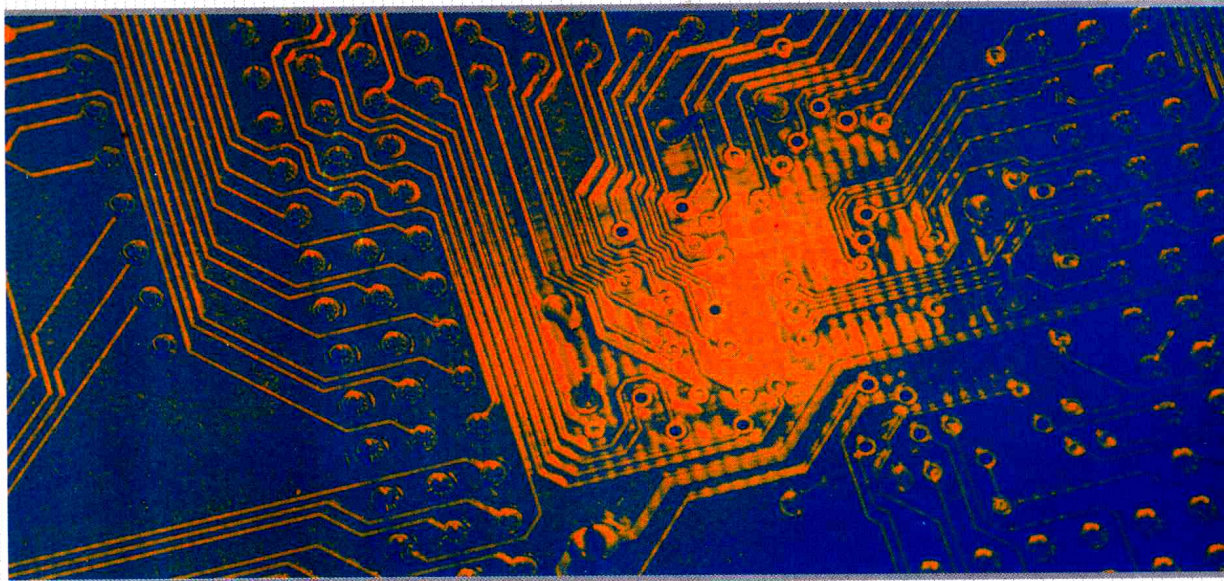


国家精品课程《电气技术基础》的配套教材



电气技术基础及应用

DIANQI JISHU JICHU JI YINGYONG

文孟莉 主编
秦益霖 傅大梅 副主编



随书附赠光盘
(光盘中有教学课件和综合练习解答)



国防工业出版社
National Defense Industry Press

电气技术基础及应用

文孟莉 主编
秦益霖 傅大梅 副主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电气技术基础及应用/文孟莉主编. —北京:国防工业出版社,2009.1

ISBN 978-7-118-05969-4

I.电... II.文... III.电气设备—基本知识
IV.TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 147029 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 412 千字

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 35.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前言

本教材是国家精品课程《电气技术基础》的配套教材。作为机电类专业知识模块中的重要前导课程之一,其教学的目标是培养学生电气技术基础知识和基本技能,并为后续职业综合课程的学习奠定坚实的理论基础和实践基础。根据高技能应用性人才的培养目标,在调研、分析机电类专业职业岗位能力的基础上,结合课程综合化改革,构建了本教材的框架体系。

本教材以“实际、实用、实践”为原则,注重实用性和先进性,强调基础性。教材中的一些内容是同类教材中鲜见的,如“开关与导线”、“常用控制电机及其控制电路”、“三相五线制”、“虚拟电子工作台 EWB”等。教材还以“知识拓展”、“知识链接”、“典型应用电路”等新颖、醒目的栏目,介绍新技术、新工艺、新仪表的应用以及关联知识,如热风拆焊台、相序仪、虚拟仪器等,为学生开启了一扇了解工程实际的窗口,使抽象的理论与实际应用有机融合。本教材中的综合实训,均以实际应用电路为蓝本设计,具有一定的实用性、综合性和通用性,对学生职业技能的培养有较好的促进作用。

本课程的参考学时为 90 学时,考虑到院校和专业间学时的差异,本教材在基本内容的基础上进行了适当的延伸,以供选择。

本教材第 1 章由南京工业职业技术学院傅大梅副教授编写,第 2 章由常州机电职业技术学院王琳副教授编写,第 3 章及综合实训 I 由常州信息职业技术学院秦益霖副教授编写,第 4 章由南京工业职业技术学院陈亚林讲师编写,第 5 章、第 7 章及综合实训 II、III 由南京工业职业技术学院文孟莉副教授编写,第 6 章由南京工业职业技术学院蔡大华副教授编写,第 8 章由南京工业职业技术学院严明良高级实验师编写,第 9 章由南京工业职业技术学院倪英讲师编写。刘利、赵燕、许景老师参与了教材电子光盘的制作和编写工作。

上海理工大学孔凡才教授担任本教材的主审,并提出很多宝贵的意见和建议,编者在此向孔凡才教授表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,教材中难免有错误和不妥之处,恳求使用本教材的老师和学生批评指正。

编者

目 录

第一部分 电路基础

第 1 章 直流电路及其应用	1
1.1 电路的基本概念.....	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 电路模型	1
1.2 电路的基本物理量.....	2
1.2.1 电流及其参考方向	2
1.2.2 电压及其参考方向	3
1.2.3 电位和电动势	4
1.2.4 功率和电能	6
1.3 电路的基本元件.....	7
1.3.1 电源	7
1.3.2 负载元件.....	11
1.3.3 开关与导线.....	21
1.4 电路的基本工作状态	24
1.4.1 开路.....	24
1.4.2 短路.....	24
1.4.3 负载状态.....	24
1.5 电路的基本定律	25
1.5.1 欧姆定律.....	25
1.5.2 基尔霍夫定律.....	26
1.5.3 叠加定理.....	30
1.5.4 戴维南定理.....	31
本章要点及小结.....	34
综合练习.....	35
第 2 章 正弦交流电路及其应用	39
2.1 正弦量的基本概念与正弦量的三要素	39
2.1.1 瞬时值与最大值.....	39

2.1.2	周期、频率和角频率	40
2.1.3	相位、初相位和相位差	40
2.2	正弦交流电的有效值	41
2.3	正弦量的相量表示法	43
2.4	单一参数的正弦交流电路	44
2.4.1	电阻元件的正弦交流电路	44
2.4.2	电感元件的正弦交流电路	46
2.4.3	电容元件的正弦交流电路	48
2.5	RLC 串联电路	50
2.5.1	电压与电流的关系	51
2.5.2	功率及其测量	52
2.5.3	RLC 串联电路的谐振	54
2.5.4	功率因数的提高	56
2.6	三相电路	57
2.6.1	对称三相电源	58
2.6.2	三相负载的连接	60
2.6.3	三相电路的功率	65
2.7	磁路与变压器	66
2.7.1	磁路的基本概念	67
2.7.2	变压器	68
2.8	安全用电	73
2.8.1	电流对人体的伤害	73
2.8.2	防止触电的保护措施	73
2.8.3	安全用电和触电急救常识	76
	本章要点及小结	77
	综合练习	78

第二部分 常用电动机及其控制电路

第 3 章	常用电动机及其应用	81
3.1	常用电动机的基本知识及特性	81
3.1.1	直流电动机	82
3.1.2	三相异步电动机	89
3.2	常用电动机的铭牌与选择	99
3.2.1	直流电动机铭牌	99
3.2.2	三相异步电动机的铭牌	101

3.3	三相异步电动机的控制	102
3.3.1	常用低压控制电器	103
3.3.2	典型控制电路	107
3.4	基本电气识图	111
3.4.1	电气原理图	111
3.4.2	电气安装接线图	112
3.4.3	电气原理图的阅读	113
	本章要点及小结	115
	综合练习	116
第4章	常用控制电机及其控制电路	119
4.1	光电编码盘	119
4.1.1	增量式光电编码盘的结构与工作原理	119
4.1.2	增量式光电编码盘的主要技术参数	120
4.2	交流伺服电动机及其控制电路	121
4.2.1	交流伺服电动机的基本结构、工作原理和基本控制方式	122
4.2.2	交流伺服系统的控制方式	124
4.2.3	交流伺服系统的典型应用	125
4.2.4	交流伺服电动机的选用	127
4.2.5	交流伺服电动机控制系统的应用示例	128
4.3	步进电动机	133
4.3.1	三相反应式步进电动机的基本结构	134
4.3.2	三相反应式步进电动机的工作原理	134
4.3.3	步进电动机的规格和技术指标	137
	本章要点及小结	138
	综合练习	139

第三部分 电子技术

第5章	模拟电路及其应用	140
5.1	二极管及其应用	140
5.1.1	二极管的外形及符号	140
5.1.2	二极管的伏安特性	141
5.1.3	二极管的主要参数	142
5.1.4	典型应用电路	142
5.2	三极管及其应用	146

5.2.1	三极管的外形、结构及符号	146
5.2.2	三极管的电流放大作用	147
5.2.3	三极管特性曲线	148
5.2.4	三极管主要参数	150
5.2.5	三极管典型应用电路	151
5.3	集成运算放大器及其应用	155
5.3.1	集成运放的结构、外形及符号	155
5.3.2	集成运放的主要参数	157
5.3.3	集成运放的理想模型及传输特性	157
5.3.4	集成运放典型应用电路	158
5.4	晶闸管及其应用	162
5.4.1	晶闸管的结构、外形及其符号	162
5.4.2	晶闸管的工作原理	163
5.4.3	伏安特性	163
5.4.4	晶闸管的主要参数	164
5.4.5	晶闸管的测量	166
5.4.6	晶闸管典型应用电路	166
5.4.7	晶闸管的保护	169
	本章要点及小结	172
	综合练习	173
第 6 章	数字电路及其应用	177
6.1	数字电路概述	177
6.1.1	概述	177
6.1.2	数制	177
6.1.3	二—十进制编码	179
6.2	逻辑代数及其应用	180
6.3	逻辑门电路及其应用	182
6.4	组合逻辑电路及其应用	189
6.4.1	组合逻辑电路分析	189
6.4.2	组合逻辑电路设计	191
6.4.3	常用组合逻辑器件	192
6.4.4	典型应用电路	196
6.5	触发器及其应用	197
6.5.1	基本 RS 触发器	197
6.5.2	可控 RS 触发器	199
6.5.3	主从 JK 触发器	200

6.5.4	D 触发器	202
6.5.5	典型应用电路	202
6.6	555 定时器及其应用	206
6.6.1	555 定时器	206
6.6.2	典型应用电路	208
6.7	D/A 和 A/D 转换器	210
6.7.1	D/A 转换器	210
6.7.2	A/D 转换器	211
	本章要点及小结	213
	综合练习	215

第四部分 常用工具、仪器、仪表

第 7 章	常用电工工具的使用	220
7.1	钳子	220
7.1.1	尖嘴钳	220
7.1.2	钢丝钳	220
7.1.3	剥线钳	220
7.2	电工刀、螺钉旋具	221
7.2.1	电工刀	221
7.2.2	螺钉旋具	222
7.3	验电器	222
7.4	电烙铁	223
	本章要点及小结	224
第 8 章	常用电工仪表的使用	225
8.1	常用电工仪表的分类、型号和表面标记	225
8.1.1	电工仪表的分类	225
8.1.2	电工仪表的型号	226
8.1.3	电工仪表表面标记	227
8.2	常用电工仪表的基本结构和工作原理	228
8.2.1	磁电系仪表的结构和工作原理	228
8.2.2	电磁系仪表的结构与工作原理	230
8.2.3	电动系仪表的结构与工作原理	231
8.2.4	感应系仪表的结构和工作原理	232
8.3	电流表和电压表	233

8.3.1 电流表	233
8.3.2 电压表	235
8.4 万用表和绝缘电阻表	236
8.4.1 万用表	236
8.4.2 绝缘电阻表	242
8.5 功率表和电能表	245
8.5.1 功率表	245
8.5.2 电能表	247
本章要点及小结	250
第9章 常用电子仪器、仪表的使用	251
9.1 信号发生器	251
9.2 示波器	253
9.3 交流毫伏表	260
9.3.1 主要技术指标	260
9.3.2 面板图	260
9.3.3 使用方法	261
9.3.4 使用注意事项	261
本章要点及小结	262
综合实训 I 三相异步电动机综合应用	263
综合实训 II 烟雾报警器的制作	266
综合实训 III 数字循环显示电路	268
附录 1 常用电气图形符号和文字符号	270
附录 2 虚拟电子工作台使用简介	273
参考文献	278

第一部分 电路基础

第1章 直流电路及其应用

电路是电流通过的路径,是各种电气设备和元器件按一定方式连接起来组成的整体。电路或其一部分总称网络。本章主要讨论电路的基本概念、基本物理量、基本元器件和基本定律,并以直流电路为例介绍电路的基本分析方法。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路

人们在生产、科研和生活中常会遇到一些实际电路,它们根据需要由各种电气设备和元器件按一定方式连接而成。如手电筒电路、电力输电线路、集成电路等。电路(circuit)通常由电源、负载和中间环节组成。电源(electric source)是供给电能的设备,其作用是将其其他形式的能转变成电能;负载(load)是取用电能的设备,其作用是将电能转换为其他形式的能量;电路中间环节的作用则是实现电能的传输、分配、控制与信号的处理。如导线、开关、熔断器等。图1-1所示手电筒电路中的电池、灯泡、导线和开关,分别属于电源、负载和中间环节。

电路的功能和作用有两类:一是进行能量的转换和输配,如电力系统中的变压器、输电线等。二是进行信号的加工和处理,如电视机电路、计算机网络等。

1.1.2 电路模型

实际电路在工作时,其中的电磁关系十分复杂。为便于分析和计算,常把电路中的实际元件加以理想化、近似化,在一定条件下忽略其次要性质,用足以表征主要特征的“模型”来表示,即用理想元件来表示。如白炽灯,其主要作用是消耗电能,呈电阻特性。当其中通过电流时,虽有磁场效应,却是很微弱的,故可忽略不计,而用理想电阻表示。如果某实际器件的几种电磁性质都应考虑,那么就可用几种不同性质的理想电路元件的组合来表示。如干电池原本是产生电能的,若同时考虑其内部损耗时,则可用理想电源和电阻元件(反映电池的内阻)的组合来表示。因此,任何实际器件都可以用理想电路元件来表示。由理想元件组成的电路称为实际电路的电路模型。今后所研究的电路都是指电路模型。如图1-1所示的手电筒电路,就可用图1-2所示的电路模型来表示。

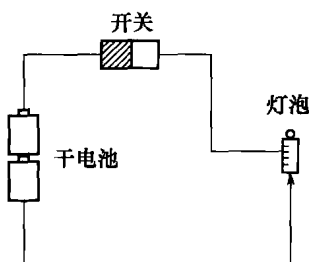


图 1-1 手电筒电路

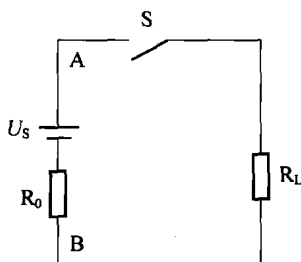


图 1-2 手电筒电路模型

1.2 电路的基本物理量

电路中的物理量主要包括电流、电压、电位、电动势、功率以及电能等。

1.2.1 电流及其参考方向

1. 电流

电荷的定向移动形成电流(current)。如金属导体中的自由电子受到电场力的作用,逆着电场方向作定向移动,从而形成电流。

电流的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流的实际方向习惯上是指正电荷移动的方向。

电流分为两类:一是大小和方向均不随时间变化,称为恒定电流,简称直流,用 I 表示。二是大小和方向均随时间变化,称为交变电流,简称交流,用 i 表示。

对于直流电流,单位时间内通过导体截面的电荷量是恒定不变的,其大小为

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

对于交流,若在一个无限小的时间间隔 dt 内,通过导体横截面的电荷量为 dq ,则该瞬间的电流为

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

在国际单位制(SI)中,电流的单位是安[培](A)。

2. 电流的参考方向

在分析电路时,对复杂电路中某一段电路中电流的实际方向有时难以确定,为此便引入电流参考方向的概念。

所谓电流的参考方向(reference direction),就是在分析计算电路时,先任意选定某一方向,作为待求电流的方向,并根据此方向进行分析计算。若计算结果为正,说明电流的参考方向与实际方向相同;若计算结果为负,说明电流的参考方向与实际方向相反。图 1-3 表示了电流的参考方向(实线所示)与实际方向(虚线所示)之间的关系。电流参考方向有时也用双下标表示,如 i_{AB} ,其参考方向是由 A 指向 B。

【例 1-1】如图 1-4 所示,电流的参考方向已标出,并已知 $I_1 = 1A$, $I_2 = -1A$,试



图 1-3 电流的参考方向与实际方向

指出电流的实际方向。

【解】 $I_1 = 1\text{A} > 0$, 则 I_1 的实际方向与参考方向相同, 应由点 A 流向点 B。

$I_2 = -1\text{A} < 0$, 则 I_2 的实际方向与参考方向相反, 由点 B 流向点 A。

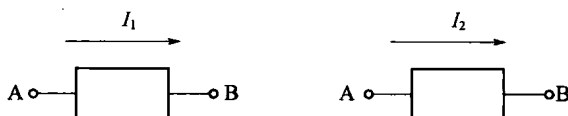


图 1-4 例 1-1 图

实际应用中常用电流表来测量电流的大小并判断其方向, 测量方法详见第 8 章。

1.2.2 电压及其参考方向

1. 电压

在图 1-5 所示的实验电路中, 导体 A、B 带等量异号电荷, 其中 A 带正电, 称为正极; B 带负电, 称为负极。若用导线将 A、B 两极通过白炽灯相连, 白炽灯会发光, 说明灯泡中

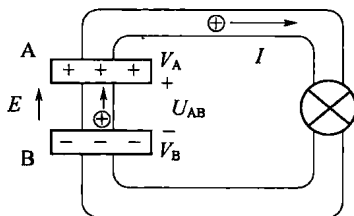


图 1-5 电路示意图

有电流通过, 即正电荷在电场力作用下由 A 沿外电路移动到 B 形成电流。电压(voltage)则是指单位正电荷从 A 移到 B 电场力所做的功, 记为

$$U_{AB} = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

对于交流, 则为

$$u_{AB} = \frac{dw}{dq} \quad (1-4)$$

电压的单位为伏[特](V)。

电压总是针对两点而言, 因此用双下标表示。第一个下标表示正电荷运动的起点, 第二个下标表示正电荷运动的终点。电压的实际方向则由起点指向终点。

电压的方向也称极性。在电路图中, 一般用极性符号“+”与“-”标注, 它们分别代表

正电荷运动的起点和终点,因此电压的方向为从“+”极指向“-”极。

2. 电压的参考方向

电压和电流一样也需设定参考方向。电压的参考方向也是任意选定的,当参考方向与实际方向相同时,电压值为正;反之,电压值则为负。

【例 1-2】如图 1-6 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 1-6 例 1-2 图

【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。

电流与电压的参考方向可以任意选择,彼此无关,但为了分析方便,对于负载,一般把两者的参考方向选为一致,称之为关联参考方向(associated reference direction)。对于电源,一般把两者的参考方向选择为相反,则称之为非关联参考方向。

实际应用中常用电压表来测量电压的大小并判断端点的极性,测量方法详见第 8 章。

1.2.3 电位和电动势

1. 电位

在电工技术中,大都使用电压的概念,例如日光灯的电压为 220V,干电池的电压为 1.5V 等。而在电子技术中,经常要用到电位的概念。在电路中任选一点作为参考点,则电路中某一点与参考点之间的电压称为该点的电位(electric potential)。

一般规定参考点的电位为零,因此参考点也称零电位点。电位用符号 V 或 v 表示。例如 A 点的电位记为 V_A 或 v_A 。显然, $V_A = U_{AO}$, $v_A = v_{AO}$ 。

电位的单位也是伏[特](V)。

电位具有相对性和单值性。相对性是指:电位随参考点选择而异,参考点不同,即使是电路中的同一点,其电位值也不同。单值性是指:参考点一经选定,电路中各点的电位即为一确定值。和电压一样,电位也是一个代数量,凡比参考点电位高的各点为正电位,比参考点电位低的各点为负电位。

电路中的参考点可任意选定。当电路中有接地点时,则以地为参考点。若没有接地点时,则选择较多导线的汇集点为参考点。在电子线路中,通常以设备外壳为参考点。参考点用符号“⊥”表示。

有了电位的概念后,电压也可用电位来表示,即

$$\left. \begin{aligned} U_{AB} &= V_A - V_B \\ u_{AB} &= v_A - v_B \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

因此,电压也称为电位差(potential difference)。

显然,电路中某两点间的电压与参考点的选择无关。对于不同的参考点,虽然各点的

电位不同,但该两点间的电压始终不变。

【例 1-3】 如图 1-7 所示电路中,已知各元件的电压为: $U_1 = 10\text{V}$, $U_2 = 5\text{V}$, $U_3 = 8\text{V}$, $U_4 = -23\text{V}$ 。若分别选 B 点与 C 点为参考点,试求电路中各点的电位。

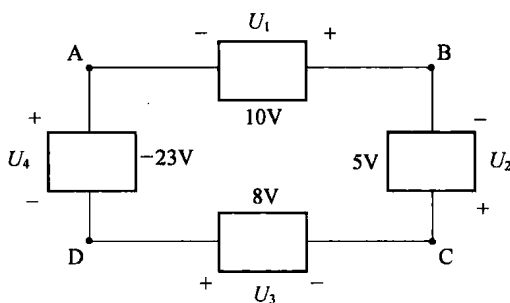


图 1-7 例 1-3 图

【解】 选 B 点为参考点,则

$$V_B = 0$$

$$V_A = U_{AB} = -U_1 = -10\text{V}$$

$$V_C = U_{CB} = U_2 = 5\text{V}$$

$$V_D = U_{DB} = U_3 + U_2 = 8 + 5 = 13\text{V}$$

选 C 点为参考点,则

$$V_C = 0$$

$$V_A = U_{AC} = -U_1 - U_2 = -10 - 5 = -15\text{V}$$

或

$$V_A = U_{AC} = U_4 + U_3 = -23 + 8\text{V} = -15\text{V}$$

$$V_B = U_{BC} = -U_2 = -5\text{V}$$

$$V_D = U_{DC} = U_3 = 8\text{V}$$

2. 电动势

在图 1-5 所示电路中,随着正电荷的不断移动,正、负两极板上的电荷会越来越来少,电路中的电流也越来越小。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(如负极 B)移到高电位(如正极 A),从而维持两极板之间的电位差。在各类电源内部就存在着这种外力,也称电源力。例如干电池中的化学力、发动机内部的电磁力等。

电源力把单位正电荷由低电位点 B 经电源内部移到高电位点 A 克服电场力所做的功,称为电源的电动势(electromotive force),用 E 或 e 表示,即

$$E = \frac{W}{Q}, \quad e = \frac{dw}{dq} \quad (1-6)$$

电动势的单位也是伏[特](V)。

电动势与电压的物理意义不同。电压是衡量电场力做功的能力,而电动势是衡量电源力做功的能力。电动势与电压的实际方向不同,电动势的方向是从低电位指向高电位,即由“-”极指向“+”极,而电压的方向则从高电位指向低电位,即由“+”极指向“-”极。

此外,电动势只存在于电源的内部。

1.2.4 功率和电能

1. 功率

单位时间内电场力或电源力所做的功,称为电功率(electric power),用 P 或 p 表示。即

$$P = \frac{W}{t}, \quad p = \frac{dw}{dt} \quad (1-7)$$

若电流、电压为关联参考方向时,将式(1-1)和式(1-3)代入式(1-7),则功率的表达式为

$$\left. \begin{aligned} P &= UI \\ p &= ui \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

当电流、电压为非关联参考方向时,功率的表达式则为

$$\left. \begin{aligned} P &= -UI \\ p &= -ui \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

功率的单位是瓦[特](W)。

功率是描述电能消耗快慢的物理量。如前所述,由于电压、电流皆为代数量,因此,由式(1-8)、式(1-9)所计算的功率也是代数量。若计算结果为正,说明电路消耗功率,为耗能元件,若计算结果为负,说明电路产生(输出)功率,为供能元件。

【例 1-4】 在图 1-8 所示电路中,若 $U_{S1} = 12V$, $U_{S2} = 6V$ 。(1)合上开关 S_1 ,求电路中两电源消耗或产生的功率。(2)断开开关 S_1 、合上开关 S_2 ,求电路中电源 U_{S2} 消耗或产生的功率。

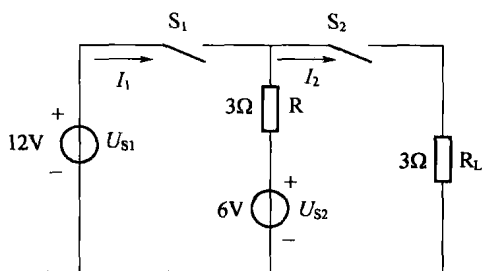


图 1-8 例 1-4 图

【解】 (1)合上开关 S_1 , 电路中电流为

$$I_1 = \frac{U_{S1} - U_{S2}}{R} = \frac{12 - 6}{3} = 2A$$

对图中 U_{S1} , 电流、电压为非关联参考方向, 元件的功率为

$$P_1 = -U_{S1} I_1 = -12 \times 2 = -24W < 0$$

故 U_{S1} 产生功率, 为供能元件。

对图中 U_{S2} , 电流、电压为关联参考方向, 元件的功率为

$$P_2 = U_{S2} I_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ W} > 0$$

故 U_{S2} 消耗功率, 电源 U_{S1} 对电源 U_{S2} 充电。

(2) 断开开关 S_1 、合上开关 S_2 , 电路中的电流为

$$I_2 = \frac{U_{S2}}{R + R_L} = \frac{6}{3 + 3} = 1 \text{ A}$$

图中 U_{S2} 的电流、电压为非关联参考方向, 元件的功率为

$$P_2 = - U_{S2} I_2 = - 6 \times 1 = - 6 \text{ W} < 0$$

故 U_{S2} 产生功率, 为负载供能。

2. 电能

电能(electric energy)是表示电流做功多少的物理量, 是电能转化为其他形式的能多少的量度。国际单位制中电能的单位为焦耳(J)。

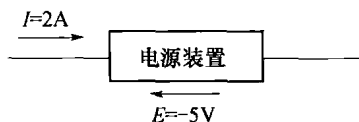
在实际应用中, 电能的单位常用千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的电能通常叫做一度电。

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

前面已介绍了电路中几个基本物理量的 SI 单位, 如安(A)、伏(V)、瓦(W)等。在实际应用中, 有时嫌这些单位太小或太大, 通常可在这些单位前加上相关的词冠, 构成所需的实用单位。例如: 1 mA (毫安) $= 1 \times 10^{-3} \text{ A}$, 2 kV (千伏) $= 2 \times 10^3 \text{ V}$ 等。

思考题

1-2-1 试计算题图中电源装置的功率, 说明它是吸收还是发出功率。



思考题 1-2-1 图

1-2-2 一个实习室有 100 W 、 220 V 的电烙铁 50 把, 每天使用 5 h , 问一个月(按 30 天计)用电多少度?

1.3 电路的基本元件

电路中的基本元件主要包括电源、负载、导线及开关等中间环节。本节主要介绍电源、电阻、电容、电感、导线、开关等元件。

1.3.1 电源

为了保证用电器的正常工作, 电路中必须有提供能量的器件或装置——电源。常用的直流电源有干电池、蓄电池、直流发电机、直流稳压电源和直流稳流电源等。常用的交流电源有电力系统提供的正弦交流电源、交流稳压电源和产生多种波形的各种信号发生