

Lenzsche Regel und Selbstinduktion

Der thomsonsche Ringversuch

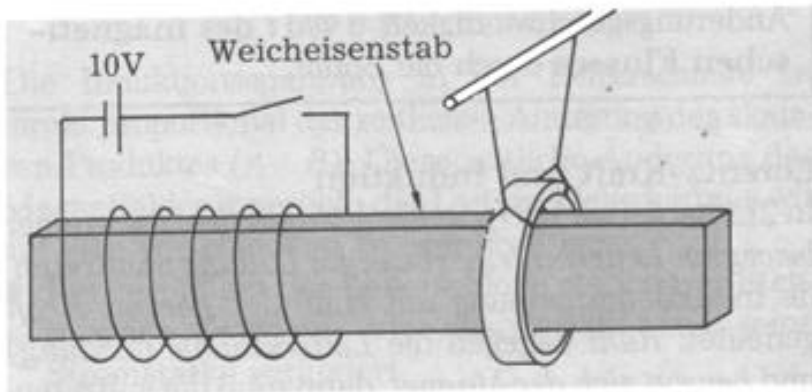


Abb. 264.2 Thomsonscher Ringversuch

Beobachtungsergebnis:

Beim Einschalten der Wechselspannung entfernt sich der geschlossene Aluminiumring von der Spule und der unterbrochene Ring verbleibt in seiner Ausgangslage.

Begründung:

Der geschlossene Aluminiumring stellt eine geschlossene Leiterschleife dar. Durch das Anlegen einer Wechselspannung baut sich in der Spule ein zeitlich veränderliches Magnetfeld auf, welches durch den Eisenkern noch verstärkt wird. Nach dem Induktionsgesetz wird in dem geschlossenen Ring eine Spannung induziert, somit fließt ein Induktionsstrom.

Dieser Induktionsstrom baut bezüglich des Aluminiumrings ein magnetisches Feld auf. Die Richtung des Magnetfeldes muss dem Magnetfeld der Spule entgegengesetzt sein, da es zu einer kräftemäßigen Abstoßung kommt, welche zwischen zwei gleichnamigen Polen vorhanden ist.

Wenn die Richtung der Magnetfelder entgegengesetzt ist, dann muss auch der Induktionsstrom eine entgegengesetzte Richtung gegenüber dem Erregerstrom haben.

Diese Naturerscheinung wurde durch LENZ entdeckt und formuliert:

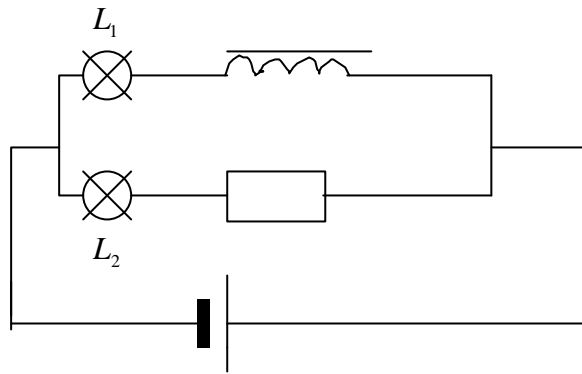
„Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass er seiner Ursache entgegenwirkt“.

Der lenzsche Regel wird im Induktionsgesetz mit einem Minuszeichen Rechnung getragen.

Somit lautet das Induktionsgesetz:
$$U_{ind} = -n \cdot \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| .$$

Selbstinduktion

Ausgangspunkt ist folgendes Experiment:



Beobachtungsergebnis:

Beim Einschalten leuchtet die Lampe L_2 eher, als die Lampe L_1 .

Begründung:

Im **Einschaltvorgang** steigt die Stromstärke bis auf einen Maximalwert allmählich an. Somit leuchtet die Lampe L_2 . In der Spule entsteht durch den allmählichen Anstieg der Stromstärke ein veränderliches Magnetfeld. Nach dem Induktionsgesetz wird somit in der Spule eine Spannung induziert und es fließt ein Induktionsstrom, der nach der lenzschen Regel seiner Ursache entgegengläßt und somit den allmählichen Anstieg der Erregerstromstärke behindert bzw. zeitlich verzögert. Demzufolge leuchtet die Lampe L_1 erst später auf.

Beim **Ausschaltvorgang** bricht die Stromstärke zusammen, es fließt ein Induktionsstrom der mit dem Erregerstrom die gleiche Richtung hat und somit das Abfallen des Erregerstromes behindert. Die Lampe L_1 erlischt zeitlich später.

Da dieser Vorgang in ein und der selben Spule geschieht, spricht man auch von einer **Selbstinduktion**.

Zur mathematischen Beschreibung der Selbstinduktion

Wir betrachten eine lange Spule mit n Windungen und dem Spulenquerschnitt A .

In der Spule befindet sich ein Weicheisenkern mit der Permeabilität μ .

Fließt durch diese Spule der Strom I , so tritt in ihrem Innern ein homogenes Magnetfeld der Stärke B auf:

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot \frac{n \cdot I}{l}.$$

Folglich beträgt der magnetische Fluss Φ durch die Spule:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = \mu_0 \cdot \mu \cdot \frac{n \cdot I}{l} \cdot A.$$

Verändern wir den Spulenstrom I , so ändert sich der magnetische Fluss Φ durch die Spule. Diese Änderung bewirkt eine Induktionsspannung, die wir mit Hilfe des Induktionsgesetzes

$$U_{ind} = -n \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -n \mu_0 \mu \cdot \frac{n \cdot A}{l} \cdot \frac{dI}{dt}$$

berechnen können: (Feldspule und Induktionsspule sind identisch!).

Daraus ergibt sich:
$$U_{ind} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

Der Faktor vor $\frac{dI}{dt}$ enthält die magnetische Feldkonstante μ_0 und konstante Größen, die eine spezielle Spule mit Weicheisenkern beschreiben. Man nennt diesen Faktor die **Induktivität** L der Spule:

$$L = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{n^2 \cdot A}{l} .$$

Die Einheit der Induktivität, die sich aus dieser Definitionsgleichung ergibt, wird mit 1 Henry (1H) bezeichnet:

$$[L] = 1 \frac{Vs m^2}{A m m} = 1 \frac{Vs}{A} = 1H .$$

Somit ergibt sich eine weitere Möglichkeit der Formulierung des Induktionsgesetzes:

$$U_{ind} = -L \frac{dI}{dt} \text{ bzw. } U_{ind} = -L \cdot \dot{I} \text{ mit } L = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{n^2 \cdot A}{l} .$$