

Prüfung

Einführung in die Elektrotechnik

Prüfungsnummer 12211 für die Studiengänge

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

07.03.2019

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 vorigen 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, einer Stromquelle und zwei Spannungsquellen gegeben.

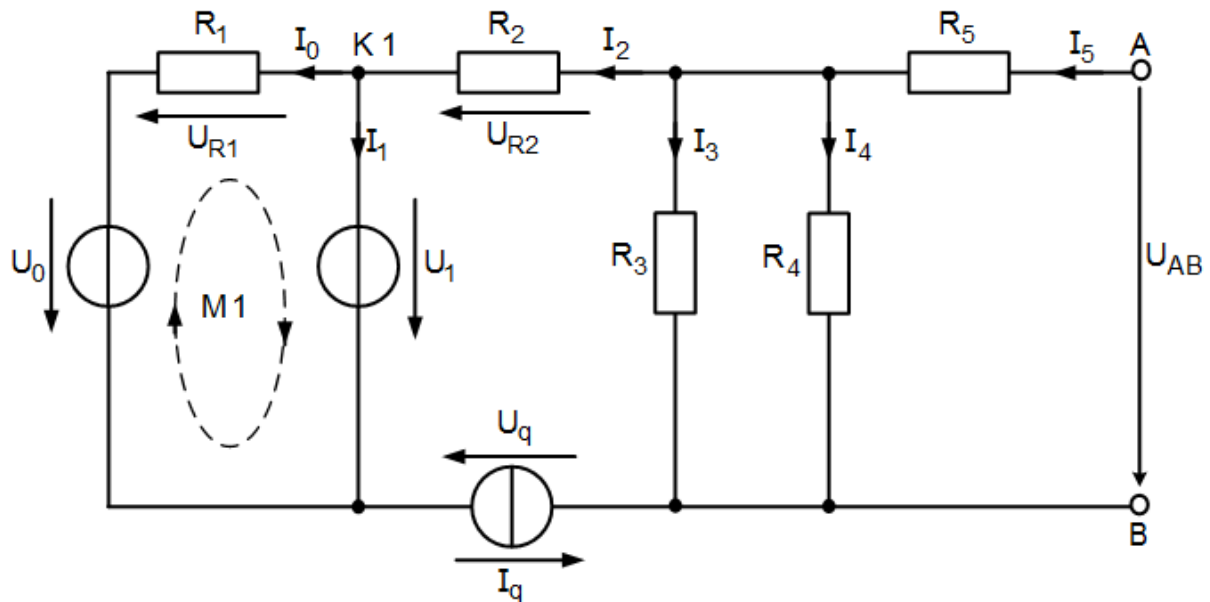


Abbildung 1-1: Gleichstromnetzwerk mit Strom- und Spannungsquelle

Rechnen Sie allgemein (d. h. ohne Zahlenwerte) mit I_q , U_0 , U_1 , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 und stellen Sie alle zu berechnenden Größen in Abhängigkeit dieser gegebenen Größen dar.

Aufgabe 1.1: Ersatzspannungsquelle (6 Punkte)

a) Berechnen Sie

- die Spannung U_{AB} .
- den Ersatzwiderstand R_{AB} bezüglich der Klemmen A-B.
- den Kurzschlussstrom I_{KS} , der bei Kurzschluss der Klemmen A-B im Kurzschlusszweig von A nach B fließen würde.

b) Zeichnen Sie für die in Abbildung 1-1 gegebene Schaltung das Ersatzschaltbild für die Ersatzstromquelle und führen Sie für sämtliche Größen eindeutige Bezeichner ein.

Geben Sie den Quellstrom und den Innenwiderstand der Ersatzstromquelle an.

Aufgabe 1.2: Ströme, Spannungen, Leistungen (14 Punkte)

a) Stellen Sie für den Knoten K 1 die Knotengleichung und für die Masche M 1 die Maschengleichung auf und berechnen Sie mithilfe der beiden Gleichungen die unbekannten Ströme I_1 und I_0 .

b) Berechnen Sie auf welchen Wert die Spannung U_0 ($U_0 \neq 0 \text{ V}$) eingestellt werden müsste, sodass die Spannungsquelle U_0 weder elektrische Leistung aufnimmt noch elektrische Leistung abgibt.

c) Berechnen Sie für den unter Teilaufgabe b) berechneten Fall

- den Strom I_1 .
- die Spannung U_q .
- die elektrische Leistung P_q , die die Stromquelle liefert.
- die Leistung P_R , die in den ohmschen Widerständen in Wärme umgewandelt wird.
- Vergleichen Sie P_q und P_R (d.h. bilden Sie die Differenz zwischen P_q und P_R) und kommentieren Sie das Ergebnis kurz.

Aufgabe 2: Gleichstrom (20 Punkte)

In Abbildung 2-1 ist das Ersatzschaltbild eines Gleichstromnetzwerkes mit einer Spannungsquelle, einer Stromquelle und 5 Widerständen gegeben.

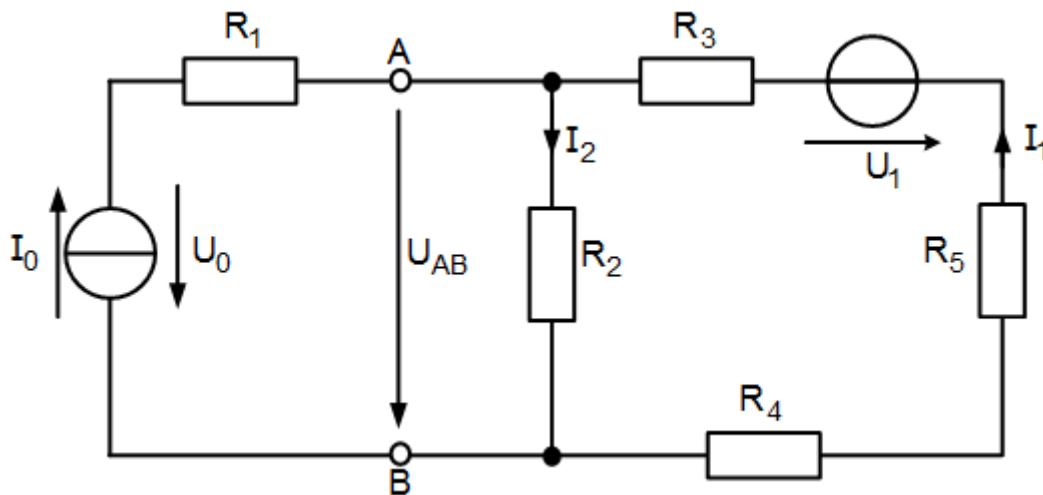


Abbildung 2-1: Gleichstromnetzwerk mit drei Quellen

Rechnen Sie allgemein (d. h. ohne Zahlenwerte) mit I_0 , U_1 , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 und stellen Sie alle zu berechnenden Größen in Abhängigkeit dieser gegebenen Größen dar.

Die Klemmen A-B sind stets offen, d.h. unbelastet (Leerlauf).

Aufgabe 2.1: Allgemeines (4 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) Weshalb darf die Spannung U_{AB} aus Teilspannungen überlagert werden?

Aufgabe 2.2: Spannung U_{AB} (9 Punkte)

- a) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild (auch Zählpfeile und Bezeichner eintragen!) für die in Abbildung 2-1 gegebene Schaltung für den Fall, dass nur die Spannungsquelle U_1 wirksam ist und berechnen Sie die Teilspannung U_{AB1} , die sich aus der alleinigen Wirksamkeit von U_1 ergibt.
- b) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild (auch Zählpfeile und Bezeichner eintragen!) für die in Abbildung 2-1 gegebene Schaltung für den Fall, dass nur die Stromquelle I_0 wirksam ist und berechnen Sie die Teilspannung U_{AB2} , die sich aus der alleinigen Wirksamkeit von I_0 ergibt.
- c) Geben Sie die Spannung U_{AB} an.

Aufgabe 2.3: Spannungen, Ströme, Leistungen (7 Punkte)

- a) Berechnen Sie U_1 in Abhängigkeit von I_0 , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 und R_5 , sodass die Spannung $U_{AB} = 0 \text{ V}$ wird.
- b) Geben Sie für den unter a) berechneten Fall ($U_{AB} = 0 \text{ V}$) die Spannung U_0 (in Abhängigkeit von I_0 , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 und R_5) an.
- c) Begründen Sie kurz, weshalb die Quellen I_0 und U_1 jeweils Leistung abgeben.
- d) Was passiert mit der von den Quellen I_0 und U_1 abgegebenen Leistungen?

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 $\underline{U}$ und der Frequenz f betrieben.

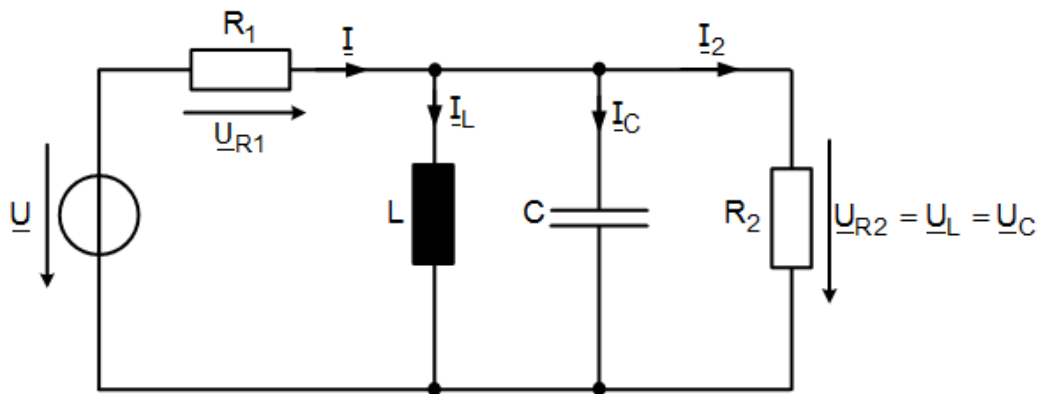


Abbildung 3-1: R-L-C-Schaltung an sinusförmiger Wechselspannung

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannung:	$\underline{U} = 100 \text{ V} \cdot e^{j \cdot 0^\circ}$	
Ohm'sche Widerstände:	$R_1 = 20 \, \Omega$	$R_2 = 30 \, \Omega$
Blindwiderstand der Spule:	$X_L = 60 \, \Omega$	

Aufgabe 3.1: Zeigerdiagramm (5 Punkte)

- a) Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm, welches alle in Abbildung 3-1 eingetragenen Spannungen und Ströme enthält unter der Vorgabe, dass der Effektivwert I_C des Stromes $\underline{I}_C$ doppelt so groß ist als der Effektivwert I_L des Stromes $\underline{I}_L$.
Zeichnen Sie den Phasenverschiebungswinkel φ zwischen Strom $\underline{I}$ und Spannung $\underline{U}$ ein.
- b) Wirkt die Schaltung ohmsch, ohmsch-induktiv, ohmsch-kapazitiv, induktiv oder kapazitiv (kurze Begründung)?

Aufgabe 3.2: Impedanzen (6 Punkte)

- a) Berechnen Sie unter der Vorgabe, dass der Effektivwert I_C des Stromes $\underline{I}_C$ doppelt so groß ist als der Effektivwert I_L des Stromes $\underline{I}_L$ den Blindwiderstand X_C des Kondensators C .
- b) Berechnen Sie
- die Ersatzimpedanz $\underline{Z}_{LC}$ der Parallelschaltung aus L und C .
 - die Ersatzimpedanz $\underline{Z}_{RLC}$ der Parallelschaltung aus $\underline{Z}_{LC}$ und R_2 .
 - die Ersatzimpedanz $\underline{Z}$ der gesamten Schaltung aus R_1 , L , C und R_2 .

Aufgabe 3.3: Strom, Leistung, Spannung (9 Punkte)

- a) Berechnen Sie
- den Strom $\underline{I}$.
 - die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$, die Wirkleistung P und die Blindleistung Q .
 - die Spannungen $\underline{U}_{R1}$ und $\underline{U}_{R2} = \underline{U}_L = \underline{U}_C$.
- b) Berechnen Sie die Blindleistung Q auf eine in Bezug auf Teilaufgabe a) alternative Weise und vergleichen Sie die Ergebnisse.

Aufgabe 4: Schaltung mit npn-Bipolartransistor (20 Punkte)

Abbildung 4-1 zeigt eine Schaltung mit einem npn-Bipolartransistor.

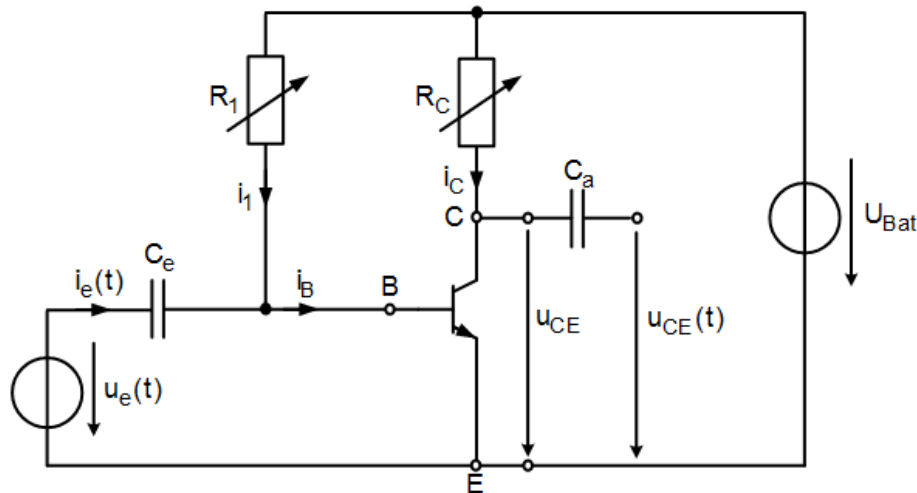


Abbildung 4-1: Schaltung mit npn-Bipolartransistor

Es sind folgende Daten bekannt:

Signalspannung:

$$u_e(t) = 20 \text{ mV} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Schleusenspannung der Basis-Emitter-Diode:

$$U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$$

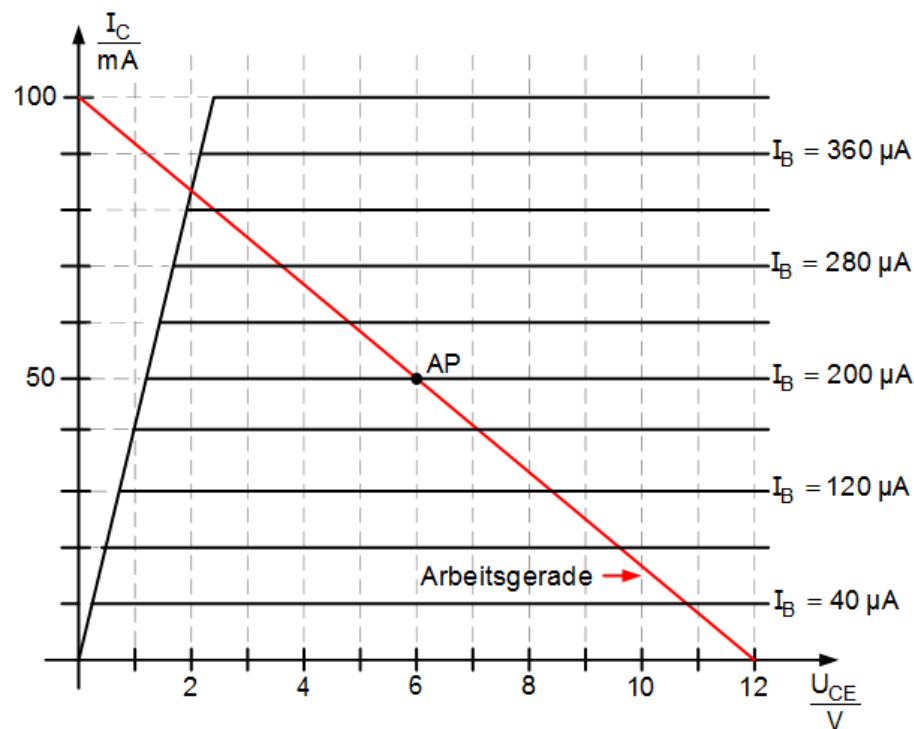


Abbildung 4-2: I_C - U_{CE} -Kennlinienfeld mit Arbeitsgerade und Arbeitspunkt

Vernachlässigungen:

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

Bei den Größen $u_e(t)$, $u_{CE}(t)$ 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 (4 Punkte)

- a) Was versteht man unter Wechselgröße und Mischgröße?
- b) Wofür werden die Widerstände R_1 und R_C benötigt?
- c) Wofür benötigt man die Kondensatoren C_e und C_a ?

Aufgabe 4.2: Daten aus dem Kennlinienfeld (7 Punkte)

- a) Wurde der Arbeitspunkt korrekt eingestellt (Begründung)?
- b) Wie groß ist U_{Bat} und auf welchen Wert wurde R_C eingestellt?
- c) Wie groß sind die Stromverstärkungen $B = \beta$?
- d) Berechnen Sie den Basis-Emitter-Widerstand R_{BE} des Transistors unter der Maßgabe, dass R_1 auf $56,8 \text{ k}\Omega$ eingestellt wurde.

Aufgabe 4.3: Wechselstromanalyse (9 Punkte)

- a) Zeichnen Sie das Wechselstrom-Ersatzschaltbild.
- b) Berechnen Sie
 - die Amplitude $\hat{i}_B$ des Basisstromwechselanteils in μA .
 - die Amplitude $\hat{u}_{CE}$ des Wechselanteiles der Spannung u_{CE} .
 - die Spannungsverstärkung v_U .
- c) Ab welcher Signalamplitude $\hat{u}_{e,max}$ würde der Verstärker nicht mehr korrekt arbeiten, d.h. das verstärkte Signal wäre verzerrt (Begründung)?

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

In Abbildung 5-1 ist eine Schaltung mit einem idealen Operationsverstärker OP 1, einer Gleichspannungsquelle U_1 , einer dreieckförmigen Spannung $u_e(t)$ (Verlauf siehe Diagramm auf dem Lösungsblatt), einem ohmschen Widerstand R und einer Leuchtdiode LED dargestellt.

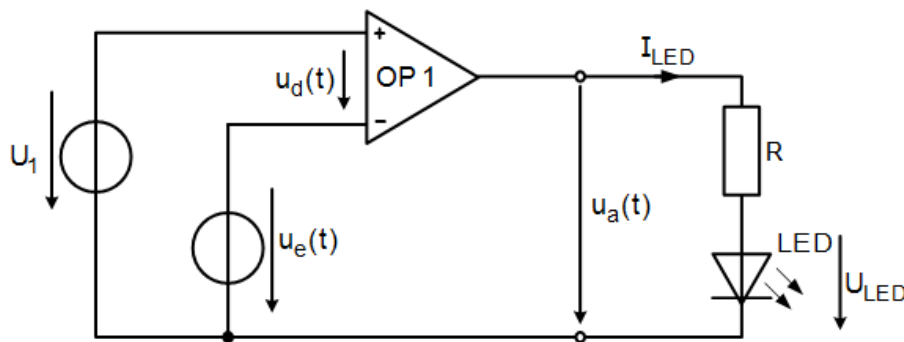


Abbildung 5-1: Schaltung mit idealem Operationsverstärker (OP1)

Von der Schaltung sind folgende Daten gegeben:

Erforderliche Werte sind in den Fragen angegeben.

Annahmen:

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

Aufgabe 5.1: Verständnisfragen (4 Punkte)

- a) In welcher OP-Grundschialtung wird der Operationsverstärker OP 1 betrieben (kurze Begründung)?
- b) Welchen Zweck erfüllt der Widerstand R?
- c) Welche Werte kann die Spannung $u_a(t)$ minimal und maximal annehmen?

Aufgabe 5.2: Spannungsverlauf von $u_a(t)$ (6 Punkte)

- a) Geben Sie
 - die Differenzspannung $u_d(t)$ in Abhängigkeit von $u_e(t)$ und U_1 an.
 - den Zusammenhang zwischen $u_a(t)$ und $u_d(t)$ an.
- b) Zeichnen Sie für $U_1 = 10 \text{ V}$ den zeitlichen Verlauf von $u_a(t)$ in das vorgegebene Diagramm im Lösungsblatt ein ($U_1 = 10 \text{ V}$ bitte auch einzeichnen!).

Aufgabe 5.3: Anzeige mit einer LED (10 Punkte)

- a) Dimensionieren Sie den Widerstand R, sodass die LED (wenn sie sich im leitenden Zustand befindet) im folgenden Arbeitspunkt betrieben wird: $U_{\text{LED}} = 2 \text{ V}$, $I_{\text{LED}} = 20 \text{ mA}$.
- b) Geben Sie an, wie viele Sekunden die LED während einer Periodendauer $T = 12 \text{ s}$ der Spannung $u_e(t)$ leuchtet und wie viele Sekunden sie nicht leuchtet, wenn die Spannung
 - $U_1 = 10 \text{ V}$ beträgt.
 - $U_1 = 5 \text{ V}$ beträgt.
- c) Auf welchen Wert muss U_1 eingestellt werden (Begründung!), damit die LED
 - dauerhaft leuchtet („Dauer-An“)?
 - dauerhaft nicht leuchtet („Dauer-Aus“)?

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

In Abbildung 6-1 ist ein Antriebssystem für ein kleines Elektrofahrzeug dargestellt. Der Antrieb besteht aus einer fremderregten Gleichstrommaschine GM. Der Anker- und der Erregerkreis werden aus einer Batterie mit der konstanten Spannung U_{Bat} gespeist. Die Erregung der GM kann mittels eines variablen Vorwiderstandes R_V verändert werden.

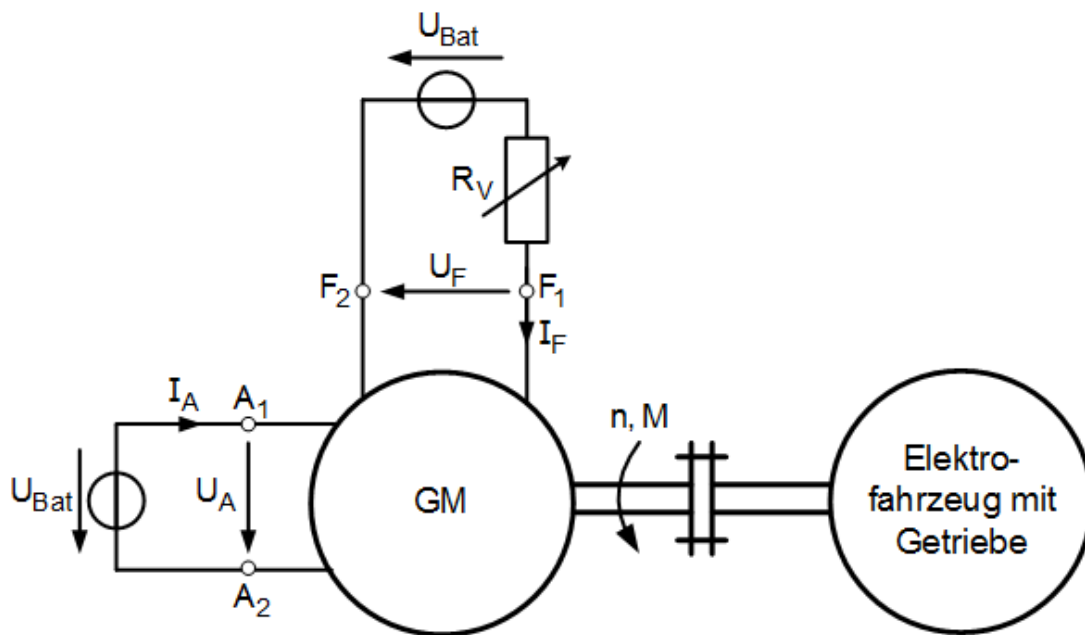


Abbildung 6-1: Übersichtsschaltbild des Antriebssystems

Für die Batterie gilt:

Batteriespannung:

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

Von der GM sind folgende Daten bekannt:

Ankernennspannung

$$U_{\text{A,N}} = 24 \text{ V}$$

Ankernennstrom

$$I_{\text{A,N}} = 5 \text{ A}$$

Erregernennspannung

$$U_{\text{F,N}} = 24 \text{ V}$$

Erregernennstrom

$$I_{\text{F,N}} = 1 \text{ A}$$

Nenndrehmoment

$$M_{\text{N}} = 0,45 \text{ Nm}$$

Nenndrehzahl

$$n_{\text{N}} = 2.000 \text{ min}^{-1}$$

Maximal zulässige Drehzahl

$$n_{\text{max,zul}} = 2.800 \text{ min}^{-1}$$

Vereinfachungen:

- Die Batterie darf als ideale Spannungsquelle betrachtet werden.
- Außer den ohmschen Verlusten im Ankerkreis und im Erregerkreis dürfen alle weiteren Verluste (auch Reibungsverluste) vernachlässigt werden.
- Es werden stets stationäre Betriebsverhältnisse vorausgesetzt.
- Im Erregerkreis dürfen lineare Verhältnisse vorausgesetzt werden.

Aufgabe 6.1: Nennbetrieb der GM (11 Punkte)

- a) Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der fremderregten Gleichstrommaschine mit sämtlichen Bezeichnern und Zählpfeilen.
- b) Berechnen Sie folgende Größen für den Nennbetrieb (Index „N“) des Motors:
- die Erregerverluste $P_{el,F,N}$ in W.
 - die vom Anker aufgenommene Leistung $P_{el,A,N}$ in W.
 - die gesamte aufgenommene elektrische Leistung $P_{el,N}$ in W.
 - die abgegebene mechanische Leistung $P_{mech,N}$ in W.
 - die Ankerverluste $P_{V,A,N}$ in W.
 - den Wicklungswiderstand R_A in Ω .
 - die Konstante $(c \cdot \Phi)_N$ in Vs.
 - den Motorwirkungsgrad η_N in %

Es wird ein neuer Arbeitspunkt eingestellt: $I_F = 0,8 \text{ A}$ und $M = 0,6 \cdot M_N$.

Aufgabe 6.2: Arbeitspunkt AP 1 (9 Punkte)

- a) Berechnen Sie:
- die Konstante $(c \cdot \Phi)_{AP1}$ in Vs.
 - die Drehzahl n_{AP1} in min^{-1} .
 - die induzierte Spannung $U_{i,AP1}$ in V.
 - den Ankerstrom $I_{A,AP1}$ in A.
- b) Ist dieser Arbeitspunkt zulässig (kurze Begründung)?