

教师签字

总成绩

(注: 为方便登记实验成绩, 班号填写后5位, 请大家合作。)

实验(31) 用示波器观测动态磁滞回线

一. 实验目的

1. 观察铁磁材料磁化过程的不可逆性, 加深对磁滞回线、磁化曲线以及剩磁、矫顽力等概念的理解;
2. 学习用示波器观测铁磁材料磁滞回线的方法。

二. 实验原理

1. 铁磁材料的磁滞现象: 当将一块未磁化的铁磁材料置于磁场中时, 它将被磁化。磁化开始时, 磁感应强度 B 随磁场强度 H 的增加而增加, 称为起始磁化曲线。当 H 增加到一定值时, B 的增加趋于缓慢, 逐渐达到饱和。此时如果将 H 由 H_m 变到 $-H_m$, 再变回 H_m , B 将随 H 的变化而变化, 形成一条闭合曲线, 这就是一条“磁滞回线”。铁磁材料经磁化以后就显示出明显的“磁滞”现象。如果想使 B 变为零, 必须加一反向磁场 $-H_c$ (“矫顽力”)。如果将材料置于周期性变化的磁场中, 它将被反复磁化, 由此得到动态磁滞回线。如果由小到大选取不同的最大磁场强度 H_m , 则可得到一系列由小到大的磁滞曲线。将这些曲线的顶点连接起来, 得到的 $H-B$ 曲线称为铁磁材料的基本磁化曲线。

2. 示波器显示动态磁滞回线的原理 (电路图见下页)

当绕在铁芯的原线圈 N 通过交变电流 i 时, 在环形铁芯内产生的磁场强度 H 与副线圈 n 中产生的交变电动势 e_2 分别为 $H = \frac{N}{l} i$, $e_2 = -n \frac{dB}{dt} = -nA \frac{dB}{dt}$ 。将 R_1 上的电压 U_{R1} 接到 X 轴输入端, $H = \frac{N}{l} \frac{U_{R1}}{R_1}$

$$\therefore dB = \frac{R_1 C}{nA} dU_{R1} \quad B = \frac{R_1 C}{nA} U_{R1}$$

三. 实验主要步骤或操作要点

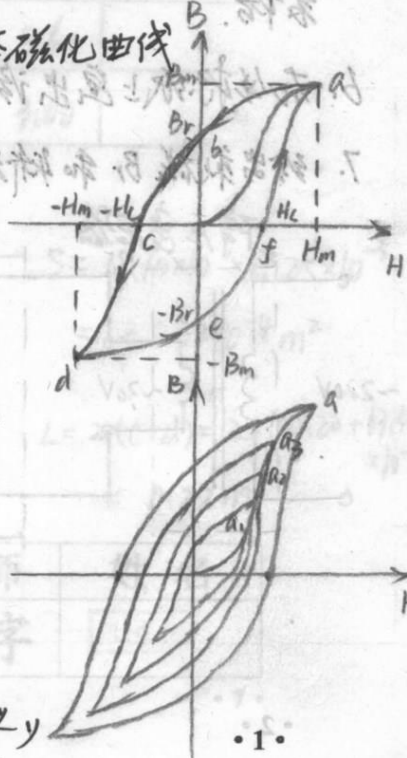
将 U_{R1} 和 U_{R2} 分别接入 X 和 Y 输入

端时, 示波器屏上都可以显示出—条稳定的磁滞回线

3. 磁滞回线的测绘

首先对 X 轴和 Y 轴的分度值进行定标。在未加电压情况下, 将示波器光点位置调至荧光屏中心, 作为测试曲线原点。

$$U_{R1} = U_x = D_x \cdot x \quad U_{R2} = U_y = D_y \cdot y \quad \therefore H = \frac{ND_x}{lR_1} x \quad B = \frac{R_1 CD_y}{nA} y$$



1. 连接实验电路。通电前将示波器光点调至荧光屏中心。选择合适的 R_1, R_2 值；调节调压器，使电压从最小调至较大，观察示波器上显示的磁滞回线。如果曲线显示在二、四象限，可将 Y 轴输入的两端对调，使磁滞回线倾向于 -、三象限。再调节示波器两个轴的灵敏度，使磁滞回线大小适当。

2. 测绘基本磁化曲线

从零开始，由小到大调节所加电压，得到一系列磁滞回线，分别测出这一系列磁滞回线在第一象限的顶点的坐标，列成表格。

3. 测绘磁滞回线

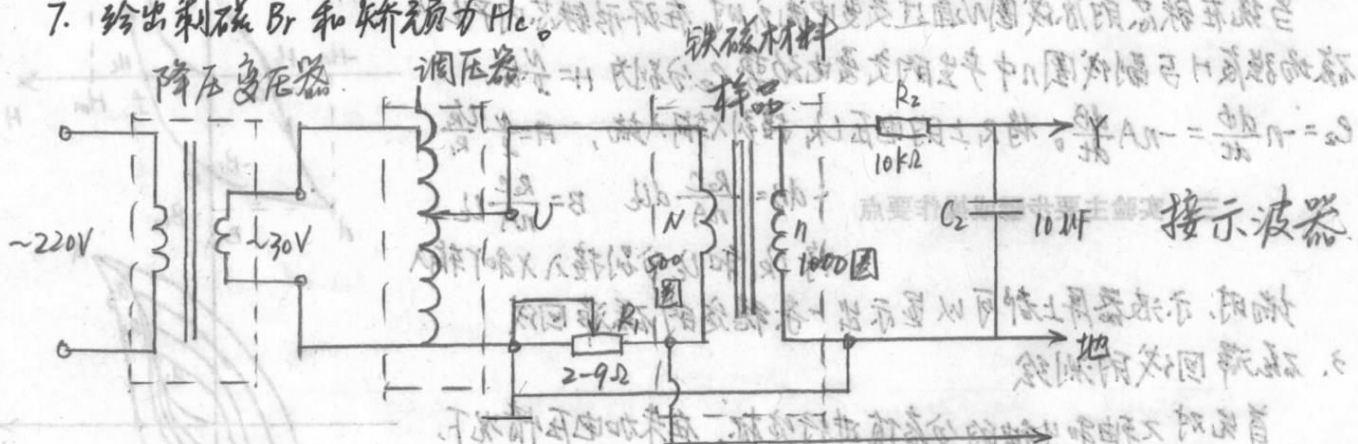
调节示波器的灵敏度和调压器所加电压，以获得面积较大而畸变较小的一条饱和磁滞回线。读出线上各点的坐标，列成表格。

4. 确定荧光屏刻度线分度值 D_x 和 D_y

5. 分别计算出基本磁化曲线以及磁滞回线对应各点的 H 值和 B 值，列成两个表格。

6. 在坐标纸上画出该铁磁材料的基本磁化曲线和饱和磁滞回线

7. 给出剩磁 B_r 和矫顽力 H_c 。



四. 实验数据

原始数据记录的是电阻 R_1 两端电压 (U_{R_1} -X轴) 和电容 C 两端电压 (U_C -Y轴)

根据公式 $H = \frac{N \cdot U_{R_1}}{l R_1}$ $B = \frac{R_2 C U_C}{n A}$ 将其换算为 B 与 H 数据坐标点.

其中 $l = 0.22m$, $A = 3.23 \times 10^{-4} m^2$, 数据表如下:

基本磁化曲线数据表

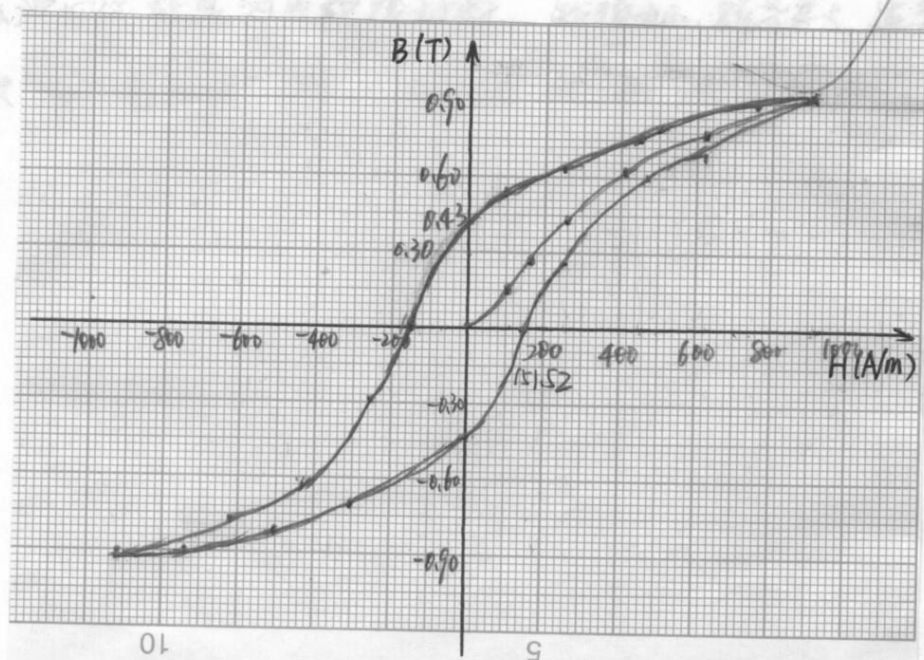
H值 (A/m)	0.00	101.01	151.52	252.53	404.04	606.06	909.09
B值 (T)	0.00	0.15	0.28	0.43	0.65	0.77	0.93

动态磁滞回线数据表

H值 (A/m)	909.09	757.58	505.05	454.55	252.53	101.01	0.00	-75.76	-151.52
B值 (T)	0.93	0.87	0.80	0.77	0.67	0.56	0.43	0.31	0
H值 (A/m)	-252.53	-429.29	-606.06	-909.09	-757.58	-505.05	-252.53	0.00	151.52
B值 (T)	-0.28	-0.62	-0.77	-0.93	-0.87	-0.80	-0.68	-0.43	0
H值 (A/m)	252.53	429.29	606.06	757.58	909.09				
B值 (T)	0.28	0.62	0.77	0.87	0.93				

五. 数据处理

饱和磁滞回线与基本磁化曲线



由数据点和磁滞回线图象可知剩磁 $B_r = 0.43\text{T}$, 矫顽力 $H_c = 151.52\text{A/m}$

$$\text{剩磁 } B_r = \frac{R_2 C U_c}{n A} = \frac{10^4 \times 10 \times 10^{-6} \times 1.40}{10^3 \times 3.2 \times 10^{-4}} = 0.43\text{T}$$

$$\text{矫顽力 } H_c = \frac{N \cdot U_{R1}}{l \cdot R_1} = \frac{500 \times 0.60}{0.22 \times 9} = 151.52\text{ A/m}$$

由图可知, 随着电压从零逐渐增大, 磁场强度逐渐增强, 磁感应强度 B 随 H 增加而增加, 到一定值时, B 的增加趋于缓慢, 最终到达饱和. B 的变化总是落后于 H , 剩磁为 0.43T , 矫顽力 151.52 A/m .

0	15.0	45.0	82.0	110.0	155.0	200.0	250.0	300.0	(T) B
52.121	00.0	52.525	70.202	82.525	90.909	100.000	105.82	112.525	(mA) H
0	55.0	83.0	108.0	130.0	150.0	170.0	190.0	210.0	(T) B
				90.909	82.525	100.000	105.82	112.525	(mA) H
				55.0	78.0	110.0	150.0	185.0	(T) B

六. 实验结论及现象分析

现象分析:

1. 较宽的磁滞回线意味着磁化过程中能量损耗大, 较窄的磁滞回线意味着磁化过程中能量损耗小。在需要反复磁化和退磁的应用场合, 希望所用材料的磁滞回线窄。
2. 将磁性材料置于交流电磁铁形成的磁场中, 从零逐渐加大励磁线圈的电流, 该磁性材料的磁感应强度从零逐渐加大, 但变化率逐渐减小, 直至饱和; 如果反过来, 使电流从最大减小至零, 磁感应强度逐渐减小直至为零, 完全退磁。
3. 若测得的 $H-B$ 曲线关于原点不对称, 则可能磁性材料本身有剩磁。
4. 若磁滞回线很小, 应调节 Y 轴灵敏度或调节励磁电源的电压。
5. 若磁滞回线上没有出现饱和段, 应增加原线圈的励磁电压, 直至出现饱和现象。
6. 若磁滞回线畸变较大, 可能电路连错或导线接触不良。

七. 讨论问题

1. 答: 磁滞回线较宽的为硬磁材料, 剩磁大, 矫顽力大, 适用于制作永久磁铁等;

磁滞回线较窄的为软磁材料, 矫顽力小, 磁导率大, 适于制作电磁铁、变压器等。