Induktion – Schwingkreis

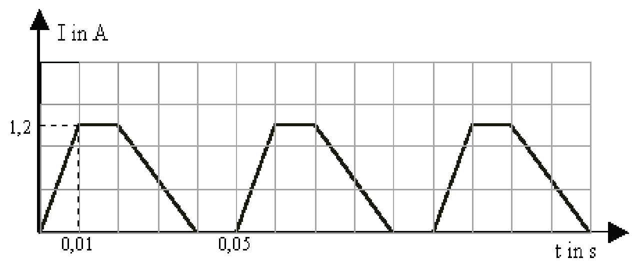
1. In einem homogenen Magnetfeld mit der Flussdichte B befindet sich eine flache Induktionsspule mit der Querschnittsfläche A_0 = 40 cm^2 und der Windungszahl N = 500. Die Drehachse liegt in der Spulenebene und steht senkrecht auf den Feldlinien des Magnetfelds. Wenn die Induktionsspule mit konstanter Frequenz f rotiert, wird in ihr eine sinusförmige Wechselspannung mit dem Scheitelwert U_0 induziert. Indem f auf verschiedene Werte eingestellt wird, ermittelt man die folgende Messreihe:

f in Hz	16	22	28	36
U_0 in V	0,34	0,46	0,59	0,75

   a) Zeigen sie durch graphische Auswertung, dass U_0 zu f direkt proportional ist und ermitteln sie den Wert des Proportionalitätsfaktors k.
   b) Bestätigen sie, ausgehend vom Induktionsgesetz, dass für den Proportionalitätsfaktor k aus Teilaufgabe a gilt: $k = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot A_0 \cdot B$. Berechnen sie B.

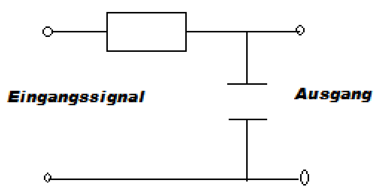
2. a) Berechnen Sie die Impedanz von einem in Reihe geschalteten Kondensator (C = 3 µF), einer Spule (L = 0,1 H) und einem ohmschen Widerstand von 100 Ω bei einer Frequenz von f_1 = 50 Hz, f_2 = 1 kHz und f_3 = 6 kHz.
   b) Ermitteln Sie jeweils die Phasenbeziehung zwischen U und I in den oben angegebenen Fällen.
   c) Zeichnen Sie ein Phasendiagramm für $\hat{I}$ = 20 mA bei f_2. Geben Sie auch die Leistung an.
   d) Wie verändert sich die Impedanz der Schaltung, wenn der Kondensator kurzgeschlossen wird?

3. Eine luftgefüllte Spule ist 60 cm lang und besitzt zwei voneinander getrennte übereinandergewickelte Lagen von je 900 Windungen, die beide nahezu denselben Durchmesser 8,0 cm haben. Jede Lage hat den ohmschen Widerstand 2,0 Ω .
   a) Durch die erste Lage fließt ein Strom, dessen zeitlicher Verlauf aus dem folgenden Schaubild zu entnehmen ist: Berechnen Sie die in der zweiten Lage während der einzelnen Zeitabschnitte induzierten Spannungen und zeichnen Sie ein t-U-Diagramm (0,01s → 1cm; 0,5V → 1 cm).



   b) In einem zweiten Versuch wird die erste Lage von einem Wechselstrom $I(t) = I_m \cdot \sin(\omega t)$ durchflossen, wobei I_m = 1,2 A und f = 20 Hz ist. Stellen Sie die Gleichung für den zeitlichen Verlauf der in der zweiten Lage induzierten Spannung auf. Wie groß ist der Scheitelwert U_m?

4. Die Schaltskizze zeigt einen einfachen Tiefpassfilter, d. h. tiefe Frequenzen werden bevorzugt. Erläutern Sie die Wirkungsweise.



5. In der Mitte einer langgestreckten Zylinderspule befindet sich senkrecht zum Magnetfeld ein geradliniger Leiter (l = 4 cm), der vom Strom I_1 = 10 A durchflossen wird. Auf den Leiter wirkt eine Kraft von 2 mN. Der Strom durch die Feldspule beträgt I_2 = 5 A. Bringt man nun an die Spulenmitte eine Hallsonde, so liefert diese eine maximale Spannung von U_H = 1 mV.

a) Bestimmen Sie die Windungsdichte der Spule.

b) Wie verändert sich die Flussdichte in der Spule, wenn die Sonde eine Spannung von 1,25 mV anzeigt? Welcher Strom fließt in diesem Fall durch die Feldspule?

6. In der Nähe von Frankfurt strahlt der Langwellensender DCF77 mit der Frequenz f = 77,5 kHz ein Zeitsignal für Funkuhren aus.

a) Zeigen Sie, dass die Wellenlänge λ = 3,87 km beträgt und begründen Sie, dass für den Empfang des Signals durch Funkuhren eine Dipolantenne in der Grundschwingung nicht geeignet ist.

In einer Funkuhr dient eine auf einem Ferritstab gewickelte zylinderförmige Spule zum Empfang des Signals. Die Spule besitzt N = 150 Windungen, den Radius r=5,8 mm und die Länge l = 4,5cm. Gemeinsam mit einem Kondensator der Kapazität C=3,3nF bildet sie einen auf die Sendefrequenz f abgestimmten Schwingkreis.

b) Berechnen Sie die Induktivität $L_0 = \mu_0 \frac{\pi r^2 N^2}{l}$

der Spule ohne Ferritstab sowie die Induktivität L, die der Schwingkreis benötigt, um auf die Frequenz f abgestimmt zu sein.

Bestimmen Sie mithilfe des Zusammenhangs $L = \mu_r L_0$ die sogenannte Permeabilitätszahl μ_r des Ferritstabs.

7. Ein Schwingkreis erzeugt eine ungedämpfte elektromagnetische Schwingung der Frequenz f = 750MHz und soll einen frei stehenden Dipol in der Grundschwingung anregen.

a) Berechnen Sie die Länge *l* dieses Dipols.

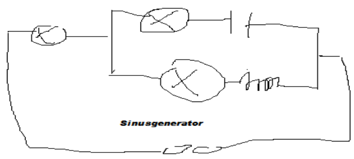
b) Erläutern Sie anhand von Diagrammen zur Stromstärkeverteilung die elektrischen Vorgänge, welche sich in dem Dipol während einer Periode abspielen. Wie lässt sich diese Verteilung experimentell zeigen?

c) Welche Induktivität muss der Schwingkreis besitzen, wenn die Kapazität 0,4 pF beträgt?

8. Ein He-Ne-Laser (λ = 633nm) beleuchtet einen schmalen Spalt. Auf einem Schirm im Abstand e = 1,58m beobachtet man ein Interferenzmuster. Die beiden Minima erster Ordnung sind 40mm voneinander entfernt. Berechnen Sie die

Physik-Klausur Pk12

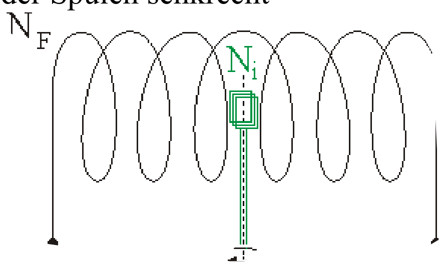
1. Fertigen Sie von dem Experiment eine Schaltskizze an und beschreiben Sie die Versuchsdurchführung. Die Glühlampen dienen als einfache Stromanzeiger.



   a) Welche Beobachtung machen Sie? Vergleichen Sie Ihre Beobachtung mit der in einem Schaltkreis, in dem die Spule und der Kondensator jeweils durch einen ohmschen Widerstand ersetzt werden. Zeichnen Sie ein Zeigerdiagramm für die Stromstärke. Erklären Sie daran qualitativ (also ohne Rechnung) Ihre Beobachtung.
   b) Berechnen Sie die Impedanz des Parallelkreises unter Vernachlässigung ohmscher Widerstände für die Netzfrequenz ($C = 5\ \mu F$, $L = 35$ mH).
   c) Bestimmen Sie für den Fall der Resonanz die Schwingungsfrequenz. Wie hoch ist die Stromstärke in der Hauptleitung in diesem Fall?

2. Fertigen Sie eine Skizze eines einfachen Hochpassfilters an und erläutern Sie seine Wirkungsweise.

3. Das homogene Magnetfeld im Inneren einer langen Feldspule (Windungszahl $N_F = 1200$; Länge l = 30cm) hat die Flussdichte 5,0mT. Dort befindet sich eine drehbar gelagerte Induktionsspule (Windungszahl $N_i = 200$; Querschnittsfläche $A = 25cm^2$), wobei Drehachse der Induktionsspule und Feldspulenachse zueinander senkrecht sind (siehe Abbildung).
   a) Berechnen Sie die Stromstärke in der Feldspule.
   b) Beim Einschalten des Feldstroms stehen die Querschnittsflächen der Spulen senkrecht aufeinander. Ergibt sich hierbei eine Wirkung auf die Induktionsspule? Geben Sie eine kurze Begründung.



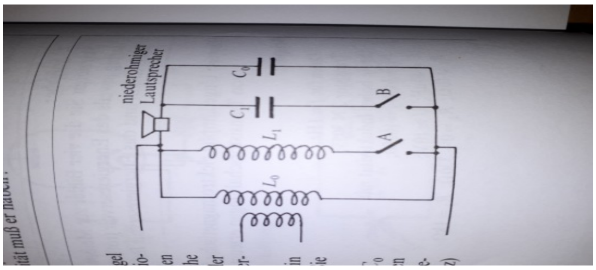
   c) Nun soll durch Drehung der Induktionsspule eine sinusförmige Wechselspannung mit dem Effektivwert $U_{eff} = 25$mV erzeugt werden. Wählen Sie hierzu für die Zeit $t = 0$ eine geeignete Anfangsstellung der Induktionsspule und leiten Sie den Term für die induzierte Spannung $U_i(t)$ her. Berechnen Sie damit die Drehfrequenz.

4. Im Inneren einer langgestreckten, zylinderförmigen Feldspule ($l_1 = 750$ mm, $N_1 = 1460$, $A_1 = 45{,}0$ cm^2) befindet sich eine Induktionsspule ($l_2 = 105$ mm, $N_2 = 200$, $A_2 = 20{,}25$ cm^2), deren Enden mit einem Spannungsmessgerät verbunden sind. Beide Spulenachsen sind zueinander parallel.
   a) Erläutern Sie jeweils ausführlich, welche Wirkungen folgende zwei Experimente in der Induktionsspule hervorrufen:
      i) Durch die Feldspule fließt ein sinusförmiger Wechselstrom.
      ii) In der Feldspule fließt ein Gleichstrom konstanter Stärke, während die Induktionsspule in Richtung ihrer Spulenachse im Inneren der Feldspule hin und her bewegt wird.

   Durch die Feldspule fließt nun ein Gleichstrom der Stärke $I = 3{,}0$ A.

   b) Berechnen Sie die magnetische Flussdichte B im Inneren der Feldspule.[Kontrolle: $B = 7{,}3$ mT]
   c) Die Feldspule wird innerhalb von 0,50 Sekunden auf die doppelte Länge auseinander gezogen, wobei die Induktionsspule ihre Form und Position beibehält. Begründen Sie, weshalb in der Induktionsspule eine Spannung induziert wird. Berechnen Sie den Wert dieser Induktionsspannung.

5. Musiker W. Möchte eine elektronische Orgel bauen. Für den Schwingkreis der Schaltung steht unter anderem die Spule mit der Induktivität $L_0 = 520$ mH zur Verfügung.



a) Wie groß muss die Kapazität C_0 gewählt werden, um bei geöffneten Schaltern A und B den Kammerton a (440 Hz) zu erzeugen?

b) Wie groß müssen L_1 bzw. C_1 sein, damit beim Schließen des Schalters A oder B der Ton a (880 Hz) oder der Ton a (220 Hz) ertönt? Welcher der Töne tritt beim Schließen des Schalters A auf?

Anmerkung: Für Parallelschaltungen gilt: $C_{ges} = C_1 + C_2$ bzw. $1/L_{ges} = 1/L_1 + 1/L_2$

6. Es soll eine Fourier-Analyse der Kipp- oder Sägezahnschwingung erfolgen:

$$f(x) = \begin{Bmatrix} x, -\pi < x < \pi \\ 0, x = -\pi, \pi \end{Bmatrix}$$

a) Zeichnen Sie den Graphen der Funktion f.

b) Darstellung der Funktion f als trigonometrisches Polynom

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx) \quad \text{mit} \quad a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x)\,dx$$

sowie $a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos(nx)\,dx$ bzw. $b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(nx)\,dx$

Begründen Sie, dass nur die b_n bestimmt werden müssen, denn $a_n = 0$.

c) Zeigen Sie , dass für b_n gilt: $b_n = \frac{2}{\pi} \left(\frac{-\pi \cos(n\pi)}{n} \right) = 2 \left(\frac{(-1)^{n+1}}{n} \right)$

d) Geben Sie die ersten fünf Summanden der Fourierdarstellung von f an.