



高职高专“十二五”规划教材

汽车电工电子技术

主 编 高卫明



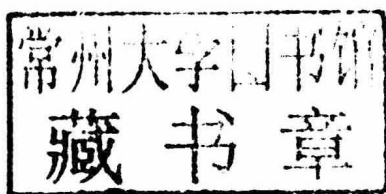
北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



高职高专“十二五”规划教材

汽车电工电子技术

高卫明 主 编



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

该教材是根据高等职业教育培养目标而编写的,突出了应用性和实践性。内容包括:直流电路、交流电路、电磁现象及其应用、发电机与电动机、二极管和晶体管、数字电路基础、直流稳压电源和电气控制电路等。

全书结合理论与实践一体化的教学要求,全面系统地介绍了电工电子技术的基本知识和基本技能,以及在现代汽车上的应用实例的相关知识。

本书为高等职业技术学院相关汽车类学生的教材,也可作为从事汽车行业的工程技术人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术 / 高卫明主编. -- 北京 : 北京航空航天大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5124-1800-4

I. ①汽… II. ①高… III. ①汽车—电工技术—高等职业教育—教材②汽车—电子技术—高等职业教育—教材
IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 124999 号

版权所有,侵权必究。

汽车电工电子技术

高卫明 主 编

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:10.75 字数:275 千字

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1800-4 定价:25.00 元

前 言

本书是根据教育部高职高专教育的指导思想及教学改革和培养目标编写而成的。全书紧密结合汽车行业的生产实际,突出应用能力和综合素质的培养,其任务是使学生具有高素质技能型人才所必需的电工电子基本知识和基本技能,为学生学习后续课程、适应职业岗位打下一定的基础。本书以四川航天职业技术学院和其他兄弟院校课程改革成果为基础,吸取众多同类教材的优点编写而成的。

本书充分把握高等职业教育特点及高等职业教育的教学规律,以“必须、够用”为度,突出应用性、实际性,全面系统地介绍了电工电子技术的基本知识和基本技能,以及在现代汽车上的应用实例和相关知识。

本书共分八个项目:项目一为直流电路;项目二为交流电路;项目三为电磁现象及其应用;项目四为发电机与电动机;项目五为二极管和晶体管;项目六为数字电路基础;项目七为直流稳压电源;项目八为电气控制电路。本书深度适宜,文字简洁、流畅,深入浅出,适合于高职高专学生学习。

本书由四川航天职业技术学院高卫明主编。项目一、二由段艳文编写;项目三由王媛媛编写;项目四由范芳编写;项目五、七由张伟编写;项目六由李宏峰编写;项目八由高卫明编写。参加编写的还有四川航天职业技术学院范永刚老师、王照老师、吴旭老师及四川省达州市高级技工学校徐伟老师;全书由罗意老师主审。本教材虽经多次修改,但限于编者水平有限,难免会有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2015年5月

目 录

项目一 直流电路	1
1.1 工作任务 电路的组成及作用	1
1.1.1 任务引导	1
1.1.2 相关知识	1
1.2 工作任务 电路的基本物理量	3
1.2.1 任务引导	3
1.2.2 相关知识	3
1.3 工作任务 电阻、电容、电感元件	6
1.3.1 任务引导	6
1.3.2 相关知识	6
1.3.3 任务拓展	11
1.4 工作任务 电路的基本定律及基本分析方法	13
1.4.1 任务引导	13
1.4.2 相关知识	14
1.4.3 任务拓展	16
项目评定	17
习题与思考题	17
项目二 交流电路	19
2.1 工作任务 正弦交流电	19
2.1.1 任务引导	19
2.1.2 相关知识	20
2.1.3 任务拓展	22
2.2 工作任务 三相电路	23
2.2.1 任务引导	23
2.2.2 相关知识	24
2.2.3 任务拓展	28
项目评定	29
习题与思考题	30
项目三 电磁现象及其应用	31
3.1 工作任务 磁路和磁路的欧姆定律	31
3.1.1 任务引导	31
.....	1

3.1.2 相关知识	31
3.2 工作任务 磁场对电流的作用	36
3.2.1 任务引导	36
3.2.2 相关知识	36
3.2.3 任务拓展	37
3.3 工作任务 电磁铁	38
3.3.1 任务引导	38
3.3.2 相关知识	38
3.3.3 任务拓展	42
项目评定	48
习题与思考	48
项目四 发电机与电动机	49
4.1 工作任务 直流电动机	50
4.1.1 任务引导	50
4.1.2 相关知识	50
4.1.3 任务拓展	60
4.2 工作任务 三相异步电动机	61
4.2.1 任务引导	61
4.2.2 相关知识	62
4.2.3 任务拓展	70
4.3 工作任务 三相交流发电机	72
4.3.1 任务引导	72
4.3.2 相关知识	73
4.3.3 任务拓展	78
项目评定	80
习题与思考题	81
项目五 二极管和晶体管	83
5.1 工作任务 二极管	83
5.1.1 任务引导	83
5.1.2 相关知识	83
5.2 工作任务 晶体管	88
5.2.1 任务引导	88
5.2.2 相关知识	88
5.2.3 任务拓展	91
5.3 工作任务 基本放大电路	93
5.3.1 任务引导	93
5.3.2 相关知识	93

5.3.3 任务拓展	95
5.4 工作任务 晶体管在汽车电子电路中的应用	96
5.4.1 任务引导	96
5.4.2 相关知识	96
5.5 工作任务 特殊晶体管简介	98
项目评定	99
习题与思考题	99
项目六 数字电路基础	101
6.1 工作任务 模拟信号和数字信号	101
6.1.1 任务引导	101
6.1.2 数字信号应用举例	102
6.2 工作任务 数制与码制	103
6.2.1 任务引导	103
6.2.2 二进制	104
6.3 工作任务 逻辑代数及基本运算	105
6.3.1 任务引导	105
6.3.2 相关知识	106
6.3.3 任务拓展	109
6.4 工作任务 逻辑门电路的应用	110
6.4.1 任务引导	110
6.4.2 相关知识	110
6.5 工作任务 触发器	111
6.5.1 任务引导	111
6.5.2 相关知识	112
6.6 工作任务 基本数字部件	113
6.6.1 任务引导	113
6.6.2 相关知识	114
6.7 工作任务 汽车常用集成电路	117
6.7.1 任务引导	117
6.7.2 相关知识	118
6.7.3 任务拓展	125
项目评定	127
习题与思考题	127
项目七 直流稳压电源	129
7.1 工作任务 整流和滤波电路	129
7.1.1 任务引导	129
7.1.2 相关知识	130

7.2 工作任务 稳压电路	134
7.2.1 任务引导	134
7.2.2 相关知识	134
7.2.3 任务拓展	136
项目评定.....	137
习题与思考题.....	137
项目八 电气控制电路	138
8.1 工作任务 常用低压电器	138
8.1.1 任务引导	138
8.1.2 相关知识	138
8.1.3 任务拓展	149
8.2 工作任务 基本控制线路与保护环节	152
8.2.1 任务引导	152
8.2.2 相关知识	152
8.2.3 任务拓展	157
8.3 工作任务 汽车电路简介	158
8.3.1 任务引导	158
8.3.2 相关知识	158
项目评定.....	162
习题与思考题.....	162
参考文献	163

项目一 直流电路

项目要求

- (1) 了解电路组成和模型。
- (2) 掌握电流、电压、电动势、电能和电功率。
- (3) 认识电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件。
- (4) 掌握电路的基本定律:欧姆定律和基尔霍夫定律。

项目解析

由电气设备和元器件按一定的方式连接起来而构成电流的通道就是电路,电路能够按照人们的实际需要实现一定的功能。电路可以传送和转换电能,也可以存储和处理电信号。本章主要通过直流电介绍电路的基本物理量,电流、电压和电动势;详细阐述电路的基本元件,如电阻、电感、电容和电源等元器件;最后分析电路计算的基本定律。

1.1 工作任务 电路的组成及作用

1.1.1 任务引导

电路一般由电源、用电器、开关和导线等元件组成。电路如同公路是人及物的通道,而电路是电子的通道。一个正确的电路,无论多么复杂,都是由这几部分组成的,缺少其中的任一部分,电路都不会处于正常工作的状态。

将电池、开关和照明灯用导线连接成如图 1-1 所示的实验电路,合上开关,小照明灯发光;然后取走任一元件,观察照明灯是否还能继续发光。实验结果发现取走任一元件,照明灯都不会发光。图 1-1 所示为最简单的直流电路——照明灯电路。

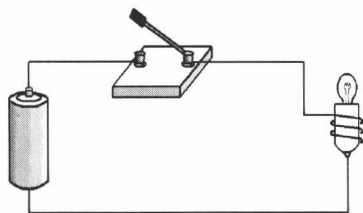


图 1-1 简单直流电路

1.1.2 相关知识

1. 电路组成

电路是电流通过的闭合路径,由电路元件按一定的方式连接而成,包括电源、负载和中间环节三部分。

电源可将其他形式的能量转换成电能,是向电路提供能量的装置,如发电机、电池等。

负载在电路中是接收电能的装置,可将电能转换成其他形式的能量,如电动机、照明灯等各类用电器。

中间环节是把电源与负载连接起来的部分,起着传输和分配电能的作用,如将连接电源和负载的输电导线、控制电路通断的开关设备和保护电路的设备等。

2. 电路的状态

① 通路(闭路) 电源与负载接通,电路中有电流通过,电气设备或元器件获得一定的电压和电功率,以进行能量转换。

② 开路(断路) 如图 1-1 所示,打开开关,或将电路中的某一部分断开,照明灯都不会发光,说明电路中没有电流。这种因某一处断开而使电路中没有电流的状态叫开路,又称为空载状态。

③ 短路(捷路) 将图 1-1 中的照明灯取下,用导线直接把电源的正、负极连接起来,过一会儿如果用手摸导线会感觉到导线发热。这种没有用电器而是直接用导线将电源正、负极相连的电路称为短路。短路是非常危险的,会把电源烧坏,这是不允许的。短路时,输出电流过大对电源来说属于严重过载,如没有保护措施,电源或电器会被烧毁或发生火灾,所以通常要在电路或电气设备中安装熔断器、保险丝等保险装置,以避免发生短路时出现不良后果。

在交流电中,常在总开关处接上保险丝,如果火线和零线直接连接,则保险丝会烧断,而不会烧坏电源,但电器及电线则可能被烧坏。所以,要尽量避免短路现象的发生。

3. 电路的功能

① 电能的传输、分配和转换 在电力系统中,电压、电流功率大,称为“强电”,电路可以实现电能的传输和转换。如图 1-2 所示的电力系统中,发电机是电源,发出的电压经升压变压器提高电压,再经输电线传输给降压变压器把电压再降低,最后分配给各用户用电,用电设备再把电能转换为其他形式的能量。

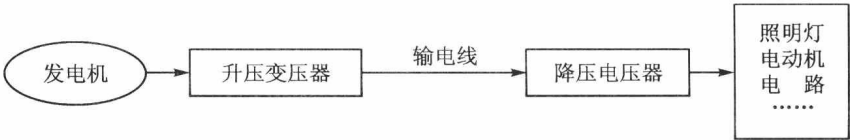


图 1-2 电力系统供电示意图

② 信号的存储、传递和处理 在电子技术中,闭路电视、计算机网络、通信网络,称为“弱电”,电路可以实现信号处理。如图 1-3 所示为一个扩音机的简单电路示意图。通过该电路可以实现信号的传递和处理。传声器可将声音信号转换成电信号;放大电路属于中间环节,用来放大电信号;扬声器是负载部分,将电信号变成声音传递出去。

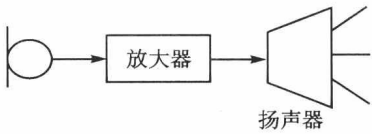


图 1-3 扩音机技术应用电路

4. 电路模型

虽然电路的功能只有电能的传输、分配、转换和信号的存储、传递和处理这两种,但实际电路是由各种用电设备和元器件组成的非常复杂的结构。为了便于用数学方法分析电路,一般要将实际电路理想化。用规定的图形符号和文字信号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。与实体电路相对应的电路图称为实体电路的电路模型。理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。

本书分析的电路都是指电路模型,简称电路。在电路图中,各种电路元件都用规定的图形符号表示。以手电筒为例,它由电池、照明灯、开关和筒体组成,手电筒的电路模型如图 1-4

所示,其中电池是电源元件,其参数为电动势 E 和内阻 R_0 ;照明灯具有消耗电能的性质,是电阻元件,其参数为电阻 R ;筒体用来连接电池和照明灯,其电阻忽略不计,认为是无电阻的理想导体;开关用来控制电路的通断。

在设计、安装、修理各种实际电路的时候,常常需要画出表示电路连接情况的图。为了简便,通常不画实物图,而用国家统一规定的符号来代表电路中的各种元件。用统一规定的图形符号画出的电路模型图称为电路图。图 1-5 即为简单的电路图。

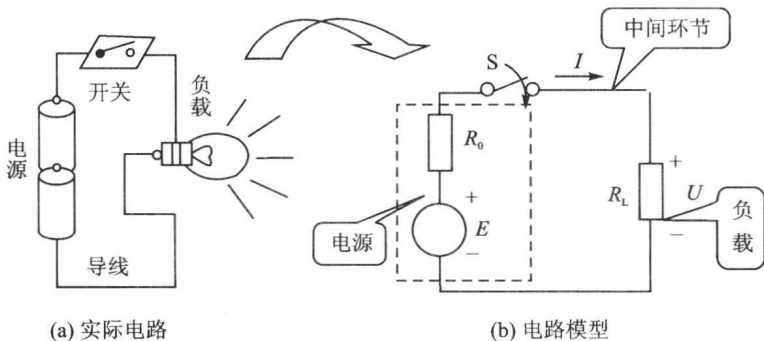


图 1-4 简单直流电路和电路模型

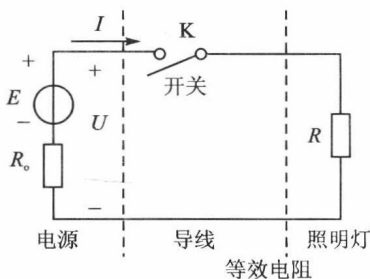


图 1-5 等效后的电路图

1.2 工作任务 电路的基本物理量

1.2.1 任务引导

本节主要介绍电路的基本物理量,如电流、电压及电动势的定义,并引入电流与电压的参考方向的概念;还有电能和电功率的定义及计算。这对于进一步分析与计算电路是十分重要的。

1.2.2 相关知识

1. 电流及其特性

电荷的定向移动形成电流,电流的正方向习惯上规定为正电荷移动的方向。电流的大小用电流强度表示,简称电流。电流强度等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ 或 } I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中: q ——电量,单位为库伦(C);

t ——时间,单位为秒(s);

i ——电流,单位为安培(A)。

小写 i 表示交流电流的一般符号,用来表示大小和方向随时间变化的电流。大写 I 表示直流电流,即大小和方向均不随时间变化的恒定电流。

在国际单位制中,电流的单位为安培(A)。在实际应用中,还常用到毫安(mA)和微安(μA)等,电流单位间的换算为 $1\text{ A} = 10^3\text{ mA} = 10^6\text{ }\mu\text{A} = 10^9\text{ nA}$ 。

实验证明:在一条无分支的电路上,电流总是处处相等的,称为电流的连续性原理。

一般电子元件的工作电流在微安与毫安之间;电焊用电在几十安至几百安;汽油发动机的启动电流为 200~600 A;某些柴油机的启动电流达 1 000 A。

2. 电压及其特性

电压是电路中产生电流的根本原因,电压的方向习惯上规定为电压降低的方向。电压等于电路中两点电位之差。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

$$u_{ab} = \frac{dw_{ab}}{dq} \text{ 或 } U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \tag{1-2}$$

式中: w ——电功,单位为焦耳(J);

q ——电量,单位为库伦(C);

u ——电压,单位为伏特(V)。

小写 u 表示电压的一般符号,用来表示大小和方向随时间变化的电压。大写 U 表示直流电压,即大小和方向均不随时间变化的恒定电压。

在国际单位制中,电压的单位为伏特(V)。在实际应用中,还常用到毫伏(mV)和千伏(kV),电压单位间的换算是 $1\text{ V}=10^3\text{ mV}=10^{-3}\text{ kV}$ 。

电压的实际方向规定为:正电荷在电场力作用下的移动方向,即电位降低的方向。电压也称为电压降。

汽车用直流电电压为 12 V,也有 24 V。点燃汽缸内汽油混合气的脉冲电压为 15~25 kV。

3. 电动势

电源电动势是表示电源内非静电力做功能力的物理量,在数值上等于把单位正电荷从负极经电源内部移到正极时所做的功,即

$$E = \frac{W_E}{q} \tag{1-3}$$

电动势的单位是 V,方向为电源负极指向正极。电动势是电源内的电压,与外部电压不同。

4. 电流、电压和电动势的参考方向

解题前在电路图上标示的电压、电流方向称为参考方向。参考方向是为了给方程式中各量前面的正、负号以依据。直流电源的极性已知,取实际方向为参考方向。负载的电压方向与电流一致,称为关联参考方向,否则称为非关联参考方向,如图 1-6 所示。

从图中可得出,在关联参考方向下电压与电流的关系为: $U=IR$;在非关联参考方向下电压与电流的关系为: $U=-IR$ 。

电压、电流的参考方向原则上是任意假定。当电压、电流参考方向与实际方向相同时,其值为正,反之则为负值。电流的参考方向用箭头表示;电压的参考方向除用极性“+”、“-”外,还可用双下标或箭头表示。

【例 1-1】 如图 1-7 所示,电路中电压的参考方向已选定。已知电流 $I=3\text{ A}$ 或者 -3 A ,试指出电流的实际方向。

解:

若 $I=3\text{ A}$,则表明电流的实际方向与参考方向相同;反之,若 $I=-3\text{ A}$,则表明电流的实际方向与参考方向相反。

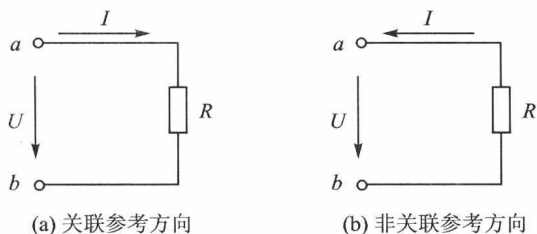


图 1-6 电流和电压的参考方向

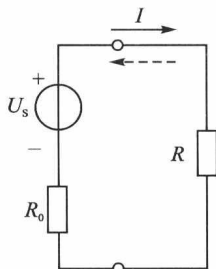


图 1-7 电路图

【例 1-2】 如图 1-8 所示, 电路中电压的参考方向已选定。已知 $u_a = 3 \text{ V}$, $u_b = 2 \text{ V}$, 求电压 u_1 和 u_2 。



图 1-8 电路图

解:

当 $u_a = 3 \text{ V}$, $u_b = 2 \text{ V}$ 时, $u_1 = u_a - u_b = 3 \text{ V} - 2 \text{ V} = 1 \text{ V}$; $u_2 = u_b - u_a = 2 \text{ V} - 3 \text{ V} = -1 \text{ V}$ 。

以上计算所得的 u_1 为正值, 说明电压的实际方向与参考方向一致; 求得的 u_2 为负值, 说明电压的实际方向与参考方向相反。

5. 电能、电功率和效率

(1) 电能

电能是电场力移动电荷 q 所做的功, 即

$$W = Uq \quad (1-4)$$

在时间 t 内, 负载吸收或消耗的电功是

$$W = UIt \quad (1-5)$$

式中: 当电压的单位为伏特(V), 电流单位为安培(A), 时间的单位用秒(s)时, 电能(或电功)的单位是焦耳(J)。

在日常生产和生活中, 电能(或电功)也常用度作为量纲: $1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1\,000 \text{ W} \times 3\,600 \text{ s}$, 即 1 度电就等于功率为 $1\,000 \text{ W}$ 的电器在 1 h 内所消耗的电能。例如, $1\,000 \text{ W}$ 的熨斗加热 1 h 用 1 度电, 100 W 的荧光灯照明 10 h 用 1 度电。

(2) 电功率

单位时间内电流所做的功称为电功率, 用“ p ”或“ P ”表示。

对交流电路, 有

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1-6)$$

对直流电路, 有

$$P = \frac{UIt}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-7)$$

当功的单位为焦耳、时间单位为秒时, 电功率的单位是“瓦”, 即 $1 \text{ W} = 10^{-3} \text{ kW}$ 。

(3) 效 率

输出功率与输入功率的比值称为效率,用“ η ”表示,即

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} \times 100\% \quad (1-8)$$

在进行功率计算时,如果假设 U 、 I 参考方向关联,应注意的问题是:

当某部分电路功率 $P > 0$ 时,说明 U 、 I 实际方向与参考方向一致,电路吸收电功率,为负载,则 $P = UI$ 。

当某部分电路功率 $P < 0$ 时,说明 U 、 I 实际方向与参考方向相反,电路发出电功率,为电源,则 $P = -UI$ 。

所以,从 P 的正值或负值可以区分器件的性质,或是电源,或是负载。

【例 1-3】 如图 1-9 所示,已知元件 A 中流过的电流 $I = 2 \text{ A}$,两端的电压为 $U = -3 \text{ V}$,求元件 A 的功率 P ,并说明元件 A 是吸收功率还是发出功率。

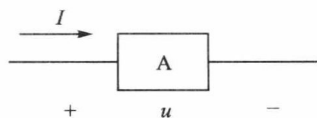


图 1-9 电路图

解:

因为元件 A 的电压和电流为关联参考方向,则有

$$P = UI = (-3 \times 2) \text{ W} = -6 \text{ W} < 0$$

说明元件 A 发出的功率 -6 W 。

6. 电气设备的额定值

电气设备长期、安全工作条件下的最高限值称为额定值,即

$$P_N = U_N I_N \quad (1-9)$$

电气设备的额定值是根据设计、材料及制造工艺等因素,由制造厂家给出的技术数据。电气设备只有在额定值下使用才最安全可靠、经济合理;超过额定值(如显示器频率),将遭到毁坏或缩短使用寿命(如照明灯);小于额定值,设备能力得不到发挥。如荧光灯灯管的额定值为“220 V, 40 W”。

1.3 工作任务 电阻、电容、电感元件

1.3.1 任务引导

理想的电路元件简称电路元件,通常使用的电路,其基本元件有电阻、电感、电容和电源。其中前三种元件均不能发出电能,称为无源元件。电源元件为电路提供电能,称为有源元件。

1.3.2 相关知识

1. 电阻元件

(1) 电阻的定义

物体对电流的阻碍作用称为电阻。电阻元件又称为电阻器,简称电阻。电阻的图形符号和文字符号如图 1-10 所示,主要作用是限流、分流和调压。

电阻的文字符号用字母 R 表示,单位是欧姆(Ω)。其定义为

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-10)$$

电阻的倒数称为电导,用 G 表示,即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-11)$$

导体的电阻还与温度有关,在一定范围内,电阻随温度升高而增加,即

$$R_{t_2} = R_{t_1} [1 + a(t_2 - t_1)] \quad (1-12)$$

式中, t_1 是初始温度, t_2 是增加的温度; a 代表电阻的升降系数。

(2) 电阻的分类和参数

① 电阻的分类:电阻按结构不同,分为固定电阻器和可变电阻器。

② 电阻的主要参数:电阻的主要参数有三部分组成:

标称电阻:工厂生产的系列电阻器的电阻值;

额定功率:电阻器允许长期工作的功率;

允许偏差:分三级:I级为标称值的 5%,II级为标称值的 10%,III级为标称值的 20%。

③ 电阻器的识别:电阻器的阻值和误差等级均印在电阻表面上。电阻阻值大小有两种标注方法:

直接标注法:将电阻参数直接标示在电阻表面上;

色环标注法:将电阻参数以不同的颜色带标示在电阻表面上。

(3) 电阻的串联和分压

当单一电阻的阻值不能满足要求时,可以将几个电阻适当连接,构成一个等效电阻。电阻连接有串联、并联和混联。

两个或两个以上的电阻首尾相连,且通过同一电流,称为串联。两个串联电阻可以用等效电阻 R 代替。等效的依据是在同一电压下,通过串联电阻的电流和等效电阻的电流相等,如图 1-11 所示。

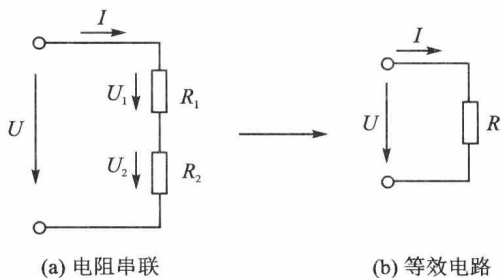


图 1-11 电阻的串联电路

串联电路的特点:

① 串联电路中电流处处相等。当 n 个电阻串联时,则

$$I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n \quad (1-13)$$

② 电路两端的总电压等于串联电阻上分电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \quad (1-14)$$

③ 电路的总电阻等于各串联电阻之和。

R 是 R_1, R_2 串联的等效电阻,其意义是用 R 代替 R_1, R_2 后,不影响电路的电流和电压。

在图 1-11 中,图(b)是图(a)的等效电路。当 n 个电阻串联时,则

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \quad (1-15)$$

④ 串联电路中的电压分配和功率分配关系。由于串联电路中的电流处处相等,所以

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \cdots = \frac{U_n}{R_n} \rightarrow I^2 = \frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \cdots = \frac{P_n}{R_n} \quad (1-16)$$

式(1-15)和式(1-16)表明,串联电路中各个电阻两端的电压与各个电阻的阻值成正比;各个电阻所消耗的功率也和各个电阻阻值成正比。推广开来,当串联电路有 n 个电阻构成时,可得串联电路分压公式为

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n} U \\ U_2 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n} U \\ &\vdots \\ U_n &= \frac{R_n}{R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n} U \end{aligned} \right\} \quad (1-17)$$

因此,串联电阻的主要作用是分压和限流。

提示:在实际应用中,常利用电阻串联的方法,扩大电压表的量程。

(4) 电阻的并联和分流

两个或两个以上的电阻连接在两个公共的节点上,共享同一电压,称为并联。两个并联电阻可以用等效电阻 R 代替,如图 1-12 所示。

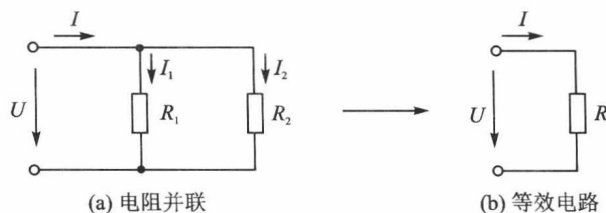


图 1-12 电阻的并联电路

并联电路的特点:

① 电路中各个电阻两端的电压相同,即

$$U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n \quad (1-18)$$

② 电阻并联电路总电流等于各支路电流之和,即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n \quad (1-19)$$

③ 并联电路的总阻值的倒数等于各并联电阻的倒数的和,即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-20)$$

④ 电阻并联电路的电流分配和功率分配关系。在并联电路中,并联电阻两端电压相同,所以

$$\begin{aligned} U &= R_1 I_1 = R_2 I_2 = R_3 I_3 = \cdots = R_n I_n \\ U^2 &= R_1 P_1 = R_2 P_2 = R_3 P_3 = \cdots = R_n P_n \end{aligned} \quad (1-21)$$

式(1-21)表明,并联电路中各支路电流与电阻成反比;各支路电阻消耗的功率和电阻成

反比。

当两个电阻并联时,通过每个电阻的电流可以用分流公式计算(见图 1-12),分流公式为

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I \\ I_2 &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I \end{aligned} \right\} \quad (1-22)$$

式(1-22)说明,在电阻并联电路中,电阻小的支路通过的电流大;电阻大的支路通过的电流小。

注意:电阻并联电路在日常生活中应用十分广泛,例如:照明电路中的用电器通常都是并联供电的。只有将用电器并联使用,才能在断开、闭合某个用电器时,或者某个用电器出现断路故障时,保障其他用电器能够正常工作。

(5) 电阻的混联

既有电阻串联又有电阻并联的电路称为电阻的混联电路。混联电阻也可以用等效电阻 R 代替。

混联电路的一种常用分析方法为等电位分析法。电阻混联电路的等效电阻计算,关键在于正确找出电路的连接点,然后分别把两两节点之间的电阻进行串、并联简化计算,最后将简化的等效电阻相加即可求出。

【例 1-4】 如图 1-13 所示为混联电路,求电路的等效电阻。

分析:由 a 、 b 端向里看, R_2 和 R_3 , R_4 和 R_5 均连接在相同的两点之间,因此是并联关系,把这 4 个电阻两两并联后,电路中除了 a 、 b 两点不再有节点,所以它们的等效电阻与 R_1 和 R_6 相串联。

解: $R_{ab} = R_1 + R_6 + (R_2 // R_3) + (R_4 // R_5)$ 。

2. 电容元件

电子设备和电力系统中都有很多电容。电容的种类很多,但基本结构是相同的,电容元件是由在两块金属薄片中间隔一层绝缘介质所构成。介质不同构成的电容就不同。

(1) 电容的定义

电容器是一个储存电场能的储能元件。可以充放电,在电路中起“通交流,阻直流和通高频,阻低频”的作用。

电容元件是实际电容器的理想电路模型。电容的图形符号如图 1-14 所示,文字符号用 C 表示。当电容两端的电压与电容充放电电流关系为关联参考方向时,电容极板上的电荷或瞬时电流与电容两端的电压有以下关系,即

$$C = \frac{q}{u} \text{ 或 } i_C = C \frac{du}{dt} \quad (1-23)$$

电容的单位是法拉(F),还有毫法拉(mF),微法拉(μF),单位间的换算关系为: $1\text{F} = 10^3 \text{mF} = 10^6 \mu\text{F}$ 。电容量的大小反映了电容元件存储电场能量的强弱。

(2) 电容分类及标注

① 电阻器的分类 电容按结构不同,分为固定电容和可变电容。按介质的材料分,有瓷

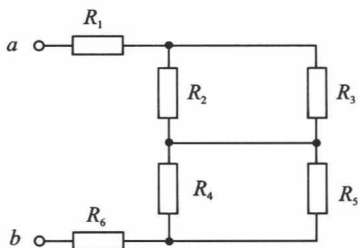


图 1-13 混联电路图