

<b>Hochschule München FK 03</b>	<b>Prüfung Wintersemester 2017/18 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 60 Minuten</b>	M. Kortstock, F. Palme
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> keine	<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>Σ</b>	<b>N</b>
<b>P</b>					

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

Die in Abb. 1 gezeigte Filterschaltung wird an einer Wechselspannungsquelle  $\underline{U}$  der Frequenz  $f$  betrieben und der komplexe Eingangsstrom  $\underline{I}_e$  mit Hilfe eines idealen Amperemeters gemessen.

$\underline{U} = U \cdot e^{j\varphi_u} = 8 \text{ V}$   
(komplexer Effektivwert)  
Betriebsfrequenz:  $f$  variabel

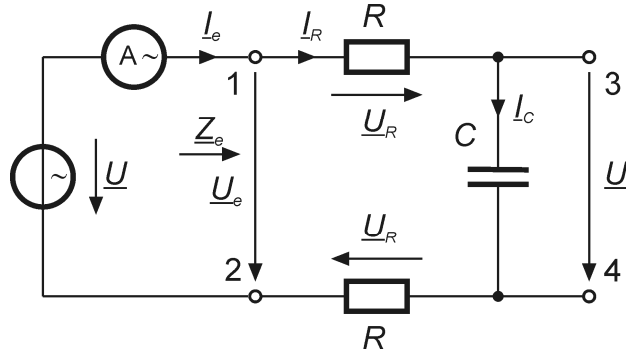


Abb. 1: Filterschaltung

Zur Ermittlung der Filtercharakteristik wird  $\omega = 2\pi f$  so eingestellt dass gilt:  $\text{Re}\{\underline{I}_e\} = \text{Im}\{\underline{I}_e\}$

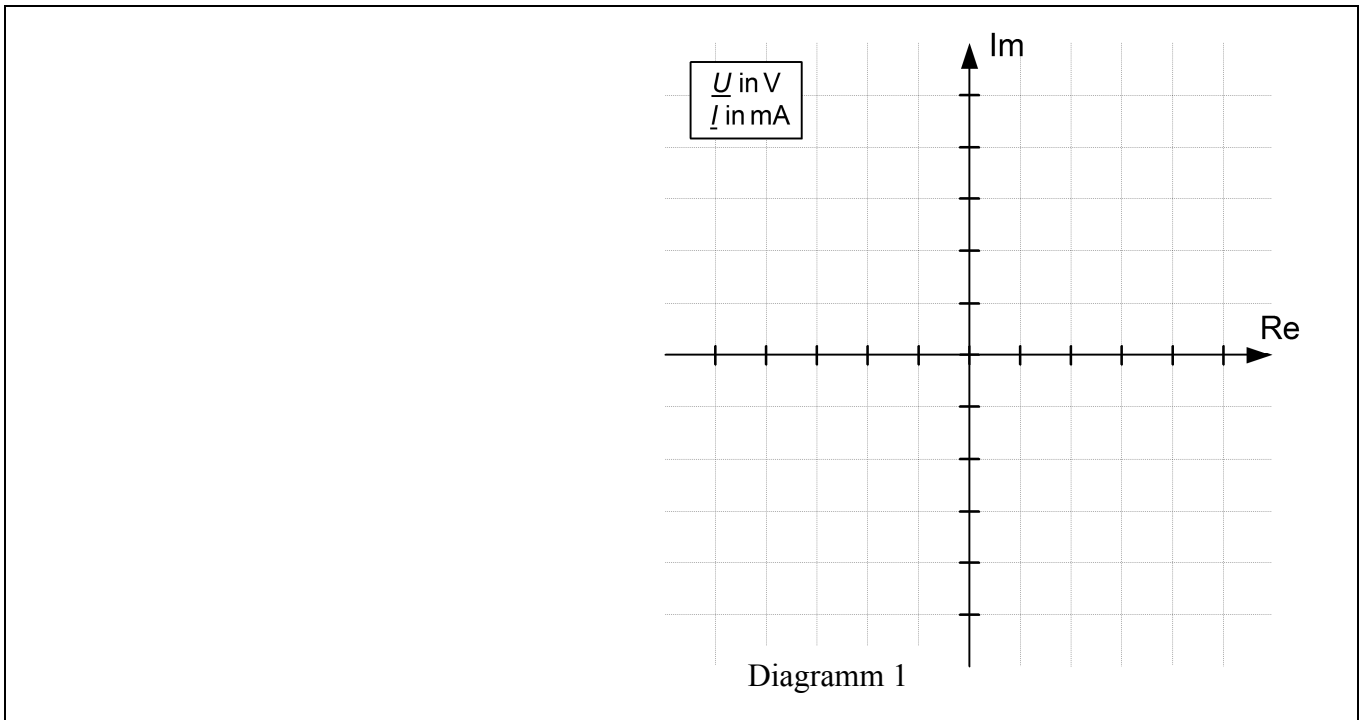
Bei  $\omega_g = 10^4 \text{ s}^{-1}$  wird auf diese Weise ein Eingangsstrom  $\underline{I}_e = 2(1 + j) \text{ mA}$  bestimmt.

1.1 Berechnen Sie die dabei auftretende Eingangsimpedanz  $\underline{Z}_e$  allgemein und zahlenmäßig.

**Ersatzwert:**  $\underline{Z}_e = 4(1 - j) \text{ k}\Omega$

1.2 Geben Sie die Eingangsimpedanz  $\underline{Z}_e$  allgemein als Funktion der Bauteile an. Berechnen Sie daraus  $R$  und  $C$  unter Verwendung des in 1.1 bestimmten  $\underline{Z}_e$ .

1.3 Berechnen Sie die komplexen Spannungen  $\underline{U}_R$  und  $\underline{U}_a$ . Zeichnen Sie alle auftretenden Spannungen  $\underline{U}_e$ ,  $\underline{U}_R$ ,  $\underline{U}_a$  und den Eingangsstrom  $\underline{I}_e$  als Effektivwertzeiger in Diagramm 1 ein (Achsen geeignet skalieren). **Ersatzwert:**  $\underline{U}_a = 2(1-j)$  V



1.4 Geben Sie Effektivwert  $U_a$ , Amplitude  $\hat{U}_a$  und Phase  $\varphi_u$  der Spannung  $\underline{U}_a$  an.

1.5 Berechnen Sie das komplexe Übertragungsverhältnis  $\underline{H}(\omega) = \underline{U}_a / \underline{U}_e$  allgemein als Funktion der Kreisfrequenz  $\omega$  (Ausdruck *nicht* vereinfachen). Wie groß ist der Betrag  $H(\omega = \omega_g)$  zahlenmäßig?

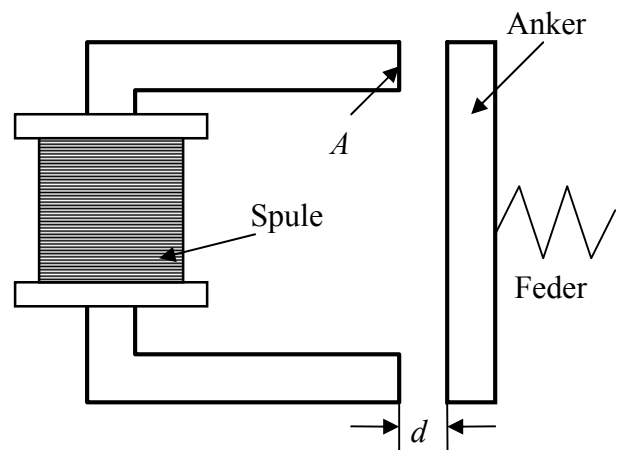
1.6 Geben Sie  $H(\omega)$  für sehr niedrige ( $\omega \rightarrow 0$ , Gleichstrom) und sehr hohe Kreisfrequenzen ( $\omega \rightarrow \infty$ ) an. Erläutern Sie damit die Wirkung des Filters, indem Sie in der Schaltung die sich jeweils ergebenden Blindwiderstände ansetzen.

**Aufgabe 2: Türöffner** (ca. 18 Punkte)

In einem elektromagnetischen Türöffner gemäß nebenstehender Abbildung soll die Spule dimensioniert werden. Der Anker muss beim Schließen gegen eine Federkraft  $F = 10 \text{ N}$  angezogen werden.

Der Anker hat im Ruhezustand einen Abstand  $d = 2,5 \text{ mm}$  bei einer Fläche (Eisenquerschnitt) von  $A = 12,5 \text{ cm}^2$ .

Der magnetische Widerstand des Eisenkerns kann vernachlässigt werden ( $\mu_r \rightarrow \infty$ ).



2.1 Zeichnen Sie das komplette magnetische Ersatzschaltbild und zeichnen Sie eine Magnetfeldlinie in obige Abbildung ein. Warum ist die Richtung der Feldlinie hier bedeutungslos?

2.2 Bestimmen Sie den magnetischen Widerstand  $R_{m,ges}$  der gesamten Anordnung im gezeichneten Ruhezustand. Geben Sie zuerst die allgemeine Gleichung für den magnetischen Widerstand an.  
**Hinweis:** Für einen normierten Luftspalt mit einer Fläche  $A = 1 \text{ cm}^2$  und einem Abstand  $d = 1 \text{ mm}$  ergibt sich ein Wert von  $R_m = 8 \cdot 10^6 \text{ H}^{-1}$ .  
**Ersatzwert:**  $R_{m,ges} = 4 \cdot 10^6 \text{ H}^{-1}$

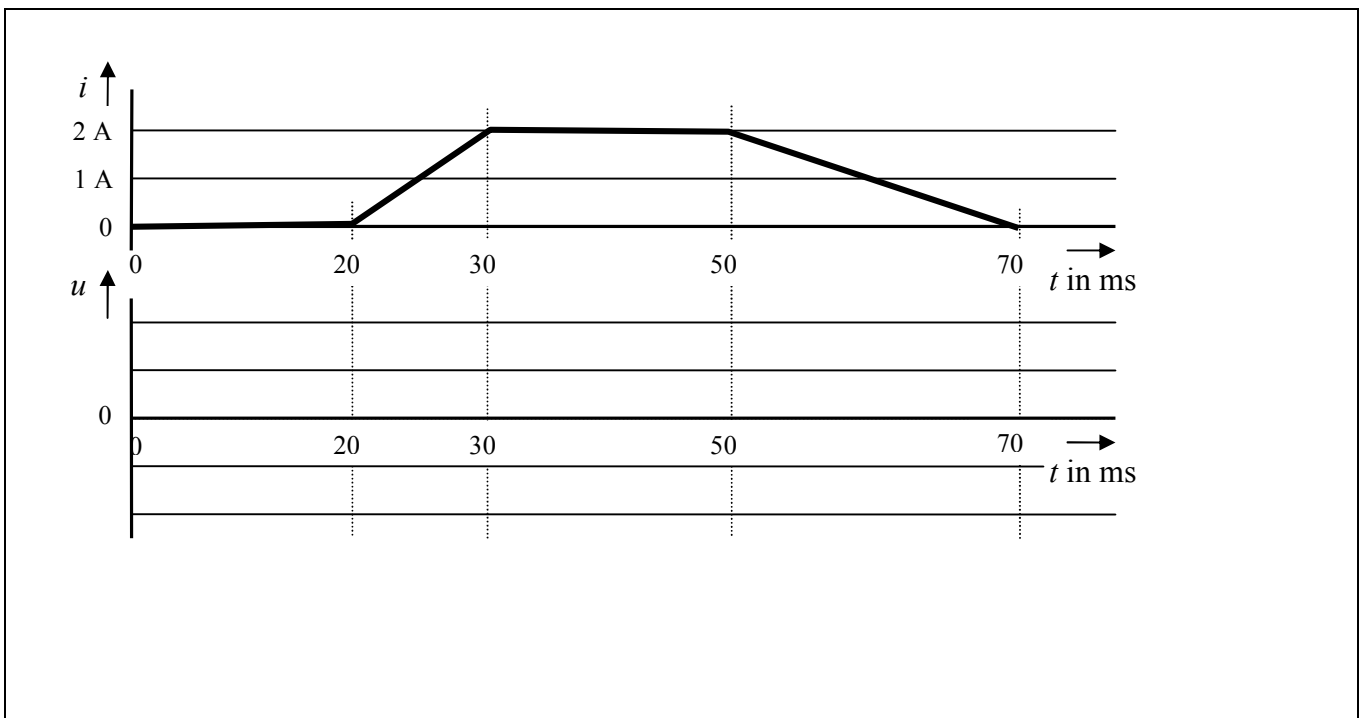
2.3 Welche magnetische Flussdichte  $B$  ist nötig, um den Anker gegen die Federkraft  $F$  anzuziehen?  
**Hinweis:** Die magnetische Kraft eines Luftspaltes errechnet sich allgemein nach der Gleichung  $F = (B^2 A) / (2\mu_0)$  mit  $\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$  (Ersatzwert).

2.4 Welche minimale Windungszahl  $N$  muss die Spule mindestens haben, damit bei einem Strom  $I = 2 \text{ A}$  die magnetische Flussdichte  $B = 0,2 \text{ T}$ , die ein sicheres Anziehen des Ankers gewährleistet, erreicht wird?

2.5 Welche Induktivität  $L$  hat die Spule im Ruhezustand des Ankers, wenn die Windungszahl  $N = 320$  beträgt? **Ersatzwert:  $L = 40 \text{ mH}$**

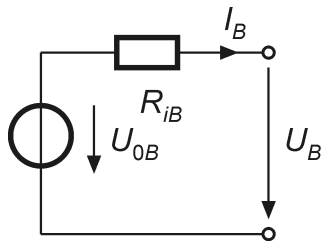
2.6 Wie lautet die allgemeine Gleichung für Spannung, Strom und Induktivität an einer Spule?

2.7 Skizzieren Sie die Spannung an der Induktivität gemäß 2.5 quantitativ für den angegebenen Stromverlauf. Dabei kann der Ohmsche Widerstand der Wicklung vernachlässigt werden (ideale Spule).



**Aufgabe 3: Bleiakkumulator** (ca. 23 Punkte)

Untersucht wird ein Fahrzeug-Bleiakkumulator („Starterbatterie“), der im jeweiligen Arbeitspunkt vereinfacht als lineare Spannungsquelle betrachtet werden kann mit folgenden Kenndaten:



Nennspannung:  $U_{0B} = 12 \text{ V}$   
 Innenwiderstand:  $R_{iB} = 0,015 \text{ } \Omega$   
 Nennladung:  $Q_n = 60 \text{ Ah}$   
 („Akkukapazität“)

3.1 Berechnen Sie den Kurzschlussstrom  $I_k$  und die nominal gespeicherte Energie  $W_n$  des Akkus.

3.2 Bestimmen Sie die maximale Leistung  $P_{max}$  allgemein und zahlenmäßig, die dieser Akku zum Anlassen bereitstellen kann. Wie groß sind dabei der Anlasserstrom  $I_B$  und der Wirkungsgrad?

Der Anlasser ist über ein 0,7 m langes Kupferkabel mit Querschnitt  $A = 25 \text{ mm}^2$  angeschlossen, der Rückleiterwiderstand über die Fahrzeugmasse soll vernachlässigt werden. Während des  $t_B = 6 \text{ s}$  dauernden Versuchs den Motor zu starten fließt ein mittlerer Strom  $I_B = 300 \text{ A}$ .

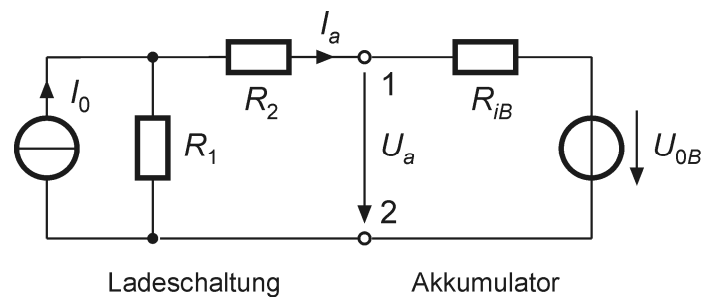
3.3 Berechnen Sie den Leitungswiderstand  $R_L$ , die dabei im Kabel auftretende Stromdichte  $S$  und die Verlustleistung  $P$ . **Hinweis:** 1 km Kupferleitung mit  $2,5 \text{ mm}^2$  hat  $R_L = 7 \text{ } \Omega$

3.4 Welche Ladung  $Q_B$  ist für einen Startversuch erforderlich? Wie oft können Sie den Start näherungsweise wiederholen bis dem Akku 10 % seiner Nennladung  $Q_n$  entnommen ist?

Da der Motor nicht anspringt erhalten Sie Starthilfe, indem ein geladener Akku mit  $U_{0S} = 13,5 \text{ V}$ ,  $R_{iS} = 0,01 \text{ } \Omega$  parallel zu Ihrem Akku mit mittlerweile  $U_{0B} = 11,5 \text{ V}$ ,  $R_{iB} = 0,03 \text{ } \Omega$  geschaltet wird.

3.5 Zeichnen Sie den entstehenden Stromkreis (ohne Anlasser) und stellen Sie die Maschengleichung allgemein auf. Berechnen Sie damit den unmittelbar nach Anklemmen in Ihren Akku fließenden Ladestrom  $I_S$  allgemein und zahlenmäßig. Warum wird dieser Wert in der Praxis nicht erreicht?

Um Ihren Akku wieder vollständig aufzuladen wird nebenstehende Schaltung verwendet. Hierbei kann der Akku-Innenwiderstand vernachlässigt werden:  $R_{iB} \rightarrow 0 \text{ } \Omega$



3.6 Zeichnen Sie das **Spannungsquellen**-Ersatzschaltbild (ESB) der Schaltung **links der Ladeklemmen 1–2** mit angeschlossenem Akku und berechnen Sie die Kenngrößen dieses ESB allgemein.

Nun ist gegeben:  $U_0 = 45 \text{ V}$ ,  $R_i = 5 \text{ } \Omega$

3.7 Skizzieren Sie das Strom-Spannungsdiagramm  $I_a(U_a)$  dieser Ladeschaltung quantitativ. Bestimmen Sie den sich für  $U_a = 15 \text{ V}$  ergebenden Ladestrom  $I_a$  (in Diagramm einzeichnen).