

## Prüfung

# Einführung in die Elektrotechnik

Prüfungsnummer 12211 für die Studiengänge  
fmt, mabau, mecha, medte, tema, tp, ...

**10.03.2022**

### 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 Name und Matrikelnummer!) oder verwenden Sie die leere Rückseite des vorigen Lösungsblattes (von uns bevorzugt!).
- Sämtliche Ergebnisse müssen soweit wie möglich vereinfacht oder in die verlangte Form gebracht werden.
- Geben Sie Ihre Ergebnisse (soweit nicht anders verlangt) als **Dezimalzahlen** an (z. B. 95,26) und **nicht** als Brüche (z. B. 4.763/50).
- Geben Sie den ausgefüllten Umschlagbogen (Name, Matrikelnummer, Studiengang) und darin die Lösungsblätter und ggf. noch zusätzlich beschriebene Blätter ab.
- Die Aufgabenblätter brauchen **nicht** abgegeben werden.

**Zugelassene Hilfsmittel:**

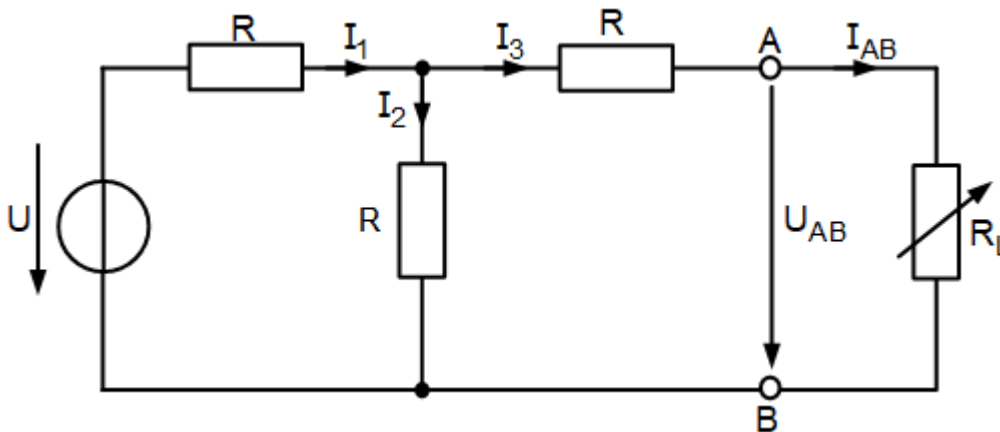
- 6 Seiten handschriftliche Formelsammlung.
- Taschenrechner (auch programmierbar).

**Hinweise:**

- Die Hinzunahme fremder Hilfe bei Prüfungen ist ein Täuschungsversuch, der eine 5,0 als Prüfungsergebnis nach sich zieht.
- Die Benutzung kommunikationsfähiger Geräte während der Prüfung wird als Täuschungsversuch gewertet.

## Aufgabe 1: Gleichstrom (20 Punkte)

Im Bild 1.1 ist das Ersatzschaltbild eines elektrischen Gleichstrom-Netzwerkes, bestehend aus drei gleichen Widerständen  $R$  und einem an die Klemmen A-B angeschlossenen veränderbaren (variabel einstellbaren) Lastwiderstand  $R_L$  abgebildet. Das Widerstandsnetzwerk wird an der Gleichspannungsquelle  $U$  betrieben.



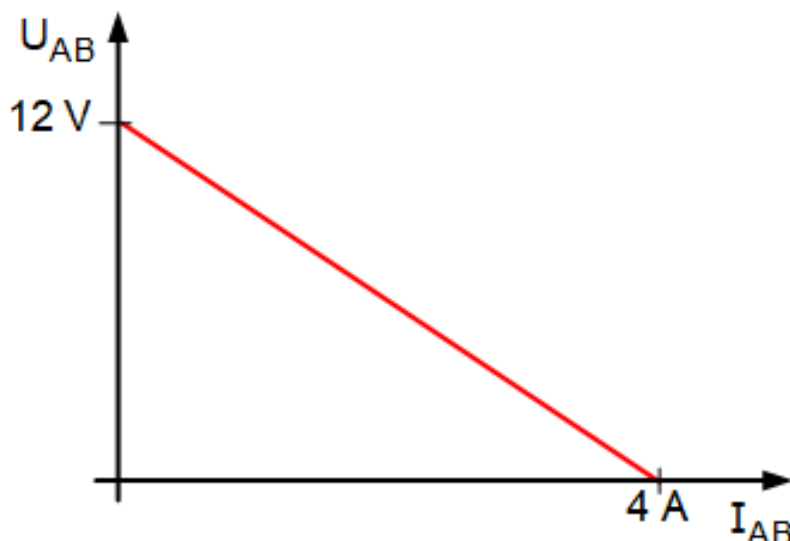
**Bild 1.1:** Ersatzschaltbild mit Bezeichnern und Zählpfeilen.

### Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Ohmscher Widerstand  $R_L$  (variabel):

$$R_L = 0 \, \Omega \dots \infty \, \Omega$$

Bezüglich des Zweiges A-B (Klemmenpaar A-B) wurde folgende Strom-Spannungs-Kennlinie (SSK)  $U_{AB} = f(I_{AB})$  messtechnisch ermittelt:



**Bild 1.2:** Strom-Spannungs-Kennlinie (SSK)  $U_{AB} = f(I_{AB})$  bezüglich des Zweiges A-B.

**Aufgabe 1.1 Strom-Spannungs-Kennlinie (4 Punkte)**

- a) Beschreiben Sie kurz, wie die SSK messtechnisch ermittelt wird.
- b) Weshalb kann die SSK bei diesem Netzwerk anhand von lediglich zwei Messpunkten ermittelt werden?
- c) Was versteht man bezüglich des Klemmenpaares A-B unter dem Begriff „Leerlauf“ – wie groß ist der Strom  $I_{AB} = I_{AB,LL}$  und die Spannung  $U_{AB} = U_{AB,LL}$  und auf welchen Wert muss man  $R_L$  einstellen, damit sich dieser Betriebspunkt einstellt?
- d) Was versteht man bezüglich des Klemmenpaares A-B unter dem Begriff „Kurzschluss“ – wie groß ist der Strom  $I_{AB} = I_{AB,KS}$  und die Spannung  $U_{AB} = U_{AB,KS}$  im Kurzschluss und auf welchen Wert muss man  $R_L$  einstellen, damit sich dieser Betriebspunkt einstellt?

**Aufgabe 1.2 Bestimmung von U und R (5 Punkte)**

- a) Berechnen Sie die Spannung U der Gleichspannungsquelle in Volt.
- b) Berechnen Sie den Widerstandswert der Widerstände R in Ohm.

**Aufgabe 1.3 Ströme und Leistungen (7 Punkte)**

Nun wird der Lastwiderstand  $R_L$  auf den Wert R eingestellt, d. h. es gilt  $R_L = R$ .

- a) Berechnen Sie die Ströme  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$ .
- b) Wie groß ist die von der Spannungsquelle U in einer Stunde (1 h) gelieferte elektrische Energie  $W_q$  in kJ?
- c) Welche Energiemenge  $W_L$  (in kJ) wird während einer Stunde (1 h) im Widerstand  $R_L$  in Wärme umgewandelt?

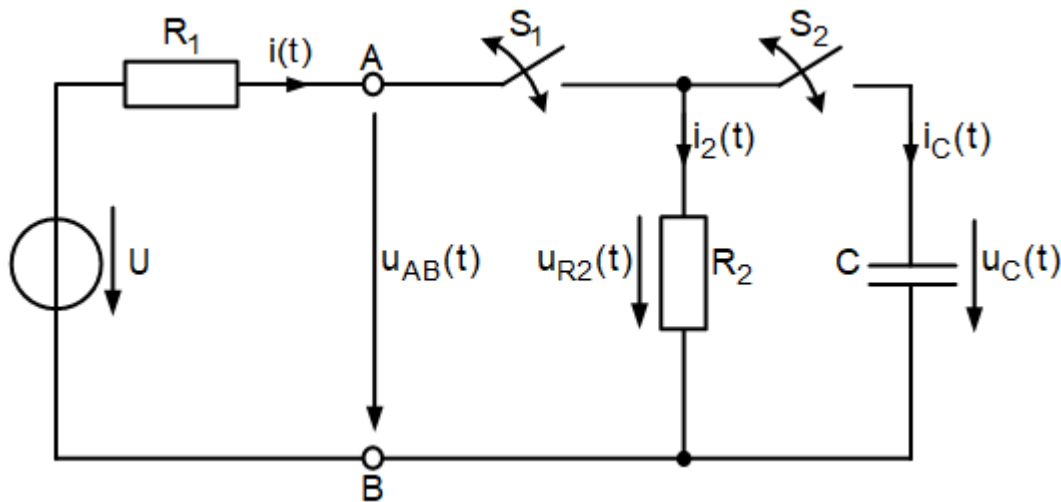
**Aufgabe 1.4 Ersatzspannungsquelle (4 Punkte)**

Der im Bild 1.1 dargestellte Schaltungsteil links der Klemmen A-B kann in eine Ersatzspannungsquelle (bestehend aus  $U_q$  und  $R_i$ ) umgewandelt werden.

- a) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Ersatzspannungsquelle und kennzeichnen Sie die Klemmen A-B.
- b) Bestimmen Sie die Quellenspannung  $U_q$  (in V) und den Innenwiderstand  $R_i$  (in  $\Omega$ ) der Ersatzspannungsquelle.

## Aufgabe 2: Schaltvorgänge – Kondensator (20 Punkte)

Im Bild 2.1 ist das Ersatzschaltbild eines elektrischen Netzwerkes mit den ohmschen Widerständen  $R_1$  und  $R_2$ , der Gleichspannungsquelle  $U$  und einem Kondensator  $C$  abgebildet. Über die Schalter  $S_1$  und  $S_2$  können Schaltungsteile zugeschaltet und wieder abgeschaltet werden.



**Bild 2.1:** Ersatzschaltbild eines elektrischen Netzwerkes mit Kondensator.

### Wichtige Hinweise:

- Der Kondensator  $C$  ist zu Beginn der Betrachtungen (beide Schalter offen) **ungeladen!**
- Sie müssen **keine** Einschwingvorgänge berechnen!
- Sie müssen **keine** Differentialgleichungen aufstellen und auch **keine** Differentialgleichungen lösen!
- Sie können die Aufgabe durch einfache Überlegungen anhand des Verhaltens des Kondensators zu den betrachteten Zeitpunkten lösen.
- Geben Sie Ihre Ergebnisse **allgemein** in Abhängigkeit der Größen  $U$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ , und  $C$  an. Sie müssen keine konkreten Werte berechnen, außer ein Wert ist definitiv 0 (null), dann geben Sie 0 (null) an.
- Begründen Sie Ihre Ergebnisse, wenn gefordert, in der Form:  
Strom muss ..., Spannung darf ..., mit Maschenregel (MR), aus ohmschem Gesetz (OG), ohmsches Gesetz und Maschenregel (OG + MR), Mit Spannungsteiler-Regel, ...

**Aufgabe 2.1 Kondensator (1 Punkt)**

- a) Welche Eigenschaft unterscheidet den Kondensator von einem Ohmwiderrstand und wie lautet der Zusammenhang zwischen der Spannung  $u_C(t)$  und dem Strom  $i_C(t)$ ?

**Aufgabe 2.2 Beide Schalter sind offen (3 Punkte)**

- a) Geben Sie für die Schalterstellungen  $S_1$  und  $S_2$  offen folgende Größen an:
- $u_C(t)$ ,  $i_C(t)$ ,  $i_2(t)$ ,  $u_{R2}(t)$ ,  $i(t)$  und  $u_{AB}(t)$ .

**Aufgabe 2.3 Nur der Schalter  $S_1$  wird geschlossen (4 Punkte)**

Zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird der Schalter  $S_1$  geschlossen ( $S_2$  bleibt offen!).

- a) Beschreiben Sie kurz, weshalb es zu keinem Ausgleichsvorgang kommt.
- b) Geben Sie für  $S_1$  geschlossen und  $S_2$  offen folgende Größen an:
- $u_C(t)$ ,  $i_C(t)$ ,  $i(t)$ ,  $i_2(t)$ ,  $u_{R2}(t)$  und  $u_{AB}(t)$ .

**Aufgabe 2.4 Zusätzlich zu  $S_1$  wird auch  $S_2$  geschlossen (8 Punkte)**

Zum Zeitpunkt  $t = t_1$  wird nun auch  $S_2$  geschlossen ( $S_1$  ist bereits geschlossen).

- a) Erklären Sie kurz, weshalb es nun zu einem Ausgleichsvorgang kommt.
- b) Geben Sie für den Zeitpunkt  $t_1$  (theoretisch unendlich kurz nach dem Schließen von  $S_2$ ) folgende Größen an:
- $u_C(t_1)$ ,  $u_{R2}(t_1)$ ,  $i_2(t_1)$ ,  $i(t_1)$ ,  $i_C(t_1)$  und  $u_{AB}(t_1)$ .
- c) Geben Sie unter der Voraussetzung, dass  $S_2$  bis zum Zeitpunkt  $t = t_2$  (theoretisch unendlich lange) geschlossen ist folgende Größen an:
- $i_C(t_2)$ ,  $i(t_2)$ ,  $i_2(t_2)$ ,  $u_{R2}(t_2)$ ,  $u_C(t_2)$  und  $u_{AB}(t_2)$ .

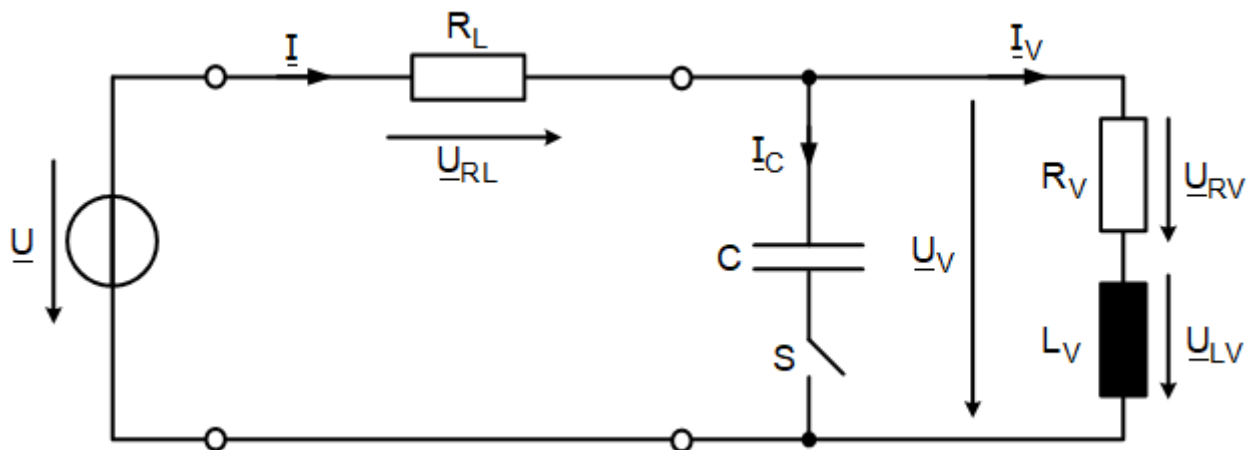
**Aufgabe 2.5  $S_1$  wird geöffnet,  $S_2$  bleibt geschlossen (4 Punkte)**

Zum Zeitpunkt  $t = t_3$  wird  $S_1$  wieder geöffnet ( $S_2$  bleibt geschlossen).

- a) Geben Sie für den Zeitpunkt  $t_3$  (theoretisch unendlich kurz nach dem Öffnen von  $S_1$ ) folgende Größen an:
- $u_C(t_3)$ ,  $u_{R2}(t_3)$ ,  $i_2(t_3)$ ,  $i(t_3)$ ,  $i_C(t_3)$  und  $u_{AB}(t_3)$ .
- b) Was passiert für  $t \geq t_3$  mit der im Kondensator C gespeicherten elektrischen Energie?

### Aufgabe 3: Wechselstrom (20 Punkte)

Im Bild 3.1 ist das Ersatzschaltbild eines ohmsch-induktiven Verbrauchers, bestehend aus  $R_V$  und  $L_V$ , gegeben. Der Verbraucher wird mittels einer Leitung, die vereinfacht durch den ohmschen Leitungswiderstand  $R_L$  dargestellt werden kann, an die sinusförmige Wechselspannungsquelle  $\underline{U}$  angeschlossen. Die induktive Blindleistung des Verbrauchers kann durch einen parallel zum Verbraucher über den Schalter  $S$  zuschaltbaren Kondensator mit der Kapazität  $C$  vollständig kompensiert werden.



**Bild 3.1:** R-L-C-Schaltung an sinusförmiger Wechselspannung.

#### Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

|                                                      |                            |
|------------------------------------------------------|----------------------------|
| Spannungseffektivwert der Spannung $\underline{U}$ : | $U = 400 \text{ V}$        |
| Frequenz der sinusförmigen Spannung:                 | $f = 50 \text{ Hz}$        |
| Ohmscher Widerstand des Verbrauchers:                | $R_V = 20 \text{ } \Omega$ |
| Induktivität der Spule des Verbrauchers:             | $L_V = 31,84 \text{ mH}$   |
| Leitungswiderstand der <u>Hin- und Rückleitung</u> : | $R_L = 2 \text{ } \Omega$  |

Für vollständige Blindleistungskompensation gilt für den Blindwiderstand  $X_C$  des

Kondensators  $C$ : 
$$X_C = \frac{R_V^2 + X_V^2}{X_V} \text{ mit } X_V = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_V = \omega \cdot L_V$$

**Aufgabe 3.1 Zeigerdiagramme (6 Punkte)**

- a) Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm für den Fall, dass der Schalter S geöffnet ist (Fall ohne Blindleistungskompensation) und tragen Sie den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  ein.
- b) Zeichnen Sie erneut ein qualitatives Zeigerdiagramm für den Fall, dass der Schalter S geschlossen ist und dass durch den Kondensator C die Blindleistung vollständig kompensiert wird. Wie groß ist der Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  bei vollständiger Kompensation?

**Aufgabe 3.2 Impedanzen, Ströme und Spannungen (8 Punkte)**

Der Schalter S sei geöffnet!

- a) Berechnen Sie die Impedanz  $\underline{Z}$  der Reihenschaltung aus  $R_L$ ,  $R_V$  und dem Blindwiderstand  $X_V$  der Spule  $L_V$ .
- b) Berechnen Sie den Strom  $\underline{I} = \underline{I}_V$ , die Spannungen  $\underline{U}_{RL}$ ,  $\underline{U}_{RV}$ ,  $\underline{U}_{LV}$ ,  $\underline{U}_V$ .  
**Hinweis:** Rechnen Sie mit den Exponentialformen!
- c) Berechnen Sie die Verlustleistung  $P_{RL}$  im Leitungswiderstand  $R_L$ .
- d) Berechnen Sie die Wirkleistung  $P_V$  und die Blindleistung  $Q_V$  des Verbrauchers.

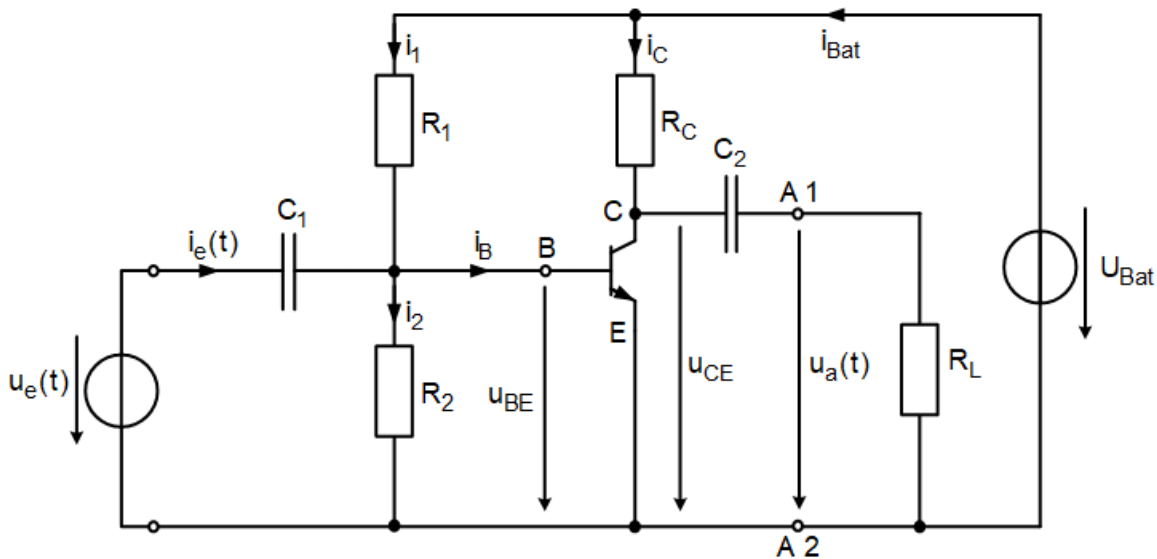
**Aufgabe 3.3 Impedanzen, Ströme und Spannungen (6 Punkte)**

Der Schalter S sei nun geschlossen!

- a) Berechnen Sie die erforderliche Kapazität C des Kondensators (in  $\mu\text{F}$ ), sodass die Blindleistung  $Q_V$  des Verbrauchers vollständig kompensiert wird.
- b) Berechnen Sie den Strom  $\underline{I}$  und die Verlustleistung  $P_{RL}$  im Leitungswiderstand  $R_L$  und vergleichen Sie sie mit denen aus Aufgabe 3.2 c).

### Aufgabe 4: Kleinsignalverstärker (20 Punkte)

Mit der Schaltung im Bild 4.1 wird die sinusförmige Eingangssignal-Wechselspannung  $u_e(t)$  in der Amplitude verstärkt und am Ausgang der Schaltung an den Klemmen A 1 - A 2 als sinusförmige Wechselspannung  $u_a(t)$  ausgegeben. An die Ausgangsklemmen A 1 – A 2 ist ein Lautsprecher angeschlossen, der vereinfacht durch den ohmschen Widerstand  $R_L$  nachgebildet werden kann.



**Bild 4.1:** Kleinsignalverstärker mit npn - Bipolartransistor

#### Es sind folgende Daten gegeben:

Versorgungsspannung:

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

Widerstand des Lautsprechers:

$$R_L = 120 \Omega$$

Gleichstrom- **und** Wechselstromverstärkung:

$$B = \beta = 250$$

Basis-Emitter-Widerstand:

$$R_{\text{BE}} = 200 \Omega$$

Schleusenspannung der Basis-Emitter-Diode:

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

Kollektorwiderstand:

$$R_C = 120 \Omega$$

Kollektor-Emitter-Widerstand vernachlässigbar, d. h.:

$$R_{\text{CE}} \rightarrow \infty \Omega$$

Kondensatoren:

$$C_1 = C_2 \rightarrow \infty \text{ F}$$

Eingangssignal-Wechselspannung:  $u_e(t) = 10 \text{ mV} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{1 \text{ ms}} \cdot t\right)$

**Gleichgrößen** werden durch Großbuchstaben gekennzeichnet, z. B.  $U_{\text{Bat}}$ .

**Sinusförmigen Wechselgrößen** werden bezeichnet durch (t), also z. B.  $u_e(t)$ .

**Mischgrößen** werden nur durch Kleinbuchstaben bezeichnet, z. B.  $i_1$ .

**Aufgabe 4.1 Gleichstromverhalten - Arbeitspunkt (AP) (6 Punkte)**

- a) Weshalb stellt man für diesen Anwendungsfall im Arbeitspunkt (AP) den Gleichspannungsanteil  $U_{CE,AP}$  der Spannung  $u_{CE}$  auf  $U_{CE,AP} = 0,5 \cdot U_{Bat}$  ein?
- b) Berechnen Sie folgende Gleichstrom- bzw. Gleichspannungsanteile im Arbeitspunkt (AP):
- $I_{C,AP}$  des Kollektorstroms  $i_C$  und  $I_{B,AP}$  des Basisstroms  $i_B$ .
  - $U_{BE,AP}$  der Basis-Emitter-Spannung  $u_{BE}$ .
- c) Berechnen Sie die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  unter der Maßgabe, dass der Gleichanteil von  $i_2$  im AP  $I_{2,AP} = 10 \cdot I_{B,AP}$  betragen soll.
- d) Berechnen Sie die im Transistor entstehende Verlustleistung  $P_{T,AP}$  im Arbeitspunkt (AP).

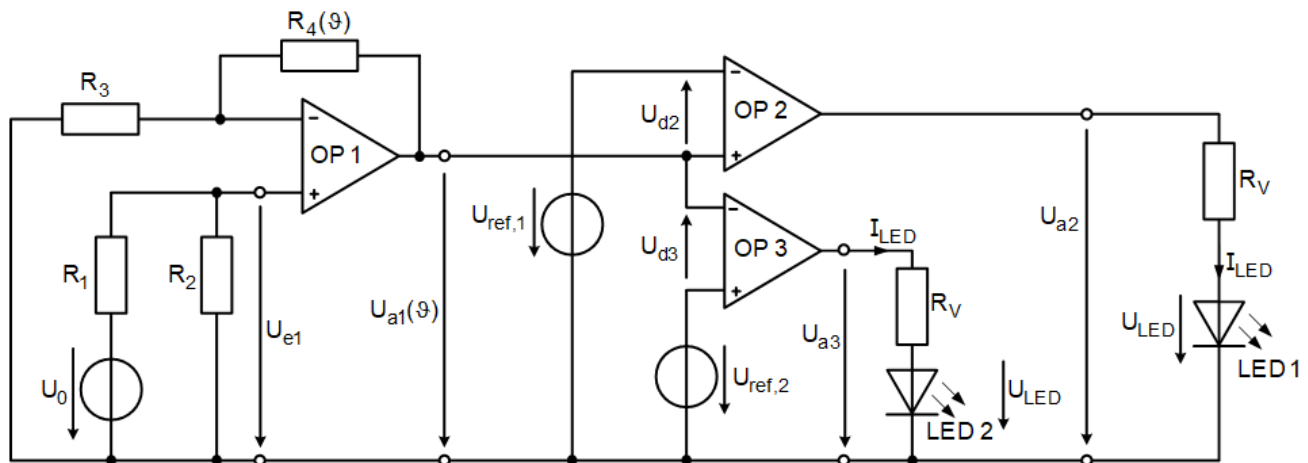
**Aufgabe 4.2 Wechselstromverhalten (14 Punkte)**

- a) Wozu werden die Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  benötigt?
- b) Was bedeutet  $C_1 = C_2 \rightarrow \infty \text{ F}$  für das Wechselstromverhalten?  
**Hinweis:** Denken Sie an die Blindwiderstände!
- c) Zeichnen Sie das Wechselstrom-Ersatzschaltbild der Schaltung aus Bild 4.1 und berücksichtigen Sie die Vereinfachungen  $C_1 = C_2 \rightarrow \infty \text{ F}$  und  $R_{CE} \rightarrow \infty \Omega$ .
- d) Geben Sie die Amplitude (Dachwert)  $\hat{u}_e$  und die Frequenz  $f_e$  der Spannung  $u_e(t)$  an. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Dachwert  $\hat{u}_e$  und Effektivwert  $U_e$  (sinusförmige Wechselgrößen!).
- e) Berechnen Sie die Dachwerte  $\hat{i}_e$  und  $\hat{i}_B$  sowie den Dachwert  $\hat{i}_{C0}$  des Quellenstromes  $i_{C0}$  der gesteuerten Stromquelle im Wechselstrom-Ersatzschaltbild.
- f) Wie groß ist die Amplitude  $\hat{u}_a$  der Spannung  $u_a$  und die Spannungsverstärkung  $v_U = \hat{u}_a / \hat{u}_e$  der Verstärkerschaltung?
- g) Berechnen Sie die von der Signalquelle abgegebene Leistung  $P_e$  und die Leistung  $P_L$  im Lautsprecher  $R_L$  sowie die Leistungsverstärkung  $v_P = P_L / P_e$  der Verstärkerschaltung.

**Hinweis:** Leistung  $P = U \cdot I$  mit den Effektivwerten  $U$  und  $I$ !

## Aufgabe 5: Operationsverstärker (20 Punkte)

In einem Flüssigkeitsbehälter soll die Temperatur  $\vartheta$  mittels der im Bild 5.1 angegebenen Schaltung überwacht werden. Als Temperatursensor dient der von der Temperatur abhängige Widerstand  $R_4(\vartheta)$ . Mittels zweier Leuchtdioden (LED 1 und LED 2) soll das Unterschreiten bzw. das Überschreiten von einstellbaren Temperaturgrenzwerten optisch angezeigt werden.



**Bild 5.1:** OP-Schaltung zur Temperaturüberwachung.

### Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannung  $U_0 = 10 \text{ V}$

Widerstände  $R_1 = R_2 = 1.000 \text{ } \Omega$

Für  $R_4$  gilt folgende Temperaturabhängigkeit:  $R_4(\vartheta) = R_0 \cdot \left(1 + \frac{\vartheta}{250 \text{ } ^\circ\text{C}}\right)$

Mit  $R_0 = 1.000 \text{ } \Omega$  und Temperatur  $\vartheta$  in  $^\circ\text{C}$  (Grad Celsius).

### Annahmen und Vereinfachungen:

- Die Betriebsspannungen der Operationsverstärker (OP 1, OP 2 und OP 3) von  $\pm 15 \text{ V}$  sind im Bild 5.1 nicht eingezeichnet.
- Die Operationsverstärker dürfen als ideal betrachtet werden.
- Bekannte Beziehungen für die OP-Grundsaltungen können ohne erneute Herleitung (Angabe „aus Formelsammlung“ genügt) verwendet werden!

**Aufgabe 5.1      Schaltungsteil mit OP 1 (7 Punkte)**

- a) Berechnen Sie die Spannung  $U_{e1}$  und erklären Sie kurz, weshalb hier die Spannungsteiler-Regel angewendet werden darf.
- b) Berechnen Sie die Widerstandswerte  $R_4(50^\circ\text{C})$ ,  $R_4(80^\circ\text{C})$  und  $R_4(90^\circ\text{C})$ . Handelt es sich bei  $R_4$  um einen Heißleiter oder um einen Kaltleiter?
- c) Um welche OP-Grundschialtung handelt es sich bei der Schaltung, bestehend aus OP 1,  $R_3$ ,  $R_4(\vartheta)$  und der Eingangsspannung  $U_{e1}$ ?
- d) Geben Sie  $U_{a1}(\vartheta)$  in Abhängigkeit von  $U_{e1}$ ,  $R_3$  und  $R_4(\vartheta)$  an.
- e) Berechnen Sie  $R_3$ , sodass  $U_{a1}(\vartheta = 50^\circ\text{C}) = 11\text{ V}$  beträgt.

**Aufgabe 5.2      Schaltungen mit OP 2 und OP 3 (11 Punkte)**

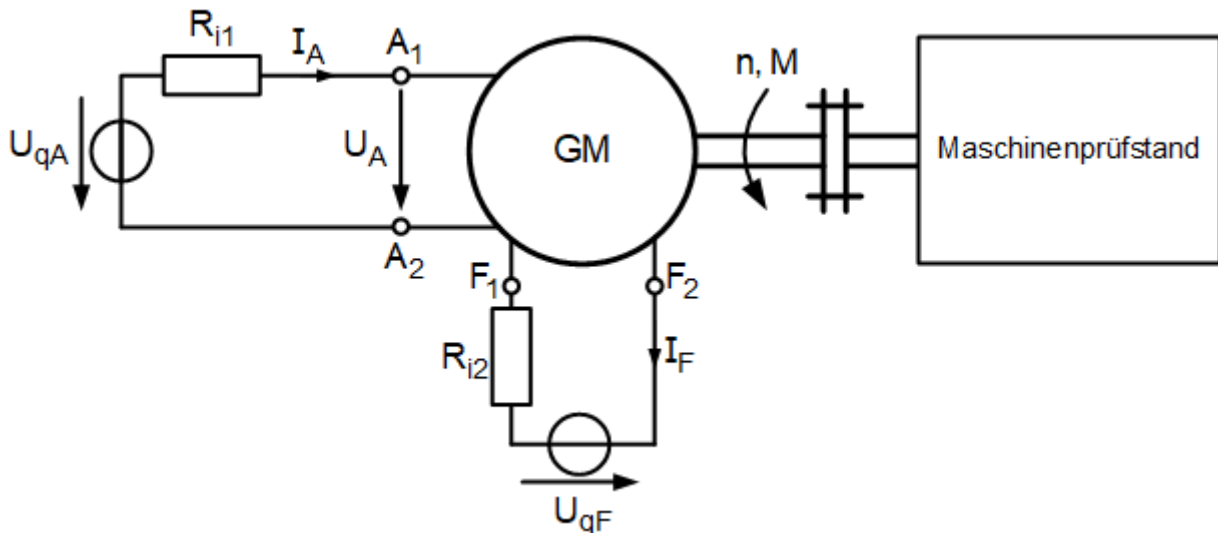
- a) Um Welche OP-Grundschialtungen handelt es sich bei den Schaltungsteilen mit OP 2 und OP 3 und welche Spannungswerte können die Ausgangsspannungen  $U_{a2}$  und  $U_{a3}$  somit annehmen?
- b) Was kann mittels der Referenzspannungsquellen  $U_{\text{ref},1}$  und  $U_{\text{ref},2}$  jeweils eingestellt werden?
- c) Geben Sie die Spannung  $U_{d2}$  in Abhängigkeit von  $U_{\text{ref},1}$  und  $U_{a1}(\vartheta)$  an.  
Für welche Werte von  $U_{a1}(\vartheta)$  leuchtet die LED 1, wenn  $U_{\text{ref},1} = 11,8\text{ V}$  beträgt?  
Welchem Temperaturbereich entspricht dies?
- d) Geben Sie die Spannung  $U_{d3}$  in Abhängigkeit von  $U_{\text{ref},2}$  und  $U_{a1}(\vartheta)$  an.  
Für welche Werte von  $U_{a1}(\vartheta)$  leuchtet die LED 2, wenn  $U_{\text{ref},2} = 11,6\text{ V}$  beträgt?  
Welchem Temperaturbereich entspricht dies?

**Aufgabe 5.3      Vorwiderstände für die LED 1 und LED 2 (2 Punkte)**

- a) Weshalb werden die Vorwiderstände  $R_V$  benötigt?
- b) Berechnen Sie  $R_V$ , sodass sich im Durchlassbereich der jeweiligen Leuchtdiode der Arbeitspunkt  $U_{\text{LED}} = 2\text{ V}$  und  $I_{\text{LED}} = 20\text{ mA}$  einstellt.

## Aufgabe 6: Fremderregte Gleichstrommaschine (20 Punkte)

Eine fremderregte Gleichstrommaschine (GM) soll an einem Maschinenprüfstand untersucht werden. Der Ankerkreis und der Erregerkreis der GM sind jeweils an einer realen Spannungsquelle angeschlossen (siehe Bild 6.1).



**Bild 6.1:** Übersichtsschaltbild der fremderregten Gleichstrommaschine (GM) am Maschinenprüfstand.

### Es sind folgende Daten bekannt:

|                                          |                                         |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Erregerstrom (bleibt konstant):          | $I_F = 6 \text{ A}$                     |
| Widerstand der Erregerwicklung:          | $R_F = 40 \text{ } \Omega$              |
| Innenwiderstände der Spannungsquellen:   | $R_{i1} = R_{i2} = 200 \text{ m}\Omega$ |
| Drehzahl $n$ im Arbeitspunkt 1 (AP 1):   | $n_{AP1} = 2.250 \text{ min}^{-1}$      |
| Abgegebene mechanische Leistung im AP 1: | $P_{\text{mech,AP1}} = 11,7 \text{ kW}$ |
| Induzierte Spannung im AP 1:             | $U_{i,AP1} = 260 \text{ V}$             |
| Ankerspannung im AP 1:                   | $U_{A,AP1} = 296 \text{ V}$             |

### Annahmen:

- Es werden stets stationäre Verhältnisse vorausgesetzt.
- Bei der GM dürfen außer den ohmschen Verlusten im Ankerkreis und im Erregerkreis alle weiteren Verluste vernachlässigt werden.

**Aufgabe 6.1 Elektrisches ESB (5 Punkte)**

- a) Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild (ESB) der gesamten im Bild 6.1 dargestellten Anordnung (der Maschinenprüfstand ist nicht relevant!) und tragen Sie alle Strom- und Spannungszählpfeile ein.
- b) Weshalb sind die Induktivitäten des Ankerkreises ( $L_A$ ) und des Erregerkreises ( $L_F$ ) bei der Berechnung bedeutungslos?

**Aufgabe 6.2 Maschinendaten (5 Punkte)**

Berechnen Sie anhand der gegebenen Daten im Arbeitspunkt 1 (AP 1) folgende Maschinenparameter:

- Das Produkt ( $c \cdot \Phi$ ) aus Maschinenkonstante  $c$  und Magnetfluss  $\Phi$ .
- Den Ankerwiderstand  $R_A$ .
- Die Spannungen  $U_{qA,AP1}$  und  $U_{qF}$ .

**Aufgabe 6.3 Nennbetrieb (10 Punkte)**

Im Nennbetrieb der Maschine beträgt der Ankerstrom  $I_A = I_{A,N} = 52 \text{ A}$  und die Quellenspannung der Ankerspannungsquelle ist auf den Wert  $U_{qA} = U_{qA,N} = 380 \text{ V}$  eingestellt. Berechnen Sie für den Nennbetrieb die folgenden Größen:

- Das Nenndrehmoment  $M_N$  in Nm.
- Die an der Welle der GM abgegebene mechanische Leistung (Nennleistung)  $P_{\text{mech},N}$  in kW.
- Die induzierte Spannung  $U_{i,N}$  in V.
- Die Ankernennspannung  $U_{A,N}$  in V.
- Die Nenndrehzahl  $n_N$  in  $\text{min}^{-1}$ .
- Den Wirkungsgrad  $\eta_N$  der GM

**Hinweis:** Wirkungsgrad nur von der GM.