

GAODENG ZHIYE JISHU YUANXIAO JIDIAN YITI HUA JISHU ZHUANYE RENWU QUDU

LAOCAI



国家级职业教育规划教材

人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐

高等职业院校机电一体化技术专业任务驱动型教材

电工电子技术

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

主编：汤伟芳



中国劳动社会保障出版社

国 家 级 职 业 教 育 规 划 教 材
人 力 资 源 和 社 会 保 障 部 职 业 能 力 建 设 司 推 荐
高 等 职 业 技 术 院 校 机 电 一 体 化 技 术 专 业 任 务 驱 动 型 教 材

电工电子技术

主 编 汤伟芳

中国劳动社会保障出版社

简介

本书主要包括：电工技术、模拟电路技术与数字电路技术。

本书由汤伟芳主编，王晓兰、俞梁英副主编，武艳、戴锐青、裴忠诚参加编写，王其红主审。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/汤伟芳主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2012

高等职业技术学院机电一体化技术专业任务驱动型教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 9833 - 2

I. ①电… II. ①汤… III. ①电工技术-高等教育-教材②电子技术-高等教育-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 211046 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 282 千字

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

定价：23.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话：010 - 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010 - 80497374

前言

为了更好地满足企业对机电一体化技术专业高技能人才的需求,全面提升教学质量,人力资源和社会保障部教材办公室组织全国有关院校的一线教学专家、企业技术专家,在充分调研企业生产实际和学校教学需求的基础上,精心编写了高等职业技术学院机电一体化技术专业教材。本套教材紧紧围绕机电产品装调、机电产品维护、机电产品技改等岗位的要求,参照《国家职业标准·维修电工》《国家职业标准·装配钳工》《国家职业标准·数控机床装调维修工》等国家职业标准,以及企业机电一体化设备装调、维护、技改的基本工作流程,确定以机电产品装调能力、机电产品维护能力、机电产品技改能力培养为主要教学目标。

本套教材选用数控机床设备及自动化生产线设备这两类常用的机电一体化设备作为主要教学载体,并通过三个阶段实现对机电一体化产品的装调、维护、技改能力的培养。

第一阶段为基础通用能力培养。主要通过《机械制图与 AutoCAD 绘图》《机电电路制图与 CAD 绘图》《机械基础》《装配钳工技术》《电工电子技术》《机械制造技术》的教学,使学生能读懂机电一体化设备的机械机构图样、电气与电子电路图样并具备一定的图样绘制能力,能进行常用机械机构、电气与电子电路的装调、维护、技改工作,以及掌握检验机床设备加工精度的基本机械加工技术。

第二阶段为分系统装调、维护、技改能力培养。主要通过《气动液压传动技术》(机械运动系统),《电机控制技术》(伺服拖动系统),《传感器应用技术》(信号检测系统),《PLC 应用技术》《单片机应用技术》(电气控制系统)的教学,使学生能够熟练地进行对应分系统的装调、维护、技改工作。

第三阶段为全系统装调、维护、技改能力培养。在具备基础通用能力以及分系统装调、维护、技改能力的基础上,主要通过《数控设备装调诊断技术》《自动化生产线设备装调诊断技术》的教学,使学生能熟练地进行机电一体化设备的全系统装调、维护、技改工作。

在教材内容的组织上,采用任务驱动的编写思路。在教材的每一单元,首先提出具体的学习任务,使学生明确目标,产生学习的积极性;然后结合具体实例,讲解完成任务所需要的相关知识,使学生的认识由感性上升到理性;在任务实施环节,详细介绍完成任务的步骤和注意事项,使学生能够顺利完成任务,增强学习的成就感。

为方便教学,本套教材均配有免费电子课件,可在中国人力资源和社会保障出版集团网站(www.class.com.cn)下载。其中《机械制图与 AutoCAD 绘图》《机械基础》《电工电子技术》《机械制造技术》《气动液压传动技术》等专业基础课还配有习题册。

在本套教材的编写过程中，得到了有关省市人力资源和社会保障部门、高等职业技术学院和相关企业的大力支持，教材的编审人员做了大量的工作，在此表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议。

人力资源和社会保障部教材办公室

2012年6月

目录

模块一 电工技术	(1)
任务1 简单直流电路装调与诊断	(1)
任务2 复杂直流电路装调与诊断	(16)
任务3 单相正弦交流电路装调与诊断	(27)
任务4 三相正弦交流电路装调与诊断	(43)
任务5 交流铁心线圈电路测量	(61)
模块二 模拟电路技术	(74)
任务1 整流器设计与装调	(74)
任务2 三极管放大电路设计与装调	(86)
任务3 集成运算放大电路设计与装调	(103)
任务4 功率放大电路设计与装调	(112)
任务5 直流稳压电源电路设计与装调	(118)
模块三 数字电路技术	(125)
任务1 基本逻辑电路设计与装调	(125)
任务2 集成组合逻辑电路装调与诊断	(142)
任务3 数字时序逻辑电路设计与装调	(150)
任务4 集成时序逻辑电路设计与装调	(159)
任务5 555 逻辑电路装调与诊断	(174)
任务6 A/D 与 D/A 转换逻辑电路装调	(182)

1

模块一

电工技术

任务1 简单直流电路装调与诊断

◆ 技能点

- ◎ 认识电路元件，会正确使用电路元器件接连简单的直流电路
- ◎ 会测试直流电压、电流，掌握故障诊断分析方法
- ◎ 理解电器的额定参数的意义，会正确使用电器
- ◎ 防止短路事故
- ◎ 会使用仪表验证全电路欧姆定律

◆ 知识点

- ◎ 电路的组成和作用
- ◎ 电路的基本物理量
- ◎ 电路的工作状态及特点
- ◎ 电阻的连接方式
- ◎ 全电路欧姆定律的应用
- ◎ 万用表的使用

任务提出

在日常生活中，有各种各样功能不同的电路。如果电路不正常工作，可以通过电路现象判断故障或者通过仪表来检测故障。

图 1—1—1 所示为平时常看到的节日装饰小彩灯。本任务要求分析节日装饰小彩灯的电路连接方式，然后进行电路装调并能根据具体故障分析原因、排除故障。

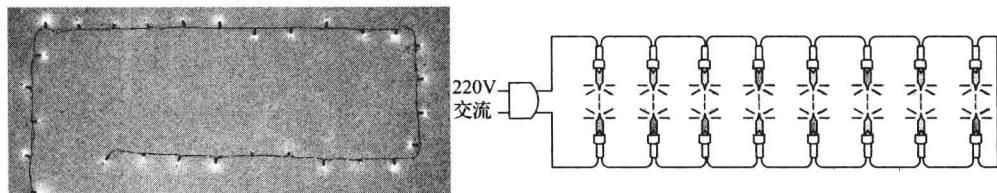


图 1—1—1 节日彩灯及接线图

任务分析

要了解节日装饰小彩灯电路的连接方式,可以通过电路的串、并联特点来进行分析;而针对小彩灯不亮、小彩灯亮度不够等故障,可以通过万用表检测电路的电压,判断具体故障的原因是彩灯本身损坏或者电压偏低。

相关知识

一、直流电路组成与基本物理量

1. 电路组成

实际电路的形式多种多样,但在本质上都是由电源(或信号源)、负载、中间环节三个部分组成。如图 1—1—2 所示的荧光灯电路,是一个常见的实际电路,其中, L 是镇流器,它是铁心线圈; R 是荧光灯管,实际上是将电能转换为光和热的耗能元件电阻器; C 是电容器; Q 是启辉器; S 是开关;此外,还有 220 V 交流电源,以及将这些器件连接起来的导线。电路的功能可概括为两个方面:第一是实现能量的传输和转换;第二是实现信息的传递和处理。

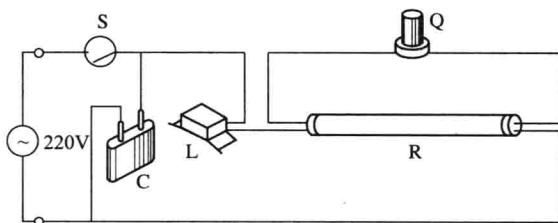


图 1—1—2 荧光灯电路

工厂企业中广泛使用的电动机、接触器、灯泡、电容器等,都称为实际电路元件。人们为了便于分析电路,有时可将实际电路元件理想化,即只突出主要矛盾,而忽略次要矛盾,从而使研究对象简单化。将实际电路元件用理想电路元件(电阻、电感、电容等)等效之后,组成的电路图称为理想电路模型,简称电路模型。如图 1—1—3b 是图 1—1—3a 的电路原理图,1—1—3c 是图 1—1—3a 的电路图形符号图。表 1—1—1 是部分电气图用图形符号。

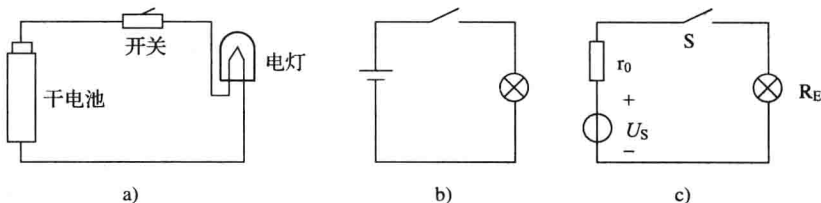


图 1—1—3 实际电路与电路模型

a) 电路模型图 b) 电路原理图 c) 电路图形符号图

表 1—1—1

部分电气图用图形符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
导线		传声器		电阻器	
交叉连接的导线		扬声器		可变电阻器	
接地		二极管		电容器	
接机壳		稳压二极管		线圈、绕组	
开关		隧道二极管		变压器	
熔断器		三极管		铁心变压器	
灯		运算放大器		直流发电机	
电压表		电池		直流电动机	

2. 电路基本物理量

(1) 电流及其参考方向

1) 定义。电荷的定向运动形成电流。衡量电流大小的物理量叫电流强度，简称电流，用文字符号 I 表示，即单位时间内通过导体某一横截面的电荷量。

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

式中 I ——电流强度，单位安培 (A)；

Q ——通过导体横截面的电荷量，单位库仑 (C)；

t ——时间，单位秒 (s)。

2) 单位换算。根据不同的负载，电流的大小的差别很大。电力系统中的电流较大，有时取千安 (kA) 为电流的单位；无线电系统中 (如晶体管电路中) 的电流较小，安培这个单位对其来讲太大，常用毫安 (mA)、微安 (μA) 作电流单位。它们之间的换算关系是

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

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

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

实际工作中要测量电流的大小，通常用电流表或万用表的电流挡。

3) 参考方向。电流不但有大小，而且有方向。大小和方向都不随时间而变化的电流称为稳恒电流，简称直流。大小和方向都随时间作相应变化的电流，称为交变电流，简称交流。电流的实际方向规定为正电荷的运动方向或负电荷运动的反方向。在进行电路分析时，

当电路较为复杂而不知道电流的实际方向或电流的实际方向是变化的情况下,需要假定一个电流正方向,将其作为参考正方向,或参考方向。电流的参考方向可用箭头表示,也可用字母顺序表示,如图 1—1—4 所示。当电路中电流的参考方向与实际方向一致时电流为正,即 $i > 0$,如图 1—1—4a 所示;当电流的参考方向与实际方向相反时电流为负,即 $i' < 0$,如图 1—1—4b 所示。在进行电路分析时,如果没有事先选定电流的参考方向,电流的正负是无意义的。

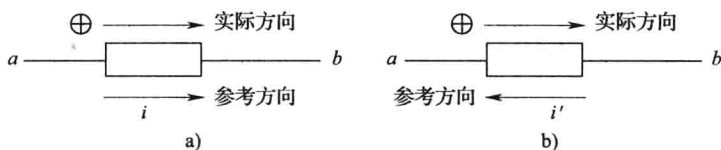


图 1—1—4 电流的方向

(2) 电压、电位及电压的参考方向

1) 电压定义。两点之间的电位之差即是两点间的电压,用 U_{ab} 表示。即

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1-1-2)$$

电压数值上等于单位正电荷从电路中一点移至电路中另一点电场力做功的大小,如图 1—1—5 所示。用数学式表示,即

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-1-3)$$

式中 U_{ab} —— a 、 b 两点间的电压, V;

W ——移动单位正电荷电场力所做的功, J。

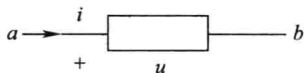


图 1—1—5 电压定义示意图

2) 电位定义。取电路中某一点为参考点,则电路中点 A 到参考点的电压称为 A 点的电位。通常把参考点电位规定为零,又称零电位。电位通常用 V 或 U 表示,为简便起见,仍用 U 表示电位,如 a 、 b 点的电位可以分别计为 U_a 、 U_b 。电位、电压的单位都是伏特 (V)。

电位具有相对性,即电路中某点的电位随参考点位置的改变而改变;而电位差具有绝对性,与电路中参考点的位置选取无关。电位有正电位与负电位之分,当某点电位高于参考点电位时,称其为正电位,反之称其为负电位。

3) 单位换算。在电力系统中的电压较高,伏特单位太小,有时用千伏 (kV) 为电压单位。在无线电电路中电压较低,伏特单位太大,常用毫伏 (mV)、微伏 (μV) 作电压单位。它们之间的换算关系是:

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

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

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

实际中要测量电压的高低,通常用电压表或万用表的电压挡。

4) 参考方向。电压和电流一样,不仅有大小而且也有方向。电路中,规定电位真正降低的方向为电压的实际方向。所谓电压参考方向,就是所假设的电位降低之方向。对于负载来说,规定电流流进端为电压的正端,电流流出端为电压的负端。电压的方向由正指向负。

5) 电压、电流的关联参考方向。和电流的参考方向一样,元件上的电压的参考方向也可以任意指定。如果指定流过元件的电流参考方向是从标有电压“+”极性的的一端指向“-”极性的的一端,即电流和电压参考方向一致,则把这种电流和电压参考方向称为关联参考方向,如在图 1—1—6a 中, N 表示电路的一部分, N 有两个端子与外电路相连,为二端电路,其电流 i 的参考方向是从电压的“+”极端流入二端电路,再从“-”极端流出,电流和电压参考方向一致,所以是关联参考方向。图 1—1—6b 所示电压和电流的参考方向不一致时,称为非关联参考方向。

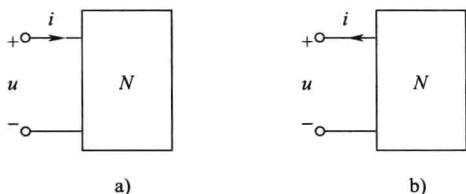


图 1—1—6 关联的参考方向

6) 电动势。电源移动正电荷的能力用电动势表示,符号为 E ,单位为伏特(V)。电动势的方向规定为:在电源内部,由负极指向正极,即由低电位指向高电位。如图 1—1—7 所示。要测量电源电动势的大小,通常也采用电压表或万用表的电压挡。

(3) 电功率与电功

1) 电功率。电流在单位时间内所做的功。用字母 P 表示,单位为瓦特(W)。

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-1-4)$$

2) 电功。电流所做的功,简称电功。用字母 W 表示。电流在一段电路上所做的功等于这段电路两端的电压 U 、电路中的电流 I 和通电时间 t 三者的乘积,即

$$W = UI t = P t \quad (1-1-5)$$

表示一段时间所做的功等于电功率和时间的乘积。电功的国际单位是焦耳(J),日常生活中也常用度($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

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

功率还可以用下式来表示

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-1-6)$$

测量电路消耗电能的仪表称为电能表,如图 1—1—8 所示。

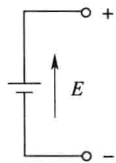
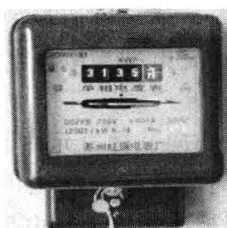
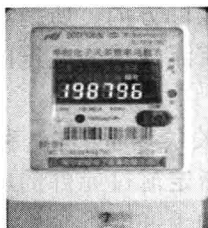


图 1—1—7 直流电动势



a)



b)

图 1—1—8 电能表

a) 机械式 b) 电子式

3) 负载的额定值。电气元件和设备能够长期安全工作时所允许的最大电流、最大电压和最大功率分别称为它们的额定电流、额定电压和额定功率。一般元器件和设备的额定值都标在其明显位置。如图 1—1—9 所示的灯泡铭牌。

【例 1—1—1】一只标有“220 V, 40 W”的白炽灯泡, 问它正常工作时的电流有多大?

解:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} = 0.18 \text{ A}$$

【例 1—1—2】一台功率是 10 kW 的电炉, 每天工作 8 h, 求一个月 30 天要用电多少度?

解: 电炉每天用电为

$$W_1 = Pt = 10 \times 8 = 80 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

电炉 30 天用电为

$$W = 30 \times W_1 = 30 \times 80 = 2\,400 \text{ kW} \cdot \text{h} = 2\,400 \text{ 度}$$

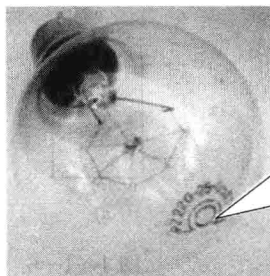


图 1—1—9 灯泡铭牌

二、简单直流电路的特性分析

1. 电阻元件及其特性

(1) 定义 反映导体对电流起阻碍作用的物理量称为电阻, 用字母 R 或 r 表示。电阻的单位为欧姆, 用符号 Ω 表示。要测量电阻的大小, 可使用欧姆表或万用表的欧姆挡。常用的电阻单位还有千欧 ($\text{k}\Omega$) 和兆欧 ($\text{M}\Omega$)。

$$1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 1\,000 \text{ 欧 (}\Omega\text{)}$$

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 1\,000 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)}$$

(2) 分类 在一定温度的条件下, 通过电阻的电流随电压而变化的关系曲线, 称为电阻的伏安特性曲线。若电阻元件的伏安特性曲线不随时间变化, 则该元件为时不变电阻器, 否则称为时变电阻器。若电阻元件的伏安特性曲线为一条经过原点的直线, 称为线性电阻器,

否则称为非线性电阻器。如图 1—1—10 所示。本教材讨论的是线性时不变电阻器,简称线性电阻。

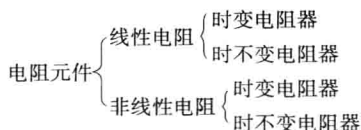


图 1—1—10 电阻器分类

2. 全电路欧姆定律

在物理学中已学过欧姆定律,即流过电阻元件 R 的电流 I 与电阻元件两端电压 U 之间满足下面关系

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

上式表明通过电阻元件的电流与电阻两端的电压成正比,而与电阻成反比。但电路中的电压不是理想电压源,而是一个具有内阻的电源,这种电路称为全电路,即含有电源的闭合电路,是由内电路和外电路两部分组成,如图 1—1—11 所示。

全电路欧姆定律表征闭合电路中的电流与电源的电动势成正比,与电路的总电阻成反比,数学表达式为

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

也可整理成

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

式中 $U_{\text{外}}$ ——外电路的电压降;

$U_{\text{内}}$ ——电源内阻上的电压降。

3. 电路工作状态

电路通常有三种状态,即通路、开路和短路。下面应用全电路欧姆定律分析电路图 1—1—12 所示的电路在三种不同状态下,电源端电压与输出电流之间的关系。

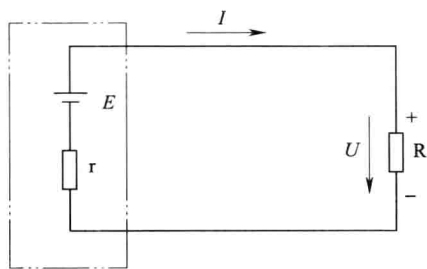


图 1—1—11 全电路欧姆定律

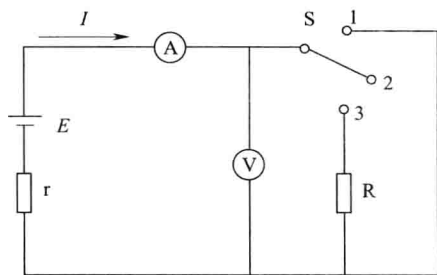


图 1—1—12 电路状态图

(1) 通路 电路构成闭合回路,负载有电流通过。将图 1—1—12 所示中开关置于“3”时,电路闭合,处于通路状态。此时电路中通过负载 R 的电流为

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-1-10)$$

由式(1—1—10)可得电源端电压 U 与电源电动势的关系是

$$U = E - Ir \quad (1-1-11)$$

式(1—1—11)表明,当电源电动势 E 和内阻 r 一定时,电源端电压 U 随负载电流 I 的增大而变小。

(2) 开路(断路) 将图 1—1—12 所示中开关 S 置于“2”时,电路处于开路状态(也称空载状态)。此时,电路中的电流为零,由 $U = E - Ir$ 得知电源的开路电压等于电源的电动势。

(3) 短路 将图 1—1—12 所示中开关 S 置于“1”时,电源两端未经负载而直接由导线构成闭合回路,这种情况叫电源被短路。此时电路中短路电流 $I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$ 。由于电源内阻一般都很小,短路时电流比正常电流大很多倍,电源很快会发热烧毁,甚至会引起火灾。因此短路是严重的故障状态,为了避免这种故障的发生,通常在电路中串接熔断器或自动断路器等保护装置,以便发生短路时,迅速将故障电路自动切断。

三种电路状态的特点见表 1—1—2。

表 1—1—2 电路在三种状态下的特点

电路状态	电阻 R	电流 I	电压 U
通路	R	$I = \frac{E}{R+r}$	$U = E - Ir$
开路	∞	0	$U = E$
短路	0	$I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$, 很大	$U = 0$

【例 1—1—3】 如图 1—1—13 所示,设内阻 $r = 0.2 \Omega$,电阻 $R = 9.8 \Omega$,电源电动势 $E = 2 \text{ V}$,不计电压表和电流表对电路的影响,求开关在不同位置时,电压表和电流表的读数各为多少?

解: 开关接“1”位置:电路处于短路状态,电压表的读数为零;电流表中流过的短路电流为

$$I_{\text{短}} = \frac{E}{r} = \frac{2}{0.2} = 10 \text{ A}$$

开关接“2”位置:电路处于开路状态,电压表的读数为电源电动势的数值,即 2 V ;电流表流过的电流为零,即 $I_{\text{断}} = 0$ 。

开关接“3”位置:电路处于通路状态,电流表的读数为

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{2}{9.8+0.2} = 0.2 \text{ A}$$

电压表的读数

$$U = IR = 0.2 \times 9.8 = 1.96 \text{ V}$$

$$\text{或 } U = E - Ir = 2 - 0.2 \times 0.2 = 1.96 \text{ V}$$

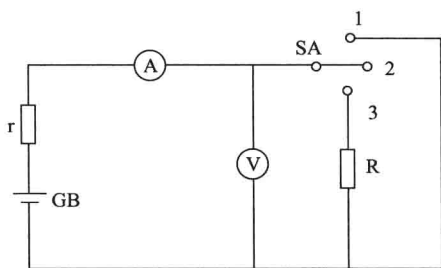


图 1—1—13 例 1—1—3 题图

三、简单直流电路的连接

1. 电阻器串联

几个电阻器首尾依次连接,各电阻器流过同一电流的连接方式,称为电阻器的串联。如图 1—1—14 所示。

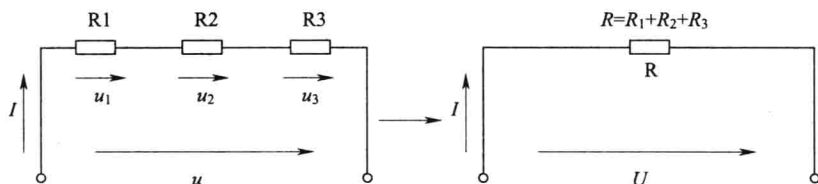


图 1—1—14 电阻器的串联

(1) 串联电阻电路的特点

1) 电路中流过每个电阻器的电流都相等,即

$$I_1 = I_2 = I_3 = \cdots I_n \quad (1-1-12)$$

2) 电路两端的总电压等于各电阻器两端的分电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n \quad (1-1-13)$$

3) 电路的等效电阻(即总电阻)等于各电阻器两端的分电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \quad (1-1-14)$$

4) 电路中各个电阻器两端的电压与它的阻值成正比,即

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \cdots = \frac{U_n}{R_n} \quad (1-1-15)$$

式(1—1—15)表明,在串联电路中,阻值越大的电阻分配到的电压越大;反之电压越小。

若已知 R_1 和 R_2 两个电阻器串联,如图 1—1—15 所示,串联电路的总电压为 U ,可得分压公式

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= U \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ U_2 &= U \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-16)$$

(2) 串联电阻电路的应用 包括分压作用、限流作用,以及利用电阻器串联可以得到较大阻值的电阻。

【例 1—1—4】 如图 1—1—16 所示,现有一只电流表,允许通过的最大电流(也叫满刻度电流)是 $50 \mu\text{A}$,内阻是 $10 \text{ k}\Omega$ 。根据需要,要把它改造成量程(也叫测量范围)为 10 V 的电压表,应该如何改造?

解: 按题意,当表头满刻度时,表头两端电压 U_g 为

$$U_g = I_g R_g = 50 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^3 = 0.5 \text{ V}$$

设量程扩大到 10 V 需要串入的电阻为 R_x , 则

$$R_x = \frac{U_x}{I_g} = \frac{U - U_g}{I_g} = \frac{10 - 0.5}{50 \times 10^{-6}} = 190 \text{ k}\Omega$$

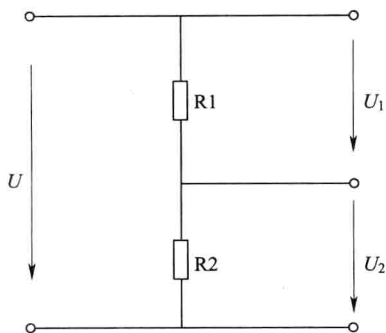


图 1—1—15 两电阻串联

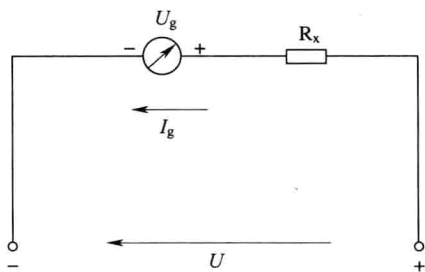


图 1—1—16 例 1—1—4 题图

2. 电阻器并联

两个或两个以上的电阻器并列连接在电路两点之间, 各电阻处于同一电压下的连接方式, 称为电阻器的并联, 如图 1—1—17 所示。

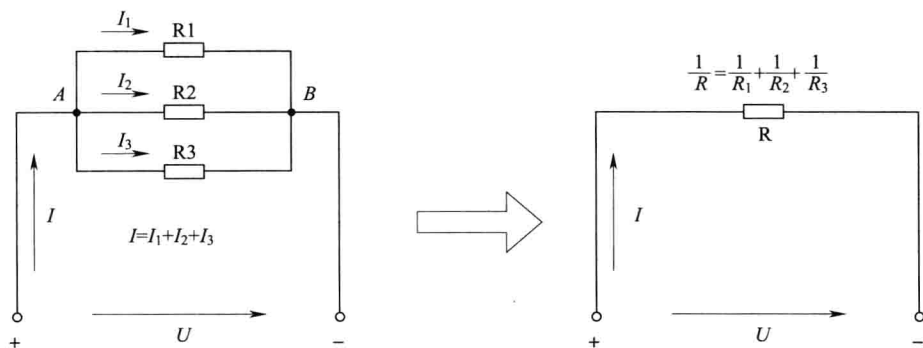


图 1—1—17 电阻器并联

(1) 并联电阻电路的特点

1) 电路中各电阻器两端的电压相等, 且等于电路两端的电压。

$$U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n \quad (1-1-17)$$

2) 电路的总电流等于流过各电阻器的电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n \quad (1-1-18)$$

3) 电路的等效电阻 (即总电阻) 的倒数等于各并联电阻的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-1-19)$$

4) 电路中通过各支路的电流与支路的电阻值成反比, 即

$$IR = I_1 R_1 = I_2 R_2 = \cdots = I_n R_n \quad (1-1-20)$$

如图 1—1—18 所示, 若已知 R_1 和 R_2 两个电阻并联, 并联电路的总电流为 I , 可得分流公式

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= I \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ I_2 &= I \frac{R_1}{R_1 + R_2} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-21)$$

(2) 并联电阻电路的应用 包括分流作用、恒压供电, 以及利用电阻器并联可以获得较小阻值的电阻。

3. 电阻器混联

电路中元件既有串联又有并联的连接方式称为混联, 如图 1—1—19 所示。计算混联电路时, 首先画出等效电路图, 即把原电路整理成较为直观的串、并联关系的电路图, 然后计算其等效电阻。

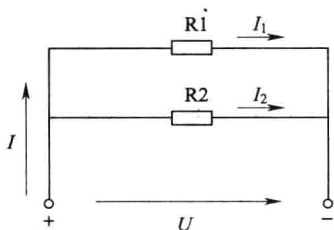


图 1—1—18 两电阻并联

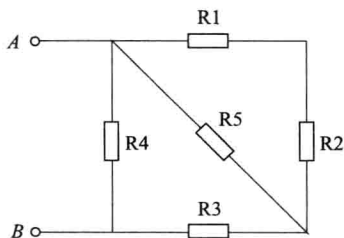


图 1—1—19 电阻器的混联

【例 1—1—5】 如图 1—1—20 所示, 已知 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \Omega$, $R_4 = R_5 = 4 \Omega$, 试求 A、B 间的等效电阻 R_{AB} 。

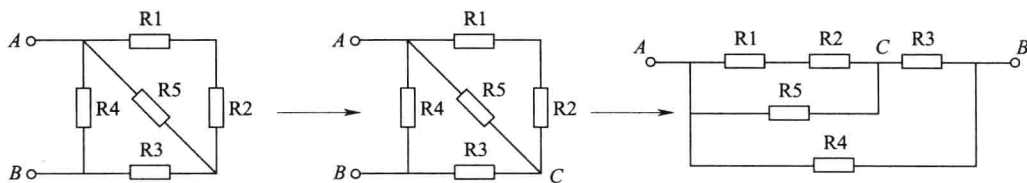


图 1—1—20 例 1—1—5 题图

解: (1) 为了便于看清各电阻器之间的连接关系, 在原电路中标出字母 A、B、C。

(2) 将 A、B、C 各点沿水平方向排列, 并将 $R_1 \sim R_5$ 依次填入相应的字母之间。 R_1 与 R_2 串联在 A、C 间, R_3 在 B、C 之间, R_4 在 A、B 之间, R_5 在 A、C 之间, 即可画出等效电路图。

(3) 由等效电路可求出 AB 间的等效电阻, 即

$$\begin{aligned} R_{12} &= R_1 + R_2 = 2 + 2 = 4 \Omega \\ R_{125} &= R_{12} // R_5 = 2 \Omega \\ R_{1253} &= R_{125} + R_3 = 2 + 2 = 4 \Omega \\ R_{AB} &= R_{1253} // R_4 = 2 \Omega \end{aligned}$$