

铁路职业教育铁道部规划教材

电工电子技术基础

DIANGONGDIANZIJIISHUJICHU

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAOBU GUIHUA JIAOCAI

俎以宏 主编

高职

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



铁路职业教育铁道部规划教材

(高 职)

电工电子技术基础

	组以宏	主 编
刘海燕	冯 燕	副主编
	谢奕波	主 审

中国铁道出版社

2007年·北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了直流电路的组成和相关定律,电容器和电磁现象、磁路,正弦交流电路、三相正弦交流电路和电机的相关知识,半导体元器件的原理和应用,基本放大电路的原理、分析方法及应用,集成运算放大电路及应用,数字电路基础知识,直流稳压电源的组成、工作原理、性能指标,最后介绍了晶闸管及由晶闸管组成的可控整流电路的原理及应用。本书注重从基础抓起,强调基本知识和基本技能的掌握。

本书主要对象是铁路高职、中专、技校学生,也可作为职工培训、函授学历教育教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/昝以宏主编. —北京:中国铁道出版社,2007.8

铁路职业教育铁道部规划教材. 高职

ISBN 978-7-113-08258-1

I. 电… II. 昝… III. ①电工技术—职业教育—教材②电子技术—职业教育—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 134445 号

书 名:电工电子技术基础

作 者:昝以宏 主编

责任编辑:赵静 阚济存 电话:010—51873133 电子信箱:td73133@sina.com

封面设计:陈东山

责任印制:金洪泽

出版发行:中国铁道出版社

地 址:北京市宣武区右安门西街8号

邮政编码:100054

网 址:www.tdpress.com

电子信箱:发行部 ywk@tdpress.com

总编办 zbb@tdpress.com

印 刷:三河市宏达印刷有限公司

版 次:2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:20.5 字数:511千

书 号:ISBN 978-7-113-08258-1/TP·2552

定 价:37.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:(市电)(010)63549495 路电(021)73171(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

前言

本教材以《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》(教高【2002】2号)精神为指导,以“必须、够用、实用、好用”为原则,根据高职高专教育的目的和要求,针对高职高专生源及在职职工的特点而编写。

本教材避免了繁杂和冗长的数学推导或计算过程,避免其掩盖重要的物理概念,对于基本概念和基本理论(定理或定律)的阐述以定性解释为主,定量计算为辅,易于学生掌握电工电子技术的重要概念和定理、定律。同时力求体现教学内容适宜、适度、通观全面、确定重点、重视实验、化难为易、层次分明的特点,也力求体现应用、实用、价值、实践的原则。

本教材包括电工学和电子学两部分内容,在章节上分为三篇,分别是电工部分、电子部分和实验部分,电工部分主要包括直流电路、电容器和电磁现象、磁路基本物理量、正弦交流电路、三相正弦交流电路、电机和实验等内容;电子部分主要包括半导体元件、三极管基本放大电路、集成运算放大器及其应用、数字电路基础、直流稳压电源、晶闸管电路和电子实验等内容。每章后配有适量的练习题,便于教学与学生自学。

本书由郑州铁路职业技术学院俎以宏任主编,负责全书内容的组织与定稿;刘海燕、冯燕任副主编天津铁道职业技术学院谢奕波主审。具体编写分工如下:第一章由俎以宏编写,第二章由陈林编写,第三章、第四章和实验一至实验九由高艳平编写,第五章由冯燕编写,第六章由常仁杰编写,第七章和第八章由曹冰编写,第九章由韦成杰编写,第十章、实验十和实验十一由吴昕编写,第十一章由刘海燕编写,实验十二至实验二十三由任全会编写。

由于编者水平有限,加之时间比较仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者指正。

编者

2007年8月

目 录

第一篇 电工部分

第1章 直流电路	1
1.1 电路的组成及基本物理量	1
1.2 电阻元件及欧姆定律	5
1.3 电路的三种状态	6
1.4 电路中各点电位的概念及计算	8
1.5 基尔霍夫定律	9
1.6 电阻的串联、并联及混联	11
1.7 电压源与电流源及其等效变换	13
1.8 支路电流法	17
1.9 节点电位法	19
1.10 电路基本定理	19
练习题	23
第2章 电容器和电磁现象、磁路基本物理量	28
2.1 电容器及其充、放电现象	28
2.2 电容器的并联与串联	32
2.3 磁场的基本物理量及基本定律	35
2.4 铁磁物质的磁化	38
2.5 电磁感应定律	41
2.6 互感及互感电压	43
2.7 磁路及磁路定律	50
2.8 交变磁心下的铁芯损耗	52
2.9 电磁铁	54
练习题	55
第3章 正弦交流电路	58
3.1 正弦交流电的基本概念	58
3.2 正弦量的相量表示法	62
3.3 电阻、电感、电容元件伏安关系的相量形式	64
3.4 基尔霍夫定律的相量形式	68
3.5 R、L、C 串联电路	69
3.6 正弦交流电路中的功率	73

3.7 功率因数的提高	77
3.8 谐振电路	79
练习题	83
第4章 三相正弦交流电路	85
4.1 三相对称电源	85
4.2 三相电源的连接	86
4.3 三相负载的连接	89
4.4 对称三相电路的计算	92
4.5 不对称三相电路的计算	95
4.6 三相电路的功率	99
4.7 安全用电	102
练习题	108
第5章 电 机	111
5.1 直流电机的工作原理	111
5.2 直流电机的构造	114
5.3 直流电机的励磁方式、铭牌数据和主要系列	118
5.4 同步发电机的结构及工作原理	120
5.5 三相异步电动机的结构	124
5.6 三相异步电动机的转动原理	126
5.7 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	130
5.8 三相异步电动机的起动、调速与制动	134
5.9 三相异步电动机的铭牌和技术数据	140
5.10 三相异步电动机的选择	143
5.11 单相异步电动机	144
练习题	146

第二篇 电子技术部分

第6章 半导体元器件	148
6.1 半导体和PN结	148
6.2 半导体二极管	150
6.3 几种常见的特殊二极管	154
6.4 半导体三极管	156
6.5 场效应管	161
6.6 单结晶体管	164
6.7 晶闸管	166
练习题	170
第7章 三极管基本放大电路	172
7.1 基本放大电路的概念及工作原理	172
7.2 微变等效电路分析法	175
7.3 放大电路静态工作点的稳定	179

7.4 共集电极放大电路	183
7.5 多级放大电路	186
练习题	188
第8章 集成运算放大器及其应用	189
8.1 差动放大电路	189
8.2 负反馈放大电路	192
8.3 集成运算放大器	197
8.4 集成运放的线性应用	200
8.5 集成运放的非线性应用	204
练习题	207
第9章 数字电路基础	208
9.1 基础知识	208
9.2 逻辑门运算	211
9.3 组合逻辑电路的分析和设计	216
9.4 译码器	218
9.5 时序逻辑电路	222
9.6 脉冲产生与脉冲转换电路	235
练习题	239
第10章 直流稳压电源	241
10.1 直流电源的组成	241
10.2 整流电路	242
10.3 滤波电路	245
10.4 稳压电路	248
10.5 集成稳压电路和开关电源	252
练习题	255
第11章 晶闸管电路	257
11.1 可控整流电路	257
11.2 晶闸管的触发电路	259
练习题	261

第三篇 实 验

实验一 直流电路的认识实验	262
实验二 直流电阻、电压、电流的测量	263
实验三 直流电路的故障检查	265
实验四 直流单、双臂电桥及兆欧表的使用	267
实验五 正弦交流电路的认识实验	269
实验六 示波器的使用	272
实验七 日光灯电路及功率因数的提高	274
实验八 单相电度表的认识实验	277
实验九 三相星形负载电路	279

实验十 常用电子元件的识别	281
实验十一 单管交流放大电路	287
实验十二 两级交流放大电路	290
实验十三 射极输出器	291
实验十四 比例求和运算电路	294
实验十五 电压比较电路	297
实验十六 门电路逻辑功能及测试	298
实验十七 组合逻辑电路的设计和测试	301
实验十八 触发器	304
实验十九 寄存器及其应用	306
实验二十 集成计数器	308
实验二十一 555 时基电路	310
实验二十二 整流滤波与并联稳压电路	313
实验二十三 晶闸管可控整流电路	315
参考文献	319

第一篇 电工部分

第1章

直流电路

1.1 电路的组成及基本物理量

1.1.1 电路和电路模型

1. 电路

电路是为能够实现某种需要、由若干电工元器件按一定方式相互连接起来的组合。电气工程中会遇到各种各样的电路,有些比较简单,有些很复杂,通常把比较复杂的电路称为网络,电路与网络没有本质上的差异。

电路一般由电源(信号源)、负载和中间环节三部分组成,图 1-1 所示电路为手电筒电路模型。

电源(信号源)是将其他形式的能量或信号转换为电能或电信号的装置,例如发电机将机械能转换为电能,传感器将非电量信息转换为电信号等。

负载是电路中的各种用电设备,将电能转换为其他形式能量的装置,例如电动机将电能转换为机械能,扬声器将音频信号转换为声音等。

连接电源与负载之间的中间环节是为电流提供通路,起着传输电能和控制、保护电路的作用,它包括连接导线、控制电器和保护元件开关、熔断器等。

电路分为内电路和外电路。电源内部的电路称为内电路,电源以外的电路称为外电路。

电路的功能和作用有两大类:第一类功能是进行能量的转换、传输和分配;第二类功能是进行信号的传递和处理。如电视机可将接收到的信号,经过处理,转换成图像和声音;扩音机的输入是由声音转换而来的电信号,通过晶体管组成的放大电路,输出的便是放大的电信号,从而实现了放大功能。

2. 电路模型

由于组成电路的电气设备和器件种类繁多,即使是很简单的电气设备或器件,在工作时所发生的物理现象也是很复杂的,这给电路分析带来了很大困难。但是,这些复杂的物理现象都是由一些基本的物理现象综合而成的,因此我们可以将电气设备或器件中的每一种基本物理性质用一个对应的理想元件来表示。

电路分析的直接对象并不是那些由实际的电工器件构成的电路,而是分析从实际电路抽

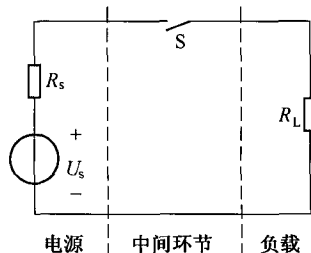


图 1-1 手电筒电路模型

象出来的电路模型。这些电路模型是由表示实际器件的基本物理性质的理想元件组成的。

基本的理想元件有:电阻、电容、电感、电压源和电流源等。

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

电荷在电场力作用下,做有规则的定向运动就是电流。我们把单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度,用以衡量电流的大小。电流强度简称为电流,即

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

大小和方向随时间变化的电流称为交变电流,用小写字母 i 表示。有的电流其大小和方向不随时间变化,这种电流称为恒定电流,简称直流,用大写字母 I 表示。

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

电流的单位是 A(安)。若在 1 s 内通过导体横截面的电荷量是 1 C,则电流就是 1 A。常用的电流单位还有 kA(千安)、mA(毫安)、 μ A(微安)、nA(纳安),它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}, 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}, 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}, 1 \text{ nA} = 10^{-9} \text{ A}$$

分析电路时,除了要计算电流的大小外,同时还要确定它的方向,习惯上把正电荷运动的方向(或负电荷运动的相反方向)作为电流的方向,这种方向称为电流的实际方向,简称电流的方向。

电流的实际方向,在简单情况下是可以直接确定的。如在简单的电路中,我们可以从电源给定的正负极性判断出电流的方向。但在实际问题中,往往难以凭直观判断电流的实际方向。如在交流电路中,电流的方向随时间交变,根本无法用一固定的箭头标出它的实际方向。另外,即使在直流电路中,当求解复杂电路时,也难以事先判断出电流的实际方向。因此,为了解决这一困难,我们引用参考方向这个概念。

当不知道电流的实际方向时,先任意选取一个方向作为电流的方向并标注在电路图上。然后,就按这个假设的电流方向对电路进行分析计算,这个任意选取的方向就称为参考方向。并把电流的参考方向规定为正电荷运动的方向。

若经计算得出电流为正值,说明所设参考方向与实际方向一致;若经计算得出电流为负值,说明所设参考方向与实际方向相反。

电流的参考方向标注方法有两种,一是在电路中,画一个实线箭头,并标出电流名称,如图 1-2(a)所示;二是用双下标表示,如图 1-2(b)所示,其中, I_{ab} 表示从 a 流向 b 的电流。

电路中电流的大小,可用电流表进行测量,在测量时,把电流表串接在被测电路中。

用电流表测量电流时要注意以下问题。

(1)粗略估计电路中电流的大小,以便选择电流表的测量范围。如确定不了,需把电流表量程选为最大挡位进行测量,然后逐步缩小测量范围。

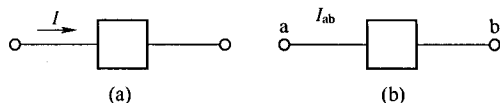


图 1-2 电流参考方向的标注方法

(2)测量电流时,如发现表针猛打到头,要立即断开电源,检查原因,以免损坏电流表。

2. 电压

衡量电场力做功本领大小的物理量称为电压。在电路中,我们把电场力将单位正电荷从a点移到b点所做的功定义为a、b两点间的电压。用 u_{ab} 表示,即

$$u_{ab} = \frac{dw_{ab}}{dq} \quad (1-3)$$

规定:电场力移动正电荷的方向为电压的实际方向。

$$U_{ab} = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

电压的单位为V(伏)。如果电场力把1C电量从点A移到点B所做的功是1J,则a、b两点间的电压就是1V。常用的电压单位还有kV(千伏)、mV(毫伏)、 μ V(微伏),它们的换算关系为

$$1\text{ kV} = 10^3\text{ V}, 1\text{ mV} = 10^{-3}\text{ V}, 1\text{ }\mu\text{V} = 10^{-6}\text{ V}$$

电压和电流一样,不但有大小而且有方向,电压的正方向规定为从高电位点指向低电位点。电路中任意两点之间的电压大小,可用电压表进行测量,测量时把电压表并联在被测电路中。

在复杂的电路中,电压的实际方向也是很难判定的。因此,和对待电流一样,在所研究的电路两点之间任意选定一个方向作为电压的“参考方向”,在假设的电压参考方向下,若经计算得出电压为正值,说明所设参考方向与实际方向一致;若经计算得出电压为负值,说明所设参考方向与实际方向相反。

两点间电压的标法可以用箭头表示,也可以用“+”、“-”极性表示,还可以用双下标表示,如 u_{ab} 表示电压的参考方向由a指向b,如图1-3所示。

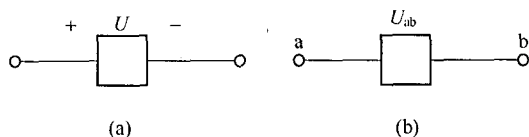


图 1-3 电压参考方向的标注方法

对一个元件或一段电路上的电压参考方向和电流参考方向可以独立地任意选定。若电压和电流的参考方向相同,则把电压和电流的这种参考方向称为关联参考方向,如图1-4所示。

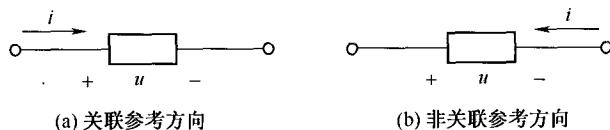


图 1-4 关联和非关联参考方向

3. 电动势

要使电路中有持续不断的电流,就必须保证电路中有一定的电位差存在,而维持这种电位差依靠的是电源。在电源内部存在着电源力,电源力克服电场力把单位正电荷由低电位移到高电位所做的功,叫做电源电动势。

电动势的单位与电压单位相同,也是V(伏),如果电源力把1C的电量从低电位移到高电位所做的功是1J,则电动势就等于1V。

电动势的正方向规定由负极指向正极。

电动势与电压的定义类似,但是两者是有区别的。首先,电动势与电压具有不同的物理意义。电动势表示非电场力(外力)做功的本领,而电压则表示电场力做功的本领。其次,电动势与电压的方向不同。电动势是由低电位指向高电位,即电位升的方向,而电压是由高电位指向低电位,即电压降的方向。再次,电动势仅存于电源内部,而电压不仅存在于电源两端,而且也存在于电源外部。

通常规定电动势的实际方向是由电源的负极指向电源的正极。同电流和电压一样,在电路中所标出的电动势的方向也是它的参考方向。

4. 电功率和电能

(1) 电功率

电功率是电路分析中常用到的一个物理量。单位时间内电路吸收或发出电能的速率称为该电路的电功率,简称功率,用 p 或 P 表示。习惯上,都把吸收或发出电能说成是吸收或发出功率。功率的单位是 W(瓦),常用的单位还有 kW(千瓦)、mW(毫瓦)。

任选一段电路,如图 1-5 所示。

电压和电流选为关联参考方向,在这样的参考方向下,可以认为正电荷由高电位端移向低电位端,电场力做功,电路吸收功率。其值为

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

在直流情况下

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

若电压和电流选为非关联参考方向,如图 1-6 所示。

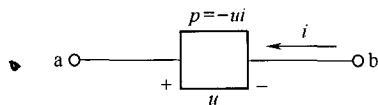


图 1-5 关联参考方向下的功率

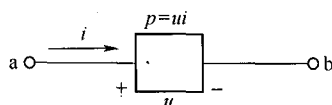


图 1-6 非关联参考方向下的功率

功率的计算公式为

$$p = -ui \quad (1-7)$$

在直流情况下

$$P = -UI \quad (1-8)$$

总之,在计算功率时,首先,应根据电压和电流的参考方向是否关联,选用相应的计算公式,再代入相应的电压、电流值, u 、 i 可以为正,也可以为负,但无论 u 、 i 的正、负如何,无论选用哪一个计算公式,若算得电路的功率为正值,则表示电路在吸收功率;若算得电路的功率为负值,则表示电路在发出功率。

(2) 电能

在电源内部,外力不断地克服电场力对正电荷做功,正电荷在电源内部获得了能量,把非电能转换成电能。在外电路中,正电荷在电场力的作用下,不断地通过负载放出能量,把电能转换成为其他形态的能。由此可见,在电路中,电荷只是一种转换和传输能量的媒介物,电荷本身并不产生或消耗任何能量。通常所说的用电,就是指取用电荷所携带的能量而言。

在 t_0 到 t_1 的一段时间内,电路消耗的电能

$$w = \int_{t_0}^{t_1} p dt = \int_{t_0}^{t_1} ui dt \quad (1-9)$$

在直流电路中,电压、电流和功率均为恒定值,则

$$W = P(t - t_0) = UI(t - t_0) \quad (1-10)$$

当选择 $t_0 = 0$ 时, 上式为

$$W = Pt = UIt \quad (1-11)$$

在国际单位制中(SI), 电能的单位是 J(焦), 它表示功率为 1 W 的用电设备在 1 s 时间内所消耗的电能。实际应用中, 供电部门是按度来收取电费的, 功率为 1 kW 的用电器工作 1 h, 所消耗的电能即为 1 kW·h(千瓦时), 或称 1 度电, 所以

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

1.2 电阻元件及欧姆定律

1.2.1 电阻

导体对电流阻碍作用称为电阻, 单位为 Ω (欧)。若导体两端所加的电压为 1 V, 通过的电流为 1 A, 那么该导体的电阻就是 1 Ω 。常用的电阻单位还有 k Ω (千欧)、M Ω (兆欧), 它们之间的换算关系为

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega, 1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$$

金属导体的电阻大小与几何尺寸及材料性质有关。实验证明, 导体的电阻跟导体的长度、导体的电阻率成正比, 跟导体的横截面积成反比。用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-12)$$

式中 R ——导体的电阻, Ω ;

L ——导体的长度, m;

S ——导体的横截面积, mm^2 ;

ρ ——导体的电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$ 。

电阻率是指长度为 1 m, 横截面积为 1 mm^2 的导体, 在一定温度下的电阻值, 其单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ (欧·米)。

电阻元件的突出作用是耗能。电阻元件又称为耗能元件。

如果电阻元件值的大小仅取决于材料本身的性质而与加在它两端的电压和通过它的电流无关, 则这样的电阻元件称为线性电阻元件, 否则称为非线性电阻元件。

决定导体电阻大小除了本身因素(长度、截面、材料)以外, 导体的电阻还与其他因素互相联系和互相影响着。温度是这种互相影响的因素之一, 实验表明, 当导体的温度发生变化时, 它的电阻值也随着变化。不同的材料, 当温度升高时, 电阻变化的情况不同, 当材料的电阻值随温度的升高而增加。这类导体称为正温度系数材料; 当材料的电阻值随温度的升高而下降, 这类材料称为负温度系数材料。

电阻的倒数称为电导, 用 G 表示, 即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-13)$$

电导的单位是 S(西[门子])。

1.2.2 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, 是电路分析中最重要的基本定律之一。其内容是: 通过线性电阻 R 的电流 i 与作用其两端的电压 u 成正比。

当线性电阻上的电压与电流取关联参考方向时,如图 1-7(a)所示,则有

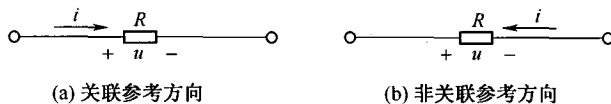


图 1-7 部分电阻电路

$$u = Ri \quad (1-14)$$

直流时

$$U = RI \quad (1-15)$$

由于电阻元件上电压和电流的实际方向总是一致的,当线性电阻上的电压与电流取非关联参考方向时,如图 1-7(b)所示, u 和 i 便总是异号,因此,欧姆定律应为

$$u = - Ri \quad (1-16)$$

直流时

$$U = - RI \quad (1-17)$$

欧姆定律揭示了电路中电流、电压和电阻三者之间的关系,应用十分广泛,是计算、分析电路最基本的定律。

【例 1-1】 有一个量程为 300 V(即测量范围 0~300 V)的电压表,它的内阻是 40 kΩ。用它测量电压时,允许流过的最大电流是多少?

解:由 $I = \frac{U}{R}$ 得

$$I = \frac{300}{40 \times 10^3} = 0.0075(\text{A}) = 7.5(\text{mA})$$

1.3 电路的三种状态

1.3.1 电路的基本状态

电源与负载相连接,根据所接负载情况的不同,电路分为有载、开路和短路三种工作状态。

1. 有载状态

如图 1-8(a)所示,开关 S 闭合后,电源与负载接通,电源向负载输出电流和功率,电路开始功率转换,这种工作状态称为有载工作状态。电源输出的电流和功率取决于外电路中并联的用电器数量。并联的用电器数量增多,等效电阻减小,电源输出的电流和功率随之增大。并联的用电器减少,等效电阻增大,电源输出的电流和功率将随之减小。

当电气设备通过工作电流时,由于导体有电阻,所以导体就要发热,于是电气设备的温度升高。如果温度过高,绝缘材料就会因过热而损坏。如果作用在绝缘材料上的电压过高,绝缘材料就会因承受太大的电场强度而引起击穿,使绝缘材料丧失绝缘性能而变成导体。因此,任何电气设备在制造时都规定了电压、电流和功率的使用限额,该限额就是电气设备的额定值。

在使用任何用电器时,必须保证用电器的额定电压与电源电压相同,而电源的容量必须大于或等于用电器所需的功率。

2. 开路状态

如图 1-8(b)所示,当开关 S 未接通时,电路处于开路状态,这时电源空载,负载电阻可视为无限大,电路中没有电流($I = 0$),电源端电压 U 称为开路电压,用 U_∞ 表示,且有 $U_\infty = U_s$,电源不输出功率。

3. 短路状态

如图 1-8(c)所示,当电源或负载两端由于某种原因而短接在一起时称为短路状态。当电源两端短路时,电流不经过负载而是直接从电源的正极流回负极,这时的电流称为短路电流,用 I_{sc} 表示, $I_{sc} = \frac{U_s}{R_0}$ 。此时,电源的负载电阻为零,电源的端电压为零 ($U = 0$),电源产生的功率全部被内阻所消耗,电源不输出功率。

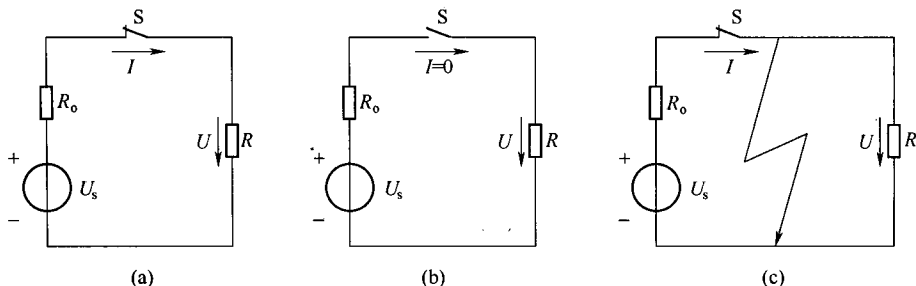


图 1-8 电路的基本状态

无论是电源端短路还是负载端短路,电源中都会有极大的电流通过,使电源严重发热而烧毁。因此,通常都要在电路中接入熔断器等保护装置,以便发生短路时能迅速切断短路电流,从而保护电源及电气设备。

在实际工作中,有时为了某种需要人为地用导线把电路中电位差别不大的两点短路起来。当然,这种短路非但不会使电路发生危险事故,反而是有利的。为了和电源短路相区别,常把这种短路称为短接。

1.3.2 电气设备的额定值

电气设备的额定值是指导用户正确使用电气设备的技术数据,这些技术数据是根据生产过程的要求和条件的需要设计制定的,通常标在设备的铭牌上或在说明书中给出。

电气设备的绝缘材料是根据其额定电压设计选用的。施加的电压太高,超过额定值时,绝缘材料可能被击穿。绝缘材料的绝缘强度随材料的老化变质而降低,温度越高,材料老化得越快,当老化到一定程度时,会丧失绝缘性能。

设备运行时,电流在导体电阻上产生的热量和其他原因产生的热量一起将使设备的温度升高。多数绝缘材料是可燃体,温度过高会迅速碳化燃烧,引起火灾,因此,电气设备的额定值主要有额定电压、额定电流、额定功率和额定温升等等。温升是指在规定的冷却方式下高出周围介质的温度(周围介质温度定为 40°C)。本教材中额定值用表示物理量的文字符号加下标“N”表示。例如电气设备工作在额定值的情况下就称为额定工作状态。电气设备的额定值一般标在铭牌或说明书上,包括额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定容量 S_N 。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 。

为了合理使用电气设备,应尽可能使它们工作在额定工作状态,称为满载。电气设备在满载状态下工作是最经济合理和安全可靠的,并能保证电气设备有一定的使用寿命。

设备超过额定值的工作状态称为过载。电气设备在短时间内少量的过载,并不会立即导致电气设备损坏,因为温度的升高是需要一段时间的,但是过载时间较长,电气设备的温度超过了它的最高工作温度,就会大大缩短电气设备的使用寿命。在严重的情况下,甚至会使电气设备很快烧毁。

设备低于额定值的工作状态称为欠载。欠载过多时,电气设备不能正常工作或设备的功能得不到充分发挥,大材小用,造成浪费。

电源设备的额定功率标志着电源的供电能力,是其长期运行时允许的上限值。电源在有载状态工作时,输出的功率由其外电路决定,并不一定等于电源的额定功率。电力工程中,电源向负载提供近似恒定的电压,因此,电源的负荷大小可用供出的电流来表达。

负载设备通常工作于额定状态,小于额定值时达不到预期效果,超过额定值运行时设备将遭到毁坏或缩短使用寿命。只有按照额定值使用才最安全可靠、经济合理,所以使用电器设备之前必须仔细阅读其铭牌和说明书。

1.4 电路中各点电位的概念及计算

1.4.1 电位的概念

电路中的每一点均有一定的电位,这就如同空间的每一处均有一定的高度一样。为了分析电路中某一点的电位,必须先指定一个计算电位的起点,一旦规定了计算起点,则电路中各点电位就可以确定了。电位具有相对性,即电路中某点的电位值随参考点位置的改变而改变;而电位差具有绝对性,即任意两点之间的电位差值与电路中参考点的位置选取无关。

在电路中任选一点为参考点,常用符号“ $\perp$ ”表示,则某点的电位就是该点到参考点的电压。电位用字母 V 表示,单位是 V 。

规定:电场力把单位正电荷从电场中的 A 移到参考点(如 O 点),则 A 点的电位

$$V_A = U_{AO}$$

参考点的电位规定为零,因而电位有正、负之分,低于参考点的电位是负电位,高于参考点的电位是正电位。

如果已知 A 、 B 两点的电位分别为 V_A 、 V_B ,则此两点间的电压

$$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B \quad (1-18)$$

可见,两点间的电压就等于这两点的电位的差,所以,电压又叫电位差。

在电路中不指明参考点而谈某点的电位是没有意义的。至于选哪点为参考点,则要视分析问题的方便而定。在电工技术中,通常以与大地连接的点作为参考点;在电子线路中,通常以与公共的接机壳点作为参考点。

需要指出:电路中的参考点可以任意选取,但同一电路中只能选一个点作为参考点,参考点一经选定,电路中其他各点的电位也就确定了。当所选参考点变动时,电路中其他各点的电位将随之而变,但任意两点间的电压则是不变的。

1.4.2 电位的计算

电位的工作状态通过电路中各点的电位可以反映出来,因此在电工和电子技术中经常用到电位的计算。

电路中往往有很多元件和电源相互连接在一起。一个电气元件的工作状态常常是由某两点间的电压所决定的,这一工作状态又会影响到电路中其他各点的电位。有时需要讨论电路中许多不同的点,如果用电压参数分析各点就显得繁琐而且不明确,改用电位进行各点的研究就较为清楚、明确,也便于测量。因此,在实际工作中电位计算的应用是相当广泛的。

在电路中,要求得某一点的电位值,必须在电路中选择—个参考点作为零电位点。要计算

某点电位可从这一点通过一定的路径到零电位点。对于电阻两端的电压,如果在绕行过程中是从高端到低端,则此电压取正值,反之取负值。对于电动势,正极电位高于负极电位。

计算电路中某点电位的步骤如下:

- (1) 任选电路中某一点为参考点(常选大地为参考点),设其电位为零。
- (2) 标出各电流参考方向并计算。
- (3) 计算各点至参考点间的电压,即为各点的电位。

若某点电位为正,说明该点电位比参考点高;某点电位为负,说明该点电位比参考点低。

【例 1-2】 图1-9 电路中,已知 $U_2 = 5\text{ V}$, $U_3 = -3\text{ V}$, $U_4 = 4\text{ V}$,试分别求:(1)以 d 为参考点;(2)以 a 为参考点时其他各点的电位,并求两种情况下的 U_{ac} 。

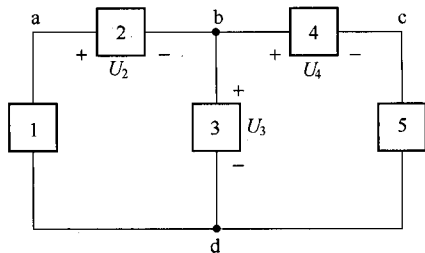


图 1-9 例 1-2 图

解:(1) $V_d = 0$ 时

$$V_b = U_{bd} = U_3 = -3\text{ V}$$

$$V_a = U_{ad} = U_{ab} + U_{bd} = U_2 + U_3 = 5 + (-3) = 2\text{ V}$$

$$V_c = U_{cd} = U_{cb} + U_{bd} = -U_{bc} + U_{bd} = -U_4 + U_3 = -4 + (-3) = -7\text{ V}$$

$$U_{ac} = V_a - V_c = 2 - (-7) = 9\text{ V}$$

(2) $V_a = 0$ 时

$$V_b = U_{ba} = -U_{ab} = -U_2 = -5\text{ V}$$

$$V_c = U_{ca} = U_{cb} + U_{ba} = -U_4 - U_2 = -4 - 5 = -9\text{ V}$$

$$V_d = U_{da} = U_{db} + U_{ba} = -U_3 - U_2 = -(-3) - 5 = -2\text{ V}$$

$$U_{ac} = V_a - V_c = 0 - (-9) = 9\text{ V}$$

1.5 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是分析一切集中参数电路的根本依据,是电路分析的重要理论基础。

1.5.1 电路的几个常用术语

1. 支路:电路中通过同一电流并含有一个以上元件的分支称为支路。

图 1-10 电路中有 abe、ace、ade 三条支路。

2. 节点:三条或三条以上支路的连接点称为节点。

图 1-10 电路中一共有两个节点——a 点和 e 点。

3. 回路:电路中任一闭合的路径称为回路。

图 1-10 电路中一共有三个回路——aceba、adeba 和 ade-ba。

4. 网孔:在平面电路中,其内部不含有任何支路的回路称为网孔。

图 1-10 电路中一共有两个网孔 aceba 和 adeba,而回路 adeba 平面内含有 ace 支路,所以它就

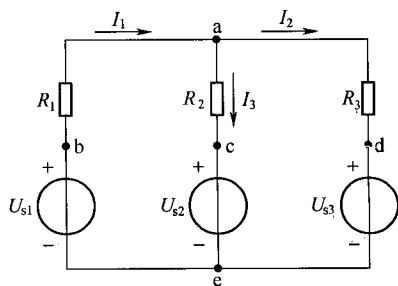


图 1-10 电路术语说明图