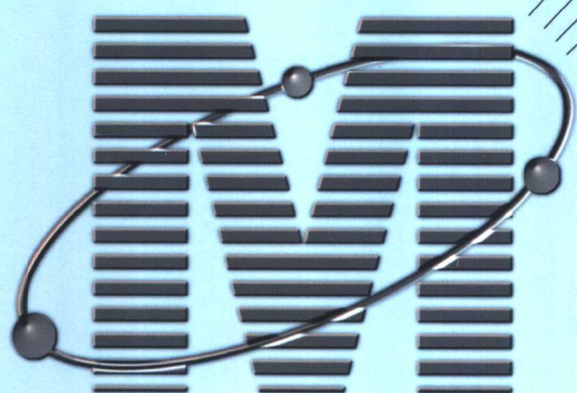




煤炭技工学校通用教材



煤矿电工学

煤炭工业出版社

煤炭技工学校通用教材

煤矿电工学

全国煤炭技工教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书分为电工基础、电子技术基础及矿井电气三大部分,具体内容包括:交、直流电路的计算,磁与电磁的基本知识,变压器与交、直流电动机的结构及原理,电工测量仪表使用方法;晶体管放大与振荡电路,整流与稳压电路,晶体管脉冲电路的基本知识;矿井供电系统及供电设备,采掘运机械的电气控制,安全用电技术等。

本书为煤炭技工学校的教材,亦可作为煤矿工程技术人员及工人的培训教材。

煤 炭 技 工 学 校 通 用 教 材

煤 矿 电 工 学

全国煤炭技工教材编审委员会 编

责任编辑:翟 刚

*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/16}$ 印张 19 插页 2

字数 449 千字 印数 1—5,000

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7—5020—2209—0/TD6

社内编号 4980 定价 29.50 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

全国煤炭技工教材编审委员会

主任委员 刘 富

副主任委员 仵自连 刘同良 张贵金 韩文东 范洪春 刘荣林
雷家鹏 曾宪州 夏金平 张瑞清

委 员 (按姓氏笔划为序)

于锡昌	牛麦屯	牛宪民	王亚平	王自学	王郎辉
甘志国	石丕应	仵自连	任秀志	刘同良	刘荣林
刘振涛	刘 富	刘 鉴	刘鹤鸣	吕军昌	孙东翔
孙兆鹏	邢树生	齐福全	严世杰	吴庆丰	张久援
张 君	张祖文	张贵金	张瑞清	李 玉	张庆柱
李祖益	李家新	杨 华	辛洪波	陈家林	周锡祥
范洪春	赵国富	赵建平	赵新社	夏金平	高志华
龚立谦	储可奎	曾宪州	程光玲	程建业	程彦涛
韩文东	雷家鹏	樊玉亭			

前 言

为了加快煤炭技工学校的教学改革步伐，不断适应社会主义市场经济发展和劳动者就业的需要，加速煤炭工业技能型人才的培养，促进煤炭工业现代化建设和科学技术的进步，在全国职业培训教学工作指导委员会的指导下，全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会，以全国煤炭技工学校“八五”教材建设规划为基础，研究制定了全国煤炭技工学校新时期教材建设规划，并列入了国家劳动和社会保障部制定的全国技工学校教材建设规划，劳动和社会保障部以《关于印发1999年度全国职业培训教材修订开发计划的通知》（劳社培就司函（1999）第15号）下发全国。这套教材59种，其中技术基础课教材43种，实习课教材16种。目前正在陆续出版发行当中。

这套教材主要适用于煤矿技工学校教学，工人在职培训、就业前培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《煤矿电工学》是这套教材中的一种，是根据经劳动和社会保障部批准的全国煤矿技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会审定，并于2000年被劳动和社会保障部认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由淮南矿业高级技工学校张奎荣、刘震、张玲老师共同编写，其中，张奎荣编写第一、二、三、四、五章，刘震编写第六、七、八章，张玲编写第九、十、十一章，由全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会主任刘富同志任主审，另外，在本教材的编写过程中，得到了学校领导和本单位教师和煤矿有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

全国煤炭技工教材编审委员会

二〇〇二年六月四日

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路的基本物理量	1
第二节 欧姆定律、电功和电功率	5
第三节 简单直流电路的计算	8
第四节 复杂直流电路的计算	13
第五节 电容器	17
习 题	20
第二章 磁与电磁的基本知识	26
第一节 电流的磁场及其基本物理量	26
第二节 铁磁材料的磁性能和分类	28
第三节 磁路及磁路欧姆定律	30
第四节 磁场对通电导体的作用力	33
第五节 电磁感应	34
习 题	38
第三章 交流电路	41
第一节 正弦交流电的基本概念	41
第二节 纯电阻、纯电感与纯电容电路	46
第三节 电阻、电感与电容的串联电路	50
第四节 电阻、电感与电容的并联电路	54
第五节 三相交流电的产生	56
第六节 三相发电机绕组和三相负载的连接	57
习 题	64
第四章 变压器与交直流电动机	68
第一节 变压器的结构及原理	68
第二节 几种常用的变压器	74
第三节 直流电动机的结构和工作原理	77
第四节 三相异步电动机	84
习 题	94

第五章 电工测量	96
第一节 电流与电压的测量	97
第二节 功率与电能的测量	100
第三节 万用表的使用	106
第四节 钳形电流表和兆欧表的使用方法	110
习 题	112
第六章 晶体管放大和振荡电路	114
第一节 半导体基本知识	114
第二节 晶体二极管	118
第三节 晶体三极管	120
第四节 晶体管低频小信号放大器	127
第五节 功率放大器	141
第六节 直流放大器	143
第七节 集成运算放大器	147
第八节 正弦波振荡器	150
实验 单管共射极放大电路	153
习 题	155
第七章 整流与稳压电路	159
第一节 整流电路	159
第二节 滤波电路	163
第三节 稳压电路	165
第四节 可控硅一般常识	169
习 题	171
第八章 晶体管脉冲电路的基本知识	174
第一节 RC 电路	174
第二节 晶体管的开关特性	176
第三节 集基耦合双稳态触发器	180
第四节 集基耦合单稳态触发器	186
第五节 逻辑门电路简介	190
习 题	195
第九章 矿井供电系统及供电设备	197
第一节 概 述	197
第二节 矿井供电系统	202
第三节 矿井供电设备	205

第四节 矿用电缆.....	226
习 题.....	232
第十章 采掘运机械的电气控制.....	233
第一节 控制电路.....	233
第二节 矿用隔爆磁力起动机.....	243
第三节 采煤机的电气控制.....	251
第四节 输送机线的集中控制.....	267
第五节 掘进机的电气控制.....	272
习 题.....	273
第十一章 安全用电技术.....	275
第一节 触电的危险性及预防措施.....	275
第二节 井下保护接地.....	276
第三节 井下低压电网漏电保护.....	281
习 题.....	294
主要参考文献.....	295

第一章 直流电路

第一节 电路的基本物理量

电路，就是电流所流经的路径，它一般由电源、负载及连接导线三个基本部分组成，如图 1-1 所示。

(1) 电源：是一种将非电能（化学能或机械能）转换为电能的装置，如发电机（把机械能转换成电能）、蓄电池（把化学能转换成电能）等。

(2) 负载：是取用电能的装置，它将电能转换成其他形式的能，如电灯、电炉、电动机、电磁铁分别将电能转换成光能、热能、机械能和电磁能。

(3) 连接导线：是将电能从电源输送到负载的中间导线。

电路的基本物理量有：电流、电压、电动势及电阻等。

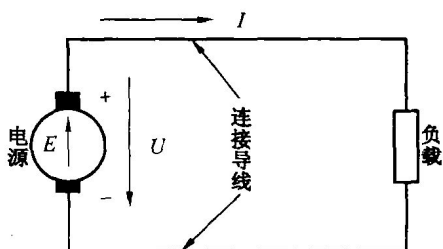


图 1-1 简单的电路

一、电 流

金属内的自由电子和电解质内的正、负离子，如果在电场力的作用下做定向运动，便有一定的电量通过导体的任一截面，在导体内形成电流。

为了计量电流的强弱，人们规定电流强度这一物理量。电流强度是在电场的作用下在单位时间内通过某一导体截面的电量。如果电流强度不随时间而变化，则称这种电流为直流电流，简称直流，其表达式为：

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

式中 I ——电流，A；

Q ——电量，C；

t ——时间，s。

电流的单位是安培 (A)，即在 1 秒 (s) 内通过导体横截面的电量为 1 库仑 (C) 时，则电流为 1 安培 (A)。在计量小电流时，常用毫安 (mA)、微安 (μA) 为单位，而计量大电流时则采用千安 (kA)，其关系是：

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

人们习惯上规定正电荷运动的方向（或负电荷运动的相反方向）为电流的方向，如图 1-2 所示。

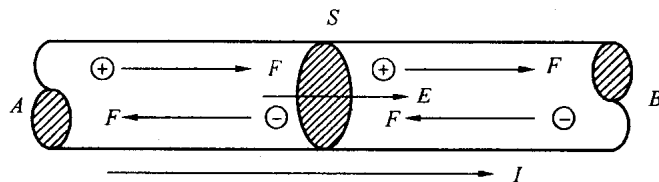


图 1-2 电流的方向

二、电压和电位

电压是衡量电场做功能力大小的一个物理量。如图 1-3 所示，设在电场力 F 的作用下，正电荷 Q 由 A 移到 B ，移动距离为 l_{AB} ，则电场力将做功：

$$W_{AB} = F \cdot l_{AB}$$

电场力把单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功，称为该两点间的电压 U_{AB} ，用公式表示为：

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-2)$$

若电场力将 1 库仑 (C) 的正电荷从 A 点移到 B 点，所做的功是 1 焦耳 (J)，则 A 、 B 间的电压值为 1 伏特 (V)，即：

$$1 \text{ 伏特 (V)} = \frac{1 \text{ 焦耳 (J)}}{1 \text{ 库仑 (C)}}$$

计量低电压时可采用毫伏 (mV)、微伏 (μV) 作单位，而计量高电压时可采用千伏 (kV) 作单位，其关系是：

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

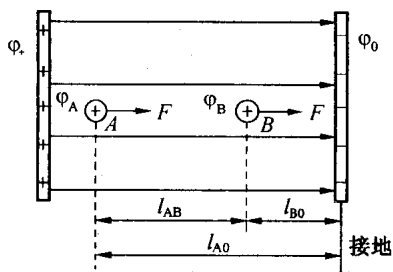


图 1-3 电荷在均匀电场中的电位

如果选定电路中某一点为参考点，则电路中其他各点如 A 点、 B 点到 0 点之间的电压就有一个确定的电压值 (U_{A0} 、 U_{B0})，这些电压值称为以 0 为参考点的各点电位，用符号 ϕ 表示，如图 1-3 所示。

在电场中任意两点 (如 A 、 B) 间的电压称为两点间的电位差，即：

$$U_{AB} = \phi_A - \phi_B \quad (1-3)$$

电位的单位与电压的单位相同，都是伏 (V)。

电压和电位是有区别的，电路中某两点间电压的大小是绝对的，与参考点无关；而某点电位的大小则是相对的，随参考点而变。电压的方向总是从高电位到低电位，即电位降的方向。

三、电动势

电动势是衡量电源将非电能转换成电能本领的物理量。

当直导体在磁场中运动切割磁力线时，导体中的自由电子因受到电源力的作用而脱离原子核的约束，于是正、负电荷分别向导体的两端聚集，如图 1-4 所示。随着电荷向聚集，形成了电源的正、负极，同时出现了电场。此时，导体中的电荷不仅受电源力的作用，而且还受到电场力的作用。电场力对电荷的作用方向与电源力的作用方向相反，即电场力阻

碍电荷向电源两极聚集。由于两极电荷的增加而电场力随之增强，当电场力增至与电源力相等时，导体中的正、负电荷就停止向两极移动。此时电源两极已分别聚集了相当数量的正、负电荷，就建立了一定强度的电场，同时在 A、B 两点间出现了相应的电位差。

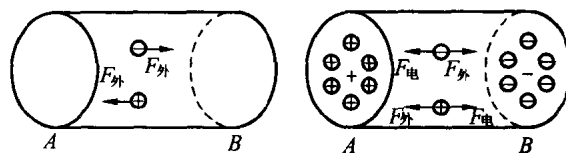


图 1-4 电源正负极的形成

当电源接上负载而构成回路时，自由电子就由电源的负极通过负载而做功，然后到电源的正极与正电荷中和。在电源两极的正、负电荷都相应减少的同时，在局外力的作用下电源内部的正、负电荷继续向两极聚集，而使电源两端的电位差保持不变，从而维持了电流持续不断地通过负载。电源内部电流由负极流向正极；而在电源的外部电路中，电流由正极经过负载流向负极。

在电源两端产生电位差和建立电场的过程，就是局外力（即电源力）克服电场力且驱使正、负电荷分别向电源两极聚集而做功的过程。

电源力将单位的正电荷从电源的负极移到正极所做的功，称为电源的电动势，用 E 表示，即：

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

电动势的单位也和电位的单位相同。电动势的方向是由电源的负极指向正极，因此，电动势的方向与电压的方向相反，这是两者的区别。

在数值关系上，电动势等于电源内部电压降与负载两端的电压降之和，即 $E = Ir + IR$ 。如忽略电源内部的电压降 Ir ，则电动势就等于负载两端的电压降，即 $E = IR$ 。

当外电路（即负载）开路时，则电动势就等于电路的开路电压。

四、电 阻

由于自由电子在金属导体中做定向运动时，会对金属中其他电子与原子核发生碰撞，所以在导体中电流流动要受到一定的阻力，这种对于通电所表现的阻力称为导体的电阻。电阻用 R 表示，单位欧姆 (Ω)，简称欧。如果导体的两端电压为 1V，通过的电流为 1A，则该导体的电阻为 1Ω ，即：

$$1 \text{ 欧} = \frac{1 \text{ 伏}}{1 \text{ 安}}$$

常用的电阻单位除欧外，还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)，其换算关系为：

$$1k\Omega = 10^3\Omega; 1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

实验证明，导体的电阻与导体截面成反比，与导体长度成正比，并且还与导体的材料有关，用公式表示如下：

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

式中 l ——导体长度，m；

S ——导体截面积， mm^2 ；

ρ ——电阻系数， $\Omega \cdot mm^2/m$ 。

表 1-1 列出了几种常用金属材料在温度 20℃时的电阻系数值。

表 1-1 几种常用材料的电阻系数

材料名称	20℃时的电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	在 0~100℃范围内的平均电阻温度系数 α (1/℃)
银	0.0162	0.0036
铜	0.0175	0.0040
铝	0.029	0.0042
镍	0.073	0.0062
钨	0.056	0.0046
钢	0.13~0.25	0.006
康 铜	0.4~0.51	0.0004
锰 铜	0.42	0.00006
黄 铜	0.07~0.08	0.002
镍 铬 合 金	1.1	0.00015
铁 铬 铝 合 金	1.4	0.00028

例 1-1 用康铜丝绕制 10Ω 电阻，问需要几米直径为 1mm 的康铜丝。

解：查表 1-1，康铜的电阻系数取 $\rho=0.5\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

因为：
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

所以：
$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{R\pi d^2}{4\rho}$$

则康铜丝的长度为：

$$l = \frac{10 \times 3.14 \times 1^2}{4 \times 0.5} = 15.7\text{m}$$

导体的电阻随其温度的不同而有所变动。在 0~100℃范围内，金属导体的电阻的变动可近似地认为与温度的变动成正比，其关系为：

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-6)$$

式中 α ——电阻温度系数，温度变化 1℃时电阻的变动量，1/℃；

R_1 和 R_2 ——温度为 t_1 和 t_2 时的电阻，Ω。

在各种常用的导电材料中，铜的导电性能最好，其次是铝，它们多用来做导线。康铜和锰铜的电阻率较大，而电阻温度系数小，常用来制造标准电阻、变阻器及电工测量仪表中的分流器和分压器等。铸铁电阻能通过较大电流。镍铬合金电阻率高，常用来制造电热器的电热丝。

第二节 欧姆定律、电功和电功率

一、欧姆定律

1. 一段无源电路的欧姆定律

在一段电路中不含电动势，仅有电阻，如图 1-5 所示。这段电路电阻中流过的电流与加在电阻两端的电压成正比，与电阻的大小成反比，即：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-7)$$

例 1-2 已知某白炽灯的额定电压是 220V，正常发光时电阻为 1210Ω。试求流过灯丝的电流。

解：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1210} \approx 0.18\text{A}$$

例 1-3 一只电炉接到 220V 电压的电路上，流过电流为 4.54A，求电炉电阻。

解：

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{4.54} = 48\Omega$$

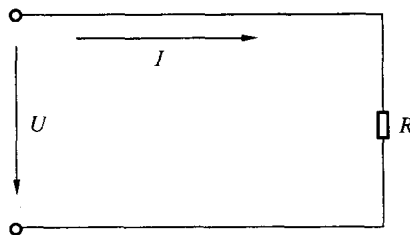


图 1-5 一段电阻电路

2. 全电路欧姆定律

全电路是含有电源的闭合电路，如图 1-6 所示。图中 E 代表电源电动势， r_0 代表电源内阻， R 是负载电阻。

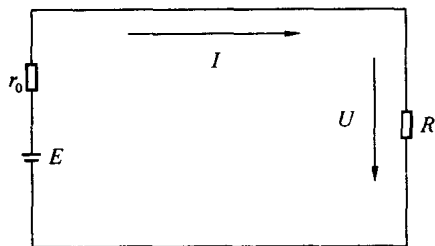


图 1-6 最简单的闭合电路

全电路欧姆定律的内容是：全电路中的电流强度与电源的电动势成正比，与整个电路中（即内电路和外电路）的电阻成反比，其数学式为：

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-8)$$

由上式可得：

$$E = IR + Ir_0 = U_{\text{外}} + U_{\text{内}} \quad (1-9)$$

全电路欧姆定律又可叙述为：电源电动势在数值上等于闭合电路中各部分电压之和。

全电路中的电压与电流的变化规律表现为如下几个方面：

(1) 电路处于通路状态时，当负载电阻减小时，电路中电流增大，电源端电压 $U = E - Ir_0$ 将略有下降。

(2) 电路处于断路状态时，如图 1-7 所示，电路的特征可用下列各式表示：

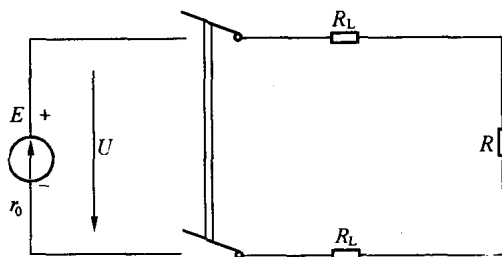


图 1-7 空载

$$\left. \begin{aligned} R &\rightarrow \infty \\ I &= 0 \\ U &= E \\ P_E &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

即：外电路电阻对电源来说等于无限大，电路中电流为零，电源端电压等于电源电动势，电源不输出电能。

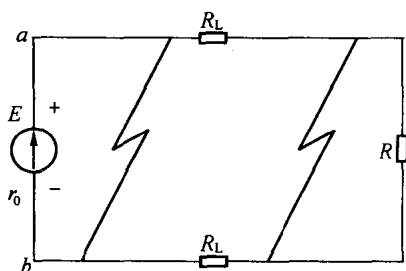


图 1-8 短路

(3) 短路状态时（电源的两端 a 和 b 由于某种原因联在一起），如图 1-8 所示，电路的特征可用下列各式表示：

$$\left. \begin{aligned} R &\rightarrow 0 \\ I_D &= \frac{E}{r_0} \\ E &= I r_0 \\ P_E &= I_D^2 r_0 \end{aligned} \right\} \quad (1-11)$$

电源短路时，外电路电阻可视为零，电流不再流过负载，经内阻组成回路，这时电流很大称为短路电流。短路电流可使电源遭受电磁力的冲击与热的损伤而损坏。电源所产生的能量全被内阻所消耗。

3. 电路中各点电位的计算

若要分析电路的工作状态，就需要了解电位的变化情况，因此计算电路中各点电位是非常必要的。电位的计算，实质上就是电压的计算。电压的计算，可以利用欧姆定律等进行。

例 1-4 如图 1-9 所示电路，已知 $E_1 = 40V$ ， $E_2 = 30V$ ， $R_1 = 5\Omega$ ， $R_2 = R_3 = R_4 = 10\Omega$ 。求 A 、 B 、 C 、 D 四点电位和 U_{AC} 。

解：

(1) 首先求闭合电路中的电流，并确定电流方向。

$$I = \frac{E_2}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{30}{10 + 10 + 10} = 1A$$

(2) 求各点电位，列各点电位方程。在列电位方程时，注意方程中电动势和电阻压降正负号。一般规定为在电压或电位的方向上，若电动势的方向与所求电位或电压方向相反时，电动势为正，相同时则为负。当电阻上电流方向与所求电位或电压方向相同时，电阻压降为正，反之则为负。

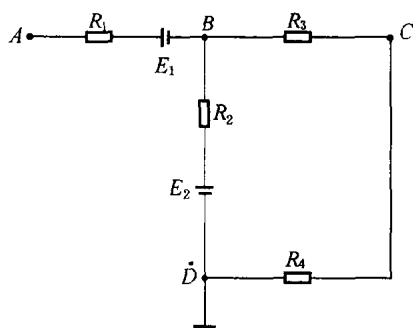


图 1-9 例 1-4 的电路

$$\varphi_A = E_1 - E_2 + IR_2 = 40 - 30 + 1 \times 10 = 20V$$

$$\varphi_B = IR_2 - E_2 = 1 \times 10 - 30 = -20V$$

$$\varphi_C = -IR_4 = -1 \times 10 = -10V$$

$$\varphi_D = 0$$

$$U_{AC} = E_1 - IR_3 = 40 - 1 \times 10 = 30V$$

二、电功与电功率

1. 电 功

电流通过电动机会带动机器转动，电流通过电炉会发出大量的热，电流通过电灯会发光，这些能量的传递和转换，说明电流做功，电流所做的功叫电功，用符号 W 表示。

电功的大小跟通过电器的电流和加在用电器两端的电压及通电时间有关。其计算公式为：

$$W = UQ = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-12)$$

电功的单位是焦耳 (J)，但实用上焦耳太小，而用千瓦小时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$)，即度为单位，其换算关系为： $1 \text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$ 。

2. 电功率

电流在单位时间内所做的功称电功率。其计算公式为：

$$P = \frac{W}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-13)$$

电功率常用的单位瓦特 (W)、千瓦 (kW)，其关系为：

$$1 \text{ 千瓦 (kW)} = 10^3 \text{ 瓦 (W)}$$

由式 (1-13) 可以看出：

(1) 当电器的电阻一定时，电器消耗的功率与电流的平方或电压的平方成正比，例如电流或电压是原来的 2 倍，功率则是原来功率的 4 倍。

(2) 当流过用电器的电流一定时，电功率与电阻成正比。在串联电路中，各电阻消耗的功率与电阻成正比。

(3) 当加在电器两端的电压一定时，功率与电阻成反比。并联电路，每个电阻消耗功率与其电阻成反比。

例 1-5 某车间使用 100W 电灯 10 只，每天使用 6h，每月 25 天计，问用电多少度。

解：

$$\begin{aligned} W &= P \cdot t \\ &= 100 \times 10 \times 25 \times 6 = 150 \text{kW} \cdot \text{h} \end{aligned}$$

3. 电流的热效应及电气设备额定值

1) 电气设备的发热与升温

电流通过导体时会产生热量，这种现象称为“电流的热效应”。在电气设备中导线都有一定的电阻，在通电时，线圈会发热，电气设备温度会升高。如果温度太高，会加速绝缘材料的老化变质，如橡皮硬化、绝缘纸纱带烧焦和漆包线漆层脱落，因而引起漏电或线圈短路，最后使设备很快烧坏。

2) 电气设备的额定值

由于各种电气设备使用的绝缘材料耐温性能不同，所用导线截面不同，散热条件不同，各种电气设备的电压、电流及功率都有一个额定值。当电气设备加上额定电压，消耗额定功率时，这种工作状态叫额定状态，是最经济合理和安全可靠的。当通过电气设备电流超过额定值过多时，由于发热过甚，绝缘材料遭受损坏；当所加电压超过额定值过多时，绝

缘材料可能被击穿。反之，电气设备的电压电流低于额定值时，电气设备不能正常工作。因此，电气设备在使用时务必按照铭牌数据。

例 1-6 阻值为 100Ω 、额定功率为 1W 的电阻两端所允许加的最大直流电压为多少？允许流过的直流电流又是多少？

解：负载两端允许加的最大直流电压为：

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{100} = 10\text{V}$$

负载允许流过的最大直流电流为：

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1}{10} = 0.1\text{A}$$

第三节 简单直流电路的计算

一、电阻的串联电路

两个或两个以上的电阻依次连接，中间无分支的连接方式叫电阻的串联电路，如图 1-10a 所示，图 1-10b 为其等效电路。

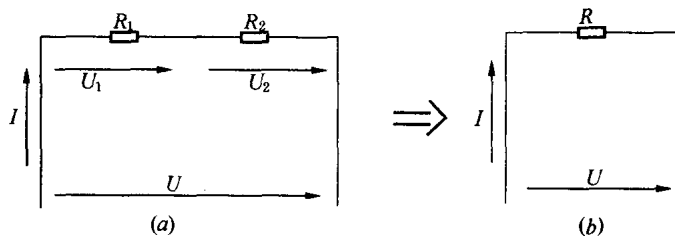


图 1-10 电阻的串联电路

1. 串联电路的特点

(1) 由电流的连续性可知，各电阻中的电流相等，即：

$$I = I_1 = I_2 \quad (1-14)$$

(2) 各电阻上的电压与各自的阻值成正比，即：

$$U : U_1 : U_2 = R : R_1 : R_2 \quad (1-15)$$

所以：

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}; \frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R}$$

$$U_1 = \frac{R_1}{R} \cdot U$$

(3) 总电压等于各电阻上电压降之和，即：

$$U = U_1 + U_2 \quad (1-16)$$

(4) 总电阻等于各电阻之和，即：

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} = R_1 + R_2 \quad (1-17)$$

串联电路的等效电阻比每一段电阻都大，电阻串联愈多，等效电阻愈大。

2. 串联电路的应用

串联电路在生产中应用很多，常见的有：

(1) 用几个电阻串联起来可使电路电阻增大，在电源电压不变时可使电流减小。

(2) 采用几个电阻构成分压器，使电源输出不同等级的电压，如图 1-11 所示。

(3) 当负载的额定电压低于电源电压时，可用串联的办法满足负载接入电源的需要，例如将两个同瓦数的 110V 电灯串联起来，即可接入 220V 电压。

(4) 在电工测量中应用串联电阻的方法，可扩大电压表的量程。

例 1-7 如图 1-12 所示，设 $U_1 = 226\text{V}$ ，连接导线上的电阻 $r_{\text{线}} = 0.4\Omega$ ， $R_2 = 10.5\Omega$ 。求导线上的电压降 ΔU 和负载两端电压 U_2 。

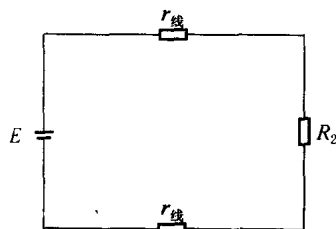


图 1-12 例 1-7 的电路

解：

$$R = 2r_{\text{线}} + R_2 = 0.8 + 10.5 = 11.3\Omega$$

电路中电流为：

$$I = \frac{U_1}{R} = \frac{226}{11.3} = 20\text{A}$$

线路中的电压降：

$$\Delta U = 2I \cdot r_{\text{线}} = 2 \times 20 \times 0.4 = 16\text{V}$$

负载的端电压：

$$U_2 = U_1 - \Delta U = 226 - 16 = 210\text{V}$$

例 1-8 如图 1-13 所示，现有一量程 10V 的电压表，其内部电阻为 $10\text{k}\Omega$ 。要把它的量程扩大到 250V，问应串联一个多大的电阻？

解： U_G 是电压表原来量程， U 是扩大后的量程，则扩大倍数为：

$$m = \frac{U}{U_G} = \frac{250}{10} = 25$$

根据电阻串联电路各电阻上电压与各自电阻成正比的关系，可得：

$$\frac{U}{U_G} = \frac{R_G + R_F}{R_G} = m$$

所以： $R_F = (m - 1) \cdot R_G$

将数值代入得：

$$R_F = (25 - 1) \times 10 = 240\text{k}\Omega$$

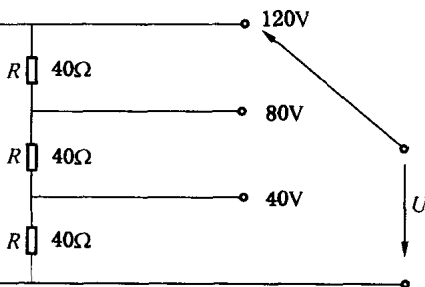


图 1-11 电阻分压器

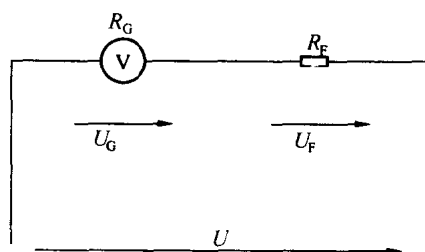


图 1-13 例 1-8 串联电阻扩大电压表量程

二、电阻的并联电路

两个或两个以上的电阻接在电路中相同的两点之间的连接方式叫做电阻的并联电路，