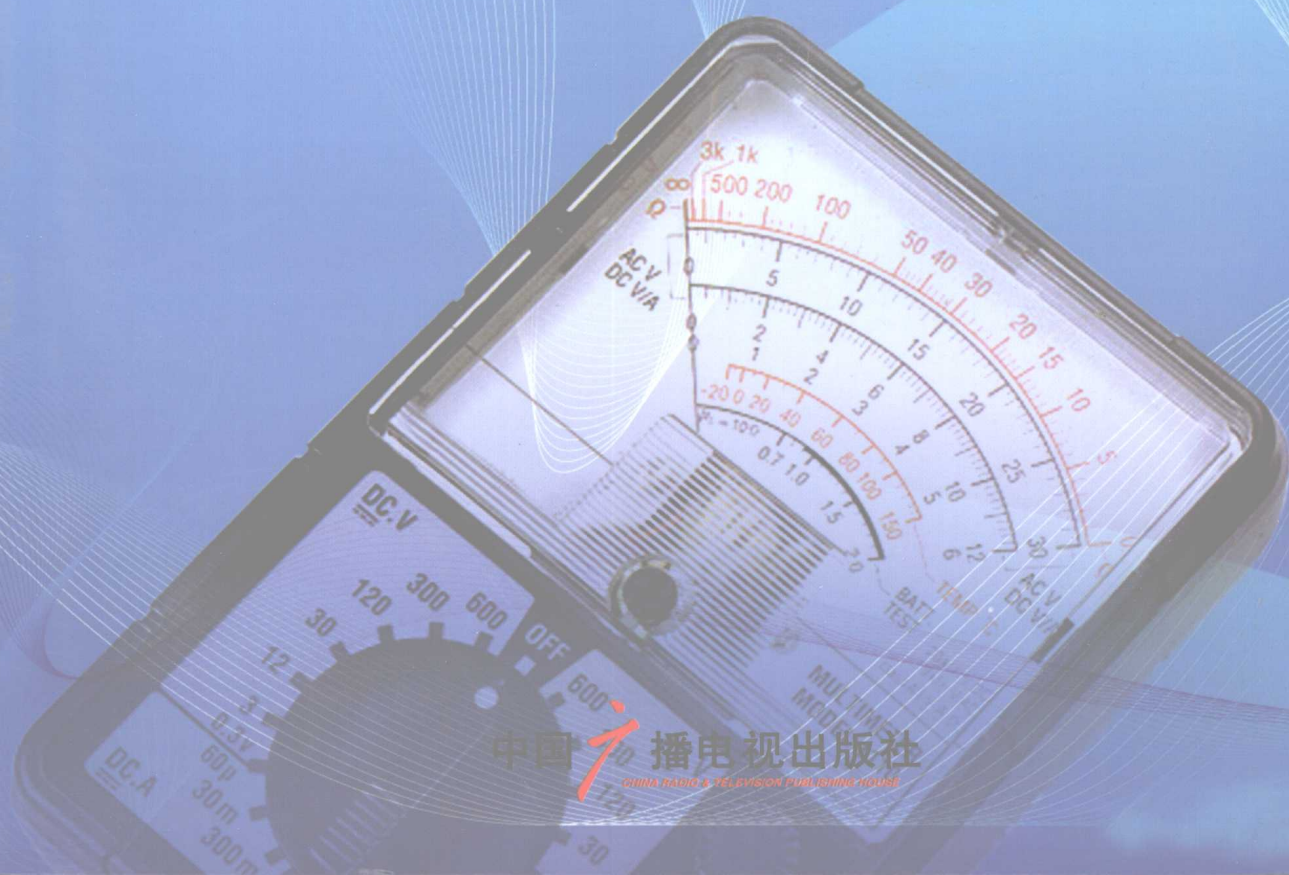




全国中等职业教育通用教材
中等职业教育教材编委会专家审定

电工基础

王迎尉 主编



中国  广播电视出版社
CHINA AUDIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

职业教育规划教材

职业教育电工编委会专家审定

电工基础

王迎尉 主 编

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (C I P) 数据

电工基础/王迎尉主编. --北京: 中国广播电视出版社,
2008. 1

ISBN 978-7-5043-5438-9

I. 电… II. 王… III. 电工学—专业学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 155130 号

电工基础

主 编	王迎尉
责 任 编 辑	高子如
封 面 设 计	曾秋海
责 任 校 对	梁 君
监 印	赵 宁
出 版 发 行	中国广播电视出版社
电 话	86093580 86093583
社 址	北京市西城区真武庙二条 9 号(邮政编码 100045)
经 销	全国各地新华书店
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
字 数	175(千)字
印 张	9.75
版 次	2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数	5000 册
书 号	ISBN 978-7-5043-5438-9
定 价	16.50 元

版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换

前 言

本书根据教育部,劳动部颁布的职业教育《电工基础》教学大纲,参照电工类职业技能鉴定规范和各级考核标准,从目前职业学分格学生实际出发中,淡化理论知识,突出实践能力培养,着重培训学生接受知识的学习能力,分析能力,应用能力,动手操作能力,使学生通过本教材的学习,学生能够顺利完成国家标准所学大纲。

由于时间比较仓促,书中难免有存在不足之处,恳请广大师生提出意见和建议,以便再版时修正和完善。

编 者
2008 年 1 月

录

C O N T E N T S

第一章 电磁场

1.1 电场、电场强度、电场线	1
1.2 磁场的四个物理量	3
1.3 磁场对电流的作用——左手定则	5
1.4 电磁感应现象	6
1.5 感应电流方向——楞次定律	10
本章小结	13
练习题	13

第二章 电路的基本概念

2.1 电路和电路模型	18
2.2 电流和电压及参考方向	20
2.3 电阻与欧姆定律	23
2.4 电容元件	26
2.5 电容器的认识与测量	30
2.6 电感元件	32
2.7 电压源和电流源	35
2.8 电能和电功率	37
2.9 电路中各点电位的计算	38
本章小结	40
练习题	40

第三章 基尔霍夫定律及直流电阻电路的分析

3.1 基尔霍夫定律	47
3.2 电阻的串联	50
3.3 电阻的并联	52
3.4 电阻的混联	54
3.5 两种电源模型的等效变换	56
3.6 支路电流法	58
3.7 戴文宁定理	59
3.8 最大功率传输定理	60
本章小结	62

练习题	62
第四章 正弦交流电路	
4.1 正弦交流电的基本概念	76
4.2 正弦交流电的三要素	77
4.3 正弦交流电的表示	80
4.4 复数的概念	81
4.5 复数的四则运算	83
4.6 正弦量的相量表示	84
4.7 相量图	85
4.8 相量形式的欧姆定律	87
4.9 纯电阻电路	88
4.10 纯电感电路	89
4.11 纯电容电路	91
4.12 电阻、电感、电容的串联电路	92
4.13 串联谐振电路	96
4.14 电阻、电感、电容的并联电路	98
4.15 交流电路的功率	100
本章小结	104
练习题	106
第五章 三相正弦交流电路	
5.1 三相正弦交流电源	115
5.2 三相负载的连接	117
5.3 三相电路的功率	120
5.4 安全用电	122
本章小结	125
练习题	126
第六章 变压器和交流电机	
6.1 变压器的构造和工作原理	132
6.2 变压器的作用	133
6.3 三相异步电动机的认识	136
6.4 三相异步电动机的接线	138
6.5 三相异步电动机的控制	139
本章小结	145
练习题	146

第一章 电磁场

教学提示:本章涉及的抽象概念较多,教师在教学中最好能通过演示实验帮助学生理解这些概念。

教学重点:

1. 电场的概念与电场的表示方法;
2. 磁场的基本概念
3. 会用左手定则判断受力方向;
4. 理解电磁感应现象;
5. 会用楞次定律判断感应电流方向。

教学难点:

1. 左手定则
2. 楞次定律

1.1 电场、电场强度、电场线

1.1.1 电场的基本概念

相隔一定距离的电荷之间的相互作用是怎样发生的呢?经过长期探索,人们认识到:只要有电荷存在,电荷周围就存在着一种特殊形式的物质,叫做电场。电场是物质的一种形态。它虽然不像由原子、分子构成的实物那样看的见,摸得着,但是通过电场力我们一样能感知它的存在。电场的基本特性是对静止或运动的电荷有作用力,电场分为两种:一种是静电场,另外一个为感应电场。

1. 静电场

静电场是由静止电荷激发的电场。静电场的电场线起于正电荷(或无穷远)终止于负电荷(或无穷远),静电场做功与路径无关。用电场强度或电势差描述电场,用电场线或等势面可以形象地描绘电场的分布。

2. 感应电场

变化磁场激发的电场叫感应电场或涡旋电场。感应电场的电场线是闭合的,没有起点、终点。闭合的电场线包围变化的磁场。

1.1.2 电场强度

一般电场中各点强弱不同,方向也不同。如何表示电场的强弱呢?电场的基本特性是

对其中的电荷有电场力的作用,研究电场的强弱,可以从分析电荷在电场中的受力入手,找出表示电场强弱的物理量。

如图 1-1-1 所示,电场是由正电荷 Q 产生的,用悬在细线下端的带正电的小球作为检验电荷 q ,将它先后放在电场中的不同点,实验发现:

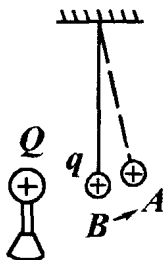


图 1-1-1

1. 小球偏离竖直方向,且在不同的位置偏离的方向不一样。这表明电场对 q 有作用力,且作用力的方向在各点不同。

2. 在距离 Q 越近处,偏角越大,说明 q 受到的电场力越大,该处电场越强。距离 Q 越远,偏角越小,说明 q 受到的电场力也越小,电场越弱。

对于电场中确定的一点 P ,放上正的检验电荷并改变它的电荷量 q 。实验发现: q 越大,它受到的电场力 F 就越大。这表明,检验电荷所受电场力的大小除了与电场有关以外,还与它本身电量有关。经过精确的实验可以证明:在一定电场中的固定一点 F/q 比值是一个常量,与 q 无关,只决定于电场本身的性质。电场中的其他点也有同样情况,但各点比值都不相同。可见 F/q 的比值能反映电场的强弱。

放入电场中某点的电荷受到的电场力 F 与它的电量 q 的比值叫做该点的电场强度,简称为场强。场强用 E 表示。场强的公式为:

$$E = \frac{F}{q}$$

在国际单位制中,电场强度的单位是牛/库(N/C)。

电场强度是一个矢量。电场中某点电场强度的方向就是放在该点的正电荷所受的电场力的方向。

如果在电场的某一区域里,电场强度的大小相等、

方向都相同,这个区域叫做匀强电场。带等量异性电荷的平行金属板之间的电场就是匀强电场,如带电电容器。匀强电场的电场线,方向相同,疏密程度也一样,是一些分布均匀的平行直线。如图 1-1-2。

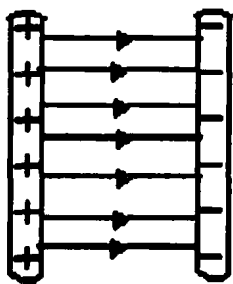


图 1-1-2

1.1.3 电场线

在实际问题中,我们常用几何方法形象化地描述电场的空间分布,这种几何图线称为电场线。电场线是空间一族假象的曲线,这些曲线上每一点的切线方向都与该点的场强方向相同。

几种典型电场的电场线如下图所示。图 1-1-3 为一条电场线。图 1-1-4 为正点电荷的电场线。图 1-1-5 为负点电荷的电场线。图 1-1-6 为一对等量正点电荷的电场线。图 1-1-7 为一对等量异种点电荷的电场线。



图 1-1-3

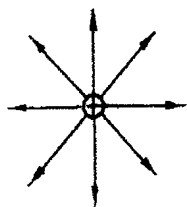


图 1-1-4

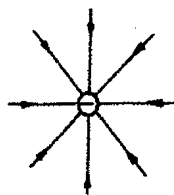


图 1-1-5

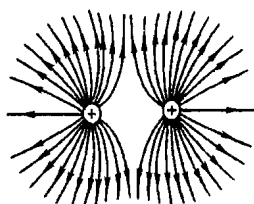


图 1-1-6

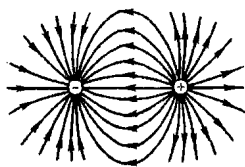


图 1-1-7

从图中可以看出电场线的性质：

1. 在静电场中，电场线是从正电荷起，终于负电荷的不闭合曲线。
2. 电场线不能相交，否则一点将有两个场强方向。
3. 电场线不是电场里实际存在的线，是为使电场形象化的假想线。
4. 场强越强的地方，电场线越密；场强越弱的地方，电场线越疏。可见电场线的疏密程度反映了电场的强弱。

1.2 磁场的四个物理量

1.2.1 磁感应强度 B

磁场不仅有方向性，而且有强弱不同。巨大的电磁铁能吸起成吨的钢铁，小的磁铁只能吸起小铁钉。怎么来表示磁场的强弱呢？磁场的基本特性是对其中的磁极有磁场力的作用。通电导线在磁场中也受到磁场力，研究磁场的强弱，可以从分析通电导线在磁场中的受力入手，找出表示磁场强弱的物理量。

精确的实验表明：通电导线受到的 F 与通过的 I 和导线的长度 L 成正比，或者说 F 与乘积 IL 成正比。这就是说，把通电导线垂直垂直于磁场放入其中某处，改变 I 和导线长度 L ，乘积 IL 增加多少倍， F 也增大多少倍，比值 F/IL 是一个恒量。在磁场中不同的地方，这个比值有不同的值。这个比值越大的地方，表示那里的磁场越强。因此，可以用这个比值来

表示磁场的强弱。这个比值叫做磁感应强度,用 B 表示。

$$B = \frac{F}{I \cdot l}$$

磁感应强度是一个矢量,它的方向就是放在该点的小磁针在静止时 N 极所指的方向。它的单位是特斯拉(简称特),用 T 表示。

如果在磁场的某一区域里,磁感应强度的大小和方向都相同,这个区域就叫做匀强磁场。一对正对的异名磁极之间的磁场是匀强磁场,其方向相同,疏密程度也一样,是一些分布均匀的平行直线。

1.2.2 磁通 Φ

设在匀强磁场中有一个与磁场方向垂直的平面,磁场的磁感应强度为 B ,平面的面积为 S ,定义磁感应强度 B 与面积 S 的乘积,叫做穿过这个面的磁通量(简称为磁通)。如果用 Φ 表示磁通,那么

$$\Phi = BS$$

在国际单位制中,磁通的单位是 Wb (韦伯)。

1.2.3 磁导率 μ

磁场中各点磁感应强度的大小不仅与电流的大小和导体的形状有关,而且与磁场内的媒介质的性质有关。这一点可通过下面的实验来验证。

当我们用一个插有铁棒的通电线圈去吸引铁钉,然后把通电线圈中的铁棒换成铜棒再去吸引铁钉,便会发现两种情况下吸力的大小不同,前者比后者大的多。这表明不同的媒介质对磁场的影响是不同的,影响的程度与媒介质的导磁性质有关。

磁导率 μ 就是一个用来表示媒介质导磁性能的物理量,不同的媒介质有不同的导磁率,它的单位为 H/m (亨/米)。有实验可以测定,真空的磁导率是一个常数,用 μ_0 表示,即

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H/m$$

由于真空中的磁导率是一个常数,所以,将其他媒介质的磁导率与它对比是很方便的。某种物质的磁导率 μ 与真空磁导率 μ_0 的比值称为相对磁导率,用 μ_r 表示,即

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

或

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

相对磁导率没有单位,它表明在其他条件相同的情况下,媒介质中的磁感应强度是真空中多少倍。

根据各种导磁性质的不同,可把物质分为三种类型,即反磁性物质、顺磁性物质和铁磁性物质。

$\mu_r < 1$ 的物质叫反磁性物质, $\mu_r > 1$ 的物质叫顺磁性物质, $\mu_r \gg 1$ 的物质叫铁磁性物质。

1.2.4 磁场强度 H

既然磁场中各点磁感应强度的大小与媒介质的性质有关,这就使磁场的计算显得比较复杂。因此,为了使磁场的计算简单,常用磁场强度来表示磁场的性质。在磁场中,各点磁场强度的大小只与电流的大小和导体的形状有关。

磁场中某点的磁感应强度 B 与介质磁导率 μ 的比值,叫该点的磁场强度,有 H 来表示,即

$$H = \frac{B}{\mu}$$

或

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_r H$$

磁场强度是一个矢量,在均匀的介质中,它的方向是和磁感应强度的方向是一致的。在国际单位制中,它的单位为 A/m (安/米)。

1.3 磁场对电流的作用力 —— 左手定则

1.3.1 左手定则

通电导线在磁场中要受到力的作用。所受到的作用力叫做安培力。安培力的方向用左手定则判断。

请看如图 1-3-1 所示的实验。如果改变其中通电导线中的电流方向,导线运动的方向就随着改变;如果调换磁铁两极的位置,改变磁场的方向,导线运动的方向也随着改变。可见通电导线在磁场中的受力方向跟磁场方向、导线中的电流方向都有关。

通过大量的实验,人们归纳出通电直导线所受安培力的方向和磁场方向、电流方向之间的关系,可以用左手定则来判定(如图 1-3-2 所示):伸开左手,使大拇指跟其余四个手指垂直,并且都跟手掌在同一平面内,把左手放入磁场中,让磁感应线垂直穿入手心,并使伸开的四指指向电流的方向,那么,大拇指所指的方向就是通电导线在磁场中所受安培力的方向。

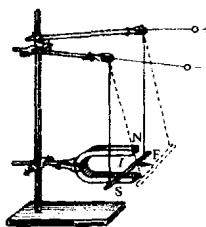


图 1-3-1

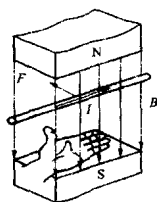


图 1-3-2

1.3.2 应用

指针式万用电表(如图 1-3-3)是电工、电子技术中最常用的测量仪器之一。它由表头和电路两个部分组成。万用电表的表头是一个磁电式直流电流表,是利用通电线圈在磁场中受力转动为基本原理的电流型的计量仪器。通过表内测量电路的变换便能测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻等物理量。

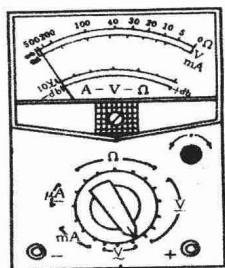


图 1-3-3

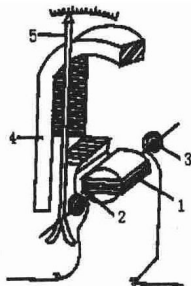


图 1-3-4

如图 1-3-4 是万用表表头电流表的结构示意图。其中 4 是一块永久磁铁,在磁极间产生磁场。线圈 1 装在轴上,转轴的两端连有一对游丝弹簧 3,待测电流通过游丝弹簧流过线圈。电流线圈受磁场的作用而转动时引起弹簧卷曲,产生弹力。通过线圈的电流越大,作用于线圈的磁力也就越大,它与弹簧的弹力达到平衡时,指针 5 转过的角度也就越大。这样,通过指针偏转角度的大小就可以测定出电流的大小了。这种电流表叫做磁电式电流表。

1.4 电磁感应现象

1.4.1 电磁感应与感应电流

法国科学家法拉第经过十多年不懈的研究,终于在 1831 发现:变化的磁场能使闭合电路产生电流。这种现象叫做电磁感应,所产生的电流叫做感应电流。变化的磁场能够产生电场,变化的电场也能产生磁场。在空间中,变化的电磁场能够互相激发,以电磁波的形式向外传播。

1.4.2 电磁感应的条件

实验一:把磁铁插入或拔出螺线管(图 1-4-1),由于螺线管中的磁通量改变了,灵敏电流计指针发生偏转。磁铁如果在螺线管的外面或里面静止不动,灵敏电流计指针不偏转。

实验二:导线切割磁力线

闭合电路的一部分导体在磁场中切割磁感应线运动时,导体中也有感应电流产生(图 1-4-2)。这时磁感应强度虽然不变,但在导体运动的过程中,闭合电路在磁场中的面积在变化,引起穿过闭合回路的磁通量发生变化,因而产生感应电流。

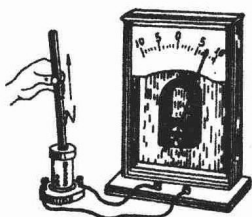


图 1-4-1

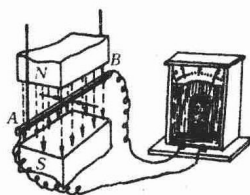


图 1-4-2

实验三：闭合线圈与载有变化电流的线圈

如图 1-4-3 所示，把线圈 A 跟电键和电源连接起来，把线圈 B 跟电流计连接起来，把线圈 A 插入到线圈 B 中。当关闭或打开电键时，线圈 A 中的电流及其产生的磁场就会从无到有或从有到无地变化，即穿过线圈 B 的磁通量发生了变化，这时会发现电流计的指针发生了偏转，表明线圈 B 中有电流产生。图 1-4-3

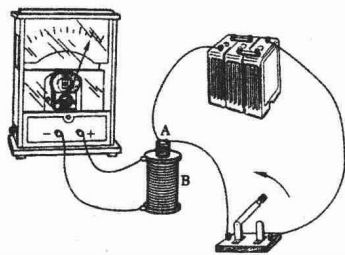


图 1-4-3

如果把电键换成可变电阻，当调节电阻的阻值时，通过线圈 A 的电流大小就会改变，即穿过线圈 B 的磁通量也发生变化。这时会发现线圈 B 中同样有电流产生，并且线圈 A 中的电流大小变化得越快，线圈 B 中产生的电流就越大。如果线圈 A 中的电流保持不变，穿过线圈 B 的磁通量也不改变，这时线圈 B 中就没有电流。

综合上述实验，可以看出，发生电磁感应的条件是：闭合回路中的磁通量发生变化。这个结论是普遍适用的。

例 1 如图 1-4-4，有一个闭合线圈 $adcd$ ，处在很大的匀强磁场中，在下列哪种情况下，线圈中有感应电流产生？

- A. 当向右做匀速直线运动；
- B. 当向右做匀加速直线运动时；
- C. 当向纸外平移时；
- D. 当绕 ab 边向纸面里做匀速转动时（转过 90° ）。

分析：要判断线圈中有无感应电流产生，应根据感应电流产生的条件，分析闭合线圈中磁通量的变化情况。

当线圈向右做匀速直线运动时，由于匀强磁场很大，所以线圈始终在这个磁场中运动，穿过线圈的磁感应强度不发生变化，线圈的面积也无变化。所以，在任意时刻穿过线圈的磁通量都没有发生变化，也没有感应电流产生。

当线圈向右做匀加速直线运动时，同样在任意时刻穿过线圈的磁通量都没有发生变化，磁通量的变化与线圈运动速度的变化没有关系，所以，也没有感应电流产生。

当线圈向纸外平移时，线圈与磁感应线始终垂直，在任意时刻穿过线圈的磁通量也没有发生变化，所以，也没有感应电流产生。

当线圈绕 ab 边向纸面里做匀速转动时，线圈垂直于纸面的面积减少了，因而穿过闭合线圈的磁感应线的条数减少了，即穿过闭合线圈的磁通量发生了变化，所以，这时有感

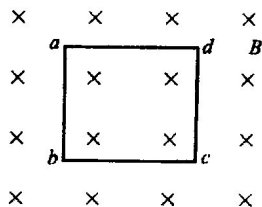


图 1-4-4

应电流产生。

D 是正确答案。

1.4.3 感应电动势

在电磁感应现象中,既然闭合回路中有感应电流,这个电路中就一定有电动势。电路断开时,虽然没有感应电流,电动势应该依然存在。

在电磁感应现象中产生的电动势叫感应电动势,产生感应电动势的那部分导体或线圈就相当于电源。感应电流的强弱由感应电动势的大小和闭合回路的电阻决定,可以由全电路欧姆定律算出。

1.4.4 法拉第电磁感应定律

感应电动势的大小与哪些因素有关呢?

在如图 1-4-1 所示的实验中,将条形磁铁以不同的速度插入或拔出线圈时,电流计指针的偏转角度是不同的。插入或拔出的速度越快,电流计的指针偏转就越大,表明感应电流越大。因闭合导体回路的总电阻恒定,感应电流越大就表示感应电动势也越大。

再将两个条形磁铁的同名磁极并在一起和只用一个条形磁铁比较,让它们分别以相同的速度插入线圈中,可以看到用两个磁铁时电流计指针偏转的角度比用一个磁铁时大。

前一种情况是磁通的变化量相同而所用的时间不同;后一种情况是时间相同而磁通的变化量不同(两条磁铁时磁通的变化量较大)。但两种情况都是磁通量变化的快慢(磁通量变化率)不同,从而使感应电动势的大小不同。因此,可以得出结论:磁通量的变化率越大,感应电动势就越大。

用如图 1-4-3 所示的实验装置,把电键换成可调电阻,通过控制可调电阻阻值的变化来观察磁通量变化的快慢与感应电动势大小的关系,也可得到相同的答案。

法拉第在大量精确实验的基础上归纳得出以下结论:回路中感应电动势的大小,跟穿过这一回路的磁通量的变化率成正比。这就是法拉第电磁感应定律。

假设在某时刻 t_1 ,穿过单匝线圈的磁通量为 Φ_1 ,在时刻 t_2 穿过这匝线圈的磁通量为 Φ_2 ,则在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 的时间内,磁通量的改变量为 $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 就是穿过单匝线圈的磁通量的变化率。根据法拉第电磁感应定律, n 匝线圈中的感应电动势为

$$E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

在国际单位制中,式中各量的单位的选取, Φ 的单位为(Wb), t 的单位是秒(s), E 的单位是伏特(V)

例 2 在如图 1-4-5 所示的匀强磁场中,设磁感应强度为 B ,有一个矩形线框 $abcd$ 放在这个磁场里,它的平面与磁感应线垂直,导线 ab 的长度为 l ,它在与磁感应线垂直的方向上以速度 v 向右运动。

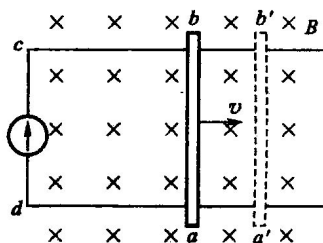


图 1-4-5

设导线在 Δt 时间内,由原来的位置 ab 移动到位置 $a'b'$,则线框面积的改变量 $\Delta S = l v \Delta t$;穿过闭合回路的磁通量的改变量 $\Delta \Phi = B l v \Delta t$,根据法拉第电磁感应定律,感应电动势为

$$E = Blv$$

由上式可知,导线在做切割磁感应线的运动时,产生的感应电动势的大小等于磁感应强度、导线长度、运动速度三者的乘积。上式中的 v 如果是瞬时速度,求出的 E 便是感应电动势的瞬时值;如果 v 是平均速度,求出的 E 便是感应电动势的平均值。

阅读:发电机的构造、原理

继法拉第发现电磁感应现象之后,人们根据此原理发明了发电机,使人类大规模用电成为了可能,开辟了电气化时代。

那么发电机是怎样进行工作的呢?

观察发电机工作原理图 1-4-6,当线框在磁场中转动时,线框 ab 、 cd 不停地切割磁感线,因此在线框中就会不断地产生感应电流,但是由于线框切割磁感线的方向也在不停地发生变化(当转到图乙位置时, ab 边的运动方向竖直向下,转到图丁的位置时, ab 边的运动方向竖直向上,切割磁感线的方向正好相反),因而所产生的感应电流的方向也在交替发生变化。

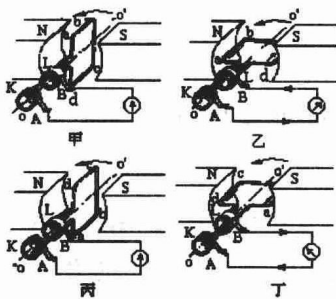


图 1-4-6

如果将手摇发电机跟电流表接起来,我们会发现:电流表的指针随着线圈的转动而左右摆动。此现象就表明了:发电机发出的电流的大小和方向是变化的。我们将这种电流称为交变电流,简称交流电。

观察上图,可以看到:随着线圈在磁场中地不断转动,当线圈每一次通过与磁感线垂直的平面时,导体切割磁感线的运动方向改变一次,即电流的方向改变一次。因此,线圈每转动一周,导体切割磁感线的方向改变两次,感应电流的方向也随之改变两次,这就是交

流电产生的原因。

在交流电中,电流在每秒内周期性变化的次数叫做频率,单位是赫兹(Hz),简称赫。我国的电网是以交流电供电的,频率是 50 Hz,即每秒钟电流的方向改变 100 次。

观察发电机,我们会发现:其实发电机的构造与电动机十分相似。发电机主要由转子和定子两部分组成。转子可以是线圈或磁极,定子可以是磁极或线圈。大型发电机都采用旋转磁极式(线圈不动,磁极旋转)的结构,可使功率达几十万千瓦,甚至百万千瓦以上。

发电机发电的过程是机械能转化为电能的过程。

日常生活中发电机是靠内燃机、水轮机、汽轮机等机械带动的,先将其他形式的能转化成机械能之后再由发电机将机械能转化成电能。

今天,无论我们日常生活中还是工农业生产中都大规模地利用了电能,发电机在现代生活中具有不可替代的作用。

1.5 感应电流方向——楞次定律

1.5.1 楞次定律

俄国物理学家楞次在大量实验的基础上,归纳出确定感应电流方向的普通规律:闭合回路中感应电流的磁场总是要阻碍引起感应电流的磁通量的变化。这就是楞次定律。

1.5.2 应用楞次定律判断感应电流方向的步骤

1. 明确原磁场方向,即引起感应电流的磁场方向;
2. 其次判断闭合回路的磁通量是增加还是减少;
3. 根据楞次定律判断感应电流的磁场方向;
4. 由安培定则判断感应电流方向;

1.5.3 导线切割磁力线时感应电流的方向

闭合电路中一部分导线做切割磁感线运动时,电路中产生的感应电流的方向可用右手定则确定:伸开右手,使拇指与其余四指垂直,且都与手掌在同一平面内,让磁感应线垂直穿入手心,拇指指向导线运动方向,则四指所指的方向就是导线中感应电流的方向。

用右手定则所得到的结果与用楞次定律判断的结论是一致的。例如图 1-5-1,当导体 ab 向外运动时,应用右手原则判定出感应电流的方向是由 a 流向 b 。再用楞次定律来判定,当导体 ab 向外运动时,穿过闭合导体回路的磁通量减少,依照楞次定律,感应电流的磁场要阻碍磁通量的减少。因此,感应电流的磁场方向跟原来的磁场方向相同,也是自上而下的。根据安培定则,可以判断出导体 ab 中的感应电流方向是由 a 流向 b 。右手定则在判断导体切割磁感应线而产生的感应电流方向时,比用楞

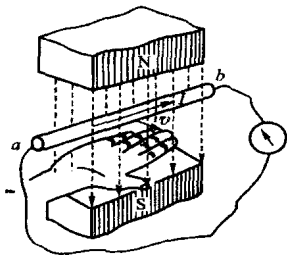


图 1-5-1

次定律更简便。

1.5.4 楞次定律的应用

例 1 如图 1-5-2 所示,两个绕在同一根铁心上靠得很近的线圈 A、B。

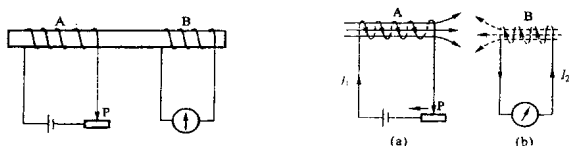


图 1-5-2

当 A 线圈所在电路中变阻器的滑动触头 P 向左移动时,判断 B 线圈中感应电流的方向。

分析 这是一道应用楞次定律判定感应电流方向的习题,应按照上面所讲的四个步骤来进行判断。首先应明确原磁场的方向,即引起感应电流的磁场方向:由 A 线圈所在电路中电源的放置方式,可以判知该电路中的电流方向如图 1-5-2(a) 所示,进而根据右手螺旋定则判断出穿过 A 线圈的磁场方向:向右。由于 B 线圈与 A 线圈环绕在同一铁心上,所以 B 线圈中的原磁场方向与 A 线圈中的磁场方向相同。然后判断穿过闭合导体回路的磁通量是增加还是减少;当滑动触头 P 向左移动时,滑动变阻器的电阻逐渐减小,A 线圈中的电流逐渐增强,磁场也逐渐增强,所以,B 线圈中的磁场也是逐渐增强的,即磁通量是正在逐渐增加的;最后根据楞次定律确定感应电流的磁场要阻碍磁通量的增加,因此,感应电流的磁场方向与原磁场的方向相反:向左。最后,利用安培定则判定感应电流的方向如图 1-5-2(b) 所示。

阅读:麦克斯韦电磁场理论简介

麦克斯韦(James Clerk Maxwell 1831 ~ 1879) 英国物理学家,1831 年 6 月 13 日生于英国爱丁堡的一个地主家庭,8 岁时,母亲去世,在父亲的诱导下学习科学,16 岁时进入爱丁堡大学,1850 年转入剑桥大学研习数学,1854 年以优异成绩毕业于该校三一学院数学系,并留校任职。1856 年到阿伯丁的马里沙耳学院任自然哲学教授。1860 年到伦敦任皇家学院自然哲学及天文学教授。1865 年辞去教职还乡,专心治学和著述。1871 年受聘为剑桥大学的实验物理学教授,负责筹建该校的第一所物理学实验室——卡文迪许实验室,1874 年建成后担任主任。1879 年第 11 月 5 日在剑桥逝世,终年只有 49 岁。

麦克斯韦在电磁学实验方面有重要贡献。他建立了实验验证的严格理论,并重复卡文迪许的实验,将实验精度提高了 3 个数量级。他的验证理论成为后世精确验证静电力平方反比定律的依据。此外他还发明了麦克斯韦电桥。

麦克斯韦在总结前人工作的基础上,提出了著名的电磁场理论(现在称为经典电磁场理论),指出变化的磁场能够产生电场(如图 1-5-5),变化的电场也能产生磁场(如图 1-5-6)。变化电场和变化磁场形成了统一的电磁场,预言电磁场能够以波动的形式在空间传播,称为电磁波;并且算出电磁波在真空中传播的速度等于光速,从而断定光在本质上就是一种电磁波。后来,赫兹用振荡电路产生了电磁波,使麦克斯韦的学说得到了实验证明,为电学和光学奠定了统一的基础。因此,麦克斯韦的经典电磁场理论是人类对电磁