

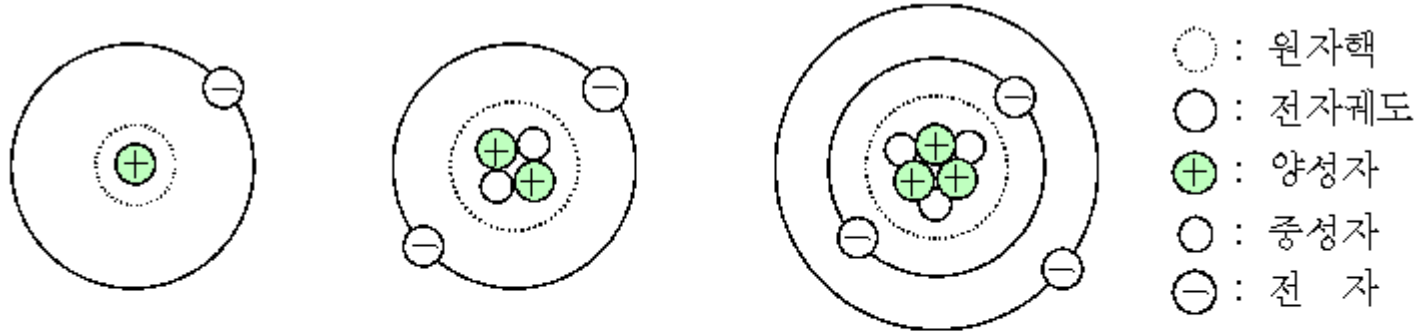
CHAPTER01 전기의 본질과 기초

Contents

- 1.1 전기의 본질
- 1.2 전류와 전압
- 1.3 회로 소자의 기준방향과 특성
- 1.4 전력, 전력량 및 줄의 법칙
- 1.5 저항의 온도 계수
- 1.6 키르히호프의 법칙

1.1 전기의 본질

▶ 원자의 구조와 구성입자



(a) 수소 원자(H)
(원자번호 : 1)

(b) 헬륨 원자(He)
(원자번호 : 2)

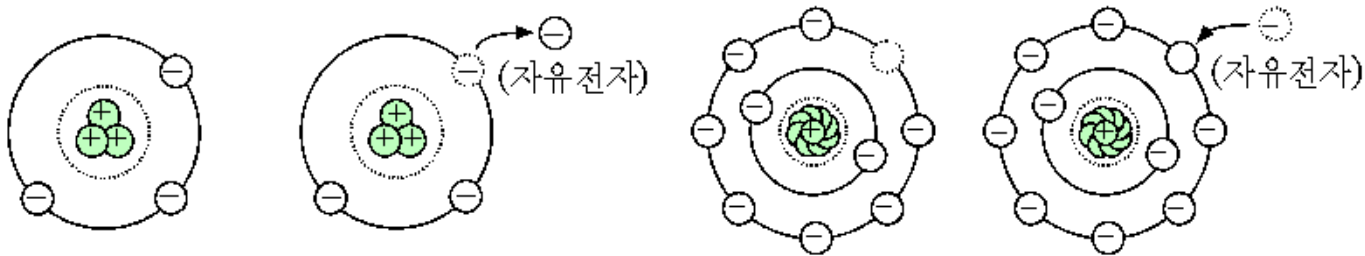
(c) 리튬 원자(Li)
(원자번호 : 3)

그림 1.1 원자의 구조

원 자	{	원자핵	{	양성자	{	전하량 : $+1.602 \times 10^{-19}$ [C]
		중성자		{	전하량 : 0 [C]	
					{	질량 : 1.673×10^{-27} [kg]
					{	질량 : 1.673×10^{-27} [kg]
		전 자			{	전하량 : -1.602×10^{-19} [C]
					{	질량 : 9.107×10^{-31} [kg]

1.1 전기의 본질

▶ 전기의 발생



(a) 중성원자에서 양전하 발생
(자유 전자 부족[+])

(b) 중성원자에서 음전하 발생
(자유 전자 과잉[-])

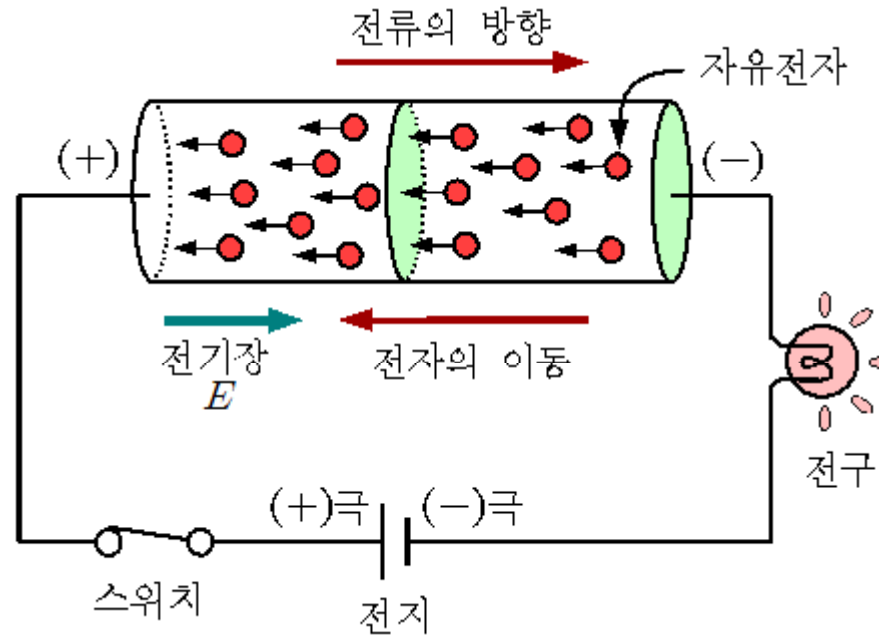
그림 1.2 전기(전하)의 발생

- ◆ **전하(electric charge)** : 양성자나 전자와 같이 전기를 띠고 있는 입자
 - 양전하(정전하) : 양(정, +)의 전기를 갖는 양성자
 - 음전하(부전하) : 음(부, -)의 전기를 갖는 전자
- ◆ **전하량(전기량)** : 전하가 가지고 있는 전기의 양 - 단위 : [C] coulomb
- ◆ **자유전자(free electron)** : 전기의 발생 또는 기의 현상에 매우 밀접한 관계
- ◆ **전하량 Q**

$$Q = n \cdot e [C] \begin{cases} n : \text{전자의 개수} \\ e : \text{전자 1개 전하량의 크기 } (1.602 \times 10^{-19} [C]) \end{cases}$$

1.2 전류와 전압

▶ 전류의 정의



◆ 전류 : 전하(자유전자)의 이동

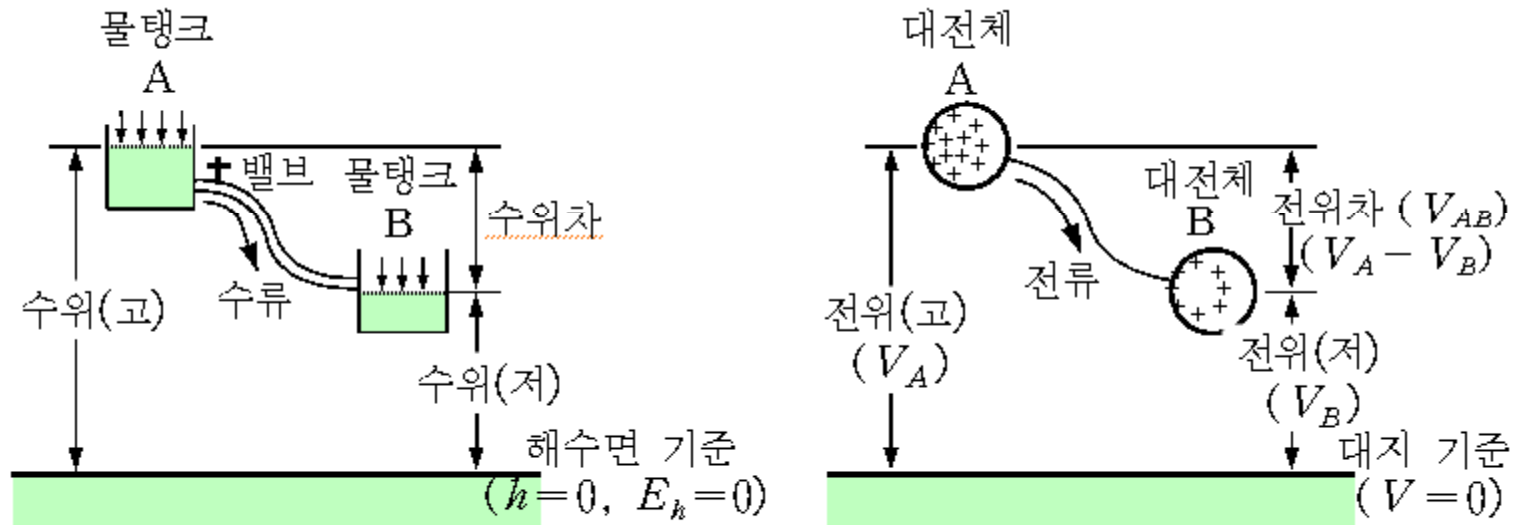
- 전자 : 전지의 (-)극에서 (+)극으로 이동

- 전류 : 전지의 (+)극에서 (-)극으로 흐름(전자의 흐름과 반대방향)

$$I = \frac{Q}{t} \text{ [A]} \quad (\because Q = It \text{ [C]})$$

1.2 전류와 전압

▶ 전압의 정의



(a) 역학계

(b) 전기계

그림 1.4 역학계와 전기계의 비교

1.2 전류와 전압

▶ 전압의 정의

전압 (voltage, V) : 전기적인 압력, 전위와 전위차를 통칭하는 것.

전위 (electric potential) : 기준전 위(영전위)에 대한 임의의 한 점에서 단위 전하가 갖는 전기적 위치에너지. 즉, 단위 전하가 기준전위에 대해 임의의 한 점까지 이동할 때 하는 일.

전위차 (electric potential difference) : 단위 전하가 갖는 두 점 사이의 전기적 위치에너지(전위)의 차. 즉, 단위 전하가 두점 사이를 이동할 때 하는 일 또는 에너지.

접지 (earth) : 영전위가 되도록 대지에 접속하는 것.

기전력 (e.m.f) : 전위차를 일정하게 유지시켜 전류를 지속적으로 흐르게 하는 능력(힘)

1.2 전류와 전압

▶ 전압상승과 전압강하

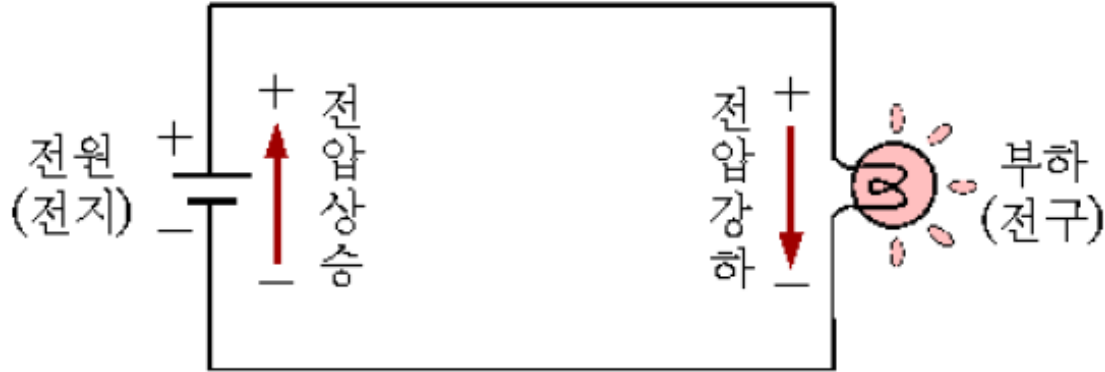
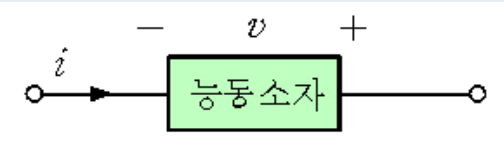
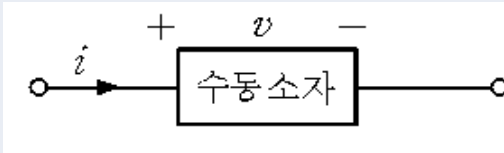
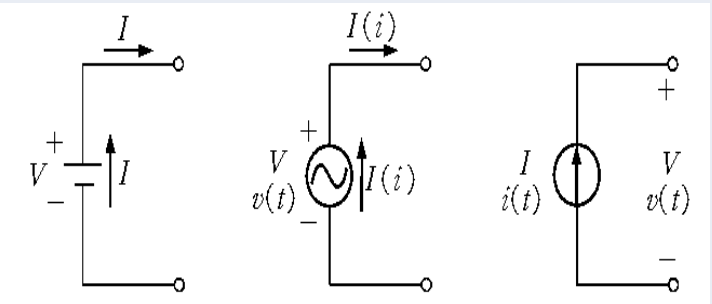



그림 1.5 전압 상승과 전압 강하

- ◆ **전원(electric source)** : 부하에 전기에너지를 공급하는 장치
- ◆ **부하(electric load)** : 전기에너지를 소비하는 장치
- ◆ **전압상승** : 정전하가 전원과 같이 저전위(-)에서 고전위(+)로 지나면서 에너지를 얻는 것
- ◆ **전압강하** : 정전하가 부하와 같이 고전위(+)에서 저전위(-)로 지나면서 에너지를 잃는 것

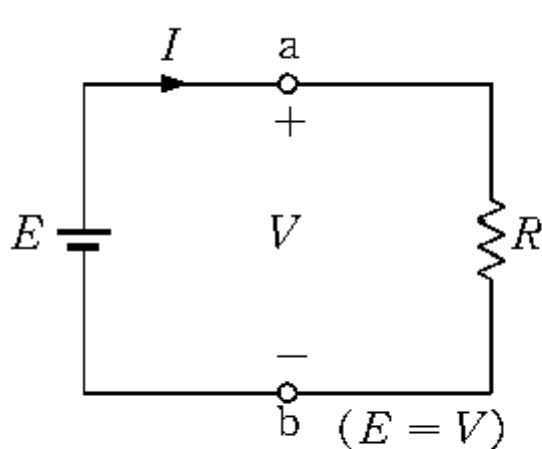
1.3 회로 소자의 기준방향과 특성

▶ 소자의 기준방향

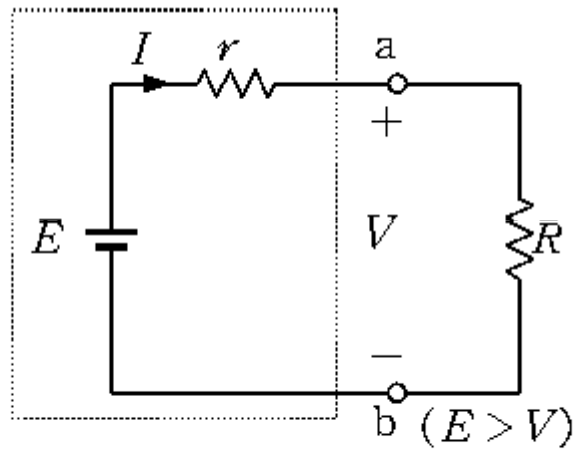
	능동소자(active element)	수동소자(passive element)
정의	회로에 전기에너지를 공급하는 역할을 하는 소자 (ex. 전원, 발전기, 전지, 축전지)	능동소자인 전원으로부터 공급받는 전기 에너지를 소비 또는 변환하여 전기적 기능을 갖게 되는 소자 (ex. 저항, 인덕터, 콘덴서)
방향		
특징	전원 인가조건이 바뀌어도 입/출력 특성 일정	전원인가조건에 따라 소자의 입/출력특성이 변함
	 <p>(a) 직류 전압전원 (b) 교류 전압전원 (c) 전류전원</p>	 <p>저항 인덕터 캐패시터</p>

1.3 회로 소자의 기준방향과 특성

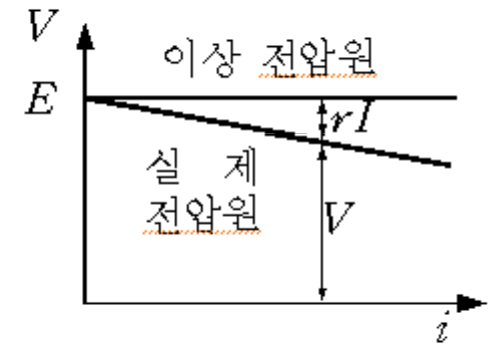
▶ 능동소자 - 전압원의 특성



(a) 이상 전압원(회로)



(b) 실제 전압원(등가회로)



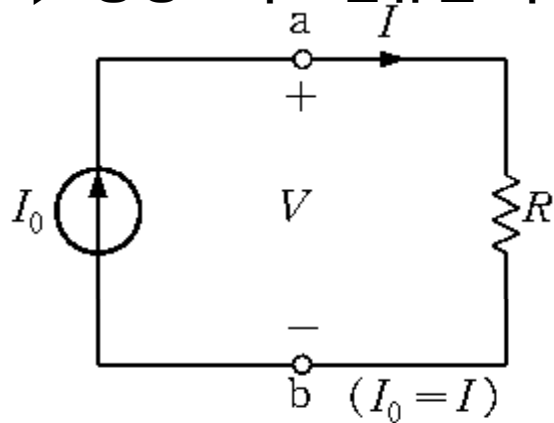
(c) 전압원($V-i$ 특성)

그림 1.8 전압원 회로

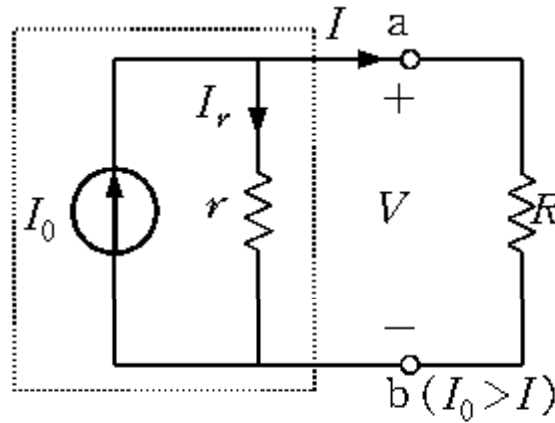
$$V(=RI) = E - rI \quad (\because E > V)$$

1.3 회로 소자의 기준방향과 특성

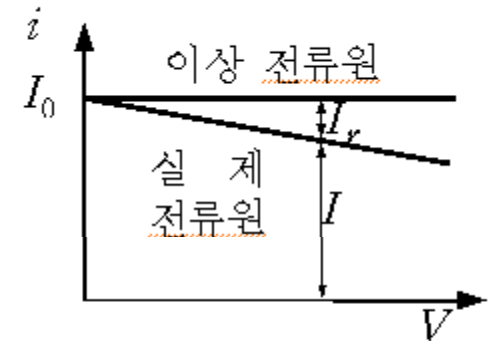
▶ 능동소자 - 전류원 특성



(a) 이상 전류원(회로)



(b) 실제 전류원(등가회로)



(c) 전류원($V-i$ 특성)

그림 1.9 전류원 회로

표 1.2 이상 전압원과 이상 전류원의 내부저항 조건

전 원	내부저항	성 질
이상 전압원 (정전압원)	$r = 0$ (단락상태)	부하의 단자전압 = 전압원의 기전력($V = E$)
이상 전류원 (정전류원)	$r = \infty$ (개방상태)	부하의 단자전류 = 전류원의 전류($I = I_0$)

1.3 회로 소자의 기준방향과 특성

▶ 수동소자 - 저항

◆ 저항 R [Ω]



그림 1.10 저항과 전압강하

옴의 법칙 (Ohm's Law)

$$V = RI \quad \begin{cases} I = \frac{V}{R} \\ R = \frac{V}{I} \end{cases}$$

$$R \propto \frac{l}{A} \quad \therefore R = \rho \frac{l}{A}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \text{ [}\Omega \cdot \text{m]} \quad \therefore \sigma = \frac{1}{\rho} \text{ [}\text{S/m]} \text{]}$$

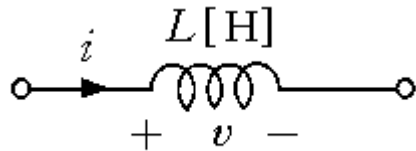
◆ 컨덕턴스 [S]: 저항의 역수

$$G = \frac{1}{R} \quad \therefore I = \frac{V}{R} = GV$$

1.3 회로 소자의 기준방향과 특성

▶ 수동소자 - 인덕터 [코일]

◆ 인덕턴스 L [H]



$$\Phi \propto i \quad \therefore \Phi = Li \quad (N\Phi = Li)$$

그림 1.11 인덕터와 전압강하

◆ 유도 기전력

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -N\frac{d\Phi}{dt}$$

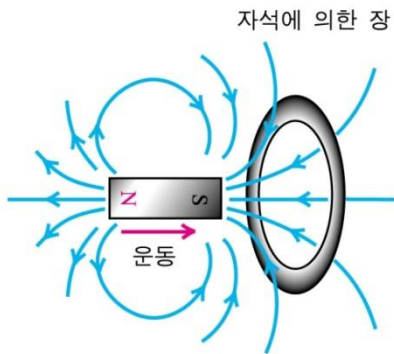
◆ 전압강하

$$v = -e = \frac{d\Phi}{dt} = N\frac{d\Phi}{dt} \quad \Phi = Li \quad (N\Phi = Li) \quad \longrightarrow \quad v = \frac{d(Li)}{dt} = L\frac{di}{dt}$$

1.3 회로 소자의 기준방향과 특성

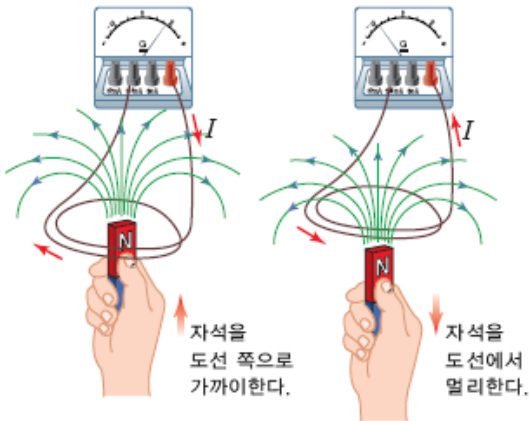
▶ 수동소자 - 인덕터 [코일]

◆ 렌츠의 법칙



유도 전류에 의해 생긴 자기장이 전류를 유도하는 원래의 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도전류가 발생.

◆ 패러데이의 법칙



도선고리를 지나가는 자기장이 시간에 따라 변하여도 기전력이 발생한다.

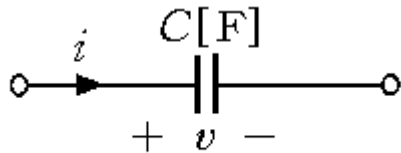
도선 고리에 유도된 기전력은 코일을 지나가는 자기 선속의 시간에 따른 변화율에 비례한다.

유도 기전력 → 발생하는 전류: "유도 전류" → 일반화

1.3 회로 소자의 기준방향과 특성

▶ 수동소자 - 커패시터

◆ 커패시터(콘덴서) C [F]



$$Q = CV$$

그림 1.12 커패시터와 전압강하

$$1 [\mu\text{F}] = 10^{-6} [\text{F}], \quad 1 [\text{pF}] = 10^{-6} [\mu\text{F}] = 10^{-12} [\text{F}]$$

◆ 전압과 전류 관계

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(Cv)}{dt} = C \frac{dv}{dt}$$

◆ 전압강하

$$v = \frac{1}{C} \int i dt$$

1.4 전력, 전력량 및 줄의 법칙

▶ 전력

◆ 전력 P [W] : 저항에서 단위시간에 변환 또는 소비되는 전기에너지, 소비전력

$$P = \frac{W}{t} = V \frac{Q}{t} = VI \text{ [J/s]}$$

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \text{ ([W] = [J/s])}$$

(1 [kW] = 1000 [W], 1 [HP] = 746 [W])

◆ 전력량 [W] : 저항에서 임의의 시간 t 초 동안 변환 또는 소비되는 전기에너지

$$W = P \cdot t = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R} t \text{ ([W} \cdot \text{s] = [J])}$$

(1 [Wh] = 3600 [J], 1 [kWh] = 1000 [Wh])

1.4 전력, 전력량 및 줄의 법칙

▶ 줄의 법칙(열량)

◆ 줄열 : 저항체에 전류를 통할 때에 발생하는 열량.

$$\begin{aligned} H &= 0.24 W = 0.24 P \cdot t = 0.24 V I t \\ &= 0.24 I^2 R t = 0.24 \frac{V^2}{R} t \text{ [cal]} \end{aligned}$$

◆ 줄의 법칙(Joule's law) : 전기에너지를 열에너지로 변환한 것.

$$\begin{aligned} 1 \text{ [kWh]} &= 1000 \text{ [W]} \times 1 \text{ [h]} = 3.6 \times 10^6 \text{ [Ws]} = 3.6 \times 10^6 \text{ [J]} \\ &= 2.4 \times 3.6 \times 10^6 \text{ [cal]} \doteq 864000 \text{ [cal]} \doteq 864 \text{ [kcal]} \end{aligned}$$

$$\therefore 1 \text{ [kWh]} \doteq 864 \text{ [kcal]}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ [kWh]} &= 1000 \times 3600 \text{ [sec]} \quad (1 \text{ [W]} = 1 \text{ [J / s]}) \\ &= 1000 \text{ [J / s]} \times 3600 \text{ [sec]} \\ &= 1000 \times 3600 \text{ [J]} \times 0.24 \quad (1 \text{ [J]} = 0.24 \text{ [cal]}) \\ &= 864000 \text{ [cal]} = 864 \text{ [kcal]} \doteq 864 \text{ [kcal]} \end{aligned}$$

1.4 전력, 전력량 및 줄의 법칙

▶ 전력, 전력량, 줄의 법칙(열량)

① 전력(P) : 저항에서 단위시간에 변환 또는 소비되는 전기에너지, 소비전력이라고도 함

$$P = \frac{W}{t} = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \quad \{[J/s] = [W]\}$$

② 전력량(W) : 저항에서 임의의 시간 동안 변환 또는 소비되는 전기에너지

$$W = P \cdot t = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R} t \quad \{[J] = [W \cdot s]\}$$

③ 줄의 법칙(열량) : 전기에너지(W)과 열에너지(H)의 변환 관계 ($1 [J] = 0.24 [cal]$)

$$H = 0.24W = 0.24P \cdot t = 0.24VIt = 0.24I^2Rt = 0.24 \frac{V^2}{R} t \quad [cal]$$

1.5 저항의 온도계수

▶ 저항의 온도계수

◆ 저항과 온도의 관계

$$R_2 = R_1 \{1 + a_1 (t_2 - t_1)\}$$

$$a_1 = \frac{1}{\frac{1}{a_0} + t_1} = \frac{a_0}{1 + a_0 t_1}$$

◆ 구리의 온도계수(온도 0도)

$$a_0 = \frac{1}{234.5}$$

$$a_1 = \frac{1}{234.5 + t_1}$$

1.6 키르히호프의 법칙

▶ 1법칙(전류법칙)

도선의 임의의 접속점에서 유입하는 전류와 유출하는 전류의 대수합은 0 이다.

$$\begin{cases} I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0 \\ \text{일반식 : } \sum_{k=1}^n I_k = 0 \end{cases}$$

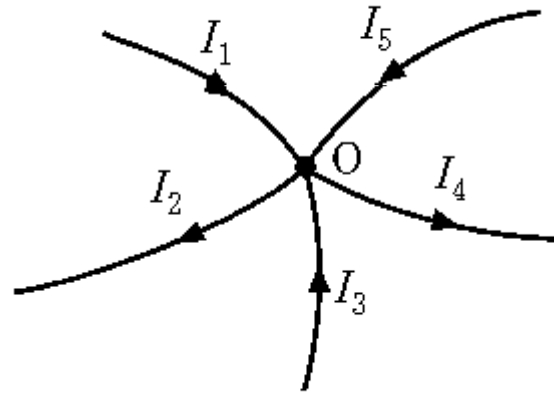


그림 1.13 키르히호프의 전류법칙

$$I_1 + I_3 + I_5 = I_2 + I_4 \text{ (유입전류의 대수합 = 유출전류의 대수합)}$$

1.6 키르히호프의 법칙

▶ 2법칙(전압법칙)

임의의 폐회로에서 한 방향으로 취한 기전력의 대수합과 전압강하의 대수합은 같다.

(기전력의 대수합 = 전압강하의 대수합)

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 + V_2 - V_3 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 \\ \text{일반식 : } \sum_{k=1}^m V_k = \sum_{k=0}^n I_k R_k \end{array} \right.$$

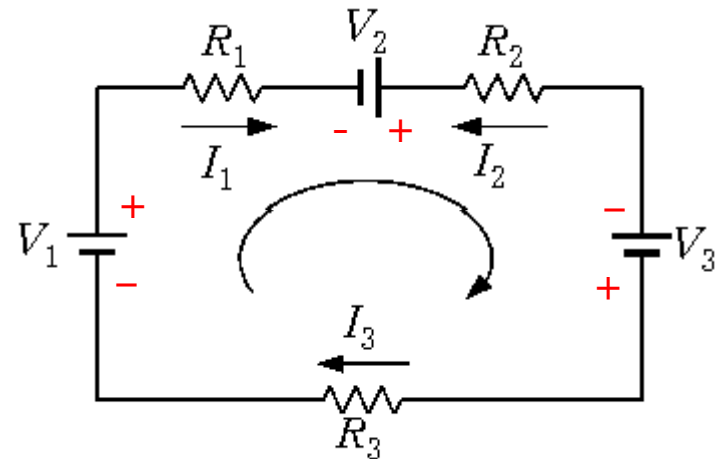


그림 1.14 키르히호프의 전압법칙

1.6 키르히호프의 법칙

▶ 키르히호프의 법칙

① 전류법칙 (제 1법칙, K.C.L) : **접속점**

유입전류의 대수합 = 유출전류의 대수합

② 전압법칙 (제 2법칙, K.V.L) : **폐회로**

기전력(전압 상승)의 대수합 = 전압 강하의 대수합

1장의 핵심포인트 !

1. 전하의 종류 : 양성자, 전자, 이온
2. 전자 1개의 전하량 : $e = -1.602 \times 10^{-19}$ [C]
3. 이상 전압원과 전류원의 내부저항 : 전압원 ($r = 0$), 전류원 ($r = \infty$)
4. 저항과 온도와와의 관계
금속도체 : 정(+)^{의 온도계수} → 온도 증가함에 따라 저항이 증가
반도체(실리콘, 게르마늄, 셀렌) : 부(-)^{의 온도계수} → 온도 증가함에 따라 저항 감소(탄소 물질도 부의 온도계수)
5. 저항 R 의 역수 : 콘덕턴스 $G = \frac{1}{R}$
6. 콘덕턴스의 단위 : 모(mho, [Ω]), 지멘스(Siemens, [S])
7. 인덕터는 전류, 커패시터는 전압을 급격히 변화시킬 수 없다.
7. 전류의 대표적인 작용 : 발열작용, 화학작용, 자기작용
8. 전류의 발열작용(열작용) : 줄의 법칙
9. $1 [J] \simeq 0.24 [cal]$, $1 [kWh] \simeq 860 [kcal]$, $1 [BTU] = 252 [cal]$
 $1 [N] = 10^5 [dyne]$

1장의 핵심포인트 !

전압

전류

전력

옴의법칙

유도기전력

키르히호프의 법칙

$$e = -1.602 \times 10^{-19} [C]$$