

第10章 交流電功率

10-1 平均功率

10-3 虛功率

10-2 視在功率

10-4 功率因數

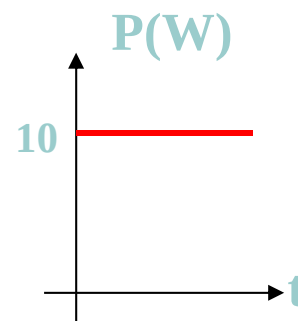
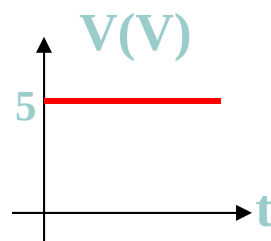
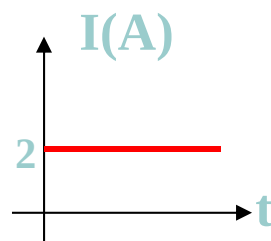
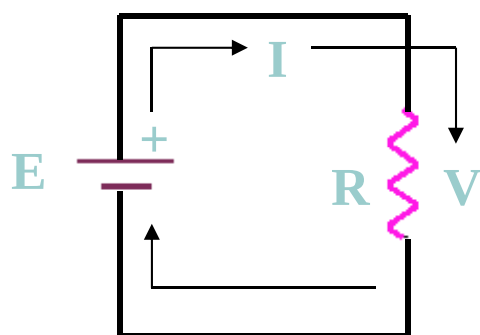
※10-5 功率因數的改善



10-1 平均功率

直流電功率

功率=電壓×電流； $P=V \times I$



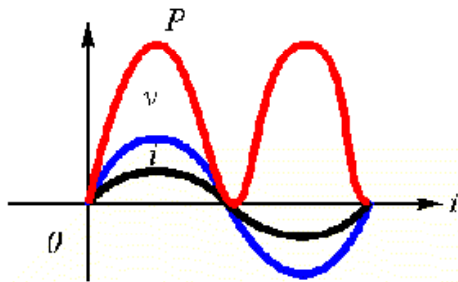
$$P=V \times I=5 \times 2=10(\text{W})$$



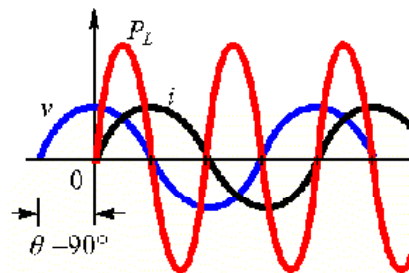
10-1.1 瞬時功率

交流電功率

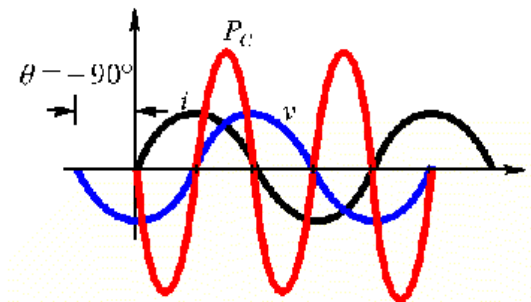
$$i(t) = I_m \sin \omega t ; v(t) = V_m \sin \omega t$$



純電阻



電感性



電容性

電感與電容為儲能元件且有相位角關係



10-1.2 平均功率

定義：

瞬時功率：

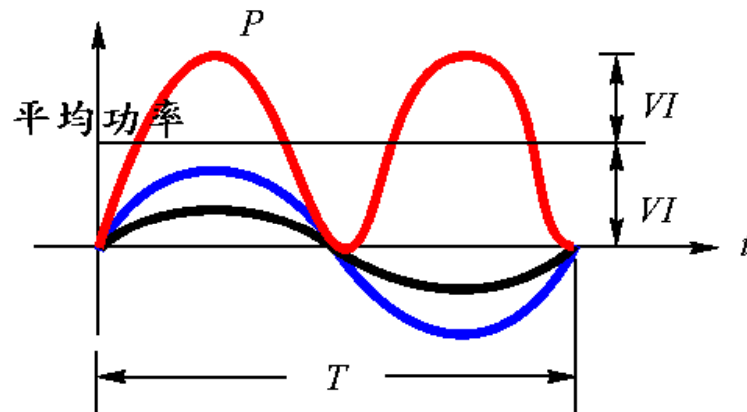
$$P = \frac{I_m E_m}{2} [\cos \theta - \cos(2\omega t + \theta)]$$

平均功率：

振幅相等正好為零

$$P = \frac{I_m E_m}{2} \cos \theta$$

$$= EI \cos \theta$$



某一週期內，瞬時功率之平均值。

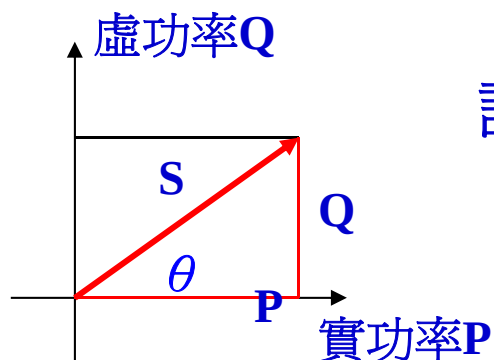


10-2

視在功率

基本觀念 視在功率為平均功率與無效功率之相量和

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



設交流電路 $\bar{E} = E \angle \theta$, $\bar{I} = I \angle 0^\circ$ 則：

$$S = E \times I = E \angle \theta \times I \angle 0^\circ = EI \angle \theta + 0^\circ$$

$$S = EI \cos \theta + jEI \sin \theta$$

電阻性電路虛功率為零，視在功率=平均功率



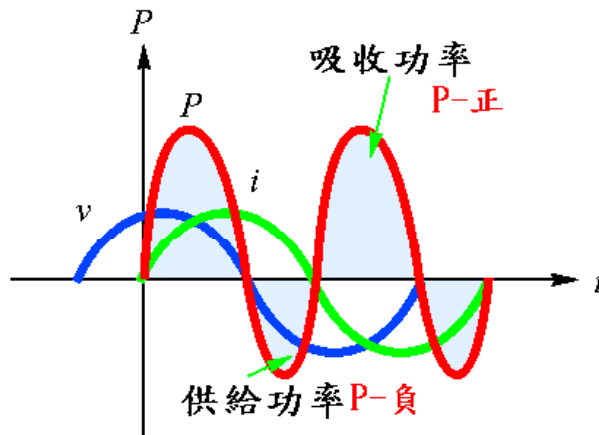
10-3 虛功率(無效功率)

基本觀念 虛功率由電抗元件造成。

電感與電容器為儲能元件，本身不會消耗功率
對電路而言，屬於沒有用的功率故稱無效功率

虛功率之數學式

$$Q = EI \sin \theta \quad \text{或} \quad Q = I^2 X \quad \text{乏(var)}$$



虛功率Q若為正值表示吸收功率



10-3 虛功率(無效功率)

例題 交流電路中，若 $v(t)=100\sin(200t+35^\circ)\text{V}$
 $i(t)=0.1\sin(200t+80^\circ)\text{A}$ ，試求(1)視在功率 S ，(2)平均功率 P ，(3)虛功率 Q 。

解答 交流電路應用有效值求解!

視在功率 $S=EI=100/\sqrt{2}\times 0.1/\sqrt{2}=5(\text{VA})$

平均功率 $\theta=35^\circ-80^\circ=-45^\circ$ 呈電容性

$P=S\cos\theta=5\times 0.707=3.535(\text{W})$

虛功率 $Q=S\sin\theta=5\times -0.707=-3.535(\text{VAR})$



10-4 功率因數

定義

$$\text{功率因數PF} = \frac{\text{平均功率}}{\text{視在功率}} = \frac{EI \cos \theta}{EI} = \cos \theta$$

交流電路之功率因數

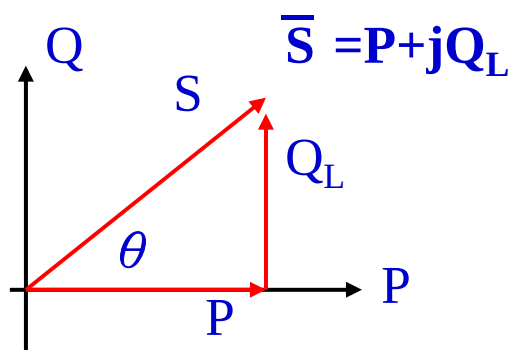
$$\text{功率因數PF} = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\text{串聯電路} \quad \cos \theta = \frac{R}{Z} \quad \text{並聯電路} \quad \cos \theta = \frac{Z}{R}$$

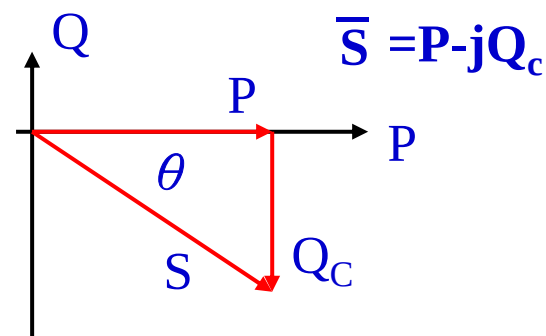


10-4 功率因數

電感性電路之功率因數



電容性電路之功率因數



電感性為滯後電抗功率

電容性為領前電抗功率



10-4 功率因數

領前、滯後功率之特性

1. 領前：表示電容性阻抗

電流領前電壓、功因角為負

2. 滯後：表示電感性阻抗

電流滯後電壓、功因角為正

例如

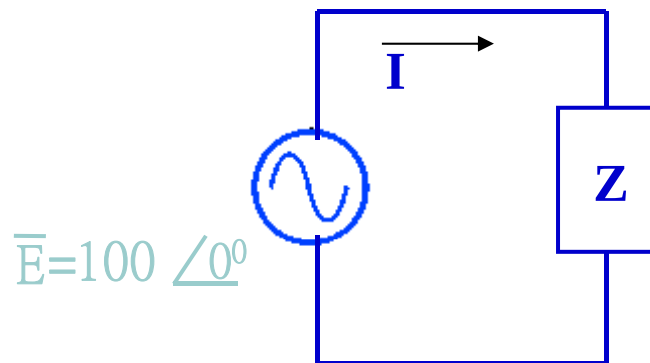
功因角 $\theta = 60^\circ$ 的阻抗 表示電流落後電壓

功因角 $\theta = -60^\circ$ 的阻抗 表示電流領前電壓



10-5 功率因數的改善

功率因數改善的效果



負載功率 $P=1800\text{W}$

$$P = EI \cos \theta ; I = P / E \cos \theta$$

改善前： $\cos \theta = 0.6$ (落後)

$$I = 1800 / 100 \times 0.6 = 30(\text{A})$$

改善後： $\cos \theta = 0.9$ (落後)

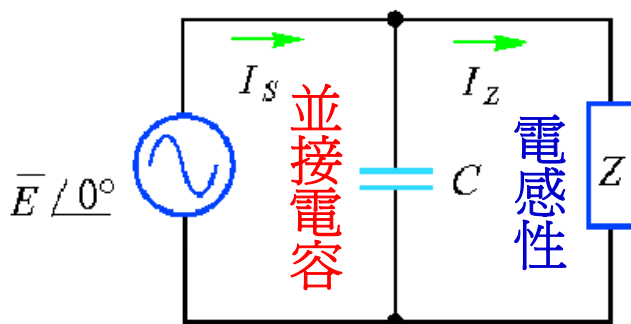
$$I = 1800 / 100 \times 0.9 = 20(\text{A})$$

提高功率因數，電力公司僅需供應較小的電流



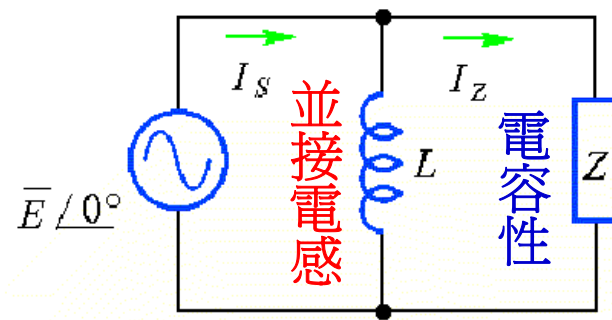
10-5 功率因數的改善

改善的方法



電容量大小

$$C = \frac{Q_C}{2\pi fE^2}$$



功率大小

$$Q_C = P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$



10-5 功率因數的改善

例題 單相感應電動機， $E=220V$ ， $f=60Hz$ ， $S=20kVA$
 $PF=0.6$ 滯後，今提高 $PF=0.8$ ，電容量為多少？

解答 由公式： $Q_C=P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$

$$\begin{aligned}\cos \theta_1 &= 0.6 \rightarrow \sin \theta_1 = 0.8 \rightarrow \tan \theta_1 = 4/3 \\ \cos \theta_2 &= 0.8 \rightarrow \sin \theta_2 = 0.6 \rightarrow \tan \theta_2 = 3/4\end{aligned}$$

電容之功率： $Q_C=20K(4/3-3/4)=7k(VAR)$

電容量大小： $C=\frac{7k}{2 \times 3.14 \times 60 \times 220^2}=384 \mu(F)$