

E 6a Ferromagnetismus

Aufgaben

1 Nehmen Sie mit Hilfe eines Teslameters (Hallsonde) die Neukurve und die (gescherte) Hysteresekurve $B=B(H_0)$ eines ferromagnetischen Kreises mit Luftspalt auf! Messen Sie die scheinbare Remanenz und die Koerzitivfeldstärke! Stellen Sie Neu- und die Hysteresekurve in einem Diagramm graphisch dar!

2 Bestimmen Sie aus der Neukurve die Werte der relativen Permeabilität μ^* des magnetischen Kreises! Stellen Sie die μ^* -Werte in Abhängigkeit von H_0 graphisch dar!

3 Entwickeln Sie aus der gescherten Hysteresekurve durch Zurückscheren die ungescherte Hysteresekurve $B=B(H_{Fe})$! Bestimmen Sie die wahre Remanenz! Berechnen Sie die Permeabilität $\mu_{r,max}$ des Eisenkerns!

Literatur

Physikalisches Praktikum, 12. Auflage, Hrsg. D. Geschke, Elektrizitätslehre, 2.0.3, 2.3
Gerthsen Physik, H. Vogel, 20. Auflage, 7.4.4

Zubehör

Gleichspannungsregler, Stelltransformator, Teslameter, Multimeter, Toroidspule mit Luftspalt, Messplatz -Curie-Temperatur- mit Thermostat und Wechselstrommessbrücke zu Messung der Induktivität des Spulenkerns

Schwerpunkte zur Vorbereitung

- Zusammenhang zwischen magnetischer Urspannung, magnetischer Feldstärke und magnetischer Flussdichte bei einer eisengefüllten Toroidspule mit und ohne Luftspalt
- Magnetisierung, Permeabilität, Suszeptibilität
- Diamagnetismus, Paramagnetismus, Ferromagnetismus, Curie-Temperatur
- Hysteresekurve, Remanenz, Koerzitivfeldstärke
- Funktionsprinzip eines Teslameters

Bemerkungen

Vor Beginn der Messung ist das Toroidmaterial durch den Betreuungsassistenten zu entmagnetisieren. Hinweise zur Versuchsdurchführung werden am Arbeitsplatz gegeben.

Zurückscheren der Hysteresekurve

Zwischen den Beträgen der magnetischen Induktion B und den magnetischen Feldstärken H_{Fe} im Eisen, H_{Lu} in Luft und H_0 im magnetischen Kreis bestehen die Beziehungen

$$B = \mu_0 \mu_r H_{Fe} = \mu_0 H_{Lu} = \mu_0 \mu^* H_0 \quad , \quad H_0 = N \frac{I}{l} \quad , \quad N \text{ Windungszahl der Ringspule (Toroid)}$$

Aus dem Durchflutungsgesetz

$$H_{Fe} l_{Fe} + H_{Lu} d = H_0 l$$

mit l_{Fe} Länge des Eisenkerns, $l=l_{Fe}+d$, d Breite des Luftspalts und der Bedingung $d \ll l$ folgt

$$H_{Fe} = H_0 - \frac{B}{\mu_0} \frac{d}{l}$$

Die Feldstärke H_{Fe} ist also um den Betrag $[B d / (\mu_0 l)]$ kleiner als der gemessene Wert H_0 . Die Kurve $B=B(H_0)$ wird als **gescherte** Hysteresekurve bezeichnet. Die aus ihr zu berechnende Permeabilität μ^* des magnetischen Kreises ist nicht die Permeabilität μ_t des Eisens. Man kann die ungescherte oder wahre Hysteresekurve $B=B(H_{Fe})$ aus der gescherten Kurve durch **Zurückscheren** gewinnen. Bei der graphischen Variante wird mit Hilfe einer Geraden durch die Punkte $(0,0)$ und $([B_1 / \mu_0] \cdot [d / l], B_1)$ die gesuchte Korrekturgröße für einen bestimmten Wert B_1 entnommen. Der $\mu_{r,max}$ -Wert des Eisenkerns lässt sich aus den μ^* -Werten nach entsprechender Umstellung der obigen Gleichungen berechnen. Eine Fehlerabschätzung ist für $\mu_{r,max}$, die wahre Remanenz B_{rw} und die Koerzitivfeldstärke H_c durchzuführen.

Zur graphischen Methode der Rückscherung

