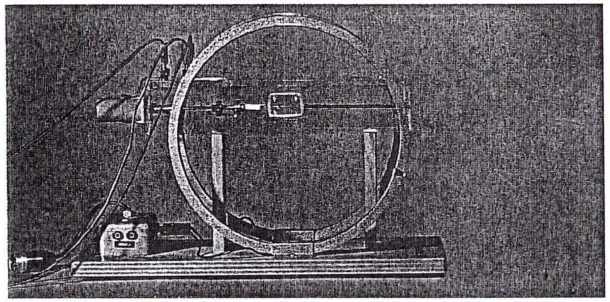
Erzeugung sinusförmiger Wechselspannung;

Sinusförmige Wechselspannung

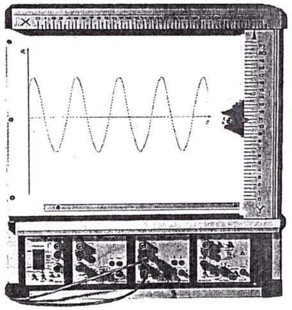
Erzeugung mit einer rotierenden flachen Spule

Versuch (B1): Wir drehen eine flache Spule im Magnetfeld eines Helmholtzspulenpaares mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um eine Achse, die senkrecht zu den Feldlinien steht. An den beiden Schleifringen greifen wir die induzierte Spannung ab und lassen sie von einem t-y-Schreiber aufzeichnen (B2). Jeweils nach einer halben Drehung der Spule wechselt die Spannung ihre Polung; wir erhalten eine sinusförmige Wechselspannung.

B1
Flache Spule rotiert im homogenen Magnetfeld



B2
Sinusförmige Wechselspannung

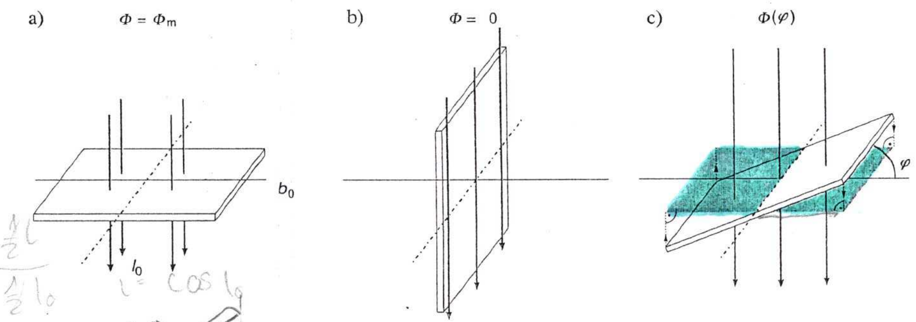


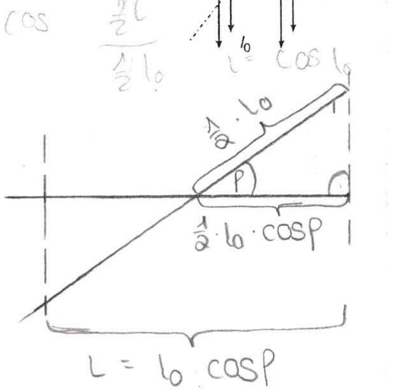
Deduktive Herleitung

Die flache Spule haben wir mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω im homogenen Magnetfeld der Flussdichte B um eine Achse gedreht, die senkrecht zu den Feldlinien steht. Der magnetische Fluss Φ durch die Spule ändert sich periodisch; er erreicht sein Maximum Φ_m, wenn die Spulenebene zu den Feldlinien senkrecht steht (B3a); er ist gleich null, wenn die Spulenebene zu den Feldlinien parallel ist (B3b). In B3c schließt die Spulenebene den Winkel φ mit der Ebene senkrecht zu den Feldlinien ein.

B3
Magnetischer Fluss durch die flache Spule

Die blauen Pfeile markieren die magnetischen Feldlinien.





Projiziert man die Querschnittsfläche der flachen Spule auf eine Ebene senkrecht zu den Feldlinien, dann ist diese projizierte Fläche A die zur Berechnung des magnetischen Flusses Φ wirksame Fläche:

$$\Phi = B\,A$$

Ist die Querschnittsfläche ein Rechteck, dessen Breite b_0 parallel zur Achse liegt, dann wird bei der Projektion nur die Länge l_0 des Rechtecks verkürzt:

$$l = l_0 \cos\varphi$$

Damit ist die projizierte Querschnittsfläche A:

$$A = l_0\, b_0 \cos\varphi$$

$$A = A_0 \cos\varphi$$

Für beliebige Querschnittsflächen findet man das gleiche Ergebnis, da man die Flächen immer durch Rechtecke annähern kann.

Für den magnetischen Fluss ergibt sich dann:

$$\Phi(\varphi) = B\,A_0 \cos\varphi$$ maximale Fläche

$$\Phi(\varphi) = \Phi_m \cos\varphi$$

Φ_m ist der maximale magnetische Fluss durch die Spule, der z.B. für $\varphi = 0$ erreicht wird.
Wird die Spule mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit ω gedreht, so ist $\varphi = \omega\, t$.
Für den magnetischen Fluss als Funktion der Zeit folgt:

$$\boxed{\Phi(t) = \Phi_m \cos\omega t}$$

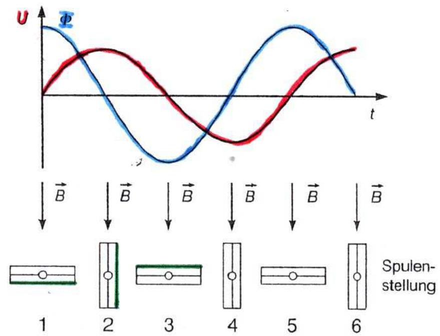
Wenden wir das Induktionsgesetz $U(t) = -N_i\,\dot{\Phi}$ an, so erhalten wir die Spannung U an den Enden der Spule als Funktion der Zeit:

$$U(t) = N_i\,\Phi_m\,\omega \sin\omega t$$

$$\boxed{U(t) = U_m \sin\omega t}$$ **Sinusförmige Wechselspannung**

Den Maximalwert $U_m = N_i\,\Phi_m\,\omega$ bezeichnet man als *Scheitelspannung*; er wird jeweils erreicht, wenn $\sin\omega t = 1$ ist.

B4 stellt den magnetischen Fluss $\Phi(t)$ und die Wechselspannung $U(t)$ grafisch dar. Außerdem sind die Spulenstellungen im zeitlichen Abstand von $T/4$ und die Richtung der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ angegeben.



B4
Magnetischer Fluss $\Phi(t)$ und sinusförmige Wechselspannung $U(t)$

Der Grafik entnehmen wir:

Bei den Spulenstellungen 1, 3 und 5 ist:

$|\Phi|$ maximal; $\dot{\Phi}$ und U gleich null

Bei den Spulenstellungen 2, 4 und 6 ist:

$\Phi = 0$; $|\dot{\Phi}|$ und $|U|$ maximal

$v = \frac{s}{t}$ analog $\omega = \frac{\varphi}{t}$

$\rightarrow \varphi = \omega \cdot t$

R-Aufgabe

Bestimmen Sie $\dot{\Phi}$.

$\Phi(t) = \Phi \cdot \cos(\omega t)$

$\dot{\Phi}(t) = \Phi \cdot (-\sin(\omega t) \cdot \omega)$

$U_{ind} = -N_{ind} \cdot \dot{\Phi} =$

$= -N_{ind} \cdot \Phi_m \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$

$= U_m \cdot \sin(\omega t)$

R-Aufgabe

Durch welche Maßnahmen kann die Scheitelspannung erhöht werden?

R-Aufgabe

Formulieren Sie den Zusammenhang von $\dot{\Phi}$ und U in Worten.