

浙江大学实验报告

专业： 电子信息工程

姓名： 邢毅诚

学号： 3190105197

日期： 2021-3-8

地点： 东三-206

课程名称： 电网络分析

指导老师： 姚纓英

成绩：

实验名称： 互感参数的测量

实验类型： 验证实验

同组学生姓名： 无

一、 实验目的

- (1) 了解互感以及自感的基本测量方法
- (2) 了解互感以及自感的测量原理
- (3) 掌握分析互感测量中误差传递的方法

二、 实验基本内容

- (1) 测量互感线圈同名端，及其电路参数 ($L_1/L_2; M$)
- (2) 设计完整的实验方案，包括实验接线图、测量数据的记录表格以及误差分析的过程
- (3) 分析实验中的误差传递

三、 注意事项

- (1) 实验开始前，对互感线圈做通断检查
- (2) 为保护互感，加入 220V/16V 变压器，变压器需要正确接线 (如果没有变压器，可以选择将三相交流电旋钮调节至对应数值，并保持不变)
- (3) 外线圈 L_1 最大允许电流为 500mA，内线圈 L_2 最大允许电流为 300mA，在使用的时候需要注意最大电流不能超过线圈的最大限流
- (4) 实验过程中，通电线圈的温度变化主要影响线圈的电阻，电阻的测量应在使用交流伏安法测量结束后进行，才可以表征当时线圈的温升变化和参数

四、 实验原理

1. 二次测开路伏安法

使用二次测开路伏安法测量自感以及互感的电路图如下图所示：

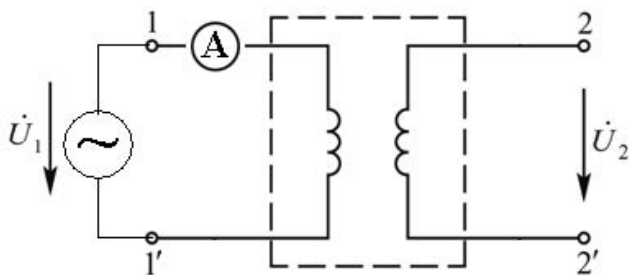


图 1: 二次侧开路伏安法电路图

使用电压表和电流表分别测量两端的电压以及电流之后，在使用万用表测量或者直流伏安法测量线圈两端的电阻，即可计算出二者的自感以及互感：

其中：

$$L_1 = \frac{\sqrt{(\frac{U_1}{I_1})^2 - R_1^2}}{\omega} \quad (1)$$

$$L_2 = \frac{\sqrt{(\frac{U_2}{I_2})^2 - R_2^2}}{\omega} \quad (2)$$

$$M = \frac{U_2}{\omega I_1} \quad (3)$$

其中，M 也可以使用 L_2 端的电压进行测量：

$$M = \frac{U_1}{\omega I_2} \quad (4)$$

其中， ω 为三相交流电的频率，即 50Hz

2. 正向串联/反向串联伏安法测量

将 L_1, L_2 按照下列电路图进行正向串联或者反向串联：

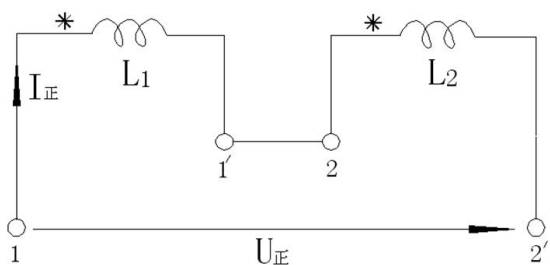


图 2: 正向串联

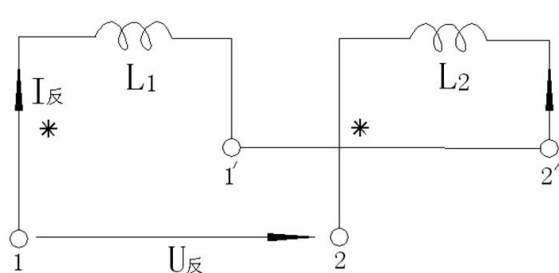


图 3: 反向串联

其中，正向串联，反向串联时的互感计算方式分别为：

$$M_2 = M_{\text{正}} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{\omega_{\text{正}}} \sqrt{\left(\frac{U_{\text{正}}}{I_{\text{正}}} \right)^2 - (R_1 + R_2)^2 - (L_1 + L_2)} \right] \quad (5)$$

$$M_3 = M_{\text{反}} = -\frac{1}{2} \left[\frac{1}{\omega_{\text{反}}} \sqrt{\left(\frac{U_{\text{反}}}{I_{\text{反}}} \right)^2 - (R_1 + R_2)^2 - (L_1 + L_2)} \right] \quad (6)$$

其中， L_1, L_2 为使用二次测开路伏安法测量得到的两个线圈的自感

另外，在测得正向串联的电感以及反向串联的电感之后，我们可以进而计算出相应的自感，进而可以根据公式：

$$M_4 = \frac{1}{4}(L_{\text{正}} - L_{\text{反}}) \quad (7)$$

3. 示波器观测-相量伏安法

相量伏安法测量电路元件阻抗的电路图如下图所示：

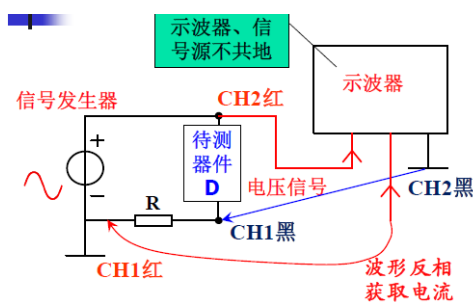


图 4: 伏安测量法测量电阻

按照电路图连接电路后，我们通过 CH2 获取电压 U_D ，并通过 CH1 采样获得电流，并使用 YT 模式直接读取 CH2 与 CH1 的相位差，进而可以计算出

$$|Z| = \frac{RU_D}{U_R} \quad (8)$$

阻抗角即为相位差。在使用此方法时，我们要求信号源的地与示波器的地可以分离，否则不能使用此方法，另外，示波器两个通道内部要求双踪共地。

4. 示波器观测-谐振法

谐振法测量电路元件阻抗的电路图如下图所示：

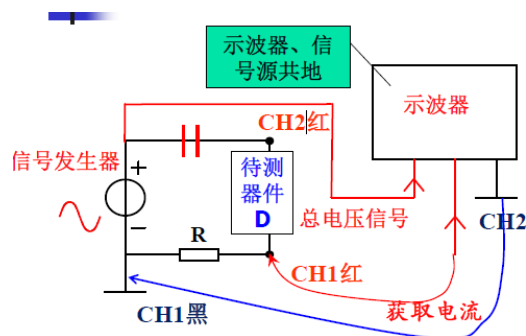


图 5: 电压三角形法测量电阻

按照要求连接电路，我们可以使用 CH2 获取总电流，并使用 CH1 获取采样电流，调节信号源输出频率直至谐振，并记录谐振时的频率，并根据谐振频率测量电感：

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} \quad (9)$$

五、 实验内容

1. 二次测开路伏安法

使用二次测开路伏安法测得数据如下所示：

端口	1 端	2 端
U1	9.78	9.58
U2	1.58	1.83
I1	0.318	0.368

表 1: 二次开路伏安法数据

另外，测得 1 端电阻 $R_1 = 17.6\Omega$, $R_2 = 24.9\Omega$

带入数据，计算得： $L_1 = 0.080H$, $L_2 = 0.024H$, $M_{\text{正向}} = 0.016H$, $M_{\text{反向}} = 0.016H$

经计算二者数据大致相同，因此我们可以认为测量实验结果较为准确，且线圈耦合较好。

2. 正向串联/反向串联伏安法测量

使用正向串联/反向串联伏安法测得数据如下所示：

测量方向	正向测量	反向测量
U 正	5.2	5.18
I 正	0.091	0.113

表 2: 正向串联/反向串联伏安法测量数据

计算得 $M_2 = 8.79 \times 10^{-3}$, $M_3 = 0.0247H$, $M_4 = 0.016H$ ，比较正向测量与反向测量发现二者相差极大，原因可能在于正向串联与反向串联时造成了互感的改变，而使用二者差值进行计算所得到的数值

与使用二次测开路伏安法的数据大致相同，因此可以认为方案 4 比较合理

3. 示波器观测-相量伏安法

使用相量伏安法测量得到数据如下所示：

频率/Hz	电阻	U1	U2	相位差
100	100	3.04	1.6	2.51

表 3: 向量伏安法实验数据

计算得 $L_1 = 0.099H$ ，与两次测开路伏安法的数据大致相同。

4. 示波器观测-谐振法

测得谐振时的频率 $f = 184Hz$ ，又选取电容为 $C = 10\mu F$ ，因此可以计算出电感为： $L_1 = 0.075H$ ，与两次测开路伏安法的数据大致相同，可以认为实验正确。

六、心得与体会

在本次实验中，我们进行了互感参数测量的实验，并进一步了解了使用示波器测量待测元件的方法。在本次实验中，需要尤为注意的一点便是：线圈的电流分别不能超过 500mA 和 300mA，在使用的时候需要尤为注意。在本次实验中，我因为失误，错误的把第二个线圈接通了略大于 300mA 的电流，而数据也出现了较大的偏差，因此在做实验的时候需要尤为注意。