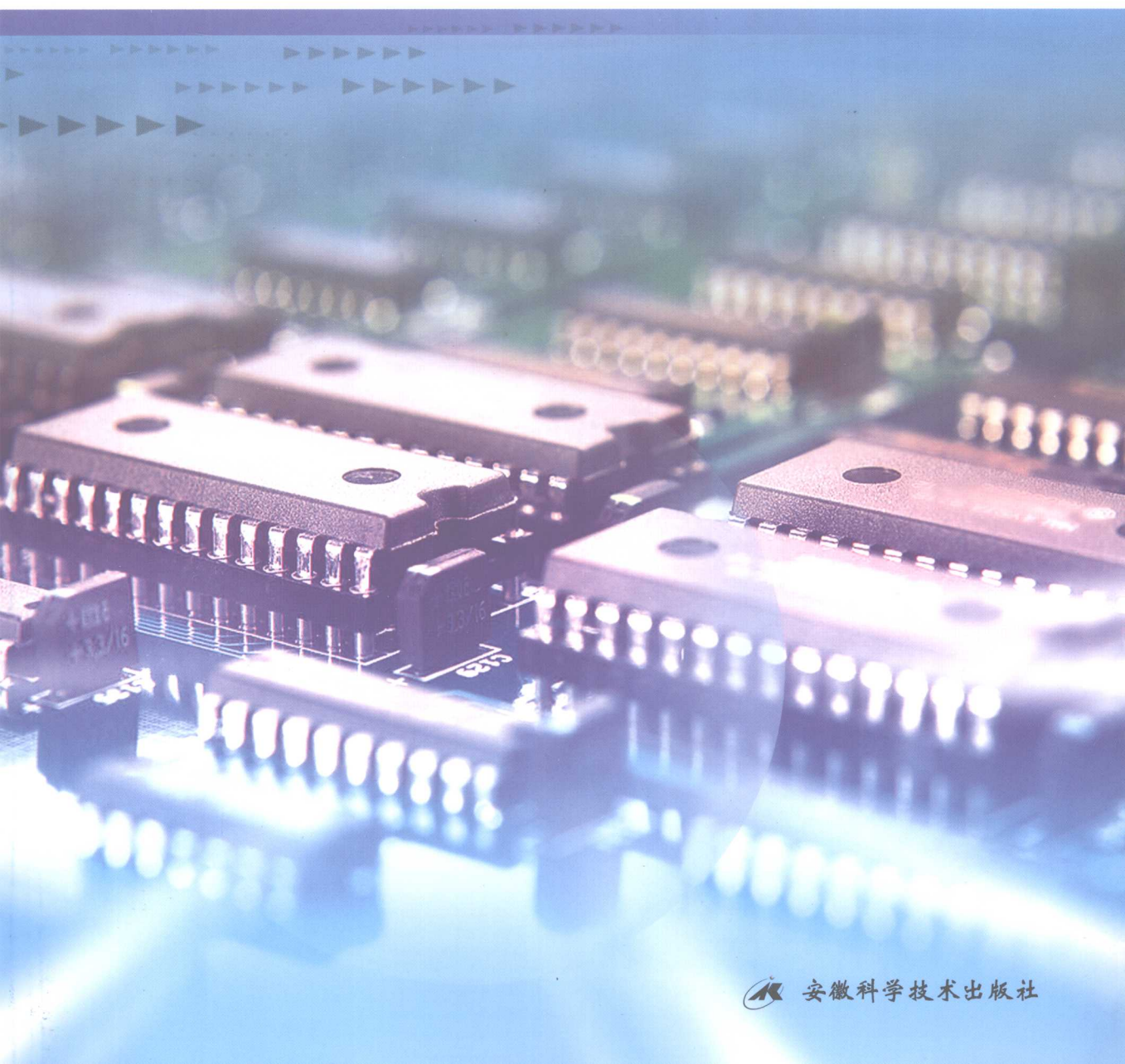


职业 教育 电 工 电 子 系 列 教 材

电工与电子技术

DIANGONG YU DIANZI JISHU

主编 徐万赋 姚成秀



职业教育电工电子系列教材

电工与电子技术

主 编 徐万赋 姚成秀

副主编 孙广会

编 者 徐万赋 姚成秀 孙广会

魏海燕

樊 勇 桂 萃 萃

江苏工业学院图书馆
藏书章



安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/徐万赋,姚成秀主编. —合肥:安徽科学技术出版社,2009. 2

(职业教育电工电子系列教材)

ISBN 978-7-5337-4069-6

I. 电… II. ①徐…②姚… III. ①电工技术-专业学校-教材②电子技术-专业学校-教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 014782 号

电工与电子技术

徐万赋 姚成秀 主编

出版人:黄和平

责任编辑:王菁虹

出版发行:安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号
出版传媒广场,邮编:230071)

电话:(0551)3533330

网址:www.ahstp.net

E-mail:yougoubu@sina.com

经销:新华书店

排版:安徽事达科技贸易有限公司

印刷:合肥瑞丰印务有限公司

开本:787×1092 1/16

印张:11

字数:258 千

版次:2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

印数:6 000

定价:19.80 元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

编 委 会

主 任(排名不分先后): 寿培聪 吴丁良 姚成秀

副主任(排名不分先后): 施正和 翟 敏 黄庭曙 包太平 姚志浩
郝登峰 任祖明 王礼义 李涤新 肖 山 王立升 陈爱娥
刘淑凤 刘树钢 开 俊 王亚平 石晓峰 丁士中 张 敏
王华君 唐久春 范铭祥 韩 云 王宏锦

委 员(排名不分先后): 徐 黎 江 涛 储立群 刘 瑞 刘尚华
吴桂荣 邢良言 葛冬云 汪建安 徐万赋 姚卫宁 胡晓红
吴成群 张艺国 彭 建 刘 彦 陆伟生 张 李 魏 敏
吴晓东 李方显 朱晓华 张 强 周 斌 丁淑荃 汤 峰
陈洪金 顾 宏 周致远 陆思忠 朱振宇 窦祥国 潘 新
李国辉 刘纯根 李惠兰

前 言

《电工与电子技术》一书是职业教育机电类专业基础课教材。

本教材以教学大纲规定的必修内容为基础,以服务专业课为宗旨,以够用为尺度,力求内容简练、重点突出、难易适度。

本书各章习题已汇集成《电工与电子技术习题集》,与本教材配套使用。

建议本教材分两学期施教,总学时为 136 学时。各章学时分配见下表:

教学学时数分配表(供参考)

学期	教学内容	学时数
I	第一章 电与磁的基础知识	8
	第二章 简单直流电路	12
	第三章 复杂直流电路	10
	第四章 正弦交流电的基础知识	8
	第五章 单相交流电路	12
	第六章 三相交流电路	8
	第七章 变压器	6
	机动学时	4
II	第八章 晶体二极管 晶体三极管	18
	第九章 直流稳压电源	10
	第十章 晶体管交流放大电路	18
	第十一章 数字电路基础知识	18
	机动学时	4

在本书的编写过程中,安徽省马鞍山工业学校魏海燕、安徽省合肥建设学校樊勇、安徽省蚌埠机电技工学校程翠翠、安徽化工学校姚成秀和安徽能源技术学校孙广会分别提供了第二章、第三章、第八章、第十一章的初稿和相应的习题;本书其他部分由合肥机电技工学校徐万赋编写。全书由徐万赋、姚成秀统稿。

由于编者知识水平有限,本书不当之处在所难免,敬请随时指正。

编 者

目 录

第一章 电与磁的基础知识	1
第一节 电场	1
第二节 电位 电压	2
第三节 磁场	3
第四节 磁场对电流的作用力	4
第五节 磁感应强度 磁通	5
第六节 通电线圈的磁场	6
第七节 电磁感应	7
第八节 自感	9
第九节 互感	10
本章小结	11
第二章 简单直流电路	14
第一节 电路及其组成	14
第二节 电路中能量转换的规律	15
第三节 直流电源	16
第四节 电路中的诸物理量	17
第五节 欧姆定律	21
第六节 电阻串联电路	23
第七节 电阻并联电路	25
第八节 电阻混联电路	26
第九节 用电器的额定值及工作状态	27
第十节 电路的三种状态	28
第十一节 电路中各点电位的计算	29
第十二节 电阻器	29
第十三节 电阻定律	32
本章小结	33
第三章 复杂直流电路	36
第一节 复杂直流电路及其结构	36
第二节 基尔霍夫定律	37
第三节 支路电流法	39
第四节 叠加原理及叠加法	41
第五节 戴维南定律及等效电源法	43
本章小结	46
第四章 正弦交流电的基础知识	48
第一节 正弦交流电	48
第二节 表征正弦交流电的诸物理量	49

第三节	表示正弦交流电的方法	52
第四节	正弦交流电的相位关系	58
第五节	正弦交流电的加减运算	59
本章小结		61
第五章	单相交流电路	62
第一节	纯电阻电路	62
第二节	电感器	64
第三节	纯电感电路	65
第四节	电容器	68
第五节	纯电容电路	71
第六节	电阻、电感、电容串联电路	73
第七节	串联谐振电路	77
本章小结		79
第六章	三相交流电路	81
第一节	三相交流电概述	81
第二节	三相电源绕组的星形联结	82
第三节	对称三相负载的联结	83
第四节	对称三相交流电路的计算	85
第五节	三相交流电路的功率	87
本章小结		88
第七章	变压器	90
第一节	变压器概述	90
第二节	变压器的作用	92
第三节	变压器的损耗与效率	94
第四节	几种常用变压器	95
第五节	变压器的额定值	98
本章小结		98
第八章	晶体二极管 晶体三极管	99
第一节	半导体基础知识	99
第二节	PN 结	101
第三节	晶体二极管	103
第四节	晶体三极管	107
本章小结		114
第九章	直流稳压电源	115
第一节	直流稳压电源概述	115
第二节	单相桥式全波整流电路	116
第三节	滤波电路	119
第四节	稳压电路	121
本章小结		122

第十章 晶体管交流放大电路	123
第一节 放大电路的放大能力	123
第二节 固定偏置放大电路	124
第三节 温度对静态工作点的影响	129
第四节 基极分压式直流电流负反馈放大电路	130
第五节 多级放大电路	133
第六节 功率放大电路	135
本章小结	138
第十一章 数字电路基础知识	140
第一节 数字电路概述	140
第二节 数制及其转换	141
第三节 逻辑代数及逻辑函数化简	144
第四节 逻辑门电路	146
第五节 逻辑图、真值表与逻辑函数式间的转换	152
第六节 组合逻辑电路基本知识	154
本章小结	158
附录	160
附录一 本书所用英文缩写词的注释	160
附录二 国际单位制词头表	161
附录三 常用单位换算表	162
附录四 希腊字母表	163
附录五 电阻器的标称阻值系列和允许偏差	164
参考文献	165

第一章 电与磁的基础知识

在本门课程的学习过程中,将要用到一系列电与磁的基础知识。为了便于学习,现将这些知识归纳整理并加以复习。

本章所介绍的电与磁的基础知识主要包括:电场、磁场、电磁感应和电磁感应定律。

通过本章的学习,应初步建立起诸如电位、电压、磁感应强度、磁通、自感系数、自感应和互感应等的概念。

第一节 电 场

一、电荷 电荷量

我们知道,在自然界里只有两种电荷:正电荷和负电荷。

物体所带电荷的多少,叫电荷量,常用 Q 或 q 表示。在国际单位制中,电荷量的单位是库仑,简称库,单位符号是 C。正电荷的电荷量取正值,负电荷的电荷量取负值。各种物质原子中的电子带负电,是负电荷;质子带正电,是正电荷。一个电子的电荷量和一个质子的电荷量相等,是 1.602×10^{-19} 库。物体所带电荷量,总是一个电子电荷量的整数倍。因此把电荷量为 1.602×10^{-19} 库的电荷,称作基本电荷。

二、电场及其性质

众所周知,异种电荷相吸,同种电荷相斥。这就是说,电荷之间存在着相互作用力,这种力称为电场力。力是通过物体传递的,传递电场力的物质称为电场。

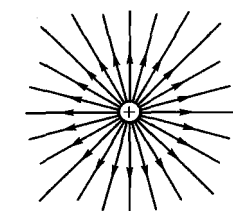
电场虽然与一般的物质不同,不是由分子、原子组成的,但电场却与一般的物质一样具有力的性质和能的性质。在电场中任一点放置一个电荷,该电荷必定受电场力的作用,这说明电场具有力的性质。与重力场中任一物体都具有重力势能类似,在电场中任一点放置一个电荷,该电荷一定具有能量,这种能量称为电势能或电位能,这说明电场具有能的性质。

在电场中一点放置一个正电荷,它所受的电场力的方向,称为该点的电场方向。显而易见,正电荷所受电场力的方向与电场方向相同,负电荷所受电场力的方向与电场方向相反。如果同一个电荷放在电场中不同的两点,所受电场力大的点处电场强,所受电场力小的点处电场弱。可见,电场是有强弱之分的。

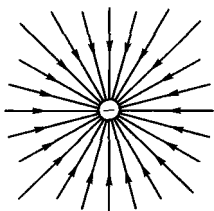
三、电场线

为了形象地描述电场的方向和强弱,人们引用一簇有方向的曲线,这些曲线称为电场线。用电场线的切线方向表示电场方向,用电场线的疏密程度定性地表示电场的强弱。

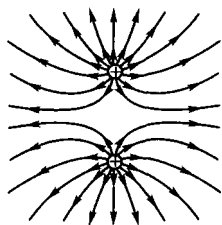
图 1-1 表明的是几种点电荷的电场线。从图中可以看出,电场线起于正电荷,止于负电荷。



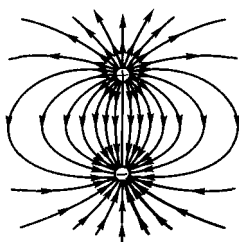
(a)正电荷的电场线



(b)负电荷的电场线



(c)等量同种电荷的电场线



(d)等量异种电荷的电场线

图 1-1 点电荷的电场线

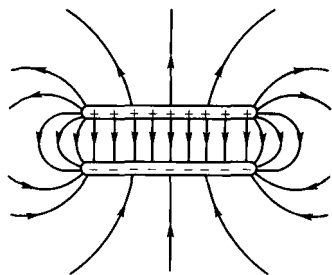


图 1-2 匀强电场的电场线

四、匀强电场

在电场中的某一区域里,各点电场强弱都一样,各点电场方向都相同,则该区域的电场特称为匀强电场。匀强电场的电场线是一簇等间距的、方向相同的平行直线。图 1-2 表示的是两个带等量电荷的平行金属板之间的匀强电场的电场线。

第二节 电位 电压

一、电势能

电场不仅具有力的性质,而且还具有能的性质,也就是说,电荷在电场中任一点都具有一定的电势能。电势能和重力势能一样,具有相对的意义。只有当选定了电荷在某点电势能为零时,电荷在其他位置的电势能才有确定的值。电荷在点 a 的电势能,通常用 W_a 表示。

二、电位

电荷在电场中某点具有的电势能,不仅和电势能零点选择以及电荷所在位置有关,还跟电荷量成正比。

人们规定:单位正电荷(1库的正电荷)在电场中某点所具有的电势能称为该点的电位,通常用 V 表示。在国际单位制中,电位的主单位是伏特,简称伏,单位符号为 V 。若电量为 Q (库)的正电荷,在电场中 a 点的电势能为 W_a (焦),则 a 点的电位为

$$V_a = \frac{W_a}{Q} \quad (1-1)$$

式中, Q ——正电荷电荷量,单位符号 C ;

W_a ——正电荷 Q 在 a 点具有的电势能,单位符号 J ;

V_a —— a 点的电位,单位符号 V。

关于电位这一概念,请注意以下几点:

(1) 电位具有相对性。说某点的电位是多少伏,必须指明电位零点(又称电位参考点)的位置,否则是毫无意义的。电位零点的选择是任意的,在以后的学习中会知道。在电路中,人们习惯选接地点或接金属外壳点为电位零点。若某点的电位比电位零点的电位高,则规定该点的电位为正值;反之,若某点的电位比电位零点的电位低,则规定该点的电位为负值。电场中同一点的电位,由于电位零点位置不同而具有不同的数值。

(2) 某点的电位,在数值上等于 1 库正电荷在电场力作用下,由该点移动到电位零点克服电场力所做的功;也等于在此过程中电势能减少,并把这部分电势能转换成其他形式的能。

(3) 沿着电场线方向,电位降低。

(4) 在电场力作用下,正电荷将自高电位点移向低电位点,负电荷将自低电位点移向高电位点。

例如,在选定电位零点的条件下,若 a 点的电位 $V_a = 5 \text{ V}$,则表明,1 库的正电荷在电场力作用下,由 a 点移动到零点的过程中,电场力所做的功为 5 焦,电势能减少了 5 焦,并把 5 焦的电势能转换成其他形式的能。

三、电压

在电场中,两点的电位之差,称为该两点间的电压,通常用 U 表示。若 a 点的电位为 V_a , b 点的电位为 V_b ,则 a 、 b 两点间的电压 U_{ab} 为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-2)$$

显而易见,电压的单位与电位的单位相同,均为伏(V),其他辅助单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)等。

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$$

$$1 \text{ V} = 1000 \text{ mV}$$

$$1 \text{ mV} = 1000 \mu\text{V}$$

电压是有方向的。人们规定:电压的方向是由高电位指向低电位,也就是说沿着电压的方向电位是降低的。因此,电压又称为电位降。

关于电压这一概念,应注意以下几点:

(1) 电压具有绝对性。这就是说,两点间的电压与电位零点的位置无关,这一点是电压与电位的重要区别之一。

(2) a 、 b 两点间的电压 U_{ab} ,在数值上等于电场力将 1 库的正电荷由 a 点移动到 b 点时所做的功;等于 1 库正电荷由 a 点移至 b 点时,电势能的减少;同时也等于在此过程中电势能转换成其他形式能的数量。

(3) a 点的电位,等于该点(a)与电位零点(o)之间的电压,这是因为:

$$U_{ao} = V_a - V_o = V_a - 0 = V_a$$

所以测某点的电位,就是用电压表测该点与电位零点间的电压。

第三节 磁 场

一、磁体 磁性 磁极

具有磁性的物体称为磁体。磁体能吸引铁、钴、镍等金属的性质称为磁性。磁体上磁性最

强的部位称为磁极。可以自由转动的条形磁体静止时,指北的一端称为 N 极,指南的一端称为 S 极。

二、磁场

大家知道,磁极之间具有同名磁极相斥、异名磁极相吸的性质。这种作用力是靠磁体周围的特殊物质传递的,这种特殊物质就称为磁场。

在磁场中某一部位磁性强,就说是磁场强;反之,就说是磁场弱。因此,磁场是有强弱之分的,并且也是有方向的。在磁场中某一点处,放置一个小磁针,当小磁针静止时,其 N 极的指向就称为该点磁场的方向。

三、磁感线

为了形象表示磁场的强弱和方向,人们引用一簇有方向的曲线,这簇曲线称为磁感线,也叫磁力线。用磁感线的疏密程度表示磁场的强弱,用磁感线的切线方向表示磁场的方向。图 1-3 表示条形磁体和马蹄形磁体的磁感线分布情况。磁体外部的磁感线是从磁体的 N 极出来,进入磁体的 S 极。磁感线是不能相交的。

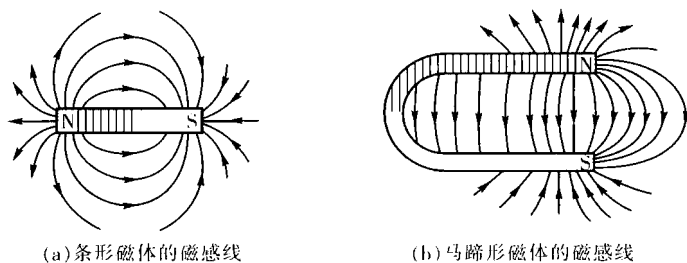


图 1-3 永久磁体的磁感线

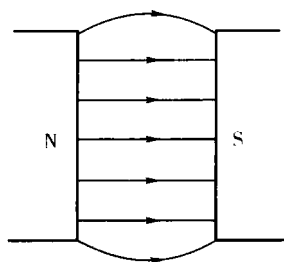


图 1-4 异名磁极间均匀磁场的磁感线

四、均匀磁场

如果磁场的某一区域里,磁场的强弱和方向处处相同,这个区域的磁场叫做均匀磁场。均匀磁场的磁感线是一簇等间距的、方向相同的平行直线。马蹄形磁体的 N 极和 S 极之间的磁场、两个靠得很近的异名磁极之间的磁场,都可以视为均匀磁场。异名磁极间均匀磁场的

磁感线如图 1-4 所示。

第四节 磁场对电流的作用力

大量实验证明,处在磁场中的载流导体将受到磁场对它的作用力,这种作用力,称为安培力。

取一马蹄形磁体,在其 N 极和 S 极之间悬挂一直导体,令直导体与磁感线方向垂直。若导体中通以电流,则导体将摆起一个角度,如图 1-5 所示。这个实验足以说明,电流受到了安培力的作用。

安培力的方向可用左手定则来判定:伸开左手,五指在同一平面内并使大拇指跟其余四指垂直,将左手放入磁场中,让磁感线垂直穿入手心,并使伸开的四指指向电流方向,那么,大拇指所指的方向就是安培力的方向,如图 1-6 所示。

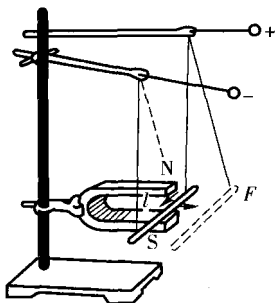


图 1-5 磁场对电流的作用力

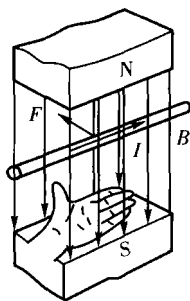


图 1-6 左手定则

我们通常用“×”“·”或“⊗”“⊙”之类的符号表示磁感线或电流的方向。“×”或“⊗”表示垂直纸面向里的方向,“·”或“⊙”表示垂直纸面向外的方向。

磁场中的通电导体在一定条件下必受安培力的作用,这是电动机通电后会转动起来的根本道理。

第五节 磁感应强度 磁通

一、磁感应强度

载流导体所受的安培力与磁场的强弱有关。可想而知,磁场越强,载流导体所受的安培力就越大。为了定量地表示磁场的强弱,我们定义一个新的物理量,称为磁感应强度,用 B 表示。若在均匀磁场中,垂直磁感线方向有一长为 $l(\text{m})$ 的直导体,通以 $I(\text{A})$ 电流,测得导体所受的安培力为 $F(\text{N})$,则该均匀磁场的磁感应强度为

$$B = \frac{F}{Il} \quad (1-3)$$

在国际单位制中,磁感应强度 B 的单位是特斯拉,简称特,单位符号为 T 。

可见,磁感应强度在数值上等于在均匀磁场中垂直磁感线方向长度为 1 m 、电流为 1 A 的直导体所受的安培力。

磁感应强度是有方向的,它的方向就是磁场的方向,就是磁感线的方向,也就是小磁针的 N 极的指向。

磁感应强度的大小定量地表示磁场的强弱,磁感应强度的方向表示磁场的方向。

各点磁感应强度的值都相等,各点的磁感应强度的方向都相同的磁场,称为均匀磁场。

有了磁感应强度的定义,载流导体所受的安培力就可以表示为

$$F = BIl \quad (1-4)$$

式中, F ——安培力,单位符号 N ;

I ——电流,单位符号 A ;

l ——垂直磁力线方向的载流导体的长度,单位符号 m ;

B ——均匀磁场的磁感应强度,单位符号 T 。

二、磁通

在磁感应强度为 $B(\text{T})$ 的均匀磁场中,垂直磁感线方向,或者说垂直磁感应强度方向任取一平面,其面积为 $S(\text{m}^2)$,则乘积 BS 就称为通过该平面的磁通量,简称磁通,记以 Φ 。即

$$\Phi = BS \quad (1-5)$$

注意:

(1)在国际单位制中磁通 Φ 的单位是韦伯,简称韦,单位符号为 Wb 。

(2)磁通 Φ 也是有方向的,磁通 Φ 的方向就是磁感应强度 B 的方向,也就是磁感线的方向。

第六节 通电线圈的磁场

一、通电线圈的磁场

大量的实验证明:电流的周围有磁场,人们把这一现象称为电流的磁效应。

载流直导体周围有磁场,通电线圈周围也有磁场。图 1-7 表示的是通电线圈周围磁场的磁感线分布状况,可见,这与条形磁体的磁感线分布状况相似。

在线圈内部,磁感线是等间距的、方向相同的平行直线,这说明通电线圈内部的磁场可视为均匀磁场,该磁场各点的磁感应强度大小相等、方向相同。在线圈内部,磁感应强度 B 的方向由 S 极指向 N 极。

通电线圈内部磁感线的方向和电流方向之间的关系,服从右手螺旋定则:用右手握住线圈,让弯曲的四指所指的方向跟电流方向一致,大拇指所指的方向,就是线圈内部磁感线的方向,也就是通电线圈的 N 极所在的方向,如图 1-8 所示。

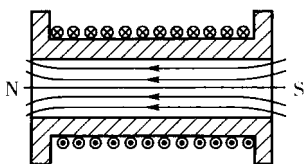


图 1-7 通电线圈的磁场

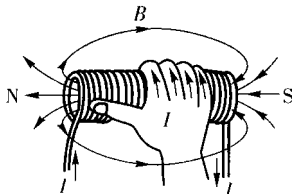


图 1-8 右手螺旋定则

二、磁链

一匝线圈所围成的面积 S 与线圈内部磁感应强度 B 之积,就是通过一匝线圈的磁通,即 $\Phi = BS(\text{Wb})$ 。假设线圈为 N 匝,则 $N\Phi$ 称为线圈的磁链,记以 Ψ 。即

$$\Psi = N\Phi = NBS \quad (1-6)$$

显而易见,磁链 Ψ 的单位和磁通 Φ 的单位相同,也是韦(Wb)。

三、自感系数

线圈的磁链 Ψ ,除了与匝数 N 等线圈本身的几何参数有关,还与线圈中的电流大小有关。可想而知,电流越大,线圈内部的磁场就越强,磁感应强度 B 就越大,所以磁链 Ψ 也越大。

人们定义:线圈通过 1 安电流形成的磁链,称为线圈的自感系数,记以 L 。若通过 $I(\text{A})$ 电

流,线圈形成的磁链为 $\Psi(\text{Wb})$,则线圈的自感系数为

$$L = \frac{\Psi}{I} \quad (1-7)$$

在国际单位制中,自感系数 L 的单位是亨利,简称亨,单位符号是 H。自感系数的辅助单位还有毫亨(mH)和微亨(μH)。

自感系数表明线圈产生磁链的能力。

第七节 电磁感应

一、电磁感应现象

人们通过大量的实验证实,当导体切割磁感线运动时,或者线圈内部的磁通发生变化时,就会在导体的两端或者线圈的两端产生电位差,这种现象称为电磁感应。人们规定这种电位差的方向若由低电位指向高电位,则把它称为感应电动势,记以 E 。

在裸导线围成的“匚”形框上放置一条可以沿框滑动的裸直导体,组成一个回路放在均匀磁场中。为了观察此回路中是否有电流产生,在回路中串联一个灵敏的检流计。若直导体静止不动,则检流计位于刻度盘中央的指针不动,说明回路中没有电流。但当直导体沿着“匚”形框向左或向右匀速滑动时,检流计的指针就偏转了,说明回路中产生了电流,根据检流计指针偏转的方向能够判明电流的方向。若直导体向右滑动,则电流的方向如图 1-9 所示。这就说明在直导体两端,产生了感应电动势 E ,其方向由 B 端指向 A 端。

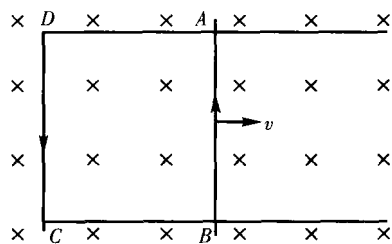


图 1-9 电磁感应

二、产生电磁感应的条件

人们通过大量的实验,归纳出产生电磁感应的条件是回路中的磁通要发生变化。若回路中有磁通,但它不变化,就不会产生电磁感应。

三、感应电动势的极性

感应电动势的方向由低电位点指向高电位点。高电位点又称为正极,低电位点又称为负极。

感应电动势的极性用楞次定律来判断。楞次定律可以这样表述:感应电流产生的磁通总是阻碍原磁通的变化。产生电磁感应的条件是回路中的磁通发生变化,这一变化而引起电磁感应的磁通称为原磁通。为了叙述方便,我们把原磁通记作 $\Phi_{\text{原}}$ 。产生电磁感应,一定产生感应电动势,假设将感应电动势联成回路,就会产生电流,由感应电动势产生的电流,称为感应电流,感应电流形成的磁通称为感应磁通,用 $\Phi_{\text{感}}$ 表示。楞次定律表明,若因原磁通 $\Phi_{\text{原}}$ 增大而引起电磁感应,则感应磁通 $\Phi_{\text{感}}$ 的方向一定与 $\Phi_{\text{原}}$ 的方向相反,阻碍 $\Phi_{\text{原}}$ 增大;若因原磁通 $\Phi_{\text{原}}$ 减少而引起电磁感应,则 $\Phi_{\text{感}}$ 的方向与 $\Phi_{\text{原}}$ 的方向相同,阻碍 $\Phi_{\text{原}}$ 减少。因此,具体运用楞次定律时,可以把楞次定律归纳成易记的四字口诀——“增反减同”。

用楞次定律判断感应电动势的极性,可按下列步骤进行:

(1) 根据题意, 判明原磁通 $\Phi_{\text{原}}$ 的方向和变化趋势($\Phi_{\text{原}}$ 是增大还是减少)。

如图 1-10 所示, 直导体切割磁感线向右以速度 $v(\text{m/s})$ 匀速运动时, $\Phi_{\text{原}}$ 方向垂直纸面向里, 用符号“ $\times$ ”表示, $\Phi_{\text{原}}$ 在增大。

(2) 根据“增反减同”口诀, 判明 $\Phi_{\text{感}}$ 的方向。

在本例中, 因 $\Phi_{\text{原}}$ 在增大, 所以 $\Phi_{\text{感}}$ 的方向与 $\Phi_{\text{原}}$ 方向相反, 垂直纸面向外, 用符号“ $\cdot$ ”表示。

(3) 根据 $\Phi_{\text{感}}$ 的方向, 利用右手螺旋定则判明感应电流的方向。

在本例中, 感应电流的方向在 AB 导体中由 B 端流向 A 端。

(4) 将感应电流视为电源内部的电流, 最终确定感应电动势的极性。电源内部的电流由低电位流向高电位。所以, 对于图 1-10 所示的例子, 电源内部的电流是由低电位流向高电位。 A 端是正极(高电位), B 端是负极(低电位), 感应电动势 E 的方向由 B 端指向 A 端。

依照上述步骤, 用楞次定律可以判断任何感应电动势的极性。对于直导体切割磁感线运动而产生的感应电动势的极性, 也可用右手定则判定: 伸平右手手掌, 并使大拇指垂直其余四指, 让磁感线穿入掌心, 大拇指指向直导体运动方向, 则四指的指向就是感应电动势的方向, 如图 1-11 所示。

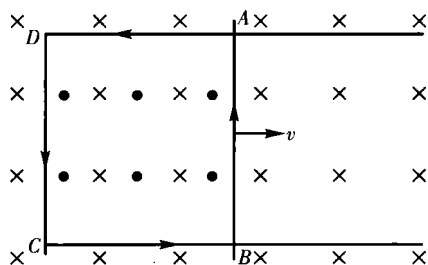


图 1-10 楞次定律的应用

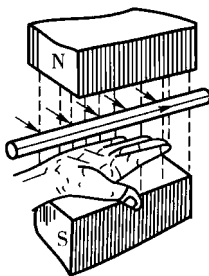


图 1-11 右手定则

四、感应电动势大小的计算

计算感应电动势的理论基础是法拉第电磁感应定律。该定律表明: 感应电动势在数值上等于磁链随时间的变化率。即

$$E = \frac{\Delta \Psi}{\Delta t} \quad (1-8)$$

式中, E ——感应电动势, 单位符号 V ;

Δt ——时间间隔, 单位符号 s ;

$\Delta \Psi$ ——在 Δt 时间内磁链的变化量, 单位符号 Wb 。

磁链随时间的变化率, 就是 1 秒钟磁链的变化数量。

对于直导体切割磁感线而产生的感应电动势, 可将“ $\square$ ”形框与运动导体构成的回路视为 1 匝线圈。这样

$$\Psi = N\Phi = \Phi = BS$$

如图 1-12 所示, 当直导体由 AB 处以速度 v 向右匀速滑动至 $A'B'$ 处时, 面积 S 增大了 ΔS , 所以磁通 Φ 增大了 $\Delta \Phi$, 进而磁链 Ψ 也增大了 $\Delta \Psi$, 则

$$\Delta \Psi = \Delta \Phi = B\Delta S$$

若由 AB 至 $A'B'$ 所用的时间为 Δt , 可得

$$\Delta S = lv\Delta t$$

故 $\Delta\Psi = B\Delta S = Blv\Delta t$

根据法拉第电磁感应定律 $E = \frac{\Delta\Psi}{\Delta t}$, 可得直导体切割磁感线运动而产生的感应电动势为

$$E = Blv \quad (1-9)$$

式中, E ——直导体切割磁感线运动产生的感应电动势,

单位符号 V ;

B ——均匀磁场的磁感应强度, 单位符号 T ;

l ——直导体在磁场中垂直磁场方向的长度, 单位符号 m ;

v ——直导体垂直磁场方向的运动速度, 单位符号 m/s 。

综合本节所述可知: 当直导体作切割磁感线运动时在导体中会产生电磁感应。感应电动势的极性或方向用楞次定律判定, 感应电动势的大小可用 $E = Blv$ 直接计算。该公式是由法拉第电磁感应定律导出的。应用此公式时, 必须注意直导体的运动方向要与磁感线垂直。若 v 与 B 不垂直而呈一夹角 α , 则

$$E = Blv\sin\alpha \quad (1-10)$$

发电机产生的电动势, 本质上就是直导体切割磁感线运动时产生的感应电动势。

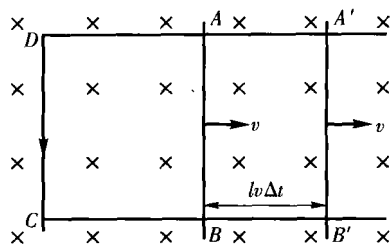


图 1-12 感应电动势的计算

第八节 自感

一、自感现象

我们知道, 通电线圈在其内部有磁场, 而且若电流的大小和方向不变, 通过线圈的磁通也不变。但当线圈中的电流发生变化时, 线圈回路中的磁通也就会变化, 于是在线圈中就要产生电磁感应。

由于线圈自身电流的变化, 在该线圈中引起的电磁感应, 称为自感应, 简称自感。自感产生的电动势, 称为自感电动势, 记作 E_L 。

二、自感电动势的极性

如图 1-13 所示, 原电流 $I_{原}$ 由 A 点流入线圈, 由 B 点流出。若电流 $I_{原}$ 变化了, 假设在减少, 则线圈中必将产生自感电动势 E_L 。现用楞次定律判断 E_L 极性的步骤为:

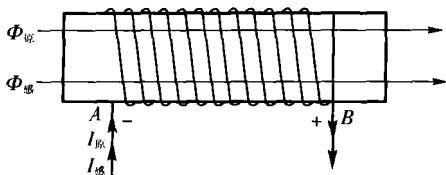


图 1-13 自感电动势的极性

(1) 原电流 $I_{原}$ 在线圈内部形成的磁通即为原磁通 $\Phi_{原}$, 依据右手螺旋定则判明 $\Phi_{原}$ 的方向自左向右; 由于原电流在减少, 所以 $\Phi_{原}$ 也在减少。

(2) 根据“增反减同”的口诀, 可知感应磁通 $\Phi_{感}$ 的方向与 $\Phi_{原}$ 的方向相同, $\Phi_{感}$ 的方向也是自左向右。

(3) 利用右手螺旋定则, 根据 $\Phi_{感}$ 的方向判明感应电流 $I_{感}$ 的方向也是由 A 点流入, 由 B 点流出。