

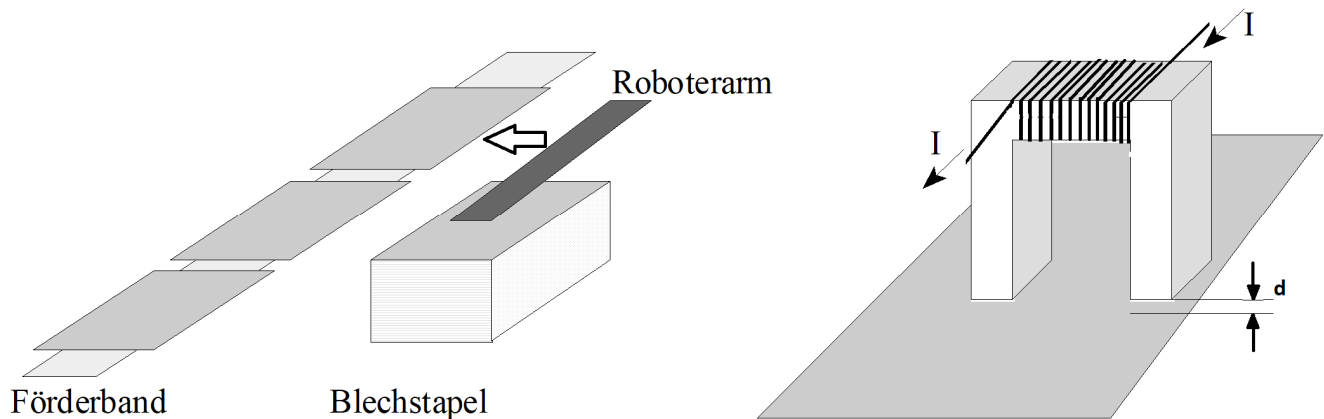
Hochschule München FK 03	Prüfung Wintersemester 2018/19 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 60 Minuten	M. Kortstock, F. Palme
Zugelassene Hilfsmittel: keine	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

A	1	2	3	Σ	N
P					

Aufgabe 1: Bestückungsautomat (ca. 19 Punkte)

Für einen Bestückungsautomaten soll ein Elektromagnet an einem Roboterarm dimensioniert werden, der Eisenblechtafeln aufnimmt und auf ein Band ablegt. Die Gewichtskraft einer Blechtafel beträgt $F_g = 160 \text{ N}$. Der U-förmige Kern des Elektromagneten hat eine Querschnittsfläche von $A = 8 \text{ cm}^2$. Durch Oxidation und Verschmutzung muss mit einem Luftspalt von $d = 0,5 \text{ mm}$ gerechnet werden. Für den Kern und die Blechtafeln gelte $\mu_r \rightarrow \infty$.

Hinweise: Ein normierter Luftspalt der Länge 1 mm und Fläche 1 cm^2 hat einen magn. Widerstand $R_{m,L} = 8 \cdot 10^6 \text{ H}^{-1}$. Für die Kraftwirkung eines Magneten gilt: $F = (B^2 A) / (2\mu_0)$ mit $\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$



1.1 Berechnen Sie den magnetischen Widerstand $R_{m,ges}$ des gesamten Kreises.

Ersatzwert: $R_{m,ges} = 2 \cdot 10^6 \text{ H}^{-1}$

1.2 Skizzieren Sie das magnetische Ersatzschaltbild und zeichnen Sie die magnetischen Feldlinien in die obige Abbildung ein.

1.3 Welche Kraft F muss pro Luftspalt wirken, um das Blech hochzuheben?

1.4 Kann der Elektromagnet Aluminiumplatten anheben (Begründung)?

1.5 Welche magnetische Flussdichte B_{min} muss im Luftspalt mindestens vorhanden sein?

Ersatzwert: $B = 0,2 \text{ T}$

1.6 Welcher Strom I muss fließen, damit bei $N = 1000$ Windungen die notwendige Kraft zum Anheben sichergestellt werden kann?

1.7 Welche Induktivität L weist die Spule auf?

Ersatzwert: $L = 0,8 \text{ H}$

1.8 Der Spulenstrom steigt zu Beginn des Einschaltvorgangs konstant mit $0,5 \text{ A/ms}$ an. Welcher Spannungsverlauf ist hierzu an der Induktivität L erforderlich?

1.9 Warum wird die Induktivität L in der Realität auch für einen Luftspalt $d \rightarrow 0$ nicht beliebig groß?

Aufgabe 2: Filterschaltung (ca. 22 Punkte)

Die in Abb. 1 gezeigte Filterschaltung wird an einer Wechselspannungsquelle \underline{U} der Frequenz f betrieben und ist an den Ausgangsklemmen 3–4 mit der Impedanz $\underline{Z}_a = R_a$ abgeschlossen.

$\underline{U} = U \cdot e^{j\varphi_u} = 10 \text{ V}$

(komplexer Effektivwert)

Betriebsfrequenz: f variabel

Bauteile: $R = 250 \text{ } \Omega$

$C = 200 \text{ nF}$

$R_a = 1 \text{ k}\Omega$

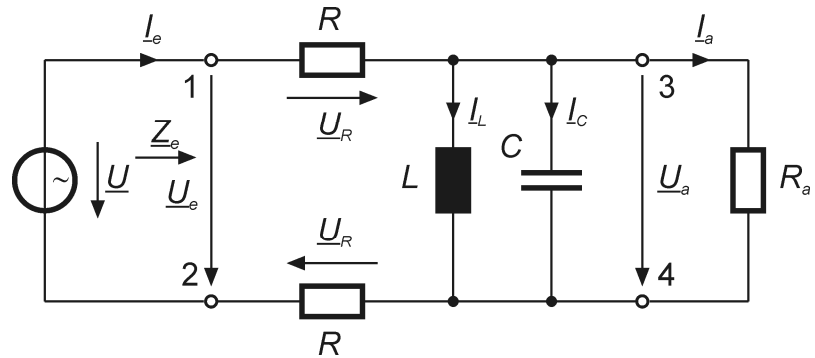


Abb. 1: Filterschaltung

Bei der Betriebsfrequenz $\omega_g = 2\pi f_g = 10^4 \text{ s}^{-1}$ wird der Eingangsstrom $\underline{I}_e = 4(2 + j) \text{ mA}$ und die Ausgangsspannung $\underline{U}_a = 2(3 - j) \text{ V}$ gemessen.

2.1 Berechnen Sie die sich für diese Messwerte ergebende Eingangsadmittanz \underline{Y}_e und die Eingangsimpedanz \underline{Z}_e zahlenmäßig.

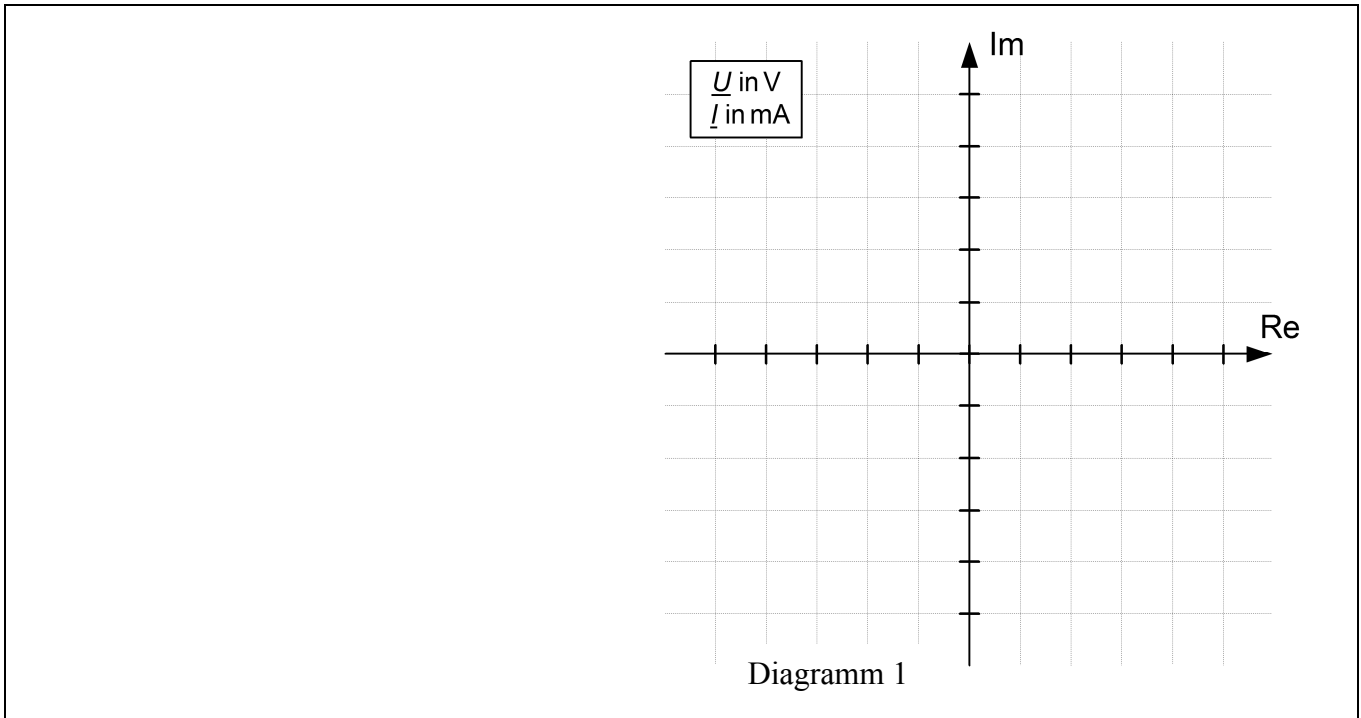
2.2 Wie groß ist die an den Eingangsklemmen 1–2 aufgenommene komplexe Scheinleistung \underline{S} ? Welche Impedanzcharakteristik weist die Schaltung auf?

2.3 Berechnen Sie den Kondensatorstrom \underline{I}_C .

Ersatzwert: $\underline{I}_C = 3(1 + 3j) \text{ mA}$

2.4 Berechnen Sie den Ausgangsstrom \underline{I}_a und den Spulenstrom \underline{I}_L .

2.5 Berechnen Sie die Spannung \underline{U}_R . Zeichnen Sie die Ströme \underline{I}_e , \underline{I}_C und die Spannungen \underline{U}_e , \underline{U}_R , \underline{U}_a als Effektivwertzeiger in Diagramm 1 ein (Achsen geeignet skalieren, komplexe Werte angeben).



2.6 Geben Sie Effektivwert U_a , Amplitude \hat{U}_a und Phase φ_u der Spannung \underline{U}_a an.
Hinweis: $\arctan(x) \approx x$ für kleine x

Bei einer bestimmten Betriebsfrequenz ω_0 nimmt die Filterschaltung nur Wirkleistung auf.

2.7 Wie nennt man diesen speziellen Arbeitspunkt und welchen Wert nimmt \underline{Z}_e hierbei an? Berechnen Sie das bei dieser Kreisfrequenz auftretende Übertragungsverhältnis $\underline{H}(\omega_0) = \underline{U}_a / \underline{U}_e$ zahlenmäßig.

2.8 Geben Sie $H(\omega)$ für sehr niedrige ($\omega \rightarrow 0$, Gleichstrom) und sehr hohe Kreisfrequenzen ($\omega \rightarrow \infty$) an. Erläutern Sie damit die Wirkung des Filters, indem Sie in der Schaltung die sich jeweils ergebenden Blindwiderstände ansetzen.

Aufgabe 3: Gleichstromnetzwerk (ca. 24 Punkte)

Betrachtet wird folgende Schaltung, die an den Ausgangsklemmen 1–2 eine Spannung U_a liefert:

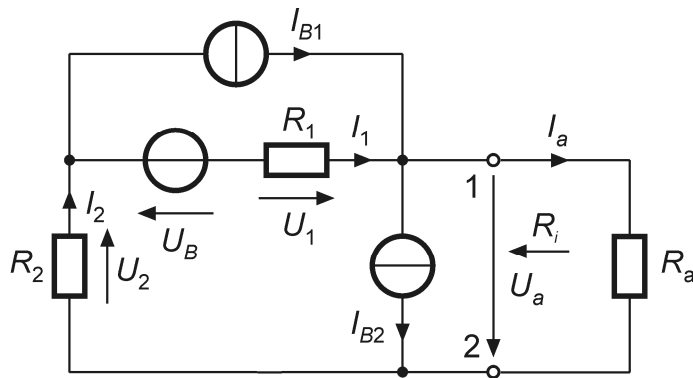


Abb. 1: Gleichstromnetzwerk

3.1 Wieviele *unabhängige* N Knotenpunktgleichungen gibt es hier? Stellen Sie diese Gleichungen auf sowie die Maschengleichung, welche U_B und U_a enthält.

Zunächst wird die Schaltung im **Leerlauf** betrachtet ($R_a \rightarrow \infty$).

3.2 Geben Sie die Ströme I_1 und I_2 für diesen Leerlauf in Abhängigkeit der Stromquellen an.

3.3 Zeichnen Sie das Spannungsquellen-Ersatzschaltbild der Schaltung **links der Ausgangsklemmen 1–2** und ermitteln Sie die zugehörigen zwei Kenngrößen allgemein in Abhängigkeit der Bauteile. **Hinweis:** Berechnung der Leerlaufspannung U_a unter Verwendung der vorherigen Teilaufgaben.

Im Weiteren wird die Schaltung **mit angeschlossener Last R_a** betrachtet und soll so dimensioniert werden, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

Leerlaufspannung $U_0 = 10 \text{ V}$, maximale Ausgangsleistung $P_{max} = 5 \text{ W}$

3.4 Berechnen Sie den hierzu erforderlichen Innenwiderstand R_i der Quelle. **Ersatzwert:** $R_i = 4 \Omega$

3.5 Berechnen Sie den maximal verfügbaren Ausgangsstrom I_{max} . Wie groß ist die in diesem Fall umgesetzte Ausgangsleistung P_a (Begründung)?

3.6 Skizzieren Sie das Strom-Spannungsdiagramm $I_a(U_a)$ dieser Schaltung quantitativ. Bestimmen Sie den bei P_{max} auftretenden Ausgangsstrom I_a (Arbeitspunkt in Diagramm einzeichnen).

3.7 In welchem Bereich $R_{a,min} \dots R_{a,max}$ darf der Lastwiderstand R_a liegen für einen Wirkungsgrad $\eta \geq 0,9$? **Hinweis:** Zunächst Zusammenhang $\eta(R_a)$ berechnen. **Ersatzwert:** $R_{a,min} = 36 \Omega$

3.8 Berechnen Sie für $\eta = 0,9$ den Laststrom I_a , die Ausgangsspannung U_a und Ausgangsleistung P_a .