

涡流现象及其综合应用演示仪

杨婉华 李德安 江敏丽

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2016-12-19)

摘要:在物理教学中,学生普遍对涡流现象的理解比较困难,而在教学过程中又缺少必要的演示装置.根据教学需要,以教材为出发点,对人教版及粤教版的高中《物理·选修3-2》中关于“涡流”这一节的教学内容当中涉及到的实验进行整合设计.本装置能够实现多种涡流实验的演示,包括涡流现象,影响涡流的因素,涡流热效应,减小涡流的方法,涡流的应用等.此外,本演示仪还能演示电磁感应与无线输电,并且效果良好.

关键词:涡流 涡流热效应 综合应用 演示仪

在粤教版教材高中《物理·选修3-2》当中,涡流作为特殊的电磁感应现象被安排在电磁感应一章的最后一节,教材内容与社会生活联系十分紧密.涡流产生在整块导体的内部,无法用电流表直接检验涡流的大小和方向,因此导致学生缺少对涡流的大小和方向的认识.历年来都有关于涡流的实验仪器涌现,但现有的装置普遍存在综合性不强,演示时间较长,没有说明导体外周长对涡流大小的影响等缺点.

1 实验装置的设计思路与原理

涡流的现象及其应用这一节涉及的实验较多,频繁更换仪器会耽误课堂进度,浪费宝贵的上课时间.本装置采取实验整合的思路,采用ZVS(零电压开关)逆变器电路为通电线圈提供高频电流,加快涡流热效应的产生.

涡流是导体在交变磁场中产生的环绕导体轴线一圈一圈流动的感应电流.当线圈通入高频交变电流时,线圈上的金属片产生涡流而发热.若在金属上涂上温变油墨,温变油墨便会随着金属温度的升高而变色,从而反映涡流的大小.ZVS(零电压开关)逆变器将直流输入逆变成高频交流电为线圈通电.高频电流能够在线圈周围产生高频交变磁场,高频交变磁场使金属产生很大的涡流.

2 演示仪的制作

2.1 制作材料和所需工具

制作材料:600 W 开关电源、洞洞板(2块)、100 μH 线圈(2个)、470 Ω 电阻(2个)、FR307 整流二极管(2个)、IN4742 稳压二极管(2个)、10 k Ω 电阻(2个)、IRFP260 场效应晶体管(2个)、0.33 μF 电容(12个)、2 μH 铜管线圈(2个)、大面积散热片(4片)、24 V 散热扇(1个)、空气开关、电流表、水泵、7 mm 硅胶管、接线柱(若干)、铜柱、导线若干、亚克力板、0.1 mm 紫铜片、铁片、铝片和纸片若干、60 mm \times 60 mm \times 20 mm 小木块(4块)等.

所需工具:螺丝刀、焊锡笔、焊锡、剪刀、松香、剥线钳等.

2.2 演示仪制作方法

(1) 制作 ZVS(零电压开关)逆变器,如图 1 电路图所示焊接逆感应加热电路.

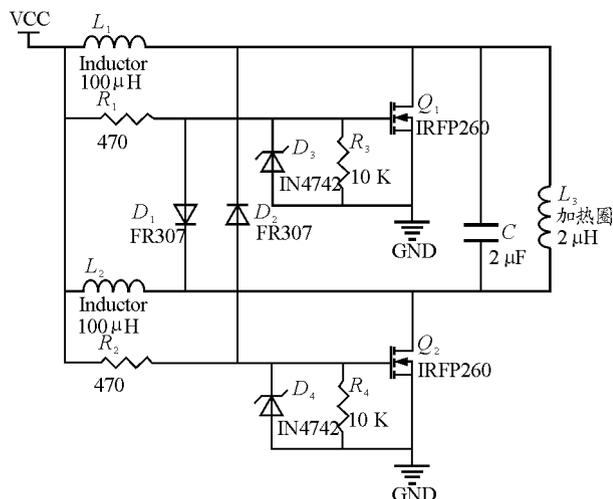


图1 感应加热电路图

(2) 按照如图 2 所示组装各装置.

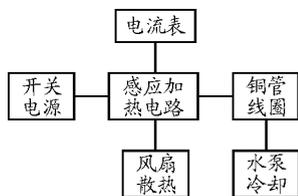


图 2 组装示意图

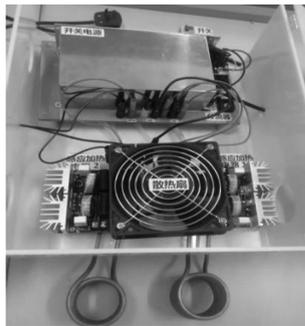


图 4 装置内部构造

2.3 制作感应加热金属片

(1) 将紫铜片、铁片、铝片和纸片各剪成若干个半径为与铜管线圈半径大致相等(约为 2.5 cm)的圆.

(2) 在其中一片圆铁片中心画一个半径为 5 mm 的小圆,在小圆外的圆环当中等间距地剪去张角为 10° 的扇形.

(3) 将铁片剪成半径稍小(约为 1.5 cm)的圆.

(4) 剪取 18 片长为 10 cm, 宽为 2 cm 的矩形铁片分为两份,一份紧密粘合在一起后用木块固定好,另一份固定在事先划好 3 个槽的木块上,每个槽固定 3 块铁片.

(5) 把温变油墨均匀地涂在金属片和纸片上.

(6) 轻铝环:用锡箔纸剪两片长约 20 cm, 宽约 2 cm 的薄片, 对折成长条状. 将其中一条长条围一圈成闭合铝环,另一条围成开口的铝环.

3 实验装置与现象

演示仪整体结构如图 3 和图 4 所示.



图 3 涡流现象与应用综合演示仪外观

演示仪主要由开关电源、感应加热电路、铜管线圈、散热扇、水泵和电流表构成. 开关电源向感应加热电路及散热扇供电, 感应加热电路将直流电逆变成高频交流电为铜管线圈通电, 散热扇与水泵分别对感应加热电路与铜管线圈进行散热.

3.1 演示金属涡流现象

将薄木板做成的比铜管线圈稍高的架子放置在线圈上方, 铁片和纸片分别放在两个线圈的正上方.

涡流是在导体中产生的感应电流, 因此在铁片上会因为产生了涡流而发热. 同时铁片的电阻率小, 产生的涡流大, 迅速使其上方的温变油墨从外到里变色. 利用温变油墨变色的情况说明了涡流的方向. 而纸片则不会产生涡流现象, 更不能发热使温变油墨变色.

3.2 影响涡流大小的因素

(1) 导体电阻率

将半径相等的圆铝片和铜片分别放在线圈正上方. 由于铜的电阻率较小, 当两个线圈中通入的电流相同时, 铜片相比起铝片所产生的涡流更大, 产生的热量更多, 温变油墨变色更快更明显, 如图 5 所示.

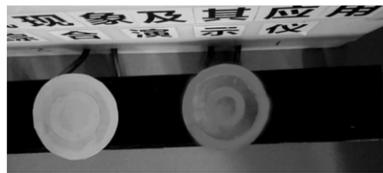


图 5 演示金属电导率对涡流的影响

(2) 导体外周长大小

将半径不同的铁片放置在线圈正上方, 半径更大的铁片产生的热量使边缘处的温变油墨变色更快. 在同一片铁片上半径越大的温变油墨圈变色越快, 说明导体外周长越大, 产生的涡流越大, 如图 6 所示.



图 6 演示导体外周长大小对涡流的影响

3.3 减少涡流热效应的方法

将步骤4中的紧密叠压的铁片和分槽固定的铁片竖直放入加热线圈的中央,铁片上的温变油墨从下往上变深,说明通电线圈里面的磁场比线圈外的更强;紧密叠压的铁片比分槽固定的铁片变色更快,验证了减少涡流热效应的方法:用薄片叠压的铁芯代替整块铁芯,如图7所示。



图7 演示减小涡流热效应的方法

3.4 涡流的应用

(1) 涡流驱动

将开口和闭合铝环分别放在感应加热线圈正上方,启动电源,线圈通电,铝环中的磁通量发生变化,闭合铝环产生感应电流,根据楞次定律,闭合铝环将会受到一个向上的安培力而向上跳起,开口铝环则不能产生电流而静止,如图8所示。



图8 演示涡流驱动

(2) 涡流检测

涡流检测的演示如图9所示。把电流表串联到电路当中,启动电源。用金属棒靠近感应加热线圈,线圈产生的交变电场在金属物中激起涡流,涡流又会产生感应电场引起线圈中电流的变化,电流表的指针发生明显偏转;用非金属棒靠近线圈,电流表的指针没有发生偏转。



图9 演示涡流检测

4 实验装置特点

(1) 演示速度快

只需10多s的时间便能迅速加热至温变油墨变色,极大提高了课堂演示实验的效率。

(2) 现象直观明显,对比性强

将两个相同感应加热线圈对不同材料产生的不同涡流现象进行对比,直观明显地说明影响涡流大小的因素。

(3) 材料新颖

极大提高了学生的学习兴趣。采用温变油墨显示温度变化,既能显示同一过程中温度变化的趋势,还能显示同一时刻金属片上不同部分温度的高低,直观反映了涡流热效应的大小。

(4) 综合性强

覆盖教材中关于涡流现象的绝大部分实验,装置更换方便,有效辅助教学。

参考文献

- 1 王浙伟. 涡流热效应演示实验的改进. 教学仪器与实验, 2009(9):15~17
- 2 王文杰. 高频并联谐振逆变电源的研究:[学位论文]. 郑州:郑州大学,2014
- 3 徐益勇. 涡流热效应演示实验的改进. 物理教师, 2016(1):57~59
- 4 王丽娅,李明辉,张金斗. 涡流作用演示器. 教学仪器与实验,2006(12):41~42
- 5 郝志新. 关于涡流自制教具的思考. 亚太教育, 2015(29):106
- 6 叶向阳. 涡流演示器. 教学仪器与实验,2014(12):25~26