

第3学年 電気電子工学実験実習報告書

4

強磁性体のヒステリシス現象

実験日 令和 04 年 07 月 14 日 (木)
令和 04 年 07 月 21 日 (木)

班	学生番号	氏名
1	3309	大山 主朗

共同実験者名

共同実験者名

提出日			備考	評価
予定日 /				
提出日				

1 目的

本実験では

- トランス鉄心に使用される強磁性体の B-H 特性測定を通し磁気回路と磁性材料について理解する.
- 変圧器鉄心の交流化特性を測定し，測定原理と鉄心のヒステリシス損算出法を理解する.
- 変圧器における励磁電流，電力，位相差の変化を観測する.

ことを目的とする.

2 原理

2.1 磁気回路

図 1 に示すように断面積 S [m²], 平均磁路長 L [m] の鉄心に巻数 N_1 [Turn] のコイルを巻き, これに I [A] の電流を流すと, 起磁力 $N_1 \cdot I$ [A · Turn] を生じる. この起磁力により

$$\phi = \frac{N_1 \cdot I}{R_m} \quad (1)$$

の磁束 ϕ [Wb] を生じる. ここで R_m は以下に示す磁気抵抗である.

$$R_m = \frac{L}{\mu_0 \mu_s S} \quad (2)$$

ただし, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ F/m は真空の透磁率であり, μ_s は鉄心の比透磁率である. ここで, 磁路 1 m あたりの起磁力を磁化力 H [A/m] という. 磁化力 H は

$$H = \frac{N_1 \cdot I}{L} \quad (3)$$

である. また磁路断面積 1 m² あたりの磁束を, 磁束密度 B [Wb/m²] という.

$$B = \frac{\phi}{S} \quad (4)$$

ここで, S [m²] は磁路断面積を示す.

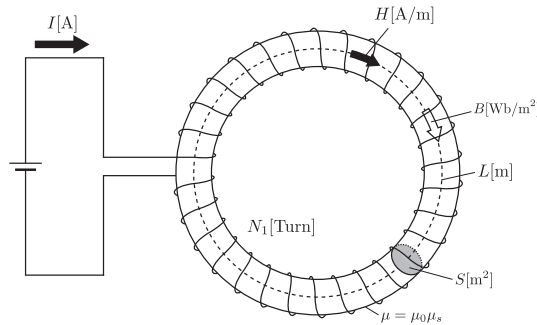


図 1: 磁気回路

鉄心の磁化力 H と磁束密度 B との関係を示す曲線を B-H 曲線といい, 一般に図 2(a) のような飽和特性になる. また磁化力 H を正負の方向に増減すると, 図 2(b) の様なヒステリシス曲線になる.

2.2 交流磁化特性

図 3 の変圧器のように, 鉄心に巻かれた巻数 N_1 のコイルに交流電圧 V_1 を加えると, 鉄心中に交番磁束 ϕ を作るための電流 (励磁電流) i_0 が流れる. このとき磁束密度 B と磁化力 H との間にはヒステリシス特性があるため, 励磁電流は図 6 のようにひずみを生ずる. この現象を逆に利用して, 励磁電流 i_0 と交番磁束 ϕ の波形をなんらかの方法で取り出し, オシロスコープの X 軸に励磁電流 i_0 の波形, Y 軸に交番磁束 ϕ の波形を入力すれば, オシロスコープの画面に鉄心のヒステリシス特性 (B-H 曲線) が描かれる.

励磁電流 i_0 の波形を直接取り出すのは難しいので, 図 3 において励磁電流 i_0 が抵抗 R_h を流れるときの電圧変化, すなわち

$$V_h = i_0 R_h \quad (5)$$

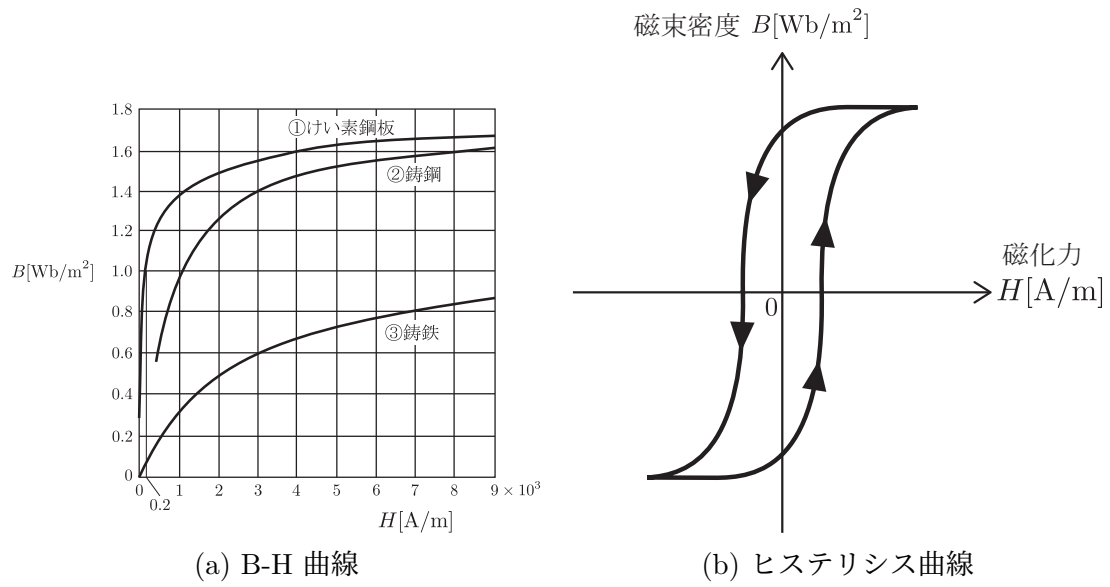
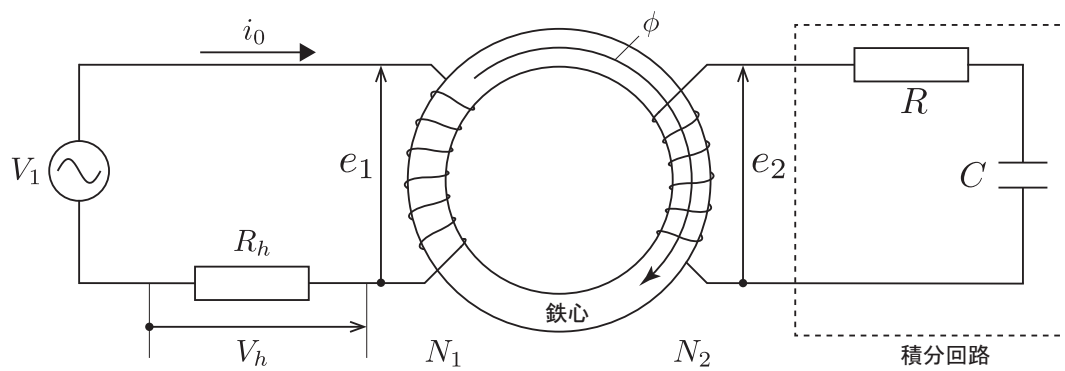


図 2: B-H 曲線とヒステリシス曲線



として取り出す．また，交番磁束 ϕ は次の様にして取り出す．

図 3 において二次巻線 N_2 と鎖交する磁束の時間に対する変化が二次誘起電圧 e_2 として現れるため

$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt} \quad (6)$$

となり，式 (6) を変形すると

$$d\phi = \frac{1}{N_2} \times e_2 \times dt \quad (7)$$

となるから，交番磁束 ϕ は式 (7) を積分すれば求まることとなる．すなわち，二次巻線に発生する電圧 e_2 を時間で積分すればよい．そこで二次側に CR 積分回路を接続しコンデンサ C の両端から e_2 を積分した，交番磁束に比例した電圧をとりだす．

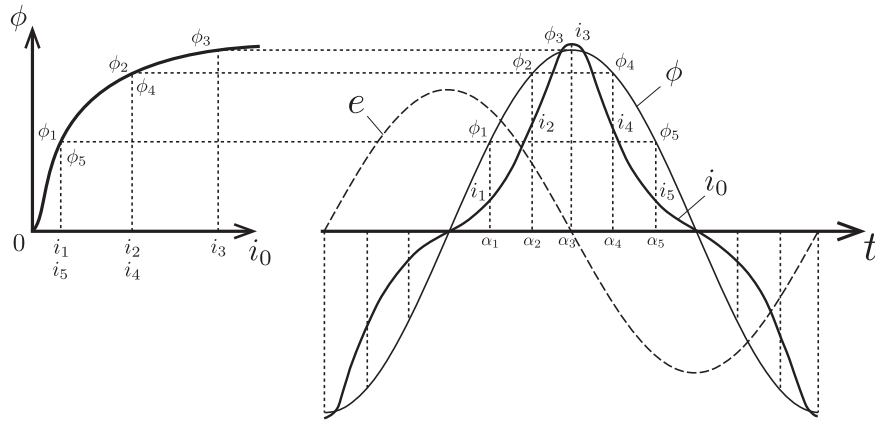


図 4: ヒステリシス現象のない場合

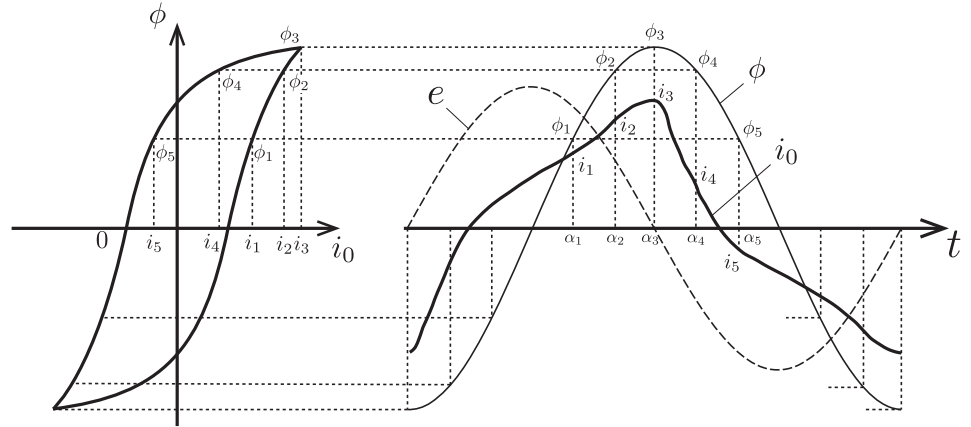


図 5: ヒステリシス現象のある場合

図 6: ヒステリシス現象

3 方法

3.1 使用器具

今回の実験で使用した器具を

3.2 実験手順

4 結果

5 考察

6 結論