

AUFGABEN

- Überlagerung von magnetischen Wechselfeldern gleicher und unterschiedlicher Frequenz und Beobachtung der Verschiebung des Bildpunktes der Röhre.
- Erzeugung von geschlossenen Lissajous-Figuren.
- Überprüfung der Netzfrequenz.

ZIEL

Nachweis der ungestörten Überlagerung von Magnetfeldern im Vakuum

ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe einer Braun'schen Röhre lässt sich die ungestörte Überlagerung von Magnetfeldern im Vakuum nachweisen. Dazu beobachtet man die Verschiebungen des Bildpunktes auf dem Leuchtschirm der Röhre. Die Untersuchungen lassen sich auf alternierende Magnetfelder mit gleichen und unterschiedlichen Frequenzen ausdehnen. Die auf dem Leuchtschirm zu beobachtenden Lissajous-Figuren hängen stark vom Frequenzverhältnis der beiden Magnetfelder und von deren Phasenlage ab.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Lehroszilloskop	1000902
1	DC-Netzgerät 0 – 500 V (230 V, 50/60 Hz)	1003308 oder
	DC-Netzgerät 0 – 500 V (115 V, 50/60 Hz)	1003307
1	Funktionsgenerator FG 100 (230 V, 50/60 Hz)	1009957 oder
	Funktionsgenerator FG 100 (115 V, 50/60 Hz)	1009956
1	AC/DC-Netzgerät 0...12 V, 3 A, stab. (230 V, 50/60 Hz)	1001007 oder
	AC/DC-Netzgerät 0...12 V, 3 A, stab. (115 V, 50/60 Hz)	1001006
1	Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel 75 cm	1002843

2

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Mit Hilfe einer Braun'schen Röhre lässt sich das Superpositionsprinzip für Magnetfelder im Vakuum demonstrieren, in dem man die Ablenkung des Elektronenstrahls der Röhre im Magnetfeld untersucht. Die Untersuchung kann insbesondere auch für magnetische Wechselfelder durchgeführt werden, da der Elektronenstrahl den Magnetfelderänderungen nahezu träge folgt.

Im Experiment werden zwei baugleiche stromdurchflossene Spulen außerhalb der Braun'schen Röhre angebracht und die Ablenkung des Elektronenstrahls in den Magnetfeldern der Spulen auf dem Leuchtschirm der Röhre als Verschiebungen des Bildpunktes beobachtet. Während das Magnetfeld der horizontalen Spule eine vertikale Verschiebung bewirkt, ruft die vertikale Spule eine horizontale Verschiebung hervor.

Durch ein mit Netzfrequenz alternierendes Magnetfeld in einer der Spulen wird der Bildpunkt zu einem vertikalen oder einem horizontalen Strich auseinander gezogen. Schließt man beide Spulen parallel an die Wechselstromquelle, so erscheint ein gerader Strich unter 45°, bei antiparallelem Anschluss der Spulen unter -45° zur Vertikalen, da die Verschiebungen des Bildpunktes durch die beiden Magnetfelder überlagert werden.

Die Untersuchungen lassen sich auch auf alternierende Magnetfelder mit unterschiedlichen Frequenzen ausdehnen. Die nun auf dem Leuchtschirm zu beobachtenden Lissajous-Figuren hängen stark vom Frequenzverhältnis der beiden Magnetfelder und von deren Phasenlage ab. Wenn die Frequenzen in einem einfachen rationalen Verhältnis zueinander stehen, werden geschlossene Figuren erzeugt. Deren genaue Form hängt noch von der Phasendifferenz zwischen den Magnetfeldern ab, wie in Abbildung 1 für Lissajous-Figuren mit dem Frequenzverhältnis 5:1 dargestellt ist.

Weicht das Frequenzverhältnis nur geringfügig von einem einfachen rationalen Verhältnis ab, entsteht eine geschlossene Figur, die sich umso langsamer ändert, je kleiner die Abweichung vom rationalen Verhältnis ist. Dies wird im Experiment zur Überprüfung der Netzfrequenz ausgenutzt. Dazu wird eine Spule an einen mit Netzfrequenz arbeitenden Transformator und die zweite Spule an einen Funktionsgenerator angeschlossen, dessen Signalfrequenz mit hoher Genauigkeit abgelesen werden kann.

AUSWERTUNG

Passend zur Netzfrequenz ν wird diejenige Generatorfrequenz ν_5 gesucht, bei der sich die dem Frequenzverhältnis 5:1 zuzuordnende Lissajous-Figur am langsamsten ändert.

Die Netzfrequenz ν zum Beobachtungszeitpunkt berechnet sich dann wie folgt.

$$\nu = \frac{\nu_5}{5}$$

Diese Bestimmung erfolgt mit einer Genauigkeit von 0,01 Hz, da ν_5 mit einer Genauigkeit von 0,05 Hz eingestellt werden kann.

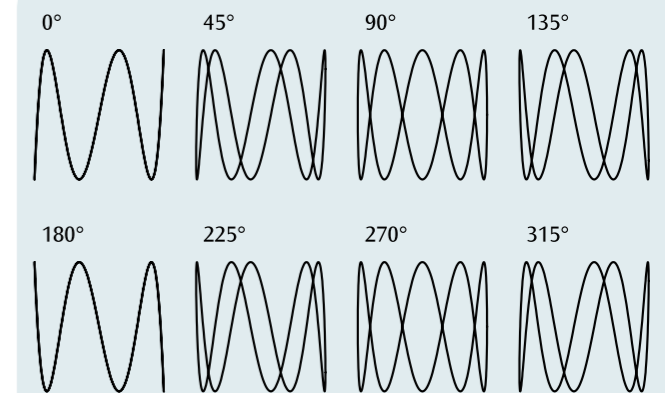


Abb. 1: Lissajous-Figuren zum Frequenzverhältnis 5:1 mit den Phasendifferenzen 0°, 45°, 90°, ...