

电工电子技术及应用

● 主 编 赵宗友 高 寒



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电工电子技术及应用

主 编 赵宗友 高 寒
副主编 邬明录 宁玲玲 张 娟
参 编 魏长燕

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本教材以模块化构建教学体系,以项目任务驱动教学内容,强调以学生为中心,注重知识为技能服务,体现“按需施教”“学用一致”的原则,具有注重实用、针对性强,语言精练,易于灵活地组织教学等特点。

本教材包括电工技术、模拟电子技术和数字电子技术三部分内容,主要讲述交直流电路基础知识,变压器和电动机结构、原理、特性及应用,模拟电子技术基础及应用,数字电子技术基础及电路设计、组装及调试等。书中配有大量应用实例,将理论教学与实践训练有机地融于一体。

本教材设置了5个教学情境,每个情境包含若干工作任务,将要求学生掌握的主要内容结合到任务中,达到教学内容与实际的紧密结合,以实现“做中学、做中教”。

本书可供高等院校机械机电类、化工、土木工程、仪器仪表、计算机应用、生物医学、精密仪器测量与控制、汽车等相关专业使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术及应用/赵宗友,高寒主编. —北京:北京理工大学出版社,2016.8
ISBN 978-7-5682-2845-9

I. ①电… II. ①赵… ②高… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第195963号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)

(010) 82562903(教材售后服务热线)

(010) 68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市天利华印刷装订有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/13.5

字 数/313千字

版 次/2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

定 价/43.00元

责任编辑/陈莉华

文案编辑/陈莉华

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

“电工电子技术”是高等院校工科非电类专业的一门重要课程，其内容多，涉及面广，具有很强的实践性和应用性。随着国家“科教兴国”和电子科学技术的快速发展以及电工电子技术在各个领域的渗透，具有实用特色的电工电子技术课程的改革势在必行。

依据教育部制定的“高等院校电工电子技术课程教学基本要求”，根据高校教育的办学特点，突破传统的学科教育对学生技术应用能力培养的局限，以模块化构建教学体系，以项目任务驱动教学内容，强调以学生为中心，注重知识为技能服务，体现“按需施教”“学用一致”的原则。同时，本教材注重实用，针对性强、语言精练，易于灵活地组织教学。

本教材包括电工技术、模拟电子技术和数字电子技术三部分内容，主要讲述交直流电路基础知识，变压器和电动机结构、原理、特性及应用，模拟电子技术基础及应用，数字电子技术基础及电路设计、组装及调试等，书中配有大量应用实例，将理论教学与实践训练有机地融于一体。

本教材设置了5个教学情境，每个情境包含若干工作任务，将要求学生掌握的主要内容结合到任务中，达到教学内容与实际的紧密结合，以实现“做中学、做中教”。

通过本课程的学习，使学生掌握电工电子技术的基础知识、基本原理和技能，能够按要求设计简单的控制电路，能够对现有电路进行分析、简化，能够根据电路图进行焊接、组装调试，能够对电路出现的故障现象进行分析、维修。注意培养学生的产品质量意识、成本意识，培养学生形成良好的职业道德，培养学生树立独立思考、团结协作、勤奋工作的意识以及诚实、守信的优秀品质，为今后学习后续专业课程及从事生产工作奠定良好的基础。

本教材可供高等院校机械机电类、化工、土木工程、仪器仪表、计算机应用、生物医学、精密仪器测量与控制、汽车等相关专业使用。本教材有配套的电子课件。

由于作者水平有限，编写过程中难免有不当之处，恳请读者在使用过程中提出宝贵意见和建议（作者邮箱：sdj1zzy@sina.com），以便我们及时改进。

编 者

目 录

情境1 直流电路的等效变换及测试	1
任务1-1 电压和电位的测量	2
任务1-2 实际电压源、电流源的等效变换及测试	16
任务1-3 基尔霍夫定律验证测试	22
任务1-4 叠加定理验证测试	26
任务1-5 戴维南定理验证测试	29
情境2 日光灯电路的组装及故障维修	33
任务2-1 RLC 串联谐振电路的测试	34
任务2-2 三相交流电路及测试	48
任务2-3 日光灯电路的安装及功率因数的改善	55
任务2-4 日光灯电路故障的维修	58
情境3 三相异步电动机的使用及维护	62
任务3-1 安全用电常识	63
任务3-2 单相变压器特性测试	72
任务3-3 三相异步电动机的使用及维护	81
情境4 直流稳压电源的组装、调试及维修	108
任务4-1 半导体器件的识别及测试	109
子任务1 半导体二极管的识别及测试	109
子任务2 半导体三极管的识别及测试	118
子任务3 晶闸管的识别及测试	126
任务4-2 放大电路的调试及测量	131
子任务1 共发射极放大电路静态工作点的调试	131
子任务2 基本放大电路动态工作点的调试	136
子任务3 集成运算放大器的线性应用	141
子任务4 集成运放的非线性应用	147
子任务5 OTL 功率放大器的制作与调试	151
任务4-3 直流稳压电源的组装及调试	154

情境 5 数字控制电路的设计及组装调试	168
任务 5-1 集成门电路的逻辑功能测试	169
任务 5-2 组合逻辑电路的分析、设计及组装调试	184
任务 5-3 集成触发器功能测试	194
任务 5-4 4 人抢答器电路的设计及组装调试	204
参考文献	208

情境 1 直流电路的等效变换及测试

学习情境设计方案			
学习情境 1	直流电路的等效变换及测试	参考学时	16 h
学习情境描述	通过本情境的学习,使学生掌握直流电路基础知识,能够熟练运用所学公式、定理解决实际问题,会利用仪表测量直流电路有关参数,为更好地学习后续课程奠定基础。		
学习任务	(1) 电压和电位的测量。 (2) 实际电压源与电流源的等效变换及测试。 (3) 基尔霍夫定律验证测试。 (4) 叠加定理验证测试。 (5) 戴维南定理验证测试。		
学习目标	1. 知识目标 (1) 能说出电阻串、并联的实质及电路特点,会简化混联电路。 (2) 能说出电路各种工作状态的特点。 (3) 知道各种直流电源的特性。 (4) 能说出基尔霍夫定律、叠加定理、戴维南定理的内容。 2. 能力目标 (1) 会使用万用表测量电压、电位、电流、电阻等参数。 (2) 能对实际的电压源、电流源进行等效变换。 (3) 会分析电路实测数据。 (4) 能利用基尔霍夫定律、叠加定理、戴维南定理解决实际问题。		
教学条件	学做一体化教室,有多媒体设备,电工实验实训台,基本电工工具等。		
教学组织	(1) 将全班分为若干小组,每组 4~6 人。 (2) 以小组学习为主,以正面课堂教学与独立学习为辅,行动导向教学法始终贯穿教学全过程。		
教学流程	1. 课前学习 教师可以将本任务导学、讲解视频、课件、讲义、动画等学习资料发给学生或挂在网上,供学生课前学习。 2. 课堂教学 (1) 检查课前学习效果。 首先让学生自由讨论,分享各自收获,相互请教,解决一般性的疑问。 然后由教师设计一些问题让学生回答,检查课前学习效果,答对者加分鼓励,计入平时成绩。 (2) 重点内容精讲。 根据学生的课前学习情况调整讲课内容,只对学生掌握得不好的及重点、难点进行精讲,尽量节省时间用于后面解决问题的训练。		

续表

学习情境设计方案			
学习情境 1	直流电路的等效变换及测试	参考学时	16 h
教学流程	(3) 布置任务, 学生分组完成。 教师设计综合性的任务, 让学生分组协作完成, 提高学生灵活利用所学知识、技能解决问题的能力。 (4) 小组展示评价。 各小组指派一名成员进行讲解, 教师组织学生评价, 给出各小组的成绩, 然后由组长根据小组成员的贡献大小分配成绩。 (5) 布置课后学习任务。		

 导入

人类对电工技术的认识与实践, 经历了不断探索、不断发现、不断发展的过程。就电路的理论与实践来说, 也经历了从直流电路到交流电路, 再到网络理论的发展过程。本情境主要学习人类最先发现和利用的直流电路, 掌握有关直流电路的基本理论和基本知识, 学会直流电路相关参数的测试, 能够利用所学知识对电路进行分析、计算。

任务 1-1 电压和电位的测量

 任务目标

能力目标	(1) 能对实际电路画出其电路模型, 能对电阻混联电路进行简化 (2) 会用万用表测量直流电压和电位
知识目标	(1) 能说出电路的组成、各部分的作用及电路的类型 (2) 能说出各基本物理量的含义、单位及计算方法

 引导问题

1. 什么是理想电路元件和电路模型? 为什么在分析、计算电路时要采用电路模型?
2. 在电路分析中引入参考方向的目的是什么? 如何利用参考方向确定实际方向?
3. 电压和电位有什么区别? 怎样用万用表测量电压和电位?

 知识链接

一、电路概述

(一) 电路的概念、结构及作用

1. 电路的概念

电路指的是电流所流经的路径, 就是将电气设备和元器件 (用电器) 按一定方式连接

起来,为电荷流通提供了路径的总体。

2. 电路的结构及作用

一个最基本的电路是由电源、负载和中间环节(如导线、开关等元器件)构成的,如图1-1-1所示,电路的基本作用是进行电能和其他形式能量之间的转换,具体如下。

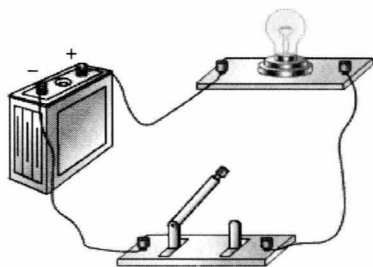


图1-1-1 简单电路结构

(1) 电源。电源是提供电能的装置,它把其他形式的能量转换成电能,如干电池将化学能转换成电能、发电机将机械能转换成电能等,在电路中起激励作用,在它的作用下产生电流与电压,常见的电源有干电池、可充电电池、太阳能电池、发电机、变压器、直流稳压电源及家用220 V交流电源等。

(2) 负载。负载是电路中的用电设备,它把电能转换成其他形式的能量,如白炽灯将电能转换成热能和光能、电动机将电能转换成机械能等。

(3) 中间环节。中间环节将电源和负载连接起来,形成电流通路,如连接导线和控制电路通、断的开关电器以及保证安全用电的保护电器(如熔断器)等。

(二) 电路的分类

根据能量转换的侧重点不同,电路大体可以分为两大类。

1. 用于电能的传送、分配与转换——电力电路

发电厂的发电机生产电能,通过变压器、输电线等送给用户,并通过负载把电能转换成其他形式的能量,如灯光照明、电动机拖动生产机械工作等,组成了一个十分复杂的电力系统,这类电路是电力电路,对这类电路的主要要求是传送的电功率要足够大、效率要高等。

2. 用于信息的传递和处理——信号电路

各种测量仪器、计算机、自动控制设备以及日常生活中的收音机、电视机等电子电路属于信号电路,对信号电路的主要要求是电信号失真小、抗干扰能力强等。

(三) 电路模型

实际使用的电路都是由实际的元器件组成的,不同的元器件具有不同的特性。以白炽灯为例,电流流过灯丝时,灯丝呈现出电阻性,将电能转换成热能、光能,此外,电流通过灯丝还会产生磁场,具有电感性;还会产生电场,具有电容性。如果把所有这些电磁特性全都考虑进去,会使电路的分析与计算变得非常烦琐,甚至难以进行,而从白炽灯的使用情况来看,需要考虑的主要是其电阻性,因此,引入理想化电路元件的概念。

1. 理想化电路元件(简称电路元件)

在一定条件下,忽略实际电工设备和电子元器件的一些次要性质,只保留它的一个主要性质,并用一个足以反映该主要性质的模型——理想化电路元件来表示。

注意:每一种理想化电路元件只具有一种电磁性质,如理想化电阻元件只具有电阻性、理想化电感元件只具有电感性、理想化电容元件只具有电容性。图1-1-2是几种常用的理想化电路元件的图形符号。

说明:一些电工设备或电子元器件只需用一种电路元件模型来表示,而某些电工设备或电子元器件则需用几种电路元件模型的组合来表示。例如,干电池既有一定的电动势,又有一定的内阻,可以用恒压源与理想电阻元件的串联组合来表示。

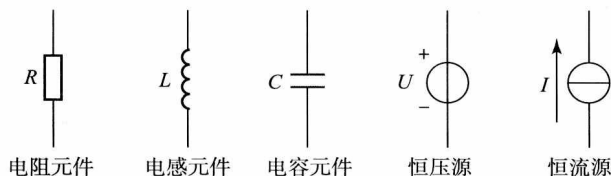


图 1-1-2 理想化电路元件的图形符号

2. 电路模型

由理想化的电路元件组成的电路称为电路模型，图 1-1-3 所示为手电筒的电路模型。

注意：电路模型中的导线也是理想化的导体，电阻为零。

说明：电路模型具有普遍的适用意义。例如，恒压源 E 和电阻元件 R_0 的串联组合既可以表示干电池，也可以表示其他任何直流电源；电阻元件 R 既可以表示白炽灯，也可以表示电阻炉、电烙铁等电热器，所不同的只是它们的参数（电阻值）不一样。

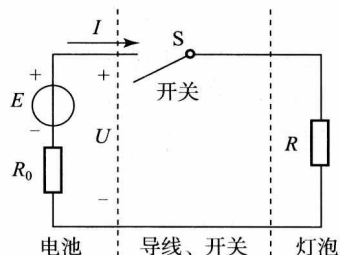


图 1-1-3 手电筒电路模型

二、电路的基本物理量

电流和电压是表示电路状态及对电路进行定量分析的基本物理量。

（一）电流

1. 电流的形成

电荷的定向移动形成电流。

2. 电流的大小

在直流电路中，假设在 t 时间内，通过导体横截面的电荷量是 Q ，则电流用 I 表示为

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

电流的单位：千安（kA）、安 [培]（A）、毫安（mA）、微安（ μA ），国际单位是安 [培]。

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A} = 10^6 \text{ mA} = 10^9 \mu\text{A}$$

3. 电流的方向

规定电流的实际方向为正电荷定向运动的方向。

电流的参考方向：如图 1-1-4 所示，电阻 R 的电流实际方向有时无法预先确定，出于分析和计算的需要，引入参考方向的概念，就是对电阻 R 的电流可能的两个实际方向中，任意选择一个作为标准，或者说作为参考，并用实线箭头标出。

利用参考方向解题的步骤如下。

（1）在解题前先设定一个正方向作为参考方向（图 1-1-5 所示电流 I 的方向）。

（2）根据电路的定律、定理，列出物理量间相互关系的代数表达式并计算。

（3）根据计算结果确定电流的实际方向：若计算结果为正，则实际方向与假设的方向（参考方向）一致；若计算结果为负，则实际方向与假设的方向相反。

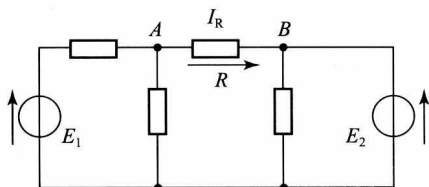


图 1-1-4 电流的参考方向

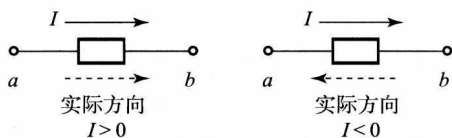


图 1-1-5 电流的参考方向及应用

(二) 电压

1. 电压的定义

电压也称为电势差或电位差，是衡量单位电荷在静电场中由于电势不同所产生的能量差的物理量。电路中 A 、 B 两点之间的电压在数值上等于单位正电荷因受电场力作用从 A 点移动到 B 点所做的功，表达式为

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

式中 W ——功（能量），J；

Q ——电荷，C；

U ——电压，V。

2. 电压的单位

电压的国际单位制为伏特（V），常用的单位还有毫伏（mV）、微伏（ μV ）、千伏（kV），换算关系为：

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} = 10^6 \text{ mV} = 10^9 \mu\text{V}$$

3. 电压的方向

规定电压的实际方向是从高电位端指向低电位端。

电压的参考方向：

在分析、计算电路问题时，往往难以预先知道一段电路两端电压的实际方向。为此，对电压也要选取参考方向（图 1-1-6）。

电压的参考方向也是假定的实际方向，电压的参考方向有 3 种表示方法。

(1) 用“+”“-”号分别表示假设的高电位端和低电位端。

(2) 用箭头“ $\rightarrow$ ”表示假设的高电位端和低电位端。

(3) 用双下标字母表示。如 U_{ab} ，第一个下标字母 a 表示假设的高电位端，第二个下标字母 b 表示假设的低电位端。

当电压的实际方向与参考方向一致时，电压是正值；不一致时，电压是负值。

【例 1-1-1】如图 1-1-7 所示，电压的参考方向已标出，并已知 $U_1 = 1 \text{ V}$ ， $U_2 = -1 \text{ V}$ ，试指出电压的实际方向。

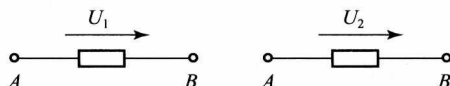


图 1-1-7 例 1-1-1 的图

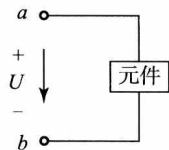


图 1-1-6 电压的参考方向

解 $U_1 = 1 \text{ V} > 0$, 则 U_1 的实际方向与参考方向相同, 由 A 指向 B 。

$U_2 = -1 \text{ V} < 0$, 则 U_2 的实际方向与参考方向相反, 由 B 指向 A 。

(三) 电流、电压的关联参考方向

电流、电压的参考方向可以任意选取, 但是为了分析、计算的方便, 对于同一段电路的电流和电压往往采用彼此关联的参考方向。

1. 关联参考方向

电流、电压的关联参考方向就是两者的参考方向一致, 如图 1-1-8 (a) 所示。电阻元件端电压与电流的关系式为

$$I = \frac{U}{R}$$

2. 非关联参考方向

它是指电流与电压的参考方向不一致, 如图 1-1-8 (b) 所示。电阻元件端电压与电流的关系式为

$$I = -\frac{U}{R}$$

说明: 以上两关系式实际上就是欧姆定律在两种不同情况下的表现形式。

【例 1-1-2】 电路如图 1-1-9 所示, 电阻 R 的电压、电流的大小及参考方向均已标在图中, 求电阻 R 。

解 通过本例进一步加深对电流、电压参考方向的理解。

(1) 对图 1-1-9 (a) 有 $U = IR$, 所以:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6}{2} = 3 (\Omega)$$

(2) 对图 1-1-9 (b) 有 $U = -IR$, 所以

$$R = -\frac{U}{I} = -\frac{6}{-2} = 3 (\Omega)$$

(四) 电源的电动势

1. 物理意义

电动势是衡量电源内部的电源力对电荷做功能力的物理量。

2. 定义

电动势 E 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源负极经过电源内部到达正极所做的功。电动势的单位: 伏 [特] (V)。

3. 电动势的方向

规定电动势的实际方向是指电位升高的方向, 即从电源的负极指向电源的正极, 如图 1-1-10 所示。

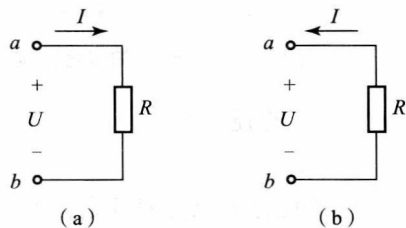


图 1-1-8 电压、电流参考方向的关系

(a) 关联参考方向; (b) 非关联参考方向

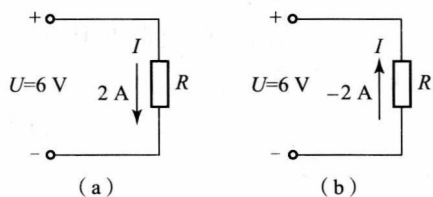


图 1-1-9 例 1-1-2 的图

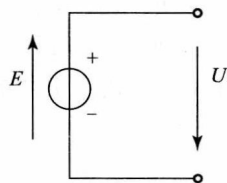


图 1-1-10 电动势的方向

4. 电源的电动势与电源端电压的关系

当电源不接负载时, 选择输出电压 U 的参考方向自电源正极指向负极, 则电源的电动势与电源的开路电压大小相等, 如图 1-1-10 所示。

(五) 电功率

1. 定义

一段电路或某一电路元件在单位时间内所吸收 (消耗) 或提供 (产生) 的电能为电功率。

在直流电路中, 电功率为

$$P = UI$$

单位: 瓦 [特] (W), 1 W 功率等于每秒吸收或提供 1 焦耳 (J) 的能量。

2. 功率的正负及物理意义 (分两种情况)

(1) 电流 I 和电压 U 取关联参考方向时:

如图 1-1-11 所示, 如果功率 P 是正值, 则表明这一段电路是吸收电功率的; 如 P 是负值, 则表明这一段电路是提供电功率的。

(2) 电流 I 和电压 U 取非关联参考方向时:

如图 1-1-12 所示, 如果功率 P 是正值, 则这一段电路是提供电功率的; 如 P 是负值, 则表明这一段电路是吸收电功率的。

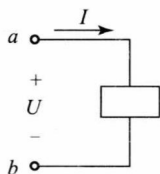


图 1-1-11 关联参考方向

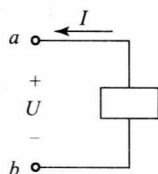


图 1-1-12 非关联参考方向

【例 1-1-3】 电路如图 1-1-13 所示, 已知 $I = 4 \text{ A}$, $U_1 = 5 \text{ V}$, $U_2 = 3 \text{ V}$, $U_3 = -2 \text{ V}$, 计算各元件的功率, 并指出是吸收电功率还是提供电功率。

解 通过本例题的计算, 进一步掌握判断一个元件或一段电路是提供电功率还是吸收电功率的方法。

元件 1: $P_1 = U_1 I = 5 \times 4 = 20 \text{ (W)}$

U_1 和 I 为关联参考方向, $P > 0$, 吸收电功率, 是负载。

元件 2: $P_2 = U_2 I = 3 \times 4 = 12 \text{ (W)}$

U_2 和 I 为非关联参考方向, $P > 0$, 提供电功率, 是电源。

元件 3: $P_3 = U_3 I = -2 \times 4 = -8 \text{ (W)}$

U_3 和 I 为关联参考方向, $P < 0$, 提供电功率, 是电源。

整个电路吸收的电功率 20 W 等于提供的总电功率 $12 + 8 = 20 \text{ (W)}$, 满足功率平衡关系。

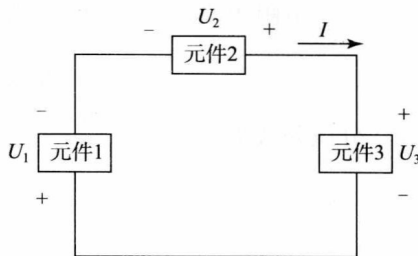


图 1-1-13 例 1-1-3 的图

(六) 电能

电能的转换是在电流做功的过程中进行的, 因此, 电流做功所消耗电能的多少可以用电功来量度。电功为

$$W = Pt = UIt$$

式中若 U 、 I 、 t 的单位分别为 V、A、s 时, 电功 W 的单位为 J。

日常生产和生活中, 电能 (或电功) 也常用度作为单位: $1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1 \text{ kV} \cdot \text{A} \cdot \text{h}$

$$1 \text{ 度电的概念} \begin{cases} 1000 \text{ W 的电炉加热 } 1 \text{ h} \\ 100 \text{ W 的电灯照明 } 10 \text{ h} \\ 40 \text{ W 的电灯照明 } 25 \text{ h} \end{cases}$$

(七) 思考

- (1) 若不设参考方向, 说某电流是 +2 A 或 -2 A 是否有意义?
- (2) 什么叫关联参考方向? 采用关联参考方向有什么意义?
- (3) 电压、电动势两个物理量有什么不同?

三、电阻的串、并联及混联电路的简化

1. 电阻的串联

(1) 连接形式。

几个电阻连成一串, 中间没有分支, 如图 1-1-14 所示。

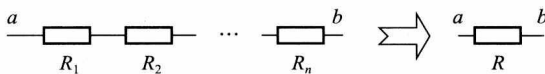


图 1-1-14 电阻串联

(2) 串联电路的特点。

每个电阻中流过的是同一电流, 串联电路可以用一个电阻等效代替, 即

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

分压公式为

$$U_n = IR_n = \frac{R_n}{R} U$$

(3) 思考。

①两个 40 W/220 V 的白炽灯串接在 220 V 的电路中, 灯丝中通过的电流是多少安? 两个白炽灯的功率各是多少瓦? 这种接法对灯有什么影响?

②两个白炽灯 (40 W/220 V、15 W/220 V) 串接在 220 V 的电路中, 灯丝中通过的电流是多少安? 两个灯的功率各是多少瓦? 哪个灯更亮?

③两个电阻 R_1 、 R_2 , 阻值之比为 1:2, 串接在回路中, 问功率之比是多少?

2. 电阻的并联

(1) 连接形式。

几个电阻首端连在一起, 末端连在一起, 如图 1-1-15 所示。

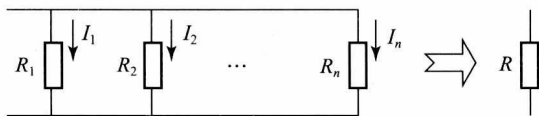


图 1-1-15 电阻并联

(2) 并联电路的特点。

所有电阻承受的是同一电压，并联电路可以用一个电阻 R 等效代替，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

每个电阻上的电流、功率为

$$I_n = \frac{U}{R_n}$$

$$P_n = \frac{U^2}{R_n}$$

(3) 思考。

① 两个 $40 \text{ W}/220 \text{ V}$ 的白炽灯并接在 220 V 的电路中，灯丝中通过的电流是多少安？两个灯的功率是多少瓦？

② 两个 $40 \text{ W}/220 \text{ V}$ 、 $15 \text{ W}/220 \text{ V}$ 的白炽灯并接在 220 V 的电路中，两灯中通过的电流各是多少安？两个灯的功率各是多少瓦？

③ 两个电阻 R_1 、 R_2 ，阻值之比为 $1:2$ ，并接在回路中，问功率之比是多少？

3. 混联电路的化简

混联电路中既有电阻的串联又有电阻的并联，首先需要判断哪些是串联，哪些是并联，然后分别用一个电阻等效代替，逐级进行简化，最终将电路转换成最简形式，如图 1-1-16 所示。

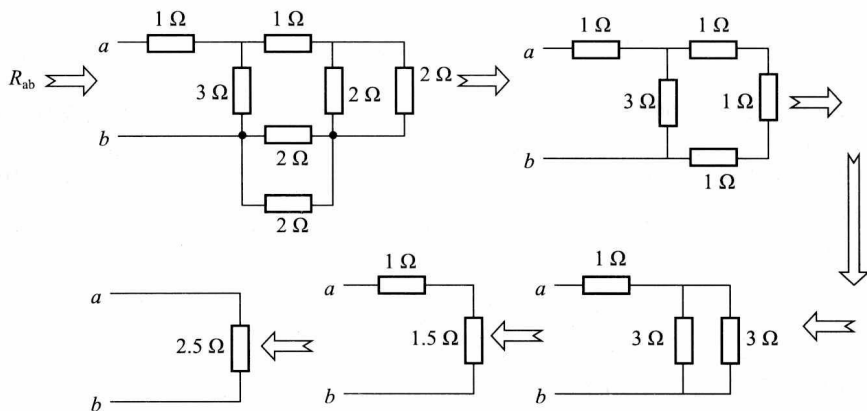


图 1-1-16 混联电路的化简

所以， $R_{ab} = 2.5 \Omega$ 。

思考：如何化简图 1-1-17 所示各电路？

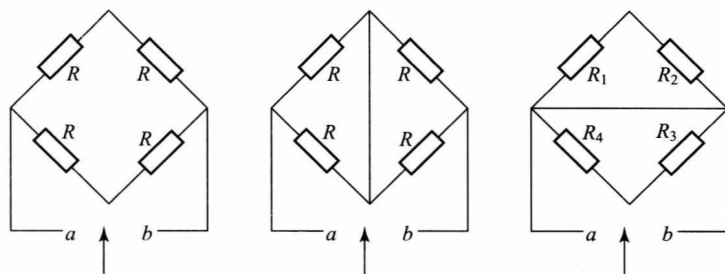


图 1-1-17 各种电路形式

四、电路的各种状态及计算

1. 电源有载工作

如图 1-1-18 所示, 开关闭合, 工作电流流过负载, 电路处于正常工作状态。

(1) 电路特征:

$$I = E / (R_0 + R), \quad U = IR = E - IR_0$$

可以看出, 随着工作电流的增大, 电源输出的电压逐步降低, 二者之间的关系叫作电源的外特性, 如图 1-1-19 所示。

当 $R \gg R_0$ 时, $U \approx E$ (此时当 R 变化时, 电源端电压变化不大, 电源带负载的能力强)。

(2) 电源与负载的判别。

① 如果 U 、 I 的参考方向关联 (图 1-1-20)。

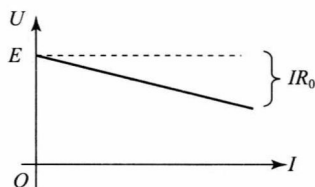


图 1-1-19 电源的外特性曲线

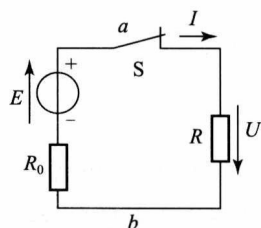


图 1-1-18 电源有载工作

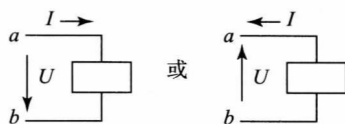


图 1-1-20 电源与负载的判别

当 $P > 0$ 时, 则说明 U 、 I 的参考方向与实际方向全部相同或相反, 此部分电路消耗电功率, 为负载。

当 $P < 0$ 时, 为电源。

② 如果 U 、 I 的参考方向非关联。

当 $P > 0$ 时, 为电源; 当 $P < 0$ 时, 为负载。

③ 电池在电路中有时发出功率, 有时消耗功率。

(3) 额定值与实际值。

额定值: 制造厂为了使电气设备能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常允许值。如 U_N 、 I_N 、 P_N 等, 使用时, 电压、电流、功率的实际值不要超过额定值。

2. 开路 (断路)

电路特征: $I = 0$, $U = 0$, $U_0 = E$, $P_E = P = 0$

如图 1-1-21 所示电路, 开关 S 断开时, 外电路的电阻无穷大, 电流为零, 电源的端电压 U_0 等于电源电动势 E 。

3. 短路

短路指的是电源的输出端没有经过负载而直接短接在一起, 如图 1-1-22 所示。

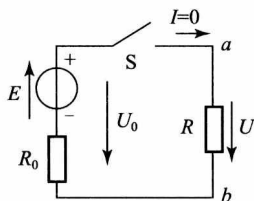


图 1-1-21 开路

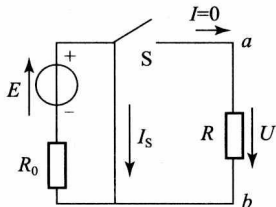


图 1-1-22 短路

电路特征:

$U=0$, $I=0$, $I_s=E/R_0$, 当 $R_0 \rightarrow 0$ 时, $I_s \rightarrow \infty$, 会烧毁电路。

注意: 电压源不允许短路!

思考: 短路时如何保护电路?

五、电位的概念及计算

(一) 电位的概念

1. 参考点

如图 1-1-23 所示, 将 B 点作为参考点, 参考点的电位为零, 电位参考点所在的导线常称为“地线”, 用“ $\perp$ ”符号表示。在电路分析中, 通常选取多条导线的交汇点作为电位参考点。

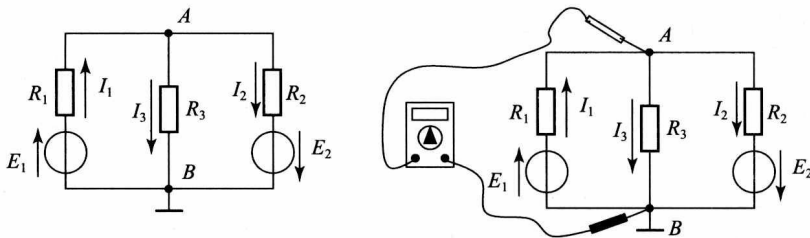


图 1-1-23 电位的概念及测量

2. 定义

电路中某一点的电位就是该点和参考点之间的电压, 如 A 点的电位记为 V_A , $V_A = U_{AB}$ 。

3. 电位的优点

(1) 能够使表示电路状态的参数大为减少。

(2) 简化电路的绘制——电位标注法 (图 1-1-24), 方法如下:

① 先确定电路的电位参考点。

② 用标明电源端极性及电位数值的表示电源的作用。

③ 略去电路中的地线, 用接地点代替, 并标注接地符号, 省

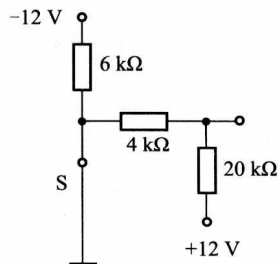


图 1-1-24 电位标注法