



中等职业教育示范专业规划教材
机电类专业教学用书

电工电子技术

DIAN GONG DIAN ZI JI SHU

郑亚红 ● 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育示范专业规划教材
机电类专业教学用书

电工电子技术

主 编 郑亚红
副主编 周红梅
参 编 张英姿 詹贵印 李诚斌
主 审 夏加宽



机械工业出版社

本书内容包括直流电路的基本概念、直流电路的分析、正弦交流电的基本概念及正弦交流电路的分析、变压器、电动机、常用低压电器与基本控制线路、供电及安全用电、半导体二极管及其应用、直流稳压电源、晶体管及放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大器、晶闸管及其应用、数字逻辑基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路等,共16章。

本书适合中等职业学校数控技术、机电技术应用和机械制造与控制等专业学生使用,也可作为初学者学习电工电子技术的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/郑亚红主编. —北京:机械工业出版社, 2009.1

中等职业教育示范专业规划教材. 机电类专业教学用书
ISBN 978-7-111-25454-6

I. 电… II. 郑… III. ①电工技术—专业学校—教材
②电子技术—专业学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第165971号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:汪光灿 版式设计:霍永明
责任校对:陈延翔 封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2009年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13印张·320千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-25454-6

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379193

封面防伪标均为盗版

前 言

为贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》(国发[2005]35号)和党中央、国务院关于进一步加强对各级各类教育教材建设工作的指导,深化职业教育教学改革,根据社会需要,不断更新教学内容,改进教学方法,以服务为宗旨,以就业为导向,大力推进精品专业、精品课程和教材建设,我们编写了《电工电子技术》这本教材。

本书编者为长期从事中等职业教育的教师,具有多年的电工电子技术课程教学经验,所以在本书结构和内容安排上吸收了编者在教学改革、教材建设等方面取得的经验体会,力求全面体现中等职业教育的特点,满足当前教学需要,以“必需、够用”为原则,以“创新、实用”为指导思想,删除了复杂的理论推导,安排了大量的实验内容,做到理论指导实践,实践映射理论,易学易懂,注重培养学生观察、分析、解决问题的能力。

本书由沈阳市装备制造工程学校郑亚红老师任主编(编写第八、九、十章);由沈阳铁路机械学校周红梅老师任副主编(编写第十一、十二、十三章);沈阳市装备制造工程学校张英姿老师编写第一、二、三章;沈阳铁路机械学校詹贵印老师编写第四、五、六、七章;沈阳市装备制造工程学校李诚斌老师编写了第十四、十五、十六章。本书主审沈阳工业大学博士生导师夏加宽教授详细地审阅了书稿,并提出许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。

由于编写时间较紧,而且教材内容涉及面宽,很难将编者的想法全部体现在教材中,加之我们水平有限,难免存在疏漏,恳请读者批评指正。

编 者



目 录

前言

第一章 直流电路的基本概念	1
第一节 电路的基本物理量	1
第二节 电路的负载	4
第三节 电路的工作状态	8
本章小结	9
思考练习题	9
第二章 直流电路的分析	11
第一节 等效电路的概念和应用	11
第二节 电阻的应用	13
第三节 电路中各点电位的分析	14
第四节 基尔霍夫定律	15
本章小结	16
实验一 电气测量的基本方法及万用表的使用	17
实验二 电阻元件伏安特性测试	19
实验三 电位的测量	20
实验四 基尔霍夫定律的验证	20
思考练习题	21
第三章 正弦交流电的基本概念及正弦交流电路的分析	23
第一节 正弦交流电的物理量	23
第二节 单相正弦交流电路的分析	27
第三节 功率因数及提高功率因数的方法	33
第四节 串联谐振	35
第五节 三相交流电	37
本章小结	40
实验五 单相交流电路的研究	41
思考练习题	43

第四章 变压器	44
第一节 交流铁心线圈电路	44
第二节 变压器的基本结构和工作原理	45
第三节 变压器的用途与额定值	48
第四节 自耦变压器	49
第五节 仪用互感器	50
本章小结	51
实验六 单相变压器与自耦变压器的使用	52
思考练习题	54
第五章 电动机	56
第一节 三相笼型异步电动机的结构	56
第二节 三相异步电动机的工作原理	57
第三节 三相异步电动机的机械特性	59
第四节 三相异步电动机的铭牌	60
第五节 直流电动机	61
本章小结	63
实验七 三相异步电动机的简单测试及运行	64
思考练习题	66
第六章 常用低压电器与基本控制线路	68
第一节 常用低压电器	68
第二节 基本控制线路	76
本章小结	80
实验八 接触器互锁正反转控制线路	80
思考练习题	82
第七章 供电及安全用电	83
第一节 供电系统及供电质量的概念	83
第二节 安全用电常识	84
第三节 电气火灾的防范与扑救	88
第四节 计划用电与节约用电	89
本章小结	89
思考练习题	90
第八章 半导体二极管及其应用	91
第一节 半导体的基本知识	91
第二节 半导体二极管	93
第三节 半导体二极管的应用	94

本章小结	96
思考练习题	96
第九章 直流稳压电源	97
第一节 概述	97
第二节 单相桥式整流电路	97
第三节 电容滤波电路	98
第四节 稳压电路	100
本章小结	103
实验九 集成电源的应用	103
思考练习题	105
第十章 晶体管及放大电路	106
第一节 晶体管	106
第二节 共射极放大电路的组成和工作原理	110
本章小结	116
实验十 基本放大电路的调试与研究	117
思考练习题	118
第十一章 负反馈放大电路	120
第一节 负反馈的基本概念	120
第二节 负反馈放大电路的类型	121
第三节 负反馈对放大电路性能的影响	122
本章小结	125
实验十一 负反馈放大器的测试	125
思考练习题	127
第十二章 集成运算放大器	129
第一节 集成电路概述	129
第二节 集成运算放大器	130
第三节 集成运放的信号输入方式	132
第四节 集成运放的应用电路	135
第五节 集成运放的使用常识	137
本章小结	138
思考练习题	139
第十三章 晶闸管及其应用	140
第一节 晶闸管的结构和工作原理	140
第二节 晶闸管的触发电路	143

第三节 晶闸管的典型应用电路	144
本章小结	146
思考练习题	146
第十四章 数字逻辑基础	148
第一节 概述	148
第二节 基本逻辑运算	152
第三节 逻辑代数的基本定理及常用公式	155
第四节 逻辑函数及其表达式	156
第五节 逻辑函数的化简	158
第六节 TTL、COM 集成门电路	164
本章小结	167
实验十二 集成逻辑门电路逻辑功能的测试	167
思考练习题	169
第十五章 组合逻辑电路	171
第一节 概述	171
第二节 组合逻辑电路的分析方法	171
第三节 组合逻辑电路的设计方法	172
第四节 编码器	173
第五节 译码器	176
第六节 加法器	180
本章小结	181
实验十三 译码显示电路的测试	181
思考练习题	182
第十六章 时序逻辑电路	184
第一节 触发器	184
第二节 时序逻辑电路	191
本章小结	194
实验十四 集成触发器逻辑功能测试	195
实验十五 可逆计数器逻辑功能测试	197
思考练习题	198
参考文献	200

第一章 直流电路的基本概念

学习目的：

1. 掌握电路的基本结构和基本定律。
2. 掌握电路中常见负载元件的特性。
3. 熟练掌握电流、电压、功率和电能等基本物理量的概念。
4. 掌握电路工作状态的概念与分析方法。
5. 了解电气设备额定值的含义。

第一节 电路的基本物理量

在日常生活中，用电的设备到处可见，如电视、电话、电冰箱、空调等。这些用电设备都是通过其本身的电路来使电发挥作用的。电路是由一些电气设备或元件按一定方式组合起来并能实现一定目的的集合。在这里所说的电路是实际电路的理想化形式，称之为电路模型。图 1-1a 所示为由一个电源（干电池）、一个负载（小灯泡）、两根导线和一个开关组成的简单电路，其电路模型如图 1-1b 所示。

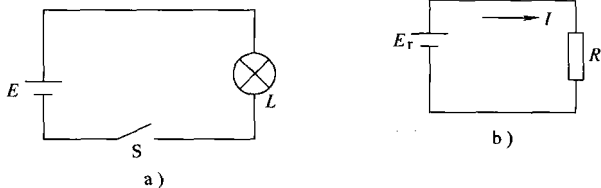


图 1-1 简单电路及其模型

要分析电路，一般情况下是分析电路图。电路图是电路模型画在一个平面上所形成的图形，图 1-1b 就是一个简单的电路图。电路图中常见的元件符号见表 1-1。

在后面内容中，电路均指电路模型。在电路分析中，要用到一些物理量，下面介绍几个重要的物理量。

一、电流

世界上的物质按导电能力不同大致可分为导体、半导体、绝缘体三类。物质是由原子构成的，而原子又是由原子核和核外电子构成，原子核带正电荷，核外电子带负电荷，通常情况下，正负电荷数量相同，所以物质不显电性。在导体中，如银、铝、铁、锌的原子，它们的最外层电子容易摆脱原子核的束缚，成为可流动的自由电子。在电压的作用下，整个物质中自由电子从一个原子流向另一个原子的定向移动就形成了电流。确切地说，只要有电荷的定向移动就能形成电流。如果一个导体中的原子失去电子，导体将成为一个带正电的物体；如果一个导体中的原子获得电子，导体将成为一个带负电的物体。物体所带电荷的多少叫做电量，用 Q 表示，其单位为库仑(C)，1 库仑的电量是 6.25×10^{18} 个电子所带的电量。因此，一个电子的电量为： $e = -1.6 \times 10^{-19}$ 库仑。

表 1-1 常见的元件符号

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
干电池或 蓄电池		固定电阻		固定电容		电感线圈	
一般 电压源		电位器		可调电容		带磁心线圈	
一般 电流源		一般可调电阻		预调电容		变压器	
电流表		开关		接地		不连接的 导线	
电压表		熔丝		相连接导线			

物质中存在两种电荷，即正电荷和负电荷，所以电流的形成就存在两种可能，那么电流的方向怎样确定呢？

规定正电荷的移动方向为电流的方向。

电流是一种物理现象，又是一个表示带电粒子(正电荷,负电荷)定向运动的强弱的物理量。规定电流的基本单位是安培，用 A 表示。1 安培(A)电流表示 1 秒(s)内通过导体横截面的电荷为 1 库仑(C)。因此，电流用公式可表示为

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

式中 Q ——电荷量，单位是库仑(C)，简称库；

I ——电流，基本单位是安培(A)，还有毫安(mA)，微安(μA)，千安(kA)；

t ——通电时间(s)。

电流单位之间换算关系为

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

例 1-1 如果在 5s 内通过导线的电量是 10C，试求导线中的电流强度？

解：

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{10\text{C}}{5\text{s}} = 2\text{A}$$

电流的种类很多，如果电流的大小和方向都不随时间变化，这样的电流叫直流电流或稳恒电流，如图 1-2a 所示。如果电流的大小随时间变化，但方向不随时间变化，这样的电流叫脉动电流，如图 1-2b 所示。如果电流的大小和方向都随时间变化，这样的电流叫交流电流，如图 1-2c 所示。

日常生活中，像手电筒、手机、MP3 等用的都是直流电，而电视、冰箱等用的都是交流电。

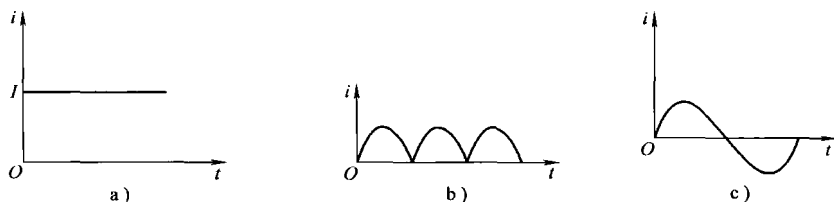


图 1-2 电流种类

二、电压

如何能让导体中无数的自由电子能统一方向运动形成电流呢？那就需要在导体的两端加电压，电压是形成电流的根本原因。什么是电压呢？举个例子，一段导体的两端正电荷的数量不同，那么，称数量多的一端为高电位，数量少的一端为低电位，则导体两端存在电位差，这个电位差即是电压。电压的方向是从高电位指向低电位。在电压的作用下，正电荷从导体的一端流向另一端，从而形成了电流。

电压和电位的基本单位都是伏特，符号为 V。还有千伏(kV)毫伏(mV)和微伏(μV)。其单位之间换算关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

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

两点之间电压和这两点电位之间的关系可表示为

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

对于电池来说，其正极电位高，负极电位低。在电池的內部，依靠化学反应使其正极不断堆积正电荷，负极不断堆积负电荷，就像一个“电泵”一样。因此，电池可使电路两端产生并保持一定的电压。不同的电源所提供电压的能力是不同的，我们把这种能力称为电源电动势。电源电动势的大小是由电源本身决定的，跟外电路没有关系。电源电动势的单位是伏特(V)。当电源未连接在电路中时，两端电压即是电源电动势，称为开路电压。

三、电能

在电源内部，正电荷在从负极到正极的过程中，化学力要做功，使化学能转换为电能，电能才使电灯发光。在电灯发光的过程中，存在能量转换，即电能转换为光能和热能。电流在一段时间内所做的功，叫电功或电能。

若相同的电灯，接上不同的电源，灯的亮度是不同的，这说明电能是不同的。那么，电能的大小怎样计算呢？

电能的大小与这段电路两端的电压、电路中的电流和通电时间成正比其基本单位是焦[耳]，符号为 J。用公式表示为

$$W = UQ = UIt \quad (1-2)$$

式中 U ——加在电路两端的电压(V)；

I ——导体中的电流(A)；

t ——通电时间(s)；

W ——电能(J)。

四、电功率

若用相同的电源，烧开相同量的水，不同的用电器，所用的时间不同，这说明电能的转

换快慢是不同的,即电功率不同。单位时间内负载消耗的能量称为负载取用的电功率,简称功率。它是表明负载消耗电能快慢程度的物理量,用 P 表示,基本单位为瓦(W),用公式表示为

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-3)$$

或 $P = UI \quad (1-4)$

式中 t ——完成这些功所用的时间(s);

P ——电功率(W);

U ——加在负载两端的电压(V);

I ——流过负载的电流(A)。

功率常用的单位还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)等,单位之间换算关系为

$$1\text{ kW} = 10^3\text{ W} = 10^6\text{ mW}$$

由式(1-3)可知: $W = Pt$ 。若功率的单位为瓦(W),时间为秒(s),则电能的单位为焦尔(J)。在实际应用中,电能的单位常用千瓦时(kW·h)表示。1千瓦时的电能通常叫1度电。1度电为

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

例 1-2 某礼堂中有 200 盏电灯,每盏灯泡的功率为 100W,问全部电灯使用 2h,总共能消耗多少电能?若每度电费为 0.45 元,应付多少电费?

解: 全部电灯的功率为: $P = 200 \times 100\text{ W} = 20000\text{ W} = 20\text{ kW}$

使用 2h 的电能为: $W = Pt = 20\text{ kW} \times 2\text{ h} = 40\text{ kW} \cdot \text{h}$

应付电费为: $40 \times 0.45\text{ 元} = 18\text{ 元}$

为了保证用电设备、元件正常合理、可靠地长时间工作,要考虑其安全运行时的限定值,它是生产厂家给用户规定的量限值,如额定电压、额定电流、额定功率等。通常元器件、设备的铭牌上,只标两个额定值:电压和功率,或电流和功率,或电压和电流,而第三个额定值不标出,由用户自己计算。例如,220V、40W 灯泡的额定电流就是 $40\text{ W}/220\text{ V} = 0.18\text{ A}$,若加在用电设备上的电压改变,它的功率也随着改变。在电路中,像电灯这种要吸收功率的负载,若负载吸收的功率超过它的承受能力时就会烧毁。例如,一个 110V、15W 的灯泡,接在 220V 电源上,灯泡就会立即烧毁,所以要保证用电设备在额定电压下正常工作。

第二节 电路的负载

电路元件是组成电路最基本的单元,常见的基本元件有电阻、电容、电感,也称为负载元件。它们在电路中会消耗功率或交换能量,叫做无源元件,与它们不同的是电源,电源的作用是发出功率,叫做有源元件。本节介绍三个负载元件在电路中的基本性质。

一、电阻

1. 部分电路欧姆定律

电荷在导体中定向移动形成电流的过程中,要受到原子核的阻碍作用,这种阻碍作用使电荷运动的速度降低,电荷的一部分能量转化为热能。所以电阻元件是耗能元件。表示这种

阻碍作用的物理量叫电阻，用字母 R 来表示。电阻符号如图 1-3 所示。

具有电阻性质的实际元件有很多，如电炉、电灯、电烙铁等。若把不同的电灯接在同一电源上，电灯发出的光强弱不一，这说明不同的元件对电流的阻碍作用是不同的，电阻的大小和四个因素有关，即电阻定律描述为：在温度一定的情况下，电阻的大小与导体的材料和长度成正比，与导体的横截面积成反比，用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-5)$$

式中 ρ ——电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)，其值由导体材料的性质决定；

L ——导体的长度(m)；

S ——导体的截面积(m^2)；

R ——导体电阻(Ω)。

在国际单位制中，电阻的常用单位还有千欧($\text{k}\Omega$)和兆欧($\text{M}\Omega$)，单位之间换算关系为

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

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

1827 年，德国物理学家欧姆发现了电阻、电压和电流之间的规律，称为欧姆定律。定律的内容为：在一段电阻电路中，电路中的电流与电阻两端的电压成正比，与电阻成反比。这个结论叫部分电路欧姆定律，如图 1-4 所示。

用公式表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-6)$$

式中 I ——电路中的电流(A)；

U ——加在电路两端的电压(V)；

R ——电路中的电阻(Ω)。

如果以电压为横坐标，电流为纵坐标，可画出电阻的 U - I 关系曲线，称为电阻元件的伏安特性曲线，如图 1-5 所示。

电阻元件的伏安特性曲线是直线时，称为线性电阻。电阻元件的电阻值在常温时，可认为是不变的常数，如图 1-5 所示，直线斜率的倒数表示该电阻元件的电阻值；如不是直线时，称为非线性电阻，通常所说的电阻都是指线性电阻。

2. 全电路欧姆定律

对于一个包含电源内阻和负载电阻的全电路如图 1-6 所示。欧姆定律可表示为

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-7)$$

说明：在整个闭合电路中，电流与电源的电动势成正比，与电路中的电源内阻和外阻之和成反比。该式叫全电路欧姆定律。式中， E 为电源的电动势，单位为伏特(V)； R 是负载电阻， r 是电源内阻(非静电力将正电荷从负极移到正极所受到的阻力)，单位为欧

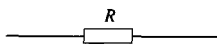


图 1-3 电阻符号

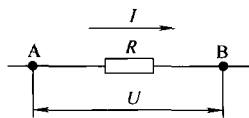


图 1-4 部分电路

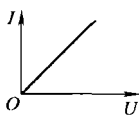


图 1-5 电阻元件的伏安特性曲线

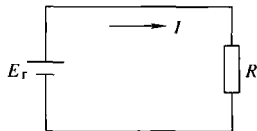
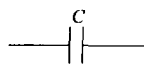


图 1-6 全电路

姆(Ω); I 是电流, 单位为安培(A)。

二、电容

电容也是一个基本的电子元件。两个互相靠近、彼此绝缘的金属电极就能构成一个最简单的电容器。两个电极间的绝缘物质称为电容器的介质。电容就是实际电容器在电路中的模型。在电路中, 图 1-7 表示电容符号。



电容最基本的特性是能够储存电荷。因为电容能储存电荷与电能, 图 1-7 电容符号所以电容是一种储能元件。用公式表示为

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1-8)$$

式(1-8)表示电容储存电荷的本领, 即任何一个电容器, 其中任一个极板所带的电量与两极板间的电压的比值是一个常数。电容器所带的电荷量 Q 与电容器两端电压的比值叫做电容器的电容(量)。对于不同的电容器, 这一比值是不同的。电容量用字母 C 表示, 在国际单位制中, 电容量的单位是 F[法(拉)], 还有较小的单位微法(μF)和皮法(pF)。单位之间的换算关系为

$$1\text{F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{pF}$$

如果是平行板电容器, 电容量的大小取决于极板面积、介电常数及两极板间的距离。用公式表示为

$$C = \epsilon \frac{S}{d} \quad (1-9)$$

式中 S ——是两极板的相对的有效面积(m^2);

d ——两极板的内表面的距离(m);

ϵ ——绝缘介质的介电常数(F/m)。

我们通常将电容器称为电容元件, 简称电容。这样电容既代表电容元件, 也代表电容参数。因为电容的结构中间是绝缘物质, 所以, 为了避免电容器在使用时被击穿, 通常在电容器外壳上标有额定工作电压(习惯上叫耐压)即电容器长期工作时所能承受的最大电压。电容器的外壳上标有型号及主要参数, 如图 1-8 所示。

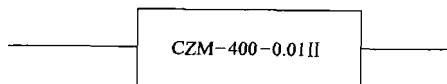


图 1-8 电容器的型号及主要参数

外壳上的标志为: 型号-耐压-标称容量-精度等级。图中电容器的标志为: 密封纸介电容器, 耐压 400V, 电容量为 $0.01\mu\text{F}$, 误差为 $\pm 10\%$ 。

电容器的种类很多, 按电介质的材料不同可分为空气电容器、陶瓷电容器、涤纶电容器、铝电解电容器以及金属氧化膜电容器。

按电容器的结构和使用情况不同可分为固定电容器、可调电容器和预调电容器、电解电容器等。

在电路图中常用不同的符号表示结构不同的电容器。下面是这几个电容器的符号, 如图 1-9 所示。

三、电感

线圈可看作为电感器。电感线

圈是由导线一圈靠一圈地绕在绝缘



图 1-9 不同结构的电容器的符号

管上,导线彼此互相绝缘,而绝缘管可以是空心的,也可以包含铁心或磁粉芯。电感器由于是线圈绕制的,所以,它的特性是当流过线圈的电流发生变化时,电感器就阻碍电流的变化。阻碍电流变化的能力,用电感量来表示,电感量简称电感,用字母 L 来表示,它取决于线圈的结构,如匝数、几何尺寸、有无铁心以及铁心的导磁性能。

实际的电感线圈常用导线绕制而成,因此,除具有电感外还具有电阻。由于电感线圈的电阻很小,常可忽略,它就成为一种只有电感而没有电阻的理想线圈,即纯电感线圈,简称电感。这样,电感具有双重意思,既是元件,又是参数。在电路图中,空心电感线圈、铁心电感线圈和实际电感线圈分别用图 1-10 中的符号表示。当电流通过导体时,便在导体周围建立磁场,将电能转换为磁能。反之,在变化磁场中的导体内部也会产生感应电流。把利用磁场产生电流的现象叫电磁感应现象。

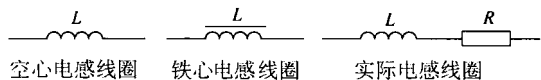


图 1-10 电感线圈符号

由于电感元件在构造上的特点,电、磁转换

过程集中在元件内部进行。当变化的电流流过线圈时,线圈内部进行能量转换,能量一部分转变为热能,一部分储存在电感元件中。所以电感元件是储能元件。

实际上,并非线圈才有电感,电路中的一段导线、一个电阻、一个大容量的电容都存在电感,只是量值很小,对电路的影响极微,一般情况可以不予考虑。

电感元件具有自感和互感的特性。

当流过线圈中的电流发生变化时,线圈本身就产生感应电动势,这个电动势总是阻碍线圈中电流的变化。这种由于线圈本身的电流发生变化而产生的电磁感应现象称为自感现象,简称自感。在自感现象中产生的感应电动势,叫做自感电动势。

自感现象广泛应用于各种电气设备和电子技术中,利用线圈具有阻碍电流变化的特点,可以稳定电路里的电流。例如,荧光灯电路中利用镇流器的自感现象,获得点燃灯管所需要的高压,并且使荧光灯正常工作;无线电设备中常用电感线圈和电容器的组合构成谐振电路和滤波器等。

但是,自感现象在某些情况下是非常有害的。在具有很大自感而电流又很大的电路中,当电路断开的瞬间,由于电路中的电流变化很快,在电路中会产生很大的自感电动势,可能击毁线圈的绝缘保护,或者使开关的闸刀和固定夹片之间的空气电离变成导体,产生电弧而烧毁开关,甚至危及工作人员的安全。因此,在实际中要设法避免这些有害的自感现象发生。

由于一个线圈中的电流发生变化引起另一个线圈产生感应电动势的现象称为互感现象,简称互感。产生的电动势称为互感电动势。能够产生互感电动势的两个线圈称为互感线圈或耦合线圈。

在电力工程和无线电技术中,互感有着广泛的应用。应用互感可以很方便地把信号或能量由一个线圈传到另一个线圈。我们使用的各种各样的变压器,如电力变压器、钳形电流表等都是根据互感原理工作的。

互感有时也会带来危害,例如,有线电话常常会由于两路电话间的互感而引起串音,或正打有线电话,旁边的手机有信息,也会引起干扰。无线电设备中,若线圈位置安放不当,线圈间相互干扰,将会影响设备的正常工作。在这种情况下就需要避免互感的干扰。

第三节 电路的工作状态

要对电路进行分析，首先要了解电路分析的相关名词及电路的工作状态。

一、名词

(一) 无分支串联电路

图 1-1b 所示的电路是一种无分支的单一回路，可用欧姆定律分析电路中的电流、电压和功率。

(二) 复杂电路

如图 1-11 所示，电路中有多个电源、多条支路，这样的电路叫复杂电路，不能用欧姆定律来分析，需用后面章节中的基尔霍夫定律来分析。这里先介绍一下相关名词。

(1) 支路 由一个或几个元件组成的无分支电路叫支路，如图 1-11 所示中的 ABCD、AD、AFED。

(2) 节点 三条或三条以上支路的连接点叫节点，如图 1-11 所示中 A、D。

(3) 回路 电路中任何一个闭合路径叫做回路，如图 1-11 所示中的 ABCDA、ADEFA、ABCDEFDA。

(4) 网孔 中间无支路穿过的回路叫做网孔，如图 1-11 所示中的 ABCDA、ADEFA。

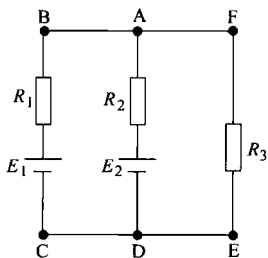


图 1-11 复杂电路

二、电路的工作状态

电路的工作状态通常有开路、短路和闭路三种，如图 1-12 所示。

(1) 开路 当电路中的元件的一端或两端断开时，就称电路为开路状态，也称断路。电阻、电源和开关都可以处于开路状态，如图 1-12a 所示。

(2) 闭路 如果把图 1-12a 中的开关合上，电源就向负载电阻 R 输送电流，此时电路就处于闭路，也称为通路，如图 1-12b 所示。实际的用电设备，都有额定电压、额定电流和额定功率等，如果电气设备按照额定值运行，则称电路处于额定工作状态。电气设备在使用时，必须按照厂家给定的额定条件来使用，不允许超过额定值。

(3) 短路 把图 1-12b 中的负载电阻的两端，用导线连起来，即电阻的两端电压为零，那么此时电阻就处于短路状态，电源也处于短路状态，短路也称为捷路，如图 1-12c 所示。要注意电源是不允许被短路，因为短路将导致外电路的电阻为零，根据欧姆定律，电流将会是无穷大，必将损坏电源。

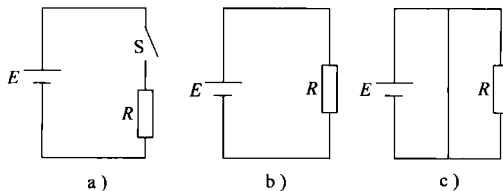


图 1-12 电路的三种工作状态

例 1-3 某电源开路时端电压为 3V ，闭路时端电压为 2.88V ，已知外电路电阻为 9.6Ω ，试求电源内阻和电路中的电流。

解：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2.88\text{V}}{9.6\Omega} = 0.3\text{A}$$

$$U_{\text{内}} = U - U_{\text{端}} = 3\text{V} - 2.88\text{V} = 0.12\text{V}$$

$$r_{\text{内}} = \frac{U_{\text{内}}}{I} = \frac{0.12\text{V}}{0.3\text{A}} = 0.4\Omega$$

本章小结

1. 电路结构

将实际电路中各元器件都用它们的符号来表示，便构成电路图，本课程研究的电路均为电路图。

2. 电路中的基本物理量

(1) 电流(I) 电荷的定向移动形成电流。规定正电荷的运动方向为电流的方向，与负电荷运动的方向相反；电流的大小用电流强度来表示，基本单位是安培(A)。

(2) 电压(U) 电位之差叫电压。其基本单位是伏特(V)，方向是从高电位指向低电位。

(3) 电能(W) 电流在一段时间内所做的功，叫电能。基本单位是焦耳(J)。

(4) 电功率(P) 单位时间内电流所做的功，叫电功率。基本单位是瓦特(W)。

3. 负载元件

常见的负载元件有电阻、电容、电感，它们都是无源元件。其中电阻是耗能元件，而电容和电感是储能元件。

(1) 电阻既是一种元件，也是表示元件对电流的阻碍作用的物理量。基本单位是欧姆(Ω)。欧姆定律是反映电流、电压、电阻三者之间关系的规律，包括部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律。

(2) 电容既是一种基本元件，又是表示电容器储存电荷能力的物理量。两个互相靠近、彼此绝缘的金属电极就是一个简单电容器的结构。电容器的基本特性是存储电荷，储存电荷的能力用电容量来表示，简称电容，单位是F[法(拉)]。

(3) 电感器就是线圈。电感既是一种元件，又是表示阻碍电流变化能力的物理量。它由导线一圈靠一圈地绕在绝缘管上构成。电感器具有自感和互感的特性，在生产和生活中都有广泛的应用。

4. 电路的工作状态

电路的工作状态有三种：闭路、短路、开路。

思考练习题

1-1 填空

- (1) 电荷的_____移动形成电流，电流用符号_____表示。
- (2) 若3min通过导体横截面的电荷量是180C，则导体中的电流是_____A。
- (3) 电压的方向规定为由_____电位指向_____电位。
- (4) 电路中 a 、 b 两点的电位分别为 $V_a = -2\text{V}$ 、 $V_b = 5\text{V}$ ，则 a 、 b 两点间的电压 $U_{ab} =$ _____，其方向为_____。
- (5) 某电热器额定值为“220V、2000W”，若在额定状态下工作，则电流为_____，电阻值为_____，该电热器连续工作3h，消耗电能为_____。
- (6) 电路通常有_____、_____、_____三种状态。