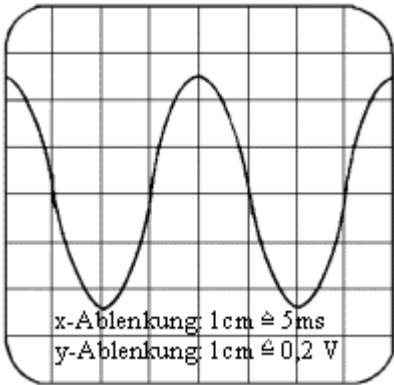
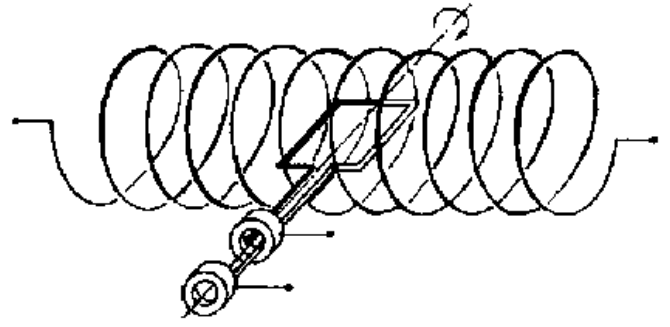


Aufgaben zur Induktion

WechselspannungDurchInduktion.doc

1. Aufgabe: Im Inneren einer langen Spule wird ein homogenes Magnetfeld erzeugt. In dieser Erregerspule ist eine quadratische, flache Induktionsspule mit der Seitenlänge $a = 4,0 \text{ cm}$ und der Windungszahl $N = 100$ drehbar gelagert.



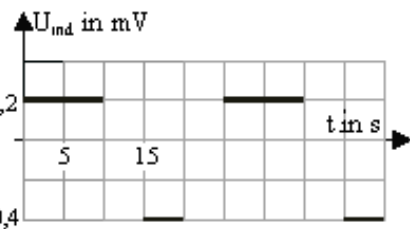
a) Das Magnetfeld der Erregerspule ist zeitlich konstant. Die Induktionsspule rotiert. Ein Oszilloskop, das an die Spule angeschlossen ist, zeigt den dargestellten Spannungsverlauf. Erklären Sie das Auftreten einer Induktionsspannung. Leiten Sie eine Beziehung zwischen dem Scheitelwert U_m der Induktionsspannung, der Rotationsfrequenz f und der magnetischen Flussdichte B des Erregerfeldes her. Entnehmen Sie der nebenstehenden Abbildung geeignete Werte und berechnen Sie damit die Flussdichte B .

b) Jetzt wird die Induktionsspule in der Stellung festgehalten, in der die magnetischen Feldlinien des Erregerfeldes auf der Ebene der Induktionsspule senkrecht stehen. Die Flussdichte $B(t)$ in der Erregerspule wird zeitlich geändert. Sie hat zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ s}$ den Wert $B(0 \text{ s}) = 0 \text{ T}$. Zwischen den Anschlüssen der Induktionsspule entsteht eine Spannung $U_{\text{ind}}(t)$ deren zeitlicher Verlauf nebenstehend dargestellt ist.

Zeichnen Sie ein t - B -Diagramm für $0 \text{ s} \leq t \leq 5 \text{ s}$ (t -Achse: $1 \text{ cm} \rightarrow 5 \text{ s}$; B -Achse: $2 \text{ cm} \rightarrow 0,01 \text{ T}$).

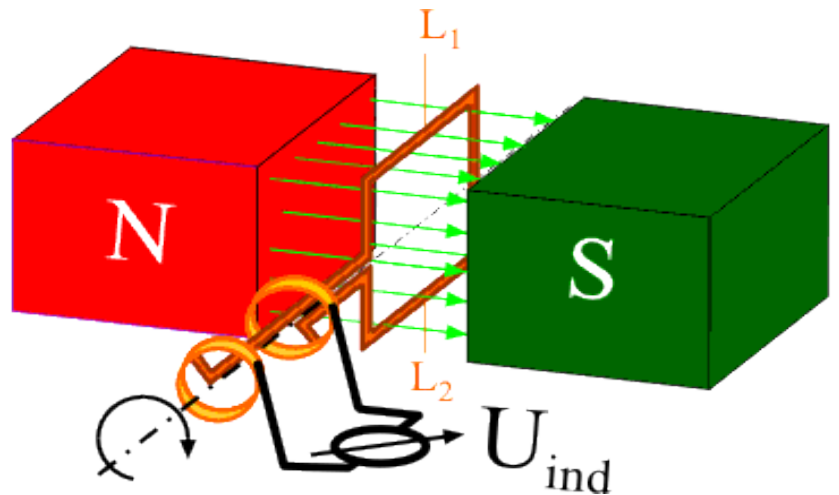
Nun wird die Induktionsspule gegenüber der ursprünglichen Stellung um 60° gedreht und in der neuen Stellung festgehalten. Die magnetische Flussdichte wird wie im vorherigen Versuch geändert. Wie ändert sich das t - U_{ind} -Diagramm?

Berechnen Sie den Effektivwert der im t - U_{ind} -Diagramm dargestellten Wechselspannung.



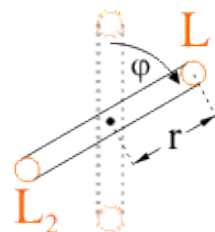
2. Aufgabe: Das Entstehen einer sinusförmigen Wechselspannung kann sowohl über die Änderung des magnetischen Flusses, als auch mit Hilfe der Lorentzkraft verstanden werden. Sie sollen in dieser Aufgabe beide Methoden zur Anwendung bringen.

I. Zeigen Sie mit Hilfe des Induktionsgesetzes in differentieller Form, dass bei der gleichförmigen Rotation (Drehfrequenz f) einer Spule (N Windungen; Fläche A_0) im homogenen Magnetfeld der Flussdichte B eine sinusförmige Wechselspannung entsteht. Zu Beginn der Betrachtung soll die Spule in der Lage wie sie in nebenstehender Skizze dargestellt ist sein.

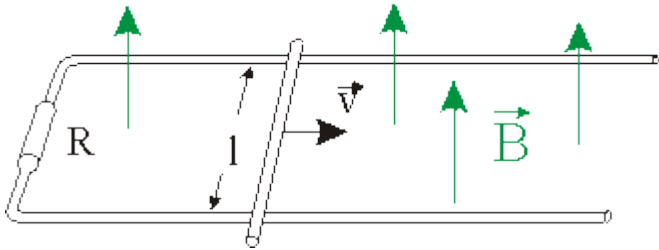


II. Nun sollen Sie mit Hilfe der Lorentzkraft den Nachweis einer sinusförmigen Wechselspannung erbringen. Um ihnen dies zu erleichtern wird die Problemlösung in mehrere Teilschritte zerlegt:

a) Zeichnen Sie für die Leiterstücke L_1 und L_2 der rechteckigen Spule den



- Vektor der Momentangeschwindigkeit ein. Die Leiterstücke stehen senkrecht zur Zeichenebene. Zerlegen Sie den Vektor der Momentangeschwindigkeit in Komponenten parallel und senkrecht zum Magnetfeld.
- b) Berechnen Sie den Betrag der Lorentzkraft auf eine positiven Ladungsträger in L_1 in Abhängigkeit von φ .
- c) Berechnen Sie die in L_1 induzierte Spannung $U_{\text{ind},1}$. Die Länge des Leiterstücks L_1 ist l .
- d) Wie groß ist die gesamte induzierte Spannung $U_{\text{ind,ges}}$ in der Leiterschleife?
- e) Zeigen Sie, dass die so berechnete Gesamtspannung den gleichen Wert wie die in Teilaufgabe 1. berechnete Spannung besitzt.



3.Aufgabe: Ein waagrecht angeordneter und auf der rechten Seite offener Drahtrahmen der Breite $l = 10\text{cm}$ wird von einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 0,90\text{ T}$ senkrecht durchsetzt (s. Abbildung). Ein Leiterstück liegt auf dem Drahtrahmen und wird durch eine äußere Kraft F mit der konstanten Geschwindigkeit $v = 25\text{ cm/s}$ nach rechts bewegt. Der Widerstand im

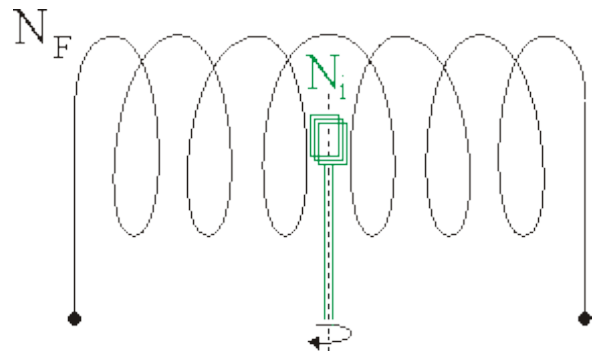
linken Teil des Drahtbügels besitzt den Wert $R = 0,50\Omega$, der Widerstand des restlichen Drahtbügels und des Leiterstücks sowie Kontaktwiderstände sind vernachlässigbar.

- a) Bestimmen Sie unter Verwendung des Induktionsgesetzes die Spannung U_i , die zwischen den beiden Auflagepunkten des Leiterstücks induziert wird, sowie die Stärke I des im geschlossenen Kreis fließenden Stroms.
- b) Berechnen Sie die Kraft F , mit der am Leiterstück gezogen werden muss. Reibungskräfte sollen unberücksichtigt bleiben.
- c) Bestimmen Sie die mechanische Arbeit W_m , die während der Zeitspanne $\Delta t = 10\text{s}$ verrichtet wird und die im Widerstand R umgesetzte elektrische Energie ΔW_{el} für diese Zeitspanne unter Verwendung der Ergebnisse der Teilaufgaben a) und b).
- Vergleichen Sie die beiden Werte und interpretieren Sie das Ergebnis.
- d) Zeigen Sie, dass für die magnetische Kraft F auf den Leiter gilt:

$$F = \frac{B^2 \cdot l^2 \cdot v}{R}$$

Der mit $v = 25\text{cm/s}$ bewegte Leiter wird nun losgelassen. Begründen Sie, warum die Geschwindigkeit des Leiters zeitlich nicht linear abnimmt und skizzieren Sie qualitativ das zugehörige t-v-Diagramm.

4.Aufgabe: Das homogene Magnetfeld im Inneren einer langen Feldspule (Windungszahl $N_F = 1200$; Länge $l = 30\text{cm}$) hat die Flussdichte $5,0\text{mT}$. Dort befindet sich eine drehbar gelagerte Induktionsspule (Windungszahl $N_i = 200$; Querschnittsfläche $A = 25\text{cm}^2$), 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 $U_{\text{eff}} = 25\text{mV}$ 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.