电磁感应实验报告

摘要：本实验从电路、耦合线圈以及涡流效应几方面入手，探究电磁感应原理的应用问题。实验测量计算了线圈的感抗和电阻、互感系数与耦合常数、等效阻抗以及涡流效应损耗的能量。

关键词：电磁感应，自感，互感，涡流效应

1. 实验目的
2. 学习测量线圈的感抗和电阻以及耦合线圈的互感系数和耦合常数，加深对电路以及线圈耦合的理解。
3. 学习等效感抗，探求等效感抗与反射电抗之间的关系。
4. 学习涡流效应，了解涡流效应的应用和危害。
5. 实验原理
6. 电路

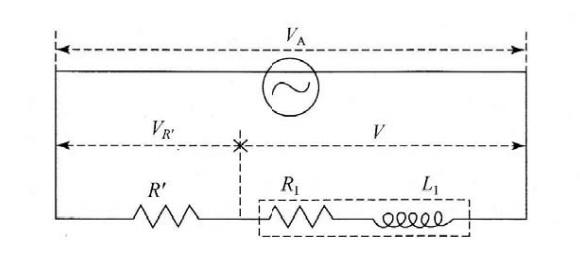
设电路中的电流，则电阻上的电压降为，电感上的电压降为。令，称为感抗，则容易证明电路上的电压为，其中，为阻抗，。

设一个周期内电压和电流的有效值分别为和，则，即。

1. 线圈感抗和电阻的测量

对交流电电流和电压的测量一般测的是有效值。

由上述分析可以得到：。



如图所示的电路中，满足有关系。从而可以求：

1. 耦合回路

对于由两个线圈组成的耦合回路，电路中的能量一部分消耗在初级线圈的电阻上，一部分消耗在次级线圈的电阻上。对于自感系数为的线圈，当流过其的电流的有效值为时，它在磁场中的储能为。

在初级和次级线圈中消耗的总能量可以等效为在初级线圈的等效电阻上的能量。设初级线圈的等效电阻值为，等效电感为，其与次级线圈的反射电阻和反射电感有关。

所以，在初级线圈中反射电阻所消耗的功率等于次级回路中电阻上消耗的功率，即。

类似地，反射感抗和次级回路中的感抗满足：。

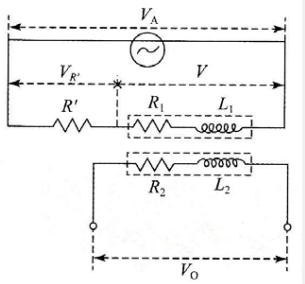
另外，当初级线圈中的电流发生变化时，次级线圈中产生感应电动势。由基尔霍夫定律，可以得到方程。其中为次级回路中的阻抗，当无限大时，感应电动势相当于作用在开路上。

1. 实验仪器

正弦波发生器 数字万用表 电阻板 铝棒 耦合线圈

1. 实验过程
2. 测量无芯线圈和铝芯线圈的电阻和电感

如图所示连接电路，串联线圈1、电阻和正弦信号发生器。表示线圈1和的总电压（有效值），表示上得到电压（有效值），表示线圈1上的电压（有效值），表示线圈2上的电压（有效值）。



调节正弦信号发生器的输出有效电压为7，频率为。在电阻板上挑选的值，使得与的值大致相等。

（a）实验中调整到了欧，测量，，和：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （伏） | （伏） | （伏） | （伏） |
|  |  | 0 |  |

计算线圈1的电阻和电感：

欧

欧

欧

（b）将线圈1和线圈2的位置交换，测量，，和来计算得到和：

实验中调整到了欧。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （伏） | （伏） | （伏） | （伏） |
|  |  |  |  |

欧

欧

欧

（c）将铝棒插入线圈1中，重复步骤（a），计算线圈1的电阻和电感：

实验中调整到了欧。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （伏） | （伏） | （伏） | （伏） |
|  |  |  |  |

欧

欧

欧

（d）调换线圈1和线圈2，测量带铝芯线圈2的电阻和电感：

实验中调整到了欧。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （伏） | （伏） | （伏） | （伏） |
|  |  |  |  |

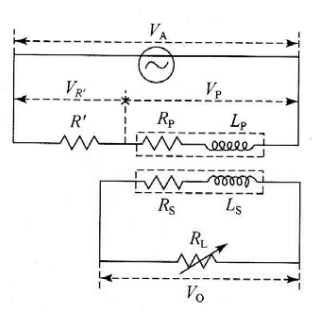
欧

欧

欧

1. 互感和耦合常数

具有自感系数的线圈中自感电动势为，平均储能为。对于两个耦合的线圈，如果线圈1中电流为，则该线圈中的磁通量为，其中为互感系数，且。如图连接电路。



由于初级线圈中电流改变而在次级线圈感应出的电动势为，则由基尔霍夫定律可得：，其中为次级线圈中的阻抗，。

由此可以得到线性关系表达式：。

其中可以由前一部分得出；，，所以。

改变的阻值，并测量每个的，，和，就可以作出一个线形图，其斜率可以用来计算互感系数，其截距可以用来计算次级线圈的感抗。

保持信号发生器的输出频率，输出有效电压不变。

调整为欧。

1. 无芯

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| （欧） | （欧） | （欧） | （欧） | （欧） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

由1.可知欧，以及，则计算整理后可得：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

斜率，截距。

则，欧。

1. 铝芯

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| （欧） | （欧） | （欧） | （欧） | （欧） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

由1.可知欧，以及，则计算整理后可得：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

斜率，截距。

则，欧。

1. 初级线圈的等效阻抗和次级线圈的若干反射物理量之间的关系

将线圈1和线圈2看作一个整体，采用前述方法可以计算线圈的等效电阻和等效电感：，，，。

由于初级线圈中反射电阻上消耗的功率等于次级回路中电阻上消耗的功率,所以：，即。类似地有反射电抗和次级回路中的感抗满足：,即，,其中由第一部分算出。则计算整理可得：

1. 无芯，欧，

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| （欧） | （欧） | （欧） | （欧） | （欧） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

作出随变化的曲线：

作出和的关系图：

有图可得在欧时，达到最大。

1. 铝芯，欧，

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| （欧） | （欧） | （欧） | （欧） | （欧） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

作出随变化的曲线：

作出和的关系图：

有图可得在欧时，达到最大。

1. 涡流效应

由于，，则。

已知当欧时，欧，欧；对于线圈1，欧，欧；对于线圈2，欧，欧。

则由计算可得：

线圈1：

线圈2：

铝芯的功率损耗。

当为欧，且由前面可知，，欧，欧，欧，则。

1. 思考讨论
2. 实验中数字万用表的示数波动？

可能是由于表笔松动，或者是仪器本身的缺陷，前者课在面包板上换一个插孔尝试 ，后者可通过反复开关机来调试。一定要等示数稳定后才能读数记录。

1. 为何信号发生器的输出电压与不同？

导线损耗、交流电下线圈的“阻流”作用。

1. 涡流探伤的原理？

当金属里有缺陷时，产生的感应电流与正常情况不同，由此可以探测出缺陷的位置。

1. 涡流的危害？

有本实验可以看到，由于涡流而损耗的功率大约为输入功率的，那么在大功率电器上就极有可能造成大涡流，导致电能损耗或者一些安全事故。因此要尽量避免这类情况的出现，使用铁芯支撑的叠压片可以减小涡流。

1. 原始数据

