

“十二五”规划大学教材

电工 电子技术

DIANGONG
DIANZIJIISHU

主 编 © 侯 慧 孙歆钰

副主编 © 罗 健

东南大学出版社

南京 211106

“十二五”规划大学教材

电工 电子技术

DIANGONG
DIANZIJIISHU

主 编 ◎ 侯 慧 孙歆钰

副主编 ◎ 罗 健

云南出版集团公司

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术 / 侯慧, 孙歆钰主编. -- 昆明: 云南人民出版社, 2012. 12

ISBN 978 - 7 - 222 - 10477 - 8

I. ①电… II. ①侯… ②孙… III. ①电工技术 - 高等学校 - 教材②电子技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 301545 号

责任编辑: 赵丁丁

封面设计: 魔弹文化

责任印制: 段金华

书名	电工电子技术
作者	侯慧, 孙歆钰 主编
出版	云南出版集团有限责任公司 云南人民出版社有限责任公司
发行	云南人民出版社有限责任公司
地址	昆明市环城西路 609 号
邮编	650034
网址	www. ynpph. com. cn
E - mail	rmszbs@ public. km. yn. cn
开本	787mm × 1092mm 1/16
印张	15. 75
字数	403 千字
版次	2012 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
印刷	北京全海印刷有限公司
书号	ISBN 978 - 7 - 222 - 10477 - 8
定价	29. 90 元

前 言

《电工电子技术》是所有工科类专业的一门专业基础课。几年来通过教研室老师数十次下企业调研,与企业工程师、工人师傅的座谈研究,同时深入学生中,了解学生的实际需求,本着会一些最基本操作、学一点知识、掌握实际工作方法的原则,制定了该门课的课程标准。为了学生学习其它专业课和以后所从事的技术工作提供必要的基础,本教材根据高职高专及其他职业学校学生的培养目标为依据,选取了电工电子中几个最常用的项目为支点,以实际中的运用为学习主线,按照“工作导向、项目实施”的原则编写而成,把相关理论知识编写进了项目任务中,使学生在接近实际环境中学会了实际操作又适时地掌握了必备的理论知识。同时,本教材坚持“实用、必需、够用”的原则,在编写思路与手法上以真实典型实例为切入点,图文兼并,突出实际能力应用,使全书框架更趋于科学、合理、紧凑。更突出指导性、实用性和可操作性,着重培养学生的动手能力,达到培养具有创新型技能人才的目的。

本书共分为8个项目:项目一 手电筒电路的设计及检修;项目二 照明电路的安装与检修;项目三 电能表的使用及安装;项目四 家用电机类使用与维护;项目五 指针式万用表电路的组装与调试;项目六 串联型直流稳压电源的制作;项目七 音响功放的安装与调试;项目八 七段码锁存/译码/驱动器组装与调试。每个项目又分为若干个任务,每个项目独立成章又相互联系,内容由浅到深,从单一到综合。每个项目就是一个生活生产中的真实典型任务,每个项目又由任务描述、技能目标、学习目标、技能目标、设备工具材料、技能操作及相关知识等板块组成,在内容上,去繁就简,简洁实用,利于培养学生理论联系实际的工作能力和技术应用能力。

在编写教材中我们着重考虑:1. 按照“以能力为本位,以职业实践为主线,以项目课程为主体的模块化专业课程体系”的总体设计要求。本门课程以形成电工电子电路设计、制作、测试与调试等能力为基本目标,彻底打破学科课程的设计思路,紧紧围绕工作任务完成的需要来选择和组织课程内容和组织课程内容。突出工作任务与知识的联系,让学生在职业实践活动的基础上掌握知识,增强课程内容与职业岗位能力要求的相关性,提高学生的就业能力。2. 学习项目选取的基本依据是该门课程涉及的

工作领域和工作任务范围，但在具体设计过程中，以机械类、能源类、信息类专业学生的就业为导向，根据行业专家对机械类、能源类、信息类专业所涵盖的岗位群进行的任务和职业能力分析，同时遵循高等职业学校学生的认知规律，紧密结合职业资格证书中相关考核要求，确定本课程的工作任务模块和课程内容。为了充分体现任务引领、实践导向课程思想，使工作任务具体化，产生了具体的学习项目。其编排依据是该职业所特有的工作任务逻辑关系，而不是知识关系。3. 依据工作任务完成的需要、高等职业院校学生的学习特点和职业能力形成的规律，按照“学历证书与职业资格等级证书嵌入式”的设计要求确定课程的知识、技能等内容。4. 学习程度用语主要使用“了解”、“理解”、“能”或“会”等用语来表述。“了解”用于表述事实性知识的学习程度，“理解”用于表述原理性知识的学习程度，“能”或“会”用于表述技能的学习程度。

同时我们建议使用本教材时注意：1. 在教学活动中要从学生实际出发，创设有助于学生自主学习的问题情境，引导学生通过实践、思考、探索、交流，获得知识，形成技能，发展思维，学会学习，促进学生在教师指导下主动地、富有个性地学习。2. 在教学活动中，教师应发扬教学民主，成为学生学习专业知识的组织者、引导者、合作者；要善于激发学生的学习潜能，鼓励学生大胆创新与实践，要创造性地使用教材，积极开发利用各种教学资源，为学生提供丰富多彩的学习素材；注意电工电子技术的新发展，适时引进新德教学内容。按照学生学习的规律和特点，以学生为主体，充分调动学生学习的主动性、积极性。3. 在教学活动中要积极改进教学方法，课堂教学应多采用模型、实物，重视现代教育技术在教学中的应用，理论联系实际，启迪学生的科学思维。实践教学中验证性实验与技能训练相结合，以实际操作为主，着重学生技术应用能力的形成与发展。3. 学生的考核可以采取：依据项目进行考核的方法，完成一个项目就进行该项目的考核，即阶段评价和目标评价相结合；采取理论与实践一体化，要把学生作品的评价与知识点考核相结合。可以通过做一些简单电路设计与制作，同时对设计中的相关知识点进行考评。

本书主编为武汉理工大学的侯慧，荆楚理工学院孙歆钰，副主编为清河采油厂水电讯大队罗健，其中侯慧编写了项目一至四，孙歆钰编写项目五至七，罗健编写项目八。

本书在编写过程中得到了相关企业专家及工人师傅提出的宝贵意见，同时感谢部分兄弟院校老师和学院领导的大力支持，在此表示衷心感谢。由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，敬请各位专家和读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 手电筒电路的设计及检修	(1)
项目二 照明电路的安装与检修	(20)
任务一 白炽灯照明电路的安装与检修	(20)
任务二 日光灯照明电路的安装与检修	(41)
项目三 电能表的使用及安装	(57)
任务一 单相电能表的使用及安装	(57)
任务二 三相电能表的使用及安装	(63)
项目四 家用电机类使用与维护	(76)
任务一 家用电风扇的使用与维护	(76)
任务二 家用洗衣机的使用与维护	(96)
项目五 指针式万用表电路的组装与调试	(118)
项目六 串联型直流稳压电源的制作	(141)
项目七 音响功放的安装与调试	(174)
项目八 七段码锁存/译码/驱动器组装与调试	(202)

项目一 手电筒电路的设计及检修

【任务描述】

电筒是电在生活中应用的一种最常见、最直接的运用，也是我们认识电的开始。向同学们提问手电筒是怎样亮起来的时，同学们可能回答出里面有导线、电池、小电珠、开关等一些材料。但对它们是如何组合的，怎样使小电珠亮起来等问题，同学们还不是十分清楚，我们借助本课程的学习以达到探究的最终目的，使同学们对电的认识有一个新的发展。

【技能目标】

1. 认识手电筒的构造；
2. 学会手电筒的性能和技术规格；
3. 掌握手电筒的电路原理图。

【学习目标】

1. 了解电路模型及电路图；
2. 理解电流、电压和电阻的概念；
3. 掌握欧姆定律；
4. 掌握直流电路的组成及分析方法。

【设备、工具和材料】

序 号	名 称	规 格	数 量	备 注
1	手电筒		1 把	
2	万用表	MF500 型	1 块	
3	干电池	1 号	3 节	

【技能操作】

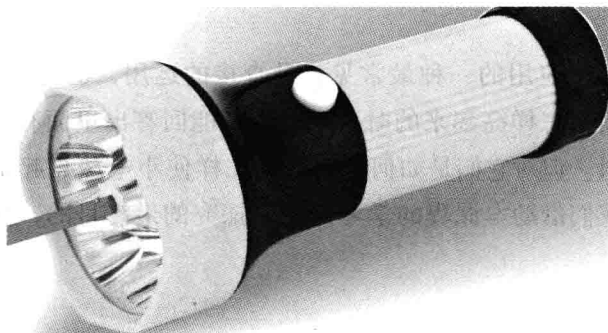
技能操作项目：手电筒的拆装与检修

一、实训目的：

1. 学会拆装手电筒，使手电筒亮起来；
2. 通过具体的操作来认识基本电路，会画简易电路图；
3. 能用语言、符号、图示等来描述手电筒的电路；
4. 掌握手电筒基本故障的检修

二、实训内容与步骤：

1. 外观



2. 组成

手电筒主要由以下零件组成：电源（干电池，充电电池，手动充电），电路，灯头，集光器（反射罩），开关，电筒壳（电池盖，筒身，带透光镜的筒头），以及其它附件。

3. 类别

手电筒的类别主要有：

- (1) 光强度可变调。通过同一按钮，将光控制为强光档、弱光档、闪烁档。
- (2) 多种形式电源。有 5 号电池、7 号电池、充电电池、手动充电。
- (3) 多种档次的光强度。它通过电压来实现，电压有 3 伏、4.5 伏、
- (4) 有防水型与非防水型之分
- (5) 多种造型。有手提式和手握式，还可分为直角式、直筒式、头部活动式。
- (6) 按用途分，可分为警用/矿用手电筒、普通手电筒
- (7) 包含其它附属功能，如给手机等充电、带小刀、仿笔型
- (8) 按散热的效果可分为铝合金外壳、不锈钢外壳、铁壳、塑料外壳等。散热好，则光衰小。

4. 故障检修

- (1) 检查电池：确保电池有电及按正确方向装入电池，不可使用不同品牌的电池，新旧电池不可混用；
- (2) 检查尾盖：确保开关已拧紧且接触良好，保证尾盖铜柱与尾盖压圈金属片接

触良好；

(3) 注意灯头是否松动。

三、实训报告：

整理检测结果数据。详述实训过程中出现的问题及解决办法。

四、注意事项：

【相关知识】

一、电路及电路图

1. 电路和电路的组成

在日常生活中使用的手电筒是由干电池、灯泡、导线和开关等组成的，如图 1-1 (a) 所示。图中，电源（如干电池等）是将非电能转换为电能的设备；负载（如灯泡等）是将电能转换为非电能的设备和元件；开关是接通或断开电路，起控制电路的作用；导线是把电源与负载连接起来。一个完整的电路是由电源（或信号源）、负载和中间环节（开关、导线等）三个基本部分组成的。

在实际应用中，通常用电路图来表示电路。在电路图中，各种电器元件都不需要画出原有的形状，而是采用统一规定的图形符号来表示。图 1-1 (b) 就是图 1-1 (a) 所示手电筒的电路原理图。这种用理想元件构成的电路常称为实际电路的“电路模型”，如图 1-1 (c) 所示。在进行理论分析时所指的电路，就是这种电路模型。在电路中随着电流的流动，进行着不同形式能量之间的转换。

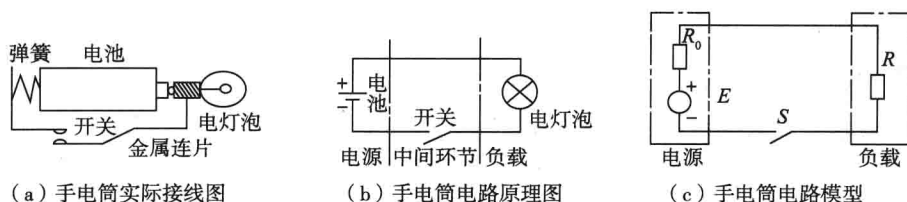


图 1-1 手电筒电路

任何一个完整的实际电路，不论其结构和作用如何，通常总是有电源、负载和中间环节（导线和开关）等基本部分组成。

(1) 电源

电源是把其他形式的能转换成电能的装置及向电路提供能量的设备，如干电池、蓄电池、发电机等。

(2) 负载

负载是把电能转换成为其它能的装置也就是用电器即各种用电设备，如电灯、电动机、电热器等。

(3) 导线和开关

导线是把电源和负载连接成闭合回路，常用的是铜导线和铝导线。

开关是控制电路接通和断开的装置。

电路中根据需要还需要装配有其他辅助设备，如测量仪表是用来测量电路中的电量，熔断器用来执行保护任务的。

2. 电路图

在实际应用中，通常用电路图来表示电路。在电路图中，各种电器元件都不需要画出原有的形状，而是采用统一规定的图形符号来表示。图 1-1 (b) 就是图 1-1 (a) 所示手电筒的电路原理图。这种用理想元件构成的电路常称为实际电路的“电路模型”，如图 1-1 (c) 所示。在进行理论分析时所指的电路，就是这种电路模型。在电路中随着电流的流动，进行着不同形式能量之间的转换。

3. 电路的工作状态

实际电路在使用过程中，可能处于通路、断路或短路三种不同的基本状态。

(1) 通路：电源与负载接通，构成回路，又称为有载状态。当电路工作在额定情况下时的电路有载工作状态称为额定工作状态。

(2) 断路：电源与负载断开，称为断路状态，又称开路或空载状态。

(3) 短路：电源两端没有经过负载而直接连在一起时，称为短路状态。如图 1-2 所示。此时电流不再流过负载，而直接经短路连接点流回电源，此时短路电路很大。短路是电路最严重、最危险的事故，是禁止的状态。产生短路的原因主要是接线不当，线路绝缘老化损坏等。应在电路中接入过载和短路保护。

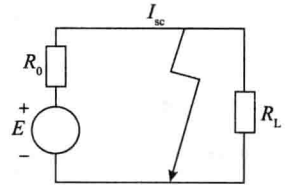


图 1-2 电路短路

二、电路的基本物理量

1. 电流

电流是由导体中自由电子的定向移动形成的。电流是看不见、摸不着的，但电流的强弱可以间接地通过其他手段知道。例如，“流过手电筒的电流和流过汽车灯的电流，强弱是不一样的”，这就知道电流的存在并且知道电流存在的大小。电流强度即我们常说的电流大小，定义为单位时间内通过导体横截面的电量。电流强度简称电流，用符号 i 表示，即

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

在国际单位制中，电流的单位是安[培](A)。

$$1\text{A} = 103\text{mA} = 10^6\mu\text{A}, \quad 1\text{kA} = 103\text{A}$$

电流按照变化规律分为直流电流(DC, direct current)和交流电流(AC, alterna-

ting current)。如果电流的大小和方向不随时间变化,则称为直流电流,简称直流;如果电流的大小和方向都随时间变化,则称为交流电流,简称交流。

2. 电压与电位

(1) 电压

带电体的周围存在着电场,电场对处在电场中的电荷有力的作用。电场力将单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功,称为 a 、 b 两点间的电压,用 U_{ab} 表示。

电压的单位名称是伏特,简称伏,用符号 V 表示。我们规定:电场力把 $1C$ 电量的正电荷从 a 点移到 b 点,如果所做的功为 $1J$,那么 a 、 b 两点间的电压就是 $1V$ 。

电压常用单位还有 kV 、 mV 、 μV ,其换算关系是:

$$1kV = 10^3V$$

$$1V = 10^3mV$$

$$1mV = 10^3\mu V$$

(2) 电位

如果在电路中选定一个参考点,则电路中某一点与参考点之间的电压即为该点的电位。电位的单位也是 V 。如 a 、 b 点的电位分别记为 U_a 和 U_b 。

电路中任意两点之间的电位差就等于这两点之间的电压,即 $U_{ab} = U_a - U_b$,故电压又称电位差。

【例题 1-1】 在图 1-3 中,已知 $U_{CO} = 3V$, $U_{CD} = 2V$ 。试分别以 D 点和 O 点为参考点,求各点的电位及 D 、 O 两点间的电压 U_{DO} 。

解: (1) 以 D 点为参考点,即 $\varphi_D = 0V$

因为 $U_{CD} = \varphi_C - \varphi_D$

所以

$$\varphi_C = U_{CD} + \varphi_D = 2 + 0 = 2V$$

又因为

$$U_{CO} = \varphi_C - \varphi_O$$

所以

$$\varphi_O = \varphi_C - U_{CO} = 2 - 3 = -1V$$

$$U_{DO} = \varphi_D - \varphi_O = 0 - (-1) = 1V$$

(2) 以 O 为参考点,即 $\varphi_O = 0V$

因为

$$U_{CO} = \varphi_C - \varphi_O$$

所以

$$\varphi_C = U_{CO} + \varphi_O = 3V$$

因为

$$U_{CD} = \varphi_C - \varphi_D$$

所以

$$\varphi_D = \varphi_C - U_{CD} = 3 - 2 = 1V$$

$$U_{DO} = \varphi_D - \varphi_O = 1 - 0 = 1V$$

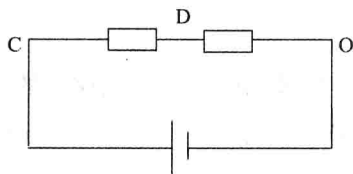


图 1-3

3. 电动势

电源将正电荷从电源的负极经电压内部移到正极的能力用电动势表示, 电动势的符号为 E , 单位为 V 。

电源电动势在数值上等于电源没有接入电路时两极间的电压。电动势的方向规定为在电源内部由负极指向正极。

对于一个电源来说, 既有电动势, 又有端电压。电动势只存在于电源内部, 而端电压则是电源加在外电路两端的电压, 其方向由正极指向负极。一般情况下, 电源的端电压总是低于电压内部的电动势, 只有当电源开路时, 电源的端电压才与电源的电动势相等。

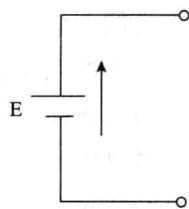


图 1-4

4. 电阻与电导

(1) 电阻

当电流通过金属导体时, 做定向运动的自由电子会与金属中的带电粒子发生碰撞。所以导体在通过电流的同时也对电流起着阻碍作用, 这种对电流有阻碍作用称为电阻。电阻就是反映导体对电流起阻碍作用大小的一个物理量。

电阻用字母 R 表示。电阻的单位名称是欧姆, 简称欧, 用符号 Ω 表示。常用的电阻单位还有 $k\Omega$ 和 $M\Omega$, 它们之间的换算关系是:

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

$$1k\Omega = 10^3 \Omega$$

导体的电阻是客观存在的, 它不随导体两端电压大小而变化。即使没有电压, 导体仍然有电阻。实验证明, 导体的电阻跟导体的长度成正比, 跟导体的横截面积成反比, 并与导体的材料性质有关。对于长度为 l 、截面为 S 的导体, 其电阻可用下式表示:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-2)$$

式中的 ρ 是与导体材料性质有关的物理量, 称为电阻率或电阻系数。电阻率通常是指在 20°C 时, 长 1m 而横截面积为 1m^2 的某种材料的电阻值。当 l 、 S 、 R 的单位分别为 m 、 m^2 、 Ω 时, ρ 的单位名称是欧·米, 用符号 $\Omega \cdot \text{m}$ 表示。

各种材料的电阻率都会随温度的变化而变化。一般来说, 金属的电阻率随温度升高而增大; 电解液、半导体和绝缘体的电阻率则随温度升高而减小; 而有些合金如锰铜合金和镍铜合金的电阻几乎不受温度变化的影响, 常用来制作成标准电阻。

利用某些材料对温度的敏感特性, 可以制成热敏电阻。电阻值随温度升高而减小的热敏电阻称为负温度系数的热敏电阻, 电阻值随温度升高而增大的热敏电阻称为正温度系数的热敏电阻。

(2) 电阻器的识别

1) 色环的识别

用不同颜色的带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差。

①用背景颜色表示电阻器的种类

- A. 浅色（淡绿、淡蓝、浅棕色）表示碳膜电阻器
- B. 红色表示金属膜电阻器或金属氧化膜电阻器
- C. 深绿色表示线绕电阻器

②用色环的组合来表示阻值和允许误差用。普通的色环电阻器用 4 环表示。精密电阻器用 5 环表示。当电阻为四色环时，最后一环一般都为为金色或银色，前两位为有效数字，第三位为倍率，第四位为偏差。当电阻为五色环时，最后一环与前面四环距离较大。前三位为有效数字，第四位为倍率，第五位为偏差。

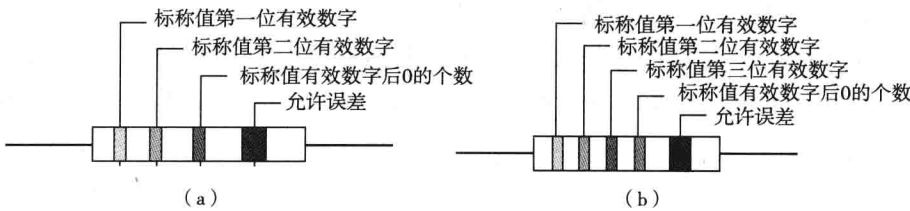


图 1-5 电阻器色标法

色环有十二种颜色，它在不同位置所代表的含义如表 1-4 所示。例如一个四色环电阻色环颜色依次为棕黑红金，它的阻值为 $1\text{K}\Omega$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ 。还有一个五色环电阻色环颜色依次为红黑黑棕棕，它的阻值为 $2\text{K}\Omega$ ，允许误差为 $\pm 1\%$ 。

表 1-1 色环所代表的含义

颜 色	有效数字	乘数	允许偏差%	工作电压 V*
银色	-	10^{-2}	± 10	-
金色	-	10^{-1}	± 5	-
黑色	0	10^0	-	4
棕色	1	10^1	± 1	6.3
红色	2	10^2	± 2	10
橙色	3	10^3	-	10
黄色	4	10^4	-	25
绿色	5	10^5	± 0.5	32
蓝色	6	10^6	± 0.25	42
紫色	7	10^7	± 0.1	50
灰色	8	10^8	-	63
白色	9	10^9	± 5	-
无色	-	-	-20	-
			± 20	

(3) 电导

我们把电阻的倒数叫做电导。电导用符号 G 表示，即：

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-3)$$

导体的电阻越小，电导就越大。电导大就表示导体的导电性能良好。

电导的单位名称是西门子，简称西，用符号 s 表示。

各种材料的导电性能有很大差别。在电工技术中，各种材料按照它们的导电能力，一般可分为导体、绝缘体、半导体。

1) 导体导电能力强的材料称为导体。导体的电阻率一般都在 $1 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 左右。如铜、铅、铁等金属。

2) 绝缘体导电性能很差的材料称为绝缘体，它的电阻率一般在 $10^6 \sim 10^{18} \Omega \cdot m$ 之间。如橡胶、塑料、树脂、玻璃、云母、陶瓷、变压器油等。

3) 半导体这类材料的导电性介于导体和绝缘体之间。半导体的电阻率一般在 $10^{-6} \sim 10^6 \Omega \cdot m$ 之间，因为半导体材料具有一些特殊的性质，所以在近代电子技术中得到了广泛的应用。

三、欧姆定律

1. 部分欧姆定律

只含有负载而不包含电源的一段电路称为部分电路，如图：

部分电路欧姆定律的内容是：导体中的电流，与导体两端的

电压成正比，与导体的电阻成反比。其公式为：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-4)$$

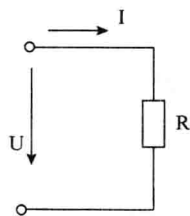


图 1-6 部分欧姆定律

如果以电压为横坐标，电流为纵坐标，可画出电阻的 U/I 的关系曲线，称为伏安特性曲线。伏安特性曲线是直线的电阻元件，称为线性电阻（图 1-7），其电阻值可认为是不变的常数。不是直线的，则称为非线性电阻（图 1-8）。

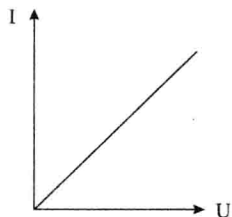


图 1-7 线性电阻的伏安特性

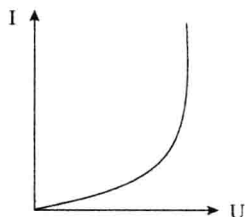


图 1-8 非线性电阻的伏安特性

本章讨论的电路暂不涉及非线性电阻,但在电子电路中会遇到多种非线性元件。

2. 全欧姆定律

含有电源的闭合电路称为全电路,如图 1-9 所示,电源内部的电路称为内电路,如发电机的线圈,电池内的溶液等。电源内部的电阻称为内电阻,简称内阻。电源外部的电路称为外电路,外电路中的电阻称为外电阻。

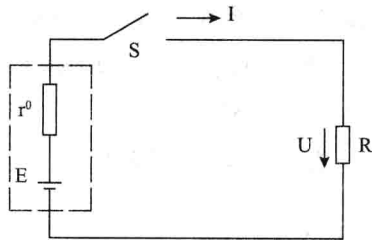


图 1-9 全电路

全电路欧姆定律的内容是: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(内电阻和外电阻之和)成反比,公式为

$$I = \frac{E}{R + r}$$

四、电功与电功率

1. 焦耳定律

电流通过金属导体时,导体会发热,这种现象称为电流的热效应。实验结果表明:电流流过会属导体产生的热量与电流的平方、导体的电阻、通电时间成正比,即:

$$Q = I^2 R t \quad (1-5)$$

如果电流的单位为 A,电阻的单位为 Ω ,时间的单位为 s,则热量单位为 J。此关系称为焦耳定律。

2. 电功

电流通过电炉时,电炉会发热,电流通过电灯时,电灯会发光(当然电要发热)。这说明,电流通过不同的负载时,负载可以将电源提供的电能转变成其他不同形式的能量,电流就要做功。

前面讲述电压时曾经讲过,如果 a、b 两点间的电压为 U,则将电量为 q 的电荷从 a 点移到 b 点时电场力所做的功为:

$$A = Uq \quad (1-6)$$

由于

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-7)$$

所以

$$q = It \quad (1-8)$$

则

$$A = UIt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-9)$$

在式(1-9)中,电压单位为 V,电流单位为 A,电阻单位为 Ω ,时间单位为 s,则电功单位为 J。

在实际应用中,电功还有一个常用单位是 kW · h。

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} \quad (1-10)$$

【例题 1-2】 有一个电饭锅，额定功率为 1000W，每天使用 2 小时；一台 25 寸电视机，功率为 60W，每天使用 4 小时；一台电冰箱，输入功率为 120W，电冰箱的压缩机每天工作 8 小时。计算每月（30 天）耗电多少度？

解：(1kW × 2h + 0.06kW × 4h + 0.12kW × 8h) × 30 天 = (2 度 + 0.24 度 + 0.96 度) × 30 = 52 度

答：每月耗电 52 度

3. 电功率

电功表示电场力做功的多少，但不能表示做功的快慢：我们把单位叫间电流所做的功称为电功率，来表示电场力做功的快慢。电功率用字母 P 表示，即：

$$P = \frac{A}{t} \quad (1-11)$$

在式 (1-11) 中，若电功的单位为 J，时间的单位为 s，则电功率的单位为 1/s 或 W。实际应用中，电功率的单位还有 kW。

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

根据式 (1-11)，电阻的电功率与其电压、电流、电阻的关系还有：

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

当电阻元件通过电流时，由于电流的热效应，导体和周围空气的温度升高。如用电阻丝绕成的电炉和电烙铁，其工作原理就是利用电流的这种热效应。但电流的热效应也有有害的一面。例如，电流通过输电线、电动机、变压器时，会使输电线、变压器的线圈发热。这不但使能量白白浪费掉，还可能造成温度过高而烧坏设备。所以制造厂生产的各种电气设备都规定了电压、电流或功率的额定值，使用时必须注意。所谓额定值就是保证电气设备能长期安全工作的最大电压、电流和功率，分别称为额定电压、额定电流和额定功率。例如，我们常见的灯泡上的 220V 40W 就是额定值。电气设备的额定值通常标在一块小金属牌（叫铭牌）上，固定在设备的外壳上。因而有时额定值又可以叫做铭牌数据。

五、电阻的串联、并联及混联

1. 电阻的串联

(1) 电阻串联的概念

把两个或两个以上的电阻器，一个接一个地连成一串，使电流只有一条通路的连接方式叫做电阻的串联。如图所示电路是由三个电阻构成的串联电路。

(2) 串联电路的特点

① 电路中流过每个电阻的电流都相等，即：

$$I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n \quad (1-13)$$

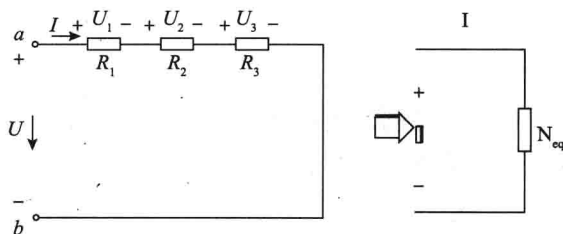


图 1-10 串联电路

这是由于串联电路只有惟一通路，况且电荷不会在电路中任一地方积累或消失，所以在相同时间内通过电路导线任一截面的电荷数必然相等，即各串联电阻中流过的电流相同。

②电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和，即：

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \quad (1-14)$$

③电路的等效电阻（即总电阻）等于各串联电阻之和，即：

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \quad (1-15)$$

④电路中各电阻的电压与各电阻的阻值成正比，即：

$$U_n = U \frac{R_n}{R} \quad (1-16)$$

(3) 串联电路的应用

电阻串联的应用很广泛：在实际工作中，常常采用几个电阻串联构成分压器，使同一电源能供给几种不同的电压；用小阻值电阻的串联来获得较大的电阻；利用串电阻的方法，限制和调节电路中电流的大小；在电工测量中，用串联电阻来扩大电压表的量程，以便测量较高的电压等等。

【例题 1-3】 有一只电流表，内阻 $R_g = 1\text{k}\Omega$ ，满偏电流为 $I_g = 100\mu\text{A}$ ，要把它改成量程为 $U_n = 3\text{V}$ 的电压表，应该串联一只多大的分压电阻 R ？

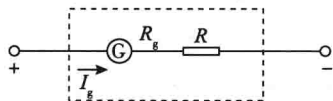


图 1-11

解：如图 1-11 所示。

该电流表的电压量程为 $U_g = R_g I_g = 0.1\text{V}$ ，与分压电阻 R 串联后的总电压 $U_n = 3\text{V}$ ，即将电压量程扩大到 $n = U_n / U_g = 30$ 倍。

利用两只电阻串联的分压公式，可得 $U_g = \frac{R_g}{R_g + R} U_n$ ，则

$$R = \frac{U_n - U_g}{U_g} R_g = \left(\frac{U_n}{U_g} - 1 \right) R_g = (n - 1) R_g = 29\text{k}\Omega$$

上例表明，将一只量程为 U_g 、内阻为 R_g 的表头扩大到量程为 U_n ，所需要的分压电阻为 $R = (n - 1) R_g$ ，其中 $n = (U_n / U_g)$ 称为电压扩大倍数。