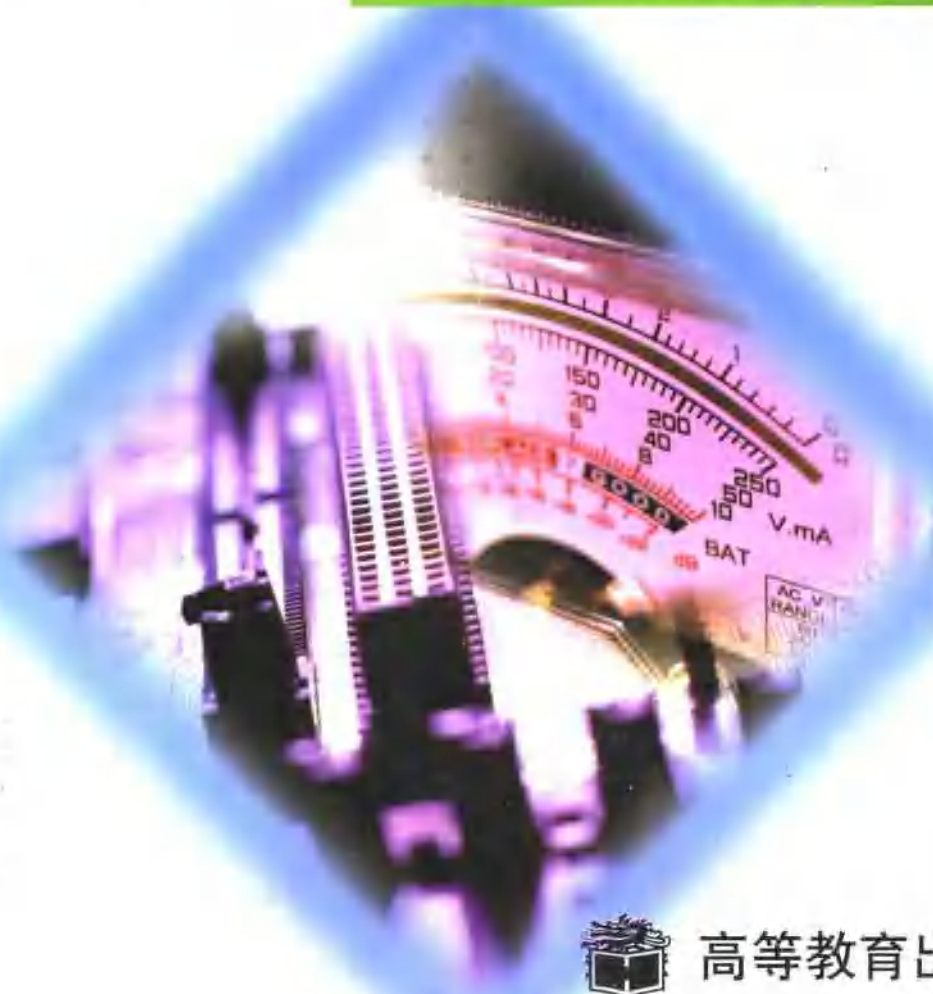


■ 高等职业学校教材

电工 与电子技术

罗挺前 主编



高等教育出版社

高等职业学校教材

电工与电子技术

罗挺前 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是为高等职业学校非电专业编写的技术基础课系列教材之一。

本书主要内容有:直流电路、正弦交流电路、三相交流电路、磁路与变压器、电动机、低压电路与控制电路、用电安全技术、整流电路、放大电路、数字电路,本书还包括实验指导。

本书可作为中、高等职业学校非电专业的教材,也可供其他人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/罗挺前主编. —北京:高等教育出版社,2001

ISBN 7-04-009275-1

I. 电… II. 罗… III. ①电工技术②电子技术

IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 037791 号

电工与电子技术

罗挺前 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

电 话 010-64054588

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

邮政编码 100009

传 真 010-64014048

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 北京二二〇七工厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 16.75

字 数 400 000

版 次 2001 年 7 月第 1 版

印 次 2001 年 7 月第 1 次印刷

定 价 21.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

随着我国社会主义市场经济的迅猛发展,社会急需适应生产、建设、管理、服务的高等技术应用型专门人才,高等职业教育也得到了极大的发展。为适应这一形势,高等教育出版社组织编写了这套高等职业学校系列教材。本书是为非电类专业编写的电工与电子技术教材。

本书按照高等职业教育的特点,突出实用性,实践性原则,以必需,够用为度,讲述了电工和电子技术的基本概念、基本规律基本分析方法和实际应用知识。

本书共10章,第1章直流电路;第2章正弦交流电路;第3章三相交流电路;第4章磁路与变压器;第5章电动机;第6章低压电器与控制电路;第7章用电安全技术;第8章整流电路;第9章放大电路;第10章数字电路。工厂供电、节约用电、电照明以及电工测量等方面的一些必需的知识。

本书下限学时数为75学时(含实验),适用于 90 ± 15 学时的各专业。可选讲的内容如下表:

章	可选讲的节号
1. 直流电路	1.6,1.7,1.9,1.10
2. 交流电路	2.3(3),2.8,2.9,2.11,2.12
3. 三相交流电路	3.4
4. 磁路与变压器	4.1,4.2,4.3,4.5,4.6,4.8
5. 电动机	5.7,5.8,5.9,5.10
6. 低压电器与控制电路	6.6,6.7,6.8
7. 用电安全技术	7.4,7.6
8. 整流电路	8.2(3),8.8,8.9
9. 放大电路	9.3,9.8,9.10,9.11
10. 数字电路	10.6,10.7
实验	二,五,七,九,十四

为了在有限的学时内能完成本课程教学并能达到课程基本要求,本书在编排和教材处理方面尽量做到结构紧凑、内容简明、脉络清晰、便于教学。同时注意联系生产实际、拓宽学生视野。

本书由罗挺前主编,董力参编。第2章、第3章由董力编写;其余各章由罗挺前编写。书稿由株洲铁路职业技术学院黄旭老师主审,在审阅过程中提出了很多具体的、宝贵的意见。谨在此表示衷心的感谢。

非电专业《电工电子技术》课程的特点是:涉及的知识面较宽而实际教学时数又往往较少。在这样的条件下组织好相关内容、给出明确的思路,使之能在规定时间内完成教学任务是教材编写的重要一环。本书是否能达到上述要求,希望使用本书的老师和广大读者给予批评指正。

编者 2001年3月

责任编辑	李 波
封面设计	王凌波
责任绘图	李维平
版式设计	史新薇
责任校对	胡晓琪
责任印制	宋克学

目 录

绪论	1	4.2 磁滞涡流	79
第1章 直流电路	4	4.3 铁心线圈交流电路	80
1.1 电路基本概念	4	4.4 变压器的结构和工作原理	81
1.2 电源的工作状态及外特性	7	4.5 电力变压器	85
1.3 负载的连接	9	4.6 仪用互感器	88
1.4 常用导线材料及规格	14	4.7 自耦变压器	90
1.5 基尔霍夫定律与复杂电路计算	16	4.8 电焊变压器	92
1.6 叠加定理	17	习题	94
1.7 有源电路的等效变换	19	第5章 电动机	96
1.8 电路中各点电位的计算	21	5.1 三相交流旋转磁场	96
1.9 电流和电压的测量	22	5.2 三相电动机转动原理	100
1.10 电阻的测量	24	5.3 三相异步电动机运行情况	102
1.11 万用表	27	5.4 三相异步电动机的铭牌和参数	105
习题	29	5.5 三相异步电动机的起动	109
第2章 正弦交流电路	32	5.6 三相异步电动机的调速	114
2.1 交流电基本概念	32	5.7 三相异步电动机的制动	114
2.2 描述正弦交流电特征的物理量	33	5.8 单相电动机	115
2.3 正弦量的表示法	35	5.9 直流电动机	118
2.4 纯电阻电路	40	5.10 控制微电机	122
2.5 纯电感电路	42	习题	125
2.6 纯电容电路	45	第6章 低压电器与控制电路	127
2.7 电阻、电感、电容串联电路	47	6.1 刀开关和转换开关	127
2.8 串联谐振	52	6.2 熔断器	129
2.9 常用电光源	54	6.3 自动空气断路器	131
2.10 功率因数	56	6.4 三相异步电动机基本控制电路	132
2.11 并联谐振	58	6.5 三相异步电动机正、反转控制电路	137
2.12 非正弦周期电流基本概念	59	6.6 行程开关与位置控制	138
习题	62	6.7 时间继电器与延时控制	140
第3章 三相交流电路	65	6.8 可编程控制器常识	142
3.1 三相交流电源	65	习题	143
3.2 三相负载的连接	67	第7章 用电安全技术	145
3.3 三相交流电路的功率	71	7.1 电流对人体的伤害	145
3.4 工业企业供电知识	72	7.2 可能触电的几种情况	146
习题	75	7.3 主要保护措施	146
第4章 磁路与变压器	77	7.4 漏电保护自动开关	149
4.1 铁磁材料 磁路	77	7.5 触电急救	150

7.6 电气火灾.....	151	9.6 射极输出器.....	192
习题	153	9.7 互补对称功率放大器.....	193
第 8 章 整流电路	154	9.8 差分放大器.....	194
8.1 二极管.....	154	9.9 集成运算放大器.....	195
8.2 整流电路.....	157	9.10 正反馈与正弦波振荡器	199
8.3 滤波电路.....	162	9.11 控制系统中的反馈	202
8.4 稳压电路.....	163	习题	205
8.5 晶闸管.....	165	第 10 章 数字电路	208
8.6 单相可控整流电路.....	167	10.1 概述	208
8.7 晶闸管交流调压电路.....	169	10.2 逻辑门电路	209
8.8 集成移相触发电路.....	170	10.3 触发器	215
8.9 晶闸管逆变器简介.....	171	10.4 计数器	220
习题	172	10.5 译码及显示器	226
第 9 章 放大电路	174	10.6 555 集成定时器及其应用	228
9.1 晶体管及其电流放大作用.....	174	10.7 数字电路应用	231
9.2 单管电压放大器.....	178	习题	233
9.3 场效应管.....	184	实验	235
9.4 多级放大器.....	186	参考书目	259
9.5 负反馈放大器.....	188		

绪 论

电是一种应用最广的能源。

电能可以从自然界的许多种能量转换而来,能够比较方便地通过线路输送到各地,而后又能通过一些设备转换成需要的其他多种形式的能量(参看图 0.1),在应用中还可以实现自动控制。

我国生产电能的形式主要有两种:火力发电和水力发电。火力发电主要以煤为燃料,也有的电厂用油或天然气,通过锅炉产生高压蒸汽推动汽轮机带动发电机运转发电;水力发电利用水的动能推动水轮机带动发电机。与火力发电相比,水力发电投资大、建造周期长,但它可以收到防洪、灌溉、运输等综合效益,发电成本低,无污染,根据各地水力资源状况不同可以发展大小不同规模的水电站,节约燃料,获得廉价电力。我国三峡水利枢纽工程,水电站设计装机容量为 1 820 万千瓦,是全世界首屈一指的水利工程。

近年来我国核能发电发展很快。由我国自行设计、制造的秦山核电站和引进设备的大亚湾核电站都已投入运行。因核燃料的运输量很小,核电站特别适用于既无水力资源又与燃料产区相距较远的地区。

我国有相当广大的地区有风力资源,所以国家对风力发电也比较重视。风力发电单机容量不大,但可以广为分布并获得廉价电力。

我国在 1949 年建国初期,全国发电能力仅有 185 万千瓦,到 1987 年达到 1 亿千瓦,居世界第五位,1996 年达到 23 654 万千瓦,跃居世界第二位。到 2000 年已超过 3 亿千瓦。

电能的远距离输送,主要靠高电压技术,目前我国采用的最高电压是 500 kV,输送距高达 1 000 km 以上。

在工业生产中,电能首先用于动力,生产中的各类机械,绝大部分用电动机拖动;另外,电能可直接用于完成某些生产过程,如:电加热、电致冷、电解、电镀、电焊等等;生产过程中的辅助设施如照明、空调等也都必须用电;用电来进行生产过程的控制,可以把生产中的各种物理参数如温度、压力、流量、液位、产品厚度等都转换成电信号,经过处理组成自动控制系统。

而对着电技术的广泛应用,非电专业的学生也必须学习电工、电子技术知识。在现代工业生产中,各个环节是相互联系的。因此,掌握任一生产过程,都必须对相关的电技术知识有所了解。当我们与电专业的技术人员讨论问题时,必须能有共同语言,不应是一个电的“外行”,这是一个技术人材所必须具备的素质。

在电能的产生、输送、分配、使用和控制这几个环节中,非电专业学习的重点是使用和控制。

电工电子技术课程应当有物理课做基础,但它与物理课有明显的不同。物理课学习自然科学的基础知识,而本课程学习的是应用技术。

通过本课程的学习要掌握一定的电工、电子专业知识,例如过去已经学过电能量及其单位千瓦时(kW·h),也懂得用电要按表缴费。但是在工程应用中要涉及功率因数的知识,要了解什么是功率因数?为什么功率因数低于规定标准就要提高电价?工矿企业要通过采取哪些措施才能提高功率因数等等。又如,我们已经懂得一些用电安全常识,但在工程应用中就必须了解工厂的

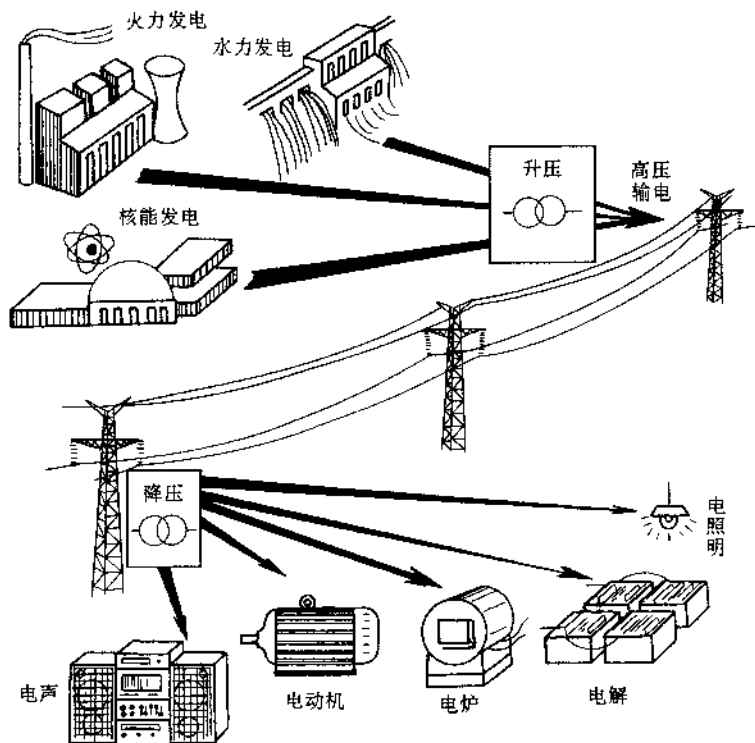


图 0.1 电能与其他形式能量的相互转换

接地、接零保护系统等专业知识。只有进一步学习这些才能成为“内行”。

物理课学习的重点是自然界客观现象的相互联系和规律。例如,学过电路的基本定律,掌握了一些基本公式,就能求解各种各样的电路,已知一些量就可以求出另外一些未知量,例如计算电路中的电压、电流。而现在则要着眼于实际应用,不仅要求出电路中电压、电流是多少,更重要的是要懂得在这样的电压下,绝缘装置能否承受?设备能否正常工作?在这样的电流下,发热和温升是否超过了规定的限度?每一个元器件,每一台设备或电器在使用前都必须了解它的额定值和有关的技术参数,并以此为依据知道怎样正确、合理地使用它。

物理课讲过一些电机、电器的基本原理,而现在要在分析掌握原理的基础上更多地了解外部效果和工作性能。如:电源的外特性、电动机的机械特性、集成电子器件的外部功能等等。在学习时要结合实验,进行实地观察和操作。这样,它就不是抽象的理论,而是具体生动的知识和技能。

在学习过程中要逐步掌握辩证唯物主义的分析方法。在工程技术应用中,解决问题的客观条件往往是多方面的,同样条件下又往往有几种可行的方案;条件如果改变了,优点与缺点、可用与不可用都可以相互转化。不要静止、不变地去看问题。例如远距离输电要用高电压,而交流电可以很容易地用变压器改变电压,直流电则不能,为此目前主要应用交流电。但随着传输距离越来越远,电压越用越高,又发现直流电绝缘成本低、传输损耗小,这方而又优于交流,于是就出现了发电厂产生交流,用变压器升压后整流变成直流,用直流传输到目的地之后再逆变为交流,最

后再用变压器降压给用户使用的传输方案。我国葛洲坝至上海之间的超高压 500 kV 输电线路就是采用这一方案。所以,不能因为生活中常用交流电就认为交流一定优于直流。这种例子还很多,要学会对具体情况作具体分析。

要学会利用技术资料。电工手册、技术标准、产品目录及说明书等都是工作中必备的工具,它能扩大我们掌握的信息量,成为工作中的有力助手,在学习的过程中应逐步熟悉它们,掌握查阅和利用技术资料的方法。

电工、电子技术的发展一日千里,不可能在短短的几十个学时中了解所有的一切,也不可能预见今后在工作中还会遇到什么新东西。学习的目的是为了掌握最基本的理论知识、应用知识和具有一定的实践能力;学会如何分析和解决实际问题,要能够举一反三,触类旁通,从而不断了解和接受新的科学技术知识。

电工电子技术对于非电专业来说不是主要课程,但却是一门重要课程,应当认真学好它。

第 1 章 直流电路

在物理学中,已经学过直流电路的知识,本章将在这一基础上作进一步的阐述,重点是向实际应用方面拓宽。

应当注意,有些应用知识虽然是就直流电路来介绍的,但它在一定条件下也可以用于分析和解决交流电路的问题。

在讲电路时,我们侧重从能量的角度进行分析,但这些知识也可以引申用于信号电路。

1.1 电路基本概念

为电流提供的通路称为电路。

图 1.1 是一个简单的供电电路。它由三部分组成:电源、线路和负载。

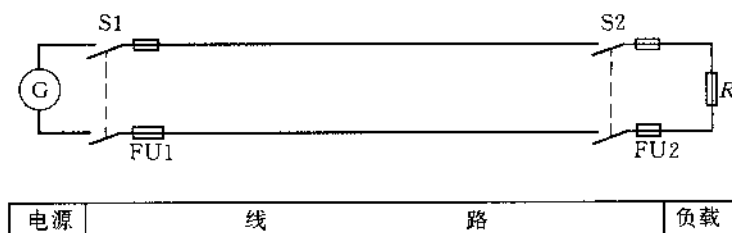


图 1.1 简单电路示例

电源把其他形式的能量转换成电能,通过线路输送给负载,负载又把电能转换成其他形式的能量。例如,图 1.1 中的电源是发电机 G ,它把机械能转换为电能;负载是电阻 R ,它把电能转换为热能。线路上还装有开关 $S1$ 、 $S2$ 和熔断器 $FU1$ 、 $FU2$ 用于控制和保护电路。

把图 1.1 的电路简化为图 1.2,在这里标出了电路的几个物理量电流 I 、电压 U 、电动势 E 和它们的方向。电流的方向用箭头符号表示;电压和电动势的方向用 $+$ 、 $-$ 极性表示。电压的正方向由 $+$ 到 $-$,说明电位降低;电动势的正方向由 $-$ 到 $+$,说明电位升高。

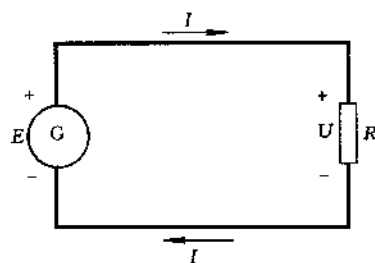


图 1.2 电路中的各量

几个物理量的符号和单位见表 1.1。

表 1.1 所列单位,都是国际单位制(SI)单位。国际单位制是我国法定计量单位的基础,一切属于国际单位制的单位都是我国的法定计量单位。

各物理量在数值过大或过小时,可以把单位冠以相应的词头构成倍数或分数单位,如:毫安(mA)、千伏(kV)、兆欧(M Ω)等。常用的词头见表 1.2。

表 1.1 电路中几个物理量的符号和单位

物理量	符号	单位名称	单位符号
电流	I	安[培]*	A
电压	U	伏[特]	V
电动势	E	伏[特]	V
电阻	R	欧[姆]	Ω

* [] 内的字是在不致混淆的情况下可以省略的字。省去 [] 中的字为单位的简称。简称亦是单位的中文字符。

表 1.2 常用单位词头

词头中文名称	吉	兆	千	毫	微	纳	皮
因数	10^9	10^6	10^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
符号	G	M	k	m	μ	n	p

电路中有几个最基本的原理和定律。

1. 电流连续性原理

在一段无分支的电路中,电流必定是处处相等的,因为在电荷移动的过程中,不可能在某一点无限积聚或消失,这一规律称为电流的连续性。例如在图 1.2 的电路中,因为没有其他分支,所以电路中各处的电流均相等。

2. 欧姆定律

在电路中,负载两端的电压 U 和流经负载的电流 I 有以下关系

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.1)$$

R 是负载的电阻,以上关系称为欧姆定律。

把负载两端的电压与流经负载电流的关系用图表示,称为这个负载的电压 - 电流关系特性曲线。

如果负载电阻 R 是常量,它的电压 - 电流关系特性曲线将是一条通过原点的直线,如图 1.3 (a),这个负载称为线性电阻元件。在实际应用中遇到的电阻元件,多数是线性元件。

如果负载电阻 R 不是常量,它随通过电流的不同而改变(例如白炽灯钨丝的电阻就随电流的增大而增大),它的电压 - 电流关系特性曲线就不是直线,如图 1.3(b),这种元件称为非线性电阻元件。本章所讨论的电路暂不涉及非线性元件,但在电子电路中,将会遇到多种非线性元件,必须靠它的电压 - 电流关系特性曲线进行图解分析。若电压、电流限定只在很小范围内变化电阻的变化很小也可以近似等效为线性元件进行分析或计算。

3. 电源电路模型和全电路欧姆定律

电源内部导体总会有一定的电阻,称为内阻,用 R_0 表示,它包含在电源内部。为了分析方便,把电源电路等效为一个仅有电动势 E 而内阻为零的理想电源和一个电阻 R_0 串联的电路,如图 1.4 所示。这种与实际元件等效的理想元件的组合称为电路模型。它将给分析、计算带来方便。

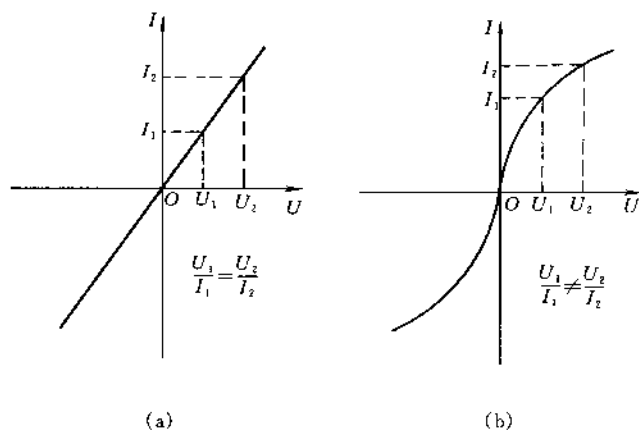


图 1.3 元件的电压·电流关系特性曲线

在图 1.4 的电路中有以下关系

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

称为全电路欧姆定律。

4. 电路中的能量守恒

从式(1.2)可得

$$E = RI + R_0 I \quad (1.3)$$

$$E = U + U_0 \quad (1.4)$$

式(1.4)是电路的电压平衡方程,式中的 $U_0 = R_0 I$ 称为电源内部电压降。

将式(1.4)各项乘以 I 可得功率平衡方程

$$EI = UI + U_0 I = RI^2 + R_0 I^2 \quad (1.5)$$

即

$$P_s = P_L + P_0 \quad (1.6)$$

等式左侧是电源向电路提供的功率 P_s ;右侧是负载从电源得到的功率 P_L 和电源内部的损耗功率 P_0 。

式(1.5)和式(1.6)的各项若都乘以电路累计的工作时间 t ,即得到能量平衡方程。电能量用 W 表示

$$EIt = UI t + U_0 I t = RI^2 t + R_0 I^2 t \quad (1.7)$$

$$P_s t = P_L t + P_0 t \quad (1.8)$$

$$W_s = W_L + W_0 \quad (1.9)$$

电功率的单位是瓦[特](W);电能量的单位是焦[耳](J)。电能量常用的导出单位是千瓦时(kW·h),也称为“度”,它与焦耳之间的换算关系是

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} \quad (1.10)$$

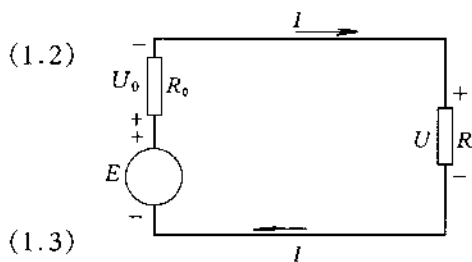


图 1.4 计入电源内阻的等效电路

[例 1.1] 在图 1.4 的电路中,若 $E=220\text{ V}$, $R_0=1\ \Omega$, $R=10\ \Omega$ 。求: I , U , U_0 , P_s , P_L , P_0 和负载连续工作一昼夜消耗的电能量 W_L 。

[解]

$$I = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{220}{10 + 1} \text{ A} = 20 \text{ A}$$

$$U = RI = 10 \times 20 \text{ V} = 200 \text{ V}$$

$$U_0 = R_0 I = 1 \times 20 \text{ V} = 20 \text{ V}$$

$$P_s = EI = 220 \times 20 \text{ W} = 4\,400 \text{ W} = 4.4 \text{ kW}$$

$$P_L = UI = 200 \times 20 \text{ W} = 4\,000 \text{ W} = 4 \text{ kW}$$

$$P_0 = U_0 I = 20 \times 20 \text{ W} = 400 \text{ W} = 0.4 \text{ kW}$$

$$W_L = P_L t = 4\,000 \times 24 \text{ W} \cdot \text{h} = 96 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

根据以上所学的知识,已经能够计算简单电路各部分的电压、电流和功率。但在实际应用时这是不够的,更重要的是应当知道在这样的电压、电流、功率状况下,电路能否长期正常工作?下面,分别就电源、负载、线路三个方面讨论实际应用时应考虑的一些问题。

1.2 电源的工作状态及外特性

电源的工作状态有三种:空载、有载和短路,如图 1.5 所示。

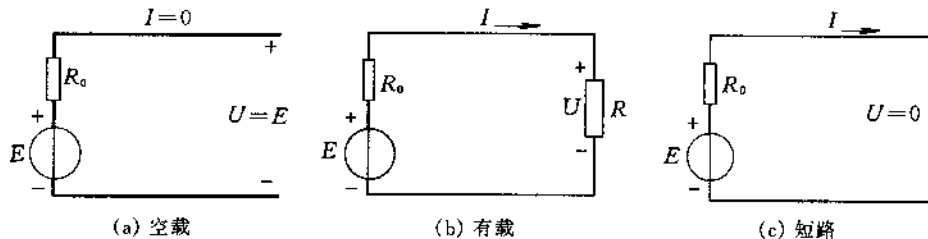


图 1.5 电源的三种工作状态

1. 空载

外电路断路时,电路中的电流 $I=0$,此时电源不向外供给能量称为空载。

因此时电源内部电压降为零,所以电源的输出端电压等于电动势,即

$$U = E$$

2. 有载

外电路接负载电阻 R ,电源向负载供给能量称为有载。

有载时电路中的电流

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1.11)$$

电源输出端电压

$$U = E - R_0 I \quad (1.12)$$

此时 $U < E$

当电源向负载输出的电流增大时,电源内部损耗功率 $P_0 = R_0 I^2$ 随之增加并转换为热能,使

电源设备温度升高。为了防止过热影响电源设备寿命或使设备损坏,对电源的输出电流要规定一个限额,在使用时必须注意不要超出,这个限额称为电源的**额定电流**,用 I_N 表示,电源输出的电流达到额定值称为**满载**,超过额定值称为**过载**。

当电源向负载输出的电流增大时,电源内部电压降也就随之增大,电源输出端电压将降低,电源输出端电压 U 随负载电流 I 变化的规律称为**电源的外特性**。如图 1.6 所示。

一般情况下,希望电源有稳定的输出电压,应当尽量减小 U 内阻以获得平直的外特性,这样也可以使电源内部损耗降低,提高电源的效率。

[例 1.2] 现有三个供电电源,电动势相等,其额定电流分别为 15 A, 25 A 和 40 A,在例 1.1 的电路中应选用哪一个电源?

[分析] 例 1.1 的电路中工作电流为 20 A,使用额定电流为 15 A 的电源供电,将使电源处于过载状态,所以应当选用额定电流为 25 A 或 40 A 的电源。

[例 1.3] 一个电源空载电压为 220 V,额定电流为 40 A,要求电源具有的外特性在满载时电压降低不超过 10% (即不低于 $220 \times 90\% = 198$ V),例 1.1 中给出的 $R_0 = 1 \Omega$ 的电源能否满足要求?

[分析] 当满载时

$$U = E - R_0 I = (220 - 1 \times 40) \text{ V} = 180 \text{ V} < 198 \text{ V}$$

由此可知该电源外特性不符合上述要求,不能使用。

3. 短路

电源外电路电阻为零时称为**短路**,此时电路中的电流

$$I = \frac{E}{R_0} \quad (1.13)$$

这是电源过载的极端情况,电流将远远超过额定值,此时电源输出端电压

$$U = 0$$

所有的能量都将消耗在电源内部,电源将过热损坏。

为了保护电源在过载或短路时不致损坏,线路中应有过电流时能自动切断电路的装置,常用的最简单的保护装置就是**熔断器**,如图 1.1 中的 FU1。当电流超过额定值时熔断器中的**熔体**迅速熔断,把电路切断,超过额定值越多熔断越快。**熔体的规格以其额定电流表示**,常用的规格有: 2 A, 4 A, 6 A, 10 A, 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, 40 A, 50 A, 60 A, 80 A, 100 A...等。使用时应据此进行选择。熔断器的品种、结构将在第 6 章详细介绍。

电源可以串联使用。几个电源串联时,总电动势等于各个电源电动势的代数和;等效内阻等于各个电源的内阻之和。如图 1.7(a)所示。这种连接方法一般是为了得到较高的供电电压。

电源也可以并联使用。一般应选用电动势相同的电源,把同极性端并联在一起。这时电动势仍等于单一电源的电动势数值,等效内阻等于几个电源内阻的并联值,如图 1.7(b)所示。由于几个支路的电源同时给负载供电,因此总起来看电流额定值将增大。电动势不相同的电源不能并联使用。

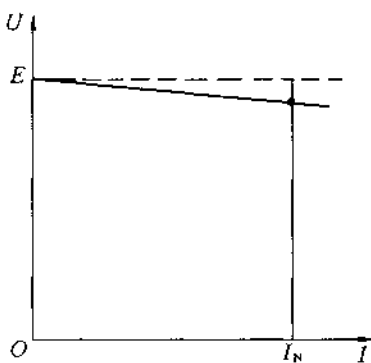


图 1.6 电源的外特性

上述的电源连接方法常用于电池组。

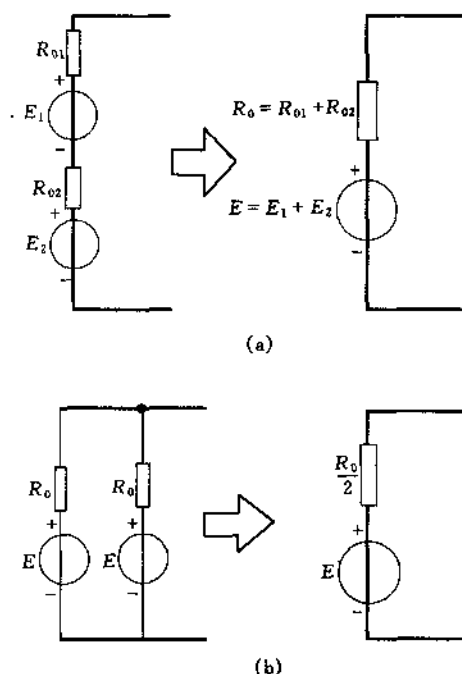


图 1.7 电源的串联与并联

1.3 负载的连接

负载连接一般有两种形式：**串联**和**并联**。现以电阻负载为例来说明两种连接方法的特点。

如图 1.8 所示，几个负载电阻串联时，流经各个负载的电流 I 相同，各负载两端的电压分别为

$$U_1 = R_1 I, U_2 = R_2 I, U_3 = R_3 I \quad (1.14)$$

电路总电压等于各负载电阻两端电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (1.15)$$

若几个负载串联后的等效电阻为 R ，则

$$\begin{aligned} RI &= R_1 I + R_2 I + R_3 I \\ R &= R_1 + R_2 + R_3 \end{aligned} \quad (1.16)$$

从以上几个关系式可知，相互**串联**的几个负载在工作时是彼此关联的，改变其中一个负载的电阻值，电路等效电阻将相应改变，整个电路的电流也要改变，其他负载的工作状况将受到影响。若有一个负载断路，电路电流将为零，其他负载也就无法工作；若有一个负载短路，电

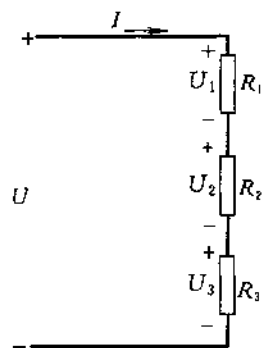


图 1.8 负载串联

路电流将增大,其他负载可能因此损坏。所以供电线路中实际的负载一般不采用串联。串联接法常用于对某一负载电流进行限制、调整和在功率很小的电路中用作分压器。

[例 1.4] 把一只正常工作电压为 24 V,功率为 60 W 的白炽灯泡接到 36 V 电源并使其正常工作,需串联一个电阻。求这个电阻的阻值和消耗的功率。(参看图 1.9)

[解] 白炽灯泡的正常工作电流

$$I = \frac{P_1}{U_1} = \frac{60}{24} \text{ A} = 2.5 \text{ A}$$

串联电阻 R_2 两端的电压

$$U_2 = U - U_1 = (36 - 24) \text{ V} = 12 \text{ V}$$

R_2 的阻值

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{12}{2.5} \Omega = 4.8 \Omega$$

R_2 消耗的功率

$$P_2 = U_2 I = 12 \times 2.5 \text{ W} = 30 \text{ W}$$

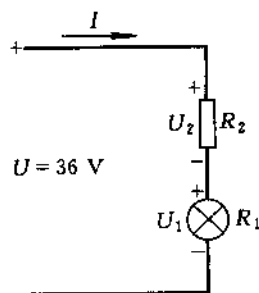


图 1.9 例 1.4 图

从例题中可以看出,用串联电阻的方法使负载上的电压降低到我们所需的数值,方法很简便。但却在串联的电阻上消耗了较多的能量,因此较少采用。

[例 1.5] 在图 1.10 所示的分压器电路中,输入电压 $U_1 = 6 \text{ V}$,通过电阻 R_1 、 R_2 组成的分压电路,欲使输出电压 $U_2 = 2 \text{ V}$,试选取 R_1 和 R_2 的阻值。

[解]

$$\begin{aligned} I &= \frac{U_1}{R_1 + R_2} \\ U_2 &= R_2 I \\ &= U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

将 U_1 和 U_2 的值代入得

$$2 = 6 \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

整理化简得 $R_1 = 2R_2$

可选取: $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ 。

如图 1.11 所示,几个负载电阻并联时,各个负载两端有相同的电压 U ,各负载中的电流分别为

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2}, I_3 = \frac{U}{R_3} \quad (1.17)$$

线路上的总电流等于各支路电流之和

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (1.18)$$

若几个负载并联后的等效电阻为 R ,则

$$\begin{aligned} \frac{U}{R} &= \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \\ \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \end{aligned} \quad (1.19)$$