Universität Stuttgart

iew Institut für Elektrische Energiewandlung

Alte Prüfungen zu Einführung in die Elektrotechnik (I+II)

Teilweise mit Lösungsvorschlägen zu den Prüfungen

Diese Sammlung enthält:

- Herbst 2014 bis Frühjahr 2014:
  Prüfungen sowie Lösungsvorschläge für die Rechenaufgaben.
  Teilweise kommentiert

- Neu ab 2014:

  Sie bekommen zusätzlich zu den Aufgabenblättern auch Lösungsblätter. Diese Enthalten für jede Frage Raum für den Rechenweg und ein definierten Platz für die Ergebnisse. Bei Bildern sind ggf. schon Teile vorgegeben. Diese sind dann zu ergänzen. Falls je der Platz nicht ausreicht können zur Not auch zusätzliche Blätter abgegeben werden (mit Vermerk auf dem Lösungsblatt…)

Hinweise:

- Alle Lösungen ohne Gewähr
  Sollten Sie Fehler entdecken, bitte eine email an eet@iew.uni-stuttgart.de
- Es wird fast immer nur ein Lösungsweg beschrieben.
  Oft gibt es auch noch alternative Lösungswege…
- Zu den Verständnisfragen werden KEINE Lösungen veröffentlicht.
  Diese Fragen sollten Sie alle (ggf. mit Hilfe des Skriptes und den sonstigen Vorlesungs- und Übungsmitschrieben) beantworten und damit nachvollziehen können.
  Ansonsten: Sprechstunden und/oder Betreutes Lernen nutzen
- Weitere Infos (Sprechstunden während der vorlesungsfreien Zeit, Betreutes Lernen, etc.) auch auf der Homepage www.iew.uni-stuttgart.de
- Bei Fragen rund um die Prüfung bitte nur die folgende E-Mail-Adresse nutzen: eet@iew.uni-stuttgart.de

Universität Stuttgart

iew
Institut für
Elektrische Energiewandlung

Prüfung „Einführung in die Elektrotechnik“

(Einführung in die Elektrotechnik *12210 für ee, fmt, mabau, mecha, tema, tp)
(Einführung in die Elektrotechnik 1 und 2 für medtech)
(Einführung in die Elektrotechnik (I+II) für diverse Diplomstudiengänge)

11.09.2014

Allgemeine Hinweise:

Für die Aufgaben 1 bis 3 gilt jeweils:

- Pro Aufgabe können insgesamt 20 Punkte erreicht werden.
- 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 das in Ihrer Lösung.
- Bitte kennzeichnen Sie in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit Ersatzwerten weiterführen.
- Verwenden Sie für Ihre Lösungen die extra ausgeteilten Lösungsblätter.
- Wenn der vorgegebene Platz in den Lösungsblättern nicht ausreicht, dann vermerken Sie es innerhalb des Lösungsfeldes der entsprechenden Teilaufgabe und verwenden Sie ein zusätzliches Blatt, beschriftet mit Namen und Matrikelnummer.
- Sämtliche Ergebnisse müssen soweit wie möglich vereinfacht werden.

Für die Aufgabe 4 gilt:

- Es können insgesamt 20 Punkte erreicht werden.
- Tragen Sie Ihre Lösungen auf der Rückseite des Umschlagbogens ein. Es werden nur die dort eingetragenen Lösungen bewertet!

Geben Sie den ausgefüllten Umschlagbogen (Name, Matrikelnummer, Studiengang, Lösungen Aufgabe 4!) und Ihre Lösungsblätter ab.
Die Aufgabenblätter selbst müssen nicht mit abgegeben werden.

Aufgabe 1: Grundlagen, komplexe Wechselstromrechnung

Die in Bild 1.1 dargestellte Schaltung mit den ohmschen Widerständen R_1, R_2, R_3 sowie R_4 wird an einer sinusförmigen Wechselspannung mit dem Effektivwert U_0 und der Frequenz f betrieben. Nachfolgend soll das Verhalten der Schaltung in Abhängigkeit der Bauteile und ihrer Werte berechnet werden.

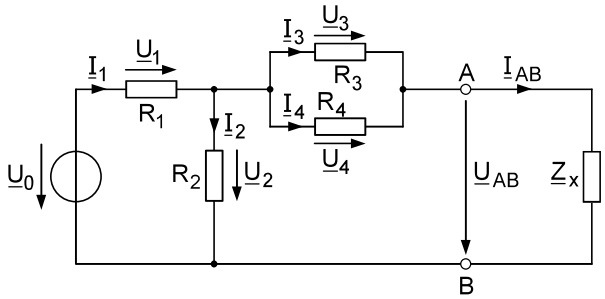


Bild 1.1: Ersatzschaltbild der Schaltung

Generell gilt:

- Geben Sie die gesuchten Größen zunächst in Abhängigkeit von den gegebenen bzw. bereits berechneten Größen an und berechnen Sie erst anschließend die zugehörigen Zahlenwerte.
- Stellen Sie Endergebnisse mit komplexen Zahlen in kartesischer Schreibweise dar, also Realteil + j • Imaginärteil!
- Die Aufgabenteile 1.1 bis 1.4 sind unabhängig voneinander lösbar.

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Widerstände $R_1 = 40\,\Omega$ $R_2 = 60\,\Omega$ $R_3 = 120\,\Omega$ $R_4 = 60\,\Omega$

1.1 Zeigerdiagramm – (2 Punkte)

- Vervollständigen Sie auf dem Lösungsblatt das qualitative Zeigerdiagramm für die in Bild 1.1 dargestellte Schaltung so, dass alle eingezeichneten Spannungen und Ströme enthalten sind. Beachten Sie dabei, dass die Spannung $\underline{U}_{AB}$ waagrecht und der Zeiger des Stromes $\underline{I}_{AB}$ senkrecht nach oben eingezeichnet ist.

Hinweis: Verwenden Sie ein Lineal bzw. Geodreieck und achten Sie auf eine übersichtliche Darstellung, z.B. durch unterschiedliche Farben (außer ROT!) für Spannungen und Ströme. Nutzen Sie außerdem das Gitternetz und legen Sie die Start- und Endpunkte der Zeiger auf Schnittpunkte des Gitters.

1.2 Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

Es sei für die Schaltung aus Bild 1.1 $\underline{U}_{AB} = 60\,\mathrm{V} + \mathrm{j}\cdot 0\,\mathrm{V}$ und $\underline{I}_{AB} = \mathrm{j}\cdot 1{,}5\,\mathrm{A}$.

- Welche Spannung $\underline{U}_0$ muss die Quelle für diesen Fall liefern? Geben Sie auch den Effektivwert U_0 von $\underline{U}_0$ an. Berechnen Sie dazu zunächst die Spannungen $\underline{U}_1$, $\underline{U}_2$, $\underline{U}_3$, $\underline{U}_4$ sowie die Ströme $\underline{I}_1$, $\underline{I}_2$, $\underline{I}_3$, $\underline{I}_4$.
- Berechnen Sie die Phasenverschiebung φ zwischen dem Strom $\underline{I}_1$ und der Spannung $\underline{U}_0$.
- Geben Sie die komplexe Impedanz $\underline{Z}_x$ des Verbrauchers an den Klemmen A-B an und begründen Sie, aus wie vielen Widerständen, Induktivitäten und Kondensatoren dieser bestehen müsste.

1.3 Netzumformung – (5 Punkte)

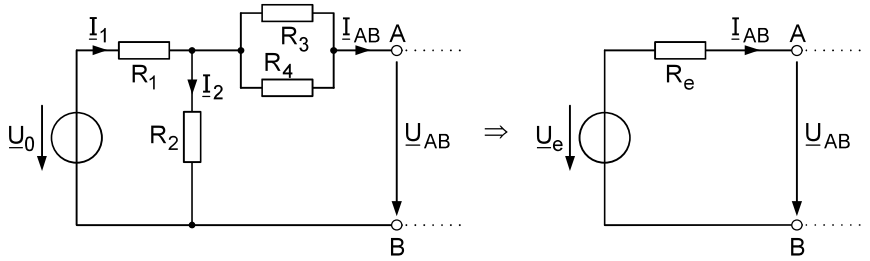


Bild 1.2: Ersatzschaltbild der Ersatzspannungsquelle

Um die weitere Schaltungsanalyse zu vereinfachen, soll der Schaltungsteil links der Klemmen A und B aus Bild 1.1 durch eine entsprechende Ersatzspannungsquelle $\underline{U}_e$ mit dem Innenwiderstand R_e gemäß Bild 1.2 dargestellt werden. Hierbei gilt für die ursprüngliche Spannungsquelle: $\underline{U}_0 = 192\,\mathrm{V} + \mathrm{j}\cdot 0\,\mathrm{V}$

- Bestimmen Sie die Spannung $\underline{U}_e$ und den Widerstand R_e der Ersatzspannungsquelle.
- Wie groß werden die Ströme $\underline{I}_{AB}$ und $\underline{I}_1$, wenn die Klemmen A-B kurzgeschlossen werden?

1.4 Schein-, Wirk- und Blindleistung – (7 Punkte)

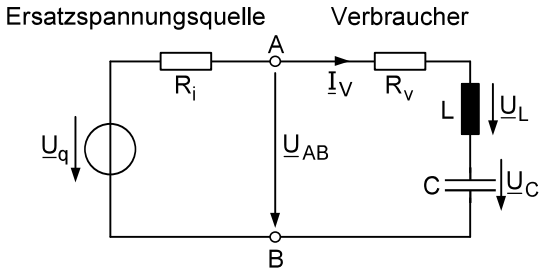


Bild 1.3: Ersatzschaltbild der Schaltung mit Verbraucher

An eine andere Ersatzspannungsquelle mit $\underline{U}_q = 50\,\mathrm{V}$ und dem Innenwiderstand $R_i = 20\,\Omega$ wird nun gemäß Bild 1.3 als Verbraucher eine RLC-Serienschaltung bestehend aus dem Widerstand $R_V = 30\,\Omega$, einer Spule mit der Induktivität $L = 0{,}8\cdot\pi^{-1}\,\mathrm{H}$ und dem Kondensator mit $C = (3000\cdot\pi)^{-1}\,\mathrm{F}$ angeschlossen.

- Berechnen Sie für $f = 50\,\mathrm{Hz}$ die Impedanz $\underline{Z}_V$ des Verbrauchers und die vom Verbraucher aufgenommene komplexe Scheinleistung $\underline{S}_V$ sowie die Wirkleistung P_V und die Blindleistung Q_V.
- Berechnen Sie die Frequenz f_r, bei welcher der Verbraucher keine Blindleistung mehr aufnimmt, also $Q_V(f_r) = 0$.
- Bestimmen Sie den Strom $\underline{I}_V$ bei Resonanz und geben Sie dessen Wert an.

Aufgabe 2: Gleichstrommaschine als Belastungsmaschine

An einem Maschinenprüfstand soll eine permanentmagnetisch erregte Gleichstrommaschine (GM) als Belastungsmaschine für andere Maschinen verwendet werden, d.h. die GM wird generatorisch betrieben.
Die Einstellung des Ankerstromes soll über einen veränderbaren Widerstand R_L erfolgen.

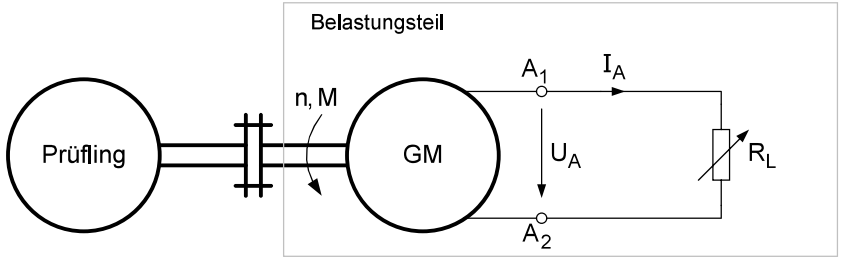


Bild 2.1: Übersicht der Anordnung

Von der GM sind die folgenden Daten bekannt:

Mechanische Leistung bei Nennbetrieb: $P_{mech,N} = 90\ W$

Produkt aus Maschinenkonstante und Erregerfluss (konstant):

$$c \cdot \Phi = \frac{120}{\pi} \cdot 10^{-3}\ Vs$$

Nenndrehzahl: $n_N = 6000\ min^{-1}$

Ankerwiderstand: $R_A = 1{,}25\,\Omega$

Reibungs- und Eisenverluste dürfen vernachlässigt werden.
Es dürfen stets stationäre Betriebsverhältnisse angenommen werden.
Alle Größen der GM sind Gleichgrößen.
Die Werte von Ankerstrom, Ankerspannung, Drehmoment und Drehzahl sind jeweils positiv definiert, wenn die GM im generatorischen Betrieb arbeitet.

2.1 Elektrisches Ersatzschaltbild – (3 Punkte)

- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des Belastungsteils aus Bild 2.1 in das Lösungsblatt ein.
  Tragen Sie alle Strom- und Spannungszählpfeile ein.
  Zeichnen Sie dabei ALLE Elemente mit ein.
- Kennzeichnen Sie diejenigen Elemente, welche in der weiteren Rechnung nicht berücksichtig werden müssen und begründen Sie, warum diese vernachlässigbar sind.

2.2 Induzierte Spannung – (2 Punkte)

- Berechnen Sie die induzierte Spannung U_i in Abhängigkeit der Drehzahl n in der Form $U_i(n) = a \cdot n$. Geben Sie den Parameter a mit Wert und Einheit an, wenn die Spannung in Volt und die Drehzahl in Umdrehungen pro Minute angegeben wird.
- Zeichnen Sie den Zusammenhang zwischen der induzierten Spannung $U_i(n)$ und der Drehzahl n für einen Drehzahlbereich von $n = 0\,min^{-1}$ bis $n = 6000\,min^{-1}$ in das vorbereitete Diagramm im Lösungsblatt ein.
  Achten Sie auf eine vollständige Achsenbeschriftung.

2.3 Maschinendaten – (2 Punkte)

Zunächst sollen die gegebenen Maschinendaten der GM überprüft werden. Dazu wird die GM mit einer konstanten Test-Drehzahl von $n_{test} = 1000\,min^{-1}$ angetrieben

- Berechnen Sie die Spannung $U_{A,Test}$, welche an den Ankerklemmen gemessen werden kann, wenn die Ankerklemmen nicht belastet werden, also wenn $R_L \to \infty$ ist.
- Berechnen Sie den Ankerstrom $I_{A,Test}$, welcher an den Ankerklemmen gemessen werden kann, wenn die die Ankerklemmen kurzgeschlossen werden, also wenn $R_L = 0\,\Omega$ ist.

2.4 Belastung bei Nennbetrieb – (7 Punkte)

Im Folgenden soll der Nennbetrieb betrachtet werden.

- Berechnen Sie die Werte der folgenden Größen der GM im Nennbetriebspunkt:
  - Drehmoment M_N
  - Induzierte Spannung $U_{i,N}$
  - Ankerstrom $I_{A,N}$,
  - Verluste im Ankerwiderstand $P_{VA,N}$
  - Wirkungsgrad η_N
- Berechnen Sie den Spannungsabfall über dem Lastwiderstand, sowie den Wert von R_L, welcher eingestellt werden muss, damit die GM im Nennbetrieb arbeitet.

2.5 Belastung mit variabler Leistung – (6 Punkte)

Zunächst soll der Fall betrachtet werden, dass die GM mit der Nenndrehzahl betrieben wird. Der Lastwiderstand ist dabei veränderlich.

- Berechnen Sie die Verlustleistung im Anker in Abhängigkeit der aufgenommenen mechanischen Leistung. Bringen Sie das Ergebnis in die Form $P_{VA}(P_{Mech}) = b \cdot (P_{Mech})^c$ und geben Sie die beiden Parameter b und c als Zahlenwerte mit Einheiten an.

Im Folgenden wird die GM mit einem konstanten Lastwiderstand von $R_L = 5{,}75\,\Omega$ belastet. Die Drehzahl ist veränderlich.

- Berechnen Sie den Ankerstrom in Abhängigkeit der Drehzahl. Bringen Sie das Ergebnis in die Form $I_A(n) = d \cdot (n)^f$ und geben Sie die beiden Parameter d und f als Zahlenwerte mit Einheiten an.
- Berechnen Sie die aufgenommene mechanische Leistung in Abhängigkeit der Drehzahl. Bringen Sie das Ergebnis in die Form $P_{mech}(n) = g \cdot (n)^h$ und geben Sie die beiden Parameter g und h als Zahlenwerte mit Einheiten an.

Aufgabe 3: NPN-Transistor und OP

In Aufgabenteil 1 soll ein Leistungs-NPN-Transistor als steuerbare Belastung eingesetzt werden. Die zu belastende Schaltung kann vereinfacht als Spannungsquelle mit Innenwiderstand betrachtet werden.
In Aufgabenteil 2 soll eine Operationsverstärkerschaltung entworfen werden, um eine Strommessung zu realisieren.
Die beiden Aufgabenteile sind unabhängig voneinander lösbar.

TEIL 1: NPN-Transistor als steuerbare Belastung

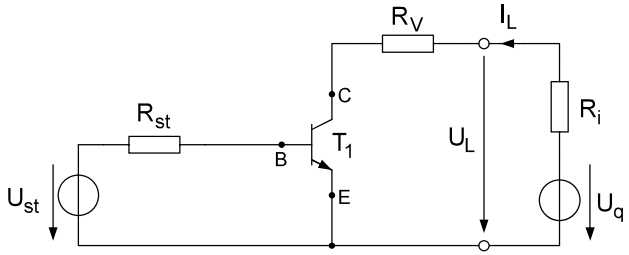


Bild 3.1: Transistorschaltung

Von der zu belastenden Schaltung sind die folgenden Daten bekannt:

Quellspannung:	$U_q = 24\,V$
Innenwiderstand:	$R_i = 1{,}25\,\Omega$
Maximalstrom:	$I_{L,max} = 4A$

Vom Transistor T_1 ist bekannt:

Basis-Emitter-Widerstand:	$R_{BE} = 10\,\Omega$
Kollektor-Emitter-Widerstand:	$R_{CE} \to \infty$
Basis-Emitter-Diffusionsspannung:	$U_{BE0} = 0{,}7\,V$
Gleichstromverstärkung:	$B = 100$
Maximale (Verlust-) Leistung der Kollektor-Emitter-Strecke:	$P_{CE,max} = 30W$

3.1 Gleichstromersatzschaltbild – (3 Punkte)

- Zeichnen Sie das Gleichstromersatzschaltbild (GS-ESB) der kompletten in Bild 3.1 dargestellten Schaltung bzw. ergänzen Sie das ESB auf dem Lösungsblatt.
  Zeichnen Sie alle Zählpfeile aus Bild 3.1 sowie Zählpfeile für die Kollektor-Emitter-Spannung, den Kollektorstrom, sowie den Basisstrom ein.
  Zeichnen Sie dabei NUR die Elemente ein, welche auch berücksichtigt werden müssen.

3.2 Arbeitspunkteinstellung – (3 Punkte)

Im Folgenden soll durch den Widerstand R_{st} der Arbeitspunkt AP1 des Transistors so eingestellt werden, dass bei einer Steuerspannung $U_{st,AP1} = 15V$ der maximale Kollektorstrom $I_{C,AP1} = I_{L,max}$ eingestellt wird.
Berechnen Sie:

- den Basisstrom $I_{B,AP1}$
- den Widerstand R_{st}

3.3 Maximale Verlustleistung – (3 Punkte)

- Zeigen Sie, dass die maximale Leistung, die der Transistor in der Kollektor-Emitter-Strecke aufnimmt, bei einer Kollektor-Emitter-Spannung von $U_{CE} = 0{,}5 \cdot U_q$ auftritt.

3.4 Kollektorvorwiderstand – (5 Punkte)

Im Folgenden soll der Widerstand R_V so dimensioniert werden, dass der Transistor die maximal erlaubte Verlustleistung in der Kollektor-Emitter-Strecke voll ausnutzt. Es darf davon ausgegangen werden, dass diese maximale Verlustleistung im Transistor bei einer Kollektor-Emitter-Spannung von $U_{CE} = 0{,}5 \cdot U_q$ auftritt (AP2).

- Berechnen Sie den Kollektorstrom $I_{C,AP2}$.
- Berechnen Sie den Widerstand R_V.
- Wie groß ist die Verlustleistung $P_{RV,AP2}$ des Widerstandes R_V in diesem Arbeitspunkt?
- Welche Verlustleistung $P_{RV,max}$ muss der Widerstand R_V maximal abführen können?

TEIL 2: Operationsverstärkerschaltung

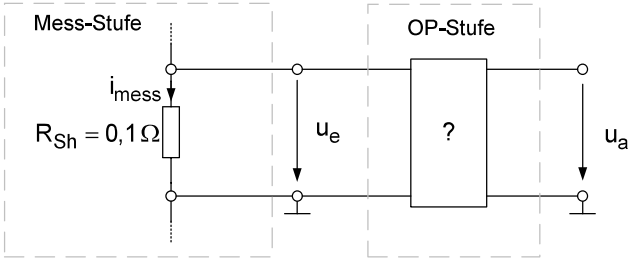


Bild 3.2: Übersicht der Messschaltung

Für die Realisierung der OP-Schaltung stehen zur Verfügung:

- Genau 1 Operationsverstärker (darf als ideal angenommen werden)
- Maximal 8 Widerstände mit einem Wert von jeweils $R_x = 10\,k\Omega$

Die OP-Stufe soll die Messung so verarbeiten, dass gilt:
$u_a = 0{,}5\,\Omega \cdot i_{mess}$

3.5 OP-Schaltung – (6 Punkte)

- Berechnen Sie die den Wert der Verstärkung der OP-Stufe $v = \frac{u_a}{u_e}$.
- Welche OP-Grundschaltung kann hier benutzt werden? Warum?
- Zeichen Sie eine mögliche OP-Schaltung und zeigen Sie, dass Ihre Schaltung die geforderte Verstärkung aufweist.
- Ist eine weitere OP-Schaltung zwischen der Mess-Stufe und der OP-Stufe in Form eines Impedanzwandlers sinnvoll bzw. notwendig? Begründen Sie.

Aufgabe 4: Multiple Choice

- Pro Frage ist genau ***eine*** Antwort richtig. Es wird wie folgt bewertet:
  Richtige Antwort: +1 Punkt
  Keine Antwort: 0 Punkte
  Falsche Antwort: –1 Punkt
- Jeder Themenblock wird separat und mit mindestens 0 Punkten bewertet.
- Tragen Sie Ihre Lösungen auf der Rückseite des Umschlagbogens ein.
  Es werden nur die dort eingetragenen Lösungen bewertet!

Block 1: Grundlagen – (8 Punkte)

4.1 Bei einer realen Gleichstromquelle ist die Klemmenspannung

a) nur abhängig vom Typ des angeschlossenen Verbrauchers.

b) abhängig vom Klemmenstrom.

c) unabhängig vom Klemmenstrom.

4.2 Die Gesamtkapazität von *n* parallelgeschalteten Kondensatoren ist

a) die Summe der *n* Kapazitäten.

b) der Kehrwert der Summe der *n* Kapazitäten.

c) die Summe der Kehrwerte der *n* Kapazitäten.

4.3 Die Induktivität einer Spule mit Kern wird dominiert durch

a) den spezifischen Widerstand des verwendeten Werkstoffes.

b) die relative Permeabilität des verwendeten Werkstoffes.

c) die Dielektrizitätszahl des verwendeten Werkstoffes.

4.4 Der von einer idealen Spannungsquelle zu liefernde Strom ist bei Reihenschaltung von zwei Widerständen

a) kleiner als bei Parallelschaltung der gleichen Widerstände.

b) größer als bei Parallelschaltung der gleichen Widerstände.

c) unabhängig von der Schaltung der Widerstände.

4.5 Bei der Berechnung eines linearen elektrischen Netzwerks mit zwei Spannungsquellen wird der Überlagerungssatz angewendet. Folgendes ist zu beachten:

a) Die jeweils nicht betrachtete Spannungsquelle wird offen gelassen.

b) Die jeweils nicht betrachtete Spannungsquelle wird kurzgeschlossen.

c) Es können nicht mehr als zwei Quellen berechnet werden.

4.6 Der Einschaltvorgang an einer Spule kann dargestellt werden durch:

a) $i_L(t) = \frac{U}{R} \cdot e^{-t/\tau}$

b) $u_L(t) = U \cdot e^{-t/\tau}$

c) $u_L(t) = U \cdot \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

4.7 Das Dielektrikum eines Kondensators besteht aus

a) einem elektrisch sehr gut leitenden Material.

b) einem elektrisch halbleitenden Material.

c) einem elektrisch sehr gut isolierenden Material.

4.8 Bei der Resonanzfrequenz in einem RLC-Parallelschwingkreis an einer Wechselspannungsquelle

a) ist die Stromstärke unabhängig von der angelegten Spannung.

b) erreicht der von der Quelle zu liefernde Strom seinen Maximalwert.

c) erreicht der von der Quelle zu liefernde Strom seinen Minimalwert.

Block 2: Halbleitertechnik – (6 Punkte)

4.9 Die Dotierung eines Halbleiterkristalls

a) dient der Erhöhung der Kapazität.

b) dient der Erhöhung der Leitfähigkeit.

c) dient der Erhöhung der Induktivität.

4.10 Ein n-dotierter Silizium-Kristall enthält Fremdatome der

a) 3. Hauptgruppe des Periodensystems.

b) 4. Hauptgruppe des Periodensystems.

c) 5. Hauptgruppe des Periodensystems.

4.11 Das linearisierte Ersatzschaltbild einer Diode enthält u.a.

a) eine ideale Diode und eine stromgesteuerte Stromquelle.

b) eine Gleichspannungsquelle und einen Widerstand.

c) eine stromgesteuerte Spannungsquelle und einen Widerstand.

4.12 Charakteristisch für einen Bipolartransistor in Emitterschaltung ist, dass

a) eine kleine Änderung des Basisstroms zu einer großen Änderung des Kollektorstroms führt.

b) eine große Änderung des Basisstroms zu einer kleinen Änderung des Kollektorstroms führt.

c) der Basisstrom gleich groß ist wie der Kollektorstrom.

4.13 Ein idealer Operationsverstärker

a) hat keinen Ausgangswiderstand und einen sehr niedrigen Verstärkungsfaktor.

b) hat einen unendlich großen Eingangswiderstand und einen vernachlässigbar kleinen Ausgangswiderstand.

c) hat einen vernachlässigbar kleinen Eingangswiderstand und einen unendlich hohen Verstärkungsfaktor.

4.14 Eine Schaltung mit einem Operationsverstärker ohne Rückkopplung

a) wird am Ausgang des Operationsverstärkers immer eine Spannung von exakt 0 V liefern.

b) wird als Imperator-Schaltung bezeichnet.

c) wird als Komparator-Schaltung bezeichnet.

Block 3: Elektrische Maschinen – (6 Punkte)

4.15 In einer Leiterschleife kann keine Spannung induziert werden, wenn sich die Leiterschleife

a) in einem zeitlich wechselnden Magnetfeld befindet und ruht.

b) in einem zeitlich konstanten Magnetfeld dreht.

c) in einem zeitlich konstanten elektrischen Feld bewegt.

4.16 Welche Aussage ist richtig?

a) Die Strang- und Außenleiterspannung sind bei Sternschaltung gleich.

b) Der Strang- und Leiterstrom sind bei Dreieckschaltung gleich.

c) In Dreieckschaltung verdreifacht sich die Leistung eines Drehstrommotors gegenüber der Sternschaltung.

4.17 Das Anlaufdrehmoment einer permanentmagnetisch erregten Gleichstrommaschine ist abhängig von

a) der Ankerspannung U_A und dem Ankerwiderstand R_A.

b) der Ankerspannung U_A und der Drehzahl n.

c) dem Ankerstrom I_A und der Drehzahl n.

4.18 Durch das Verringern des Erregerstromes I_F einer fremderregten Gleichstrommaschine wird

a) der Fluss Φ im Stator verkleinert.

b) die Leerlaufdrehzahl n_0 des Motors verkleinert.

c) der Fluss Φ im Stator vergrößert.

4.19 Die synchrone Drehzahl einer Drehstrom-Asynchronmaschine kann bei einer Frequenz des speisenden Netzes von f = 60 Hz welchen Wert annehmen?

a) 1500 min^{-1}

b) 1800 min^{-1}

c) 7200 min^{-1}

4.20 Welche Bedeutung hat der Schlupf bei Asynchronmaschinen?

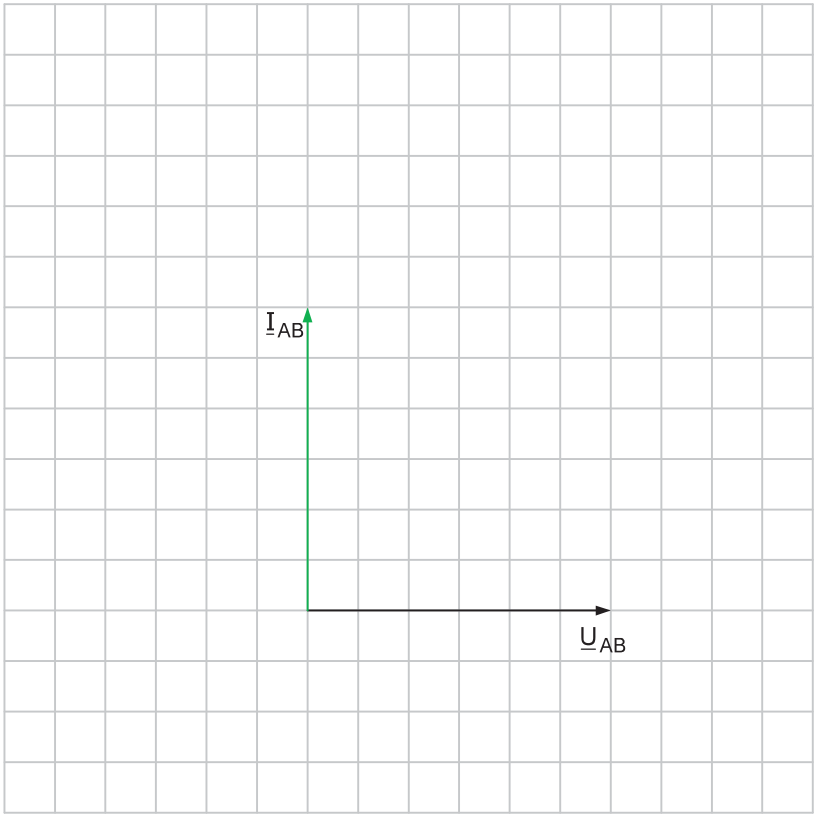
a) Die Verschiebung des Strangstroms gegenüber der Strangspannung.

b) Die Verschiebung des Strangstroms gegenüber dem Leiterstrom.

c) Die relative Verringerung der Drehzahl bezogen auf die synchrone Drehzahl.

Name: Matrikelnummer:

Aufg. 1.1:	Zeigerdiagramm – (2 Punkte)



Name: Matrikelnummer:

Aufg. 1.2:	Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

Lösung:

$\underline{U}_1 =$	$\underline{I}_1 =$	$\underline{U}_0 =$
$\underline{U}_2 =$	$\underline{I}_2 =$	$U_0 =$
$\underline{U}_3 =$	$\underline{I}_3 =$	$\varphi =$
$\underline{U}_4 =$	$\underline{I}_4 =$	$\underline{Z}_x =$

$\underline{Z}_x$ besteht aus:

Rechnung:

Aufg. 1.3:	Netzumformung **–** (5 Punkte)

Lösung: $\underline{U}_e =$ $R_e =$

$\underline{I}_{AB}\big|_{KS} =$ $\underline{I}_1\big|_{KS} =$

Rechnung:

Aufg. 1.4:	Schein-, Wirk- und Blindleistung **–** (7 Punkte)

Lösung: $\underline{S}_V =$ $P_V =$ $Q_V =$

$f_r =$ $\underline{I}_V\big|_{f=f_r} =$

Rechnung:

Aufg. 2.1:	Elektrisches Ersatzschaltbild – (3 Punkte)



Aufg. 2.2:	Induzierte Spannung – (2 Punkte)

Lösung: $U_i(n) =$ $a =$



Rechnung:

Aufg. 2.3:	Maschinendaten – (2 Punkte)

Lösung: $U_{A,test} =$ $I_{A,test} =$

Rechnung:

Aufg. 2.4:	Belastung bei Nennbetrieb – (7 Punkte)

Lösung: $M_N =$ $U_{i,N} =$ $I_{A,N} =$

$P_{VA,N} =$ $\eta_N =$

$U_{RL,N} =$ $R_L =$

Rechnung:

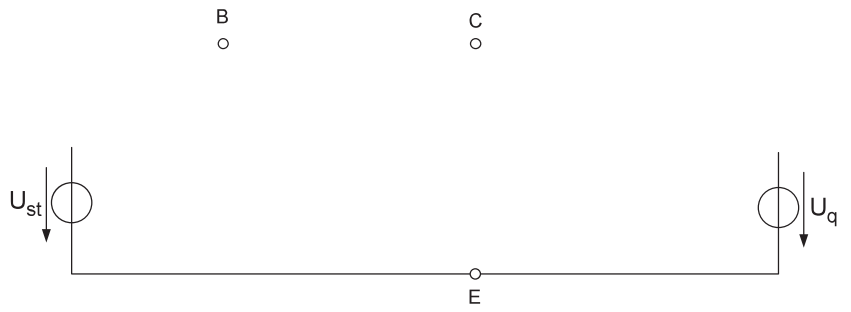
Aufg. 2.5:	Belastung mit variabler Leistung – (6 Punkte)

Lösung: $P_{VA}(P_{mech}):$ b = c =

$I_A(n):$ d = f = $P_{mech}(n):$ g = h =

Rechnung:

Aufg. 3.1:	Elektrisches Ersatzschaltbild – (3 Punkte)



Aufg. 3.2:	Arbeitspunkteinstellung – (3 Punkte)

Lösung: $I_{B,AP1} =$ $R_{st} =$

Rechnung:

Aufg. 3.3:	Maximale Verlustleistung – (3 Punkte)

Rechnung (Nachweis):

Aufg. 3.4:	Kollektorvorwiderstand – (5 Punkte)

Lösung: $I_{C,AP2} =$ $R_V =$

$P_{RV,AP2} =$ $P_{RV,max} =$

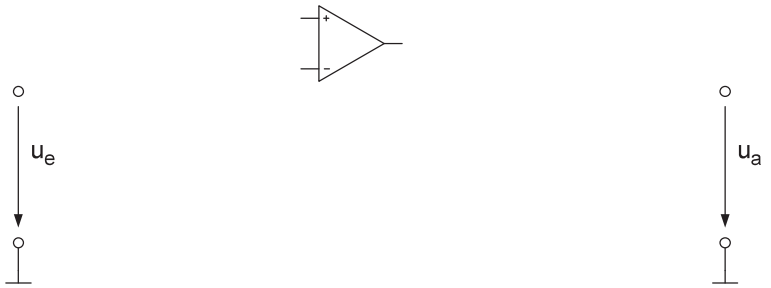
Rechnung:

Aufg. 3.5:	OP-Schaltung – (6 Punkte)

$v =$

OP-Grundschaltung:

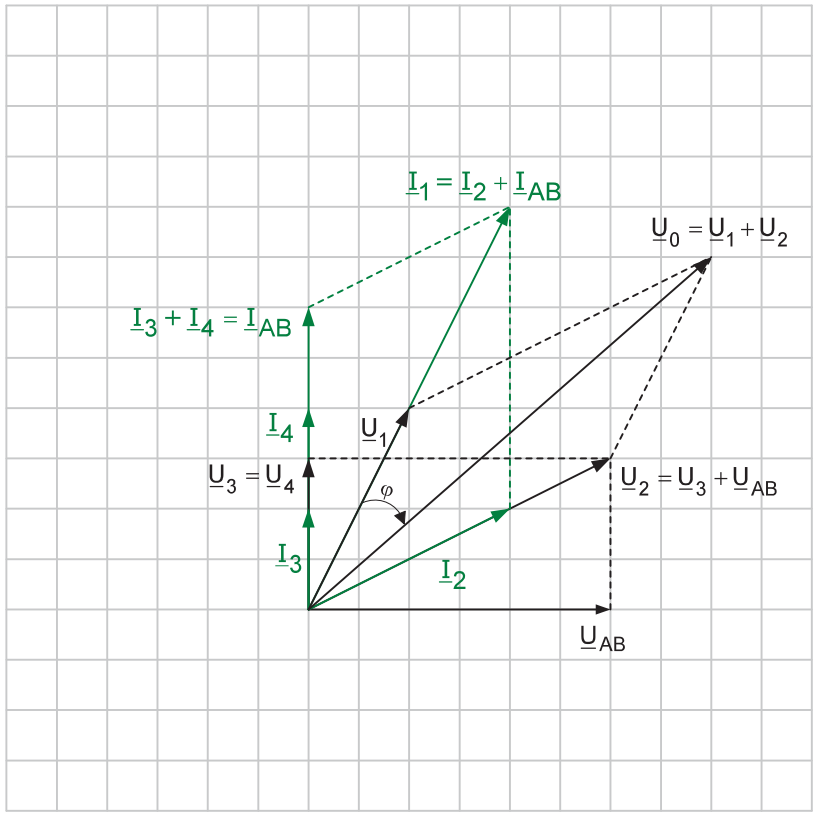
Schaltung:



Nachweis Verstärkung:

Impedanzwandler?:

Aufg. 1.1: Zeigerdiagramm – (2 Punkte)



Aufg. 1.2: Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

Lösung:

$\underline{U}_1 = 40\,\text{V} + \text{j}\cdot 100\,\text{V}$ $\quad \underline{I}_1 = 1\text{A} + \text{j}\cdot 2{,}5\text{A}$ $\quad \underline{U}_0 = 100\,\text{V} + \text{j}\cdot 160\,\text{V}$

$\underline{U}_2 = 60\,\text{V} + \text{j}\cdot 60\,\text{V}$ $\quad \underline{I}_2 = 1\text{A} + \text{j}\cdot 1\text{A}$ $\quad U_0 = 188{,}68\,\text{V}$

$\underline{U}_3 = \text{j}\cdot 60\,\text{V}$ $\quad \underline{I}_3 = \text{j}\cdot 0{,}5\text{A}$ $\quad \varphi = -10{,}2°$

$\underline{U}_4 = \underline{U}_3$ $\quad \underline{I}_4 = \text{j}\cdot 1\text{A}$ $\quad \underline{Z}_X = -\text{j}\cdot 40\Omega$

$\underline{Z}_x$ besteht aus:

$\underline{Z}_x$ ist rein imaginär: $\text{Re}\{\underline{Z}_x\} = 0$ und $\text{Im}\{\underline{Z}_x\} < 0$

Einfachster Fall: Ein Kondensator, kein Ohmscher Widerstand, keine Spule

Auch möglich: LC-Serienschaltung mit $X_C > X_L$ oder
LC-Parallelschaltung mit $X_C < X_L$

Rechnung:

$$R_{34} = R_3 \,||\, R_4 = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{120\Omega \cdot 60\Omega}{120\Omega + 60\Omega} = 40\Omega$$

$$\underline{U}_3 = \underline{U}_4 = R_{34} \cdot \underline{I}_{AB} = 40\Omega \cdot \text{j} \cdot 1{,}5\text{A} = \text{j}\cdot 60\text{V}$$

$$\underline{I}_3 = \frac{\underline{U}_3}{R_3} = \text{j}\cdot\frac{60\,\text{V}}{120\,\Omega} = \text{j}\cdot 0{,}5\text{A} \qquad \underline{I}_4 = \frac{\underline{U}_4}{R_4} = \text{j}\cdot\frac{60\,\text{V}}{60\,\Omega} = \text{j}\cdot 1\text{A}$$

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_3 + \underline{U}_{AB} = \underline{U}_4 + \underline{U}_{AB} = 60\,\text{V} + \text{j}\cdot 60\,\text{V}$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_2}{R_2} = \frac{60\,\text{V} + \text{j}\cdot 60\,\text{V}}{60\,\Omega} = 1\text{A} + \text{j}\cdot 1\text{A}$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 + \underline{I}_{AB} = 1\text{A} + \text{j}\cdot 1\text{A} + \text{j}\cdot 1{,}5\text{A} = 1\text{A} + \text{j}\cdot 2{,}5\text{A}$$

$$\underline{U}_1 = R_1 \cdot \underline{I}_1 = 40\Omega \cdot (1\text{A} + \text{j}\cdot 2{,}5\text{A}) = (40 + \text{j}\cdot 100)\,\text{V}$$

$$\underline{U}_0 = \underline{U}_1 + \underline{U}_2 = (40 + \text{j}\cdot 100)\,\text{V} + (60 + \text{j}\cdot 60)\,\text{V} = (100 + \text{j}\cdot 160)\,\text{V}$$

$$U_0 = |\underline{U}_0| = \left(\sqrt{100^2 + 160^2}\right)\text{V} = \left(\sqrt{10^4 + 25600}\right)\text{V} = \left(\sqrt{35600}\right)\text{V} \approx 188{,}68\,\text{V}$$

$$\varphi = \varphi_{u0} - \varphi_{i1} = \arctan\left(\frac{160}{100}\right) - \arctan\left(\frac{2{,}5}{1}\right) \approx 58{,}0° - 68{,}2° = -10{,}2°$$

$$\underline{Z}_x = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{I}_{AB}} = \frac{60\,\text{V}}{\text{j}\cdot 1{,}5\,\text{A}} = -\text{j}\cdot 40\Omega$$

Aufg. 1.3: Netzumformung – (5 Punkte)

Lösung: $\underline{U}_e = 115{,}2\,\text{V}$ $R_e = 64\,\Omega$

$\underline{I}_{AB}\big|_{KS} = 1{,}8\,\text{A}$ $\underline{I}_1\big|_{KS} = 3\,\text{A}$

Rechnung:

$$\underline{U}_e = \underline{U}_{AB,LL} = \underline{U}_{AB}(\underline{I}_{AB} = 0) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \underline{U}_0 = \frac{60\,\Omega}{40\,\Omega + 60\,\Omega} \cdot 192\,\text{V} = 115{,}2\,\text{V}$$

$$R_e = R_{12} + R_{34} = R_1 \,||\, R_2 + R_3 \,||\, R_4$$
$$= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + 40\,\Omega = \frac{40\,\Omega \cdot 60\,\Omega}{40\,\Omega + 60\,\Omega} + 40\,\Omega = 24\,\Omega + 40\,\Omega = 64\,\Omega$$

$$\underline{I}_{AB,KS} = \frac{\underline{U}_e}{R_e} = \frac{115{,}2\,\text{V}}{64\,\Omega} = 1{,}8\,\text{A}$$

$$R_{ges} = R_1 + R_2 \,||\, R_3 \,||\, R_4 = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{34}}{R_2 + R_{34}} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot R_4}{R_2 \cdot (R_3 + R_4) + R_3 \cdot R_4}$$
$$= 40\,\Omega + \frac{40\,\Omega \cdot 60\,\Omega}{40\,\Omega + 60\,\Omega} = 40\,\Omega + 24\,\Omega = 64\,\Omega$$

$$\underline{I}_{1,KS} = \frac{\underline{U}_o}{R_{ges}} = \frac{192\,\text{V}}{64\,\Omega} = 3\,\text{A}$$

Aufg. 1.4: Schein-, Wirk- und Blindleistung – (7 Punkte)

Lösung: $\underline{S}_V = P_V + j \cdot Q_V$ mit $P_V = 15\,\text{W}$ und $Q_V = 25\,\text{var}$

$f_r \approx 30{,}619\,\text{Hz}$ $\underline{I}_V\big|_{f=f_r} = 1\,\text{A}$

Rechnung:

$$\underline{Z}_V = R_V + j \cdot \omega \cdot L + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C} = R_V + j \cdot \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)$$
$$= 30\,\Omega + j \cdot (80\,\Omega - 30\,\Omega) = 30\,\Omega + j \cdot 50\,\Omega$$
$$\underline{Z}_{ges} = R_i + \underline{Z}_V = 20\,\Omega + \underline{Z}_V = 50\,\Omega + j \cdot 50\,\Omega$$

$$\underline{I}_V = \frac{\underline{U}_q}{\underline{Z}_{ges}} = \frac{50\,\text{V}}{(50 + j \cdot 50)\,\Omega} = \frac{1}{(1 + j \cdot 1)}\,\text{A} = (0{,}5 - j \cdot 0{,}5)\,\text{A}$$
$$|\underline{I}_V| = \sqrt{0{,}5^2 + 0{,}5^2}\ \text{A} = \sqrt{0{,}5}\ \text{A} = 0{,}5 \cdot \sqrt{2}\ \text{A} \approx 0{,}707\,\text{A}$$

$$\underline{S}_V = \underline{U}_V \cdot \underline{I}_V^* = \underline{Z}_V \cdot \underline{I}_V \cdot \underline{I}_V^* = \underline{Z}_V \cdot |\underline{I}_V|^2 = (30\,\Omega + j \cdot 50\,\Omega) \cdot 0{,}5\,\text{A}^2$$
$$= P_V + j \cdot Q_V = 15\,\text{W} + j \cdot 25\,\text{var}$$

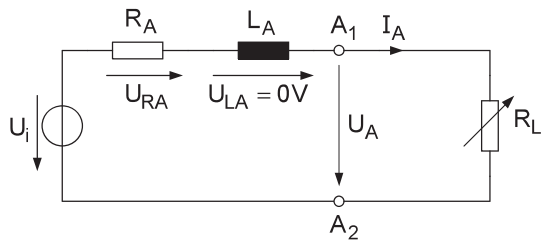
$$\text{Aus } \mathbf{Im}\{\underline{Z}_V\} = \left(\omega_r \cdot L - \frac{1}{\omega_r \cdot C}\right) \overset{!}{=} 0 \quad \Rightarrow \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

$$\omega_r = \sqrt{\frac{3000 \cdot \pi^2}{0{,}8\,\text{s}^2}} = \pi \cdot \sqrt{3750}\ \tfrac{1}{\text{s}} \approx 192{,}382\ \tfrac{1}{\text{s}}$$

$$f_r = \frac{\omega_r}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{3000 \cdot \pi^2}{0{,}8\,\text{s}^2}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3750}\,\text{Hz} = \sqrt{937{,}5}\,\text{Hz} \approx 30{,}619\,\text{Hz}$$

$$\underline{I}_V\big|_{f=f_r} = \frac{\underline{U}_q}{R_i + R_V} = \frac{50\,\text{V}}{50\,\Omega} = 1\text{A} \quad \text{da} \quad \underline{Z}_L + \underline{Z}_C = 0$$

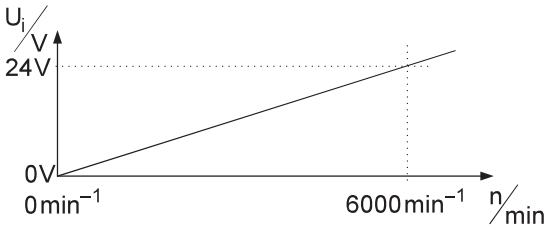
Aufg. 2.1: Elektrisches Ersatzschaltbild – (3 Punkte)



Eingeschwungener Zustand -> Gleichstrom -> Spannung an Spule L_A ist Null!
-> L_A vernachlässigbar

Aufg. 2.2: Induzierte Spannung – (2 Punkte)

Lösung: $U_i(n) = 4 \cdot 10^{-3}\ V \cdot min \cdot n$ $\quad a = 4 \cdot 10^{-3}\ V \cdot min$



Rechnung:

$$U_i = c \cdot \Phi \cdot \Omega = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n$$

$$U_i(n) = 2\pi \cdot \frac{120}{\pi} \cdot 10^{-3}\,Vs \cdot \left(\frac{1\,min}{60\,s}\right) \cdot n$$

$$= 4 \cdot 10^{-3}\ V \cdot min \cdot n$$

Aufg. 2.3: Maschinendaten – (2 Punkte)

Lösung: $U_{A,test} = 4V$ $\quad I_{A,test} = 3,2A$

Rechnung:

Klemmen offen -> $I_{A,test} = 0A$ -> $U_i = U_A$

$$U_{A,Test} = U_i = c \cdot \Phi \cdot \Omega_{test} = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n_{test}$$

$$= \frac{120}{\pi} \cdot 10^{-3}\,Vs \cdot 2\pi \cdot 1000 min^{-1} \cdot \frac{1min}{60s}$$

$$= 4V$$

Klemmen kurzgeschlossen -> $I_A = \frac{U_i}{R_A}$

$$I_{A,Test} = \frac{U_{i,test}}{R_A} = \frac{c \cdot \Phi \cdot \Omega_{test}}{R_A} = \frac{c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n_{test}}{R_A}$$

$$= \frac{4V}{1,25\Omega} = 3,2A$$

Aufg. 2.4: Belastung bei Nennbetrieb – (7 Punkte)

Lösung: $M_N = 0{,}143\,\text{Nm}$ $U_{i,N} = 24\text{V}$ $I_{A,N} = 3{,}75\text{A}$

$P_{VA,N} = \frac{1125}{64}\text{W} \approx 17{,}58\text{W}$ $\eta_N \approx 80{,}47\%$

$U_{RL,N} = 19{,}3125\text{V}$ $R_L = 5{,}15\Omega$

Rechnung:

$$M_N = \frac{P_{mech,N}}{\Omega_N} = \frac{P_{mech,N}}{2\pi \cdot n_N} = \frac{90\text{W}}{2\pi \cdot 6000\text{min}^{-1} \cdot \frac{1\,\text{min}}{60\,\text{s}}} = 0{,}143\,\text{Nm}$$

$$U_{i,N} = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n_N = 38{,}179 \cdot 10^{-3}\text{Vs} \cdot 2\pi \cdot 6000\text{min}^{-1} \cdot \frac{1\text{min}}{60\text{s}} = 24\text{V}$$

$$I_{A,N} = \frac{P_{mech,N}}{U_{i,N}} = \frac{90\text{W}}{24\text{V}} = 3{,}75\text{A}$$

$$P_{VA,N} = R_A \cdot (I_{A,N})^2 = 1{,}25\Omega \cdot (3{,}75\text{A})^2 = \frac{1125}{64}\text{W} \approx 17{,}58\text{W}$$

$$\eta_N = \frac{P_{mech,N} - P_{VA,N}}{P_{mech,N}} = \frac{90\text{W} - \frac{1125}{64}\text{W}}{90\text{W}} \approx 80{,}47\%$$

$$U_{RL,N} = U_{A,N} = U_{i,N} - R_A \cdot I_{A,N} = 24\text{V} - 1{,}25\Omega \cdot 3{,}75\text{A} = 19{,}3125\text{V}$$

$$R_L = \frac{U_{RL,N}}{I_{A,N}} = \frac{U_{A,N}}{I_{A,N}} = \frac{19{,}3125\text{V}}{3{,}75\text{A}} = 5{,}15\Omega$$

auch: $R_L = \frac{P_{ab,N}}{(I_{A,N})^2} = \frac{P_{mech,N} - P_{VA,N}}{(I_{A,N})^2} = \ldots$

Aufg. 2.5: Belastung mit variabler Leistung – (6 Punkte)

Lösung:

$P_{VA}(P_{mech})$: $b = 2{,}17 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\text{W}}$ $c = 2$

$I_A(n)$: $d = 0{,}57 \cdot 10^{-3}\text{A} \cdot \text{min}$ $f = 1$

$P_{mech}(n)$: $g = 2{,}29 \cdot 10^{-6}\text{W} \cdot \text{min}^2$ $h = 2$

Rechnung:

$$P_{VA} = R_A \cdot (I_A)^2 \qquad \text{mit } I_A = \frac{P_{mech}}{U_i}$$

$$= R_A \cdot \left(\frac{P_{mech}}{U_i}\right)^2 \qquad \text{mit } U_i = U_{i,N} = 24\text{V}$$

$$P_{VA}(P_{mech}) = \frac{1{,}25\Omega}{(24\text{V})^2} \cdot (P_{mech})^2 = 2{,}17 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\text{W}} \cdot (P_{mech})^2$$

$$I_A = \frac{U_i}{R_A + R_L} \qquad \text{mit } U_i(n) = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n = a \cdot n$$

$$= \frac{c \cdot \Phi \cdot 2\pi}{R_A + R_L} \cdot n$$

$$I_A(n) = \frac{38{,}197 \cdot 10^{-3}\text{Vs} \cdot 2\pi}{1{,}25\Omega + 5{,}75\Omega} \cdot (n)^1 = 34{,}28 \cdot 10^{-3}\text{As} \cdot (n)^1 = 0{,}57 \cdot 10^{-3}\text{A min} \cdot (n)^1$$

$$\text{kurz} = \frac{a}{R_A + R_L} \cdot n = \frac{4 \cdot 10^{-3}\text{V min}}{7\Omega} \cdot (n)^1 = \ldots$$

$$P_{mech} = I_A \cdot U_i \qquad \text{mit vorherigem Ergebnis}$$

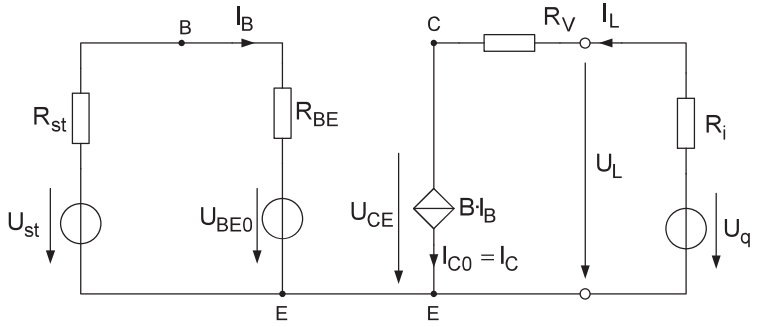
$$P_{mech} = \frac{U_i^2}{R_A + R_L} \qquad \text{mit } U_i(n) = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n = a \cdot n$$

$$= \frac{(c \cdot \Phi \cdot 2\pi)^2}{R_A + R_L} \cdot n^2$$

$$P_{mech}(n) = \frac{(240 \cdot 10^{-3}\text{Vs})^2}{1{,}25\Omega + 5{,}75\Omega} \cdot (n)^2 = \frac{(38{,}197 \cdot 10^{-3}\text{Vs} \cdot 2\pi)^2}{1{,}25\Omega + 5{,}75\Omega} \cdot (n)^2$$

$$= 8{,}23 \cdot 10^{-3}\text{Ws}^2 \cdot (n)^2 = 2{,}29 \cdot 10^{-6}\text{W} \cdot \text{min}^2 \cdot (n)^2$$

Aufg. 3.1: Elektrisches Ersatzschaltbild – (3 Punkte)



Ursprüngliche Schaltung nehmen und jedes Teil mit dem GS-ESB ersetzten…
GS-Quellen bleiben GS-Quellen, genauso bleiben die schon vorhandenen Wirderstände.
Dann noch den Transistor durch sein GS-ESB ersetzten und die Vernachlässigungen beachten

Genau lesen welche Zählpfeile eingetragen werden sollen…

Aufg. 3.2: Arbeitspunkteinstellung – (3 Punkte)

Lösung: $I_{B,AP1} = 40\ \text{mA}$ $R_{st} = 347{,}5\ \Omega$

Rechnung:

$$I_C = B \cdot I_B$$

$$I_B = \frac{1}{B} \cdot I_C$$

$$I_{B,AP1} = \frac{1}{B} \cdot I_{C,AP1} = \frac{1}{100} \cdot 4\text{A} = 40\ \text{mA}$$

Schauen was gegeben ist, und was gesucht ist…

Hier: Maschengleichung im B-E-Kreis als Ansatz um den gesuchten Widerstand auszurechnen…

$$0 = R_{st} \cdot I_B + R_{BE} \cdot I_B + U_{BE0} - U_{st}$$

$$R_{st} \cdot I_B = U_{st} - R_{BE} \cdot I_B - U_{BE0}$$

$$R_{st} = \frac{U_{st,AP} - R_{BE} \cdot I_{B,AP} - U_{BE0}}{I_{B,AP}}$$

$$= \frac{15\text{V} - 10\ \Omega \cdot 0{,}04\text{A} - 0{,}7\text{V}}{0{,}04\text{A}} = 347{,}5\ \Omega$$

Aufg. 3.3: Maximale Verlustleistung – (3 Punkte)

Rechnung (Nachweis):

Das Maximum der K-E-Leistung auszurechnen war übrigens genau so in der Übung 2 dran…

Ein Maximum auszurechnen läuft in der Regel immer darauf hinaus, dass eine Funktion aufgestellt wird, und deren Ableitung = 0 gesetzt wird…
Hier wird gefordert, dass der Nachweis geführt wird, dass das Maximum bei 0,5 U_q liegt.
Hierzu werden KEINE Zahlenwerte benötigt…

Kollektorstrom abhängig von Kollektor-Emitter-Spannung berechnen: MR

$$0 = U_q - I_C \cdot (R_V + R_i) - U_{CE}$$

$$I_C = \frac{U_q - U_{CE}}{R_V + R_i}$$

Verlustleistung CE-Kreis, abhängig von U_CE:

$$P_{CE} = U_{CE} \cdot I_C = U_{CE} \cdot \frac{U_q - U_{CE}}{R_V + R_i} = \frac{U_{CE} \cdot U_q - (U_{CE})^2}{R_V + R_i}$$

Maximum bei Ableitung gleich 0

$$\frac{dP_{CE}}{dU_{CE}} = \frac{U_q - 2U_{CE}}{R_V + R_i} \overset{!}{=} 0 \quad \rightarrow \quad U_{CE} = \frac{U_q}{2}$$

(Optional) 2te Ableitung:

$$\frac{d}{dU_{CE}} \cdot \frac{U_q - 2U_{CE}}{R_V + R_i} = \frac{-2}{R_V + R_i} < 0 \quad \rightarrow \quad \text{maximum}$$

Aufg. 3.4: Kollektorvorwiderstand – (5 Punkte)

Lösung: $I_{C,AP2} = 2,5A$ $R_V = 3,55\,\Omega$

$P_{RV,AP2} = 22,18\,W$ $P_{RV,max} = 56,8\,W$

Rechnung:

$$I_C \cdot U_{CE} = P_{CE}$$
$$I_{C,AP2} \cdot U_{CE,AP2} = P_{CE,AP2}$$
$$I_{C,AP2} = \frac{P_{CE,AP2}}{U_{CE,AP2}} = \frac{P_{CE,max}}{U_q \cdot \frac{1}{2}} = \frac{30W}{24V \cdot \frac{1}{2}} = \frac{30W}{12V} = 2,5A$$

R_V über Maschenregel:

$$0 = U_q - I_C \cdot (R_V + R_i) - U_{CE}$$
$$0 = U_q - I_{C,AP1} \cdot (R_V + R_i) - U_{CE,AP1}$$
$$R_V + R_i = \frac{U_q - U_{CE,AP1}}{I_{C,AP1}} = \frac{U_q - \frac{1}{2} \cdot U_q}{I_{C,AP1}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot U_q}{I_{C,AP1}}$$
$$R_V = \frac{\frac{1}{2} \cdot U_q}{I_{C,AP1}} - R_i = \frac{\frac{1}{2} \cdot 24V}{2,5A} - 1,25\,\Omega = 4,8\,\Omega - 1,25\,\Omega = 3,55\,\Omega$$

Verlustleistung in R_V in AP1

$$P_{RV,AP1} = (I_{C,AP1})^2 \cdot R_V = (2,5A)^2 \cdot 3,55\,\Omega = 22,18\,W$$

Maximale Verlustleistung in R_V bei maximalem Strom…

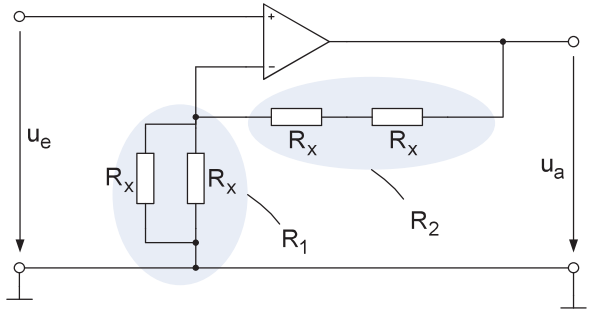
$$P_{RV,max} = (I_{L,max})^2 \cdot R_V = (4A)^2 \cdot 3,55\,\Omega = 56,8\,W$$

Aufg. 3.5: OP-Schaltung – (6 Punkte)

$$v = \frac{u_a}{u_e} = \frac{u_a}{i_{mess} \cdot R_{sh}} \quad \text{mit Vorgabe: } u_a = i_{mess} \cdot 0,5\,\Omega$$
$$v = \frac{i_{mess} \cdot 0,5\,\Omega}{i_{mess} \cdot R_{sh}} = \frac{0,5\,\Omega}{0,1\,\Omega} = 5$$

OP-Grundschaltung:
Nicht-invertierender Verstärker, da die Verstärkung positiv und größer 1 sein soll

Schaltung:
Das ist eine mögliche Variante… die Widerstände können auch anders angeordnet werden…



$$v = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_x + R_x}{R_x \| R_x} = 1 + \frac{2 \cdot R_x}{\frac{1}{2} \cdot R_x} = 1 + 4 = 5$$

Oder, wenn R2 = Serienschaltung aus 4Rx und R1=Rx: $v = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{4 \cdot R_x}{R_x} = 1 + 4 = 5$

Kein weiterer Impedanzwandler nötig, da das Eingangssignal direkt auf den nichtinvertierenden Eingang geht (genauso wie beim Impedanzwandler) und die Messstufe daher nicht belastet wird.

Universität Stuttgart

Institut für Elektrische Energiewandlung

Prüfung „Einführung in die Elektrotechnik“

(Einführung in die Elektrotechnik *12210 für ee, fmt, mabau, mecha, tema, tp,..)
(Einführung in die Elektrotechnik 1 und 2 für medtech)
(Einführung in die Elektrotechnik (I+II) für diverse Diplomstudiengänge)

06.03.2014

Allgemeine Hinweise:

Für die Aufgaben 1 bis 3 gilt jeweils:

- Pro Aufgabe können insgesamt 20 Punkte erreicht werden.
- Es werden nur Ergebnisse mit vollständigem Rechenweg gewertet.
- Bitte kennzeichnen Sie in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit gegebenen Ersatzwerten weiterführen.
- Beschriften Sie jedes abgegebene Blatt mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer.
- Beginnen Sie **jede Aufgabe** auf einem **neuen Blatt**.
- Sämtliche Ergebnisse müssen soweit wie möglich vereinfacht werden.

Für die Aufgabe 4 gilt:

- Tragen Sie Ihre Lösungen auf der Rückseite des Umschlagbogens ein. Es werden nur die dort eingetragenen Lösungen bewertet!

Geben Sie den ausgefüllten Umschlagbogen (Name, Matrikelnummer, Studiengang, Lösungen Aufgabe 4!) und Ihre Lösungsblätter ab.
Die Aufgabenblätter selbst müssen nicht mit abgegeben werden.

Aufgabe 1: Grundlagen, komplexe Wechselstromrechnung

Die in Bild 1.1 dargestellte Schaltung, bestehend aus den ohmschen Widerständen R_1, R_2 sowie R_3, einer Spule mit der Induktivität L und den Kondensatoren C sowie C_x, wird an einer sinusförmigen Wechselspannung mit dem Effektivwert U_0 und der Frequenz f betrieben. Nachfolgend soll das Verhalten der Schaltung in Abhängigkeit der Bauteile berechnet werden. Der Schalter S ist dabei vorerst geöffnet und wird erst im Laufe von Frage 1.4 geschlossen.

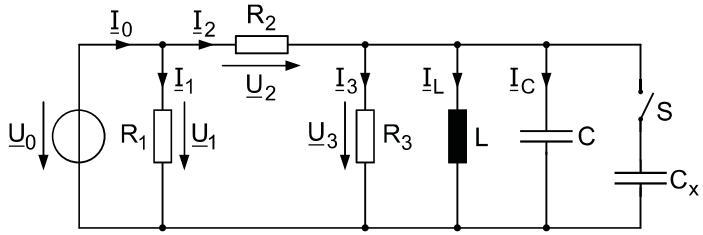


Bild 1.1: Ersatzschaltbild der Schaltung

Generell gilt:

- Rechnen Sie allgemein mit $\underline{U}_0$, R_1, R_2, R_3, L, C und der Kreisfrequenz ω (wobei $\omega = 2\pi \cdot f$ ist) sofern nicht explizit nach Zahlenwerten gefragt ist.
- Vereinfachen Sie sämtliche Ergebnisse soweit wie möglich!
- Ergebnisse müssen ggf. in der verlangten Form angegeben werden!

1.1 Qualitatives Zeigerdiagramm – (5 Punkte)

- Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm für die in Bild 1.1 dargestellte Schaltung, welches alle eingezeichneten Spannungen und Ströme enthält. Zeichnen Sie dabei die Spannung $\underline{U}_3$ waagrecht und den Zeiger des Stromes $\underline{I}_L$ doppelt so lang wie den Zeiger des Stromes $\underline{I}_C$ ein.

Hinweis: Verwenden Sie ein Lineal bzw. Geodreieck und achten Sie auf eine übersichtliche Darstellung, z.B. durch unterschiedliche Farben (außer ROT!) für Spannungen und Ströme.

Um die weitere Schaltungsanalyse zu vereinfachen, soll die Parallelschaltung aus R_3, L und C zu einem komplexen Ersatzwiderstand $\underline{Z}_{RLC}$ zusammengefasst werden.

1.2 Netzumformung – (4 Punkte)

- Berechnen Sie die komplexe Impedanz $\underline{Z}_{RLC}$ und geben Sie das Ergebnis in der Form $\underline{Z}_{RLC}(R_3, L, C, \omega) = \dfrac{a(R_3, L, C, \omega)}{1 + j \cdot b(R_3, L, C, \omega)}$ an, wobei a und b reelle Funktionen von R_3, L, C und ω sind.
- Berechnen Sie den Betrag $|\underline{Z}_{RLC}|$ sowie den Winkel φ_Z der komplexen Impedanz $\underline{Z}_{RLC}$.

1.3 Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

- Berechnen Sie die Spannungen $\underline{U}_1$, $\underline{U}_2$ und $\underline{U}_3$ sowie die Ströme $\underline{I}_1$, $\underline{I}_2$ und $\underline{I}_0$ in Abhängigkeit von $\underline{U}_0$, R_1, R_2 und $\underline{Z}_{RLC}$.

1.4 Schein-, Wirk- und Blindleistung bei Resonanz – (5 Punkte)

- Berechnen Sie die Kreisfrequenz ω_r, bei welcher die Schaltung nur noch Wirkleistung aufnimmt.
- Geben Sie den Wert dieser Kreisfrequenz ω_r für L = 20 mH und C = 50 µF an.
- Berechnen Sie für $\omega = \omega_r$ die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$ in Abhängigkeit von $\underline{U}_0$ und den Bauteilen der Schaltung.
- Welchen Wert hat die Wirkleistung P bei $\omega = \omega_r$ für $U_0 = 10\,\text{V}$ und $R_1 = R_2 = R_3 = 10\,\Omega$?
- Welchen Wert muss C_x im Verhältnis zu C haben, damit sich die Kreisfrequenz ω_r nach Schließen des Schalters S halbiert?

Aufgabe 2: Fremderregte Gleichstrommaschine

An einem Maschinenprüfstand wird als Arbeitsmaschine eine fremderregte Gleichstrommaschine an einer Festspannungsquelle mit $U_1 = 370\ V$ betrieben.

Für den Anlauf der Maschine ist ein Vorwiderstand vorgesehen, welcher für den normalen Betrieb durch einen Schalter S überbrückt werden kann.

Zur Einstellung verschiedener Betriebspunkte kann der Erregerstrom der GM verändert werden. Bild 2.1 zeigt eine Übersicht der Anordnung.

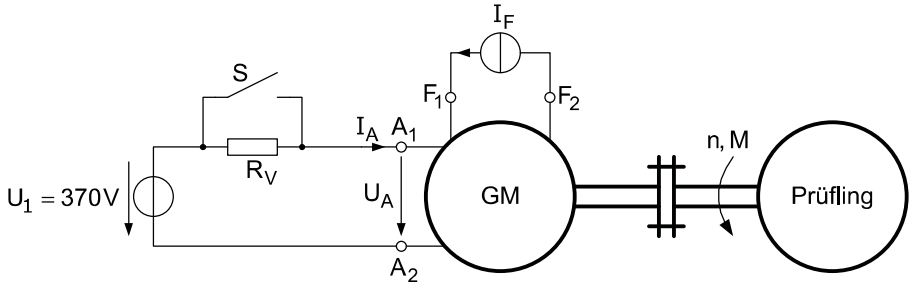


Bild 2.1: Übersicht der Anordnung

Von der fremderregten GM sind die folgenden Daten bekannt:

Ankernennspannung:	$U_{A,N} = 370\ V$
Ankernennstrom:	$I_{A,N} = 40\ A$
Nennleistung:	$P_N = 14\ kW$
Wirkungsgrad bei Nennbetrieb:	$\eta_N = 91{,}3\%$
Nenndrehzahl:	$n_N = 2800\ min^{-1}$
Ankerwiderstand:	$R_A = 0{,}5\ \Omega$
Erregernennstrom:	$I_{F,N} = 2\ A$

Reibungs- und Eisenverluste dürfen vernachlässigt werden.

Es dürfen stets stationäre Betriebsverhältnisse angenommen werden.

Alle Größen der GM sind Gleichgrößen.

2.1 Elektrische Ersatzschaltbilder – (3 Punkte)

- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der gesamten Anordnung bei geöffnetem Schalter S.
  Tragen Sie alle Strom- und Spannungszählpfeile, sowie die Klemmenbezeichnungen der GM ein.
  Zeichnen Sie dabei NUR die Elemente ein, welche auch berücksichtigt werden müssen.
- Was ändert sich im elektrischen ESB, wenn der Schalter S geschlossen ist?

2.2 Maschinendaten und Nennbetrieb – (5 Punkte)

Berechnen Sie die folgenden Größen der Gleichstrommaschine **für den Nennbetrieb** (Schalter S ist geschlossen).

Geben Sie immer zuerst die allgemeine Abhängigkeit von den anderen Größen an. Setzten Sie bekannte oder bereits berechnete Zahlenwerte immer erst am Ende der jeweiligen Rechnung ein und runden Sie das Ergebnis sinnvoll.

- Nennmoment M_N
- Induzierte Spannung bei Nennbetrieb $U_{i,N}$
- Produkt aus Maschinenkonstante und Fluss $c \cdot \Phi_N$
  (Geben Sie 5 geltende Stellen an.)
- Verlustleistung im Erregerkreis $P_{F,N}$
- Erregerwiderstand R_F

Hinweis: Falls Sie diese Teilaufgaben nicht lösen konnten, dürfen Sie in den folgenden Teilaufgaben als Ersatzwert $c \cdot \Phi_N = 1{,}194\ Vs$ *verwenden.*

2.3 Anlauf und Ankervorwiderstand – (4 Punkte)

Für den kompletten Anlaufvorgang gilt:

- Die Maschine kann als unbelastet betrachtet werden.
- Der Erregerstrom weist stets seinen Nennwert auf.
- Der Anlaufvorgang beginnt bei Stillstand der Maschine

- Berechnen Sie den kleinstmöglichen Wert des Ankervorwiderstandes R_V so, dass bei geöffnetem Schalter S für den Ankerstrom stets gilt: $I_A \leq 1{,}5 \cdot I_{A,N}$
- Wie groß ist der maximale Spannungsabfall am Ankervorwiderstand?
- Berechnen Sie die Drehzahl n_{min} in min^{-1}, welche die Maschine mindestens haben muss, so dass bei einem Schließen des Schalters S für den Ankerstrom stets gilt: $I_A \leq 1{,}5 \cdot I_{A,N}$

2.4 Leerlauf – (4 Punkte)

- Welche Leerlaufdrehzahl stellt sich ein, wenn der Schalter S geöffnet ist und der Erregerstrom seinen Nennwert aufweist?
- Welche Leerlaufdrehzahl stellt sich ein, wenn der Schalter S geschlossen ist und der Erregerstrom seinen Nennwert aufweist?
- Auf welchen Wert muss der Erregerstrom eingestellt werden, wenn bei geschlossenem Schalter S die Leerlaufdrehzahl $3200\,\mathrm{min}^{-1}$ betragen soll?

2.5 Betrieb bei vorgegebener Drehzahl (AP1) – (4 Punkte)

Für einen Test des Prüflings ist eine konstante Drehzahl erforderlich. Um dies zu erreichen soll der Erregerstrom verändert werden.
Für die Beantwortung der folgenden Fragen gilt:

- Die Drehzahl soll $n_{AP1} = 3000\,\mathrm{min}^{-1}$ betragen.
- Der Schalter S ist geschlossen.
- Die GM soll eine mechanische Leistung von $P_{mech,AP1} = 10\,\mathrm{kW}$ an den Prüfling abgeben.

- Berechnen Sie die induzierte Spannung $U_{i,AP1}$ für diesen Arbeitspunkt.
- Berechnen Sie den Erregerstrom $I_{F,AP1}$, welcher nötig ist, um diesen Arbeitspunkt einzustellen.

Hinweis: Die Lösung einer quadratischen Gleichung $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$ *ist:*

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Aufgabe 3: Verstärkerschaltungen mit NPN-Transistor und OP

Eine sinusförmige Spannung $u_e(t)$ soll verstärkt werden. Dazu soll in Aufgabenteil 1 eine Schaltung mit einem NPN-Transistor und in Aufgabenteil 2 eine Schaltung mit Operationsverstärkern untersucht werden.
Die beiden Aufgabenteile sind unabhängig voneinander lösbar.

TEIL 1: Verstärkerschaltung mit NPN-Transistor

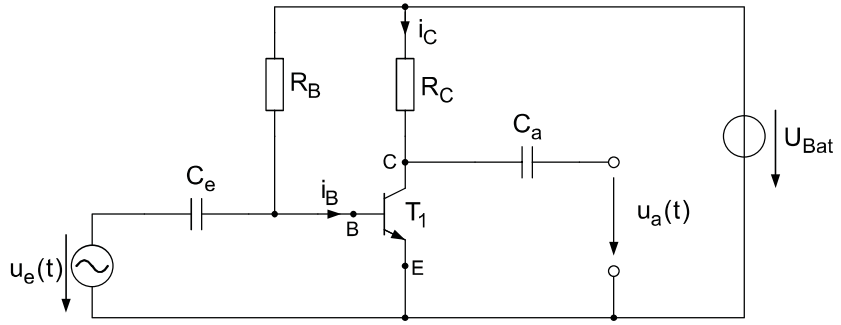


Bild 3.1: Transistorschaltung

Von der der Schaltung sind die folgenden Daten bekannt:

Versorgungsspannung:	$U_{Bat} = 30\ V$
Koppelkapazitäten:	$C_e = C_a \to \infty$
Signalspannung:	$u_e(t) = 1V \cdot \sin(2\pi \cdot 1000\,Hz \cdot t)$

Transistor T_1:

Basis-Emitter-Widerstand:	$R_{BE} = 1500\ \Omega$
Kollektor-Emitter-Widerstand:	$R_{CE} \to \infty$
Basis-Emitter-Diffusionsspannung:	$U_{BE0} = 0{,}7\ V$
Gleich- und Wechselstromverstärkung:	$B = \beta = 100$

Kapazitive Effekte innerhalb des Transistors dürfen vernachlässigt werden.

3.1 Gleichstromersatzschaltbild – (4 Punkte)

- Zeichnen Sie das Gleichstromersatzschaltbild (GS-ESB) der kompletten in Bild 3.1 dargestellten Schaltung inklusive aller Ströme und Spannungen sowie der Punkte B, E und C.
  Zeichnen Sie dabei NUR die Elemente ein, welche auch berücksichtigt werden müssen.
- Welche der in Bild 3.1 dargestellten Elemente sind im GS-ESB nicht enthalten? Warum?

3.2 Arbeitspunkteinstellung – (3 Punkte)

Im Folgenden soll durch die beiden Widerstände R_B und R_C der Arbeitspunkt des Transistors eingestellt werden. Dabei soll gelten

- für die Kollektor-Emitter-Spannung: $U_{CE,AP} = \frac{U_{Bat}}{2}$
- für den Kollektorstrom: $I_{C,AP} = 100\,mA$

Berechnen Sie:

- den Kollektorvorwiderstand R_C
- den Basisstrom $I_{B,AP}$
- den Basisvorwiderstand R_B

Hinweis: Falls Sie diese Teilaufgaben nicht lösen konnten, dürfen Sie in den folgenden Teilaufgaben als Ersatzwert $R_C = 151{,}5\,\Omega$ verwenden.

3.3 Wechselstromersatzschaltbild – (4 Punkte)

- Zeichnen Sie das Wechselstromersatzschaltbild (WS-ESB) der kompletten in Bild 3.1 dargestellten Schaltung inklusive aller Ströme und Spannungen sowie der Punkte B, E und C.
  Zeichnen Sie dabei NUR die Elemente ein, welche auch berücksichtigt werden müssen.
- Welche der in Bild 3.1 dargestellten Elemente können im WS-ESB vernachlässigt werden? Warum?

3.4 Verstärkung – (3 Punkte)

Im Folgenden soll die Spannungsverstärkung der gesamten Schaltung ermittelt werden. Dabei darf davon ausgegangen werden, dass der Ausgang nicht belastet wird.

- Berechnen Sie $i_B(t)$ in Abhängigkeit von $u_e(t)$ sowie den Wert von $\hat{i}_B$.
- Berechnen Sie $i_C(t)$ in Abhängigkeit von $u_e(t)$ sowie den Wert von $\hat{i}_C$.
- Berechnen Sie den Wert der Spannungsverstärkung $\frac{u_a(t)}{u_e(t)}$.

TEIL 2: Verstärkerschaltung mit Operationsverstärkern

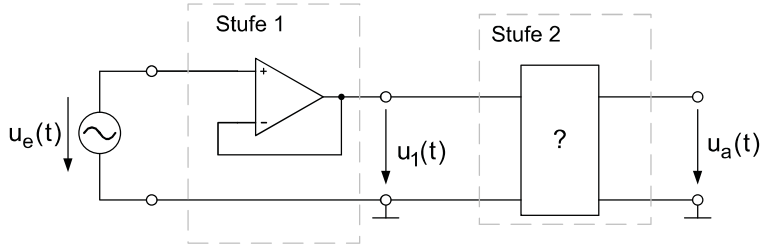


Bild 3.2: Übersicht der OP-Schaltung

Alle Operationsverstärker dürfen als ideal angenommen werden.

3.5 Stufe 1 – (2 Punkte)

- Um welche OP-Grundschaltung handelt es sich?
- Geben Sie $u_1(t)$ in Abhängigkeit von $u_e(t)$ an.
- Welchen Zweck erfüllt dieser Schaltungsteil?

3.6 Stufe 2 – (4 Punkte)

Für die Stufe 2 soll eine OP-Schaltung entworfen werden, so dass gilt:

$$\frac{u_a(t)}{u_e(t)} = -10$$

Zur Verfügung stehen ein Operationsverstärker, sowie die folgenden Widerstände:

$R_1 = 5\,k\Omega$ $R_2 = 5\,k\Omega$ $R_3 = 2\,k\Omega$ $R_4 = 2\,k\Omega$

- Welche OP-Grundschaltung sollte die Stufe 2 enthalten? Warum?
- Zeichnen Sie eine mögliche Schaltung für die Stufe 2 und zeigen Sie, dass die Verstärkung Ihrer Schaltung -10 entspricht.

Aufgabe 4: Multiple Choice

- Pro Frage ist genau ***eine*** Antwort richtig. Es wird wie folgt bewertet:
  Richtige Antwort: +1 Punkt
  Keine Antwort: 0 Punkte
  Falsche Antwort: –1 Punkt
- Jeder Themenblock wird separat und mit mindestens 0 Punkten bewertet.
- Tragen Sie Ihre Lösungen auf der Rückseite des Umschlagbogens ein.
  Es werden nur die dort eingetragenen Lösungen bewertet!

Block 1: Grundlagen – (8 Punkte)

4.1 Bei einer idealen Gleichspannungsquelle ist die Klemmenspannung

a) nur abhängig von der Art der Belastung.

b) abhängig vom Klemmenstrom.

c) unabhängig vom Klemmenstrom.

4.2 Der Ersatzleitwert von *n* parallelgeschalteten ohmschen Widerständen ist

a) die Summe der *n* Widerstände.

b) der Kehrwert der Summe der *n* Widerstände.

c) die Summe der Kehrwerte der *n* Widerstände.

4.3 Die elektrische Leitfähigkeit eines Werkstoffes ist charakterisiert durch

a) den spezifischen Widerstand des Werkstoffes.

b) die relative Permeabilität des Werkstoffes.

c) die Permittivität des Werkstoffes.

4.4 Der von einer Spannungsquelle zu liefernde Strom bei Reihenschaltung von zwei Widerständen ist

a) kleiner als bei Parallelschaltung der gleichen Widerstände.

b) größer als bei Parallelschaltung der gleichen Widerstände.

c) unabhängig von der Schaltung der Widerstände.

4.5 Bei der Berechnung eines linearen elektrischen Netzwerks mit zwei Spannungsquellen wird der Überlagerungssatz angewendet. Folgendes ist zu beachten:

a) Die jeweils nicht betrachtete Spannungsquelle wird offen gelassen.

b) Die Leistung an einem Widerstand im Netzwerk kann nicht bestimmt werden, indem man beide Einzelleistungen P_1 und P_2 addiert.

c) Es werden immer zwei Quellen gleichzeitig betrachtet.

4.6 Eine reale Stromquelle wird im Ersatzschaltbild dargestellt durch

a) Reihenschaltung einer idealen Stromquelle und eines Widerstands.

b) Parallelschaltung einer idealen Spannungsquelle und eines Widerstands.

c) Parallelschaltung einer idealen Stromquelle und eines Widerstands.

4.7 Das Dielektrikum eines Kondensators besteht aus

a) einem elektrisch sehr gut leitenden Material.

b) einem elektrisch halbleitenden Material.

c) einem elektrisch sehr gut isolierenden Material.

4.8 Bei der Resonanzfrequenz in einem RLC-Reihenschwingkreis an einer Wechselspannungsquelle

a) ist die Stromstärke unabhängig von der angelegten Spannung.

b) erreicht der von der Quelle zu liefernde Strom seinen Maximalwert.

c) erreicht der von der Quelle zu liefernde Strom seinen Minimalwert.

Block 2: Halbleitertechnik – (6 Punkte)

4.9 Die Dotierung eines Halbleiterkristalls

a) dient der Erhöhung der Kapazität.

b) dient der Erhöhung der Leitfähigkeit.

c) dient der Erhöhung der Induktivität.

4.10 Ein n-dotierter Silizium-Kristall enthält Fremdatome der

a) 3. Hauptgruppe des Periodensystems.

b) 4. Hauptgruppe des Periodensystems.

c) 5. Hauptgruppe des Periodensystems.

4.11 Das linearisierte Ersatzschaltbild einer Diode enthält u.a.

a) eine Gleichspannungsquelle und einen Widerstand.

b) eine ideale Diode und eine stromgesteuerte Stromquelle.

c) eine stromgesteuerte Spannungsquelle und einen Widerstand.

4.12 Charakteristisch für einen Bipolartransistor in Emitterschaltung ist, dass

a) eine kleine Änderung des Basisstroms zu einer großen Änderung des Kollektorstroms führt.

b) eine große Änderung des Basisstroms zu einer kleinen Änderung des Kollektorstroms führt.

c) der Basisstrom gleich groß ist wie der Kollektorstrom.

4.13 Eine Schaltung mit einem Operationsverstärker ohne Rückkopplung

a) wird am Ausgang des Operationsverstärkers immer eine Spannung von exakt 0 V liefern.

b) wird den Operationsverstärker beschädigen.

c) wird als Komparator-Schaltung bezeichnet.

4.14 Ein idealer Operationsverstärker

a) hat keinen Ausgangswiderstand und einen sehr niedrigen Verstärkungsfaktor.

b) hat einen unendlich großen Eingangswiderstand und einen vernachlässigbar kleinen Ausgangswiderstand.

c) hat einen vernachlässigbar kleinen Eingangswiderstand und einen unendlich hohen Verstärkungsfaktor.

Block 3: Elektrische Maschinen – (6 Punkte)

4.15 In einer Leiterschleife kann keine Spannung induziert werden, wenn sich die Leiterschleife

a) in einem zeitlich wechselnden Magnetfeld befindet und ruht.

b) in einem zeitlich konstanten Magnetfeld dreht.

c) in einem zeitlich konstanten elektrischen Feld bewegt.

4.16 Die Lorentzkraft beschreibt

a) die Kraft auf stromdurchflossene Leiter in einem Magnetfeld und ist abhängig von der Leiterlänge im Magnetfeld.

b) die Kraft auf stromdurchflossene Leiter in einem Magnetfeld und ist unabhängig von der Leiterlänge im Magnetfeld.

c) die Kraft auf stromdurchflossene Leiter im elektrischen Feld und ist unabhängig von der Stromstärke.

4.17 Das Anlaufdrehmoment einer permanentmagnetisch erregten Gleichstrommaschine ist abhängig von

a) der Ankerspannung U_A und dem Ankerwiderstand R_A.

b) der Ankerspannung U_A und der Drehzahl n.

c) dem Ankerstrom I_A und der Drehzahl n.

4.18 Bei Zunahme der Belastung einer fremderregten Gleichstrom-maschine bei konstanter Ankerspannung und konstanter Erregung

a) nimmt der Anker- und der Erregerstrom zu.

b) nimmt die induzierte Spannung U_i im Anker ab.

c) geht die Drehzahl und das Drehmoment zurück.

4.19 Durch das Verringern des Erregerstromes I_F einer fremderregten Gleichstrommaschine wird

a) der Fluss ϕ im Stator verkleinert.

b) die Leerlaufdrehzahl n_0 des Motors verkleinert.

c) der Fluss ϕ im Stator vergrößert.

4.20 Die Leerlaufdrehzahl einer Drehstrom-Asynchronmaschine hängt

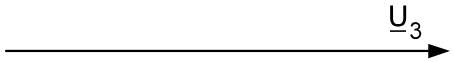
a) quadratisch von der Spannung des speisenden Netzes ab.

b) vom Quotient aus Spannung und Frequenz ab.

c) linear von der Frequenz des speisenden Netzes ab.

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 1.1:	Qualitatives Zeigerdiagramm – (5 Punkte)



Aufg. 1.2:	Netzumformung – (4 Punkte)

$\underline{Z}_{RLC} = \dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{1 + j \cdot}$

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 1.2:	Netzumformung –Fortsetzung

$|\underline{Z}_{RLC}| =$

$\varphi_Z =$

Aufg. 1.3:	Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

$\underline{U}_1 =$

$\underline{U}_2 =$

$\underline{U}_3 =$

Aufg. 1.3:	Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

$\underline{I}_1 =$

$\underline{I}_2 =$

$\underline{I}_0 =$

Aufg. 1.4:	Schein-, Wirk- und Blindleistung bei Resonanz – (5 Punkte)

Allgemein: $\omega_r =$

Wert: $\omega_r =$

Aufg. 1.4:	Schein-, Wirk- und Blindleistung bei Resonanz – (Fortsetzung)

$\underline{S} =$

$P =$

$C_x =$

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 2.1:	Elektrische Ersatzschaltbilder **–** (3 Punkte)



Aufg. 2.2:	Maschinendaten und Nennbetrieb **–** (5 Punkte)

M_N =

$U_{i,N}$ =

$c \cdot \Phi_N$ =

$P_{F,N}$ =

R_F =

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 2.3:	Anlauf und Ankervorwiderstand **–** (4 Punkte)

$R_{V,min}$ =

$U_{RA,max}$ =

n_{min} =

Aufg. 2.4:	Leerlauf – (4 Punkte)

$n_{0,offen}$ =

$n_{0,geschlossen}$ =

I_F =

Aufg. 2.5:	Betrieb bei vorgegebener Drehzahl (AP1) – (4 Punkte)

$U_{i,AP1}$ =

$I_{F,AP1}$ =

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 3.1:	Gleichstromersatzschaltbild – (4 Punkte)



Nicht enthalten sind:

Aufg. 3.2:	Arbeitspunkteinstellung – (3 Punkte)

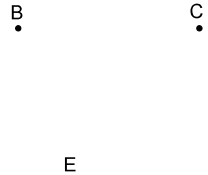
$R_C =$

$I_B =$

$R_B =$

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 3.3:	Wechselstromersatzschaltbild – (4 Punkte)



Nicht enthalten sind:

Aufg. 3.4:	Verstärkung – (3 Punkte)

$i_B(t) =$

$\hat{i}_B =$

$i_c(t) =$

$\hat{i}_C =$

$\frac{u_a(t)}{u_e(t)} =$

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 3.5:	Stufe 1 – (2 Punkte)

OP-Grundschaltung:

$u_1(t) =$

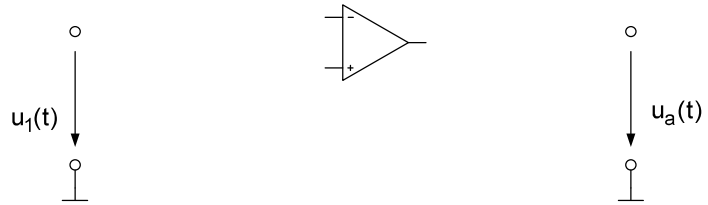
Zweck:

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 3.6:	Stufe 2 – (4 Punkte)

OP-Grundschaltung:

Schaltung:



Nachweis:

Lösungsvorschläge zur Prüfung „Einführung in die Elektrotechnik“

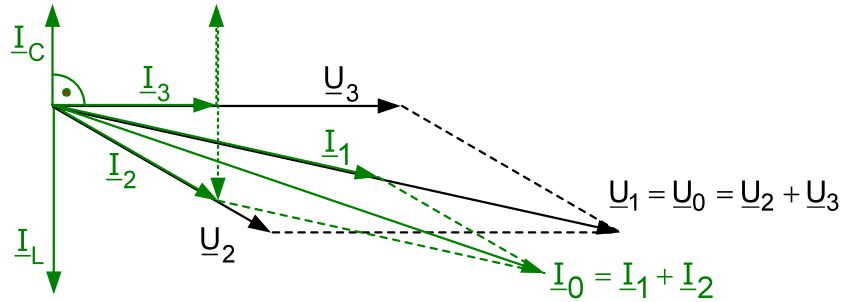
(Einführung in die Elektrotechnik *12210 für ee, fmt, mabau, mecha, tema, tp,..)
(Einführung in die Elektrotechnik 1 und 2 für medtech)
(Einführung in die Elektrotechnik (I+II) für diverse Diplomstudiengänge)

06.03.2014

Aufgabe 1: Grundlagen, komplexe Wechselstromrechnung

1.1 Qualitatives Zeigerdiagramm – (5 Punkte)

- Alle eingezeichneten Spannungen und Ströme; die Spannung $\underline{U}_3$ waagrecht und den Zeiger des Stromes $\underline{I}_L$ doppelt so lang wie $\underline{I}_C$.



Vorgehensweise:
Beginnen mit $\underline{U}_3$ (waagrecht zeichnen war die Vorgabe)
Danach die drei Ströme $\underline{I}_3$, $\underline{I}_L$ und $\underline{I}_C$:
($\underline{I}_3$ parallel zu $\underline{U}_3$), ($\underline{I}_C$ 90° vor $\underline{U}_3$), ($\underline{I}_L$ 90° nach $\underline{U}_3$, doppelt so lang wie $\underline{I}_C$, so war die Vorgabe)
Vektorielle Summe aus $\underline{I}_3$, $\underline{I}_L$ und $\underline{I}_C$ ergibt dann $\underline{I}_2$
Danach $\underline{U}_2$ (parallel zu $\underline{I}_2$), da ohmscher Widerstand R_2
Vektorielle Summe aus $\underline{U}_2$ und $\underline{U}_3$ ergibt $\underline{U}_1$ sowie $\underline{U}_0$ ($\underline{U}_1 = \underline{U}_0$)
Danach $\underline{I}_1$ (parallel zu $\underline{U}_1$), da ohmscher Widerstand R_1
Vektorielle Summe aus $\underline{I}_2$ und $\underline{I}_1$ ergibt dann $\underline{I}_0$

Um die weitere Schaltungsanalyse zu vereinfachen, soll die Parallelschaltung aus R_3, L und C zu einem komplexen Ersatzwiderstand $\underline{Z}_{RLC}$ zusammengefasst werden.

1.2 Netzumformung – (4 Punkte)

- Berechnen Sie die komplexe Impedanz $\underline{Z}_{RLC}$ und geben Sie das Ergebnis in der Form $\underline{Z}_{RLC}(R_3, L, C, \omega) = \frac{a(R_3, L, C, \omega)}{1 + j \cdot b(R_3, L, C, \omega)}$ an, wobei a und b reelle Funktionen von R_3, L, C und ω sind.

$$\underline{Y}_{RLC} = \frac{1}{R_3} + j \cdot \omega \cdot C + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L} = \frac{1}{R_3} + j \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)$$

$$\underline{Z}_{RLC} = \frac{1}{\underline{Y}_{RLC}} = \frac{1}{\frac{1}{R_3} + j \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)} = \frac{R_3}{1 + j \cdot R_3 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}$$

(Ersatzwiderstand von Parallelschaltungen berechnet sich am einfachsten über den Leitwert bzw. die Admittanz)

- Berechnen Sie den Betrag $|\underline{Z}_{RLC}|$ sowie den Winkel φ_Z der komplexen Impedanz $\underline{Z}_{RLC}$.

$$|\underline{Z}_{RLC}| = \frac{R_3}{\left| 1 + j \cdot R_3 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right) \right|} = \frac{R_3}{\sqrt{1 + {R_3}^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2}}$$

(Beträge von Zähler und Nenner „separat“ ausrechen. Das macht die Sache einfacher.)

$$\varphi_Z = \arg(\underline{Z}) = -\arg(\underline{Y}) = -\arctan\left(\frac{\left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)}{\frac{1}{R_3}} \right) = +\arctan\left(R_3 \cdot \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C \right) \right)$$

(Oder auch über Z_{RLC}: „Winkel Zähler“ – „Winkel Nenner“)

1.3 Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

- Berechnen Sie die Spannungen $\underline{U}_1$, $\underline{U}_2$ und $\underline{U}_3$ sowie die Ströme $\underline{I}_1$, $\underline{I}_2$ und $\underline{I}_0$ in Abhängigkeit von $\underline{U}_0$, R_1, R_2 und $\underline{Z}_{RLC}$.

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_0$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{R_1} = \frac{\underline{U}_0}{R_1}$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_0}{\underline{Z}_{Serie}} = \frac{\underline{U}_0}{R_2 + \underline{Z}_{RLC}} \qquad \text{ggf. auch aus} \qquad \underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_2}{R_2} = \frac{\underline{U}_3}{\underline{Z}_{RLC}}$$

$$\underline{U}_2 = R_2 \cdot \underline{I}_2 = \frac{R_2}{R_2 + \underline{Z}_{RLC}} \cdot \underline{U}_0 \qquad \text{(vgl. Spannungsteiler)}$$

$$\underline{U}_3 = \underline{Z}_{RLC} \cdot \underline{I}_2 = \frac{\underline{Z}_{RLC}}{R_2 + \underline{Z}_{RLC}} \cdot \underline{U}_0 \qquad \text{(vgl. Spannungsteiler)}$$

$$\underline{I}_0 = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_0}{R_1} + \frac{\underline{U}_0}{R_2 + \underline{Z}_{RLC}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + \underline{Z}_{RLC}} \right) \cdot \underline{U}_0 = \frac{R_1 + R_2 + \underline{Z}_{RLC}}{R_1 \cdot (R_2 + \underline{Z}_{RLC})} \cdot \underline{U}_0$$

(Die geforderten Abhängigkeiten beachten!)

1.4 Schein-, Wirk- und Blindleistung bei Resonanz – (5 Punkte)

- Berechnen Sie die Kreisfrequenz ω_r, bei welcher die Schaltung nur noch Wirkleistung aufnimmt.

$$Q = \frac{1}{\omega L} \cdot |\underline{U}_3|^2 - \omega C \cdot |\underline{U}_3|^2 \overset{!}{=} 0 \quad \Rightarrow \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Oder über Begründung: Die Schaltung nimmt keine Blindleistung auf, wenn die Ersatzimpedanz (und damit auch die Ersatzadmittanz) keinen imaginären Anteil hat, also wenn gilt:

$$\left(\omega_r \cdot C - \frac{1}{\omega_r \cdot L} \right) = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

- Geben Sie den Wert dieser Kreisfrequenz ω_r für L = 20 mH und C = 50 µF an.

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 10^{-3}\,\Omega s \cdot 50 \cdot 10^{-6}\,\frac{s}{\Omega}}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-6}\,s^2}} = 1\,kHz$$

- Berechnen Sie für $\omega = \omega_r$ die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$ in Abhängigkeit von $\underline{U}_0$ und den Bauteilen der Schaltung.

$$\underline{S} = \underline{U}_0 \cdot \underline{I}_0^* = \underline{U}_0 \cdot \left(\frac{\underline{U}_0^*}{R_1} + \frac{\underline{U}_0^*}{R_2 + \underline{Z}_{RLC}^*} \right) \overset{\omega=\omega_r}{=} \underline{U}_0 \cdot \left(\frac{\underline{U}_0^*}{R_1} + \frac{\underline{U}_0^*}{R_2 + R_3} \right)$$

$$= \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 \cdot (R_2 + R_3)} \cdot |\underline{U}_0|^2$$

Anmerkung: $\underline{U}_0 \cdot \underline{U}_0^* = |\underline{U}_0| \cdot e^{j \cdot \varphi_u} \cdot |\underline{U}_0| \cdot e^{-j \cdot \varphi_u} = |\underline{U}_0|^2$

- Welchen Wert hat die Wirkleistung P bei $\omega = \omega_r$ für $U_0 = 10\,V$ und $R_1 = R_2 = R_3 = 10\,\Omega$?

$$\underline{S} = P + j \cdot Q \overset{\omega=\omega_r}{=} P \quad \text{da } Q = 0 \text{ (oder vergleichbare Begründung)}$$

$$P = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 \cdot (R_2 + R_3)} \cdot |\underline{U}_0|^2 = \frac{3 \cdot 10\,\Omega}{10\,\Omega \cdot 20\,\Omega} \cdot (10\,V)^2 = \frac{3000}{200}\,W = 15\,W$$

- Welchen Wert muss C_x im Verhältnis zu C haben, damit sich die Kreisfrequenz ω_r nach Schließen des Schalters S halbiert?

$$\omega_{r,neu} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C_{ges}}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot (C + C_x)}} \overset{!}{=} \frac{1}{2} \cdot \omega_r = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

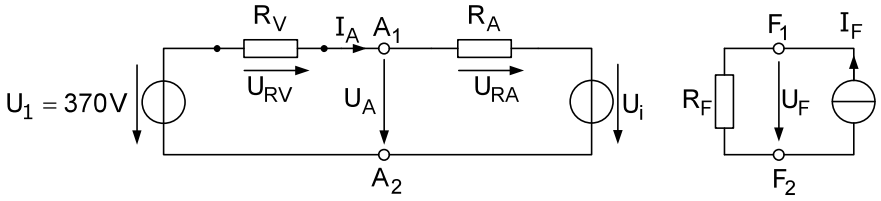
$$\Rightarrow C + C_x = 4 \cdot C$$

$$\Rightarrow C_x = 3 \cdot C$$

Aufgabe 2: Fremderregte Gleichstrommaschine

2.1 Elektrische Ersatzschaltbilder – (3 Punkte)

- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der gesamten Anordnung bei geöffnetem Schalter S.
  Tragen Sie alle Strom- und Spannungszählpfeile, sowie die Klemmenbezeichnungen der GM ein.
  Zeichnen Sie dabei NUR die Elemente ein, welche auch berücksichtigt werden müssen.



(Vorgaben beachten! Also hier bei dieser Aufgabe: ALLE Spannungs- und Strompfeile, nur Sachen die auch berücksichtigt werden müssen, also hier eben keine L einzeichnen)

- Was ändert sich im elektrischen ESB, wenn der Schalter S geschlossen ist?
  R_V fällt raus bzw. ist überbrückt/kurzgeschlossen,
  also auch: $U_{RV} = 0\,V \;\Rightarrow\; U_1 = U_A$

2.2 Maschinendaten und Nennbetrieb – (5 Punkte)

Berechnen Sie die folgenden Größen der Gleichstrommaschine **für den Nennbetrieb** (Schalter S ist geschlossen) …

- Nennmoment M_N

$$M_N = \frac{P_N}{\Omega_N} \qquad M_N = \frac{14000\,W}{2\pi\frac{2800}{60\,s}} = 47{,}75\,Nm$$

(Nennleistung bei einer Maschine als Motor ist die abgegebene mechanische Leistung.)

- Induzierte Spannung bei Nennbetrieb $U_{i,N}$

$$U_{i,N} = \frac{P_N}{I_{A,N}} \qquad \text{also} \quad U_{i,N} = \frac{14000\,W}{40\,A} = 350\,V$$

(oder $U_{i,N} = U_{A,N} - R_A \cdot I_{A,N}$ - hier ist beides möglich)

- Produkt aus Maschinenkonstante und Fluss $c \cdot \Phi_N$
  (Geben Sie 5 geltende Stellen an.)

$$c \cdot \Phi_N = \frac{U_{i,N}}{\Omega_N} \qquad c \cdot \Phi_N = \frac{350\,V}{2\pi\frac{2800}{60\,s}} = 1{,}1937\,Vs$$

- Verlustleistung im Erregerkreis $P_{F,N}$

$$\text{aus: } \eta_N = \frac{P_N}{P_N + R_A \cdot I_{A,N}^2 + P_{F,N}} \qquad P_{F,N} = \frac{P_N}{\eta_N} - P_N - R_A \cdot I_{A,N}^2$$

$$P_{F,N} = \frac{14000\,W}{0{,}913} - 14000\,W - 0{,}5\,\Omega \cdot (40\,A)^2 = 534\,W$$

- Erregerwiderstand R_F

$$R_F = \frac{P_{F,N}}{I_{F,N}^2} \qquad R_F = \frac{534\,W}{(2A)^2} = 133{,}5\,\Omega$$

2.3 Anlauf und Ankervorwiderstand – (4 Punkte)

- Berechnen Sie den kleinstmöglichen Wert des Ankervorwiderstandes R_V so, dass bei geöffnetem Schalter S für den Ankerstrom stets gilt:

  $I_A \leq 1{,}5 \cdot I_{A,N}$

  Maximaler Strom bei Stillstand, also $U_i = 0V$

  $$I_{A,St} = \frac{U_1}{R_V + R_A} \leq 1{,}5 \cdot I_{A,N} \quad \text{ergibt: } R_V = \frac{U_1}{1{,}5 \cdot I_{A,N}} - R_A$$

  $$R_V = \frac{370V}{1{,}5 \cdot 40A} - 0{,}5\Omega = 5{,}66\,\Omega$$

- Wie groß ist der maximale Spannungsabfall am Ankervorwiderstand?

  $U_{RA,max} = R_V \cdot I_{A,max} = R_V \cdot 1{,}5 \cdot I_{A,N}$

  $U_{RA,max} = 5{,}66\,\Omega \cdot 1{,}5 \cdot 40A = 340V$

- Berechnen Sie die Drehzahl n_{min} in min^{-1}, welche die Maschine mindestens haben muss, so dass bei einem Schließen des Schalters S für den Ankerstrom stets gilt: $I_A \leq 1{,}5 \cdot I_{A,N}$

  Aus: $U_1 - U_i = R_A \cdot I_A$

  $U_{i,min} = U_1 - R_A \cdot 1{,}5 \cdot I_{A,N}$

  $U_{i,min} = 370V - 0{,}5\Omega \cdot 1{,}5 \cdot 40A = 340V$

  Aus $c \cdot \Phi_N = const$: $\quad \frac{n_{min}}{n_N} = \frac{U_{i,min}}{U_{i,N}}$

  $$n_{min} = \frac{340V}{350V} \cdot 2800\,min^{-1} = 2720\,min^{-1}$$

2.4 Leerlauf – (4 Punkte)

- Welche Leerlaufdrehzahl stellt sich ein, wenn der Schalter S geöffnet ist und der Erregerstrom seinen Nennwert aufweist?

  Aus $I_A = 0A$ folgt: $U_i = U_1 = 370V$

  $$n_0 = \frac{U_1}{2\pi \cdot c\Phi_N}$$

  $$n_0 = \frac{370V}{2\pi \cdot 1{,}1937Vs} = 2960\,min^{-1}$$

- Welche Leerlaufdrehzahl stellt sich ein, wenn der Schalter S geschlossen ist und der Erregerstrom seinen Nennwert aufweist?

  gleich wie vorige Aufgabe, da auch hier

  $I_A = 0A$ folgt: $U_i = U_1 = 370V$

- Auf welchen Wert muss der Erregerstrom eingestellt werden, wenn bei geschlossenem Schalter S die Leerlaufdrehzahl $3200\,min^{-1}$ betragen soll?

  Im Vergleich zu vorher: $U_i = U_1 = 370V = const$,

  daher: $\frac{c\Phi}{c\Phi_N} = \frac{\Omega_{0,vorher}}{\Omega_{0,jetzt}} = \frac{2960\,min^{-1}}{3200\,min^{-1}}$

  Aus $c\Phi \sim I_F$

  $$I_F = I_{F,N} \cdot \frac{c\Phi}{c\Phi_N} = 2A \cdot \frac{2960\,min^{-1}}{3200\,min^{-1}} = 1{,}85A$$

2.5 Betrieb bei vorgegebener Drehzahl (AP1) – (4 Punkte)

Für einen Test des Prüflings ist eine konstante Drehzahl erforderlich. Um dies zu erreichen soll der Erregerstrom verändert werden.
Für die Beantwortung der folgenden Fragen gilt:

- Die Drehzahl soll $n_{AP1} = 3000\,\mathrm{min}^{-1}$ betragen.
- Der Schalter S ist geschlossen.
- Die GM soll eine mechanische Leistung von $P_{mech,AP1} = 10\,\mathrm{kW}$ an den Prüfling abgeben.

- Berechnen Sie die induzierte Spannung $U_{i,AP1}$ für diesen Arbeitspunkt.

Zwei Gleichungen verwenden:

$P_{mech,AP1} = U_{i,AP1} \cdot I_{A,AP1}$

$U_1 = U_{i,AP1} + R_A \cdot I_{A,AP1}$

Jeweils nach $I_{A,AP1}$ auflösen, dann gleichsetzen ergibt:

$(U_{i,AP1})^2 - U_{i,AP1} \cdot U_1 + R_A \cdot P_{mech,AP1} = 0$

Quadratische Gleichung lösen:

$U_{i,AP1} \approx 356\mathrm{V}$

(Zweite Lösung $U_{i,AP1} = 14\mathrm{V}$ hier nicht sinnvoll)

- Berechnen Sie den Erregerstrom $I_{F,AP1}$, welcher nötig ist, um diesen Arbeitspunkt einzustellen.

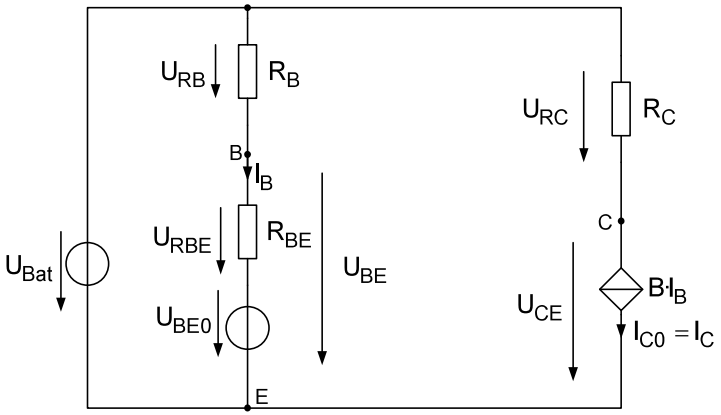
$$c\Phi_{AP1} = \frac{U_{i,AP1}}{2\pi \cdot n_{AP1}} = \frac{356\mathrm{V} \cdot 60\mathrm{s}}{2\pi \cdot 3000} = 1{,}1332\mathrm{Vs}$$

$$I_{F,AP1} = I_{F,N} \cdot \frac{c\Phi_{AP1}}{c\Phi_N} = 2\mathrm{A} \cdot \frac{1{,}1332}{1{,}1936} = 1{,}899\mathrm{A}$$

Aufgabe 3: Verstärkerschaltungen mit NPN-Transistor und OP

3.1 Gleichstromersatzschaltbild – (4 Punkte)

- Zeichnen Sie das Gleichstromersatzschaltbild (GS-ESB) der kompletten in Bild 3.1 dargestellten Schaltung inklusive aller Ströme und Spannungen sowie der Punkte B, E und C.
Zeichnen Sie dabei NUR die Elemente ein, welche auch berücksichtigt werden müssen.



(Vorgaben beachten…)
Die Koppelkapazitäten sind bei Gleichstrom grundsätzlich (auch wenn sie gegen unendlich gehen) Unterbrechungen, daher fällt alles „außerhalb“ der Kondensatoren weg…

- Welche der in Bild 3.1 dargestellten Elemente sind im GS-ESB nicht enthalten? Warum?

C_e und C_a sind für Gleichstrom Unterbrechungen und fallen raus, daher fällt auch $u_e(t)$ weg.

(Oder für $u_e(t)$: Ist für die Gleichstrombetrachtung kurzgeschlossen)

3.2 Arbeitspunkteinstellung – (3 Punkte)

Im Folgenden soll durch die beiden Widerstände R_B und R_C der Arbeitspunkt des Transistors eingestellt werden. Dabei soll gelten

- für die Kollektor-Emitter-Spannung: $U_{CE,AP} = \frac{U_{Bat}}{2}$
- für den Kollektorstrom: $I_{C,AP} = 100\,mA$

Berechnen Sie:

- den Kollektorvorwiderstand R_C

$$R_C = \frac{U_{Bat} - U_{CE,AP}}{I_{C,AP}} \qquad R_C = \frac{30V - 15V}{100mA} = 150\Omega$$

- den Basisstrom $I_{B,AP}$

$$I_{B,AP} = \frac{I_{C,AP}}{B} \qquad I_{B,AP} = \frac{100mA}{100} = 1mA$$

- den Basisvorwiderstand R_B

$$R_B = \frac{U_{Bat} - U_{Be0} - I_{B,AP} \cdot R_{BE}}{I_{B,AP}} \qquad \textit{(Maschengleichung eben…)}$$

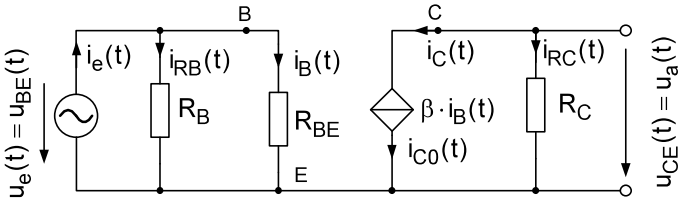
$$R_B = \frac{30V - 0,7V - 1mA \cdot 1,5k\Omega}{1mA} = 27,8k\Omega$$

-

Hinweis: Falls Sie diese Teilaufgaben nicht lösen konnten, dürfen Sie in den folgenden Teilaufgaben als Ersatzwert $R_C = 151,5\,\Omega$ verwenden.

3.3 Wechselstromersatzschaltbild – (4 Punkte)

- Zeichnen Sie das Wechselstromersatzschaltbild (WS-ESB) der kompletten in Bild 3.1 dargestellten Schaltung inklusive aller Ströme und Spannungen sowie der Punkte B, E und C.
  Zeichnen Sie dabei NUR die Elemente ein, welche auch berücksichtigt werden müssen.



(Abzug bei falschem/fehlendem Bauteil: 1P; Pfeile: 0,5P;

- Welche der in Bild 3.1 dargestellten Elemente können im WS-ESB vernachlässigt werden? Warum?

  U_{Bat} wird zum Kurzschluss, da WS-ESB

  C_e und C_a werden Kurzschlüsse da kein Widerstand für WS

  (hier ist nach Elementen aus Bild 3.1 gefragt…)

3.4 Verstärkung – (3 Punkte)

Im Folgenden soll die Spannungsverstärkung der gesamten Schaltung ermittelt werden. Dabei darf davon ausgegangen werden, dass der Ausgang nicht belastet wird.

- Berechnen Sie $i_B(t)$ in Abhängigkeit von $u_e(t)$ sowie den Wert von $\hat{i}_B$.

$$i_B(t) = \frac{u_e(t)}{R_{BE}}$$

$$\hat{i}_B = \frac{\hat{u}_e}{R_{BE}} = \frac{1\text{V}}{1{,}5\,\text{k}\Omega} = 2/3\,\text{A}$$

- Berechnen Sie $i_C(t)$ in Abhängigkeit von $u_e(t)$ sowie den Wert von $\hat{i}_C$

$$i_c(t) = \beta \cdot i_B(t) = \beta \cdot \frac{u_e(t)}{R_{BE}}$$

$$\hat{i}_C = \beta \cdot \hat{i}_B = \beta \cdot \frac{\hat{u}_e}{R_{BE}} = 100 \cdot \frac{1\text{V}}{1{,}5\,\text{k}\Omega} = 66\,2/3\,\text{A}$$

- Berechnen Sie den Wert der Spannungsverstärkung $\frac{u_a(t)}{u_e(t)}$.

$$u_a(t) = u_{ce}(t) = i_{RC}(t) \cdot R_C = -i_C(t) \cdot R_C = -\beta \cdot \frac{u_e(t)}{R_{BE}} \cdot R_C$$

$$\frac{u_a(t)}{u_e(t)} = -\beta \cdot \frac{R_C}{R_{BE}} = -100 \cdot \frac{150\Omega}{1500\Omega} = -10$$

(Vorgaben und Abhängigkeiten beachten bzw. lesen, was genau gefordert wird…)

TEIL 2: Verstärkerschaltung mit Operationsverstärkern

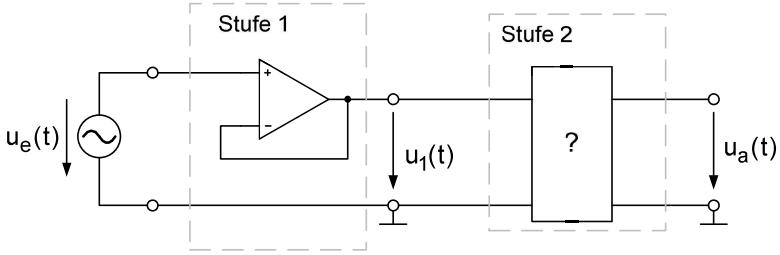


Bild 3.2: Übersicht der OP-Schaltung

Alle Operationsverstärker dürfen als ideal angenommen werden.

3.5 Stufe 1 – (2 Punkte)

- Um welche OP-Grundschaltung handelt es sich?
  Impedanzwandler (oder Spannungsfolger)
- Geben Sie $u_1(t)$ in Abhängigkeit von $u_e(t)$ an.

$$u_1(t) = u_e(t)$$

- Welchen Zweck erfüllt dieser Schaltungsteil?
  Der Impedanzwandler schützt die Signalquelle vor einer Belastung durch die weitere OP-Stufe 2. Dadurch kann das Signal nicht durch Belastung verfälscht werden.

3.6 Stufe 2 – (4 Punkte)

Für die Stufe 2 soll eine OP-Schaltung entworfen werden, so dass gilt:

$$\frac{u_a(t)}{u_e(t)} = -10$$

Zur Verfügung stehen ein Operationsverstärker, sowie die folgenden Widerstände:

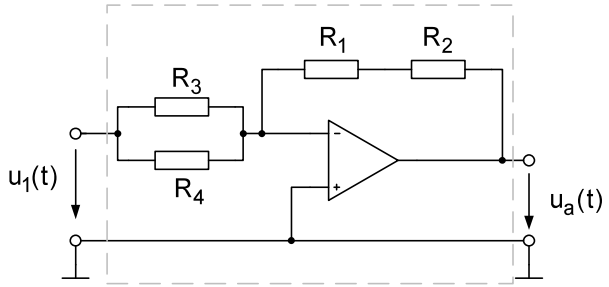
$R_1 = 5\,k\Omega$ $R_2 = 5\,k\Omega$ $R_3 = 2\,k\Omega$ $R_4 = 2\,k\Omega$

- Welche OP-Grundschaltung sollte die Stufe 2 enthalten? Warum?

  Invertierender Verstärker, da damit eine negative Verstärkung erreicht werden kann.

  (Und der vorgeschaltete Impedanzwandler eine Verstärkung von 1 hatte bzw. da $u_1(t) = u_e(t)$)

- Zeichnen Sie eine mögliche Schaltung für die Stufe 2 und zeigen Sie, dass die Verstärkung Ihrer Schaltung -10 entspricht.



$$v = -\frac{R_1 + R_2}{R_3 \,||\, R_4} = -\frac{5\,k\Omega + 5\,k\Omega}{\frac{2\,k\Omega \cdot 2\,k\Omega}{2\,k\Omega + 2\,k\Omega}} = -\frac{10\,k\Omega}{1\,k\Omega} = -10$$

Prüfung

Einführung in die Elektrotechnik

(Einführung in die Elektrotechnik *12210 für ee, fmt, mabau, mecha, tema, tp)

(Einführung in die Elektrotechnik 1 und 2 für medtech)

12.03.2015

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.
- Bitte kennzeichnen Sie in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit gegebenen Ersatzwerten weiterführen.
- 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.
- Sämtliche Ergebnisse müssen soweit wie möglich vereinfacht werden.
- Geben Sie den ausgefüllten Umschlagbogen (Name, Matrikelnummer, Studiengang) mit innenliegenden Lösungsblättern und ggf. noch zusätzlich beschriebenen Blättern ab. Die Aufgabenblätter selbst bitte nicht mit abgegeben

Aufgabe 1: Komplexe Wechselstromrechnung (20 Punkte)

Die in Bild 1.1 dargestellte Schaltung wird an einer sinusförmigen Wechselspannung mit der Frequenz f betrieben. Nachfolgend soll das Verhalten der Schaltung in Abhängigkeit der Bauteile und ihrer Werte berechnet werden.

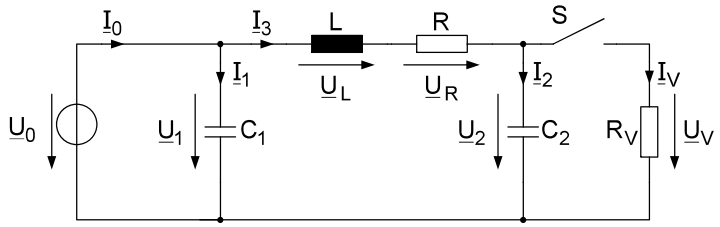


Bild 1.1: Ersatzschaltbild der Schaltung

Generell gilt:

- Stellen Sie Endergebnisse mit komplexen Zahlen in kartesischer Schreibweise dar, also Realteil + j • Imaginärteil!
- Die Aufgabenteile 1.1 bis 1.3 sind unabhängig voneinander lösbar.

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Frequenz der Spannungsquelle:	$f = 50\,\text{Hz}$
Induktivität der Spule:	$L = 0{,}5 \cdot \pi^{-1}\,\text{H}$
Kapazität der Kondensatoren:	$C_1 = C_2 = (5000 \cdot \pi)^{-1}\,\text{F}$
Ohm'scher Widerstand:	$R = 25\,\Omega$

Aufgabe 1.1: Spannungen und Ströme (8 Punkte)

Der Schalter S ist vorerst geöffnet, d.h. $\underline{I}_V = 0\,\text{A}$. Es gilt: $\underline{U}_0 = 50\,\text{V}$

- Berechnen Sie den Strom $\underline{I}_0$, den die Quelle liefern muss.
- Berechnen Sie die Phasenverschiebung φ zwischen dem Strom $\underline{I}_0$ und der Spannung $\underline{U}_0$.
- Bestimmen Sie die Spannung $\underline{U}_2$ und geben Sie das Verhältnis der Amplitude $\hat{u}_2$ zur Amplitude $\hat{u}_0$ der Spannung $\underline{U}_0$ an.

Aufgabe 1.2: Zeigerdiagramm (2 Punkte)

Der Schalter S ist weiterhin geöffnet, d.h. $\underline{I}_V = 0\,\text{A}$.

- Vervollständigen Sie auf dem Lösungsblatt das qualitative Zeigerdiagramm für die in Bild 1.1 dargestellte Schaltung so, dass alle eingezeichneten Spannungen und Ströme enthalten sind.

Aufgabe 1.3: Schein-, Wirk- und Blindleistung (10 Punkte)

Der Schalter S sei nun geschlossen, sodass ein Strom durch den Verbraucher mit $R_V = 50\,\Omega$ fließen kann. Die Spannung $\underline{U}_0$ soll neu berechnet werden, sodass am Verbraucher die Spannung $\underline{U}_V = 100\,\text{V}$ anliegt.

- Bestimmen Sie die neue Spannung $\underline{U}_0$ der Spannungsquelle.
- Welche Schein-, Wirk- und Blindleistung muss die Quelle liefern?

Aufgabe 2: Lade- und Entladevorgänge (20 Punkte)

Im nachfolgenden Bild 2.1 ist eine Schaltung gegeben, in welcher ein Kondensator C sowie die beiden Widerstände R_1 und R_2 über einen idealen Schalter S an eine ideale Gleichspannungsquelle U_0 angeschlossen sind.

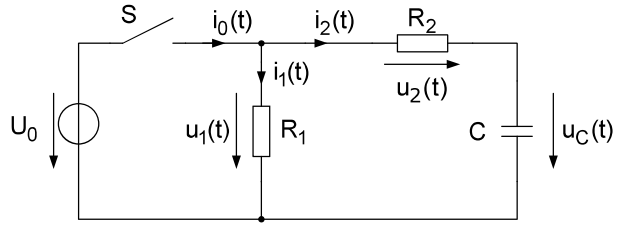


Bild 2.1: Schaltung zum Laden und Entladen eines Kondensators

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannungsquelle:	$U_0 = 10\,V$
Kondensator:	$C = 10\,\mu F$
Widerstände	$R_1 = 20\,\Omega$ sowie $R_2 = 80\,\Omega$

Aufgabe 2.1: Einschaltvorgang (15 Punkte)

Der Kondensator war vor dem Einschaltzeitpunkt vollständig entladen und der Schalter S geöffnet. Zum Zeitpunkt $t_{ein} = 0\,s$ wird nun der Schalter S geschlossen.

- Stellen Sie mit Hilfe der Grundgleichungen der Bauelemente R_1, R_2 und C die für den Einschwingvorgang geltende Differentialgleichung (DGL) für $u_C(t)$ auf.
- Lösen Sie die DGL mit dem Ansatz $u_C(t) = a \cdot \exp\left(-\frac{t - t_{ein}}{\tau_1}\right) + b$ für $t_{ein} = 0\,s$ und bestimmen Sie die Konstanten a, b sowie τ_1.
- Geben Sie die zeitliche Funktion der Spannung $u_C(t)$ sowie die des Stromes $i_0(t)$ für $t > t_{ein}$ an.
- Welchen Wert strebt $u_C(t)$ für $t \to \infty$ an und zu welchem Zeitpunkt t_x werden 90% dieses Wertes erreicht?

Aufgabe 2.2: Ausschaltvorgang (5 Punkte)

Zum Zeitpunkt $t = t_{aus}$ wird der Schalter S wieder geöffnet. Dabei gilt: $u_C(t_{aus}) = 5\,V$

- Stellen Sie die für den Ausschaltvorgang geltende DGL für $u_C(t)$ auf.
- Wählen Sie einen geeigneten Ansatz für $u_C(t)$ und geben Sie die zeitliche Funktion der Spannung $u_C(t)$ für $t > t_{aus}$ als Lösung der DGL an. Die Zwischenschritte müssen hierbei nicht angegeben werden.
- Wie verhält sich die Zeitkonstante τ_2 (Ausschaltvorgang) zur Zeitkonstante τ_1 (Einschaltvorgang)?

Aufgabe 3: Kurz- und Verständnisfragen zu EET1 (10 Punkte)

Die folgenden Fragen werden wie folgt bewertet:

- 2 Punkte für eine richtige Antwort
- 0,5 Punkte für die Antwort „ich weiß es nicht“
- 0 Punkte bei keiner oder falscher Antwort

Kreuzen Sie Ihre Antwort auf dem entsprechenden Lösungsblatt an.

a) Welchen Ersatzleitwert (Zahl und Einheit) besitzen zwei parallel geschaltete Widerstände, wenn die beiden Widerstände jeweils einen Wert von $100\,\Omega$ haben?

b) Welchen Wert hat die Phasenverschiebung zwischen Spulenstrom und der Spulenspannung bei einer idealen Spule?

c) Wie verändert sich die Klemmenspannung einer idealen Spannungsquelle bei steigendem Klemmenstrom?

d) Wodurch werden nichtbetrachtete Stromquellen beim Überlagerungssatz ersetzt?

e) Wie lässt sich die Eigeninduktivität einer Spule berechnen?

Aufgabe 4: Kurz- und Verständnisfragen zu EET2 (10 Punkte)

Die folgenden Fragen werden wie folgt bewertet:

- 2 Punkte für eine richtige Antwort
- 0,5 Punkte für die Antwort „ich weiß es nicht“
- 0 Punkte bei keiner oder falscher Antwort

Kreuzen Sie Ihre Antwort auf dem entsprechenden Lösungsblatt an.

a) Geben Sie die niedrigste mögliche Frequenz des speisenden Netzes an, wenn eine daran angeschlossene Asynchronmaschine eine Synchrondrehzahl von $n_{sync} = 1200\ \text{min}^{-1}$ besitzt.

b) Kann eine Asynchronmaschine, die an einem Netz mit einer Netzfrequenz von $f_{Netz} = 50\,\text{Hz}$ angeschlossen ist, eine Synchrondrehzahl von $n_{sync} = 1200\ \text{min}^{-1}$ besitzen? Wenn ja, welche Polpaarzahl besitzt die ASM?

c) Durch welche Art der Rückkopplung ist ein Schmitt-Trigger gekennzeichnet?

d) Wie muss bei einer fremderregten Gleichstrommaschine der Erregerstrom beeinflusst werden, um das abgegebene Drehmoment bei gleichbleibendem Ankerstrom zu verringern?

e) Welchen Maximalwert kann der Strom in den invertierenden Eingang eines idealen Operationsverstärkers annehmen?

Aufgabe 5: Gleichstrommaschine (15 Punkte)

Eine permanentmagnetisch erregte Gleichstrommaschine (GM) für kleine Leistungen soll im Motorbetrieb untersucht werden. Dazu wird der Motor an eine ideale Spannungsquelle mit $U_q = 4{,}2\ \mathrm{V}$ angeschlossen und die folgenden zwei Messungen werden durchgeführt:

Erste Messung:

Bei festgebremstem Motor (Stillstand) gemessen:

$$I_{A,st} = 2{,}1\ \mathrm{A}$$

Zweite Messung:

Bei realem Leerlauf (kein Moment nach außen hin abgegeben, es muss lediglich die Reibung innerhalb der Maschine überwunden werden) gemessen:

$$n_{r0} = 15000\ \mathrm{min}^{-1}$$

$$I_{A,r0} = 0{,}1\ \mathrm{A}$$

Vereinfachungen, die angenommen werden dürfen:

- Es dürfen stets stationäre Betriebsverhältnisse angenommen werden, d.h. alle Größen der GM sind Gleichgrößen.
- Kupferverluste und Reibung müssen berücksichtigt werden, alle anderen Verlusteffekte dürfen vernachlässigt werden.
- Die Reibung darf als konstantes, drehzahlunabhängiges Drehmoment angenommen werden.

Aufgabe 5.1: Elektrisches ESB (3 Punkte)

- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der gesamten Anordnung inklusive aller Ströme und Spannungen.
  Zeichnen Sie dabei ausschließlich solche Elemente ein, die unter Berücksichtigung der Vereinfachungen auch zur Rechnung benötigt werden.

Aufgabe 5.2: Maschinenparameter (4 Punkte)

Berechnen Sie aus den Werten der beiden gegebenen Messungen die folgenden Größen der GM:

- Ankerwiderstand R_A
- Produkt aus Maschinenkonstante und magnetischem Fluss $c \cdot \Phi$

Geben Sie $c \cdot \Phi$ in der Einheit „mVs“ (Milli-Volt-Sekunden) an und runden Sie auf die 4. Nachkommastelle.

Aufgabe 5.3: Reibung (4 Punkte)

Anhand der Messung im realen Leerlauf (Messung 2) soll nun die Reibung bestimmt werden:

- Berechnen Sie die Verlustleistung $P_{V,Rbg}$, welche bei der zweiten Messung durch die Reibung innerhalb der Maschine entsteht.
- Berechnen Sie das Reibungsmoment M_{Rbg}.

Aufgabe 5.4: Nennbetrieb (4 Punkte)

Von der Maschine sind die folgenden Nennwerte bekannt:

Ankernennspannung: $U_{A,N} = 4{,}2\ \mathrm{V}$

Nenndrehzahl: $n_N = 12000\ \mathrm{min}^{-1}$

Berechnen Sie die folgenden Größen für den Nennbetrieb:

- Ankernennstrom $I_{A,N}$
- Abgegebene mechanische Leistung $P_{ab,N}$

Aufgabe 6: Halbleiter (25 Punkte)

TEIL1: Wechselstromverstärker

Die in Bild 6.1 dargestellte Verstärkerschaltung auf Basis eines NPN-Transistors soll untersucht werden.

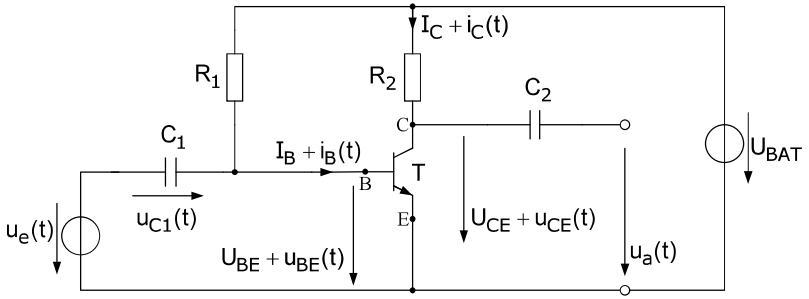


Bild 6.1: Verstärkerschaltung

Von der Schaltung ist folgendes bekannt:

Versorgungsspannung: $U_{Bat} = 30\ V$

Signalspannung: $u_{e1}(t) = 0{,}5V \cdot \sin(2\pi \cdot 500Hz \cdot t)$

Widerstände: $R_1 = 57\ k\Omega$ sowie $R_2 = 300\ \Omega$

Transistor T:

Basis-Emitter-Widerstand: $R_{BE} = 1600\ \Omega$

Kollektor-Emitter-Widerstand: $R_{CE} \to \infty$

Basis-Emitter-Diffusionsspannung: $U_{BE0} = 0{,}7\ V$

Gleich- und Wechselstromverstärkung: $B = \beta = 100$

Kapazitive Effekte innerhalb des Transistors dürfen vernachlässigt werden.

Die Kapazität des Koppelkondensators C_2 darf als so groß angenommen werden, dass sein Wechselstromwiderstand vernachlässigbar klein ist.

Aufgabe 6.1: Gleichstromersatzschaltbild (3 Punkte)

- Zeichnen Sie das Gleichstromersatzschaltbild inklusive aller relevanten Ströme und Spannungen in das Lösungsblatt ein. Berücksichtigen Sie dabei sämtliche gegebenen Vereinfachungen.

Aufgabe 6.2: Arbeitspunkt (5 Punkte)

Im Folgenden soll der Arbeitspunkt bestimmt werden, welcher durch die Widerstände R_1 und R_2 eingestellt ist.

- Berechnen Sie den Basisstrom $I_{B,AP}$ im Arbeitspunkt.
- Berechnen Sie die Kollektor-Emitter-Spannung $U_{CE,AP}$ im Arbeitspunkt.
- Ist der Arbeitspunkt sinnvoll gewählt? Begründen Sie Ihre Antwort!

Aufgabe 6.3: Wechselstromersatzschaltbild (3 Punkte)

- Zeichnen Sie das Wechselstromersatzschaltbild inklusive aller relevanten Ströme und Spannungen in das Lösungsblatt ein. Berücksichtigen Sie dabei sämtliche gegebenen Vereinfachungen.

Aufgabe 6.4: Koppelkondensator (4 Punkte)

Um die Wirkung des Koppelkondensators C_1 am Eingang der Schaltung vernachlässigen zu können, soll er so ausgelegt werden, dass der Spannungsabfall an ihm maximal 2% der Basis-Emitter-Spannung beträgt. Es soll also gelten: $\hat{u}_{C1} \le 0{,}02 \cdot \hat{u}_{BE}$

- Berechnen Sie den minimal nötigen Blindwiderstand $X_{C1} = \frac{1}{\omega \cdot C_1}$ des Kondensators C_1.

TEIL2: Operationsverstärkerschaltungen

Aufgabe 6.5: Analyse einer gegebenen OP-Schaltung (5 Punkte)

Gegeben ist die in Bild 6.2 dargestellte OP-Schaltung.

Von der Schaltung ist bekannt:

Signalspannung: $u_{e1}(t) = 2V \cdot \sin(2\pi \cdot 500Hz \cdot t)$

Signalspannung: $u_{e2}(t) = 4V$

Widerstände: $R_1 = R_2 = 10\,k\Omega$ sowie $R_3 = 5\,k\Omega$

Der Operationsverstärker darf als ideal angenommen werden.

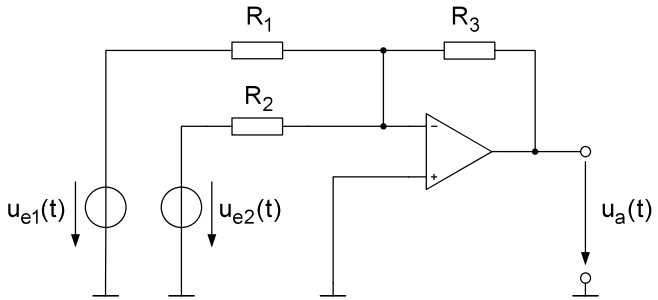


Bild 6.2: Ersatzschaltbild der OP-Schaltung

- Welche OP-Grundschaltung ist in Bild 6.2 dargestellt?
- Berechnen Sie $u_a(t)$ in Abhängigkeit der beiden Signalspannungen $u_{e1}(t)$ und $u_{e2}(t)$.
- Zeichnen Sie die Verläufe der drei Spannungen $u_a(t)$, $u_{e1}(t)$ und $u_{e2}(t)$ in das vorbereitete Diagramm auf dem Lösungsblatt ein und ergänzen Sie die Achsenbeschriftung.

Aufgabe 6.6: OP-Schaltung gesucht (5 Punkte)

Gesucht ist eine OP-Schaltung gemäß Bild 6.3. Die zeitlichen Verläufe der Eingangsspannung u_e und der Ausgangsspannung u_a der OP-Schaltung sind in Bild 6.4 dargestellt.

Für die Schaltung stehen zur Verfügung:

- genau 1 Operationsverstärker
- ein Widerstand R_x mit dem Wert 10 kΩ
- bis zu 3 weitere passive Bauteile (R, L oder C)

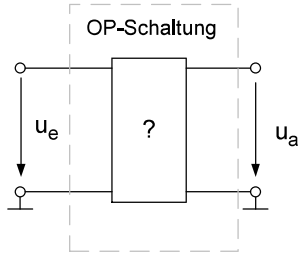


Bild 6.3: OP-Schaltung

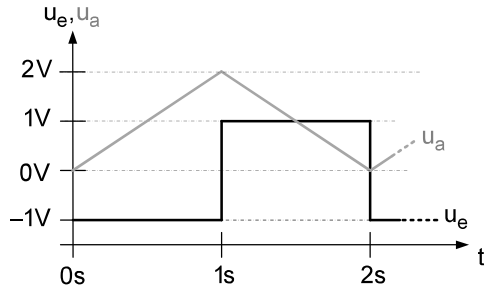


Bild 6.4: Zeitliche Verläufe der Ein- und Ausgangsspannung der gesuchten OP-Schaltung

- Welche OP-Grundschaltung ist gesucht?
- Zeichnen Sie eine mögliche Schaltung.
- Berechnen Sie den Wert bzw. die Werte der Bauteile, welche Sie für die Schaltung verwendet haben.

Prüfung

Einführung in die Elektrotechnik

(Einführung in die Elektrotechnik *12210 für ee, fmt, mabau, mecha, tema, tp)

(Einführung in die Elektrotechnik 1 und 2 für medtech)

10.09.2015

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.
- Bitte kennzeichnen Sie in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit Ersatzwerten weiterführen.
- 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.
- Sämtliche Ergebnisse müssen soweit wie möglich vereinfacht werden.
- Geben Sie den ausgefüllten Umschlagbogen (Name, Matrikelnummer, Studiengang) mit innenliegenden Lösungsblättern und ggf. noch zusätzlich beschriebenen Blättern ab. Die Aufgabenblätter selbst bitte nicht mit abgegeben

Aufgabe 1: Komplexe Wechselstromrechnung (20 Punkte)

Die in Bild 1.1 dargestellte Schaltung wird an einer sinusförmigen Wechselspannung mit dem Effektivwert U_0 und der Frequenz f betrieben. Nachfolgend soll das Verhalten der Schaltung in Abhängigkeit der Bauteile und ihrer Werte berechnet werden.

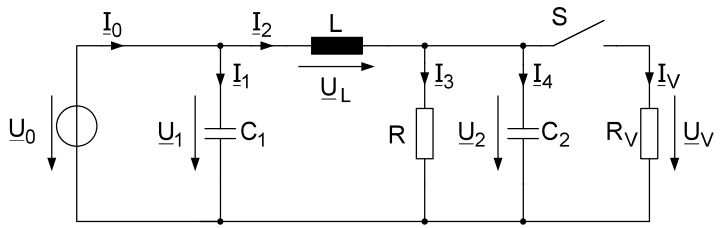


Bild 1.1: Ersatzschaltbild der Schaltung

Generell gilt:

- Stellen Sie Endergebnisse mit komplexen Zahlen in kartesischer Schreibweise dar, also Realteil + j • Imaginärteil!
- Die Aufgabenteile 1.1 bis 1.3 können unabhängig voneinander bearbeitet werden.

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Frequenz der Spannungsquelle:	$f = 50\,\text{Hz}$
Blindwiderstand der Spule:	$X_L = 50\,\Omega$
Blindwiderstände der Kondensatoren:	$X_{C1} = 100\,\Omega$ $X_{C2} = 50\,\Omega$
Ohm'scher Widerstand:	$R = 50\,\Omega$

Aufgabe 1.1: Spannungen und Ströme (9 Punkte)

Der Schalter S ist vorerst geöffnet, d.h. $\underline{I}_V = 0\,\text{A}$. Berechnen Sie für $\underline{U}_0 = 100\,\text{V} + \text{j} \cdot 0\,\text{V}$:

- die Induktivität L und die Kapazität C_2.
- die komplexen Impedanzen
  - $\underline{Z}_{RC}$ (bestehend aus R und C_2)
  - $\underline{Z}_2$ (bestehend aus R, C_2 und L)
- die Ströme $\underline{I}_0$, $\underline{I}_1$ und $\underline{I}_2$.
- die Phasenverschiebung φ zwischen dem Strom $\underline{I}_0$ und der Spannung $\underline{U}_0$.
- die Amplitude $\hat{u}_2$ der Spannung $\underline{U}_2$.

Aufgabe 1.2: Zeigerdiagramm (3 Punkte)

Der Schalter S ist weiterhin geöffnet, d.h. $\underline{I}_V = 0\,\text{A}$.

- Vervollständigen Sie auf dem Lösungsblatt das qualitative Zeigerdiagramm für die in Bild 1.1 dargestellte Schaltung so, dass alle eingezeichneten Spannungen und Ströme enthalten sind.

Aufgabe 1.3: Schein-, Wirk- und Blindleistung (8 Punkte)

Der Schalter S sei nun geschlossen, sodass ein Strom durch den Verbraucher mit $R_V = 25\,\Omega$ fließen kann. Damit am Verbraucher eine Spannung mit dem Betrag $U_V = |\underline{U}_V| = 50\,\text{V}$ anliegt, wird der Betrag der Spannungsquelle auf $U_0 = |\underline{U}_0| = 150\,\text{V}$ geändert.

- Welche Wirkleistung P_0 muss die Quelle liefern?
- Berechnen Sie die Ersatzadmittanz $\underline{Y}_3$ von R, C_2 und R_V.
- Welche Blindleistung Q_L wird in der Spule umgesetzt?
- Welche Blindleistung Q_0 muss die Quelle liefern?
- Welchen Blindwiderstand müsste der Kondensator C_1 haben, damit die Quelle keine Blindleistung mehr liefern muss?

Aufgabe 2: Einschwingvorgänge (20 Punkte)

Im nachfolgenden Bild 2.1 ist eine Schaltung gegeben, in welcher bis zu fünf Widerstände (R_1 bis R_5) sowie die Spule L über einen idealen Schalter S an eine ideale Gleichspannungsquelle U_0 angeschlossen werden können.

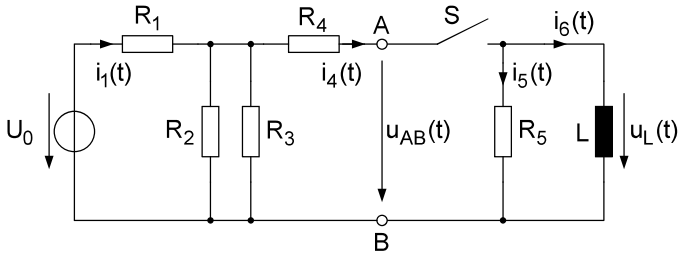


Bild 2.1: Schaltung mit Widerständen und einer Spule

Von dieser Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannungsquelle: $U_0 = 180\,V$

Widerstände: $R_1 = 18\,\Omega \quad R_2 = 10\,\Omega \quad R_3 = 90\,\Omega \quad R_4 = 24\,\Omega$

Aufgabe 2.1: Netzumformung (5 Punkte)

Der Schaltungsteil links der Klemmen A und B aus Bild 2.1 soll zur Vereinfachung der folgenden Berechnungen durch eine entsprechende Ersatzspannungsquelle mit dem Innenwiderstand R_e dargestellt werden.

- Vervollständigen Sie das Ersatzschaltbild (ESB) auf dem Lösungsblatt mit der Ersatzspannungsquelle.
- Bestimmen Sie die Spannung U_e und den Widerstand R_e der Ersatzspannungsquelle.
- Wie groß wird der Strom $i_4(t)$, wenn die Klemmen A-B kurzgeschlossen werden?

Völlig unabhängig von den Ergebnissen aus Aufgabe 2.1 wurde die Schaltung mit einer Ersatzstromquelle gemäß Bild 2.2 modelliert.

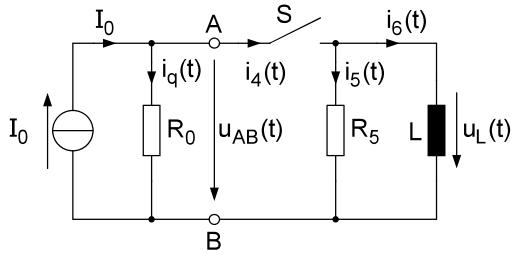


Bild 2.2: Ersatzschaltbild für Lade- und Entladevorgänge

Von dieser Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Stromquelle: $I_0 = 3\,A$

Induktivität der Spule: $L = 60\,mH$

Widerstände: $R_0 = 30\,\Omega \quad R_5 = 15\,\Omega$

Aufgabe 2.2: Einschaltvorgang (15 Punkte)

Vor dem Einschaltzeitpunkt ist der Schalter S geöffnet und es fließt kein Strom durch die Spule L. Zum Zeitpunkt $t_{ein} = 0\,s$ wird nun der Schalter S geschlossen.

- Geben Sie die Beziehung der jeweiligen Spannungen und Ströme für die Bauelemente R_0, R_5 sowie L an und stellen Sie für den Einschwingvorgang die Differentialgleichung (DGL) für $i_6(t)$ auf.
- Nutzen Sie den Ansatz $i_6(t) = a \cdot \exp\left(-\frac{t - t_{ein}}{\tau_1}\right) + b$ für $t_{ein} = 0\,s$ und berechnen Sie die Konstanten a, b sowie τ_1.
- Geben Sie die zeitlichen Funktionen der Spannung $u_L(t)$ und der Ströme $i_q(t)$, $i_4(t)$ sowie $i_5(t)$ für $t > t_{ein}$ an.
- Welchen Wert strebt $i_6(t)$ für $t \to \infty$ an und zu welchem Zeitpunkt t_x werden 99% dieses Wertes erreicht?

Aufgabe 3: Kurz- und Verständnisfragen zu EET1 (10 Punkte)

Die folgenden Fragen werden wie folgt bewertet:

- 2 Punkte für eine richtige Antwort
- 0,5 Punkte für die Antwort „ich weiß es nicht“
- 0 Punkte bei keiner oder falscher Antwort

Kreuzen Sie Ihre Antwort auf dem entsprechenden Lösungsblatt an.

a) Welche Ersatzkapazität C_e besitzen zwei in Serie geschaltete Kondensatoren C_1 und C_2, wenn gilt: $C_1 = 2 \cdot C_2$?

b) Welchen Wert kann die Phasenverschiebung zwischen Strom und der Spannung bei einer Impedanz annehmen, wenn die Impedanz aus einer Serienschaltung von Widerstand und Spule besteht?

c) Wieviel Energie ist in einem Kondensator mit der Kapazität 70 mF bei einer Spannung von 5 V gespeichert?

d) Wodurch werden nichtbetrachtete Spannungsquellen beim Überlagerungssatz ersetzt?

e) Bei einem RLC-Reihenschwingkreis ist der Scheinwiderstand der gesamten Schaltung bei der Resonanzfrequenz

Aufgabe 4: Kurz- und Verständnisfragen zu EET2 (10 Punkte)

Die folgenden Fragen werden wie folgt bewertet:

- 2 Punkte für eine richtige Antwort
- 0,5 Punkte für die Antwort „ich weiß es nicht“
- 0 Punkte bei keiner oder falscher Antwort

Kreuzen Sie Ihre Antwort auf dem entsprechenden Lösungsblatt an.

a) Eine Asynchronmaschine wird an einem Drehstromnetz mit der Frequenz $f_{Netz} = 50\text{Hz}$ betrieben. Welche Synchrondrehzahlen sind möglich?

b) Kann eine Asynchronmaschine, die an einem Netz mit einer Netzfrequenz von $f_{Netz} = 60\,\text{Hz}$ angeschlossen ist, eine Synchrondrehzahl von $n_{sync} = 1200\ \text{min}^{-1}$ besitzen? Wenn ja, welche Polpaarzahl besitzt die ASM?

c) Welche Aussage zu einem NPN-Transistor ist richtig?

d) Wenn ein symmetrischer, dreiphasiger Verbraucher an ein Drehstromnetz angeschlossen wird, gilt für die Sternschaltung im Vergleich zur Dreiecksschaltung:

e) Welcher Wert für die Open-Loop-Verstärkung eines realen Operationsverstärkers ist realistisch?

Aufgabe 5: Fremderregte Gleichstrommaschine (20 Punkte)

Eine fremderregte Gleichstrommaschine soll an einem Maschinenprüfstand untersucht werden. Der Ankerkreis der Maschine wird an einer realen Spannungsquelle betrieben.

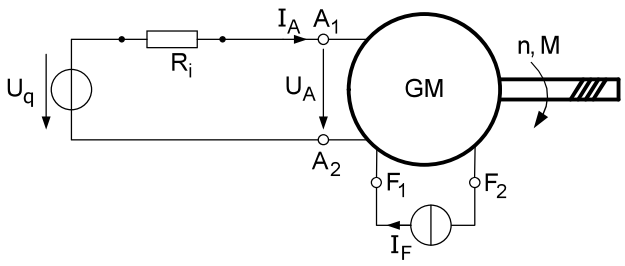


Bild 5.1: Gleichstrommaschine mit äußerer Beschaltung

Für den Arbeitspunkt 1 (AP1) sind folgende Daten gegeben:

Drehzahl:	$n_{AP1} = 2250\,\text{min}^{-1}$
Abgegebene Leistung	$P_{ab,AP1} = 11{,}7\,\text{kW}$
Induzierte Spannung	$U_{i,AP1} = 260\,\text{V}$
Ankerspannung	$U_{A,AP1} = 296\,\text{V}$

Weiterhin sind folgende Daten bekannt:

Erregerstrom (konstant):	$I_F = 6\,\text{A}$
Widerstand der Erregerwicklung	$R_F = 2\,\Omega$
Innenwiderstand der Spannungsquelle	$R_i = 200\,\text{m}\Omega$

Vereinfachungen, die angenommen werden dürfen:

- Es dürfen stets stationäre Betriebsverhältnisse angenommen werden, d.h. alle Größen der GM sind Gleichgrößen.
- Reibung und Eisenverluste dürfen vernachlässigt werden.

Aufgabe 5.1: Allgemein (2 Punkte)

- Nennen Sie je einen Vor- und Nachteil einer fremderregten Gleichstrommaschine gegenüber einer permanenterregten Gleichstrommaschine.

Aufgabe 5.2: Elektrisches ESB (4 Punkte)

- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der gesamten Anordnung aus Abbildung 5.1 in das Lösungsblatt ein. Tragen Sie alle Strom- und Spannungszählpfeile ein.
  Zeichnen Sie dabei zunächst ALLE Elemente mit ein.

- Kennzeichnen Sie diejenigen Elemente, welche in der weiteren Rechnung nicht berücksichtigt werden müssen und begründen Sie, warum diese vernachlässigbar sind.

Aufgabe 5.3: Maschinendaten (7 Punkte)

Im Folgenden sollen die Maschinenparameter anhand der gegebenen Daten im AP1 ermittelt werden. Berechnen Sie:

- die Maschinenkonstante $c \cdot \Phi$
- den Ankerwiderstand R_A
- die in AP1 angelegte Spannung $U_{q,AP1}$

Aufgabe 5.4: Nennbetrieb (7 Punkte)

Im Nennbetrieb liefert die Spannungsquelle einen Strom von $I_{A,N} = 52\,\text{A}$ bei $U_{q,N} = 380\,\text{V}$.

Berechnen Sie die Werte der folgenden Größen im Nennbetrieb:

- Nenndrehmoment M_N
- Abgegebene Leistung $P_{ab,N}$
- Wirkungsgrad der gesamten Anordnung η_N

Aufgabe 6: OP-Schaltungen und Zenerdiode (20 Punkte)

Ein Sensor soll auf einen Maximalwert überwacht werden. Der Wert des Sensors wird durch die gesteuerte Stromquelle i_m repräsentiert.

Das Stromsignal wird im Schaltungsteil 1 durch den Widerstand R_m in ein Spannungssignal u_m gewandelt und soll anschließend verstärkt werden.

Der Schaltungsteil 2 erzeugt eine Referenzspannung.

Die Schaltungsteile 3 und 4 dienen dem Vergleich des Messsignals mit der Referenz und einer Anzeige durch eine Leuchtdiode (LED).

In Bild 6.1 ist die komplette Schaltung dargestellt.

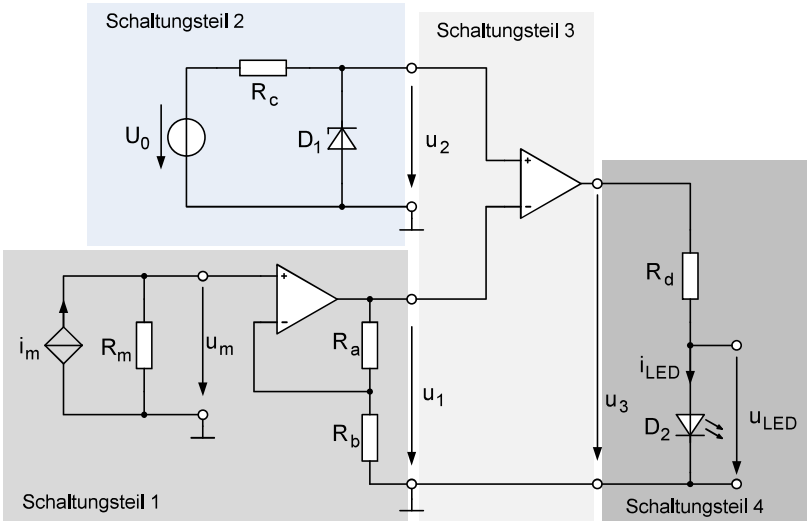


Bild 6.1: Zu untersuchende Schaltung

Von der Schaltung ist folgendes bekannt:

Versorgungsspannung: $U_0 = 15\,V$

Widerstände: $R_m = 40\,\Omega$

$R_d = 1000\,\Omega$

Signalstromquelle:

Wertebereich der Signalstromquelle: $i_m = 4mA \ldots 20mA$

Zenerdiode D1: (Werte des linearisierten ESB)

Zenerspannung $U_{Z0} = 10\,V$

Dynamischer Zenerwiderstand $R_{DZ} = 0\,\Omega$

Maximal erlaubte Verlustleistung $P_{Z,max} = 0{,}25W$

Alle Operationsverstärker

Maximale Ausgangsspannung $U_{OP,max} = +15V$

$U_{OP,min} = -15V$

Ansonsten dürfen die OPs als ideal angenommen werden.

Leuchtdiode D2

Die Strom-Spannungs-Kennlinie ist auf dem Lösungsblatt zur entsprechenden Teilaufgabe gegeben.

.

Aufgabe 6.1: **Schaltungsteil 1 (5 Punkte)**

Durch die OP-Schaltung in der Signalaufbereitung (Schaltungsteil 1) soll gewährleistet werden, dass ein Sensorstrom von $i_m = 20\,mA$ einer Spannung $u_1 = +15V$ entspricht, also dass gilt: $u_1(i_m = 20\,mA) = +15V$

- Welche OP-Grundschaltung ist in dem Schaltungsteil 1 „Signalaufbereitung“ enthalten?
- Berechnen Sie die beiden Widerstände R_a und R_b unter der Nebenbedingung, dass gilt: $R_a + R_b = 10k\Omega$
- Berechnen Sie die Werte:
  - $u_1(i_m = 8mA)$
  - $u_1(i_m = 4mA)$

Aufgabe 6.2: **Schaltungsteil 2 (5 Punkte)**

- Zeichnen Sie das linearisierte ESB dieses Schaltungsteils. Achten Sie auf eine vollständige Beschriftung.
- Gesucht wird die Spannung u_2 in Abhängigkeit des Widerstands R_c, also $u_2(R_c)$. Berechnen oder begründen Sie Ihr Ergebnis. Setzen Sie für alle gegebenen oder bereits berechneten Größen die Zahlenwerte ein.
- Berechnen Sie den Wert für den Widerstand R_c, für welchen in der Zenerdiode genau die maximal erlaubte Verlustleistung auftritt.

Verwenden Sie (unabhängig von Ihrem Ergebnis aus Aufgabe 6.2) für alle folgenden Teilaufgaben für die Spannung am Ausgang der Referenzspannungserzeugung den konstanten Wert $u_2 = 10V$.

Aufgabe 6.3: **Schaltungsteil 3 - Komparatorstufe (2 Punkte)**

- Stellen Sie die Abhängigkeit zwischen den Spannungen u_1 und u_3 grafisch dar. Verwenden Sie das vorbereitete Diagramm auf dem Lösungsblatt und achten Sie auf eine vollständige Beschriftung.

Aufgabe 6.4: **Schaltungsteil 4 - LED-Stufe (5 Punkte)**

Der Strom durch die LED soll grafisch bestimmt werden. Die Strom-Spannungs-Kennlinie der LED ist im Lösungsblatt bereits eingezeichnet. Gesucht wird jeweils der Strom durch die LED für die beiden Arbeitspunkte AP1 und AP2, mit:

$i_{m,AP1} = 4\,mA$ sowie $i_{m,AP2} = 20\,mA$

- Geben Sie $u_{3,AP1}$, sowie $u_{3,AP2}$ an.
- Zeichnen Sie für den AP1 die Arbeitsgerade AG1, die zur Bestimmung des Stromes $i_{LED,AP1}$ benötigt wird, in das Diagramm im Lösungsblatt ein und lesen Sie $i_{LED,AP1}$ ab.
- Zeichnen Sie für den AP2 die Arbeitsgerade AG2, die zur Bestimmung des Stromes $i_{LED,AP2}$ benötigt wird, in das Diagramm im Lösungsblatt ein und lesen Sie $i_{LED,AP2}$ ab.

Aufgabe 6.5: **Ersatz für die Komparatorstufe (3 Punkte)**

Das Umschaltverhalten der Komparatorstufe soll um eine Hysterese erweitert werden.

- Welche OP-Schaltung kann verwendet werden?
- Zeichnen Sie die Schaltung!

Prüfung

Einführung in die Elektrotechnik

Prüfungsnummer 12211 für die Studiengänge

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

03.03.2016

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.
- Bitte kennzeichnen Sie in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit Ersatzwerten (sofern angegeben) weiterführen.
- 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.
- Sämtliche Ergebnisse müssen soweit wie möglich vereinfacht werden.
- Geben Sie den ausgefüllten Umschlagbogen (Name, Matrikelnummer, Studiengang) mit innenliegenden Lösungsblättern und ggf. noch zusätzlich beschriebenen Blättern ab. Die Aufgabenblätter selbst bitte nicht mit abgeben

Aufgabe 1: Gleichstromnetzwerke (20 Punkte)

In Abbildung 1-1 ist das Ersatzschaltbild eines Spannungsteilers aus zwei ohmschen Widerständen gegeben. Über den Schalter S kann ein Lastwiderstand zugeschaltet werden. Die Schaltung wird an einer Gleichspannungsquelle mit der Spannung U_0 betrieben.

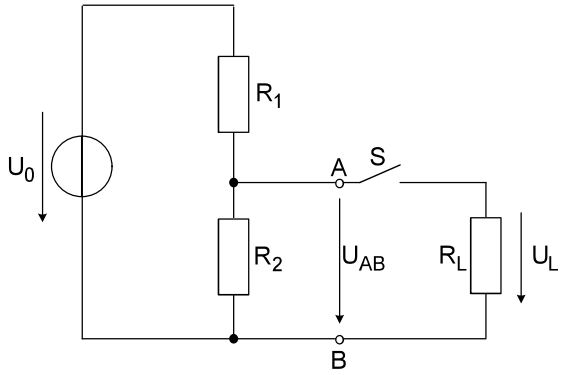


Abbildung 1-1: Ersatzschaltbild des Spannungsteilers

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannung der Spannungsquelle: $U_0 = 40\ V$

Ohm'scher Lastwiderstand: $R_L = 1000\ \Omega$

Aufgabe 1.1: Ersatzspannungsquelle (5 Punkte)

Der Schalter S ist zunächst offen, sodass sich der Spannungsteiler im Leerlauf (zusätzlicher Index „LL") befindet, d.h. es fließt kein Strom durch den Lastwiderstand.

a) Berechnen Sie, wie groß der Widerstand R_1 in Abhängigkeit des Widerstandes R_2 sein muss, damit die Leerlaufspannung $U_{AB,LL} = 10\ V$ beträgt.

b) Berechnen Sie den Innenwiderstand R_i bezüglich der Klemmen A-B unter Verwendung des obigen Ergebnisses in Abhängigkeit von R_2, d.h. $R_i = f(R_2)$.

c) Zeichnen Sie die Schaltung aus Abbildung 1-1 erneut auf, indem Sie den Schaltungsteil links der Klemmen A-B durch die Ersatzspannungsquelle mit der Leerlaufspannung U_q und dem Innenwiderstand $R_i = f(R_2)$ ersetzen.

Aufgabe 1.2: Dimensionierung des Spannungsteilers (6 Punkte)

Der Schalter S ist nun geschlossen, d.h. der Spannungsteiler wird an den Klemmen A-B mit dem Lastwiderstand R_L belastet.

a) Begründen Sie kurz, weshalb bei Belastung die Spannung U_{AB} gegenüber der Leerlaufspannung absinkt, d.h. kleiner wird.

b) Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2 (in Ohm) unter der Maßgabe, dass bei Belastung die Spannung U_{AB} am Lastwiderstand um 2% vom Leerlaufwert $U_{AB,LL}$ absinken darf.

c) Beschreiben Sie kurz, welchen Nachteil der Spannungsteiler aus Abbildung 1-1 im Hinblick auf hohe geforderte Spannungsstabilität bei kleinem Lastwiderstand besitzt.

Hinweis: Denken Sie dabei an die Größe von R_1 und R_2, den damit verbundenen Strom durch R_1 und R_2 im Leerlauf sowie die dabei entstehenden Verluste.

Im Folgenden soll nun die Schaltung in Abbildung 1-2 betrachtet werden. Das Gleichstromnetzwerk besteht aus einer Spannungsquelle U_0, einer Stromquelle I_q sowie vier ohmschen Widerständen.

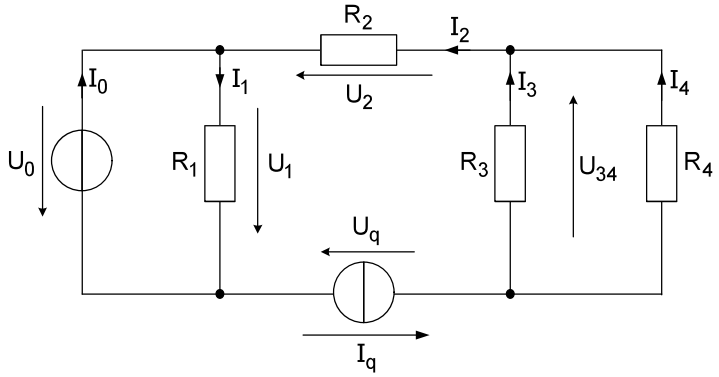


Abbildung 1-2: Ersatzschaltbild des Gleichstromnetzwerks

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannung der Spannungsquelle: $U_0 = 40\ \text{V}$

Strom der Stromquelle: $I_q = 2\ \text{A}$

Ohm'sche Widerstände: $R_1 = 10\ \Omega$

$R_2 = R_3 = 20\ \Omega$

$R_4 = 60\ \Omega$

Aufgabe 1.3: Ströme, Spannungen, Leistung (9 Punkte)

a) Bestimmen Sie alle durch Bezeichner und Zählpfeile in Abbildung 1-2 eingetragenen Ströme und Spannungen.

Hinweis: Lösen Sie die Aufgabe durch einfache Überlegungen ohne die Verwendung des Überlagerungssatzes und ohne Aufstellen und Lösen eines Gleichungssystems!

b) Bestimmen Sie die Verlustleistung P_{R1} im Widerstand R_1.

c) Berechnen Sie, wie groß die Spannung U_0 gewählt werden müsste, damit der Strom $I_0 = 0$ A wird.

d) Berechnen Sie, wie groß die Spannung U_0 gewählt werden müsste, damit die Spannung $U_q = 0$ V wird.

e) Was bedeutet $I_0 = 0$ A bzw. $U_q = 0$ V in Bezug auf die Leistungsabgabe bzw. Leistungsaufnahme der Spannungs- bzw. Stromquelle?

Aufgabe 2: Zeigerdiagramm und Wechselstromrechnung (20 Punkte)

In Abbildung 2-1 ist das Ersatzschaltbild einer Schaltung mit einer Spule, einem Kondensator und drei ohmschen Widerständen gegeben. Die Schaltung wird an einer sinusförmigen Wechselspannungsquelle mit dem Spannungseffektivwert U und der Frequenz f betrieben.

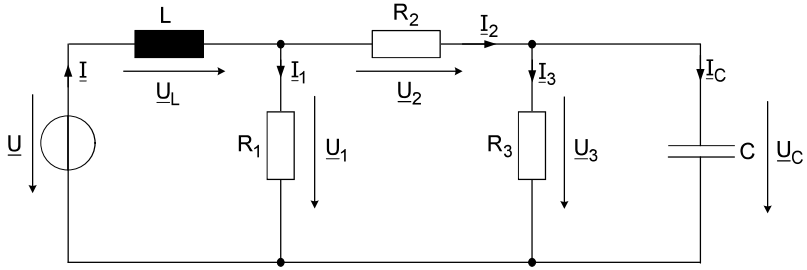


Abbildung 2-1: Schaltung mit Spule, Widerständen und Kondensator an sinusförmiger Wechselspannung

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Kondensatorspannung:	$\underline{U}_C = \underline{U}_3 = 50\ \mathrm{V} \cdot e^{j \cdot 0°}$
Frequenz der sinusförmigen Größen:	$f = 50\ \mathrm{Hz}$
Ohm'sche Widerstände:	$R_1 = 10\ \Omega$
	$R_2 = 20\ \Omega$
	$R_3 = 25\ \Omega$
Blindwiderstand der Spule:	$X_L = 10\ \Omega$
Blindwiderstand des Kondensators:	$X_C = 10\ \Omega$

Aufgabe 2.1: Zeigerdiagramm (7 Punkte)

a) Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm, welches alle die in Abbildung 2-1 durch Zählpfeile und Bezeichner eingetragenen Ströme und Spannungen enthält, für den Fall, dass Strom $\underline{I}$ und Spannung $\underline{U}$ in Phase sind.

Hinweis: Die Phasengleichheit zwischen Strom $\underline{I}$ und Spannung $\underline{U}$ können Sie durch die Anpassung der frei wählbaren Zeigerlänge des Spannungszeigers $\underline{U}_L$ in einem der letzten Konstruktionsschritte erzielen.

b) Was bedeutet die Phasengleichheit zwischen Strom $\underline{I}$ und Spannung $\underline{U}$ bezüglich der Blindleistungsaufnahme der Schaltung?

Aufgabe 2.2: Ströme und Spannungen (7 Punkte)

a) Berechnen Sie sämtliche Ströme sowie Spannungen und geben Sie die komplexen Größen (Ergebnisse) in der kartesischen Form an.

Aufgabe 2.3: Schein-, Wirk- und Blindleistung (6 Punkte)

Im Folgenden wird angenommen: $\underline{U} = (-50\ \mathrm{V} + j \cdot 100\ \mathrm{V})$

$\underline{I} = (10\ \mathrm{A} + j \cdot 20\ \mathrm{A})$

a) Bestimmen Sie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$, die Wirkleistung P sowie die Blindleistung Q, welche die Spannungsquelle $\underline{U}$ bereitstellen muss.

b) Wirkt die Schaltung induktiv oder kapazitiv (kurze Begründung)?

c) Durch welchen Zweipol (R, L oder C) können Sie die Blindleistung aus a) kompensieren (kurze Begründung)?

Aufgabe 3: Einschwingvorgänge (20 Punkte)

In Abbildung 3-1 ist das Ersatzschaltbild einer Schaltung mit einer Spule und drei ohmschen Widerständen gegeben. Die Schaltung wird an einer Gleichspannungsquelle U betrieben. Infolge von Schalthandlungen mittels des Schalters S kommt es zu Einschwingvorgängen.

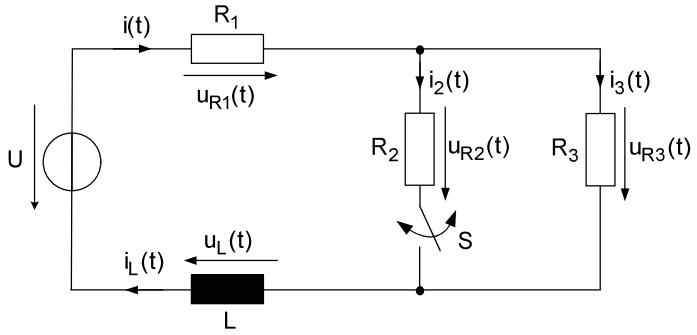


Abbildung 3-1: Schaltung mit Spule und ohmschen Widerständen zur Untersuchung von Einschwingvorgängen infolge von Schalthandlungen

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannung:	$U = 40\ V$
Ohm'sche Widerstände:	$R_1 = 10\ \Omega$
	$R_2 = 15\ \Omega$
	$R_3 = 30\ \Omega$
Induktivität der Spule:	$L = 100\ mH$

Hinweis: Fassen Sie bei geschlossenem Schalter S die Widerstände R_2 und R_3 zunächst zu einem Ersatzwiderstand R_{23} zusammen.

Aufgabe 3.1: Allgemeine Grundlagen (4 Punkte)

a) Erklären Sie kurz, weshalb es in dieser Schaltung durch Schalthandlungen zu Einschwingvorgängen kommt und welcher Zweipol dafür verantwortlich ist.

b) Wie lautet das Grundgesetz für diesen Zweipol?

c) Was bedeutet der Begriff „Energie kennzeichnende Größe" und welche Größe ist in dieser Schaltung Energie kennzeichnend?

Aufgabe 3.2: Stationäre Ströme und Spannungen (8 Punkte)

a) Berechnen Sie die Werte für sämtliche in Abbildung 3-1 durch Zählpfeile und Bezeichner eingetragene Ströme für den Fall, dass der Schalter S bereits unendlich lange Zeit geöffnet war. Kennzeichnen Sie dies durch die Verwendung des zusätzlichen Index „stat1", z.B. $i_{L,stat1}$ für $i_L(t)$.

b) Berechnen Sie sämtliche in Abbildung 3-1 durch Zählpfeile und Bezeichner eingetragene Ströme für den Fall, dass der Schalter S bereits unendlich lange Zeit geschlossen war. Kennzeichnen Sie dies durch die Verwendung des zusätzlichen Index „stat2", z.B. $i_{L,stat2}$ für $i_L(t)$.

Aufgabe 3.3: Differentialgleichung (DGL) I (4 Punkte)

Nun soll der Einschwingvorgang betrachtet werden, der abläuft, wenn der bis dahin unendlich lange geöffnete Schalter S wieder geschlossen wird.

a) Stellen Sie die für den Einschwingvorgang geltende Differentialgleichung auf und bringen Sie sie in die Form $i_{L,stat2} = i_L(t) + \tau_1 \cdot \frac{di_L(t)}{dt}$ (d.h. der „Vorfaktor" bei $i_L(t)$ ist 1).

Lesen Sie aus der DGL die Zeitkonstante τ_1 ab und berechnen Sie den Wert in ms.

Aufgabe 3.4: Differentialgleichung (DGL) II (4 Punkte)

Nun soll der Einschwingvorgang betrachtet werden, der abläuft, wenn der unendlich lange geschlossene Schalter S wieder geöffnet wird.

a) Stellen Sie die für den Einschwingvorgang geltende Differentialgleichung auf und bringen Sie sie in die Form $i_{L,stat1} = i_L(t) + \tau_2 \cdot \frac{di_L(t)}{dt}$ (d.h. der „Vorfaktor" bei $i_L(t)$ ist 1) und

   lesen Sie aus der DGL die Zeitkonstante τ_2 ab und berechnen Sie den Wert in ms.

Die allgemeine Lösung für den Spulenstrom $i_L(t)$ lautet nun wie folgt:

$$i_L(t) = k \cdot e^{-\frac{t}{\tau_2}} + 1\,A\,.$$

Zum Schaltzeitpunkt t = 0 (Öffnen des Schalters) hatte der Spulenstrom den Wert $i_{L,stat2}$ = 2 A (Anfangsbedingung).

b) Berechnen Sie die Konstante k und geben Sie den Wert in Ampere (A) an.

Aufgabe 4: Bipolartransistor-Kleinsignalverstärker (20 Punkte)

In Abbildung 4-1 ist die Schaltung eines Kleinsignalverstärkers gegeben. Die Schaltung soll im Folgenden dimensioniert werden. Es wird die Abkürzung AP für Arbeitspunkt verwendet.

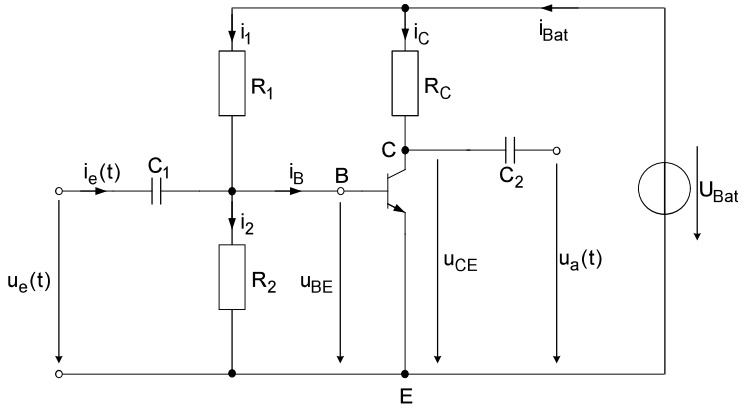


Abbildung 4-1: Schaltung eines Kleinsignalverstärkers mit einem npn - Bipolartransistor

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

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

Transistor (npn-Bipolartransistor)

Gleichstromverstärkung: $B = 200$

Kollektorstrom im AP: $I_{C,AP} = 20\ mA$

Kollektor-Emitter-Spannung im AP: $U_{CE,AP} = 0,5 \cdot U_{Bat}$

Gleichanteil der Basis-Emitter-Spannung im AP: $U_{BE,AP} = 0,62\ V$

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

Kollektor-Emitter-Widerstand vernachlässigbar, d.h.: $R_{CE} \rightarrow \infty\ \Omega$

Bezeichnungen in Abbildung 4-1:

Gleichgrößen werden durch Großbuchstaben gekennzeichnet.

Die sinusförmigen Wechselgrößen werden bezeichnet durch (t), also z.B. $u_e(t)$ oder $u_a(t)$.

Mischgrößen werden nur durch Kleinbuchstaben (ohne (t)) bezeichnet, z.B. i_1, i_2, i_B …

Aufgabe 4.1: Arbeitspunkteinstellung - (11 Punkte)

a) Erklären Sie kurz den Begriff Mischgröße.

b) Weshalb wählt man im AP $U_{CE,AP} = 0,5 \cdot U_{Bat}$?

c) Berechnen Sie den Widerstand R_C und den Gleichanteil $I_{B,AP}$ des Basisstromes i_B, sodass sich der geforderte AP einstellt.

Als Dimensionierungsvorschrift für den Basisspannungsteiler, bestehend aus R_1 und R_2, soll gelten, dass der Gleichstromanteil $I_{2,AP}$ des Stromes i_2 das Zehnfache des Basisstromes $I_{B,AP}$ beträgt.

d) Berechnen Sie die Gleichstromanteile $I_{2,AP}$ und $I_{1,AP}$ der Ströme i_2 und i_1 sowie die Widerstände R_1 und R_2, sodass sich der geforderte AP einstellt.

e) Wie groß ist der ohmsche Widerstand R_{BE} der Basis-Emitter-Strecke des Transistors?

Aufgabe 4.2: Transistor - Verlustleistung (3 Punkte)

a) Weshalb darf die maximal zulässige Verlustleistung des Transistors nicht (dauerhaft) überschritten werden?

b) Wie groß muss die maximal zulässige Verlustleistung P_{tot} des gewählten Transistors mindestens sein, damit der Transistor dauerhaft im obigen AP betrieben werden kann?

Hinweis: Berechnen Sie die im AP auftretende Verlustleistung des Transistors ohne Berücksichtigung von Wechselanteilen!

Aufgabe 4.3: Wechselstromverhalten (6 Punkte)

a) Wozu werden die Kondensatoren C_1 und C_2 benötigt?
Könnten an gleicher Stelle statt Kondensatoren auch Spulen verwendet werden (kurze Begründung)?

b) Zeichnen Sie für die Schaltung in Abbildung 4-1 das Wechselstromersatzschaltbild (R_{CE} kann vernachlässigt werden).

c) Bis zu welcher Spannungsamplitude $\hat{u}_e$ der Eingangswechselspannung arbeitet die Verstärkerschaltung verzerrungsfrei, wenn die Wechselspannungsverstärkung $v_u = 200$ beträgt und angenommen wird, dass der Verstärker um den AP $U_{CE,AP} = 6$ V symmetrisch zwischen $U_{CE} = 2$ V und $U_{CE} = (U_{Bat} - 2V) = 10$ V ausgesteuert werden kann?

Aufgabe 5: Schaltung mit Operationsverstärker (20 Punkte)

In Abbildung 5-1 ist eine Schaltung mit zwei Operationsverstärkern (OPs) dargestellt. Die Funktion soll nachfolgend analysiert werden.

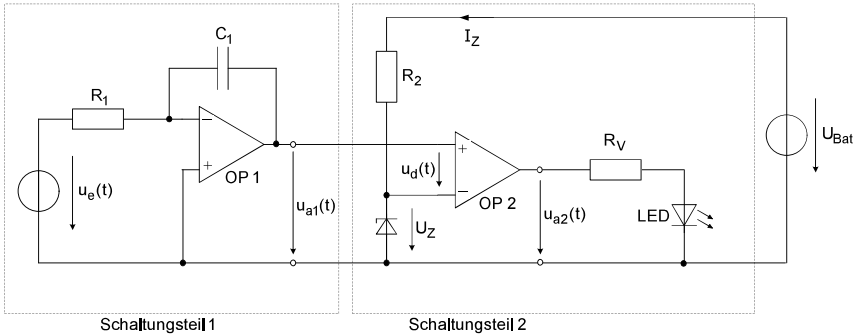


Abbildung 5-1: Schaltung mit zwei Operationsverstärkern

Von der Schaltung sind folgende Daten gegeben:

Batteriespannung:	$U_{Bat} = 20\ V$
Ohm'scher Widerstand:	$R_1 = 10\ k\Omega$
Kondensator:	$C_1 = 100\ \mu F$
Zenerspannung an der Zenerdiode:	$U_Z = 14{,}9\ V$

Annahmen:

- Die Operationsverstärker dürfen als ideal betrachtet werden.
- Die Versorgungsspannung der Operationsverstärker von $\pm 15\ V$ ist in Abbildung 5-1 nicht eingezeichnet.
- Bekannte Zusammenhänge für die OP-Grundschaltungen dürfen ohne erneute Herleitung verwendet werden.
- Der Kondensator sei zu Beginn der Betrachtung ungeladen!

Aufgabe 5.1: Schaltungsteil 1 (8 Punkte)

a) Um welche Grundschaltung handelt es sich im Schaltungsteil 1?

b) Geben Sie $u_{a1}(t)$ als Funktion von $u_e(t)$, R_1 und C_1 an und bestimmen Sie anhand der gegebenen Werte für R_1 und C_1 die auftretende Konstante (Wert mit Einheit).

c) Skizzieren Sie im vorgefertigten Lösungsblatt (Zeitdiagramm) zur Aufgabe 5 den zeitlichen Verlauf der Spannung $u_{a1}(t)$ für $0 < t < 20$ s unter der Maßgabe, dass die Spannung $u_e(t) = -1$ V beträgt.

d) Was geschieht für $t > 15$ s?
Erfüllt die Schaltung des Schaltungsteils 1 für $t > 15$ s noch ihre eigentliche Aufgabe (kurze Begründung)?

Aufgabe 5.2: Schaltungsteil 2 (8 Punkte)

a) Um welche Grundschaltung handelt es sich im Schaltungsteil 2?

b) Geben Sie die Gleichung für $u_d(t)$ in Abhängigkeit von $u_{a1}(t)$ und U_Z an.

c) Welche Werte nehmen $u_d(t)$ und $u_{a2}(t)$ für $u_{a1}(t) > U_Z$ und für $u_{a1}(t) < U_Z$ an und wie ist der Zustand („leuchtet" oder „leuchtet nicht") der Leuchtdiode (LED)? - Füllen Sie die vorgefertigte Tabelle aus!

d) Tragen Sie den entsprechenden Verlauf von U_Z und $u_{a2}(t)$ in das Lösungsblatt zur Aufgabe 5 (Zeitdiagramm) ein.

Aufgabe 5.3: Gesamtfunktion (4 Punkte)

a) Welche „Überwachungsfunktion" wird im Schaltungsteil 2 realisiert?

b) Funktioniert diese „Überwachung" auch für $u_e(t) = +1$ V (kurze Begründung)?

Aufgabe 6: PM-erregte Gleichstrommaschine (GM) (20 Punkte)

In Abbildung 6-1 ist ein Antriebssystem für ein Elektrofahrzeug dargestellt. Der Antrieb besteht aus einer permanentmagneterregten Gleichstrommaschine (GM).

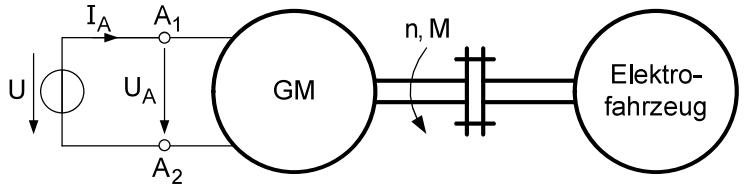


Abbildung 6-1: Permanentmagneterregte Gleichstrommaschine zum Antrieb eines Elektrofahrzeuges

Vom Antriebssystem sind folgende Daten bekannt:

Versorgungsspannung:	$U = 0\ V \ldots 400\ V$ variabel einstellbar
Ankernennspannung:	$U_{AN} = 400\ V$
Ankernennstrom:	$I_{AN} = 100\ A$
Nennleistung:	$P_N = 38\ kW$ (mech. Leistung)
Nenndrehzahl:	$n_N = 4000\ min^{-1}$

Annahmen:

- Es werden stets stationäre Verhältnisse vorausgesetzt.
- Alle Verluste, bis auf die ohmschen Verluste im Ankerkreis der Gleichstrommaschine, dürfen vernachlässigt werden.

.

Aufgabe 6.1: Ersatzschaltbild des Gleichstrommotors (3 Punkte)

a) Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der Gleichstrommaschine mit Zählpfeilen und Bezeichner für sämtliche Ströme und Spannungen.

b) Weshalb darf die Ankerinduktivität L_A vernachlässigt werden?

Aufgabe 6.2: Größen bei Nennbetrieb (7 Punkte)

a) Berechnen Sie die von der Maschine aufgenommene elektrische Leistung $P_{el,N}$, die Verlustleistung $P_{V,N}$, den Wirkungsgrad η_N, die induzierte Spannung $U_{i,N}$ und das Drehmoment M_N im Nennbetrieb.

b) Wie groß ist der Ankerwiderstand R_A?

c) Berechnen Sie die Konstante $c \cdot \Phi$ in mVs.

Aufgabe 6.3: Anlauf bzw. Stillstand (4 Punkte)

a) Berechnen Sie den Ankerstrom $I_{A,St}$, der bei Ankernennspannung im Stillstand (d.h. $n = 0\ min^{-1}$) fließen würde. Ist dieser Anlaufstrom zulässig (kurze Begründung)?

b) Wie groß ist das zu $I_{A,St}$ gehörige Stillstandmoment M_{St}?

c) Wie groß muss die Ankerspannung U eingestellt werden, damit der Ankerstrom im Stillstand den doppelten Ankernennstrom nicht überschreitet?

Aufgabe 6.4: Kurzzeitiger Überlastbetrieb (6 Punkte)

a) Geben Sie die mechanische Leistung P_{mech} allgemein als Funktion von Ankerspannung U_A und Ankerstrom I_A an.

b) Berechnen Sie den Ankerstrom I_A, wenn bei $U_A = U_{AN}$ der Maschine kurzzeitig die 1,1-fache Nennleistung abverlangt wird.

Hinweis: Stellen Sie zunächst eine Gleichung auf, die den Zusammenhang zwischen mechanischer Leistung P_{mech} und induzierter Spannung U_i beinhaltet (ergibt eine quadratische Gleichung für U_i). Berechnen Sie daraus die induzierte Spannung U_i (technisch sinnvolle Lösung auswählen).

Prüfung

Einführung in die Elektrotechnik

Prüfungsnummer 12211 für die Studiengänge

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

08.09.2016

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.
- Bitte kennzeichnen Sie in Ihrer schriftlichen Ausarbeitung, wenn Sie Ihre Rechnung mit Ersatzwerten (sofern angegeben) weiterführen.
- 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.
- Sämtliche Ergebnisse müssen soweit wie möglich vereinfacht werden.
- Geben Sie den ausgefüllten Umschlagbogen (Name, Matrikelnummer, Studiengang) mit innenliegenden Lösungsblättern und ggf. noch zusätzlich beschriebenen Blättern ab. Die Aufgabenblätter selbst bitte nicht mit abgeben

Aufgabe 1: Gleichstromnetzwerk (20 Punkte)

In Abbildung 1-1 ist ein Gleichstromnetzwerk aus zwei parallel geschalteten realen Spannungsquellen (reale Spannungsquelle = ideale Spannungsquelle mit Serienwiderstand) und zwei dazu ebenfalls parallel geschalteten realen Stromquellen (reale Stromquelle = ideale Stromquelle mit Parallelwiderstand) dargestellt.

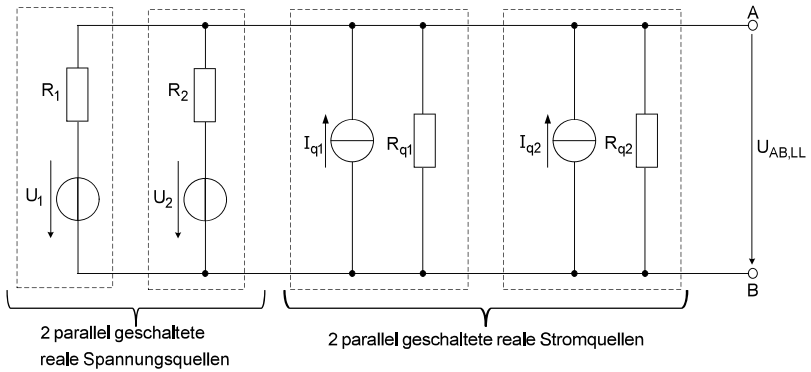


Abbildung 1-1: Gleichstromnetzwerk aus parallel geschalteten realen Spannungs- und Stromquellen

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Quellenspannungen der Spannungsquellen: U_1, U_2

Ohm'sche Widerstände der Spannungsquellen: R_1, R_2

Quellenströme der Stromquellen: I_{q1}, I_{q2}

Ohm'sche Widerstände der Stromquellen: R_{q1}, R_{q2}

Rechnen Sie im Folgenden allgemein (d.h. ohne Zahlenwerte) mit den gegebenen Größen U_1, U_2, R_1, R_2, I_{q1}, I_{q2}, R_{q1} und R_{q2}.

Aufgabe 1.1: Ersatzwiderstand (5 Punkte)

Zunächst soll der Ersatzwiderstand R_{AB} bezüglich des Klemmenpaares A-B bestimmt werden.

a) Was müssen Sie zunächst mit den idealen Spannungsquellen U_1 und U_2 der realen Spannungsquellen und mit den idealen Stromquellen I_{q1} und I_{q2} der realen Stromquellen tun, damit Sie den Ersatzwiderstand R_{AB} bestimmen können?

b) Zeichnen Sie die Schaltung aus Abbildung 1-1 erneut auf, indem Sie die Erkenntnisse der Teilfrage a) einarbeiten.

c) Bestimmen Sie den Ersatzwiderstand R_{AB}.

Hinweis: *Ihr Ergebnis darf Doppelbrüche enthalten.*

Aufgabe 1.2: Kurzschlussstrom (7 Punkte)

Die Klemmen A-B werden nun kurzgeschlossen, d.h. mit einer Verbindung von 0 Ω versehen.

Im Folgenden soll der Kurzschlussstrom I_K im Kurzschlusszweig A-B mit Hilfe des Überlagerungssatzes bestimmt werden.

a) Beschreiben Sie kurz die Aussage des Überlagerungssatzes und geben Sie an, unter welchen Voraussetzungen der Überlagerungssatz angewendet werden darf.

b) Berechnen Sie die Teilkurzschlussströme I_{K1} und I_{K2}, die sich aus der jeweilig alleinigen Wirkung der Spannungsquellen U_1 und U_2 ergeben.

c) Berechnen Sie die Teilkurzschlussströme I_{Kq1} und I_{Kq2}, die sich aus der jeweilig alleinigen Wirkung der Stromquellen I_{q1} und I_{q2} ergeben.

d) Berechnen Sie den Kurzschlussstrom I_K.

Hinweis: *Zu einem Kurzschluss parallel geschaltete Widerstände sind wirkungslos!*

Aufgabe 1.3: Ersatzstromquellendarstellung (6 Punkte)

Die in Abbildung 1-1 gegebene Schaltung kann als Ersatzstromquelle (Ersatzstromquelle = reale Stromquelle) mit dem Quellenstrom I_q und dem Innenwiderstand R_i dargestellt werden.

a) Zeichnen Sie für die in Abbildung 1-1 gegebene Schaltung das Ersatzschaltbild als Ersatzstromquelle, bestehend aus Quellenstrom I_q und Innenwiderstand R_i.
Tragen Sie die Klemmen A-B und die Leerlaufspannung $U_{AB,LL}$ ein.

b) Geben Sie unter Verwendung der Ergebnisse aus den Aufgaben 1.1 und 1.2 den Quellenstrom I_q und den Innenwiderstand R_i an.

c) Berechnen Sie die Leerlaufspannung $U_{AB,LL}$ zunächst in Abhängigkeit von I_q und R_i.
Geben Sie nun $U_{AB,LL}$ in Abhängigkeit von U_1, U_2, R_1, R_2, I_{q1}, I_{q2}, R_{q1} und R_{q2} an.

Hinweis: *Ihr Ergebnis darf Doppelbrüche enthalten.*

Aufgabe 1.4: Verallgemeinerung der Ergebnisse (2 Punkte)

Die Berechnung der Leerlaufspannung $U_{AB,LL}$ für die in Abbildung 1-1 gegebene Schaltung ergibt folgende Lösungsformel:

$$U_{AB,LL} = \frac{\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + I_{q1} + I_{q2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{q1}} + \frac{1}{R_{q2}}} = \frac{\sum_{n=1}^{2} \frac{U_n}{R_n} + \sum_{n=1}^{2} I_{qn}}{\sum_{n=1}^{2} \frac{1}{R_n} + \sum_{n=1}^{2} \frac{1}{R_{qn}}} \qquad (1)$$

Verallgemeinern Sie die obige Gleichung (1) für den Fall einer Schaltung gemäß Abbildung 1-1 in der k reale Spannungsquellen (U_1, …, U_k mit R_1, .., R_k) und ℓ reale Stromquellen (I_{q1}, …, $I_{q\ell}$ mit R_{q1}, …, $R_{q\ell}$) parallelgeschaltet sind.

Aufgabe 2: Wechselstromrechnung (20 Punkte)

In Abbildung 2-1 ist das Ersatzschaltbild einer Schaltung mit einer Spule, einem Kondensator und einem ohmschen Widerstand gegeben. Die Schaltung wird an einer sinusförmigen Wechselspannungsquelle betrieben.

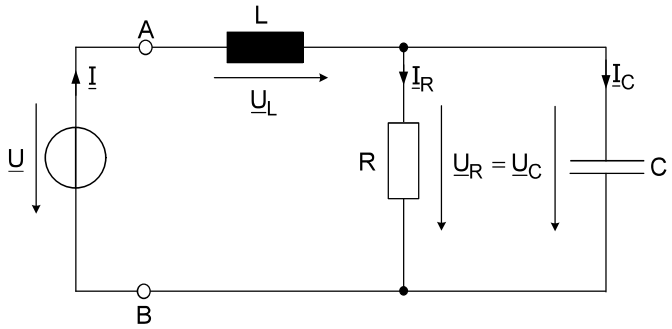


Abbildung 2-1: R-L-C-Schaltung an sinusförmiger Wechselspannung

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannungseffektivwert:	U
Kreisfrequenz der sinusförmigen Spannung:	ω
Ohm'scher Widerstand:	R
Kapazität des Kondensators:	C
Induktivität der Spule:	L

Rechnen Sie im Folgenden zunächst allgemein (d.h. ohne Zahlenwerte) mit den gegebenen Größen U, ω, R, L und C .

Aufgabe 2.1: Zeigerdiagramm (6 Punkte)

a) Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm, welches alle die in Abbildung 2-1 durch Zählpfeile und Bezeichner eingetragenen Ströme und Spannungen enthält.

b) Zeichnen Sie in das Zeigerdiagramm den Phasenverschiebungswinkel φ zwischen Strom $\underline{I}$ und Spannung $\underline{U}$ ein und geben Sie an, ob die Schaltung gemäß dem von Ihnen gezeichneten Zeigerdiagramm ohmsch, ohmsch-induktiv, ohmsch-kapazitiv, induktiv oder kapazitiv wirkt (kurze Begründung).

Aufgabe 2.2: Komplexe Widerstände - Impedanzen (14 Punkte)

a) Berechnen Sie die Ersatzimpedanz $\underline{Z}_{RC}$ der Parallelschaltung von R und C und geben Sie das Ergebnis in kartesischer Form an.

b) Berechnen Sie die Gesamtimpedanz $\underline{Z}$ der Schaltung (Ersatzimpedanz bezüglich der Klemmen A-B) und geben Sie das Ergebnis in kartesischer Form an.

c) Wie groß muss L in Abhängigkeit von ω, R und C gewählt werden, damit die Impedanz $\underline{Z}$ rein reell wird (d.h. $\underline{Z} = Z$)?
Geben Sie $\underline{Z} = Z$ in Abhängigkeit von ω, R und C an.

Verwenden Sie im Folgenden diese Werte:

U = 10 V, R = 10 Ω, ω = 314 s^{-1} und C = 318 µF

und berechnen Sie (unter obiger Voraussetzung $\underline{Z} = Z$):

- L in mH (Millihenry)
- Z in Ω (Ohm)
- Den Effektivwert I des Stromes $\underline{I}$ in A (Ampere)
- Den Betrag S der Scheinleistung $\underline{S}$ in VA (Volt-Ampere)
- Die Wirkleistung P in W (Watt)
- Den Effektivwert I_R des Stromes $\underline{I}_R$ in A (Ampere)
- Den Effektivwert U_C der Spannung $\underline{U}_C$ in V (Volt)

Aufgabe 3: Einschwingvorgang (20 Punkte)

In Abbildung 3-1 ist das Ersatzschaltbild einer Schaltung mit einem Kondensator und drei ohmschen Widerständen gegeben. Die Schaltung wird an einer Gleichspannungsquelle U betrieben. Infolge eines Schaltvorganges mittels des Schalters S kommt es zu einem Einschwingvorgang.

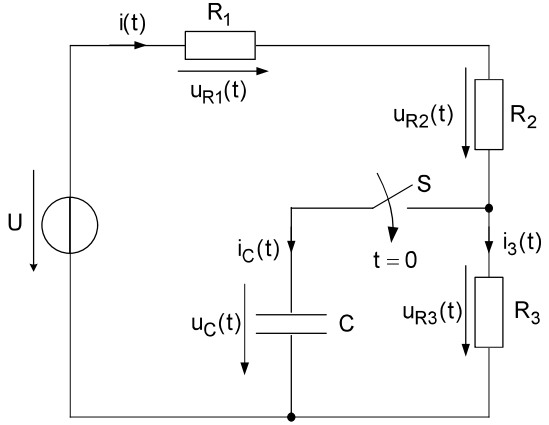


Abbildung 3-1: Einschwingvorgang am Kondensator

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannung: $U = 18\ V$

Ohm'sche Widerstände: $R_1 = 100\ \Omega$

$R_2 = 200\ \Omega$

$R_3 = 150\ \Omega$

Kapazität des Kondensators: $C = 150\ \mu F$

Der Kondensator ist zunächst ungeladen, d.h. es gilt: $u_C(t \le 0) = 0\ V$

Aufgabe 3.1: Stationäre Ströme und Spannungen (7 Punkte)

Zunächst sollen die stationären Ströme und Spannungen bei offenem Schalter S berechnet werden, d.h. für $t \le 0$.

a) Wie groß sind die Ströme $i_C(t)$, $i(t)$ und $i_3(t)$ für $t \le 0$?

b) Wie groß sind die Spannungen $u_{R1}(t)$, $u_{R2}(t)$, $u_{R3}(t)$ und $u_C(t)$ für $t \le 0$?

Nun sollen die stationären Ströme und Spannungen bestimmt werden, die sich einstellen, wenn der Schalter S bereits unendlich lange Zeit geschlossen ist, d.h. für $t \to \infty$.

c) Was ändert sich im Vergleich zu den Ergebnissen aus den Frageteilen a) und b) und was bleibt gleich?

Aufgabe 3.2: DGL für den Einschwingvorgang (8 Punkte)

Nun soll der Einschwingvorgang betrachtet werden, der nach dem Schließen des bis dahin unendlich lange geöffneten Schalters S abläuft, d.h. für $0 < t \le \infty$.

a) Begründen Sie kurz, weshalb es nach dem Schließen des Schalters S zu einem Einschwingvorgang kommt.

b) Geben Sie den Zusammenhang zwischen $i_C(t)$ und $u_C(t)$ an (Grundgesetz für den Kondensator).

c) Stellen Sie die Knotengleichung und die Maschengleichung auf und bestimmen Sie zusammen mit dem Grundgesetz für C die für den ablaufenden Einschwingvorgang gültige Differentialgleichung (DGL) in $u_C(t)$.

Bringen Sie die DGL auf folgende Form:

$$u_{C,stat} = \tau \cdot \frac{du_C(t)}{dt} + 1 \cdot u_C(t)$$, d.h. der „Vorfaktor" bei $u_C(t)$ ist „1"

d) Berechnen Sie die Zeitkonstante τ in ms (Millisekunden) und $u_{C,stat}$ in V (Volt).

Aufgabe 3.3: Lösung für die Kondensatorspannung (5 Punkte)

Aus obiger DGL ergibt sich für die Kondensatorspannung im Zeitintervall $0 < t \leq \infty$ folgende allgemeine Lösung:

$$u_C(t) = k \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + u_{C,stat}$$

a) Bestimmen Sie mit Hilfe der Anfangsbedingung $u_C(t = 0) = 0\ V$ die noch unbekannte Konstante k und geben Sie den Wert von k in Volt an.

b) Geben Sie die Zeitfunktion für $u_C(t)$ mit Zahlenwerten und Einheiten an.

c) Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung $u_{R3}(t)$ (das ist kein Druckfehler – es wird $u_{R3}(t)$ verlangt!) in das vorbereitete Diagramm auf dem Lösungsblatt ein.

Aufgabe 4: Kleinsignalverstärker mit Bipolartransistor (20 Punkte)

In Abbildung 4-1 ist die Schaltung eines Kleinsignalverstärkers gegeben. Die Schaltung soll im Folgenden analysiert und dimensioniert werden. Es wird die Abkürzung AP für Arbeitspunkt verwendet.

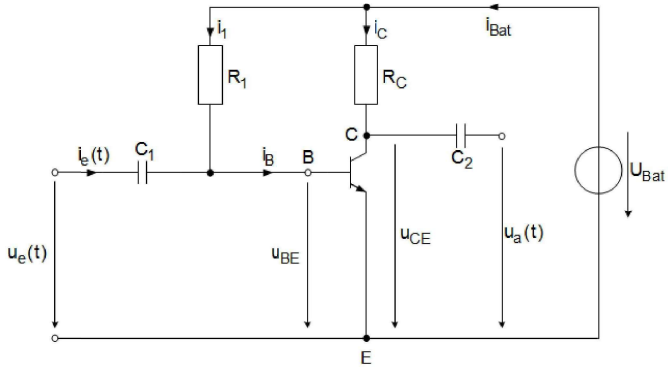


Abbildung 4-1: Kleinsignalverstärker mit einem npn-Bipolartransistor

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Versorgungsspannung:	$U_{Bat} = 12\ V$
Gleichstromverstärkung:	$B = 200$
Kollektorstrom im AP:	$I_{C,AP} = 20\ mA$
Kollektor-Emitter-Spannung im AP:	$U_{CE,AP} = 0,5 \cdot U_{Bat}$
Gleichanteil der Basis-Emitter-Spannung im AP:	$U_{BE,AP} = 0,62\ V$
Diffusionsspannung der Basis-Emitter-Diode:	$U_{BE0} = 0,6\ V$

Kollektor-Emitter-Widerstand vernachlässigbar, d.h.: $R_{CE} \to \infty\ \Omega$

Bezeichnungen in Abbildung 4-1:

Gleichgrößen werden durch Großbuchstaben gekennzeichnet.

Die sinusförmigen Wechselgrößen werden bezeichnet durch (t), also z.B. $u_e(t)$ oder $u_a(t)$.

Mischgrößen werden nur durch Kleinbuchstaben (ohne (t)) bezeichnet, z.B. u_{CE}, i_1, i_2, i_B …

Aufgabe 4.1: Allgemeinverständnis - (10 Punkte)

Ein Student ist mit der Funktion des Verstärkers unzufrieden. Daraufhin legt er eine sinusförmige Eingangswechselspannung $u_e(t)$ an und misst die Spannung u_{CE} mit folgendem Signalverlauf:

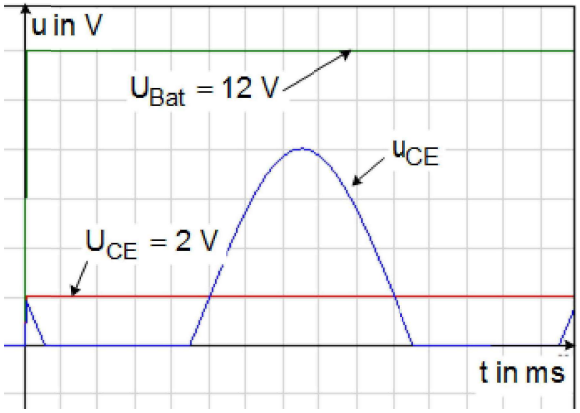


Abbildung 4-2: Spannungsverläufe u_{CE}, U_{CE} und U_{Bat}

a) Weshalb ist der Verstärker für die Verstärkung der sinusförmigen Eingangswechselspannung $u_e(t)$ unbrauchbar?

b) Wie müsste ein korrektes, d.h. wünschenswertes Spannungssignal u_{CE} aussehen?

c) Durch welche Maßnahme kann die Funktion des Verstärkers verbessert, d.h. korrigiert werden?

Nachdem der Student das Problem angeblich behoben hat, misst er noch einmal bei einem sinusförmigen Eingangssignal $u_e(t)$ die Spannung u_{CE}:

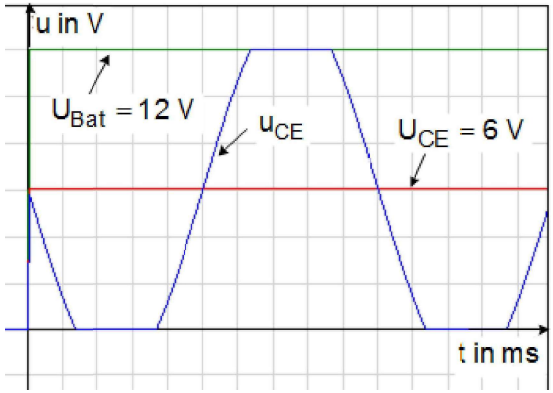


Abbildung 4-3: Spannungsverläufe u_{CE}, U_{CE} und U_{Bat}

d) Weshalb kann der Student mit diesem Ergebnis wieder nicht zufrieden sein?

e) Wie kann das Problem behoben werden?

Aufgabe 4.2: Arbeitspunkteinstellung - (10 Punkte)

a) Berechnen Sie den Widerstand R_C und den Gleichanteil $I_{B,AP}$ des Basisstromes i_B, sodass sich der geforderte AP einstellt.

b) Berechnen Sie den Basis-Vorwiderstand R_1, sodass sich der geforderte AP einstellt.

c) Wie groß ist der ohmsche Widerstand R_{BE} der Basis-Emitter-Strecke des Transistors?

d) Welche Verlustleistung $P_{VT,AP}$ entsteht in diesem AP im Transistor?

Hinweis: *Bei der Berechnung der Transistorverluste dürfen Sie die Verluste im Basis-Emitter-Kreis vernachlässigen.*

Aufgabe 5: Schaltung mit Operationsverstärker (20 Punkte)

In Abbildung 5-1 ist eine Schaltung mit einem Operationsverstärker (OP) dargestellt.

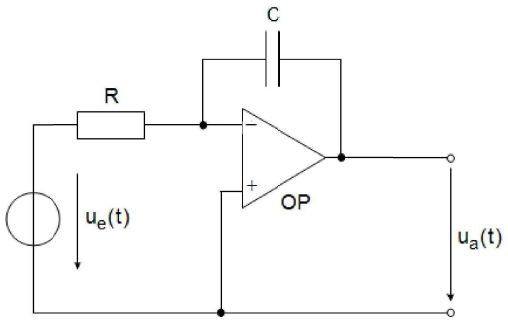


Abbildung 5-1: Schaltung mit idealem OP

Von der Schaltung sind folgende Daten gegeben:

Ohm'scher Widerstand:	$R = 10\,k\Omega$
Kondensator:	$C = 100\,\mu F$

Annahmen:

- Der Operationsverstärker darf als ideal betrachtet werden.
- Die Versorgungsspannung des Operationsverstärkers von ± 15 V ist in Abbildung 5-1 nicht eingezeichnet.
- Bekannte Zusammenhänge für die OP-Grundschaltung dürfen ohne erneute Herleitung verwendet werden.
- Der Kondensator sei zu Beginn der Betrachtung ungeladen, d.h. $u_C(t = 0) = 0$ V!

Aufgabe 5.1: Grundschaltung (7 Punkte)

a) Um welche OP-Grundschaltung handelt es sich?

b) Geben Sie $u_a(t)$ als Funktion von $u_e(t)$, R und C an und bestimmen Sie den Wert (mit Einheit) der Konstanten $-1/(R \cdot C)$.

c) Berechnen Sie die Ausgangsspannung $u_a(t)$ für den Fall, dass $u_e(t) = -2$ V (zeitlich konstante Eingangsspannung) ist und zeichnen Sie den Verlauf von $u_a(t)$ in das vorbereitete Diagramm ein.

Aufgabe 5.2: Rechteckförmige Eingangsspannung (13 Punkte)

Nun werde eine rechteckförmige Eingangsspannung $u_e(t)$ (siehe Abbildung 5-2) mit der Periodendauer T = 4 s angelegt.

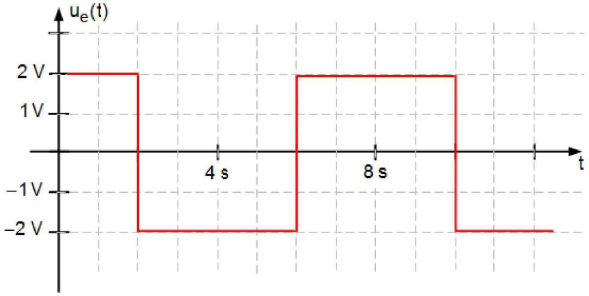


Abbildung 5-2: Rechteckförmige Eingangsspannung

a) Geben Sie $u_a(t)$ für das Zeitintervall $0 \le t \le 2$ s an und berechnen Sie $u_a(t = 2\text{ s})$. Hinweis: $u_C(t = 0) = 0$ V.

b) Geben Sie $u_a(t)$ für das Zeitintervall $2\text{ s} < t \le 6$ s an und berechnen Sie $u_a(t = 6\text{ s})$. Beachten Sie, dass $u_a(t)$ stetig verlaufen muss (d.h. bei t = 2 s darf kein Sprung auftreten).

c) Zeichnen Sie den Verlauf von $u_a(t)$ in das vorbereitete Lösungsdiagramm für $0 \le t \le 10$ s ein.

d) Auf welchen Wert muss R eingestellt werden, wenn die Amplitude der dreieckförmigen Ausgangsspannung 10 V betragen soll?

e) Welchen Wert darf R nicht unterschreiten, wenn die Ausgangsspannungsform stets dreieckförmig bleiben soll?

Aufgabe 6: Laborstromversorgung mit ASM und GSM (20 Punkte)

In Abbildung 6-1 ist das Übersichtsschaltbild für eine Laborstromversorgung mittels eines rotierenden Spannungsumformers gegeben. Die Asynchronmaschine (ASM) ist an ein starres Drehstromnetz angeschlossen und mechanisch starr mit einer fremderregten Gleichstrommaschine (GSM) gekuppelt. Die GSM wird als Generator betrieben und versorgt ein Labor (im Ersatzschaltbild als R_L dargestellt) mit einer einstellbaren, d.h. variablen Gleichspannung U_A.

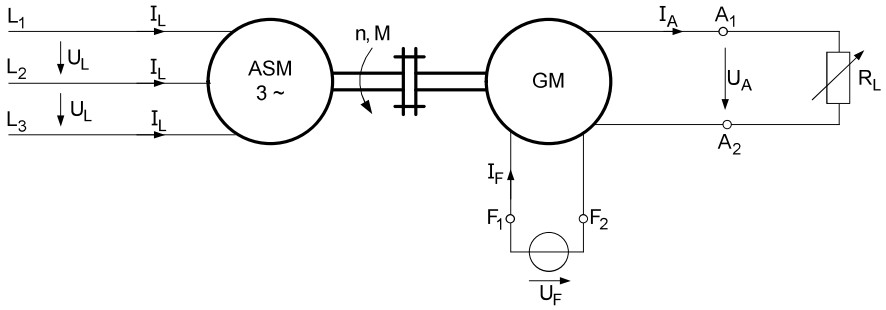


Abbildung 6-1: Spannungsumformer für eine Laborstromversorgung

Von der Anlage sind folgende Daten bekannt:

Leiterspannung des Drehstromsystems:	$U_L = 400\ V$
Frequenz des Drehstromsystems:	$f = 50\ Hz$
Polpaarzahl der ASM:	$p = 1$
Nennschlupf der ASM:	$s_N = 2\ \%$
Nennwirkungsgrad der ASM:	$\eta_N = 80\ \%$
Nennleistung der ASM (mechanische Leistung)	$P_N = 40\ kW$
Ankernennspannung der GSM:	$U_{AN} = 460\ V$
Ankernennstrom der GSM:	$I_{AN} = 80\ A$
Erregernennspannung der GSM:	$U_{FN} = 200\ V$

Erregernennstrom der GSM:	$I_{FN} = 1{,}5\ A$
Ankerwiderstand der GSM:	$R_A = 0{,}5\ \Omega$

Annahmen:

- Es werden stets stationäre Verhältnisse vorausgesetzt.
- Bis auf die ohmschen Verluste im Ankerkreis der Gleichstrommaschine und die Verluste der ASM (siehe Wirkungsgrad der ASM) dürfen alle weiteren Verluste vernachlässigt werden.
- Im Erregerkreis der GSM werden stets lineare Verhältnisse vorausgesetzt.

Aufgabe 6.1: Betrachtung der ASM im Nennbetrieb (8 Punkte)

a) Berechnen Sie für die ASM folgende Größen:
   - Synchrondrehzahl n_S
   - Nenndrehzahl n_N
   - Elektrisch aufgenommene Wirkleistung $P_{el,N}$

b) Wie groß ist der Effektivwert des Leiterstromes I_{LN}, wenn der Leistungsfaktor der ASM im Nennbetrieb zu $\cos(\varphi_N) = 0{,}80$ angenommen wird?

Im Folgenden wird angenommen, dass die GSM von der ASM mit der konstanten Drehzahl $n = 2.940\ min^{-1}$ angetrieben wird.

Aufgabe 6.2: Betrachtung der GSM im Nennbetrieb (5 Punkte)

Berechnen Sie für die GSM (Generator) folgende Größen im Nennbetrieb:

- Die abgegebene elektrische Leistung $P_{el,ab,N}$
- Die im Ankerwiderstand auftretenden Verluste $P_{VA,N}$
- Die induzierte Spannung $U_{i,N}$
- Den Wirkungsgrad $\eta_{GSM,N}$

Aufgabe 6.3: Arbeitspunkt ungleich Nennbetrieb (7 Punkte)

a) Berechnen Sie für die GSM (Generator) folgende Größen, wenn der Generator bei einer Spannung $U_A = 240\ V$ eine elektrische Leistung von 18 kW liefern muss
   - Den Ankerstrom I_A
   - Die Verluste P_{VA} im Ankerwiderstand R_A
   - Die induzierte Spannung U_i
   - Den einzustellenden Erregerstrom I_F und die zugehörige Erregerspannung U_F
   - Den Wirkungsgrad η_{GSM} in diesem Arbeitspunkt

Hinweis: *Es wird nach wie vor angenommen, dass die GSM von der ASM mit der konstanten Drehzahl $n = 2.940\ min^{-1}$ angetrieben wird. Außerdem werden im Erregerkreis der GSM lineare Verhältnisse vorausgesetzt.*

Die getroffene Annahme, dass die Drehzahl n bei Abweichung vom Nennbetriebspunkt konstant bleibt, gilt lediglich näherungsweise. In Wirklichkeit ändert sich die von der ASM vorgegebene Drehzahl mit der Belastung des Generators.

b) Beschreiben und begründen Sie kurz in Worten, wie sich die Drehzahl bei Veränderung der Belastung des Generators tatsächlich verändern würde.

Prüfung

Einführung in die Elektrotechnik

Prüfungsnummer 12211 für die Studiengänge

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

14.09.2017

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, bestehend aus ohmschen Widerständen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle gegeben. Der Widerstand R_4 kann über den Schalter S zu- bzw. abgeschaltet werden.

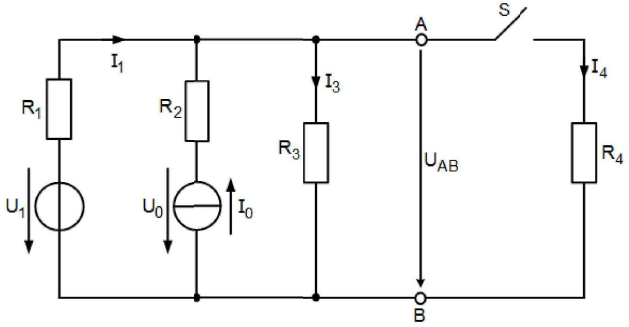


Abbildung 1-1: Gleichstromnetzwerk mit Spannungs- und Stromquelle

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

Zunächst sei der Schalter S offen (Leerlauf: zusätzlicher Index „LL“).

Aufgabe 1.1: Leerlaufspannung, Ersatzwiderstand (12 Punkte)

a) Berechnen Sie mit Hilfe des Überlagerungssatzes den Strom $I_{3,LL}$.

b) Berechnen Sie die Spannung $U_{AB,LL}$ sowie die Spannung $U_{0,LL}$.

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

d) Zeichnen Sie den Schaltungsteil links der Klemmen A-B als Ersatzspannungsquelle (ESP) und geben Sie die Quellenspannung $U_{q,ESP}$ und den Innenwiderstand $R_{i,ESP}$ an.

e) Wie groß würde $U_{AB,LL}$, wenn R_3 herausgenommen würde?

- Bilden Sie den Grenzwert $\lim_{R_3 \to \infty} \left(U_{AB,LL} \right)$.
- Prüfen Sie das Ergebnis durch die Anwendung der Maschenregel in dem verbleibenden Netzwerk.

Die Klemmen A-B werden nun kurzgeschlossen.

Aufgabe 1.2: Kurzschlussstrom (4,5 Punkte)

a) Berechnen Sie mit Hilfe des Überlagerungssatzes den Strom I_K, der im Kurzschlusszweig A-B fließt. Pfeilen Sie den Strom in Richtung von A nach B.
Weshalb ist I_K unabhängig von R_3?

b) Berechnen Sie mit Hilfe des Kurzschlussstromes I_K und des Ersatzwiderstandes R_{AB} aus Aufgabe 1.1 c) die Spannung $U_{q,ESP}$ für die Ersatzspannungsquellen-Darstellung und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem aus Aufgabe 1.1 d).

Nun sei der Schalter S **geschlossen**.

Aufgabe 1.3: Leistung (3,5 Punkte)

a) Zeichnen Sie die Schaltung aus Abbildung 1-1 unter Verwendung der Ersatzspannungsquellen-Darstellung erneut auf.

b) Berechnen Sie für $U_{q,ESP} = 70$ V, $R_{i,ESP} = 5\ \Omega$ und $R_4 = 30\ \Omega$

- den Strom I_4,
- die Spannung U_{AB},
- die Leistung P_{R4}, die in R_4 in Wärme umgesetzt wird.

Aufgabe 2: Wechselstrom (20 Punkte)

In Abbildung 2-1 ist das Ersatzschaltbild einer Schaltung mit einer Spule, einem Kondensator und zwei ohmschen Widerständen gegeben. Die Schaltung wird an einer sinusförmigen Wechselspannungsquelle betrieben, die den Spannungseffektivwert U und die Frequenz f, bzw. die zugehörige Kreisfrequenz ω, aufweist.

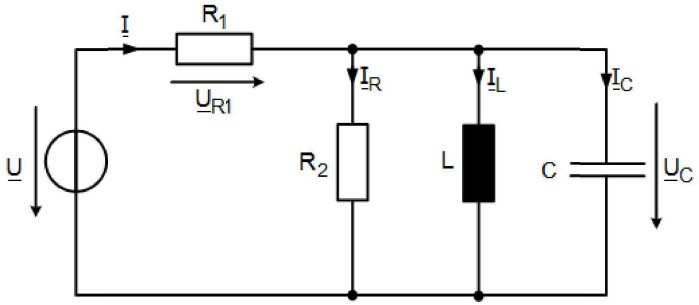


Abbildung 2-1: R-L-C-Schaltung an sinusförmiger Wechselspannung

Rechnen Sie allgemein (d. h., ohne Zahlenwerte) mit den Variablen U, R_1, R_2, L, C und ω.

Aufgabe 2.1: Zeigerdiagramm (4 Punkte)

a) Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm, in welchem Sie $I_C > I_L$ berücksichtigen und welches alle in Abbildung 2-1 durch Zählpfeile und Bezeichner eingetragenen Ströme und Spannungen enthält.

b) Zeichnen Sie in das Zeigerdiagramm den Phasenverschiebungswinkel φ zwischen Strom I und Spannung U ein und geben Sie an, ob die Schaltung ohmsch, ohmsch-induktiv, ohmsch-kapazitiv, induktiv oder kapazitiv wirkt (kurze Begründung!).

Aufgabe 2.2: Admittanz und Impedanz (4 Punkte)

a) Berechnen Sie die Ersatzadmittanz $\underline{Y}_{RLC}$ der Parallelschaltung von R_2, L und C und geben Sie das Ergebnis in kartesischer Form an.

b) Berechnen Sie aus $\underline{Y}_{RLC}$ die Ersatzimpedanz $\underline{Z}_{RLC}$ und geben Sie $\underline{Z}_{RLC}$ in kartesischer Form an.

c) Berechnen Sie die Ersatzimpedanz $\underline{Z}$ für die gesamte Schaltung bestehend aus R_1, R_2, L und C, und geben Sie sie in kartesischer Form an.

Aufgabe 2.3: Frequenzverhalten (12 Punkte)

a) Bestimmen Sie die Resonanzkreisfrequenz $\omega = \omega_0$ in Abhängigkeit von R_1, R_2, L, C, bei der die Impedanz $\underline{Z}$ rein reell wird.

b) Wie groß wird die Impedanz $\underline{Z}$ für $\omega \to 0\,s^{-1}$, $\omega = \omega_0$ und $\omega \to \infty\,s^{-1}$? Welchen Effektivwert I nimmt der Strom $\underline{I}$ in diesen Fällen an?

c) Bestätigen Sie die Ergebnisse für die Impedanz $\underline{Z}$ bei $\omega \to 0\,s^{-1}$ und $\omega \to \infty\,s^{-1}$ anhand des Verhaltens von L und C bei diesen Frequenzen (Begründung verbal ausreichend, keine Rechnung notwendig!). Zum besseren Verständnis können Sie jeweils ein Ersatzschaltbild zeichnen (optional).

d) Wirkt die LC-Parallelschaltung bei $\omega = \omega_0$ wie ein Leerlauf oder wie ein Kurzschluss (Begründung)?

Aufgabe 3: Einschwingvorgang (20 Punkte)

In Abbildung 3-1 ist das Ersatzschaltbild einer Schaltung mit einer Spule L, zwei ohmschen Widerständen R_1 und R_2 und einem Schalter S gegeben. Die Schaltung wird an einer Gleichspannungsquelle U betrieben. Wird der Schalter S geöffnet oder geschlossen, kommt es in der Schaltung zu Einschwingvorgängen.

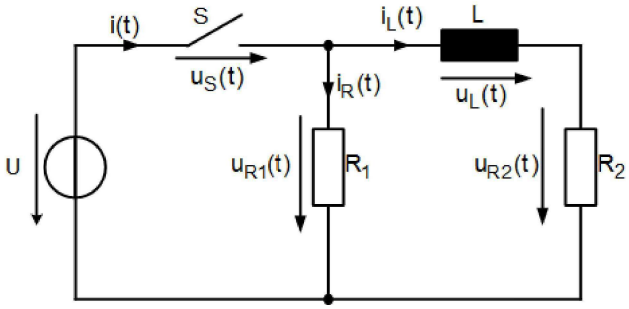


Abbildung 3-1: Elektrische Schaltung mit Spule und Widerständen

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Spannung:	$U = 10\,V$
Ohm'sche Widerstände:	$R_1 = R_2 = 10\,\Omega$
Induktivität der Spule:	$L = 25\,mH$

Aufgabe 3.1: Stationäre Ströme und Spannungen 1 (4 Punkte)

Zunächst sollen die stationären Ströme und Spannungen unter der Voraussetzung, dass der Schalter S bereits unendlich lange Zeit **offen** gewesen ist, berechnet werden (zusätzlicher Index „stat1“).

a) Geben Sie die Ströme $i_{R,stat1}$, $i_{L,stat1}$ und i_{stat1} an.

b) Geben Sie die Spannungen $u_{R1,stat1}$, $u_{R2,stat1}$, $u_{L,stat1}$ und $u_{S,stat1}$ an.

Aufgabe 3.2: Stationäre Ströme und Spannungen 2 (3 Punkte)

Nun sollen die stationäre Ströme und Spannungen unter der Voraussetzung, dass der Schalter S bereits unendlich lange Zeit **geschlossen** gewesen ist, berechnet werden (Zusätzlicher Index „stat2“).

a) Geben Sie die Ströme $i_{R,stat2}$, $i_{L,stat2}$ und i_{stat2} an.

b) Geben Sie die Spannungen $u_{R1,stat2}$, $u_{R2,stat2}$, $u_{L,stat2}$ und $u_{S,stat2}$ an.

Aufgabe 3.3: Ausgleichvorgang 1 (6 Punkte)

Nun soll der Ausgleichsvorgang untersucht werden, der abläuft, wenn der Schalter bei t = 0 s vom **offenen** in den **geschlossenen** Zustand gebracht wird, d. h., der Übergang vom stationären Zustand 1 in den stationären Zustand 2.

a) Stellen Sie anhand der Maschengleichung die Differentialgleichung für den Spulenstrom $i_L(t)$ in der Form $i_{L,stat2} = \tau_1 \cdot \frac{di_L(t)}{dt} + i_L(t)$ auf und berechnen Sie den Wert der Zeitkonstante τ_1 in ms.

b) Bestimmen Sie mittels der Anfangsbedingung die Zeitfunktion $i_L(t) = k \cdot e^{\frac{-t}{\tau 1}} + i_{L,stat2}$ (mit Zahlenwerten), die den Ausgleichsvorgang für t > 0 s beschreibt.

c) Skizzieren Sie den vollständigen Verlauf von $i_L(t)$ in das vorbereitete Zeitdiagramm.

Aufgabe 3.4: Ausgleichvorgang 2 (7 Punkte)

Nun soll der Ausgleichsvorgang untersucht werden, der abläuft, wenn der Schalter bei t = 0 s wieder vom **geschlossenen** in den **offenen** Zustand gebracht wird, d. h., der Übergang vom stationären Zustand 2 in den stationären Zustand 1.

(für die Zeitachse ab Beginn der erneuten Schalthandlung darf zur Vereinfachung dieselbe Variable t verwendet werden)

a) Stellen Sie anhand der Maschengleichung die Differentialgleichung für den Spulenstrom $i_L(t)$ in der Form $i_{L,stat1} = \tau_2 \cdot \frac{di_L(t)}{dt'} + i_L(t)$ auf und berechnen Sie den Wert der Zeitkonstante τ_2 in ms.

b) Bestimmen Sie mittels der Anfangsbedingung die Zeitfunktion $i_L(t) = k \cdot e^{\frac{-t}{\tau 2}} + i_{L,stat1}$ (mit Zahlenwerten), die den Ausgleichsvorgang für t > 0 s beschreibt.

c) Skizzieren Sie den vollständigen Verlauf von $i_L(t)$ in das vorbereitete Zeitdiagramm.

d) Beschreiben Sie kurz (ohne Rechnung), was mit der anfangs in der Spule gespeicherten Energie während des Ausgleichvorganges passiert.

Aufgabe 4: Schaltung mit Bipolartransistor (20 Punkte)

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

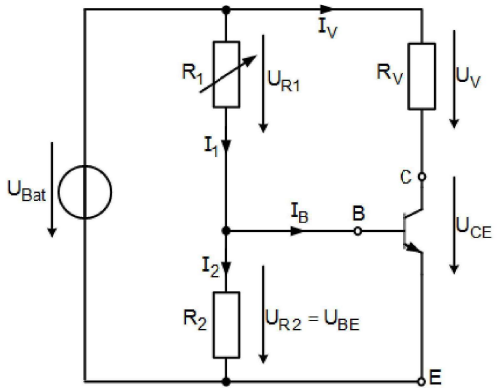


Abbildung 4-1: Schaltung mit npn-Bipolartransistor

Von der Schaltung sind folgende Daten bekannt:

Versorgungsspannung:	$U_{Bat} = 24$ V
Verbraucherwiderstand:	$R_V = 100\ \Omega$
Nennleistung des Verbrauchers:	$P_{V,N} = 4$ W

npn-Bipolartransistor:

Gleichstromverstärkung:	$B = 250$
Basis-Emitter-Spannung:	$U_{BE} = 0{,}6$ V
Maximal zulässige Verlustleistung:	$P_{T,max} = 1.000$ mW

Ausgangskennlinienfeld $I_C = f(U_{CE})$ siehe Lösungsblatt.

Vernachlässigungen:

- U_{BE} darf als konstant, d. h., unabhängig von I_B angenommen werden.
- R_{CE} darf vernachlässigt werden, d. h., $R_{CE} \rightarrow \infty\ \Omega$

Aufgabe 4.1: Allgemeinverständnis - (2 Punkte)

a) Welchen Zweck erfüllt der Transistor in dieser Schaltung?

b) Unter welcher Vereinfachung im Ersatzschaltbild des Transistors gilt die oben genannte Annahme, dass $U_{BE} =$ konstant ist?

Aufgabe 4.2: Betrieb bei Nennleistung (AP 1) - (9 Punkte)

a) Berechnen Sie den Nennstrom $I_{V,N} = I_{C,N}$ und die Nennspannung $U_{V,N}$ des Verbrauchers R_V.

b) Berechnen Sie den erforderlichen Basisstrom $I_{B,N}$.

c) Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2 des Basisspannungsteilers unter der Maßgabe, dass der Strom I_2 zehn Mal größer ist als der Basisstrom I_B.

d) Wie groß ist die Verlustleistung $P_{T,AP1}$ im Transistor?

e) Zeichnen Sie den Arbeitspunkt AP 1 in das Kennlinienfeld auf dem Lösungsblatt ein und konstruieren Sie die Arbeitsgerade.

Aufgabe 4.3: Arbeitspunkt AP 2 - (9 Punkte)

a) Berechnen Sie, auf welchen Widerstandswert der Widerstand R_1 eingestellt werden muss, damit die im Verbraucherwiderstand R_V umgesetzte Leistung 25 % der Nennleistung ist.

b) Wie groß ist die im Transistor in Wärme umgewandelte Leistung $P_{T,AP2}$ in diesem Arbeitspunkt?

c) Darf der Transistor in diesem Arbeitspunkt dauerhaft betrieben werden (Begründung)?

d) Zeichnen Sie den AP 2 in das Kennlinienfeld ein.

Aufgabe 5: Schaltung mit Operationsverstärker (20 Punkte)

In Abbildung 5-1 ist eine Schaltung mit zwei idealen Operationsverstärkern (OP 1 und OP 2), drei Leuchtdioden, den Spannungsquellen U_1 und U_2 sowie der variablen Eingangsspannung $u_e(t)$ dargestellt.

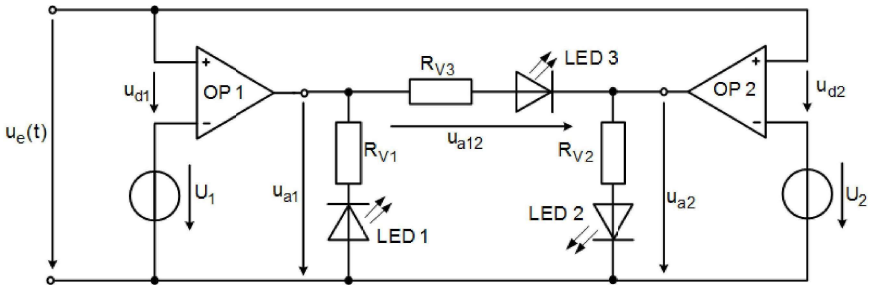


Abbildung 5-1: Schaltung mit idealen Operationsverstärkern

Zur Vereinfachung und weiteren Betrachtung wird der mittlere Schaltungsteil nochmals herausgezeichnet (siehe 5-2):

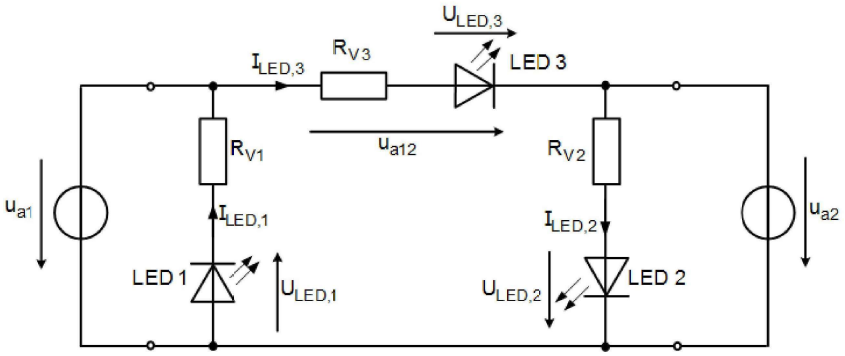


Abbildung 5-2: Schaltung mit idealen Operationsverstärkern

Von der Schaltung sind folgende Daten gegeben:

Spannungen: $U_1 = 5\ \text{V}$ $U_2 = 10\ \text{V}$

Annahmen:

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

Aufgabe 5.1: Grundschaltungen (6 Punkte)

a) Um welche OP-Grundschaltungen handelt es sich bei OP 1 und OP 2?

b) Geben Sie u_{d1} und u_{d2} in Abhängigkeit von u_e, U_1 und U_2 an. Geben Sie u_{a1} und u_{a2} in Abhängigkeit von u_e, U_1 und U_2 an.

Aufgabe 5.2: Linear ansteigende Eingangsspannung (14 Punkte)

a) Zeichnen Sie in das vorgefertigte Diagramm für $u_e(t)$ auf dem Lösungsblatt die zugehörigen Spannungsverläufe u_{a1} und u_{a2} ein.

Verwenden Sie für die Beantwortung der weiteren Fragen das in Abbildung 5-2 gegebene Ersatzschaltbild.

b) Ergänzen Sie die vorgefertigte Tabelle auf dem Lösungsblatt.

c) Berechnen Sie die Werte der erforderlichen Vorwiderstände R_{V1}, R_{V2} und R_{V3} (Daten der Leuchtdioden siehe Lösungsblatt).

Durch die Leuchtdioden soll farblich angezeigt werden, ob die Spannung u_e kleiner als U_1 (rot) zwischen U_1 und U_2 (grün) oder größer als U_2 (gelb) ist.

d) Geben Sie die Farbzuordnung für die LED 1, LED 2 und LED 3 an. Ergänzen Sie dafür die vorgefertigte Tabelle auf dem Lösungsblatt.

Aufgabe 6: Gleichstrommaschine (20 Punkte)

In Abbildung 6-1 ist das Übersichtsschaltbild eines Ventilators dargestellt. Der Gebläseflügel (Lüfter) wird von einer Permanentmagnet-erregten Gleichstrommaschine angetrieben, die über einen verstellbaren Vorwiderstand an eine Batterie angeschlossen ist.

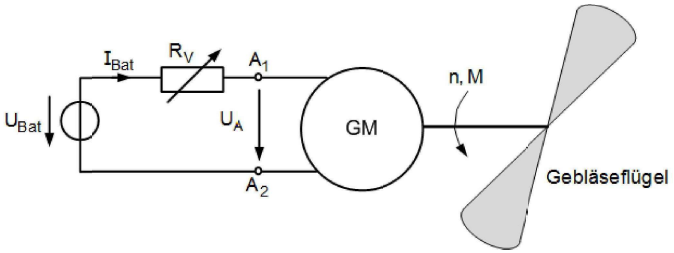


Abbildung 6-1: Übersichtsschaltbild des Ventilators

Es sind folgende Daten bekannt:

Spannungsquelle und Gleichstrommaschine

Batteriespannung:	$U_{Bat} = 12\ V$
Ankernennspannung:	$U_{A,N} = 12\ V$
Ankernennstrom:	$I_{A,N} = 0{,}5\ A$
Wirkungsgrad im Nennbetrieb:	$\eta_N = 0{,}60$
Nenndrehzahl	$n_N = 1.200\ min^{-1}$

Gebläseflügel

Drehzahl-Drehmoment-Charakteristik: $M_G(n) = k_G \cdot n^2$

Annahmen:

- Es werden stets stationäre Verhältnisse vorausgesetzt.
- Bis auf die ohmschen Verluste im Ankerkreis der Gleichstrom-maschine dürfen alle weiteren Maschinen-Verluste vernachlässigt werden.

Aufgabe 6.1: Gesamtbetrachtung (10 Punkte)

a) Berechnen Sie für $R_V = 0$ die folgenden Größen für die Gleichstrommaschine:
- Die vom Anker elektrisch aufgenommene Leistung $P_{A,N}$ in W.
- Die mechanisch abgegebene Leistung $P_{mech,N}$ in W.
- Den Ankerwiderstand R_A in Ω.
- Die Konstante $c \cdot \Phi$ in mVs.
- Das Nenndrehmoment M_N in mNm.
- Die Leerlaufdrehzahl n_0 in min^{-1}.

b) Berechnen Sie unter der Bedingung, dass sich bei $n = n_N$ ein stabiler Arbeitspunkt einstellt, die Konstante k_G für die Drehzahl-Drehmoment-Charakteristik des Gebläseflügels und geben Sie den Wert in mNm/min^{-2} an.

Mittels des Vorwiderstandes R_V soll nun ein neuer Arbeitspunkt AP 1 bei einer Drehzahl von $n_{AP1} = 800\ min^{-1}$ eingestellt werden.

Aufgabe 6.2: Arbeitspunkt AP 1 (10 Punkte)

a) Berechnen Sie folgende Größen für den Arbeitspunkt AP 1:
- Das Drehmoment M_{AP1} der Gleichstrommaschine in mNm.
- Den Wert in Ω, auf welchen der Vorwiderstand R_V eingestellt werden muss.

b) Sind die mittels R_V einstellbaren Arbeitspunkte stabil oder instabil (kurze Begründung anhand der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien – nicht maßstäblich, d. h., es genügen die prinzipiellen Kennlinienverläufe)?