

5. Klausur Physik Leistungskurs

7.5.2008

Dauer: 90 min

1. Ein mit der Spannung U beschleunigtes Elektron durchläuft in einem homogenen Magnetfeld mit der Stärke B eine Kreisbahn mit dem Radius $r_e = 30$ cm. Welchen Radius r_{He} hat die von einem Heliumkern beschriebene Kreisbahn, wenn der Kern mit der gleichen Spannung wie das Elektron beschleunigt wird und sich im gleichen Magnetfeld bewegt? (Masse des Heliumkerns $m_{He} = 6,65 \cdot 10^{-27}$ kg). (8)

2.

a) Vergleichen Sie die Funktionsprinzipien von Generator und Transformator. (3)

b) In einem homogenen, magnetischen Feld der Flussdichte $1,5$ T werden Experimente mit einer quadratischen Leiterschleife der Kantenlänge 15 cm durchgeführt.

Experiment 1:

Die Leiterschleife ist offen und rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit 63 s^{-1} im Magnetfeld. Bestimmen Sie den Maximalwert der induzierten Wechselspannung. (6)	
--	--

Experiment 2:

Die untere Kante der offenen Leiterschleife ruht bei $s=0$. Zum Zeitpunkt 0 wird die Leiterschleife in das Magnetfeld fallen gelassen. Ist deren obere Kante bei $s=30$ cm angekommen, endet das Experiment.	
Nebenstehende Skizze zeigt das $U_{\text{ind}}(t)$ -Diagramm für den Vorgang. Begründen Sie den Verlauf des Graphen. (4) Berechnen Sie den Maximalwert der induzierten Spannung. (4)	

Experiment 3:

Die Leiterschleife ist geschlossen und wird wie im Experiment 2 fallen gelassen. Die Fallzeit vom Loslassen bis zum vollständigen Eintauchen ins Magnetfeld wird gemessen.

Vergleichen Sie diese qualitativ mit der entsprechenden Fallzeit von Experiment 2 und begründen Sie. (2)

3.

In einer Schreibtischlampe wird für die Halogenlampe die Netzspannung (230V) von einem Transformator auf 12 V transformiert.

a) Berechnen Sie die Windungszahl der Sekundärspule, damit der Trafo im Leerlauf die gewünschte Spannung abgibt. Die Primärspule hat 1000 Windungen. (2)

b) Wie verändert sich die Sekundärspannung, wenn die Lampe angeschlossen wird? (1)

c) Wie groß ist ungefähr die Stromstärke im Primärkreis bei einer 50 W-Lampe? (2)

d) In welchen Kreis würden Sie einen Schalter einbauen, um damit die Lampe ein- und auszuschalten. Begründen Sie Ihre Entscheidung. (2)

Lösungen

1.

geg.:	$r_e = 30 \text{ cm}$ $m_{\text{He}} = 6,65 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	ges.:	r_{He}
Lösungen:	<p>Die geladenen Teilchen werden durch die Lorentzkraft auf eine Kreisbahn gezwungen. Es gilt:</p> $F_r = F_L$ $\frac{m \cdot v^2}{r} = Q \cdot v \cdot B$ $r = \frac{m \cdot v^2}{Q \cdot v \cdot B}$ $r = \frac{m \cdot v}{Q \cdot B}$ <p>Der Radius ist von der Masse, der Geschwindigkeit und der Ladung der Teilchen abhängig. Es wird eine Aussage über die Geschwindigkeit der Teilchen gemacht, die die Beschleunigungsspannung U durchlaufen haben:</p> $Q \cdot U = \frac{m}{2} \cdot v^2$ $v^2 = \frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}$ <p>Das wird in die Radiusgleichung eingesetzt, die vorher noch schnell quadriert wird:</p> $r^2 = \frac{m^2 \cdot v^2}{Q^2 \cdot B^2}$ $r^2 = \frac{m^2 \cdot 2 \cdot Q \cdot U}{m \cdot Q^2 \cdot B^2}$ $r^2 = \frac{2 \cdot m \cdot U}{Q \cdot B^2}$ <p>Die Beschleunigungsspannung U und die magnetische Feldstärke B sind konstant. Damit gilt:</p> $r \sim \sqrt{\frac{m}{Q}}$ <p>Die Masse des Heliumkerns ist 7300 mal so groß wie die Masse eines Elektrons, die Ladung ist doppelt so groß. Damit ist der Quotient</p> $\frac{m}{Q} = 3650$ $\sqrt{\frac{m}{Q}} = 60,4$ <p>Der Radius der Kreisbahn, den die Heliumkerne durchfliegen ist also 60,4 mal größer als der Radius der Elektronenbahn und somit 18 m groß.</p>		
Antwort:	Die Heliumkerne fliegen auf einem Radius mit 18 m Radius.		

2. a)

Gemeinsamkeiten: Sowohl im Generator als auch im Transformator werden in einer Spule Spannungen induziert.

Unterschiede: Im Generator ändert sich die Fläche der Spule, die vom Magnetfeld durchsetzt wird, da sie die Spule in einem konstanten Magnetfeld dreht.

Beim Trafo wird durch die Primärspule ein veränderliches Magnetfeld erzeugt, das die Sekundärspule durchsetzt. Die durchsetzte Fläche bleibt beim Trafo konstant.

b) Experiment 1

geg.:	$B = 1,5 \text{ T}$ $\ell = 0,15 \text{ m}$ $\omega = 63 \text{ s}^{-1}$	ges.:	$U_{\text{ind,max}}$
Lösungen:	<p>Wenn die Leiterschleife durch das Magnetfeld rotiert, tragen nur die waagerechten Teile zu einer Induktionsspannung bei. Diese ist maximal, wenn sich die Leiter senkrecht zur Richtung des magnetischen Feldes bewegen. In der Zeichnung wäre das nach einer halben Drehung. Die Induktionsspannung in einer bewegten Leiterschleife senkrecht zum Magnetfeld berechnet sich nach:</p> $U_i = B \cdot \ell \cdot v$ <p>Da es zwei Leiterschleifen sind, ergibt sich:</p> $U_i = 2 \cdot B \cdot \ell \cdot v$ <p>Die Geschwindigkeit erhält man aus der bekannten Winkelgeschwindigkeit:</p> $v = \omega \cdot r$ <p>Der Radius r ist die Hälfte der Länge einer Seite der Schleife:</p> $r = \frac{\ell}{2}$ <p>Alles eingesetzt:</p> $U_i = \frac{2 \cdot B \cdot \ell \cdot \omega \ell}{2}$ $U_i = B \cdot \ell^2 \cdot \omega$ $U_i = 2,1 \text{ V}$		
Antwort:	Der Maximalwert der Wechselspannung beträgt 2,1 V.		

Experiment 2:

Begründung des Kurvenverlaufs: Taucht die Leiterschleife in das Magnetfeld ein, wird in ihr eine Spannung induziert. Da die Geschwindigkeit der Schleife immer größer wird, wird die je Zeit durchsetzte Fläche immer größer. Deshalb steigt die Spannung gleichmäßig an.

Taucht die Schleife vollständig im Magnetfeld ein, ändert sich nichts mehr und die induzierte Spannung fällt auf 0 ab.

Beim Verlassen des Magnetfeldes wird wieder eine Spannung, diesmal entgegengesetzter Polarität, erzeugt. Da die Spule jetzt noch schneller ist, wird der Betrag der Spannung auch größer als im ersten Fall sein. Der Maximalwert wird am Ende des Falls erreicht, weil die Schleife da die größte Geschwindigkeit hat. Die drei erkennbaren Zeitabschnitte werden immer kürzer, was ebenfalls mit der größer werdenden Geschwindigkeit zusammenhängt.

geg.:	$B = 1,5 \text{ T}$ $\ell = 0,15 \text{ m}$ $\omega = 63 \text{ s}^{-1}$	ges.:	$U_{\text{ind,max}}$
-------	--	-------	----------------------

Lösungen:	<p>Der Maximalwert der Spannung tritt auf, wenn der letzte Teil der Leiterschleife das Magnetfeld verlässt. Es wird dann nur noch in einem Leiter der Länge 15 cm eine Spannung induziert, es gilt also:</p> $U_i = B \cdot \ell \cdot v$ <p>Die Geschwindigkeit kann aus dem freien Fall berechnet werden. die Fallhöhe für diesen Teil der Schleife beträgt 45 cm.</p> $s = \frac{g}{2} \cdot t^2$ $s = \frac{g}{2} \cdot \frac{v^2}{g^2}$ $s = \frac{v^2}{2 \cdot g}$ $v = \sqrt{2 \cdot s \cdot g}$ <p>Und eingesetzt:</p> $U_i = B \cdot \ell \cdot \sqrt{2 \cdot s \cdot g}$ $U_i = 0,67 \text{ V}$
Antwort:	Der Maximalwert der Wechselspannung beträgt 0,67 V.

Experiment 3:

Da die Schleife nun geschlossen ist, erzeugt die induzierte Spannung einen Strom, der wiederum um die Schleife herum ein Magnetfeld aufbaut. Dieses Feld tritt in Wechselwirkung mit dem ursprünglichen Feld. Nach der Lenzschen Regel ist dieses so gerichtet, dass es dem Induktionsvorgang entgegenwirkt. Die Ursache der Induktion ist das Falle der Schleife, das damit abgebremst wird. Die geschlossene Leiterschleife benötigt mehr Zeit bis zum vollständigen Eintauchen in das Magnetfeld.

3.

a) Für den Leerlauf gilt die Gleichung:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

Damit lässt sich die Sekundärwindungszahl berechnen:

$$N_2 = \frac{U_2 \cdot N_1}{U_1}$$

$$N_2 = \frac{12 \text{ V} \cdot 1000}{230}$$

$$N_2 = 52$$

b) Wird die Lampe angeschlossen, sinkt die Sekundärspannung etwas ab, da die Gleichung nur für den Leerlauf gilt. Es müssen also etwas mehr Windungen auf die Sekundärspule gewickelt werden, um im realen Fall die Lampe mit 12 V zu versorgen.

c) Nach dem Energieerhaltungssatz ist die Leistung im Sekundärkreis genau so groß wie im Primärkreis. Im Primärkreis werden also auch 50 W umgesetzt.

$$P_1 = U_1 \cdot I_1$$

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1}$$

$$I_1 = \frac{50 \text{ W}}{230 \text{ V}}$$

$$I_1 = 0,2 \text{ A}$$

Da der Trafo einen Wirkungsgrad kleiner 1 besitzt, wird in ihm selbst noch Leistung umgesetzt. Das spürt man daran, dass er warm wird. Diese Erwärmung erfolgt zu Lasten des Primärstroms, der dadurch größer als

der berechnete ist.

- d)** Ein Schalter sollte immer in den Primärkreis eingeschaltet werden. Dadurch wird der Trafo vollständig vom Netz getrennt.
Ist der Schalter im Sekundärkreis, fließt nach dem Ausschalten der Lampe durch den Primärkreis ein kleiner Strom, der den Trafo erwärmt. Das ist Energieverschwendung.