



国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列

电工电子 技术基础

赵立燕 主编
宋金虎 主审

- 国家最新标准，符合设计规范
- 突出机械现代设计的新方法
- 内容简洁、实用，侧重应用
- 配备有电子教案和习题解答



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列

电工电子技术基础

		赵立燕	主 编
卜铁伟	田青松	王益军	副主编
石进水	陆建遵	林 洪	
		宋金虎	主 审

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是按照高职教学指导思想和学生培养目标的要求来编写的,编写采用情境教学模式,一个情境一个知识点,重点突出,主题鲜明。全书共分11个学习情境,包含电工和电子技术两部分。电工部分的内容包括:电路的基本理论和基本分析方法,直流电路,正弦交流电路,三相交流电路,磁路与变压器,电动机,安全用电技术等内容。电子技术部分的内容突出集成化、数字化,并注重应用性、先进性,内容包括:二极管电路、晶体三极管、集成运算放大器及其应用,门电路和组合逻辑电路,触发器和时序逻辑电路。本书由浅入深、图文并茂、直观清晰、便于自学。

本书作为高职高专院校工科类专业电工电子技术基础课程教材,也可供其他相关专业选用和有关工程技术人员参考,还可供自学者使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/赵立燕主编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社, 2009.9

(国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列)

ISBN 978-7-81123-779-5

I. 电… II. 赵… III. ①电工技术-高等学校:技术学校-教材 ②电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TM TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第125308号

责任编辑:韩素华

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:22 字数:543千字

版 次:2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-779-5/TM·22

印 数:1~4 000册 定价:34.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail:press@bjtu.edu.cn。

国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列

编委会

主 任 王利明

副主任 蒋建强 邱 坤 陈金英 张宝君 王 洪

编 委(排名不分先后)

吴卫平	周四新	和青芳	赵立燕	孔庆玲	贾俊良
银金光	邹培海	吴 燕	吴永锦	田青松	刘宏丽
刘纪新	郭 勇	史利娟	卞化梅	张 娜	龙 娟
孔晓林	文 珈	林 洪	闫永亮	刘春玲	赵洪光
宁文波	许永平	刁希莲	鲍梅莲	金 山	刘新平
石进水	李付军	温 红	白西平	王益军	李 彬
姚传峰	陈红杰	滕文建	魏新村	宋金虎	李 强
钟宝华	张吉林	王玉英	王国林	姜忠军	杨玉花
徐德慧	刘太刚	刘佐群	郝继红	李历坚	刘 兢
孙 哲	王 琪	姚京贤	吴 燕	戈 峰	殷小清
文 珈	胡凤菊	刘永辉	伏 娟	姚 红	王继群
陈 琰	周淑芳	孙维丽	殷 钺	刘永利	邵永录
卜铁伟	陆建遵	田 方	师海歌	高 岩	马 兰

前 言

电工电子技术基础是工科非电类专业的一门重要专业基础课,具有技术性强、实用性强的特点。

为适应我国高职教学的需要及我国高等职业教育以培养面向生产第一线的实用型、技术型人才为目标的特色,编者根据多年的教学实践和职业技能培训经验编写了电工电子技术基础这本教材。

教材编写有如下特点:一是采用情境教学模式,每一部分内容作为一个学习情境,全书知识面广,涉及电工、电子技术,交、直流电机,控制电机,常用低压控制电器与应用,工厂供电及安全用电等内容;二是教材内容以行业需求为导向,以职业技能鉴定要求为目标,根据电工电子技术基础知识特点及高职高专教育要求,融知识、能力、技能和实用等方面为一体。

本书注重实用性、先进性、适用性、通用性,在知识内容上,以“必须”和“够用”为原则。对典型电路进行分析时,一般不做繁杂的理论推导,只介绍工程估算方法,有时只给出定性的结论。在提高学生分析问题、解决问题能力的同时,尤其注重学生动手能力的培养。本书概念清楚、重点突出、语言通俗易懂,既注重实际应用,又具有较强的可读性。

本书注重将理论讲授与实践训练相结合,理论讲授贯穿其应用性,实践中有理念、有方法,以基本技能和应用为主,易学、易懂、易上手。

本书在内容安排上按照循序渐进的原则,在知识程度上由浅入深,由易到难。本书的主要内容包括理论教学和实践教学两部分。在每一个学习情境的理论教学讲解结束之后有相应的实践教学来巩固加强对理论教学的学习。全书共有 11 个学习情境,其中从学习情境 1 到学习情境 6 是关于电路基本概念及分析方法,交、直流电路,三相交流电路,磁路与变压器,低压电器,电机拖动,安全用电知识等电工知识。从学习情境 7 到学习情境 11 是关于二极管电路,晶体三极管,集成运算放大器,数字电路等电子技术知识。本书注重实用性、针对性,主要是为了培养学生综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力,培养学生的创新思维 and 创新能力。

本书由山东交通职业学院赵立燕主编。其中学习情境 1、学习情境 2 由卜铁伟编写,学习情境 3、学习情境 6、学习情境 8 由赵立燕和陆建遵编写,学习情境 4、学习情境 5 由田青松编写,学习情境 7、学习情境 9 由王益军编写,学习情境 10、学习情境 11 由石进水编写,林洪参与了部分内容的编写。

本书由宋金虎担任主审,他详细地审阅了书稿并提出许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。由于编写时间较紧,教材涉及面较宽,加之编者水平有限,错误和不妥之处恳请读者和同行批评指正。

编 者
2009 年 8 月

目 录

学习情境 1 直流电路	1
任务 1 电路的基本概念	2
任务 2 直流电路的基本分析方法	9
任务 3 直流电路物理量的测量	21
实际演练	28
实验 1 基尔霍夫定律及电位、电压关系的验证	29
实验 2 叠加定理及等效电源定理的验证	32
实验 3 万用表的使用	34
学习情境 2 正弦交流电路	36
任务 1 正弦交流电的基础知识	37
任务 2 单一参数的正弦交流电路	45
任务 3 多参数组合的正弦交流电路	50
任务 4 非正弦周期电路	59
任务 5 常用电光源	60
实际演练	64
实验 4 日光灯电路及功率因素的提高	65
学习情境 3 三相交流电路	68
任务 1 三相交流电源	69
任务 2 三相负载的连接方式	72
任务 3 三相交流电路的功率	76
任务 4 工业企业供电知识	78
实际演练	84
实验 5 三相交流电路负载的连接	86
学习情境 4 磁路与变压器	89
任务 1 磁路	90
任务 2 变压器	97
实际演练	100
实验 6 变压器的连接与测试	101
学习情境 5 电动机	104
任务 1 三相异步电动机的结构及工作原理	105
任务 2 异步电动机的电磁转矩与机械特性	114
任务 3 三相异步电动机的启动、调速和制动	119
任务 4 电动机的基本控制电路	124

任务 5 常见机床的控制电路	139
实际演练	143
实验 7 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制	144
实验 8 三相鼠笼式异步电动机正反转控制	148
学习情境 6 安全用电技术	151
任务 1 安全用电常识	152
任务 2 防触电的安全技术	157
任务 3 电气火灾	161
实际演练	163
学习情境 7 二极管电路	164
任务 1 半导体的基本知识	165
任务 2 半导体二极管	169
任务 3 特殊二极管	172
任务 4 二极管整流电路	173
任务 5 晶闸管	179
任务 6 串联型稳压电路与集成稳压电源	184
实际演练	188
实验 9 直流稳压电源	192
实验 10 晶闸管可控整流电路	196
学习情境 8 晶体三极管	200
任务 1 晶体三极管	201
任务 2 单极型三极管	207
任务 3 三极管共射放大电路	213
任务 4 放大电路的分析方法	218
任务 5 晶体管单管放大电路的基本接法	228
任务 6 多级放大器	233
任务 7 放大电路中的反馈	238
任务 8 功率放大器	249
实际演练	256
实验 11 基本放大电路测试	261
学习情境 9 集成运算放大器	267
任务 1 集成运算放大器	268
任务 2 集成运算放大器的应用	273
任务 3 振荡电路	278
实际演练	283
实验 12 集成运算放大器指标测试	285
学习情境 10 门电路和组合逻辑电路	291
任务 1 门电路	292
任务 2 组合逻辑电路	296

任务 3 常见的典型组合逻辑电路	303
实际演练	309
学习情境 11 触发器和时序逻辑电路	311
任务 1 触发器	312
任务 2 计数器	317
任务 3 寄存器	321
任务 4 波形产生与变换电路	326
实际演练	329
实验 13 触发器逻辑功能测试	332
实验 14 555 时基电路	336
参考文献	341

学习情境 1

直流电路

情境描述:

本情境首先让学生了解直流电路的组成和功能;理解电路主要物理量的概念;知道电路模型和理想电路元件的概念;进一步熟悉电路的基本原理与定律以及电路的3种工作状态及其外特性和电气设备的额定值;了解电路的等效变换;掌握基尔霍夫定律内容,并会应用其解决实际问题;学会计算电路中各点的电位;介绍几种常用的电路的分析方法,如支路电流法,叠加定理等;另外介绍了测量电路中电流、电压和电阻所用的仪器和使用方法以及万用表的使用方法。本情境参考学时为14学时。

教学目标:

1. 能力目标

- ◆能够理解电路的基本物理量;电路模型和理想电路元件的概念。
- ◆能够掌握电路的3种工作状态及额定值并解决实际问题。
- ◆能应用基尔霍夫电压定律解决实际问题。
- ◆能够应用学习的方法分析电路,解决问题。

2. 知识目标

- ◆了解电路的组成和功能。理解电路的主要物理量的概念。
- ◆熟悉电路模型和理想电路元件的概念。
- ◆熟悉电路的基本原理与定律。
- ◆掌握电路的3种工作状态及其外特性。
- ◆熟悉电路的基本原理与定律。
- ◆掌握基尔霍夫定律内容及推广。
- ◆掌握常用电路的分析方法。

3. 素质目标

- ◆锻炼学生自主学习,独立思考的能力。
- ◆培养学生严谨务实的工作作风。

工作任务:

任务1 电路的基本概念。

任务2 直流电路的基本分析方法。

任务3 直流电路物理量的测量。

教学策略与教学方法总体考虑:

正面课堂教学、独立学习。

教学手段:

多媒体课件、课堂讲授。

设备、工具 and 材料

多媒体教室。

教学效果评价:

教师评价100%(提问)。

任务1 电路的基本概念

了解电路的组成和功能。熟悉电路基本的物理量。熟悉电路模型和理想电路元件的概念；进一步熟悉电路的基本原理与定律以及电路的3种工作状态及其外特性和电气设备的额定值。

活动1：电路的相关知识

1. 电路的组成和功能

1) 电路的组成

电路是电流所通过的路径。它是由电源、负载、导线和开关等按一定方式组合成的。

电路的结构形式和所完成任务多种多样，但无论是简单还是复杂的电路，均离不开电源、负载和中心环节这3个最基本的组成部分。电源是将其他形式的能量转换成电能并向电路提供电能的装置。负载是可将电能转换成其他形式的能量并在电路中接收电能的设备。电源和负载之间不可缺少的连接、控制和保护部件统称为中间环节，如导线、开关及各种继电器等。

2) 电路的功能

电路的功能主要有两个：一是实现电能的传输、分配与转换，如图1-1(a)所示；二是实现信号的传递与处理，如图1-1(b)所示。

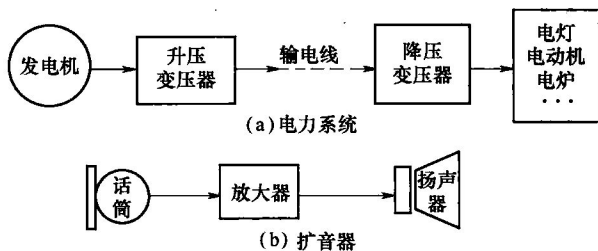


图1-1 电路在两种场合应用的示意图

2. 电路的主要物理量

1) 电流

电流(强度): 单位时间内通过导体横截面的电量。

电流的大小:
$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

电流的单位及换算: 安培(A)=库仑(C)/秒(s), $1\text{ A}=10^3\text{ mA}=10^6\text{ }\mu\text{A}=10^9\text{ nA}$

稳恒直流情况下: $I = \frac{q}{t}$

电流是一个有方向的物理量, 电流的方向是有实际方向和参考方向之分的。规定以正电荷移动的方向为电流的实际方向。而参考方向指分析与计算电路时, 任意假定某一方向为电

流的参考方向。若电流的实际方向与参考方向一致时,则电流为正值 ($I>0$),若电流的实际方向与参考方向不一致时,则电流为负值 ($I<0$)。如图 1-2 所示。

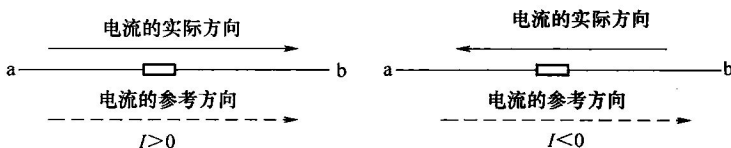


图 1-2 电流的方向

2) 电压

电压——也称电位差(或电势差):指单位正电荷由点 a 移动到点 b 所需要的能量。则电路中 a、b 两点间的电压用 u_{ab} 表示。即

$$u_{ab} = V_a - V_b = \frac{d\omega}{dq} \quad (1-2)$$

其中, V_a 表示 a 点电位, V_b 表示 b 点电位, ω 表示能量。

电压单位为伏特,简称伏,用 V 表示。在工程上还可用于千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)为计量单位,其换算关系为: $1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$; $1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$; $1 \mu V = 10^{-6} \text{ V}$ 。

电压也有方向性。规定电位降低的方向(电源电动势的方向规定从低电位端指向高电位端)为电压的方向。在分析电路时,也像求得电流方向一样,先假定电压的参考方向,电压的实际方向与参考方向一致时,则电压为正值 ($U>0$),电压的实际方向与参考方向不一致时,则电压为负值 ($U<0$)。如图 1-3 所示。

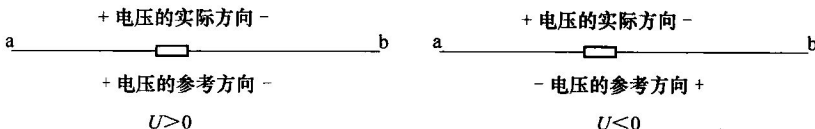


图 1-3 电压的方向

3) 电功率

电功率是指电能量对时间的变化率。也就是指电场力在单位时间内所做的功。即

$$P = \frac{d\omega}{dt} = U \frac{dq}{dt} = UI \quad (1-3)$$

电功率的单位为瓦特,简称瓦(W)。常用单位为千瓦(kW), $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$ 。在日常生活中,常用 1 千瓦小时($1 \text{ kW} \cdot \text{h}$)表示 1 度电。即功率为 1 千瓦的用电设备工作 1 小时所消耗的电能。

活动 2: 电路模型和电路元件

1. 电路模型

实际电路的分析和计算需将实际电路元件理想化(或模型化),突出其主要的电磁性质,近似看作理想元件。电阻、电感、电容是电路组成的基本理想元件。

电路模型：由理想电路元件所组成的电路，就是实际电路的电路模型。如图 1-4 所示。

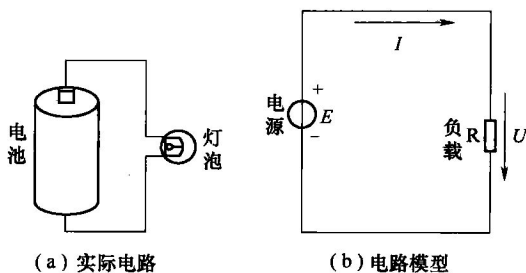


图 1-4 电路的模型

2. 电路的基本元件

1) 电阻元件

(1) 概述。电阻元件是一种基本的电路元件。在电路中对电流呈现阻碍作用。符号用 R 表示。单位是欧姆，简称欧 (Ω)。线性电阻是端口电压与端口电流遵循欧姆定律（详见活动 3）、电压与电流两者成正比的元件，即

$$u = Ri \quad (1-4)$$

或

$$i = Gu \quad (1-5)$$

式中： G 称为电导系数，西门子 (S)。对于同一电阻，显然有 $GR = 1$ 。

(2) 定义。线性电阻 R 是一个与电压和电流无关的常数。它的电压—电流关系特性曲线将是一条通过原点的直线。这条直线又称为伏安特性曲线。如图 1-5(a) 所示。

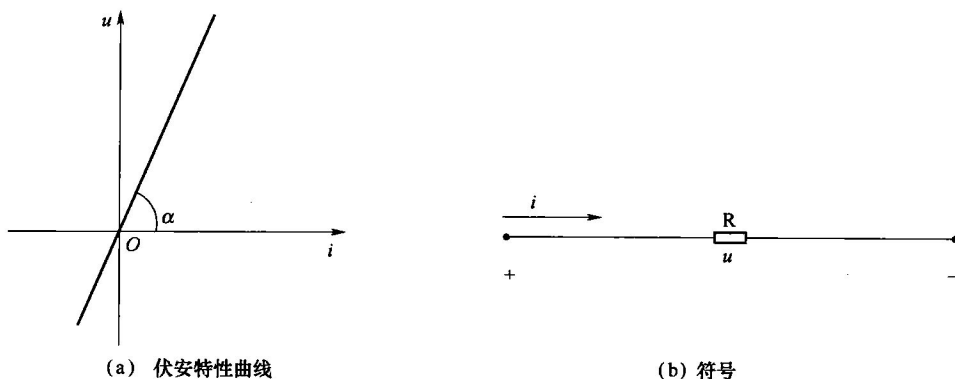


图 1-5 线性电阻的伏安特性及符号

2) 电感元件

(1) 概述。电感元件简称电感，是由导线绕制而成。电感在工作时，将电能转换为磁场能储存起来，与电源进行能量交换，这种转换是相互的，故电感为储能元件。

(2) 定义。有 N 匝线圈，当它的磁通发生变化时，在线圈中就会产生感应电动势。根据法拉第电磁感应定律得：感应电动势 e 的大小等于磁通的变化率。感应电动势的参考方向

与磁通的参考方向之间符合右手螺旋定则, 即

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi}{dt} \quad (1-6)$$

式中: e 为电动势, 伏 (V); Φ 为通过线圈的磁通, 伏秒 (V · s), 通常称为韦伯 (Wb); ψ 称为磁链, 其中 $\psi = N\Phi$ 。

磁通和磁链是由于线圈中有电流通过而产生的。对于线性电感线圈, ψ 和 Φ 、 i 成正比, 有

$$\psi = N\Phi = Li \text{ 或 } L = \frac{\psi}{i} = \frac{N\Phi}{i} \quad (1-7)$$

式中: L 为线圈的电感, 也称自感, 亨利, 简称亨 (H)。

将 $\psi = Li$ 代入式 (1-6), 得

$$e = -L \frac{di}{dt} \quad (1-8)$$

由式 (1-7) 和式 (1-8) 可知, 线圈的电感与线圈的匝数有关。匝数越多, 其电感越大, 产生感应电动势就越大; 反之, 情况刚好相反。

在电路中, 电感元件是个储能元件, 不消耗能量。

3) 电容元件

(1) 概述。电容元件又称电容器 (简称电容)。它是由两块金属板间隔以不同的绝缘材料制成的。电容在工作时, 将电能转换成电场能储存起来, 与电源进行能量交换, 这种转换是相互的, 所以电容又称为储能元件。

(2) 定义。电容所储存的电荷 Q 与外加电压 u 成正比, 即

$$C = \frac{Q}{u} \quad (1-9)$$

式中: C 为电容, 法拉, 简称法 (F)。但法的单位较大, 在实际使用中常用微法 (μF)、皮法 (pF), 它们之间的换算关系为: $1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{ pF}$ 。

假设含有电容元件的电路中, 电流、电压的方向如图 1-6 所示, 则得

$$i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-10)$$

由式 (1-10) 可知: 当 $i = 0$ 时, 电容元件可视为开路; 当 $i = C \frac{du}{dt} > 0$ 时, 电容为充电储能过程; 当 $i = C \frac{du}{dt} < 0$ 时, 电容为放电释放能量过程。

将式 (1-10) 两边积分, 得

$$u = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i dt = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^0 i dt + \frac{1}{C} \int_0^t i dt = u_0 + \frac{1}{C} \int_0^t i dt \quad (1-11)$$

式中: t 为电容充放电时间; u_0 为电容电压的初始值。若 $u_0 = 0$, 则

$$u = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \quad (1-12)$$

式(1-10)两边同时乘以 u 再积分, 得

$$\int_0^t ui dt = \int_0^u C u du = \frac{1}{2} C u^2 \quad (1-13)$$

可见, 电容元件上的电压增大, 则电场能量增加, 此过程为电容器充电过程; 反之, 电容元件上的电压减小时, 则电场能量减少, 此过程为电容器放电过程。

活动 3: 电路的基本原理与定律

1. 电流的连续性原理

在一段无分支的电路中, 电流必定是处处相等的, 因为在电荷移动的过程中, 不可能在某一点无限聚积或消失, 这一规律称为电流的连续性原理。电路如图 1-6 所示, 因为电路中无其他分支, 所以电路中各处的电流均相等。

2. 欧姆定律

欧姆定律是反映线性电阻的电流与该电阻两端电压之间关系的定律, 是电路分析中最重要的基本定律之一。

内容: 通过线性电阻 R 的电流 I 与其两端的电压 U 成正比。

表达式:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-14)$$

用欧姆定律列方程时, 一定要在图中标明参考方向。

3. 广义欧姆定律

电路中含有电动势时的欧姆定律如图 1-7 所示。

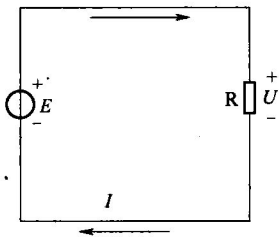


图 1-6 简单电路

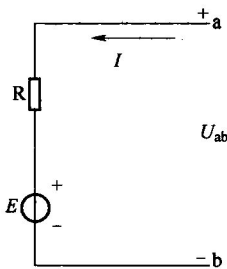


图 1-7 含有电动势的欧姆定律

其表达式为

$$\begin{aligned} U_{ab} &= IR + E \\ I &= \frac{U_{ab} - E}{R} \end{aligned} \quad (1-15)$$

活动 4: 电路的 3 种工作状态及其外特性

当电源与负载通过中间环节连接成电路后, 电路可能处于通路、开路或短路 3 种不同的工作状态。

1. 有载工作状态

电路的开路状态如图 1-8(a) 所示, 若将开关闭合, 电源与负载接通, 电路处于有载状态。

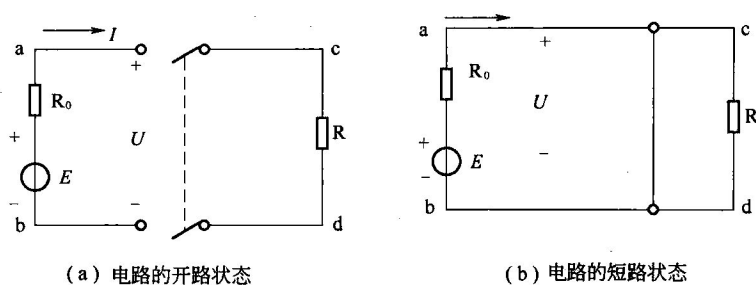


图 1-8 电路的工作状态

(1) 电压与电流间的关系

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1-16)$$

式中： R_0 是电源的内电阻，通常很小。电源的输出电压 U 为负载 R 两端的电压，根据欧姆定律和式 (1-16) 可得电源的输出电压的表达式为

$$U = E - IR_0 \quad (1-17)$$

$$\text{当 } R_0 \ll R \text{ 时 } U \approx E \quad (1-18)$$

电源的输出端电压 U 随负载电流 I 变化的规律称为电源的外特性。如图 1-9 所示。

(2) 功率与功率平衡。将式 (1-17) 各项乘以 I 可得

$$UI = EI - I^2 R_0 \quad (1-19)$$

$$\text{即 } P = P_E - P_0 \quad (1-20)$$

式中： P 是负载从电源得到的功率； P_E 是电源产生的功率； P_0 是电源内阻上所损耗的功率。式 (1-20) 可写成

$$P_E = P + P_0 \quad (1-21)$$

式 (1-21) 为功率的平衡方程。

(3) 电气设备的额定值。任何电气设备在使用

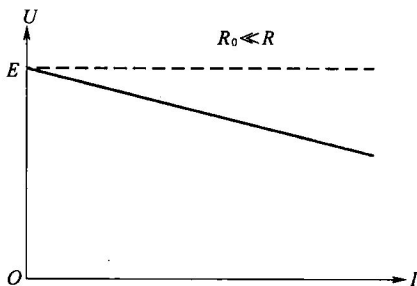


图 1-9 电源的外特性

时，若电流过大，温升过高就会导致绝缘的损坏，甚至烧坏设备或元器件。为了保证正常工作，制造厂对产品的电压、电流和功率都规定其使用限额，称为额定值。通常把额定值标在产品的铭牌或说明书上，以此作为使用依据。比如：灯泡 $U_N = 220 \text{ V}$ ， $P_N = 60 \text{ W}$ ，这就是它的额定值。表明这只灯泡的额定电压是 220 V ，额定功率是 60 W ，在使用时不能接到 380 V 的电源上。

电源设备的额定值一般包括额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定容量 S_N 。其中 U_N 和 I_N 是指电源设备安全运行所规定的电压和电流限额；额定容量 $S_N = U_N I_N$ ，表征电源最大允许的输出功率，但电源设备工作时不一定总是输出规定的最大允许电流和功率，究竟输出多大还取决于所连接的负载。

负载的额定值一般包括额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定功率 P_N 。对于电阻性负载, 由于这三者与电阻 R 之间具有一定的关系式, 所以它的额定值不一定全部标出。

(4) 超载、满载、轻载。电气设备工作在额定值情况下的状态称为额定工作状态 (又称“满载”)。这时电气设备的使用是最经济合理和安全可靠的, 不仅能充分发挥设备的作用, 而且能够保证电气设备的设计寿命。若电气设备超过额定值工作, 则称为“过载”。由于温度升高需要一定时间, 因此电气设备短时过载不会立即损坏。但过载时间较长, 就会大大缩短电气设备的使用寿命, 甚至会使电气设备损坏。若电气设备低于额定值工作, 则称为“欠载”。在严重的欠载下, 电气设备就不能正常合理地工作或者不能充分发挥其工作能力。过载和严重欠载都是在实际工作中应避免的。

【例 1-1】 一热水器额定功率为 800 W, 额定电压为 220 V, 求该热水器的额定电流和电阻。若将该热水器接在电压为 110 V 的电路上, 求该热水器的输出功率。

解: 由 $P=IU=I^2R=\frac{U^2}{R}$ 可得

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{800}{220} = 3.64 \text{ (A)}$$

$$R = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{220^2}{800} = 60.5 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{U_N^2} P_N = \left(\frac{110}{220}\right)^2 \times 800 = 200 \text{ (W)}$$

由此可知, 用电器在低电压下工作不能发挥正常功率。

2. 开路工作状态

如图 1-8(a) 所示, 开关 K 断开, 电源未与负载接通, 电路处于开路状态。

(1) 电压与电流间的关系。处于开路状态下的电路, 负载与电源没有接通, 电路中没有电流通过, 故电路中电流为零。负载两端的电压也为零。由式 (1-17) 可知电源输出的电压等于电源电动势。即

$$\begin{aligned} I &= 0 \\ U &= E \end{aligned} \quad (1-22)$$

(2) 功率与功率平衡。

$$\begin{aligned} P_E &= 0 \\ P_0 &= 0 \\ P &= 0 \end{aligned} \quad (1-23)$$

3. 短路工作状态

如图 1-8(b) 所示, 当电源的两边由于某种原因被电阻值接近于零的导体连接在一起时, 就会造成电源短路, 使电路处于短路的工作状态。

电源处于短路状态, 外电阻可能为零, 电源的输出电压也为零, 电源输出的电流 I_s 称为短路电流。短路电流很大, 将会烧坏电源。

(1) 电压与电流间的关系

$$\begin{aligned} U &= 0 \\ I &= I_s = \frac{E}{R_0} \end{aligned} \quad (1-24)$$

(2) 功率与功率平衡

$$\begin{aligned} P_E &= P_0 = R_0 I_s^2 \\ P &= 0 \end{aligned} \quad (1-25)$$

电路短路会使电源发热以致损坏。所以在实际工作中,应经常检查电气设备和线路的绝缘情况以防止发生电源短路事故。此外,还应在电路中接入熔断器等保护装置,以便在发生短路事故时能及时切断电路,达到保护电源及电路元器件的目的。

任务 2 直流电路的基本分析方法

掌握电阻的连接方式及等效计算、变换;掌握电源的等效变换方法和无源电路的等效化简。掌握基尔霍夫电流定律,基尔霍夫电压定律及其推广、应用。熟悉支路电流法求解实际问题。掌握线性电路的叠加性质、叠加定理及其使用方法;能熟练应用这些定理解决实际电路问题。了解万用表的结构并掌握万用表的使用方法。

活动 1: 电路的等效变换

1. 电路的串联与并联

1) 电阻的串联

(1) 串联电路特点。图 1-10(a) 所示为 n 个电阻的串联电路,其特点是电路没有分支,由电流的连续性原理可知,电路中通过各串联电阻的电流处处相等。

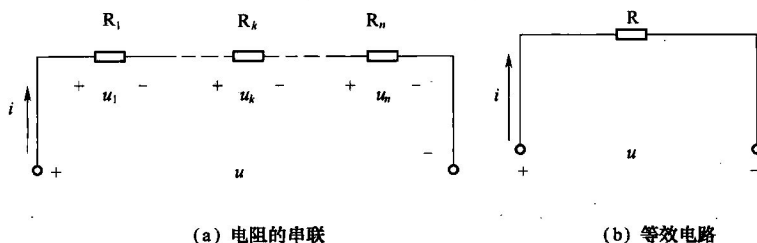


图 1-10 电阻串联与等效变换

根据能量守恒定律,可知

$$\begin{aligned} UI &= U_1 I + U_2 I + \cdots + U_k I + \cdots + U_n I \\ I^2 R &= I^2 R_1 + I^2 R_2 + \cdots + I^2 R_k + \cdots + I^2 R_n \\ IR &= I^2 (R_1 + R_2 + \cdots + R_k + \cdots + R_n) \\ U &= U_1 + U_2 + \cdots + U_k + \cdots + U_n \end{aligned} \quad (1-26)$$

式 (1-26) 说明,在串联电路中,总电压等于各段电压之和。

(2) 串联电路的等效变换。由式 (1-26) 可以得到

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 + \cdots + R_k + \cdots + R_n \\ R &= \sum_{k=1}^n R_k \end{aligned} \quad (1-27)$$