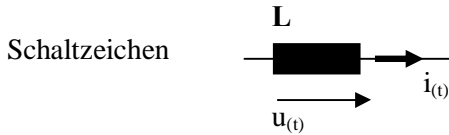


Induktivität (inductance, inductivity, inductive reactance)

definiert als Proportionalitätsfaktor zwischen verkettetem Fluß $\psi = N \cdot \phi$ und Strom i : $N \cdot \phi = L \cdot i$



Einheit Henry 1 H = 1Vs/A

Ursache:



Wirkung:

bewegte Ladung, Stromfluß

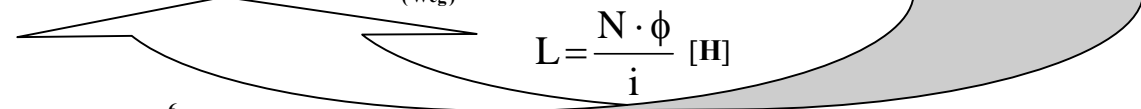
magnetisches Feld, Kraftwirkung, Spannungsinduktion

i, I Durchflutung Θ magnetische Feldstärke H

magnetische Flußdichte B magnetischer Fluß ϕ
 (früher magnetische Induktion)

Beschreibungsgrößen, Berechnung:

$\Theta = N \cdot I \text{ Einheit [A]} \rightarrow \Theta = \oint_{(\text{Weg})} \vec{H} \cdot d\vec{s} \text{ [A/m]} \rightarrow \vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H} \text{ [T]} \rightarrow \phi = \int_{(\text{Querschnitt})} \vec{B} \cdot d\vec{A} \text{ [Wb]}$



$\mu_0 = 0,4 \cdot \pi \cdot 10^{-6} \text{ [H/m]}$

μ_r relative Permeabilität (ferromagnetisch: $\mu_r \gg 1$)

Tesla: 1T = 1Vs/m², Weber: 1Wb = 1 Vs

(Vergleich Berechnung magnetischer Felder)

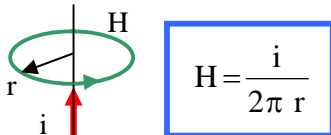
$H \sim i$; $B \sim \int u \cdot dt$

Induktionsgesetz $u = N \cdot \frac{d\phi}{dt}$

Energie $W = \frac{1}{2} \cdot Li^2$, $W \sim \left(\int u \cdot dt \right)^2$

Lorentzkraft $\vec{F} = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B})$

: $\vec{F} = Q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$



magnetisches Feld eines Leiters
 (rechte Handregel)

magnetischer Kreis

berechnen, ermitteln aus der Vorgabe B oder ϕ

H aus der Magnetisierungskennlinie bzw. im Luftspalt $H = B/\mu_0$

(V = magnetischer Spannungsabfall)

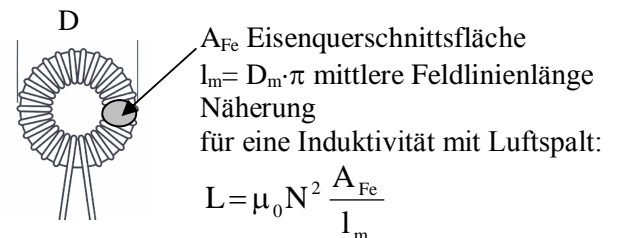
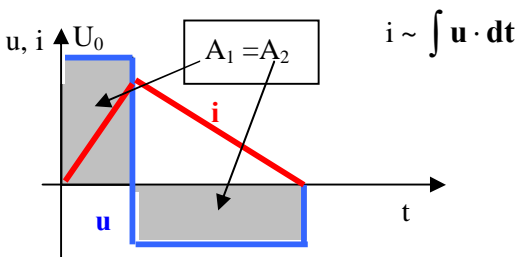
$V = H \cdot l$ (l = Wegabschnitte mit H = konst) $\Theta = \sum V$

elektrisches Verhalten $u, i = f(t)$ $u = L \cdot \frac{di}{dt}$

technische Induktivität

$L = A_L N^2$ A_L = bezogener Induktivitätswert
 in nH nach Datenblattangabe des Kerns (core)

Liniendiagramm (bei Vorgabe von $+U_0$ und $-di/dt$)



Anwendung von Induktivitäten: Begrenzung des Stromanstiegs (di/dt)

- | Glättung der Stromwelligkeit
- |
| Energiespeicherung

Verlust- und Frequenzverhalten der technischen Induktivität

Ersatzschaltbilder



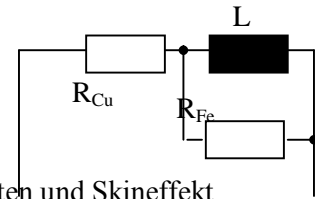
L = ideale Induktivität; R = Verlustwiderstand; C = parasitäre Kapazität

R beschreibt:

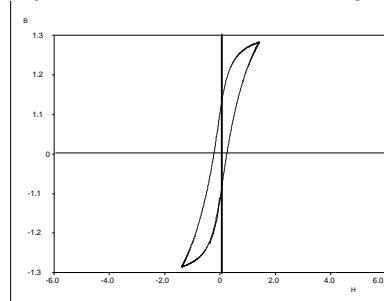
- Kupferverlust (Wicklungsverlust) (R_{Cu}) $P_{Cu} = I^2 \cdot R_{Cu}$
- Eisenverlust als Ummagnetisierungsverlust und Wirbelstromverlust (R_{Fe})

Reduktion der Kupferverluste:

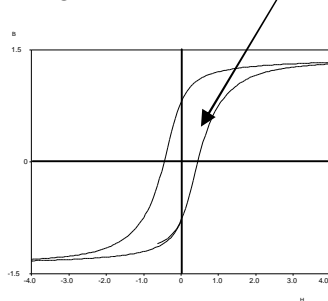
- größerer Querschnitt
- Verwendung von Kupferlitze zur Reduktion von Stromverdrängungseffekten und Skineneffekt



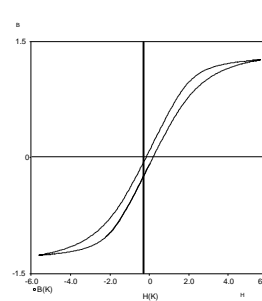
Hystereseschleife: Ummagnetisierungsverlust ~ Schleifenfläche



weichmagnetisch



hartmagnetisch



weichmagnetisch mit Luftspalt (Scherung)

Wirbelstromverlust ~ induzierte Spannung im Eisen:

$$P_{FeW} = \frac{U_i^2}{R_{Fe}}$$

Reduktion durch Erhöhung des ohmschen Eisenwiderstandes

- Isolierte Bleche schichten
- Ferrit verwenden

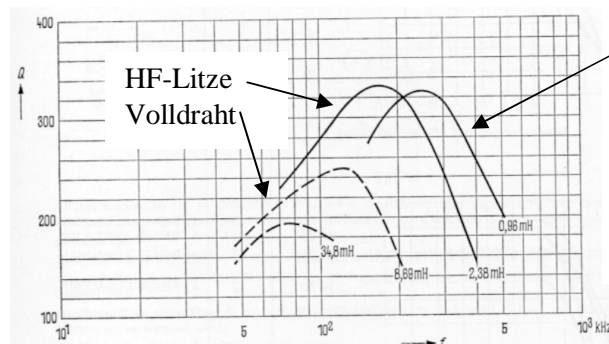
Verlustbeschreibung, abhängig vom Kernmaterial, Leiterquerschnitt und Art des Leiters (HF-Litze)

Spulengüte Q

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

vgl. Verlustfaktor $\tan \delta$

$$Q = \frac{1}{\tan \delta}$$



Richtwerte der Güte Q für Material N 28 ($A_L = 100$ nH)

Temperatureinfluß

$$L_w = L_k \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad \alpha \text{ Temperaturkoeffizient Material}$$

Oberhalb der Curie-Temperatur wird ferromagnetisches Material paramagnetisch, d.h. $\mu_r \rightarrow 1$

Resonanzverhalten

Aus $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ Resonanzfrequenz $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$