

USB を用いた変圧器励磁回路の電力損失演示用教具の開発

教科・領域教育専攻

指導教員 伊藤 陽介

生活・健康系コース (技術)

1 研究の背景

交流磁化特性を示す BH 曲線は、平成 15 年度から実施されている高等学校の工業に関する科目「電気基礎」(2)ア「電流と磁気」においてヒステリシス損(P_h)、及び「電気機器」(2)ア「変圧器」において励磁回路の鉄損(P_i)として取り扱われている。変圧器の励磁電流は、 P_h があるため発生し非正弦波交流となり、この特性は、「電気基礎」(5)ア「非正弦波交流」として取り扱われている。

従来の実験・実習では、生徒が BH 曲線を電力計の測定データである P_i から想像しにくかった。さらに、 P_h を具体的に計算する手法が示されてなかったため、BH 曲線で囲まれた閉領域が損失であることを理解しにくいという側面があった。

2 研究の目的

本研究では、近年の工業高校に備えられているパーソナルコンピュータ(PC)のもつ USB (Universal Serial Bus)と高性能な演算性能を用いることによって、磁界 H と磁束密度 B に対応する信号を時間及び周波数空間で解析し、BH 曲線から得られる P_h を示しつつ、変圧器励磁回路の電力損失を理解しやすくするための教具を開発することを目的としている。

3 変圧器励磁回路の電力損失演示用教具

(1) ハードウェア

本教具に必要とされる機能の仕様を表 1 に示す。図 1 はこの仕様に基づいて構成されたブロック図である。測定対象変圧器の BH 曲線を示す磁界 H と磁束密度 B は、それぞれ測定部の抵抗回路と積分回路によって測定電圧に変換される。測定電圧は増幅部によりマイクロコンピュータで A/D 変換できる電圧レベルに増幅される。増幅部はオペアンプを用いた二段の反転増幅回路とする。マイクロコンピュータとして、USB 通信機能と A/D 変換機能を内蔵するマイクロチップ・テクノロジー社製 PIC18F2550 (PIC)を採用する。この A/D 変換機能の分解能は 10[bit]であり、内部動作クロック周波数が 48[MHz]の場合サンプリング周期は 17.12[μ sec]であり、表 1 の仕様を十分満たしている。

(2) ソフトウェア

本教具は、PIC に内蔵されたソフトウェアと交流磁化特性を演示する PC 側ソフトウェアから構成される。増幅部より入力されたアナログ信号は、PIC に備えられている CCP1 割り込みとタイマ 1 を用いて一定のサンプリング周期で A/D 変換され、PIC 内のメモリに記憶される。PIC の USB 通信機能では、標準 USB プロトコル規格を提供するファームウェアである USB フレームワークの CDC (Communication Device Class firmware)を使用する。USB 接続されている PIC は、CDC によりエミュレーションされ、PC 側から RS-232C デバイスとして

認識される。PC側のソフトウェアは、COMポート用Windows APIを用いてPICに対して規定のコマンドを送受信する。PIC側のソフトウェアは、USB通信を介してメモリに記憶されている測定データを送信する。

PC側のソフトウェアは、Visual Basic Express Editionで開発され、図2に示す画面フォームに配置された各ボタンに機能が対応している。PCと本教具のUSB接続は、CDCを用いるためCOMポート番号を指定してから「USB接続」ボタンで行う。「BH曲線表示」ボタンは、磁界Hと磁束密度Bに対応する測定電圧(V_1 , V_c)をA/D変換したデータを本教具からPC側に960byte取り込んだ後、BH曲線の相似形を表示領域(a)に表示する。「ログEXCEL出力」ボタンは、BH曲線データをファイルに保存する。「等価BH曲線表示」ボタンは、BH曲線データをファイルから読み込み、非正弦波交流を等価正弦波交流に変換しBH曲線の相似形で囲まれた閉領域の面積である P_h を求める。「FFT結果表示」ボタンは、BH曲線データをファイルから読み出し、時間領域の波形を表示領域(a)に表示するとともに、そのデータを高速フーリエ変換しスペクトル分布を表示領域(b)と(c)にそれぞれ表示する。「等価正弦

波交流」ボタンは、非正弦波交流である変圧器の励磁電流を等価正弦波交流に変換して表示する。

4 まとめ

開発した電力損失演示用教具を用いることによって、BH曲線の形状や非正弦波交流、等価正弦波交流、スペクトル分析結果などを即時的に演示できるようになり、生徒が変圧器の電力損失をより直感的に理解できるようになると期待される。また、本教具は入手性ならびに経済的な部品から構成され、教材として生徒が製作することも可能である。

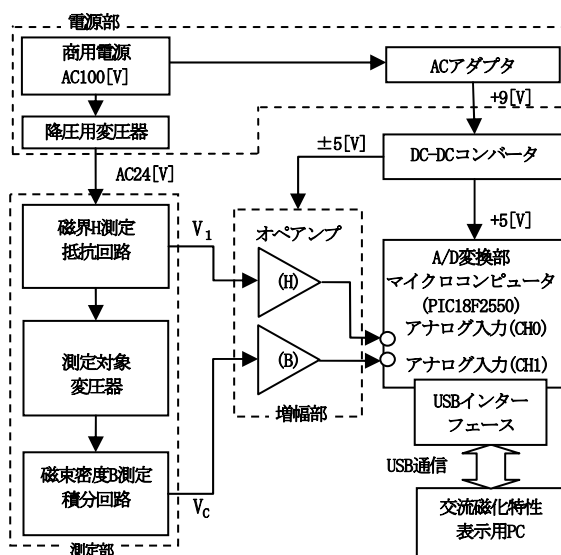


図1 電力損失演示用教具ハードウェアのブロック図

表1 電力損失演示用教具の主な仕様

項目	仕様
測定試料	小型変圧器(容量) 6[VA]
磁界H測定用電圧	非正弦波交流 $V_{pp}=20$ [mV]
磁束密度B測定用電圧	正弦波交流 $V_{pp}=36$ [mV]
測定用電圧の増幅回路	基本増幅度 145[倍] オフセット電圧 $V_{offset}=0\sim 2$ [V] 出力電圧 $V_{pp}=4$ [V]
A/D変換精度	分解能 8[bit]
サンプリング周期	500[μ sec]~1000[μ sec]
USB通信方法	USB2.0 CDCクラス パケットサイズ 64[byte]
電源	AC100[V]
寸法(外寸), 質量	450W×160H×210D[mm], 2[kg]

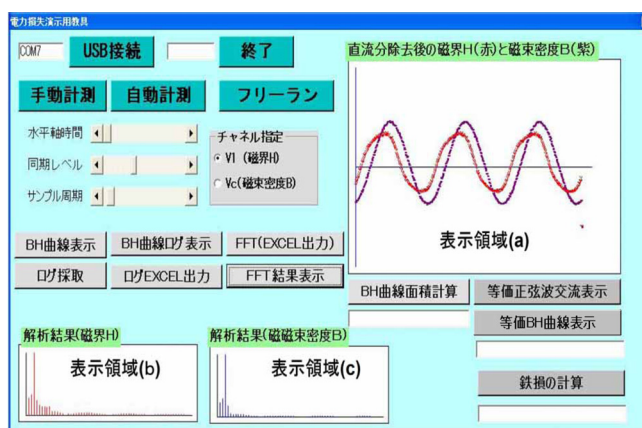


図2 電力損失演示用教具の画面フォーム