

第19章 変圧器の実験

Experiment of Transformer

19.1 目的

変圧器の1次電圧(入力電圧)と2次電圧(出力電圧)との比は、巻数比に等しい事、すなわち、1次電圧を変化させても1次電圧と2次電圧の比は一定になる事を実験により理解する。

19.2 理論

図19.1のような、磁路の断面積 $S(\text{m}^2)$ 、平均磁路長 $\ell(\text{m})$ の鉄心にそれぞれ巻数 n_1 、 n_2 の巻線を施した変圧器について考える。

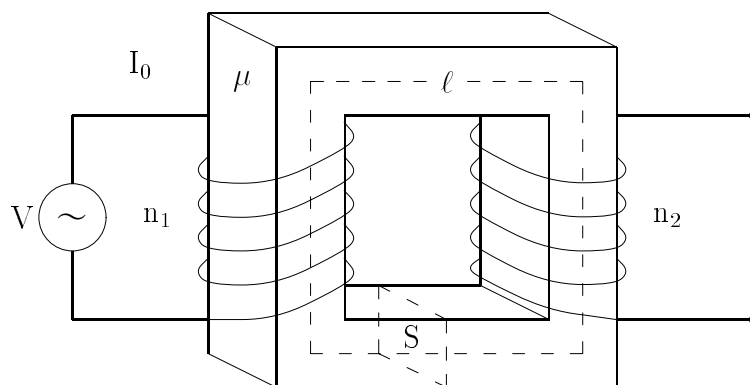


図 19.1: 変圧器の動作原理

この時、次の仮定をする。

1. 巻線の抵抗は無視しうる程小さい。
2. 鉄心の透磁率 μ は磁化力にかかわらず一定である。
3. 磁束漏れはない。

これらの条件が満たされるものを理想変圧器といい、特に透磁率 μ が無限大の場合を最も理想とする。

変圧器では、エネルギーの流入する側(電源側)の巻線を一次巻線、流出する側(負荷側)の巻線を2次巻線というが、1次側の自己誘導係数 L_1 は、単位電流を流した時の磁束鎖交数として

$$L_1 = n_1 \frac{n_1}{\ell/\mu S} = \frac{\mu S}{\ell} n_1^2 \quad (\text{H}) \quad (19.1)$$

で与えられる。今、1 次側に正弦波交番電圧 V を加えると、角周波数を ω として、

$$I_0 = \frac{V}{j\omega L_1} \quad (\text{A}) \quad (19.2)$$

が流れ、この電流によって鉄心中に

$$\Phi = \frac{n_1 I_0}{\ell/\mu S} = \frac{n_1 \mu S}{\ell} I_0 = \frac{n_1 \mu S}{\ell} \frac{V}{j\omega L_1} = \frac{V}{j\omega n_1} \quad (\text{Wb}) \quad (19.3)$$

の磁束を生じる。磁束 Φ は 1 次巻線と鎖交し、 n_1 には

$$E_1 = \frac{d}{dt} n_1 \Phi = -j\omega n_1 \Phi \quad (\text{V}) \quad (19.4)$$

の起電力を誘導する。

磁束の漏れは無いと仮定しているの、2 次巻線も同じく Φ と鎖交し

$$E_2 = -j\omega n_2 \Phi \quad (\text{V}) \quad (19.5)$$

の 2 次誘起電圧を発生する。 E_2 と E_1 は同相であり

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (19.6)$$

の関係が成立する。

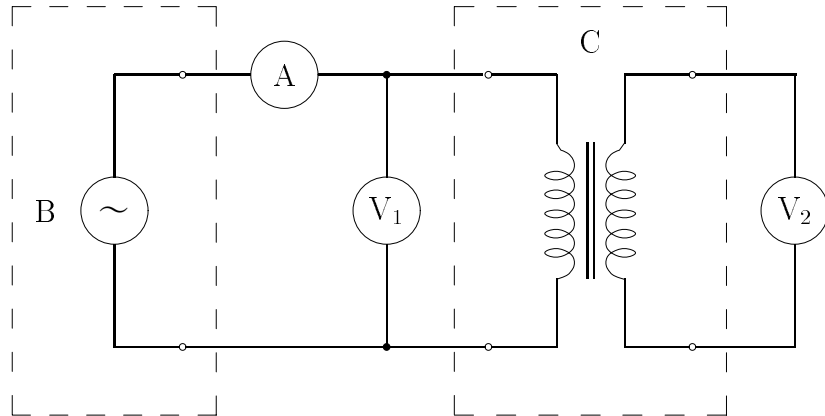


図 19.2: 変圧器の測定用結線図

A : デジタルマルチメータ B : スライダック C : 変圧器
V₁: デジタルマルチメータ V₂: デジタルマルチメータ

デジタルマルチメータの使用法は付録 A.8 を参照する。

19.3 方法

図 19.2 のように結線する。

19.3.1 閉磁路の入出力電圧の測定

1. 図 19.1 の磁路 ℓ が閉じた閉磁路になるように、鉄心を蝶ナットでしっかり固定する。
2. 1 次側電圧 V_1 を変化させ、1 次側電流 I_1 と 2 次側電圧 V_2 を測定する。
3. 2 次側は 50 回、500 回、1000 回の巻線のコイルを使用し、それぞれについて測定する。
4. 式 (19.6) で計算される誘起電圧 E_2 を計算する。

19.3.2 開磁路の入出力電圧の測定

1. 図 19.1 の磁路 ℓ が開いた開磁路になるように、鉄心の一部を取除く。
2. 1 次側電圧 V_1 を変化させ、1 次側電流 I_1 と 2 次側電圧 V_2 を測定する。

19.4 結果

19.4.1 閉磁路の入出力電圧特性

閉磁路の 2 次側コイルの巻数 (回)

電源周波数 f (Hz)

1 次側		2 次側		
電圧 V_1 (V)	電流 I_1 (A)	実測電圧 V_2 (V)	計算電圧 E_2 (V)	誤差率 (%)

1 次側電圧 V_1 (V) 横軸にし、2 次側電圧 V_2 (V) を縦軸にして計算値:巻数 $n_1=50$ (回)、実測値:巻数 $n_1=50$ (回)、計算値:巻数 $n_2=500$ (回)、実測値:巻数 $n_2=500$ (回)、計算値:巻数 $n_3=1000$ (回) および実測値:巻数 $n_3=1000$ (回) の 2 次側電圧 V_2 (V) の変化をグラフで示す。

1 次側電圧 V_1 (V) 横軸にし、各巻数の誤差率をグラフで示す。なお、誤差率の計算は電気計測 (・) の教科書を参照する。

19.4.2 開磁路の入出力電圧特性

開磁路の 2 次側コイルの巻数 (回)

電源周波数 f (Hz)

1 次側		2 次側
電圧 V_1 (V)	電流 I_1 (A)	電圧 V_2 (V)

1 次側電圧 V_1 (V) 横軸にし、2 次側電圧 V_2 (V) を縦軸にして計算値:巻数 $n_1=50$ (回)、実測値:巻数 $n_1=50$ (回)、計算値:巻数 $n_2=500$ (回)、実測値:巻数 $n_2=500$ (回)、計算値:巻数 $n_3=1000$ (回) および実測値:巻数 $n_3=1000$ (回) の 2 次側電圧 V_2 (V) の変化をグラフで示す。

19.5 問題

1. 理想変圧器の特性式 (19.6) と測定データを比較し、違いを検討せよ。また式 (19.6) の特性を得るには、実験に於てどのような工夫が必要か？
2. 鉄心の働きについて述べよ。
3. 変圧器の用途について述べよ。