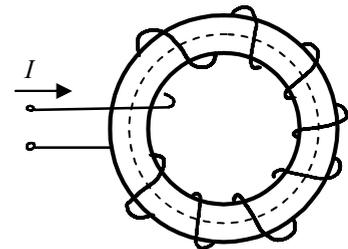


<b>Hochschule München FK 03</b>	<b>Prüfung Wintersemester 2015/16 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 90 Minuten</b>	F. Palme, W. Rehm, R. Unterricker
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> Taschenrechner, 1 DIN-A4-Blatt	<b>Matr.-Nr.:</b>	<b>Name, Vorname:</b>
	<b>Hörsaal:</b>	<b>Unterschrift:</b>

<b>A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Σ</b>	<b>N</b>
<b>P</b>						

**Aufgabe 1: Ringspule** (ca. 16 Punkte)

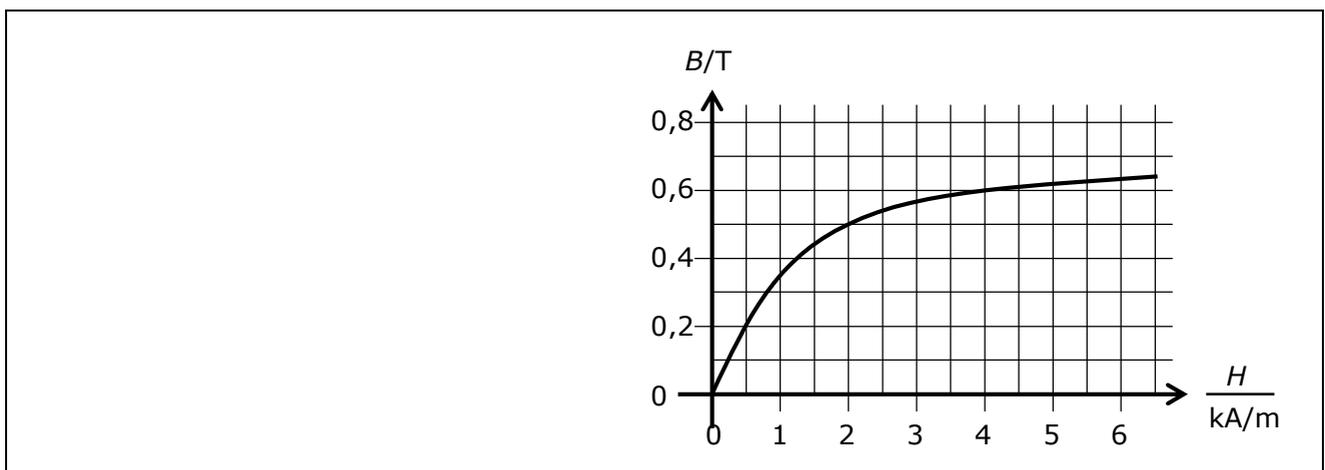
Eine Ringspule besitzt  $N = 800$  Windungen, die gleichmäßig dicht um einen weichmagnetischen Spulenkörper mit dem mittleren Umfang  $l = 16$  cm (gestrichelte Kreislinie) und der Querschnittsfläche  $A = 1,8$  cm<sup>2</sup> gewickelt sind. Die Wicklung wird zunächst von einem kleinen Strom  $I = 100$  mA in der eingezeichneten Richtung durchflossen.  
Hinweis:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Vs/(Am)



- 1.1 Zeichnen Sie die Richtung der magnetischen Feldstärke  $H$  ein, die sich im Inneren des Spulenkerns einstellt.
- 1.2 Wie groß ist elektrische Durchflutung  $\Theta$  der Fläche, die von der gestrichelt angedeuteten magnetischen Feldlinie berandet wird? **Ersatzwert:**  $\Theta = 100$  A

- 1.3 Berechnen Sie die magnetische Feldstärke  $H$  im Spulenkern. **Ersatzwert:** 625 A/m

- 1.4 Wie groß ist die magnetische Flussdichte  $B$  im Spulenkern, der die im Bild dargestellte Magnetisierungskennlinie besitzt? **Ersatzwert:**  $B = 0,25$  T



- 1.5 Bestimmen Sie aus der Magnetisierungskurve die Permeabilitätszahl  $\mu_r$  des Kerns bei kleinen Strömen. **Ersatzwert:**  $\mu_r = 400$

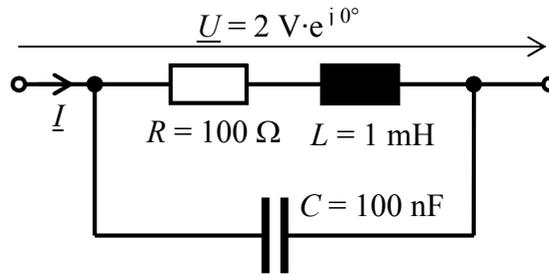
- 1.6 Berechnen Sie den magnetischen Widerstand  $R_m$  und die Induktivität  $L$  der Ringspule bei kleinen Strömen. **Ersatzwerte:**  $R_m = 1,8 \cdot 10^6 \text{ H}^{-1}$ ,  $L = 0,36 \text{ H}$

- 1.7 Berechnen Sie den magnetischen Fluss  $\Phi$  und die in der Spule gespeicherte Energie  $W$  des magnetischen Feldes.

- 1.8 Wie groß ist die magnetische Flussdichte im Kern, wenn der Strom in der Wicklung auf 800 mA erhöht wird? Beachten Sie dabei die Magnetisierungskurve!

**Aufgabe 2: Zweipol** (ca. 17 Punkte)

Der im Bild dargestellte Zweipol wird an eine Quelle angeschlossen, die eine sinusförmige Spannung der Frequenz  $f = 20 \text{ kHz}$  mit einem komplexen Effektivwert von  $\underline{U} = 2 \text{ V}$  erzeugt.



2.1 Welche Impedanz  $\underline{Z}$  besitzt der Zweipol?

**Ersatzwert:**  $\underline{Z} = (50 + j 100) \Omega$

2.2 Geben Sie den Scheinwiderstand  $Z = |\underline{Z}|$  und die Phase  $\varphi_Z$  an.

**Ersatzwerte:**  $Z = 112 \Omega, \varphi_Z = 63^\circ$

2.3 Wie groß sind der Wirkwiderstand  $R$  und der Blindwiderstand  $X$ ? Welche Impedanzcharakteristik liegt vor (Begründung)?

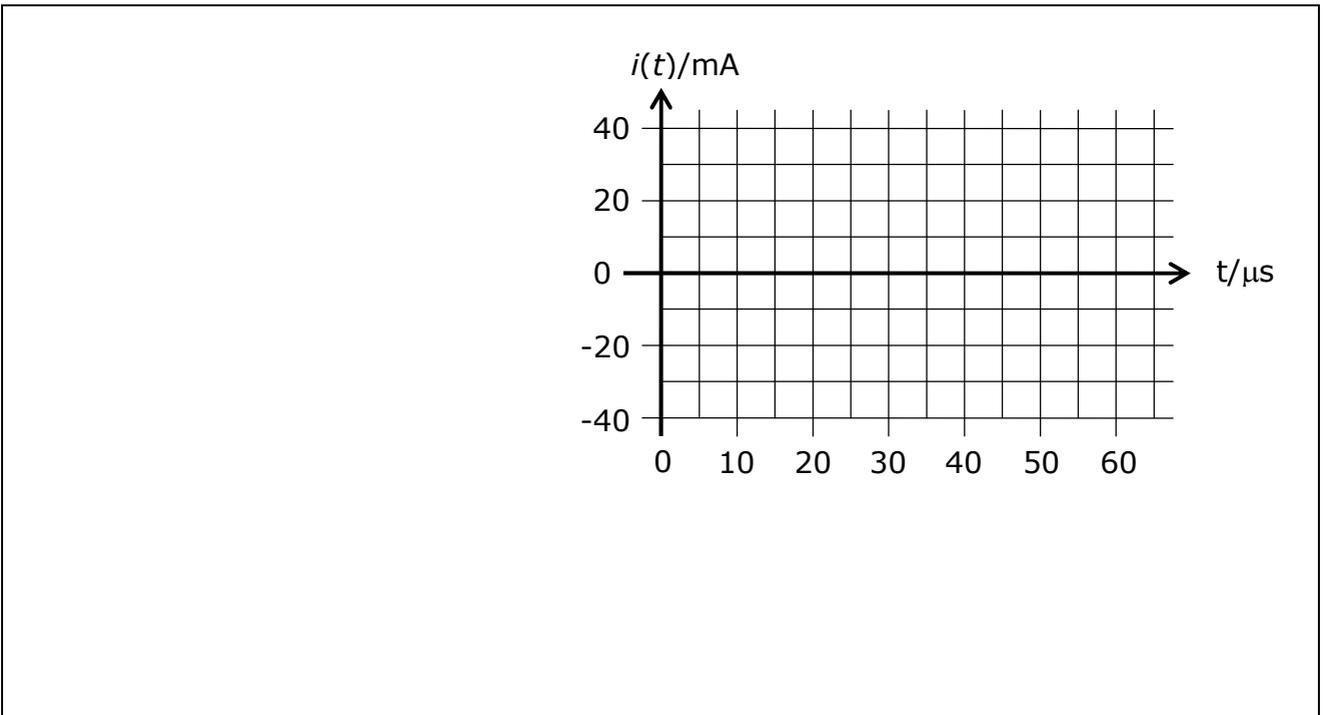
**Ersatzwerte:**  $R = 50 \Omega, X = 100 \Omega$

2.4 Berechnen Sie den Wirkleitwert  $G$  und den Blindleitwert  $B$ .

2.5 Welchen komplexen Effektivwert besitzt der Strom  $\underline{I}$ ?

**Ersatzwert:**  $\underline{I} = (8 - j 16) \text{ mA}$

2.6 Geben Sie die Zeitfunktion des Stroms  $i(t)$  an und zeichnen Sie  $i(t)$  in das Diagramm ein.



2.7 Berechnen Sie die komplexen Ströme  $\underline{I}_C$  und  $\underline{I}_R$  durch  $C$  bzw.  $R$ .

**Aufgabe 3: Spannungsmessung** (ca. 19 Punkte)

An den Klemmen 1–2 der in Abb. 1 dargestellten Schaltung soll die Ausgangsspannung  $U_a$  an der Last  $R_a$  gemessen werden. Hierzu wird über die Anschlussklemmen 3–4 ein reales Voltmeter (Innenwiderstand  $R_{iV}$ ) parallelgeschaltet.

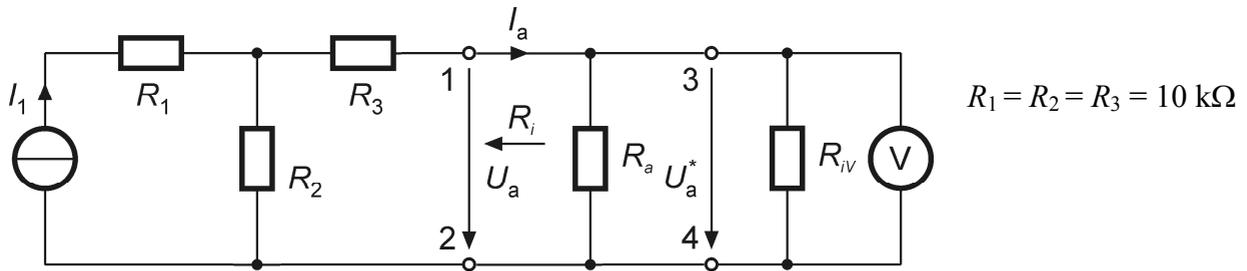


Abb. 1: Spannungsmessung

Zunächst wird das Voltmeter als **ideal** angenommen. An den Ausgangsklemmen 1–2 wird in diesem Fall im **Leerlauf** ( $R_a \rightarrow \infty$ ) eine Spannung  $U_a = 4$  V gemessen.

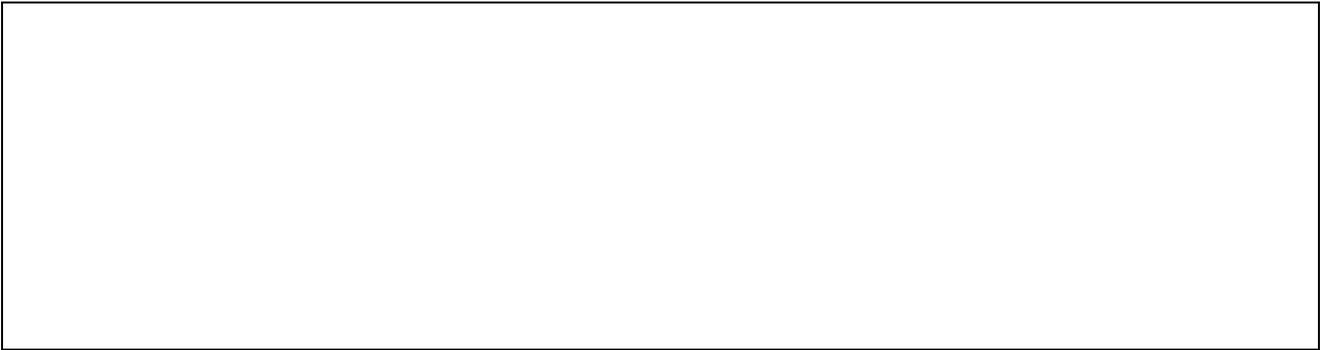
3.1 Welche Bedingung wird hierfür an das Voltmeter gestellt?

3.2 Berechnen Sie die Kenngrößen  $U_0$  und  $R_i$  des Spannungsquellen-Ersatzschaltbilds (ESB) der Schaltung **links der Ausgangsklemmen 1–2** allgemein und zahlenmäßig. Berechnen Sie damit den Nennstrom  $I_1$  der Stromquelle. **Ersatzwerte:**  $U_0 = 5$  V,  $R_i = 25$  k $\Omega$

3.3 Welcher maximale Strom  $I_{max}$  kann der Schaltung am Ausgang entnommen werden? **Ersatzwert:**  $I_{max} = 0,25$  mA

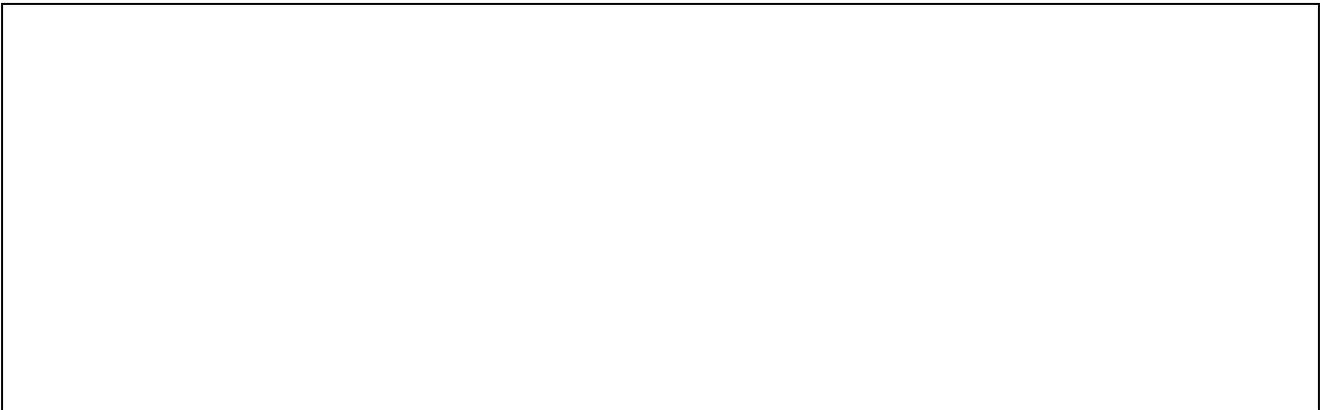
3.4 Berechnen Sie die maximal an der Last  $R_a$  umsetzbare Leistung  $P_{max}$  und den hierzu erforderlichen Lastwiderstand  $R_a$ .

3.5 Skizzieren Sie das Strom-Spannungsdiagramm  $I_a(U_a)$  der Messschaltung quantitativ.



Im Weiteren gilt für die Last:  $R_a = 50 \text{ k}\Omega$

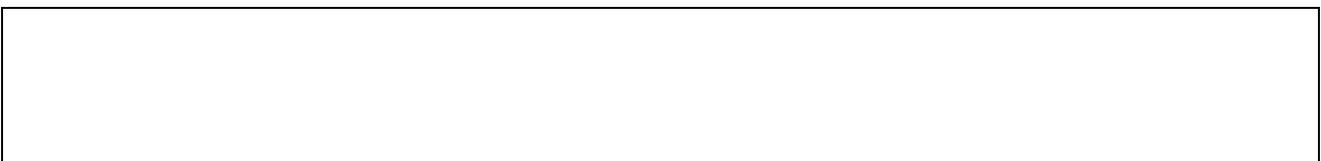
3.6 Berechnen Sie die sich damit ergebende Ausgangsspannung  $U_a$  und den Ausgangsstrom  $I_a$  für ein **ideales** Voltmeter und kennzeichnen Sie diesen Arbeitspunkt im Strom-Spannungsdiagramm. **Ersatzwert:**  $U_a = 3,3 \text{ V}$



3.7 Welche Ausgangsspannung  $U_a^*$  misst ein **reales** Voltmeter mit Innenwiderstand  $R_{iV} = 200 \text{ k}\Omega$ ? **Hinweis:** Berechnen Sie hierzu den effektiven Lastwiderstand  $R_a^*$  bestehend aus Last  $R_a$  und angeschlossenem Voltmeter. **Ersatzwert:**  $U_a^* = 3,1 \text{ V}$

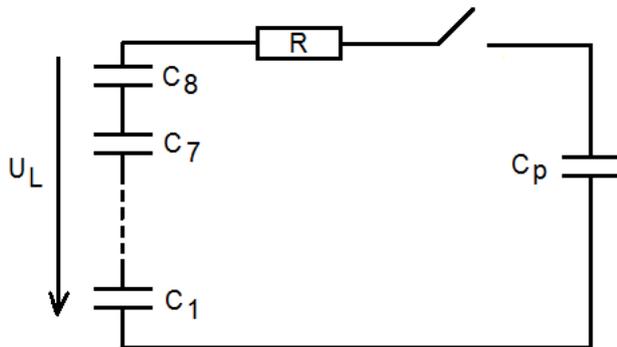


3.8 Berechnen Sie den durch den Innenwiderstand des Voltmeters verursachten relativen Messfehler indem Sie die Differenz  $\Delta U = U_a^* - U_a$  der beiden so gemessenen Ausgangsspannungen auf den Sollwert  $U_a$  beziehen.



**Aufgabe 4: Marxgenerator für Blitzstoßspannungsprüfungen** (ca. 16 Punkte)

In der Hochspannungsprüftechnik werden für Blitzstoßspannungsprüfungen  $N$  Stufenkondensatoren  $C_1 \dots C_N$  parallel auf einen bestimmten Spannungswert  $U_0$  aufgeladen. Anschließend werden diese Kondensatoren gemäß folgendem Schaltbild in Serie geschaltet und über einen Widerstand  $R$  auf einen Prüfling  $C_P$  (z.B. ein Hochspannungskabel) entladen.

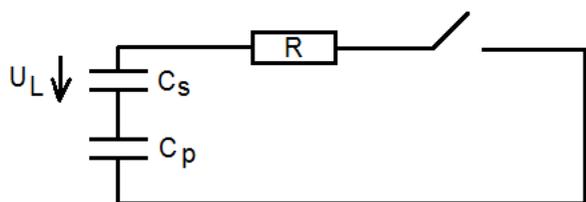


- $N = 8$
- $C_1 = C_2 = \dots = C_8 = 200 \text{ nF}$
- $R = 160 \Omega$
- $C_P = 5 \text{ nF}$

4.1 Berechnen Sie die resultierende Kapazität  $C_S$  der 8 hintereinandergeschalteten Stufenkondensatoren. Kreuzen Sie die 8 Stufenkondensatoren im Schaltbild durch und ersetzen Sie diese durch den Stoßkondensator  $C_S$ . **Ersatzwert:**  $C_S = 50 \text{ nF}$

4.2 Berechnen Sie die Ladespannung  $U_L$  von  $C_S$ , wenn die Stufenkondensatoren jeweils auf  $U_0 = 70 \text{ kV}$  aufgeladen wurden. **Ersatzwert:**  $U_L = 630 \text{ kV}$

Nun wird das Schaltbild weiter vereinfacht, indem zwei seriell geschaltete Kondensatoren  $C_S$  und  $C_P$  über einen Widerstand  $R$  entladen werden:



4.3 Berechnen Sie die Gesamtkapazität des Kondensators  $C$  als Serienschaltung von  $C_S$  und  $C_P$ . Da der Prüfling zunächst ungeladen ist, ist nur  $C_S$  auf  $U_L$  aufgeladen. Geben Sie den Wert von  $U_L$  an. **Ersatzwerte:**  $C = 4,6 \text{ nF}$ ,  $U_L = 500 \text{ kV}$

4.4 Berechnen Sie die Zeitkonstante  $\tau$  der RC-Schaltung.

**Ersatzwert:**  $\tau = 0,8 \mu\text{s}$

4.5 Geben Sie den zeitlichen Stromverlauf  $i(t)$  nach Schließen des Schalters analytisch an und skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf in einem geeignet skalierten  $i(t)$ -Diagramm. Berechnen Sie dazu den Maximalwert  $I_0$  des Stroms und tragen Sie die Zeitkonstante  $\tau$  in das Diagramm ein.

Bei Schließen des Schalters fließt eine Ladung  $\Delta Q$  vom Stoßkondensator  $C_S$  auf den Prüfling  $C_P$ , wobei dieser von 0 V aus auf die Spannung  $U_P$  aufgeladen wird und der Stoßkondensator  $C_S$  entsprechend von  $U_L$  ausgehend auf eine niedrigere Spannung  $U_S$  entladen wird.

4.6 Berechnen Sie die gesamte Ladung  $Q$  auf  $C_S$  vor Schließen des Schalters.

**Ersatzwert:**  $Q = 32 \text{ mC}$

4.7 Diese Ladung  $Q$  verteilt sich beim Umladen so auf die beiden Kondensatoren  $C_S$  und  $C_P$  (siehe nachfolgendes Schaltbild) bis am Ende des Umladevorgangs die Gleichgewichtsbedingung  $U_S = U_P$  erfüllt ist. Berechnen Sie damit die Spannung  $U_P$  und die geflossene Ladung  $\Delta Q$ .

**Hinweis:**  $C_S$  und  $C_P$  hierzu als Parallelschaltung betrachten

