

电工实习教程

DIANGONG SHIXI JIAOCHENG

主 编 马全喜

副主编 王小宇 白宏伟 张 敏

TM-45/2

2008

电工实习教程

主 编 马全喜

副主编 王小宇 白宏伟 张 敏

参 编 侯志坚 张德升 王元利

机 械 工 业 出 版 社

本书突出电气工程实践知识和技能训练,注重实用和够用。本书的具体内容包括:电工实习基础知识、电气安全技术、电工工具与仪表的基本操作、室内线路与照明、小型单相变压器的制作、三相异步电动机的拆装与检修、低压电器及其应用、成套设备的安装与调试、可编程序控制器的使用等。本书结合生产实际方面的内容,突出工艺要领,强化动手能力。

本书可作为高职高专、成人高校电工类专业的实习教程,也可作为职业教育和职工培训的教材,或作为其他工程技术人员从事电气操作与维修的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工实习教程 / 马全喜主编. —北京:机械工业出版社,
2008.2

ISBN 978-7-111-23264-3

I. 电... II. 马... III. 电工—实习—教材 IV. TM-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 002394 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:吉 玲(E-mail: jiling@mail.machineinfo.gov.cn)

责任编辑:顾 谦 赵玲丽

责任印制:洪汉军

高等教育出版社印刷厂印刷

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.5 印张·427 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-23264-3

定价:29.50 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

实践性教学在高职高专人才培养中有着重要的地位，为了适应全面建设小康社会对高素质工程应用型人才的迫切需求，促进社会主义和谐社会的建设，培养出更加合格的综合性应用型人才，各高等工程专科学校在实践教学环节内容和方法等诸多方面深化改革，以科学的发展观做了大量的实践工作，其中建设具有综合性和工程性的校内电工实习基地已形成了工程系列办学的特色。

本书是电工实习教程，从提高学生工程实践能力出发，注重实用和够用。本书对指导学生巩固理论知识、运用基础知识、训练基本技能、增强实践能力和达到培养综合性应用型人才的目标有着十分重要的作用和意义。全书共分 9 章，主要内容有：电工实习基础知识、电气安全技术、电工工具与仪表的基本操作、室内线路与照明、小型单相变压器的制作、三相异步电动机的拆装与检修、常用低压电器及其应用、成套设备的安装与调试以及可编程序控制器的使用。

本书由河南机电高等专科学校高级实验师马全喜任主编。王小宇、白宏伟、张敏为副主编，侯志坚、张德升、王元利参编，以上编著者均为河南机电高等专科学校教师。其中，侯志坚编写第 1 章，张德升编写第 2 章，马全喜编写第 3 章，张敏编写第 4 章和第 7 章的 7.1 节及 7.2 节，王元利编写第 5 章和第 9 章，白宏伟编写第 6 章，王小宇编写第 8 章和第 7 章的 7.3 节、7.4 节及 7.5 节的内容。全书由马全喜、王小宇统稿。

电工技术不断发展，技术与工艺更新很快，由于编者学识水平有限，编写时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者提出宝贵意见，以便在适当时候进行修订，使之更加完善。

编 者

目 录

前言

第1章 电工实习基础知识	1
1.1 电路的基础知识与基本定律	1
1.1.1 基础知识	1
1.1.2 电路的基本定律	5
1.2 电磁理论的基础知识	8
1.2.1 磁路的基础知识	8
1.2.2 右手定则和左手定则	9
1.2.3 电磁感应	10
1.2.4 磁路欧姆定律	12
1.2.5 涡流	12
1.2.6 集肤效应	13
1.3 正弦交流电	13
1.3.1 基本概念	13
1.3.2 电感和感抗	15
1.3.3 电容器和容抗	16
1.3.4 功率因数	18
1.4 三相交流电路	19
1.4.1 电力系统和电力网	19
1.4.2 三相交流电	19
1.4.3 三相电源的连接	20
1.4.4 三相负载的连接	22
1.5 电工材料	24
1.5.1 常用电工材料	24
1.5.2 常用绝缘材料	25
1.5.3 常用磁性材料	26
1.5.4 电机常用轴承及润滑脂	26
第2章 电气安全技术	27
2.1 电气事故种类及事故分析	27
2.1.1 电气事故种类	27
2.1.2 触电事故分析	28
2.1.3 触电事故规律	29
2.1.4 触电急救	30
2.1.5 电气安全作业的安全措施	32

2.2 接地与接零	34
2.2.1 基本概念	34
2.2.2 接地装置的组成	35
2.3 触电防护与安全装置	38
2.3.1 安全电压	38
2.3.2 触电类型	39
2.3.3 直接接触电的防护	39
2.3.4 间接接触电的防护	42
2.3.5 触电防护分类	45
2.4 电气装置的防火和防爆	46
2.4.1 电气火灾和爆炸的原因	46
2.4.2 电气火灾和防爆的措施	46
2.4.3 扑灭电气火灾的常识	47
第3章 电工工具与仪表的基本操作	49
3.1 常用电工工具的使用	49
3.1.1 常用电工工具	49
3.1.2 线路装修工具	53
3.1.3 设备装修工具	56
3.1.4 焊接工具	56
3.2 常用电工仪表的使用	59
3.2.1 电工仪表的分类	59
3.2.2 电工仪表的误差和准确度	60
3.2.3 电流表与电压表	60
3.2.4 万用表	64
3.2.5 功率表	66
3.2.6 电能表	67
3.2.7 钳形表	70
3.2.8 绝缘电阻表	72
3.3 导线的连接	73
3.3.1 导线连接的基本要求	73
3.3.2 导线线头绝缘层的剖削	74
3.3.3 导线的连接	75
3.3.4 导线绝缘层的恢复	79
第4章 室内线路与照明	80
4.1 室内布线的基本操作	80
4.1.1 室内布线的基本知识	80
4.1.2 室内配线方法	82
4.1.3 室内布线常见故障	87
4.2 常用照明线路的安装	88

4.2.1 白炽灯	89
4.2.2 荧光灯	93
4.2.3 荧光高压汞灯	96
4.2.4 高压钠灯	97
4.2.5 低压钠灯	99
4.2.6 金属卤化物灯	99
4.2.7 碘钨灯	100
4.2.8 场致发光灯和半导体灯	102
4.2.9 临时照明电路的安装	103
4.3 特殊场所照明和特殊灯具的安装	103
4.3.1 特殊场所照明装置的安装	103
4.3.2 特殊灯具的安装	104
4.3.3 安装后的调试	105
4.4 低压进户线与配电板的安装	105
4.4.1 低压进户线的安装	105
4.4.2 量电和配电装置的安装	105
4.4.3 小型配电箱的安装	108
第5章 小型单相变压器的制作	110
5.1 变压器的分类和构造	110
5.1.1 变压器的分类	110
5.1.2 变压器的基本构造	111
5.1.3 变压器的基本工作原理	112
5.2 小型变压器的制作或重绕修理	114
5.2.1 记录原始数据	114
5.2.2 拆卸铁心	115
5.2.3 制作模心及骨架	116
5.2.4 绕制绕组	117
5.2.5 绝缘处理	120
5.2.6 铁心装配	121
5.3 变压器同名端的判别	122
5.3.1 观察法	122
5.3.2 直流法	123
5.3.3 交流法	123
第6章 三相异步电动机的拆装与检修	124
6.1 概述	124
6.1.1 电动机的分类	124
6.1.2 三相异步电动机的用途	124
6.1.3 三相异步电动机的铭牌	124
6.2 三相异步电动机的结构与运转原理	126

6.2.1 结构	126
6.2.2 运转原理	128
6.3 三相异步电动机的拆卸与组装	129
6.3.1 三相异步电动机的拆卸	129
6.3.2 三相异步电动机的装配	131
6.3.3 三相异步电动机组装后的检验	132
6.3.4 三相异步电动机的运行维护	132
6.4 电动机绕组基础知识	133
6.4.1 电动机绕组的类别	133
6.4.2 电动机绕组的部分常用名词和术语	135
6.5 三相异步电动机绕组	139
6.5.1 三相绕组排列的基本原则	139
6.5.2 极相组内及相绕组内的连接	139
6.5.3 相绕组引出线的位置	140
6.5.4 三相绕组连接的方法	140
6.5.5 三相异步电动机的绕组型式	141
6.6 三相定子绕组的种类及下线方法	141
6.6.1 单层交叉式绕组的下线方法	142
6.6.2 单层链式绕组的下线方法	158
6.6.3 单层同心式绕组的下线方法	162
6.7 三相异步电动机定子绕组首末端判别	166
6.7.1 串联判别法	166
6.7.2 用万用表或微安表判别首末端	167
6.8 三相异步电动机绕组的简易计算	167
6.8.1 三相异步电动机定子绕组重绕计算	168
6.8.2 导线的替代计算	177
第7章 常用低压电器及其应用	179
7.1 概述	179
7.1.1 常用低压电器的基本类型与用途	179
7.1.2 常用电子电器的基本类型	180
7.2 常用低压电器介绍	180
7.2.1 熔断器	180
7.2.2 低压开关	184
7.2.3 主令电器	189
7.2.4 接触器	193
7.2.5 继电器	197
7.3 电气图的识别	203
7.3.1 电气原理图	203
7.3.2 安装接线图	204

7.3.3 位置图	205
7.3.4 设备元件表	205
7.4 低压电器基本控制电路	205
7.4.1 三相异步电动机直接起动控制电路	205
7.4.2 正反转控制	208
7.4.3 异步电动机星形-三角形减压起动控制电路	210
7.4.4 能耗制动控制电路	211
7.4.5 两台电动机顺序起停控制电路	212
7.5 电动机星形-三角形起动控制的技能训练	213
7.5.1 实习目的	213
7.5.2 实习准备	213
第8章 成套设备的安装与调试	215
8.1 低压成套配电装置	215
8.1.1 低压成套配电装置的分类、安装和试验	215
8.1.2 低压配电盘的安装接线	219
8.1.3 二次线的检查与试验	228
8.2 机床电气控制柜的安装与调试	229
8.2.1 电气控制柜的安装与调试的基本知识	229
8.2.2 电气控制柜的安装配线	233
8.2.3 电气控制柜的调试	236
8.2.4 常见故障的排除方法	237
8.2.5 典型机床电气控制柜的安装与调试	238
8.3 成套配电装置安装与调试的技能训练	243
8.3.1 低压配电柜的安装与调试	243
8.3.2 成套电气控制柜的安装与调试	246
第9章 可编程序控制器的使用	251
9.1 概述	251
9.1.1 PLC 的基本结构	251
9.1.2 可编程序控制器的分类	252
9.1.3 可编程序控制器程序设计	252
9.2 FX2N 系列 PLC 机器硬件认识及使用	252
9.2.1 FX2N 系列 PLC 外部端子的功能及连接方法、I/O 点的类别及技术指标	252
9.3 编程软件及其使用	255
9.3.1 基础知识	255
9.4 FX2N 基本指令编程操作简介	260
9.4.1 PLC 的编程语言	260
9.4.2 基本器件编程方法	261
9.4.3 基本指令的编程	262
9.5 电动机正反转控制 PLC 控制的技能训练	265

9.5.1 实习目的	265
9.5.2 控制要求	265
9.5.3 实习内容及指导	265
参考文献	267

第 1 章 电工实习基础知识

电路和磁路是电工技术的主要研究对象，电路和磁路理论是电工基础的主要部分，其内容非常丰富。为了很好地对各种电路进行分析和研究，必须熟悉电路的基础知识和基本规律。本章将介绍电路的基础知识和电路的基本物理量；电阻器、电容器和电感器等电路元器件的特性；基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律以及电路的等效变换；磁路分析及其基本概念；正弦交流电的基本概念。

1.1 电路的基础知识与基本定律

1.1.1 基础知识

1.1.1.1 电的概念

电是物质的一种属性。按电子学的观点来看，有些物质是直接由原子构成的，有些物质是由分子构成的，而分子也是由原子构成的。原子又由原子核和核外电子所组成。原子核带有正电荷，电子带有负电荷并环绕着原子核高速旋转。这就是所谓的“电”（也是物质所具有的一种性质）。

可是为什么很多物质都看不出有电呢？在一般情况下，原子核所带的正电荷和它周围电子所带的负电荷在数值上是相等的。因为物体是由大量的原子组成的，从整体上看，它所具有的正负电荷在数值上是相等的，它们刚好在原子内部互相中和，所以对外并不显示电的性质。但如果由于某种原因（例如摩擦）使物体得到或失去电子，则物体将对外显示出电的性质。得到电子的物体显示负电性，失去电子的物体则显示正电性。除了摩擦以外，其他作用也能使物体的正、负电荷分离而使物体带电。如干电池借助于化学作用，发电机借助于电磁力作用等。

1.1.1.2 电路的组成

什么是电路？电路是各种电气元器件按一定方式连接起来组成的总体，即电流流通的闭合路径称为电路，由电源、负载、连接导线、控制和保护装置 4 个部分就可组成一个最简单的电路，如图 1-1 所示。

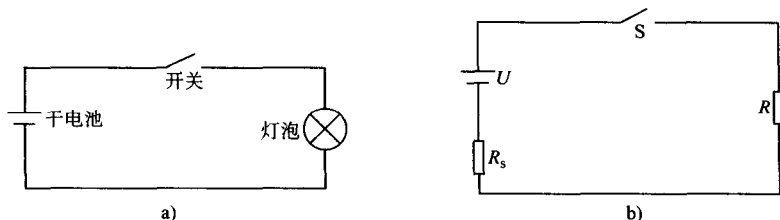


图 1-1 基本电路

1. 电源

电路中把其他形式的能量转换为电能的元件和装置,称为电源。常见的电源有干电池、蓄电池和发电机等。

2. 负载

负载即用电设备,它将电能转换成其他形式的能量。如电灯、电动机和电加热器等。

3. 连接导线

连接导线的作用是把电源和负载等元器件连接成闭合回路,从而输送和分配电能。一般常用的导线是铜线和铝线。

4. 控制和保护装置

电路的控制和保护装置是用来控制电路的通、断及保护电路的安全,从而使电路能够正常工作的装置,如开关、熔断器、交流接触器和继电器等。

1.1.1.3 电流

1. 电流的含义

物体里的电荷(正电荷或自由电子)在电源的作用下,沿着电路有规则的运动就形成了电流。通常在金属导体内部的电流是由自由电子在电场力作用下运动而形成的。

应当指出,任何电源如干电池、蓄电池和发电机等,本身并没有装着大量的电荷,它们的作用仅仅是促使电荷运动。

2. 电流

单位时间内通过导体横截面的电量叫做电流,用符号 I 表示,即

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中 I ——电流,单位为 A;

Q ——电荷,单位为 C;

t ——电流通过的时间,单位为 s。

电流的基本单位名称是安培,简称安,用字母 A 表示。若在 1s 内通过导体横截面的电荷为 1C,则电流就是 1A。常用的电流单位还有 kA(千安)、mA(毫安)和 μA (微安),它们之间的换算关系是

$$1\text{kA}=10^3\text{A} \quad 1\text{mA}=10^{-3}\text{A} \quad 1\mu\text{A}=10^{-3}\text{mA}=10^{-6}\text{A}$$

需要说明的是,电流表示两个意思:第一,电流表示一种物理现象;第二,电流又代表一个物理量。这需要读者根据上下文去理解。

3. 电流分类

电流分直流电流和交流电流两大类。

大小和方向都不随时间变化的电流,称为稳恒电流,简称直流(简写作 DC);大小和方向都随时间变化的电流,称为交变电流,简称交流(简写作 AC)。

交流电流的大小是随时间变化的,但可在一个很短的时间 Δt 内研究它的大小。在 Δt 时间内,若导体横截面的电荷量变化是 ΔQ ,则瞬时电流 i 为

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

4. 电流的方向

在不同的物质中,形成电流的运动电荷可以是正电荷,也可以是负电荷,甚至两者都有。为统一起见,规定以正电荷运动的方向为电流的方向。

1.1.1.4 电位、电压和电动势

1. 电位

带电体有电位,就像水有水位一样。水位有高低之分,电位也有高低之别,水位和电位都具有一定的位能。

电荷在电场中某一点处所具有的势能称为电位。在数值上等于单位正电荷从电场中的某点移到参考点电场力所做的功,其单位是伏特,简称伏,常用字母 V 表示。

为确定电场中各点电位的高低,必须选择一个参考点作为比较的标准,即任意选定电路中某一点的电位为零。电位参考点可以任意选择,常用接地符号表示;在工程技术中,因为一般设备的某些点常与大地相接,故常取大地为参考点,以便对各点进行比较和判断。

对于电子电路,常取有关部分的公共点作为参考点,但应注意在一个电路中只能取一个参考点。否则,电路各点电位的高低将无法进行比较。

2. 电压

水要有水位差才能流动。与此相似,要使电荷作有规则地运动,必须在电路两端有一个电位差,也称为电压,用符号 U 表示。电压也以伏[特]为单位,简称伏,常用字母 V 表示。例如干电池两端的电压一般是 $1.5V$,电灯电压为 $220V$ 等。有时采用比伏更大或更小的单位:如千伏(kV)、毫伏(mV)等。常用的有电压单位还有 μV 。它们之间的换算关系是

$$1kV=10^3V \quad 1V=10^3mV=10^6\mu V$$

规定电压的方向由高电位指向低电位。电压的方向可以用高电位指向低电位的箭头表示,也可以用高电位标“+”,低电位标“-”来表示,但电压是标量,其方向只能表示电位的高低。

3. 电动势

电源(例如发电机、电池等)能够使电流持续不断地沿电路流动,就是因为它能使电路两端维持一定的电位差,这种使电路两端产生和维持电位差的能力,就叫做电源的电动势。

电动势常用字母“ E ”表示,单位也是 V 。水往低处流是由于重力的作用,电往低位流则是由于电场力的作用,但是电场力从何而来?它必须由另外的力,如化学力、磁力等(统称为局外力)来产生。电动势能使某两点(这两点往往在一个电源内部)产生电位差,因此在电动势的作用下,电由低电位流向高电位。这就像水泵把水从低水位抽到高水位(水塔)上去一样。可以看出,电动势是外力使电荷具有的电位差,电压是电荷已具有的电位差,这就是它们的不同之处。

若从能源转换的观点来看,对于一个单位电荷,电动势的大小表示把其他能量转换成电能的本领大小,而电压的大小则表示电能转换为其他能量的大小。其单位可以相同,但作用却是有差别的。这就有点像收入和支出一样,它们都可以用元为单位,但意义却不相同。

1.1.1.5 导体、绝缘体和半导体

1. 导体

导电能力很强的物体称为导体。各种金属都是导体,如铜、铝和铁等。常用的导线大都是用铜或铝做成的。有些液体也是导体,如日常用的水就能导电。含有水分的物体也能导电,如潮湿的木头,带水的毛巾,潮湿的衣服、手套和鞋等。另外,人的身体也能导电,大地也能导电,各种动物(如猪、牛、羊、马、狗、鸟等)都能导电,各种植物(如庄稼、树木等)

因为含有水分,所以也能导电,所有这些都是导体。

从物质的内部结构看,导体往往是容易失去电子的物质,这是因为导体内原子核对部分电子的吸引力小,电子容易移动,这些能移动的电子称为自由电子。导体内拥有大量的自由电子,它们在电场力的作用下,很容易定向移动而形成电流。

2. 绝缘体

凡是不能导电的物体,都叫做绝缘体。如塑料、橡胶、胶木及干燥的木块、棉布等。电灯的开关和灯头的外壳、绝缘线的外皮等,都是用绝缘材料制成的。绝缘体往往是不容易失去电子的物质,这是因为绝缘体的原子核对其外层电子束缚力很强,自由电子极少。

3. 半导体

除了导体和绝缘体,还有一类物体的导电性能介于导体和绝缘体之间,这类物体叫做半导体,如硅、锗等。常用的二极管、晶体管和晶闸管等器件都是用半导体材料做成的。

人们总是用导体来传导电流而用绝缘体来阻断电流,如同开沟引水而筑堤截水一样。有了导体和绝缘体,才能让电沿着人们安排的导体流动,不至于流到别的地方去。如果只有导体,电流将到处乱流而无法控制;如果只有绝缘体,电流将被严密堵住而无法流动。

1.1.1.6 绝缘击穿

这里所说的绝缘体,只是指导电能力在一定条件下比导体相对差的物体,但是导体和绝缘体并没有绝对的界限。在通常情况下绝缘性能很好的绝缘体,当条件改变(如电压、温度和湿度)时也可能变成导体。例如常用的电线用塑料皮做绝缘,它的耐电压能力是500V,通常在380V/220V的电压情况下使用,有安全保护作用,但如果电压超过500V,电线用塑料皮的绝缘性能就会变差,甚至会失去绝缘能力而导电,这就是日常提到的绝缘击穿。有些绝缘体遇到高温或者受潮,或者长久使用老化,都有可能使绝缘能力下降,如常见的漏电现象就是因绝缘损坏而发生的。所以要防止电气设备受潮,要监视电气设备的温度不能太高,电压不要超过设备的额定电压。

1.1.1.7 静电屏蔽

为防止静电感应,往往用金属罩将导体或设备罩起来,以隔开静电感应的作用,这种方式叫做静电屏蔽。屏蔽金属罩通常用铝、铜和铁等金属材料制作。

在生产实践中,应用静电屏蔽来保护仪器设备免受外电场影响的实例有很多,如某些精密仪器设备为了免受外电场的干扰而将其置于金属罩内,某些电子设备电源部分采用屏蔽线以及利用均压服进行超高压作业等,这些都是静电屏蔽的具体应用。

1.1.1.8 断路和短路

1. 断路(开路)

电气设备在正常工作时,电路中的电流是由电源的一端经过电气设备流回到电源的另一端形成回路的。如果将电路的回路切断或发生断线,则电路中没有电流通过,这一现象就叫做断路。

2. 短路

如果电流不经电气设备而由电源一端直接回到电源的另一端,从而导致电路中的电流剧增,这一现象就叫做短路。短路会造成电气设备的过热,甚至会烧毁电气设备、引起火灾。同时,短路电流还会产生很大的电动力,造成电气设备损坏。严重的短路事故,甚至会破坏电力系统的稳定,并会浪费电能。

1.1.2 电路的基本定律

1.1.2.1 电阻和电阻率

1. 电阻

金属导体中做定向运动的自由电子会与在平衡位置附近不断振动的原子核发生碰撞,因此自由电子的定向运动会受到阻碍。电流在导体内流动时所受到的阻力称为电阻,用符号 R 表示。电阻的单位是欧姆(Ω)。在国际单位制中,电阻的常用单位还有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$),它们的关系是

$$1k\Omega=10^3\Omega \quad 1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$$

2. 电阻率

各种不同材料具有不同的电阻,为了区分不同材料的电阻,通常用一个叫电阻率的量来表示。电阻率又叫做电阻系数,它是指某种导体材料做成长为 $1m$ 、横截面积为 $1mm^2$ 的导线,在温度为标准温度($20^\circ C$)时的电阻。

电阻率用 ρ 表示,它反映了该材料导电性能的好坏。电阻率越大,表示导电性能越差。表 1-1 列出了几种常见金属材料在 $20^\circ C$ 时的电阻率。

表 1-1 几种常用材料的电阻率

材 料	电阻率 ρ ($20^\circ C$) / $\Omega \cdot m$	电阻率的温度系数 $\alpha / ^\circ C^{-1}$
银	1.6×10^{-8}	3.6×10^{-3}
铜	1.7×10^{-8}	4.1×10^{-3}
铝	2.9×10^{-8}	4.2×10^{-3}
钨	5.5×10^{-8}	4.4×10^{-3}
镍	7.3×10^{-8}	6.2×10^{-3}
铁	9.8×10^{-8}	6.2×10^{-3}
锡	1.14×10^{-7}	4.4×10^{-3}
铂	1.05×10^{-7}	4.0×10^{-3}
锰铜合金	4.4×10^{-7}	0.6×10^{-5}
镍铜合金	5.0×10^{-7}	0.5×10^{-5}
镍铬合金	1.0×10^{-6}	15×10^{-5}

导体电阻的大小和金属材料的性质有关,与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,即

$$R = \rho l / S$$

式中 R ——导体电阻,单位为 Ω ;

l ——导体的长度,单位为 m ;

S ——导体的横截面积,单位为 m^2 ;

ρ ——材料的电阻率,单位为 $\Omega \cdot m$, ρ 值与导体的几何形状无关而与导体材料的性质和导体所处的条件(如温度等)有关。

1.1.2.2 欧姆定律

任何导体都有一定的电阻,在导体两端加上电压,导体中就会产生电流。电路中电压越

高电流就越大，电路中电阻越大电流就越小。可以用公式和符号表示电流 (I)、电压 (U) 和电阻 (R) 三者之间的这种规律，这叫做欧姆定律，即

$$I = U / R$$

1.1.2.3 串联电路和并联电路

1. 串联电路

把若干电阻或电池等电气元件一个接一个成串地连接起来，使电流只有一个通路，也就是电气设备首尾相连，这就叫做串联，如图 1-2 所示。

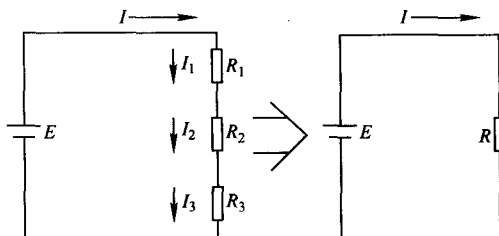


图 1-2 串联电路

串联电路的特点如下：

- 1) 串联电路中的电流处处相等，即

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

- 2) 串联电路中的总电压等于各段电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

- 3) 电阻串联时，总电阻等于各个电阻值之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

2. 并联电路

把若干电阻或电池等电气元件的一端连接在一点，另一个端连接在另外一点，这种连接形式称为并联。图 1-3 所示为由 3 个电阻组成的并联电路。

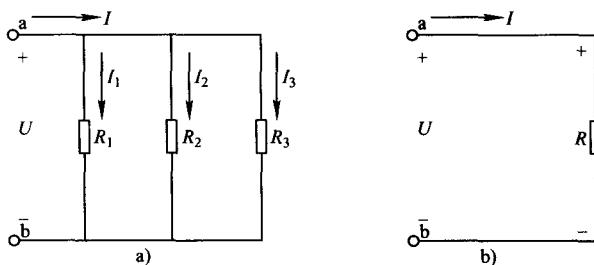


图 1-3 并联电阻电路及等效电路

并联电路具有以下一些特点：

- 1) 电路中各支路两端的电压相等，且等于电路两端的电压，即

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

- 2) 电路中的总电流等于各支路电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

3) 并联电路的总电阻(等效电阻)的倒数等于各并联电阻的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

1.1.2.4 节点电流定律和回路电压定律

1. 节点电流定律

基尔霍夫第一定律, 简称 KCL。它确定了汇集某一点的各支路电流间的关系, 即对电路中的任一节点, 流入节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。在图 1-4 所示电路中的某节点, 电流 I_1 、 I_3 、 I_5 流入节点, 电流 I_2 、 I_4 流出节点, 则

$$I_1 + I_3 + I_5 = I_2 + I_4$$

此式又可变换为 $I_1 + I_3 + I_5 - I_2 - I_4 = 0$, 此式称为节点 a 的电流方程, 它是基尔霍夫定律的另一种表述, 即流入任一节点的电流的代数和为零(注意, 这里设流入该节点的电流为正, 流出该节点的电流为负)。写成一般形式为

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad \text{或} \quad \sum I = 0$$

2. 回路电压定律

基尔霍夫第二定律, 简称 KVL。它确定了一个闭合回路中各部分电压间的关系, 即对任一闭合回路, 沿任一回路绕行一周, 各段电压的代数和恒等于零。其数学表达式为

$$\sum U = 0$$

1.1.2.5 电功率和电能

1. 电功率

为了描述电流做功的快慢程度, 引入了电功率这个物理量。电流在单位时间内所做的功称为电功率。如果在时间 t 内, 电流通过导体所做的功为 W , 那么电功率为

$$P = \frac{W}{t}$$

式中 P ——电功率, 单位为 W。

对于电阻器来说, 电阻器消耗的功率为

$$P = UI = I^2 R = U^2 / R$$

2. 电能

电流在一段时间内所做的功称为电能, 所以电能等于电功率和时间的乘积, 用公式表示可表示为

$$W = Pt$$

1.1.2.6 电流的热效应

当电流通过导体时, 由于导体对电流具有一定的阻力, 因此要消耗一定的电能, 这时电能不断地转换为热能, 使导体温度升高, 这种现象称为电流的热效应。

实践证明: 电流流过导体时产生的热量与电流的二次方、导体本身的电阻以及电流通过的时间成正比, 用公式表示可表示为

$$Q = I^2 R t$$

式中 Q ——热量, 单位为 J;

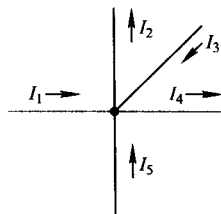


图 1-4 节点电流