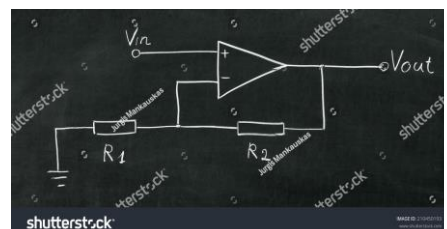


Zusatzübungen - Aufgaben

„Einführung in die Elektrotechnik 1 + 2“



Inhalt:

1. Wiederholung „Einführung in die Elektrotechnik I“

Aufgabe 1 bis Aufgabe 22

2. „Einführung in die Elektrotechnik II“

Aufgabe 23 bis Aufgabe 35

Vorbemerkung: Sie können aus den Übungen nur dann einen Nutzen ziehen, wenn Sie sich vor der Übung mit den Aufgaben beschäftigen und diese versuchen eigenständig zu lösen. Ansonsten könnte es sein, dass Sie während der Vortragsübung den einzelnen Schritten nur schwer oder gar nicht folgen können und für Sie das Tempo zu schnell ist.

1. Wiederholung „Einführung in die Elektrotechnik 1“

Aufgabe 1 Ohm'sches Gesetz

Für den Menschen ist ein Strom von $I = 40 \text{ mA}$ (Milliampere!!) durch seinen Körper unter Umständen bereits tödlich.

- a) Berechnen Sie die Spannung, die diesen Strom verursacht, wenn Haut- und Körperwiderstand des Menschen zu $R = 1.000 \Omega$ angenommen wird.
- b) Welche Schlüsse ziehen Sie aus dem Ergebnis für die Praxis?

Aufgabe 2 Ohm'sches Gesetz

- Erhöht man an einem ohmschen Widerstand R die Spannung U um $\Delta U = 20 \text{ V}$, so nimmt die Stromstärke durch den Widerstand um 8 % zu.

- a) Berechnen Sie die Spannung U .

Aufgabe 3 Ohm'sches Gesetz und Leistung

An einem elektrischen Heizwiderstand (ohmscher Widerstand) sinkt die Betriebsspannung von $U_1 = 220 \text{ V}$ auf $U_2 = 215 \text{ V}$ ab.

- a) Berechnen Sie das Verhältnis der Leistungen $\frac{P_2}{P_1}$.

Aufgabe 4 Ohm'sches Gesetz und Leistung

Zwei Heizwiderstände mit der Nennspannung $U_N = 230 \text{ V}$ und den Widerstandswerten $R_1 = 40 \Omega$ und $R_2 = 120 \Omega$ sollen in unterschiedlichen Schaltungen an einer Netzspannung $U = 230 \text{ V}$ betrieben werden.

- a) Skizzieren Sie die möglichen Schaltungsarten mit unterschiedlicher Leistungsaufnahme.
- b) Berechnen Sie die jeweiligen Leistungsaufnahmen.

Aufgabe 5 Ohm'sches Gesetz und Leistung

Zwei Glühlampen (Lampe 1 und Lampe 2) mit den Nennspannungen $U_N = 12 \text{ V}$ werden in Reihenschaltung an der Spannung $U = 12 \text{ V}$ betrieben, wobei ein Strom $I = 0,6 \text{ A}$ gemessen wird. Durch die Lampe 1 fließt bei Nennbetrieb der Nennstrom $I_{1N} = 1,5 \text{ A}$.

- a) Berechnen Sie die Nennleistungen P_{N1} und P_{N2} der beiden Lampen.

Aufgabe 6 Ohm'sches Gesetz und Leistung

Zwei an der Spannung $U = 230 \text{ V}$ betriebene ohmsche Widerstände R_1 und R_2 haben die Verlustleistungen $P_1 = 80 \text{ W}$ und $P_2 = 20 \text{ W}$.

Berechnen Sie R_1 und R_2 in Ohm bei

- a) Reihenschaltung der Widerstände
b) Parallelschaltung der Widerstände.

Aufgabe 7 Temperaturabhängigkeit eines Drahtwiderstandes

Ein Drahtwiderstand mit dem materialspezifischen Temperaturbeiwert $\alpha_{20} = 0,004 \text{ K}^{-1}$ für den ohmschen Widerstand hat bei der Temperatur $\vartheta = 100^\circ \text{ C}$ den Widerstandswert $R = 100 \Omega$.

- a) Berechnen Sie den Widerstand bei einer Temperatur von 40° C .

Aufgabe 8 Temperaturabhängigkeit des Spulenwiderstandes

Die Kupferwicklung eines Elektromotors hat den Widerstand $R = 6,7 \Omega$ bei der Messtemperatur $\vartheta = 20^\circ \text{ C}$.

- a) Berechnen Sie die Temperaturerhöhung, wenn nach dreistündigem Dauerbetrieb der Wicklungswiderstand zu $R = 7,36 \Omega$ gemessen wird.

Aufgabe 9 Ohm'sches Gesetz und Leistung

Eine Lampe L_1 mit den Nennwerten $125 \text{ V} / 40 \text{ W}$ wird über einen Vorwiderstand R_V an der Spannung $U = 230 \text{ V}$ betrieben. Am Vorwiderstand wird die Leistung $P_V = 20 \text{ W}$ in Wärme umgesetzt.

- a) Berechnen Sie die Leistungsaufnahme der Lampe L_1 .

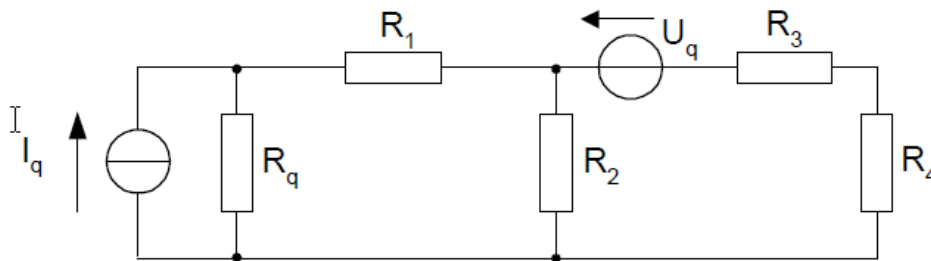
Aufgabe 10 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

Mittels einer elektrisch betriebenen Seilwinde wird eine Masse $m = 4,5 \text{ t}$ in der Zeit $t = 2,5 \text{ min}$ auf eine Höhe von $h = 9,3 \text{ m}$ gehoben. Die elektrisch aufgenommene Leistung des Antriebmotors wird zu $P_e = 3,5 \text{ kW}$ gemessen.

- a) Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad der Hebeanlage.

Aufgabe 11 Netzwerkberechnung

Gegeben ist das im folgenden Bild dargestellte elektrische Netzwerk mit einer Strom- und einer Spannungsquelle.



Elektrisches Netzwerk mit Strom- und Spannungsquelle

- Zeichnen Sie für jede unbekannte elektrische Größe Zählpfeile ein und führen Sie entsprechende eindeutige Bezeichner ein.
- Wie viele Knoten und Zweige besitzt das Netzwerk?
Wie viele unbekannte Größen gibt es?
- Wie viele linear unabhängige Gleichungen werden zur Berechnung der Unbekannten benötigt und woher bekommt man die erforderlichen Gleichungen?
- Darf für die Berechnung der unbekannten Zweigströme der Überlagerungssatz angewendet werden (Begründung)?
- Berechnen Sie mit Hilfe des Überlagerungssatzes alle unbekannten Zweigströme.
- Wie groß ist die in den ohmschen Widerständen in Wärme umgewandelte elektrische Leistung P_v ?
- Führen Sie eine Leistungsbilanz durch.

Aufgabe 12 Grundlagen der komplexen Zahlen

Gegeben sind die komplexen Zahlen $\underline{Z}_1 = 3 + j \cdot 4$, $\underline{Z}_2 = -3 + j \cdot 4$ und $\underline{Z}_3 = -3 - j \cdot 4$.

- Stellen Sie die drei komplexen Zahlen in der Gaußschen Zahlenebene dar.
- Bestimmen Sie für jede komplexe Zahl den Betrag und den Winkel und stellen Sie die Zahlen in Exponentialform dar.

Aufgabe 13 Grundlagen der komplexen Rechnung

Gegeben sind die komplexen Zahlen $\underline{Z}_1 = 4 + j \cdot 4$ und $\underline{Z}_2 = 5 + j \cdot 5$.

- Berechnen Sie die Beträge und die Winkel der komplexen Zahlen und stellen Sie sie in Exponentialform dar.
- Berechnen Sie $\underline{Z}_a = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2$, $\underline{Z}_b = \underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2$, $\underline{Z}_c = \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_2}$ und berechnen Sie die Beträge und Winkel und stellen Sie $\underline{Z}_a$, $\underline{Z}_b$ und $\underline{Z}_c$ in Exponentialform dar.

Aufgabe 14 Sinusförmige Größen (Wechselgrößen)

Gegeben ist eine sinusförmige Spannung $u(t) = 10 \text{ V} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{20 \text{ ms}} \cdot t - \frac{\pi}{6}\right)$.

- Berechnen Sie die Amplitude $\hat{u}$, den Nullphasenwinkel φ_u , die Periodendauer T , die Frequenz f , die Kreisfrequenz ω und den Effektivwert U .
- Stellen Sie die Sinusförmige Spannung als komplexe Größe dar.

Aufgabe 15 Komplexe Wechselstromrechnung, Impedanz

Gegeben sei ein ohmscher Widerstand mit $R = 10 \Omega$ und eine Spule L mit dem Blindwiderstand $X_L = 20 \Omega$.

- Bestimmen Sie die Impedanz der Reihenschaltung aus R und L und geben Sie den Betrag und Winkel an.
- Bestimmen Sie die Impedanz der Parallelschaltung aus R und L und geben Sie den Betrag und Winkel an.

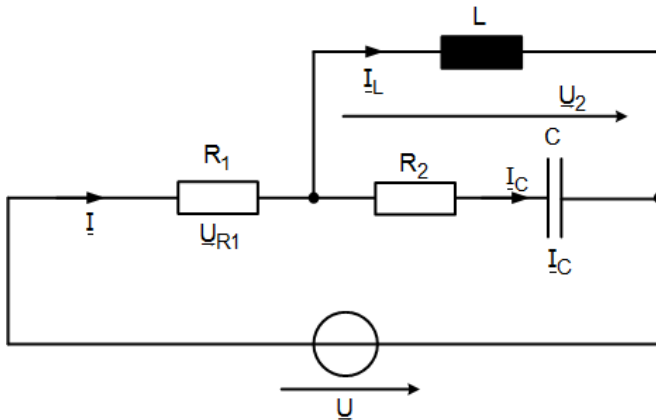
Aufgabe 16 Komplexe Wechselstromrechnung, Impedanz

Gegeben sei ein ohmscher Widerstand mit $R = 10 \, \Omega$ und ein Kondensator C mit dem Blindwiderstand $X_C = 20 \, \Omega$.

- Bestimmen Sie die Impedanz der Reihenschaltung aus R und C und geben Sie den Betrag und Winkel an.
- Bestimmen Sie die Impedanz der Parallelschaltung aus R und C und geben Sie den Betrag und Winkel an.

Aufgabe 17 Komplexe Wechselstromrechnung, Impedanz, Scheinleistung

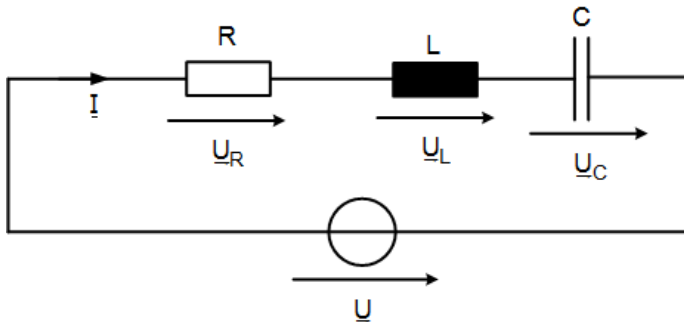
Gegeben ist folgende Schaltung mit $\underline{U} = 200 \, \text{V}$, $f = 50 \, \text{Hz}$, $R_1 = 20 \, \Omega$, $X_L = 60 \, \Omega$ und $X_C = 40 \, \Omega$.



- Berechnen Sie die Impedanz $\underline{Z}$ der Schaltung in Abhängigkeit von R_1 , R_2 , X_L und X_C .
- Berechnen Sie R_2 in Abhängigkeit von R_1 , X_L und X_C , sodass $\underline{Z}$ reell wird.
- Berechnen Sie mit dem in b) berechneten R_2 alle Ströme und Spannungen sowie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$.
Geben Sie anhand von $\underline{S}$ die Wirkleistung P und die Blindleistung Q an und prüfen Sie die Ergebnisse indem Sie P und Q nochmals auf eine andere Art berechnen.

Aufgabe 18 Komplexe Wechselstromrechnung, Impedanz

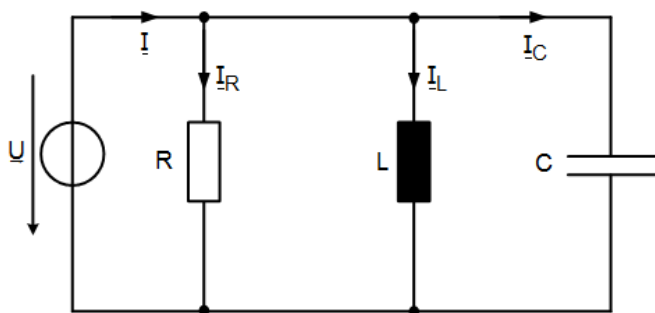
Gegeben ist folgende Schaltung mit $\underline{U} = 200 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $R = 20 \Omega$, $X_L = 60 \Omega$ und $X_C = 40 \Omega$.



- Bestimmen Sie die Impedanz $\underline{Z}$ der Schaltung.
- Berechnen Sie den Strom $\underline{I}$ und die Spannungen $\underline{U}_R$, $\underline{U}_L$ und $\underline{U}_C$.
- Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$ und geben Sie die Wirk- und Blindleistung an.
- Auf welchen Wert müsste X_C verändert werden, damit der Strom $\underline{I}$ reell wird? Zeichnen Sie für diesen Fall ein maßstäbliches Zeigerdiagramm.

Aufgabe 19 Komplexe Wechselstromrechnung, Impedanz, Scheinleistung

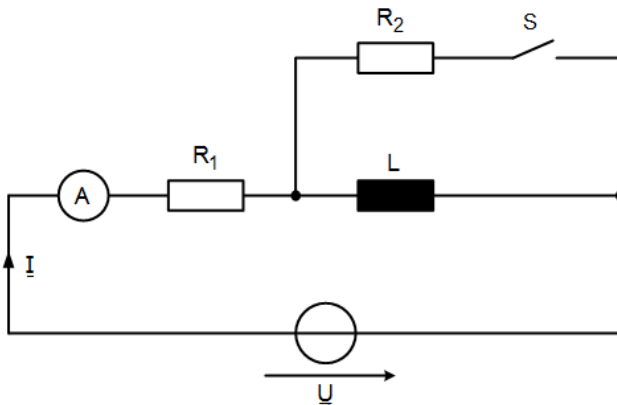
Gegeben ist folgende Schaltung mit $\underline{U} = 200 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $R = 20 \Omega$, $X_L = 60 \Omega$ und $X_C = 40 \Omega$.



- Bestimmen Sie die Impedanz $\underline{Z}$ der Schaltung.
- Berechnen Sie die Ströme $\underline{I}_R$, $\underline{I}_L$, $\underline{I}_C$ und $\underline{I}$.
- Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$ und geben Sie die Wirk- und Blindleistung an.
- Auf welchen Wert müsste X_C verändert werden, damit der Strom $\underline{I}$ reell wird?

Aufgabe 20 Komplexe Wechselstromrechnung, Impedanz

Gegeben ist die folgende Schaltung aus zwei ohmschen Widerständen R_1 , R_2 und einer Spule L mit dem Blindwiderstand X_L .



- a) Bestimmen Sie den Widerstand R_2 in Abhängigkeit von R_1 und X_L , sodass das Amperemeter unabhängig von der Stellung des Schalters S beides Mal denselben **Effektivwert** I des Stromes $\underline{I}$ anzeigt.

Hinweis: Schauen Sie in einem der letzten Umformungsschritte, dass Sie den Term $(R_2^2 + X_L^2)$ auf beiden Gleichungsseiten stehen haben, sodass Sie ihn herauskürzen können und überlegen Sie, welche Lösungen Sie durch das Herauskürzen dieses Terms erhalten und welche davon physikalisch sinnvoll ist.

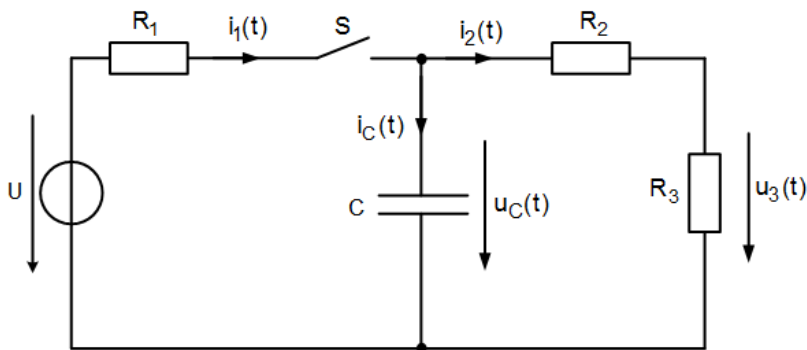
Aufgabe 21 Einschwingvorgang

Gegeben ist eine R-L-Reihenschaltung, die über einen Schalter S zum Zeitpunkt $t = 0$ s an eine Gleichspannung U geschaltet wird. Die Spule sei bei $t = 0$ s stromlos.

- a) Erklären Sie kurz, weshalb es zu einem Ausgleichsvorgang kommt.
- b) Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf des Spulenstromes und der Spannung an der Spule.
Stellen Sie den Verlauf der Spannung an der Spule grafisch dar.
- c) Welches Problem besitzt die Schaltung und wie kann dieses durch die Verwendung eines Zweipols, den Sie in EET 2 kennen gelernt haben, behoben werden?
- d) Berechnen Sie den Ausgleichsvorgang, der nach dem Öffnen des Schalters abläuft (die Maßnahme unter c) sei ergriffen!). Stellen Sie den Verlauf grafisch dar.

Aufgabe 22 Einschwingvorgang

Gegeben sei die folgende Schaltung mit dem ungeladenen Kondensator und zunächst offenem Schalter S.



- a) Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung $u_3(t)$, wenn zum Zeitpunkt $t = 0$ s der Schalter S geschlossen wird.
- b) Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung $u_3(t)$, wenn zum Zeitpunkt $t = t_1$ der Schalter S wieder geöffnet wird.
Annahme: t_1 sei so groß, dass $u_3(t)$ den unter a) berechneten stationären Wert bereits erreicht hat.
- c) Stellen Sie den Verlauf von $u_3(t)$ grafisch dar.

2. „Einführung in die Elektrotechnik 2“

Aufgabe 23 Dioden

In der Elektrotechnik gibt es zahlreiche Anwendungen in denen Dioden verwendet werden.

- a) Beschreiben Sie kurz woran man erkennt, dass es sich bei Dioden um nicht lineare Zweipole handelt.
- b) Skizzieren Sie die Strom-Spannungs-Kennlinien einer
 - „normalen“ Diode
 - Zener-Diode
 - Leuchtdiode (LED)und beschreiben Sie kurz, worin sich die Dioden unterscheiden.
- c) Nennen Sie Beispiele für Anwendungen von Dioden.

Aufgabe 24 Linearisierung nichtlinearer Kennlinien

Die Strom-Spannungs-Kennlinie einer Diode ist nicht linear.

- a) Welche Möglichkeiten der Linearisierung gibt es?
- b) Weshalb führt man die Linearisierung durch?
- c) Ist die Linearisierung überall im Strom-Spannungs-Kennlinienfeld gültig?
- d) Welches elektrische Ersatzschaltbild ergibt sich aus der Linearisierung und wie können die Parameter des Ersatzschaltbildes bestimmt werden?

Aufgabe 25 Zener-Diode

Ein spezieller Dioden-Typ ist die Zener-Diode.

- a) Zeichnen Sie die Strom-Spannungs-Kennlinie einer Zenerdiode.
- b) In welchem Bereich der Kennlinie wird die Diode betrieben (Arbeitsbereich)?

Aufgabe 26 Zener-Diode zur Spannungsstabilisierung

Mit Hilfe einer Zener-Diode soll die Versorgungsspannung eines elektronischen Verbrauchers stabilisiert werden.

- a) Geben Sie die einfachste Schaltungsvariante an, die diesen Zweck erfüllt.
- b) Wie groß muss der Vorwiderstand gewählt werden?

Aufgabe 27 npn-Bipolar-Transistor, Kennlinien, Linearisierung, Ersatzschaltbild

Im Folgenden soll ein npn-Bipolar-Transistor betrachtet werden.

- a) Beschreiben Sie kurz, weshalb es sich bei diesem Bauelement um eine stromgesteuerte Stromquelle handelt.
- b) Skizzieren Sie die folgenden Kennlinien:
 - Basisstrom in Abhängigkeit von der Basis-Emitter-Spannung.
 - Kollektorstrom in Abhängigkeit vom Basisstrom und der Kollektor-Emitter-Spannung.
- c) Handelt es sich um ein lineares oder um ein nicht lineares Bauelement (Begründung).
- d) Ermitteln Sie aus den linearisierten Kennlinien das (lineare) elektrische Ersatzschaltbild des Transistors.
- e) Nennen Sie Anwendungsbeispiele für Transistoren.

Aufgabe 28 npn-Bipolar-Transistor als Schalter

- a) Zeichnen Sie eine mögliche Schaltungsvariante, in der ein Transistor als Schalter für einen Ohm'schen Verbraucher verwendet wird.
- b) Zeichnen Sie das I_C - U_{CE} -Kennlinienfeld und konstruieren Sie die Arbeitsgerade.
 Welche Größen legen die Arbeitsgerade fest?
 Welche Arbeitspunkte können eingestellt werden und durch welche Maßnahme werden die Arbeitspunkte eingestellt?
- c) Erklären Sie kurz anhand des Kennlinienfeldes, weshalb der Transistor kein idealer Schalter ist.
- d) Geben Sie die Rechenschritte für die Schaltungsanalyse an.

Aufgabe 29 npn-Bipolar-Transistor als Kleinsignalverstärker

- a) Zeichnen Sie eine mögliche Schaltungsvariante, in der ein Transistor als Kleinsignalverstärker für ein sinusförmiges Eingangsspannungssignal verwendet wird.
- b) Erklären Sie kurz die Funktionen der verwendeten Bauelemente.
- c) Zeichnen Sie das I_C - U_{CE} -Kennlinienfeld und konstruieren Sie die Arbeitsgerade.
- d) Erklären Sie kurz anhand des Kennlinienfeldes, weshalb der optimale Arbeitspunkt für diesen Anwendungsfall bei $U_{CE} = U_{Bat}/2$ liegt.
- d) Zeichnen Sie die Schaltung erneut auf - ersetzen Sie den Transistor durch sein lineares Ersatzschaltbild.
- e) Erklären Sie kurz, weshalb Sie die Schaltungsanalyse separat in einer Gleichstromanalyse und einer Wechselstromanalyse durchführen dürfen.
- f) Was wird durch die Gleichstromanalyse bezweckt?
- g) Was wird durch die Wechselstromanalyse bezweckt?
- h) Geben Sie die einzelnen Rechenschritte für die Schaltungsanalyse an und erklären Sie abschließend kurz die Begriffe Gleichgröße, Wechselgröße und Mischgröße.

Aufgabe 30 Operationsverstärker (OP), Allgemeines

- a) Geben Sie das Schaltsymbol für den Operationsverstärker an und beschriften Sie es mit Zählpfeilen und Bezeichnern für sämtliche Ströme und Spannungen. Kennzeichnen Sie die Eingänge und den Ausgang.
- b) Durch welche Eigenschaften ist ein idealer OP gekennzeichnet?
- c) Beschreiben Sie kurz den Zusammenhang zwischen den elektrischen Größen am Operationsverstärker (idealer OP).
- d) Um welche Art von gesteuerter Quelle handelt es sich bei einem OP?

Aufgabe 31 Operationsverstärker, Grundsaltungen und Schaltungsanalyse

Gegeben sind die in den folgenden beiden Abbildungen dargestellten OP-Grundsaltungen.

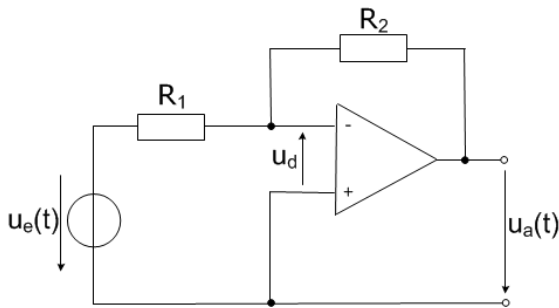


Abbildung 1: OP-Grundsaltung 1

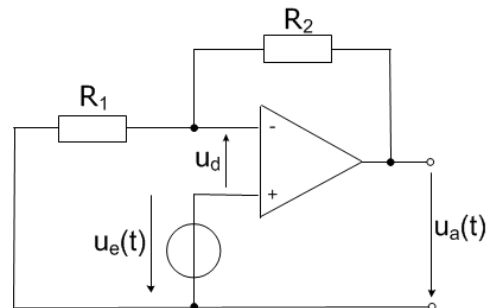


Abbildung 2: OP-Grundsaltung 2

- Was versteht man unter Rückkopplung in Form einer Gegenkopplung und was wird durch sie bewirkt?
- Analysieren Sie die Schaltung nach Abbildung 1 und geben Sie den Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung und der Eingangsspannung an. Welche Funktion erfüllt die Schaltung und wie kann sie demnach bezeichnet werden?
- Analysieren Sie die Schaltung nach Abbildung 2 und geben Sie den Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung und der Eingangsspannung an. Welche Funktion erfüllt die Schaltung und wie kann sie demnach bezeichnet werden?
Welchen Vorteil bietet diese Schaltung hinsichtlich des Eingangswiderstandes bezüglich der Schaltung nach Abbildung 1?

Aufgabe 32 Operationsverstärker, Grundsaltungen und Schaltungsanalyse

Gegeben sind die in den folgenden beiden Abbildungen dargestellten OP-Grundsaltungen.

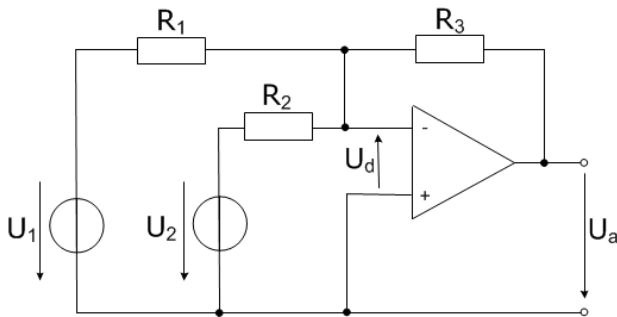


Abbildung 1: OP-Grundsaltung 1

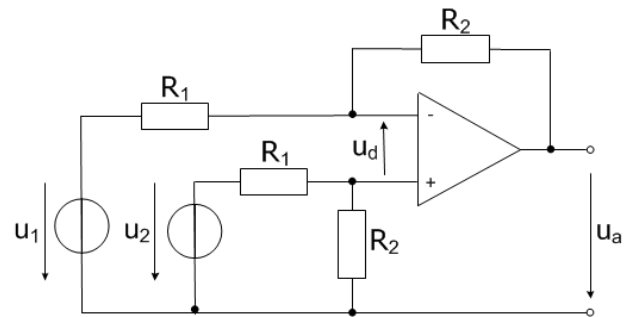


Abbildung 2: OP-Grundsaltung 2

- a) Analysieren Sie die Schaltung nach Abbildung 1 und geben Sie den Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung und der Eingangsspannung an. Welche Funktion erfüllt die Schaltung und wie kann sie demnach bezeichnet werden?
- b) Analysieren Sie die Schaltung nach Abbildung 2 und geben Sie den Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung und der Eingangsspannung an. Welche Funktion erfüllt die Schaltung und wie kann sie demnach bezeichnet werden?

Aufgabe 33 Gleichstrommaschine, Grundlagen, Verständnis, n-M-Kennlinie

- a) Erklären Sie kurz die Begriffe Rotor (Anker) und Stator und beschreiben Sie deren Funktionen.
- b) Weshalb wird ein Magnetfeld benötigt?
- c) Welche Möglichkeiten gibt es, um das Magnetfeld zu erzeugen?
- d) Erklären Sie die Begriffe permanentmagneterregt und fremderregt.
- e) Zeichnen Sie die elektrischen Ersatzschaltbilder für eine fremderregte und eine permanentmagneterregte Gleichstrommaschine.
Worin unterscheiden sich die Ersatzschaltbilder?
- f) Was versteht man unter dem Begriff stationär?
Welche Vernachlässigungen können dadurch in den Ersatzschaltbildern getroffen werden?
- g) Geben Sie die für die Gleichstrommaschine spezifischen Gleichungen an (induzierte Spannung, inneres Drehmoment).
- h) Leiten Sie die Gleichung für die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie her und interpretieren Sie die Gleichung.
- i) Erklären Sie die Begriffe Generatorbetrieb und Motorbetrieb.
- j) Geben Sie allgemein den Wirkungsgrad für den Motorbetrieb und den Generatorbetrieb an und erklären Sie kurz, welchen Einfluss die Art der Erregung hat.

Aufgabe 34 Fremderregte Gleichstrommaschine, Betriebsverhalten

In Abbildung 1 ist das Übersichtsschaltbild eines Spannungsumformersystems, bestehend aus einer fremderregten Gleichstrommaschine GM und einer weiteren elektrischen Maschine EM (Für die Bearbeitung der Aufgabe sind von der Maschine EM keine Daten erforderlich!), dargestellt. Die Gleichstrommaschine GM treibt die Maschine EM an, d.h. die GM arbeitet als Motor und EM arbeitet als Generator.

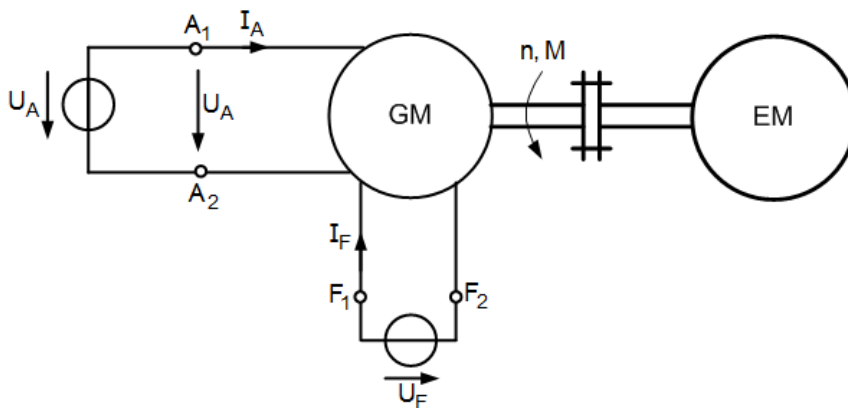


Abbildung 1: Übersichtsschaltbild des Spannungsumformersystems

Von der Gleichstrommaschine (GM) sind folgende Daten bekannt:

Ankernennspannung:	$U_{AN} = 600 \text{ V}$
Ankernennstrom:	$I_{AN} = 200 \text{ A}$
Erregernennspannung:	$U_{FN} = 220 \text{ V}$
Widerstand der Erregerwicklung:	$R_F = 110 \Omega$
Wirkungsgrad im Nennbetrieb:	$\eta_N = 0,95$
Nenndrehzahl	$n_N = 3.000 \text{ min}^{-1}$

Die Drehzahl soll stets konstant $n = n_N = 3.000 \text{ min}^{-1}$ sein!

Reibungsverluste werden erst im Aufgabenteil b) berücksichtigt.

Annahmen:

- Es werden stets stationäre Verhältnisse vorausgesetzt.
- Bis auf die ohmschen Verluste im Ankerkreis der Gleichstrommaschine und die Reibungsverluste in Aufgabenteil 2 dürfen alle weiteren Verluste vernachlässigt werden.
- Im Erregerkreis der GSM werden stets lineare Verhältnisse vorausgesetzt.

Betrachtung der GM im Nennbetrieb

a) Berechnen Sie die folgenden Größen:

- Erregerverluste $P_{F,N}$ in W
- Vom Anker elektrisch aufgenommene Leistung $P_{A,N}$ in kW
- Die mechanisch abgegebene Leistung P_N in kW (Hinweis: Wirkungsgrad und Erregerverluste!)
- Ankerwiderstand R_A in $m\Omega$
- Induzierte Spannung $U_{i,N}$ in V
- Konstante $c \cdot \Phi_N$ in Vs
- Nenndrehmoment M_N in Nm

Im Folgenden wird angenommen, dass die Drehzahl n weiterhin $n = 3.000 \text{ min}^{-1}$ beträgt und sich die Maschine EM im Leerlauf befindet (nimmt keine mechanische Leistung auf). Die GM dient als Antrieb für das gesamte System um die Reibungsverluste in Höhe von $P_{Rbg} = 3 \text{ kW}$ zu decken.

Betrachtung der GM im realen Leerlauf

- Berechnen Sie den Ankerstrom I_A in diesem Arbeitspunkt.
- Berechnen Sie die induzierte Spannung U_i .
- Auf welchen Wert muss $c \cdot \Phi$ (in Vs) eingestellt werden?
- Was passiert, wenn der Erregerfluss weiter erhöht wird?

Aufgabe 35 Permanentmagneterregte Gleichstrommaschine, Betriebsverhalten

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

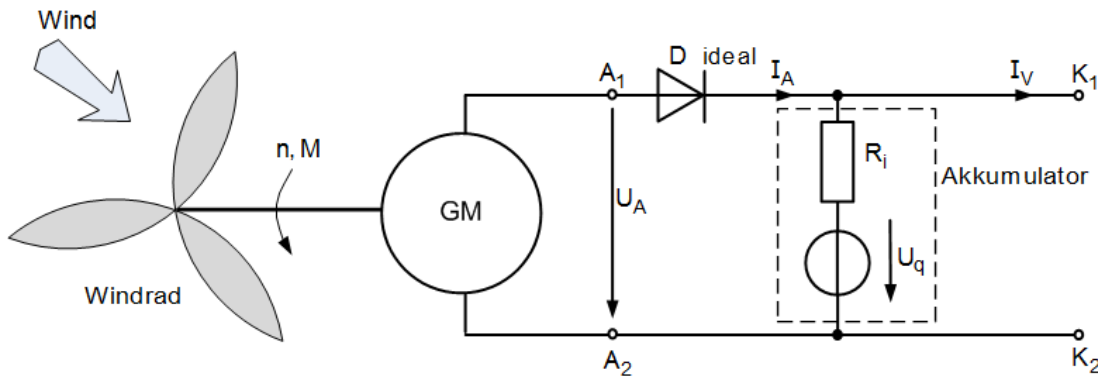


Abbildung 1: Übersichtsschaltbild der Gartenhaus-Stromversorgung

Für die GM (Generator) sind folgende Daten bekannt:

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

Für den Akkumulator sind folgende Daten bekannt:

Innenwiderstand:	$R_i = 0,25 \Omega$
------------------	---------------------

Annahmen:

- Es werden stets stationäre Verhältnisse vorausgesetzt.
- Außer den Verlusten im Ankerwiderstand und im Innenwiderstand des Akkumulators dürfen alle weiteren Verluste vernachlässigt werden.
- An die Klemmen K1 und K2 sind keine Verbraucher angeschlossen, d.h. es gilt stets $I_V = 0 \text{ A}$ (Leerlauf bezüglich der Klemmen).
- Die Diode darf als ideal angenommen werden.

Verständnisfrage

- a) Welchen Zweck erfüllt die Diode?

Nennenden der GM

- a) Berechnen Sie aus den gegebenen Nennenden der GM für den Nennbetrieb (zusätzlicher Index „N“):
- Die elektrisch abgegebene Leistung $P_{el,N}$ in Watt.
 - Die der GM mechanisch zugeführte Leistung $P_{mech,N}$ in Watt.
 - Die induzierte Spannung $U_{i,N}$ in Volt.
 - Den Faktor $c \cdot \Phi$ in Vs.
 - Den Ankerwiderstand R_A in Ω .
 - Das Nenndrehmoment M_N in Nm mit der die GM angetrieben werden muss.

Ladebetrieb des Akkumulators

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

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

- c) Berechnen Sie:
- Den Ladestrom $I_A = I_{Lade}$ des Akkumulators.
 - Die innere elektrische Leistung $P_{el,i}$ des Generators.
 - Die Gesamtverluste $P_{V,ges}$.
 - Die Leistung P_{Lade} , mit welcher der Akkumulator geladen wird.
 - Den Gesamtwirkungsgrad η der Anlage in diesem Arbeitspunkt.