

Hochschule München FK 03	Prüfung Sommersemester 2019 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: Kurzaufgaben (ca. 18 Punkte)

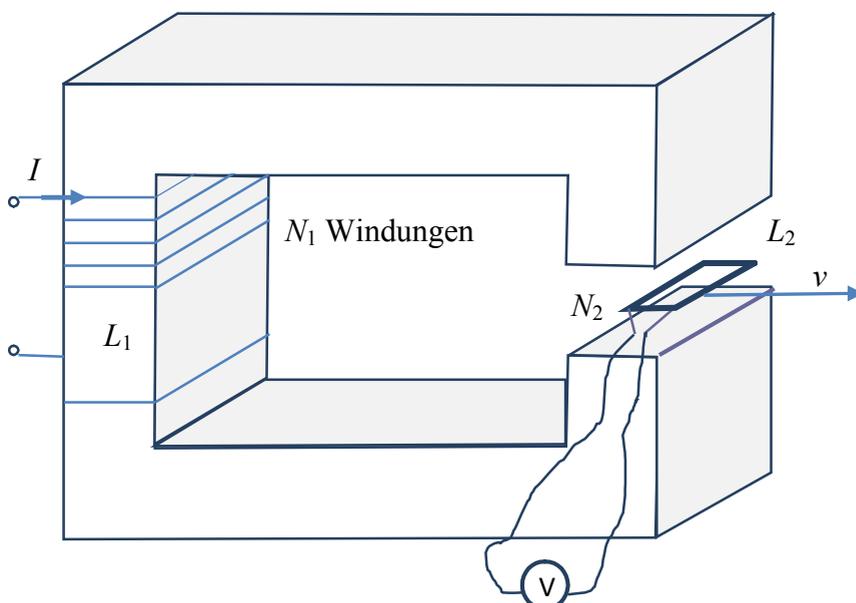
1.1 Basiseinheiten

Geben Sie für die folgenden elektrotechnischen Größen die zugehörigen Basiseinheiten an.

Elektrische Größe	Formelzeichen	Einheit	Basiseinheit
Kapazität	C	F	
Elektrische Feldstärke	E		
Spezifischer Widerstand	ρ		
Kraft	F	N	
Induktivität	L	H	
Magn. Flussdichte	B	T	

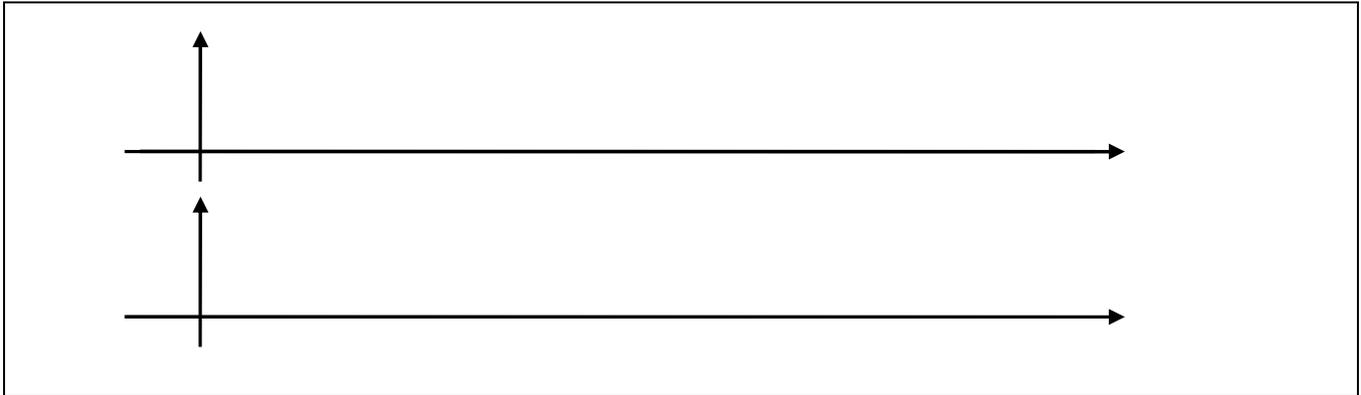
1.2 Magnetismus

Im Luftspalt eines Ferritkerns aus Eisen mit einem rechteckigen Querschnitt $A_1 = 4 \text{ cm}^2$ befindet sich eine bewegliche, rechteckige Spule L_2 mit $N_2 = 10$ Windungen und einer Schleifenfläche $A_2 = 1 \text{ cm}^2$, die gemäß Zeichnung am rechten Rand des Luftspalts liegt. Das Magnetfeld dieses Ferritkerns wird durch die eingezeichnete feste ideale Spule L_1 mit einer Wicklungszahl $N_1 = 2000$ und einem Gleichstrom I erzeugt. Der magnetische Gesamtwiderstand des Ferritkerns mit Spalt beträgt $R_{m,ges} = 10^7 \text{ H}^{-1}$.



Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird die Spule L_2 mit konstanter Geschwindigkeit v nach rechts aus dem Luftspalt gezogen. Nach $t = 0,1 \text{ s}$ ist die bewegliche Spule komplett außerhalb des Luftspalts.

- 1.2.1 Zeichnen Sie eine Magnetfeldlinie in die Skizze ein. Skizzieren Sie die Verläufe des magnetischen Flusses $\Phi_2(t)$ durch L_2 und der in dieser Spule induzierten Spannung $u(t)$ qualitativ.



- 1.2.2 Welcher Fluss Φ_2 durchdringt zu Beginn des Vorgangs die bewegliche Spule L_2 , damit in ihr eine Spannung $U_{ind} = 10 \text{ mV}$ induziert wird? Welche Flussdichte B herrscht dann im Luftspalt und welcher Gesamtfluss Φ_1 muss durch die feste Spule L_1 erzeugt werden?

Ersatzwert: $\Phi_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Vs}$

- 1.2.3 Welcher Strom I muss durch die feste Spule L_1 fließen für den geforderten Gesamtfluss Φ_1 ?

- 1.2.4 Welche Induktivität L_1 weist die Spule auf?

1.3 Elektrostatik

Im Feld einer Punktladung Q_1 wirkt auf eine 2. Punktladung Q_2 eine Kraft $F_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$. Diese 2. Punktladung wird nun entfernt. Welche Kraft F_2 wirkt auf eine neue Punktladung Q_3 , welche die vierfache Ladung besitzt und sich im doppelten Abstand zu Q_1 befindet (mit Begründung)?

Aufgabe 2: Zweipol (ca. 22 Punkte)

Der folgende Zweipol wird an einer Wechselspannungsquelle \underline{U} der Frequenz f betrieben.

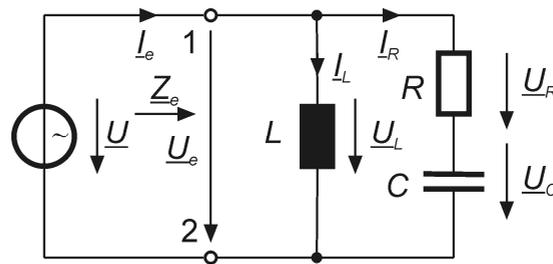
$$\underline{U} = U \cdot e^{j\varphi_u} = 8 \text{ V} \cdot e^{j\pi/2}$$

(komplexer Effektivwert)

Betriebsfrequenz: f variabel

Bauteile: $R = 0,8 \text{ k}\Omega$

$L = 16 \text{ mH}$



Bei der Betriebsfrequenz $\omega_g = 2\pi f_g = 5 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$ nimmt die Schaltung an den Eingangsklemmen 1–2 die komplexe Scheinleistung $\underline{S} = 40 (1 + j) \text{ mVA}$ auf.

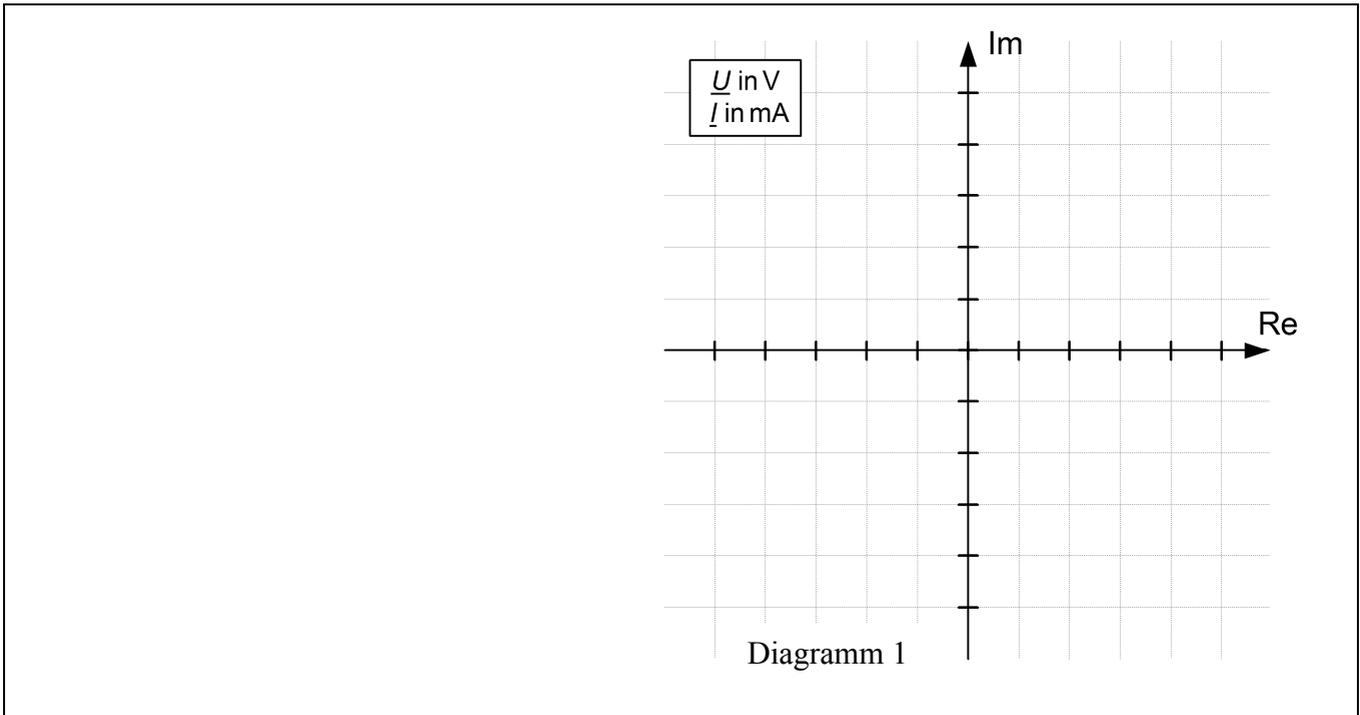
2.1 Berechnen Sie den Eingangsstrom \underline{I}_e . Welche Impedanzcharakteristik weist der Zweipol auf (Begründung)? **Ersatzwert:** $\underline{I}_e = 2,5 (1 + j) \text{ mA}$

2.2 Berechnen Sie die Eingangsimpedanz \underline{Z}_e und die Eingangsadmittanz \underline{Y}_e zahlenmäßig.

2.3 Berechnen Sie den Spulenstrom \underline{I}_L . **Ersatzwert:** $\underline{I}_L = 5 \text{ mA}$

2.4 Berechnen Sie Strom \underline{I}_R und Spannung \underline{U}_R am Widerstand R . **Ersatzwert:** $\underline{U}_R = 2 (-1 + j) \text{ V}$

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



2.6 Geben Sie Effektivwert I_e , Amplitude \hat{I}_e und Phase φ_i des Stroms \underline{I}_e an.

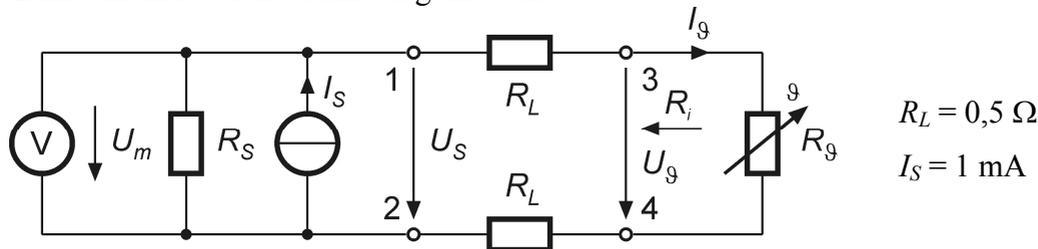
Bei einer bestimmten Betriebsfrequenz ω_0 nimmt der Zweipol nur Wirkleistung auf.

2.7 Wie nennt man diesen speziellen Arbeitspunkt? Beschreiben Sie den Verlauf von $\underline{Z}_e(\omega)$ in der Nähe von ω_0 qualitativ.

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

Aufgabe 3: Temperaturmessung (ca. 17 Punkte)

Die Temperatur ϑ in einem Klimaschrank soll mit einem temperaturabhängigen Widerstands R_ϑ über folgende Schaltung gemessen werden. Hierzu wird R_ϑ über die zwischen den Klemmen 1–2 und 3–4 liegende Versorgungsleitung (2 Kupferleiter auf Umgebungstemperatur mit jeweils Länge l , Querschnitt $A = 0,14 \text{ mm}^2$, Widerstand R_L) an eine reale Stromquelle mit Nennstrom I_S und Innenwiderstand R_S angeschlossen. Am Ende der Leitung wird die sich ergebende Spannung $U_m(\vartheta)$ an den Klemmen 1–2 mit einem idealen Voltmeter gemessen.



Für die Temperaturabhängigkeit des hierzu eingesetzten Pt100 gilt: $R_\vartheta(\vartheta) = R_0(1 + \alpha\vartheta)$ mit Grundwiderstand $R_0 = R(\vartheta_0) = 100 \text{ } \Omega$ bei $\vartheta_0 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ und Temperaturkoeffizient $\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

Zunächst wird die Klimaschranktemperatur $\vartheta = \vartheta_0 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ betrachtet und es gelte $R_S = 10 \text{ k}\Omega$.

3.1 Berechnen Sie die Leitungslänge l . **Hinweis:** 1 km Kupferleitung mit $2,5 \text{ mm}^2$ hat $R_L = 7 \text{ } \Omega$

3.2 Für welches R_S ist der Messstrom $I_\vartheta = \text{const}$, d.h. insbesondere unabhängig von R_ϑ (Begründung)?

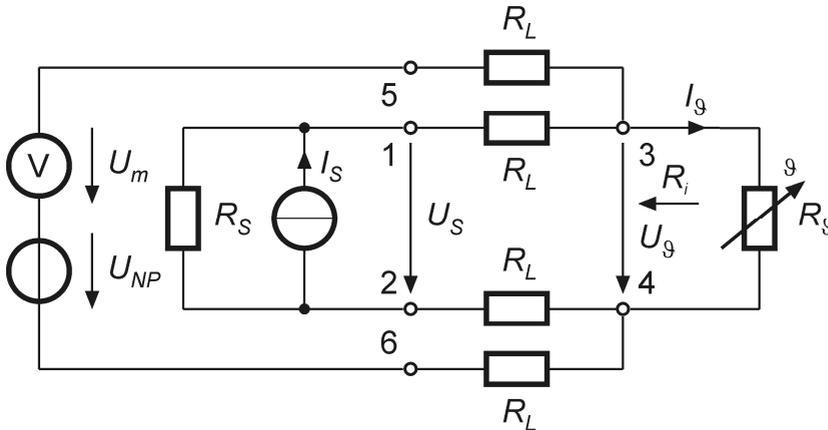
3.3 Berechnen Sie die Leerlaufspannung U_0 an den Sensorklemmen 3–4 ohne angeschlossenen Temperatursensor R_ϑ allgemein und zahlenmäßig. Zeichnen Sie das **Stromquellen**-Ersatzschaltbild der Schaltung **links der Sensorklemmen 3–4** und ermitteln Sie die zugehörigen zwei Kenngrößen allgemein in Abhängigkeit der Bauteile. **Hinweis:** Leerlaufspannung U_0 verwenden

Im Weiteren gelte für den Innenwiderstand der Stromquelle: $R_S \rightarrow \infty$

3.4 Berechnen Sie die Sensorspannung $U_g(\vartheta_0)$. Wie groß ist die hierbei vom Sensor aufgenommene Leistung P_g ? Warum sollte P_g für diese Anwendung nicht zu groß werden?

3.5 Wie groß ist die Klimaschranktemperatur ϑ_1 wenn die Sensorspannung $U_g = 120 \text{ mV}$ beträgt?

Nun wird die Sensorspannung U_g nicht an den Klemmen 1–2 gemessen, sondern wie nachfolgend gezeigt über eine identische Messleitung zwischen den Klemmen 5–6 und 3–4 (*Vierleiterschaltung*).



3.6 Erläutern Sie kurz den Vorteil dieser zusätzlichen Messleitung zur Ermittlung der Sensorspannung U_g (Begründung).

3.7 Bei welcher Hilfsspannung U_{NP} zeigt das Voltmeter bei $\vartheta_0 = 0 \text{ °C}$ Null an (Nullabgleich)?