

Hochschule München FK 03	Prüfung Sommersemester 2017 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 60 Minuten	F. Palme
Zugelassene Hilfsmittel: keine	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

A	1	2	3	Σ	N
P					

Aufgabe 1: Gleichspannungsversorgung (ca. 19 Punkte)

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

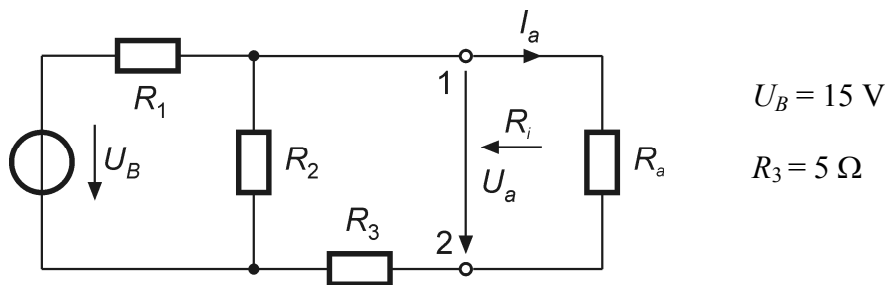


Abb. 1: Gleichspannungsversorgung

1.1 Zeichnen Sie das Spannungsquellen-Ersatzschaltbild der Schaltung **links der Ausgangsklemmen 1–2** und berechnen Sie die beiden notwendigen Kenngrößen allgemein in Abhängigkeit der Bauteile.

Diese Schaltung soll so dimensioniert werden, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

Leerlaufspannung $U_0 = 10 \text{ V}$, an der Last R_a maximale Leistung $P_{max} = 1 \text{ W}$

1.2 Berechnen Sie den hierzu erforderlichen Innenwiderstand R_i der Quelle. **Ersatzwert:** $R_i = 20 \Omega$

1.3 Dimensionieren Sie die notwendigen Widerstände R_1 und R_2 .

1.4 Berechnen Sie den Kurzschlussstrom I_k und skizzieren Sie das Strom-Spannungsdiagramm $I_a(U_a)$ dieser Spannungsversorgung quantitativ.

1.5 Wie groß ist jeweils der Wirkungsgrad η dieser Quelle für die folgenden Arbeitspunkte?
Zeichnen Sie alle drei Arbeitspunkte in das Strom-Spannungsdiagramm ein. **Hinweis:** $\eta = P/P_0$

P_{max} (AP1):

Kurzschluss (AP2):

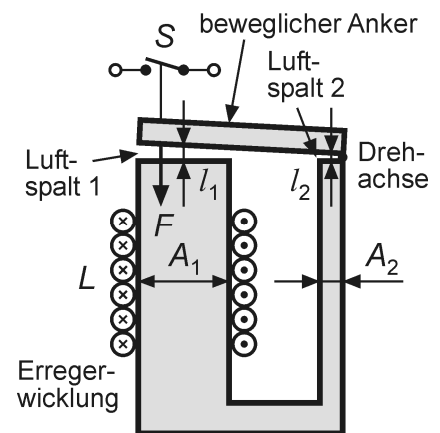
$R_a = 4 R_i$ (AP3):

Aufgabe 2: Relais (ca. 22 Punkte)

In einem Relais dient ein beweglicher Anker in einem Magnetkreis als Antrieb für einen Schaltkontakt S . Die Luftspalte 1 und 2 sollen vereinfacht als parallele Flächen und nicht (wie in folgender Abbildung zu sehen) als keilförmige Flächen betrachtet werden. Um den Relaiskontakt zu schließen erzeugt die Spule L mit N Windungen (Erregerwicklung) die Kraft F auf den Anker.

Der Magnetkreis hat folgende Daten:

- Querschnitte Schenkel $A_1 = 1 \text{ cm}^2, A_2 = 0,5 \text{ cm}^2$
- Luftspalt 1 und 2 l_1, l_2
- Anzugskraft F
- Windungszahl der Spule L $N = 1000$
- magnetischer Widerstand des Eisenkerns **vernachlässigbar** $R_{m,Eisen} \rightarrow 0$
- magn. Feldkonstante: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \approx 1,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$
 $\mu_0^{-1} \approx 8 \cdot 10^5 \frac{\text{Am}}{\text{Vs}}$



Zunächst sei das Relais stromlos, der Anker in der gezeichneten offenen Stellung und die beiden Luftspalte damit ebenfalls geöffnet:

$$l_1 = 2 \text{ mm} \quad l_2 = 0,25 \text{ mm}$$

2.1 Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des Magnetkreises (alle auftretenden Größen bezeichnen) und zeichnen Sie eine Magnetfeldlinie in obige Skizze ein.

2.2 Berechnen Sie den magnetischen Widerstand R_{m1} des Luftspalts 1.

2.3 Als Kernmaterial wird eingesetzt:

- weichmagnetisches Material hartmagnetisches Material

Begründung:

Nun ist der gesamte magnetische Widerstand des Magnetkreises gegeben: $R_{m,ges} = 2 \cdot 10^7 \text{ H}^{-1}$

2.4 Berechnen Sie die Induktivität L der Erregerwicklung.

Ersatzwert: $L = 40 \text{ mH}$

Die zum Schalten erforderliche Anzugskraft F am wirksamen Luftspalt 1 wird bei einer Induktion $B = 0,25 \text{ T}$ erreicht.

2.5 Berechnen Sie F .

Hinweis: $F = B^2 A_1 \mu_0^{-1} / 2$

2.6 Berechnen Sie den dabei im Luftspalt 1 auftretenden magnetischen Fluss Φ .

2.7 Welcher Wicklungsstrom I ist hierfür erforderlich?

Ersatzwert: $I = 0,4 \text{ A}$

Der in die Wicklung fließende Strom $i(t)$ wird beim Einschalten näherungsweise beschrieben durch:

$$i(t) = k_i t \quad \text{mit} \quad k_i = 50 \text{ A/s}$$

2.8 Nach welcher Zeit t erreicht der Strom den zum Anziehen des Relais erforderlichen Wert?

2.9 Berechnen Sie die dabei an der Spule anliegende Spannung U_0 allgemein und zahlenmäßig.

Sobald die Anzugskraft F erreicht wird springt der Anker schlagartig von der gezeichneten Position zum Anschlag mit $l_1 \approx 0 \text{ mm}$ (vernachlässigbarer Luftspalt).

2.10 Die Induktivität L der Wicklung

sinkt steigt bleibt gleich

Begründung:

2.11 Warum steigt der Fluss Φ dabei auch für verschwindenden Luftspalt nicht immer weiter an?

Aufgabe 3: Impedanzmessungen (ca. 24 Punkte)

Die Kenngrößen der in Abb. 1 gezeigten Schaltung mit unbekannter Impedanz \underline{Z} sollen über geeignete Betriebspunkte bestimmt werden. Hierzu wird die Schaltung an einer Wechselspannungsquelle \underline{U} der Frequenz f betrieben und der Eingangsstrom \underline{I}_e mit Hilfe eines idealen Amperemeters nach Betrag und Phase gemessen.

$$\underline{U} = U \cdot e^{j\phi_u} = 10 \cdot e^{j0} \text{ V}$$

(komplexer Effektivwert)

Betriebsfrequenz: $f = 0,16 \text{ kHz}$

$$\omega = 2\pi f = 10^3 \text{ s}^{-1}$$

Bauteile: $L = 10 \text{ mH}$

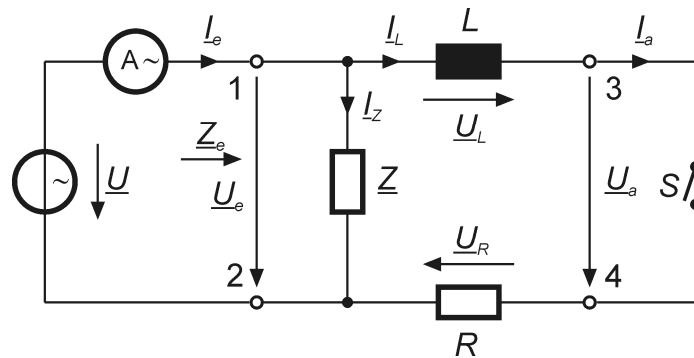


Abb. 1: Impedanzmessungen

Teil 1: Leerlauf

Zunächst wird bei **offenem Schalter S** der Eingangsstrom $\underline{I}_e = j 0,2 \text{ A}$ an der Anschlussklemme 1 gemessen.

3.1 Warum wird \underline{Z} zweckmäßig im Leerlauf bestimmt?

3.2 Berechnen Sie \underline{Z} . Um welches Bauteil handelt es sich (Begründung) und wie groß ist dessen Wert?

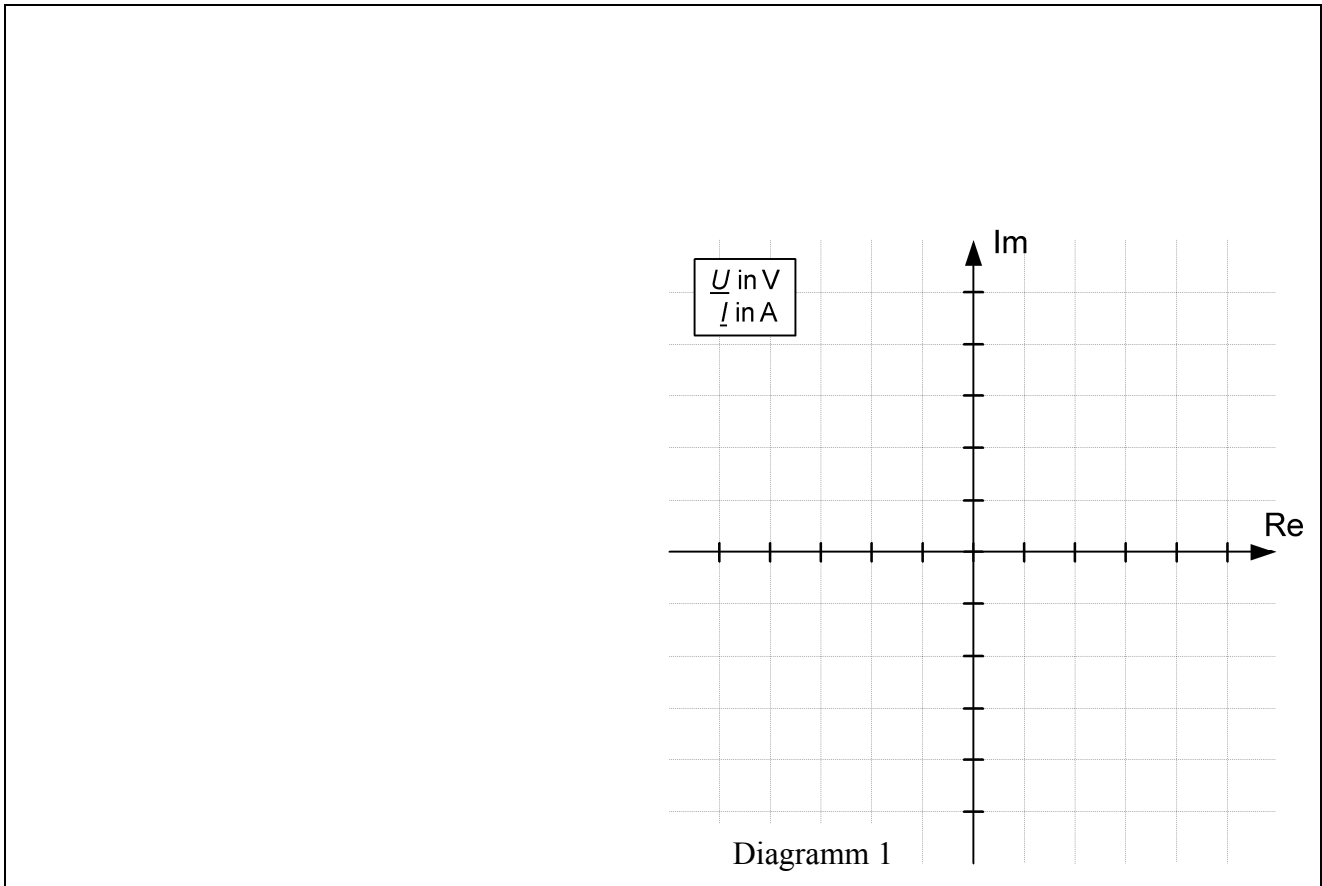
Teil 2: Kurzschluss

Nun ist $\underline{Z} = -j 20 \Omega$ gegeben und der **Schalter S wird geschlossen**. Dabei wird ein Eingangsstrom $\underline{I}_e = 0,5 \text{ A}$ gemessen.

3.3 Berechnen Sie die Eingangsimpedanz \underline{Z}_e zahlenmäßig und allgemein als Funktion von \underline{Z}, L, R (Ausdruck *nicht* vereinfachen).

3.4 Wie groß ist die an den Eingangsklemmen 1–2 aufgenommene Wirkleistung P und Blindleistung Q ? Welche Impedanzcharakteristik weist die Schaltung auf?

3.5 Berechnen Sie die komplexen Ströme \underline{I}_Z und \underline{I}_L sowie die Spannungen \underline{U}_L und \underline{U}_R . Zeichnen Sie alle auftretenden Ströme \underline{I}_e , \underline{I}_L , \underline{I}_Z und Spannungen \underline{U}_e , \underline{U}_L , \underline{U}_R als Effektivwertzeiger in Diagramm 1 ein (Achsen geeignet skalieren).



3.6 Ermitteln Sie den Widerstand R und die Phasenverschiebung φ des Spulenstroms $i_L(t)$ gegenüber $u_e(t)$.

3.7 Wie groß ist der Eingangsstrom \underline{I}_e für sehr niedrige Frequenzen ($f \rightarrow 0$, Gleichstrom)?