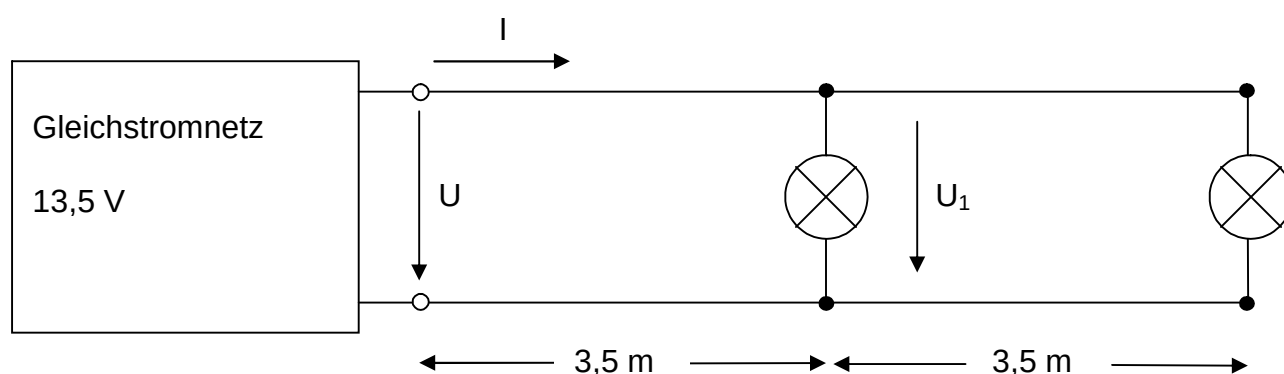


Hochschule München FK 03	Prüfung Wintersemester 2016/17 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 90 Minuten	M. Kortstock, R. Unterricker, F. Palme
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, 1 DIN-A4-Blatt	Matr.-Nr.: Hörsaal:	Name, Vorname: Unterschrift:

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1: Halogenlampen (ca. 17 Punkte)

Ein Halogenlampensystem bestehend aus zwei Lampen mit jeweils 20 W / 12 V wird über ein Drahtseilsystem an ein Gleichstromnetz mit 13,5 V Leerlaufspannung und einem Innenwiderstand von $0,2 \, \Omega$ angeschlossen. Das Drahtseil aus Kupfer ($\rho = 1,79 \cdot 10^{-8} \, \Omega\text{m}$) hat einen Querschnitt von $2 \, \text{mm}^2$. Die Lampen sollen hierbei wie temperaturunabhängige Widerstände betrachtet werden.

1.1 Welchen Innenwiderstand R_L weisen die Halogenlampen auf?

Ersatzwert: $R_L = 7,5 \, \Omega$

1.2 Berechnen Sie den Kabelwiderstand R_K für jeweils einen Kabelabschnitt von 3,5 m Länge.

1.3 Zeichnen Sie ein komplettes Ersatzschaltbild.

1.4 Berechnen Sie den Ersatzwiderstand R_{ges} der gesamten Last rechts von den Anschlussklemmen.

Ersatzwert: $R_{\text{ges}} = 3,5 \, \Omega$

1.5 Wie groß ist der Gesamtstrom I und welche Spannung U stellt sich an den Anschlussklemmen ein?

1.6 Wie groß ist die Spannung U_1 an der ersten Halogenlampe?

Aufgabe 2: Magnetischer Kreis (ca. 21 Punkte)

Im Bild 1 ist ein Eisenkern mit einem Mittelsteg dargestellt. Der linke Schenkel ist mit einer stromdurchflossenen Wicklung versehen. Im rechten Schenkel des Kerns befindet sich ein Luftspalt, in welchem das magnetische Feld homogen (d. h. ohne Streuung) angenommen werden darf. Die mittleren Längen der magnetischen Feldlinien und die zugehörigen Querschnitte sind in der Zeichnung angegeben. Im Weiteren darf der Zusammenhang zwischen magnetischer Feldstärke und Flussdichte als linear mit $\mu_r = 500$ angenommen werden, magnetische Feldkonstante $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$.

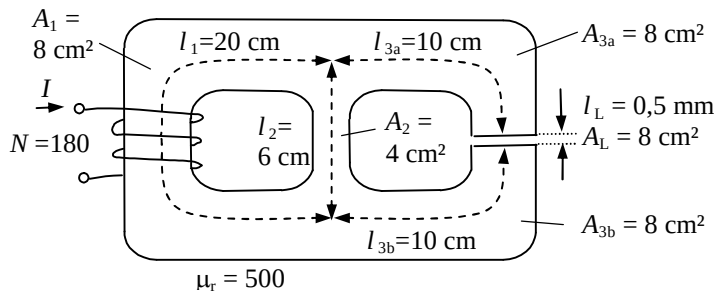


Bild 1: Eisenkern mit Mittelsteg und Luftspalt

- 2.1 Um die magnetische Flussdichte im Luftspalt zu messen, wird eine (auf eine Folie gedruckte) Spule, deren $N_L = 10$ Windungen den Fluss im Luftspalt zunächst vollständig umfassen, innerhalb von 25 ms gleichmäßig aus dem Luftspalt gezogen. Während des Herausziehens entsteht eine Spannung von $U = 40 \text{ mV}$. Berechnen Sie den magnetischen Fluss Φ_L und die magnetische Flussdichte B_L im Luftspalt.

- 2.2 Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises. Bezeichnen Sie im Schaltbild die magnetischen Widerstände R_{m1} im linken Schenkel, R_{m2} im Mittelsteg, R_{m3a} und R_{m3b} im rechten Steg und R_{mL} im Luftspalt und berechnen Sie ihre Werte. Berücksichtigen Sie auch den Strom I im Ersatzschaltbild.

2.3 In einem ähnlichen Kern mit anderen Maßen betragen die magnetischen Widerstände:

$$R_{m1} = 5 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$R_{m2} = 3 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$R_{m3a} = R_{m3b} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$R_{mL} = 6 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

Berechnen Sie den gesamten magnetischen Widerstand R_{mges} , den die auf dem linken Schenkel des Eisenkerns aufgebrachte Wicklung sieht.

2.4 Wie groß muss der Strom I sein, damit der magnetische Fluss im linken Schenkel $\Phi_1 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}$ beträgt? Zeichnen Sie die Flussrichtung in Bild 1 unter der Annahme ein, dass der Strom I ein positives Vorzeichen besitzt.

2.5 Wie groß ist der magnetische Fluss durch den Luftspalt Φ_L mit den magnetischen Widerständen nach Aufgabe 2.3, wenn der magnetische Fluss im linken Schenkel des Eisenkerns $\Phi_1 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}$ beträgt? Wie groß ist dann die Flussdichte B_L im Luftspalt?

2.6 Wie groß ist die Selbstinduktivität L an den Klemmen der Wicklung?

Aufgabe 3: Induktivitätsmessgerät (ca. 22 Punkte)

Die Kennwerte einer *realen* Spule (bestehend aus der Serienschaltung eines Widerstands R und der Induktivität L) sollen gemessen werden. Hierzu stehen Ihnen eine Wechselspannungsquelle $\underline{U}$ der Frequenz f und ein ideales Amperemeter zur Verfügung, das Effektivwerte anzeigt.

Teil 1: Direkte Messung

Zunächst wird bei **offenem Schalter S** direkt der Spulenstrom $I_L = 0,15 \text{ A}$ an den Anschlussklemmen 3–4 gemessen (Abb. 1).

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

(komplexer Effektivwert)

Betriebsfrequenz: $f = 1 \text{ kHz}$

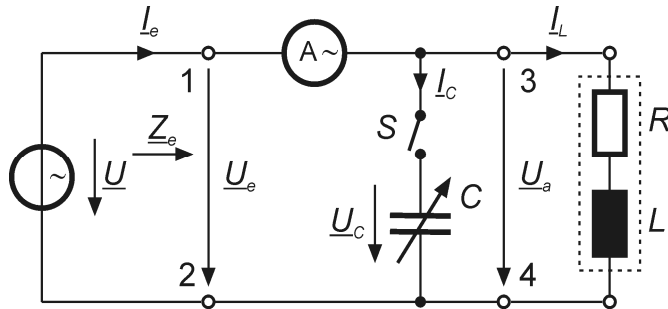


Abb. 1: Induktivitätsmessgerät

3.1 Wie groß ist der Innenwiderstand des idealen Amperemeters?

3.2 Was modelliert der Widerstand R und wie groß ist die von der Schaltung an den Eingangsklemmen 1–2 aufgenommene Scheinleistung S ?

3.3 Warum kann die Induktivität L der realen Spule so grundsätzlich nicht bestimmt werden?

Teil 2: Abgleich

Nun wird der **Schalter S geschlossen** und der Spule ein idealer Kondensator mit einstellbarer Kapazität C parallelgeschaltet.

Für $C = 4,6 \mu\text{F}$ nimmt die Schaltung an den Eingangsklemmen 1–2 keine Blindleistung auf. Das Amperemeter zeigt dabei einen Strom $I_e = 0,046 \text{ A}$ an.

3.4 Wie kann dieser Betriebspunkt am Amperemeter erkannt werden? Berechnen Sie den komplexen Kondensatorstrom $\underline{I}_C$ in diesem Abgleichfall. **Ersatzwert:** $\underline{I}_C = j0,17 \text{ A}$

- 3.5 Welchen Phasenwinkel hat $\underline{I}_e$ wenn keine Blindleistung aufgenommen wird? Berechnen Sie damit die komplexen Ströme $\underline{I}_e$ und $\underline{I}_L$. **Ersatzwert:** $\underline{I}_L = (0,037 - j 0,17) \text{ A}$

- 3.6 Geben Sie Periodenzeit T , Effektivwert I_L , Amplitude $\hat{I}_L$ und Phase φ_i des Spulenstroms $\underline{I}_L$ an. Zeichnen Sie den zugehörigen Zeitverlauf $i_L(t)$ in das Diagramm 1 sowie alle auftretenden komplexen Ströme $\underline{I}_L$, $\underline{I}_C$, $\underline{I}_e$ und die Spannung $\underline{U}_a$ mit geeigneter Skalierung in Diagramm 2.

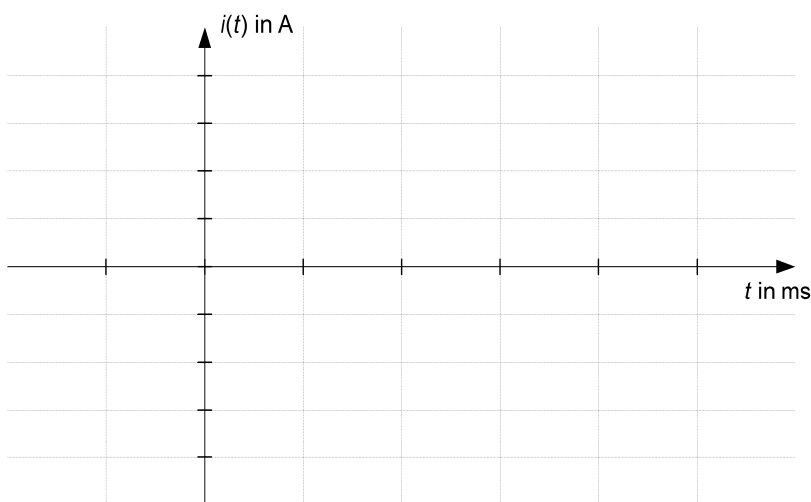


Diagramm 1

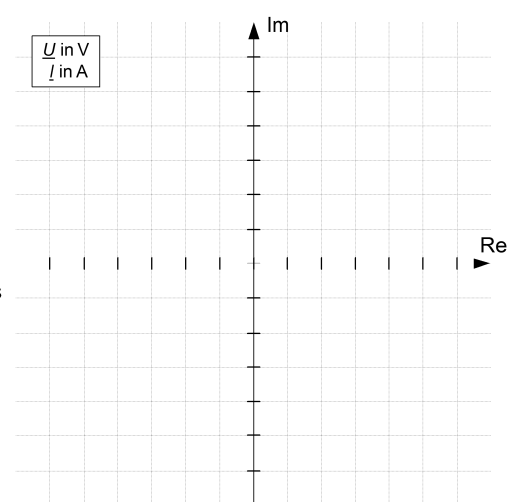


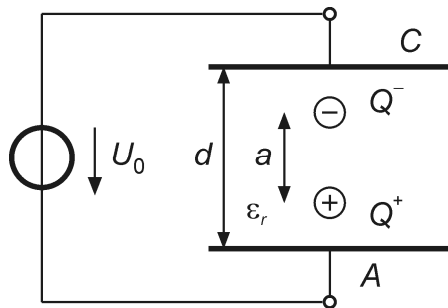
Diagramm 2

- 3.7 Wie groß sind die Kennwerte R und L ?

Hinweis: Berechnen und interpretieren Sie hierzu die Impedanz $\underline{Z}$ der realen Spule.

Aufgabe 4: Feldebetrachtungen im Plattenkondensator (ca. 14 Punkte)

Der in Abb. 1 dargestellte Plattenkondensator (Plattenfläche A , Plattenabstand d , Dielektrikum ϵ_r) ist auf eine Spannung U_0 geladen. Im Inneren befinden sich symmetrisch zur Mitte zwei (nicht maßstäblich gezeichnete) punktförmig angenommene Ladungen Q^+ und Q^- im Abstand a .



$$d = 2 \text{ cm}$$

$$a = d/2 = 1 \text{ cm}$$

$$\epsilon_r = 1$$

$$C = 10 \text{ pF}$$

$$Q^+ = -Q^- = 1 \text{ nC}$$

Dielektrizitätskonstante:

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

Abb. 1: Punktladungen im Kondensator

4.1 Berechnen Sie die Plattenfläche A die für die Kapazität C erforderlich ist.

4.2 Berechnen Sie die Feldstärke E_Q welche die Punktladung Q^+ an der Position der Punktladung Q^- erzeugt. **Ersatzwert:** $E_Q = 50 \text{ kV/m}$

4.3 Berechnen Sie die Kraft F_Q die allein durch diese Punktladung auf Q^- wirkt und zeichnen Sie diese qualitativ in obige Abb. 1 ein.

Zusätzlich wirkt das Kondensatorfeld E_C auf die Punktladungen und übt dadurch die Kraft F_C aus. Für eine bestimmte Platten Spannung U_0 sind die Punktladungen jeweils gerade im Kräftegleichgewicht.

4.4 Zeichnen Sie jeweils einige Feldlinien E_C und E_Q im Bereich um Q^- in obige Abb. 1 ein. Skizzieren Sie in Abb. 1 die Kraftvektoren F_C und F_Q im Gleichgewichtsfall und bestimmen Sie damit die Feldstärke E_C und die erforderliche Spannung U_0 . **Ersatzwert:** $U_0 = 1 \text{ kV}$

4.5 Berechnen Sie die in diesem Fall im Kondensator gespeicherte Ladung Q und Energie W .