

**이 장의 차례**

- 3-1 옴의 법칙
- 3-2 옴의 법칙의 응용
- 3-3 에너지와 전력
- 3-4 전기회로에서의 전력
- 3-5 저항의 전력 정격
- 3-6 저항에서의 에너지 변환과 전압강하
- 3-7 전원장치 및 전지
- 3-8 고장진단의 기초  
응용과제

**이 장의 목적**

- 옴의 법칙을 설명한다.
- 전압, 전류, 혹은 저항을 결정하기 위해 옴의 법칙을 이용한다.
- 에너지와 전력을 정의한다.
- 회로에서의 전력을 계산한다.
- 전력 고려에 근거하여 저항을 적절하게 선택한다.
- 에너지 변환과 전압강하를 설명한다.
- 전원장치와 전지의 특성을 논의한다.
- 고장진단의 기본적인 접근법을 기술한다.

**핵심용어**

- 옴의 법칙
- 선형
- 에너지
- 전력
- 줄(J)
- 와트(W)
- 킬로와트-시간(kWh)
- 와트의 법칙
- 전력 정격
- 전압강하
- 전원장치
- 효율
- Ah 정격
- 고장진단
- 반분할법

**응용과제 미리보기**

부품을 명시하고 새로운 저항 대체 박스를 구현하는 업무가 할당되었다. 이 박스는 벤치 기술자가 5 V까지의 입력을 갖는 회로용으로 한 그룹의 표준 저항기에서 선택할 수 있도록 설계된다. 부품을 명시하고 프로젝트의 비용을 계산한 후, 회로도를 그리고 테스트 절차를 개발한다. 과제를 완성하기 위해 다음을 수행한다.

1. 저항기의 전력 정격을 결정한다.
2. 부품 목록을 개발하고 프로젝트의 전체 비용을 추정한다.
3. 저항 박스에 대한 회로도를 그린다.
4. 테스트 절차를 개발한다.
5. 회로를 고장 진단한다.

이 장을 공부한 후에는 이 장의 뒤에 있는 응용과제를 해결할 수 있어야 한다.

**길잡이 웹사이트 방문**

이 장을 위한 학습보조자료(Multisim<sup>®</sup> Circuit File, 추가정보 및 문제는 [http://wps.prenhall.com/chet\\_floyd\\_electfun\\_8/](http://wps.prenhall.com/chet_floyd_electfun_8/)에서 이용 가능하다.

**서론**

Georg Simon Ohm(1787~1854)은 전압, 전류 및 저항 모두가 특정한 방법으로 관련이 있다는 것을 실험적으로 발견하였다. 옴의 법칙으로 알려진 이 기본 관계는 전기와 전자 분야에서 가장 기본적인 중요한 법칙 중의 하나이다. 이 장에서는 옴의 법칙이 고찰되고, 실제 회로 응용에서 이의 사용이 여러 가지 예를 통해 논의되고 입증된다.

옴의 법칙 외에도 전기회로의 에너지와 전력의 개념과 정의가 소개되고, 와트의 법칙인 전력 공식이 주어진다. 또한 분석(analysis), 계획(planning) 및 측정(measurement)으로 이루어지는 APM 방법을 이용한 일반적인 고장진단 접근법이 소개된다.

## 3-1 | 옴의 법칙



옴의 법칙은 회로 내에서 전압, 전류 및 저항이 어떤 관계를 갖는지 수학적으로 설명한다. 옴의 법칙은 세 개의 등가 형식으로 표현할 수 있다. 사용하는 공식은 결정을 필요로 하는 양에 달려 있다.

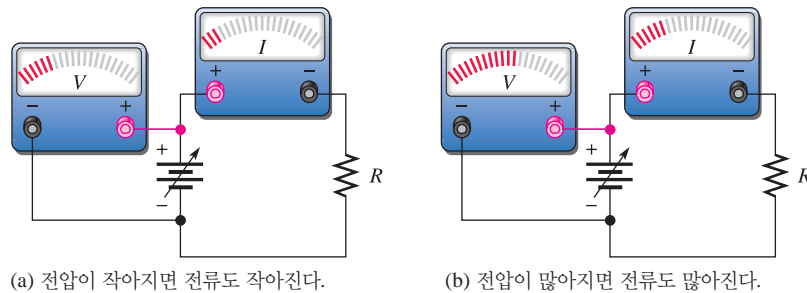
이 절을 마친 후 다음을 할 수 있을 것이다.

◆ 옴의 법칙을 설명한다.

- ◆ 전압( $V$ ), 전류( $I$ ) 및 저항( $R$ )이 어떤 관계가 있는지 기술한다.
- ◆  $I$ 를  $V$ 와  $R$ 의 함수로서 표현한다.
- ◆  $V$ 를  $I$ 와  $R$ 의 함수로서 표현한다.
- ◆  $R$ 을  $V$ 와  $I$ 의 함수로서 표현한다.

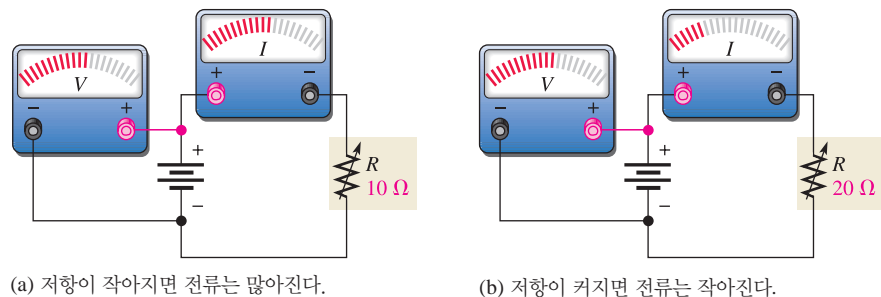
옴(Ohm)은 저항 양단의 전압이 증가하면 저항에 흐르는 전류가 증가할 것이고, 마찬가지로 전압이 감소하면 전류는 감소할 것이라는 것을 실험적으로 확인하였다. 예를 들어 전압이 두 배가 되면 전류도 두 배가 될 것이다. 전압이 반으로 감소하면 전류도 반으로 감소할 것이다. 이러한 관계는 전압과 전류의 상대적인 전류계 표시에 의해 그림 3-1에서 설명하고 있다.

그림 3-1 일정한 저항에서 전압이 변할 때 전류의 영향



옴은 전압이 일정하게 유지되면, 저항이 작을수록 전류는 많아지고, 저항이 많아질수록 전류는 작아진다는 것을 또한 확인하였다. 예를 들어 저항이 반으로 되면 전류는 두 배가 된다. 저항이 두 배가 되면 전류는 반으로 된다. 이 개념은 그림 3-2에서 설명하고 있다. 여기서 저항은 증가되고 전압은 일정하게 유지된다.

그림 3-2 일정한 전압에서 저항이 변할 때 전류의 영향



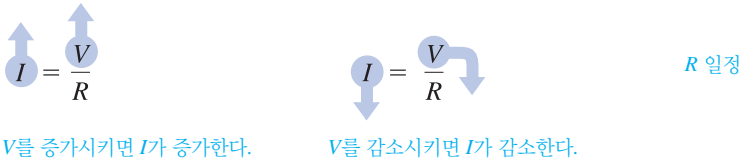
이 아이콘은 이 절에 있는 주제에 대한 추가정보를 위해 선택한 웹사이트를 표시한다. 이 책과 더불어 제공된 길잡이 웹사이트를 보아라.

옴의 법칙에 의하면 전류는 전압에 직접적으로 비례하고 저항에는 반비례한다.

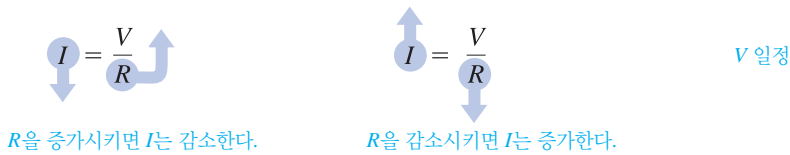
$$I = \frac{V}{R} \tag{3-1}$$

여기서  $I$ 는 전류(A로)이고,  $V$ 는 전압(V로)이며,  $R$ 은 저항( $\Omega$ 으로)이다. 이 공식은 그림 3-1과 3-2의 회로 동작에 의해 설명된 관계를 기술한다.

일정한 저항의 경우, 회로에 인가된 전압이 증가되면 전류가 증가할 것이고, 전압이 감소되면 전류가 감소할 것이다.



일정한 전압의 경우, 회로의 저항이 증가되면 전류는 감소할 것이고, 저항이 감소되면 전류는 증가할 것이다.



예제 3-1

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

풀이

$V = 5 \text{ V}$ 의 경우,

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

$V = 20 \text{ V}$ 의 경우,

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

관련문제

저항이 5  $\Omega$ 에서 20  $\Omega$ 으로 증가되고 전압은 10 V로 일정할 때 전류가 감소하는 것을 보여라.

\*해답은 이 장의 끝에 있다.

옴의 법칙은 또한 또 다른 형태로 표현될 수 있다. 수식 3-1 양변에  $R$ 을 곱하고 이항하면 다음과 같은 등가 형태의 옴의 법칙을 얻는다.

$$V = IR \quad (3-2)$$

이 공식으로, 만약 전류(A로)와 저항( $\Omega$ 으로)을 알고 있으면 전압(V로)을 계산할 수 있다.

### 예제 3-2

수식 3-2의 옴의 법칙을 이용하여 전류가 2 A일 때 100  $\Omega$  저항 양단의 전압을 계산하여라.

**풀이**

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

**관련문제**

전류가 1 mA일 때 1.0 k $\Omega$  저항 양단의 전압을 구하여라.

옴의 법칙을 표현하는 세 번째 등가 방법이 있다. 수식 3-2의 양변을  $I$ 로 나누고 이항하면 다음과 같은 공식을 얻는다.

$$R = \frac{V}{I} \quad (3-3)$$

옴의 법칙 공식의 이러한 표현은 전압(V로)과 전류(A로)의 값을 알고 있을 경우 저항( $\Omega$ 으로)을 구하기 위해 사용된다.

수식 3-1, 3-2, 그리고 3-3은 모두 등가라는 것을 기억하라. 이는 단지 옴의 법칙을 표현하는 세 가지 방법일 뿐이다.

### 예제 3-3

수식 3-3의 옴의 법칙을 이용하여 자동차 뒷유리 서리제거기 그리드(grid)의 저항을 계산하여라. 이것이 12.6 V에 연결될 때, 15.0 A의 전류가 전지로부터 흘러나온다. 이 서리제거기 그리드의 저항은 얼마인가?

**풀이**

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12.6 \text{ V}}{15.0 \text{ A}} = 840 \text{ m}\Omega$$

**관련문제**

만약 그리드 선 가운데 하나가 개방되면, 전류는 13.0 A로 떨어진다. 새로운 저항은 얼마인가?

## 전류와 전압의 선형 관계

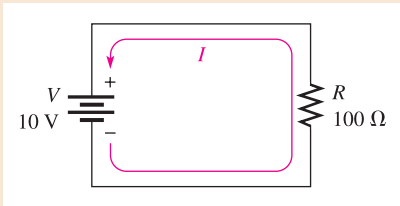
저항성 회로에서 전류와 전압은 선형적으로 비례한다. **선형(linear)**은 저항이 일정한 값을 갖고 있다고 가정할 경우, 만약 하나의 값이 일정한 백분율로 증가되거나 혹은 감소되면 나

머지 다른 값이 같은 백분율로 증가하거나 혹은 감소할 것이라는 것을 의미한다. 예를 들어 저항 양단의 전압이 세 배가 되면 전류는 세 배가 될 것이다. 만약 전압이 반으로 줄면, 전류는 반으로 감소할 것이다.

예제 3-4

그림 3-3의 회로에서 전압이 현재 값의 세 배로 증가되면, 전류의 값이 세 배가 되는 것을 보여라.

그림 3-3



풀이

10 V 전압의 경우, 전류는

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10 \text{ V}}{100 \Omega} = 0.1 \text{ A}$$

이다. 만약 전압이 30 V로 증가하면, 전류는 다음과 같다.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{30 \text{ V}}{100 \Omega} = 0.3 \text{ A}$$

전압이 30 V로 세 배가 될 때 전류는 0.1 A에서 0.3 A가 된다.

관련문제

그림 3-3에의 전압이 네 배가 되면 전류도 네 배가 될까?

일정한 저항값, 예를 들어 10 Ω을 취하고, 그림 3-4(a)의 회로에서 전압이 10 V에서 100 V 까지 분포하는 여러 가지 전압값에 대해 전류를 계산하라. 계산 결과가 그림 3-4(b)에 나타나

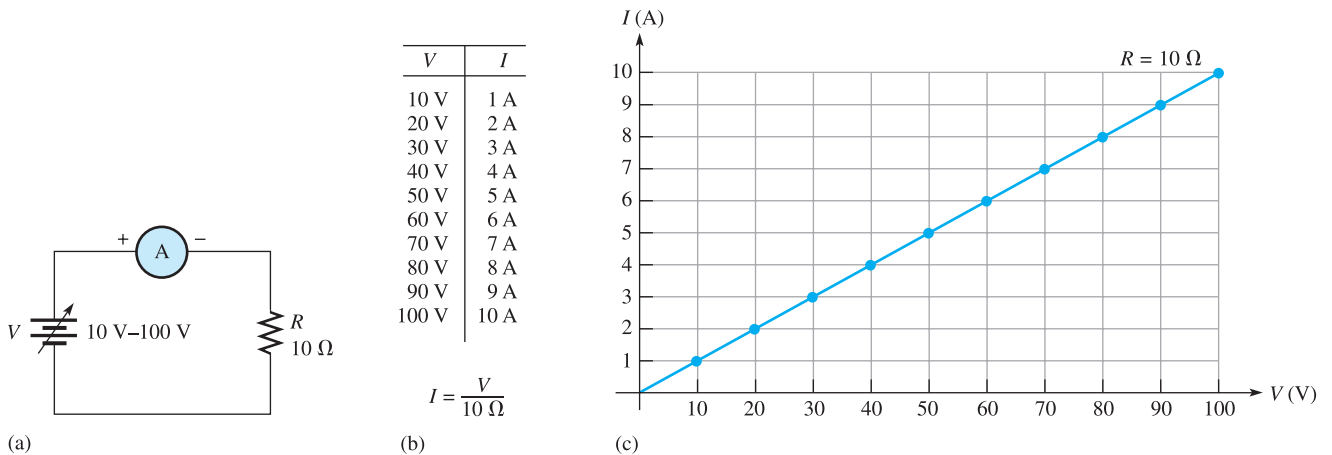


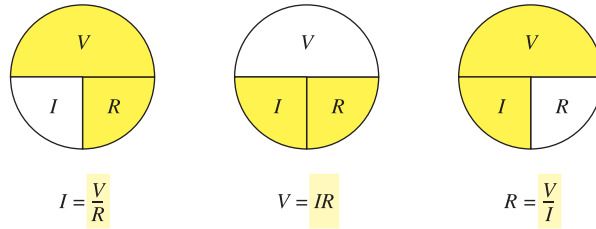
그림 3-4 그림 (a)의 회로에 대한 전류 대 전압의 그래프

있다.  $I$  값 대  $V$  값의 그래프가 그림 3-4(c)에 나타나 있다. 이는 직선 그래프임을 주목하라. 이 그래프는 전압의 변화가 선형적으로 비례하는 전류의 변화를 초래하는 것을 보여준다. 저항이 일정하다고 가정할 경우,  $R$ 의 값에 상관없이  $I$  대  $V$ 의 그래프는 항상 직선이 된다.

**옴의 법칙의 그래픽 보조**

옴의 법칙을 적용하는데 도움이 되는 그래픽 보조를 그림 3-5에서 찾을 수 있다. 이것은 공식을 기억하기 위한 하나의 방법이다.

**그림 3-5** 옴의 법칙 공식을 위한 그래픽 보조



**3-1절 복습**

해답은 이 장의 끝에 있다.

1. 옴의 법칙을 간단히 기술하여라.
2. 전류를 계산하기 위한 옴의 법칙 공식을 써라.
3. 전압을 계산하기 위한 옴의 법칙 공식을 써라.
4. 저항을 계산하기 위한 옴의 법칙 공식을 써라.
5. 만약 저항 양단의 전압이 세 배가 되면, 전류는 증가하는가? 혹은 감소하는가? 얼마만큼?
6. 가변저항기 양단에 고정된 전압이 있고, 10 mA의 전류를 측정한다. 만약 저항을 두 배로 하면, 얼마만큼의 전류를 측정할 수 있나?
7. 선형회로에서 전압과 저항이 모두 두 배가 되면 전류는 어떻게 될까?

**3-2 | 옴의 법칙의 응용**

이 절은 옴의 법칙을 이용하여 전기회로에서 전압, 전류 및 저항을 계산하기 위한 응용 예를 제공한다. 또한 회로 계산에서 미터법 접두어로 표현된 양을 어떻게 사용하는지 알게 될 것이다.

이 절을 마친 후 다음을 할 수 있을 것이다.

- ◆ **전압, 전류, 혹은 저항을 구하기 위해 옴의 법칙을 이용한다.**
  - ◆ 전압과 저항을 알고 있을 때, 전류를 구하기 위해 옴의 법칙을 이용한다.
  - ◆ 전류와 저항을 알고 있을 때, 전압을 구하기 위해 옴의 법칙을 이용한다.
  - ◆ 전압과 전류를 알고 있을 때, 저항을 구하기 위해 옴의 법칙을 이용한다.
  - ◆ 미터법 접두어로 양을 사용한다.

### 전류 계산

다음 예제에서 전압과 저항의 값을 알고 있을 때 전류값을 구하는 것을 배우게 될 것이다. 이 문제에서 공식  $I = V/R$ 이 사용된다. 전류를 암페어로 얻기 위하여  $V$ 의 값은 볼트로,  $R$ 의 값은 옴으로 표현해야 한다.

#### 예제 3-5

표시기 전등은 전류를 제한하기 위해  $330\ \Omega$  저항을 요구한다. 전류 제한 저항기 양단에 걸리는 전압은  $3\ \text{V}$ 이다. 저항기의 전류는 얼마인가?

#### 풀이

$$I = \frac{V}{R} = \frac{3.0\ \text{V}}{330\ \Omega} = 9.09\ \text{mA}$$

#### 관련문제

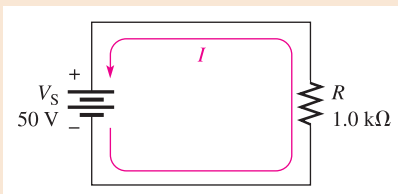
만약  $270\ \Omega$ 이 대신 사용되고  $3.0\ \text{V}$ 가 여전히 저항기 양단에 걸리면 전류는 어떻게 변할까?

전자공학에서 수천 혹은 수백만 옴의 저항값은 흔하다. 큰 값을 표시하기 위해 미터법 접두어 킬로(kilo, k)와 메가(수, M)가 사용된다. 따라서 수천 옴은 수 킬로옴(kilohms,  $\text{k}\Omega$ )으로 표현하고, 수백만 옴은 수 메가옴(megohms,  $\text{M}\Omega$ )으로 표현된다. 다음 예제는 전류를 계산하기 위해 옴의 법칙을 이용할 때 킬로옴과 메가옴을 어떻게 이용하는지 설명하고 있다.

#### 예제 3-6

그림 3-6의 회로에서 전류를 밀리암페어로 계산하여라.

그림 3-6



#### 풀이

$1.0\ \text{k}\Omega$ 은  $1.0 \times 10^3\ \Omega$ 과 같다는 것을 기억하라. 공식  $I = V/R$ 을 이용하고  $V$ 에는  $50\ \text{V}$ , 그리고  $R$ 에는  $1.0 \times 10^3\ \Omega$ 을 대입하라.

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

#### 관련문제



만약 그림 3-6에서 저항이  $10\ \text{k}\Omega$ 으로 증가되면, 전류는 얼마인가?

Multisim 파일 E03-06을 열어라. 멀티미터를 회로에 연결하고 이 예제에서 계산되는 전류의 값을 확인하여라.

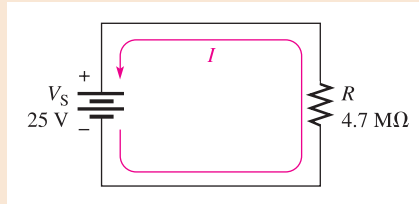
예제 3-6에서 전류는 50 mA로 나타나 있다. 따라서 볼트(V)가 킬로옴(kΩ)으로 나누어질 때, 전류는 밀리암페어(mA)로 나타내진다.

볼트(V)가 메가옴(MΩ)으로 나누어질 때, 전류는 예제 3-7에서와 같이 마이크로암페어(μA)로 나타내진다.

### 예제 3-7

그림 3-7의 회로에서 전류의 양을 마이크로암페어로 구하여라.

그림 3-7

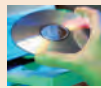


#### 풀이

4.7 MΩ은  $4.7 \times 10^6 \Omega$ 과 같다는 것을 기억하라. 공식  $I = V/R$ 을 이용하고  $V$ 에는 25 V 그리고  $R$ 에는  $4.7 \times 10^6 \Omega$ 을 대입하라.

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

#### 관련문제



만약 그림 3-7에서 저항이 1.0 MΩ으로 감소되면, 전류는 얼마인가?

Multisim 파일 E03-07을 열어라. 멀티미터를 회로에 연결하고 이 예제에서 계산되는 전류의 값을 확인하여라.

전자회로에서 보통 50 V보다 작은 전압이 사용된다. 그러나 경우에 따라서는 큰 전압을 만나게 된다. 예를 들어 TV 수신기의 고전압 전원장치는 약 20,000 V(20 kV)이다. 전력회사에 의해 전송되는 송전 전압은 345,000 V(345 kV) 만큼이나 높다.

### 예제 3-8

50 kV가 100 MΩ 저항 양단에 인가될 때 이 저항을 통해 흐르는 전류는 몇 마이크로암페어인가?

#### 풀이

전류를 얻기 위하여 50 kV를 100 MΩ으로 나누어라. 전류를 구하는 공식에서 50 kV에는  $50 \times 10^3 \text{ V}$ , 100 MΩ에는  $100 \times 10^6 \Omega$ 을 대입하라.  $V_R$ 은 저항 양단에 걸리는 전압이다.

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

#### 관련문제

2 kV가 인가될 때 10 MΩ을 통해 흐르는 전류는 얼마인가?



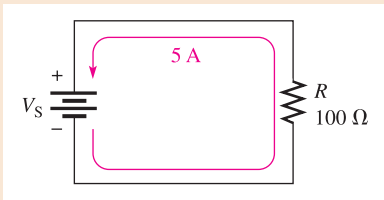
**전압 계산**

다음 예에서 전류와 저항을 알고 있을 때, 공식  $V = IR$ 을 이용하여 전압을 어떻게 구하는지 배울 것이다. 전압을 볼트로 얻기 위해서  $I$ 의 값을 암페어로, 그리고  $R$ 의 값을 옴으로 표현해야 한다.

**예제 3-9**

그림 3-8의 회로에서 5 A의 전류를 발생하기 위해서 얼마의 전압이 필요하게 되는가?

그림 3-8



**풀이**

$I$ 에는 5 A를, 그리고  $R$ 에는  $100 \Omega$ 을 공식  $V = IR$ 에 대입하라.

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

따라서,  $100 \Omega$  저항을 통해 5 A의 전류를 발생시키기 위해 500 V가 요구된다.

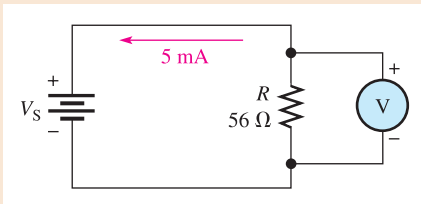
**관련문제**

그림 3-8의 회로에서 8 A의 전류를 발생시키기 위해 얼마의 전압이 요구되나?

**예제 3-10**

그림 3-9에서 저항 양단에 얼마의 전압이 측정되는가?

그림 3-9



**풀이**

5 mA는  $5 \times 10^{-3}$  A와 같음에 주목하라.  $I$ 와  $R$ 의 값을 공식  $V = IR$ 에 대입하라.

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

밀리암페어가 옴에 의해 곱해질 때, 그 결과는 밀리볼트이다.

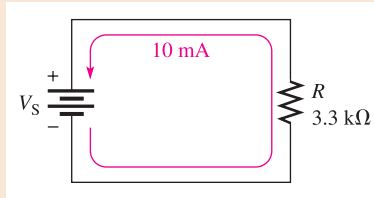
**관련문제**

그림 3-9의 저항을  $22 \Omega$ 으로 바꾸고 10 mA를 발생하기 위해 요구되는 전압을 구하라.

## 예제 3-11

그림 3-10의 회로는 10 mA를 가지고 있다. 전압원의 전압은 얼마인가?

그림 3-10



## 풀이

10 mA는  $10 \times 10^{-3}$  A와 같고 3.3 kΩ은  $3.3 \times 10^3$  Ω과 같음에 주목하라. 이 값들을 공식  $V = IR$ 에 대입하라.

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

밀리암페어와 킬로암페어가 곱해질 때, 그 결과는 볼트이다.

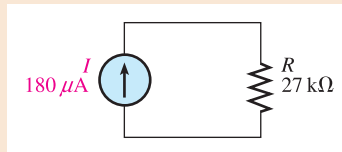
## 관련문제

만약 전류가 5 mA이면, 그림 3-10에서 전압은 얼마인가?

## 예제 3-12

작은 태양전지가 27 kΩ 저항에 연결되어 있다. 밝은 태양빛에서 태양전지는 그림 3-11에 보이는 것처럼 180 μA를 저항기에 공급할 수 있는 전류원처럼 보인다. 저항기 양단의 전압은 얼마인가?

그림 3-11



## 풀이

$$V_R = IR = (180 \text{ }\mu\text{A})(27 \text{ k}\Omega) = 4.86 \text{ V}$$

## 관련문제



흐린 조건에서 만약 전류가 40 μA로 떨어질 때 전압은 얼마나 변하는가?

Multisim 파일 E03-12를 열어라. 볼트미터를 저항기 양단에 연결하고 이 예제에서 계산되는 전압을 확인하여라.

## 저항 계산

다음 예제에서 전압과 전류를 알고 있을 때, 공식  $R = V/I$ 을 이용하여 저항값을 어떻게 구하는지 배울 것이다. 저항을 옴으로 구하기 위해  $V$ 의 값은 볼트로, 그리고  $I$ 의 값은 암페어로 표현해야 한다.

예제 3-13

자동차 전구가 2 A를 13.2 V 전지로부터 받는다. 전구의 저항은 얼마인가?

풀이

$$R = \frac{V}{I} = \frac{13.2 \text{ V}}{2.0 \text{ A}} = 6.6 \Omega$$

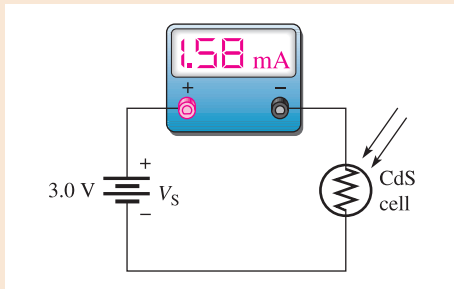
관련문제

6.6 V에서 동작될 때, 같은 전구가 1.1 A의 전류를 갖는다. 이 경우 전구의 저항은 무엇인가?

예제 3-14

카드늄 황화물 셀(CdS cell)은 빛이 이것을 비출 때 저항을 변화시키는 감광성(photo-sensitive) 저항이다. 해질 무렵에 전등을 켜는 것과 같은 응용에 사용된다. 이 셀이 그림 3-12에 나타난 장비와 함께 능동회로에 있을 때 암미터로부터 간접적으로 저항을 측정할 수 있다. 표시된 측정 전류값은 얼마의 저항을 의미하나?

그림 3-12



풀이

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3.0 \text{ V}}{1.58 \text{ mA}} = 1.90 \text{ k}\Omega$$

관련문제

어두울 때, 전류가 76  $\mu\text{A}$ 로 떨어진다. 이것은 얼마의 저항을 의미하나?

3-2절 복습

1.  $V = 10 \text{ V}$ 이고,  $R = 4.7 \Omega$ 이다.  $I$ 를 구하여라.
2.  $4.7 \text{ M}\Omega$  저항이 양단에  $20 \text{ kV}$ 의 전압을 갖는다면, 전류는 얼마인가?
3.  $2 \text{ k}\Omega$  저항 양단의  $10 \text{ kV}$  전압은 얼마의 전류를 발생시키는가?
4.  $I = 1 \text{ A}$ 이고,  $R = 10 \Omega$ 이다.  $V$ 를 구하여라.
5.  $3 \text{ k}\Omega$  저항에  $3 \text{ mA}$ 의 전류를 발생시키기 위해 얼마의 전압이 필요한가?
6. 전지가  $6 \Omega$ 의 저항성 부하를 통해  $2 \text{ A}$ 의 전류를 발생한다. 전지의 전압은 얼마인가?
7.  $V = 10 \text{ V}$ 이고,  $I = 2 \text{ A}$ 이다.  $R$ 를 구하여라.
8. 스테레오 증폭기 회로에 저항기가 있다. 이 저항기 양단의 측정 전압은  $25 \text{ V}$ 이고 암미터는 저항기에서  $50 \text{ mA}$ 의 전류를 나타낸다. 저항값은 킬로옴으로 얼마인가? 옴으로는 얼마인가?