

基于虚拟仪器的铁磁材料磁滞回线测量方法

张起超

(襄樊学院 物理与电子信息系, 湖北 襄樊 441053)

摘要：针对铁磁材料磁滞回线的测量问题，采用 LabVIEW 图形化编程语言，设计出能测量该特性的虚拟仪器，该测量系统由前面板及程序框图和外部采集电路组成，达到了能直观的观测输出图象，具有一定测量精度，是能存储调用、进行系统分析的测试系统。

关键词：铁磁材料；虚拟仪器；磁滞回线

中图分类号：TP216

文献标志码：A

文章编号：1009-2854(2008)02-0075-04

虚拟仪器是仪器技术与计算机技术深层次结合的产物^[1]。所谓“虚拟仪器”，就是借助于计算机硬件平台，进行软件设计并配以少量的辅助设备或器件，构成功能适合用户要求的仪器。本文提出一种采用虚拟测试技术测量铁磁材料磁滞回线方法。

1 硬件电路部分

采用虚拟测试技术并不需要深入研究铁磁材料的物理特性和物理参数，只把测量样品看作一个二端口元件来研究它的伏安特性。由于铁磁材料的磁滞特性，即铁磁材料在去磁时，磁化曲线并不沿着原来电流增大时的磁化曲线原路返回，从而形成了一个闭合的环路，因而使得对铁磁材料特性的测量比较复杂。图1是传统的测量铁磁材料磁滞回线的电路。在被测环形铁心的原边线圈通以交流磁化电流 i_1 ， i_1 与产生的磁通量 Φ 的关系就是磁滞回线或 B—H 曲线。

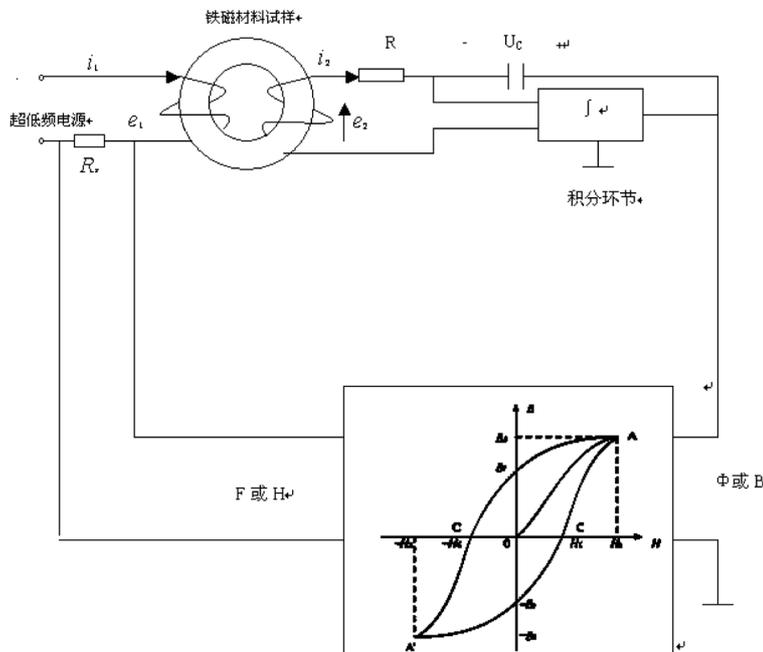


图1 传统测量铁磁材料磁滞回线的电路

由上图知，示波器 X 轴输入电压 $U_x = I_1 R_1$ ，所以电子束在 X 轴上的偏转跟磁化电流 I_1 成正比，根据安培环路定律： $I_1 N_1 = HL$ 。

收稿日期：2007-06-11

作者简介：张起超(1956-)，男，湖北宜都人，襄樊学院物理与电子信息系高级实验师。

式中 N_1 为被测样品初级线圈的匝数， L 为铁芯的平均磁路。

副边电压： $e_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt} = N_2 S \frac{dB}{dt}$ ，其中， S 为样品铁芯截面积， N_2 为样品次级线圈的匝数。所以，

$$dB = \frac{1}{N_2 S} e_2 dt \text{ 对此式积分，有 } B = \frac{1}{N_2 S} \int e_2 dt .$$

如图 1，将 e_2 积分后送到示波器的 Y 轴，将 R_s 的端电压(可视为 i_1)送到 X 轴就可以在示波器或 X-Y 记录仪上显示出磁滞回线。这里的积分环节是一个模拟量的积分器。

对其进一步简化，即示波器与积分环节都交由计算机去实现，于是外部电路可简化为图 2 所示的电路(在图 2 中， $R=100\Omega=0.1K\Omega$ ， $i=U_h/R$)。现在要解决，在激励是某一正弦信号的情况下，求 i 和 U_2 的积分之间的关系曲线。

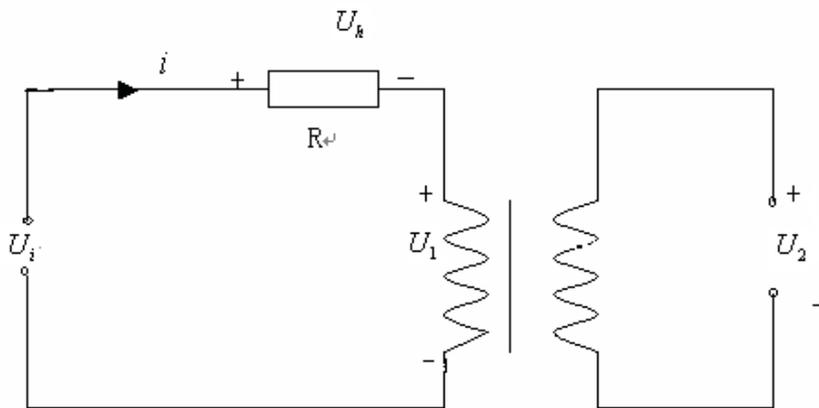


图 2 测量铁磁材料磁滞回线的简化电路

2 程序与算法

该程序由激励信号产生、延迟、采集及处理 4 个步骤完成，因而程序采用顺序结构。通道分配方案如表 1 所示。

表 1 通道分配表

通道	电压信号	通道	电压信号
AO: 0	U_i	AI:1	U_2
AI: 0	U_h	AI:2	U_i

图 3 为程序前面板，激励信号的幅值和频率是可以控制的，调节激励信号的幅值和频率以保证 U_2 和 U_1 是正弦波形，只有这样才有可能得到磁滞回线。

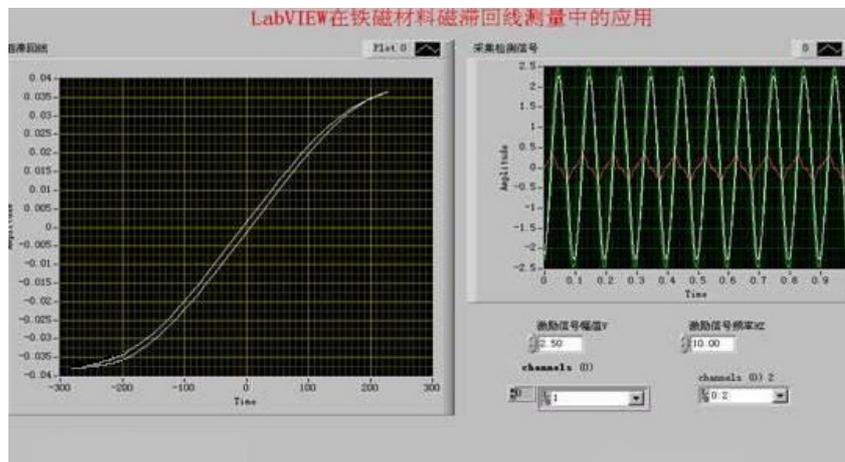


图 3 前面板的设计

图 4 是顺序结构中的第 0、1 二帧. 第 0 帧产生所需要的激励信号, 并送到模出通道 0 输出. 这是一个连续的正弦信号, 将激励信号的频率参数引出到第 2 帧使用. 鉴于物理过程的复杂性, 希望信号产生后, 待其状态稳定后, 再开始采集, 所以开始了第一帧的延迟功能^[2].

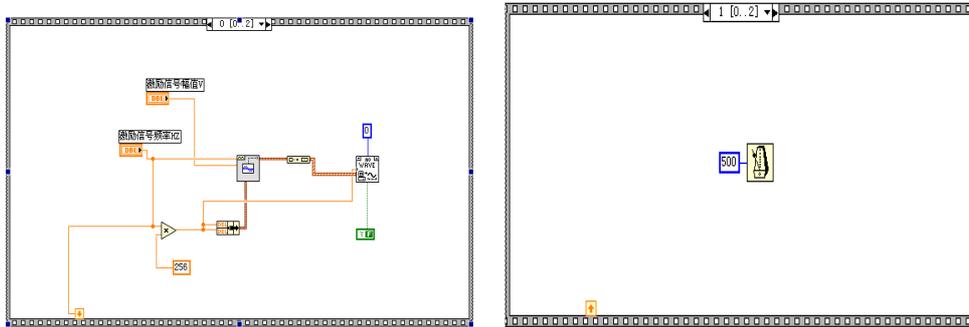


图 4 程序框图中的第 0、1 两帧

图 5 是程序框图中的第 2 帧—信号的采集与处理. 在采集部分, 将信号频率乘 100 作为采样频和样本数, 这样, 在信号频率设为 10Hz 的情况下, 3 个通道每周期均采 100 个点, 共采 10 个周期, 得到 1000 个样本.

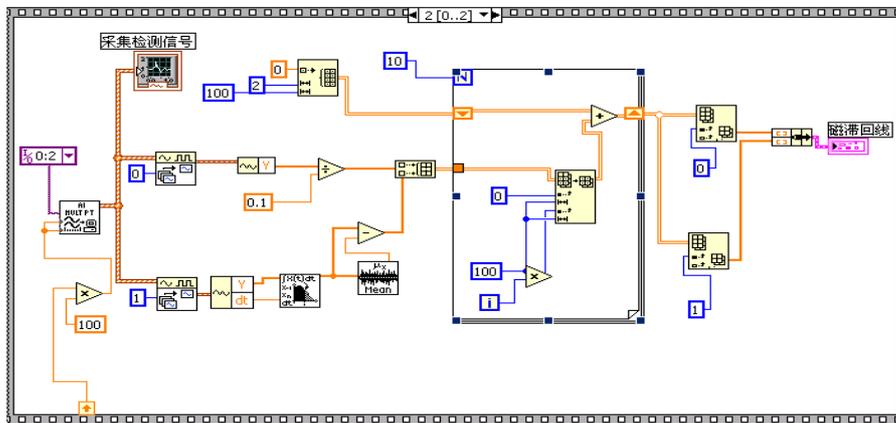


图 5 程序框图中的第 2 帧—信号的采集与处理

采到的数据分为两路: 上面的数据为通道 0 数据, 即电阻电压 U_h , 把它除以电阻值即可得到 i ; 下面的一条路为通道 1 数据, 即电压 U_2 , 将其送给积分函数 $\text{Integral } x(t)$. 一般情况下, 积分的解不唯一, 存在初值问题, 而积分的初值通常由物理意义来确定. 这里, 如果观测积分前后的数组的波形, 就会发现积分后增加了一个直流分量. 该分量的大小与数据采集的开始时刻有关, 如果不适当处理, 最后形成的磁滞回线则不可能关于横轴对称, 会向上或向下漂移.

要解决这个问题, 这里是使用滤波函数 Mean 先求出波形的中值, 再从原数组中减去该值. 再将这两条路中的数据都送到同一数组中, 经过循环结构 For loop , 循环采集 10 次, 即采集 10 个周期, 每次采集 100 个点, 共采集 1000 个样本. 这样处理后的数据大致上可以与另外一路数据一起形成磁滞回线了. 但形成的曲线太粗, 效果不太好. 实际上, 由多个信号周期产生的多条磁滞“环线”是不完全重合的, 有一些偏差. 采集的中间过程, 会出现很多不确定的情况. 这种测量的不确定性或分散性是难以避免的, 需要对结果做适当的处理. 考虑到这里的信号具有明显的周期性、重复性, 而噪声或偏差是随机的, 因而采用如下求平均值的方法来解决这个问题.

图 5 右边的循环结构将 1000 个样本等分为 10 段, 用 $\text{Array}(0, 99)$ 表示数组 Array 的第 0~99 列元素构成的子数组, 那么它的算法实际上就是 $\text{Array}(0, 99) + \text{Array}(100, 199) + \dots + \text{Array}(900, 999)$ 通过这种方法, 测量结果中迭加的噪声可被较好地抑制, 从而使信噪比得到了一定的提高^[3].

3 铁磁材料磁滞回线测量结果

本实验选取两种不同的铁磁质, 一是环形铁心自绕线圈, 二是硅钢片心的线绕变压器, 经过实验和调试, 最后由计算机采样进行分析, 得到如图 6 两种典型的磁滞回线.

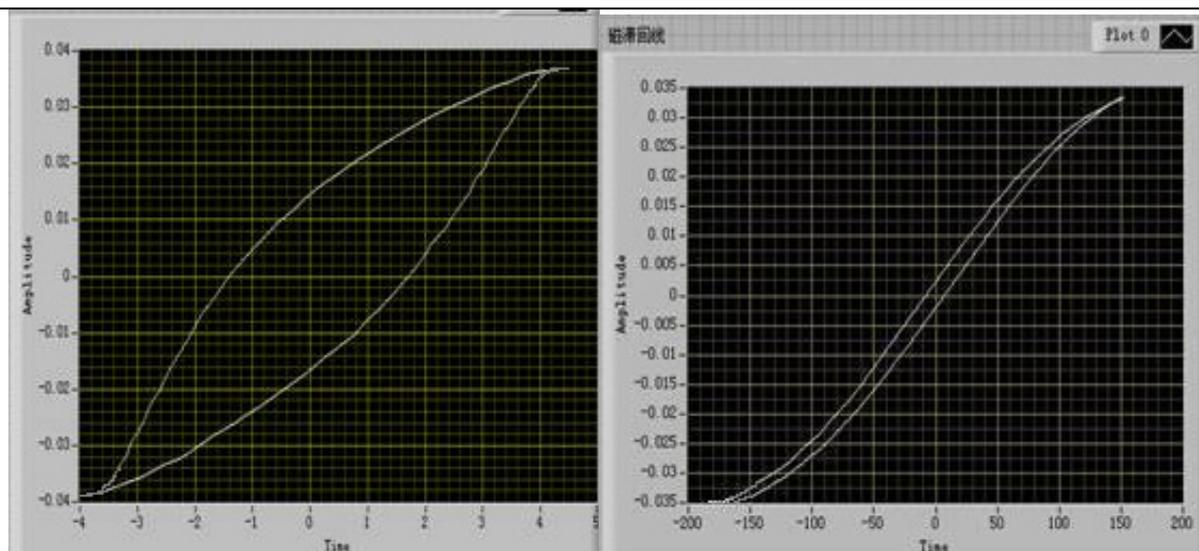


图 6 环形铁心和硅钢片心的磁滞回线

结论：(1)不同的铁磁质材料的磁滞回线的形状不同，磁滞回线显得胖的是硬磁材料(即硅钢片心的线绕变压器)，显的瘦的是软磁材料(即环形铁心自绕线圈)；(2)当使用数值积分运算时，在积分运算的输出端可能会发现信号中出现了一些不应当有的成分，例如直流项，周期长度超过样本序列长度的非常缓慢变化的周期项等。消除这些项必须采取合适的算法，最常用的拟合方法有平均斜率法和最小二乘法，其中平均斜率法可用来消除信号中的线形趋势项。

参考文献：

- [1] 雷 勇. 虚拟仪器设计与实践[M]. 北京：电子工业出版社，2004.
- [2] 周其湛. 虚拟仪器与 LabVIEW7Express 程序设计[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2004.
- [3] 侯国屏，王 琳. LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M]. 北京：清华大学出版社，2005.

Measurement of Ferromagnetic Material Hysteresis Loop with Virtual Instrumen

ZHANG Qi-chao

(Department of Physics & Electronic Information Technology, Xiangfan University, Xiangfan 441053, China)

Abstract: Aiming at the measuring of ferromagnetic material hysteresis loop, NI LabVIEW graphical programming language is employed to design a virtual instrument which consists of front panel, procedures diagram and external collecting circuit. It can be used to observe output images intuitively and it has a measurement accuracy to some degree. At the same time, it is a testing system which can be stored for utilizing at anytime to make a systematic analysis .

Key words: Ferromagnetic materials; Virtual instrument; Hysteresis loop