

高职高专非电类专业模块化、项目化教改教材

实用电工电子

吉跃仁 主 编
刘 玲 副主编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书是根据高职高专学生的培养目标,结合高职高专教学改革和课程改革的要求,结合高职高专的办学特色而编写的,坚持理论以“必需、够用”为度,强化实践技能训练,以提高学生动手能力为原则,最终取得中级工证书,到企业能够立即顶岗。

本书既可作为高职高专院校非电类各专业电工电子技术及应用课程的教材,也可作为各类培训机构开展考工培训的基础教材。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

实用电工电子/吉跃仁主编. —北京:清华大学出版社, 2011.3

ISBN 978-7-302-24918-4

I. ①实… II. ①吉… 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. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 019471 号

责任编辑:张占奎

责任校对:王淑云

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:13.75

字 数:333 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版

印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:26.00 元

产品编号:039817-01

前言

电工电子技术及应用课程是高职高专非电类专业的一门技术基础课。它的任务是使学生通过本课程的学习,获得电工电子技术必要的基本理论、基本知识、基本技能,了解电工电子技术的应用和发展,为学习后续相关课程以及从事与专业有关的工程技术工作打下一定的基础。

目前同类教材数目、品种繁多,多数以理论教学为主,内容含量大,理论性强,覆盖面广,教学基础要求高。而同类高职高专教材,多是从本科教材搬过来的,在实际教学中,一般只能选讲其中的一部分,理论教学与实践训练不配套。不能满足高职高专学生现代化、技能化、职业化的要求,实用性差。

本书是根据高职高专院校学生培养目标而编写的,结合高职高专教学改革和课程改革的要求,结合高职高专的办学特色,坚持理论以“必需、够用”为度,强化实践技能训练,以提高学生动手能力为原则,最终取得中级工证书,到企业能够立即顶岗。

本书以电工电子技术及应用的教学任务为驱动,力求从实际应用的需要(实例)出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论概念,把复杂难学的内容提炼成简单易学的实用方法,将电工电子技术及应用课程理论内容整合成六大模块,既有巩固练习又有自测题,将理论教学与考工内容相结合。将实验、实训整合成9个实践性项目,采用项目化教学,力求具有典型性和可操作性,采用“课堂与实验、实训地点合一,教、学、做一体化”的教学模式。

本书内容深入浅出、文字简练、通俗易懂、实用性与可操作性强,既有利于教,又有利于学。可作为高职高专院校非电类各专业电工电子技术及应用课程的教材,也可以作为各类培训机构开展考工培训的基础教材。

本书由吉跃仁副教授担任主编,刘玲副教授担任副主编,赵洧副教授、陈宁宁讲师参编。刘玲编写了模块1、3,赵洧编写了模块4,陈宁宁编写了模块5,吉跃仁编写了实践性项目与模块2、6并负责全书的统稿。

由于时间仓促,加之编者水平所限,书中难免有错误和不当之处,恳请各位读者批评指正。

编者

2010年10月

目 录

模块 1 直流电路	1
1.1 电路及电路模型	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 电路模型	2
1.2 电路的主要物理量	2
1.2.1 电流	2
1.2.2 电压、电动势和电位	3
1.2.3 电能和电功率	4
1.2.4 电源	5
1.3 电路的工作状态	8
1.3.1 电气设备的额定值	8
1.3.2 负载状态	8
1.3.3 空载状态	8
1.3.4 短路状态	9
1.4 电路分析方法	10
1.4.1 基尔霍夫定律	10
1.4.2 支路电流法	12
1.4.3 叠加定理	14
1.4.4 戴维南定理	15
1.5 实践项目 1 万用表组装、使用和检修	18
习题 1	26
自测题 1	29
模块 2 交流电路	31
2.1 正弦交流电路	31
2.1.1 正弦交流电的基本概念	31
2.1.2 正弦量的相量表示法	35
2.1.3 单一参数正弦交流电路	38
2.1.4 RLC 串联电路	43
2.1.5 正弦交流电路的分析方法	46
2.1.6 功率因数的提高	48

2.1.7 电路的谐振	49
2.2 三相交流电路	54
2.2.1 对称三相交流电源	54
2.2.2 三相负载的连接	56
2.2.3 三相电路的功率	61
2.3 实践项目 2 日光灯安装、测量及功率因数的提高	63
2.4 实践项目 3 RLC 串联谐振	67
习题 2	70
自测题 2	73
模块 3 常用电工器材	76
3.1 变压器	76
3.1.1 磁场的基本概念	76
3.1.2 变压器的基本结构和分类	78
3.1.3 变压器的工作原理和作用	79
3.1.4 变压器绕组极性的判别与特殊变压器	80
3.2 电动机	83
3.2.1 三相异步电动机的结构及转动原理	83
3.2.2 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	86
3.2.3 三相异步电动机的运行与控制	88
3.2.4 三相异步电动机的选择与使用	91
3.2.5 单相异步电动机	92
3.3 实践项目 4 小型变压器的制作、特性测试和故障检修	94
3.4 实践项目 5 三相异步电动机的控制	97
习题 3	103
自测题 3	104
模块 4 基本放大电路	109
4.1 半导体的基本知识	109
4.1.1 半导体及 PN 结	109
4.1.2 半导体二极管	113
4.1.3 半导体三极管	117
4.2 基本放大电路	121
4.2.1 共发射极放大电路的组成	121
4.2.2 放大电路的静态分析	122
4.2.3 放大电路的动态分析	124
4.2.4 静态工作点的稳定	128

4.2.5 射极输出器.....	131
4.3 实践项目 6 晶体管共射极单管放大电路	134
习题 4	140
自测题 4	143
模块 5 直流稳压电源	147
5.1 整流电路	148
5.1.1 单相半波整流电路.....	148
5.1.2 单相桥式整流电路.....	149
5.2 滤波电路	152
5.3 直流稳压电路	154
5.3.1 并联型直流稳压电路.....	154
5.3.2 串联型直流稳压电路.....	155
5.4 实践项目 7 串联型稳压电源的安装与测试	156
习题 5	161
自测题 5	162
模块 6 数字电路基础	164
6.1 门电路与逻辑代数	164
6.1.1 数制及其转换.....	165
6.1.2 编码.....	166
6.1.3 分立元件门电路.....	167
6.1.4 集成门电路.....	171
6.1.5 逻辑代数.....	172
6.2 组合逻辑电路的分析与设计	179
6.2.1 组合逻辑电路的分析方法.....	179
6.2.2 组合逻辑电路的设计.....	181
6.3 触发器	185
6.3.1 触发器的基本特性和作用.....	185
6.3.2 RS 触发器	186
6.3.3 D 触发器	188
6.3.4 主从 JK 触发器	189
6.3.5 触发器逻辑功能的转换.....	191
6.4 实践项目 8 集成门电路	194
6.5 实践项目 9 触发器	197
习题 6	200
自测题 6	203

部分习题参考答案.....	207
自测题 1 参考答案.....	210
自测题 2 参考答案.....	210
自测题 3 参考答案.....	211
自测题 4 参考答案.....	211
自测题 5 参考答案.....	211
自测题 6 参考答案.....	211
参考文献.....	212

直流电路

学习任务

- 了解电路的组成及作用；
- 了解电路的基本物理量及意义；
- 掌握电路中电位的计算方法；
- 掌握直流电路的分析方法。

电工技术在现代社会中的应用已占据了相当重要的地位。在各种电气、电子设备中,主要的设备都是由不同的电路组成的。因此,掌握电路的分析方法是制造、设计和进行各种研究的基础。本模块内容虽然是研究直流电路的定理、定律及对直流电路的分析方法,但经扩展后,也同样适用于交流电路、电子电路。

1.1 电路及电路模型

1.1.1 电路

电路是各种电器设备按一定方式连接起来的整体,它提供了电流流通的路径。电路是由电源、负载和中间环节三个部分组成的。

电路的一个作用是实现电力的传输、分配和转换。如在电力系统电路中,发电机是电源,是供应电能的设备,在发电厂内可把热能、风能或核能转换为电能;变压器、输电线和配电设备是中间环节,是连接电源和负载的部分,它起传输和分配电能的作用;电动机、电炉、电灯等是负载,是取用电能的设备,它们分别把电能转换为机械能、热能、光能等。

电路的另一个作用是实现信号的传递和处理。如在扩音机电路中,先由话筒把语言或音乐转换为相应的电压和电流,即电信号,再通过放大器放大后传递到扬声器,把电信号还原为语言或音乐。信号的这种转换和放大称为信号的处理。图 1-1-1 为电路示意图。

由此可见,电路按其功能可分为两类:一类是为了实现能量的传输和转换,这类电路称为电力电路。对于电力电路,一般要求在传输和转换过程中尽可能减少能量损耗以提高效率。另一类是为了实现信号的传递和处理,称

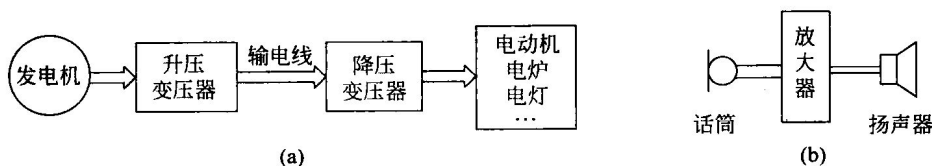


图 1-1-1 电路示意图

为信号电路。对于信号电路,虽然也存在着能量的传输和转换,但其数量很小,所关心的是信号传递的质量,如要求不失真、准确、灵敏、快速等。

1.1.2 电路模型

实际的电路器件在工作时的电磁性质是比较复杂的,不是单一的。因此,为了便于研究电路的特性和功能,必须进行科学的抽象,用一些模型来代替实际元件,这种模型称为电路模型。构成电路模型的元件称为理想电路元件。

理想电路元件分为两类:一类是有实际的元件对应,如电阻器、电感器、电容器、电压源、电流源等;另一类是没有直接与它相对应的实际元件,但是它们的某种组合却能反映出实际电器元件和设备的主要特性和外部功能,如受控源等。下面要研究的电路均指模型电路。

如图 1-1-2(a)所示为一个实际的简单电路,它由电源(干电池)、连接导线、负载(灯泡)三部分组成。电源产生电能,连接导线传输电能,负载转换电能。为了便于分析电路,一般要将实际电路模型化,用足以反映其电磁性质的理想电路元件或其组合来模拟实际电路中的器件,从而构成与实际电路相对应的电路模型,简称电路图,如图 1-1-2(b)所示。在电路图中,各种电路元件都用规定的图形符号表示,电路图只反映各理想电路元件在电路中的作用及其相互连接方式,并不反映实际设备的内部结构、几何形状及相互位置。

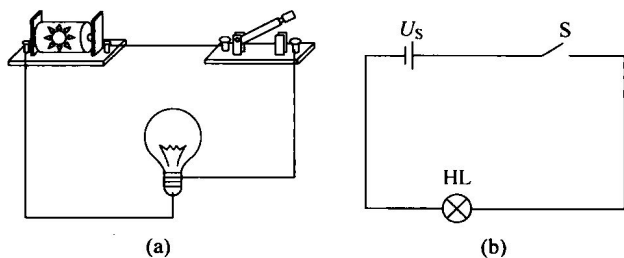


图 1-1-2 简单电路及其电路图

1.2 电路的主要物理量

1.2.1 电流

电荷的定向移动形成电流。电流大小即单位时间内通过导体截面的电量。一般用大写 I 表示直流电流,小写 i 表示交流电流,

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2-1)$$

习惯上规定正电荷运动方向为电流的方向；电流的方向用箭头或双下标变量表示。

当某段电路中电流的方向难以判断时，先任意假设电流的方向称为电流的参考方向。如果求出的电流值为正，说明参考方向与实际方向一致；否则说明参考方向与实际方向相反。电流的参考方向与实际方向的关系见图 1-2-1。

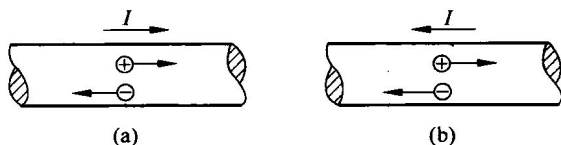


图 1-2-1 电流参考方向与实际方向的关系

(a) 正值；(b) 负值

电流的法定计量单位是 A(安[培])， $1\text{ kA}=10^3\text{ A}$ ； $1\text{ mA}=10^{-3}\text{ A}$ ； $1\text{ }\mu\text{A}=10^{-6}\text{ A}$ 。

1.2.2 电压、电动势和电位

1. 电压

电压又称电位差，电路中 a、b 两点间的电压定义为单位正电荷由 a 点移至 b 点电场力所做的功，即

$$u = \frac{dW}{dq} \quad (1-2-2)$$

电压的单位为 V(伏[特])， $1\text{ kV}=10^3\text{ V}$ ； $1\text{ mV}=10^{-3}\text{ V}$ ； $1\text{ }\mu\text{V}=10^{-6}\text{ V}$ 。

2. 电动势

电动势是衡量外力即非静电力做功能力的物理量。外力克服电场力把单位正电荷从电源的负极搬运到正极所做的功，称为电源的电动势，

$$e = \frac{dW}{dq} \quad (1-2-3)$$

电动势的方向规定为：在电源内部由低电位指向高电位，是电位升的方向。

3. 电位

电路中某点的电位定义为单位正电荷由该点移至参考点电场力所做的功。电路中 a、b 两点间的电压等于 a、b 两点的电位差，即

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1-2-4)$$

电压的实际方向规定由电位高处指向电位低处。与电流方向的处理方法类似，可任选一方向为电压的参考方向。对于一个元件，电流参考方向和电压参考方向可以相互独立地任意确定，但为了方便起见，常常将其取为一致，称关联方向；如不一致，称非关联方向(图 1-2-2)。

如果采用关联方向，在表示时标出一种即可。如果采用非关联方向，则必须全部标出。

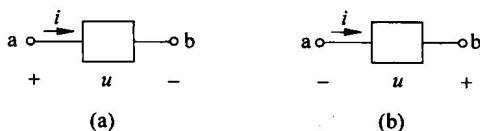


图 1-2-2 关联方向与非关联方向

(a) 关联方向；(b) 非关联方向

4. 电位的计算

电路中的某一点到参考点之间的电压,也称作该点的电位。电路中选定的参考点虽然一般并不与大地相连接,往往也称为“地”。在电路图中,参考点用符号“⊥”表示,如图 1-2-3 所示。

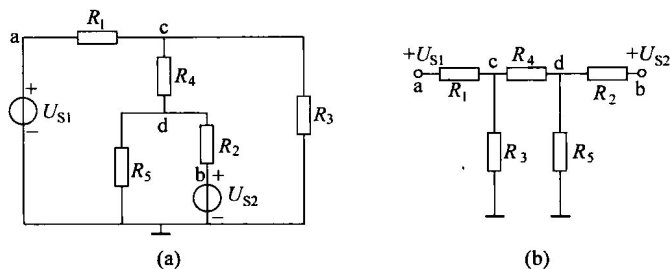


图 1-2-3 实际电路图

例 1-2-1 求图 1-2-4 中 c、d 两点间的电压。

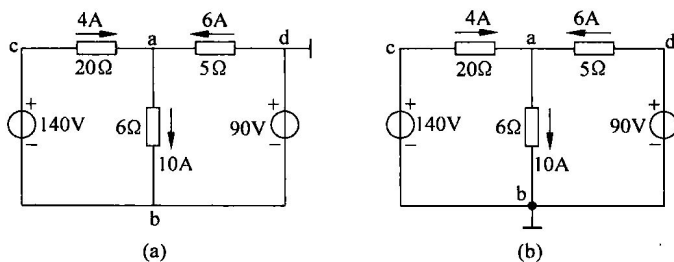


图 1-2-4 例 1-2-1 图

解: 选 d 点为参考点,则

$$U_a = U_{ad} = -6 \times 5 = -30 \text{ V}$$

$$U_b = U_{bd} = -90 \text{ V}$$

$$U_c = U_{cb} + U_{bd} = 140 - 90 = 50 \text{ V}$$

$$U_{cd} = U_c - U_d = U_c = 50 \text{ V}$$

选 b 点为参考点

$$U_a = U_{ab} = 10 \times 6 = 60 \text{ V}$$

$$U_c = U_{cb} = 140 \text{ V}$$

$$U_d = U_{db} = 90 \text{ V}$$

$$U_{cd} = U_c - U_d = 140 - 90 = 50 \text{ V}$$

可见,参考点的选择不影响电压的大小。

1.2.3 电能和电功率

电场力推动正电荷在电路中运动时,电场力做功,同时电路消耗电能,电路在单位时间内消耗的能量称为电路消耗的电功率,简称功率,即

$$p = \frac{dW}{dt} \quad (1-2-5)$$

功率与电流、电压的关系如下：

关联方向时，

$$p = ui$$

非关联方向时

$$p = -ui$$

$p > 0$ 时元件吸收功率， $p < 0$ 时元件发出功率。

例 1-2-2 求图 1-2-5 所示各元件的功率。

(a) 关联方向，

$P = UI = 5 \times 2 = 10 \text{ W}$ ， $P > 0$ ，吸收 10 W 功率。

(b) 关联方向，

$P = UI = 5 \times (-2) = -10 \text{ W}$ ， $P < 0$ ，发出 10 W 功率。

(c) 非关联方向，

$P = -UI = -5 \times (-2) = 10 \text{ W}$ ， $P > 0$ ，吸收 10 W 功率。

例 1-2-3 求图 1-2-6 所示各元件功率，并分析电路的功率平衡关系。已知 $I = 1 \text{ A}$ ， $U_1 = 10 \text{ V}$ ， $U_2 = 6 \text{ V}$ ， $U_3 = 4 \text{ V}$ 。

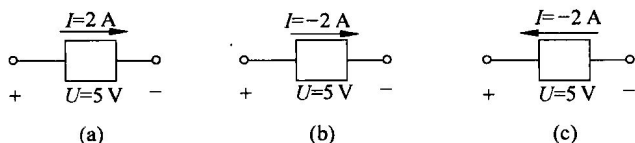


图 1-2-5 例 1-2-2 图

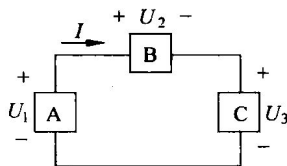


图 1-2-6 例 1-2-3 图

解：元件 A：非关联方向， $P_1 = -U_1 I = -10 \times 1 = -10 \text{ W}$ ， $P_1 < 0$ ，发出 10 W 功率，为电源。

元件 B：关联方向， $P_2 = U_2 I = 6 \times 1 = 6 \text{ W}$ ， $P_2 > 0$ ，吸收 6 W 功率，为负载。

元件 C：关联方向， $P_3 = U_3 I = 4 \times 1 = 4 \text{ W}$ ， $P_3 > 0$ ，吸收 4 W 功率，为负载。

$P_1 + P_2 + P_3 = -10 + 6 + 4 = 0$ ，功率平衡。

1.2.4 电源

1. 理想电压源

理想电压源端电压为 U_s ，与流过电压源的电流无关，由电源本身确定，电流由外电路确定。理想电压源的特性曲线与符号如图 1-2-7 所示。

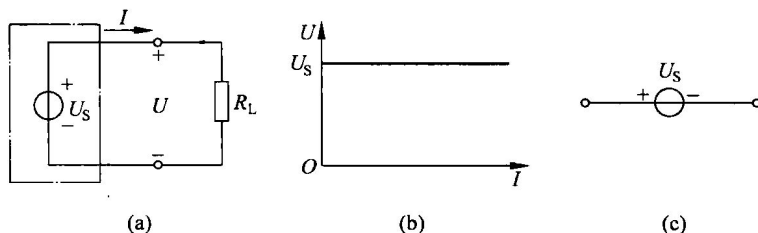


图 1-2-7 理想电压源特性曲线与符号

2. 理想电流源

理想电流源流过的电流为 I_s , 与电源两端电压无关, 由电源本身确定, 电压由外电路确定。理想电流源的特性曲线与符号如图 1-2-8 所示。

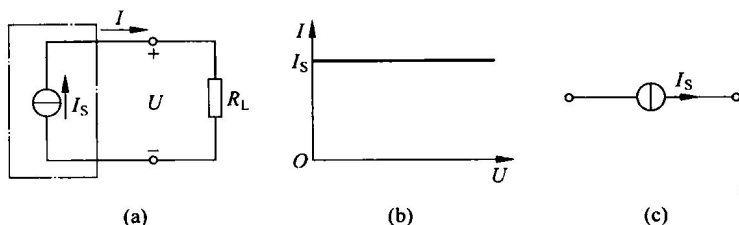


图 1-2-8 理想电流源特性曲线与符号

3. 实际电源的两种电路模型

(1) 电压源模型, 由理想电压源 U_s 和内阻 R_0 串联构成, 其伏安特性为

$$U = U_s - IR_0 \quad (1-2-6)$$

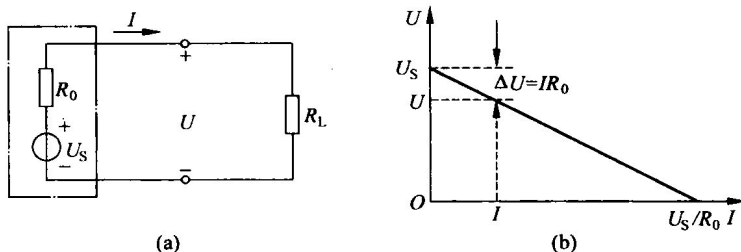


图 1-2-9 电压源模型

(a) 电压源模型与外电路的连接; (b) 外特性曲线

(2) 电流源模型, 由理想电流源 I_s 和内阻 R_0 并联构成, 其伏安特性为

$$I = \frac{U_s}{R_0} - \frac{U}{R_0} = I_s - \frac{U}{R_0} \quad (1-2-7)$$

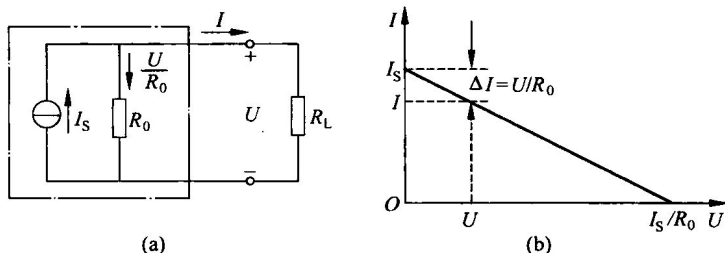


图 1-2-10 电流源模型

(a) 电流源模型与外电路的连接; (b) 外特性曲线

实际使用电源时, 应注意以下几点:

(1) 实际电工技术中, 实际电压源, 简称电压源, 常是指相对负载而言具有较小内阻的电压源; 实际电流源, 简称电流源, 常是指相对于负载而言具有较大内阻的电流源。

(2) 实际电压源不允许短路, 由于一般电压源的 R_0 很小, 短路电流将很大, 会烧毁电

源,这是不允许的。实际电压源在不使用时应开路放置,因电流为零,不消耗电源的电能。

4. 电压源与电流源的等效变换

电压源与电流源的等效变换方法及公式见图 1-2-11。

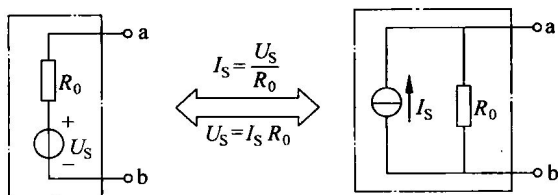


图 1-2-11 电压源模型与电流源模型的等效变换

注意电压源和电流源的等效关系只对外部电路而言,对电源内部则是不等效的。如当 $R = \infty$ 时,电压源的内阻 R_0 不消耗功率,而电流源的内阻则消耗功率。下面通过例题说明等效变换的方法。

例 1-2-4 用电源模型等效变换的方法求图 1-2-12(a) 电路的电流 I_1 和 I_2 。

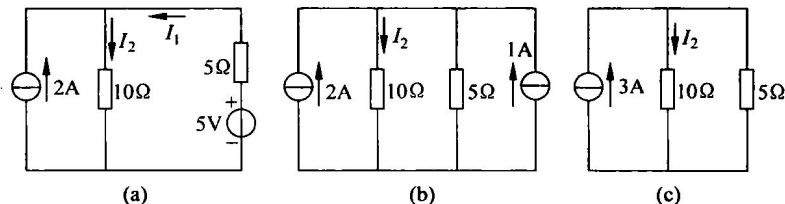


图 1-2-12 例 1-2-4 图

解: 将原电路变换为图 1-2-12(b),进而变换为图 1-2-12(c) 电路,由此可得

$$I_2 = \frac{5}{10+5} \times 3 = 1 \text{ A}$$

$$I_1 = I_2 - 2 = 1 - 2 = -1 \text{ A}$$

例 1-2-5 设有两台直流发电机并联工作,共同供电给 $R = 24 \Omega$ 的负载电阻。其中一台发电机的电动势为 130 V,内电阻为 1Ω ;另一台发电机的电动势为 117 V,内电阻为 0.6Ω 。试求负载电流。

解: 先将两台直流发电机用电压源模型代替并画出电路如图 1-2-13(a) 所示,图中

$$U_{S1} = 130 \text{ V}, \quad R_1 = 1 \Omega$$

$$U_{S2} = 117 \text{ V}, \quad R_2 = 0.6 \Omega$$

再利用电压源模型与电流源模型的等效变换关系,将电压源模型变换成电流源模型,如图 1-2-13(b) 所示,图中

$$I_{S1} = U_{S1} / R_1 = 130 / 1 = 130 \text{ A}$$

$$I_{S2} = U_{S2} / R_2 = 117 / 0.6 = 195 \text{ A}$$

然后将两个并联的电流源模型合并成一个等效电流源模型,如图 1-2-13(c) 所示,图中

$$I_S = I_{S1} + I_{S2} = 130 + 195 = 325 \text{ A}$$

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 \times 0.6}{1 + 0.6} = 0.375 \Omega$$

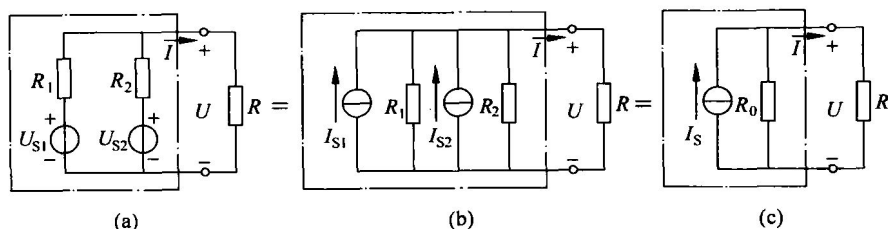


图 1-2-13 例 1-2-5 图

所以

$$I = \frac{R_0}{R_0 + R} I_S = \frac{0.375}{0.375 + 24} \times 325 = 5 \text{ A}$$

1.3 电路的工作状态

1.3.1 电气设备的额定值

为了保证电气设备和器件能安全、可靠地工作,制造厂规定了每种设备和器件在工作时所允许的最大电流、最高电压和最大功率,称为电气设备和器件的额定值,常用下标符号 N 表示。额定值有额定电压 U_N 、额定电流 I_N 及额定功率 P_N 。这些额定值常标记在设备的铭牌上,故又称铭牌值。必须注意的是,电气设备或元件的电压、电流和功率的实际值不一定等于它们的额定值。电气设备和器件应尽量工作在额定状态,这种状态又称满载。其电流和功率低于额定值的工作状态叫做轻载,高于额定值的工作状态叫做过载。在电路中常装设自动开关(术语为断路器)、热继电器,用来在过载时自动断开电源,确保设备安全。

1.3.2 负载状态

电源与负载构成闭合回路,电路中有电流流过,电源处于运行工作状态,各变量关系为

$$I = \frac{U_S}{R_0 + R}$$

$$U = U_S - IR_0$$

$$U = IR$$

$$P = P_S - \Delta P$$

其中, $P = UI$, 为电源输出的功率; $P_S = U_S I$, 为电源产生的功率; ΔP 为内阻消耗的功率。

1.3.3 空载状态

在图 1-3-2 所示电路中,当开关 S 断开或电路中某处断开,切断的电路中没有电流流过时,称为开路,又称断路,为空载状态,此时

$$I = 0$$

$$U = U_{\text{oc}} = U_S$$

$$P = 0$$

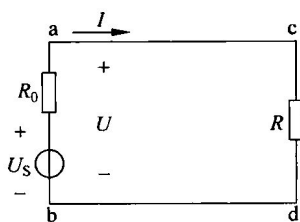


图 1-3-1 运行工作状态图

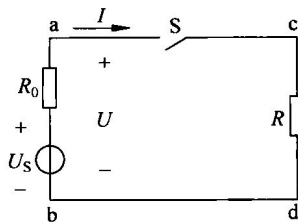


图 1-3-2 空载状态图

1.3.4 短路状态

如图 1-3-3 所示,当电源两端的导线由于某种事故而直接相连时,电源输出电流不经过负载,只经连接导线直接流回电源,这种状态称为短路状态,简称短路。短路时的电流称为短路电流,用 I_{sc} 表示。因电源内阻 R_0 很小,故 I 很大。短路时外电路的电阻为零,故电源和负载的端电压均为零。这时,电源所产生的电能全部被电源内阻消耗转变为热能,电源的输出功率和负载取用的功率均为零,即

$$U = 0; \quad I = I_{sc} = \frac{U_S}{R_0}; \quad P = 0; \quad P_E = \Delta P = I^2 R_0$$

例 1-3-1 设图 1-3-4 所示电路中的电源额定功率 $P_N = 22 \text{ kW}$, 额定电压 $U_N = 220 \text{ V}$, 内阻 $R_0 = 0.2 \Omega$, R 为可调节的负载电阻。求:

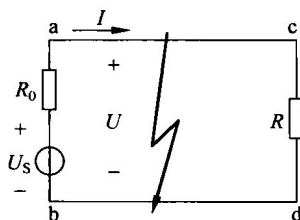


图 1-3-3 短路状态图

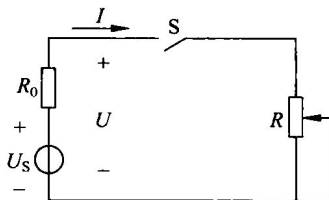


图 1-3-4 例 1-3-1 图

- (1) 电源的额定电流 I_N ;
- (2) 电源开路电压 U_{OC} ;
- (3) 电源在额定工作情况下的负载电阻 R_N ;
- (4) 负载发生短路时的短路电流 I_{sc} 。

解: (1) 电源的额定电流为

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{22 \times 10^3}{220} = 100 \text{ A}$$

- (2) 电源开路电压为

$$U_{OC} = U_S = U_N + I_N R_0 = 220 + 0.2 \times 100 = 240 \text{ V}$$

- (3) 电源在额定状态时的负载电阻为

$$R_N = \frac{U_N}{I_N} = \frac{220}{100} = 2.2 \Omega$$

- (4) 短路电流为

$$I_{sc} = \frac{U_S}{R_0} = \frac{240}{0.2} = 1200 \text{ A}$$

1.4 电路分析方法

1.4.1 基尔霍夫定律

1. 几个概念

(1) 支路, 由一个或几个元件首尾依次相连构成的无分支电路。一条支路中流过同样大小的电流, 称为支路电流。

(2) 节点, 指电路中 3 条或 3 条以上支路的连接点。

(3) 回路, 指电路中任一闭合的路径。回路内部不含支路时又称网孔。

图 1-4-1 所示电路有 3 条支路、2 个节点、3 个回路、2 个网孔。

2. 基尔霍夫电流定律(KCL)

表述一: 在任一瞬时, 流入任一节点的电流之和必定等于从该节点流出的电流之和(所有电流均为正), 即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-4-1)$$

表述二: 在任一瞬时, 通过任一节点电流的代数和恒等于零, 即

$$\sum I = 0 \quad (1-4-2)$$

可假定流入节点的电流为正, 流出节点的电流为负; 也可以作相反的假定。KCL 通常用于节点, 但是对于包围几个节点的闭合面也是适用的。

例 1-4-1 列出图 1-4-2 中各节点的 KCL 方程

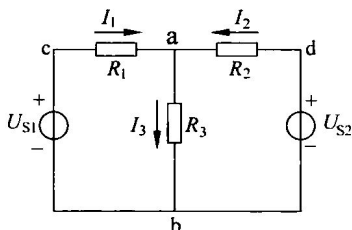


图 1-4-1

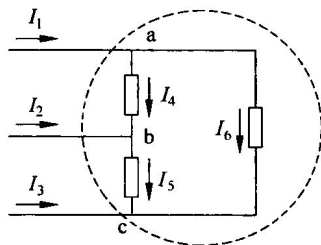


图 1-4-2 例 1-4-1 图

解: 取流入为正

节点 a

$$I_1 - I_4 - I_6 = 0$$

节点 b

$$I_2 + I_4 - I_5 = 0$$

节点 c

$$I_3 + I_5 + I_6 = 0$$

以上三式相加:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

3. 基尔霍夫电压定律(KVL)

表述一: 在任一瞬时, 在任一回路上的电位升之和等于电位降之和(所有电压均为