

职业高中试用教材

高等教育出版社

电工基础

上册 周绍敏 编



ZHIYE GAOZHONG SHIYONG JIAOCAI

职业高中试用教材

电 工 基 础

上 册

周绍敏 编

高等教育出版社

内 容 提 要

全书分上、下两册出版。上册内容有电路的基本概念和基本定律、直流电路的分析、磁路和电磁感应现象；下册包括正弦交流电路的基本概念、矢量法和符号法，变压器、三相正弦交流电路，非正弦周期电路和过渡过程。每章末均有适量的习题。书后还附有学生实验，供选用。

本书从职业中学的实际出发，内容安排由浅入深，通俗易懂。本书可作为职业中学（招收初中毕业生）电子专业的试用教材，也可作为成人职业教育的培训教材。

职业高中试用教材

电 工 基 础

上 册

周绍敏 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本787×1092 1/32 印张6.25 字数133,000

1986年9月第1版 1986年9月第1次印刷

印数 00,001—26,000

书号 15010·0810 定价 0.82 元

前 言

职业技术教育是开发智力、培养人材的重要途径，是国民经济持续发展的可靠保证，它同现代化建设有极密切的关系。要进一步提高职业技术教育的质量，必须加强教材的建设。本书是由江苏省教育厅组织编写的，具体编写工作是在苏州市教育局领导下进行的，并得到有关单位的大力支持和协助。

本书分上、下两册，共十四章。上册有六章，第一至三章为直流电路，第四章电容，第五、六章磁场、磁路和电磁感应。下册计八章，除第十一章变压器外，其余均为电路内容，即第七至十章正弦交流电路，第十二章三相正弦交流电路，第十三章非正弦周期电路，第十四章过渡过程。每章末均有适量的习题，书后附有学生实验，供教学中选用。标题前标有*号的为选学内容。

本教材从职业中学的实际出发，力求结合生产实际。在内容处理方面，注意少而精，讲求实效；在编写上力求由浅入深，循序渐进，通俗易懂，使之具有针对性和系统性。本书既可作为职业中学的教材，也可作为成人职业教育的培训教材。目前，由于职业中学学制等情况不同，本课程各校的课程时数多少不等，因此，教学内容，可依实际学时数多少而增减。

由于职业中学在教学方面还有许多问题需要探讨，加之编写经验不足，错误和缺点在所难免，恳切希望读者在使用中提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 电路的基本概念	1
第一节 电路	1
第二节 电流	2
第三节 电阻	4
第四节 部分电路欧姆定律	7
第五节 电功和电功率	8
第二章 简单直流电路	14
第一节 电动势 闭合电路的欧姆定律	14
第二节 电池组	19
第三节 电阻的串联	21
第四节 电阻的并联	25
第五节 电阻的混联	29
第六节 万用电表的基本原理	31
第七节 电阻的测量	38
第八节 电路中电势的计算	41
第九节 负载获得最大功率的条件	43
第三章 复杂直流电路	51
第一节 基尔霍夫定律	51
第二节 基尔霍夫定律的应用	56
第三节 叠加定理	63
第四节 戴维南定理	65

第五节	电压源与电流源的等效变换	69
*第六节	星形电路与三角形电路的互换	76
第四章	电容	88
第一节	电容器和电容	88
第二节	常用电容器	91
第三节	电容器的充电和放电	94
第四节	电容器的联接	96
第五节	电容器中的电场能量	100
第五章	磁场和磁路	105
第一节	磁场	105
第二节	电流的磁效应	107
第三节	磁感应强度和磁通	109
第四节	磁场对电流的作用力	112
第五节	电流表的工作原理	114
第六节	磁导率和磁场强度	116
第七节	铁磁材料的磁化	119
第八节	常用磁性材料	124
第九节	磁路的基本概念	126
*第十节	简单磁路的计算	130
第六章	电磁感应	139
第一节	电磁感应现象	139
第二节	感生电流的方向	141
第三节	法拉第电磁感应定律	141
第四节	自感现象	149
第五节	线圈电感的计算	154

第六节 互感现象	156
第七节 互感线圈的同名端及连接	159
第八节 涡流和磁屏蔽	164
第九节 磁场能量	167
附录 学生实验	173

第一章 电路的基本概念

第一节 电 路

电路的组成

由电源、用电器、导线和电键等组成的闭合回路,叫做电路。

1. 电源

把其它形式的能量转变成成为电能的装置叫做电源。常见的直流电源有干电池、蓄电池和直流发电机等。

2. 用电器

把电能转变成其他形式能量的装置称为用电器,也常把它们称为电源的负载,如电灯、电铃、电动机、电炉等利用电能工作的设备。

3. 导线

联接电源与用电器的金属线称为导线,它把电源的电能输送到用电器。常用铜、铝等材料制成。

4. 开关(电键)

它起到把用电器与电源接通或断开的作用。

电路的状态

电路的状态有如下几种:

1. 通路(闭路)

电路各部分联接成闭合回路,有电流通过。

2. 开路 (断路)

电路断开,不可能有电流通过。

3. 短路 (捷路)

电源、负载或电路某一部分的两端有导线联接,使电流直接从导线上通过。

在调试电子设备的过程中,常遇到将电路某一部分断开或把某一部分短路的情况,这是为了使与调试过程无关的部分没有电流通过而采取的一种方法。

电路图

在设计、安装或修理各种设备和用电器等的实际电路时,常用画出电路联接情况的图表示实际电路。为了简便,一般采用统一规定的符号代表各种元件。这种用规定的符号表示电路联接情况的图,称为电路图。其图形符号见国家标准。几种常用的标准图形符号,如图 1-1 所示。

第二节 电 流

电流的形成

电荷的定向移动形成了电流。例如金属导体中自由电子的定向移动,电解液中正负离子沿着相反方向的移动,阴极射线管中的电子流等,都是电流。

要形成电流,首先要有能自由移动的电荷——自由电荷。但只有自由电荷还是不能形成电流的。导体中有大量的自由电荷,它们不断地做无规则的热运动,朝任何方向运动的几率都一样。在通常情况下,对导体的任何一个截面来说,在任何

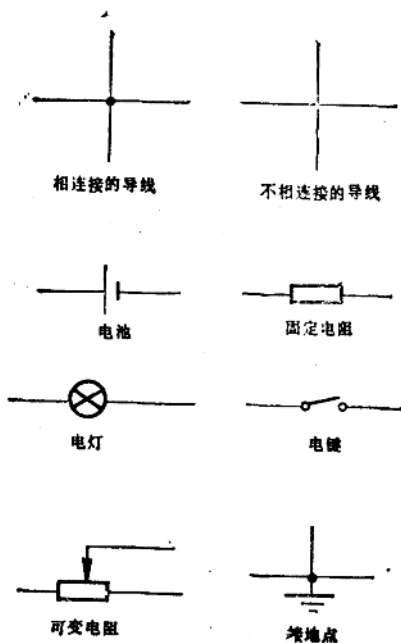


图 1-1

一段时间内从截面两侧穿过截面的自由电荷数都相等,从宏观上看,没有电荷的定向移动,因而也没有电流。

如果我们把导体放进电场,导体中的自由电荷除了做无规则的热运动外,还要在电场力的作用下做定向移动,形成电流。但是很快就达到静电平衡状态,电流消失,导体内部的场强变为零,整块导体成为等势体。可见要得到持续的电流,就必须设法使导体两端保持电势差,才能使导体内部存在电场,持续不断地推动自由电荷做定向移动。这是在导体中形成电

流的条件。

电流强度

电流的强弱用电流强度来表示。通过导体横截面的电量跟通过这些电量所用的时间的比值,叫做 电流强度。如果在时间 t 内通过导体横截面的电量为 Q ,那么,电流强度

$$I = \frac{Q}{t}$$

在国际单位制中,电流强度的单位是安培(A)。如果在1秒钟内通过导体横截面的电量是1库仑(C),则规定导体中的电流强度为1安培。常用的电流强度的单位还有毫安(mA)、微安(μA)等。

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

习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流的正方向。在金属导体中电流的方向与自由电子定向移动的方向相反,在电解液中电流的方向与正离子移动的方向相同,与负离子移动的方向相反。

电流方向不随时间而改变的电流叫直流电。电流方向和强弱都不随时间而改变的电流叫稳恒电流。但是通常所说的直流电常常是指稳恒电流。

第三节 电 阻

电 阻

金属导体中的电流是由自由电子的定向移动形成的。自由电子在运动中要跟金属正离子频繁碰撞,每秒钟的碰撞次

数高达 10^{15} 左右。这种碰撞阻碍自由电子的定向移动,表示这种阻碍作用的物理量叫做电阻。不但金属导体有电阻,其它导体也有电阻。

导体的电阻是由它本身的物理条件决定的。金属导体的电阻是由它的长短、粗细、材料和温度决定的。

在温度不变时,导体的电阻跟它的长度成正比,跟它的横截面积成反比,还与导体的材料有关,这个规律叫做电阻定律。用公式表示为

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

式中: R ——导体的电阻,单位是欧姆 (Ω)。

L ——导体的长度,单位是米 (m)。

S ——导体的横截面积,单位是平方毫米 (mm^2)。

ρ ——由导体的材料决定,叫做导体的电阻率,单位是欧姆平方毫米/米 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

一些常用材料的电阻率见表 1-1。

电阻与温度的关系

温度对导体电阻的影响,1. 温度升高,使物质分子的热运动加剧,带电质点的碰撞次数增加,即自由电子的移动受到的阻碍增加; 2. 温度升高,使物质中带电质点数目增多,更容易导电。随着温度的升高,导体的电阻究竟是增大了,还是减小了,要看哪一种因素的作用占主要地位而定。

一般金属导体中,自由电子数目几乎不随温度变化,而带电粒子的碰撞次数却随温度的升高而增多,因此温度升高时,

表 1-1

材 料 名 称	20°C时的电阻率 (欧·毫米 ² /米)	电阻温度系数 (1/°C)
银	0.016	0.00361
铜	0.0172	0.0041
金	0.022	0.00365
铝	0.029	0.00423
钼	0.0477	0.00479
钨	0.049	0.0044
锌	0.059	0.0039
镍	0.073	0.00621
铁	0.0978	0.00625
铂	0.105	0.00398
锡	0.114	0.00438
铅	0.206	0.0041
汞	0.958	0.0009
康铜(54%铜,46%镍)	0.50	0.00004
锰铜(86%铜,12%锰,2%镍)	0.43	0.00002

电阻增大。但温度升高 1 °C 时,一般金属导体电阻的增加量约为千分之三至千分之六。温度变化小时,金属导体电阻可认为是不变的。当温度变化大时,电阻的变化不可忽视。例如,40 瓦白炽电灯的灯丝电阻在不发光时约 100 欧姆,正常发光时,灯丝温度可达 2000 °C,这时的电阻超过 1 千欧,即超过原来的十倍。

利用这一特性,可制成电阻温度计,这种温度计的测量范围为 -263~1000 °C (常用铂丝制成)。

少数合金的电阻,几乎不受温度的影响,常用于制造标准电阻器。

在极低温(接近于绝对零度)的状态下,有些金属(一些合

金和金属的化合物) 电阻突然变为零, 这种现象叫做超导现象。关于超导材料的研究是现代物理学中很活跃的部门。

必须指出, 不同的材料因温度变化而引起的电阻变化是不同的, 同一导体在不同的温度下有不同的电阻, 也就有不同的电阻率。表 1-1 列出的电阻率是 20°C 时的值。

每升高 1°C 时电阻所变动的数值与原来电阻值的比, 称为电阻的温度系数, 以字母 α 表示, 单位为 $1/^{\circ}\text{C}$ 。

如果在温度为 t_1 时, 导体的电阻为 R_1 , 在温度为 t_2 时, 导体电阻为 R_2 , 则电阻的温度系数

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

即

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

表 1-1 所列的 α 是导体在某一温度范围内温度系数的平均值, 并不是任何初始温度下, 每升高 1°C 都有相同比例的电阻变化, 上述公式只是近似的表示式。

第四节 部分电路欧姆定律

欧姆定律

我们知道, 在导体两端加上电压后, 导体中才有持续的电流, 那么, 所加的电压跟导体中的电流强度又有什么关系呢? 通过实验可得到下述的结论: 导体中的电流强度跟它两端的电压成正比, 跟它的电阻成反比, 这就是部分电路的欧姆定律。用 I 表示通过导体的电流强度, U 表示导体两端的电压, R 表示导体的电阻, 欧姆定律可以写成如下的公式

$$I = \frac{U}{R}$$

或

$$U = IR$$

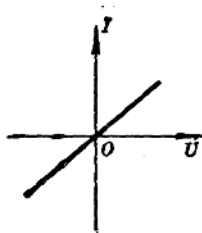


图 1-2

公式中的比例恒量为 1，因为我们在国际单位制中是这样规定电阻单位的：如果某段导体两端的电压是 1 伏特，通过它的电流强度是 1 安培时，这段导体的电阻就是 1 欧姆。所以，在应用欧姆

定律时，要注意 U 、 I 、 R 的单位应分别用伏特 (V)、安培、欧姆。

伏安特性曲线

如果以电压为横坐标，电流为纵坐标，可画出电阻的 $U \sim I$ 关系曲线，称为电阻元件的伏安特性曲线，如图 1-2 所示。

电阻元件的伏安特性曲线是直线时，称为线性电阻。即此电阻元件的电阻值 R 可以认为是不变的常数。如果不是直线，则称为非线性电阻。不过通常所说的电阻都是指线性电阻。

第五节 电功和电功率

电功

在导体两端加上电压，导体内就建立了电场。电场力在推动自由电子定向移动中要做功。设导体两端的电压为 U ，通过导体横截面的电量为 q ，而电场力所做的功 $W = qU$ ，由

于 $q=It$, 所以

$$W = IUt$$

上式中 W 、 U 、 I 、 t 的单位应分别用焦耳(J)、伏特、安培、秒(s)。

电场力所做的功常常说成是电流做的功, 简称电功。所以电流在一段电路上所做的功, 跟这段电路两端的电压、电路中的电流强度和通电时间成正比。

电流做功的过程实际上是电能转化为其他形式的能的过程。例如, 电流通过电炉做功, 电能转化为内能, 电流通过电动机做功, 电能转化为机械能, 电流通过电解槽做功, 电能转化为化学能。

通常用电设备使用的时间很长, 电功以焦耳为单位嫌太小, 所以实用上常以‘度’作为电功的单位。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦小时} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$$

电功率

电流所做的功跟完成这些功所用的时间的比值叫做电功率。用 P 表示电功率, 那么

$$P = \frac{W}{t}$$

或

$$P = UI$$

上式中 P 、 U 、 I 的单位应分别用瓦特(W)、伏特、安培。

可见, 一段电路上的电功率, 跟这段电路两端的电压和电路中的电流强度成正比。

用电器上常都标明它的电功率和电压, 叫做用电器的额定功率和额定电压。如果给它加上额定电压, 它的功率就是

额定功率,这时用电器正常工作。根据额定功率和额定电压,我们很容易算出用电器的额定电流。例如,220 伏特、40 瓦特灯泡的额定电流就是 $\frac{40}{220} \approx 0.18$ 安培。加在用电器上的电压改变,它的功率也随着改变。

〔例题〕 有一 220 伏 40 瓦的白炽灯,接在 220 伏的供电线上,求取用的电流?若平均每天使用 2.5 小时,电价是每度 0.22 元,求每月(以 30 天计)应付出的电费。

解: 因为 $P=UI$

所以
$$I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} \approx 0.182 \text{ A}$$

每月用电时间 $2.5 \times 30 = 75$ 小时

每月消耗电能 $W = Pt = 0.04 \times 75 = 3$ 千瓦小时(度)

每月应付电费 $0.22 \times 3 = 0.66$ 元

焦耳定律

电流通过金属导体的时候,做定向移动的自由电子要频繁地跟金属正离子碰撞。由于这种碰撞,电子在电场力的加速作用下获得的动能,不断传递给金属正离子,使金属正离子的热振动加剧,于是通电导体的内能增加,温度升高,这就是电流的热效应。

实验结果表明:电流通过导体产生的热量,跟电流强度的平方、导体的电阻和通电时间成正比,这就是焦耳定律。用 Q 表示热量, I 表示电流强度, R 表示电阻, t 表示时间,焦耳定律可写成如下的公式

$$Q = KI^2Rt$$