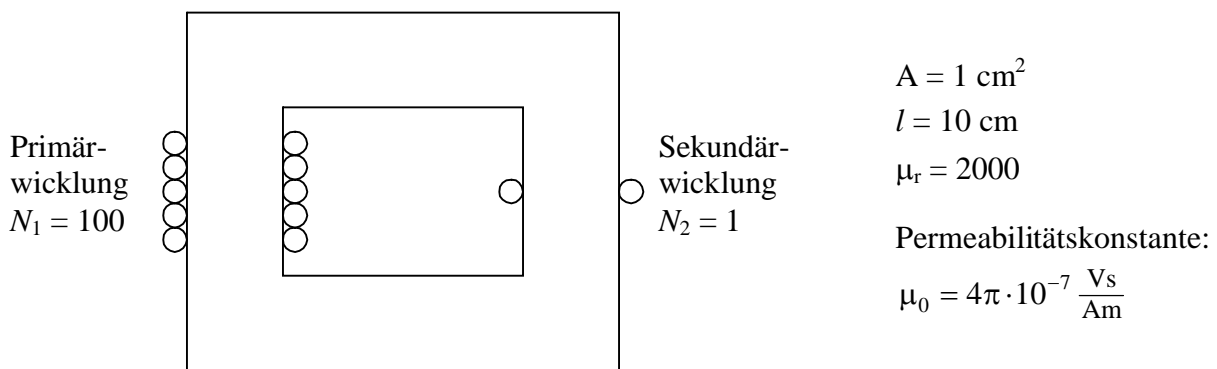


Hochschule München FK 03	Prüfung WS 2013/14 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 90 Minuten	F. Palme, G. Buch, W. Rehm
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei DIN-A4-Blatt eigene Formelsammlung	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1: Schaltnetzteil-Transformator (ca. 16 Punkte)

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Ferritkerntransformator, wie er in Schaltnetzteilen verwendet wird. Die Primärwicklung mit $N_1 = 100$ Windungen wird mit einer rechteckförmigen Spannung hoher Frequenz gespeist. Die Sekundärwicklung besteht beispielhaft aus einer einzigen Leiter schleife $N_2 = 1$ und ist offen. Die Permeabilitätszahl des Ferritkerns ist $\mu_r = 2000$, der Kernquerschnitt beträgt $A = 1 \text{ cm}^2$, die mittlere Magnetfeldlinienlänge ist $l = 10 \text{ cm}$.

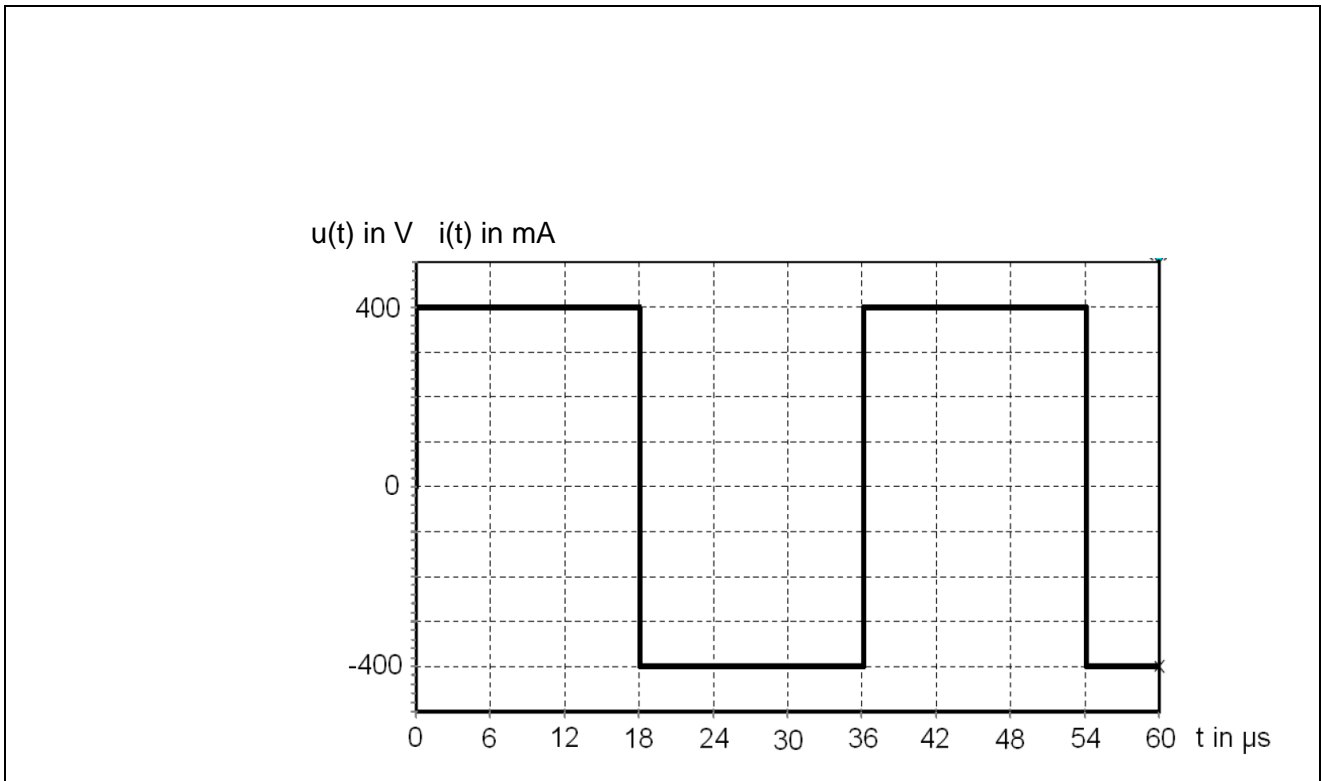


- Der magnetische Fluss Φ soll zu einem gewissen Zeitpunkt auf der Primärseite nach oben zeigen. Zeichnen Sie die dazu erforderliche Stromrichtung (Punkte, Kreuze) in die Primärwicklung ein. Zeichnen Sie auch den magnetischen Fluss Φ in den Transformator Kern ein.
- Berechnen Sie den magnetischen Widerstand R_m des Transformator kerns und die Induktivität L der Primärspule. Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.

Ersatzwert: $R_m = 5 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$

Nun wird die Primärwicklung (Spulenwiderstand vernachlässigbar, $R = 0$) an die unten gezeichnete Rechteckspannung $u(t)$ mit Amplitude $U_1 = 400 \text{ V}$ und Frequenz $f_1 = 27,7 \text{ kHz}$ angeschlossen. Dadurch fließt ein Strom $i(t)$ in der Primärwicklung, der zum Zeitpunkt $t = 0$ null sei.

1.3 Berechnen Sie den Stromverlauf zwischen $0 \leq t \leq 18 \mu\text{s}$. Zeichnen Sie den Stromverlauf im Bereich $0 \leq t \leq 36 \mu\text{s}$ in das folgende Diagramm ein. **Ersatzwert:** $i(18 \mu\text{s}) = 0,36 \text{ A}$



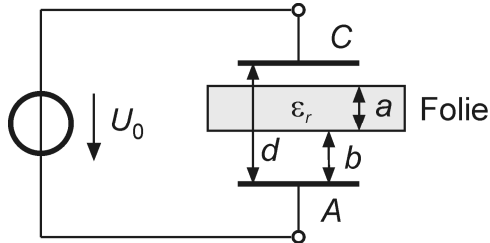
1.4 Welche Werte erreichen der magnetische Fluss $\Phi(18 \mu\text{s})$ und die Induktion $B(18 \mu\text{s})$? Zeichnen Sie auch den Verlauf von $\Phi(t)$ in das Diagramm ein (geeignete Achsenskalierung wählen).

1.5 Wie groß ist die Amplitude U_2 der an der offenen Leiterschleife messbaren Sekundärspannung?

1.6 Wenn diese sekundäre Leiterschleife an einen Widerstand angeschlossen wird, fließt ein Strom. Wie ist der dadurch verursachte magnetische Fluss Φ_2 gerichtet (Begründung, Primärfluss Φ wie in 1.1 angenommen nach oben)?

Aufgabe 2: Kapazitive Schichtdickenmessung (ca. 16 Punkte)

Mit der in Abb. 1 schematisch dargestellten Kondensatoranordnung soll eine berührungslose Bestimmung der Dicke a einer Kunststoffolie mit Dielektrizitätszahl ϵ_r vorgenommen werden, welche einen als ideal angenommenen Plattenkondensator C der Fläche A und Plattenabstand d im Abstand b waagrecht durchläuft (jeweils homogene Feldstärke E in den Medien innerhalb der Plattenfläche A , kein Streufeld außerhalb).



$d = 1,5 \text{ mm}$

$\epsilon_r = 3$

$U_0 = 300 \text{ V}$

$C_0 = 0,2 \text{ nF}$

Dielektrizitätskonstante:

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

Abb. 1: Kapazitive Schichtdickenmessung

Ohne Folie beträgt die Grundkapazität des Kondensators (Dielektrikum Luft, $\epsilon_r = 1$): $C_0 = 0,2 \text{ nF}$

2.1 Berechnen Sie die erforderliche Plattenfläche A .

Ersatzwert: $A = 220 \text{ cm}^2$

Nun wird eine Folie der Dicke a in den Spalt zwischen die beiden Kondensatorplatten gebracht (siehe Abb. 1).

2.2 Berechnen Sie die schichtdickenabhängige Gesamtkapazität $C(a)$ allgemein und zeigen Sie damit, dass $C(a)$ unabhängig vom Abstand b ist.

Im Weiteren wird $b = 0$ betrachtet und der Kondensator an eine Konstantspannungsquelle mit $U_0 = 300 \text{ V}$ angeschlossen. Für die zu untersuchende Folie mit $\epsilon_r = 3$ wird $C(a) = 0,3 \text{ nF}$ gemessen.

2.3 Berechnen Sie die Foliendicke a allgemein und zahlenmäßig. **Ersatzwert:** $a = 0,5 \text{ mm}$

2.4 Berechnen Sie die im Kondensator gespeicherte Ladung Q sowie die Verschiebungsdichte D_F und die Feldstärke E_F in der Folie. **Ersatzwerte:** $D_F = 0,4 \text{ nC/cm}^2$, $E_F = 150 \text{ V/mm}$

2.5 Skizzieren Sie die Verläufe der Verschiebungsdichte D , der Feldstärke E sowie des Potentials ϕ im Bereich zwischen den Kondensatorplatten (jeweils Anfangs- und Endpunkt quantitativ angeben sowie Charakteristik des Verlaufs).

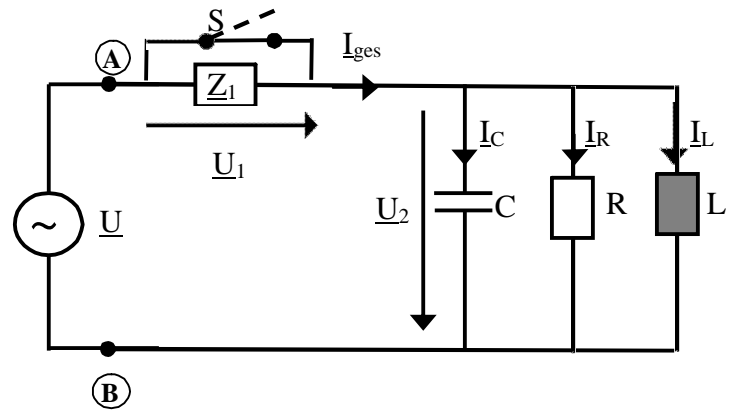
Aufgabe 3: Wechselstrom (ca. 19 Punkte)

Gegeben ist die nebenstehende Schaltung, die mit der folgenden sinusförmigen Wechselspannung betrieben wird:

$\underline{U} = 10 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$ (komplexer Effektivwert)

$f = 50 \text{ Hz}$

Die Induktivität beträgt: $L = 3,18 \text{ mH}$



Teil 1: Der Schalter S ist zunächst geschlossen.

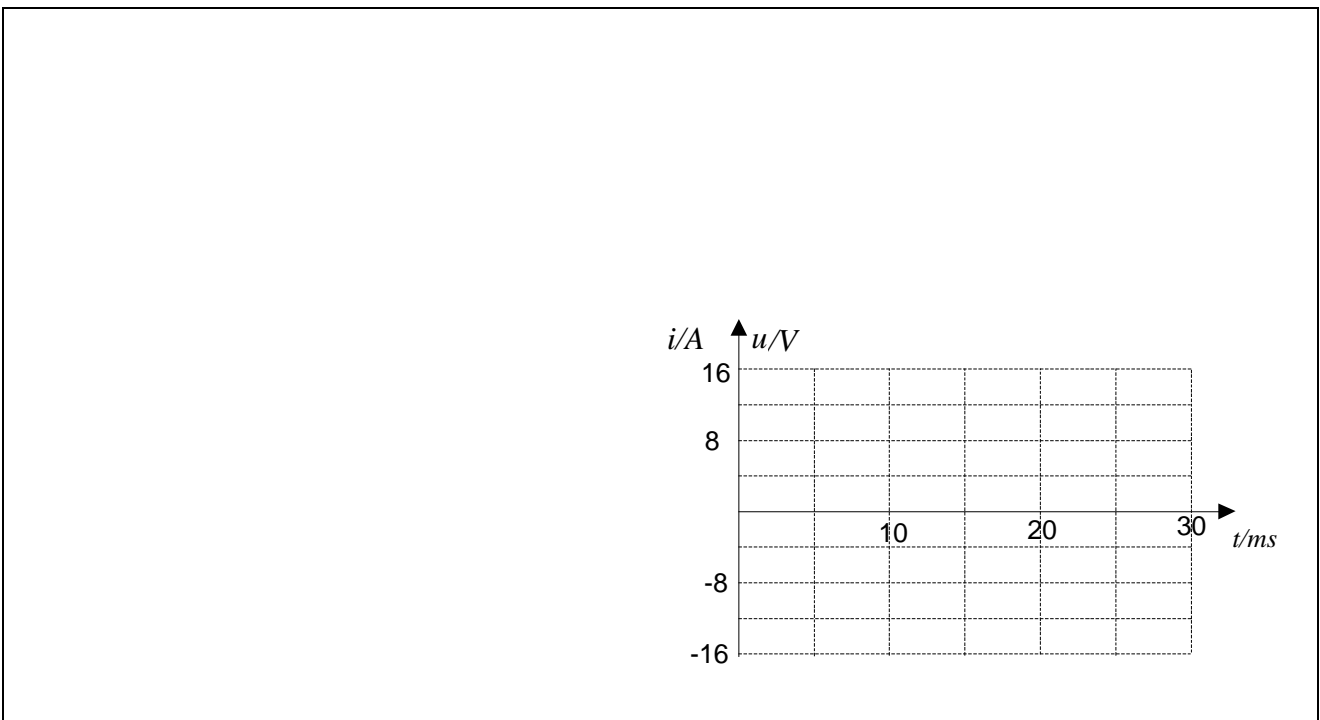
Rechts der Klemmen A-B wird dann folgende Scheinleistung umgesetzt: $\underline{S} = (50 + j0) \text{ VA}$

3.1 Bestimmen Sie den komplexen Strom \underline{I}_{ges} .

3.2 Bestimmen Sie den ohmschen Widerstand R.

Ersatzwert: $R = 3 \Omega$

3.3 Berechnen Sie die komplexen Ströme \underline{I}_L (grün), \underline{I}_R (blau) und \underline{I}_C (schwarz) und tragen Sie diese zusammen mit \underline{U}_2 (rot) im Zeitbereich in das gegebene Diagramm ein.



Teil 2: Für die weiteren Aufgabenteile ist der Schalter S geöffnet.

Ferner gilt für die Aufgabenteile 3.4 bis 3.6: $R = 2 \Omega$ $\underline{U}_2 = 6 \text{ V} \cdot e^{j53,13^\circ}$ $|\underline{I}_C| = |\underline{I}_L|$
und wie bisher: $L = 3,18 \text{ mH}$ $\underline{U} = 10 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$

3.4 Berechnen Sie die Spannung \underline{U}_1 .

Ersatzwert: $\underline{U}_1 = 8 \text{ V} - j 6 \text{ V}$

3.5 Bestimmen Sie die Ströme \underline{I}_R und $\underline{I}_{\text{ges}}$.

Ersatzwert: $\underline{I}_{\text{ges}} = 2,4 \text{ A} + j 3,2 \text{ A}$

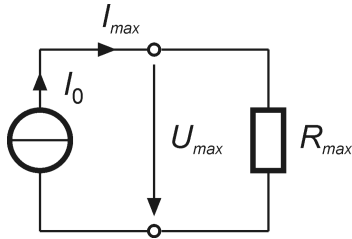
3.6 Um welches Bauteil handelt es sich bei \underline{Z}_1 (Begründung)?

Nun wird anstelle der Wechselspannung eine **Gleichspannung** $U_0 = 10 \text{ V}$ an den Klemmen A-B angeschlossen und für \underline{Z}_1 ein **ohmscher Widerstand** $\underline{Z}_1 = R_1 = 4 \Omega$ eingesetzt (für R, L und C gelten die bisherigen, oben angegebenen Werte).

3.7 Bestimmen Sie die Spannung U_1 sowie die Ströme I_C , I_L , I_R und I_{ges} für den stationären Endzustand.

Aufgabe 4: Solarstrom-Ladegerät (ca. 18 Punkte)

Ein solarbetriebenes Handy-Ladegerät soll dimensioniert werden. Hierzu wird zunächst eine Solarzelle als Grundelement größerer Solarpanels betrachtet, die für eine gegebene Strahlungsleistung im Nennbetrieb eine maximale Leistung P_{max} bei einem Strom I_{max} liefert. Bis zu P_{max} soll die Solarzelle im Folgenden vereinfacht als ideale Konstantstromquelle mit Nennstrom $I_0 = I_{max}$ betrachtet werden:



Nennstrom: $I_0 = 0,25 \text{ A}$

Maximalleistung: $P_{max} = 125 \text{ mW}$

Abb. 1: Solarzelle (vereinfacht)

- 4.1 Berechnen Sie den Lastwiderstand R_{max} an dem sich maximale Leistung P_{max} einstellt und die sich dabei ergebende Klemmenspannung U_{max} . Skizzieren Sie den Verlauf von $P(R_a)$ und $U(R_a)$ im Bereich $0 \leq R_a \leq R_{max}$. **Ersatzwert:** $U_{max} = 0,6 \text{ V}$

Um die bereitgestellte Leistung P_{max} zu erhöhen werden die Solarzellen zu Solarpanels kombiniert, wodurch M parallel geschaltete Stränge mit N in Reihe geschalteten Stromquellen den Strom $I_n = M \cdot I_0$ jetzt bis zur maximalen Nennleistung $P_n = N \cdot M \cdot P_{max}$ liefern können.

- 4.2 Wieviele gleiche Solarzellen werden für die maximale Nennleistung $P_n = 3 \text{ W}$ benötigt? Bestimmen Sie N und M so, dass das Solarpanel dabei den doppelten Strom $I_n = 2 I_{max} = 0,5 \text{ A}$ liefern kann und berechnen Sie die neue maximale Spannung U_n . **Ersatzwert:** $U_n = 7,2 \text{ V}$

Zunächst wird das Solarpanel direkt über ein $l = 5$ m langes USB-Kabel (Versorgungsleitung Kupfer, spezifischer Widerstand $\rho = 0,018 \mu\Omega\cdot\text{m}$, Querschnitt $A_L = 0,32 \text{ mm}^2$) mit dem Handy verbunden, das den Ladestrom $I_n = 0,5$ A entnimmt.

4.3 Berechnen Sie den dabei im Kabel in Wärme umgesetzten Anteil der Solarpanelleistung $P_n = 3$ W.

Um von der Sonneneinstrahlung unabhängig laden zu können wird das Ladegerät um einen zusätzlichen Akkumulator erweitert, der hier als ideale Spannungsquelle ($R_{iB} \rightarrow 0 \Omega$) mit Leerlaufspannung U_{0B} angenommen werden kann und über den Widerstand R_1 vom Solarpanel geladen wird (Prinzipschaltung Abb. 2). Das an den Klemmen 3–4 angeschlossene Mobiltelefon kann dabei einen variablen Ladestrom $I_a = I_{0H}$ entnehmen.

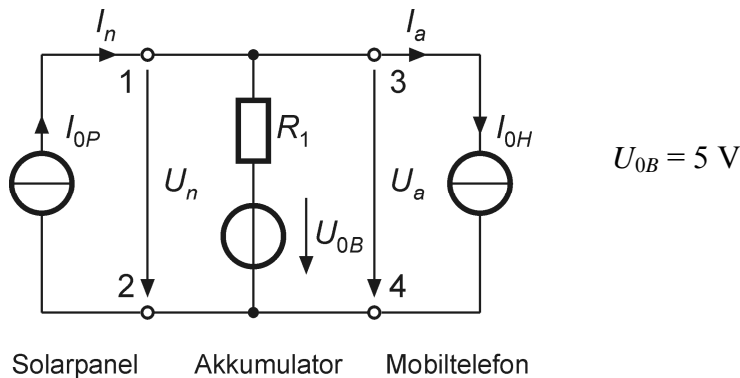


Abb. 2: Solarstrom-Ladegerät

4.4 Zeichnen Sie das Spannungsquellen-Ersatzschaltbild (ESB) des Ladegeräts **links der Ausgangsklemmen 3–4** und geben Sie die zugehörigen Kenngrößen U_0 und R_i allgemein an.

- 4.5 Dimensionieren Sie den Ladewiderstand R_1 so, dass sich bei Nennbetrieb $I_n = 0,5$ A eine Leerlaufspannung $U_0 = U_n$ einstellt. **Ersatzwert:** $R_1 = 4,4 \Omega$



Zum Laden des Mobiltelefons soll eine Ausgangsspannung von $U_a = 4,5$ V nicht unterschritten werden.

- 4.6 Wie groß ist der unter dieser Bedingung maximal vom Mobiltelefon entnehmbare Ladestrom I_{0H} für die beiden Extremfälle $I_{0P} = I_n$ (maximale Sonneneinstrahlung im Nennbetrieb) und $I_{0P} = 0$ A (kein Solarstrom)? Skizzieren Sie die Ladestromkennlinie $I_{0H}(I_{0P})$ im Bereich $0 \leq I_{0P} \leq I_n$.

