



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 Übungsmitschriften) 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

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 kartesischer 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.

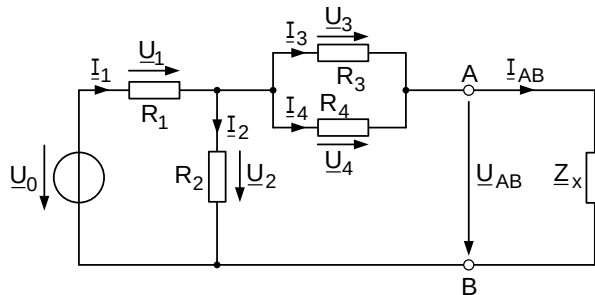


Bild 1.1: Ersatzschaltbild der Schaltung

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 + $j \cdot$ 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 $\underline{U}_{AB} = 60\text{V} + j \cdot 0\text{V}$ und $\underline{I}_{AB} = j \cdot 1,5\text{A}$.

- 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)

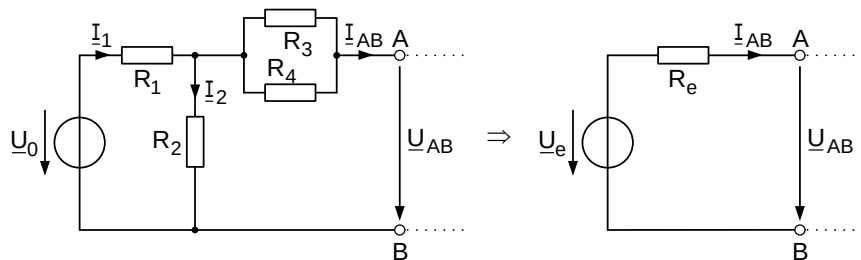


Bild 1.2: Ersatzschaltbild der Ersatzspannungsquelle

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: $\underline{U}_0 = 192\text{ V} + j \cdot 0\text{ V}$

- 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)

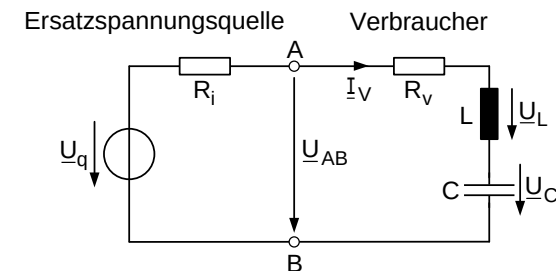


Bild 1.3: Ersatzschaltbild der Schaltung mit Verbraucher

An eine andere Ersatzspannungsquelle mit $\underline{U}_q = 50\text{ V}$ 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 $L = 0,8 \cdot \pi^{-1}\text{ H}$ und dem Kondensator mit $C = (3000 \cdot \pi)^{-1}\text{ F}$ angeschlossen.

- Berechnen Sie für $f = 50\text{ Hz}$ 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.

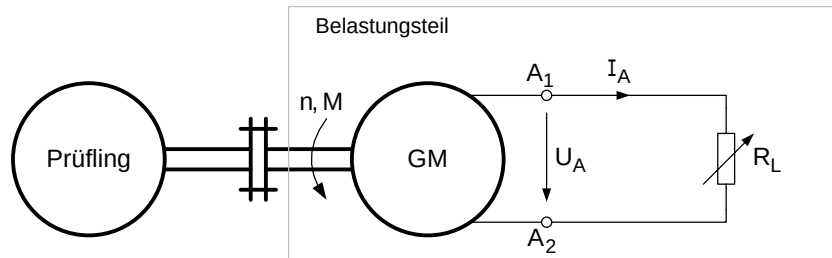


Bild 2.1: Übersicht der Anordnung

Von der GM sind die folgenden Daten bekannt:

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

Produkt aus Maschinenkonstante und Erregerfluss (konstant):

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

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

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 berücksichtigt 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 $n = 0 \text{ min}^{-1}$ bis $n = 6000 \text{ min}^{-1}$ 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 $n_{\text{test}} = 1000 \text{ min}^{-1}$ angetrieben

- Berechnen Sie die Spannung $U_{A,\text{Test}}$, welche an den Ankerklemmen gemessen werden kann, wenn die Ankerklemmen nicht belastet werden, also wenn $R_L \rightarrow \infty$ ist.
- Berechnen Sie den Ankerstrom $I_{A,\text{Test}}$, 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 $P_{VA}(P_{\text{Mech}}) = b \cdot (P_{\text{Mech}})^c$ 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 $P_{\text{mech}}(n) = g \cdot (n)^h$ 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

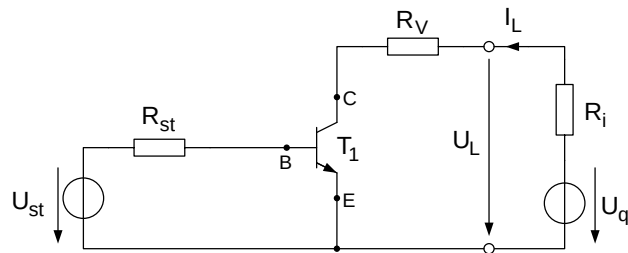


Bild 3.1: Transistorschaltung

Von der zu belastenden Schaltung sind die folgenden Daten bekannt:

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

Vom Transistor T_1 ist bekannt:

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

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 $U_{st,AP1} = 15 \text{ V}$ 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

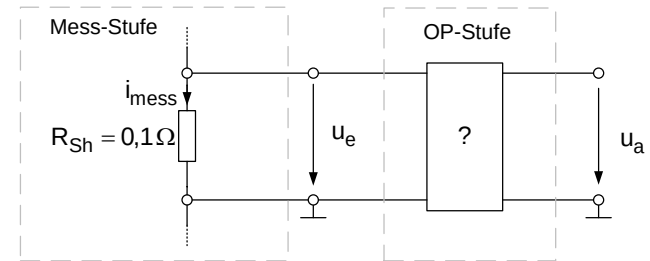


Bild 3.2: Übersicht der Messschaltung

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 $R_x = 10 \text{ k}\Omega$

Die OP-Stufe soll die Messung so verarbeiten, dass gilt:

$$u_a = 0,5 \Omega \cdot i_{\text{mess}}$$

3.5 OP-Schaltung – (6 Punkte)

- Berechnen Sie den Wert der Verstärkung der OP-Stufe $v = \frac{u_a}{u_e}$.
- Welche OP-Grundsaltung kann hier benutzt werden? Warum?
- Zeichnen 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

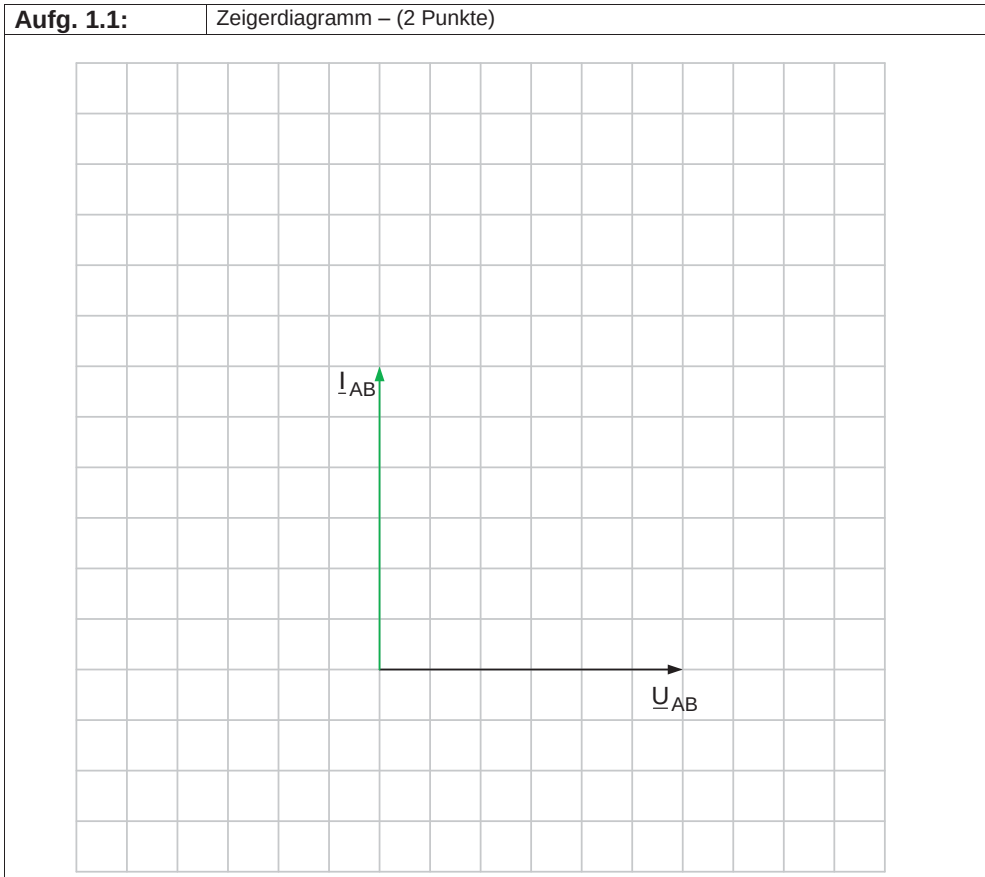
- a) der Fluss Φ im Stator verkleinert.
- b) die Leerlaufdrehzahl n_0 des Motors verkleinert.
- c) der Fluss Φ im Stator vergrößert.

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.



Aufg. 1.2:

Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

Lösung:

$\underline{U}_1 =$

$\underline{I}_1 =$

$\underline{U}_0 =$

$\underline{U}_2 =$

$\underline{I}_2 =$

$\underline{U}_0 =$

$\underline{U}_3 =$

$\underline{I}_3 =$

$\varphi =$

$\underline{U}_4 =$

$\underline{I}_4 =$

$\underline{Z}_x =$

$\underline{Z}_x$ besteht aus:

Rechnung:

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 1.3:	Netzumformung – (5 Punkte)
Lösung: $\underline{U}_e =$ $R_e =$	
$\underline{I}_{AB} _{KS} =$ $\underline{I}_1 _{KS} =$	
Rechnung:	

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 1.4:	Schein-, Wirk- und Blindleistung – (7 Punkte)	
Lösung: $\underline{S}_V =$ $P_V =$ $Q_V =$		
$f_r =$ $\underline{I}_V _{f=f_r} =$		
Rechnung:		

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 2.1:	Elektrisches Ersatzschaltbild – (3 Punkte)
-------------------	--

A circuit diagram with two terminals, A_1 and A_2 . Terminal A_1 is at the top, and terminal A_2 is at the bottom. A vertical line connects them, with a downward arrow in the middle labeled U_A . From terminal A_1 , a horizontal arrow points to the right, labeled I_A .

Aufg. 2.2:	Induzierte Spannung – (2 Punkte)
-------------------	----------------------------------

Lösung: $U_i(n) =$ $a =$

A blank coordinate system with a vertical y-axis and a horizontal x-axis, both ending in arrows.

Rechnung:

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 2.3:	Maschinendaten – (2 Punkte)
-------------------	-----------------------------

Lösung: $U_{A,\text{test}} =$ $I_{A,\text{test}} =$

Rechnung:

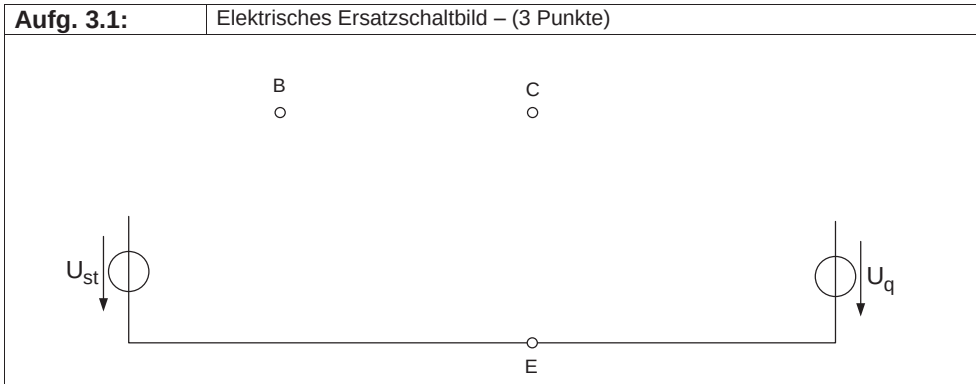
Name: _____ Matrikelnummer: _____

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:			

Name: _____ Matrikelnummer: _____

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:			

Name: _____ Matrikelnummer: _____



Aufg. 3.2:	Arbeitspunkteinstellung – (3 Punkte)
-------------------	--------------------------------------

Lösung: $I_{B,AP1} =$ _____ $R_{st} =$ _____

Rechnung:

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 3.3:	Maximale Verlustleistung – (3 Punkte)
-------------------	---------------------------------------

Rechnung (Nachweis):

Name:

Matrikelnummer:

Aufg. 3.4: Kollektorvorwiderstand – (5 Punkte)

Lösung: $I_{C,AP2} =$ $R_V =$

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

Rechnung:

Name:

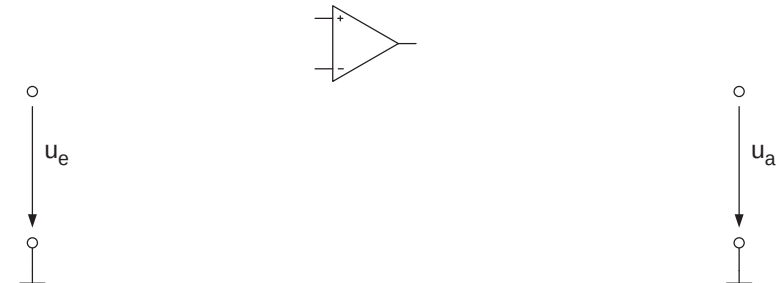
Matrikelnummer:

Aufg. 3.5: OP-Schaltung – (6 Punkte)

$v =$

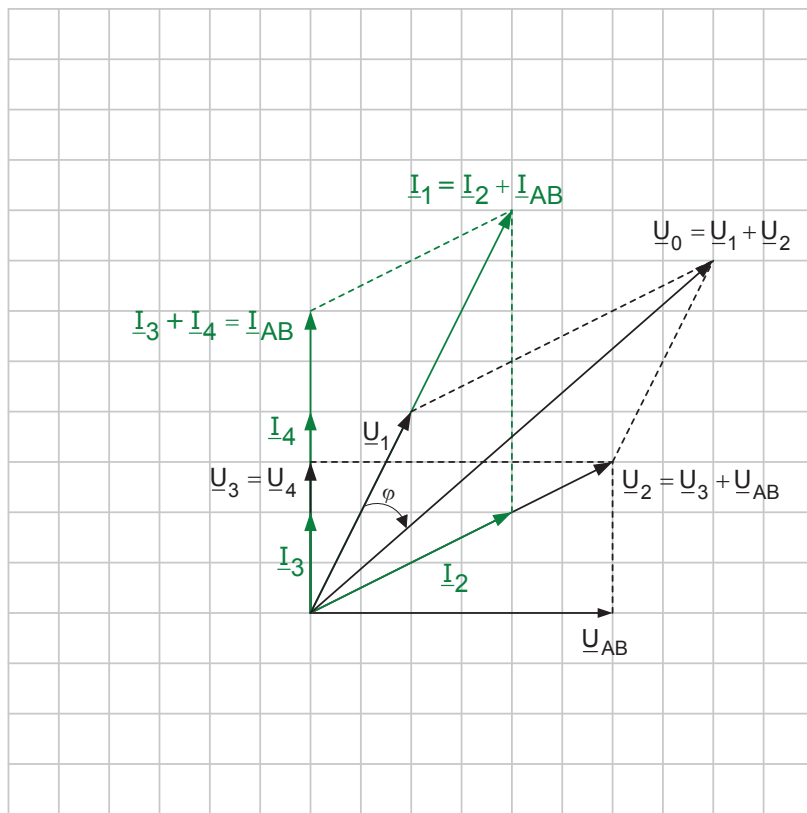
OP-Grundschialtung:

Schaltung:



Nachweis Verstärkung:

Impedanzwandler?:

Aufg. 1.1: Zeigerdiagramm – (2 Punkte)**Aufg. 1.2:** Spannungen und Ströme – (6 Punkte)

Lösung:

$$\underline{U}_1 = 40 \text{ V} + j \cdot 100 \text{ V}$$

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

$$\underline{U}_0 = 100 \text{ V} + j \cdot 160 \text{ V}$$

$$\underline{U}_2 = 60 \text{ V} + j \cdot 60 \text{ V}$$

$$\underline{I}_2 = 1 \text{ A} + j \cdot 1 \text{ A}$$

$$\underline{U}_0 = 188,68 \text{ V}$$

$$\underline{U}_3 = j \cdot 60 \text{ V}$$

$$\underline{I}_3 = j \cdot 0,5 \text{ A}$$

$$\varphi = -10,2^\circ$$

$$\underline{U}_4 = \underline{U}_3$$

$$\underline{I}_4 = j \cdot 1 \text{ A}$$

$$\underline{Z}_X = -j \cdot 40 \Omega$$

 $\underline{Z}_X$ 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 $X_C > X_L$ oderLC-Parallelschaltung mit $X_C < X_L$

Rechnung:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\varphi = \varphi_{U0} - \varphi_{I1} = \arctan\left(\frac{160}{100}\right) - \arctan\left(\frac{2,5}{1}\right) \approx 58,0^\circ - 68,2^\circ = -10,2^\circ$$

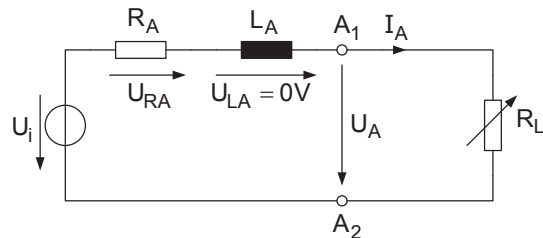
$$\underline{Z}_X = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{I}_{AB}} = \frac{60 \text{ V}}{j \cdot 1,5 \text{ A}} = -j \cdot 40 \Omega$$

Aufg. 1.3:	Netzumformung – (5 Punkte)
Lösung:	$\underline{U}_e = 115,2 \text{ V}$ $R_e = 64 \Omega$ $\underline{I}_{AB} _{KS} = 1,8 \text{ A}$ $\underline{I}_1 _{KS} = 3 \text{ A}$
Rechnung:	$\underline{U}_e = \underline{U}_{AB,LL} = \underline{U}_{AB}(\underline{I}_{AB} = 0) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \underline{U}_0 = \frac{60 \Omega}{40 \Omega + 60 \Omega} \cdot 192 \text{ V} = 115,2 \text{ V}$ $R_e = R_{12} + R_{34} = R_1 \parallel R_2 + R_3 \parallel R_4$ $= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + 40 \Omega = \frac{40 \Omega \cdot 60 \Omega}{40 \Omega + 60 \Omega} + 40 \Omega = 24 \Omega + 40 \Omega = 64 \Omega$ $\underline{I}_{AB,KS} = \frac{\underline{U}_e}{R_e} = \frac{115,2 \text{ V}}{64 \Omega} = 1,8 \text{ A}$ $R_{ges} = R_1 + R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{34}}{R_2 + R_{34}} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot R_4}{R_2 \cdot (R_3 + R_4) + R_3 \cdot R_4}$ $= 40 \Omega + \frac{40 \Omega \cdot 60 \Omega}{40 \Omega + 60 \Omega} = 40 \Omega + 24 \Omega = 64 \Omega$ $\underline{I}_{1,KS} = \frac{\underline{U}_0}{R_{ges}} = \frac{192 \text{ V}}{64 \Omega} = 3 \text{ A}$

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 $Q_V = 25 \text{ var}$ $f_r \approx 30,619 \text{ Hz}$ $\underline{I}_V _{f=f_r} = 1 \text{ A}$
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}$ $\underline{S}_V = \underline{U}_V \cdot \underline{I}_V^* = \underline{Z}_V \cdot \underline{I}_V \cdot \underline{I}_V^* = \underline{Z}_V \cdot \underline{I}_V ^2 = (30 \Omega + j \cdot 50 \Omega) \cdot 0,5 \text{ A}^2$ $= P_V + j \cdot Q_V = 15 \text{ W} + j \cdot 25 \text{ var}$ $\text{Aus } \text{Im}\{\underline{Z}_V\} = \left(\omega_r \cdot L - \frac{1}{\omega_r \cdot C} \right) \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$ $\omega_r = \sqrt{\frac{3000 \cdot \pi^2}{0,8 \text{ s}^2}} = \pi \cdot \sqrt{3750} \text{ 1/s} \approx 192,382 \text{ 1/s}$ $f_r = \frac{\omega_r}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{3000 \cdot \pi^2}{0,8 \text{ s}^2}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3750} \text{ Hz} = \sqrt{937,5} \text{ Hz} \approx 30,619 \text{ Hz}$ $\underline{I}_V _{f=f_r} = \frac{\underline{U}_q}{R_i + R_V} = \frac{50 \text{ V}}{50 \Omega} = 1 \text{ A} \text{ da } \underline{Z}_L + \underline{Z}_C = 0$

Name:

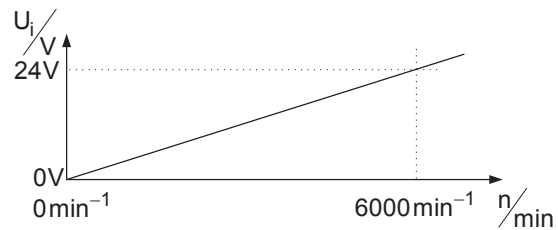
Matrikelnummer:

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



Rechnung:

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

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

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

Name:

Matrikelnummer:

Aufg. 2.3: Maschinendaten – (2 Punkte)Lösung: $U_{A,\text{test}} = 4 \text{ V}$ $I_{A,\text{test}} = 3,2 \text{ A}$

Rechnung:

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

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

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

$$= 4 \text{ V}$$

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

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

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

Name:

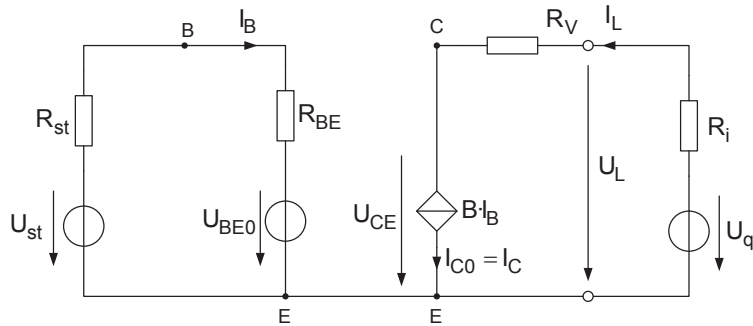
Matrikelnummer:

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:			
$M_N = \frac{P_{\text{mech},N}}{\Omega_N} = \frac{P_{\text{mech},N}}{2\pi \cdot n_N} = \frac{90 \text{ W}}{2\pi \cdot 6000 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 0,143 \text{ Nm}$			
$U_{i,N} = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n_N = 38,179 \cdot 10^{-3} \text{ Vs} \cdot 2\pi \cdot 6000 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 24 \text{ V}$			
$I_{A,N} = \frac{P_{\text{mech},N}}{U_{i,N}} = \frac{90 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 3,75 \text{ A}$			
$P_{VA,N} = R_A \cdot (I_{A,N})^2 = 1,25 \Omega \cdot (3,75 \text{ A})^2 = \frac{1125}{64} \text{ W} \approx 17,58 \text{ W}$			
$\eta_N = \frac{P_{\text{mech},N} - P_{VA,N}}{P_{\text{mech},N}} = \frac{90 \text{ W} - \frac{1125}{64} \text{ W}}{90 \text{ W}} \approx 80,47\%$			
$U_{RL,N} = U_{A,N} = U_{i,N} - R_A \cdot I_{A,N} = 24 \text{ V} - 1,25 \Omega \cdot 3,75 \text{ A} = 19,3125 \text{ V}$			
$R_L = \frac{U_{RL,N}}{I_{A,N}} = \frac{U_{A,N}}{I_{A,N}} = \frac{19,3125 \text{ V}}{3,75 \text{ A}} = 5,15 \Omega$			
auch: $R_L = \frac{P_{ab,N}}{(I_{A,N})^2} = \frac{P_{\text{mech},N} - P_{VA,N}}{(I_{A,N})^2} = \dots$			

Name:

Matrikelnummer:

Aufg. 2.5:	Belastung mit variabler Leistung – (6 Punkte)		
Lösung:			
$P_{VA} (P_{\text{mech}})$:	$b = 2,17 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\text{W}}$	$c = 2$	
$I_A (n)$:	$d = 0,57 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{min}$	$f = 1$	
$P_{\text{mech}} (n)$:	$g = 2,29 \cdot 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{min}^2$	$h = 2$	
Rechnung:			
$P_{VA} = R_A \cdot (I_A)^2 \quad \text{mit } I_A = \frac{P_{\text{mech}}}{U_i}$			
$= R_A \cdot \left(\frac{P_{\text{mech}}}{U_i} \right)^2 \quad \text{mit } U_i = U_{i,N} = 24 \text{ V}$			
$P_{VA} (P_{\text{mech}}) = \frac{1,25 \Omega}{(24 \text{ V})^2} \cdot (P_{\text{mech}})^2 = 2,17 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\text{W}} \cdot (P_{\text{mech}})^2$			
$I_A = \frac{U_i}{R_A + R_L} \quad \text{mit } U_i(n) = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n = a \cdot n$			
$= \frac{c \cdot \Phi \cdot 2\pi}{R_A + R_L} \cdot n$			
$I_A(n) = \frac{38,197 \cdot 10^{-3} \text{ Vs} \cdot 2\pi}{1,25 \Omega + 5,75 \Omega} \cdot (n)^1 = 34,28 \cdot 10^{-3} \text{ As} \cdot (n)^1 = 0,57 \cdot 10^{-3} \text{ A min} \cdot (n)^1$			
kurz $= \frac{a}{R_A + R_L} \cdot n = \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ V min}}{7 \Omega} \cdot (n)^1 = \dots$			
$P_{\text{mech}} = I_A \cdot U_i \quad \text{mit vorherigem Ergebnis}$			
$P_{\text{mech}} = \frac{U_i^2}{R_A + R_L} \quad \text{mit } U_i(n) = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n = a \cdot n$			
$= \frac{(c \cdot \Phi \cdot 2\pi)^2}{R_A + R_L} \cdot n^2$			
$P_{\text{mech}}(n) = \frac{(240 \cdot 10^{-3} \text{ Vs})^2}{1,25 \Omega + 5,75 \Omega} \cdot (n)^2 = \frac{(38,197 \cdot 10^{-3} \text{ Vs} \cdot 2\pi)^2}{1,25 \Omega + 5,75 \Omega} \cdot (n)^2$			
$= 8,23 \cdot 10^{-3} \text{ W s}^2 \cdot (n)^2 = 2,29 \cdot 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{min}^2 \cdot (n)^2$			

Aufg. 3.1: Elektrisches Ersatzschaltbild – (3 Punkte)

Ursprüngliche Schaltung nehmen und jedes Teil mit dem GS-ESB ersetzen...
GS-Quellen bleiben GS-Quellen, genauso bleiben die schon vorhandenen Widerstände.
Dann noch den Transistor durch sein GS-ESB ersetzen 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

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

(Optional) 2te Ableitung:

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

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)

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

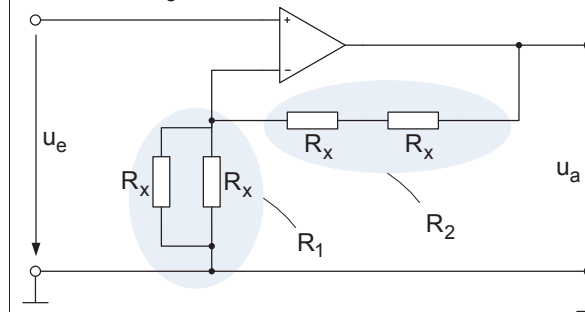
$$v = \frac{i_{mess} \cdot 0,5 \Omega}{i_{mess} \cdot R_{sh}} = \frac{0,5 \Omega}{0,1 \Omega} = 5$$

OP-Grundschialtung:

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...



$$v = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1} = 1 + \frac{2 \cdot R_x}{\frac{1}{2} \cdot R_x} = 1 + 4 = 5$$

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

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

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.

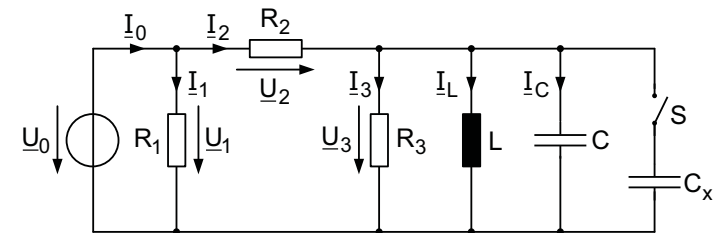


Bild 1.1: Ersatzschaltbild der Schaltung

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 $\underline{Z}_{RLC}(R_3, L, C, \omega) = \frac{a(R_3, L, C, \omega)}{1 + j \cdot b(R_3, L, C, \omega)}$ an, wobei a und b reelle Funktionen von R_3 , L , C und ω sind.
- 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 $L = 20 \text{ mH}$ und $C = 50 \text{ }\mu\text{F}$ 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 $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ }\Omega$?
- 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 $U_1 = 370 \text{ V}$ 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.

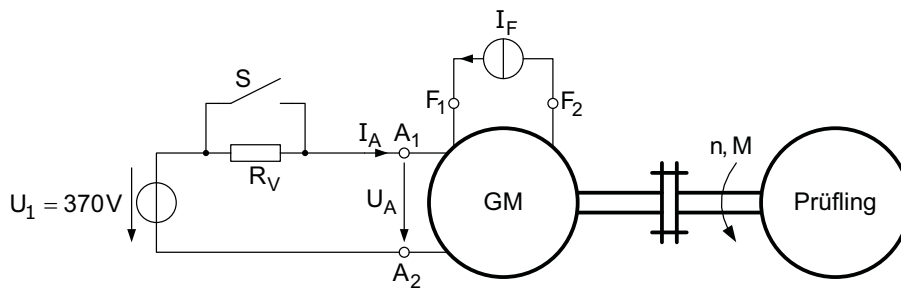


Bild 2.1: Übersicht der Anordnung

Von der fremderregten GM sind die folgenden Daten bekannt:

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

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. Setzen 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 $c \cdot \Phi_N = 1,194 \text{ Vs}$ 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 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 $n_{AP1} = 3000 \text{ min}^{-1}$ betragen.
- Der Schalter S ist geschlossen.
- Die GM soll eine mechanische Leistung von $P_{\text{mech},AP1} = 10 \text{ kW}$ 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

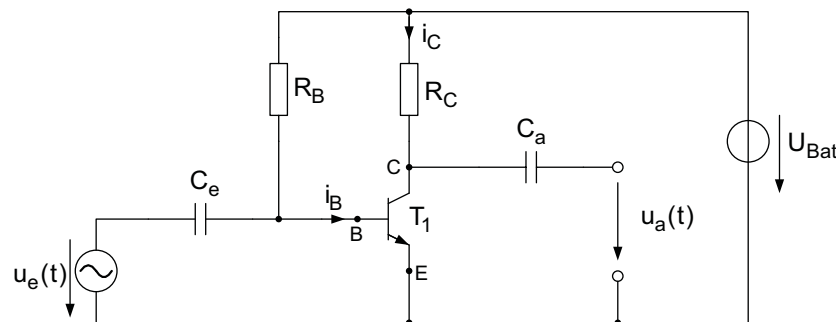


Bild 3.1: Transistorschaltung

Von der Schaltung sind die folgenden Daten bekannt:

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

Transistor T_1 :

Basis-Emitter-Widerstand:	$R_{\text{BE}} = 1500 \Omega$
Kollektor-Emitter-Widerstand:	$R_{\text{CE}} \rightarrow \infty$
Basis-Emitter-Diffusionsspannung:	$U_{\text{BE0}} = 0,7 \text{ V}$
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: $U_{\text{CE,AP}} = \frac{U_{\text{Bat}}}{2}$
- für den Kollektorstrom: $I_{\text{C,AP}} = 100 \text{ mA}$

Berechnen Sie:

- den Kollektorvorwiderstand R_C
- den Basisstrom $I_{\text{B,AP}}$
- 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

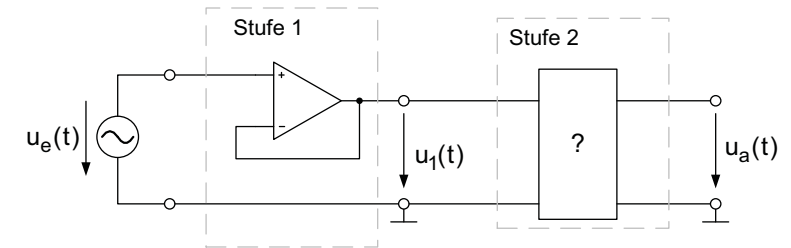


Bild 3.2: Übersicht der OP-Schaltung

Alle Operationsverstärker dürfen als ideal angenommen werden.

3.5 Stufe 1 – (2 Punkte)

- Um welche OP-Grundschialtung 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:

$$R_1 = 5 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 5 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 2 \text{ k}\Omega \quad R_4 = 2 \text{ k}\Omega$$

- Welche OP-Grundschialtung 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 Gleichstrommaschine 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

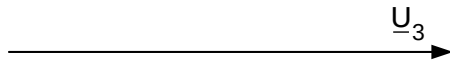
- a) der Fluss ϕ im Stator verkleinert.
- b) die Leerlaufdrehzahl n_0 des Motors verkleinert.
- c) der Fluss ϕ im Stator vergrößert.

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)

$$\underline{Z}_{RLC} = \frac{\underline{U}_3}{1 + j}$$

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 1.2: Netzumformung – Fortsetzung

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

$$\varphi_Z =$$

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

$$\underline{U}_1 =$$

$$\underline{U}_2 =$$

$$\underline{U}_3 =$$

Name: _____

Matrikelnummer: _____

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

$$I_1 =$$

$$I_2 =$$

$$I_0 =$$

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

Allgemein: $\omega_r =$

Wert: $\omega_r =$

Name: _____

Matrikelnummer: _____

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)

$$R_{V,min} =$$

$$U_{RA,max} =$$

$$\eta_{min} =$$

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Aufg. 2.4:

Leerlauf – (4 Punkte)

$$n_{0,\text{offen}} =$$

$$n_{0,\text{geschlossen}} =$$

$$I_F =$$

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Aufg. 2.5:

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

$$U_{i,AP1} =$$

$$I_{F,AP1} =$$

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 3.1: Gleichstromersatzschaltbild – (4 Punkte)

B•

C•

•E

Nicht enthalten sind:

Aufg. 3.2: Arbeitspunkteinstellung – (3 Punkte)

$R_C =$

$I_B =$

$R_B =$

Name: _____ Matrikelnummer: _____

Aufg. 3.3: Wechselstromersatzschaltbild – (4 Punkte)

B•

C•

•E

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-Grundsaltung:

$u_1(t) =$

Zweck:

Name: _____

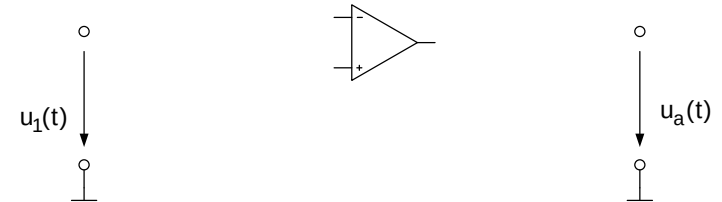
Matrikelnummer: _____

Aufg. 3.6:

Stufe 2 – (4 Punkte)

OP-Grundsaltung:

Schaltung:



Nachweis:

Lösungsvorschläge zur Prüfung „Einführung in die Elektrotechnik“

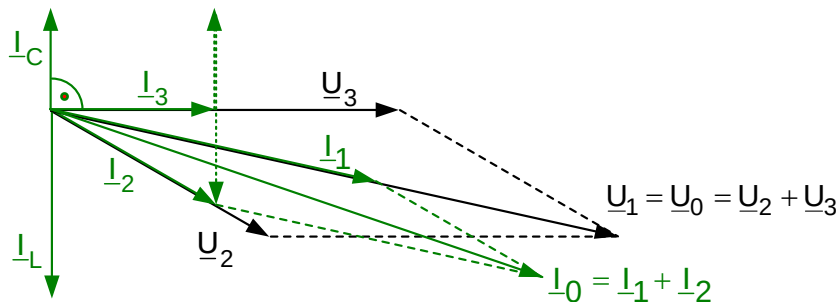
(Einführung in die Elektrotechnik *12210 für ee, fmt, mabau, mecha, tema, tp...)
(Einführung in die Elektrotechnik 1 und 2 für medtech)
(Einführung in die Elektrotechnik (I+II) für diverse Diplomstudiengänge)

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“ ausrechnen. 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 $\underline{Z}_{RLC}$: „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 Z_{RLC} .

$$\begin{aligned}\underline{U}_1 &= \underline{U}_0 \\ \underline{I}_1 &= \frac{\underline{U}_1}{R_1} = \frac{\underline{U}_0}{R_1} \\ \underline{I}_2 &= \frac{\underline{U}_0}{Z_{\text{Serie}}} = \frac{\underline{U}_0}{R_2 + Z_{RLC}} \quad \text{ggf. auch aus} \quad \underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_2}{R_2} = \frac{\underline{U}_3}{Z_{RLC}} \\ \underline{U}_2 &= R_2 \cdot \underline{I}_2 = \frac{R_2}{R_2 + Z_{RLC}} \cdot \underline{U}_0 \quad (\text{vgl. Spannungsteiler}) \\ \underline{U}_3 &= Z_{RLC} \cdot \underline{I}_2 = \frac{Z_{RLC}}{R_2 + Z_{RLC}} \cdot \underline{U}_0 \quad (\text{vgl. Spannungsteiler}) \\ \underline{I}_0 &= \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_0}{R_1} + \frac{\underline{U}_0}{R_2 + Z_{RLC}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + Z_{RLC}} \right) \cdot \underline{U}_0 = \frac{R_1 + R_2 + Z_{RLC}}{R_1 \cdot (R_2 + Z_{RLC})} \cdot \underline{U}_0\end{aligned}$$

(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.

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

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

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

- Geben Sie den Wert dieser Kreisfrequenz ω_r für $L = 20 \text{ mH}$ und $C = 50 \text{ }\mu\text{F}$ an.

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

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

$$\begin{aligned}\underline{S} &= \underline{U}_0 \cdot \underline{I}_0^* = \underline{U}_0 \cdot \left(\frac{\underline{U}_0^*}{R_1} + \frac{\underline{U}_0^*}{R_2 + Z_{RLC}} \right) \stackrel{\omega=\omega_r}{=} \underline{U}_0 \cdot \left(\frac{\underline{U}_0^*}{R_1} + \frac{\underline{U}_0^*}{R_2 + R_3} \right) \\ &= \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 \cdot (R_2 + R_3)} \cdot |\underline{U}_0|^2\end{aligned}$$

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

- Welchen Wert hat die Wirkleistung P bei $\omega = \omega_r$ für $\underline{U}_0 = 10 \text{ V}$ und $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \Omega$?

$$\begin{aligned}\underline{S} &= P + j \cdot Q \stackrel{\omega=\omega_r}{=} P \quad \text{da } Q = 0 \text{ (oder vergleichbare Begründung)} \\ P &= \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 \cdot (R_2 + R_3)} \cdot |\underline{U}_0|^2 = \frac{3 \cdot 10 \Omega}{10 \Omega \cdot 20 \Omega} \cdot (10 \text{ V})^2 = \frac{3000}{200} \text{ W} = 15 \text{ W}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\omega_{r,\text{neu}} &= \frac{1}{\sqrt{L \cdot C_{\text{ges}}}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot (C + C_x)}} \stackrel{!}{=} \frac{1}{2} \cdot \omega_r = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \\ \Rightarrow C + C_x &= 4 \cdot C \\ \Rightarrow C_x &= 3 \cdot C\end{aligned}$$

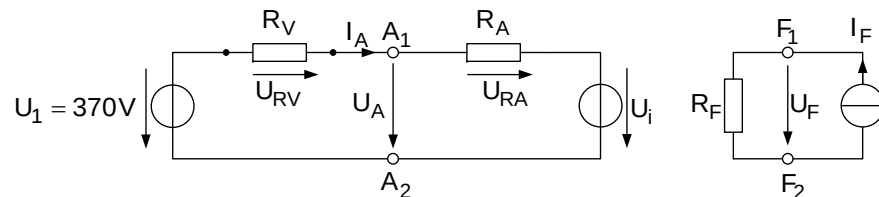
Aufgabe 2: Fremderregte Gleichstrommaschine

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: $U_{RV} = 0V \Rightarrow U_1 = U_A$

2.2 Maschinendaten und Nennbetrieb – (5 Punkte)

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

- Nennmoment M_N

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

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

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

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

(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.)

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

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

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

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

- Erregerwiderstand R_F

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

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

$$\text{Aus: } U_1 - U_i = R_A \cdot I_A$$

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

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

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

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

2.4 Leerlauf – (4 Punkte)

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

$$\text{Aus } I_A = 0A \text{ folgt: } U_i = U_1 = 370V$$

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

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

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

gleich wie vorige Aufgabe, da auch hier

$$I_A = 0A \text{ folgt: } U_i = U_1 = 370V$$

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

$$\text{Im Vergleich zu vorher: } U_i = U_1 = 370V = \text{const,}$$

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

$$\text{Aus } c\Phi \sim I_F$$

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

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

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

Zwei Gleichungen verwenden:

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

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

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:

$$U_{j,AP1} \approx 356V$$

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

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

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

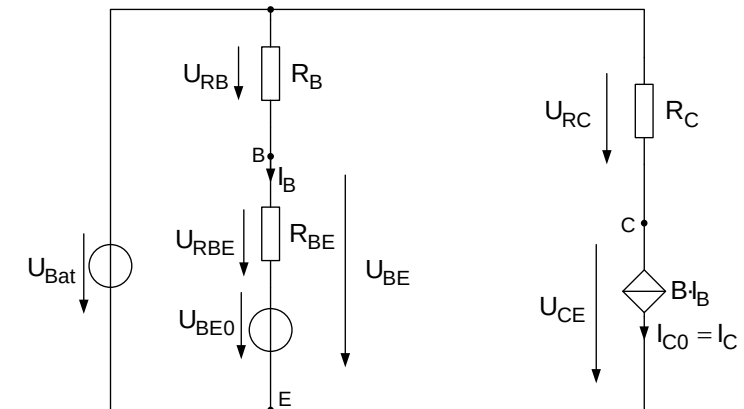
$$I_{F,AP1} = I_{F,N} \cdot \frac{C\Phi_{AP1}}{C\Phi_N} = 2A \cdot \frac{1,1332}{1,1936} = 1,899A$$

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 $u_p(t)$ 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: $I_{C,AP} = 100\text{mA}$

Berechnen Sie:

- den Kollektorvorwiderstand R_C

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

- den Basisstrom $I_{B,AP}$

$$I_{B,AP} = \frac{I_{C,AP}}{\beta} \quad I_{B,AP} = \frac{100\text{mA}}{100} = 1\text{mA}$$

- den Basisvorwiderstand R_B

$$R_B = \frac{U_{Bat} - U_{BE0} - I_{B,AP} \cdot R_{BE}}{I_{B,AP}} \quad (\text{Maschengleichung eben...})$$

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

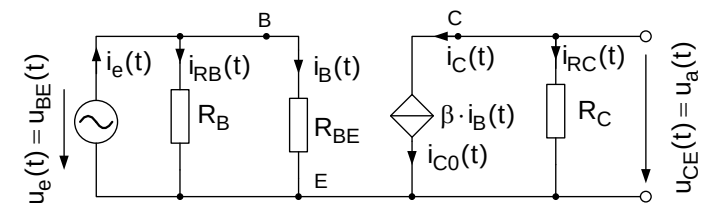
•

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 $\hat{i}_B$.

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

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

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

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

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

- 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

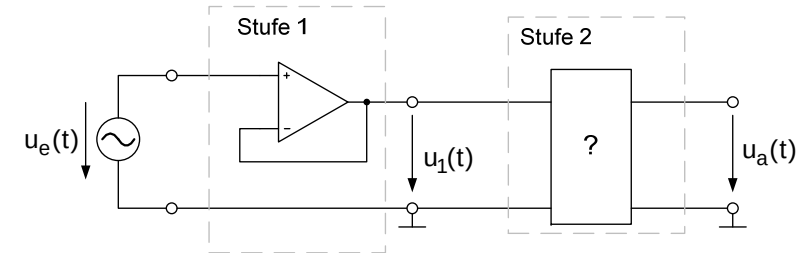


Bild 3.2: Übersicht der OP-Schaltung

Alle Operationsverstärker dürfen als ideal angenommen werden.

3.5 Stufe 1 – (2 Punkte)

- Um welche OP-Grundsaltung 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:

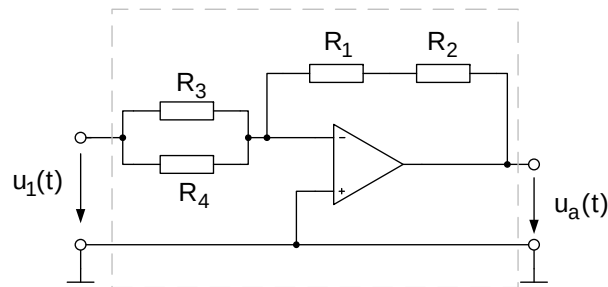
$$R_1 = 5 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 5 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 2 \text{ k}\Omega \quad R_4 = 2 \text{ k}\Omega$$

- Welche OP-Grundsaltung 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.



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