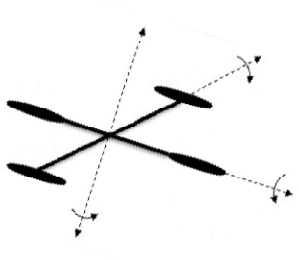
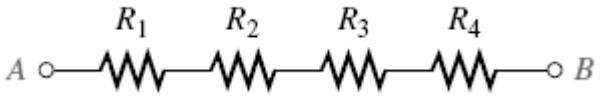
회 로 이 론

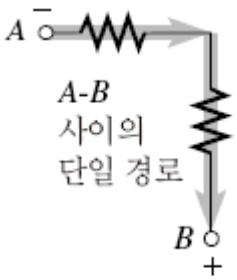
4 장. 직 렬 회 로

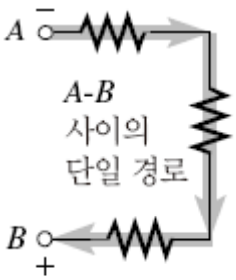


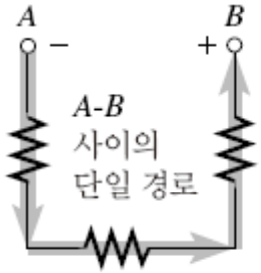
4.1 직렬저항

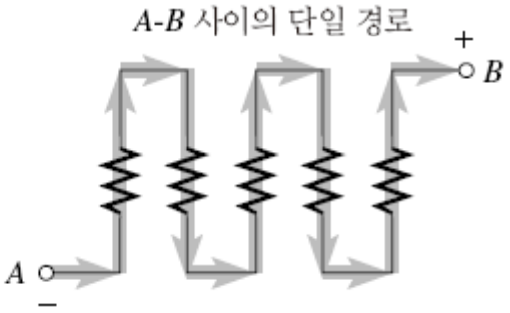


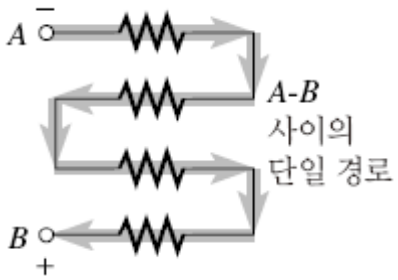
직렬 회로(series circuit)에 흐르는 전류의 경로는 오직 하나만 존재하기 때문에 각 저항에 흐르는 **전류의 양은 같다.**

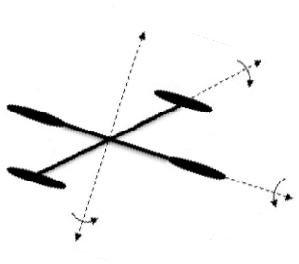






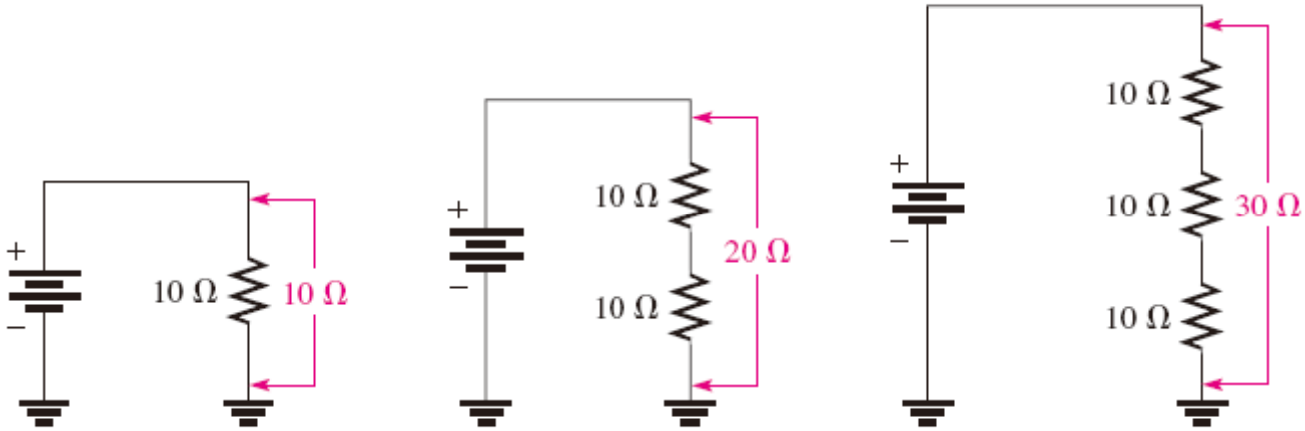






4.2 직렬 회로의 합성저항

저항이 직렬로 연결되었을 때, 각 저항값은 더해진다.



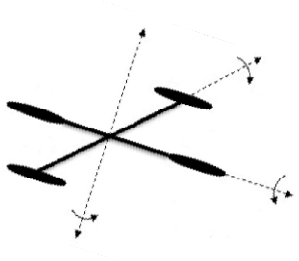
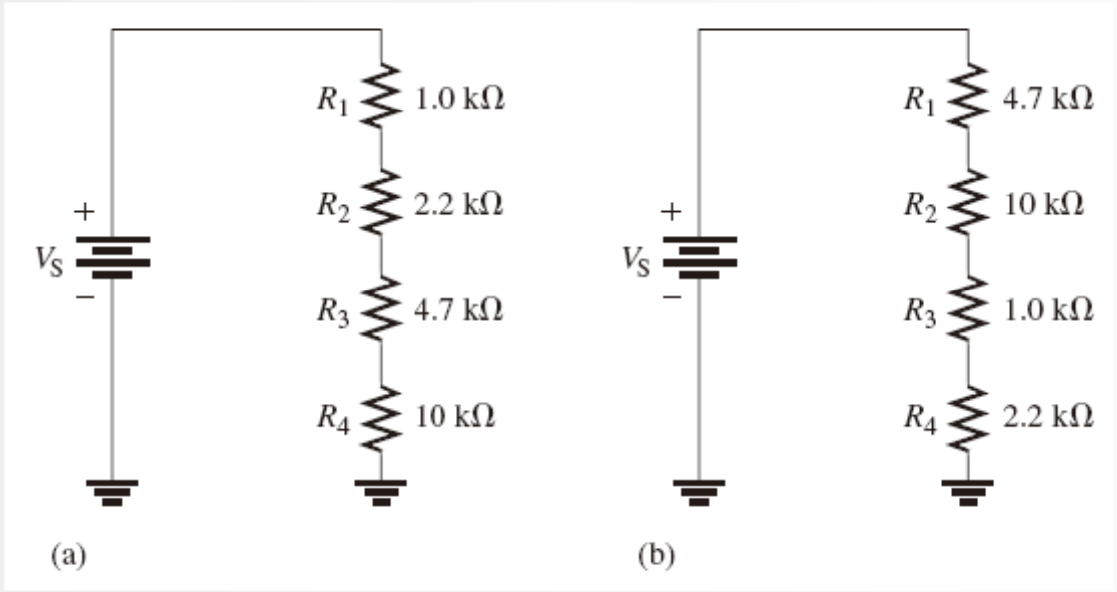


그림 4–11에서 각 회로의 합성저항 R_T를 계산하시오.



회로 (a)는

$$R_T = 1.0\ \text{k}\Omega + 2.2\ \text{k}\Omega + 4.7\ \text{k}\Omega + 10\ \text{k}\Omega = \mathbf{17.9\ k\Omega}$$

회로 (b)는

$$R_T = 4.7\ \text{k}\Omega + 10\ \text{k}\Omega + 1.0\ \text{k}\Omega + 2.2\ \text{k}\Omega = \mathbf{17.9\ k\Omega}$$

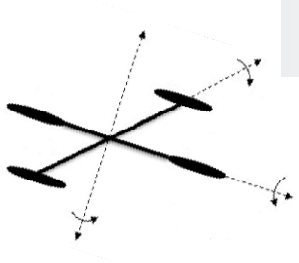
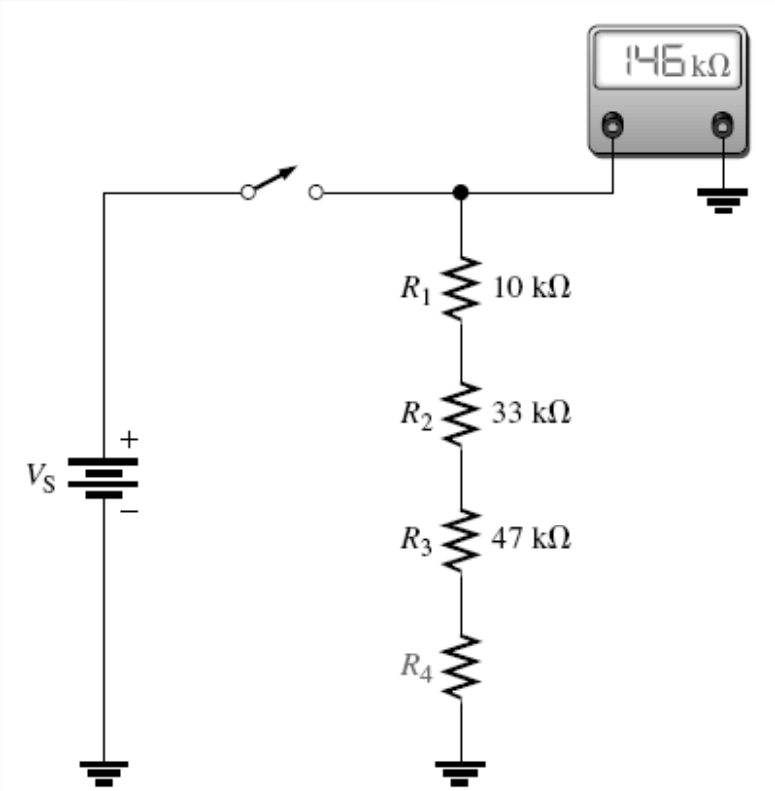


그림 4-12의 회로에서 R_4의 값을 구하시오.

그림 4–12



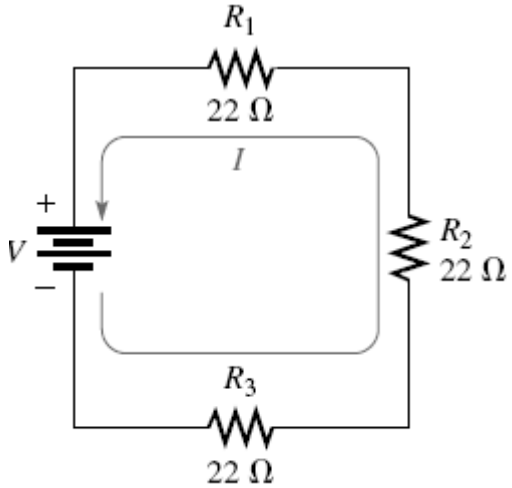
저항계로 측정한 결과는 $R_T = 146\ \text{k}\Omega$이다. 총 합성저항은 다음과 같다.

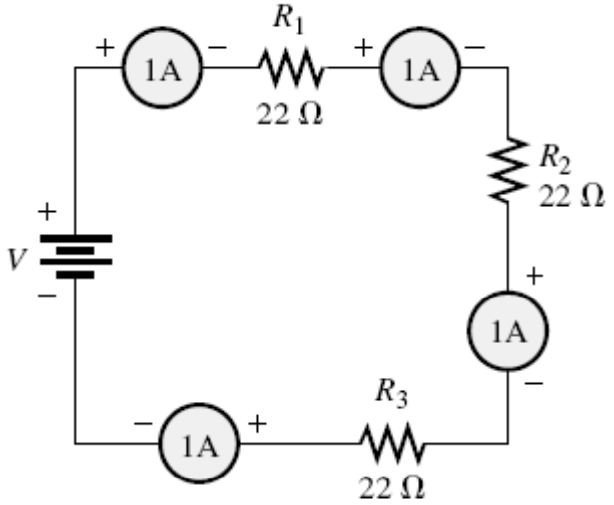
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

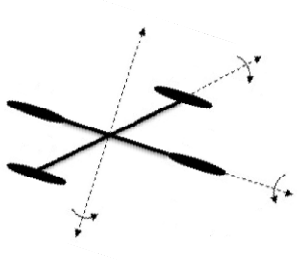
이 식에서 R_4에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$R_4 = R_T - (R_1 + R_2 + R_3) = 146\ \text{k}\Omega - (10\ \text{k}\Omega + 33\ \text{k}\Omega + 47\ \text{k}\Omega) = \mathbf{56\ k\Omega}$$

4.3 직렬 회로의 전류



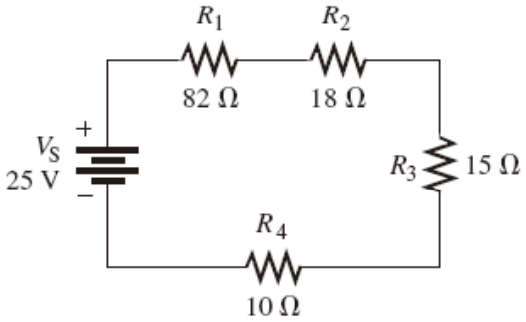




4.4 옴의 법칙

그림 4-18의 직렬 회로에 흐르는 전류를 구하시오.

그림 4–18



해 전류는 전원전압과 합성저항을 이용하여 구한다. 우선 합성저항을 구한다.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 82\ \Omega + 18\ \Omega + 15\ \Omega + 10\ \Omega = 125\ \Omega$$

다음은 합성저항과 전원전압을 옴의 법칙에 적용하여 전류를 계산한다.

$$I = \frac{V_S}{R_T} = \frac{25\ \text{V}}{125\ \Omega} = 0.2\ \text{A} = \mathbf{200\ mA}$$

직렬 회로에서 모든 점을 통하여 흐르는 전류의 양은 동일하다. 따라서 각 저항에 흐르는 전류는 200 mA이다.

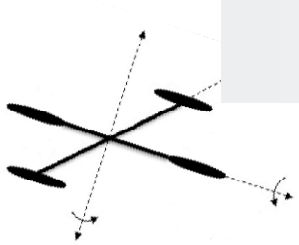
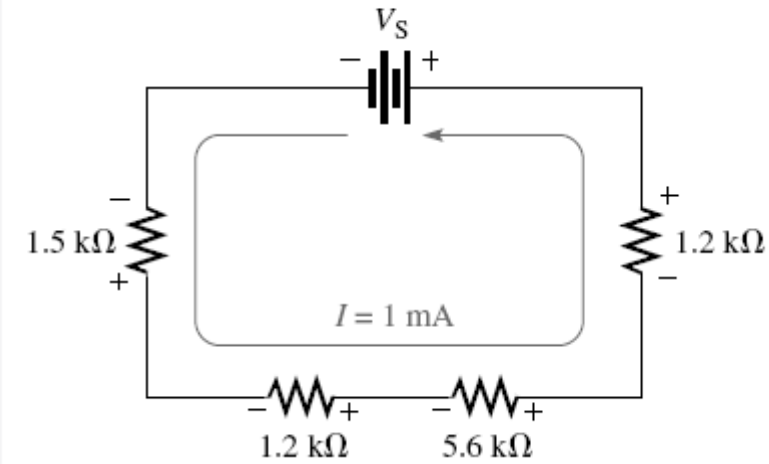


그림 4-19의 회로에서 전류는 1 mA이다. 전류의 값이 1 mA가 되기 위해서는 전원전압 V_S의 값은 얼마가 되어야 하는가?

그림 4–19



해 전원전압 V_S를 구하기 위해서 우선 합성저항 R_T를 구하면, 다음과 같다.

$$R_T = 1.2\ \text{k}\Omega + 5.6\ \text{k}\Omega + 1.2\ \text{k}\Omega + 1.5\ \text{k}\Omega = 9.5\ \text{k}\Omega$$

옴의 법칙을 사용하여 전원전압 V_S를 구하면, 다음과 같다.

$$V_S = IR_T = (1\ \text{mA})(9.5\ \text{k}\Omega) = \mathbf{9.5\ V}$$

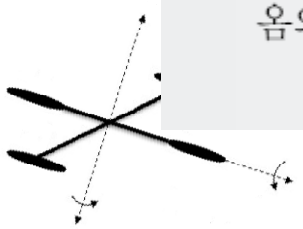


그림 4–20

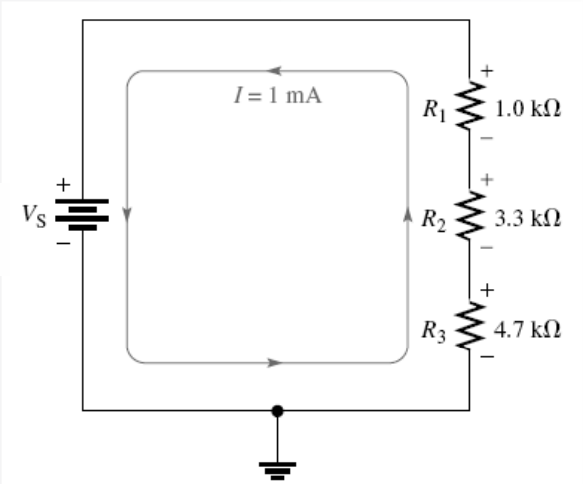


그림 4–20에서 각 저항에서의 전압 강하를 계산하고, 전원전압 V_S를 구한다. 회로에 흐르는 전류가 최대 5 mA가 된다면 전원전압은 얼마나 증가하는가?

옴의 법칙에 의하면 회로의 각 저항의 전압 강하는 저항에 흐르는 전류와 각 저항값을 곱한 것과 같다. 옴의 법칙 $V = IR$ 공식을 사용하여 각 저항에서의 전압 강하를 구할 수 있다. 여기서 직렬 회로에서 각 저항에 흐르는 전류는 동일하다는 것을 상기하라.

R_1 양단의 전압 강하는

$$V_1 = IR_1 = (1\text{ mA})(1.0\text{ k}\Omega) = \mathbf{1\text{ V}}$$

R_2 양단의 전압 강하는

$$V_2 = IR_2 = (1\text{ mA})(3.3\text{ k}\Omega) = \mathbf{3.3\text{ V}}$$

R_3 양단의 전압 강하는

$$V_3 = IR_3 = (1\text{ mA})(4.7\text{ k}\Omega) = \mathbf{4.7\text{ V}}$$

전원전압 V_S를 구하려면, 우선 합성저항을 구한다.

$$R_T = 1.0\text{ k}\Omega + 3.3\text{ k}\Omega + 4.7\text{ k}\Omega = 9\text{ k}\Omega$$

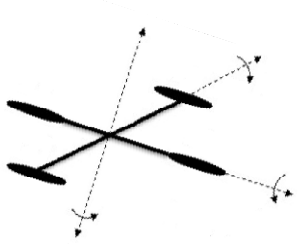
전원전압 V_S는 합성저항과 전류를 곱한 것과 같다.

$$V_S = IR_T = (1\text{ mA})(9\text{ k}\Omega) = \mathbf{9\text{ V}}$$

각 저항의 전압 강하를 모두 더하면 9 V가 되며, 이 값은 전원전압과 동일하다.

$I = 5$ mA가 되면 전원전압 V_S는 증가된다. 이 때 V_S를 구하면 다음과 같다.

$$V_{S(max)} = IR_T = (5\text{ mA})(9\text{ k}\Omega) = \mathbf{45\text{ V}}$$



4.5 전압원의 직렬 연결

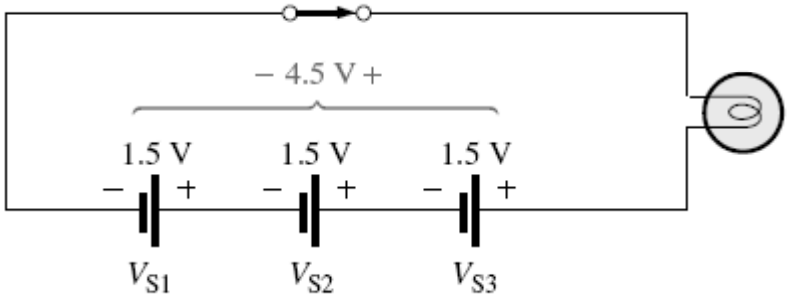
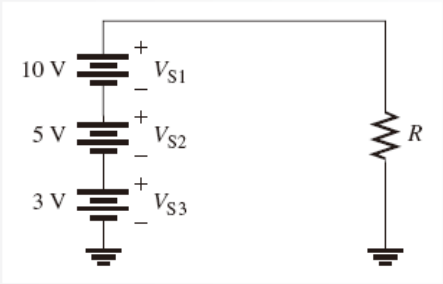


그림 4-26의 총 전압원(V_S)은 얼마인가?

그림 4–26

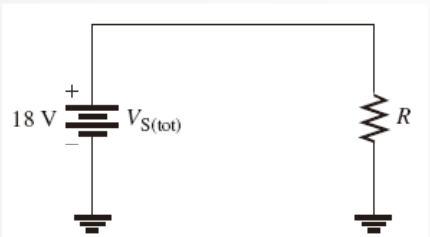


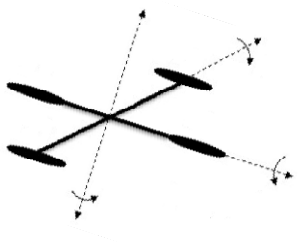
각 전원의 극성이 같다(회로에서 각 전원이 모두 같은 방향으로 연결되어 있다). 총 전압은 3개의 전압을 더하여 구한다.

$$V_{S(tot)} = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3} = 10\text{ V} + 5\text{ V} + 3\text{ V} = \mathbf{18\text{ V}}$$

그림 4-27에서와 같이 위 3개의 전원은 18 V의 등가전원 하나로 대체할 수 있다.

그림 4–27





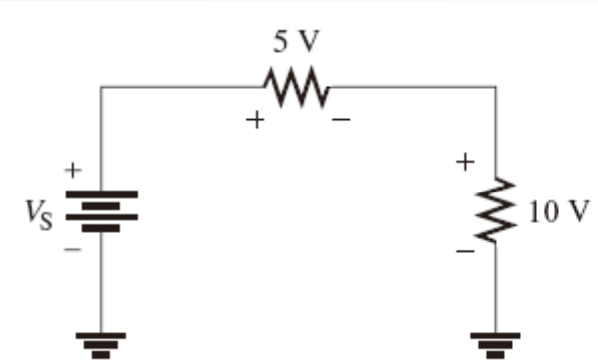
4.6 키르히호프의 전압 법칙

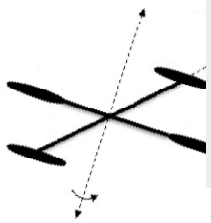
하나의 폐회로 내에서 모든 전압 강하의 합은 전원전압의 총합과 같다.

하나의 폐회로 내의 모든 전압(전원전압과 전압 강하)의 대수합은 0이다.

2개의 전압 강하를 가진 그림 4-35의 회로에서 전원전압 V_S를 구하시오.

그림 4–35



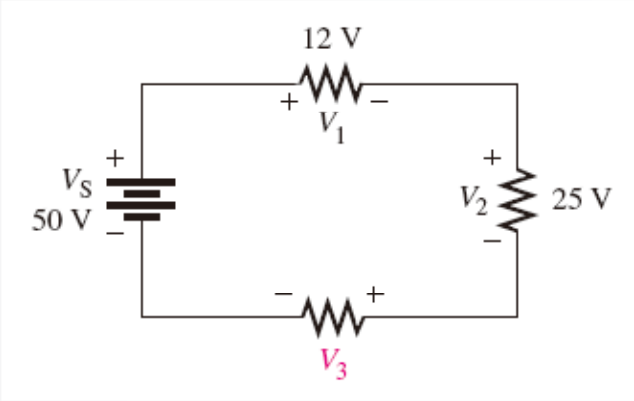


키르히호프의 전압 법칙[식 (4-3)]에 의하여 전원전압(인가 전압)은 전압 강하의 합과 같아야 한다. 즉, 전압 강하의 합으로 전원전압을 구할 수 있다.

$$V_S = 5\ \text{V} + 10\ \text{V} = \mathbf{15\ V}$$

그림 4-36에서 미지의 전압 강하(V_3)를 구하시오.

그림 4–36



키르히호프의 전압 법칙[식 (4-4)]에 의하여, 회로 내의 모든 전압의 대수적인 합은 0이다 (전압 강하의 부호는 전원전압의 부호와 반대이다).

$$V_S - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

V_3를 제외한 각 전압 강하의 값은 알고 있으므로 이것들을 수식에 대입한다.

$$50\ \text{V} - 12\ \text{V} - 25\ \text{V} - V_3 = 0\ \text{V}$$

다음으로, 알고 있는 값을 하나로 묶고, 13 V를 우변으로 옮긴 후 (–) 부호를 없앤다.

$$13\ \text{V} - V_3 = 0\ \text{V}$$

$$-V_3 = -13\ \text{V}$$

$$V_3 = \mathbf{13\ V}$$

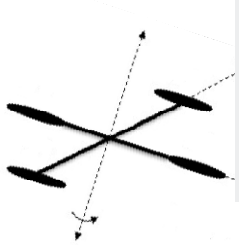


그림 4-37에서 저항 R_4의 값을 구하시오.

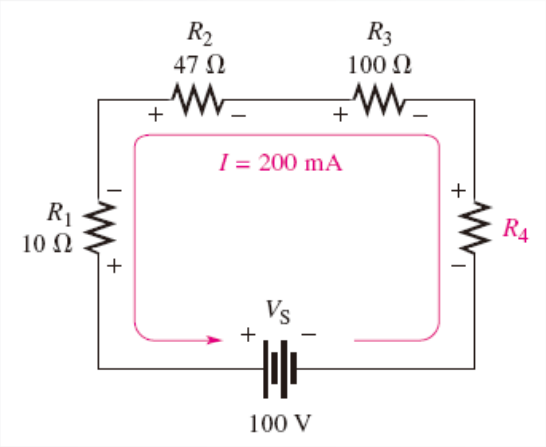
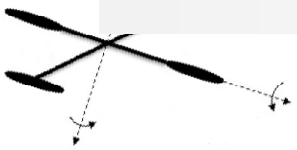


그림 4–37

$$V_1 = IR_1 = (200\text{ mA})(10\ \Omega) = 2\text{ V}$$
$$V_2 = IR_2 = (200\text{ mA})(47\ \Omega) = 9.4\text{ V}$$
$$V_3 = IR_3 = (200\text{ mA})(100\ \Omega) = 20\text{ V}$$

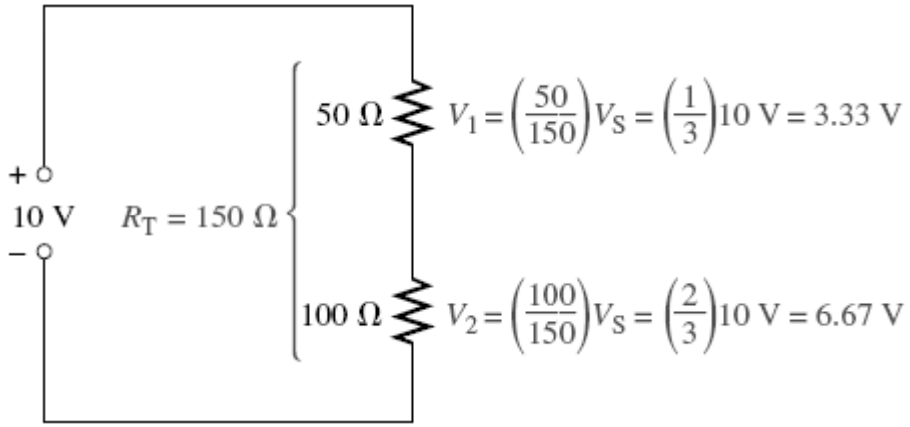
$$V_S - V_1 - V_2 - V_3 - V_4 = 0\text{ V}$$
$$100\text{ V} - 2\text{ V} - 9.4\text{ V} - 20\text{ V} - V_4 = 0\text{ V}$$
$$68.6\text{ V} - V_4 = 0\text{ V}$$
$$V_4 = 68.6\text{ V}$$

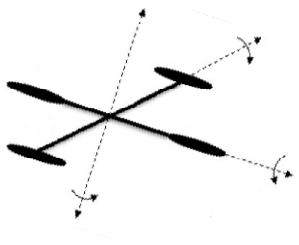
$$R_4 = \frac{V_4}{I} = \frac{68.6\text{ V}}{200\text{ mA}} = \mathbf{343\ \Omega}$$

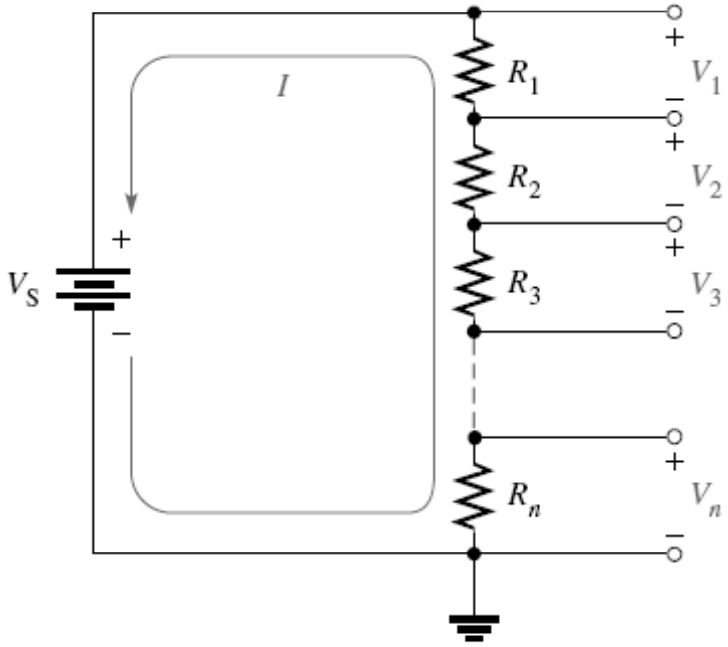


4.7 전압 분배기

전원전압과 연결된 직렬 저항회로는 **전압 분배기(voltage divider)**로 동작



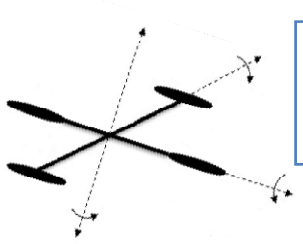




$$V_x = I R_x$$

$$I = V_S / R_T$$

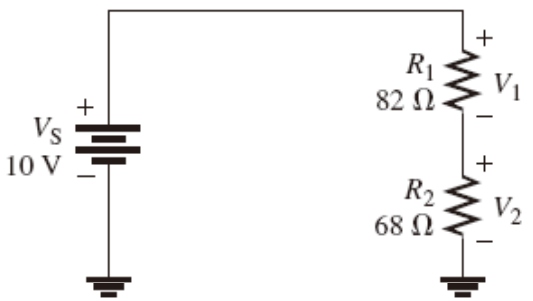
$$\longrightarrow \quad V_x = \left(\frac{V_S}{R_T}\right) R_x \quad \longrightarrow \quad \boxed{V_x = \left(\frac{R_x}{R_T}\right) V_S}$$



직렬 회로에서 어느 특정 저항에서의 전압 강하는 합성저항에 대한 특정 저항의 비에 전원전압을 곱한 것과 같다.

그림 4-40의 회로에서 V_1(R_1 양단 전압), V_2(R_2 양단 전압)를 구하시오.

그림 4–40



V_1을 구하기 위해 $x = 1$일 때 전압 분배기 공식 $V_x = (R_x/R_T)V_S$를 사용한다.

$$R_T = R_1 + R_2 = 82\ \Omega + 68\ \Omega = 150\ \Omega$$

R_1은 82 Ω, V_S는 10 V이다. 이들 값을 전압 분배기 공식에 대입하면 다음과 같다.

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{82\ \Omega}{150\ \Omega}\right)10\ \text{V} = \mathbf{5.47\ V}$$

V_2를 구하는 방법에는 키르히호프의 전압 법칙과 전압 분배기 공식을 이용하는 2가지 방법이 있다. 키르히호프의 전압 법칙을 이용하여($V_S = V_1 + V_2$), V_S와 V_1을 대입하면 다음과 같이 V_2를 구할 수 있다.

$$V_2 = V_S - V_1 = 10\ \text{V} - 5.47\ \text{V} = \mathbf{4.53\ V}$$

V_2를 구하는 두 번째 방법은 $x = 2$일 때 전압 분배기 공식을 이용하는 것이다.

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{68\ \Omega}{150\ \Omega}\right)10\ \text{V} = \mathbf{4.53\ V}$$

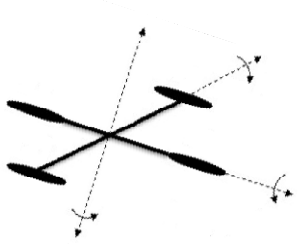
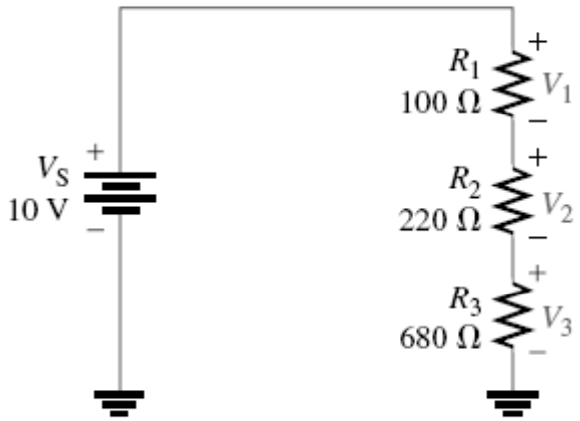


그림 4-41의 회로에서 각 저항에서의 전압 강하를 구하시오.

그림 4–41



$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{100\ \Omega}{1000\ \Omega}\right)10\ \text{V} = \mathbf{1\ V}$$

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{220\ \Omega}{1000\ \Omega}\right)10\ \text{V} = \mathbf{2.2\ V}$$

$$V_3 = \left(\frac{R_3}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{680\ \Omega}{1000\ \Omega}\right)10\ \text{V} = \mathbf{6.8\ V}$$

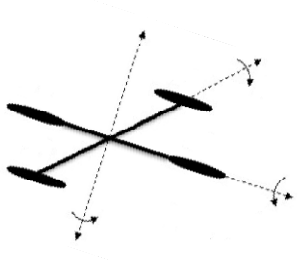


그림 4-42의 회로에서 다음의 점들 사이의 전압을 구하시오.

(a) A와 B **(b)** A와 C **(c)** B와 C **(d)** B와 D **(e)** C와 D

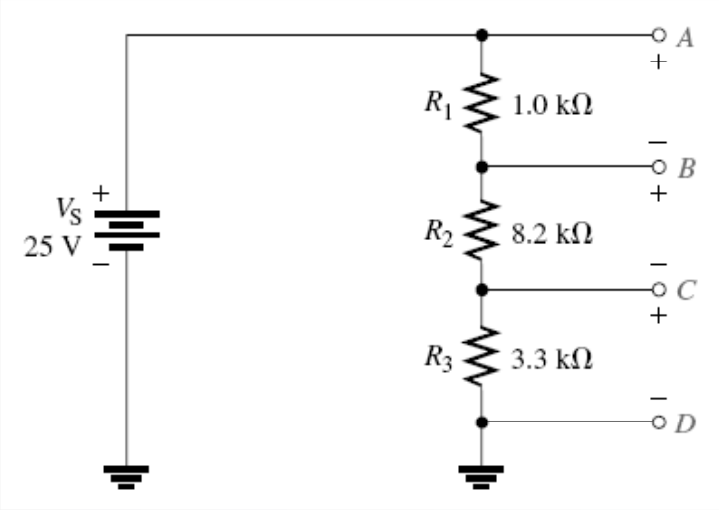


그림 4–42

$$V_{AB} = \left(\frac{R_1}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{1.0\,\text{k}\Omega}{12.5\,\text{k}\Omega}\right)25\,\text{V} = \mathbf{2\,V}$$

$$V_{BD} = \left(\frac{R_2 + R_3}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{11.5\,\text{k}\Omega}{12.5\,\text{k}\Omega}\right)25\,\text{V} = \mathbf{23\,V}$$

$$V_{AC} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{9.2\,\text{k}\Omega}{12.5\,\text{k}\Omega}\right)25\,\text{V} = \mathbf{18.4\,V}$$

$$V_{CD} = \left(\frac{R_3}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{3.3\,\text{k}\Omega}{12.5\,\text{k}\Omega}\right)25\,\text{V} = \mathbf{6.6\,V}$$

$$V_{BC} = \left(\frac{R_2}{R_T}\right)V_S = \left(\frac{8.2\,\text{k}\Omega}{12.5\,\text{k}\Omega}\right)25\,\text{V} = \mathbf{16.4\,V}$$

4.8 직렬 회로에서의 전력

직렬 저항회로에서 총 전력량은 직렬 연결된 각 저항에서 소비되는 전력의 총합과 같다.

$$P_T = V_S I$$

$$P_T = I^2 R_T$$

$$P_T = \frac{V_s^2}{R_T}$$

여기서 I = 회로에 흐르는 전류

V_S = 전원전압

R_T = 합성저항

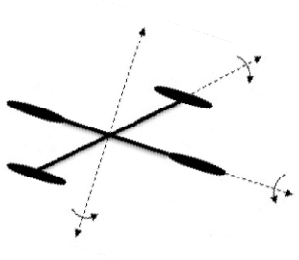
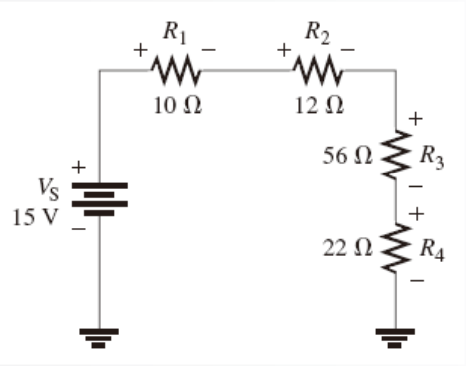


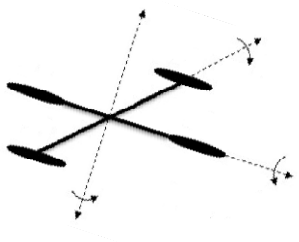
그림 4-49의 직렬 회로에서 총 전력을 구하시오.

그림 4–49



$$R_T = 10\ \Omega + 12\ \Omega + 56\ \Omega + 22\ \Omega = 100\ \Omega$$

$$P_T = \frac{V_S^2}{R_T} = \frac{(15\ \text{V})^2}{100\ \Omega} = \frac{225\ \text{V}^2}{100\ \Omega} = 2.25\ \text{W}$$

$$P_1 = (150\ \text{mA})^2(10\ \Omega) = 225\ \text{mW}$$
$$P_2 = (150\ \text{mA})^2(12\ \Omega) = 270\ \text{mW}$$
$$P_3 = (150\ \text{mA})^2(56\ \Omega) = 1.26\ \text{W}$$
$$P_4 = (150\ \text{mA})^2(22\ \Omega) = 495\ \text{mW}$$

$$P_T = 225\ \text{mW} + 270\ \text{mW} + 1.260\ \text{W} + 495\ \text{mW} = \mathbf{2.25\ W}$$