**实验39用微机观测交流磁滞回线**

软磁材料在电机、电器和仪表的设计制造中有广泛用途，其交流磁特性可以从交流磁化曲线和交流磁滞回线的形状和面积上集中表现出来，通过观测交流磁化曲线和交流磁滞回线，能够较完整地了解软磁材料的磁特性，这对研究软磁材料的性能及其应用有非常重要的意义。测量磁性材料的动态磁滞回线方法较多，用示波器法测量动态磁滞回线的方法具有直观、方便、迅速以及能够在不同磁化状态下（交变磁化及脉冲磁化等）进行观察和测量的独特优点，本实验用微机模拟示波器，克服了普通示波器所不具备的存贮、计算和打印功能的缺陷，使交流磁滞回线的观测十分方便。

**【实验目的】**

1.了解软磁材料在交变磁场中的磁特性；

2.了解软磁材料的基本动态磁性参数；

3.学习用微机观测交流磁滞回线的方法。

**【实验原理】**

交流磁滞回线，通常简称交流回线。在交流磁化过程中，不同的交流幅值磁场强度*Hm*有不同的交流回线，各交流回线顶点的轨迹称为交流磁化曲线或简称*Bm*-*Hm*曲线，*Bm*称为幅值磁感应强度。当交流幅值磁场强度达到饱和磁场强度*Hs*时，*Bm*不再随*Hm*的增大有明显变化，此时*Bm*-*Hm*关系呈现为一条趋于平直的可逆曲线，交流回线的面积不再随*Hm*的增大而变化，这时的回线称为极限交流回线。由极限交流回线可确定材料的饱和磁感应强度*Bs*、交流剩余磁感应强度*Ｂr* 、交流饱和矫顽力*Ｈc* (如图1所示)。幅值相对磁导率*μa*则可由交流磁化曲线，按下式求得：

 (1)

 其中：$μ\_{0}$为真空磁导率，其值为$4π×10^{-7}T∙m/A$ (特斯拉·米/安培)



**图39-1 交流磁滞回线**

仿照静态磁化的初始磁导率和最大磁导率，也可把交流磁化时的*μai*和*μam*称为初始磁导率和最大幅值磁导率（如图39-2所示）。*Ｂs*、*Ｂr*、*Ｈc*、*μai*和*μam*合称为交流回线参数，也是软磁材料的基本动态磁性参数。



*H*m(A/m )

当材料沿着磁滞回线经历磁化—去磁—反向磁化—反向去磁的循环过程中，由于磁滞效应要消耗额外的能量，并且以热量的形式耗散掉，这部分能量叫做磁滞损耗。一个循环过程中单位体积磁性材料的磁滞损耗正比于磁滞回线围成的面积。因此，把交流磁化一周形成的磁滞回线围成的面积定义为铁心损耗Ｗ，即：

**图39-2 －和－曲线**

***μa–Hm***

 （2）

铁心损耗其大小与磁化频率*ｆ*和幅值磁感应强度*Bm*有关。通常在不同的*Bm*值情况下，测定*Ｗ*随*ｆ*变化的曲线族，来反映*Ｗ*随*Bm*和*ｆ*的变化关系。

 **图39-3 实验线路图**

实验仪器的线路图如图3所示。待测样品E1为型矽钢片，*N*为励磁绕组，*n*为用来测量磁感应强度*B*而设置的大绕组。*R*1为励磁电流取样电阻，设通过*N*的交流励磁电流为*I*，根据安培环路定律，样品的磁化强度：

 (3)

上式中，则：

  (4)

上式中的*N*、*L、R1*均为已知常数，所以只要知道，就可以确定。

在交变磁场下，通过测量绕组*n*和电路的电压值，可以获得样品的磁感应强度瞬时值*B*。其原理如下，根据法拉第电磁感应定律，由于样品中的磁通量的变化，在测量线圈中产生感生电动势的大小为：

  (5)

 其中，则磁感应强度为：

 (6)

为样品的截面积。如果忽略自感电动势和电路损耗，则回路方程为：

  (7)

 式中，为感生电流，为积分电容两端的电压,设在内向电容的充电电量为，则：

  (8)

如果选取足够大的和，使,则

= (9)

由(6)、(9)两式可得：

  (10)

上式中的、、和均为已知常数。所以由可以确定。

 综上所述，将图3中的和连接到测试仪的信号输入端，便可以观测到样品的*B*-*H*曲线，利用*B*-*H*曲线便可以测量出样品的其他参数。

**【实验仪器】**

微机和HLD-ML-III型微机型磁滞回线测试仪。

**【仪器介绍】**

1. HLD-ML-III型微机型磁滞回线测试仪：通过与计算机相连接，对实验过程进行数据采集，可以完整地描绘出待测材料的磁滞回线。

**【预习思考题】**

1.软磁材料在交变磁场中有什么特性？

2.软磁材料的磁滞回线与硬磁材料的磁滞回线有什么区别？

**【注意事项】**

1.确认电路连接正确后再开始实验；

2.调节磁化电流时，磁化电流要单调增大或减小，数据采集后要快速调回磁化电流。

**【实验内容与步骤】**

本次实验是把数据采集到微机里进行测量，微机采集数据操作步骤如下：

（1）电路连接：按照实验仪器上所给的电路图正确接线，选择合适的电阻,“选择”置于0位置。

（2）样品退磁：开启实验仪电源，顺时针方向转动“选择”旋钮，令从零增到3V，然后逆时针方向转动旋钮，将从最大值降到0，确保样品处于磁中性状态，即。

（3）打开微机中磁滞回线3.0测试软件，填写自己的个人信息，根据具体情况选择实验组数、样品、“选择”、以及“选择”参数，选择一个大于2的串口并点击“打开串口”按钮。

（4）开启测试仪电源，仪器数码屏上显示：“HLD”字样，此时按一下测试仪面板上的“功能”键，测试仪面板上数码屏的左窗显示“STA”，表示测试仪进入等待采样状态。

（5）按测试仪上“确认”键，数码屏上显示“”，等待几秒钟后，左窗显示“Good”，多次切换“功能”键，直到显示“Pc”联机实验状态。

（6）在磁滞回线3.0测试软件中点击“开始实验”按钮，微机采集数据存储，在“页面切换”菜单下，可以选择用“*H*曲线”、“*B*曲线”、“*H*-*B*曲线”、“数据”四种界面来查看相应的测试结果。

**测量内容及步骤**

1. 两种样品曲线以及铁芯损耗W的测定。

对样品退磁后，R1选择“2.5”并依次选择，用微机分别采集不同电压值对应的回线（微机采集数据操作如上），页面切换到“*H*-*B*曲线”界面，利用微机光标移动测量和值，并记录到表格1中。用鼠标点击软件当中的“*B*—*H*面积”按钮，微机将自动计算出回线面积即铁芯损耗率*W*，并记录到表1中。

数据处理：根据测量值，分别计算出样品1和样品2对应的十组相对磁导率*μa，*做出Bm—Hm曲线和*μa—*H*m*曲线，根据拟合曲线确定*μai*和*μam*。做出W—Bm曲线。

2.两个样品的饱和磁感应强度、剩余磁感应强度、交流饱和矫顽力Hc的测定。定性观察比较样品1和样品2极限磁滞回线。

（1）将实验仪上面的“选择”和“选择”分别设置为“3.0”和“2.5”。

（2）用微机分别采集样品1和样品2的磁滞回线，分别记录于实验数据1和实验数据2。

（3）分别在“*H*-*B*曲线”界面下显示数据1和数据2的曲线，通过移动光标测定两个样品的饱和磁感应强度、剩余磁感应强度、交流饱和矫顽力Hc。并记录到表格2。

（4）在“显示”菜单下选择“同时显示数据1和数据2”，结合上面两部分测量内容，观察比较样品1和样品2极限磁滞回线。

**【实验数据记录及处理】**

**表1 两种样品的幅值磁感应强度、幅值磁场强度和铁心损耗率**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 样品1 | 样品2 |
|  *U*（V） |  | （T） | W（J） |  | （T） | W（J） |
| 0.5 |  |  |  |  |  |  |
| 1.0 |  |  |  |  |  |  |
| 1.2 |  |  |  |  |  |  |
| 1.5 |  |  |  |  |  |  |
| 1.8 |  |  |  |  |  |  |
| 2.0 |  |  |  |  |  |  |
| 2.2 |  |  |  |  |  |  |
| 2.5 |  |  |  |  |  |  |
| 2.8 |  |  |  |  |  |  |
| 3.0 |  |  |  |  |  |  |

**表2 饱和磁感应强度、交流剩余磁感应强度以及交流饱和矫顽力**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Bs（T） | Br（T） |  |
| 样品1 |  |  |  |
| 样品2 |  |  |  |

【思考题】

1.与传统示波法相比，用微机观测交流磁滞回线有哪些优缺点？

2.磁化电流的大小要单向调节，逐渐从零增加，或从极限回线时逐渐减小，为什么？

3.交流回线的形状与那些因素有关？根据测量数据说明样品1和样品2的相似和区别。

**【参考文献】**

[1]王植恒,何原,朱俊.大学物理实验[M].北京:高等教育出版社,2008:270-282

[2]孙晓华,任稳柱.基于虚拟仪器技术的磁特性自动测试仪的研制[J].高压电器,2004,40（2）:101-103

[3]刘少杰,于健,王旭东.测量铁磁材料的交流磁化曲线及磁性参量[J].物理实验,2005,25（1）:39-40