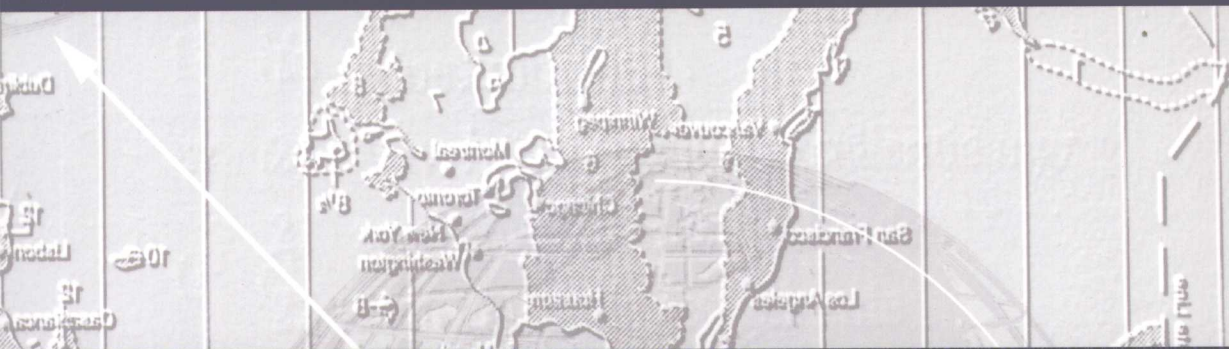




卓越系列 · 21 世纪高职高专精品规划教材



电工电子技术

ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

主 编 张永娟
副主编 马 伟 李瑞霞

电工电子技术

主 编 张永娟
副主编 马 伟 李瑞霞
参 编 白雪玲 刘田茜
刘传鹏 赵世云

内 容 提 要

全书共 11 章,内容包括直流电路、正弦交流电路、电力电子变流技术及晶闸管、磁路和变压器、交流电动机、继电器-接触器控制、半导体二极管与整流滤波电路、半导体三极管及基本放大电路、集成运算放大器、数字电路基础、电力系统与安全用电。每章配有实训项目和难度适中的习题供读者练习,书后有部分习题参考答案。

本书可以作为培养应用型人才的高等院校机械类、工程类及自动化类等专业的教材,还可作为自学考试或相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/张永娟主编. —天津:天津大学出版社,
2008.2

ISBN 978-7-5618-2609-6

I. 电... II. 张... III. ①电工技术 ②电子技术
IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 004232 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
短信网址 发送“天大”至 916088
印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 169mm × 239mm
印 张 19.75
字 数 410 千
版 次 2008 年 2 月第 1 版
印 次 2008 年 2 月第 1 次
印 数 1 - 4 000
定 价 32.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

为了贯彻全国高等职业教育产、学、研经验交流会的精神,适应高职高专学制改革,根据长期从事电工电子技术课程教学的经验,尤其是近些年的高职教学实践,编写了这本《电工电子技术》教材。

电工电子技术课程是一门实践性很强、覆盖面很广的专业基础课。随着科学技术和国民经济的不断发展,各学科和专业的相互渗透,许多复合型工程专业都广泛应用了电工电子技术。如数控技术、机电一体化等专业对电工电子技术的需求越来越迫切,本书主要是为这些高职专业编写的。

本书在编写过程中,以应用型人才培养目标为依据,给出了一些深入浅出的实训项目,理论与实践紧密结合,注重技能培养。

本书在内容取材及安排上具有以下特点。

1. 以高职高专教育为主线,以实际应用为目的,侧重培养学生解决实际生产问题的能力。以够用为度,精选内容,强调概念,突出能力培养,并保证全书有一定的深度。

2. 考虑课程的基础性和应用性,教材重点放在电工电子的基本理论和基本分析方法上,同时强化应用,介绍一些常用的机电器件、基本电路及其控制和应用。

3. 培养学生的实际工作能力。精选最基本的、有较高实用价值的实际应用电路,使读者能从这些应用电路实例中举一反三,学会分析电路的技巧和查阅《电工电子手册》,培养其实际工作的能力。

4. 本教材采用国际通用的图形符号、名词与术语。

本教材适于教学学时为 80 ~ 100 的专业,其中讲课 64 ~ 80 学时。

本书由张永娟担任主编并编写第 7 章,马伟和李瑞霞担任副主编并分别编写第 11 章和第 1、2 章。参加本书编写工作的还有白雪玲(第 3、4 章)、刘田茜(第 5、6 章)、刘传鹏(第 8、9 章)、赵世云(第 10 章)。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请专家、同人和广大读者给予批评指正。

编 者

2008 年 2 月

目 录

第 1 章 直流电路	(1)
1.1 电路的组成及基本物理量	(1)
1.2 电阻元件及其伏安特性	(6)
1.3 额定值以及电路的工作状态	(10)
1.4 电压源、电流源及其等效变换	(13)
1.5 基尔霍夫定律	(16)
1.6 支路电流法	(19)
1.7 戴维南定理及诺顿定理	(20)
1.8 本章实训	(22)
习题	(25)
第 2 章 正弦交流电路	(28)
2.1 正弦交流电的基本概念	(28)
2.2 同频率正弦量的运算	(32)
2.3 正弦交流电路分析	(35)
2.4 三相交流电路	(49)
2.5 本章实训	(56)
习题	(62)
第 3 章 电力电子变流技术及其应用	(64)
3.1 电力电子变流技术简介及晶闸管	(64)
3.2 单相可控整流电路	(70)
3.3 晶闸管的触发电路	(76)
3.4 新型电力电子器件	(79)
3.5 本章实训	(84)
习题	(86)
第 4 章 磁路和变压器	(87)
4.1 磁路的基本定理及其简单计算	(87)
4.2 变压器	(95)
4.3 本章实训	(104)
习题	(104)
第 5 章 交流电动机	(105)
5.1 三相异步电动机的构造	(105)

5.2 三相异步电动机的基本原理	(109)
5.3 异步电动机的电磁转矩与机械特性	(114)
5.4 三相异步电动机的启动、调速和制动	(119)
5.5 其他用途的交流电动机	(124)
5.6 本章实训	(128)
习题	(131)
第6章 继电 - 接触器控制	(133)
6.1 常用低压电器	(133)
6.2 三相笼型异步电动机直接启动控制电路	(143)
6.3 三相笼型异步电动机的降压启动和制动控制	(148)
6.4 本章实训	(152)
习题	(157)
第7章 半导体二极管与整流滤波电路	(158)
7.1 半导体的基本知识	(158)
7.2 半导体二极管	(163)
7.3 整流电路与滤波电路	(166)
7.4 特殊二极管	(170)
7.5 本章实训	(173)
习题	(174)
第8章 半导体三极管及基本放大电路	(177)
8.1 半导体三极管	(177)
8.2 共发射极基本放大电路	(183)
8.3 稳定静态工作点的放大电路	(196)
8.4 多级放大电路	(200)
8.5 功率放大电路	(203)
8.6 本章实训	(209)
习题	(211)
第9章 集成运算放大器	(215)
9.1 集成电路基本知识	(215)
9.2 集成运放的应用基础	(216)
9.3 集成运放的应用	(219)
9.4 集成稳压电路	(225)
9.5 本章实训	(228)
习题	(230)
第10章 数字电路基础	(233)
10.1 数制与编码	(233)

10.2 基本逻辑门电路及应用	(236)
10.3 组合逻辑电路	(247)
10.4 时序逻辑电路及应用	(266)
10.5 本章实训	(274)
习题	(278)
第 11 章 电力系统与安全用电	(280)
11.1 电力系统的基本知识	(280)
11.2 工厂供电概述	(282)
11.3 安全用电常识	(284)
11.4 节约用电	(287)
11.5 本章实训	(289)
习题	(291)
部分习题答案	(292)
附录 A 集成电路	(295)
附录 B 常用集成电路引脚排列	(296)
附录 C 常用二极管技术参数	(299)
参考文献	(305)

第1章 直流电路

本章要点

1. 电路的基本组成及基本物理量。
2. 欧姆定律及电阻的串联与并联。
3. 电压源与电流源的等效互换。
4. 基尔霍夫定律。
5. 支路电流法。
6. 戴维南定理及诺顿定理。

本章难点

1. 基尔霍夫定律、戴维南定理及诺顿定理。
2. 支路电流法。
3. 电压源与电流源的等效互换。



1.1 电路的组成及基本物理量

1.1.1 电路的组成及其作用

电路是电流的通路,它是由各种电气器件按一定方式用导线连接组成的总体。实际电路是由电源、中间环节和负载组成的,如发电厂、电池、变压器、输电线、电灯、电机等。

电路的基本作用有两个。

①实现能量的转换、传输和分配。例如,在电力系统中发电机组把热能、水能、原子能转换成电能,并通过变压器、输电线路将电能传输和配送到用户,然后根据实际需要又把电能转换成机械能、光能和热能等。

②传递与处理信号。通过电路元件,可以将信号源施加的信号变换或加工成所需的输出信号。例如,扩音机输入的是由声音转换而来的电信号,通过晶体管组成的放大电路,其输出的便是放大的电信号,从而实现了放大功能;电视机可将接收到的信号,经过处理,转换成图像和声音。

图1.1所示为一个最简单的电路。图中干电池将化学能转换为电能,小灯泡取用电能并转换为光能。导线和开关用来连接电源和负载,为电流提供通路,把电源的能量供给负载,并根据负载需要接通和断开电路。

电路是由电特性相当复杂的元器件组成的,为了便于使用数学方法对电路进行分析,可将电路实体中的各种电器设备和元器件用一些能够表征它们主要电磁特性的理想元件(模型)来代替,而对它们实际上的结构、材料、形状等非电磁特性不予考虑。由理想元件构成的电路叫做实际电路的电路模型,也叫做实际电路的电路原理图,简称为电路图。例如,图 1.1 所示的实际电路的电路模型如图 1.2 所示。常用理想元件及其图形符号如表 1.1 所示。

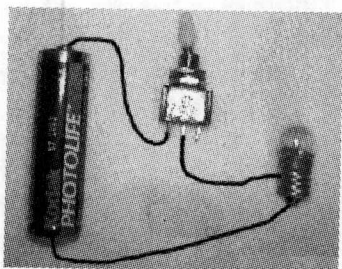


图 1.1 简单的电路

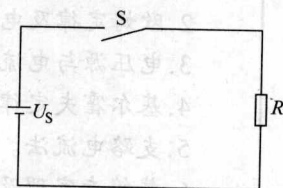


图 1.2 电路模型(电路图)

表 1.1 常用理想元件及其图形符号

名 称	符 号	名 称	符 号
电阻		接地	
电池		熔断器	
电灯		电容	
开关		电感	
电流表		理想电流源	
电压表		理想电压源	

1.1.2 电路的基本物理量

电路的基本物理量有电流、电压、电位、电动势、功率和能量。

1. 电流

导体中电荷的定向移动形成电流。习惯上,规定正电荷做定向运动的方向为电流的实际方向,因此,在金属导体中,电流的实际方向与自由电子定向移动的方向相反。

大小和方向均不随时间变化的电流叫恒定电流,简称直流(Direct Current),记为 DC 或 dc。

电流的强弱用电流强度来表示。对于恒定直流,电流强度 I 用单位时间内通过导体截面的电量 Q 来表示,即

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

国际单位制中,电流强度的单位是 A(安[培])。在 1 s 内通过导体横截面的电荷为 1 C(库[仑])时,电流强度为 1 A。计算微小电流时,电流的单位用 mA(毫安)、 μA (微安)或 nA(纳安),其换算关系为:1 mA = 10^{-3} A; 1 μA = 10^{-6} A; 1 nA = 10^{-9} A。

在分析电路时,事先不一定知道电路中电流的实际方向,有时电流的实际方向还随着时间的变化而不断变化,为此引入电流的参考方向的概念。所谓电流的参考方向,是指任意假定的电流方向,在电路图中用带箭头的直线表示。如图 1.3 所示,图中实线箭头表示电流的参考方向,虚线箭头表示电流的实际方向。



图 1.3 电流的参考方向与实际方向

(a)参考方向 and 实际方向一致;(b)参考方向 and 实际方向相反

在进行电路计算时,先任意选定某一方向作为待求电流的参考正方向,并据此方向进行计算,若计算结果为正值,则电流的实际方向与选定的正方向相同;若计算结果为负值,则电流的实际方向与选定的正方向相反。

2. 电压

电路中,电荷在电场力作用下定向移动形成电流,同时,将电能转化为其他形式能量。为了衡量电场力对电荷的做功能力,引入电压这一物理量。

电场力把单位正电荷从电场中点 A 移到点 B 所做的功 W_{AB} ,称为 A、B 两点间的电压,用 U_{AB} 表示,即

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-2)$$

国际单位制中,电压的单位为 V(伏[特])。如果电场力把 1 C 电量从点 A 移到点 B 所做的功是 1 J(焦[耳]),则 A 与 B 两点间的电压就是 1 V。计算较大的电压时用 kV(千伏),计算较小的电压时用 mV(毫伏)。

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点,即由正极指向负极,因此,在电压的方向上电位是逐渐降低的。

电压总是相对两点之间的电位而言的,所以用双下标表示,一个下标(如 A)代表起点,一个下标(如 B)代表终点。电压的方向则由起点指向终点,有时用箭头在图上标明。如 U_{AB} 为电压的实际方向,当标定的参考方向与电压的实际方向相同时(图 1.4(a)),电压为正值;当标定的参考方向与实际电压方向相反时(图 1.4(b)),电压为负值。

若电路元件的电流参考方向与电压参考方向(从“+”极到“-”极)一致,即电流

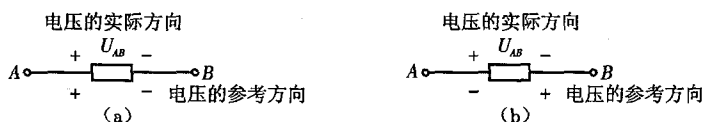


图 1.4 电压的参考方向与实际方向

(a)参考方向 and 实际方向一致;(b)参考方向 and 实际方向相反

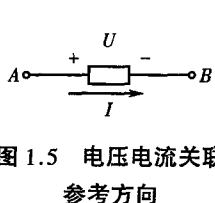


图 1.5 电压电流关联

参考方向

与电压降参考方向一致,则称为关联参考方向,如图 1.5 所示;反之,则称为非关联参考方向。

3. 电位

在电路中任选一点为参考点,则电路中某点到参考点的电压就称为该点的(相对于参考点的)电位。在电路中要求得某点的电位值,也必须在电路选择一个参考点,这个参考点叫零电位点。零电位点可以任意选择。在电工技术中,为了工作安全,通常把电路的某一点与大地连接,称为接地。这时,电路的接地点就是电位等于零的参考点。它是分析线路中其余各点电位高低的比较标准,用符号“ $\perp$ ”表示。

一个电路中只能选择一个参考点,电路中各点的电位值与参考点的选择有关,但电路中任意两点间的电压数值与参考点选择无关。

电路中某点的电位,就是从该点出发,沿任选的一条路径到参考点所经过的全部电压降的代数和。计算电位的方法和步骤如下。

①选择一个零电位点,即参考点。

②标出电源和负载的极性:按 E 的方向是由负极指向正极的原则,标出电源的正负极性;设定电流方向时,将电流流入负载端标为正极,流出端为负极。

③求点 A 的电位时,选定一条从点 A 到零电位点的路径,从点 A 出发沿此路径到零电位点,不论一路经过的是电源还是负载,只要是从正极到负极,就取该电位降为正,反之就取负值,然后求代数和。

以图 1.6 电路为例,点 D 是参考点,各电源的极性和 I 的方向如图所示,求点 A 的电位时有以下三条路径:

①沿 AE_1D 路径, $V_A = E_1$;

②沿 ABD 路径, $V_A = I_1 R_1 + I_3 R_3 + E_3$;

③沿 $ABCD$ 路径, $V_A = I_1 R_1 + I_2 R_2 - E_2$ 。

显然,沿 AE_1D 路径计算点 A 的电位最简单,但三种计算方法的结果是完全相同的。

可见,电位主要有以下两个特点:

①电路中某一点的电位等于该点与参考点(电位为零)之间的电压;

②若电路中所选的参考点不同,则各点的电位也不同,但任意两点间的电压不

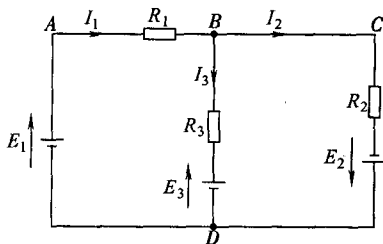


图 1.6 求解 A 点的电位

变。

【例 1.1】在图 1.7 所示电路中,求开关 S 闭合和断开两种情况下 a 、 b 两点的电位。

解:当开关 S 闭合时,

$$V_a = -6 \text{ V}, V_b = -6 + \frac{12 - (-6)}{30 + 30} \times 30 = 3 \text{ V}$$

当开关 S 断开时,

$$V_a = \frac{12}{30 + 30 + 20} \times 20 = 3 \text{ V}$$

$$V_b = 12 - \frac{12}{30 + 30 + 20} \times 30 = 7.5 \text{ V}$$

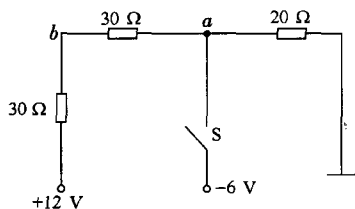


图 1.7 例 1.1 图

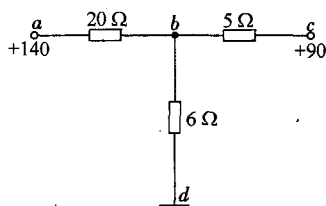


图 1.8 例 1.2 图

【例 1.2】已知电路如图 1.8 所示,求 V_b 。

解:根据电位的定义可得

$$(V_a - V_b)/20 + (V_c - V_b)/5 = V_b/6$$

解得 $V_b = 60 \text{ V}$ 。

4. 电动势

为了维持电路中有持续不断的电流,必须有一种外力,把正电荷从低电位处(如负极 B)移到高电位处(如正极 A)。在电源内部就存在着这种外力。如图 1.9 所示,外力克服电场力把单位正电荷由低电位 B 端移到高电位 A 端,所做的功称为电动势,用 E 表示。电动势的单位也是 V 。如果外力把 1 C 的电量从点 B 移到点 A ,所做的功是 1 J ,则电动势就等于 1 V 。电动势的方向规定为从低电位指向高电位,即由负极指向正极。

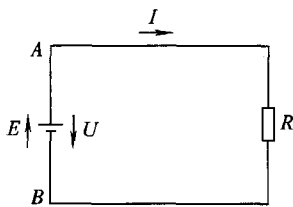


图 1.9 电动势示意图

5. 电功率

在直流电路中,根据电压的定义可知,电场力所做的功是 $W = QU$ 。把单位时间内电场力所做的功称为电功率,则有

$$P = \frac{dw}{dt} = U \frac{dQ}{dt} = UI \quad (1-3)$$

功率的单位是 W (瓦[特])。对于大功率,采用 kW (千瓦)或 MW (兆瓦)作单位,对于小功率则用 mW (毫瓦)或 μ W (微瓦)作单位。

当任意一个二端电路元件的电压和电流取一致的参考方向时,其所吸收(外界输入)的功率为 $P > 0$; 如果该电路元件的电压和电流的参考方向不一致,则其所吸收的功率为 $P < 0$ 。如果计算出的功率值为正,表明该元件吸收能量(吸收功率);功率值为负则表明它向外界输出能量(输出功率)。

当已知设备的功率为 P 时,在 t 秒内消耗的电能为 $W = Pt$,电能就等于电场力所做的功,单位是 J (焦[耳])。在电工技术中,往往直接用 $W \cdot s$ (瓦特秒)作单位,实践中则常用 $kW \cdot h$ (千瓦小时)作单位,俗称 1 度电。 $1 kW \cdot h = 3.6 \times 10^6 W \cdot s$ 。

【例 1.3】 有一功率为 60 W 的电灯,每天使用它照明的时间为 4 h,如果按每月 30 天计算,那么每月消耗的电能为多少度? 合为多少焦耳?

解:该电灯平均每月工作时间 $t = 4 \times 30 = 120$ h,则

$$W = Pt = 60 \times 120 = 7\,200 W \cdot h = 7.2 kW \cdot h$$

即每月消耗的电能为 7.2 度,约为 $3.6 \times 10^6 \times 7.2 \approx 2.6 \times 10^7 J$ 。

1.2 电阻元件及其伏安特性

1.2.1 电阻元件的分类

电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件,如灯泡、电热炉等电器。

电阻定律为

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-4)$$

式中: ρ ——制成电阻的材料电阻率,其国际单位制单位为 $\Omega \cdot m$ (欧[姆]米);

l ——绕制成电阻的导线长度,其国际单位制单位为 m (米);

S ——绕制成电阻的导线横截面积,其国际单位制单位为 m^2 (平方米);

R ——电阻值,其国际单位制单位为 Ω (欧[姆])。

常用的电阻单位还有 k Ω (千欧)、M Ω (兆欧),它们与 Ω 的换算关系为 $1 k\Omega = 10^3 \Omega$; $1 M\Omega = 10^6 \Omega$ 。

电阻的倒数 $1/R = G$,称为电导,它的单位为 S (西[门子])。

电阻值 R 与通过它的电流 I 和两端电压 U 无关(即 $R = \text{常数}$)的电阻元件叫做线性电阻,其伏安特性曲线在 $I - U$ 平面坐标系中为一条通过原点的直线,如图 1.10 所示。

电阻值 R 与通过它的电流 I 和两端电压 U 有关(即 $R \neq \text{常数}$)的电阻元件叫做非线性电阻,其伏安特性曲线在 $I - U$ 平面坐标系中为一条通过原点的曲线,如图 1.11 所示。

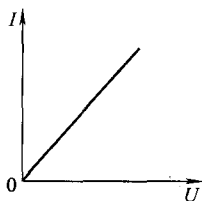


图 1.10 线性电阻的
伏安特性

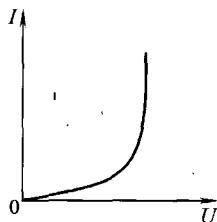


图 1.11 非线性电阻
的伏安特性

通常所说的“电阻”,如不作特殊说明,均指线性电阻。

1.2.2 电路的欧姆定律(伏安特性)

分析研究电路的一项基本内容就是分析电路或元件的电压、电流以及它们之间的关系。电压和电流的关系称为伏安关系或者伏安特性。欧姆定律为:导体中的电流 I 与加在导体两端的电压 U 成正比,与导体的电阻 R 成反比。

1. 一段电路的欧姆定律

图 1.12 所示电路是只含有电阻的一段电路。

若 U 与 I 正方向一致,则欧姆定律可表示为

$$U = IR \quad (1-5)$$

若 U 与 I 方向相反,则欧姆定律表示为

$$U = -IR \quad (1-6)$$

2. 全电路的欧姆定律

图 1.13 所示电路是简单的闭合电路, R_0 为电源内阻, R_L 为负载电阻,若略去导线电阻不计,则此段电路可用欧姆定律表示为

$$I = \frac{E}{R_L + R_0} \quad (1-7)$$

式(1-7)的意义是:电路中流过的电流,其大小与电动势成正比,而与电路的全部电阻成反比。电源的电动势和内电阻一般认为是不变的,所以,改变外电路电阻,就可以改变回路中的电流大小。

【例 1.4】如图 1.14 所示,当单刀双掷开关 S 合到位置 1 时,外电路的电阻 $R_1 = 14 \Omega$,测得电流表读数 $I_1 = 0.2 \text{ A}$;当开关 S 合到位置 2 时,外电路的电阻 $R_2 = 9 \Omega$,测得电流表读数 $I_2 = 0.3 \text{ A}$;试求电源的电动势 E 及其内阻 r 。

解:根据闭合电路的欧姆定律,列出联立方程组

$$\begin{cases} E = R_1 I_1 + r I_1 (\text{当 } S \text{ 合到位置 1 时}) \\ E = R_2 I_2 + r I_2 (\text{当 } S \text{ 合到位置 2 时}) \end{cases}$$

代入 R_1 、 I_1 、 R_2 、 I_2 ,解得: $r = 1 \Omega$, $E = 3 \text{ V}$ 。

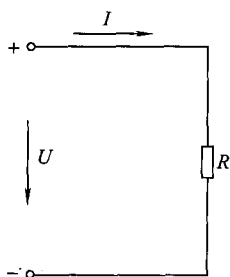


图 1.12 一段电路的
欧姆定律

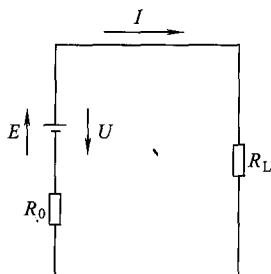


图 1.13 闭合电路的欧姆定律

本例题给出了一种测量直流电源电动势 E 和内阻 r 的方法。

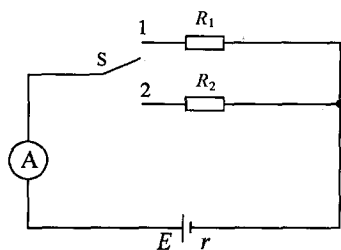


图 1.14 例 1.4 图

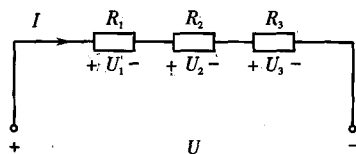


图 1.15 电阻串联电路

1.2.3 电阻的连接

由于实际工作的需要,常将许多电阻按不同的方式连接起来,组成一个电路网络。

1. 电阻的串联

由若干个电阻顺序地连接成一条无分支的电路,称为串联电路。如图 1.15 所示电路,是由三个电阻串联组成的。

设电路中总电压为 U 、电流为 I 、总功率为 P ,则有

①等效电阻 $R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$;

②分压关系为 $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \cdots = \frac{U_n}{R_n} = \frac{U}{R} = I$;

③功率分配关系为 $\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \frac{P_n}{R_n} = \frac{P}{R} = I^2$ 。

当只有两只电阻 R_1 、 R_2 串联时,等效电阻 $R = R_1 + R_2$,则有分压公式

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U, \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad (1-8)$$

【例 1.5】有一只电流表,内阻 $R_g = 1 \text{ k}\Omega$,满偏电流为 $I_g = 100 \mu\text{A}$,要把它改成

量程为 $U_n = 3 \text{ V}$ 的电压表,应该串联一只多大的分压电阻 R ?

解:该电流表的电压量程为 $U_g = R_g I_g = 0.1 \text{ V}$,与分压电阻 R 串联后的总电压 $U_n = 3 \text{ V}$,即将电压量程扩大到 $n = U_n / U_g = 30$ 倍。

利用两只电阻串联的分压公式,可得

$$U_g = \frac{R_g}{R_g + R} U_n$$

则

$$R = \frac{U_n - U_g}{U_g} R_g = \left(\frac{U_n}{U_g} - 1 \right) R_g = (n - 1) R_g = 29 \text{ k}\Omega$$

上例表明,将一只量程为 U_g 、内阻为 R_g 的电流表的量程扩大到 U_n ,所需要的分压电阻为 $R = (n - 1) R_g$,其中 $n = U_n / U_g$,称为电压扩大倍数。

2. 电阻的并联

将几个电阻元件都接在两个共同端点之间的连接方式称为并联。图 1.16 所示电路是由三个电阻并联组成的。

设电路中总电流为 I 、电压为 U 、总功率为 P ,则有

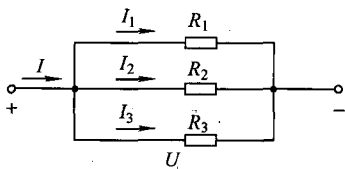


图 1.16 电阻的并联

①等效电导 $G = G_1 + G_2 + \cdots + G_n$, 即

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

②分流关系为 $R_1 I_1 = R_2 I_2 = \cdots = R_n I_n = RI = U$;

③功率分配关系为 $R_1 P_1 = R_2 P_2 = \cdots = R_n P_n = RP = U^2$ 。

当只有两只电阻 R_1 、 R_2 并联时,等效电阻 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, 则有分流公式

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (1-9)$$

在实际应用中,用电器在电路中通常都是并联运行的,属于相同电压等级的用电器必须并联在同一电路中。这样,才能保证它们都在规定的电压下正常工作。

【例 1.6】有三盏电灯接在 220 V 电源上,其额定值分别为 220 V 、 100 W 、 220 V 、 60 W 、 220 V 、 40 W ,求总功率 P 、总电流 I 以及通过各灯泡的电流和灯泡的等效电阻。

解:因外接电源符合各灯泡额定值,各灯泡正常发光,故总功率为

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 100 + 60 + 40 = 200 \text{ W}$$

总电流与各灯泡电流为

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{100}{220} \approx 0.45 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{60}{220} \approx 0.27 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{P_3}{U_3} = \frac{40}{220} \approx 0.18 \text{ A}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{200}{220} \approx 0.9 \text{ A}$$

等效电阻为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.9} \approx 244.4 \Omega$$

【例 1.7】有一只微安表, $I_g = 100 \mu\text{A}$ 、内阻 $R_g = 1 \text{ k}\Omega$, 要改装成量程为 $I_n = 100 \text{ mA}$ 的电流表, 试求所需分流电阻 R 。

解: 设 $n = I_n / I_g$ (称为电流量程扩大倍数), 根据分流公式可得

$$R = \frac{R_g}{n - 1}$$

$$I_g = \frac{R}{R_g + R} I_n$$

本题中 $n = I_n / I_g = 1\,000$, 则

$$R = \frac{R_g}{n - 1} = \frac{1 \text{ k}\Omega}{1\,000 - 1} \approx 1 \Omega$$

上例表明, 将一只量程为 I_g 、内阻为 R_g 的电流表的量程扩大到 I_n , 所需要的分流电阻为 $R = \frac{R_g}{n - 1}$ 。

3. 电阻的混联

电阻串联和并联相结合的连接方式, 称为电阻的混联。可用串联、并联的方法逐步将混联电路化简成简单的电路。

1.3 额定值以及电路的工作状态

1.3.1 额定值

为了保证电气设备和电路元件能够长期安全地正常工作, 规定了额定电压、额定电流、额定功率等铭牌数据。

①额定电压: 电气设备或元器件在正常工作条件下允许施加的最大电压。

②额定电流: 电气设备或元器件在正常工作条件下允许通过的最大电流。

③额定功率: 电气设备或元器件在额定电压和额定电流下消耗的功率, 即允许消耗的最大功率。

④额定工作状态: 电气设备或元器件在额定功率下的工作状态, 也称满载状态。