

Hochschule München FK 03	Diplomvorprüfung SS 2012 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 90 Minuten	M. Krug, R. Müller, F. Palme, W. Rehm, A. Reusch
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei Blatt DIN A4 eigene Aufzeichnungen	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1: Plattenkondensator (ca. 16 Punkte)

Ein Plattenkondensator mit Luft als Dielektrikum ($\epsilon_r = 1$) hat einen Plattenabstand $d = 1$ cm und eine Kapazität $C_0 = 60$ pF. An den Platten liegt eine Spannung $U = 6$ kV.
(Dielektrizitätskonstante $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ As/Vm)

1.1 Berechnen Sie den Betrag der elektrischen Feldstärke E zwischen den Platten.

1.2 Wie groß ist die Fläche A des Kondensators?

Ersatzwert: $A = 0,085$ m²

1.3 Parallel zu den Platten wird eine Glasplatte gleicher Fläche mit der Dicke $a = 0,5$ cm und der relativen Dielektrizitätszahl $\epsilon_r = 5$ eingeführt.

1.3.1 Wie groß ist jetzt die Kapazität C des Kondensators?

Ersatzwert: $C = 125$ pF

1.3.2 Wie groß ist der Betrag der elektrischen Feldstärke E_G im Glas (der Kondensator ist dabei weiterhin an die 6 kV-Spannungsquelle angeschlossen)?

1.4 Jetzt sei der gleiche Kondensator in Luft mit der Ladung $Q = 3,6 \cdot 10^{-7}$ As geladen und anschließend von der Spannungsquelle abgetrennt worden. Wieder wird die Glasplatte wie unter 1.3 eingeführt.

1.4.1 Wie groß ist in diesem Fall die Kapazität C ?

1.4.2 Wie groß ist die anliegende Spannung U ?

1.4.3 Wie groß ist der Betrag der elektrischen Feldstärke E_G im Glas?

Aufgabe 2: Hochpassfilter (ca. 19 Punkte)

Das in Abb. 1 gezeigte *Hochpassfilter* soll untersucht werden. Hierzu wird die Schaltung an einer sinusförmigen Wechselspannung $u(t)$ mit der Frequenz f im Leerlauf ($I_A = 0$) betrieben und der resultierende Strom $i(t)$ nach Betrag und Phase gemessen.

Ideale Spannungsquelle: $\underline{U} = U \cdot e^{j\varphi_u} = 5 \cdot e^{j0} \text{ V}$
(komplexer Effektivwert)

Betriebsfrequenz: $f = 50 \text{ Hz}$

Amplitude des Stroms: $\hat{I} = 7,07 \text{ A}$

Phasenwinkel: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 36,9^\circ$

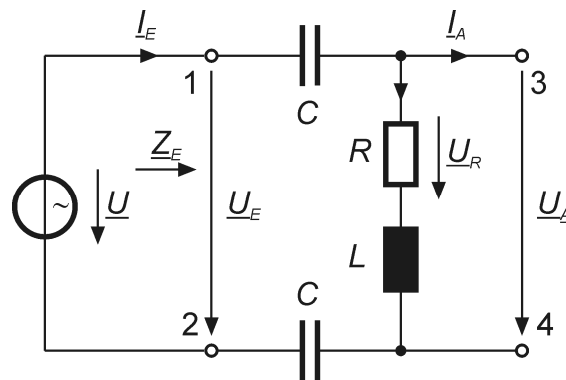


Abb. 1: Hochpassfilter

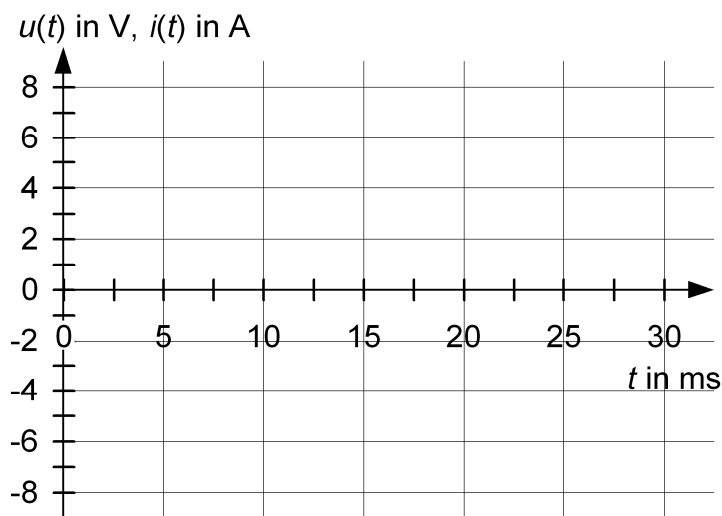


Diagramm 1

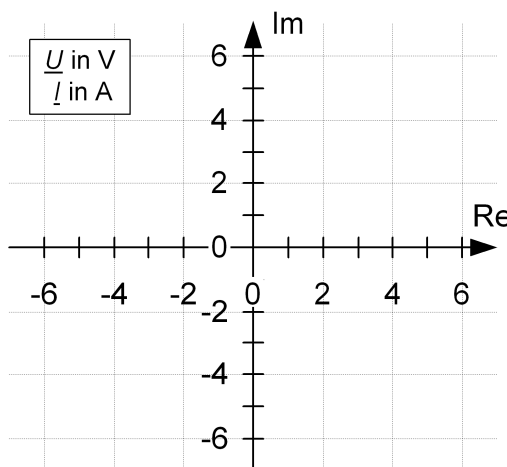


Diagramm 2

2.1 Geben Sie die Periodenzeit T und die Amplitude \hat{U} an und zeichnen Sie die Zeitverläufe von Spannung $u(t)$ und Strom $i(t)$ in das Diagramm 1.

2.2 Geben Sie den komplexen Effektivwert \underline{I}_E nach Real- und Imaginärteil an und zeichnen Sie die entsprechenden Effektivwert-Drehzeiger \underline{U}_E und \underline{I}_E in die komplexe \underline{U} - bzw. \underline{I} -Ebene (Diagramm 2).
Ersatzwert: $\underline{I}_E = (6 - j 4,5) \text{ A}$

2.3 Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung \underline{S} welche die Schaltung an den Eingangsklemmen 1–2 aufnimmt.

2.4 Bestimmen Sie den Widerstand R .

Ersatzwert: $R = 0,5 \Omega$

2.5 Berechnen Sie die Spannung \underline{U}_R am Widerstand R und zeichnen Sie \underline{U}_R als komplexen Effektivwertzeiger in Diagramm 2.

2.6 Geben Sie die Eingangsimpedanz \underline{Z}_E des Hochpasses bezüglich der Eingangsklemmen 1–2 allgemein an und berechnen Sie damit das komplexe Übertragungsverhältnis $\underline{H}(f) = \underline{U}_A / \underline{U}_E$ allgemein als Funktion der Frequenz f (Ausdruck *nicht* vereinfachen).

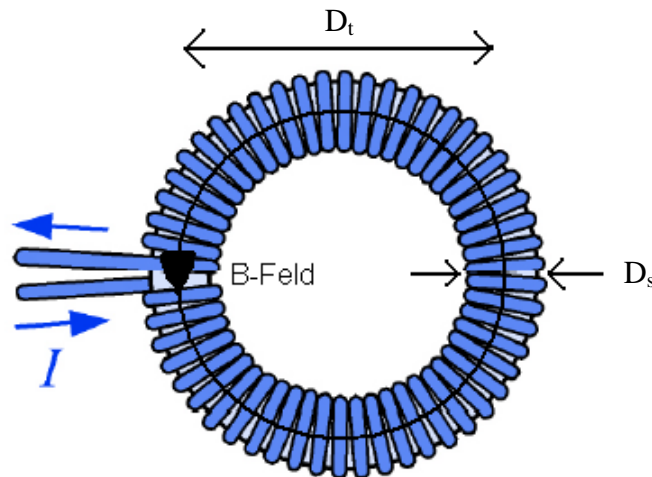
2.7 Geben Sie $H(f)$ für sehr niedrige ($f \rightarrow 0$, Gleichstrom) und sehr hohe Frequenzen ($f \rightarrow \infty$) an und erläutern Sie damit kurz warum diese Schaltung Hochpass genannt wird.

2.8 Berechnen Sie die Kapazität C , wenn der Hochpass für $L = 10 \text{ mH}$ bei der Frequenz $f_0 = 53 \text{ Hz}$ an den Eingangsklemmen 1–2 nur Wirkleistung aufnimmt (\underline{S} rein reell).

Aufgabe 3: Supraleitender magnetischer Energiespeicher (SMES) (ca. 16 Punkte)

Zur Speicherung von elektrischer Energie wurde in den 80er Jahren vorgeschlagen, supraleitende Spulen zu verwenden. Der Supraleiter Niob-Titan verliert z.B. bei 4 K (Temperatur des flüssigen Heliums) vollkommen den ohmschen Widerstand, so dass in der Wicklung keinerlei Stromwärmeverluste mehr auftreten.

Sie sollen näherungsweise einen Toroid-Speicher für einen Supraleiterdraht mit 10000 A Nennstrom dimensionieren. Hierzu sind gegeben: Spulendurchmesser D_s , mittlerer Torusdurchmesser D_t



3.1 Geben Sie allgemein den magnetischen Energieinhalt W_m einer vom Strom I durchflossenen Induktivität L an.

3.2 Berechnen Sie die zur Speicherung von $W_m = 1$ MWh erforderliche Induktivität, wenn der Maximalstrom dem Nennstrom des oben beschriebenen Supraleiters entspricht.

3.3 Geben Sie die allgemeine Gleichung der Induktivität L einer Ringspule in Luft ($\mu_r = 1$) an unter Verwendung der oben eingezeichneten Bemaßungen.

Nun sind folgende geometrische Daten gegeben: $D_s = 2 \text{ m}$, $D_t = 4 \text{ m}$
(magnetische Feldkonstante $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am} = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$)

3.4 Wieviele Windungen N sind für die oben berechnete Induktivität L erforderlich?

Ersatzwert: $N = 16000$

3.5 Berechnen Sie den magnetischen Widerstand R_m der gegebenen Ringspule sowie die Durchflutung θ und den magnetischen Fluss Φ bei einem Leiterstrom von $I = 10 \text{ kA}$.

3.6 Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des Speichers.

3.7 Geben Sie die allgemeine Gleichung für die Kraftwirkung F zwischen 2 parallelen, vom Strom I durchflossenen Leiterstücken im Abstand a an.

3.8 Zur Berechnung der Kraft zwischen 2 benachbarten Windungen nehmen Sie als Länge der beiden Leiter den Umfang einer Windung an. Die Windungen sollen $a = 2 \text{ mm}$ voneinander entfernt sein. Wie groß ist diese Kraft F ?

3.9 Wirkt diese Kraft abstoßend oder anziehend (Begründung)?

Aufgabe 4: Schweißgerät (ca. 18 Punkte)

Sie besitzen ein Elektro-Schweißgerät. Das E-Schweißgerät arbeitet ausgangsseitig mit einer Spannung von maximal $U_{\max} = 25 \text{ V}$ und einem Schweißstrom bis zu $I_{\max} = 750 \text{ A}$. Eingangsseitig wird es ans 3-phasige $230 \text{ V}_{\text{eff}} / 400 \text{ V}_{\text{eff}}$ -Netz angeschlossen und hat einen Wirkungsgrad von $\eta = 90 \%$. In jeder Phase ist eine Sicherung.

- 4.1 Kreuzen Sie den Sicherungswert an, mit dem das Gerät abgesichert werden muss und schreiben Sie Ihre Berechnungen dazu auf.

10 A	16 A	25 A	32 A	50 A	63 A	100 A
------	------	------	------	------	------	-------

Sie haben auch einen defekten Stereo-Verstärker von dem Sie die zwei intakten eingebauten Messwerke der Pegelanzeige (Drehspulinstrumente mit Innenwiderstand R_M und Spannung U_M bzw. Strom I_M bei Vollausschlag) für die Anzeige von Strom und Spannung Ihres E-Schweißgeräts verwenden wollen.

- 4.2 Zeichnen Sie die Schaltung, wie Sie mit Hilfe einer 1,2 V-Batteriezelle, einem veränderlichen Widerstand R_V , einem ideal angenommenen Strommessgerät und einem idealen Spannungsmessgerät die Kenngrößen des Messwerks in spannungsrichtiger Messanordnung bestimmen können. Beschreiben Sie die Vorgehensweise.

Sie stellen fest, dass bei der Schaltung aus 4.2 bei einem Widerstandswert $R_V = 70 \text{ k}\Omega$ der Vollausschlag am Messwerk erreicht ist und dabei ein Strom $I = 10 \text{ }\mu\text{A}$ fließt.

4.4 Berechnen Sie die Spannung U_M für Vollausschlag und den Innenwiderstand R_M des Messwerks.

Ersatzwerte: $U_M = 0,4 \text{ V}$, $R_M = 40 \text{ k}\Omega$

Sie wollen nun die Spannung am E-Schweißgerät-Ausgang messen.

4.5 Zeichnen Sie eine Schaltung, die Sie an den Ausgangsklemmen des E-Schweißgeräts anschließen, damit Ihnen das Messwerk die Spannung im Bereich von 0 V bis zur Maximalspannung $U_{\max} = 25 \text{ V}$ anzeigt. Bestimmen Sie das erforderliche Bauelement welches das ermöglicht.

Mit dem zweiten gleichen Messwerk wollen Sie nun zusätzlich den Schweißstrom messen. Ihnen steht dazu als Hochlastwiderstand R_S eine Konstantan-Stange (spezifischer Leitwert $\kappa = 2 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$) mit dem Querschnitt $A = 100 \text{ mm}^2$ und eine Eisensäge zur Verfügung.

4.6 Was müssen Sie tun, damit das Messwerk bei Vollausschlag den Maximalstrom I_{\max} anzeigt? Geben Sie dazu die Messschaltung und die erforderliche Länge L_S der Konstantan-Stange an.