

第20章 磁束計による B-H 曲線の測定

Measurement of B-H Curve by Flux-Meter

20.1 目的

磁束計を用いて環状鉄心の B-H 曲線を求め、磁気特性の概念を習得する。

20.2 理論

エレクトロニック磁束計はトランジスタ回路を用いた RC 積分回路を有し、磁束の変化を容易に安定に測定することができる。いま、磁束計を巻数 n のさぐりコイル search coil に直列に接続する。さぐりコイルに鎖交している磁束 Φ が変化すると、さぐりコイルに起電力

$$e = -n \frac{d\Phi}{dt} \quad (20.1)$$

を生じ、この起電力によって磁束計の内部のコンデンサ C は抵抗 R を通して充電され、その端子電圧は

$$e_c = -\frac{1}{RC} \int e dt \quad (20.2)$$

となり、これに (20.1) 式を代入すれば

$$e_c = \frac{n}{RC} \int \frac{d\Phi}{dt} dt = \frac{n\Phi}{RC} \quad (20.3)$$

となって、 $n\Phi$ に比例する。このコンデンサの端子電圧 e_c を可動コイル形計器で指示させて、磁束鎖交数 $n\Phi$ を直読できるようになっている。

20.3 方法

図 20.1 のように、環状鉄心 C に励磁コイル n_1 を巻き、これを直流電源 E で励磁する。一方環状鉄心にさぐりコイル n_2 を巻き、これにエレクトロニック磁束計 FM を接続する。

20.3.1 磁束計の零調整

磁束計は積分形の OP アンプが内蔵されているため零調整が必要で、調整の方法は磁束計 FM の裏側の指示に従って行う。

20.3.2 励磁の対称性の調整

測定に際して、最初励磁電流を順方向に+ 1.1A まで増加させ、次に逆方向の- 1.1A まで増加させ、その後再び順方向に+ 1.1A まで増加させる。このとき磁束計の振れが順逆両方向について同じ値になるまで、その都度、磁束計の短絡スイッチを押して (磁束計の振れが対称になるように) 調整する。

20.3.3 磁束計による B-H 特性の測定

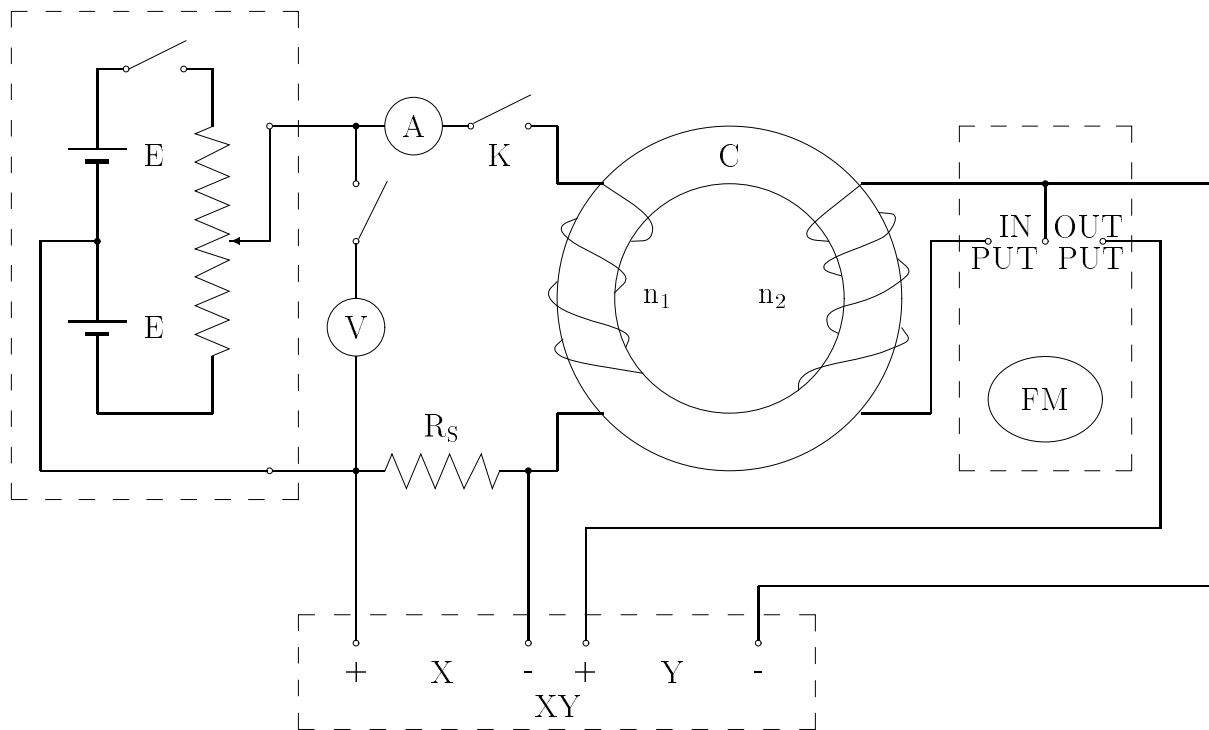


図 20.1: 磁束計による B-H 曲線の測定の結線図

FM : 磁束計	C : 鉄心	V : 直流電圧計
XY : X - Yレコーダ	A : 直流電流計	E : 直流電源
n_1 : 励磁コイル	n_2 : さぐりコイル	

直流電源の使い方は付録??を、参照する。

20.3.1 項と 20.3.2 項の調整が終了したならば、磁束計の振れを読みながら、励磁電流を順方向の+ 1.1(A) から逆方向の- 1.1(A) まで順次変化させ、その後再び順方向の+ 1.1(A) まで順次変化させる。ここで注意しなければならないことは、鉄心にはヒステリシス現象があるから、測定の途中で、励磁電流の上昇、下降の方向を変えてはならない。いま磁束計の振れを θ とすると、磁界の強さ H および磁束密度 B は次式から求まる。

$$H = \frac{In_1}{\ell} \quad (A/m) \quad (20.4)$$

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{\theta}{n_2 S} \quad (T) \quad (20.5)$$

ただし I : 励磁電流 n_1 : 励磁コイルの巻数 n_2 : さぐりコイルの巻数
 ℓ : 鉄心の平均磁路長 (m) S : 鉄心の断面積 (m²) Φ : 磁束 (Wb)
 θ : 磁束計の振れ (Wb · T)
したがって、鉄心の比透磁率 μ_s は次のようになる。

$$\mu_s = \frac{B}{\mu_0 H} \quad (20.6)$$

ただし $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} = 1.257 \times 10^{-6}$ (H/m) : 真空の透磁率

20.3.4 X-YレコーダによるB-H特性の記録

X-Yレコーダで変化のようすを記録する。X-Yレコーダの記録紙には、励磁電流逆方向の最大値－1.1(A)、磁束計の振れ逆方向最大値－ θ 、励磁電流順方向の最大値＋1.1(A) および磁束計の振れ順方向最大値＋ θ の値を記録する。あとで、励磁電流 I 軸とその目盛り、磁束計の振れ θ 軸とその目盛りを記入する。

なお、X-Yレコーダの使い方は付録 A.5 を参照する。

20.4 結果

励磁コイルの巻数 n_1 さぐりコイルの巻数 n_2
平均磁路長 ℓ (m) 鉄心の断面積 S (m²)

励磁電流 I (A)	磁束計の振れ θ (WbT)	磁界の強さ H (A/m)	磁束密度 B (T)	比透磁率 μ

励磁電流 I (A) を横軸にし、磁束計の振れ θ (Wb · T) を縦軸にして磁束計の振れ θ (Wb · T) の変化をグラフで示す。

励磁電流 I (A) を横軸にし、磁界の強さ H (A/m) を縦軸にして磁界の強さ H (A/m) の変化をグラフで示す。

励磁電流 I (A) を横軸にし、磁束密度 B (T) を縦軸にして磁束密度 B (T) の変化をグラフで示す。

磁界の強さ H (A/m) を横軸にし、磁束密度 B (T) を縦軸にして磁束密度 B (T) の変化をグラフで示す。

20.5 注意

1. 磁束計は Maxwell を用いているから、 10^{-8} を乗じて Wb に換算する。
 $1\text{Maxwell}=1 \times 10^{-8}\text{Wb}$
2. 磁束計のスイッチを入れると約 5 秒間指針が振切るが、これは異状ではない。短絡スイッチを押せば零付近にもどる。
3. 電源 E のスイッチは、電流計の目盛りをゼロにして切ること。
4. B-H 曲線をきれいに描くには、磁束計の振れがほぼ等間隔に測定する。この測定の途中で励磁コイル n_1 に流す電流の上昇と下降の方向を変えてはならない。

20.6 問題

- (1) 磁性材料のヒステリシス現象について調べよ。