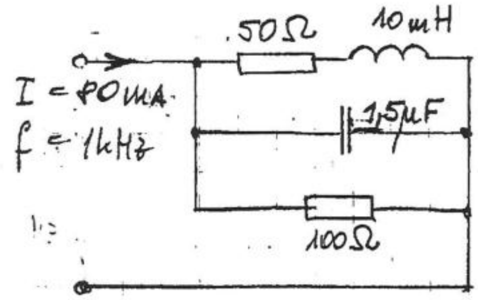
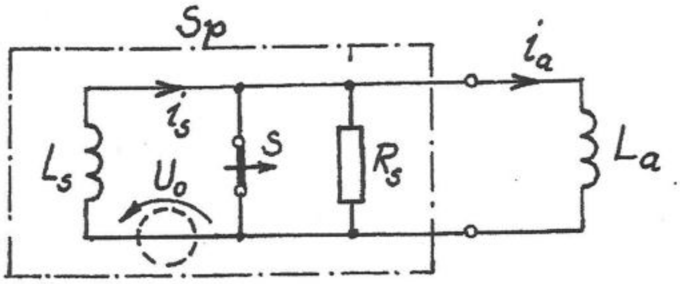


Durch die Schaltung fließt ein 1kHz-Sinusstrom mit angegebenem Effektwert. Berechnen Sie für den eingeschwungenen Zustand den Durchschnittswert der im Kondensator gespeicherten Energie.



Das Bild zeigt - stark vereinfacht - die Schaltung eines supraleitenden Energiespeichers Sp, aus dem möglichst rasch ein großer Energiebetrag entnommen und einem äußeren Magnetsystem, dargestellt durch die Induktivität L_a, zugeführt werden soll. Dazu wird zuerst bei geschlossenem Schalter S durch eine relativ kleine Spannung U_0 (kann im folgenden nullgesetzt werden) ein Strom $i_s(t)$ in der supraleitenden Spule mit der Induktivität L_s erzeugt. Zum Zeitpunkt $t = 0$ sei $i_s(0) = I_0$. Jetzt wird S geöffnet.

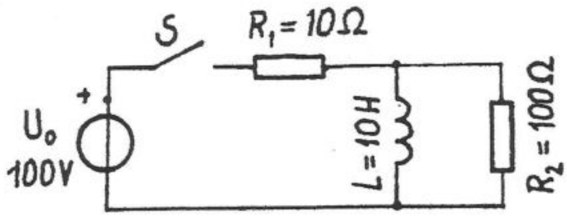
(i) Bestimmen Sie den äußeren Stromverlauf $i_a(t)$.

(ii) Wie groß ist der insgesamt an L_a übergebene Energiebetrag?

Kennzahl	Matrikelnummer	Familienname	Vorname

3 X

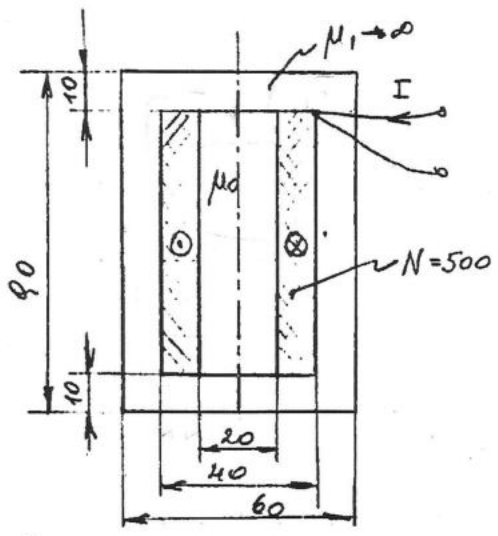
4



Die dargestellte Ersatzschaltung eines Magnetsystems enthält eine ideale Gleichspannungsquelle und eine Spule mit vernachlässigtem Widerstand. Der Schalter S ist zunächst offen und die ganze Schaltung ist stromlos.

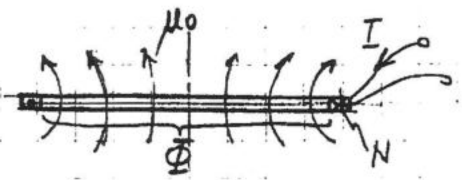
(i) Der Schalter S wird geschlossen und bleibt relativ lange geschlossen. Berechnen Sie die im Widerstand R_2 insgesamt in Wärme umgesetzte Energie.

(ii) Der Schalter wird wieder geöffnet und bleibt geöffnet. Wie groß ist nun die in R_2 umgesetzte Energie?



Die dickwandige, kreiszylindrische Spule ist vollständig von einem ideal permeablen Mantel umgeben. (Maße in mm)
Im leeren Innenraum soll die magnetische Energie $W_m = 10\ mJ$ gespeichert werden. Berechnen Sie den dazu erforderlichen Spulenstrom I.

KG2



Eine Luftspule mit relativ kleinem Wicklungsquerschnitt, $\boxed{N=5}$ Windungen und dem Strom $\boxed{I=10\,A}$ erzeugt den magnetischen Fluss $\boxed{\Phi=2{,}5\,mWb.}$ Berechnen Sie die im magnetischen Feld gespeicherte Energie.

G2

Jemand kommt auf die Idee, die Energie für den Antrieb eines kleinen Elektrofahrzeuges (1 kW über 1 Stun[de]) elektrostatisch zu speichern. Er will dafür eine Kondensatoranordnung mit ~~einem~~ hochwertigem Dielektrikum (Durchbruchsfeldstärke 1,6 MV/cm, Permittivitätszahl 3,2) verwenden. Schätzen Sie das mindestens notwendige Volumen für solch einen Energiespeicher ab.

7 X

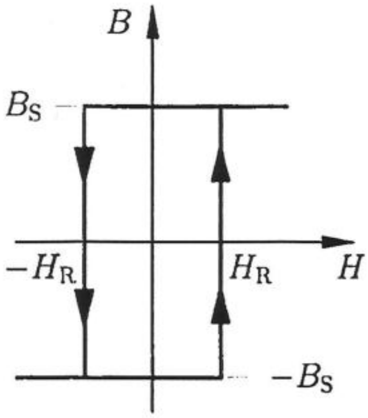
Ein supraleitender magnetischer Energiespeicher soll bei einer magnetischen Flußdichte von $B = 4{,}5\,T$ den Energiebetrag $W = 60\,MJ$ aufnehmen können.

(i) Wie groß ist das dazu erforderliche Feldvolumen?

Angenommen, die gleiche Energiemenge soll in einer elektrostatischen Anordnung gespeichert werden, die ein Dielektrikum mit $\varepsilon_r = 5{,}6$ verwendet und deren elektrische Feldstärke mit dem Durchbruchswert $E_D = 50\,kV/cm$ begrenzt ist.

(ii) Welches Feldvolumen würde dafür benötigt?

8 X



Bei der zyklischen Ummagnetisierung eines ferromagnetischen Materials entlang einer Hystereseschleife geht bekanntlich in jedem Zyklus mit der Periodendauer T der volumenbezogene Energiebetrag

$$w_H = \int_0^T H\dot{B}\,\mathrm{d}t$$

durch irreversible Prozesse verloren.

Die Skizze zeigt eine stark vereinfachte Hystereseschleife. Schätzen Sie damit die Dichte der Hystereseverluste bei zyklischer Ummagnetisierung mit einer Frequenz f ab.

Ebene elektromagnetische Wellen im freien Raum genügen bekanntlich der Beziehungen

$$\vec{\varkappa} \times \vec{E} = Z \vec{H} \quad \text{bzw.} \quad \vec{E} = Z \vec{H} \times \vec{\varkappa} \quad \text{mit } Z = \sqrt{\mu/\varepsilon}.$$

Leiten Sie für solch ein Wellenfeld den lokalen Zusammenhang ab zwischen der elektromagnetischen Energiedichte und der elektromagnetischen Energieflussdichte (Poynting-Vektor).

(G2)

Bestimmen Sie für eine stehende elektromagnetische Welle der Form

$$\left.\begin{array}{l}\vec{E} = \hat{E}\cos(kx)\cos(\omega t+\varphi)\,\vec{e}_y\,, \\ \vec{B} = \hat{B}\sin(kx)\sin(\omega t+\varphi)\,\vec{e}_z\end{array}\right\}\quad \begin{array}{l}\hat{E} = c\hat{B} \\ \omega = ck\end{array}$$

im leeren Raum die zeitlichen Mittelwerte

(i) der elektromagnetischen Energiedichte,

(ii) des Poynting-Vektors

als Funktionen der Ortskoordinate.