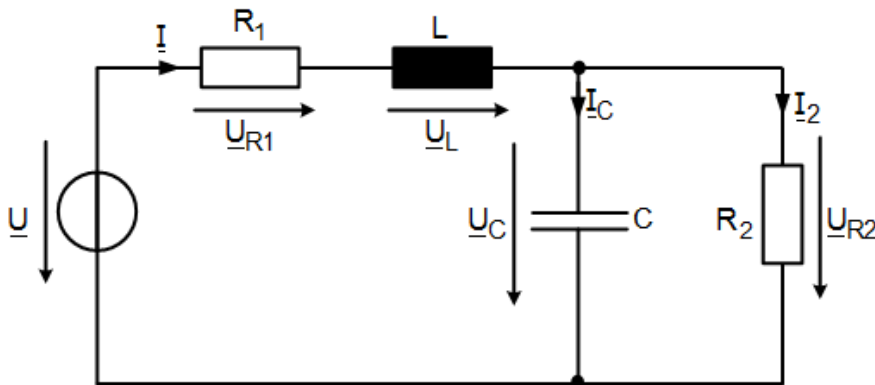


Abbildung 3-1: RLC-Schaltung an sinusförmiger Wechselspannung

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannung: $\underline{U} = 100 \text{ V} \cdot e^{j \cdot 0^\circ}$

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

Ohmsche Widerstände: $R_1 = 10 \, \Omega$ $R_2 = 50 \, \Omega$

Induktivität der Spule: $L = \frac{350}{\pi} \text{ mH}$

Kapazität des Kondensators: $C = \frac{400}{\pi} \, \mu\text{F}$

Aufgabe 3.1: Zeigerdiagramm (4 Punkte)

- a) Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm, welches alle in Abbildung 3-1 durch Zählpfeile und Bezeichner eingetragenen Ströme und Spannungen enthält.
- b) Zeichnen Sie in das Zeigerdiagramm den Phasenverschiebungswinkel φ ein. Geben Sie an, ob das von Ihnen gezeichnete Zeigerdiagramm einer Schaltung entspricht, die ohmsch, ohmsch-induktiv, ohmsch-kapazitiv, induktiv oder kapazitiv wirkt (kurze Begründung!).

Aufgabe 3.2: Admittanz und Impedanz (6 Punkte)

- a) Berechnen Sie die Blindwiderstände X_L der Spule und X_C des Kondensators (jeweils in Ω).
- b) Berechnen Sie folgende Größen und geben Sie sie in kartesischer Form an:
- Die Impedanz $\underline{Z}_1$ der Reihenschaltung von R_1 und L in Ω .
 - Für die Parallelschaltung aus R_2 und C : die Admittanz $\underline{Y}_2$ in S und die Impedanz $\underline{Z}_2$ in Ω .
- c) Berechnen Sie die Ersatzimpedanz $\underline{Z}$ in Ω für die gesamte Schaltung und geben Sie sie in kartesischer Form und in Exponentialform an.

Aufgabe 3.3: Ströme, Spannungen, Leistungen (10 Punkte)

- a) Berechnen Sie folgende Größen und geben Sie sie in kartesischer Form an:
- den Strom I (auch in Exponentialform),
 - die Spannungen $\underline{U}_{R1}$ und $\underline{U}_L$,
 - die Spannung $\underline{U}_C = \underline{U}_{R2}$ unter Anwendung der Maschenregel und unter Anwendung einer alternativen Methode.
- b) Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$ und geben Sie die Wirkleistung P und die Blindleistung Q an.
Handelt es sich um induktive oder kapazitive Blindleistung (kurze Begründung!)?

Aufgabe 4: Schaltung mit Bipolartransistor **(20 Punkte)**

In Abbildung 4-1 ist eine Schaltung mit einem Bipolartransistor gegeben.

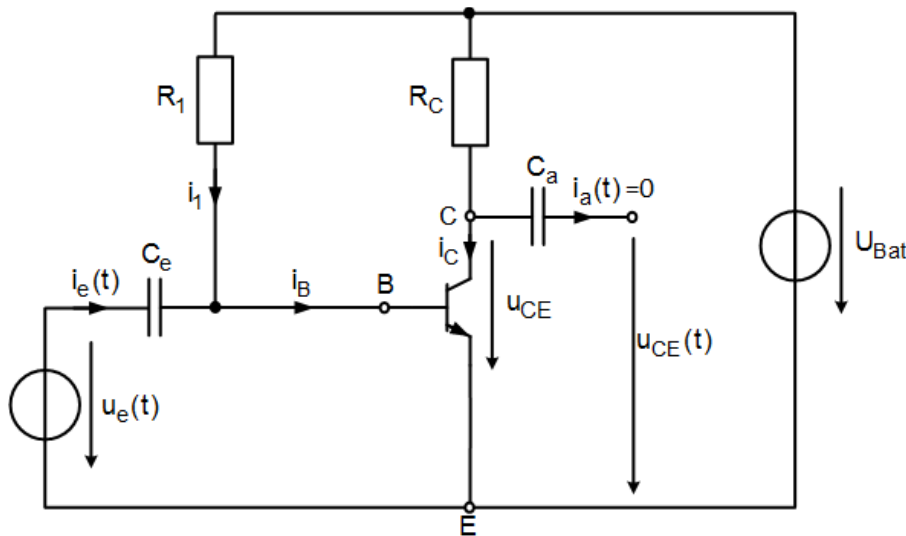


Abbildung 4-1: Schaltung mit npn-Bipolartransistor

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

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

Signalspannung: $u_e(t) = 9 \text{ mV} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 1000 \text{ s}^{-1} \cdot t)$

npn-Bipolartransistor:

Stromverstärkungen: $B = \beta = 200$

Basis-Emitter-Widerstand: $R_{\text{BE}} = 300 \Omega$

Schleusenspannung der Basis-Emitter-Diode: $U_{\text{BE0}} = 0,6 \text{ V}$

Kollektorstrom im Arbeitspunkt: $I_{\text{C(AP)}} = 30 \text{ mA}$

Vernachlässigungen:

- R_{CE} darf vernachlässigt werden, d. h., $R_{\text{CE}} \rightarrow \infty \Omega$
- Die Blindwiderstände der Kondensatoren C_e und C_a dürfen bei der Wechselstrombetrachtung vernachlässigt werden.

Bei den Größen $u_e(t)$, $u_{\text{CE}}(t)$ und $i_e(t)$ handelt es sich um Wechselgrößen.
Bei den anderen, in Kleinschreibweise angegebenen Spannungen (z. B. u_{CE}) und Strömen (z. B. i_c) handelt es sich um Mischgrößen.

Aufgabe 4.1: Allgemeinverständnis (6 Punkte)

- a) In welcher Grundschaltung wird hier der Transistor verwendet?
- b) Welche Funktion hat die in Abbildung 4-1 gegebene Schaltung?
- c) Zu welchem Zweck werden die Widerstände R_1 und R_C benötigt?
- d) Wozu benötigt man die Kondensatoren C_e und C_a ?
- e) Unter welcher Bedingung darf die Schaltungsanalyse in eine getrennte Gleichstrom- und Wechselstromanalyse zerlegt werden?

Aufgabe 4.2: Arbeitspunkteinstellung (4 Punkte)

- a) Auf welchen Wert sollte der Gleichanteil $U_{CE(AP)}$ der Spannung u_{CE} für diesen Anwendungsfall (siehe Aufgabe 4.1 b) des Transistors eingestellt werden, um einen optimalen Aussteuerbereich zu erzielen?
- b) Berechnen Sie die folgenden Größen, so dass sich der geforderte Arbeitspunkt einstellt:
 - den Widerstandswert von R_C in Ω ,
 - den Gleichanteil $I_{B(AP)}$ des Basisstromes i_B in μA ,
 - den Widerstandswert von R_1 in $k\Omega$.

Aufgabe 4.3: Wechselstromanalyse (10 Punkte)

- a) Zeichnen Sie für die in Abbildung 4-1 gegebene Schaltung das Wechselstromersatzschaltbild unter Berücksichtigung der oben gegebenen Vernachlässigungen. Benennen Sie eine weitere Vernachlässigung und zeichnen Sie auch dafür das Wechselstromersatzschaltbild.
- b) Berechnen Sie:
 - Die Periodendauer T der Signalspannung.
 - Die Amplitude $\hat{i}_e$ des Wechselanteils des Stromes $i_e(t)$.
 - Die Amplitude $\hat{i}_c$ des Wechselanteiles des Stromes $i_c(t)$.
 - Die Amplitude $\hat{u}_{CE}$ des Wechselanteiles der Spannung $u_{CE}(t)$.
 - Die Spannungsverstärkung v_U .
- c) Geben Sie die Zeitfunktionen von $u_{CE}(t)$ und u_{CE} an.

Aufgabe 5: Schaltung mit Operationsverstärker **(20 Punkte)**

In Abbildung 5-1 ist eine Schaltung mit einem idealen Operationsverstärker (OP 1), der Gleichspannungsquelle U_{Bat} , der Spannung $u_e(t)$ und zwei ohmschen Widerständen dargestellt.

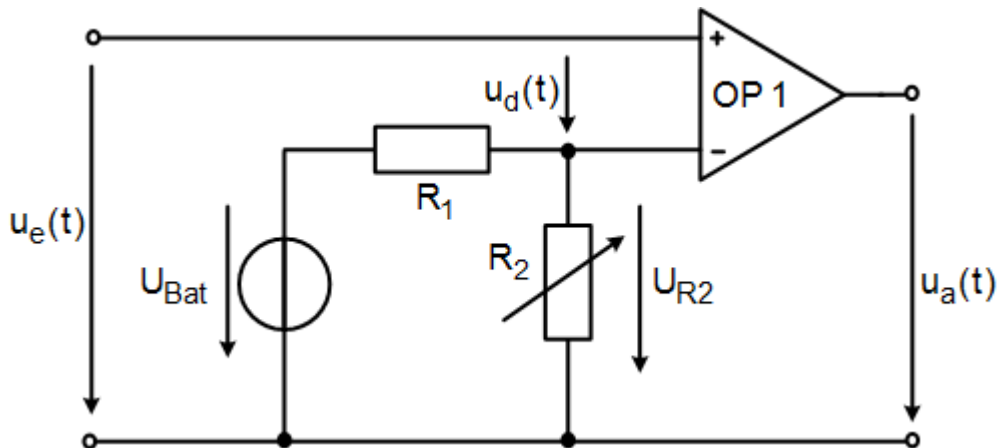


Abbildung 5-1 Schaltung mit idealem Operationsverstärker

Von der Schaltung sind folgende Daten gegeben:

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

Wechselspannung: $u_e(t) = 9 \text{ V} \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{10 \text{ s}}\right)$

Widerstand: $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$

Annahmen:

- Der Operationsverstärker darf als ideal betrachtet werden.
- Die Versorgungsspannung $\pm U_V = \pm 15 \text{ V}$ des Operationsverstärkers ist in Abbildung 5-1 nicht eingezeichnet.
- Bekannte Zusammenhänge für die OP-Grundsaltungen dürfen ohne erneute Herleitung verwendet werden.

Aufgabe 5.1: Grundschialtung (3 Punkte)

- a) Um welche OP-Grundschialtung handelt es sich und welche Funktion erfüllt diese Schaltung?
- b) Welchen Zweck erfüllt der Schaltungsteil, der aus U_{Bat} , R_1 und R_2 besteht?

Aufgabe 5.2: Spannungen und Ströme (17 Punkte)

- a) Geben Sie die Amplitude $\hat{u}_e$, den Effektivwert U_e und die Periodendauer T der sinusförmigen Spannung $u_e(t)$ an.
- b) Bestimmen Sie:
- Die Spannung $u_d(t)$ in Abhängigkeit von $u_e(t)$, U_{Bat} , R_1 und R_2 .
 - Den Widerstandswert, auf den R_2 eingestellt werden muss, so dass bei $u_e(t) = 6 \text{ V}$ die Spannung $u_d(t) = 0 \text{ V}$ wird.
 - Die Spannung $u_a(t)$.
- c) Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe der Spannungen $u_e(t)$, U_{R2} , und $u_a(t)$ in das vorbereitete Liniendiagramm ein.
- d) Berechnen Sie den Zeitpunkt $t = t_1$, zu dem die Spannung $u_a(t)$ für $t > 0 \text{ s}$ zum ersten Mal von -15 V auf $+15 \text{ V}$ springt.
- e) Berechnen Sie die Zeitpunkte t_2 und t_3 , zu denen die Spannung $u_a(t)$ für $t > t_1$ erneut springt.
- f) Beschreiben Sie kurz, wie sich die Ausgangsspannung $u_a(t)$ ändert, wenn R_2 - ausgehend vom im Aufgabenteil b) berechneten Wert - vergrößert wird.

Aufgabe 6: Gleichstrommaschine **(20 Punkte)**

Abbildung 6-1 zeigt das Übersichtsschaltbild einer Windkraftanlage zur Versorgung eines Gartenhauses mit elektrischer Energie. Als Generator wird eine von einem Windrad angetriebene permanentmagneterregte Gleichstrommaschine (GM) verwendet. Die überschüssig erzeugte elektrische Energie wird in einem Akkumulator („aufladbare Batterie“) zwischengespeichert.

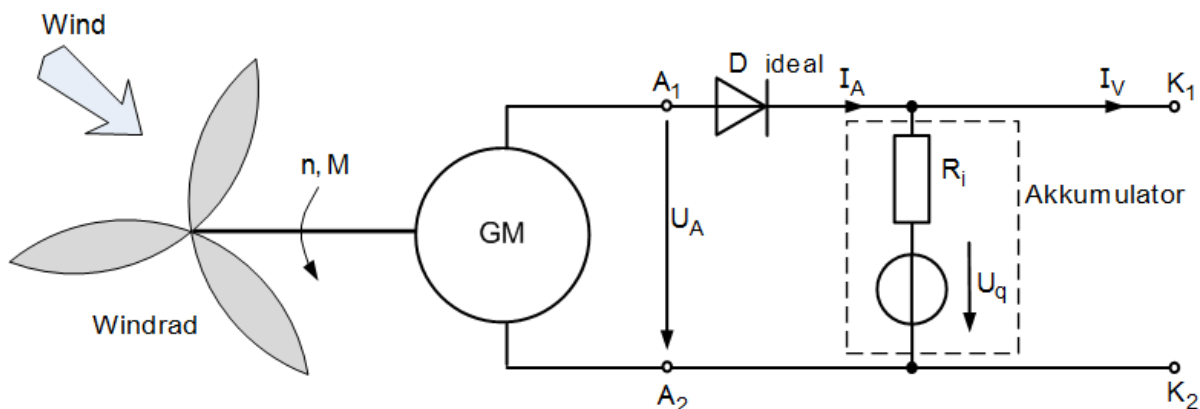


Abbildung 6-1: Übersichtsschaltbild der Gartenhaus-Stromversorgung

Für die GM (Generator) sind folgende Daten bekannt:

Anker-Nennspannung:	$U_{A,N} = 30 \text{ V}$
Anker-Nennstrom:	$I_{A,N} = 4,0 \text{ A}$
Wirkungsgrad der GM im Nennbetrieb:	$\eta_N = 0,75$
Nenndrehzahl:	$n_N = 1.200 \text{ min}^{-1}$

Für den Akkumulator sind folgende Daten bekannt:

Innenwiderstand:	$R_i = 0,25 \text{ } \Omega$
------------------	------------------------------

Annahmen:

- Es werden stets stationäre Verhältnisse vorausgesetzt.
- Außer den Verlusten im Ankerwiderstand und im Innenwiderstand des Akkumulators dürfen alle weiteren Verluste vernachlässigt werden.
- An die Klemmen K_1 und K_2 sind keine Verbraucher angeschlossen, d. h., es gilt stets $I_V = 0 \text{ A}$ (Leerlauf bezüglich der Klemmen).
- Die Diode darf als ideal angenommen werden.

Aufgabe 6.1: Verständnisfrage (2 Punkte)

a) Welchen Zweck erfüllt die Diode?

Aufgabe 6.2: Nenndaten der GM (6 Punkte)

Berechnen Sie aus den gegebenen Nenndaten der GM für den Nennbetrieb (zusätzlicher Index „N“):

- Die elektrisch abgegebene Leistung $P_{el,N}$ in W.
- Die der GM mechanisch zugeführte Leistung $P_{mech,N}$ in W.
- Die induzierte Spannung $U_{i,N}$ in V.
- Den Faktor $c \cdot \Phi$ in Vs.
- Den Ankerwiderstand R_A in Ω .
- Das Nenndrehmoment M_N in Nm, mit der die GM angetrieben werden muss.

Aufgabe 6.3: Ladebetrieb des Akkumulators (12 Punkte)

- a) Zeichnen Sie den elektrischen Teil des Übersichtschaltbildes aus Abbildung 6-1 mit dem elektrischen Ersatzschaltbild für die GM und der idealen Diode D erneut auf (die Ankerinduktivität L_A darf weggelassen werden).
- b) Berechnen Sie, ab welcher Drehzahl n der Akkumulator geladen werden kann, wenn die Quellspannung U_q des bereits teilweise entladenen Akkumulators $U_q = 18 \text{ V}$ beträgt.

Die GM werde nun mit $n = 840 \text{ min}^{-1}$ angetrieben und die Quellspannung U_q des Akkumulators betrage konstant $U_q = 22,5 \text{ V}$.

c) Berechnen Sie:

- Den Ladestrom $I_A = I_{Lade}$ des Akkumulators.
- Die mechanische Leistung P_{mech} des Generators.
- Die Gesamtverluste $P_{V,ges}$.
- Die Leistung P_{Lade} , mit welcher der Akkumulator geladen wird.
- Den Gesamtwirkungsgrad η der Anlage in diesem Arbeitspunkt.