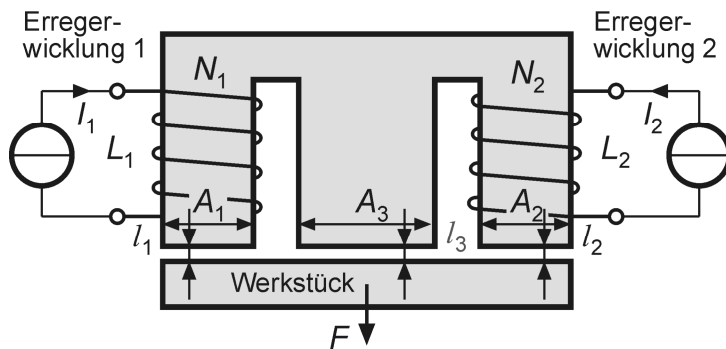


<b>Hochschule München FK 03</b>	<b>Prüfung Sommersemester 2014 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 90 Minuten</b>	F. Palme, G. Buch
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> Taschenrechner, 1 DIN-A4-Blatt	<b>Matr.-Nr.:</b>	<b>Name, Vorname:</b>
	<b>Hörsaal:</b>	<b>Unterschrift:</b>

<b>A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Σ</b>	<b>N</b>
<b>P</b>						

**Aufgabe 1: Elektromagnet** (ca. 20 Punkte)

Betrachtet wird der in Abb. 1 schematisch dargestellte Elektromagnet mit zwei identischen Erregerwicklungen  $L_1 = L_2 = L$  und den Kernquerschnitten  $A_1 = A_2$ ,  $A_3 = 2 A_1$ , der ein ferromagnetisches Werkstück der Masse  $m$  im Abstand  $l$  anheben soll.



- Querschnitte  $A_1 = A_2 = 100 \text{ cm}^2$   
 $A_3 = 2 A_1 = 200 \text{ cm}^2$
- Abstände  $l_1 = l_2 = l_3 = l = 1 \text{ cm}$
- Windungszahl  $N_1 = N_2 = 200$
- Spulenströme  $I_1 = I_2 = 2 \text{ A}$
- magnetische Feldkonstante  
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

Abb. 1: Elektromagnet mit Werkstück

magnetischer Widerstand von Eisenkern und Werkstück **vernachlässigbar**  $R_{m,Eisen} \rightarrow 0$

- 1.1 Zeichnen Sie einige der von den Erregerwicklungen hervorgerufenen Feldlinien mit der richtigen Magnetfeldrichtung in den Elektromagneten ein und skizzieren Sie das elektrische Ersatzschaltbild des gesamten magnetischen Kreises (alle auftretenden Größen bezeichnen). Berechnen Sie die auftretenden magnetischen Widerstände. **Ersatzwert:**  $R_{m,L1} = 10^6 \text{ H}^{-1}$

1.2 Stellen Sie geeignete Knoten- und Maschengleichungen zur Berechnung der magnetischen Flüsse des Magnetkreises allgemein auf.

1.3 Berechnen Sie die magnetischen Flüsse  $\Phi$  in den Luftspalten. **Ersatzwert:**  $\Phi_1 = 0,2 \text{ mWb}$

1.4 Berechnen Sie jeweils die magnetische Induktion  $B$  und die magnetische Feldstärke  $H$  in den Luftspalten. **Ersatzwert:**  $B_1 = 0,02 \text{ T}$

Unter der Annahme vernachlässigbaren Streuflusses gelte für die auf das Werkstück wirkenden Kräfte in den Luftspalten:  $F_1 = F_2 = F_3/2$  mit  $F = B^2 A / (2 \cdot \mu_0)$

1.5 Welche Masse kann der Elektromagnet beim betrachteten Abstand  $l = 1 \text{ mm}$  gerade anheben?

**Aufgabe 2: Hochpassfilter** (ca. 20 Punkte)

Das in Abb. 1 gezeigte *Hochpassfilter* wird an den Eingangsklemmen 1–2 mit einer sinusförmigen Wechselspannung  $\underline{U}$  der Frequenz  $f$  betrieben und ist an den Ausgangsklemmen 3–4 mit der variablen Impedanz  $\underline{Z}_a$  abgeschlossen.

$\underline{U} = U \cdot e^{j\varphi_u} = 5 \cdot e^{j0} \text{ V}$

(komplexer Effektivwert)

Betriebsfrequenz:  $f = 10 \text{ kHz}$

Bauteile:  $R = 0,6 \text{ k}\Omega$

$L = 19 \text{ mH}$

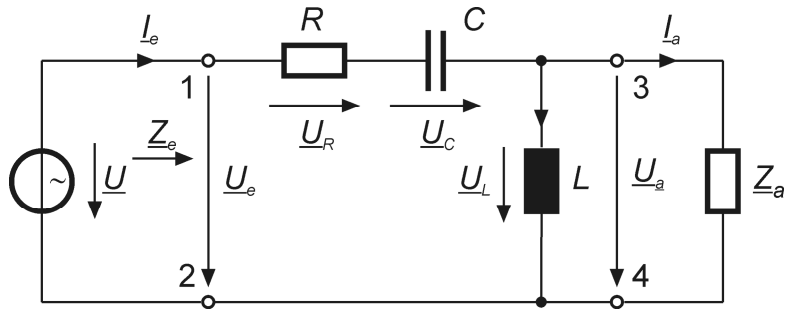


Abb. 1: Hochpassfilter

**Teil 1:** Zunächst wird die Schaltung im Leerlauf betrieben ( $\underline{Z}_a \rightarrow \infty, I_a = 0$ ). Hierbei wird an den Ausgangsklemmen 3–4 der komplexe Effektivwert  $\underline{U}_a = (4,8 + j3,6) \text{ V}$  gemessen.

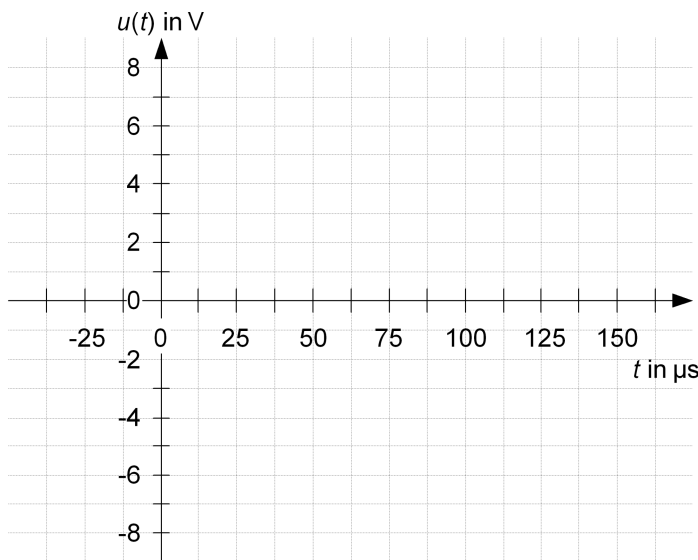


Diagramm 1

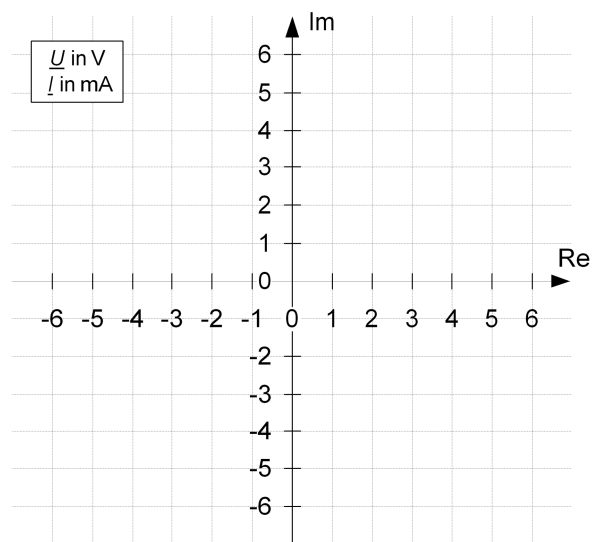


Diagramm 2

2.1 Geben Sie die Periodenzeit  $T$ , Amplitude  $\hat{U}_a$  und Phase  $\varphi_u$  der Ausgangsspannung  $\underline{U}_a$  an. Zeichnen Sie den zugehörigen Zeitverlauf  $u_a(t)$  in das Diagramm 1 sowie den Effektivwert-Drehzeiger  $\underline{U}_a$  in die komplexe  $\underline{U}$ -Ebene (Diagramm 2).

2.2 Berechnen Sie den Blindwiderstand  $X_L$  und den komplexen Spulenstrom  $\underline{I}_L$  und zeichnen Sie den entsprechenden Effektivwert-Drehzeiger  $\underline{I}_L$  in die komplexe  $\underline{I}$ -Ebene (Diagramm 2).

**Ersatzwerte:**  $X_L = 1 \text{ k}\Omega, \underline{I}_L = (3,75 - j5) \text{ mA}$

2.3 Berechnen Sie die Spannungen  $\underline{U}_R$  und  $\underline{U}_C$  und zeichnen Sie diese komplexen Effektivwert-Drehzeiger in das Diagramm 2.

2.4 Berechnen Sie die an den Eingangsklemmen 1–2 vom Hochpass aufgenommene komplexe Scheinleistung  $\underline{S}$ .

2.5 Geben Sie die Ausgangsspannungen  $\underline{U}_{a,DC}$  für sehr niedrige Frequenzen ( $f \rightarrow 0$ , Gleichstrom) und  $\underline{U}_{a,\infty}$  für sehr hohe Frequenzen ( $f \rightarrow \infty$ ) an, indem Sie in der Schaltung die sich jeweils für  $f \rightarrow 0$  bzw.  $f \rightarrow \infty$  ergebenden Blindwiderstände von  $L$  und  $C$  ansetzen.

**Teil 2:** Nun wird der Hochpass mit angeschlossener Impedanz  $\underline{Z}_a$  betrachtet, ferner gilt:  $C = 40 \text{ nF}$

2.6 Berechnen Sie  $X_C$ .

**Ersatzwert:**  $X_C = -0,3 \text{ k}\Omega$

2.7 Bestimmen Sie Art ( $R, L, C$ ) und Wert von  $\underline{Z}_a$  damit der Hochpass keine Blindleistung  $Q$  aufnimmt. **Hinweis:** Bedingung für die Impedanz der Parallelschaltung von  $L$  und  $\underline{Z}_a$  ansetzen.

**Aufgabe 3: CAN-Bus** (ca. 19 Punkte)

Beim CAN-Bus (*Controller Area Network*) sind alle Teilnehmer (Sensoren, Aktoren und Steuergeräte) über eine gemeinsame differentielle Busleitung miteinander verbunden. Nachfolgend soll die in Abb. 1 vereinfacht dargestellte Busstruktur hinsichtlich der maximalen Teilnehmeranzahl untersucht werden, bei der ein Sender (ideale Spannungsquelle  $U_S$ ) über die Zweidraht-Busleitung (Leitungswiderstand  $R_L$ ) an  $N$  weitere Empfängerknoten (Eingangswiderstand  $R_E$ ) sendet. Am Anfang und Ende ist die Busleitung jeweils mit dem Widerstand  $R_{T1} = R_{T2} = R_T$  abgeschlossen.

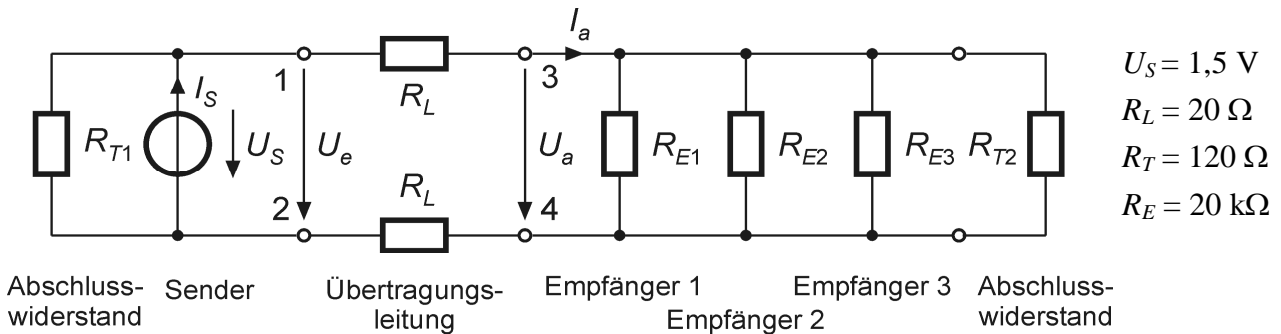


Abb. 1: CAN-Bussystem (vereinfacht, mit  $N = 3$  Empfängern)

Die verwendete Kupfer-Zweidrahtleitung hat einen maximalen Widerstand von jeweils  $R_L$  für Hin- und Rückleiter (spezifischer Widerstand Kupfer  $\rho = 0,018 \mu\Omega \cdot \text{m}$ ).

3.1 Berechnen Sie die maximale Länge der Busleitung für einen Querschnitt von  $A_L = 0,25 \text{ mm}^2$ .

3.2 Zeichnen Sie das Stromquellen-Ersatzschaltbild (ESB) des Senders inklusive Busleitung **links der Ausgangsklemmen 3–4** und geben Sie die zugehörigen Kenngrößen  $I_0$  und  $R_i$  allgemein und zahlenmäßig an. **Ersatzwert:**  $I_0 = 45 \text{ mA}$

3.3 Skizzieren Sie das zugehörige Strom-Spannungsdiagramm  $I_a(U_a)$  dieser Anordnung.

- 3.4 Ermitteln Sie den maximalen Ausgangsstrom  $I_a$  für den die Ausgangsspannung noch mindestens  $U_a(I_a) = 1 \text{ V}$  beträgt. Kennzeichnen Sie diesen Arbeitspunkt im Strom-Spannungsdiagramm und ermitteln Sie den zugehörigen Lastwiderstand  $R_a$ . **Hinweis:** Grafische Lösung  
**Ersatzwert:**  $R_a = 75 \Omega$

- 3.5 Liegt für diesen Arbeitspunkt Anpassung vor (Begründung)?

- 3.6 Geben Sie den Lastwiderstand  $R_a$  **rechts der Klemmen 3–4** allgemein an, der sich für  $N$  identische Empfänger inklusive Abschlusswiderstand  $R_{T2}$  ergibt. Berechnen Sie daraus die maximale Anzahl  $N$  anschließbarer Empfängerknoten die sich aus dem minimalen Lastwiderstand gemäß Teilaufgabe 3.4 ergibt. **Hinweis:** Parallelschaltungsformel

Der Sender kann bei der Spannung  $U_S = 1,5 \text{ V}$  eine maximale Leistung  $P_S = 45 \text{ mW}$  liefern.

- 3.7 Berechnen Sie den maximalen Ausgangsstrom  $I_a$  den der Sender im kritischen Fall  $R_L = 0 \Omega$  dem Lastwiderstand  $R_a$  rechts der Klemmen 3–4 bereitstellen kann. **Ersatzwert:**  $I_a = 20 \text{ mA}$

- 3.8 Wieviele Empfänger  $N$  können somit im betrachteten Fall  $R_L = 0 \Omega$  am Bus angeschlossen werden ohne den zulässigen Maximalstrom  $I_a$  zu überschreiten?

**Aufgabe 4: Plattenkondensator** (ca. 15 Punkte)

Ein Plattenkondensator mit der Plattenfläche  $A = 400 \text{ cm}^2$  und dem Plattenabstand  $d_0 = 2 \text{ mm}$  wird an eine Gleichspannung  $U_0 = 1000 \text{ V}$  angeschlossen. ( $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$ )

4.1 Berechnen Sie für den mit Luft gefüllten Kondensator die Kapazität  $C_0$ , sowie die Dielektrische Verschiebungsdichte  $D_0$  und die Feldstärke  $E_0$  zwischen den Platten.

**Hinweis:** Bei den folgenden Teilaufgaben können Sie sich teilweise umfangreiche Rechnungen sparen, indem Sie die gesuchten Größen in Abhängigkeit von zuvor berechneten Größen ( $C_0$ ,  $Q_0$ ,  $D_0$ ,  $E_0$ ) ableiten.

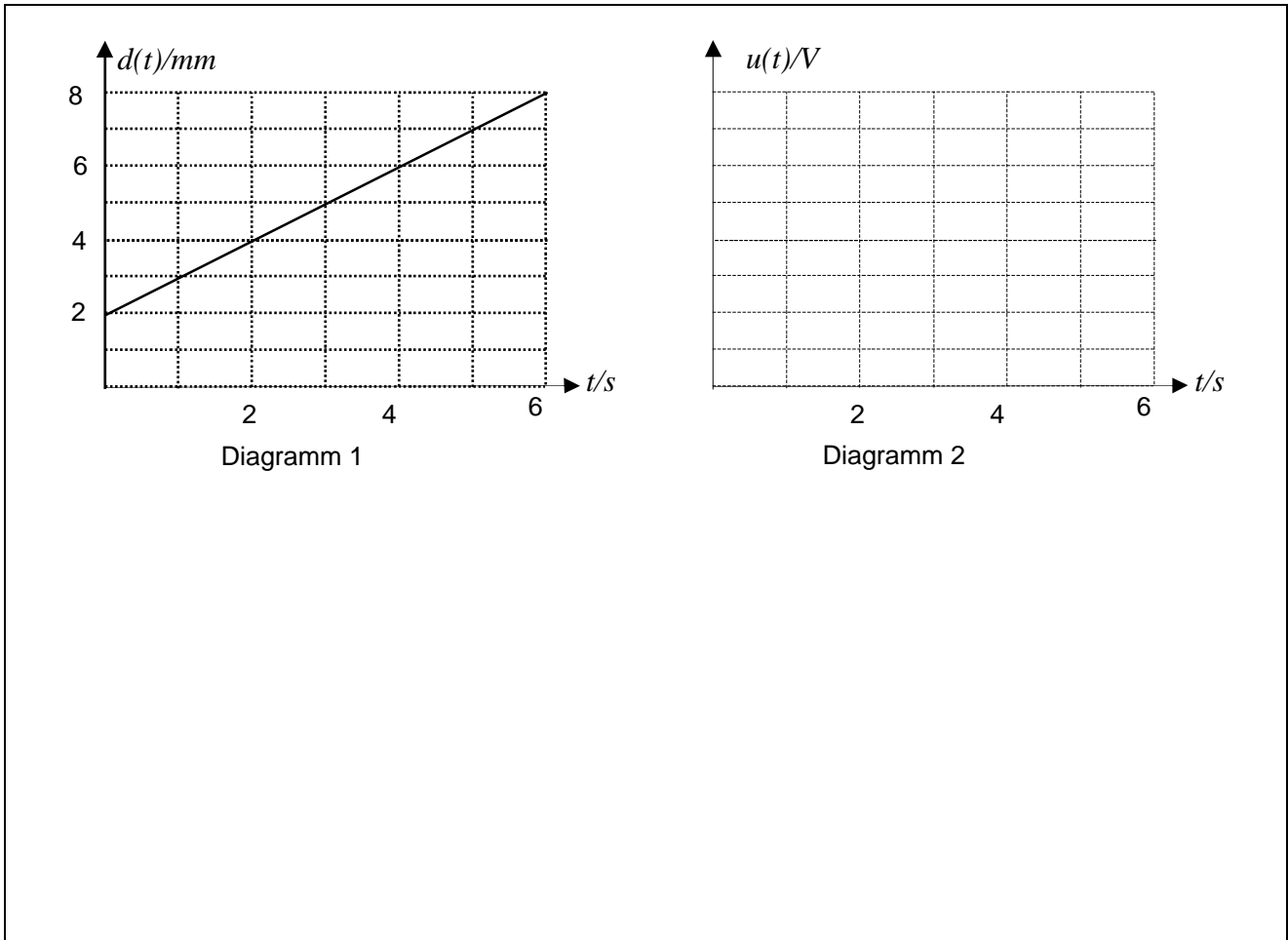
4.2 Nun schiebt man eine 2 mm dicke Glasplatte ( $\epsilon_r = 5$ ) zwischen die Kondensatorplatten (somit ist das gesamte Volumen zwischen den Platten mit Glas gefüllt). Berechnen Sie die Kapazität  $C_g$  des Kondensators, sowie die Dielektrische Verschiebungsdichte  $D_{g1}$  und die Feldstärke  $E_{g1}$  zwischen den Platten.

Der mit Luft gefüllte Plattenkondensator  $C_0$  ( $d_0 = 2 \text{ mm}$ ,  $A = 400 \text{ cm}^2$ ) wird wiederum mit der Gleichspannung  $U_0 = 1000 \text{ V}$  aufgeladen. Nach dem Aufladen wird die **Spannungsquelle abgetrennt und bleibt für die weiteren Aufgabenteile vom Kondensator getrennt.**

4.3 Nun schiebt man wiederum eine Glasplatte zwischen die Kondensatorplatten entsprechend Aufgabenteil 4.2 ( $d = 2 \text{ mm}$ ,  $\epsilon_r = 5$ ). Berechnen Sie die dann vorliegende Dielektrische Verschiebungsdichte  $D_{g2}$  und die Feldstärke  $E_{g2}$  zwischen den Platten. Wie groß ist die Spannung  $U_2$  zwischen den Platten?

Die Glasplatte wird entfernt, so dass sich zwischen den Platten wieder Luft befindet (d.h. der Kondensator  $C_0$  ist mit  $U_0 = 1000\text{ V}$  aufgeladen und weiterhin von der Spannungsquelle getrennt).

4.4 Der Abstand zwischen den Platten wird nun in Abhängigkeit der Zeit entsprechend dem gegebenen zeitlichen Verlauf  $d(t)$  in Diagramm 1 vergrößert. Zeichnen Sie den genauen quantitativen zeitlichen Verlauf der Spannung  $u(t)$  zwischen den Platten in das Diagramm 2 ein. Wählen Sie hierzu eine geeignete Achsenskalierung für das Diagramm 2.



4.5 Parallel zu dem Kondensator  $C_0$  wird nun ein weiterer Kondensator  $C_x$  geschaltet, wodurch sich die Spannung  $U$  am Kondensator auf  $U_0/5$  verringert. Wie groß ist das Verhältnis von  $C_0/C_x$  ?

Empty box for the answer to question 4.5.