

基于 DIS 的电磁感应定律实验装置设计与探究

鲁 斌 冯子江

(浙江省余姚中学 浙江 宁波 315400)

(收稿日期:2016-01-04)

摘 要:电磁感应定律教学的难点在于继定性分析之后,如何有效地引导学生理解感应电动势与磁通量变化率的关系,并得出定律的数学表述.本文通过自制的电磁感应定律实验装置,通过使磁场均匀变化和按三角函数变化,比较磁感应强度变化曲线和感应电流变化曲线,明确“变化率”的概念.接着用单摆实验和磁铁下落实验进行猜想和探究,体会“变化率”的内涵.

关键词:DIS 电磁感应定律 自制教具 变化率

电磁感应定律是电磁学的核心内容,学生在学习电磁感应定律时,由于磁通量的变化无法直接观察,感应电动势只在磁通量变化时产生,也较难测量.教材中并未安排定量探究的实验,对于感应电动势与磁通量的变化率之间的关系,学生很难有理性的认识,导致在学习过程中无法深刻理解其实质.

笔者通过自制的法拉第电磁感应定律实验装置,通过不同的磁场变化和所对应的感应电流变化情况进行比较研究,让学生从实验图像中体会变化率的内涵.

1 磁场均匀变化 感应电流不变

如图 1 所示,笔者设计了“电磁感应演示仪 1”.

利用马达匀速带动稳压源旋钮,使通过副线圈中的磁通量均匀变化.为了让学生能够直观地了解感应电动势随磁通量的变化情况,借助 DIS,利用磁感应强度传感器记录副线圈中的磁场变化情况,利用微电流传感器记录原线圈中感应电流的变化情况,进而引导学生对曲线做整体的分析,得到初步猜想.

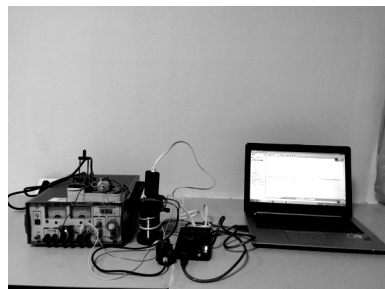


图 1 电磁感应演示仪 1

Self Making Energy Converting Demonstration Instrument between Solar and Wind Energy

Huang Huimin Cheng Minxi Lai Cai Liu Jingdan

(School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract: The energy converting instrument which can show the progress of solar and wind power were designed for demonstrating teaching. It can demonstrate many kinds of energy's converting like optical energy, wind energy, electric energy, kinetic energy and gravitational potential. The voltage can be displayed by using a LED voltmeter sensitively. This instrument is easy to make and operate. The phenomenon is obvious. It is suitable for science popularization show and demonstration in class.

Key words: energy conversion; demonstration instrument; solar energy; wind energy; LED displaying voltmeter

得到的图像如图2所示,蓝色的曲线为磁感应强度变化曲线,红色的曲线为微电流的变化曲线.整个图线可以分成5部分.磁场为零,微电流为零;磁场均匀增大,微电流保持不变;磁场保持最大值不变,微电流为零;磁场均匀减小,微电流保持不变;磁场减小为零,微电流为零.

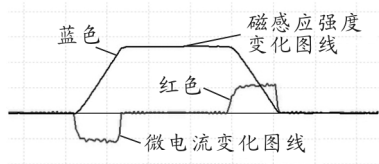


图2 感应电流随磁感应强度变化曲线

从图像中可以很清楚地看到,只要磁场不变化,电流为零,磁场均匀变化,感应电流保持不变.由电磁感应定律,若

$$B = kt + B_0$$

$$E = \frac{d\Phi}{dt} = S \frac{dB}{dt} = Sk$$

若 k 值不变,则感应电动势保持不变,感应电流也不变,与实验结果相吻合.引导学生类比运动学中速度-加速度变化的关系,明确感应电流的大小可以用磁感应强度的变化率描述,即感应电动势的大小可用磁通量的变化率描述.

若增大马达的转速,即增大磁感应强度的增大速度,即 k 值增大,则感应电动势也会增大.实验图像如图3(a)和图3(b)所示.

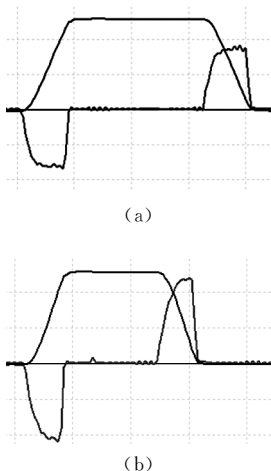


图3 磁通量的变化率对感应电动势的影响

2 磁场变化为三角函数 感应电流相位相差 $\frac{\pi}{2}$

如图4所示,笔者设计了“电磁感应演示仪2”,将弹簧悬挂在铁架台上,下端连接磁铁.将副线圈置于其下端,并与微电流传感器相连,测量感应电流的变化情况.在中间放入磁感应强度传感器,测量磁场的变化情况.将磁铁稍向下移动,并释放,让其开始振动.

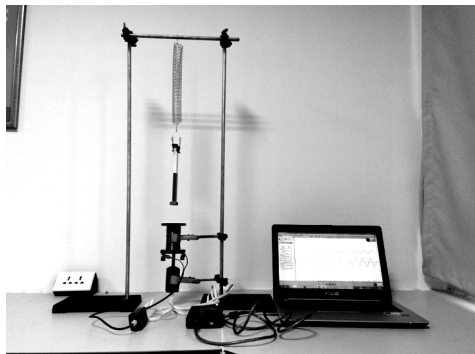


图4 电磁感应演示仪2

得到的实验图像如图5所示.从图像中我们可以看到,磁感应强度和感应电流随时间都按照三角函数进行变化.当磁感应强度达到最大值和最小值时,其变化率为零,感应电流为零.当磁感应强度为零时,其变化率最大,此时感应电流最大.从图像也可以看出,电流图线的相位总是相对磁场相差 $\frac{\pi}{2}$.

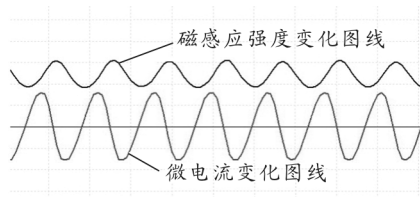


图5 感应电流随磁感应强度变化曲线

由电磁感应定律,若

$$B = B_m \sin(\omega t)$$

$$E = \frac{d\Phi}{dt} = S \frac{dB}{dt} = SB_m \omega \cos(\omega t)$$

相位相差 $\frac{\pi}{2}$,与实验结果相符.

若将线圈输出端短接,如图6所示,则线圈形成闭合回路,产生的感应电流在线圈内部产生感应磁场,阻碍磁铁的运动,则此时磁铁做较明显的阻尼振动.

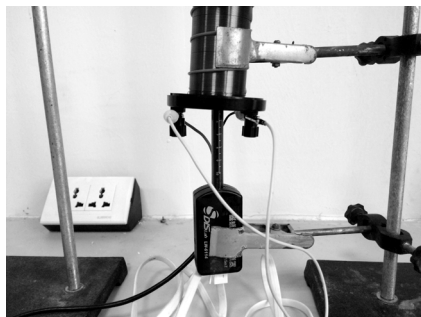


图6 阻尼振动装置

测得的磁感应强度变化情况如图7所示,其最大值在不断减小,说明磁铁振动的最低点在不断远离线圈,振幅逐渐减小。

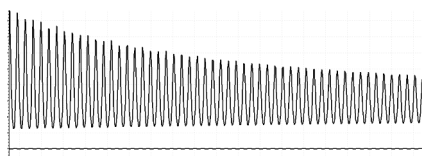


图7 电磁阻尼

3 探究单摆运动中磁感应强度与感应电流的变化情况

如图8所示,将图6实验装置的弹簧磁铁系统换成悬挂着磁铁的单摆系统.将磁铁拉开一定的角度,然后静止释放,磁铁开始摆动,通过线圈的磁场也会发生变化。

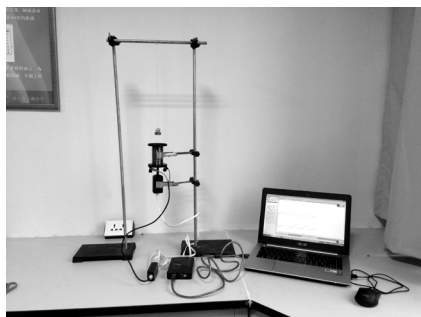


图8 电磁感应演示仪3

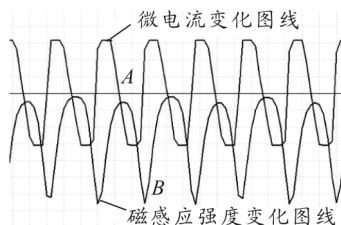


图9 感应电流随磁感应强度变化曲线

实验结果如图9所示.从图像中我们可以看出,在磁铁来回摆动的过程中,磁场发生周期性变化.对

于A点磁感应强度最小,变化率为零,所对应的感应电流为零,此时,磁铁处于最大振幅处,速度为零.对于B点磁感应强度最大,变化率最大,感应电流最大,此时,磁铁处于最低点,速度最大。

4 探究条形磁铁通过线圈时磁感应强度与感应电流的变化情况

将磁感应强度传感器从副线圈中取出,横放在线圈外侧中部,将条形磁铁在线圈某一高度处静止释放.由于磁铁运动的速度较快,所以能采集到的数据点不多,图线呈折线.但是,我们仍可以通过此图像进行研究.得到的实验图像如图10所示。

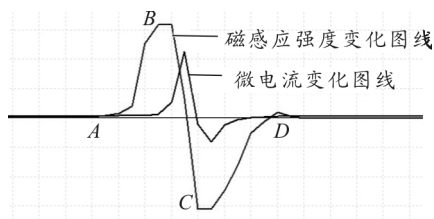


图10 感应电流随磁感应强度变化曲线

在AB段,磁铁靠近线圈,磁感应强度逐渐增大,且速度逐渐增大,感应电流逐渐增大;BC段,磁感应强度反向,此时变化率最大,感应电流最大;CD段,磁铁远离线圈,磁感应强度减小,虽然速度增大,但总体磁通量变化率减小,感应电流减小,最后减为零。

5 结语

在课堂教学中,可以先演示磁感应强度均匀变化和呈三角函数变化的实验,让学生在图像中得出磁通量与感应电动势之间“变化率”的关系.接着用单摆实验和磁铁下落实验进行猜想和探究,体会“变化率”的内涵.在保持线圈面积与电阻不变的情况下,磁通量的变化规律可利用梯形、锯齿形等多变化规律的电流来呈现,也可利用低频交流电实验^[1],从B-t图与I-t图的比较与分析中,探究感应电流与磁场强度变化之关系.进一步了解曲线之间的相位关系,进一步验证电磁感应定律的正确性。

参考文献

- 徐卫东.利用DISLab探究感应电动势大小与磁通量变化关系.物理教师,2008,29(9):27