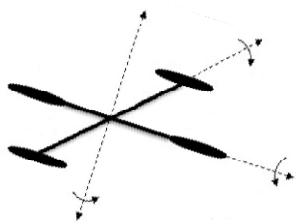


회로이론

3 장. 옴의 법칙 에너지와 전력 변환

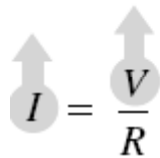


3.1 옴의 법칙

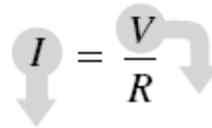
옴의 법칙(Ohm's law)은 전류는 전압에 비례하고 저항에 반비례한다는 것이다.

$$I = \frac{V}{R} \qquad V = IR$$

여기서 I = 전류(A)
 V = 전압(V)
 R = 저항(Ω)

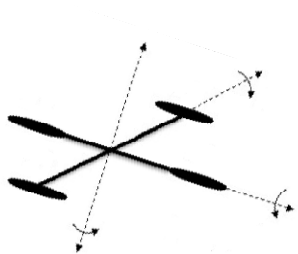

$$I = \frac{V}{R}$$

전압 증가, 전류 증가


$$I = \frac{V}{R}$$

전압 감소, 전류 감소

저항 R 일정



예제 3-1

식 (3-1)의 옴의 법칙을 이용하여, 전압이 5 V에서 20 V로 증가할 때 $10\ \Omega$ 의 저항을 통해 흐르는 전류가 증가하는 것을 검증하시오.

해 $V = 5\ \text{V}$ 일 때
$$I = \frac{V}{R} = \frac{5\ \text{V}}{10\ \Omega} = 0.5\ \text{A}$$

$V = 20\ \text{V}$ 일 때
$$I = \frac{V}{R} = \frac{20\ \text{V}}{10\ \Omega} = 2\ \text{A}$$

예제 3-2

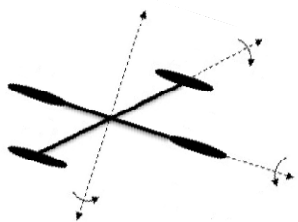
식 (3-2)의 옴의 법칙을 이용하여, 전류가 2 A일 때 $100\ \Omega$ 의 저항에 걸리는 전압 V 를 구하시오.

해
$$V = IR = (2\ \text{A})(100\ \Omega) = 200\ \text{V}$$

예제 3-3

식 (3-3)의 옴의 법칙을 이용하여, 전압이 12 V이고 전류가 0.5 A일 때, 회로에서의 저항 값을 구하시오.

해
$$R = \frac{V}{I} = \frac{12\ \text{V}}{0.5\ \text{A}} = 24\ \Omega$$

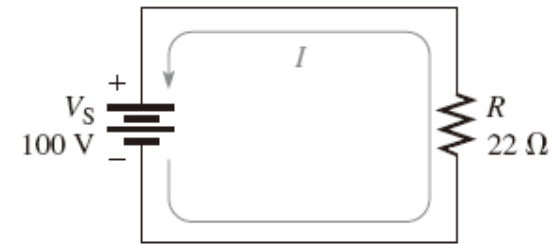


3.2 옴의 법칙의 응용

예제 3-5

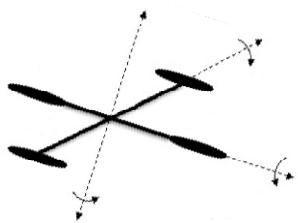
그림 3-6의 회로에 흐르는 전류는 몇 암페어인가?

그림 3-6



해 전류를 구하기 위해 옴의 법칙 $I = V/R$ 을 사용한다. 그림에서 주어진 전압과 저항값을 사용하면 다음과 같이 전류를 구할 수 있다.

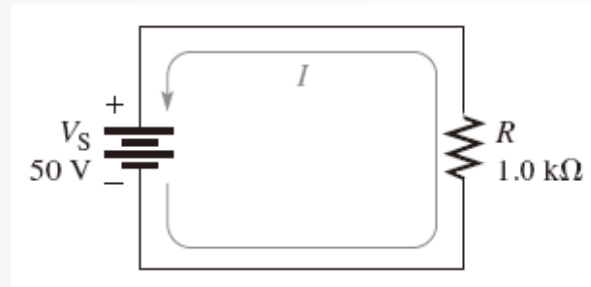
$$I = \frac{V_s}{R} = \frac{100 \text{ V}}{22 \Omega} = 4.55 \text{ A}$$



예제 3-6

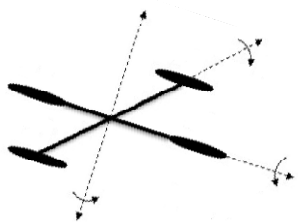
그림 3-7의 회로에서 mA의 단위로 전류를 계산하시오.

그림 3-7



해 1.0 k Ω 은 $1.0 \times 10^3 \Omega$ 과 같다. 공식 $I = V/R$ 을 사용하고, V 에 50 V를, R 에 $1.0 \times 10^3 \Omega$ 을 대입하여 계산한다. 이 결과는 다음과 같다.

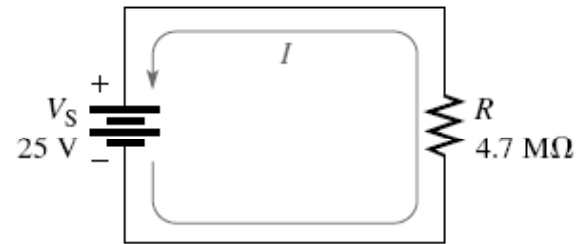
$$I = \frac{V_S}{R} = \frac{50 \text{ V}}{1.0 \text{ k}\Omega} = \frac{50 \text{ V}}{1.0 \times 10^3 \Omega} = 50 \times 10^{-3} \text{ A} = \mathbf{50 \text{ mA}}$$



예제 3-7

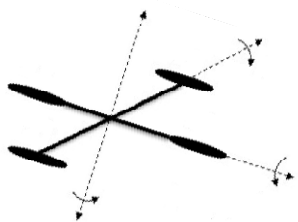
그림 3-8의 회로에서 전류의 양을 결정하시오.

그림 3-8



해 $4.7 \text{ M}\Omega$ 은 $4.7 \times 10^6 \Omega$ 이다. 공식 $I = V/R$ 을 사용하고, V 에 25 V를, R 에 $4.7 \times 10^6 \Omega$ 을 대입하여 계산하면 다음과 같다.

$$I = \frac{V_S}{R} = \frac{25 \text{ V}}{4.7 \text{ M}\Omega} = \frac{25 \text{ V}}{4.7 \times 10^6 \Omega} = 5.32 \times 10^{-6} \text{ A} = 5.32 \mu\text{A}$$

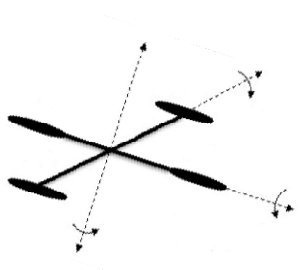


예제 3-8

50 kV의 전압이 100 MΩ의 저항에 인가될 때, 저항을 통해 흐르는 전류는 몇 마이크로암페어인가?

해 50 kV를 100 MΩ으로 나누어 전류를 얻을 수 있다. V 에 50×10^3 V를, R 에 $100 \times 10^6 \Omega$ 을 대입하여 계산하면 다음과 같다.

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{50 \text{ kV}}{100 \text{ M}\Omega} = \frac{50 \times 10^3 \text{ V}}{100 \times 10^6 \Omega} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ A} = 500 \times 10^{-6} = \mathbf{500 \mu\text{A}}$$



예제 3-9

그림 3-9의 회로에서 5 A의 전류가 흐른다면, 얼마만큼의 전압이 필요한가?

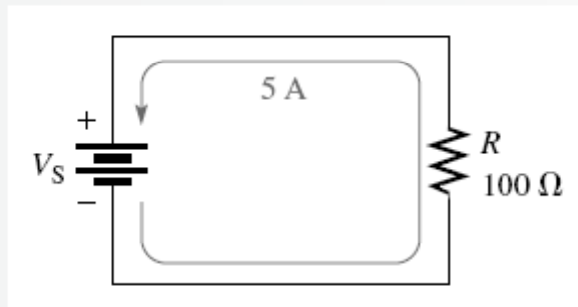
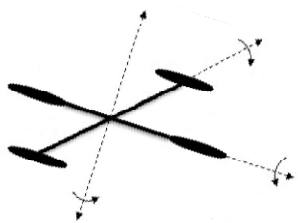


그림 3-9

해 공식 $V = IR$ 에 I 와 R 의 값인 5 A와 100Ω 을 대입한다.

$$V_S = IR = (5 \text{ A})(100 \Omega) = 500 \text{ V}$$

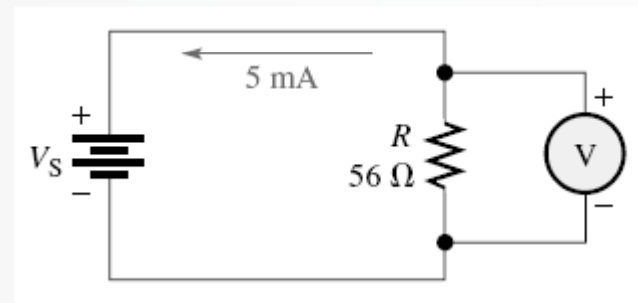
따라서, 100Ω 의 저항을 통해 5 A의 전류가 흐르려면, 500 V의 전압이 필요하게 된다.



예제 3-10

그림 3-10에서 저항 양단에서 측정되는 전압은 얼마인가?

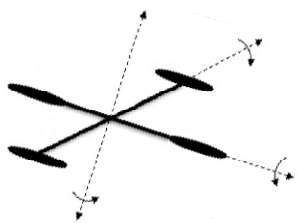
그림 3-10



해 5 mA는 5×10^{-3} A이다. 공식 $V = IR$ 에 I 와 R 의 값인 5 mA와 56Ω 을 대입한다.

$$V_R = IR = (5 \text{ mA})(56 \Omega) = (5 \times 10^{-3} \text{ A})(56 \Omega) = 280 \text{ mV}$$

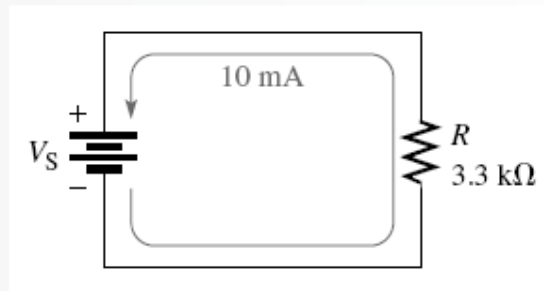
옴과 밀리암페어의 전류가 곱해지면, 밀리볼트 단위의 전압이 된다.



예제 3-11

그림 3-11의 회로에서 전류는 10 mA를 갖는다면, 전원전압은 얼마인가?

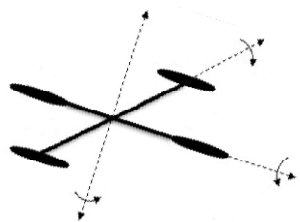
그림 3-11



해 10 mA는 $10 \times 10^{-3} \text{ A}$ 이고, $3.3 \text{ k}\Omega$ 은 $3.3 \times 10^3 \Omega$ 이다. 공식 $V = IR$ 에 I 와 R 의 값을 대입한다.

$$V_S = IR = (10 \text{ mA})(3.3 \text{ k}\Omega) = (10 \times 10^{-3} \text{ A})(3.3 \times 10^3 \Omega) = 33 \text{ V}$$

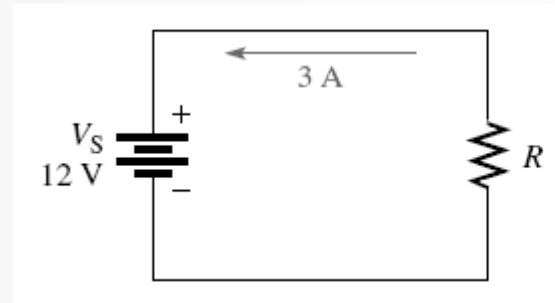
킬로옴과 밀리암페어의 전류가 곱해지면, 볼트 단위의 전압이 된다.



예제 3-12

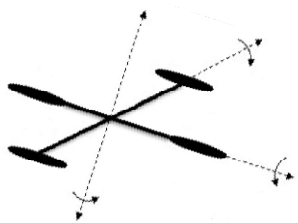
그림 3-12에서 전지로부터 3 A의 전류가 흐르게 하려면 얼마의 저항이 필요한가?

그림 3-12



해 공식 $R = V/I$ 를 사용하고, V 에 12 V를, I 에 3 A를 각각 대입한다.

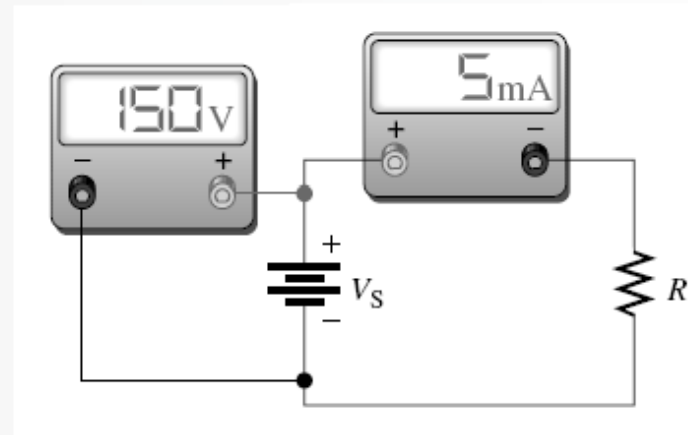
$$R = \frac{V_S}{I} = \frac{12 \text{ V}}{3 \text{ A}} = 4 \Omega$$



예제 3-13

그림 3-13의 전류계에는 5 mA가 지시되고 있고, 전압계는 150 V를 지시하고 있다. 저항 값은 얼마인가?

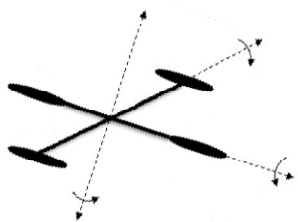
그림 3-13



해 5 mA는 5×10^{-3} A이다. 공식 $R = V/I$ 에 V 와 I 의 값을 각각 대입한다.

$$R = \frac{V_S}{I} = \frac{150 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = \frac{150 \text{ V}}{5 \times 10^{-3} \text{ A}} = 30 \times 10^3 \Omega = 30 \text{ k}\Omega$$

볼트가 밀리암페어의 전류로 나누어지면, 저항은 킬로옴의 단위를 갖는다.



3.3 에너지와 전력

에너지(energy)는 일을 할 수 있는 능력이고, 전력(power)은 사용된 에너지의 비율이다.

1 와트(watt : W)는 1 J의 에너지를 1초에 사용한 전력량을 뜻한다.

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

P = 전력(W)

W = 에너지(J)

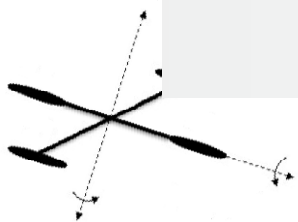
t = 시간(s)

예제 3-14

100 J의 에너지가 5초 동안에 사용되었다. 전력은 몇 와트인가?

해

$$p = \frac{\text{에너지}}{\text{시간}} = \frac{W}{t} = \frac{100 \text{ J}}{5 \text{ s}} = 200 \text{ W}$$



에너지 단위인 킬로와트-시간(kWh) $W = Pt$

예제 3-16

다음 각각의 에너지의 소비에 대해 킬로와트-시간(kWh)으로 나타내시오.

(a) 1시간 동안 1400 W (b) 2시간 동안 2500 W (c) 5시간 동안 100,000 W

해 (a) 1400 W = 1.4 kW

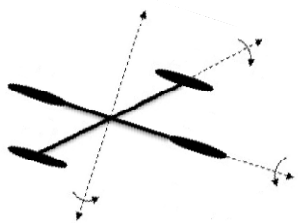
$$W = Pt = (1.4 \text{ kW})(1 \text{ h}) = \mathbf{1.4 \text{ kWh}}$$

(b) 2500 W = 2.5 kW

$$\text{에너지} = (2.5 \text{ kW})(2 \text{ h}) = \mathbf{5 \text{ kWh}}$$

(c) 100,000 W = 100 kW

$$\text{에너지} = (100 \text{ kW})(5 \text{ h}) = \mathbf{500 \text{ kWh}}$$



3.4 전기회로에서의 전력

$$P = I^2 R$$

$P =$ 전력(W)

$R =$ 저항(Ω)

$I =$ 전류(A)

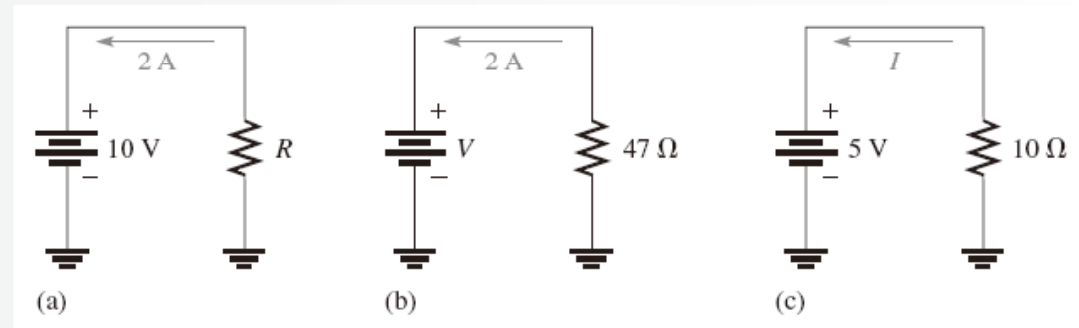
$$P = I^2 R$$

$$P = VI$$

예제 3-18

그림 3-15의 3가지 회로에 대해 전력을 계산하시오.

그림 3-15



해 회로 (a)에서는 V 와 I 가 나타나 있다. 그러므로 전력을 구해 보면 다음과 같다.

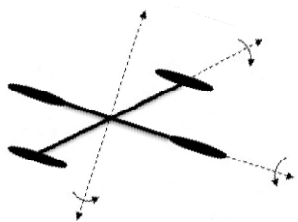
$$P = VI = (10 \text{ V})(2 \text{ A}) = 20 \text{ W}$$

회로 (b)에서는 I 와 R 이 나타나 있다. 그러므로 전력을 구해 보면 다음과 같다.

$$P = I^2 R = (2 \text{ A})^2 (47 \Omega) = 188 \text{ W}$$

회로 (c)에서는 V 와 R 이 나타나 있다. 그러므로 전력을 구해 보면 다음과 같다.

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(5 \text{ V})^2}{10 \Omega} = 2.5 \text{ W}$$



예제 3-19

100 W 전구가 120 V에서 동작한다. 얼마만큼의 전류가 필요한가?

해 공식 $P = VI$ 를 사용하고, 방정식의 왼쪽에서 I 를 얻기 위해 양변의 위치를 바꾸고 정리한다.

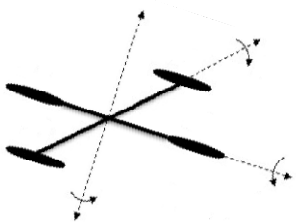
$$VI = P$$

이를 I 에 대해 다시 정리하면 다음과 같다.

$$I = \frac{P}{V}$$

P 대신에 100 W를, V 대신에 120 V를 대입하여 I 를 계산한다.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 0.833 \text{ A} = \mathbf{833 \text{ mA}}$$



3.5 저항의 정격전력

정격전력(power rating)은 저항이 과열에 의해 손상이 없이 소비하는 최대의 전력량

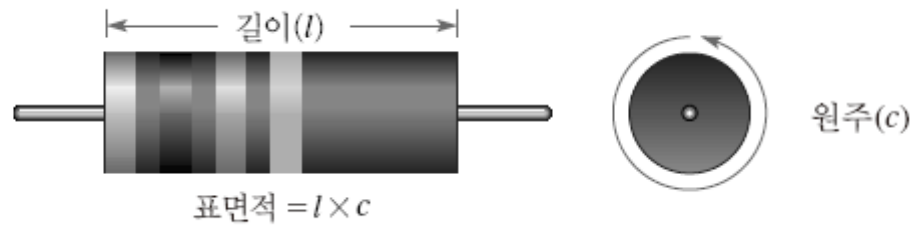
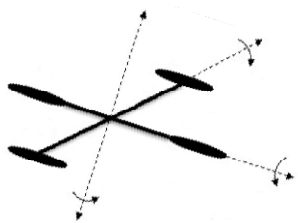


그림 3-16

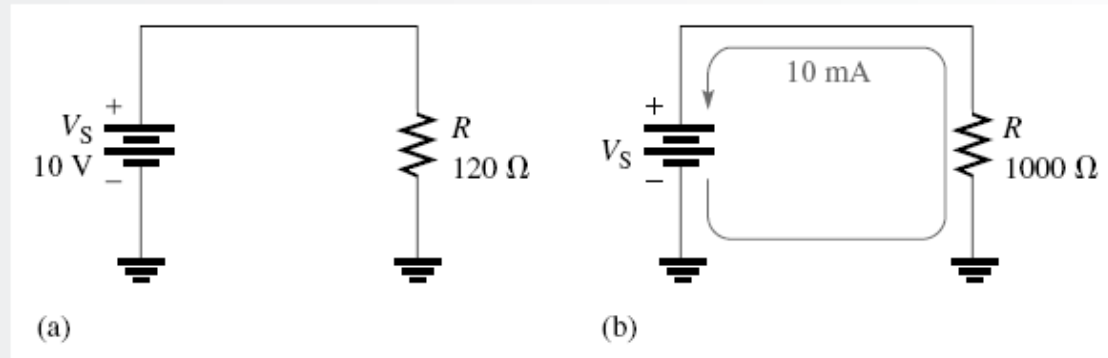
저항의 정격전력은 그 표면적과 직접적인 관련이 있다



예제 3-20

그림 3-19에 표현되어 있는 각각의 금속피막 저항들의 적절한 정격전력(1/8 W, 1/4 W, 1/2 W 또는 1 W)을 선택하시오.

그림 3-19



해 그림 3-19(a)의 회로에서 실제 전력은

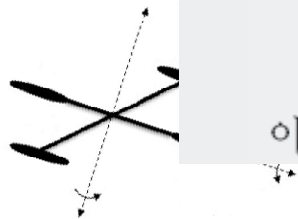
$$P = \frac{V_S^2}{R} = \frac{(10 \text{ V})^2}{120 \Omega} = \frac{100 \text{ V}^2}{120 \Omega} = 0.833 \text{ W}$$

이므로, 실제 전력의 소비보다 높은 정격전력의 저항을 선택하여야 한다. 여기서는 **1 W**의 저항을 선택한다.

그림 3-19(b)의 회로에서 실제 전력은

$$P = I^2 R = (10 \text{ mA})^2 (1000 \Omega) = 0.1 \text{ W}$$

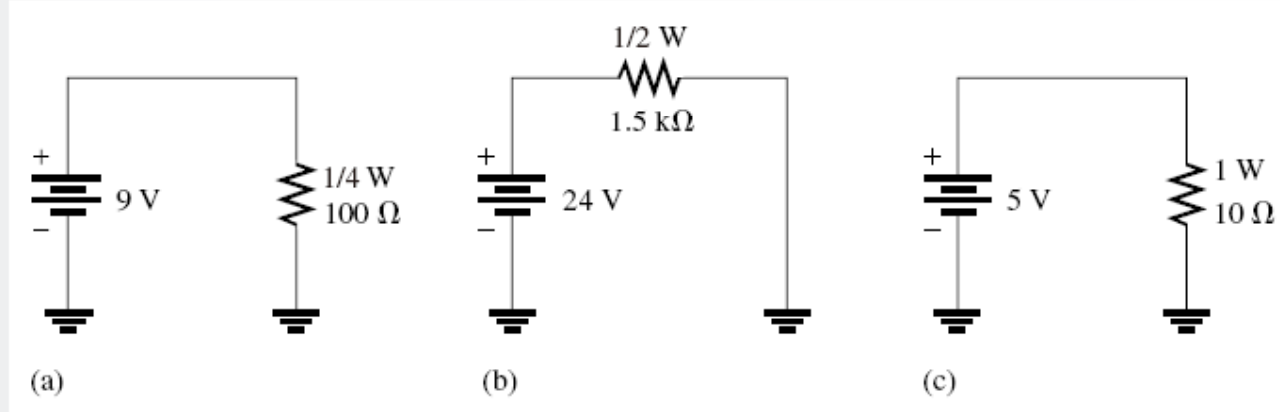
이므로, **1/8 W (0.125 W)**의 저항을 선택한다.



예제 3-21

그림 3-20의 각 회로에서의 저항이 과열로 인해 손상을 입을 것인지 아닌지를 결정하시오.

그림 3-20



해 그림 3-20(a)의 회로에서의 전력은 다음과 같다.

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(9 \text{ V})^2}{100 \Omega} = 0.81 \text{ W} = 810 \text{ mW}$$

정격이 1/4 W(0.25 W)인 저항은 이 전력을 다루기에는 충분하지 않다. 저항은 과열되거나, 타버려서 개방이 될 것이다.

그림 3-20(b)의 회로에서의 전력은 다음과 같다.

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(24 \text{ V})^2}{1.5 \text{ k}\Omega} = 0.384 \text{ W} = 384 \text{ mW}$$

정격이 1/2 W(0.5 W)인 저항은 이 전력을 다루기에 충분하다.

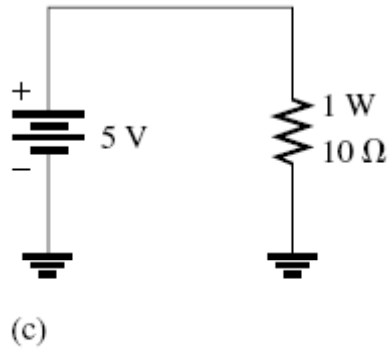
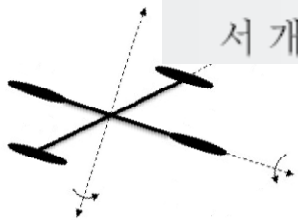


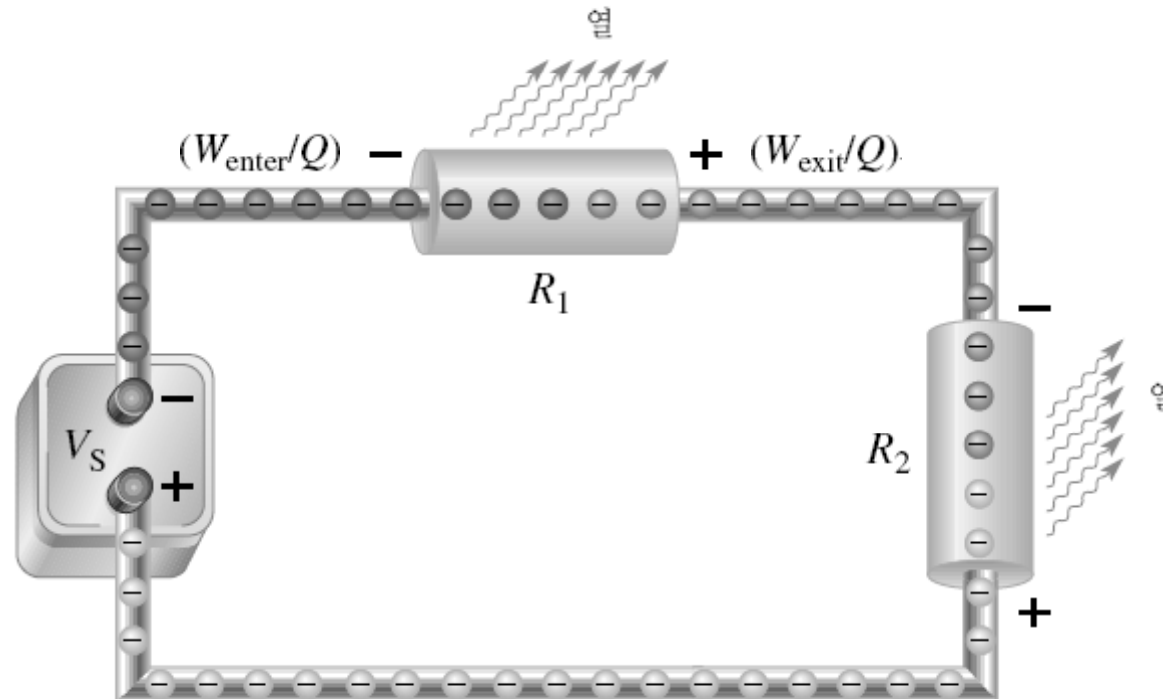
그림 3-20(c)의 회로에서의 전력은 다음과 같다.

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(5\text{ V})^2}{10\ \Omega} = 2.5\text{ W}$$

정격이 1 W인 저항은 이 전력을 다루기에는 충분하지 않다. 저항은 과열되거나, 타버려서 개방이 될 것이다.

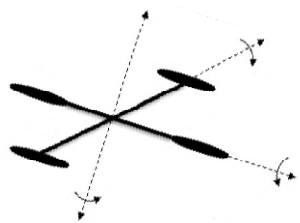


3.6 에너지의 변환과 저항에서의 전압강하



- 상대적으로 큰 에너지
- 상대적으로 작은 에너지
- 상대적으로 가장 작은 에너지

에너지 손실에 의한 전압의 감소를 **전압 강하(voltage drop)**



3.7 전원 공급기 암페어-시간 정격(ampere-hour rating)

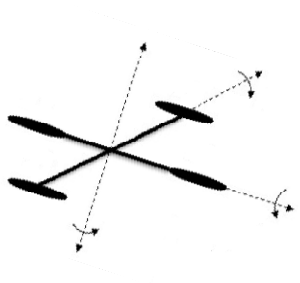
70 Ah의 정격을 갖는 전지로 2 A의 전류를 몇 시간 동안 공급할 수 있는가?

해 암페어-시간 정격은 전류와 시간(x)의 곱이다.

$$70 \text{ Ah} = (2 \text{ A})(x \text{ h})$$

x 에 대해 풀면 다음과 같다.

$$x = \frac{70 \text{ Ah}}{2 \text{ A}} = 35 \text{ h}$$



전원 공급기의 효율 $\text{효율} = \frac{P_{\text{OUT}}}{P_{\text{IN}}}$

예제 3-23

입력전력이 25 W를 요구하는 전자 전원 공급기가 있다. 이 전원 공급기는 20 W의 출력 전력을 낼 수 있다. 이 전원 공급기의 효율과 전력의 손실을 구하시오.

해 효율은 식 (3-8)에 의해 다음과 같고,

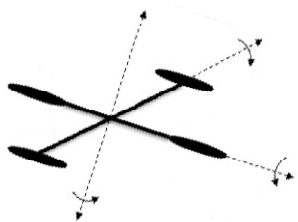
$$\text{효율} = \frac{P_{\text{OUT}}}{P_{\text{IN}}} = \left(\frac{20 \text{ W}}{25 \text{ W}} \right) = \mathbf{0.8}$$

이를 백분율로 표시하면 다음과 같다.

$$\text{효율} = \frac{20 \text{ W}}{25 \text{ W}} = \mathbf{80\%}$$

전력 손실은 식 (3-9)에 의해 구하면 다음 값을 갖는다.

$$P_{\text{LOSS}} = P_{\text{IN}} - P_{\text{OUT}} = 25 \text{ W} - 20 \text{ W} = \mathbf{5 \text{ W}}$$

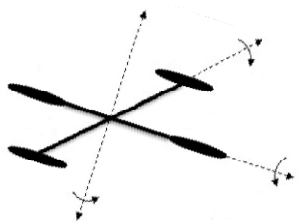


3.8 고장진단의 도입

분석

회로의 고장진단에서 첫 번째 단계는 고장의 증상이나 원인을 분석(analysis)하는 것이다. 분석과정은 어떤 문제에 대한 답을 예측함으로써 시작될 수 있다.

1. 회로가 동작한 적이 있는가?
2. 만약 회로가 한 번 동작되었다면, 어떤 조건에서 오류가 발생했는가?
3. 고장의 증상은 무엇인가?
4. 예측할 수 있는 고장의 원인은 무엇인가?



전압, 전류, 그리고 저항의 측정 비교

회로의 전압, 전류, 또는 저항을 측정하는 방법을 2-7절에서 학습하였다. 전압을 측정하기 위해, 소자의 양단에 병렬로 전압계(voltmeter)를 배치한다. 즉, 소자의 각 양단에 전압계의 리드 선을 연결한다. 이렇게 전압을 측정하는 방법은 세 가지 측정방법 중에 가장 간단한 방법이다.

저항을 측정하기 위해, 소자에 저항계(ohmmeter)를 연결한다. 이 경우 먼저 전압이 차단되어져야 한다. 또한, 어떤 경우에는 소자를 회로로부터 분리하여 저항을 측정하여야 한다. 따라서 저항을 측정하는 것은 일반적으로 전압을 측정하는 것보다 더 어렵다.

전류를 측정하기 위해, 전류계(ammeter)를 소자와 직렬로 배치한다. 즉, 전류계는 전류가 흐르는 선에 하나의 소자처럼 연결되어져야 한다. 이렇게 전류계를 연결하기 위해서는, 전류계를 연결하기 전에 회로에서 부품의 리드선 또는 연결선을 분리하여야 한다. 이러한 방법으로 전류를 측정하여야 하기 때문에, 전류 측정은 가장 어려운 방법 중의 하나가 된다.

