



高等职业教育
机电类课程规划教材

电工电子技术基础

GAODENG ZHIYE JIAOYU
JIDIANLEI KECHENG GUIHUA JIAOCAI

新世纪高等职业教育教材编审委员会组编

主编 杨静生 邢迎春 主审 黄会雄

大连理工大学出版社



高等职业教育机电类课程规划教材

电工电子技术基础

新世纪高等职业教育教材编审委员会组编

主 审 黄会雄
主 编 杨静生 邢迎春 副主编 荆 珂 夏长富



DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 大连理工大学出版社 2006

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础 / 杨静生,邢迎春主编. —大连:大连理工大学出版社,
2006.1

高等职业教育机电类课程规划教材

ISBN 7-5611-3069-4

I. 电… II. ①杨… ②邢… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 155172 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:17 字数:378 千字

印数:1~6 000

2006 年 1 月第 1 版

2006 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑:刘 芸

责任校对:张 鹏

封面设计:波 朗

定 价:25.00 元

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育理论教学与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高等职业教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且惟一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育的目的问题。

如所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走理论型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,高等职业教育从专科层次起步,进而高职本科教育、高职硕士教育、高职博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高职教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)理论型人才培养的教育并驾齐驱,还需假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高等职业教育教材编审委员会就是由全国 100 余所高职院校和出版单位组成的旨在以推动高职教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职教材的特色建设为己任,始终会从高职教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的组织形式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职教学成果,探索高职教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高等职业教育教材编审委员会在推进高职教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意;也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高等职业教育教材编审委员会

2001 年 8 月 18 日

前 言

《电工电子技术基础》是新世纪高职教材编审委员会组编的机电类课程规划教材之一。

本教材针对高等职业教育重在实践能力和职业技能的培养目标,在编写过程中力求突出以下特点:

1. 本教材从电工电子技术整体内容到体系构架,尽量采用“以例代理”的编写风格,力求简明扼要、通俗易懂;贯彻基本理论够用为度,不强调完整性、系统性;基本知识广而不深、点到为止,真正做到“淡化理论、够用为度、培养技能、重在应用”。

2. 本教材对基本概念、基本理论、工作原理、分析方法都作了必要和适当的阐述、解释,基本技能贯穿始终,并通过实例及例题从理论上和实际应用上加以说明,使学生对所学理论能更好地理解和掌握。

3. 本教材的前 14 章后都安排有思考题和习题,并在教材最后配有部分习题答案,方便教与学。同时在一章安排了实验课题,使“讲、练、学”相结合,进而提高学生的实验技能及实践经验,为今后从事工程技术工作打下一定的理论基础和实践基础。

4. 本教材中所用电器元件符号均遵照最新国家标准,插图清晰、美观。

本教材共分 15 章,分别是:电路的基本概念与基本定律、直流电路的分析方法、正弦交流电路、磁路与铁心线圈电路、继电器-接触器控制、安全用电、半导体器件、交流放大电路、运算放大器、直流稳压电源、组合逻辑电路、时序逻辑电路、555 集成定时器、模拟量和数字量的转换、实验课题。

本教材由辽宁石化职业技术学院杨静生、大连水产学院职业技术学院邢迎春任主编,辽宁石油化工大学职业技术学院荆珂、燕山大学东北分院夏长富任副主编,辽宁石化职业技术学院王家夫、渤海大学赵丽娜参与了部分章节的编写。具体编写分工如下:赵丽娜编写第 1、4、14 章;邢迎春编写第 2、7 章和 15.2、15.3 节;杨静生编写第 3、8、

6 / 电工电子技术基础 □

10、12 章和 15.1、15.4、15.5、15.6、15.8、15.9、15.12、15.13 节;夏长富编写第 5、6 章;荆珂编写第 9 章和 15.7 节;王家夫编写第 11、13 章和 15.10、15.11、15.14 节。全书由杨静生负责统稿。湖南省商务职业技术学院黄会雄老师、大连理工大学刘凤春老师审阅了全书并提出了许多宝贵的意见和建议,在此深表感谢!

尽管我们在教材建设的特色方面做出了许多的努力,但由于编者的水平有限,教材中难免存在一些疏漏和不妥之处,恳请各教学单位和读者在使用本教材时多提一些宝贵意见和建议,以便下次修订时改进。

所有意见、建议请寄往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84707492 0411-84706104

编者

2006 年 1 月



第1章 电路的基本概念与基本定律 .. 1	第4章 磁路与铁心线圈电路 60
1.1 电路与电路模型..... 1	4.1 磁路及基本物理量 60
1.2 电路的基本物理量..... 2	4.2 交流铁心线圈与电磁铁 62
1.3 电路的基本定律..... 4	4.3 磁路定律与计算 64
1.4 电路的工作状态..... 6	4.4 变压器 65
1.5 电路中电位的概念及计算..... 7	思考题与习题..... 67
思考题与习题 9	第5章 继电器-接触器控制 68
第2章 直流电路的分析方法 12	5.1 低压电器 68
2.1 电阻的串联、并联、混联及 等效变换 12	5.2 基本控制电路 73
2.2 电压源与电流源及其等效 变换 16	5.3 行程、时间控制电路..... 76
2.3 支路电流法 20	思考题与习题..... 81
2.4 叠加定理 21	第6章 安全用电 83
2.5 戴维南定理 23	6.1 安全用电 83
思考题与习题..... 25	6.2 触电保护与预防措施 85
第3章 正弦交流电路 29	思考题与习题..... 88
3.1 正弦电压与电流 29	第7章 半导体器件 89
3.2 正弦量的相量表示法 32	7.1 半导体二极管 89
3.3 交流电路基本元件与基本 定律 33	7.2 半导体三极管 95
3.4 单一参数的交流电路 36	7.3 场效应晶体管 99
3.5 电阻、电感与电容电路..... 41	思考题与习题 102
3.6 功率与功率因数 48	第8章 交流放大电路 104
3.7 三相正弦交流电路 51	8.1 基本交流电压放大电路..... 104
思考题与习题..... 58	8.2 基本交流电压放大 电路分析..... 104
	8.3 分压式偏置放大电路..... 110
	8.4 多级放大电路..... 113

8.5 放大电路中的负反馈·····	115	第 13 章 555 集成定时器·····	203
8.6 互补对称功率放大电路·····	119	13.1 555 集成定时器结构及其 基本原理·····	203
思考题与习题·····	121	13.2 555 集成定时器的应用·····	204
第 9 章 运算放大器·····	125	思考题与习题·····	208
9.1 集成运算放大器简介·····	125	第 14 章 模拟量和数字量的转换·····	210
9.2 集成运算放大器的基本运算 电路·····	129	14.1 D/A 转换器·····	210
9.3 运算放大电路的反馈分析·····	136	14.2 A/D 转换器·····	215
9.4 运算放大器的应用·····	138	思考题与习题·····	218
9.5 集成运放构成的信号 发生器·····	146	第 15 章 实验课题·····	219
思考题与习题·····	148	15.1 常用实验仪器的使用·····	219
第 10 章 直流稳压电源·····	152	15.2 基尔霍夫定律和叠加 定理·····	220
10.1 整流电路·····	152	15.3 戴维南定理及功率传输最大 条件的研究·····	223
10.2 滤波电路·····	154	15.4 日光灯功率因数提高 电路·····	226
10.3 直流稳压电路·····	155	15.5 基本放大电路·····	228
10.4 开关稳压电源·····	158	15.6 两级阻容耦合放大电路·····	231
思考题与习题·····	158	15.7 低频 OTL 功率放大器·····	233
第 11 章 组合逻辑电路·····	160	15.8 集成运算放大电路·····	237
11.1 数制与编码·····	160	15.9 集成稳压电源·····	240
11.2 基本逻辑运算·····	163	15.10 TTL 与非门电路的参数和 特性测试·····	243
11.3 集成逻辑门电路·····	166	15.11 译码器与数码显示 器实验·····	245
11.4 组合逻辑电路·····	171	15.12 触发器·····	247
11.5 编码器·····	174	15.13 计数器·····	250
11.6 译码器和数字显示·····	178	15.14 555 集成定时器的应用·····	252
思考题与习题·····	182	部分思考题与习题答案·····	255
第 12 章 时序逻辑电路·····	185	参考文献·····	262
12.1 双稳态触发器·····	185		
12.2 寄存器·····	192		
12.3 计数器·····	194		
12.4 时序逻辑电路分析·····	196		
思考题与习题·····	201		

第 1 章

电路的基本概念与基本定律

1.1 电路与电路模型

电路是由若干电气设备或元器件按一定方式用导线联接而成的电流通路。通常由电源、负载及中间环节等三部分组成。如图 1-1 所示电路为手电筒电路模型。

电源是将其他形式的能转换为电能的装置,如发电机、干电池、蓄电池等将各种非电能(如热能、化学能、光能和原子能等)转换成电能。将各种物理量转变为电信号的装置称为信号源,信号源也是电源的一种。

另外,将某种电能转换成特殊需要的电能装置也称为电源,例如广泛应用于计算机网络、办公自动化、通信、航空航天等中的 UPS 不间断电源,将质量较差的市电转换成电压、频率稳定的高质量的交流电源,而且一旦市电供电中断,它能保持一段时间(一般为 15~30 分钟)的供电。

负载是取用电能的装置,通常也称为用电器,如白炽灯、电炉、电视机、电动机等。它们将电能转换成其他形式的能。在现代日趋复杂的各种电路中,负载和电源都应被视为广泛而相对的概念,例如电视接收机中,某一级放大电路对于它的前一级放大电路而言可被看作为负载,而对于它的后一级电路则又可被看作为信号源。

中间环节是传输、控制电能的装置,可以把电能或信号从电源传输到负载。它可以很简单(如二根导线),也可以是一个具有极其复杂的控制功能的传输网。如连接导线、变压器、开关、保护电器等。

虽然电路的种类繁多,具体功能各异,但是从电路的基本功能上分,可以分为两类:一类是信号的产生和处理电路,一类是电能的传输和转换电路。各种物理量的测量电路、放大电路、声音、图像或文字处理电路等属于前者;电力系统把发电厂发电机组产生的电能,通过变压器、输电线送到工厂和千家万户属于后者。

为了便于对电路进行分析和计算,将实际元器件近似化、理想化,使每一种元器件只集中表现一种主要的电或磁的性能,这种理想化元器件就是实际元器件的模型。

理想化元器件简称电路元件。实际元器件可用一种或几种电路元件的组合来近似地

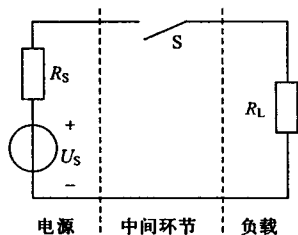


图 1-1 手电筒电路模型

表示。由电路元件构成的电路,称为电路模型。如图 1-1 所示为手电筒电路模型。电路元件用国标规定的图形符号及文字符号表示。

电路理论研究的对象是电路模型而不是实际电路。只要电路模型建立得足够正确,则通过电路模型的研究所获得的结论就能足够正确地反映出实际电路中所出现的情况。人们习惯上也将电路模型简称为电路。

1.2 电路的基本物理量

1. 电流

电荷的有规则的定向运动就形成了电流。长期以来,人们习惯规定以正电荷运动的方向作为电流的实际方向。电流的大小用电流强度(简称电流)来表示。电流强度在数值上等于单位时间内通过导线某一截面的电荷量,用符号 i 表示。则

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

式中: dQ 为时间 dt 内通过导线某一截面的电荷量。

大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流,简称直流电流,用大写字母 I 表示,则

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

电流的单位是安培(简称安),用符号 A 表示。常用的单位还有千安(kA)、毫安(mA)。

电流不但有大小,而且还有方向。在简单电路中,如图 1-2 所示,可以直接判断电流的方向。即在电源内部电流由负极流向正极,而在电源外部电流则由正极流向负极,以形成一闭合回路。

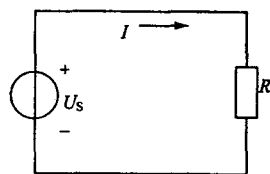


图 1-2 简单电路的电流方向

为了分析、计算的需要,引入了电流的参考方向。在电路分析中,任意选定一个方向作为电流的方向,这个方向就称为电流的参考方向,有时又称为电流的正方向。当电流的参考方向与实际方向相同时,电流为正值。反之,若电流的参考方向与实际方向相反,则电流为负值。这样,电流的值就有正有负,它是一个代数量,其正负可以反映电流的实际方向与参考方向的关系。

电流的参考方向一般用实线箭头表示,如图 1-3(a)所示;也可以用双下标表示,如图 1-3(b)所示,其中, I_{ab} 表示电流的参考方向是由 a 点指向 b 点。

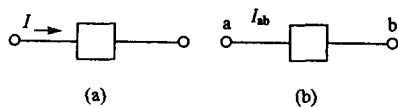


图 1-3 电流参考方向的标注方法

2. 电压

电路中 a、b 两点间的电压,在数值上等于电场力将单位正电荷从电路中 a 点移到电路中 b 点所做的功,用 u_{ab} 表示,则

$$u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dQ} \quad (1-3)$$

并规定:电压的方向为电场力做功使正电荷移动的方向。

大小和方向都不随时间变化的电压称为恒定电压,简称直流电压,用大写字母 U 表示,如 a、b 两点间的直流电压为

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

电压的单位为伏特(V),常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV)。

分析、计算电路时,也要预先设定电压的参考方向。当电压的参考方向与实际方向相同时,电压为正值;当电压的参考方向与实际方向相反时,电压为负值。

电压的参考方向既可以用正(+)、负(-)极性表示,如图 1-4(a)所示,正极性指向负极性的方向就是电压的参考方向;也可以用双下标表示,如图 1-4(b)所示,其中, U_{ab} 表示 a、b 两点间的电压参考方向由 a 指向 b。

在同一元件上,如果电流的参考方向与电压的参考方向一致,则称之为关联参考方向;如果电流的参考方向与电压的参考方向不一致,则称之为非关联参考方向。

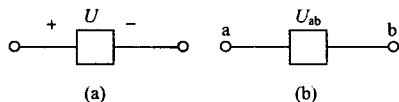


图 1-4 电压参考方向标注方法

3. 电功率与电能

单位时间内电场力所做的功称为电功率,简称为功率,用大写字母 P 表示。常用单位是瓦(W)、千瓦(kW)。

$$P = \pm \frac{QU}{t} = \pm UI \quad (1-5)$$

用上式计算电路吸收的功率时,若电压、电流的参考方向关联,则等式的右边取正号,否则取负号。当 $P > 0$,表明元件吸收功率;当 $P < 0$,表明该元件释放功率。

电能等于电场力所做的功,用大写字母 W 表示,单位是焦耳(J)。

$$W = Pt \quad (1-6)$$

【例 1-1】 如图 1-5 所示,用方框代表某一电路元件,其电压、电流如图中所示,求图中各元件功率,并说明该元件实际上是吸收还是释放功率?

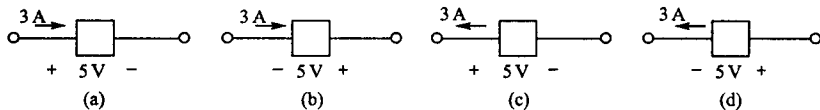


图 1-5 例 1-1 图

解:(1)电压、电流的参考方向关联,元件的功率为

$P = UI = 5 \times 3 = 15 \text{ W} > 0$,元件实际上是吸收功率。

(2)电压、电流的参考方向非关联,元件的功率为

$P = -UI = -5 \times 3 = -15 \text{ W} < 0$,元件实际上是释放功率。

(3)电压、电流的参考方向非关联,元件的功率为

$P = -UI = -5 \times 3 = -15 \text{ W} < 0$,元件实际上是释放功率。

(4) 电压、电流的参考方向关联, 元件的功率为

$P=UI=5\times 3=15\text{ W}>0$, 元件实际上是吸收功率。

1.3 电路的基本定律

欧姆定律、基尔霍夫定律和焦耳定律是电路的三个基本定律, 这三个定律揭示了电路中各物理量之间的关系, 是分析电路的依据。

当构成电路元件及电路本身的尺寸远小于电路工作时的电磁波的波长时, 称这些元件为集中元件或集中参数元件。由集中参数元件联接而成的电路, 称为集中参数电路。读者已经了解的欧姆定律体现了电阻元件自身经过理想化了的物理特征; 基尔霍夫定律描述了电路元件在互相联接之后电路各电流的约束关系和各电压的约束关系。

先介绍几个有关电路结构的名词。

支路: 由单个或几个电路元件串联而成的电路分支称为支路, 如图 1-6 中 abc 、 ac 、 adc 等, a 、 c 之间有三条支路。

节点: 三条或三条以上支路的连接点称为节点, 图 1-6 中的 a 、 c 都是节点。

回路: 电路中任意一个由若干支路组成的闭合路径称为回路。图 1-6 中的 $abca$ 、 $adca$ 、 $abcda$ 都是回路。

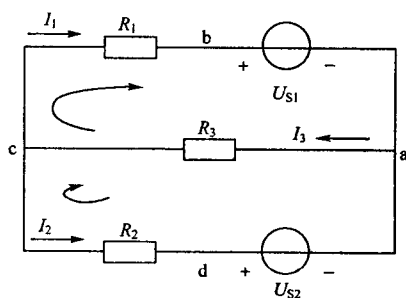


图 1-6 支路、节点、回路举例

1.3.1 基尔霍夫电流定律(KCL)

基尔霍夫电流定律(KCL)又称为基尔霍夫第一定律。在集中参数电路中, 任何时刻, 流出(或流入)一个节点的所有支路电流的代数和恒等于零。写出一般式为

$$\sum I = 0 \quad (1-7)$$

对图 1-6 所示电路的节点 a 应用 KCL 有

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

式中电流流出节点取“—”, 电流流入节点取“+”, 而电流是流出还是流入节点均按电流的参考方向来判定。上式或改写成

$$I_3 = I_2 + I_1$$

上式表明, 在集中参数电路中, 任意时刻, 流入节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。上式写成一般式为

$$\sum I_i = \sum I_o \quad (1-8)$$

式中 I_i ——流入的电流;

I_o ——流出的电流。

KCL 还可以运用于任意假设的封闭面,这种封闭面也称作“广义节点”。如图 1-7 所示电路,对于虚线封闭面所包围的电路,也可以列出其对外连接的三条支路电流的 KCL 方程

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

KCL 反映了电流连续性这一基本规律。

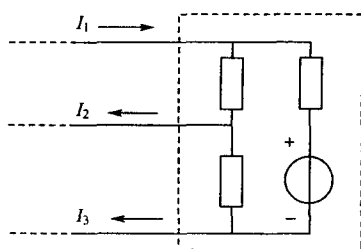


图 1-7 广义节点

1.3.2 基尔霍夫电压定律(KVL)

基尔霍夫电压定律(KVL)又称为基尔霍夫第二定律。在集中参数电路中,任何时刻,沿着一个回路的所有支路电压的代数和恒等于零。KVL 的数学表达式为

$$\sum U = 0 \quad (1-9)$$

在写上式时,先要任意规定回路的绕行方向,凡支路电压的参考方向与回路绕行方向一致者,此电压前面取“+”号;支路电压的参考方向与回路绕行方向相反者,此电压前面取“-”号。回路的绕行方向可用箭头表示,也可以用闭合节点序列来表示。如图 1-6 所示,回路 acba 的绕行方向如图中箭头所示,应用 KVL 有

$$U_{S1} + I_3 R_3 + I_1 R_1 = 0$$

在集中参数电路中,任意时刻,沿任意闭合路径,全部电压升之和等于电压降之和,是 KVL 的另一种形式。

如果一个闭合节点序列不构成回路,节点之间有开路电压,KVL 同样适合。由此可见,电路中任意两点间的电压与计算路径无关,是单值的。

KCL 和 KVL 只与电路中元件互相联接的方式有关,而与元件的性质无关。不论电路中的元件是线性的还是非线性的,时变的还是非时变的(定常的),只要是集中参数电路,KCL 和 KVL 总是成立的。

【例 1-2】 如图 1-8 所示电路,已知 $U_{S1} = 2\text{ V}$, $U_{S2} = 6\text{ V}$, $U_{S3} = 4\text{ V}$, $R_1 = 1.5\ \Omega$, $R_2 = 1.6\ \Omega$, $R_3 = 1.2\ \Omega$ 。按图示电流参考方向,若 $I_1 = 1\text{ A}$, $I_2 = -3\text{ A}$ 。试求:(1) 电流 I_3 ; (2) 电压 U_{AC} 和 U_{CD} 。

解: 对于节点 B, 根据 KCL, 有

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

所以

$$I_3 = -I_1 - I_2 = -1 - (-3) = 2\text{ A}$$

图示电路中虽未形成闭合回路,但 A、B、C 三点中任意两点间的电压可以利用 KVL 加以确定,由 KVL 定律可以写出

$$U_{AC} - U_{S3} + I_3 R_3 - I_1 R_1 + U_{S1} = 0$$

$$U_{CD} + U_{S2} + I_2 R_2 - I_3 R_3 + U_{S3} = 0$$

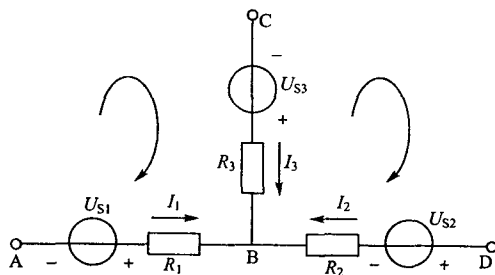


图 1-8 例 1-2 图

因此得

$$U_{AC} = U_{S3} - I_3 R_3 + I_1 R_1 - U_{S1} = 4 - 2 \times 1.2 + 1 \times 1.5 - 2 = 1.1 \text{ V}$$

$$U_{CD} = -U_{S2} - I_2 R_2 + I_3 R_3 - U_{S3} = -6 - (-3) \times 1.6 + 2 \times 1.2 - 4 = -2.8 \text{ V}$$

值得注意的是,在应用基尔霍夫定律时,方程中各项前的符号由各元件电压的参考方向与绕行方向是否一致而定,一致取正号,相反取负号。

1.4 电路的工作状态

实际应用中,电源与负载不能任意联接,如果联接不当,会使电源或负载损毁。为了正确选用电源和负载,必须知道它们的额定值。

1.4.1 电路的基本状态

了解电路的基本状态及特点,对正确而安全地用电有非常重要的指导作用。综合实际电路的状态,有通路、开路和短路三种基本状态。

1. 通路

如图 1-9(a)所示,将开关 S 闭合,电源和负载接通,称为通路或有载状态。通路时,电源向负载提供电流,电源的端电压与负载端电压相等。

2. 开路

如图 1-9(b)所示,将开关 S 打开或由于其他原因切断电源与负载间的联接,称为电路的开路状态。显然,电路开路时,电路中电流 $I=0$,因此负载的电流、电压和得到的功率都为零。对电源来说称为空载状态,不向负载提供电压、电流和功率。

3. 短路

由于工作不慎或负载的绝缘破损等原因,致使电源两端被阻值近似为零的导体连通,称为短路,如图 1-9(c)所示。

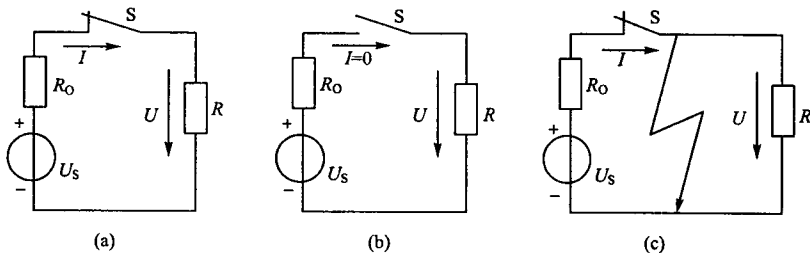


图 1-9 电路的基本状态

电路短路时,电源的端电压即负载的电压 $U=0$,负载的电流与功率亦为零。此时,通过电源的电流最大,电源产生的功率很大,且全部被内阻所消耗,若不采取防范措施,将会使电源设备烧毁,导致火灾事故的发生。因此,短路一般是一种事故,要尽量避免。严

格遵守操作规程和经常检查电气设备及线路的绝缘情况,是避免出现短路事故的重要安全措施。另外,为了防止一旦出现短路而造成严重后果,通常在电路中接入熔断器进行短路保护。

注意:在某些情况下是需要电路短路的,如测量变压器的铜损,则是通过对变压器作短路试验完成的,但必须给变压器施加很小的电压。有时,为了某种需要,也常将电路中的某一部分短路,这种情况常称为“短接”以示区别。

1.4.2 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。例如额定电压 U_N 和额定电流 I_N 。某些额定值间有着某种确定的、简单的数学关系,因此某些设备的额定值并不一定全部标出。例如电阻上常标出其阻值和额定功率,额定电流可由 $P_N = I_N^2 R$ 关系得出。

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。当电流等于额定电流时称为满载,超过额定电流时称为过载,小于额定电流时称为欠载。电源设备通常工作于欠载或满载状态,只有满载时才能被充分利用。

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。

1.5 电路中电位的概念及计算

在分析电子电路时,通常要应用电位这个概念。譬如对二极管而言,只有当它的阳极电位高于阴极电位时,管子才能导通,否则就截止。在讨论三极管的工作状态时,也要分析各个极的电位高低。前面我们只引出电压这个概念,两点间的电压就是两点的电位差,

它只能说明一点的电位高,另一点的电位低,以及两点的电位相差多少的问题,至于电路中某一点的电位究竟是多少,将在本节中讨论。

现以图 1-10 的电路为例,来讨论该电路中各点的电位。根据图可得出

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

$$U_{ca} = 20 \times 4 = 80 \text{ V}$$

$$U_{da} = 5 \times 6 = 30 \text{ V}$$

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

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

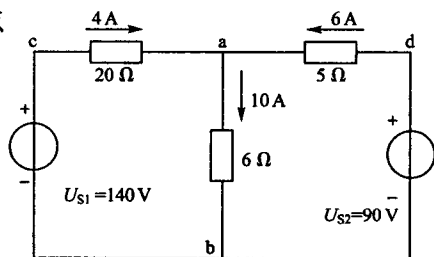


图 1-10 电路举例

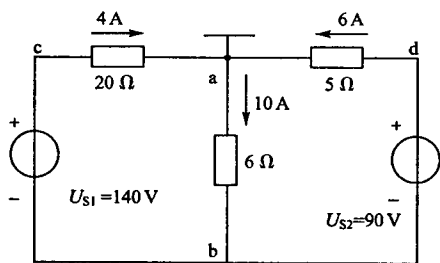
可见,在图 1-10 中,我们只能算出两点间的电压值,而不能算出某一点的电位值。因此,计算电位时,必须选定电路中某一点作为参考点,它的电位称为参考电位,通常设参考电位为零。而其他各点的电位都同它比较,比它高的为正,比它低的为负。正数值愈大则电位愈高,负数值愈大则电位愈低。

参考点在电路图中标上“接地”符号,常用“ $\perp$ ”标注。所谓“接地”,并非真与大地相接。在图 1-10 中,如果设 a 点为参考点,即 $V_a = 0$,如图 1-11(a)所示,则可得出

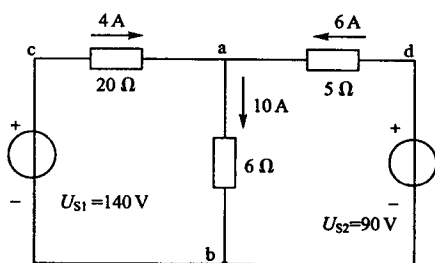
$$V_b - V_a = U_{ba}, \quad V_b = U_{ba} = -60 \text{ V}$$

$$V_c - V_a = U_{ca}, \quad V_c = U_{ca} = +80 \text{ V}$$

$$V_d - V_a = U_{da}, \quad V_d = U_{da} = +30 \text{ V}$$



(a) $V_a = 0$



(b) $V_b = 0$

图 1-11 电路电位

b 点的电位比 a 点低 60 V,而 c 点和 d 点的电位比 a 点分别高 80 V 和 30 V。

如果设 b 点为参考点,即 $V_b = 0$,如图 1-11(b)所示,则可得出

$$V_a - V_b = U_{ab}, \quad V_a = U_{ab} = +60 \text{ V}$$

$$V_c - V_b = U_{cb}, \quad V_c = U_{cb} = +140 \text{ V}$$

$$V_d - V_b = U_{db}, \quad V_d = U_{db} = +90 \text{ V}$$

从上面的结果可以看出:

(1) 电路中某一点的电位等于该点与参考点(电位为零)之间的电压。

(2) 参考点选得不同,电路中各点的电位值随着改变,但是任意两点间的电压值是不变的,所以各点电位的高低是相对的,而两点间的电压值是绝对的。

图 1-11 也可简化为图 1-12 所示电路,不画电源,各端标以电位值。