

中等专业学校规划教材

电子技术基础

许经鸾 主编

煤炭工业出版社

中等专业学校规划教材

电子技术基础

许经鸾 主编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是高等职业技术学校和中等专业学校测量、计算机专业的教材。内容包括：直流电路、单相交流电路、三相电路、晶体管直流电源、交流放大器、直流放大器、运算放大器、正弦波振荡器、调制与检波、数字电路、显示电路、晶闸管及其应用和电工测量等。还编入了相应的实验指导书及适量的例题和习题。全书的阐述以物理概念为主，深浅适度，便于自学。

本书还可作为高职、中专其他专业的教材、函授教材或供工程技术人员参考。

中 等 专 业 学 校 规 划 教 材 电 子 技 术 基 础

许经鸾 主编

责任编辑：胡玉雁

*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址：www.cciph.com.cn

北京玥实印刷有限公司 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 23³/₄

字数 567 千字 印数 6,766—8,765

1995 年 9 月第 1 版 2008 年 8 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5020-1136-9/TN1

社内编号 3904

定价 18.20 元

前 言

本书是根据测量专业的教学要求编写的、由于该书内容通用性强、故也适用于教学要求和学时数相近的其它专业。

本书按总学时数为110学时编写。由于测量专业不设电工基础课、所以本教材编入该部分内容。在取材上做到精选基本内容,对扩展知识部分,立足于专业需要,着重讲清单元电路。在教材总体结构上,注意加强系统性、做到前后呼应、注意抓共性。在电子技术部分本着以分立元件为基础,以集成为重点的原则,建立以管带路,管路结合的系统,以便学以致用。在分析方法上本着定性分析为主,定量分析为辅的原则,避免不必要的公式推导。力求概念清楚、说理明白、深入浅出、通俗易懂,便于自学。

本书的图形、文字符号,均采用国家标准GB4728.1-85和GB5094-85。

本书由许经鸾主编、高专副主编,其中第五、十一章由高专执笔,第九、十和实验指导书由刘丽宏执笔,其余部分由许经鸾执笔。

由于水平所限,不当之处,恳切希望广大读者予以批评指正。

编 者

1994年10月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路的组成与基本物理量	1
第二节 电阻与欧姆定律	3
第三节 电源	5
第四节 电功率与电能	8
第五节 克希荷夫定律	11
第六节 电路中的电位	14
第七节 电阻的串联与并联	16
第八节 支路电流法	20
第九节 叠加原理	21
第十节 等效电源法	23
小结	28
习题	29
第二章 正弦交流电路	36
第一节 正弦交流电的基本概念	36
第二节 正弦量的相量表示法	40
第三节 单一参数的交流电路	47
第四节 电阻、电感和电容的串联电路	54
第五节 电感性负载与电容并联的电路	61
第六节 电路中的谐振	65
第七节 交流电路的复数运算	71
第八节 非正弦交流电路简介	75
小结	78
习题	80
第三章 三相电路	86
第一节 三相电源	86
第二节 负载的星形联接	90
第三节 负载的三角形联接	93
第四节 三相电功率	95
小结	96
习题	97
第四章 晶体管直流电源	99
第一节 半导体的基本知识	99
第二节 晶体二极管	102
第三节 整流电路	105
第四节 滤波电路	112
第五节 稳压管稳压电路	115

第六节 倍压整流电路	118
小结	120
习题	121
第五章 交流放大电路	124
第一节 晶体三极管	124
第二节 基本放大电路	130
第三节 放大电路的图解分析	133
第四节 放大电路的微变等效电路分析法	137
第五节 多级放大器	140
第六节 放大器中的负反馈	144
第七节 放大器的偏置稳定电路	151
第八节 射极输出器	153
第九节 功率放大器	156
第十节 场效应管放大电路	161
小结	168
习题	170
第六章 直流放大电路和运算放大器	176
第一节 直接耦合放大电路	176
第二节 差动式放大器	177
第三节 集成运算放大器	182
第四节 晶体管稳压电路	188
小结	195
习题	196
第七章 正弦波振荡电路	201
第一节 振荡电路的工作原理	201
第二节 LC 振荡电路	203
第三节 RC 振荡电路	207
第四节 石英晶体振荡器	209
第五节 应用举例	211
小结	213
习题	214
第八章 调制与检波电路	216
第一节 调幅电路	216
第二节 检波电路	219
小结	221
习题	221
第九章 数字电路基础	222
第一节 概述	222
第二节 脉冲波形的变换	225
第三节 门电路	231
第四节 集成逻辑门	238
第五节 触发器	244
第六节 555集成定时器及应用	251

小结	254
习题	255
第十章 数字电路和显示电路	260
第一节 计数器	260
第二节 译码器	266
第三节 数字显示	276
第四节 数字电路应用举例	283
小结	289
习题	289
第十一章 晶闸管及其应用	292
第一节 晶闸管	292
第二节 晶闸管整流电路	296
第三节 晶闸管触发电路	301
第四节 晶闸管的保护	305
第五节 逆变器简介及晶闸管应用实例	307
小结	310
习题	310
第十二章 电工测量	312
第一节 基本知识	312
第二节 磁电式仪表及其应用	314
第三节 电磁式仪表及其应用	317
第四节 电动式仪表及其应用	318
第五节 电功率的测量	320
第六节 感应式电度表	322
第七节 电阻的测量	324
第八节 万用表	328
小结	332
习题	333
实验	334
实验一 电阻的串并联电路	334
实验二 叠加原理和戴维南定理的验证	335
实验三 日光灯电路及功率因数的提高	338
实验四 负载星角接三相电路	340
实验五 常用电子仪器的使用及晶体管的简单测试	342
实验六 单相桥式整流滤波电路	347
实验七 单管共射放大电路	349
实验八 变压器反馈式 LC 振荡器	351
实验九 基本逻辑门功能	352
实验十 J-K 触发器及其应用	354
实验十一 555 定时器及其应用	357
实验十二 晶闸管整流电路	359
习题答案	362
附录	367
参考文献	373

第一章 直 流 电 路

本章主要讨论电路的基本物理量、基本定律、工作状态、电位的计算、电压源和电流源的概念及直流线性电路的分析与计算。其中有些内容虽然已在物理课中讲过，但是考虑到理论的系统性和有利于对这些基本内容的深入理解，仍将它们列入本章。

基本要求：

- (1) 理解电流、电压、电动势的物理概念及其参考方向的意义；
- (2) 熟练掌握欧姆定律和克希荷夫定律；
- (3) 熟悉电源的两种形式及其互换关系；
- (4) 了解电路的三种工作状态和额定值的意义；
- (5) 熟悉电阻串、并联的特点，掌握简单电路的分析与计算方法；
- (6) 掌握复杂电路的几种解题方法。

第一节 电路的组成与基本物理量

一、电路的组成

电流的路径称作电路。

电路一般由电源、负载及中间环节三部分组成，如图1-1所示。

电源是供给电能的装置，它将非电能（化学能、机械能等）转换为电能。例如电池、发电机等。

负载是取用电能的装置，它将电能转换为其它形式的能量（光能、机械能、热能等）。例如电灯、电动机、电炉等。

中间环节是传送、分配和控制电能的部分，它的一端接电源，另一端接负载。最简单的中间环节是联接导线、开关和熔断器，也可以是比较复杂的网络或系统。

电路的结构形式和所完成的任务是多种多样的。最常见的是供电电路，它的作用是实现电能的传输和转换。

电路的另一种作用是传递和处理信号，如用热电偶测量炉温，热电偶把温度转换为热电动势（电信号），而后用毫伏计来测量。其中，热电偶是输出信号的设备，称为信号源，相当于电源，但该信号源输出的电信号的变化规律是取决于温度的。毫伏计是接受和转换信号的设备，也就是负载。

二、电路的基本物理量

1. 电流

电荷有秩序的移动形成电流。

电流强度简称电流，用符号 i 表示，它在数值上等于单位时间内通过导体截面的电量，即



图 1-1 电路的组成

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

大小和方向不随时间变化的电流叫做恒定电流，简称直流。直流的电流强度常用大写字母 I 表示，即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

电流的单位是安培，简称安（A），即每秒通过导体截面的电量为1库仑（C）时，则电流为1安培。计量大电流时用千安（kA），计量微弱电流时用毫安（mA）、微安（ μ A）或纳安（nA）为单位。它们之间的换算关系是

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

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A} \quad 1\text{nA} = 10^{-9}\text{A}$$

习惯上把正电荷运动的方向（或负电荷运动的反方向）规定为电流的方向。电流的实际方向是一定的，但在分析和计算电路时，电流的真实方向有时难以在电路中标出。例如，交流电路中的电流方向随时间变化，很难用一个固定的箭头来表示真实方向。为了便于分析与计算，我们可以任意选定一个电流方向，作为电流的正方向或称为参考方向。当电流的实际方向与电流的正方向一致时，则电流为正值；当电流的实际方向与正方向相反时，则电流为负值。因此在未标正方向的情况下，电流的正或负是毫无意义的。

本书电路图上所标的电流方向均为正方向。

电流的正方向除用箭头表示外，还可以用双下标来表示，如 I_{ab} 即表示正方向是由 a 指向 b 的电流。如正方向选为由 b 指向 a ，则应该写成 I_{ba} ，两者之间相差一个负号，即

$$I_{ab} = -I_{ba}$$

2. 电压与电动势

在电场中， a 、 b 两点间的电压在数值上等于电场力将单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功，即

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

式中 A —— 电场力所作的功；

Q —— 被移动正电荷的电量。

电压又称电位差，即

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1-4)$$

式中 U_a —— a 点的电位；

U_b —— b 点的电位。

电位就是物理学中的电势。

在图1-2中 a 、 b 两点间的电压也就是单位正电荷从 a （高电位）经导线和负载移到 b 点（低电位）所失去的电能。为了在电路中维持电流恒定，就要求 a 、 b 间的电压 U_{ab} 保持恒定，则在电源内部必须有外力克服电场力的作用，使电极 b 上所增加的正电荷流向 a 。外力将正电荷 Q 由电源负极 b 移到正极 a 所做的功，也就是正电荷 Q 由 b 点移到 a 点所得到的能量。

在电源中，电源的电动势在数值上等于外力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的

功, 即

$$E = \frac{A'}{Q} \quad (1-5)$$

式中, A' 是外力移动正电荷 Q 所做的功。

电压的方向规定为由高电位端指向低电位端, 即电位降的方向。电源电动势的方向规定为在电源中由低电位端指向高电位端, 即电位升高的方向。

和电流一样, 在电路图上也需为电压和电动势规定正方向。用 “+”、“-” 表示, “+” 号表示高电位端, “-” 号表示低电位端。也可同电流一样用箭头或双下标来表示。当其值为正时, 实际极性与所标的极性相同; 当其值为负时, 实际极性与所标的极性相反。

由于电压和电流的实际方向都是从高电位指向低电位, 在选定电压正方向时, 常使其与电流的正方向一致。在选定电势的正方向时, 常使其与电压的正方向相反。如图 1-3 所示。

电压和电动势的单位都是伏特 (焦/库仑), 简称伏 (V)。计量高电压时用千伏 (kV), 计量微小电压时, 则以毫伏 (mV) 或微伏 (μV) 为单位。

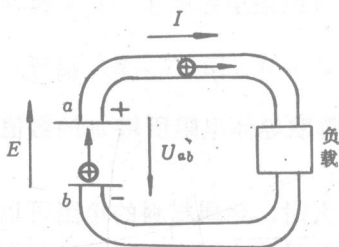


图 1-2 电荷的回路

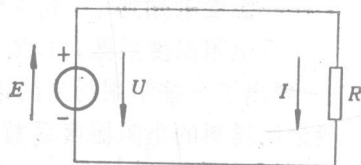


图 1-3 电压和电流的正方向

第二节 电阻与欧姆定律

一、电阻

表征导体对电流阻碍作用的电路参数称电阻, 用符号 R 表示。电阻的单位为欧姆, 简称欧 (Ω)。对于大电阻常用千欧 ($\text{k}\Omega$)、兆欧 ($\text{M}\Omega$) 为单位。

实验证明: 在一定温度下, 一段金属导体的电阻

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-6)$$

式中 l ——导体的长度, m;

S ——导体的截面积, mm^2 ;

ρ ——导体材料的电阻率 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

表 1-1 列出了一些常用材料的电阻率。

电阻 R 的倒数称为电导, 用符号 G 表示, 即

表 1-1 电 阻 率 与 温 度 系 数

材 料 名 称	20℃ 时 的 电 阻 率	在0℃~100℃时的电阻温度系数
	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$1/^\circ\text{C}$
银	0.0162	0.0036
铜	0.0175	0.0040
铝	0.026	0.0042
钨	0.049	0.0044
铂	0.105	0.00398
钢	0.13~0.25	0.006
康 铜	0.4~0.51	0.0000005
锰 铜	0.42	0.000006
镍铬合金	0.95~1.2	0.00012~0.0005

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

电导的单位为西门子，简称西 (s)。

通常，导体的电阻随温度的增加而增大。在0~100℃之间，导体电阻所增加的相对数值，基本上与温度上升的值成正比，可以证得

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-8)$$

式中 R_1 ——起始温度 t_1 时的导体电阻， Ω ；

R_2 ——温度增加到 t_2 时的导体电阻， Ω ；

α ——电阻温度系数， $1/^\circ\text{C}$ 。它等于温度上升 1°C 时，每欧导体电阻所增加的数值。

表1-1列出了一些常用材料的电阻温度系数。

一般金属材料的电阻温度系数很小，因此在温度变化不大时，金属材料的电阻可以近似地认为不变，例如一般使用的电阻器。钨丝的电阻温度系数虽然也不大，但是白炽灯中的钨丝，由于工作温度高达1800℃，所以它的工作电阻比常温下的电阻增大了许多倍。

有些半导体材料的电阻温度系数为负值，它的电阻随温度升高而明显减小，如热敏电阻。

有些金属和某些合成材料，在一定温度下，电阻突然变为零，这种现象叫做超导电性。超导电性的实用价值很大，现在正致力于高温超导材料的研制和努力扩大它的应用范围。

二、欧姆定律

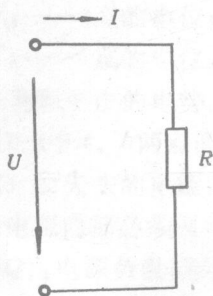


图 1-4 欧姆定律

在电压的作用下，电阻中会有电流通过，如图1-4所示。实验表明：通过电阻 R 的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比，与电阻 R 成反比，即

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-9)$$

引用电导后，欧姆定律还可以写成

$$I = GU \quad (1-10)$$

式中 U 、 I 、 R 、 G 分别以 V 、 A 、 Ω 、 S 为单位。

如果电阻是一个常数，其值与通过它的电流和施于其两端的电压无关，即它的电压和电流是直线关

系, 这种电阻称为线性电阻。温度不变或变化不大时, 大多数金属导体属于线性电阻。如果电阻不是常数, 其值随通过它的电流和施于其两端的电压而变化, 即它的电压和电流不是直线关系, 这种电阻称为非线性电阻, 例如白炽灯的钨丝、碳丝、半导体。

由线性元件构成的电路叫线性电路。含有非线性元件的电路叫非线性电路。

第三节 电 源

电源有电压源和电流源两种形式, 且任意一种都可以用其两种不同的等效电路来表示。

一、电压源

发电机、电池等实际电源都含有电动势和内阻。在分析电路时, 往往把它们分开。通常用一个电动势 E 和一个内阻 R_0 串联所构成的等效电源来表示, 该电源称为电压源, 如图1-5a所示。由图可得电压源的输出电压与输出电流之间的关系是

$$U = E - R_0 I \quad (1-11)$$

用函数曲线来表示, 则如图1-5b所示, 称为电压源的外特性。

空载 (开路 $R = \infty$) 时, $I = 0$, 则 $U = U_0 = E$ (U_0 代表空载电压)。

负载时, 电源端电压随着负载电流 I 的增大 (R 减小) 而下降。

短路 ($R = 0$) 时, $U = 0$, $I = I_s = \frac{E}{R_0}$ (I_s 代表短路电流)。

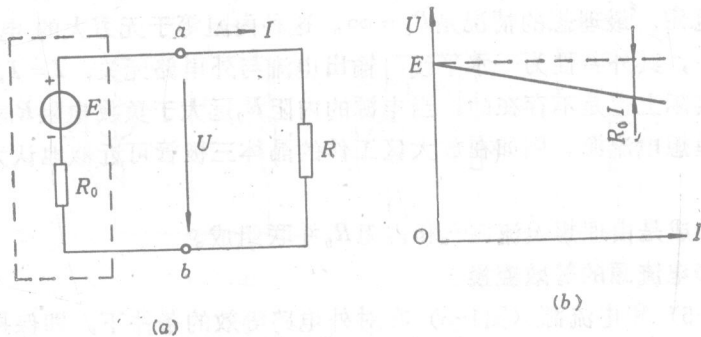


图 1-5 电压源

电压源外特性的斜率取决于内阻 R_0 的大小。内阻愈小, 直线愈平, 输出电压稳定, 最理想的情况是 $R_0 = 0$ 。这种内阻等于零的电压源称为理想电压源 (恒压源), 其外特性为一水平线, 端电压与负载电流无关, $U = E$ 恒定。

理想电压源实际上是不存在的, 但引入这个概念用于分析电路是必要的。当电源的内阻 R_0 远小于负载电阻 R 时, 则 $U \approx E$ 基本上恒定, 可视为理想电压源, 如稳压电源。

电压源可以看成是由理想电压源 E 和内阻 R_0 串联组成。

二、电流源

电流源是一种能“产生”电流的装置, 例如光电池, 在具有一定照度的光照下, 将激

发产生一定值的电流 I_s 。电流源产生的电流 I_s 不会全部输送出去,内部要损失一小部分。所以这种电源通常用恒定电流 I_s 和内阻 R_0 的并联来等效,如图1-6a所示。由图可得电流源的输出电流与输出电压之间的关系是

$$I = I_s - \frac{U}{R_0} \quad (1-12)$$

用函数曲线表示,则如图1-6b所示,称为电流源的外特性。

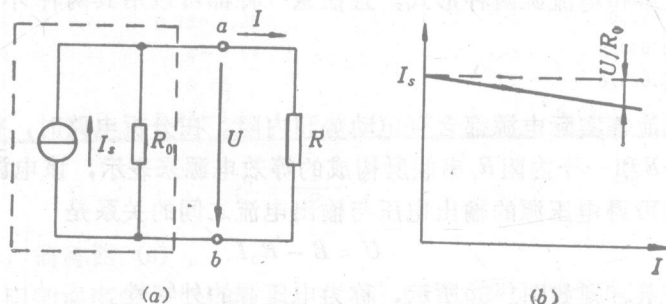


图 1-6 电流源

当电源短路($R=0$)时, $U=0$, $I=I_s$;负载时, $U \neq 0$, I_s 不能全部送出去,有一部分由 R_0 中通过,随着 U 的增大(R 增大), R_0 的分流作用增大,输出电流 I 将随之减小;空载($R=\infty$)时,输出电流 $I=0$, I_s 全部由 R_0 中通过,此时电源端电压 $U=U_0=R_0 I_s$ 。

电流源外特性的斜率取决于电源内阻 R_0 的大小。内阻愈大,分流作用愈小,直线愈平,输出电流愈稳定。最理想的情况是 $R_0=\infty$ 。这种内阻等于无穷大的电流源称为理想电流源(恒流源),其外特性为一水平线,输出电流与外电路无关, $I=I_s$ 恒定。

理想电流源实际上也是不存在的,当电源的内阻 R_0 远大于负载电阻 R 时,则 $I \approx I_s$ 。基本恒定,可视为理想电流源。例如在放大区工作的晶体三极管可近似地认为是一个理想电流源。

电流源可以看成是由理想电流源 I_s 和内阻 R_0 并联组成。

三、电压源和电流源的等效变换

电压源(图1-5)和电流源(图1-6)在对外电路等效的条件下,即保持外特性不变的条件下互相可以进行等效变换。

由式(1-11)和式(1-12)可知

$$E = U + R_0 I \quad (1)$$

$$I_s = \frac{U}{R_0} + I$$

或

$$R_0 I_0 = U + R_0 I \quad (2)$$

比较式①、②可知,当两种电源的外特性相同时,必须

$$E = R_0 I_s \text{ 或 } I_s = \frac{E}{R_0} \quad (1-13)$$

所以, E 和 R_0 串联的电压源, 可以等效为 I_s 和 R_0 并联的电流源, 其中 $I_s = \frac{E}{R_0}$ 为电压源的短路电流; I_s 与 R_0 并联的电流源, 可以等效为 E 和 R_0 串联的电压源, 其中 $E = R_0 I_s$ 为电流源的开路电压。

变换时要注意以下几点:

- (1) E 和 I_s 的方向应一致, 即电压源电动势的正极应该是电流源电流的流出端;
- (2) 两种电源中 R_0 是一样的, 但联接方式不同;
- (3) 理想电压源与理想电流源之间不能进行等效变换。这是因为理想电压源 ($R_0 = 0$) 的短路电流 $I_s = \infty$, 理想电流源 ($R_0 = \infty$) 的开路电压 $U_0 = \infty$, 均不能得到有限值, 故两者之间不存在等效变换的条件;

(4) 电源的这种等效变换只是对外电路而言, 对电源内部则不等效。例如在电源开路时, 在图1-5a中, 电压源内部消耗的功率为零, 而在与其等效的电流源(1-6a)内部消耗的功率却为 $R_0 I_s^2$, 但两者对外部都无功率输出。

例1-1 有一直流发电机 $E = 115\text{V}$, $R_0 = 0.5\Omega$, 负载电阻 $R = 11\Omega$ 。试用电源的两种等效电路分别求出负载两端的电压 U 和负载电流 I , 并计算出电源内部损耗的功率 P_0 , 看其是否也相等。

解: 电源的两种等效电路如图1-7所示。

图中

$$I_s = \frac{E}{R_0} = \frac{115}{0.5} = 230\text{A}$$

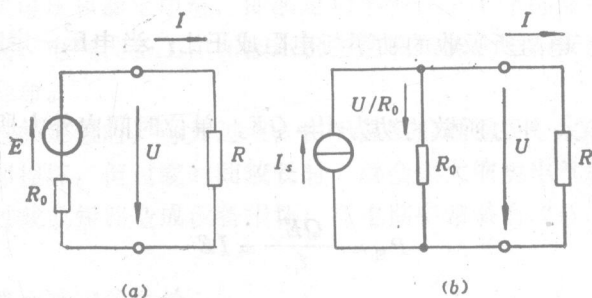


图 1-7 例1-1的图

(1) 计算电压 U 和电流 I

在图1-7a中

$$I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{115}{11 + 0.5} = 10\text{A}$$

$$U = RI = 11 \times 10 = 110\text{V}$$

在图1-7b中

$$I = \frac{R_0}{R + R_0} I_s = \frac{0.5}{11 + 0.5} \times 230 = 10\text{A}$$

$$U = RI = 11 \times 10 = 110V$$

(2) 计算电源内部损耗的功率 P_0 。

在图1-7 a 中

$$P_0 = R_0 I^2 = 0.5 \times 10^2 = 50W$$

在图1-7 b 中

$$P_0 = R_0 \left(\frac{U}{R_0} \right)^2 = \frac{U^2}{R_0} = \frac{110^2}{0.5} = 24.2kW$$

可见, 两种电源对外等效, 对内不等效。

第四节 电 功 率 与 电 能

一、电功率

单位时间内电流所作的功称为电功率。

根据电压的定义, 电流通过负载电阻 R (图1-5), 电场力所做的功为 $A = QU$, 单位时间内电场力所做的功, 即负载取用的电功率

$$P = \frac{QU}{t} = IU \quad (1-14)$$

或

$$P = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad (1-15)$$

可见, 当电流一定时, 电阻所吸收的功率与电阻成正比; 当电压一定时, 电阻吸收的功率与电阻成反比。

根据电动势的定义, 外力所做的功为 $A' = QE$, 单位时间内外力所做的功, 即电源产生的电功率

$$P_E = \frac{QE}{t} = IE \quad (1-16)$$

电源内阻消耗的电功率

$$P_0 = R_0 I^2 \quad (1-17)$$

将式 (1-11) 两边乘以 I , 可得电路的功率平衡方程式为

$$EI = UI + R_0 I^2 \quad (1-18)$$

或

$$P_E = P + P_0 \quad (1-19)$$

即, 电源产生的电功率等于负载吸收的电功率和内阻消耗的电功率之和。

上列各式中电流、电压、电阻分别以安、伏、欧为单位, 则电功率的单位为瓦(W)。计量较大的电功率时用千瓦(kW)为单位, 计量较小的电功率时用毫瓦(mW)为单位。

二、电能

负载在时间 t 内取用的电能

$$A = Pt = UI t \quad (1-20)$$

式中当功率、时间分别用瓦、秒代入时，电能的单位为焦耳（J）。电能的实用单位为千瓦时（kW·h），俗称“度”。

三、电气设备的额定值

电阻上通过电流时要消耗电能，将其转变为热能并使导体发热，这种现象叫做电流的热效应。

在时间 t 内导体电阻产生的热量

$$Q = RI^2 t \quad (1-21)$$

它的单位与电能的单位相同，仍然为焦耳。

利用电流的热效应可以制成电炉、电烙铁等电热装置。但它也有不利的一面，因为任何电气设备，其导电部分都有电阻，故通电后都要发热。例如电机和变压器的绕组以及电阻元件，由于发热就会产生温升。如果在使用时，电流过大，温升过高就会导致绝缘的损坏，甚至烧坏设备或元器件。为了保证正常工作，制造厂在电器的铭牌上都要标出它的电压、电流或功率的限额，称为额定值。以此做为使用的根据。

电气设备长期通过的最大电流定为该电气设备的额定电流，用 I_0 表示。

如果作用在绝缘材料上的电压过高，绝缘材料就会因承受过大的电场强度而造成击穿，丧失绝缘作用。为了限制电气设备的电流及限制绝缘材料承受的电压，把允许加在电气设备上的电压定为该设备的额定电压，用 U_0 表示。

对于电阻性负载，电气设备的额定电压和额定电流的乘积就等于它的额定功率，即 $P_0 = U_0 I_0$ 。

电气设备在额定电压和额定电流，即额定功率条件下工作称额定工作状态。这种工作状态又称为达到满载。电气设备工作在额定状态是最经济合理和安全可靠的，并且能够保证电气设备的设计寿命。

当负载增加超过额定值时，称为过载。由于温度升高需要一定时间，因此电气设备短时间过载，不会立即损坏。但过载时间较长时，就会大大缩短电气设备的使用寿命，甚至烧坏。为了防止因过载或短路造成设备损坏，在电路中常装有过载和短路保护，如熔断器等。

四、负载获得最大功率的条件

任何一个电源或有源二端网络都可以变换为一个电动势 E 和内阻 R_0 串联的等效电源，如图1-8所示。负载获得的功率为

$$P = RI^2 = R \left(\frac{E}{R_0 + R} \right)^2$$

可见，在电源给定的条件下，负载功率的大小与负载电阻 R 本身有关。负载获得最大功率的条件可通过数学式

$$\frac{dP}{dR} = 0$$

求得，即

$$R = R_0 \quad (1-22)$$

所以，负载功率最大为

$$P_M = R \left(\frac{E}{2R} \right)^2 = \frac{E^2}{4R} \quad (1-23)$$

可见,当负载电阻与电源内阻相等时,负载获得最大功率,这种工作状态称为负载与电源匹配。

因为匹配时 $R = R_0$, 所以电源内阻上消耗的功率和负载获得的功率相等, 故此时电源效率只有50%。

电力系统中, 传输的功率大, 要求效率高, 能量损失小, 所以不能工作在匹配状态, 而电信系统中, 传输的功率小, 故效率居于次要地位, 常设法达到匹配状态, 使负载获得最大功率。

例1-2 试求 100Ω 、 $1W$ 的碳膜电阻在使用时, 电流、电压不得超过多大数值?

解 据 $P = RI^2$ 得

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1}{100}} = 0.1A$$

则

$$U = RI = 100 \times 0.1 = 10V$$

可见, 该电阻在使用时电流不得超过 $0.1A$, 电压不得超过 $10V$ 。

例1-3 有一个 $220V$ 、 $60W$ 的灯泡, 接在 $220V$ 的电源上。试求通过灯泡的电流 I 和灯泡的电阻。如果每晚用电 $3h$, 问一个月消耗的电能是多少?

解 通过灯泡的电流和电阻

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60}{220} = 0.273A$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.273} = 807\Omega$$

也可以用 $R = \frac{P}{I^2}$ 或 $R = \frac{U^2}{P}$ 计算。

一个月内消耗的电能

$$A = Pt = 60 \times 10^{-3} \times 3 \times 30 = 5.4kW \cdot h$$

例1-4 在图1-9中, $E = 110V$, $R_0 = 0.3\Omega$, 负载电阻 $R = 10.5\Omega$, 线路电阻 $R_1 = 0.2\Omega$ 。试求: (1) 电路中的电流 I ; (2) 电源产生的功率 P_E 、负载消耗的功率 P 、电源

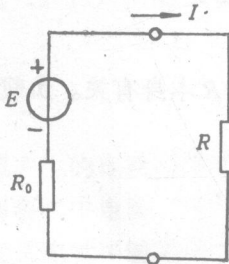


图 1-8 负载获得最大功率的条件

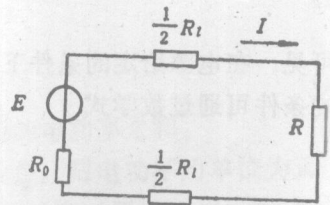


图 1-9 例1-4的图