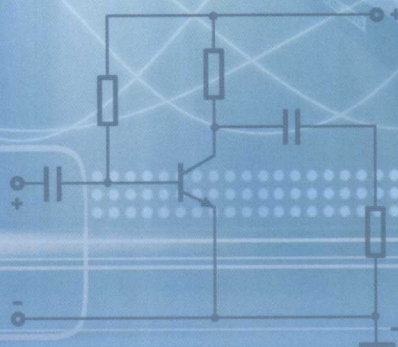
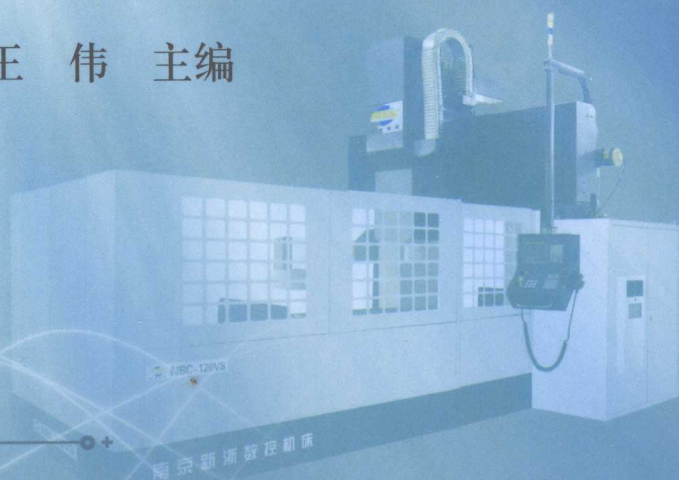


全国水利水电类高职高专统编教材

DIANGONG DIANZI JISHU

电工电子技术

吴广祥 王 伟 主编



黄河水利出版社

全国水利水电类高职高专统编教材

电工电子技术

主 编 吴广祥 王 伟
副主编 时会美 程为民
主 审 张水利

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是全国水利水电类高职高专统编教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的《电工电子技术》课程教学大纲编写完成的。全书共分两部分,第一部分包括电工基础理论和基本知识、单相正弦交流电和三相正弦交流电及应用、磁场和磁路的基本概念等内容;第二部分包括半导体基本知识和常用晶体管、基本放大电路、集成运算放大电路、直流稳压电源、晶闸管及应用、门电路和组合逻辑电路、时序逻辑电路等内容。

本书可作为高等职业院校机电一体化、数控、模具、汽车制配等专业的教材,也可供中等职业院校、电大师生阅读使用,还可作为技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/吴广祥,王伟主编. —郑州:黄河水利出版社,2008.2

全国水利水电类高职高专统编教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 393 - 6

I. 电… II. ①吴… ②王… 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(2008)第 015427 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:wlp@yrcp.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:21.25

字数:490 千字

版次:2008 年 2 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2008 年 2 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 80734 - 393 - 6

定价:36.00 元

前言

本书是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》、《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,由全国水利水电高职教研会组织编写的全国统编教材。

为满足高职高专院校机电一体化、数控、模具、汽车制配等专业的教学、就业和岗位要求,加快高素质应用型人才的培养,根据高职高专教育的目标——培养面向生产、服务第一线的应用型的高技能人才,本书在编写中注重学生应用能力、分析能力和基本技能的培养,突出高职教育的职业性,符合当前高等职业教育的要求。本书具有以下特点:

(1) 在学生掌握基础理论、基本知识的前提下,充实实际应用型知识,加强基本技能的训练。根据高职学生的培养目标,淡化了理论的推导和叙述;通过贯穿全书的实训,突出了学生实际操作技能的培养。

(2) 注重内容的通用性、先进性和实用性。教材内容同时反映新知识、新技术、新工艺和新方法。加强对器件外部特性和集成器件的介绍,保证学生能够合理选择、正确使用。

(3) 适应高职高专学生的实际知识水平,注重学生专业的发展和就业需要,各单元均从最基本的知识入手,由易到难、循序渐进,理论学习与实际操作交叉进行,以激发学生的学习兴趣,提高其分析问题和解决问题的能力。

(4) 紧密联系实际,尽量体现当前电子技术的新知识、新器件、新工艺和新技术的应用。

(5) 注重高职特点,突出分析能力的培养,加强实践能力的训练。每单元后有“单元练习题”、“实训”等与理论教学配合使用。

(6) 在每单元内容中,插入“知识引入”等环节,力求使学生学习时目的明确,充分拓展思维。

(7) 电子技术部分重点突出了 16 个基本单元电路的分析,为今后分析复杂电子电路打下基础。

本书分两部分:电工技术部分和电子技术部分。第一部分主要学习直流电路基础、交流电路、磁场的基本概念、动态电路;第二部分讲解常用的晶体管、基本放大电路、集成运算放大电路、直流稳压电源、晶闸管及应用、门电路和组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路等。完成本课程的教学大约需要 82 个学时。条件允许可增加一定的集中实习。

本书编写分工如下:山东水利职业学院吴广祥编写第 1、4 单元,山东水利职业学院时美编写第 2、3 单元,山东水利职业学院孔艳梅编写第 5 单元,浙江同济科技职业学院王伟编写第 6、10 单元,山东水利职业学院杨经纬编写第 7 单元,浙江同济科技职业学院石杨编写第 8 单元,安徽水利水电职业技术学院吴红霞编写第 9 单元,湖北水利水电职业技

术学院程为民编写第 11 单元,湖南水利水电职业技术学院向志军编写第 12 单元。全书由吴广祥、王伟统稿。

本书由吴广祥、王伟任主编,时会美、程为民任副主编,由山东水利职业学院张水利主审。

由于编者水平有限,书中难免存在一些差错和问题,希望读者批评指正。

编者

2007 年 11 月

目 录

前 言

第一部分 电工技术

第1单元 直流电路	(1)
1.1 电路及其基本概念	(1)
1.2 电路的工作状态	(8)
1.3 电压源、电流源及其等效变换	(10)
1.4 受控源	(13)
1.5 电路中电位的计算	(15)
1.6 基尔霍夫定律	(17)
1.7 节点电压法	(21)
1.8 叠加原理	(23)
1.9 戴维南定理和诺顿定理	(23)
单元小结	(26)
实训1 电压和电位的测量	(27)
实训2 戴维南定理和诺顿定理	(28)
单元练习题	(29)
第2单元 正弦交流电路	(32)
2.1 正弦量的数学表达式和三要素	(32)
2.2 正弦量的相量表示	(36)
2.3 单一参数的正弦交流电路	(39)
2.4 基尔霍夫定律的相量形式	(50)
2.5 电阻、电感、电容元件的串联电路	(50)
2.6 阻抗的串联和并联	(55)
2.7 功率因数的提高	(57)
2.8 正弦交流电路中的谐振	(58)
单元小结	(60)
实训1 单相照明电路的设计	(61)
实训2 单相交流电路功率因数的提高	(61)
单元练习题	(63)
第3单元 三相交流电路	(65)
3.1 三相电源	(65)

3.2	三相负载的联接	(67)
3.3	三相电路的功率	(70)
	单元小结	(71)
	实训1 三相电路功率的测量	(71)
	实训2 三相电路电压、电流的测量	(73)
	单元练习题	(75)
第4单元	磁场和磁路	(77)
4.1	磁场的基本物理量	(77)
4.2	铁磁性材料	(78)
(1) 4.3	磁路及磁路欧姆定律	(81)
(1) 单元小结		(82)
(8) 单元练习题		(83)
第5单元	动态电路的分析	(84)
(81) 5.1	动态电路	(84)
(81) 5.2	RC 电路和 RL 电路的零输入响应	(86)
(71) 5.3	RC 电路和 RL 电路的零状态响应	(89)
(13) 5.4	RC 串联电路的全响应	(90)
(85) 5.5	三要素法	(92)
(85) 单元小结		(93)
(85) 实训	RC 电路和 RL 电路的零状态响应及零输入响应	(94)
(75) 单元练习题		(95)
(85)		
(95)		
(58)		
	第二部分 电子技术	
第6单元	常用半导体元件	(97)
(88) 6.1	半导体基础	(97)
(98) 6.2	二极管	(100)
(02) 6.3	特殊二极管	(102)
(02) 6.4	半导体三极管	(105)
(22) 6.5	MOS 场效应管	(110)
(72) 6.6	集成电路	(113)
(82) 单元小结		(115)
(00) 实训	常用电子仪器的使用	(116)
(10) 单元练习题		(121)
第7单元	放大和振荡电路	(124)
(80) 7.1	放大电路基础	(124)
(20) 7.2	基本放大电路	(125)
(20) 7.3	分压式偏置放大电路	(135)

7.4	射极输出器	(138)
7.5	多级放大电路	(139)
7.6	放大电路中的负反馈	(143)
7.7	功率放大器	(151)
7.8	正弦波振荡器	(156)
	单元小结	(162)
	实训 晶体管共射极单管放大器	(163)
	单元练习题	(169)
第8单元	集成运算放大器	(172)
8.1	直接耦合放大电路	(172)
8.2	差动放大电路	(174)
8.3	集成运算放大器简介	(180)
8.4	基本集成运算放大电路	(182)
8.5	集成运算放大器的应用	(185)
	单元小结	(190)
	实训1 能力训练	(191)
	实训2 用运算放大器组成万用电表的设计与调试	(192)
	单元练习题	(196)
第9单元	直流稳压电源	(198)
9.1	整流电路	(199)
9.2	滤波电路	(202)
9.3	稳压电路	(206)
9.4	开关型稳压电路简介	(212)
	单元小结	(213)
	实训 三端固定输出集成稳压器	(214)
	单元练习题	(215)
第10单元	晶闸管电路	(217)
10.1	晶闸管的结构和工作原理	(217)
10.2	单相可控整流电路	(223)
10.3	三相可控整流电路	(226)
10.4	晶闸管的触发电路	(230)
10.5	集成触发电路	(236)
10.6	晶闸管装置的使用	(240)
10.7	双向晶闸管	(242)
	单元小结	(244)
	实训1 波形分析法	(245)
	实训2 晶闸管可控整流电路	(246)
	单元练习题	(249)

第11单元 门电路及组合逻辑电路	(251)
11.1 数制转换	(252)
11.2 门电路	(253)
11.3 集成门电路	(259)
11.4 逻辑代数及逻辑函数的化简	(265)
11.5 逻辑电路图、真值表和逻辑函数间的关系	(268)
11.6 组合逻辑电路及逻辑部件	(272)
单元小结	(279)
实训1 逻辑电路的分析	(280)
实训2 组合逻辑电路的设计与测试	(282)
单元练习题	(285)
第12单元 时序逻辑电路	(287)
12.1 RS 触发器	(288)
12.2 JK 触发器	(291)
12.3 D 触发器和 T 触发器	(294)
12.4 寄存器	(295)
12.5 计数器	(298)
12.6 数/模(D/A)与模/数(A/D)转换器简介	(305)
单元小结	(313)
实训1 能力训练	(314)
实训2 触发器及其应用	(315)
单元练习题	(321)
附录	(324)
参考文献	(330)

第一部分 电工技术

第1单元 直流电路

学习目标

- 学习和掌握直流电路的基本知识、基本定律和基本定理。
- 掌握电路中电位的计算,理解电源及两种电源的等效变换。
- 学习和掌握直流复杂电路的分析计算方法。

学习引导

本单元从基本的电压、电流、电功率开始,逐步深入阐述直流电路的基本知识、基本定律(例如:基尔霍夫定律)和基本定理(例如:戴维南定理),讲解复杂电路的等效简化和变换,学习直流电路的多种分析计算方法。理论与实际相联系,学习直流电路基本知识的应用,以加深对知识的理解和巩固。本单元所述的定律和分析方法,虽然在直流电路中提出,但辅以适当的数学工具,还可适用于正弦交流电路及其他各种线性电路。它是进一步认识和学习其他电路的基础。

1.1 电路及其基本概念

知识引入

电路是电流的通路。电路是为了实现电能与某种能量转换或电信号转换功能,由各种电气设备或元件通过导线,按一定的方式和要求互相连接而成的通路。

1.1.1 电路的组成和作用

电路由电源、中间环节和负载三部分组成。电路能完成能量的传输、转换或信息的处理、传递。发电机将其他形式的能源转换为电能,再通过变压器和输电线路将电能输送给工厂、单位、农村和千家万户的电气设备,这些电气设备再将电能转换为机械能、热能、光能或其他形式的能量。通信系统则是建立在信息的发送者和接收者之间用来完成信息的处理和传递的实际电路。图 1-1 所示为日光灯电路。其中,L 是镇流器,它是一个铁心线圈;R 是日光灯管,实际上是将电能转换为光能和热能的耗能元件;C 是电容器;Q 是启辉器;S 是开关。另外,还有 220 V 交流电源,以及将这些器件连接起来的导线。

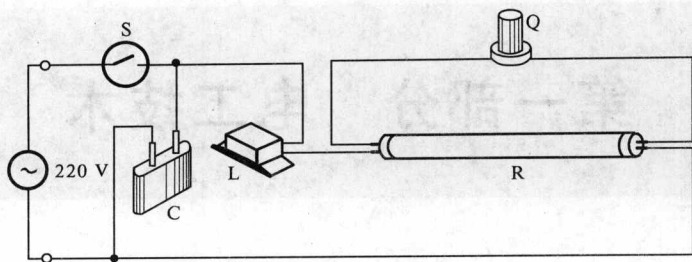


图 1-1 日光灯电路

1.1.2 电路的基本物理量

1.1.2.1 电流

将单位时间内流过导体某截面积的电荷[量]定义为电流强度,用以衡量电流的大小。电工技术中,常把电流强度简称为电流,用 $i(I)$ 表示。随时间而变化的电流定义为

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

式中: q 为随时间 t 变化的电荷[量]。

在电场力的作用下,电荷有规则的定向移动形成了电流。规定正电荷移动的方向为电流的方向。

当 $dq/dt = \text{常数}$ 时,则称这种电流为恒定电流,称做直流电流,用大写字母“ I ”表示。即当电流为恒定量(大小和方向不随时间变化)时,简称直流。当电流随时间变化时,用小写字母“ i ”表示。

在国际单位制(SI)中,在 1 s 内通过导体横截面的电荷[量]为 1 C 时,其电流为 1 A。

电流的方向可用箭头表示,也可用下角标字母的顺序表示,如在图 1-2 中用下角标 ab 表示电流的方向为由 a 到 b 。

1.1.2.2 电压

电场力把单位正电荷从电场中的 a 点移到 b 点所做的功称为 a 、 b 间的电压,用 u_{ab} (U_{ab}) 表示。

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-2)$$

习惯上把电位降低的方向作为电压的实际方向,可用 +、- 号表示,也可用下角标字母的顺序表示,还可用箭头表示,如图 1-3 所示。

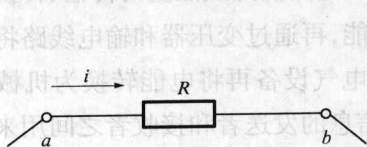


图 1-2 电流的方向

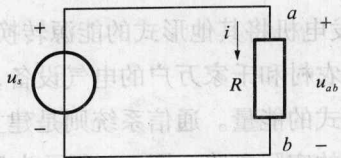


图 1-3 电压的方向

在国际单位制中,当电场力把 1 C 库[仑]的正电荷[量]从一点移到另一点所做的功

为 1 J(焦[耳])时,则这两点间的电压为 1 V(伏[特])。

为了分析电路方便,常指定电路中的任一点为参考点。我们将电场力把单位正电荷从电路中某点移到参考点所做的功定义为该点的电位,用大写字母 V 表示。电路中某点的电位,即该点与参考点(规定电位能为零的点)之间的电压,也可理解为单位正电荷在该点(相对于参考点)所具有的位能。电位的单位与电压的单位相同,用 V(伏[特])表示。

因此,电路中两点之间的电压也可用两点间的电位差来表示,即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-3)$$

电路中两点间的电压是不变的,电位随参考点(零电位点)选择的不同而不同。

1.1.2.3 电动势

在电源内部非电场力(局外力)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,用字母 $e(E)$ 表示,即

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

电动势的实际方向在电源内部从低电位指向高电位,单位与电压相同,用 V(伏[特])表示。

在图 1-4 中,电压 u_{ab} 是电场力把单位正电荷由外电路从 a 点移到 b 点所做的功,由高电位指向低电位。电动势 e 是非电场力在电源内部把单位正电荷克服电场阻力,从 b 点移到 a 点所做的功。图 1-5 所示的直流电源在没有与外电路连接的情况下,电动势与两端电压大小相等,方向相反。



图 1-4 电源向外输出功率

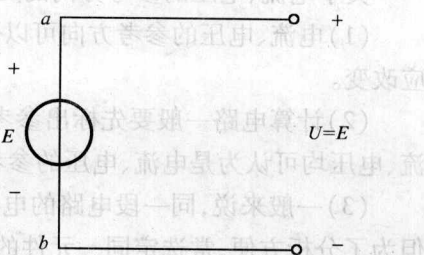


图 1-5 电动势与电压的关系

1.1.2.4 电流、电压的参考方向

在电路的分析计算中,流过某一段电路或某一元件的电流的实际方向或两端电压的实际方向往往不知道,我们可以任意假定一个电流方向或电压方向,当假定的电流方向或电压方向与实际方向一致时取正,相反时取负。设定的电流、电压方向称做电流、电压的参考方向。

1. 电流的参考方向

在图 1-6(a) 中,电流的参考方向与实际方向一致,则 $I > 0$; 在图 1-6(b) 中,电流的参考方向与实际方向相反,则 $I < 0$ 。

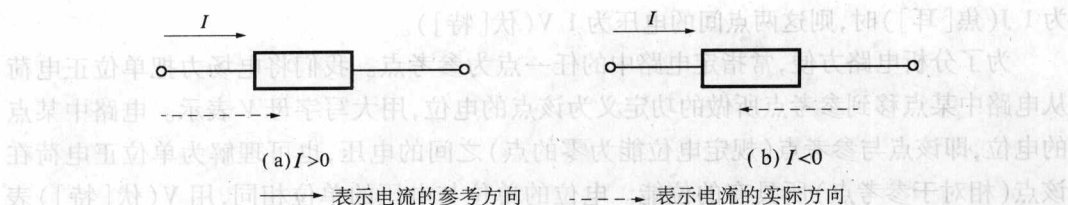


图 1-6 电流的参考方向

2. 电压的参考方向

在图 1-7(a)中,电压的参考方向与实际方向一致,取正,即 $U > 0$;在图 1-7(b)中,电压的参考方向与实际方向相反,取负,即 $U < 0$ 。可见,设定了电流、电压的参考方向后,电流、电压都是代数量。

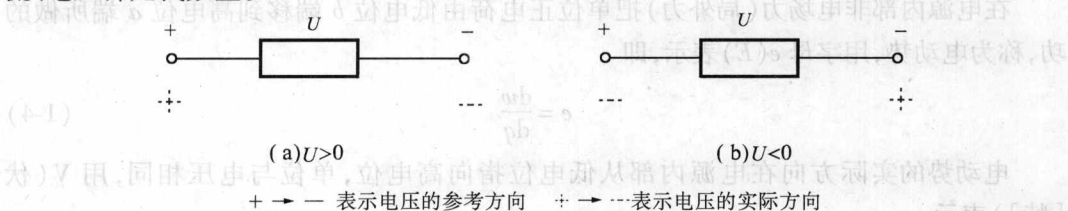


图 1-7 电压的参考方向

当电流的参考方向与电压的参考方向选取的一致时,则为关联参考方向;当选取的不一致时,则为非关联参考方向。

关于电流、电压的参考方向的几点说明:

(1) 电流、电压的参考方向可以任意选定。但一经选定,在电路分析计算的过程中不应改变。

(2) 计算电路一般要先标出参考方向再进行计算。在电路图中,所有标有方向的电流、电压均可认为是电流、电压的参考方向,而不是指实际方向。

(3) 一般来说,同一段电路的电流和电压的参考方向可以各自选定,不必强求一致。但为了分析方便,常选定同一元件的电流的参考方向与电压的参考方向一致,即电流从正极性端流入,从负极性端流出。

1.1.3 电功率

电能量对于时间的变化率称为电功率,即电场力在单位时间内所做的功,可表示为

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

在图 1-7(a)所示的电路中电阻两端的电压为 U ,流过的电流为 I ,为关联参考方向,则电阻吸收的功率为

$$P = UI \quad (1-6)$$

电阻在 t 时间内所消耗的电能为

$$W = Pt \quad (1-7)$$

在国际单位制中,电压的单位为伏(V),电流的单位为安(A),时间的单位为秒(s),功的单位为焦(J),功率的单位为瓦(W),且 $1 \text{ kW}(\text{千瓦}) = 10^3 \text{ W}(\text{瓦})$ 。

我们平时所说消耗1度电就是当一段电路(某一电器)的功率为1 kW时,在1小时(1 h)的时间内消耗的电能,即1 kWh。

图1-5中,电场力做功所消耗的电能是由电源提供的。在 t 时间内,非电场力将电荷 Q 从电源负极经电源内部移到电源正极,它所做的功和功率为

$$W_{ba} = EQ = EIt \quad (1-8)$$

$$P_{ba} = EI \quad (1-9)$$

根据能量守恒的规律,在忽略电源内部能量损耗的条件下,有

$$W_{ab} = UI = W_{ba}$$

即有

$$U = E$$

但是,端电压 U 和电动势 E 的方向相反。

从以上分析还可以看出,根据电流和电压的实际方向可以确定电路元件的功率性质。当元件两端电压和流过的电流在关联参考方向情况下时,如图1-8所示,有:

$P = UI > 0$, 元件吸收功率;

$P = UI < 0$, 元件发出功率。

当元件两端电压和流过的电流在非关联参考方向情况下时,如图1-9所示,有:

$P = UI > 0$, 元件发出功率;

$P = UI < 0$, 元件吸收功率。

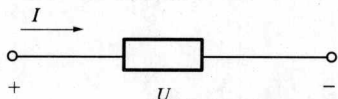


图1-8 电压、电流方向关联

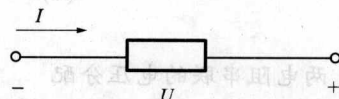
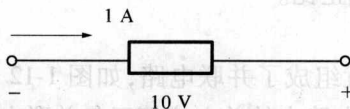


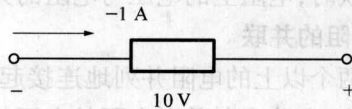
图1-9 电压、电流方向非关联

对任一个电路元件,当流经元件的电流实际方向与元件两端电压的实际方向一致时,元件吸收功率;当电流和电压的实际方向相反时,元件发出功率。

【例1-1】 试判断图1-10(a)、(b)中元件是发出还是吸收功率。



(a)



(b)

图1-10 例1-1图

解:在图1-10(a)中,电压、电流是非关联参考方向,且 $P = UI = 10 \text{ W} > 0$,故元件发出功率。

在图1-10(b)中,电压、电流是非关联参考方向,且 $P = UI = -10 \text{ W} < 0$,故元件吸收功率。

1.1.4 电阻的串联、并联和混联

1.1.4.1 电阻的串联

两个及两个以上电阻首尾相连即为电阻的串联,如图 1-11(a) 所示。串联电路的基本特点为:电路中流经各电阻的电流都相等;电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和。下面对串联电路进行进一步研究。

1. 串联电路的等效电阻

在图 1-11(b) 中, R 代表串联电路的等效电阻, I 为串联电路的电流。根据欧姆定律,有

$$U = RI$$

$$U_1 = R_1 I, U_2 = R_2 I, \dots, U_n = R_n I$$

$$\text{由} \quad U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (1-10)$$

$$\text{可得} \quad R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1-11)$$

也就是说,电阻串联的等效总电阻等于串联的各电阻之和。

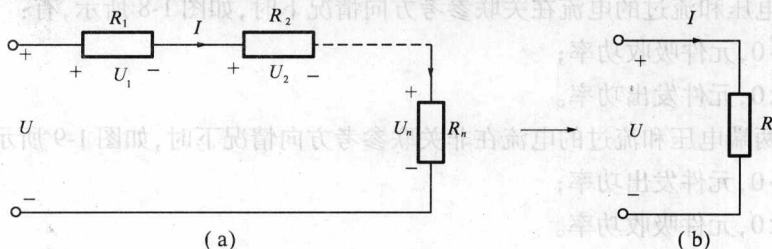


图 1-11 电阻串联

2. 两电阻串联的电压分配

如图 1-11 所示,若两个电阻串联(即 $n=2$)时,根据以上计算可得

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= R_1 I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \\ U_2 &= R_2 I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \end{aligned} \right\} \quad (1-12)$$

即当电阻串联时,电阻上的电压与电阻的大小成正比。

1.1.4.2 电阻的并联

两个及两个以上的电阻并列地连接起来,就组成了并联电路,如图 1-12 所示。并联电路的特点为:电路中各并联电阻的电压相等;电路中的总电流等于各并联电阻的电流之和。下面对并联电路进行进一步研究。

1. 并联电路的等效电阻

在图 1-12(b) 中, R 代表并联电路的等效电阻, I 为并联电路的电流。根据欧姆定律,有

$$U_1 = U_2 = \dots = U_n = U$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2}, \dots, I_n = \frac{U}{R_n}$$

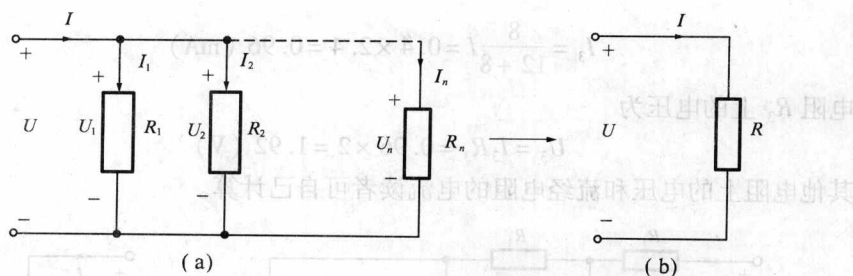


图 1-12 电阻并联

由

可得

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-13)$$

也就是说,电阻并联的等效总电阻的倒数等于各电阻的倒数和。

2. 两电阻并联的电流分配

当两电阻并联时,电阻 R_1 、 R_2 的连接如图 1-12(a) 所示,其等效电阻为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1-14)$$

由

$$U_1 = R_1 I_1 = U_2 = R_2 I_2 = U = RI$$

有

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{U}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \\ I_2 &= \frac{U}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \end{aligned} \right\} \quad (1-15)$$

式(1-15)即为两个电阻并联时的分流公式。电阻并联时,电流与电阻大小成反比。

1.1.4.3 电阻的混联

实际上,在同一电路中,电阻的连接既有串联也有并联,这样的电阻连接称为混联电路。对于混联电路的等效计算,只要按串联和并联的计算方法,一步一步地把电路简化,最后就可以求出总的等效电阻。但是,在有些混联电路里,往往不容易一下子看清电阻之间的连接关系,此时就要根据电路的具体结构,按串联电路和并联电路的性质和定义,进行电路的等效变换,使电阻之间的关系一目了然,然后进行计算。

【例 1-2】 如图 1-13(a) 所示,求图中总电流 I 为多少安培? 电阻 R_1 、 R_3 上的电压是多少?

解: 先根据电阻的串、并联将电路进行化简,得电路如图 1-13(b) 所示。

$$R = R_1 + R_2 // [R_3 + R_4 // (R_5 + R_6)] = 5.2 + 8 // [2 + 20 // (15 + 5)] = 10 \text{ (k}\Omega\text{)}$$

总电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{10} = 2.4 \text{ (mA)}$$

电阻 R_1 上的电压为

$$U_1 = R_1 I = 5.2 \times 2.4 = 12.48 \text{ (V)}$$

根据分流公式,流经 R_3 上的电流为

$$I_3 = \frac{8}{12+8}I = 0.4 \times 2.4 = 0.96 \text{ (mA)}$$

电阻 R_3 上的电压为

$$U_3 = I_3 R_3 = 0.96 \times 2 = 1.92 \text{ (V)}$$

其他电阻上的电压和流经电阻的电流读者可自己计算。

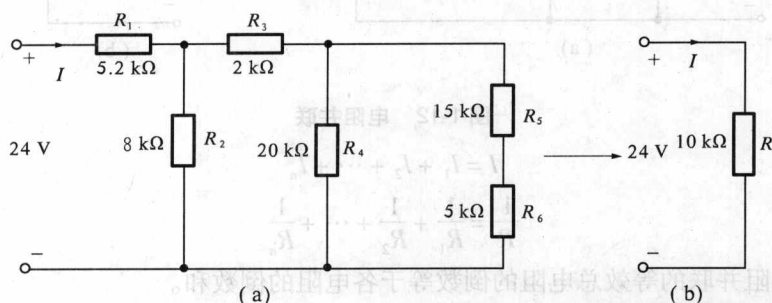


图 1-13 混联电路

1.2 电路的工作状态

知识引入

电路有有载、空载和短路三种工作状态,电源、电路或电器设备正常工作在有负载的情况下,要尽量减少空载时间。短路是电路的故障状态,应消除和避免。

1.2.1 有载工作状态

现以图 1-14 所示的简单直流电路为例来分析电路的各种工作状态。图中,电动势 E 和内阻 R_0 串联组成电压源, U_1 是电源端电压。开关 S 和连接导线是中间环节。 U_2 是负载端电压, R_L 是负载等效电阻。

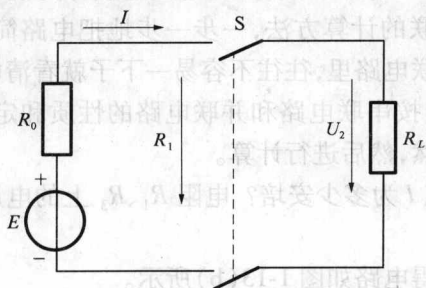


图 1-14 直流电路的工作

当开关 S 闭合时,电路中有电流流过,电源输出功率,负载取用电功率,称为有载工作状态。这时电路中的电流为

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

式(1-16)说明,当电源的 E 、 R_0 一定时,电路工作电流 I 取决于负载电阻 R_L 的变化, R_L 减小, I 增大; R_L 增大, I 减小。电源的端电压为

$$U_1 = E - R_0 I \quad (1-17)$$

若忽略连接导线的电阻,则负载端电压 $U_2 = U_1$ 。当电源的 E 、 R_0 一定时,若负载增加(即 R_L 减小、 I 增大),则电压 U_1 和 U_2 都将减小。

电源的输出功率为

$$P_1 = U_1 I \quad (1-18)$$

将式(1-17)代入式(1-18),得