

电磁场实验的有关数据

2016.5

实验一：球形载流线圈的场分布与自感

- 磁通球轴线上磁感应强度 B 的分布：

1) 霍尔效应高斯计的读数：在 $I=1\text{A}$ （直流或交流 $f=5\text{ KHz}$ 时的有效值）激磁情况下，分别约为 10Gs （注：在交流激磁情况下，高斯计测得的为 B_{av} ，故对应的 B （有效值） $=B_{\text{av}}/0.9=11.1\text{Gs}$ ）。

注：交流电流的频率 5 kHz 是标称值，应该用示波器的测量功能测量后进行相关数值的计算。具体设备的频率大概在 $4.9\text{ kHz} - 5.1\text{ kHz}$ 的范围内。

2) 感应电势法的测试线圈读数：在 $I=1\text{A}$ （交流有效值）， $f=5\text{ KHz}$ 的激磁情况下，感应电势 E （有效值） $\approx 70\text{ mV}$ ，由此算得磁感应强度（有效值）为

$$B = \frac{E}{2\pi f S N_1} = \frac{70 \times 10^{-3}}{2\pi \times 5 \times 10^3 \times 2.199 \times 10^{-5} \times 90} = 11.26\text{Gs}$$

式中，测试线圈在相比原来适当增加了匝数，具体参数修正为： $R_1=1.0\text{ mm}$ ，

$R_2=4.0\text{ mm}$ ， $N_1=90$ ，故其等效截面积

$$S = \frac{\pi}{3} (R_1^2 + R_1 R_2 + R_2^2) = 2.199 \times 10^{-5} \text{m}^2$$

由此可得，应用感应电势法测得的磁感应强度（平均值）为

$$\begin{aligned} B_{\text{av}} &\approx 0.9B = 0.9 \times 11.26\text{Gs} \\ &= 10.1\text{Gs} \end{aligned}$$

3) 由此即可在交变磁场条件下，对上述两种测磁方法作出实测结果之间的对比。

4) 理论值：

- 位于轴线（ $0 \leq r \leq 5\text{cm}$ ， $\theta=0$ 和 $0 \leq r \leq 5\text{cm}$ ， $\theta=\pi$ ）上的磁感应强度 B 的理论值，按式（1-3），可得为

$$\begin{aligned} B_1 = \mu_0 H_1 &= \frac{\mu_0 N I}{3R} e_r = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 131 \times 1}{3 \times 5 \times 10^{-2}} e_r \\ &\approx 10.97 e_r \text{Gs} \end{aligned}$$

- 位于“赤道”（ $r=5\text{cm}$ ， $\theta=\pi/2$ ）处的磁感应强度 B 的理论值，按

式 (1-2), 可得为

$$\begin{aligned} B_2 &= \mu_0 H_2 = \frac{\mu_0 NI}{6R} e_\theta = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 131 \times 1}{6 \times 5 \times 10^{-2}} e_\theta \\ &\approx 5.49 e_\theta \text{ Gs} \end{aligned}$$

● 磁通球自感系数 L 的分析:

1) 自感系数 L 的理论值:

由式 (1-4) 可得磁通球自感系数 L 的理论值为

$$\begin{aligned} L &= \frac{2}{9} \pi N^2 \mu_0 R = [2\pi \times (131)^2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 10^{-2}] / 9 \\ &= 0.7528 \times 10^{-3} \text{ H} \end{aligned}$$

2) 自感系数 L 的实测值:

在 $I = 0.5 \text{ A}$, $f = 5 \text{ KHz}$ 的激磁情况下, 测得电感两端电压峰峰值大致在 $28 \text{ V} \sim 30 \text{ V}$ 之间, 以及无感采样电阻 $R = 0.5 \Omega$ (该值为标称值) 上两端电压峰峰值大致在 $0.7 \text{ V} \sim 0.9 \text{ V}$ 之间。以电流源显示更精确考虑, 取电感上的电压降 $U_{Lm} \approx 14.5 \text{ V}$, $I_m \approx 0.707 \text{ A}$, 由此可知磁通球自感系数 L 的实测值为

$$\begin{aligned} L &= \frac{U_{Lm}}{\omega I_m} = \frac{14.5}{2\pi \times 5 \times 10^3 \times 0.707} \\ &= 0.653 \times 10^{-3} \text{ H} \end{aligned}$$

实验二: 磁悬浮

● 悬浮高度 h 与激磁电流 I 的相应关系:

当悬浮高度 $h = 3 \text{ cm}$ 时, 按式 (2-3) 可得激磁电流 I 的理论值为

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{\frac{2Mgh}{L_0}} = \sqrt{\frac{2 \times 3.1 \times 9.81 \times 3 \times 10^{-2}}{8.875 \times 10^{-3}}} \\ &= 14.34 \text{ A} \end{aligned}$$

式中, 参数 $L_0 = \mu_0 a N^2 = 4\pi \times 10^{-7} \times [(31+195) \times 10^{-3} / 2] \times (250)^2 = 8.875 \times 10^{-3} \text{ H}$

● 铝板的透入深度 d :

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \gamma}} = \sqrt{\frac{2}{314 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 3.82 \times 10^7}} \\ &\dots \approx 11.52 \text{ mm} \end{aligned}$$