

§ 1-4 电功和电功率



学习目标

1. 理解电功、电功率的概念。
2. 掌握电功、电功率和焦耳热的计算方法。
3. 能正确识读电气设备所标额定值的含义。

一、电功

电流做功的过程,实质上就是将电能转化为其他形式的能的过程。例如,电流通过电动机做功,电能转化为机械能;电流通过电炉做功,电能转化为热能;电流通过灯泡做功,电能转化为热能和光能;电流通过电解槽做功,电能转化为化学能等。

电流所做的功,称为**电功**,用字母 W 表示。研究表明,电流在一段电路上所做的功等于这段电路两端的电压 U 、电路中的电流 I 和通电时间 t 三者的乘积,即:

$$W = UIt$$

式中, W 、 U 、 I 、 t 的单位分别为 J、V、A、s。

电功的另一个常用单位是**千瓦时**,用符号 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 表示,即通常所说的 **1 度电**,它和焦耳的换算关系为:

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

用来测量电流做功多少(也就是电路消耗电能多少)的仪表称为**电能表**,如图 1-40 所示。

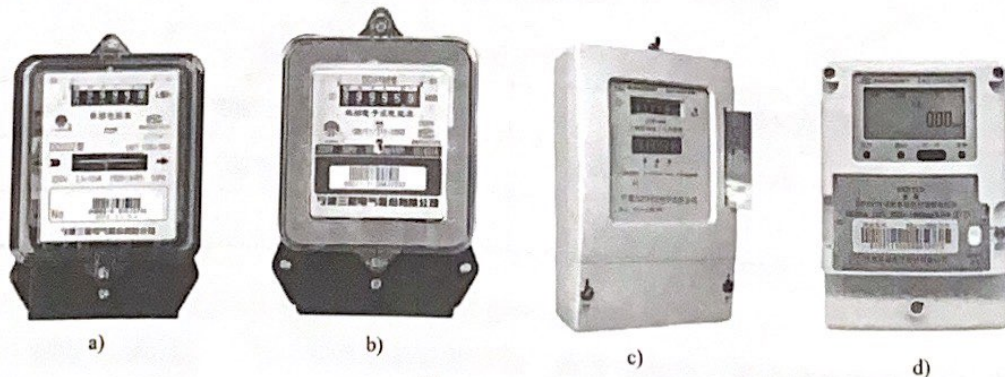


图 1-40 电能表

a) 机械式电能表 b) 电子式电能表 c) 预付费 IC 卡式电能表 d) 智能电能表

二、电功率

在相同的时间内, 电流通过不同的负载所做的功, 一般并不相同。例如, 同一时间内电流通过电力牵引机车的电动机所做的功, 显然比通过电扇的电动机所做的功要大得多。为了表征电流做功的快慢程度, 引入了电功率这一物理量。

电流在单位时间内所做的功称为**电功率**, 用字母 P 表示, 单位是瓦特 (W), 其计算式为:

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

对于纯电阻电路, 根据初中时学过的欧姆定律, 上式还可以写为:

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



小提示

在计算电功率时应注意以下几点:

(1) 只有在 U 和 I 为关联参考方向的情况下, 才能应用 $P = UI$ 来计算电功率, 否则应添加一个负号, 即 $P = -UI$ 。

(2) 公式选定后, U 和 I 的代入值应包括其正、负号。

(3) 无论应用哪个公式计算的结果, 只要 P 为正值, 就表明元件吸收功率, 处于负载状态; 若 P 为负值, 则表明元件发出功率, 处于电源状态。

【例 1-2】 某同学家中一个四位插排可承受的最大电压为 220 V, 可通过的最大电流为 10 A, 分析:

(1) 该插排上能安装的用电器总功率最大应为多少?

(2) 若该插排上已连接了一台 900 W 的微波炉、两盏 15 W 的台灯, 三个设备都在正常工作中, 此时还能再在剩余的一个孔位上连接一台 1 500 W 的电取暖器并开机运行吗?

解: (1) 利用公式求出插排所能承受的最大功率

$$P = UI = 220 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 2\,200 \text{ W}$$

(2) 求出已连接并正在运行的电器的总功率

$$P_1 = 900 \text{ W} + (15 \times 2) \text{ W} = 930 \text{ W}$$

可以看出, $P_2 = P - P_1 = 2\,200 \text{ W} - 930 \text{ W} = 1\,270 \text{ W} < 1\,500 \text{ W}$

所以, 此时不应再将电取暖器连接到这个插排上使用。



小提示

对于电取暖器这类大功率电器, 使用前应仔细阅读使用说明书, 按要求使用, 确保用电安全, 一般应使用房间墙体上的固定插座单独供电。

三、电流的热效应

电流通过导体时使导体发热的现象称为**电流的热效应**。也就是说, 电流的热效应就是电能转换成热能的效应, 电流与它流过导体时所产生的热量之间的关系可用下式表示:

$$Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

Q 的单位是焦耳 (J), 这种热也称**焦耳热**。

如果电路中的负载只有电阻一种类型, 那么电流所做的功与产生的热量相等, 即电能全部转换为电路的热能; 如果电路中还有电动机、电解槽等其他类型负载, 电能除部分转换为热能外, 还有一部分要转换为机械能、化学能等。

【例 1-3】 电烤箱是一种利用电流的热效应来加热食品的电器, 这里粗略地将其看作一个简单的纯电阻负载, 假设其电阻为 32Ω , 工作电压是 220 V , 用它制作烤肉, 共通电运行 20 min , 电烤箱共放出了多少热量? 消耗的电能是多少? 假设当地电费每度 0.5 元, 则需花费多少电费?

解: 电烤箱放出的热量为

$$Q = \frac{U^2}{R} t = \frac{220^2}{32} \times 20 \times 60 \text{ J} = 1.815 \times 10^6 \text{ J}$$

消耗的电能为

$$W = Q = \frac{1.815 \times 10^6}{3.6 \times 10^6} \text{ kW} \cdot \text{h} = 0.504 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

所需电费为

$$0.504 \times 0.5 \text{ 元} \approx 0.25 \text{ 元}$$

电流的热效应在生产生活中有许多应用, 在生活中常用到电熨斗、电暖器、电饭锅、电烤箱等, 在生产中利用电弧加热可以产生非常高的温度, 从而用于焊接等工作。此外, 还可以选用低熔点的铅锡合金等制成熔断器的熔丝以保护电路和设备。

电流的热效应也有不利的一面, 如电动机在运行中发热, 不仅消耗电能, 而且会加速绝缘材料的老化, 严重时会发生事故。因此, 在电气设备中应采取防护措施, 以避免由电流的热效应所造成的危害。例如, 许多电气设备的机壳上都装有散热孔, 有的电动机里还装有风扇, 都是为了加快散热 (图 1-41)。

通过新技术的应用减少不利的电流热效应, 还能为节能环保做出贡献。传统的白炽灯在点亮时温度很高, 大量的电能通过电流的热效应转化为热能散发出去, 照明的效率较低。而近年来广泛应用的 LED 灯则要高效得多, 一个 5 W 的 LED 灯即可达到传统 60 W 白炽灯的照明效果, 因此, LED 灯已成为新一代的主流节能照明产品。

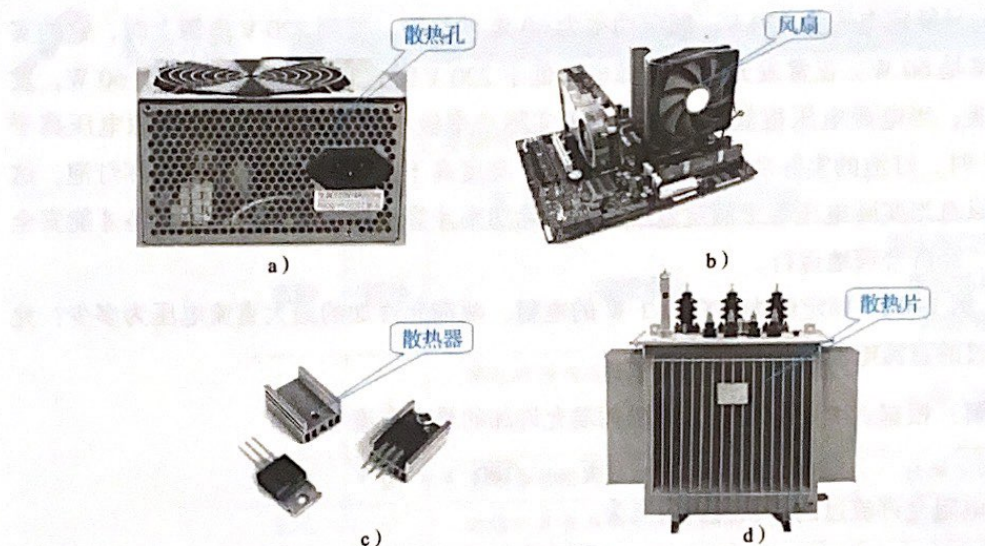


图 1-41 电气设备的散热装置

四、负载的额定值

电气设备长期安全工作时各个参数所允许的最大值称为**额定值**。常见的额定值有额定电流、额定电压、额定功率等。电气设备在额定功率下的工作状态称为**额定工作状态**，也称**满载**；低于额定功率的工作状态称为**轻载**；高于额定功率的工作状态称为**过载**或**超载**。由于过载很容易烧坏用电器，所以一般不允许出现过载。一般元器件和设备的额定值都标在其明显位置，如灯泡上标有的“220 V / 40 W”、电阻上标有的“100 Ω / 2 W”等都是它们的额定值。电动机的额定值通常标在其外壳的铭牌上，故其额定值也称**铭牌数据**。灯泡和电动机额定值的标记实例如图 1-42 所示。

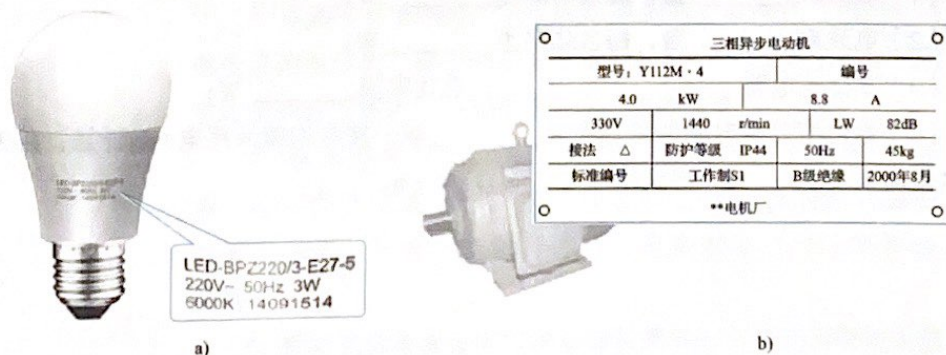


图 1-42 电气设备的额定值
a) 灯泡额定值的标志 b) 电动机的铭牌

一只额定电压为 220 V、额定功率为 60 W 的灯泡, 接到 220 V 电源上时, 它的实际功率是 60 W, 正常发光; 当电源电压低于 220 V 时, 它的实际功率小于 60 W, 发光暗淡; 当电源电压很低时, 灯泡由于实际功率极小而不会发光; 当电源电压高于 220 V 时, 灯泡的实际功率就会超过 60 W, 亮度高于正常情况, 甚至会烧坏灯泡。这说明只有当实际电压等于额定电压时, 实际功率才等于额定功率, 用电设备才能安全可靠、经济合理地运行。

【例 1-4】 额定值为 100 Ω /1 W 的电阻, 两端允许加的最大直流电压为多少? 允许流过的直流电流又是多少?

解: 根据式 $P = \frac{U^2}{R}$ 可得, 电阻两端允许加的最大直流电压为

$$U = \sqrt{PR} = \sqrt{100} \text{ V} = 10 \text{ V}$$

电阻允许流过的最大直流电流为

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1}{10} \text{ A} = 0.1 \text{ A}$$

巩固练习

1. 有人根据计算式 $P = I^2 R$ 说, 电功率与电阻成正比; 又有人根据计算式 $P = \frac{U^2}{R}$ 说, 电功率与电阻成反比。他们的说法对吗? 为什么?
2. 一只额定值 220 V/40 W 的灯泡, 正常发光时通过的电流为 _____ A, 灯丝的热电阻为 _____ Ω , 如果把它接到 110 V 的电源上, 它实际消耗的功率为 _____ W。
3. 点亮的 40 W 白炽灯泡, 用手靠近, 感到很热; 而正在运转的几千瓦电动机, 手摸外壳, 却并不感到很热, 这是为什么?
4. 观察你所在教室有哪些用电器, 计算教室每天消耗的电能。
 - (1) 照明灯 _____ 盏, 每盏功率为 _____ W;
 - (2) 电风扇 _____ 台, 每台功率为 _____ W;
 - (3) 其他用电器 _____、_____, 总功率为 _____ W;
 - (4) 教室所有用电器的总功率为 _____ W, 按平均每天用电 6 h 计算, 每天消耗的电能为 _____ J, 每天用电 _____ kW · h。