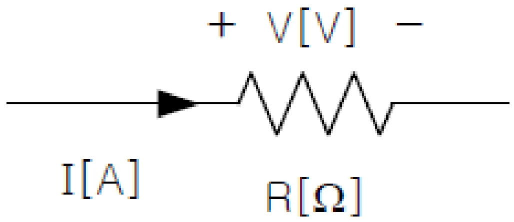
전력

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.1. 전력의 정의

직류회로의 전력



전력 ***P***

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

W: 일, *t*: 시간, *Q*: 전하량, ***V*: 전압, 전위 차**, *I*: 전류

$$P = VI = (RI)I = RI^2 = V\left(\frac{V}{R}\right) = \frac{V^2}{R}$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.1. 전력의 정의

[예제 8-1] 그림 8-2에서 각 저항의 소비 전력을 구하여 전원이 공급하는 전력과 비교 하시오.

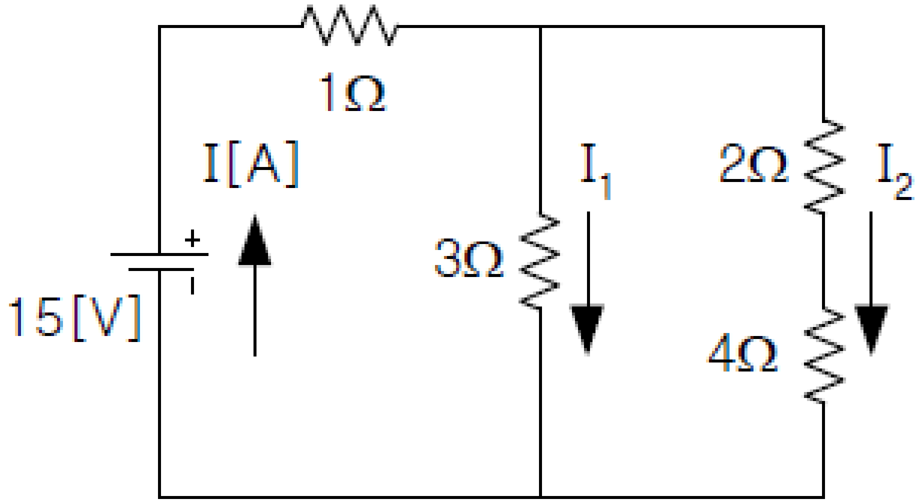
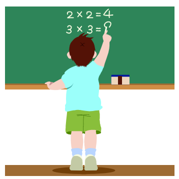


그림 8-2



E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

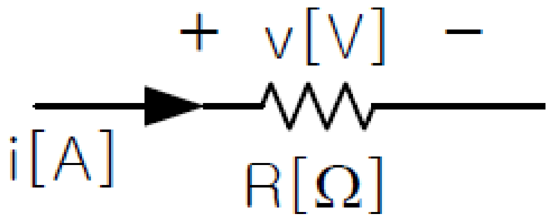
평균전력 (average power) 또는 유효전력(effective power)

교류회로에서는 전압, 전류가 모두 변하기 때문에, 전력은 전압과 전류의 곱을 평균한 값으로 정의된다.

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.1. 저항에서의 전력과 에너지



저항 양단에 전압 $v(t)$가 걸린다면, $v(t) = V_m \sin \omega t$

옴의 법칙에 의하여, 흐르는 전류 $i(t)$는 $i(t) = \frac{V_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$

전압과 전류의 실효값을 각각 V, I라 하면, $V_m = \sqrt{2}V, I_m = \sqrt{2}I$

$$\frac{V_m}{R} = I_m \rightarrow \frac{\sqrt{2}V}{R} = \sqrt{2}I \rightarrow \frac{V}{R} = I$$

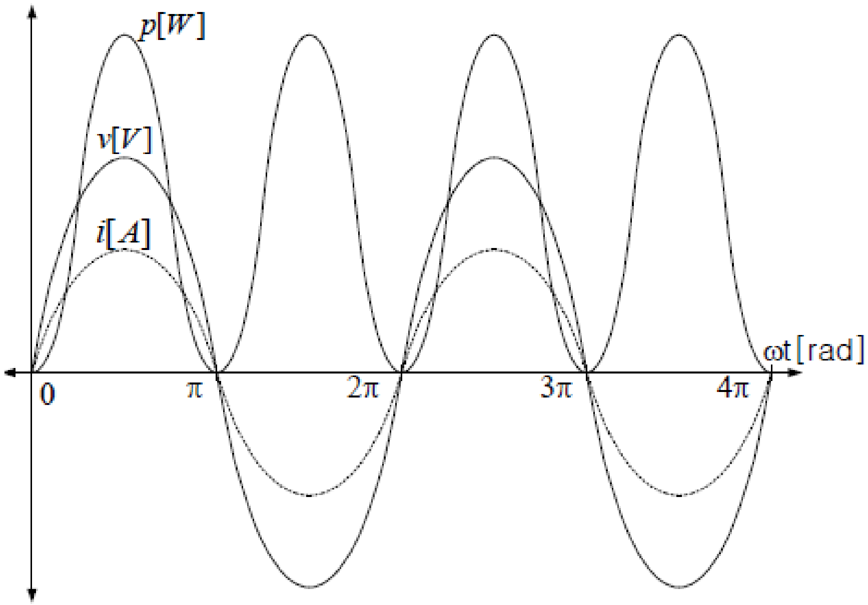
E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.1. 저항에서의 전력과 에너지

순시전력 ***p***

$$p = vi = V_m \sin\omega t \cdot I_m \sin\omega t = V_m I_m \sin^2\omega t$$
$$= 2VI\sin^2\omega t = VI(1-\cos 2\omega t)$$



- 주파수: 전압, 전류 주파수의 2배
- 부호는 항상 (+) ➔ 언제나 에너지 소비 중

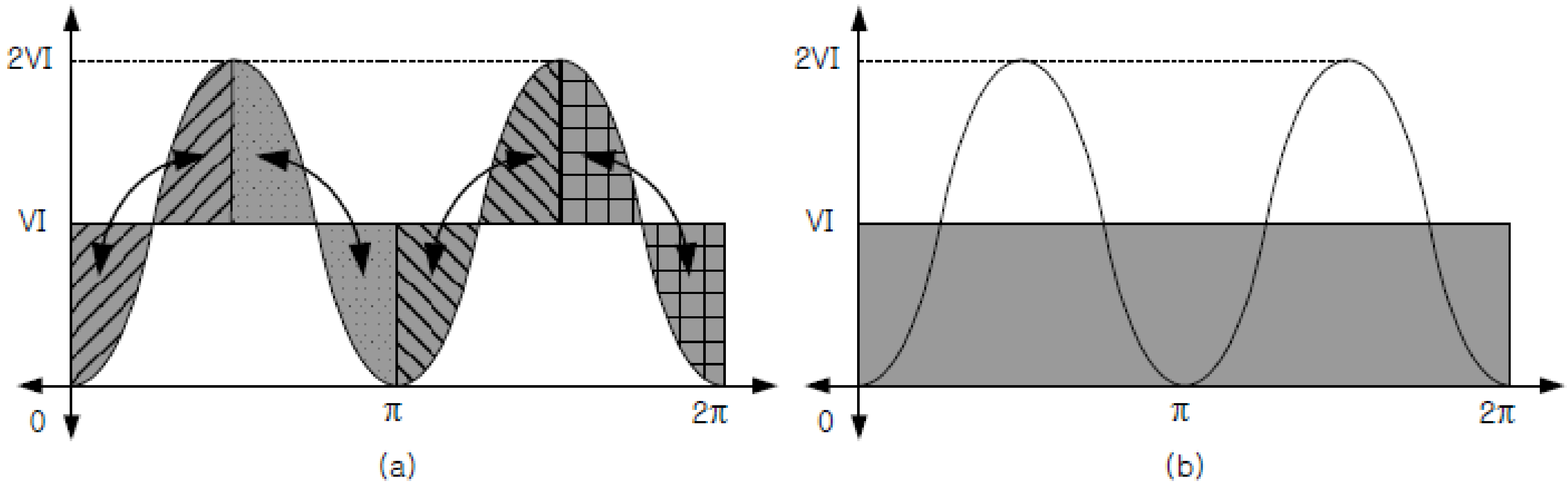
E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.1. 저항에서의 전력과 에너지

평균전력 ***P***

$$P = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} VI(1-\cos 2\omega t)dt = VI \quad \rightarrow \quad P = VI$$



E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.1. 저항에서의 전력과 에너지

임의 시간 동안 사용한 전기 에너지 w_R

$$w_R = \int_0^t pdt = \int_0^t VI(1-\cos 2\omega t)dt = VI\left(t - \frac{1}{2\omega}\sin 2\omega t\right)$$

주기보다 충분히 긴 시간 동안 소비된 전기 에너지는 $W_R = VIt = RI^2 t = \frac{V^2}{R}t$

[예제 8-2] 60[Hz], 100[V]의 교류 전압이 20[Ω]의 전열기에 가해질 경우의 전력 [W]을 구하시오. 또 이 전열기를 2시간 사용할 경우 소비 에너지는 몇 [kWh] 또는 몇 [$kcal$]인가?

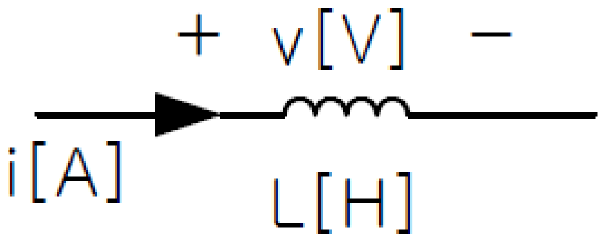
$P = \frac{V^2}{R} = \frac{10000}{20} = 500[W]$가 된다. 또한 2시간 동안의 소비 에너지는

$W = Pt = 0.5[kW] \times 2[h] = 1[kWh] = 860[kcal]$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.2. 인덕터에서의 전력과 에너지



인덕터 L에 전류 $i(t)$가 흐른다면, $$i(t) = I_m \sin \omega t$$

인덕터 양단 간 전압 $v(t)$는 $$v(t) = L\frac{di}{dt} = \omega L I_m \cos \omega t = V_m \cos \omega t$$

전압과 전류의 실효값을 각각 V, I라 하면, $$V_m = \sqrt{2}V, I_m = \sqrt{2}I, V_m = \omega L I_m = X_L I_m$$

$$V_m = X_L I_m \rightarrow \sqrt{2}V = X_L \sqrt{2}I \rightarrow \underline{V = X_L I = \omega L I}$$

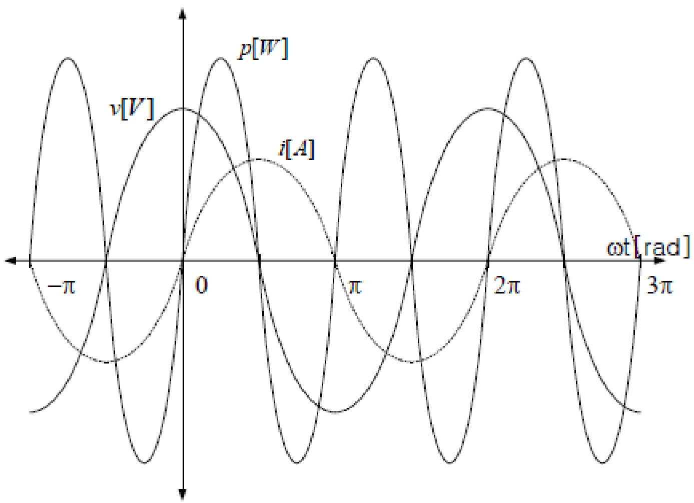
E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.2. 인덕터에서의 전력과 에너지

순시전력 ***p***

$$p = vi = V_m \cos \omega t \cdot I_m \sin \omega t = 2VI \sin \omega t \cos \omega t = VI \sin 2\omega t$$



- 주파수: 전압, 전류 주파수의 2배
- 부호가 (+)와 (-)를 반복
- (+): 자기 에너지 축적 → 전력 소비,
  (-): 자기 에너지 방출 → 전력 공급

평균전력 ***P***

$$P = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} VI \sin 2\omega t dt = 0$$

인덕터의 평균전력 ***P***는 **0**이다.

한양대학교 HANYANG UNIVERSITY
E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.2. 인덕터에서의 전력과 에너지

인덕터의 에너지 w

시간 t_1일 때 전류 i_1, 시간 t_2일 때 전류 i_2

소비된 에너지 w는

$$w = \int_{t_1}^{t_2} p\,dt = \int_{t_1}^{t_2} i(t)v(t)\,dt = \int_{t_1}^{t_2} i(t)L\frac{di}{dt}\,dt = L\int_{i_1}^{i_2} i(t)\,di$$

$$= L\left[\tfrac{1}{2}i^2\right]_{i_1}^{i_2} = \frac{1}{2}Li_2^{\,2} - \frac{1}{2}Li_1^{\,2}$$

- 인덕터에서 소비된 에너지는 전류의 최초값과 최종값에만 관계되고 도중의 값과는 아무 관계가 없다.
- i_1과 i_2의 크기에 따라서 w의 부호는 (+)일 수도 있고 (-)일 수도 있다.

전류가 흐리지 않던 상태에 대하여, 전류 i가 흐를 때의 에너지 w는

$$w = \frac{1}{2}Li^2$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.2. 인덕터에서의 전력과 에너지

평균 에너지 W

$$w = \frac{1}{2}Li^2 \longleftarrow \quad i(t) = I_m \sin \omega t$$

$$= \frac{1}{2}L(I_m \sin \omega t)^2 = \frac{1}{2}LI^2(1-\cos 2\omega t)$$

w를 주기 동안 평균하여, 인덕터의 평균 에너지 W를 계산하면,

$$W = \frac{1}{2}LI^2 \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(1-\cos 2\omega t)dt = \frac{1}{2}LI^2$$

➔ 인덕터에 평균적으로 축적된 에너지 ≠ 소비 에너지

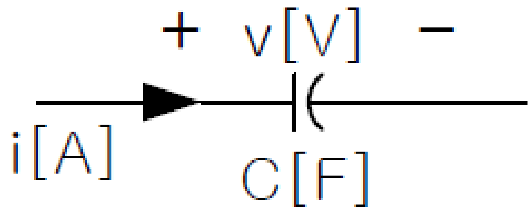
[예제 8-3] $4[H]$의 인덕터에 $i = 5\sqrt{2}\,sin\omega t[A]$의 전류가 흐를 때 평균 에너지 $[J]$를 구하시오.

$$W = \frac{1}{2}LI^2 = 50[J]$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.3. 커패시터에서의 전력과 에너지



커패시터 C에 전압 $v(t)$가 인가된다면, $$v(t) = V_m \sin \omega t$$

커패시터에 흐르는 전류 $i(t)$는 $$i(t) = C\frac{dv}{dt} = \omega C V_m \cos \omega t = I_m \cos \omega t$$

전압과 전류의 실효값을 각각 V, I라 하면, $$V_m = \sqrt{2}V, I_m = \sqrt{2}I, I_m = \omega C V_m = \frac{1}{X_C}V_m$$

$$V_m = X_C I_m \Rightarrow \sqrt{2}V = X_C\sqrt{2}I \Rightarrow V = X_C I = \frac{1}{\omega C}I$$

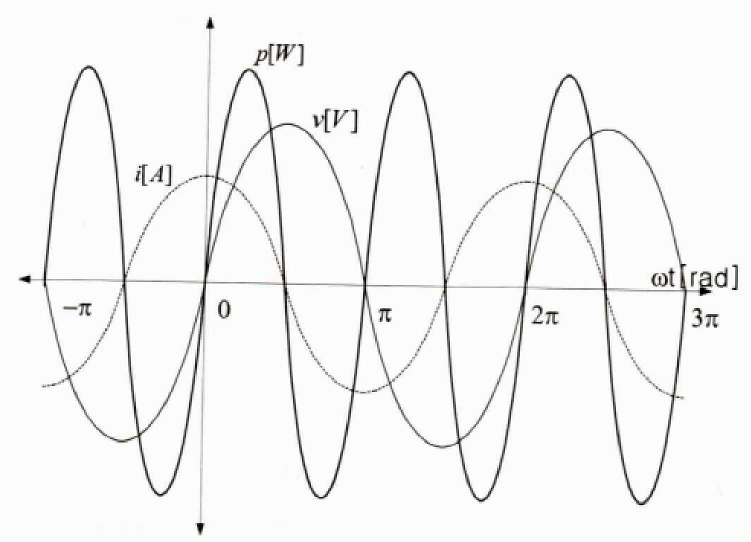
한양대학교 HANYANG UNIVERSITY
E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.3. 커패시터에서의 전력과 에너지

순시전력 ***p***

$$p = vi = V_m \sin \omega t \cdot I_m \cos \omega t = 2VI \sin \omega t \cos \omega t = VI \sin 2\omega t$$



- 주파수: 전압, 전류 주파수의 2배
- 부호가 (+)와 (-)를 반복
- (+): 전하 충전 → 전력 소비
  (-): 전하 방전 → 전력 공급

평균전력 ***P***

$$P = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} VI \sin 2\omega t dt = 0$$

커패시터의 평균전력 ***P***는 **0**이다.

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.3. 커패시터에서의 전력과 에너지

커패시터의 에너지 w

시간 t_1일 때 전압 v_1, 시간 t_2일 때 전압 v_2

소비된 에너지 w는

$$w = \int_{t_1}^{t_2} p\,dt = \int_{t_1}^{t_2} v(t)i(t)dt = \int_{t_1}^{t_2} v(t)C\frac{dv}{dt}dt = C\int_{v_1}^{v_2} v(t)dv$$

$$= C\left[\tfrac{1}{2}v^2\right]_{v_1}^{v_2} = \frac{1}{2}C{v_2}^2 - \frac{1}{2}C{v_1}^2$$

- 커패시터에서 소비된 에너지는 전압의 최초값과 최종값에만 관계되고 도중의 값과는 아무 관계가 없다.
- v_1과 v_2의 크기에 따라서 w의 부호는 (+)일 수도 있고 (-)일 수도 있다.

전압이 0V 였던 상태에 대하여, 전압 v가 걸렸을 때의 에너지 w는

$$w = \frac{1}{2}Cv^2$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.2. 정현파 교류 회로에서의 전력

8.2.3. 커패시터에서의 전력과 에너지

평균 에너지 W

$$w = \frac{1}{2}Cv^2 \longleftarrow \quad i(t) = I_m \sin \omega t$$

$$= \frac{1}{2}C(V_m \sin \omega t)^2 = \frac{1}{2}CV^2(1 - \cos 2\omega t)$$

w를 주기 동안 평균하여, 인덕터의 평균 에너지 W를 계산하면,

$$W = \frac{1}{2}CV^2 \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(1 - \cos 2\omega t)dt = \frac{1}{2}CV^2$$

➔ 커패시터에 평균적으로 축적된 에너지 ≠ 소비 에너지

[예제 8-4] $400[\mu F]$의 커패시터에 $v = 100\sqrt{2}\, sin\omega t\,[V]$의 전압이 인가될 때 평균 에너지 $[J]$를 구하시오.

$$W = \frac{1}{2}CV^2 = 2[J]$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.3. 역률

일반적으로 대전력 시스템의 부하는 저항(R)과 인덕터(L)의 직렬 연결로 생각할 수 있다.

예) 변압기, 전동기 등

부하의 합성 임피던스 $\mathbf{Z} = Z\angle\theta$ 에 전압 $v = \sqrt{2}V \sin \omega t$ 가 인가된다면,

전류는 $i = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \theta)$

따라서, 순시 전력은

$$p = vi = 2VI \sin \omega t \sin(\omega t - \theta)$$

$$\because 2\sin x \sin y = \cos(x - y) - \cos(x + y)$$

$$= VI \cos\theta - VI \cos(2\omega t - \theta)$$

한 주기 동안 **평균 전력**은

$$P = VI \cos\theta$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.3. 역률

역률 *p.f.* (Power Factor)

$$p.f. = \cos\theta = \frac{P}{VI} \qquad -90° \le \theta \le 90° \qquad 0 \le p.f. \le 1$$

인덕터의 경우, 전류가 전압에 뒤지므로 지상역률

커패시터의 경우, 전류가 전압에 앞서므로 진상역률이라 한다.

[예제 8-5] 어느 RL 직렬 회로에 전압이 $100[V]$, 전류가 $20[A]$가 흐르고 있다. 이 회로의 전력이 $1800[W]$라면 역률은 얼마 $[\%]$가 되겠는가?

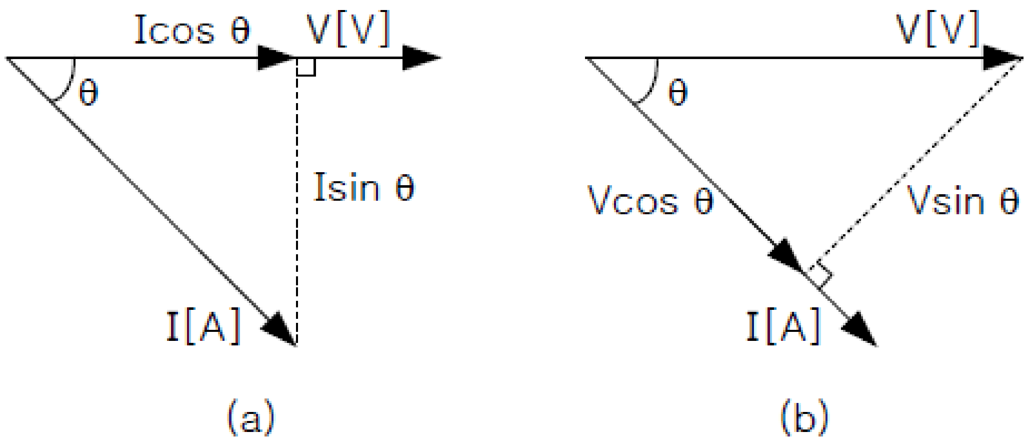
$p.f. = \dfrac{1800}{100 \times 20} \times 100 = 90[\%]$가 되며 L 때문에 지상역률이다.

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.4. 무효전력과 피상전력

유효전력 (Effective Power, Active Power)

$$P = VI\cos\theta$$



유효전력은 전압에 전압과 동상인 전류 성분을 곱해서 구하거나, 전류에 전류와 동상인 전압 성분을 곱해서 구해지는 전력.

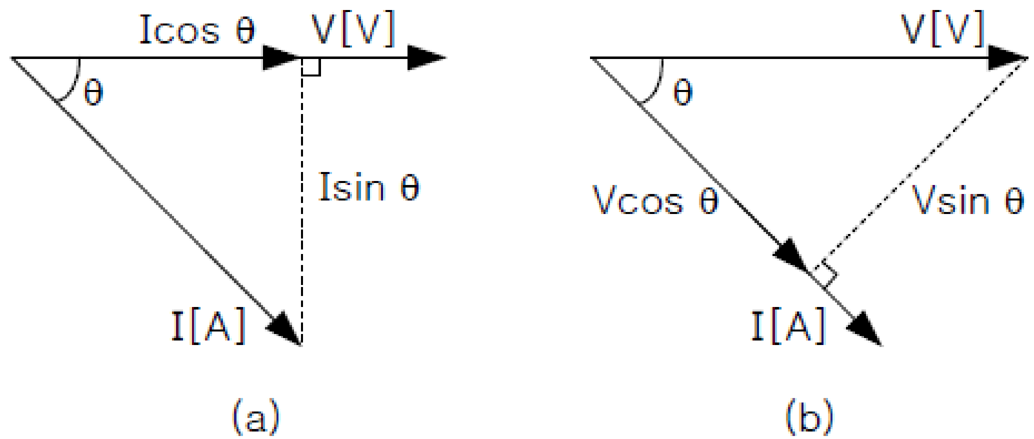
합성 임피던스 중 저항에서의 전력

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.4. 무효전력과 피상전력

무효전력 (Reactive Power, Wattless Power)

$$Q = VI\sin\theta[\mathrm{var}]$$



무효전력이란 전압에 전압과 90°의 위상차인 전류 성분을 곱해서 구하거나, 전류에 전류와 90°의 위상차인 전압 성분을 곱해서 구해지는 전력.단위는 [var] (volt-amperes reactive)

합성 임피던스 중 리액턴스에서의 전력

무효율 (r.f., reactive factor) $r.f. = \sin\theta = \dfrac{Q}{VI}$ $\quad -90° \le \theta \le 90° \quad -1 \le r.f. \le 1$

$$p.f. = \sqrt{1-(r.f.)^2} \qquad r.f. = \sqrt{1-(p.f.)^2}$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.4. 무효전력과 피상전력

<u>피상전력 또는 겉보기 전력 **(Apparent Power)**</u>

$$S = VI[VA]$$

전압과 전류의 실효값을 곱해서 구함.

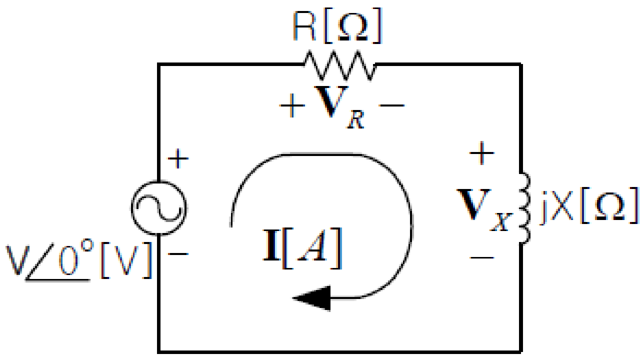
단위는 [VA] (volt-ampere)

$$P^2 + Q^2 = (VI\cos\theta)^2 + (VI\sin\theta)^2 = (VI)^2 = S^2$$

$$\therefore S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

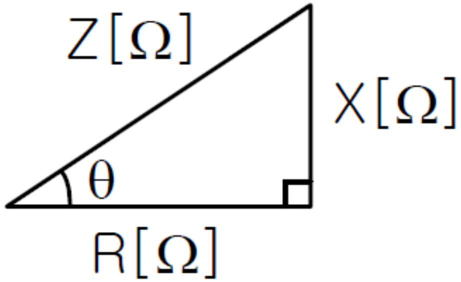
E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.4. 무효전력과 피상전력



$$Z = R + jX = \sqrt{R^2+X^2}\angle\tan^{-1}\frac{X}{R} = Z\angle\theta[\Omega]$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{Z}\angle-\theta[A]$$



$$S = VI = V\frac{V}{Z} = \frac{V^2}{Z} = V^2Y = (ZI)I = ZI^2 = \frac{I^2}{Y}[VA]$$

$$P = VI\cos\theta = VI\frac{R}{Z} = RI^2 = \frac{V_R^2}{R}[W]$$

V=IZ

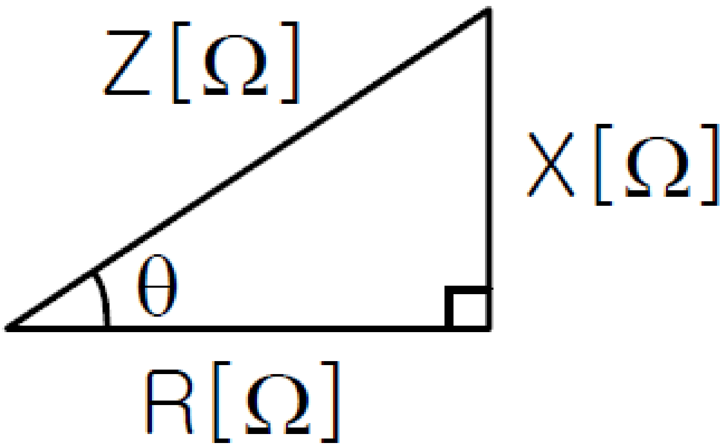
$$Q = VI\sin\theta = VI\frac{X}{Z} = XI^2 = \frac{V_X^2}{X}[var]$$

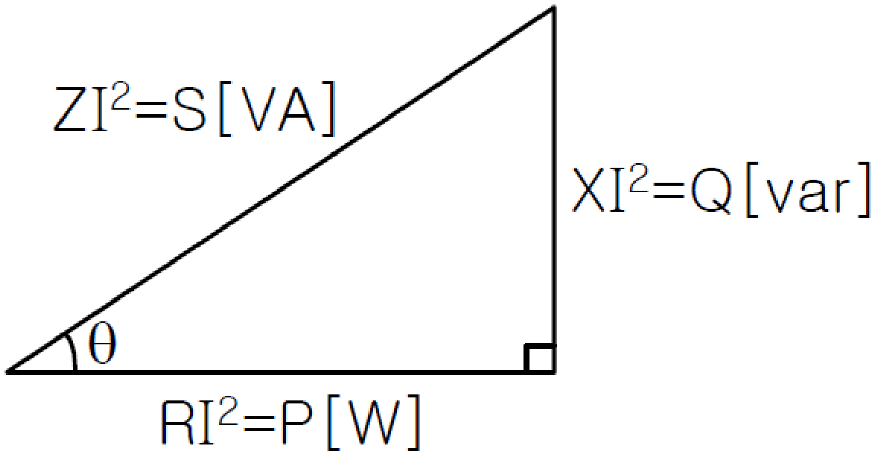
$$\cos\theta = \frac{R}{Z},\ \sin\theta = \frac{X}{Z}$$

한양대학교 HANYANG UNIVERSITY

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.4. 무효전력과 피상전력

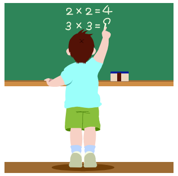




E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.4. 무효전력과 피상전력

[예제 8-6] $R = 30[\Omega]$, $L = 0.106[H]$ 직렬회로에 $60[Hz]$, $100[V]$ 교류 전압이 인가되어 있다. 이 회로의 역률, 무효율, 피상, 유효, 무효 전력을 각각 구하시오.

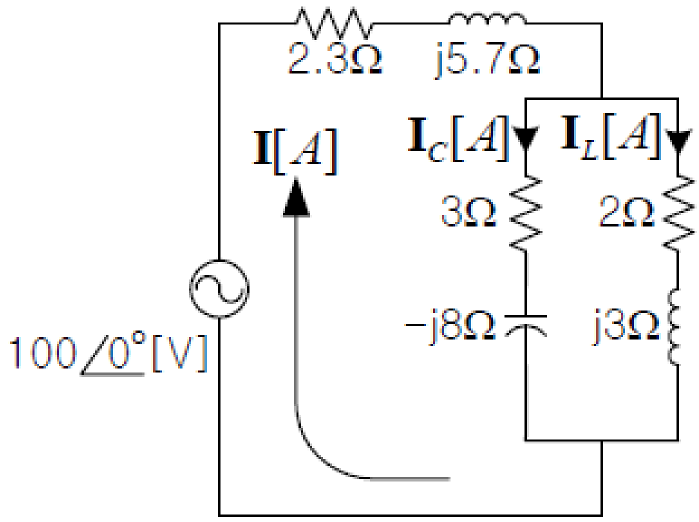


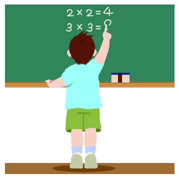
한양대학교
HANYANG UNIVERSITY

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.4. 무효전력과 피상전력

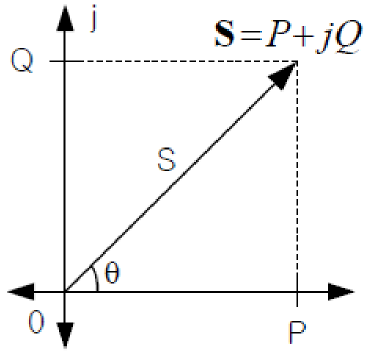
[예제 8-7] 그림 8-14 회로에서 각 소자에서의 유효전력과 무효전력을 구하고 전체회로에서의 피상[VA], 유효[W] 및 무효 전력[var]을 구하시오.





8.5. 복소전력

전력 삼각형은 임피던스 삼각형의 각 변에 I^2을 곱하면 되므로 임피던스 삼각형과 닮은 꼴이다.



<u>복소전력</u>

$$\mathbf{S} = VI\cos\theta + jVI\sin\theta = VI\angle\theta$$
$$= P + jQ = RI^2 + jXI^2 = (R + jX)I^2$$
$$= \mathbf{Z}I^2 = \mathbf{Z}\mathbf{I}\bar{\mathbf{I}} = \mathbf{V}\bar{\mathbf{I}}$$

복소전력은 복소전압과 복소전류의 공액복소수를 곱하여 구할 수 있고,

이때, 실수부는 유효전력이고 허수부는 무효전력이다.

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.5. 복소전력

[예제 8-8] 예제 8-7의 전체 전력을 복소 전력을 이용하여 구하시오.

$$V\,I = 100\angle 0 \times \overline{10\angle -53.1} = 1000\angle 53.1^\circ$$

$$= 1000(\cos 53.1 + \sin 53.1) = 600 + j800$$

따라서 피상전력은 1000$[VA]$, 유효전력은 600$[W]$, 무효전력은 800$[var]$이다.

[예제 8-9] $V = 25 - j40[V]$, $I = 4 - j8[A]$인 회로의 전력을 구하시오.

$$\text{복소전력} = V\,\overline{I} = (25 - j40)(4 + j8) = 420 + j40 = 422\angle 5.44^\circ$$

따라서 피상전력은 422$[VA]$, 유효전력은 420$[W]$, 무효전력은 40$[var]$이다.

8.6. 역률의 개선

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

역률이 낮으면, 부하에 동일한 전력을 전달하기 위해 더 많은 전류를 흘려야 한다.

이런 문제를 해결하기 위하여, 인덕턴스가 주성분인 부하에 커패시터를 병렬 연결하여 역률을 개선한다.

이러한 커패시터를 역률 개선용 **진상 콘덴서**라고 한다.

역률 개선은 부하자체의 역률을 개선한다는 의미가 아니고, 전원의 입장에서 전력에 기여하지 못하는 리액턴스의 전류를 상쇄하여 전원 전류의 크기를 줄이는 것이다.

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.6. 역률의 개선

[예제 8-10] 그림 8-16의 두 회로에 대한 전력을 구하시오.

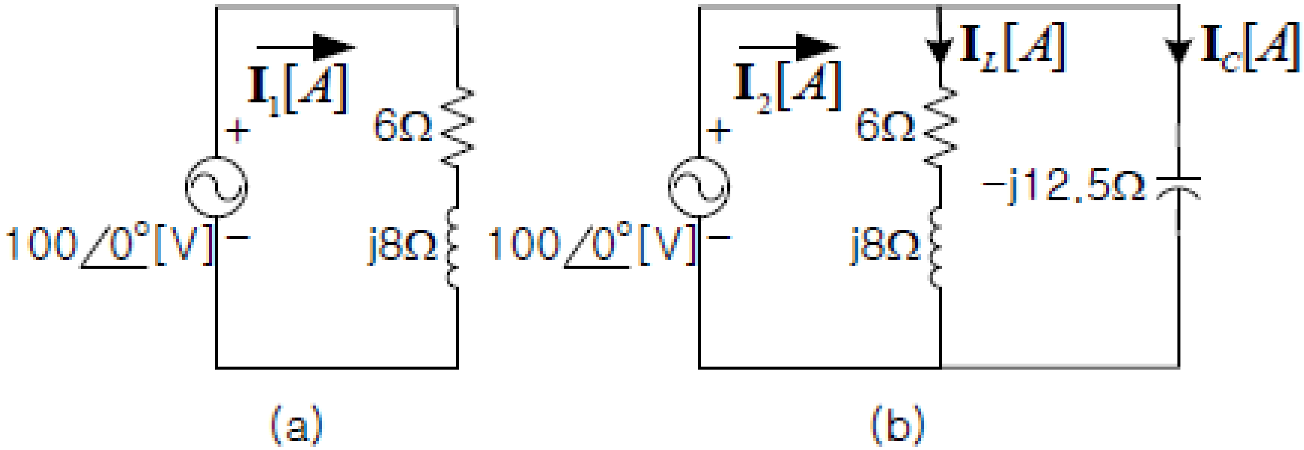
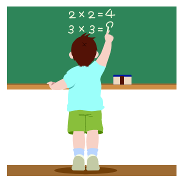


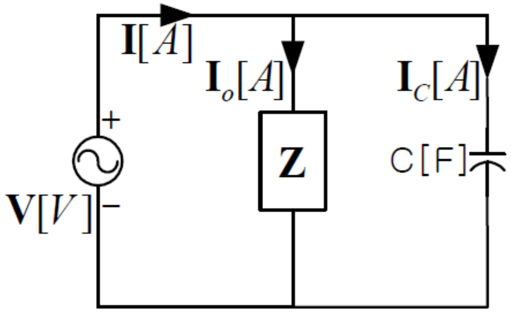
그림 8-26



E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

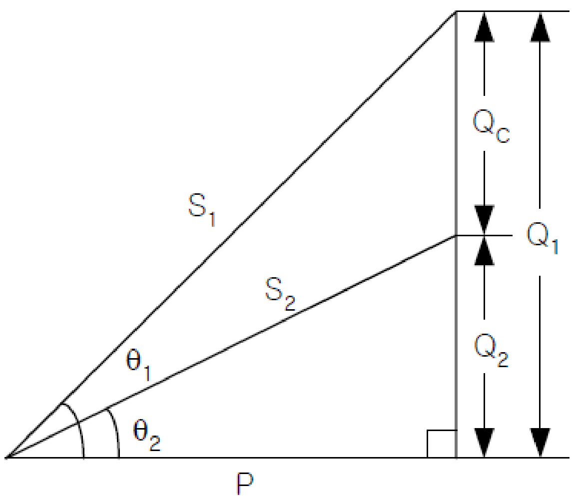
8.6. 역률의 개선

진상 콘덴서 용량



역률을 $\cos\theta_1$ ➔ $\cos\theta_2$

$$I_C = \frac{V}{\frac{1}{j\omega C}} = j2\pi f C V [A]$$



$$Q_C = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)[var]$$

$$Q_C = VI_C = 2\pi f C V^2$$

$$2\pi f C V^2 = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)$$

$$C = \frac{P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)}{2\pi f V^2}[F]$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.6. 역률의 개선

[예제 8-11] 그림 8-19에서 다음 조건에 대한 Q_C를 구하시오.

(1) $S_1 = 100,\ \cos\theta_1 = 0.6,\ \cos\theta_2 = 0.9$

$$\cos\theta_1 = \frac{P}{S_1} \rightarrow P = S_1\cos\theta_1 = 60,$$

$$\cos\theta_1 = 0.6 \rightarrow \theta_1 = Cos^{-1}0.6 = 53.13^\circ,$$

$$\tan\theta_1 = \frac{Q_1}{P} \rightarrow Q_1 = P\tan\theta_1 = 80$$

$$\cos\theta_2 = 0.9 \rightarrow \theta_2 = Cos^{-1}0.9 = 25.84^\circ,$$

$$\tan\theta_2 = \frac{Q_2}{P} \rightarrow Q_2 = P\tan\theta_2 = 29.06$$

$$\therefore Q_C = Q_1 - Q_2 = 50.94$$

(2) $S_1 = 200,\ \theta_1 = 60^\circ,\ \theta_2 = 30^\circ$

$$\cos\theta_1 = \frac{P}{S_1} \rightarrow P = 200\cos60 = 100,$$

$$\tan\theta_1 = \frac{Q_1}{P} \rightarrow Q_1 = 100\tan60 = 80 = 173.21$$

$$\tan\theta_2 = \frac{Q_2}{P} \rightarrow Q_2 = 100\tan30 = 57.74$$

$$\therefore Q_C = Q_1 - Q_2 = 115.47$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.6. 역률의 개선

[예제 8-11] 그림 8-19에서 다음 조건에 대한 Q_C를 구하시오.

(3) $P=100,\ \cos\theta_1=0.65,\ \cos\theta_2=0.95$

$$\cos\theta_1=0.65 \rightarrow \theta_1=Cos^{-1}0.65=49.46^\circ,$$

$$\tan\theta_1=\frac{Q_1}{P} \rightarrow Q_1=100\tan 49.46=116.91$$

$$\cos\theta_2=0.95 \rightarrow \theta_2=Cos^{-1}0.95=18.19^\circ,$$

$$\tan\theta_2=\frac{Q_2}{P} \rightarrow Q_2=100\tan 18.19=32.87$$

$$\therefore Q_C=Q_1-Q_2=84.04$$

(4) $P=200,\ \theta_1=72^\circ,\ \theta_2=30^\circ$

$$\tan\theta_1=\frac{Q_1}{P} \rightarrow Q_1=200\tan 72=615.54,$$

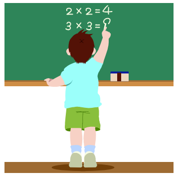
$$\tan\theta_2=\frac{Q_2}{P} \rightarrow Q_2=200\tan 30=115.47$$

$$\therefore Q_C=Q_1-Q_2=500.07$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.6. 역률의 개선

[예제 8-12] 뒤진 역률 60%, 1000[kVA]인 부하를 뒤진 역률 90%로 개선하기 위한 진상용 콘덴서의 용량[$kvar$] 및 개선 후 부하의 피상전력 [kVA]을 구하시오. 또 이 부하에 100[V], 60[Hz]의 전압이 공급되고 있다면 이 콘덴서의 커패시턴스[F]는 얼마인가?

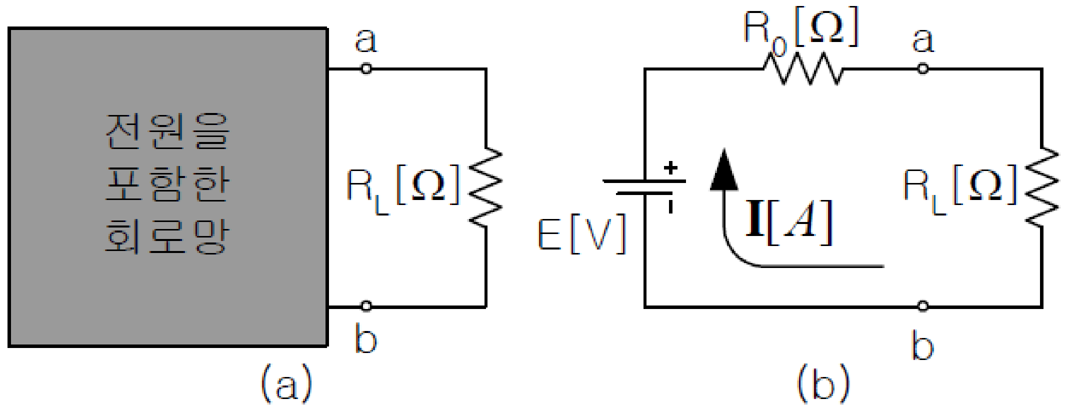


E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.7. 최대 전력 전달 조건

8.7.1. 내부 임피던스와 부하가 모두 순저항인 경우

R_L 설정 방법 (R_0는 고정)



$$I = \frac{E}{R_0 + R_L}[A]$$

$$P = R_L I^2 = \frac{R_L E^2}{(R_0 + R_L)^2} = \frac{E^2}{\dfrac{R_0^2}{R_L} + 2R_0 + R_L}[W]$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.7. 최대 전력 전달 조건

8.7.1. 내부 임피던스와 부하가 모두 순저항인 경우

P를 최대화하는 것은 P의 분모를 최소화하는 것과 같다.

➔ P의 분모의 R_L에 대한 편미분이 0이 되는 R_L을 구한다.

$$\arg\min_{R_L}\left(\frac{R_0{}^2}{R_L}+2R_0+R_L\right) \qquad \frac{\partial\left(\frac{R_0{}^2}{R_L}+2R_0+R_L\right)}{\partial R_L}=-\frac{R_0{}^2}{R_L{}^2}+1=0 \qquad \therefore R_L=R_0$$

이때의 최대 전력은 $P_{\max}=\dfrac{E^2}{4R_L}=\dfrac{E^2}{4R_0}[W]$

최대 전력을 전송받으려면 부하에서의 소비전력이 전체 소비전력의 반밖에 되지 않아서 효율은 50%가 된다.

$$P=EI=\frac{E^2}{R}=\frac{E^2}{R_0+R_L}=\frac{E^2}{2R_L}$$

8.7. 최대 전력 전달 조건

[예제 8-13] 내부저항 10[Ω], 기전력 100[V]인 직류 전원에 연결되어 최대 전력을 소비할 수 있는 부하저항의 크기 [Ω]와 이때의 전력 [W]을 구하시오.

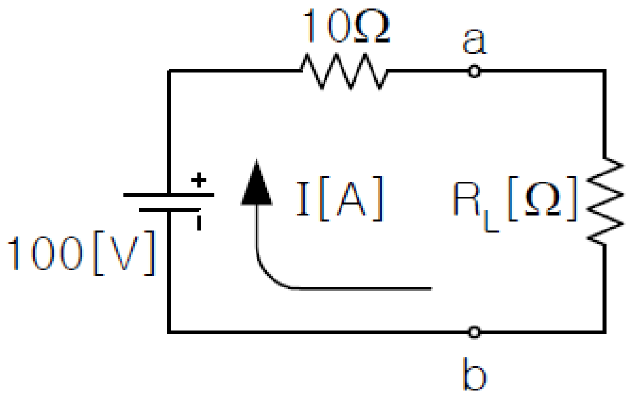


그림 8-33

$$R_L = 10\Omega$$

$$P_{\max} = \frac{100^2}{4 \times 10} = 250[W]$$

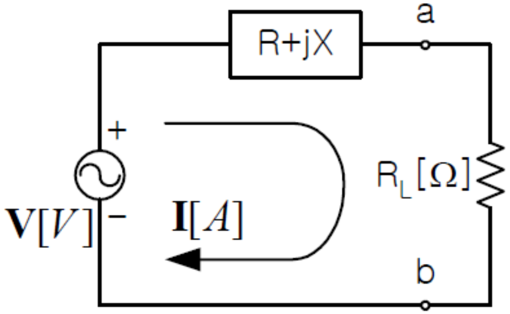
$$I = \frac{100}{20} = 5[A], \; P = VI = 100 \times 5 = 500[W]$$

$$P_{R_L} = R_L I^2 = 10 \times 25 = 250[W]$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.7. 최대 전력 전달 조건

8.7.2. 임피던스 형태의 내부 저항과 순저항 부하인 경우



$$I = \frac{V}{R + jX + R_L}, \quad I = \frac{V}{\sqrt{(R+R_L)^2 + X^2}} [A]$$

$$P = R_L I^2 = \frac{R_L V^2}{(R+R_L)^2 + X^2} [W]$$

$$\frac{\partial P}{\partial R_L} = \frac{\{(R+R_L)^2 + X^2 - 2R_L(R+R_L)\} V^2}{\{(R+R_L)^2 + X^2\}^2} = \frac{R^2 - R_L^2 + X^2}{\{(R+R_L)^2 + X^2\}^2} = 0 \qquad R^2 - R_L^2 + X^2 = 0$$

$$\Rightarrow R_L = \sqrt{R^2 + X^2} \qquad P_{max} = \frac{\sqrt{R^2 + X^2}\, V^2}{(R + \sqrt{R^2+X^2})^2 + X^2} = \frac{V^2}{2(\sqrt{R^2+X^2} + R)} [W]$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.7. 최대 전력 전달 조건

[예제 8-14] 내부 임피던스 $6-j8[\Omega]$, 전압 $100[V]$인 정현파 교류 전원에 순저항 부하를 연결하여 소비할 수 있는 최대 전력 $[W]$은 얼마인가?

$$R_L = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\Omega$$

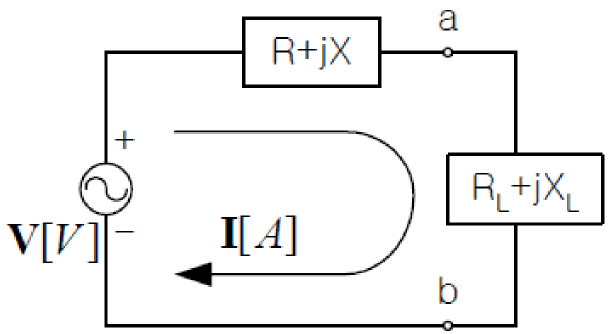
$$I = \frac{100}{\sqrt{(6+10)^2 + 8^2}}[A]$$

$$P_{\max} = R_L I^2 = 10 \times \frac{100^2}{16^2 + 8^2} = 312.5[W]$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.7. 최대 전력 전달 조건

8.7.3. 내부 임피던스와 임피던스 형태의 부하인 경우



$$I=\frac{V}{R+R_L+jX+JX_L} \qquad I=\frac{V}{\sqrt{(R+R_L)^2+(X+X_L)^2}}[A]$$

$$P=R_L I^2=\frac{R_L V}{(R+R_L)^2+(X+X_L)^2}=\frac{V^2}{\frac{(R+R_L)^2}{R_L}+\frac{(X+X_L)^2}{R_L}}[W]$$

리액턴스는 L과 C로 상쇄한다면, $X+X_L=0$ 즉, $X_L=-X$

$$P=\frac{V^2}{\frac{(R+R_L)^2}{R_L}}=\frac{V^2}{\frac{R^2}{R_L}+2R+R_L}$$

➡ $R_L=R$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.7. 최대 전력 전달 조건

8.7.3. 내부 임피던스와 임피던스 형태의 부하인 경우

따라서, 부하는

$$R_L + jX_L = R - jX = \overline{R + jX}$$

공액 정합 (conjugate matching)

공액 형태의 부하 임피던스를 취하여 최대 전력을 얻어내는 방법

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung

8.7. 최대 전력 전달 조건

[예제 8-15] 전압 220[V], 내부 임피던스 $0.72+j5[\Omega]$인 발전기에 부하를 연결하여 최대의 전력을 얻어 내려면 부하는 어떤 값을 가져야 하는가? 또 이때의 전력은 얼마인가? 단, 발전기에서 부하까지의 선로 임피던스는 $5.28+j3[\Omega]$이다.

$$\text{부하 임피던스} = \overline{0.72+j5+5.28+j3} = 6-j8[\Omega]$$

$$I = \frac{220}{0.72+j5+5.28+j3+6-j8} = \frac{220}{12}[\Omega]$$

$$P_{\max} = R_L I^2 = 6\times\left(\frac{220}{12}\right)^2 = 2016.67[W]$$

E-mail: hogijung@hanyang.ac.kr
http://web.yonsei.ac.kr/hgjung