

第三节 电功和电功率

一、电 功

一个闭合的电路中，存在着能量的转换：电源把其他形式的能量转换为电能；电动机在端电压的作用下转动，电炉在端电压的作用下发热，又分别把电能转换成机械能、热能等。

电流通过负载所做的功，叫作电功，用字母 W 表示。这说明电功是由电能获得的，而电能的消耗又通过电流做功表现出来，电能和电功是同一事物的两种形态。因此，我们用电流做功的大小来度量电能的消耗。

电功的大小与加在负载两端的电压和通过负载的电流有关，根据公式 $I = \frac{Q}{t}$, $U = \frac{W}{Q}$, $I = \frac{U}{R}$ ，可得到电功的数学表达式：

$$W = UQ = IUt = I^2Rt = \frac{U^2t}{R} \quad (1.3.1)$$

式中 U —加在负载上的电压，V；

I —流过负载的电流，A；

R —电阻， Ω ；

t —时间，s；

W —电功，J；

Q —电量，C。

电功的 SI 单位是焦耳 (J)，简称焦。在实际工作中，其常用的单位是千瓦时 (kW·h)，也称“度”。“千瓦时”与“焦耳”的换算关系为

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

二、电功率

电流在单位时间内所做的功，称为电功率，简称功率，用字母 P 表示。其数学表达式为

$$P = \frac{W}{t} \quad (1.3.2)$$

在上式中，若电功 W 的单位是焦耳 (J)，时间 t 的单位为秒 (s)，则电功率 P 的单位是焦耳/秒 (J/s)。焦耳/秒又称瓦特，简称瓦，用字母 W 表示。在实际工作中，电功率的常用单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW) 等。根据式 (1.3.2) 可得到电功率的常见计算公式：

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1.3.3)$$

由式 (1.3.3) 可知：

(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，电功率与电阻成正比。因串联电路中流过同一电流，所以串联电阻的功率与各电阻的阻值成正比。

(3) 当加在负载两端的电压一定时，由 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知，电功率与电阻成反比。因并联电路中各电阻两端的电压相等，所以各电阻的功率与各电阻的阻值成反比。

三、电流的热效应

当电流通过导体时，导体由于具有一定的电阻而发热，使电能转变成热能，这种现象叫作电流的热效应。

实验证明，电流通过导体所产生的热量，和电流的平方、导体电阻及通过电流的时间成正比，这叫作焦耳-楞次定律。其数学表达式为：

$$Q = I^2 R t \quad (1.3.4)$$

式中 Q —热量，J

I —电流，A

R —电阻， Ω ；

t —时间，s。

电流的热效应有利也有弊。利用这一现象可制成许多电器，如电灯、电炉、电烙铁、电熨斗等。但热效应会使导线发热、电气设备温度升高等，若温度超过规定值，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。为此，人们对各种用电设备都规定有一定的电压、电流或功率值。这些规定的数值叫作用电设备的额定值。如灯泡上所标注的“220 V/100 W”，就是它的额定值。一般元器件和设备的额定值都标在其明显位置。

四、电气设备的额定值

为了保证电气设备和电路元件能够长期安全地正常工作，人们规定了额定电压、额定电流、额定功率等额定值。

额定电压—电气设备或元器件在正常工作条件下允许施加的最大电压。

额定电流—电气设备或元器件在正常工作条件下允许通过的最大电流。

额定功率—在额定电压和额定电流下消耗的功率，即允许消耗的最大功率。

额定工作状态—电气设备或元器件在额定功率下的工作状态，也称满载状态。

轻载状态—电气设备或元器件在低于额定功率时的工作状态。轻载时电气设备不能得到充分利用或根本无法正常工作。

过载（超载）状态—电气设备或元器件在高于额定功率时的工作状态。过载时电气设备很容易被烧坏或造成严重事故。

轻载和过载都是不正常的工作状态，一般是不允许出现的。

例 1-3-1 阻值为 $100\ \Omega$ 、额定功率为 $1\ \text{W}$ 的电阻两端所允许加的最大电压为多少？允许流过的电流又是多少？

解：由 $P = \frac{U^2}{R} = I^2 R$ 得

$$U = \sqrt{PR} = \sqrt{1 \times 100} = 10\ (\text{V})$$

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

练习三

一、填空题

1. 某导体的电阻是 $1\ \Omega$ ，通过它的电流是 $1\ \text{A}$ ，那么在 $1\ \text{min}$ 内通过导体横截面的电量是_____C，电流做的功是_____J，产生的热量是_____J，它消耗的功率是_____。

2. 电流流过导体产生的热量跟_____、_____和_____成正比。这个规律叫_____定律。

3. 电流在_____内所做的功叫电功率。额定值为“ $220\ \text{V}$ ， $40\ \text{W}$ ”的白炽灯，灯丝的热电阻为_____ Ω 。如果把它接到 $110\ \text{V}$ 的电源上，它实际消耗的功率为_____。

二、计算题

1. 一个灯泡接在电压是 $220\ \text{V}$ 的电路中，通过灯泡的电流是 $0.5\ \text{A}$ ，通电时间是 $1\ \text{h}$ ，它消耗了多少电能？合多少度电？

2. 已知某电阻丝的长度为 $2\ \text{m}$ ，横截面面积为 $1\ \text{mm}^2$ ，流过的电流为 $3\ \text{A}$ 。求该电阻丝在 $1\ \text{min}$ 内发出的热量。（该电阻丝的 $\rho = 1.2 \times 10^{-6}\ \Omega \cdot \text{m}$ ）

第四节 电路中电位的计算及电路的简化

一、电位的计算

电路中每一点电位的变化反映了电路工作状态的变化，检测电路中各点的电位是分析电路和维修电器的重要手段。要确定电路中某点的电位，必须先确定零电位点（参考点）。电路中任意一点对零电位点的电压，就是该点的电位。下面通过例题，总结出电路中各点电位的计算方法和步骤。

例 1-4-1 在图 1-4-1 所示电路中， $V_d = 0$ ， $E_1 = 10\text{ V}$ 、 $E_2 = 13\text{ V}$ 、 $R_1 = 1\ \Omega$ 、 $R_2 = 2\ \Omega$ 、 $R_3 = 3\ \Omega$ 及 $I_1 = 1\text{ A}$ 、 $I_2 = 2\text{ A}$ 、 $I_3 = 3\text{ A}$ 均为已知量，求 a 、 b 、 c 三点的电位。

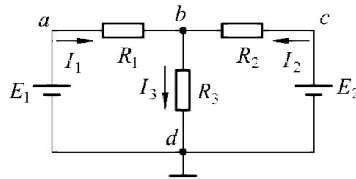


图 1-4-1 例 1-4-1 图

解：由于 $V_d = 0$ ， $U_{ad} = V_a - V_d = E_1 = 10\text{ V}$ ，所以

$$a \text{ 点电位} \quad V_a = U_{ad} + V_d = E_1 = 10\text{ (V)}$$

$$b \text{ 点电位} \quad V_b = U_{bd} = I_3 R_3 = 3 \times 3 = 9\text{ (V)}$$

$$c \text{ 点电位} \quad V_c = U_{cd} = E_2 = 13\text{ (V)}$$

以上求 a 、 b 、 c 三点的电位是分别通过三条最简单路径得到的。路径的选择是任意的，选择路径 bad 时：

$$V_b = U_{ba} + U_{ad} = -I_1 R_1 + E_1 = -1 \times 1 + 10 = 9\text{ (V)}$$

选择路径 bcd 时：

$$V_b = U_{bc} + U_{cd} = -I_2 R_2 + E_2 = -2 \times 2 + 13 = 9\text{ (V)}$$

三个路径表达式不同，但结果是相等的。

通过以上分析，可归纳出电路中各点电位的计算方法和步骤：

- (1) 确定电路中的零电位点（参考点）。
- (2) 计算电路中某点 a 的电位，就是计算 a 点与参考点 d 之间的电压 U_{ad} ，在 a 点与 d 点之间，选择一条捷径（元件最少的简捷路径）， a 点电位即为此路径上全部电压的代数和。
- (3) 列出选定路径上全部电压代数和方程，确定该点电位。

例 1-4-2 在图 1-4-2 所示电路中， $R_1 = 4\ \Omega$ 、 $R_2 = 2\ \Omega$ 、 $R_3 = 1\ \Omega$ ， $E_1 = 6\text{ V}$ 、 $E_2 = 3\text{ V}$ ，求电路中 A 、 B 、 C 点的电位。

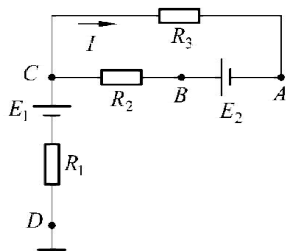


图 1-4-2 例 1-4-2 图

解：图中标明 D 点接地，则 $V_D = 0$ 。闭合回路中只有电动势 E_2 ，则

$$I = \frac{E_2}{R_2 + R_3} = \frac{3}{2+1} = 1 \text{ (A)}$$

选 $C \rightarrow D$ 路径，计算 C 点电位： R_1 中没有电流，故

$$V_C = E_1 = 6 \text{ (V)}$$

选 $B \rightarrow C$ 路径，计算 B 点电位：

$$V_B = U_{BC} + V_C = IR_2 + V_C = 1 \times 2 + 6 = 8 \text{ (V)}$$

选 $A \rightarrow B$ 路径，计算 A 点电位：

$$V_A = U_{AB} + V_B = -E_2 + V_B = -3 + 8 = 5 \text{ (V)}$$

二、借助电位概念简化电路

为了使电路图清晰明了，可借助电位的概念将“闭口”形电路，画为“开口”形电路。其方法是：

(1) 设参考点。

(2) 整理电路：把纯 R 支路移到一边，把电源电动势 E 移到和参考点相接处。

(3) 去掉 E ，在端点上标 E 的大小和正、负极。

例 1-4-3 借助电位概念简化图 1-4-3 所示电路。

解：简化过程如图 1-4-4 所示。

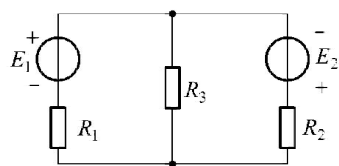


图 1-4-3 例 1-4-3 图

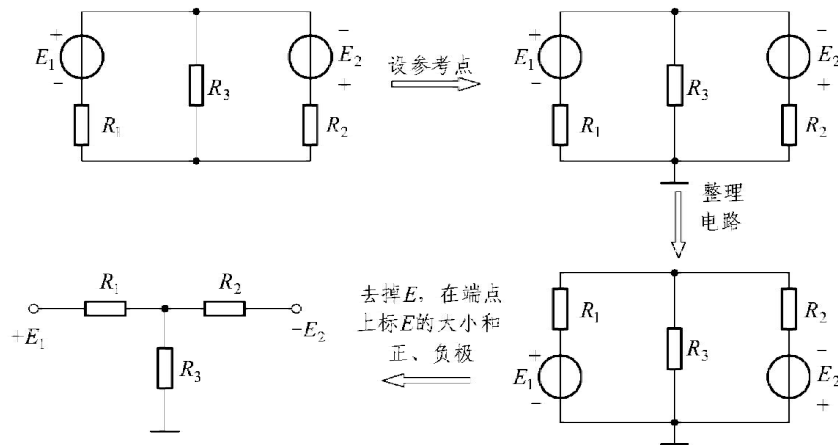


图 1-4-4 简化过程

练习四

一、填空题

在图 1-4-5 所示电路中， $U_{AO} = 2\text{ V}$ ， $U_{BO} = -7\text{ V}$ ， $U_{CO} = -3\text{ V}$ ，则 $V_A = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $V_B = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $V_C = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

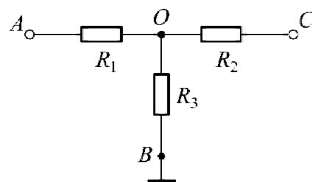


图 1-4-5

二、计算题

计算图 1-4-6 所示电路中 A 点电位 V_A 。

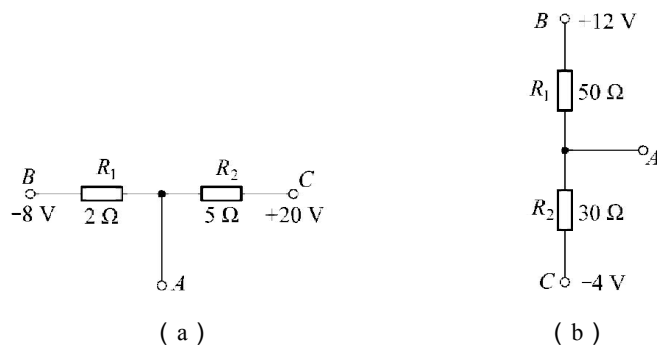


图 1-4-6

本章小结

一、电路的基本概念

(1) 电路基本上是由电源、负载、连接导线、控制器件四部分组成。电路有通路、断路和短路三种工作状态。

(2) 电荷的定向运动形成电流。单位时间内通过导体横截面的电荷量称为电流强度。电流既有大小也有方向，其大小用电流强度来衡量，正电荷移动的方向为电流的正方向。

(3) 两点间的电位差叫电压。电动势是衡量电源将非电能转换成电能的本领的物理量。一个完整的电路中，在电源外部电流由高电位流向低电位，在电源内部电流则由低电位流向高电位。电压的实际方向是由高电位指向低电位。电动势的实际方向习惯上规定为从电源的负极指向正极，或是从低电位指向高电位。

(4) 参考方向是事先假定的电压或电流的方向，与实际方向既可能相同也可能相反。当参考方向与实际方向相同时，电压或电流为正值，否则为负值。

(5) 导体的电阻反映了导体对电流的阻碍作用。电阻的大小由导体自身的性质决定，与外加的电压、电流无关。

(6) 电功率是反映电路中电流做功快慢的物理量。

二、电路的基本定律

(1) 部分电路欧姆定律：在不包含电源的一段电路中，流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比。

(2) 全电路欧姆定律：在全电路中电流强度与电源的电动势成正比，与整个电路的内、外电阻之和成反比。

(3) 电阻定律：在温度不变的情况下，同一材料的电阻跟它的长度成正比，跟它的横截面积成反比。

(4) 焦耳-楞次定律：电流通过导体所产生的热量，和电流的平方、导体电阻及通过电流的时间成正比。

三、电路中各点电位的计算方法和步骤

(1) 确定电路中的零电位点（参考点）。

(2) 计算电路中某点 a 的电位，就是计算 a 点与参考点 d 之间的电压 U_{ad} ，在 a 点与 d 点之间，选择一条捷径（元件最少的简捷路径）， a 点电位即为此路径上全部电压的代数和。

(3) 列出选定路径上全部电压代数和方程，确定该点电位。