

Übung 13 Elektromagnetische Induktion Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Generator, Wechselstrom

Lernziele

- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse erarbeiten können.
- einen experimentellen Ablauf mit eigenen Worten beschreiben können.
- durch das Studium eines Textes neue Sachverhalte erarbeiten können.
- das Phänomen der elektromagnetischen Induktion kennen.
- das Induktionsgesetz kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, was die Änderungsrate einer Grösse ist.
- die Lenz'sche Regel kennen und verstehen.
- das Induktionsgesetz und die Lenz'sche Regel in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- verstehen, wie ein Generator funktioniert.
- den Unterschied zwischen einem Energiestrom und einer Leistung kennen und verstehen.
- wissen, was Wechselspannung, Wechselstrom ist.
- verstehen, wie Wechselspannung erzeugt wird.
- wissen und verstehen, was man unter der Amplitude einer Wechselspannung, eines Wechselstromes versteht.
- wissen und verstehen, wie die effektive Spannung, die effektive Stromstärke definiert ist.

Aufgaben

In den Aufgaben 1 bis 6 führen Sie Experimente durch.

Skizzieren Sie jeweils den experimentellen Aufbau, und beschreiben Sie den Ablauf des Experimentes und die Beobachtungen in einigen Sätzen.

1. **Experiment Posten 1: Spule und Stabmagnet, Spule und Elektromagnet**

a) *Spule und Stabmagnet*

- Tauchen Sie den Stabmagneten in die ruhende Spule ein, und ziehen Sie ihn wieder heraus.
- Beobachten und beschreiben Sie dabei die Richtung und die Stärke des am Ampèremeter angezeigten elektrischen Ladungsstromes durch die Spule.
 - Beurteilen Sie, wovon die Richtung und die Stärke des Stromes abhängt.
 - Versuchen Sie, Ihre Beobachtungen zu erklären.

Wiederholen Sie das Experiment, indem Sie die Spule gegen den ruhenden Stabmagneten bewegen.

b) *Spule und Elektromagnet*

- Schalten Sie den elektrischen Ladungsstrom durch den Elektromagneten (Spule mit Weicheisenkern) ein und aus bzw. variieren Sie ihn am Drehknopf des Netzgerätes schneller oder langsamer.
- Beobachten und beschreiben Sie dabei die Richtung und die Stärke des am Ampèremeter angezeigten elektrischen Ladungsstromes durch die Spule.
 - Beurteilen Sie, wovon die Richtung und die Stärke des Stromes abhängt.
 - Versuchen Sie, Ihre Beobachtungen zu erklären.

2. **Experiment Posten 2: Spule mit Weicheisenkern und Stabmagnet**

Nähern Sie den Stabmagneten einem Ende des Weicheisenkerns an.

- Beobachten und beschreiben Sie dabei die Richtung und die Stärke des am Ampèremeter angezeigten elektrischen Ladungsstromes durch die Spule.
- Beurteilen Sie, wovon die Richtung und die Stärke des induzierten Stromes abhängt.
- Versuchen Sie, Ihre Beobachtungen zu erklären.

3. Experiment Posten 3: 2 Spulen

Eine Spule befindet sich im Innern einer anderen Spule. Die äussere Spule ist mit einer Stromquelle verbunden. Die innere Spule ist über einen Messverstärker mit einem Voltmeter verbunden, mit welchem die Spannung über den Enden gemessen werden kann.

Schalten Sie den elektrischen Ladungsstrom durch die äussere Spule ein und aus bzw. variieren sie ihn am Drehknopf des Netzgerätes schneller oder langsamer.

- Beobachten und beschreiben Sie die Richtung und die Stärke der Spannung über den Enden der inneren Spule.
- Beurteilen Sie, wovon die Richtung und die Stärke der Spannung abhängt.
- Versuchen Sie, ihre Beobachtung zu erklären.

4. Experiment Posten 4: Induktionsgerät

Das Induktionsgerät besteht aus einem fixen Teil, in welchem sich ein homogenes magnetisches Feld befindet, und einen horizontal beweglichen Schlitten mit darauf montierten Leiterschleifen.

Das magnetische Feld wird durch zylinderförmige Permanentmagnete verursacht. Durch Entfernen und/oder Hinzufügen von Magneten kann die Stärke des magnetischen Feldes variiert werden.

Je nach Position der Steckverbindung ist die eine oder andere Leiterschleife über einen Messverstärker mit einem Voltmeter verbunden, mit welchem die Spannung über den Enden der Leiterschleife gemessen werden kann.

Schieben Sie die Leiterschleife mit konstanter Geschwindigkeit aus dem Bereich des homogenen magnetischen Feldes heraus bzw. in ihn hinein.

- Beobachten und beschreiben Sie die Richtung und die Stärke der Spannung über den Enden der Leiterschleife.
- Beurteilen Sie, wie die Richtung und die Stärke der Spannung von der Bewegungsrichtung der Leiterschleife, der Schubgeschwindigkeit, von der Art der Leiterschleife und von der Stärke des magnetischen Feldes abhängt.
- Versuchen Sie, ihre Beobachtung zu erklären.

5. Experiment Posten 5: Lenz'sche Regel

Ein Aluminiumring liegt um einen Eisenkern, welcher durch eine Spule geht. Die Spule ist mit einer Stromquelle verbunden.

Schalten Sie den elektrischen Ladungsstrom durch die Spule ein und aus.

- Beobachten und beschreiben Sie, was beim Ein- und Ausschalten des Stromes geschieht.
- Variieren Sie die Richtung und die Stärke des Stromes.
- Versuchen Sie, eine Regel für die Bewegungsrichtung des Aluminiumringes aufzustellen.

6. Experiment Posten 6: Generator

Studieren Sie die Funktionsweise eines Generators ...

- a) ... mit Hilfe des Java-Applets "Generator".

Sie finden das Applet im Internet unter
<http://telecom.tlab.ch/~borer> Physik Unterlagen (...)

Eine Leiterschleife, die sich in einem Magnetfeld befindet, wird mit konstanter Winkelgeschwindigkeit gedreht. An den Enden der Schleife misst man eine induzierte elektrische Spannung.

- Überlegen Sie sich mit Hilfe der Simulation, wie der Generator funktioniert.
- Überlegen Sie sich mit Hilfe der Simulation, wie der Verlauf der induzierten Spannung von der Drehgeschwindigkeit der Leiterschleife abhängt.
- Betrachten Sie die beiden Betriebsarten "mit Kommutator" und "ohne Kommutator".

- b) ... anhand eines echten Generator-Modells.
- Im Praktikumszimmer L26 ist ein Modell eines Generators aufgebaut. Statt einer einzelnen Leiterschleife hat man eine ganze Rotorspule. Das magnetische Feld wird durch zwei stromdurchflossene Spulen erzeugt. Die Rotorspule wird von Hand mit einer Kurbel gedreht. Der zeitliche Verlauf der an den Enden der Rotorspule induzierten Spannung wird auf einem Kathodenstrahl-Oszilloskop (KO) betrachtet.
- Bestimmen Sie die Abhängigkeit der Frequenz und der Amplitude der induzierten Wechselspannung ...
- ... von der Drehfrequenz der Rotorspule.
 - ... von der Stromstärke der durch die felderzeugenden Spulen fließenden elektrischen Ladung.
7. Studieren Sie im Buch KPK 1 die folgenden Abschnitte:
- 3.1 Die Induktion (Seiten 61 bis 64)
 - 3.2 Der Generator (Seiten 64 bis 66)
 - 3.3 Wechselspannung und Wechselstrom (Seiten 66 und 67)
- Hinweis zu 3.3:
- Bearbeiten Sie bei der entsprechenden Textstelle die Aufgabe 8 dieser Übung 13.
8. Im Abschnitt 3.3 des Buches KPK 1 (vgl. Aufgabe 7) ist von einem Energiestrom die Rede, welcher mit dem Formelzeichen P geschrieben wird.
- Tatsächlich muss man im Allgemeinen zwischen einem Energiestrom bzw. einer Energiestromstärke I_W und einer Prozessleistung P unterscheiden.
- Erklären Sie, ...
- a) ... worin der Unterschied zwischen I_W und P besteht.
 - b) ... unter welchen Umständen I_W und P den gleichen Wert haben.
9. (Metzler: 249/1)
- In einem homogenen magnetischen Feld der Flussdichte 0.20 T befindet sich senkrecht zu den Feldlinien eine kreisförmige Leiterschleife mit dem Radius 4.5 cm und einem elektrischen Widerstand von $0.32\ \Omega$. Die magnetische Flussdichte nimmt linear in 3 ms auf null ab.
- Bestimmen Sie die Stromstärke der elektrischen Ladung, die während dieses Vorgangs durch die Schleife fließt.
10. (Metzler: 251/2)
- Die 6.0 m langen Rotorblätter eines Hubschraubers drehen sich horizontal mit 9 Umdrehungen je Sekunde an einem Ort, an dem die senkrecht nach unten gerichtete Komponente der Flussdichte des magnetischen Erdfeldes $58\ \mu\text{T}$ beträgt.
- Bestimmen Sie die Spannung, die zwischen der Drehachse und den Flügelspitzen induziert wird.
11. (Metzler: 251/5)
- An einem Pendel schwingt eine senkrecht zu den Feldlinien gerichtete Aluminiumscheibe durch ein räumlich begrenztes magnetisches Feld.
- Beschreiben Sie den Vorgang ...
- a) ... mit Hilfe der Lenz'schen Regel.
- Hinweis:
In der Scheibe werden kreisförmige, sogenannte Wirbelströme induziert.

b) ... mit der Lorentz-Kraft.

12. (Metzler: 261/3)

Im homogenen magnetischen Feld eines Magneten dreht sich eine Spule.

Bestimmen Sie die Amplitude der über den Enden der Spule induzierten Spannung.

Bekannt seien die folgenden Größen:

- Kreisfrequenz ω , mit welcher sich die Spule dreht
- Windungszahl n , Querschnittsfläche A , Länge l und elektrischer Widerstand R der Spule
- Flussdichte B des magnetischen Feldes

13. (Metzler: 253/4)

Ein starker, mit Gleichstrom betriebener Elektromagnet wird abgeschaltet.

Was könnte passieren?

Lösungen

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. a) ...
b) ...
7. ...

Lösungen zu den Aufgaben siehe kopiertes Blatt

8. a) I_W beschreibt, wie viel Energie an einem Ort pro Zeiteinheit **transportiert** wird.
P beschreibt, wie viel Energie in einem Prozess pro Zeiteinheit **freigesetzt** bzw. **gebunden** wird.
b) Allgemein gilt (ϕ = Potential, I_X = Stromstärke des Energieträgerstromes):
$$I_W = \dot{\phi} \cdot I_X$$
$$P = \dot{\phi} \cdot I_X$$
$$I_W = P \text{ falls } \dot{\phi} = 1$$

9.
$$U_{\text{ind}} = n \cdot \dot{\phi}$$
$$= A \cdot \dot{B}$$
$$A = r^2$$
$$R = \frac{U_{\text{ind}}}{I_{\text{Qind}}}$$

$$I_{\text{Qind}} = \frac{n \cdot r^2 \cdot \dot{B}}{R} = 1.3 \text{ A}$$

10.
$$U_{\text{ind}} = n \cdot \dot{\phi}$$
$$= A \cdot \dot{B}$$
$$A = r^2$$
$$f = \frac{1}{T}$$

$$U_{\text{ind}} = n \cdot r^2 \cdot \dot{B} = 5.9 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

11. ...

12. $U_{\text{ind}} = n \cdot B \cdot \dot{A}$

13. Durch die hohe Induktionsspannung kann es zum Funkenüberschlag kommen.