

实用电工基础

SHIYONG DIANGONG JICHU

主 编 项仁寿
段友池
王新建

DIAN GONG

中国建材工业出版社

实用电工基础

项仁寿
主编 段友池
王新建

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电工基础/项仁寿主编.-北京:中国建材工业出版社,1997.6
ISBN 7-80090-620-5

I. 实… I. 项… II. 电工技术-基本知识 N.TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 09724 号

实用电工基础

主编 项仁寿 段友池 王新建

*

中国建材工业出版社出版(北京海淀区三里河路 11 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京丽源印刷厂印刷

*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:12 字数:296 千字

1997 年 6 月第 1 版 2001 年 3 月第 4 次印刷

印数:10001—13000 册 定价:17.84 元

ISBN7-80090-620-5/TM·4

《实用电工基础》编委会

主 编：项仁寿 段友池 王新建

副主编：房耀东 鲍玉富 尹建玲

编 委：（以姓氏笔划为序）

李章利 房 明 陈 聪 段友兰

项 骏 娄树军 梁会苍 杨茂东

诸葛长胜 綦 焯

前 言

本书是一本既阐述电磁学基本理论,又介绍实用电工技术的基础教程。全书分作上、中、下三篇:上篇阐述有关的电磁学基本理论;中篇叙述进网作业电工必备的实用技术知识;下篇介绍家用电器的技术常识。全书对于基础理论和变电、配电、用电以及常用电气设备的原理、安装、运行和维护的有关知识和技术规范,进行了较为系统的介绍。本书行文力求深入浅出、联系实际,对于基本理论,既注意概念的准确,又避免过多的数学推导,以便于广大实践工作者阅读。本书可以作为职业学校的电工教材,也可用于企业和农村的电工技术培训,还可供具有中等文化水平的企业、农村电业管理人员自学参考。本书每章后面附有测试题目及参考答案,作为正文的补充和引伸。这些测试题目与解答大都参考“电力工人技术培训与考工试题丛书”有关内容编写,按照四级电工的“应知”要求设计,以起到既能使读者深入理解正文内容,又可作为应试参考资料的作用。另外,书末附表中列有常用电工技术数据,供读者学习或工作时查用。

全书编写人员的分工情况为:上篇由房耀东、鲍玉富、慕焯、姜树军、陈聪、项仁寿执笔;中篇由段友池、尹建

玲、项骏、杨茂东、房明、段友兰完成；下篇由王新建、梁会苍、李章利、诸葛长胜编写。全书由项仁寿、段友池统一修改、润色、定稿。

本书编写过程中，得到有关电业部门的领导同志的鼓励和支持，在此谨表衷心谢意。由于编者水平有限，书中错误、疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著

1996年10月于青岛

目 录

上篇 电磁学基本知识

第一章 直流电路	(1)
第一节 电路及其组成	(1)
第二节 电流和电流强度	(2)
第三节 电压、电位和电源电动势	(4)
第四节 电阻和电阻定律	(7)
第五节 欧姆定律	(11)
第六节 电阻的串联、并联和混联	(14)
第七节 基尔霍夫定律	(20)
第八节 电功、电功率和焦耳定律	(23)
测试题及参考答案	(26)
第二章 磁场和磁场力	(34)
第一节 磁体和磁极	(34)
第二节 磁场和磁感应强度	(35)
第三节 电流的磁场	(37)
第四节 磁场对电流的作用力	(38)
第五节 铁磁性材料	(40)
本章测试题及参考答案	(44)
第三章 电磁感应	(47)
第一节 电磁感应现象	(47)
第二节 电磁感应的基本规律	(50)
第三节 自感、互感和涡流	(52)
本章测试题及参考答案	(55)

第四章 单相交流电路	(58)
第一节 交流电的基本概念	(58)
第二节 描述交流电的特征量	(60)
第三节 正弦交流电的表示法	(64)
第四节 简单交流电路	(66)
第五节 R 、 L 、 C 串联和并联电路	(75)
本章测试题及参考答案	(82)
第五章 三相交流电路	(88)
第一节 三相交流电的产生	(88)
第二节 三相电源的接法	(90)
第三节 三相负载的联接	(92)
第四节 三相电路的功率	(97)
本章测试题及参考答案	(100)

中篇 实用电工技术

第六章 电气线路	(104)
第一节 架空电力线路	(104)
第二节 室内外布线	(124)
本章测试题及参考答案	(133)
第七章 变压器	(137)
第一节 变压器的分类与构造	(137)
第二节 变压器的工作原理与技术数据	(142)
第三节 变压器容量和安装地点的选择	(147)
第四节 变压器的运行和维护	(150)
第五节 变压器的保护	(160)
本章测试题及参考答案	(161)

第八章 配电装置	(165)
第一节 配电装置的组成	(165)
第二节 高压配电装置	(167)
第三节 低压配电装置	(175)
第四节 电力电容器	(191)
本章测试题及参考答案	(200)
第九章 三相异步电动机	(203)
第一节 构造与原理	(203)
第二节 异步电动机的选择	(208)
第三节 异步电动机的安装与接线	(211)
第四节 异步电动机的启动	(215)
第五节 电动机的运行管理	(219)
第六节 电动机的维护及检修	(222)
本章测试题及参考答案	(230)
第十章 常用电工仪表与测量	(234)
第一节 基础知识	(234)
第二节 常用电测仪表与测量	(237)
本章测试题及参考答案	(252)
第十一章 接地与接零	(255)
第一节 工作接地	(255)
第二节 保护接地和接零	(256)
第三节 电气设备接地电阻值的确定	(260)
第四节 接地装置的安装	(261)
本章测试题及参考答案	(263)
第十二章 安全用电和触电急救	(266)
第一节 电工安全工器具	(266)
第二节 保证安全的措施	(271)

第三节 漏电保护器.....	(275)
第四节 触电急救.....	(282)
本章测试题及参考答案.....	(292)

下篇 家用电器

第十三章 照明装置	(296)
第一节 灯的种类和构造.....	(296)
第二节 灯具的选择与安装.....	(300)
第十四章 电热器具	(304)
第一节 电取暖器.....	(305)
第二节 电热炊具.....	(306)
第十五章 家用动力电器	(311)
第一节 单相异步电动机.....	(311)
第二节 家用电风扇.....	(314)
第三节 洗衣机.....	(328)
附录.....	(347)

上篇 电磁学基本知识

第一章 直流电路

电工学是研究电磁现象在技术中应用的科学。因此在叙述电工学变电、配电、用电等各种实用技术之前,先对于电磁现象的基本规律做出简要的阐述。这些内容对于学习实用电工技术是必不可缺的。本章着重介绍直流电路的有关知识。

第一节 电路及其组成

一、电路

电路就是电流所流经的路径,它一般由电源、负载和连接导线3个基本部分组成。

用导线将一个小灯泡的两端分别与一节干电池的正、负极联接起来,就构成了一个最简单的电路(图 1-1)。其中干电池是电能的供给者,被称作电路的电源;小灯泡是消耗电能的,叫作电路的负载。通过连接导线,将电能由电源运送到负载。

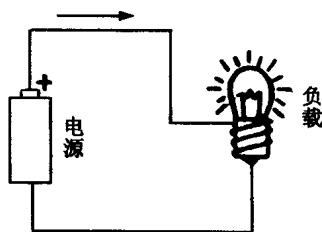


图 1-1 简单电路

电灯、电炉、继电器以及电动机等都是电路的负载,它们分别将电源传送给它们的电能,转变为光

能、热能或机械能为我们所利用。在用电系统中,电路起着传输和转换电能的作用。

二、电路图

在设计、安装和修理电气设备时,需要用描述电路联接情况的图形表示实际电路,这就是电路图。绘制电路图时,要采用统一规定的符号代表各种元件及其联接方式。常见的几种图形符号和联接方式,如图 1-2 所示。

元件名称	电路符号	元件名称	电路符号
电 源		负载	
		开关	
		熔断器	
电 灯		导线	
电 阻		电压表	
电感线圈		电流表	
电容器		功率表	
		接地点	

图 1-2 常见电路符号

第二节 电流和电流强度

一、物质的电结构和物体的带电

物质是由分子构成的,而分子由更小的物质微粒——原子所构成。原子也是可分的,它是由带正电的原子核和核外带负电的电子构成的。对于不同的原子,其原子核外面的电子数目不同。在正常情况下,原子核所带正电荷的电量与所有核外电子所带的负电荷的电量相等,因此就整个原子而言,正、负电荷对外界的作用相互抵消,原子不显电性,物体也就处于不带电的状态。

假如两个物体(分别由不同物质组成)由于相互摩擦或者其他原因,使一个物体上的电子转移到另一个物体上,那么失去电子的那个物体带正电,而获得电子的另一物体带负电。物体失去或获得的电子越多,这个物体所带的电荷量(简称电量)也就越大。

电量是以C(库仑)为单位计量的。据测定,一个电子所带的负电量约为 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$,也就是说,1C 负电荷中大约包含有 625 亿亿个电子。

二、电场

通过摩擦起电等简单实验可以证明,电荷之间存在着相互作用:同性电荷相互排斥、异性电荷相互吸引。电荷之间的相互作用,是通过电场实现的。与常见的各种物体一样,电场也是物质存在的一种形式,它存在于带电体周围的空間中,其主要特性是对处于电场中的电荷施加力的作用,这种力叫作电场力。同一电荷在电场中受力较大的地方电场较强,受力较小的地方电场较弱。电场的强弱用电场强度来描述。电场强度具有一定的方向,电场强度的方向是处于电场中的正电荷受力的方向。

三、电流和电流强度

电荷的定向移动形成了电流。

金属导线中的电流,是由于导线中的自由电子在电场的作用下定向移动形成的。在有些液体和气体中,由于存在着带正、负电荷的离子,它们在电场作用下也分别朝着一定的方向运动,也能形成电流。像电镀设备中就是利用液体中的电流进行工作的,日光灯则是利用气体中的电流使之发光的。不论固态导体还是液体、气体中的电流,都是带电微粒(电子或正、负离子)定向移动形成的。

电流的大小取决于在一定时间内通过导体截面的电量的大小。以导线中的电流为例,在同一时间内,通过导体截面的电量越大,就表明导线中的电流越大。

表示电流大小的物理量叫作电流强度,简称电流,用符号 I 表

示。其数值等于单位时间内通过导体截面的电量。如果用 q 表示通过导体某一截面的电量,用 t 表示通过电量 q 的时间,那么,

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-1)$$

当电量的单位用库仑(C),时间的单位用秒(s),那么用上式算得的电流的单位是安培(A)。也就是说,若每秒钟有1库仑的电量通过导体的截面,则电流的大小是1安培。

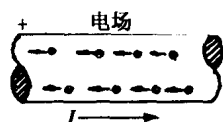


图 1-3 电流的方向与电子流动方向

电流其它的常用单位有毫安(mA)和微安(μ A)。其换算关系为

$$1\text{A} = 1000\text{mA} = 10^3\text{mA}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A} = 10^3\mu\text{A}$$

电流的方向规定为正电荷流动的方向。在导线中,电流实际上是带负电的自由电子的定向移动形成的,其效果与等量正电荷反方向流动完全相同,因此电流的方向与电子流的方向相反(图 1-3)。

第三节 电压、电位和电源电动势

一、电压

在图 1-4 所示装置中, A 和 B 是两个极板, A 带正电, B 带负电。如果用导线连接 A 和 B , 那么在电场力的作用下, 正电荷要从极板 A 经过导线流向极板 B (实际上, 是自由电子在电场力作用下由 B 流向 A)。这就表明, 电场力对电荷做了功。电场力将单位正电荷由 A 点移到 B 点所做的功, 称为 A 、 B 两点间的电压, 用 U_{AB} 表示。因此, 如果电场力移动电荷的电量为 q , 由 A 点到 B 点电场力的功为 W , 则

$$U_{AB} = \frac{W}{q} \quad (1-2)$$

上式中,电场力所做的功的单位为焦耳(J),电量的单位为库仑(C),则电压的单位为伏特,简称为伏,用符号 V 表示。对于高电压常用千伏(kV) 做为单位,电压较低时常用毫伏(mV) 做为单位。这些单位之间的关系是

$$1\text{kV} = 1000\text{V} = 10^3\text{V}$$

$$1\text{mV} = \frac{1}{1000}\text{V} = 10^{-3}\text{V}$$

二、电位

在分析电路时,经常要用到电位这个概念。在电路中任选一点为参考点,令其电位为零(工程上常选大地为参考点),那么电路中某一点 A 的电位就等于该点到参考点之间的电压。用符号 φ_A 表示 A 点的电位,而参考点的电位 $\varphi_0 = 0$,因此

$$\varphi_A - \varphi_0 = \varphi_A = U_{A0} \quad (1-3)$$

由(1-3)式可见;电位的单位与电压相同,也应是伏特。

电场中任意两点间的电位差就等于这两点间的电压,即

$$\varphi_A - \varphi_B = U_{AB} \quad (1-4)$$

所以电压也称作电位差,电压的方向规定由高电位指向低电位,即沿着电位降的方向。电流的方向与电压的方向一致,也是由高电位流向低电位。如果在电路中某两点的电位相等,它们之间的电位差为零,就没有电流在这两点间流过。我们把电位相等的点叫作等电位点。等电位是高压带电作业的理论基础。

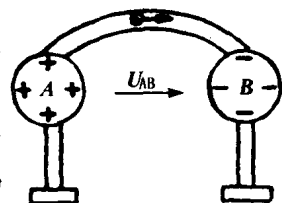


图 1-4 电压的概念

以图 1-4 所示的情况为例,极板 A 的电位高于极板 B 的电位,正电荷在电场力的作用下由 A 板流向 B 板,在电流流动的过程中,随着极板 A 上的正电荷的减少其电位将逐渐降低,而极板 B 上则由于流入的正电荷与原有的负电荷的中和而使其电位逐渐上升。

因此,电荷流动的结果将使两极板 A 、 B 之间的电位差(电压)逐渐减小而趋向于零。与此同时,导线中的电流也相应地逐渐减小而趋向于零。这样就提出了一个问题:怎样才能使图 1-4 所示装置中的电流源源不断呢?答案是必须引入电源,借助电源中的电源力来完成这一任务。

三、电源和电动势

图 1-5 所示情况中,设 A 和 B 分别是电源的正极和负极。正电荷将沿导线经过负载由 A 流向 B ,这构成了电源外部的电路——外电路。在电源内部的电路——内电路(图中虚线框内的部分),则由于电源力的作用使正电荷由 B 流向 A ,从而使电源的正、负极之间保持有一定的电位差并在电路中产生持续的电流。

在不同的电源中,电源力来自不同的作用。例如干电池和蓄电池中的电源力来自化学作用;发电机中的电源力来自电磁作用。电源力在电源内部把正电荷从负极移到正极是一个做功的过程。实际上,也就是把其它形式的能量(例如化学能)转变为电能的过程。

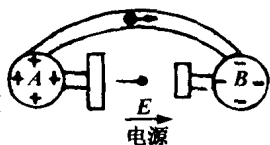


图 1-5 电源的
工作原理

电源力把单位正电荷在电源内部从负极移向正极所做的功称为电源的电动势,用字母 E 表示,即

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-5)$$

式中的 W 为电源力所做的功,单位是焦耳; q 为被移电荷的电量,单位是库仑,因此电源电动势的单位应该与电压的单位相同,也是伏特。各种不同电源的电动势一般并不相同。常见电源如干电池的电动势一般为 1.5V ,蓄电池为 2V ,直流发电机为几十伏至几百伏不等。

电源电动势是描述电源中电源力做功本领的物理量。实际上,

也就是描述电源将其它形式的能转变为电能的本领的物理量。

电源电动势的方向规定为电源力移动正电荷的方向,即由电源负极指向正极(由低电位指向高电位)。因此电源电动势的方向为电位升高的方向。

一般将电动势的大小和方向不随时间变化的电源叫作直流电源,如干电池、蓄电池、直流发电机等。电动势的大小和方向随时间变化的电源,称为交流电源,交流发电机就是交流电源。

第四节 电阻和电阻定律

一、导体、绝缘体和半导体

诸如铜、银、铝之类的物体容易导电,被称作导体;而云母、玻璃、陶瓷之类的物质不容易导电,被称作绝缘体。金属导体之所以容易导电,是因为在金属中存在着若干受原子核束缚较小的电子,它们摆脱原子核的束缚在原子之间自由运动,就成为所谓自由电子。各种金属内部在不同程度上存在着大量的自由电子,它们在电场力的作用下定向移动,所以金属成为导体。相反地,绝缘体内部由于原子核对电子的束缚很强,因而自由电子很少,所以几乎不能导电而常被用作绝缘材料。值得注意的是,绝缘体并非绝对不导电,只是其导电能力与导体相比相差极为悬殊而已。

绝缘材料在电力工业中与导体同等重要,例如变压器、油开关中的绝缘油、输电线与杆塔之间的瓷瓶等都是用绝缘材料制成的。不同的绝缘材料,其绝缘性能各有差别。工作在高温、高电压下的电器应采用陶瓷、云母或石棉等耐高温、耐高压的绝缘材料。

绝缘材料长期使用之后会老化。温度过高或温度增大时其绝缘性能要变差。常见的漏电现象就是绝缘性能下降造成的。绝缘材料过度受潮或在过高的温度下工作,或者加上过高的电压,都可能完全失去绝缘能力而导电,这种情况叫作绝缘击穿或者绝缘损坏。