



机关事业单位技术工人考试教材

DIAN GONG

电 工

四川省人事厅组织编写

主 编 杨新明



电子科技大学出版社

[Http://www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)



机关事业单位技术工人考试教材

电 工

四川省人事厅组织编写

主 编

杨新明

副主编

杨 梅 刁其君



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工/杨新明主编. 一成都: 电子科技大学出版社,
2004.10

机关事业单位技术工人考试教材

ISBN 7-81094-672-2

I. 电... II. 杨... III. 电工—技术培训—教材
IV.TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 100189 号

内 容 提 要

本教材是根据国家人事部和四川省人事厅的有关政策规定, 为机关事业单位技术工人编写的晋升技术等级和技师的考试教材。

全书内容共分 13 章, 分别为: 直流电路的基本分析方法、电磁原理、正弦交流电路、三相交流电路、晶体管电路、电工材料及电工测量仪器仪表、变压器与交流异步电动机、常用低压电器及继电器接触控制系统、直流电动机、晶闸管和变频器、供配电系统、照明电气系统、电工作业安全技术。

本书亦可作为技工学校和中等专业学校的辅助教材和参考。

机关事业单位技术工人考试教材

电 工

四川省人事厅组织编写

主 编 杨新明

出 版 电子科技大学出版社 (成都市建设北路二段四号, 邮编: 610054)

出版统筹 曾 艺

责任编辑 谢晓辉

发 行 电子科技大学出版社

印 刷 电子科技大学出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 18.75 字数 474 千字

版 次 2004 年 10 月第一版

印 次 2004 年 10 月第一次印刷

书 号 ISBN 7-81094-672-2/G · 128

定 价 24.80 元



编 委 会

主 任 黄泽云

副主任 陈其金 魏阿庆 李建疆

编 委 尹协雪 冯建荣 金 盾

李世怀 黄培益

策 划 王小东

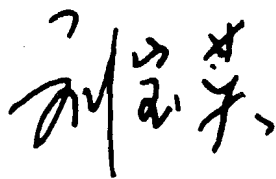
开 篇 寄 语

科学技术的发展对人口素质乃至整个民族素质提出了越来越高的要求。新形势下,加快建立新的人才开发机制,促进劳动者素质的全面提高,最大限度地发挥人的才能和体现人的价值,对推动经济社会发展,实现人才资源向人才资本转变的新跨越,具有重要的意义。

在《中共中央、国务院关于进一步加强对人才工作的决定》中,对加强高技能人才队伍建设提出了明确要求。技术工人是我国经济发展、技术进步不可缺少的重要人才资源,加强对技术工人专业理论知识与实际操作技能的培养,是实现技术工人知识化、专业化的客观要求,是提高技能人才的素质和能力,促进技能人才队伍建设的重要举措。由四川省人事厅组织专家编写的《机关事业单位技术工人考试教材》系列用书,从内容到体例都作了精心策划与编排,是同类书籍中较有特色的学习读本。

只要是人才,都应受到尊重和重视。愿这套教材的问世,能帮助更多的技术工人通过系统学习得到提高,并为我们进一步推动技能型人才的培训开发工作,提供可借鉴的实践经验。

国家人事部专业技术人员管理司司长



2004 年 9 月

序

根据人事部《关于印发〈机关、事业单位工人技术等级岗位考核暂行办法〉的通知》（人薪发〔1994〕50号）有关规定，按照机关事业单位工作的特点以及对工人的要求，我省在对机关事业单位技术工人思想政治表现和生产工作成绩考核的基础上，先后实施了机关事业单位技术工人晋升技术等级考试和技师职务评聘考试。

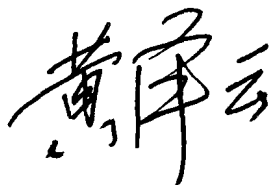
开展机关事业单位技术工人晋升技术等级和技师职务评聘考试，是机关事业单位深化人事制度改革的重要内容，也是激发机关事业单位技术工人学习专业技术热情，调动机关事业单位工人生产工作积极性，全面提高工人队伍的业务技术水平和整体素质的一项重要举措。机关事业单位工人通过技术等级考试，确定技术等级和兑现工资待遇，建立一个培训考核与工作安排使用、工资待遇相结合的运行机制，将使机关事业单位工人的管理更加制度化、规范化，以适应社会主义市场经济发展的需要，更好地为社会主义现代化建设事业服务。

为规范机关事业单位技术工人晋升技术等级和技师职务评聘考试，方便应试人员，我们组织有关主管部门和专业学校编写了这套《机关事业单位技术工人考试教材》。

《机关事业单位技术工人考试教材》以国家人事部《机关事业单位工勤人员岗位等级规范》为标准，结合机关事业单位工人实际，按照各工种、专业分等级编写，内容由浅入深，循序渐进，突出各工种、专业的基础知识及其应用，力求达到以学促考、以考促学、学以致用。

我们衷心希望机关事业单位广大工人同志们积极踊跃地投入到学习专业技术的热潮之中，通过自己努力不懈地学习和实践，提高自己的专业技术水平，拓宽在机关事业单位工勤岗位的工作能力，为加强机关事业单位建设、为社会主义现代化建设作出更大的贡献。

中共四川省委组织部副部长
四川省人事厅厅长
四川省编办主任



2004年9月

前 言

根据国家人事部《机关事业单位工勤人员岗位等级规范(试行)》和四川省人事厅有关政策规定,结合机关事业单位技术工人实际情况,本着以学促考、以考促学的精神,我们编写了《电工》培训考试教材。

在编写过程中本着学以致用和实事求是的原则,十分谨慎地对传统的电子类专业的电工基础和非电子类专业的电工技术基础进行了适当地整合,降低了理论深度、突出了基本概念、基本原理和定律的实践性和应用性,适当地省略了复杂的公式推导,简化了较为繁杂的分析过程,力求使全书内容循序渐进而自成体系,深入浅出而通俗易懂,具备良好的基础性、通用性、适用性和针对性,以便使应试人员能通过本书尽快地掌握相应等级的电工应知应会的电工基本理论和技能。

本书共13章。其中,第1章、第2章由杨梅编写;第3章由杨新明编写;第4章由柏淑红编写;第5章由刁其君编写;第6章、第7章由包中婷编写;第8章、第10章由饶文红编写;第11章由王琪编写;第12章由郑骧编写;第13章由范钧编写。

本书由汪建、霍平、袁致负责审稿。

在本教材的编写过程中,得到了刘介才教授细致入微的指导,在此,谨表示深深感谢!

由于编撰时间紧迫,加之编者水平有限,书中如有不当之处,敬请专家、读者不吝赐教,提出宝贵意见。

编 者
2004年8月



目 录

第1章 直流电路的基本分析方法	1
1.1 电路的组成及其基本物理量	1
1.2 电阻及欧姆定律	4
1.3 电功和电功率	6
1.4 电路的状态和电气设备的额定值	7
1.5 电阻的串、并联电路	8
1.6 电容元件	10
1.7 电压源与电流源及其等效变换	14
1.8 基尔霍夫定律	16
1.9 支路电流法	18
1.10 叠加原理	19
1.11 戴维南定理	20
1.12 最大功率输出定理	22
1.13 电路中各点电位的计算	23
第2章 电磁原理	26
2.1 磁场的基本概念和电流的磁场	26
2.2 磁场的基本物理量	27
2.3 磁场对电流的作用	28
2.4 电磁感应	30
2.5 自感与互感	33
2.6 磁导率与铁磁性材料	35
2.7 涡流与趋肤效应	36
第3章 正弦交流电路	38
3.1 正弦交流电动势的产生	38
3.2 正弦交流电的三要素	39
3.3 正弦交流电的三种表示方法	44
3.4 正弦交流电路中的基本元件	46
3.5 正弦RLC电路的分析	54
3.6 谐振电路	59
第4章 三相交流电路	64
4.1 三相交流电的产生及特点	64
4.2 三相电源的连接	65
4.3 三相负载的连接	67
4.4 三相交流电路的功率	70
第5章 晶体管电路	72
5.1 半导体的基本知识	72
5.2 晶体二极管	73
5.3 晶体三极管	75
5.4 晶体三极管基本放大电路的工作原理及分析	79
5.5 单相整流与滤波电路	85
5.6 直流稳压电源	89
第6章 电工材料及电工测量仪器仪表	92
6.1 常用电工材料	92
6.2 常用电工仪表	95
6.3 常用电子测量仪器	108
第7章 变压器与交流异步电动机	114





7.1	变压器	114
7.2	特殊用途变压器	122
7.3	三相交流异步电动机	126
7.4	单相异步电动机	136
第8章	常用低压电器及继电接触控制系统	140
8.1	常用低压电器	140
8.2	电气图	147
8.3	三相笼式异步电动机的基本控制电路	151
第9章	直流电动机	159
9.1	直流电机的用途、基本结构及选型	159
9.2	直流电动机的运行特性	162
9.3	他励直流电动机的启动、调速和制动	163
9.4	直流电动机的日常维修保养	169
9.5	直流电机的故障分析	171
第10章	晶闸管和变频器	176
10.1	晶闸管的结构与工作原理	176
10.2	晶闸管的触发电路	181
10.3	晶闸管整流电路及其应用	182
10.4	变频调速的基础知识	190
10.5	全控型器件绝缘栅双极型晶体管(IGBT)	194
10.6	变频器的使用	195
10.7	变频器的安装和接线	198
第11章	供配电系统	202
11.1	发电、输电和配电概况	202
11.2	供配电线路	205
11.3	导体的选择	209
11.4	配电变压器	211
11.5	低压电器与配电装置	214
11.6	高压电气设备	219
11.7	工厂变、配电所	225
11.8	继电保护与二次回路	227
第12章	照明电气系统	232
12.1	照明基础知识	232
12.2	常用电光源及照明器具的安装	234
12.3	照明供配电系统	240
12.4	照明控制线路	243
12.5	导线连接与绝缘的恢复	248
12.6	照明灯具的检修	254
第13章	电工作业安全技术	257
13.1	保护接地与保护接零	257
13.2	变配电装置的运行安全	261
13.3	用电设备的运行安全	264
13.4	电磁场对人体的影响及安全电压	268
13.5	触电事故及其预防的安全措施	269
13.6	触电急救	271
13.7	电工作业安全管理知识	273
附录1	人事部《机关事业单位工勤人员岗位等级规范(试行)》	275
附录2	电工考试大纲	282
附录3	考试规则	285
附录4	《四川省人事考试违规违纪行为处理办法(试行)》	286
主要参考书目		288



第1章 直流电路的基本分析方法

【本章要点】

初级电工 掌握直流电路的基本概念和基本物理量的定义、表示方法、单位换算，并能熟练地应用于具体电路的分析和计算过程中。会用欧姆定律、电阻的串联知识和电路基本公式分析计算电路。了解电容器的基本概念、充放电原理及其在电路中的作用。

中级电工 在初级电工的基础上，能运用电路的基本定律和电路的串、并联知识熟练地分析和计算简单的直流电路。掌握电容器的基本概念、充放电原理及其在电路中的作用。理解电压源与电流源及其等效互换原理。理解戴维南定理的内容和简单应用。

高级电工 在中级电工的基础上，掌握电压源与电流源的等效变换，并能运用于对电路的化简分析过程中。掌握复杂直流电路的基本分析方法，尤以支路电流法为重点。理解叠加原理在线性电路分析方法上的特殊应用。

电工技师 在高级电工的基础上，能熟练地应用支路电流法对复杂电路进行分析计算，并能将叠加原理、戴维南定理、最大功率输出定理运用于对直流电路的分析。

1.1 电路的组成及其基本物理量

1.1.1 电路和电路图

电路就是电流的通路，是为了某种需要由一些电工设备或电器器件按一定方式组合起来的。如图 1-1 (a) 所示是由干电池、开关、小灯泡以及导线构成的一个简单直流电路。当闭合开关使电路接通时，干电池向外提供电流，电流流过小灯泡，灯泡发光。

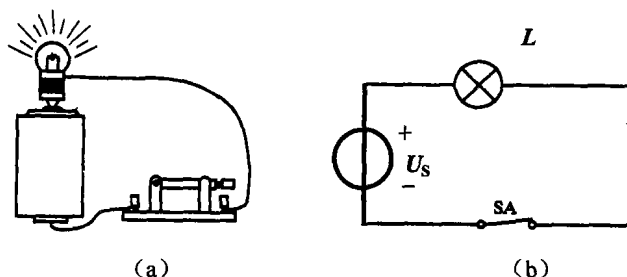


图 1-1 电路和电路图

要画出电路的实物接线图是非常麻烦的，且不利于阅读，因此可以将实际电路中的设备或器件用国家统一规定的图形符号来表示。用这些图形符号就可以把图 1-1 (a) 所示的实物接线图画成图 1-1 (b) 所示的原理电路图，简称电路图。



一般电路主要由电源、负载、开关和连接导线组成。电源是提供电能或电信号的设备，如发电机、干电池、信号发生器等。负载是耗电或转换电信号的设备，如电灯、电炉、电烙铁、扬声器、电动机等一切用电设备。开关是接通或断开电路的控制元件。连接导线把电源、负载及开关连接起来，组成一个闭合回路，起传输和分配电能的作用。

1.1.2 电路中的基本物理量

一、电流

带电粒子（电子、离子等）的有规则的定向运动形成电流。衡量电流大小的量是电流强度，简称电流。电流的大小取决于在一定时间内通过导体单位横截面电荷量的多少。如在 t 秒内通过导体单位横截面的电量为 Q 库[仑]，则电流 I 就可以表示为：

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

式中， Q ——流过导体单位横截面的电量（C）；

t ——时间（s）；

I ——电流（A）。

若每秒通过导体单位横截面的电荷量为 1C（库[仑]），则电流为 1A（安[培]）。除 A（安[培]）的单位外，常用的还有 kA（千安）、mA（毫安）、 μ A（微安）等。它们之间的换算关系如下： $1\text{kA}=10^3\text{A}$ 、 $1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$ 、 $1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$ 。

电流不仅有大小，而且有方向，通常规定正电荷移动的方向为电流的实际方向。电流的方向是客观存在的，但在分析较为复杂的电路时，往往难以事先判定某支路中电流的实际方向。为此，在分析与计算电路时，可先任意设定某一方向作为电流的参考方向（也称正方向）。规定了参考方向以后，电流

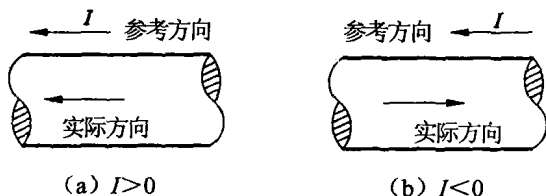


图 1-2 电流的正负

就是一个代数量，电流的值便有了正负之分。若解出电流为正值，则电流的实际方向与参考方向一致，见图 1-2 (a) 所示；若电流为负值，则电流的方向与参考方向相反，见图 1-2 (b) 所示。因此可利用电流的参考方向和正负值来表示电流的方向。但应注意，在未规定参考方向的情况下，电流的正负号是没有意义的。

二、电压

电压是衡量电场力做功本领大小的物理量，当导体中存在电场时，电荷将在电场力的作用下运动，并把电能转换为其他形式的能量。在电路中 A 、 B 两点间的电压为单位正电荷在电场力的作用下由 A 点转移到 B 点时减少的电能，即

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

式中， W_{AB} ——电荷转移过程中减少的电能（J）；

Q ——由 A 点转移到 B 点的电荷量（C）；

U_{AB} —— AB 两点之间的电压（V）。

若电场力将 1 库[仑]（C）的电荷从 A 点转移到 B 点，所做的功是 1 焦[耳]（J），则 AB

两点之间的电压大小就是1伏[特],简称伏,用符号V表示。除伏[特]外,常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)等。它们之间的换算关系为: $1\text{kV}=10^3\text{V}$ 、 $1\text{mV}=10^{-3}\text{V}$ 、 $1\mu\text{V}=10^{-6}\text{V}$ 。

同电流一样,电压不仅有大小,而且有方向,即正负。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。电压的实际方向由正指向负。在分析电路时往往难以确定电压的实际方向,此时可先任意假设电压的参考方向,再根据计算所得值的正、负来确定电压的实际方向。

电压的参考方向在电路图中有两种表示方法,一种是用双下标表示。例如 a, b 两点之间的电压 U_{ab} , 它的参考方向就是由 a 指向 b , 也就是说, a 点的参考极性为“+”, b 点的参考极性为“-”。如图 1-3 (a) 所示; 另一种用极性符号“+”、“-”表示, 如图 1-3 (b) 所示。

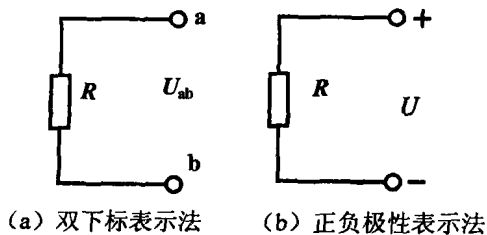


图 1-3 电压的参考方向

三、电压、电流的关联参考方向

电流的参考方向和电压的参考方向可以分别独立地规定。但为了分析方便, 常使同一元件的电流参考方向与电压参考方向一致, 即电流从电压的正极性端流入该元件, 从电压的负极性端流出该元件, 如图 1-4 (a) 所示。这时, 该元件的电流参考方向与电压参考方向是一致的, 称为关联参考方向。反之, 则为非关联参考方向, 如图 1-4 (b) 所示。

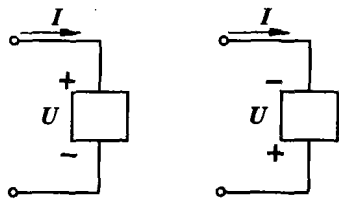


图 1-4 电压、电流的关联方向

四、电动势

在电场力作用下, 正电荷总是从高电位点向低电位点运动。为了形成连续的电流, 在电源中正电荷必须从低电位点被移到高电位点。这就要求在电源中有一个电源力作用在正电荷上, 推动正电荷逆电场力方向运动, 把其他能量转换成电能。例如在发电机中, 当导体在磁场中作切割磁力线的运动时, 导体内便出现这种电源力; 在电池中, 电源力存在于电极之间。

电动势的定义为: 电源力将单位正电荷从电源的负极移动到电源正极所做的功。电动势用符号 E 表示, 其数学表达式为:

$$E = \frac{W_{\text{电源力}}}{Q} \quad (1-3)$$

式中, $W_{\text{电源力}}$ ——电源力所做的功 (J);

Q ——由低电位点转移到高电位点的电荷量 (C);

E ——电源的电动势 (V)。

电动势的实际方向规定为: 在电源内部由负极指向正极。图 1-5 (a)、图 1-5 (b) 分别表示直流电动势的两种图形符号。

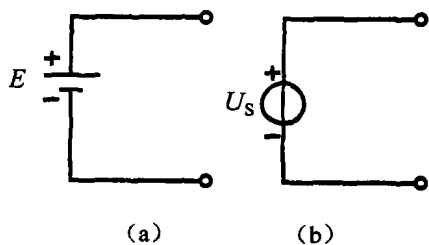


图 1-5 直流电动势的两种图形符号





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源内部的电动势,因为电源内部总有一定的能量损耗,只有当电源开路时,电源的端电压才与电源的电动势相等。

1.2 电阻及欧姆定律

1.2.1 电阻

一、电阻

导体对电流的阻碍作用叫电阻。电阻用符号“ R ”表示,电阻的基本单位为欧[姆](Ω),简称欧。在一定温度下,一段均匀导体的电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,还与组成导体材料的性质有关。用公式表示为:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-4)$$

式中, ρ ——导体的电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$);

l ——导体的长度 (m);

S ——导体的横截面积 (m^2);

R ——导体的电阻 (Ω)。

电阻率(或称电阻系数) ρ 是反映金属材料导电性能的系数,单位为欧·米($\Omega \cdot \text{m}$)。不同金属材料电阻率的大小不同。在实际工作中所用到的各种材料里,纯金属的电阻率很小,称为电的良导体,银是最好的导体,但因价格昂贵一般很少使用,目前较经常使用的导体是导电性能良好的铜和铝。而另外一些材料如电木、塑料、橡胶等因其电阻率极大,称为绝缘体,可用做电器外壳、绝缘支架、绝缘手套、鞋、垫等。

一般的金属导体,温度升高,导体的电阻值增大。如 220V、40W 的白炽灯不通电时,灯丝电阻为 100Ω ;正常发光时,灯丝电阻高达 1210Ω 。

二、电阻器

利用导体的电阻可以制成各种用途不同、阻值不同、形状不同的电阻器。在电工和电子技术中,广泛使用各种电阻器。电阻器通常是用电阻率较高的材料制作在陶瓷骨架上而成。电阻的品种很多,结构、尺寸和规格也不一样。电阻按照阻值来分,有固定电阻和可变电阻两种;按构造可分为线绕电阻和非线绕电阻;按材料分为碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻等。

每一个成品电阻器均标有额定功率、标称阻值及允许误差。实际使用时对电阻器的主要要求一般有以下 4 个方面:

1. 按照电阻在电路中的作用和技术要求,选用合适类型的电阻,如作为一般的降压和限流电阻、音频负载电阻等,用碳膜电阻即可;而稳压电源中的取样电阻、延时电路中的定时电阻要求有较好的热稳定性,宜用金属膜电阻。

2. 电阻值应和电路要求相符。电阻阻值的准确程度常用允许误差表示,如 $\pm 1\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等。





3. 电阻器的额定功率必须大于电阻器在电路中实际消耗的功率。
4. 电阻的稳定性要好, 就是指电阻阻值随外界因素(如温度湿度)变化而改变的程度。稳定性主要决定于电阻器本身的材料和结构。

1.2.2 欧姆定律

欧姆定律是电路分析中重要的基本定律之一, 它说明了流过线性电阻的电流与该电阻两端电压之间的关系, 反映了电阻元件的特性, 实际应用非常广泛。

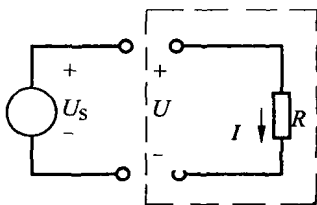


图 1-6 部分电路

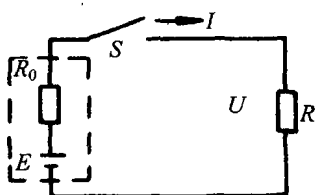


图 1-7 全电路

一、部分电路欧姆定律

不含电源的电路称为无源电路如图 1-6 所示。在电阻 R 两端加上电压 U 时, 电阻中就有电流 I 流过, 三者之间关系为:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-5)$$

式中, U ——导体两端的电压 (V);

R ——导体的电阻 (Ω);

I ——导体中的电流 (A)。

上式说明, 流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比, 与该电阻阻值的大小成反比, 这一规律称为欧姆定律。

二、全电路欧姆定律

含有电源的无分支闭合电路称为全电路, 如图 1-7 所示。图中虚线框内代表一个电源。电源除了具有电动势 E 外, 一般都是有电阻的, 这个电阻称为内电阻, 用 R_0 表示。电源外部的电路称为外电路。当开关 S 闭合时, 负载 R 中有电流 I 流过。电动势 E 、内电阻 R_0 、负载电阻 R 和电流 I 之间的关系用公式表示即为:

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-6)$$

式中, E ——电源的电动势 (V);

R ——外电路(负载)电阻 (Ω);

R_0 ——电源内电阻 (Ω);

I ——电路中电流 (A)。

式 (1-6) 表明, 在一个含有电源的无分支闭合电路中, 电流与电源的电动势成正比, 与电路中内电阻和外电阻之和成反比。

式 (1-6) 也可写作:



$$E = IR + IR_0 = U_{\text{外}} + U_{\text{内}} \quad (1-7)$$

式中, $U_{\text{外}}$ 是电源向外电路的输出电压, 也称电源的端电压; $U_{\text{内}}$ 是电源内阻的电压降。因此, 全电路欧姆定律又可表述为: 电源电动势在数值上等于闭合电路中内外电路电压降之和。

1.3 电功和电功率

1.3.1 电功

电流流过负载时, 负载将电能转换成其他形式的能量(如: 磁能、热能、机械能等), 这一过程, 称为电流做功, 电流所做的功叫电功, 简称功, 用符号 W 表示。电功的数学表达式为:

$$W = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t \quad (1-8)$$

式中, U ——加在负载上的电压 (V);

I ——流过负载的电流 (A);

R ——电阻 (负载) (Ω);

t ——时间 (s);

W ——电功 (J);

在国际单位制中, 电功的单位是焦[尔] (J); 在实际工作中, 电器设备用电量的常用单位是千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$), 俗称度。它表示功率为 1 千瓦的用电器在 1 小时内所消耗的电能。

1.3.2 电流的热效应

电流通过导体时导体发热的现象称为电流的热效应。事实证明, 电流通过导体产生的热量与电流的平方、导体电阻和通电时间成正比, 即

$$Q = I^2 Rt \quad (1-9)$$

由式 (1-9) 确定的规律称为焦耳-楞次定律。电流的热效应有利也有弊。利用这一现象可以制成许多电器, 如电灯、电烙铁、电熨斗、电炉等; 但电流的热效应也会使导线发热、电器设备温度超过规定值, 会加速绝缘材料的老化变质, 从而引起导线漏电或短路, 甚至烧毁设备。

1.3.3 电功率

单位时间内电流所做的功叫电功率, 用符号 P 表示, 其数学表达式为

$$P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-10)$$

式中, W ——电流所做的功 (J);

t ——时间 (s);

P ——电功率 (W)。

电功率的国际单位是瓦 (W), 其他常用单位还有千瓦 (kW), 毫瓦 (mW) 等。它们之间的换算关系为: $1\text{kW}=10^3\text{W}$ 、 $1\text{W}=10^3\text{mW}$ 。

从式 (1-10) 可以看出:

(1) 当负载电阻一定时, 由 $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ 可知, 电功率与电流的平方或电压的平方成正比。

(2) 当流过负载的电流一定时, 由 $P = I^2 R$ 可知, 电功率与电阻值成正比。

(3) 当加在负载两端的电压一定时, 由 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知, 电功率与电阻率成反比。

1.4 电路的状态和电气设备的额定值

1.4.1 电路的状态

电路通常有以下三种状态:

一、通路

电路构成闭合回路, 负载中有电流通过, 电路处于导通状态称为通路。

在如图 1-8 所示的电路中, 当开关接通到 “1” 位置时, 电源与负载接通, 形成通路状态。由全电路的欧姆定律可知, 此时电路的电流为

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-11)$$

电源端电压与回路电流的关系为

$$U = E - U_{R_0} = E - IR_0 \quad (1-12)$$

由式 (1-12) 可见, 电流端电压小于电动势, 两者之差为电流通过电源内电阻所产生的电压降 IR_0 , 电流愈大, 则电源端电压下降得愈多。表示电源端电压 U 与输入电流 I 之间关系的曲线, 称为电源的外特性曲线, 如图 1-9 所示, 其斜率与电源内阻有关。通常电源内阻一般很小, 当 R_0 远远小于 R 时, 则

$$U \approx E$$

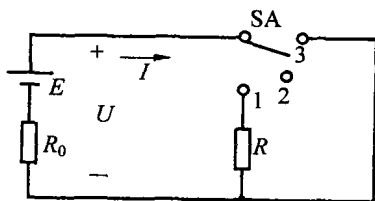


图 1-8 电路的三种状态

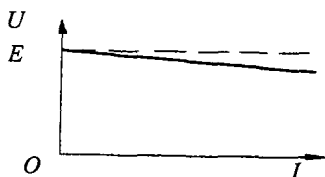


图 1-9 电路的外特性



二、开路

电路断开，电路中无电流通过，电路处于开路状态时为开路，也称断路。

在图 1-8 所示的电路中，当开关接通到“2”位置时，电源与负载断开，形成开路状态。此时 $R \rightarrow \infty$ ，电路中的电流 $I=0$ ，内阻压降 $IR_0=0$ ， $U=E-IR_0=E$ ，表明电路在开路时电路的端电压和电源的电动势相等。

三、短路

短路是电源未经（或部分经过）负载而直接由导体构成闭合回路。

在图 1-8 所示的电路中，当开关接通到“3”位置时，电源与短路线相连，形成短路状态。此时负载电阻 $R=0$ ，电路中电流 $I=\frac{E}{R_0}$ ， $U=0$ 。应注意到通常情况下电源的内阻是很小的，因此短路情况下的电流（称为短路电流）将会很大，这样不仅会损坏导线、电源和其他电器设备，甚至会引起火灾，所以电源（或电路）的短路情况应该严格禁止。在实际电路中应该有良好的保护措施如串接熔断器等，一旦发生短路故障，保护装置会自动切断电路，起到安全保护作用。

1.4.2 电气设备的额定值

为了保证电气设备正常工作，要规定它们的额定电流 I_N 、额定电压 U_N 和额定功率 P_N 。例如白炽灯上标有 220V、100W，表示额定电压为 220V，额定功率为 100W，正常工作时，应接在 220V 的电源上，消耗的功率为 100W。该白炽灯的电阻 $R=\frac{U^2}{P}=\frac{220^2}{100}=484\Omega$ 。若接在 380V 的电源上，实际消耗的功率为 $P=\frac{U^2}{R}=\frac{380^2}{484}=298\text{W}$ ，超过了白炽灯的额定值，因而很快会烧断钨丝；若接在 110V 的电源上，实际功率为 $P=\frac{U^2}{R}=\frac{110^2}{484}=25\text{W}$ ，这时白炽灯灯光微弱，工作状态不正常。

电器元件和设备在额定功率下的工作状态叫额定工作状态，也称满载，使用电气设备时应尽可能工作在额定状态；低于额定功率的工作状态叫轻载，这时效率降低，如负载是电动机，则将出力不足；高于额定功率的工作状态叫过载或超载，电器在过载状态工作时电流过大，会导致电气设备的寿命缩短或损坏，因此一般不允许过载，预防过载的保护器件有熔断器、热继电器等。

1.5 电阻的串、并联电路

1.5.1 电阻的串联电路

将两个或两个以上电阻首尾依次相连，组成一段无分支的电路，叫做电阻的串联。图 1-10 (a) 为三个电阻的串联电路。

