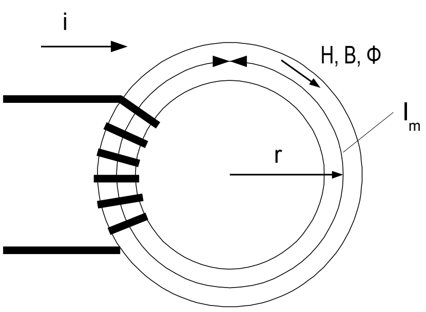
Hochschule Esslingen University of Applied Sciences	**Fakultät ME** **Labor Elektrotechnik**	
Labor: **Werkstoffprüfung**	**Versuch WK-1:** **Magnetische Eigenschaften**	
Versuchs-Datum:	Semester:	Gruppe:
Protokoll: Bericht:	Testat: Datum:	

Kenngrößen weichmagnetischer Werkstoffe und Ferrite bei Wechselfeldmagnetisierung

1 Grundlagen

In einem geschlossenen magnetischen Kreis (z.B. in einem Ringkern) ist der Augenblickswert der mittleren magnetischen Feldstärke

$$H_{(t)} = \frac{\Theta_{(t)}}{l_m} = \frac{N_1}{l_m} \cdot i_{(t)}$$



Nicht-ferromagnetischer Kreis
In einem nicht-ferromagnetischen Kreis wäre die magnetische Flußdichte (Induktion) bzw. der magnetische Fluß proportional zum Magnetisierungsstrom i:

$$B_{(t)} = \mu_0 \cdot H_{(t)} = \mu_0 \cdot \frac{N_1}{l_m} \cdot i_{(t)} \quad \text{bzw.} \quad \Phi_{(t)} = A \cdot B_{(t)}$$

Ferromagnetischer Kreis
Im ferromagnetischen Kreis besteht jedoch ein komplizierter Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf der Feldstärke H(t) und der Flußdichte B(t).

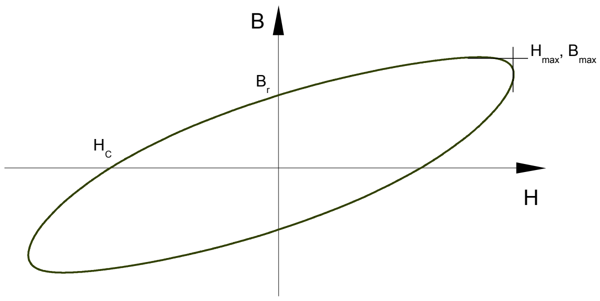
$$B_{(t)} = \mu_0 \cdot \mu_{r(H)} \cdot H_{(t)} = \mu_0 \cdot \mu_{r(H)} \cdot \frac{N_1}{l_m} \cdot i_{(t)}$$

$$\frac{B_m}{H \cdot \mu_0} = \mu_0$$

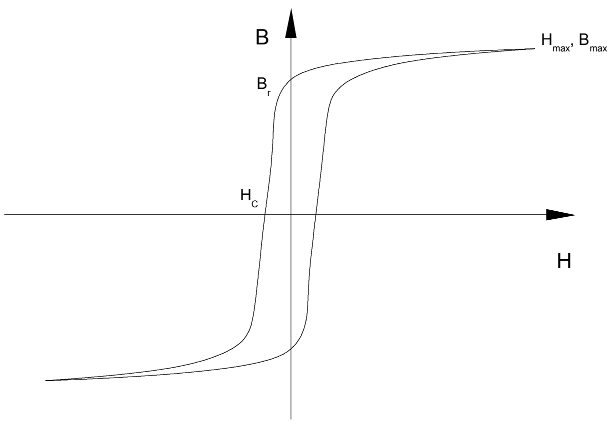
Neukurve

Sie wird durchlaufen, wenn vom entmagnetisierten Zustand aus der Magnetisierungsstrom i bzw. die magnetische Feldstärke H langsam gesteigert wird.
Charakteristische Abschnitte dieser Neukurve sind:
Der Anfangsverlauf bei sehr kleiner Magnetisierung, der Bereich großer Steigung, der Sättigungsbereich.

Hystereseschleife



kleine Aussteuerung (B_{max}=0,1T)

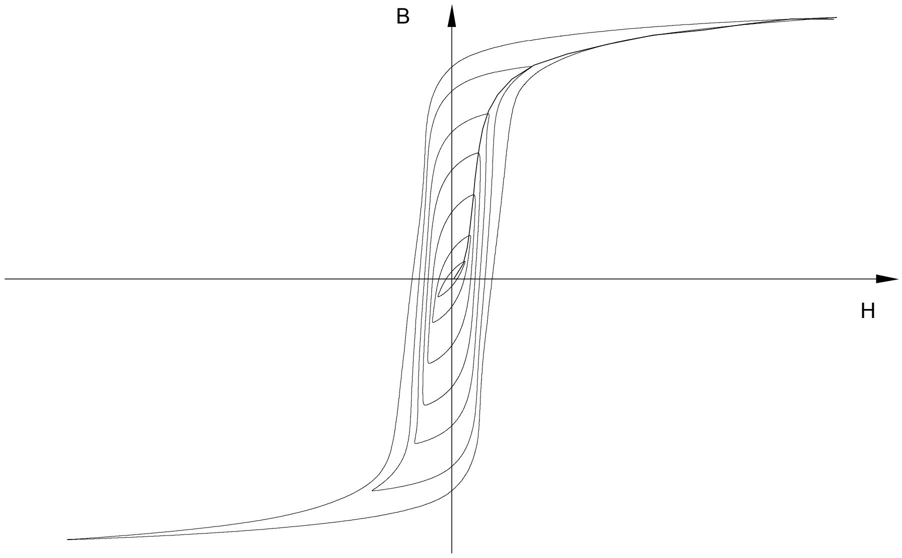


große Aussteuerung (B_{max}=1,5T)

Sie wird während jeder Periode einer Wechselstrommagnetisierung durchlaufen. Es besteht für jeden Scheitelwert des Magnetisierungsstroms bzw. der Feldstärke eine geschlossene Hystereseschleife.
Charakteristische Kenngrößen der Hystereseschleife sind:

H_{max}, B_{max} Größtwerte der Feldstärke bzw. der Flußdichte,
B_r Remanenzflußdichte bei H = 0,
H_c Koerzitivfeldstärke bei B = 0

Ummagnetisierungskurve (Kommutierungskurve)
$B_{max} = f(H_{max})$ Sie gilt für die Wechselfeldmagnetisierung. Die beiden Größen treten nicht immer zum gleichen Zeitpunkt auf.



Magnetisierungsverluste
Sie setzen sich hauptsächlich zusammen aus den Hystereseverlusten P_h und den Wirbelstromverlusten P_w.

$$P_v = P_h + P_w = c_h \cdot f + c_w \cdot f^2$$

$\frac{P_v}{f} = c_h + c_w \cdot f$

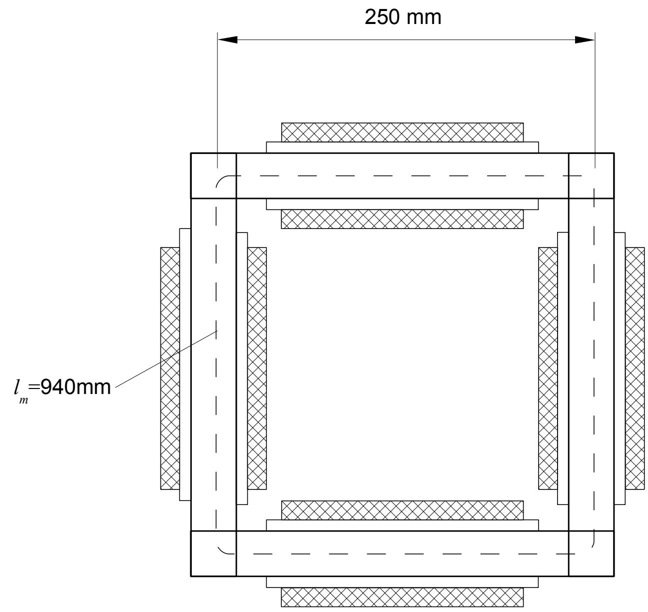
$\Rightarrow$ also zuerst P_v/f Kurve, dann ablesen

Die auf die Masse bezogene spezifische Ummagnetisierungsarbeit ist $W_s = \frac{1}{\varrho} \oint H \cdot dB$

Für die spezifische Verlustleistung gilt dann $P_s = \frac{f}{\varrho} \oint H \cdot dB$

2 Meßprinzip

Der zu untersuchende Magnetwerkstoff bildet den Magnetkern eines Übertragers.
Für die Messungen an Magnetblechen wird der Epsteinrahmen verwendet. Er enthält den geschlossenen Eisenkern, aufgebaut aus den in den Rahmen überlappend eingeschichteten Blechen der Größe 280mm x 30 mm.
Die Primärwicklung und die Sekundärwicklung sind jeweils auf die 4 Schenkel der Anordnung verteilt.



An Ringkernen werden die Wicklungen mit Hilfe einer vielpoligen Steckverbindung angebracht.

Die Primärwicklung wird mit einem sinusförmigen Wechselstrom gespeist:

$$i_{1(t)} = \hat{i}_1 \cdot \sin(\omega t)$$

Am Meßwiderstand R im Primärkreis entsteht die dem Strom proportionale phasengleiche Spannung

$$u_{1(t)} = R \cdot \hat{i}_1 \cdot \sin(\omega t)$$

Der Primärstrom verursacht im Eisenkern die magnetische Feldstärke

$$H_{(t)} = \frac{N_1 \cdot \hat{i}_1}{l_m} \cdot \sin(\omega t)$$

hierin ist N_1 die Primärwindungszahl, l_m die mittlere Feldlinienlänge. Es ist also $u_{1(t)} \sim H_{(t)}$

In der Sekundärwicklung wird aufgrund des Induktionsgesetzes eine Spannung erzeugt

$$u_{20(t)} = N_2 \cdot \frac{d\Phi_{(t)}}{dt}$$

Durch Integration dieser Spannung erhält man eine Spannung, deren Augenblickswert dem Augenblickswert des magnetischen Flusses bzw. der magnetischen Flußdichte B proportional ist:

$$u_{2(t)} = \int u_{20(t)} \cdot dt \sim \Phi_{(t)} \sim B_{(t)}$$

Werden die beiden Spannungen $u_{1(t)}$ und $u_{2(t)}$ den beiden Ablenksystemen eines Oszilloskops zugeführt, dann erscheint auf dem Schirm das Bild der Hystereseschleife B = f(H).

3 Ermittlung der Frequenzabhängigkeit der Ummagnetisierungsverluste von Transformatorblechen

Nehmen Sie beim Scheitelwert der magnetischen Flußdichte $\hat{B}=0{,}1\,T$ die Hystereseschleife und die spezifische Verlustleistung P_{vs} auf bei den Frequenzen
f = 17 25 50 60 100 250 500 700 Hz.
Stellen Sie die Funktion $\frac{P_{vs}}{f}=f(f)$ in einem Diagramm dar und ermitteln Sie daraus die Koeffizienten c_h und c_w

Stellen Sie die drei Funktionen $P_{hs} = f_h(f)$, $P_{ws} = f_w(f)$ und $P_{vs} = f_v(f)$ in einem Diagramm dar.

Durch Ausplanimetrieren der Hystereseschleife bei 700 Hz sind die spezifischen Ummagnetisierungsverluste P_{vs} zu ermitteln und mit dem auf dem Bildschirm ausgegebenen Wert zu vergleichen.

4 Ermittlung der Abhängigkeit der Ummagnetisierungsverluste P_v vom Scheitelwert der Induktion B bei Transformatorblechen

Ermitteln Sie bei der Frequenz f = 50 Hz die Verluste für folgende Scheitelwerte der Induktion:
$\hat{B}=1{,}7\,T \quad 1{,}5\,T \quad 1{,}25\,T \quad 1{,}0\,T \quad 0{,}75\,T \quad 0{,}5\,T \quad 0{,}25\,T \quad 0{,}1\,T \quad 0{,}05\,T.$
($\hat{B}=1{,}7\ T$ nur bei kornorientierten Blechen)
Bei der höchsten Aussteuerung soll auch die Kommutierungskurve gemessen werden.

Die Verluste können beschrieben werden durch die Funktion $P_{vs} = a \cdot B^x$

Stellen Sie die gefundene Abhängigkeit $P_{vs}=f(B)$ in einem Diagramm mit doppeltlogarithmischem Maßstab dar.
Ermitteln Sie aus dem Diagramm den Verlustexponent x.
Ermitteln Sie aus der Kommutierungskurve die Kurve $\mu_r = f(H)$.

Es ist $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{V \cdot s}{A \cdot m} \approx 1{,}257 \cdot 10^{-6} \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$

5 Untersuchung des Verhaltens eines Ferritkerns bei kleinen Aussteuerungen

Zuerst ist eine Messung durchzuführen bei $f=1500\,\mathrm{Hz}$, $\hat{B}=0{,}15\ T$ mit Kommutierungskurve.

Es ist zu untersuchen, in welchem Bereich der Induktion die Anfangspermeabiltität μ_{rA} praktisch konstant ist, d.h. die Kommutierungskurve praktisch linear verläuft.
Durch eine weitere Messung ist die Anfangspermeabilität beim Scheitelwert der Aussteuerung H = 4 mA/cm zu bestimmen.