

中等专业学校教材

电工及电子技术基础

上册

沈阳电力学校主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书为水利电力类中等专业学校通用教材。

本书分上下两册。上册为电工部分，包括电工基础和电气测量、电机、发电厂厂用电三篇；下册为第四篇是电子技术基础部分，包括晶体管、电子技术的单元电路、电厂常用的电子仪表仪器等基本知识。

本书还可供发电厂锅炉、汽机技术工人和有关技术人员参考。

中等专业学校教材
电工及电子技术基础

上 册

沈阳电力学校主编

水利电力出版社出版
(北京德胜门外六铺炕)

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 12印张 270 千字

1979年7月第一版 1979年7月北京第一次印刷

印数 00001—31180 册 每册 1.00 元

书号 15143·3473

前 言

本书是根据水利电力类中等专业学校电厂热能动力设备专业（三年制）“电工及电子技术基础”教学大纲编写的。书中超过教学大纲规定的内容注有“*”号，供读者参考。

本书分上下两册。上册为电工部分，包括电工基础和电气测量、电机、发电厂厂用电三篇；下册为第四篇是电子技术基础部分，介绍晶体管、电子技术的单元电路、电厂常用的电子仪表仪器等基本知识。

本书上册由沈阳电力学校吴修法、严震池二同志主编，下册由张典谟同志主编，参加编写的还有朱绍先、姚云霞、储敏等同志。全书由南京电力学校主审，参加审查的有淮南、长春、哈尔滨等电力学校。在编写和审查的过程中，得到南京、淮南、长春、哈尔滨、湖南、山东、北京、西安等电力学校和水电学校的帮助，编者在此谨致谢意。

编 者

一九七九年四月

目 录

前 言

绪 论	1
-----------	---

第一篇 电工基础和电气测量

第一章 直流电路	3
第一节 电 流	3
第二节 电动势与电压	4
第三节 欧姆定律	5
第四节 电能和电功率	9
第五节 电阻的串联、并联、混联	12
第六节 直流电路的计算	16
第七节 电容器	24
复习题	29
第二章 电磁	32
第一节 磁场	32
第二节 电磁感应	40
第三节 涡流	45
复习题	46
第三章 单相交流电路	48
第一节 正弦交流电动势的产生	48
第二节 相位和相位差	51
第三节 交流电的有效值和平均值	52
第四节 正弦量的旋转矢量图	54
第五节 纯电阻电路	56
第六节 纯电感电路	58
第七节 电阻和电感串联电路	61
第八节 纯电容电路	64
第九节 电阻、电感、电容串联电路	67
第十节 电阻、电感、电容并联电路	71
复习题	73
第四章 三相交流电路	74
第一节 三相交流电动势的产生	75
第二节 三相电源的连接	75
第三节 三相对称负载的连接	77
第四节 对称三相功率	81

复习题	82
第五章 电气测量	82
第一节 磁电式仪表及直流电压、直流电流的测量	82
第二节 电磁式仪表	85
第三节 电动式仪表和功率测量	86
复习题	89

第二篇 电 机

第六章 变压器	90
第一节 变压器的工作原理	90
第二节 三相变压器	96
第三节 自耦变压器	98
第四节 电焊变压器	100
*第五节 互感器	101
复习题	103
第七章 直流电机	103
第一节 直流电机的构造	103
第二节 直流发电机	106
第三节 直流电动机	112
复习题	116
第八章 异步电动机	116
第一节 三相旋转磁场	116
第二节 三相异步电动机的构造	119
第三节 三相异步电动机的工作原理	124
第四节 三相异步电动机的机械特性	128
第五节 三相异步电动机的起动	130
第六节 三相异步电动机的调速	132
第七节 单相异步电动机	134
复习题	137
第九章 同步发电机	138
第一节 同步发电机	138
第二节 同步发电机的运行	141
复习题	147

第三篇 发电厂厂用电部分

第十章 电气开关(10千伏及10千伏以下)	148
第一节 闸刀开关及熔断器	148
第二节 自动空气开关	150
第三节 接触器和磁力起动器	152
第四节 高压断路器(10千伏)	155
复习题	157

第十一章 发电厂厂用电	158
第一节 概述	158
第二节 厂用电机的控制回路	159
第三节 厂用电机的保护	162
第四节 厂用电机的联动	166
*第五节 信号装置	170
*第六节 厂用电机的选择	174
*第七节 安全用电	175
复习题	176
附 实验	177
实验一 简单直流电路电位图	177
实验二 电阻、电感、电容串联交流电路	178
实验三 线圈与电容器并联交流电路	180
实验四 三相对称负载的星形和三角形连接的电压、电流的测量	182
实验五 三相异步电动机的起动和反转	184

绪 论

一、电 能 的 优 点

电能是当代动力的主要来源，人们的生产和生活中应用非常广泛，这是因为电能具有以下几个方面的优点。

(一) 电能与其他能之间转换简便。电能可以从水能(水力发电)、热能(火力发电)、原子能(原子能发电)、化学能(电池)以及光能(光电池)等转换而得。电能可以转换为机械能、热能、化学能，又可以转换成光、声等。

(二) 电能输送分配方便。电能可以方便地从发电厂送到城市、工厂。因为发电厂大多建在有能源的地方，如河道上、煤矿区、天然气产区等，而用电的工厂又需设在原料产地，二者之间有一定的距离，通过输配电设备，可以输送、分配电能。

(三) 控制和测量便利。电是生产自动化不可缺少的条件。工厂中，尤其是发电厂的自动控制和测量多依靠电来完成。用电操作和电测量较机械或其他方法迅速而准确。

(四) 电能可以在空中传播。电能可以由电磁波形式在空中传播，如无线电广播、微波通信、卫星传播等。

二、我国电力事业发展情况

解放前，我国电力工业和其他工业一样，是极端落后的。发电厂多集中于东北和沿海几个大城市，设备陈旧，类型庞杂，并为各帝国主义国家所控制。1949年解放前夕，全国发电厂的装机容量仅有185万千瓦，年发电量为43亿度。

解放后，在中国共产党的领导下，经过三年经济恢复时期，1953年发电量达到91亿度，为1949年的两倍多。1959年发电量猛增为415亿度。1977年我国年发电量已超过2000亿度。总之，建国以来，我国电力工业得到了迅速地发展。电力布局从沿海到内地不断展开，水力资源也得到初步的开发，形成了一批水电火电相连接的电力系统，发电量和装机容量有几十倍地增长，电力建设水平有很大提高。但是，我国还是一个发展中的国家，我们的电力建设与世界上一些工业水平先进的国家相比，还有较大的差距。

我国能源十分丰富，煤炭、石油的蕴藏量居于世界的前列，仅水力资源就达五亿多千瓦。电力工作者的任务是光荣而艰巨的，我们应该认真学习，努力工作，为加速实现四个现代化贡献力量。

三、学习本课程的目的和方法

《电工及电子技术基础》是中等专业学校“热能动力设备”专业的一门重要的技术基

基础课程。学习本课程后，应能掌握电工及电子技术的基础知识，了解本专业内常用的电机、电器、电工测量仪表、发电厂厂用电及电子常用元件、基本电路等的一般结构和原理，并受到必要的计算和实验技能的训练，为学习专业课程打好基础。

学习中要注意对每个概念的理解，学会思考问题和分析问题的方法，在弄懂理论的基础上进行计算、推导和实验等方面的技能训练，由浅入深、循序渐进地使所学知识不断地巩固和提高。有条件的还可阅读一些其它参考书籍。

第一篇 电工基础和电气测量

第一章 直 流 电 路

第一节 电 流

在物理课程中已经讲过，电流是导体中的电荷有规则地移动，表示电流强弱的物理量叫做电流强度，人们经常也把电流强度叫做电流。电流的符号用“ I ”表示。电流强度的单位是安培，简称“安”，安的符号一般用“ A ”表示。大的电流单位用千安（ kA ），小的电流单位用毫安（ mA ）或微安（ μA ）。它们之间的关系是

$$1kA=1000A=10^3A$$

$$1mA=\frac{1}{1000}A=10^{-3}A$$

$$1\mu A=\frac{1}{1000}mA=\frac{1}{1000000}A=10^{-6}A$$

电流强度 I 是指在某段时间内通过导体某一横截面的电量 q 与这段时间 t 的比。即

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

电量 q 的单位为库仑（1库仑相当于 6.24×10^{18} 个电子带的电量），时间 t 的单位为秒，因此，电流的单位1安培为

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}}$$

例 1-1 已知电路中的电流强度为 $5A$ ，问在一分钟内流过电路中的电量是多少？

解：因为

$$I = \frac{q}{t}$$

所以

$$q = It = 5 \times (1 \times 60) = 300 \text{ 库仑}$$

解题时要把题中所给物理量的单位化成公式中规定的物理量的单位，如例 1-1 中需把 1 分钟化成 60 秒，然后才能按公式进行运算。

在计算电路中的电流时常常要先知道电流的方向，习惯上将正电荷移动的方向规定为电流的方向。图 1-1 为一个直流电路图，图中 E 为电池， D 为灯泡， A 为电流表， K 为开关（图中 K 在合闸位置）。注意图中标出电流 I 的方向，直流电流表的正负极要与电流的方向一致，否则，表的指针要反指。

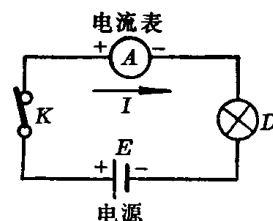


图 1-1 直流电路图

第二节 电动势与电压

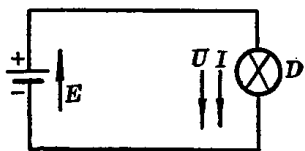
河中的水能够长期流动是因为有水源。水由高处流向低处，这是地球的引力使水由高水位流向低水位。如果各点的水位相等，如湖泊中的水就不流动了。电流是由高电位流向低电位，在电池中正负两极的电位不同，正极电位高，负极电位低，习惯上把电池负极作为零电位。电池与灯泡连成电路后，正电荷即由电池正极经导线、灯泡移动到电池的负极。如果使正电荷在电池内从负极再回到电池的正极，必须用其他的能量加在正电荷上，如同水自高处流向低处后，再使低处水回到高处时，要用水泵才能把水抽上来。电池的作用就是使负极的正电荷由化学能的作用而移动到电池的正极，所以电池本身始终是使正极电位高于负极电位。电池的正极与负极间维持一定的电位差，我们把这个电位差称为电源的电动势，简称电势。电势用字母“ E ”表示，电势的方向由低电位指向高电位，即由电源的负极指向电源的正极。

水在河道中流动时，随着水流的方向河道各点的水位是逐渐降低的。电荷在电路中移动时，电路各点的位置不同，各点的电位也是不同的。电位用符号“ ϕ ”表示，如A点的电位用“ ϕ_A ”表示。

电路中任意两点间的电位差又称为两点间的电压，电压（电位差）用字母“ U ”表示。电位差的大小用高电位值减低电位值表示，所以电压的方向是由高电位指向低电位。在直流电路中，电压与电流的方向是一致的。

我们把电路中电流、电压、电势的方向标示如图1-2。

如果已知两点电位 $\phi_A > \phi_B$ ，将正电荷由 ϕ_B 移至 ϕ_A 称为“电位升”；由 ϕ_A 移至 ϕ_B 则称为“电位降”，所以电压指示的方向是“电位降”的方向。



在地面上，各处高低不同，为了比较高低，可以任选一点作为零位，比这点高的取正值，比这点低的取负值。

图 1-2 电流、电压、电势的方向 在一个电路中也任选一点作为零电位，叫做零电位点，比零电位高的取正值，比零电位低的取负值。零电位点是为了比较电位高低作电位的计算用的，所以又叫做参考点。选择的参考点不同，电路上各点的电位值就不相同，但是两点之间的电位差是不变的。因此，电压大小与参考点的选择无关。

电池的正极与负极间的电压又可叫做“端电压”。电源的电势是由电源内部其它形式能量的作用而产生的。由于电源的内部都具有一定数值的电阻（这种电阻又叫做内阻），当电源送出电流时，电源内部也有电流，所以在电源内阻上产生电压降，这时电源的端电压比电势略小一些。当电源开路时（如电路中开关在打开位置），电源内部电阻上因无电流所以电压降为零，此时，端电压与电势相等。电源的内阻值一般很小，电源的端电压与电势相差不大，可认为近似相等，但从概念上来说，二者是不相同的。

电位、电压、电势的单位都是伏特（简称伏），用“ V ”表示。有时用千伏（ kV ）或毫伏（ mV ）作单位，它们与伏的关系是：

$$1kV = 1000V = 10^3V$$

$$1mV = \frac{1}{1000}V = 10^{-3}V$$

第三节 欧 姆 定 律

一、一段电路的欧姆定律

如图1-3的电阻 R 上串接一块直流电流表，并联一块直流电压表，直流电源的电压是可以调节的。改变直流电源电压为1、2、3、4、5、6伏，分别读取直流电流表数值列表如表1-1。

表 1-1

U (伏)	1	2	3	4	5	6
I (安)	0.5	1	1.5	2	2.5	3

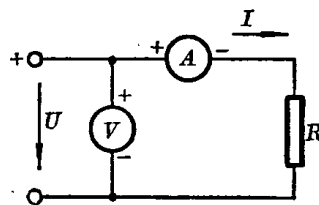


图 1-3 一段电路的欧姆定律

我们将表中每一个电压值用对应的电流值去除可得到一个相同的数值。电压 U 被对应的电流 I 去除其商叫做电阻 R ，用公式表示为

$$\frac{U}{I} = R \quad (1-2)$$

上式称为欧姆定律。上式又可化成

$$U = IR \quad I = \frac{U}{R}$$

通过一个电阻上的电流与加在该电阻两端的电压成正比，与电阻成反比。

电阻的单位为欧姆（简称欧），用符号“ Ω ”表示。大的电阻有千欧（ $k\Omega$ ），兆欧（ $M\Omega$ ）。 $1k\Omega = 10^3\Omega$ ， $1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$ 。

例 1-2 已知某电阻 R 接在直流电源上，其接法如图1-3。当电压表指示为24V，电流表指示为0.2A，求此电阻为多少欧？

解：
$$R = \frac{U}{I} = \frac{24}{0.2} = 120\Omega$$

例 1-3 若将上题中电阻换为100欧，电源电压值未变，求此时电流表指示值为多少安？

解：
$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{100} = 0.24A$$

二、全电路的欧姆定律

在第二节中提到电源本身有电阻，这个电阻叫内阻。将一个电阻与电源接在一起，为了区别起见，这个电阻称为外电路的电阻，简称外电阻。外电阻用“ R ”表示，电源的内阻用“ r_0 ”表示。电源电势、内阻、外电阻构成一个闭合回路如图1-4。此时全电路的电压即电势，全电路的总电阻为 $r_0 + R$ ，可得关系式为

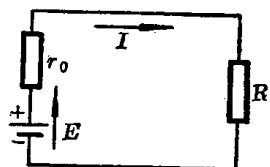


图 1-4 全电路的欧姆定律

$$I = \frac{E}{r_0 + R} \quad (1-3)$$

电路中的电流等于电源电势被全电路的总电阻除。这一关系叫做全电路的欧姆定律。上式可化成

$$E = I(r_0 + R) \quad R = \frac{E}{I} - r_0$$

$$r_0 = \frac{E}{I} - R$$

根据已知条件及未知条件可选用上述计算方便的关系式。

例 1-4 一个简单的直流电路如图1-4所示, 已知 $E = 48V$, $R = 4.8\Omega$, $r_0 = 0.2\Omega$, 求电流 I 值。

解:
$$I = \frac{E}{r_0 + R} = \frac{48}{0.2 + 4.8} = 9.6A$$

例 1-5 上题中换一个电阻时, 电流为 $4.8A$, 问新换的电阻为多少欧?

解:
$$R = \frac{E}{I} - r_0 = \frac{48}{4.8} - 0.2 = 10 - 0.2 = 9.8\Omega$$

三、电源的端电压与电势

电源的端电压比电势小一个内阻电压降。从全电路欧姆定律中, 可以看到

$$E = Ir_0 + IR \quad E - Ir_0 = IR$$

此处 $E - Ir_0$ 为电源端电压 U 。即

$$U = E - Ir_0$$

在简单直流电路中一般不考虑连接导线的电阻, 所以, U 也是外电阻 R 上的电压, 可得

$$U = IR = E - Ir_0 \quad (1-4)$$

于是全电路欧姆定律可写为

$$E = Ir_0 + IR = Ir_0 + U$$

例 1-6 例1-4、例1-5中, 电源的端电压各为多少伏?

解: 在例1-4中, $E = 48V$ 、 $I = 9.6A$ 、 $r_0 = 0.2\Omega$, 则

$$U = E - Ir_0 = 48 - 9.6 \times 0.2 = 46.08V$$

或
$$U = IR = 9.6 \times 4.8 = 46.08V$$

在例1-5中, $E = 48V$ 、 $I = 4.8A$ 、 $r_0 = 0.2\Omega$, 则

$$U = E - Ir_0 = 48 - 4.8 \times 0.2 = 47.04V$$

从上例中可见: 电流大时, 端电压下降也大; 内电阻小时, 端电压下降也小。

四、导线的电阻

我们常用的导线是铜导线和铝导线, 个别地方也用铁导线。导线愈长, 电阻愈大; 导线愈细, 电阻愈大。此外, 导线的电阻还与导线的材料有关。导线的电阻的计算公式为

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (1-5)$$

式中 R ——导线的电阻, 单位是欧;

l ——导线的长度, 单位是米;

s ——导线的截面,单位是平方毫米;

ρ ——电阻率。

表 1-2 列出导线长为 1 米, 截面为 1 平方毫米, 在 20°C 时电阻率的 ρ 值, ρ 的单位为 $\frac{\text{欧姆}\cdot\text{毫米}^2}{\text{米}}$ 。

表 1-2

材 料	铜	铝	铁
$\rho (20^{\circ}\text{C})$	0.0172	0.0283	0.0978

在电工手册上, 导线长 l 一般用公里即千米为单位, 计算时要注意单位的换算。

例 1-7 试计算长 10 千米, 截面为 50 平方毫米的铝导线在 20°C 时的电阻值。

解:
$$R = \rho \frac{l}{s} = 0.0283 \times \frac{10 \times 1000}{50} = 5.66 \Omega$$

实践表明, 导线的温度不同, 其电阻值也不同。导线的电阻值一般是随着温度的升高而增加, 不同的材料, 增加量也不同。上例计算出的导线电阻值是 20°C (一般称常温) 的电阻值。比 20°C 温度高时, 导线的电阻值应将增加一个数值。在 0°C 到 100°C 的范围内, 当温度升高 1°C , 导体电阻每 1 欧姆增加的电阻值叫做电阻的温度系数。电阻的温度系数用 “ α ” 表示, 其单位为 $\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$ 。铜、铝、铁等导线的平均电阻温度系数如表 1-3。

表 1-3

材 料	铜	铝	铁
$\alpha \left(\frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right)$	0.0040	0.0042	0.0057

如果已知某导线在 20°C 时的电阻和它的电阻温度系数 α , 则温度升高到 $t_2^{\circ}\text{C}$ 的电阻值的求法如下:

(1) 先求出升高的温度数为 $(t_2 - 20)$;

(2) 每 1 欧增加的电阻值为 $\alpha (t_2 - 20)$;

(3) 电阻 R_{20} 增加的电阻值为 $R_{20} \alpha (t_2 - 20)$;

(4) t_2 温度下的电阻值 R_2 为

$$R_2 = R_{20} + R_{20} \alpha (t_2 - 20) \quad (1-6)$$

例 1-8 某电机的电阻测温元件在 20°C 时为 $R_{20} = 49.5 \Omega$, 电阻温度系数 $\alpha = 0.00389 \left(\frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right)$ 。

电机运行后, 测得测温元件的电阻值 $R_2 = 60.9 \Omega$, 求此时电机的内部温度。

解: 因为 $R_2 = R_{20} + R_{20} \alpha (t_2 - 20)$

所以
$$t_2 = \frac{R_2 - R_{20}}{R_{20} \alpha} + 20$$
$$= \frac{60.9 - 49.5}{0.00389 \times 49.5} + 20$$
$$\approx 80^{\circ}\text{C}$$

若电阻的起始温度不是 20°C , 而是某个温度 t_1 。此时, 求 t_2 时的电阻 R_2 的方法为

(1) 先利用 t_1 , 求出 R_{20} 的值。

因为 $R_1 = R_{20} + R_{20} \alpha (t_1 - 20)$

$$R_{20} = \frac{R_1}{1 + \alpha (t_1 - 20)}$$

$$(2) \text{ 再代入 } R_2 = R_{20} + R_{20}\alpha(t_2 - 20) \\ = R_{20}[1 + \alpha(t_2 - 20)]$$

得

$$R_2 = \frac{1 + \alpha(t_2 - 20)}{1 + \alpha(t_1 - 20)} \times R_1 \quad (1-7)$$

注意, 此时式中无 R_{20} , 故可以直接用公式求出 R_2 的值。

在 0°C 到 100°C 范围内计算时, 可用

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

例 1-9 某电机的线圈为铜导线, 在 25°C 时的电阻为 0.38Ω , 当电机运行后, 电机的温度升到 90°C , 问此时线圈的电阻值为多少?

解: 铜导线 $\alpha = 0.004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$

$$\begin{aligned} \text{则} \quad R_2 &= R_1 + R_1\alpha(t_2 - t_1) \\ &= 0.38 + 0.38 \times 0.004 \times (90 - 25) \\ &\approx 0.478\Omega \end{aligned}$$

注: 在工业生产中实际常用的铜导线与铝导线的电阻温度换算公式为

$$\text{铜导线} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{235 + t_1}{235 + t_2}$$

$$\text{铝导线} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{245 + t_1}{245 + t_2}$$

五、电位图

我们研究电路和它的工作状态时, 常常需要了解电路中的电位变化, 为此使用“电位图”。电位图是表示电路中电位的分布与电阻关系的图形。作一个电路的电位图的步骤为:

- (1) 绘出电路, 并标注电路上各元件的连接点 a 、 b 、 c ...等字母;
- (2) 选定参考点;
- (3) 计算各元件连接点与参考点的电位差;
- (4) 以横坐标代表电阻;
- (5) 以纵坐标代表电位, 连接图中各点的电位, 即为电位图。

如图 1-5 中, 取电源负极即 d 点为参考点作电位图。在这种电路中, 因所有电阻中流着同样的电流, 所以电位的变化与电路的电阻是直线关系。

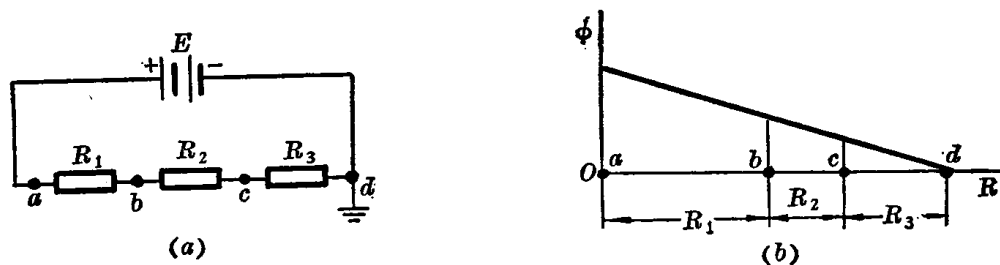


图 1-5 直流电路电位图之一

如在图 1-5 的电路中, 取 c 点为参考点, 即将接地符号画在 c 点处, 则得电位图如图 1-6。与图 1-5 的电位图比较可以看出, 各点电位值不同, 但曲线的形状未变, 即各连接点其纵坐标的相对关系未变。

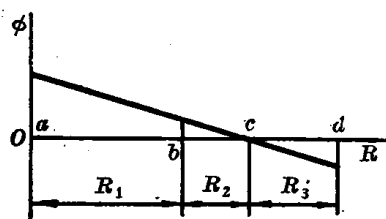


图 1-6 直流电路电位图之二

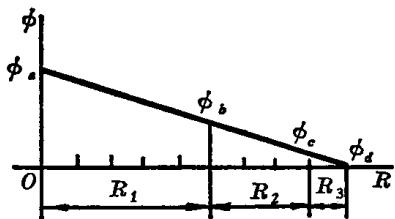


图 1-7 例1-10答案之一

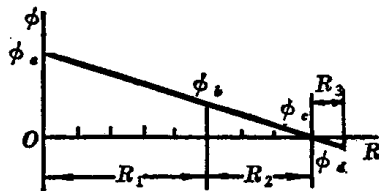


图 1-8 例1-10答案之二

例 1-10 已知电路如图1-5, 其中 $R_1 = 10\Omega$ 、 $R_2 = 6\Omega$ 、 $R_3 = 2\Omega$, 电路电流 $I = 4A$ 。求作电位图。

解: 以 d 点为参考点, $\phi_d = 0$

$$\begin{aligned} U_{cd} &= IR_3 = 4 \times 2 = 8V & \phi_c &= 8V \\ U_{bc} &= IR_2 = 4 \times 6 = 24V & \phi_b &= 24 + 8 = 32V \\ U_{ab} &= IR_1 = 4 \times 10 = 40V & \phi_a &= 40 + 24 + 8 \\ & & &= 72V \end{aligned}$$

若以 c 点为参考点, $\phi_c = 0$

$$\begin{aligned} U_{cd} &= IR_3 = 4 \times 2 = 8V & \phi_d &= -8V \\ U_{bc} &= IR_2 = 4 \times 6 = 24V & \phi_b &= 24V \\ U_{ab} &= IR_1 = 4 \times 10 = 40V & \phi_a &= 40 + 24 = 64V \end{aligned}$$

第四节 电能和电功率

一、电功

电能是由其他形式的能(机械能、热能、化学能等)转换来的, 电能又可以转换成其他形式的能。电流通过电阻发热是电能转换为热能的现象。电流通过电动机, 电动机带动其它机械而做功, 这是电能转换为机械能的过程。蓄电池充电是电能转换为化学能的例子。以水量比作电量, 以水位差比作电压, 则可知电量愈大、电压愈高时, 电功就愈大。因此电功 A 为

$$A = Uq \quad (1-9)$$

由于

$$q = It$$

则

$$A = UIt \quad (1-10)$$

式中 U ——某段电路两端的电位差, 单位是伏;

I ——通过此段电路的电流, 单位是安;

t ——电流通过电路的时间, 单位是秒;

q —— t 时间内通过电路截面的电量, 单位是库仑;

A ——电能能在 t 时间内所作的功, 单位是焦耳。

所以

$$\begin{aligned} 1 \text{ 焦耳} &= 1 \text{ 伏} \times 1 \text{ 库仑} \\ &= 1 \text{ 伏} \times 1 \text{ 安} \times 1 \text{ 秒} \end{aligned}$$

二、电功率

电气设备的工作能力通常都是标以功率, 也叫做电功率 P (物理学上习惯用 N), 即单位时间内所作的电功, 其表示式为

$$\begin{aligned} P &= \frac{A}{t} = \frac{UI t}{t} \\ P &= UI \end{aligned} \quad (1-11)$$

式中 U —— 电压单位是伏;

I —— 电流单位是安;

P —— 功率单位是瓦特 (W)。

所以

$$1 \text{ 瓦特}(W) = 1 \text{ 伏} \times 1 \text{ 安}$$

常用的有千瓦 (kW) $1kW = 1000W$

当用“马力”为功率的单位时, 它与千瓦的关系是

$$1 \text{ 马力} = 736 \text{ 瓦} = 0.736 \text{ 千瓦}$$

近似换算式

$$1 \text{ 马力} \approx \frac{3}{4} \text{ 千瓦}$$

$$1 \text{ 千瓦} \approx \frac{4}{3} \text{ 马力}$$

例 1-11 已知某电阻两端电压为 $110V$, 通过的电流为 $3A$, 求此电阻的功率。

解: $P = UI = 110 \times 3 = 330W = 0.33kW$

因为

$$U = IR \quad I = \frac{U}{R}$$

电功率计算式还可写成

$$P = I^2 R \quad P = \frac{U^2}{R}$$

例 1-12 已知两个灯泡, 甲灯为 $220V$ 、 $100W$, 乙灯为 $220V$ 、 $60W$; 问哪一个灯泡的工作电流大, 哪一个灯泡的电阻大?

解:

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{100}{220} \approx 0.45A$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{60}{220} \approx 0.27A$$

所以

$$I_1 > I_2$$

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{220}{0.45} \approx 480\Omega$$

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{220}{0.27} \approx 820\Omega$$

所以

$$R_2 > R_1$$

从上例计算结果可知: 在电压相同时, 功率大的灯泡工作电流大、电阻小; 功率小的

灯泡工作电流小、电阻大。

三、电能

物理学中指出：如果一个物体具有做功的本领，我们就说该物体具有能。物体做功的本领愈大，则其具有的能就愈多，物体具有能的多少是用它能够做功多少来量度的。所以电能的计算方法与电功的计算方法相同。即

$$A = UI t = P t \quad (1-12)$$

电能的单位与电功的单位相同。在工业上，电能的单位常用“千瓦小时”来计量。1千瓦小时，又叫做1度电（ $1kWh$ ）。

例 1-13 某教室有100W的电灯一盏，每晚使用两小时。另一宿舍有40W电灯一盏，不注意节电，每天用电长达10小时，问一个月（30天）两者各用多少度电？

解：教室用电量为：

$$A_1 = P_1 t_1 = 100 \times 2 \times 30 = 6000 \text{瓦小时} = 6 \text{度}$$

宿舍用电量为：

$$A_2 = P_2 t_2 = 40 \times 10 \times 30 = 12000 \text{瓦小时} = 12 \text{度}$$

宿舍灯泡瓦数虽小，但用电量大于教室。

四、焦耳——楞次定律

电流通过电阻能使电阻发热。实验证明：电流通过导体（电阻 R ）时所产生的热量（ Q ）与电流的平方（ I^2 ）、导体的电阻（ R ）以及通电的时间（ t ）成正比。这一结论叫做焦耳——楞次定律。这是英国物理学家焦耳和俄国物理学家楞次，在1844年同时通过各自的实验确定的。

电阻上的热能是由电能产生的，热量的单位用卡（1卡是使1克水升高 1°C 时需要的热量），而电能的单位为焦耳，从物理学中我们知道，1焦耳的能等于0.24卡的热量，因此电流通过电阻产生的热量公式为

$$Q = 0.24 P t = 0.24 I^2 R t \quad (1-13)$$

例 1-14 有一导线其电阻为25欧，通过导线的电流为5安，问在15分钟内电流在导线中产生的热量是多少卡？

解： $Q = 0.24 I^2 R t$

$$= 0.24 \times 5^2 \times 25 \times (15 \times 60)$$

$$= 135000 \text{卡} = 135 \text{千卡}$$

电流通过电阻使电能变为热能的现象叫做电流的热效应。白炽灯、电炉、电烙铁等都是电流的热效应的应用。由于电流的热效应是与电流的平方成正比的，所以在各种绝缘电线中要规定安全电流，电气设备要规定额定电流，电阻元件要规定功率瓦数。

例 1-15 有一个 500Ω 、5W的电阻元件，试计算其额定电压和额定电流。

解：因为

$$P = I^2 R$$

所以

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{5}{500}} = \sqrt{\frac{1}{100}} = 0.1 \text{A}$$

又因

$$P = \frac{U^2}{R}$$