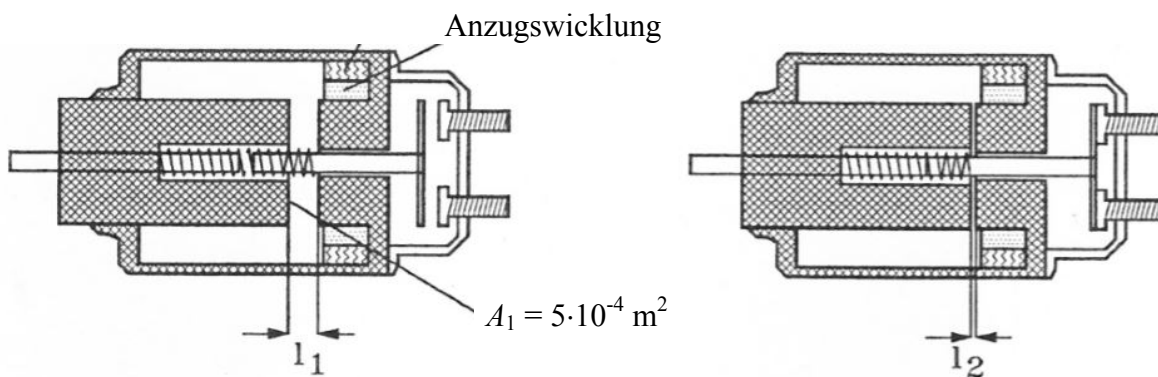


Hochschule München FK 03	Prüfung Sommersemester 2018 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 60 Minuten	M. Kortstock, F. Palme
Zugelassene Hilfsmittel: keine	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

A	1	2	3	Σ	N
P					

Aufgabe 1: Einrückrelais (ca. 17 Punkte)

Beim Starten eines Verbrennungsmotors muss das Antriebsritzel des Starters in den Zahnkranz des Motors eingespurt und danach ein Kontakt zum Starten dieses Motors geschlossen werden. Diese Aufgabe löst das nachfolgend skizzierte Einrückrelais.



Stellung 1: $l_1 = 2 \text{ cm}$

Stellung 2: $l_2 = 1 \text{ mm}$

Dabei muss, um von der Ruhelage (Stellung 1) in die eingespurte Lage (Stellung 2) zu gelangen, über die vom Strom I durchflossene Anzugswicklung eine Anfangskraft von $F_1 = 50 \text{ N}$ aufgebracht werden. Der magnetische Widerstand des gesamten Kreises in Stellung 2 beträgt $R_{m,ges} = 2 \cdot 10^6 \text{ A/Vs}$. Dabei kann für das verwendete Eisen $\mu_r \rightarrow \infty$ angenommen werden und Streuung vernachlässigt werden.

1.1 Skizzieren Sie das magnetische Ersatzschaltbild und zeichnen Sie die magnetischen Feldlinien in die obigen Abbildungen ein. Warum ist die Richtung der Feldlinien hier bedeutungslos?

1.2 Bestimmen Sie den magnetischen Widerstand in Stellung 1.

1.3 Die gesamte Luftspaltfläche beträgt $A_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Wie groß muss die magnetische Flussdichte B in Stellung 1 sein, um das Relais anzuziehen? **Hinweis:** Die magnetische Kraft eines Luftspalts errechnet sich allgemein nach der Gleichung $F = (B^2 A) / (2 \mu_0)$ mit $\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$.

1.4 Wie viele Windungen muss die Wicklung minimal aufweisen, um bei einem Strom von $I = 5 \text{ A}$ das Relais anzuziehen? **Ersatzwert:** $N = 2400$

1.5 Welche Induktivität L_1 weist diese Wicklung in Stellung 1 auf?

1.6 Welchen Wert L_2 hat die Wicklung in Stellung 2? Was bedeutet dies für den zur Aufrechterhaltung der Kraft F_1 jetzt erforderlichen minimalen Wicklungsstrom I_2 (Begründung)?

Aufgabe 2: LC-Messbrücke (ca. 23 Punkte)

Die in Abb. 1 dargestellte *LC-Messbrücke* wird mit einer sinusförmigen Wechselspannung \underline{U}_S der Frequenz f betrieben. Zur Bestimmung einer unbekanntenen Induktivität L wird die kalibrierte Kapazität C solange variiert bis das Nullinstrument die Diagonalspannung $\underline{U}_d = 0$ anzeigt (Brückenabgleich).

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

(komplexer Effektivwert)

$$\text{Betriebsfrequenz: } \omega = 2\pi f = 2 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Bauteile: } R_1 = R_2 = R = 500 \text{ } \Omega$$

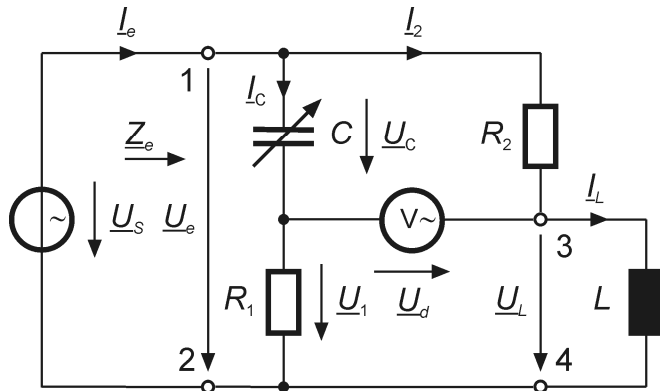


Abb. 1: LC-Messbrücke

2.1 Berechnen Sie die Spannungen \underline{U}_1 und \underline{U}_L allgemein in Abhängigkeit von \underline{U}_S , R , L , C .

Hinweis: Spannungsteilerformel

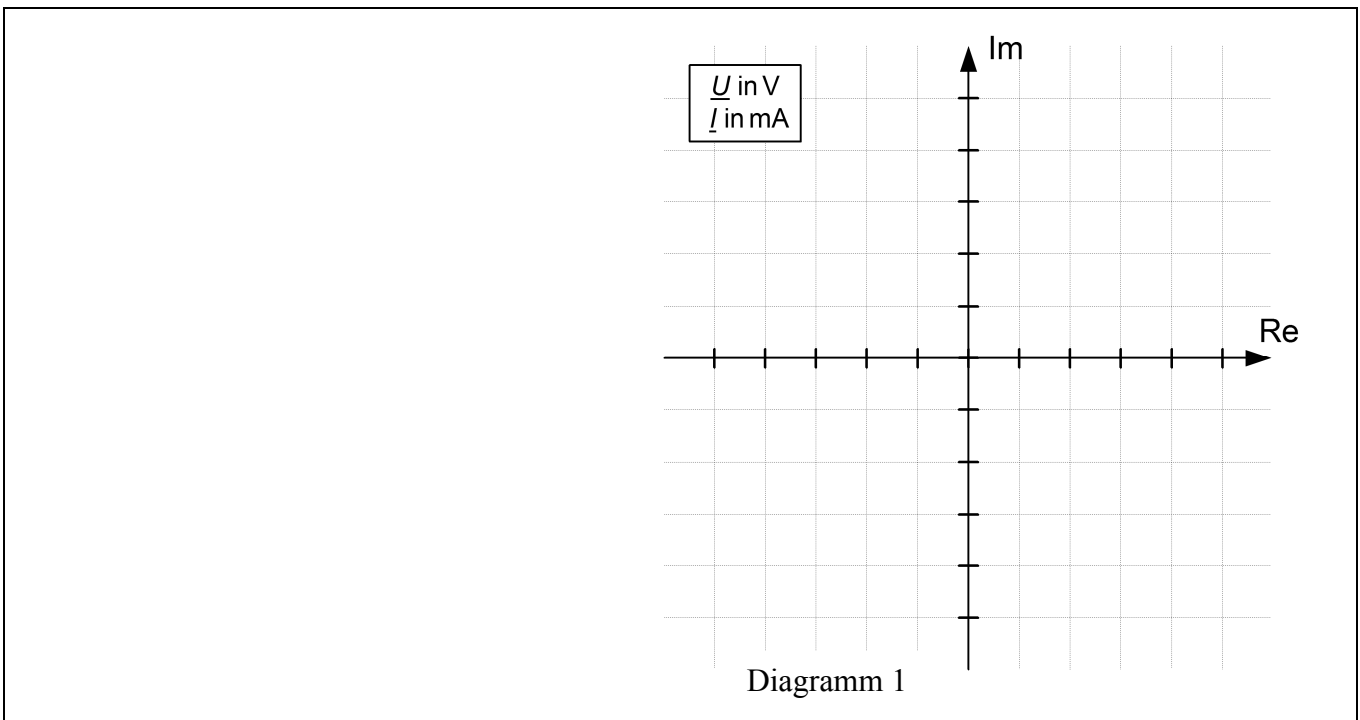
2.2 Ermitteln Sie aus der Abgleichbedingung $\underline{U}_d = 0$ eine Bestimmungsgleichung für L in Abhängigkeit von C und R .

Zur Messung einer Induktivität L an den Messklemmen 3–4 gemäß Abb. 1 wird die Brücke durch Einstellen von $C = 100 \text{ nF}$ abgeglichen (Anzeige $\underline{U}_d = 0$) und nimmt dabei an den Eingangsklemmen 1–2 nur Wirkleistung $P = 0,2 \text{ W}$ auf.

2.3 Berechnen Sie die Induktivität L mit Hilfe der vorherigen Teilaufgabe.

2.4 Berechnen Sie die komplexen Ströme \underline{I}_C und \underline{I}_e sowie die Eingangsimpedanz \underline{Z}_e allgemein und zahlenmäßig. **Ersatzwert:** $\underline{I}_C = 8(1+j)$ mA

2.5 Berechnen Sie die komplexen Spannungen \underline{U}_1 , \underline{U}_C und \underline{U}_L sowie den Spulenstrom \underline{I}_L . Zeichnen Sie die Spannungen \underline{U}_e , \underline{U}_C , \underline{U}_L und den Kondensatorstrom \underline{I}_C als Effektivwertzeiger in Diagramm 1 ein (Achsen geeignet skalieren).



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

2.7 Geben Sie die Eingangsimpedanz der Brücke $\underline{Z}_e(\omega)$ für sehr niedrige ($\omega \rightarrow 0$, Gleichstrom) und sehr hohe Betriebsfrequenzen ($\omega \rightarrow \infty$) an, 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:

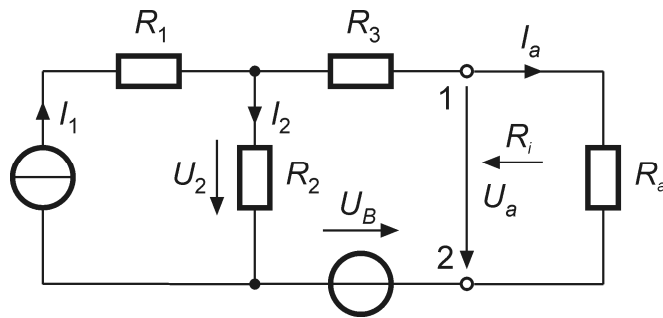


Abb. 1: Gleichstromnetzwerk

3.1 Wieviele *unabhängige* N Knotenpunktgleichungen und M Maschengleichungen gibt es für dieses Netzwerk? Stellen Sie diese Gleichungen auf und tragen Sie alle hierzu erforderlichen Spannungen in die gegebene Schaltung ein.

3.2 Begründen Sie warum der Ausgangsstrom I_a unabhängig von R_1 ist (keine Rechnung).

3.3 Berechnen Sie mit Teilaufgabe 3.1 den Strom $I_a(I_1, U_B)$ **allgemein** in Abhängigkeit der Bauteile. **Hinweis:** Drücken Sie in der Maschengleichung U_2 über I_2 aus, eliminieren Sie diesen Strom mittels der Knotenpunktgleichung und bestimmen Sie daraus I_a .

3.4 Zeichnen Sie das Spannungsquellen-Ersatzschaltbild der Schaltung **links der Ausgangsklemmen 1–2** und ermitteln Sie die zugehörigen zwei Kenngrößen allgemein in Abhängigkeit der Bauteile.

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

Leerlaufspannung $U_0 = 20 \text{ V}$, maximal verfügbarer Ausgangsstrom $I_{max} = 1 \text{ A}$

3.5 Berechnen Sie den hierzu erforderlichen Innenwiderstand R_i der Quelle. **Ersatzwert:** $R_i = 25 \Omega$

3.6 Berechnen Sie die maximale Leistung P_{max} an der Last und den zugehörigen Wert R_a .

3.7 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).

3.8 Bestimmen Sie die erforderlichen Widerstände R_2 und R_3 sowie die Spannung U_B allgemein und zahlenmäßig für $R_2 = 4 R_3$, $I_1 = 0,5 \text{ A}$ unter Verwendung der Kenngrößen des Ersatzschaltbilds.