



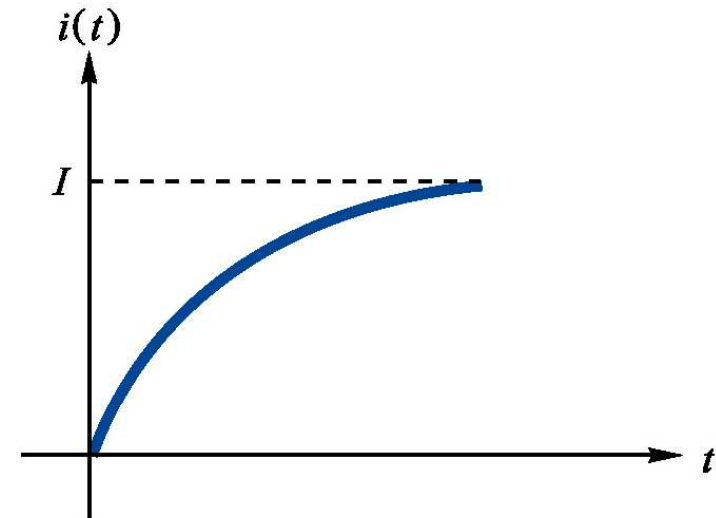
# 目 錄

- 7-1 電阻-電容電路的暫態.....2 
- 7-2 電阻-電感電路的暫態.....14 

### 上昇及下降曲線の方程式

上昇曲線方程式，其公式爲：

$$i(t) = I(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

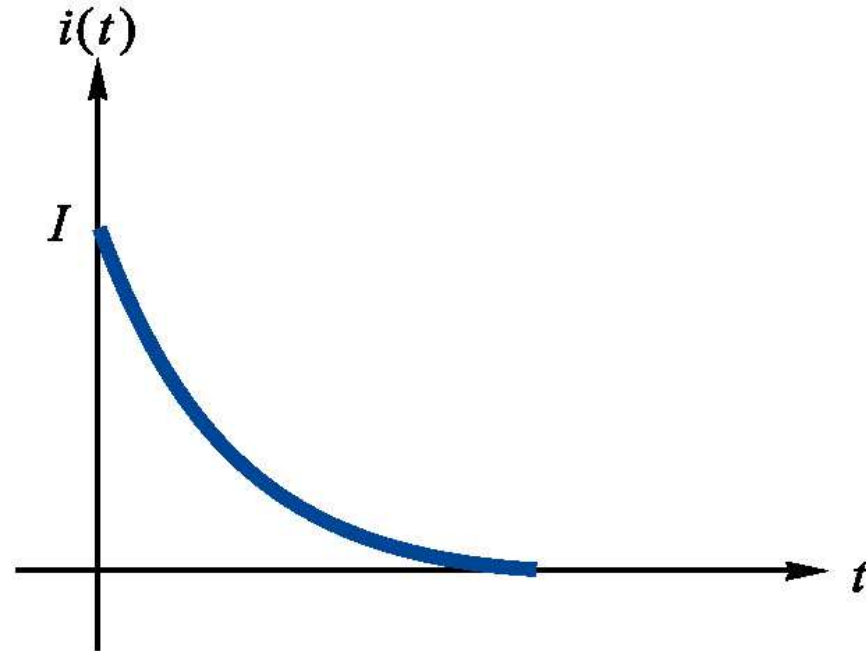


▶ 7-1

上昇曲線

其下降曲線公式為：

$$i(t) = I e^{-\frac{t}{\tau}}$$



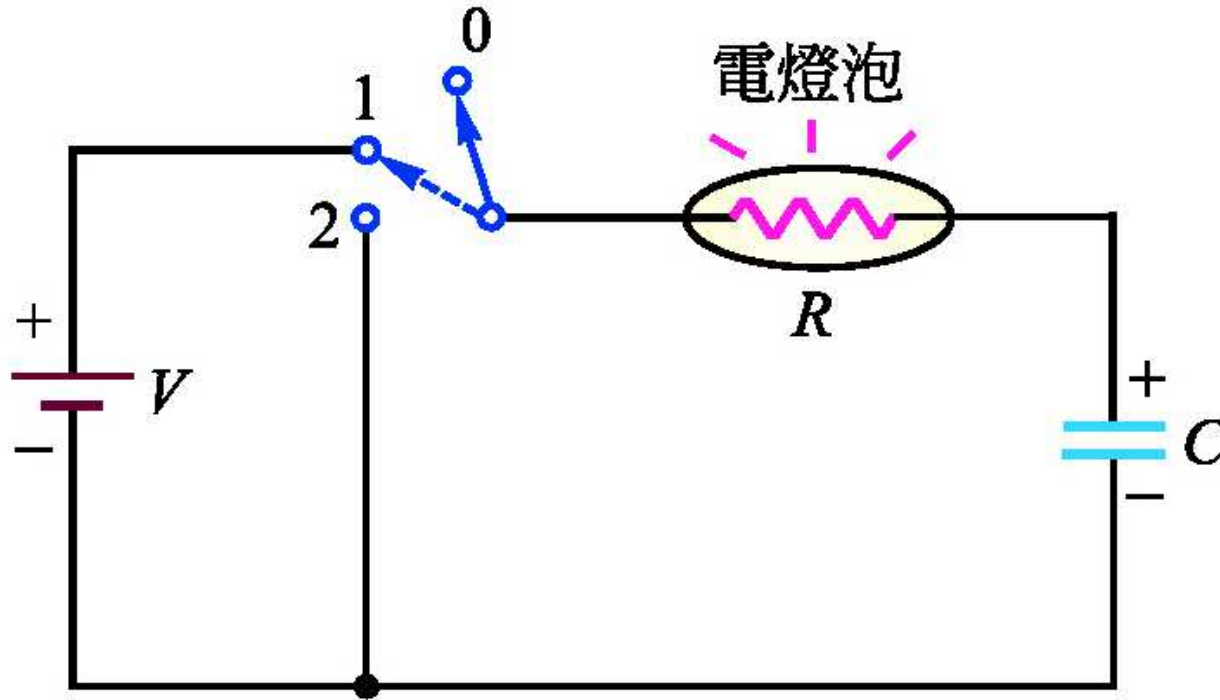
◀ 7-2

下降曲線

## ***R-C* 充電**

- 1. *R-C* 充電瞬間 ( $t = 0$ )**
- 2. *R-C* 充電過程 ( $t > 0$ )**
- 3. *R-C* 充電完畢 ( $t \gg 0$ )**

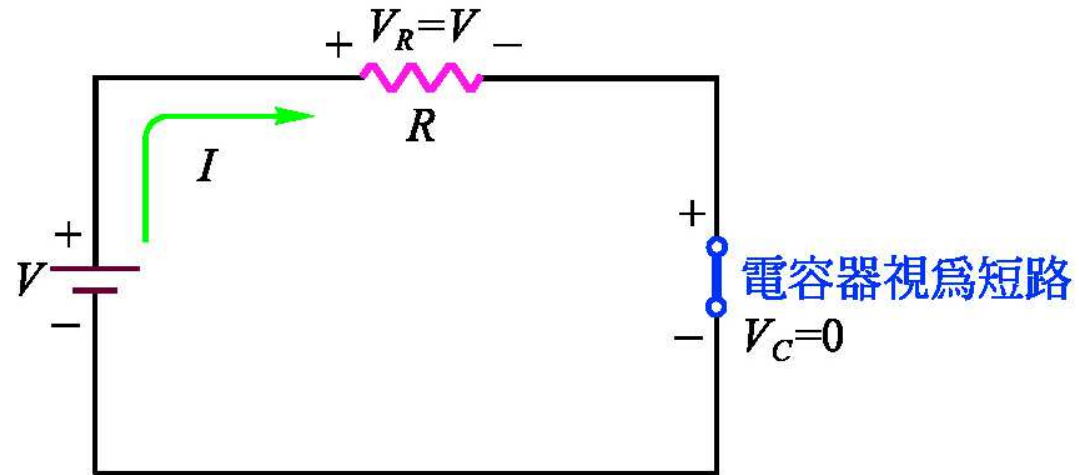
$$V_C = V \quad V_R = 0 \quad I = 0$$



◀ 7-3

### $R$ - $C$ 充放電電路

$$V_C = 0$$
$$V_R = V$$
$$I = \frac{V}{R}$$

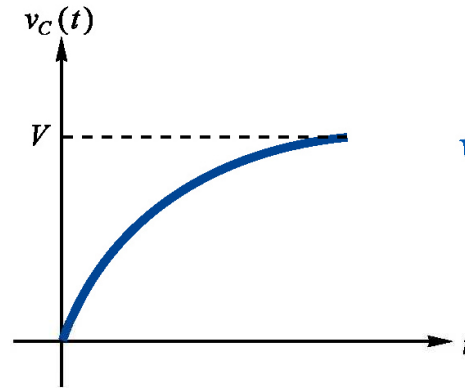


▶ 7-4

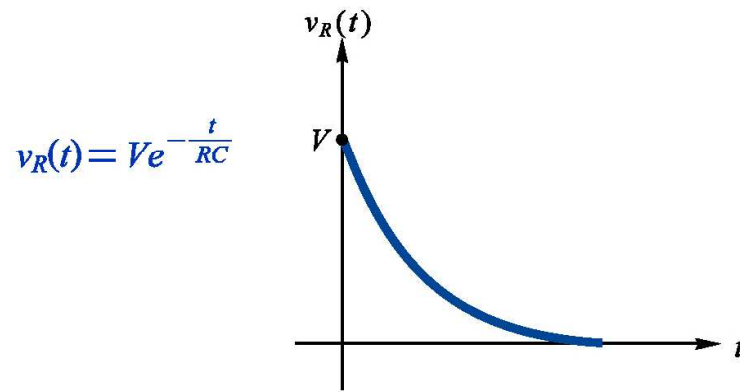
R-C 充電瞬間

## ▶ 7-5

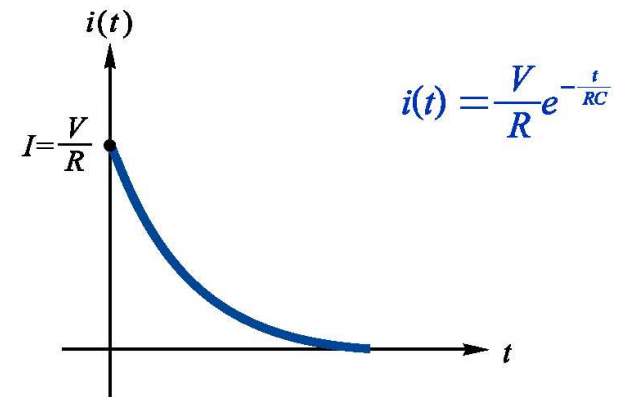
R-C 充電(a)  $v_C$  上昇曲線，  
(b)  $v_R$  下降曲線，(c)  $i$  下降  
曲線



(a)



(b)

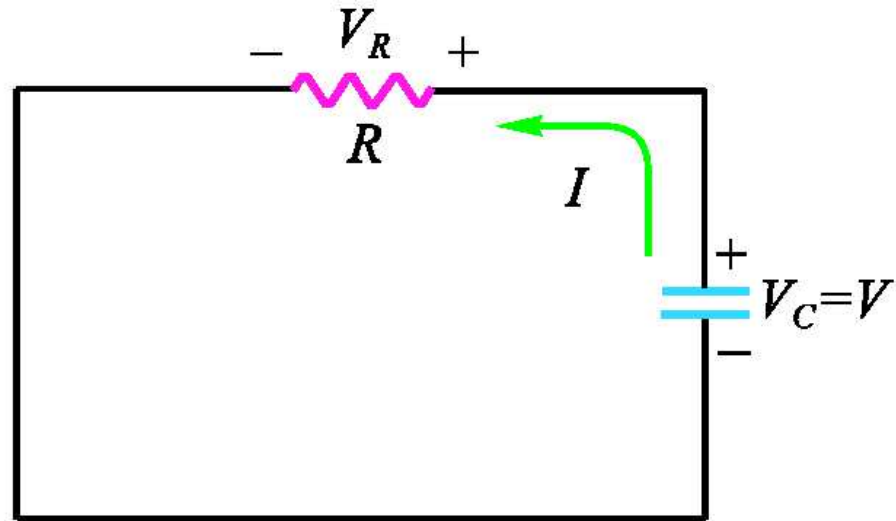


(c)

$$V_C = V$$

$$V_R = -V_C = -V$$

$$I = -\frac{V}{R}$$



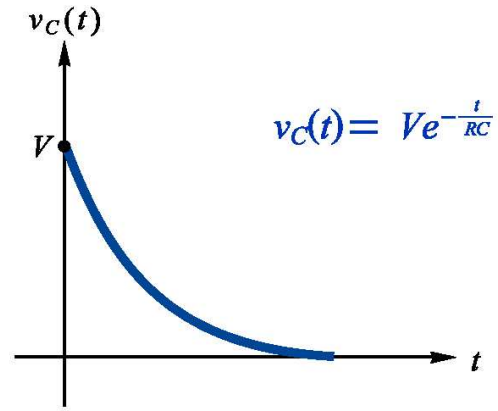
▶ 7-6

R-C 放電電路



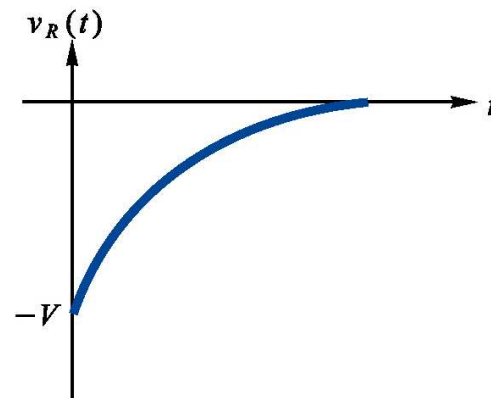
▶ 7-7

R-C 放電(a)  $v_C(t)$ , (b)  $v_R(t)$ ,  
(c)  $i(t)$  下降曲線

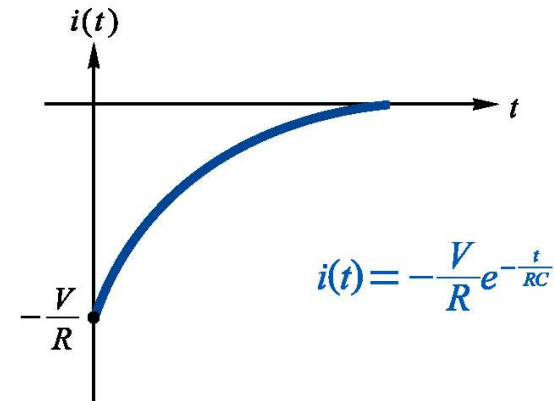


(a)

$v_R(t) = -Ve^{-\frac{t}{RC}}$



(b)



(c)

## ***R-C* 放電**

1. *R-C* 放電瞬間( $t = 0$ )
2. *R-C* 放電過程( $t > 0$ )
3. *R-C* 放電完畢( $t \gg 0$ )

$$V_C = 0 \quad V_R = 0 \quad I = 0$$

## 時間常數

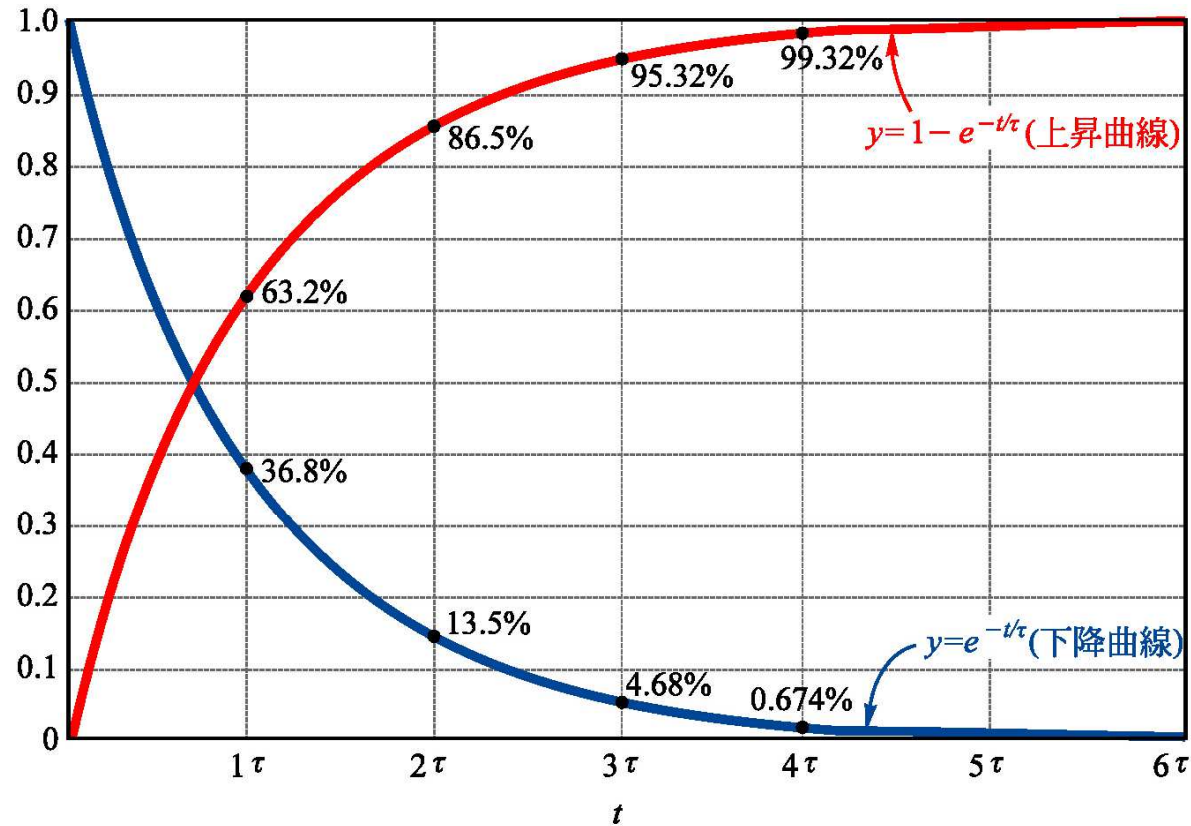
$$\tau = RC$$

因 $\tau$ 之單位為秒，且由 $R$ 和 $C$ 所決定的常數，所以稱為  $RC$  時間常數，它的量決定電容器充電放電的快慢。

| $t$     | $e^{-\frac{t}{\tau}}$ |
|---------|-----------------------|
| 0       | $e^0 = 1.0$           |
| $\tau$  | $e^{-1} = 0.368$      |
| $2\tau$ | $e^{-2} = 0.135$      |
| $3\tau$ | $e^{-3} = 0.0468$     |
| $4\tau$ | $e^{-4} = 0.0183$     |
| $5\tau$ | $e^{-5} = 0.00674$    |
| $6\tau$ | $e^{-6} = 0.00248$    |

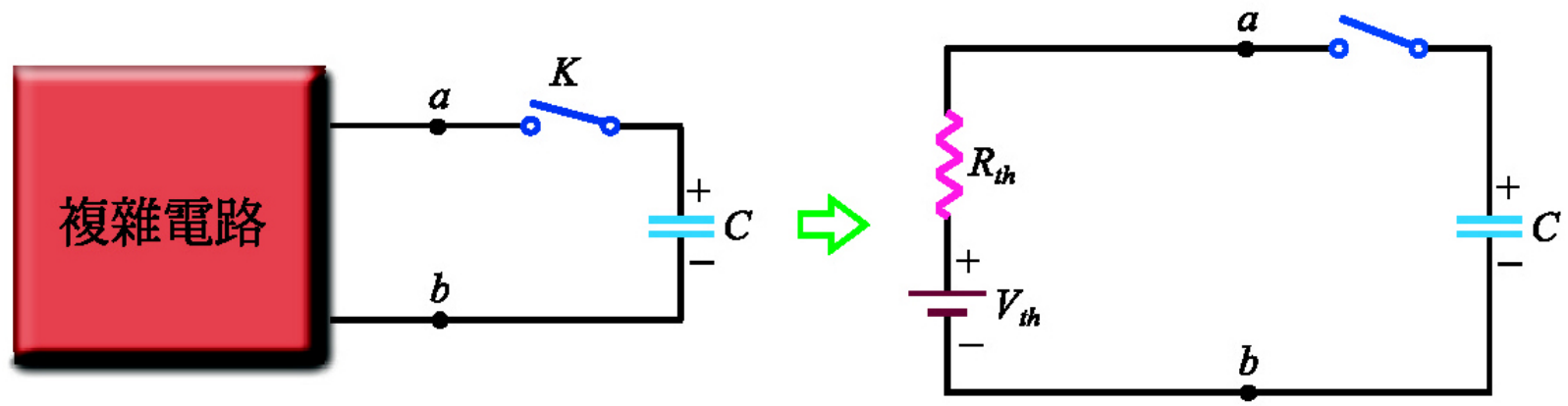
▶表 7-1

 $e^{-\frac{t}{\tau}}$ 的數值



▶ 7-8

對於時間常數  $\tau$  的一般性指數曲線



▶ 7-9

複雜網路的  $R$ - $C$  暫態

回目錄

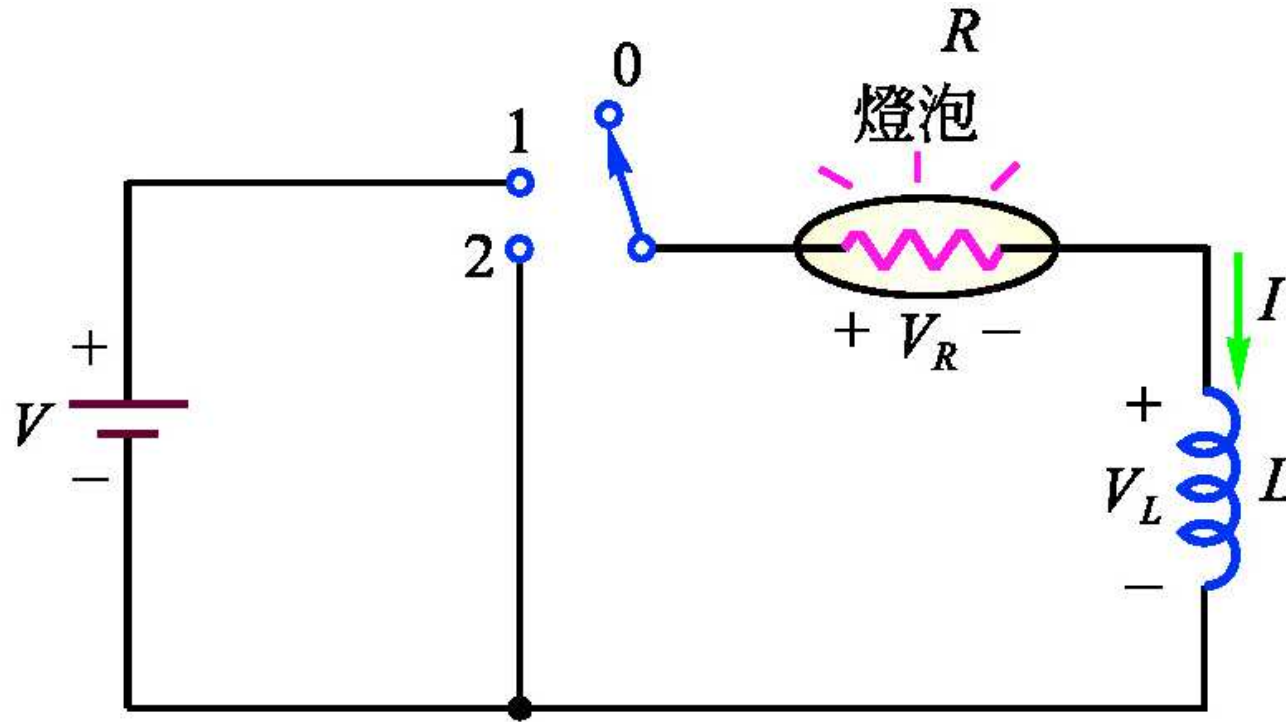
## ***R-L* 充電**

1. *R-L* 充電瞬間( $t = 0$ )
2. *R-L* 充電過程( $t > 0$ )
3. *R-L* 充電完畢( $t \geq 5\tau$ )

$$V_L = 0$$

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{最大值}$$

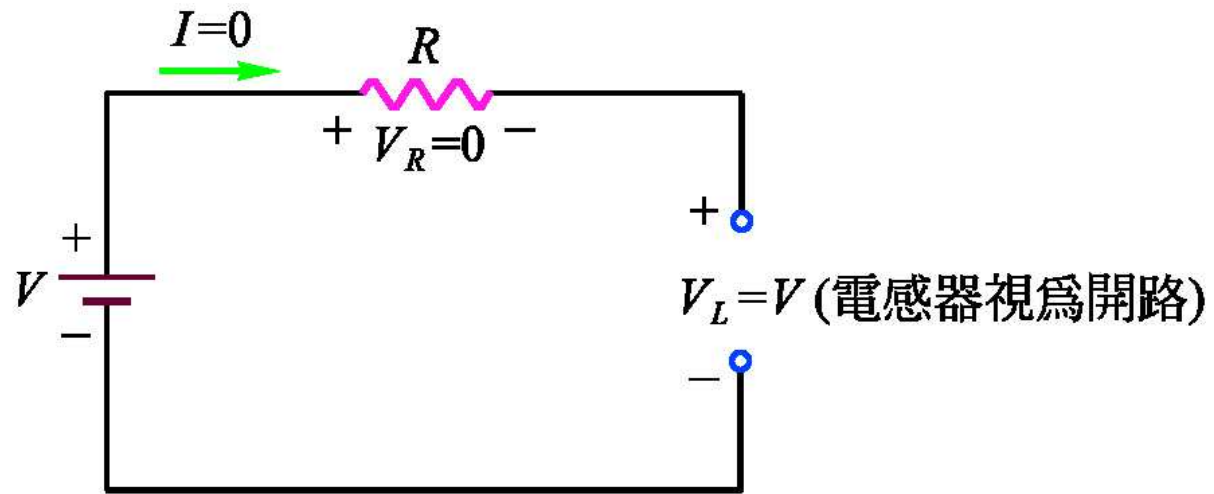
$$V_R = IR = \frac{V}{R} \times R = V \quad \text{最大值}$$



▶ 圖 7-10

電感器的充電及放電

$$V_L = V$$
$$V_R = 0$$
$$I = 0$$



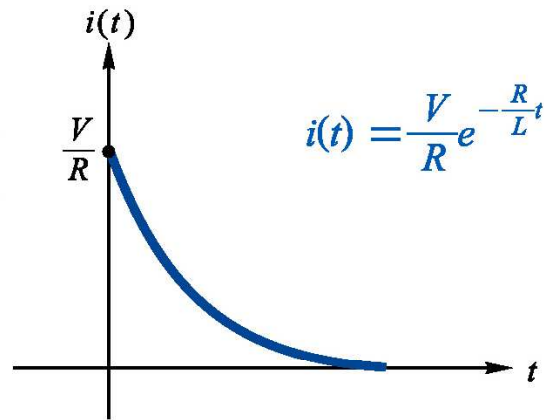
▶ 圖 7-11

R-L 充電瞬間

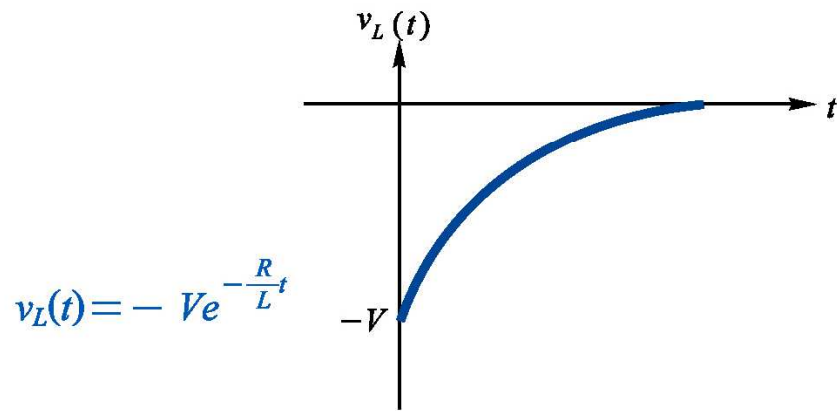


▶ 7-14

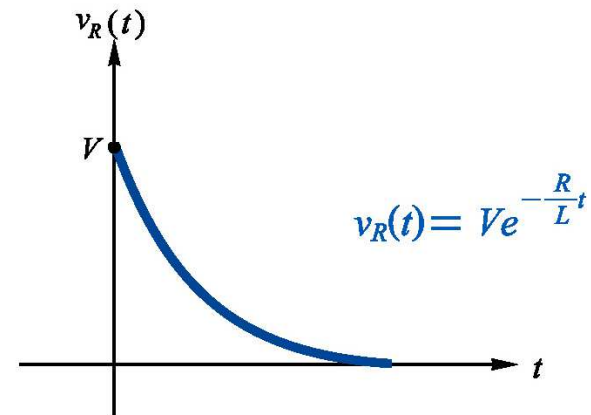
R-L 的放電過程



(a)  $i$  為下降曲線



(b)  $v_L$  為下降曲線

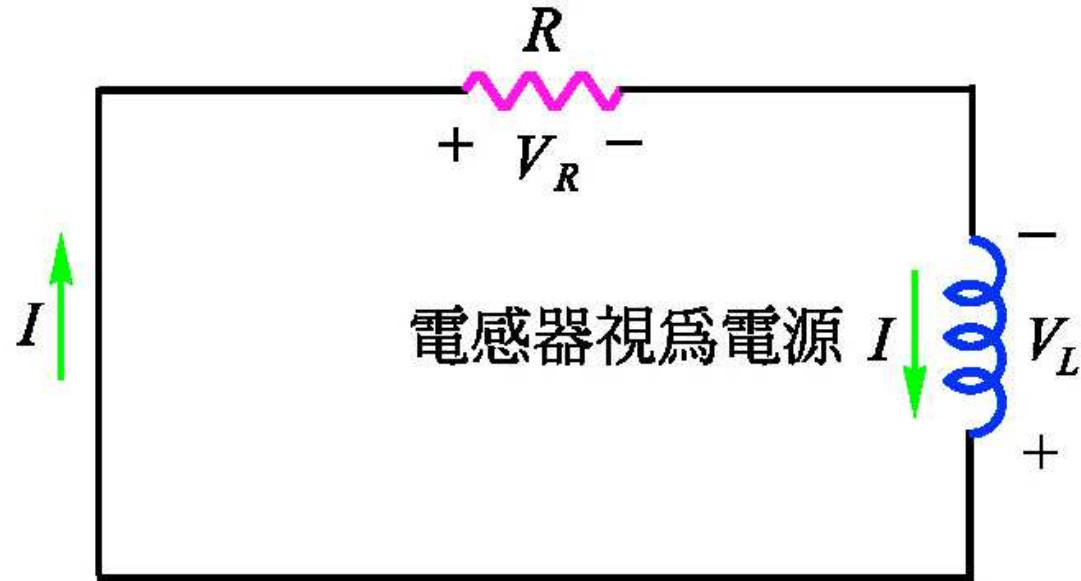


(c)  $v_R$  為下降曲線

$$V_L = -V$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$V_R = V$$

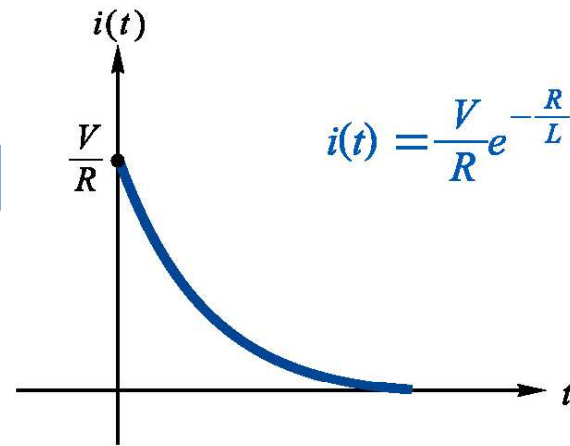


▶ 7-13

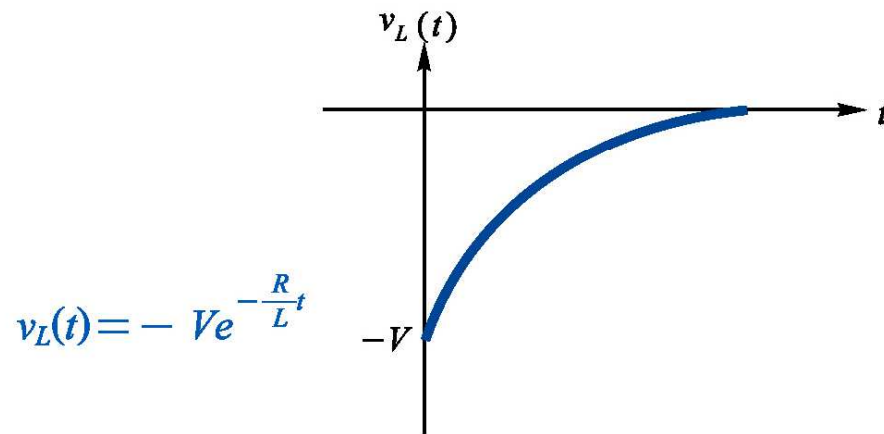
R-L 放電電路

▶ 7-14

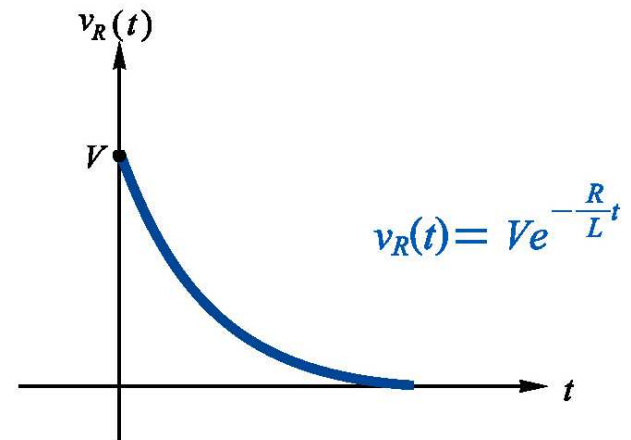
R-L 的放電過程



(a)  $i$  為下降曲線



(b)  $v_L$  為下降曲線



(c)  $v_R$  為下降曲線

### ***R-L* 放電**

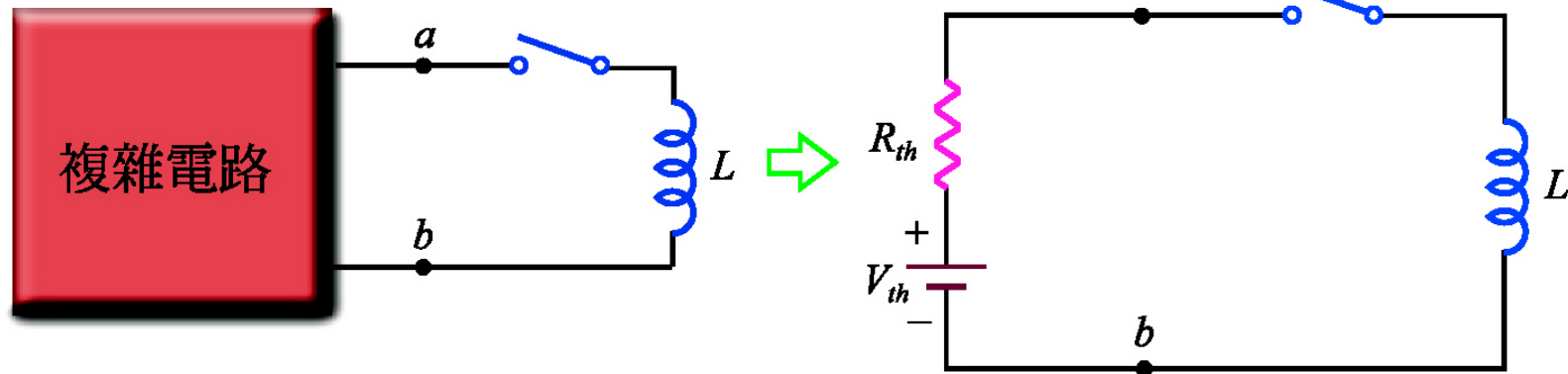
1. *R-L* 放電瞬間( $t = 0$ )
2. *R-L* 放電過程( $t > 0$ )
3. *R-L* 放電完畢( $t \geq 5\tau$ )

$$i = 0, v_L = 0, v_R = 0$$

### 時間常數

$$\text{得 } \tau = \frac{L}{R}$$

此 $\tau$ 為 *R-L* 電路的時間常數，其作用與 *R-C* 時間常數相同








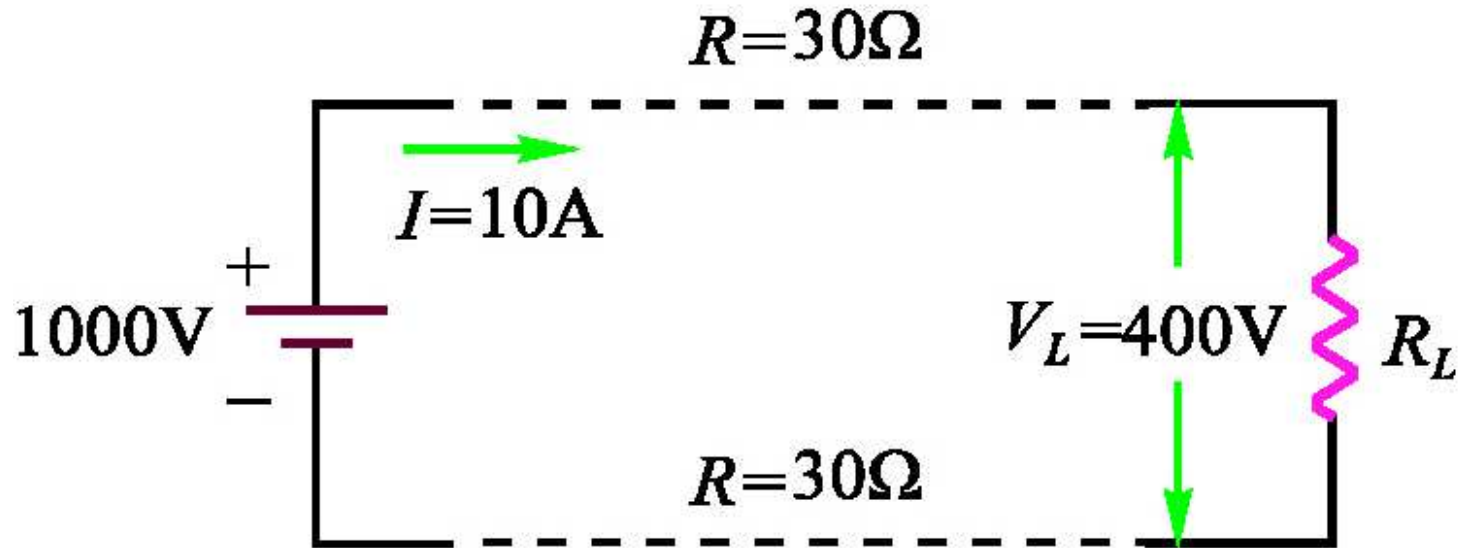
▶ 7-15

複雜網路的  $R$ - $L$  暫態

回目錄

# 目 錄

- 8-1 電力系統概念.....2 
- 8-2 波形.....4 
- 8-3 頻率與周期.....10 
- 8-4 相位(phase).....14 
- 8-5 向量運算(Operations with Vector).....19 



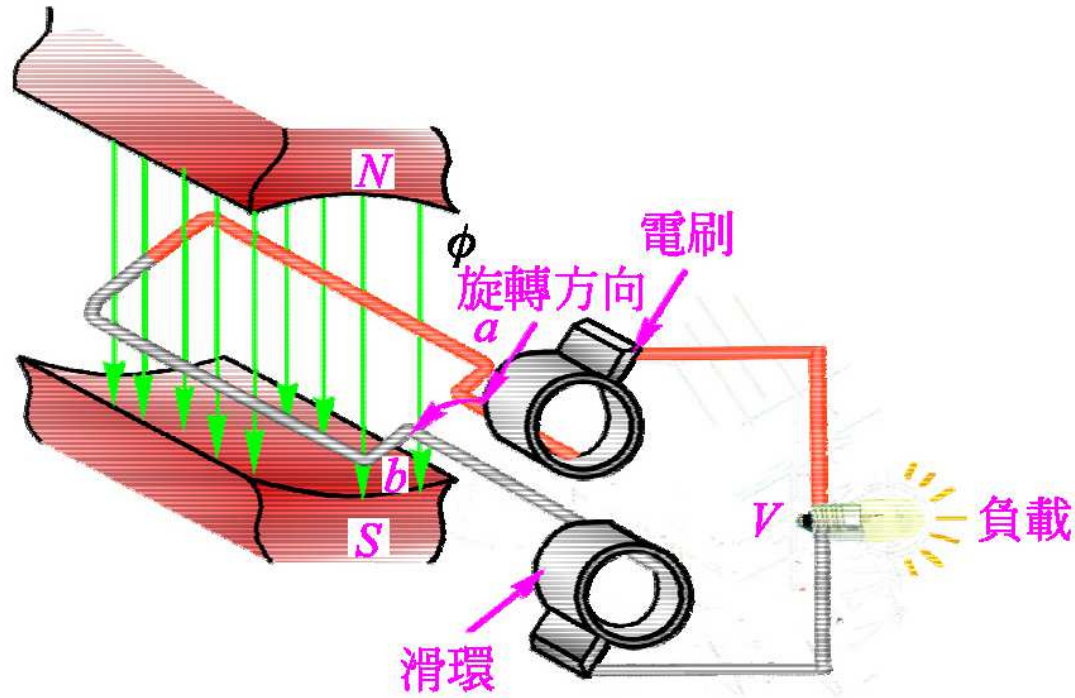
▶ 8-1

直流電源長距離電力傳輸之例子

回目錄

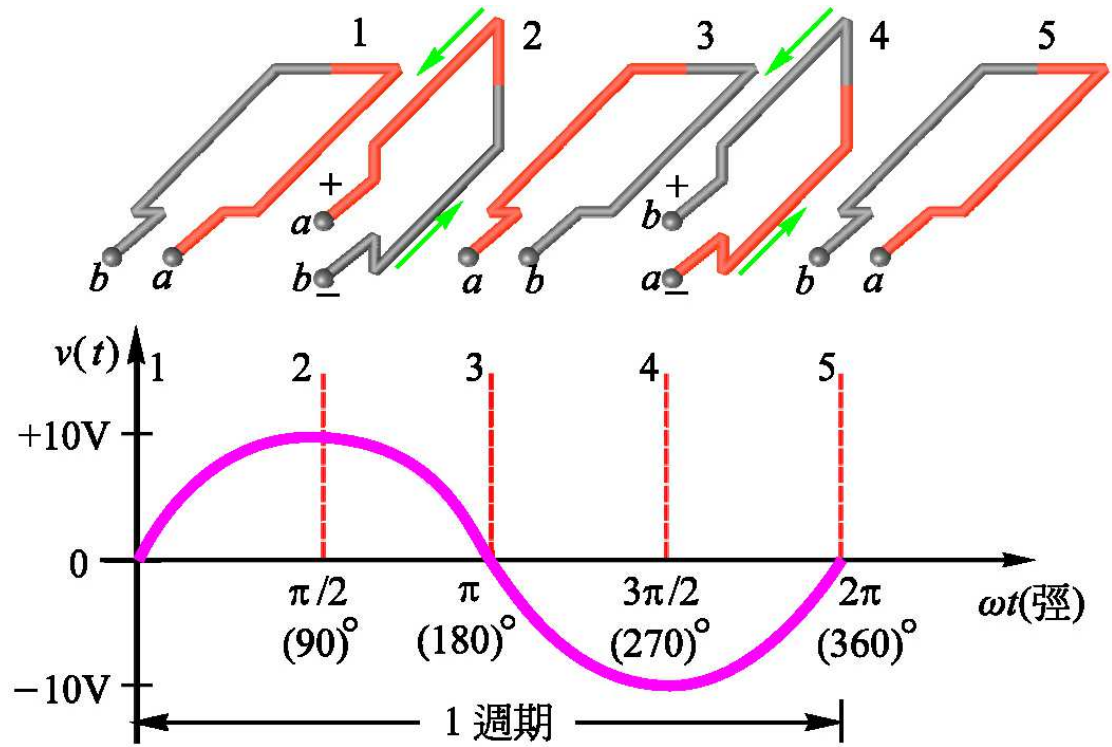
8 - 3





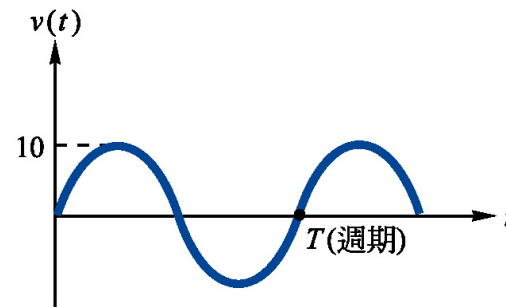
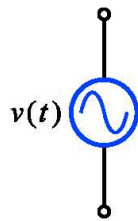
◀ 圖 8-3

交流發電機

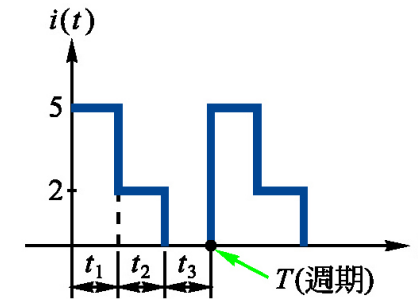


◀ 8-4

交流正弦波的一個週期



(a) 正弦波



(b) 矩形波

▶ 8-5

交流電壓源符號

◀ 8-6

兩種不同的波形

## 波形值

### 一、瞬間值(instantaneous value)：

電壓與電流隨時都在改變，在波形中某一瞬間的大小，稱為瞬間值。

### 二、最大值：

電壓或電流波形中的最大瞬間值稱為最大值或峰值或是波幅。

### 三、平均值(average value)：

以電壓或電流一個週期曲線所包含總面積除以週期之值，稱為平均值，以 $V_{av}$ 及 $I_{av}$ 來表示。

$$V_{av} = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2 + \dots + V_n t_n}{T}$$

$$T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

#### 四、有效值(effective value)：

若一交流電加於一電阻器所產生的熱量(正負半週均能產生熱量且相等)與一直流電加於該電阻器所產生之熱量相等時，則此直流電壓或電流稱為交流電壓或電流的有效值，以 $V$ 及 $I$ 表示，

$$V = \sqrt{\frac{V_1^2 t_1 + V_2^2 t_2 + \cdots + V_n^2 t_n}{T}}$$

$$T = t_1 + t_2 + \cdots + t_n$$

### 五、正弦波中的平均值

一週期  $V_{av} = 0, I_{av} = 0$

$$\begin{aligned} \text{半週期} \quad V_{av} &= \frac{2}{\pi} V_m = 0.636 V_m \\ I_{av} &= \frac{2}{\pi} I_m = 0.636 I_m \end{aligned}$$

### 六、正弦波的有效值

正弦波求一週期的有效值與求半週期的有效值完全相同

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{\sqrt{2}} V_m = 0.707 V_m \\ I &= \frac{1}{\sqrt{2}} I_m = 0.707 I_m \end{aligned}$$

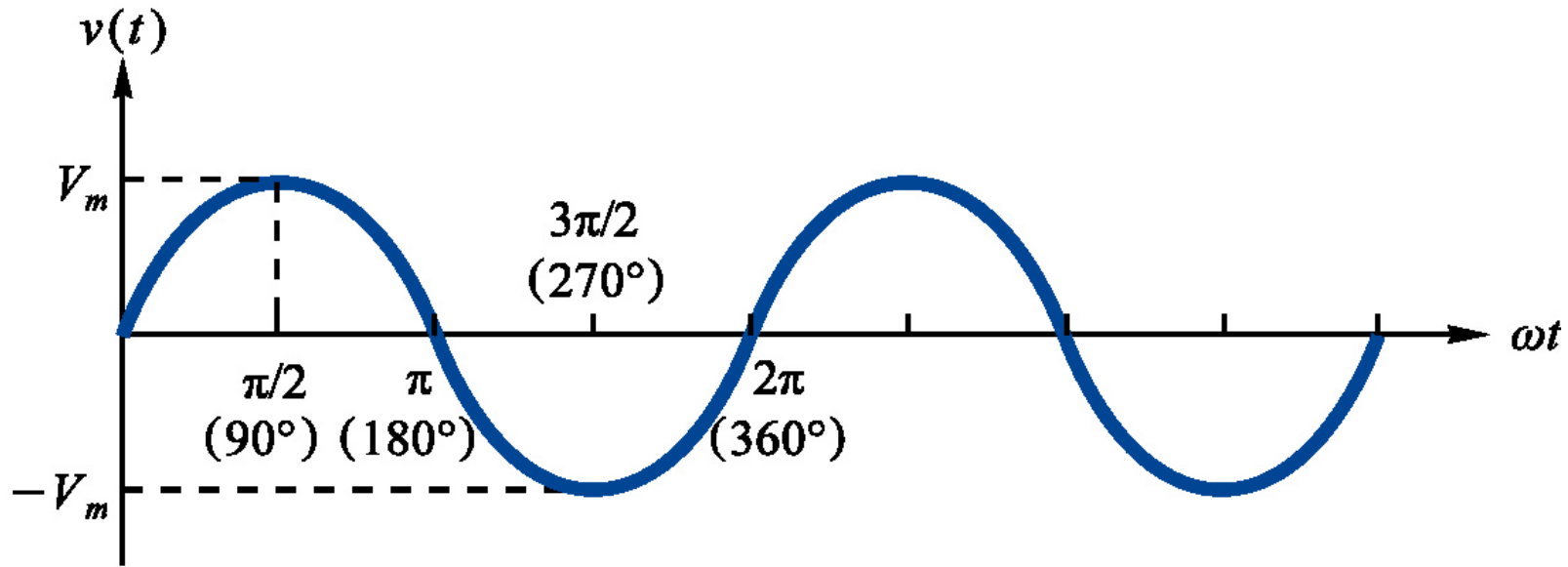
在交流電中一般所指的電壓或電流值，都是指有效值，

回目錄

## 週期與頻率

$T$ 為變化一個週期所需要的時間，則它的倒數 $1/T$ 為1秒內變化幾個週期，或一秒內執行週期的數目。這個量標示為 $f$ 稱為頻率(frequency)，單位是(週期/秒)或稱為赫芝(Hertz 縮寫 Hz)。因此

$$f = \frac{1}{T} \text{ Hz}$$



▶ 8-7

正弦波



## 角速度

線圈或發電機的轉子在每秒鐘內所轉的角度，我們稱為角速度，

$$\omega = 2\pi f \quad \text{弧度/秒}$$

角度與弧度  
之轉換

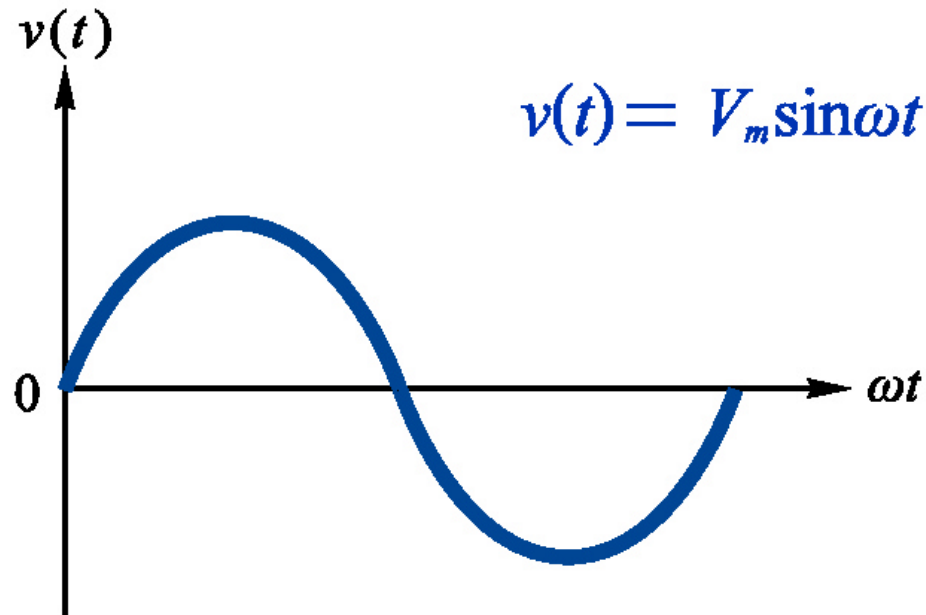
$$\text{弧度 } R = \left( \frac{\pi}{180^\circ} \right) D$$
$$\text{角度 } D = \left( \frac{180^\circ}{\pi} \right) R$$

| 角度   | 徑度               |
|------|------------------|
| 360° | $2\pi$           |
| 270° | $\frac{3}{2}\pi$ |
| 180° | $\pi$            |
| 90°  | $\frac{\pi}{2}$  |
| 60°  | $\frac{\pi}{3}$  |
| 45°  | $\frac{\pi}{4}$  |
| 30°  | $\frac{\pi}{6}$  |

◀表 8-1

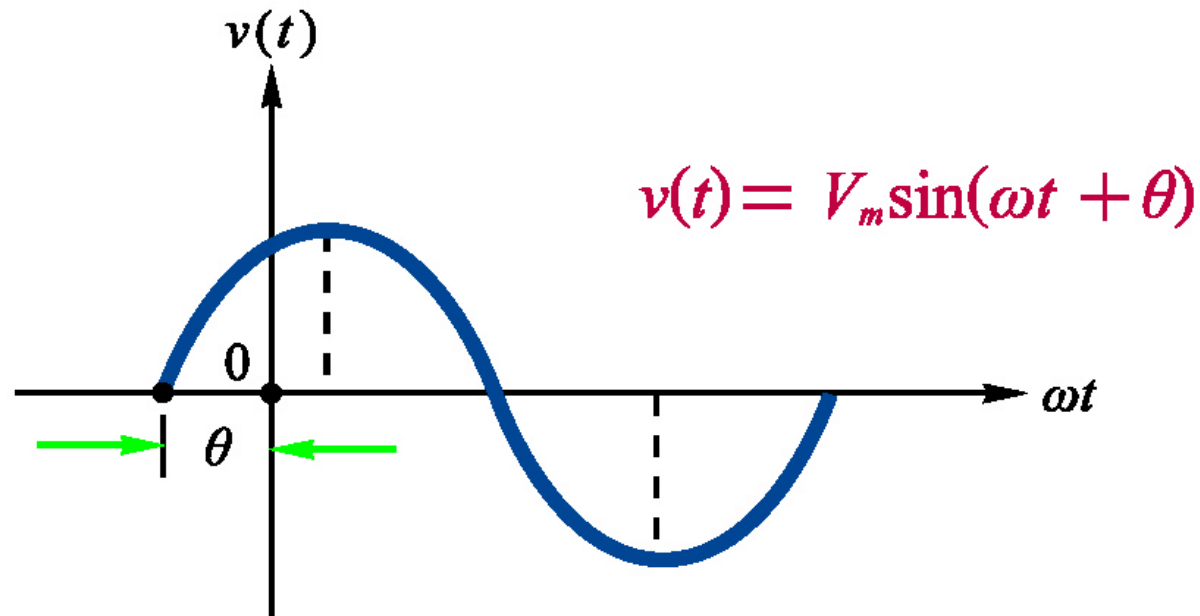
特別角度與徑度之關係

回目錄



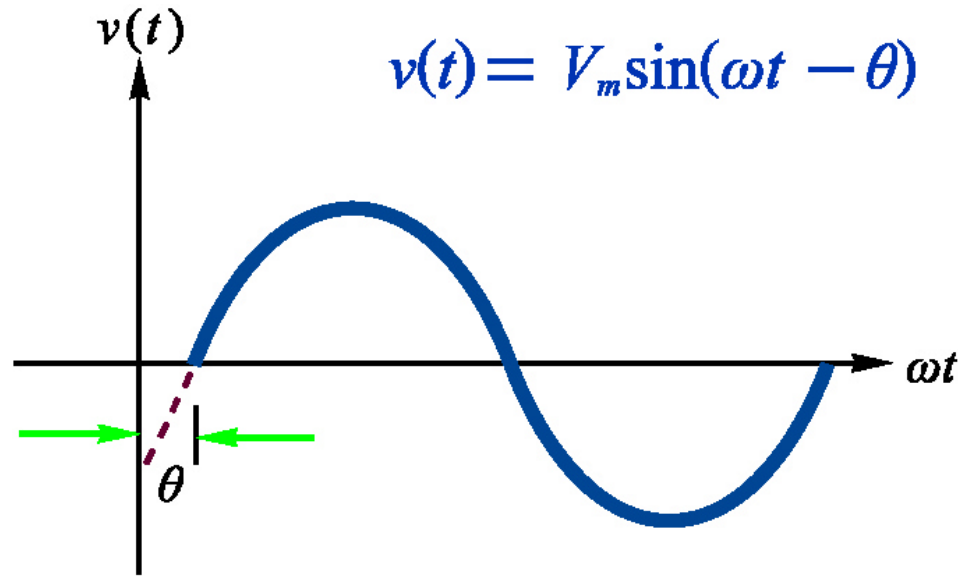
◀ 8-8

相位為零的正弦波  
(初相角為 0)



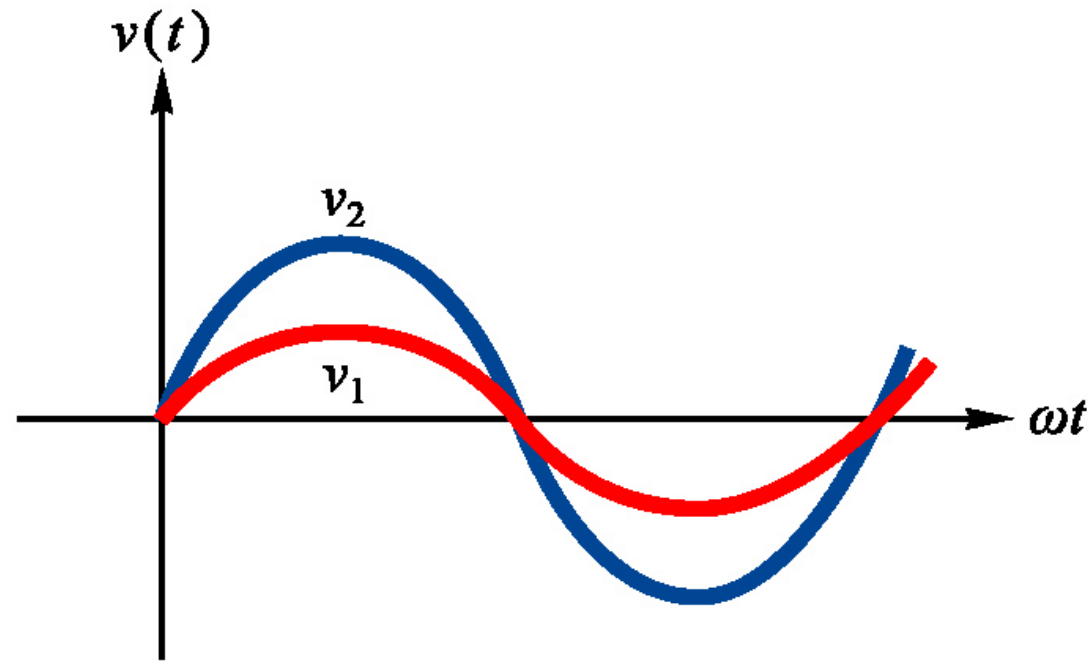
◀ 8-9

相位為超前 $\theta$ 的正弦波  
(初相角為 $+\theta$ )



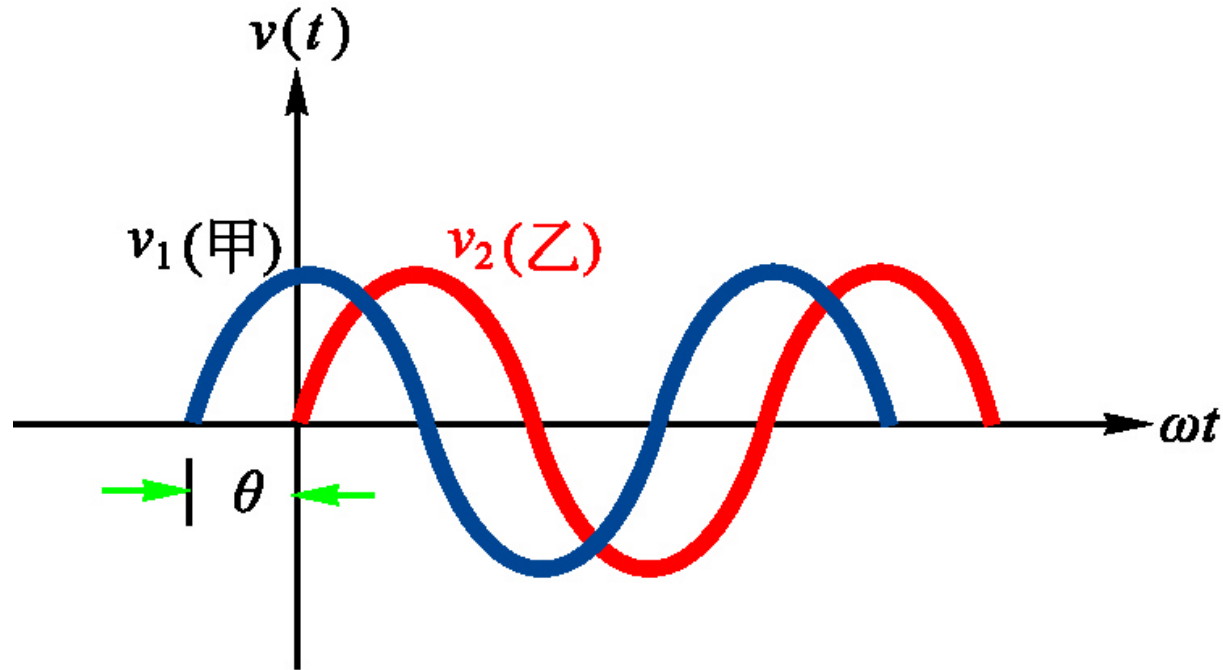
▶ 8-10

落後 $\theta$ 角度的正弦波  
(初相角為 $-\theta$ )



▶ 8-11

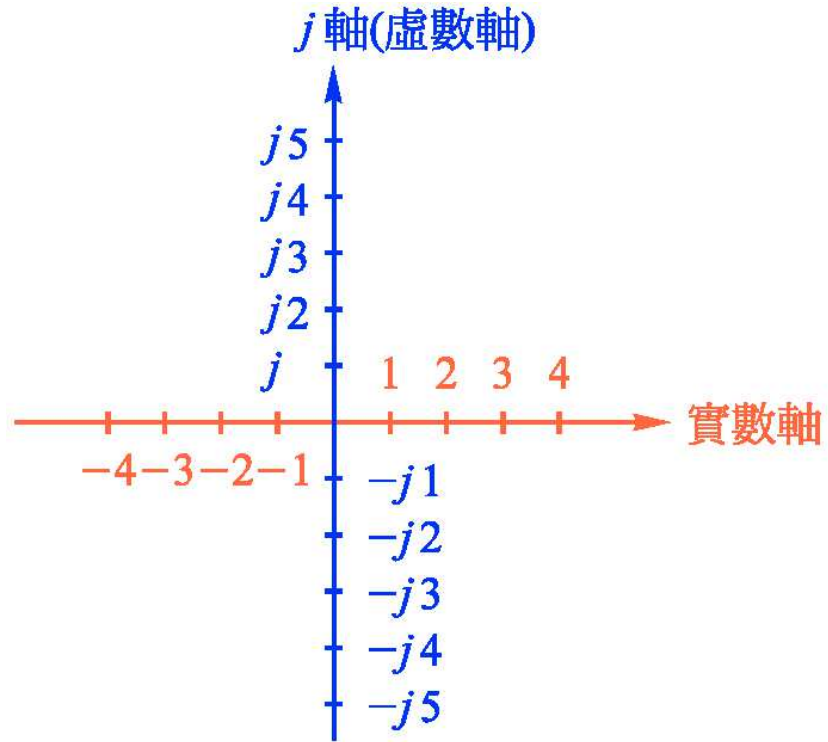
$v_1$  與  $v_2$  同相位



▶ 8-12

$v_1$  超前  $v_2$  ( $v_2$  落後  $v_1$ )

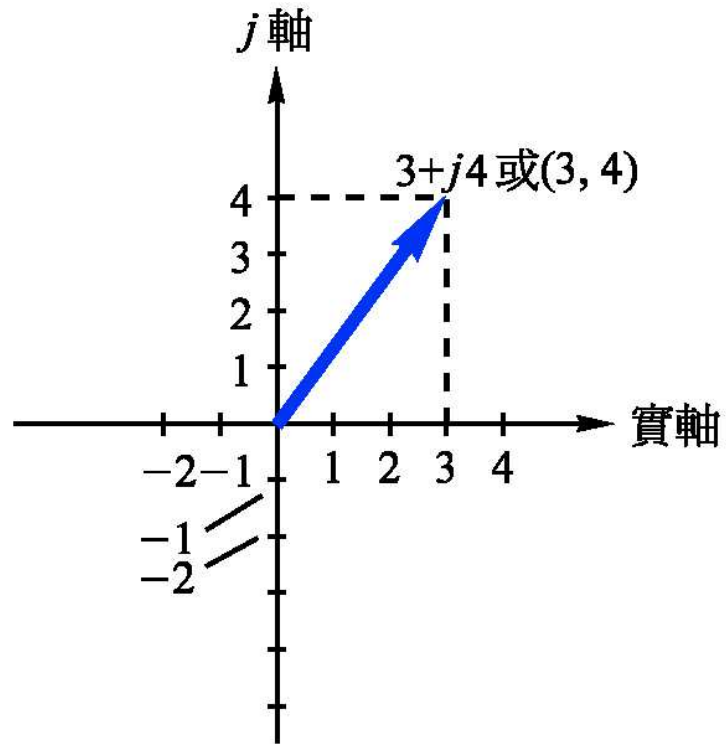
回目錄



◀ 8-13

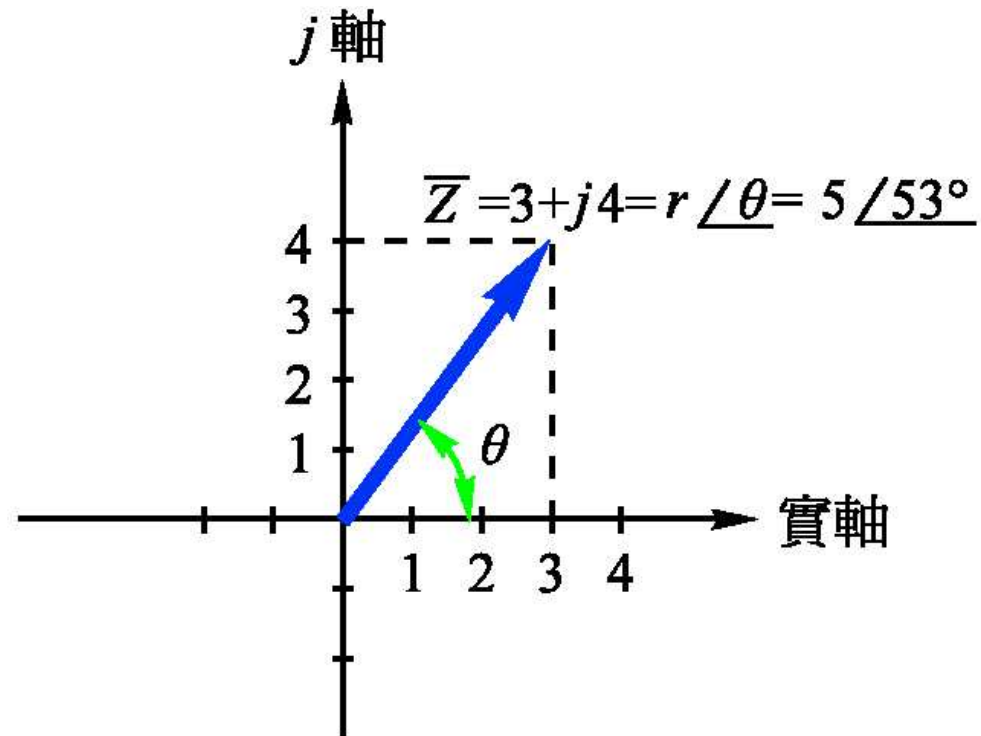
實數軸及虛數軸





▶ 8-14

直角座標表示法



▶ 8-15

極座標表示法

### 直角座標換成極座標

設直角座標為  $\bar{Z} = a + jb$ ，則極座標為

$$\bar{Z} = r \angle \theta$$

式中

$$r = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

### 極座標換成直角座標

設  $\bar{Z} = r \angle \theta$ ，直角座標  $\bar{Z} = a + jb$ ，則

$$a = r \cos \theta$$

$$b = r \sin \theta$$

## 複數的運算

設兩複數

$$\bar{Z}_1 = a + jb = r_1 \angle \theta_1$$

$$\bar{Z}_2 = c + jd = r_2 \angle \theta_2$$

1. 加法：兩複數相加，為實數與實數部份相加，虛數與虛數部份相加即可

$$\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 = (a + c) + j(b + d)$$

2. 減法：兩複數相減，為實數部份減實數部份，虛數部份減虛數部份。

$$\bar{Z}_1 - \bar{Z}_2 = (a - c) + j(b - d)$$

3. 乘法：兩複數相乘，只要把大小相乘，角度相加即可。

$$\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 = (r_1 \angle \theta_1)(r_2 \angle \theta_2) = r_1 \times r_2 \angle \theta_1 + \theta_2$$

4. 除法：兩複數相除，只要把大小相除，角度相減即可。

$$\frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_2} = \frac{r_1 / \theta_1}{r_2 / \theta_2} = \frac{r_1}{r_2} / \theta_1 - \theta_2$$

以上運算可知，複數運算若為加、減應選用直角座標，乘、除應選用極座標比較方便。

### 正弦電壓及電流的相量(Phasor)表示法

若  $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta) = \sqrt{2} V \sin(\omega t + \theta)$

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

則可得  $v$ 、 $i$  之相量式








$$\bar{V} = V \angle \theta$$

$$\bar{I} = I \angle -\theta$$

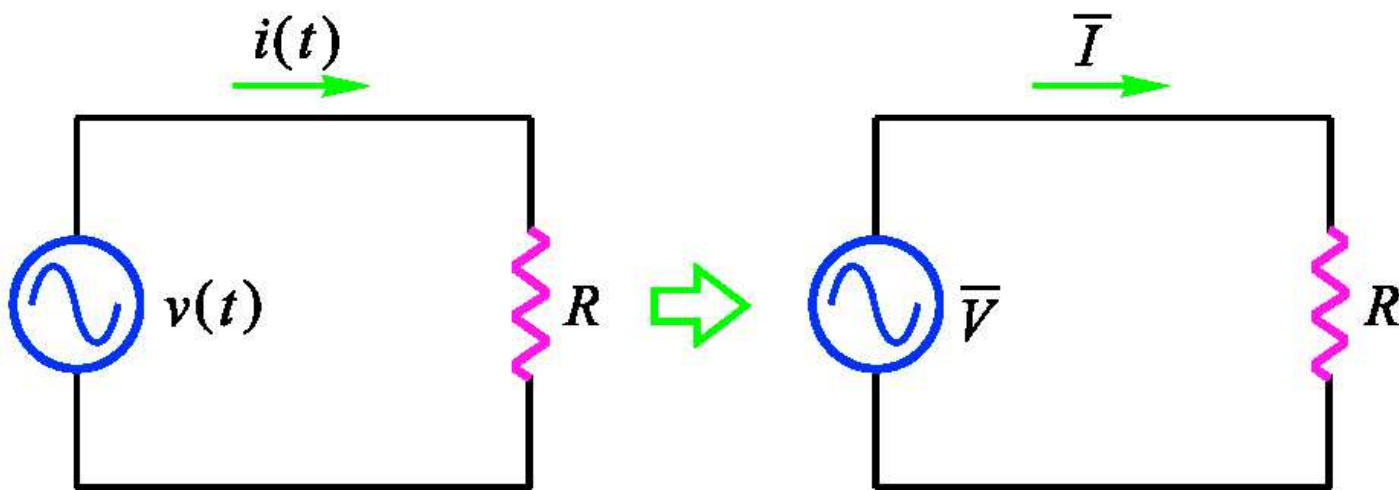
特別注意，均以有效值來表示。

回目錄

# 目 錄

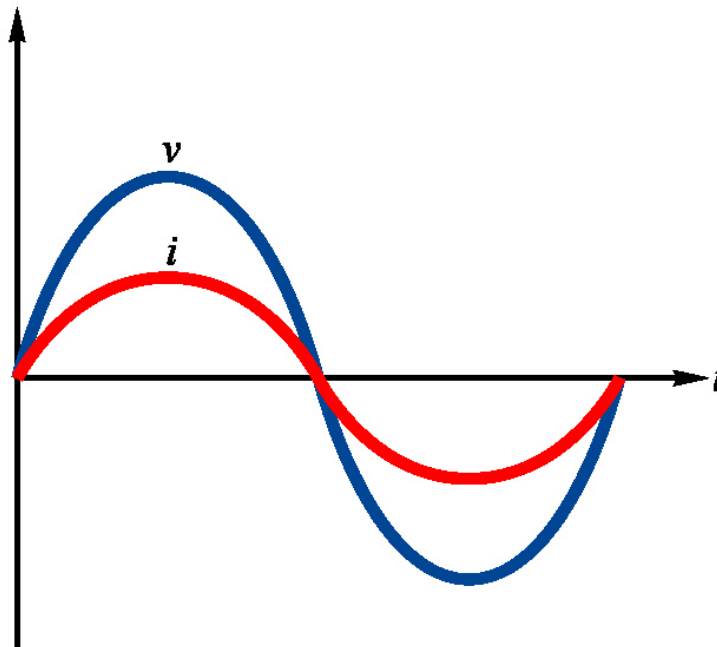
- 9-1 交流純電阻、電感、電容電路.....2 
- 9-2 交流電阻-電容串聯電路.....15 
- 9-3 交流電阻-電感串聯電路.....17 
- 9-4 交流電阻-電感-電容串聯電路.....19 
- 9-5 交流電阻-電容並聯電路.....24 
- 9-6 交流電阻-電感並聯電路.....26 
- 9-7 交流電阻-電感-電容並聯電路.....28 

# 一、純電阻電路



◀ 9-1

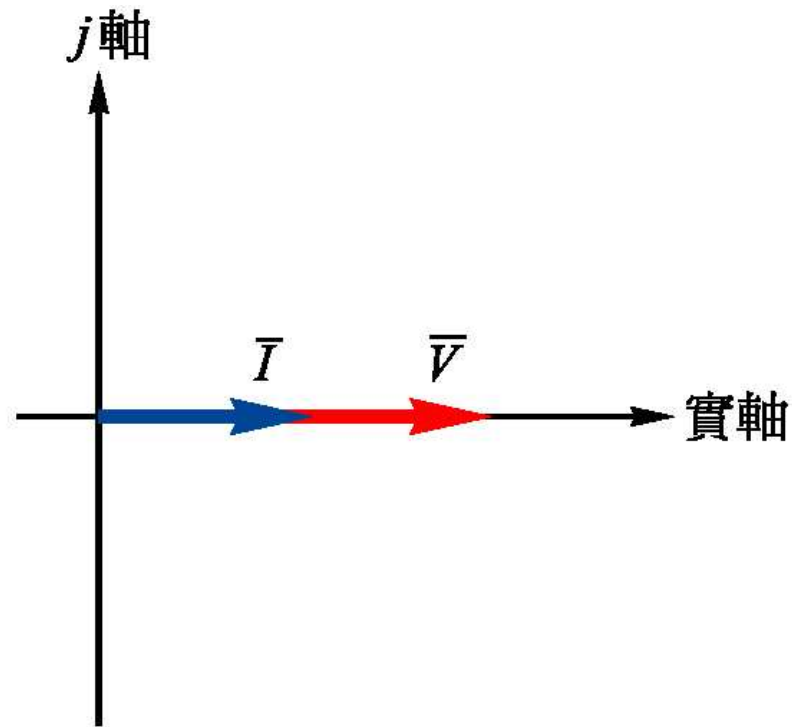
交流純電阻電路



◀ 9-2

交流純電阻電路電壓與  
電流同相





◀ 圖 9-3

交流純電阻電路相量圖

## 二、純電感電路

交流純電感電路之結論如下：

(1) 感抗與頻率成正比。 $\bar{X}_L = jX_L = X_L \angle 90^\circ \Omega$ ，  
 $X_L = 2\pi fL$

(2) 阻抗等於感抗。 $\bar{Z} = \bar{X}_L = jX_L = X_L \angle 90^\circ \Omega$

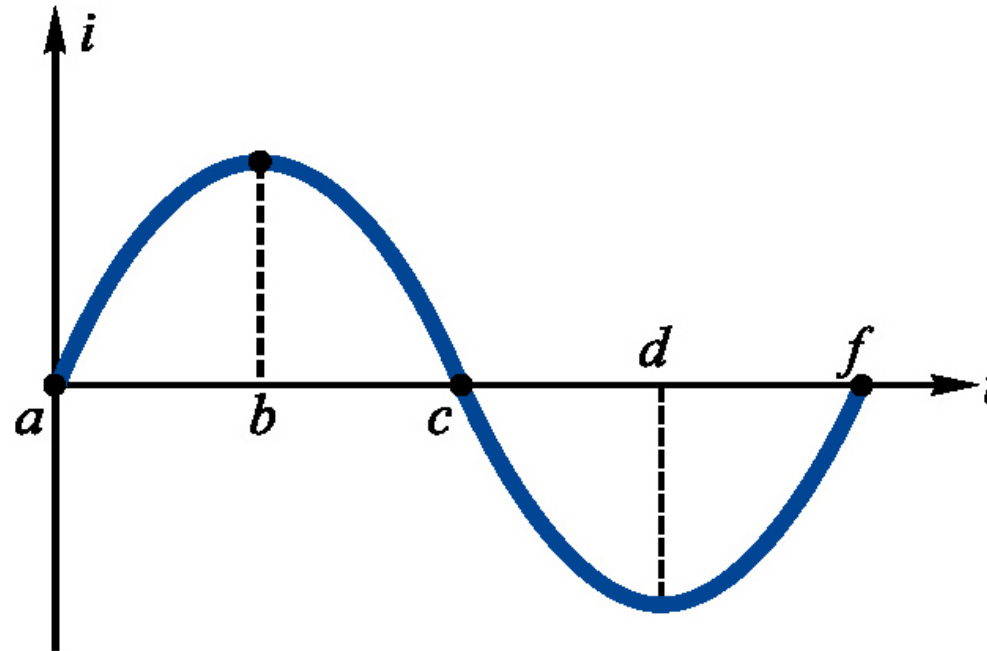
(3) 電流落後電壓  $90^\circ$ ， $\theta = 90^\circ$

(4) 若電流為  $i(t) = I_m \sin \omega t$   
可得  $v(t) = V_m \sin(\omega t + 90^\circ)$

(5) 若電壓為  $v(t) = V_m \sin \omega t$   
可得  $i(t) = I_m \sin(\omega t - 90^\circ)$

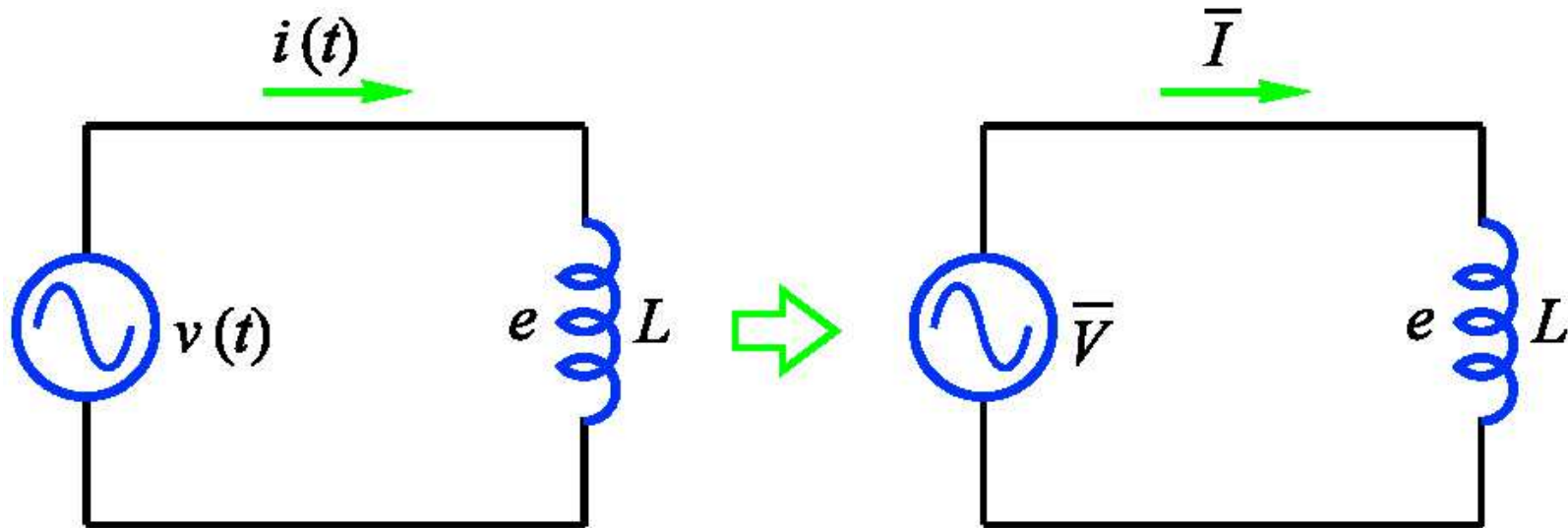
(6) 若電壓  $\bar{V} = V \angle \theta$ ，則電流

$$\bar{I} = \frac{V \angle \theta}{X_L \angle 90^\circ} = \frac{V}{X_L} \angle \theta - 90^\circ$$



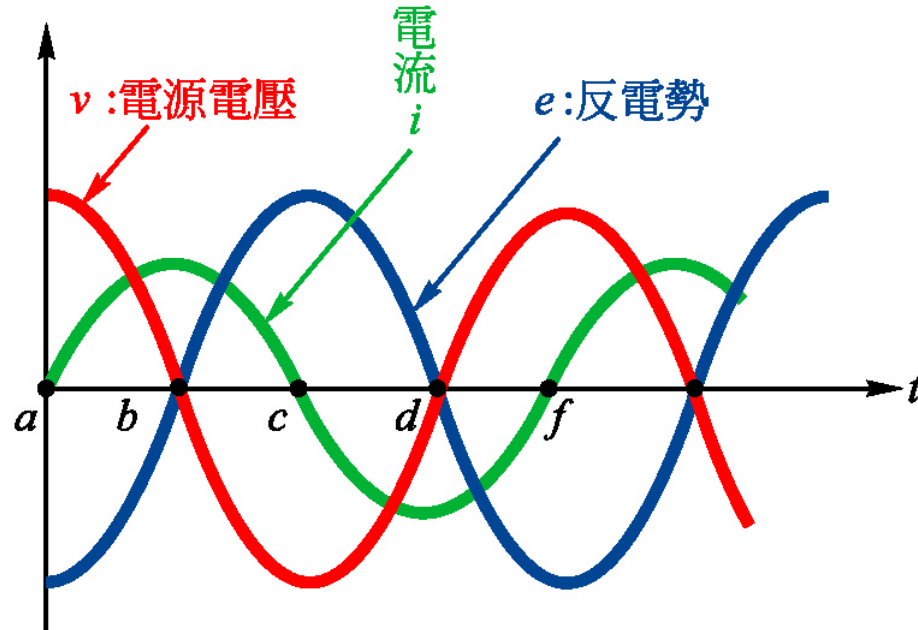
▶ 9-4

電流變化率



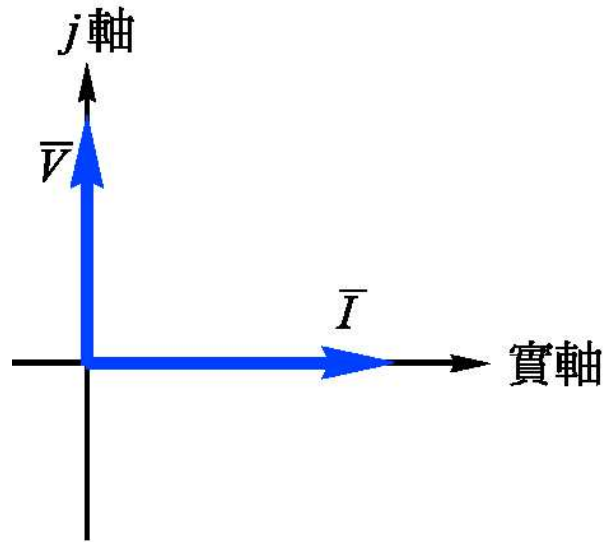
▶ 9-5

交流純電感電路

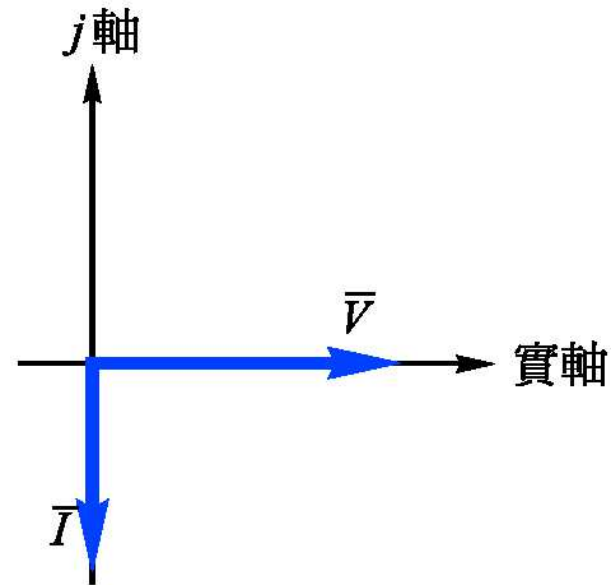


▶ 圖 9-6

交流純電感電路電流、電源電壓、反電勢的關係曲線



(a)



(b)

▶ 圖 9-7

交流純電感電路相量圖

## 三、純電容電路

可得交流純電容電路之結論如下：

(1) 容抗與頻率成反比。 $\bar{X}_C = -j \frac{1}{X_C} = X_C \angle -90^\circ \Omega$ ,

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

(2) 阻抗等於容抗。 $\bar{Z} = \bar{X}_C = -j \frac{1}{X_C} = X_C \angle -90^\circ \Omega$

(3) 電流超前電壓  $90^\circ$ ， $\theta = 90^\circ$ 。

(4) 若電流為  $i(t) = I_m \sin \omega t$

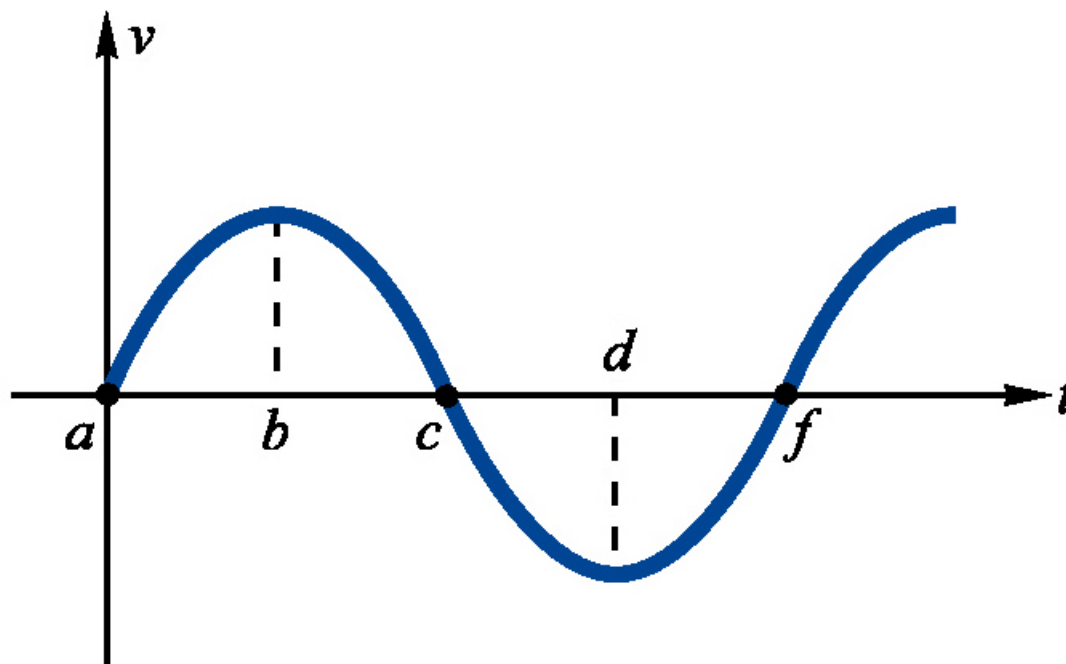
可得  $v(t) = V_m \sin(\omega t - 90^\circ)$

(5) 若電壓為  $v(t) = V_m \sin \omega t$

可得  $i(t) = I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$

(6) 若電壓  $\bar{V} = V \angle \theta$ ，則電流

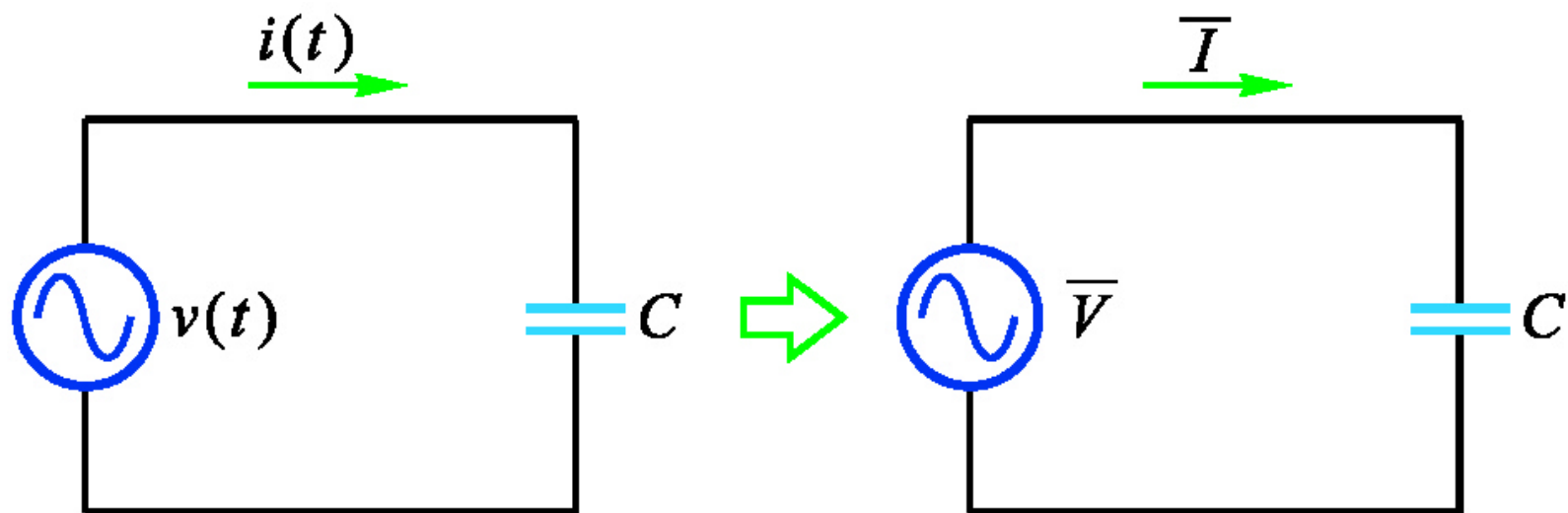
$$\bar{I} = \frac{V \angle \theta}{X_C \angle -90^\circ} = \frac{V}{X_C} \angle \theta + 90^\circ$$



◀ 9-8

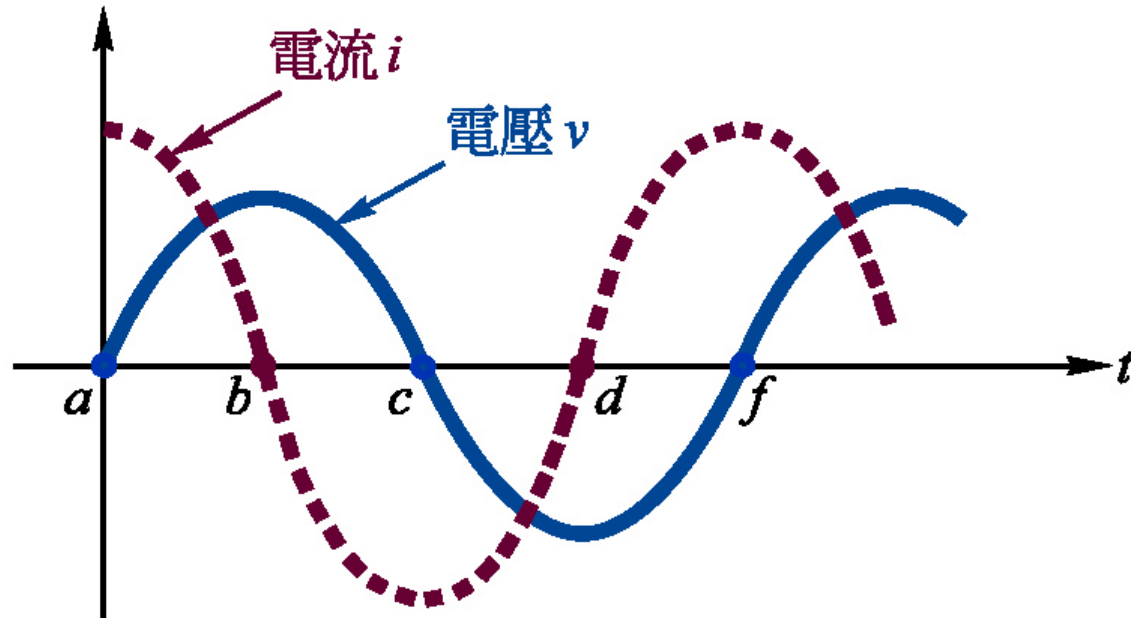
電壓變化率





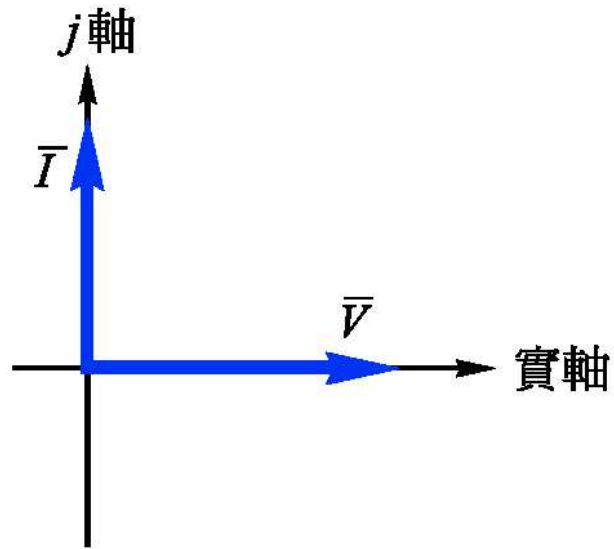
◀ 9-9

交流純電容電路

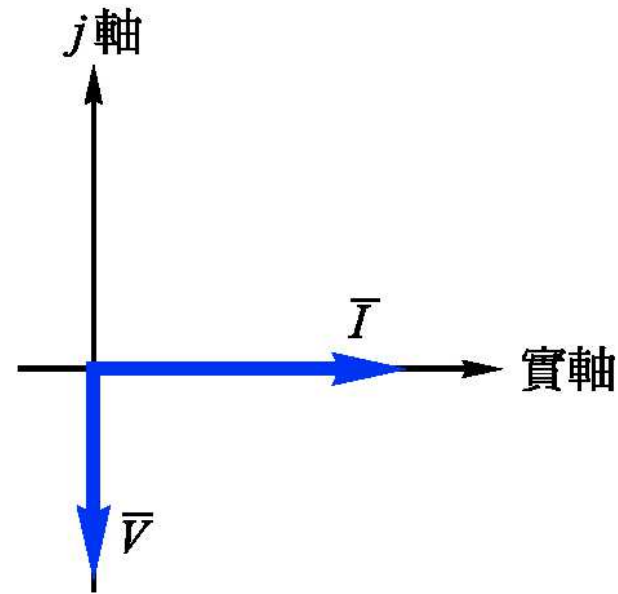


◀ 9-10

交流純電容電路電壓與  
電流曲線



(a)

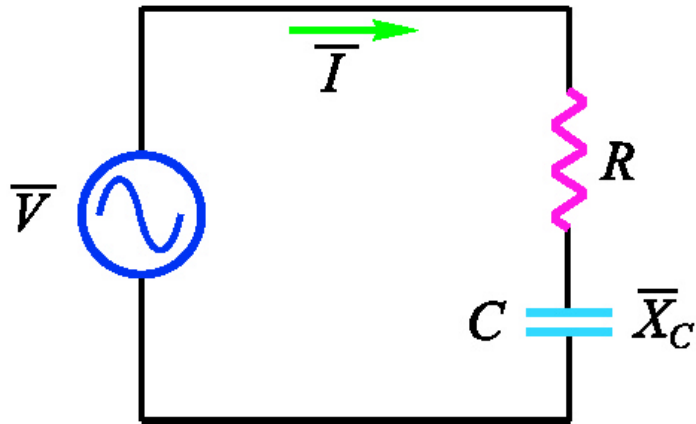


(b)

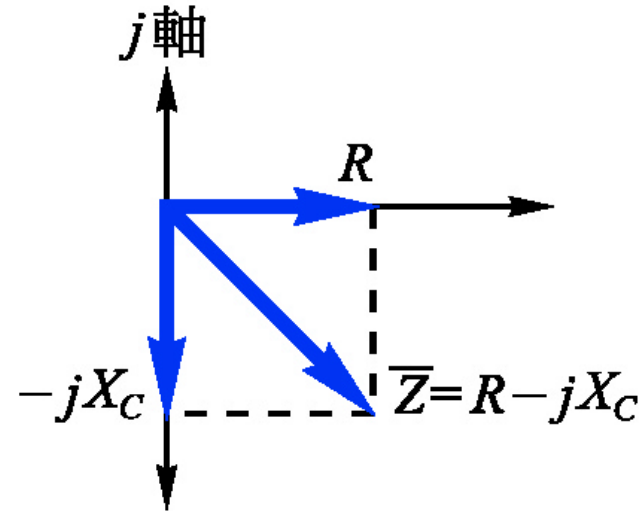
◀ 9-11

交流純電容電路相量圖

回目錄



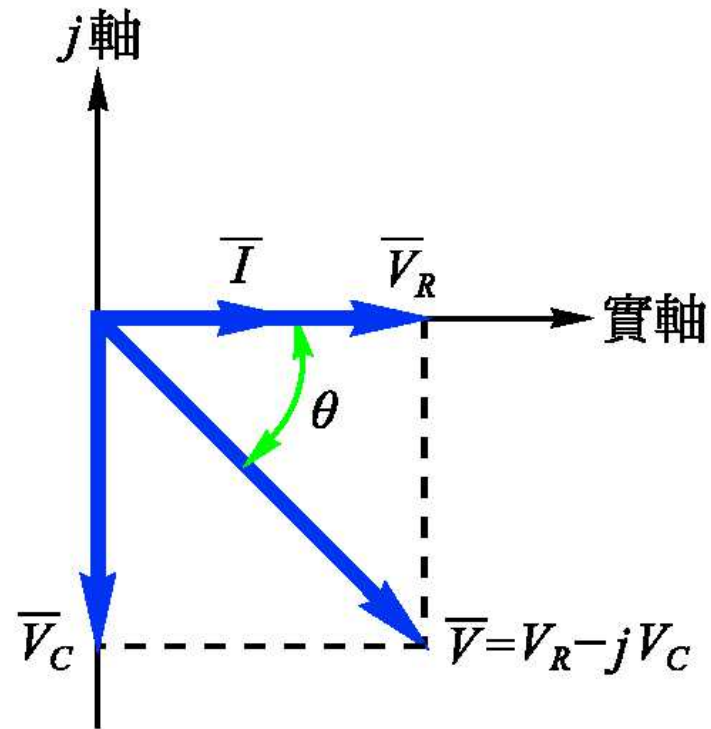
(a)



(b)

◀ 9-12

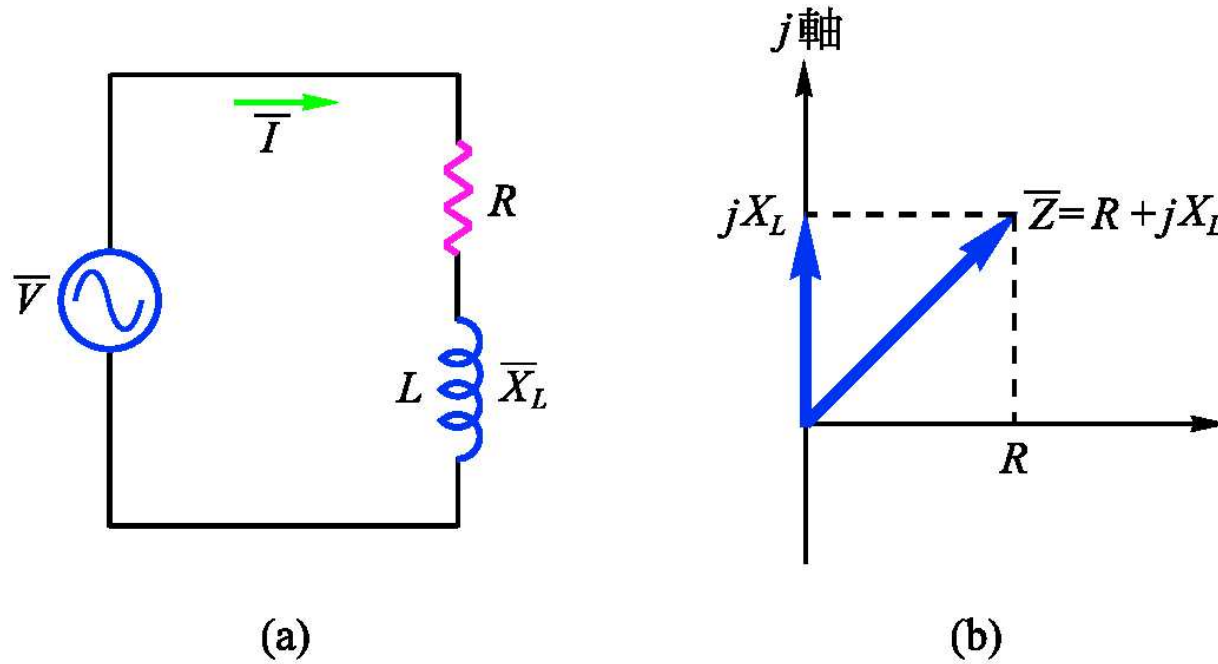
(a)R-C串聯電路，(b)阻抗圖



▶ 9-13

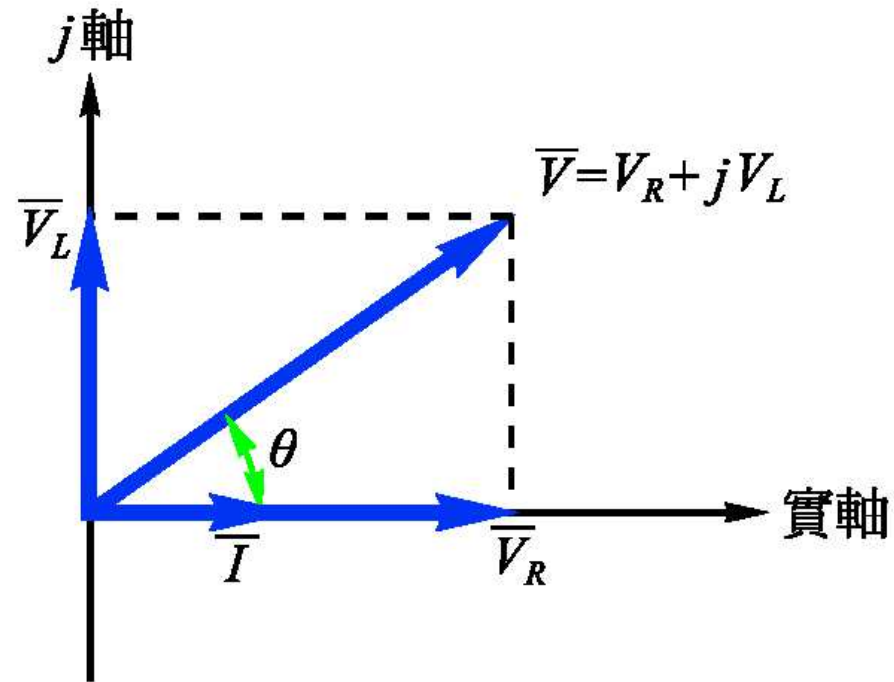
R-C 串聯相量圖

回目錄



◀ 9-14

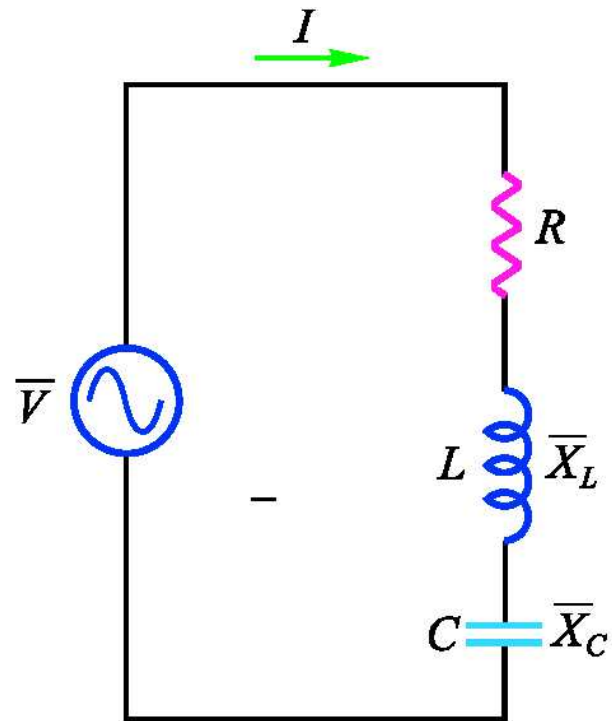
(a)  $R$ - $L$  串聯電路，  
(b) 阻抗圖



▶ 9-15

R-L 串聯相量圖

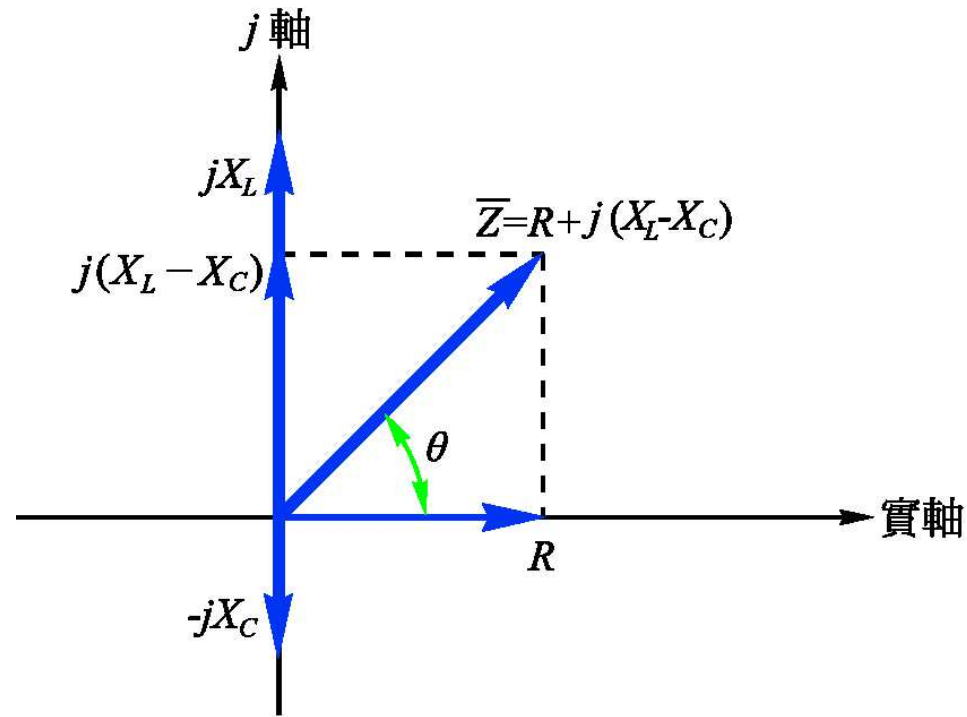
回目錄



◀ 9-16

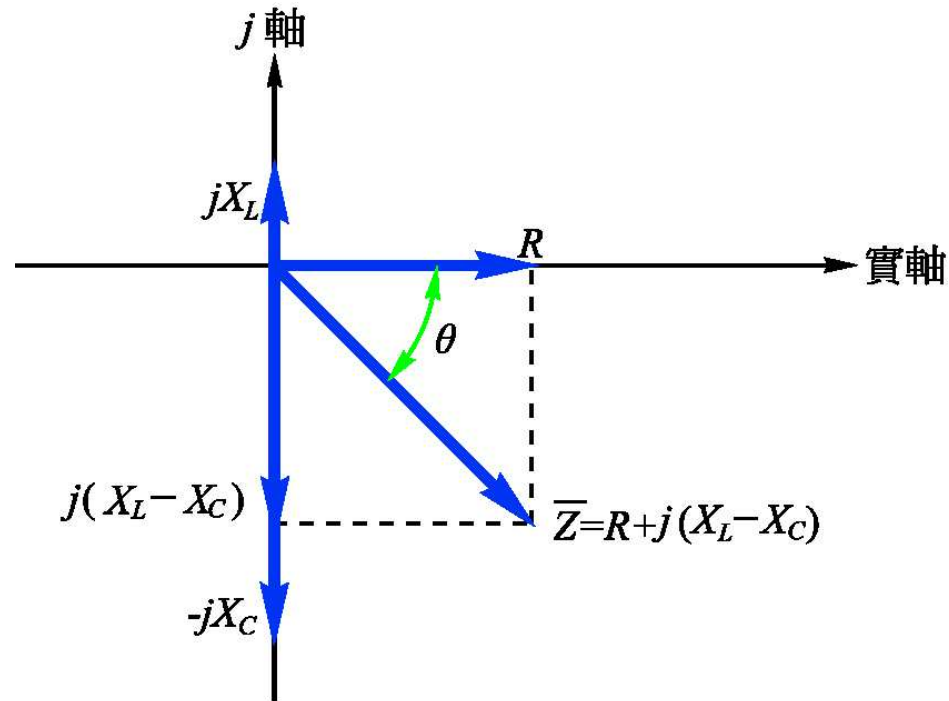
*R-L-C* 串聯電路





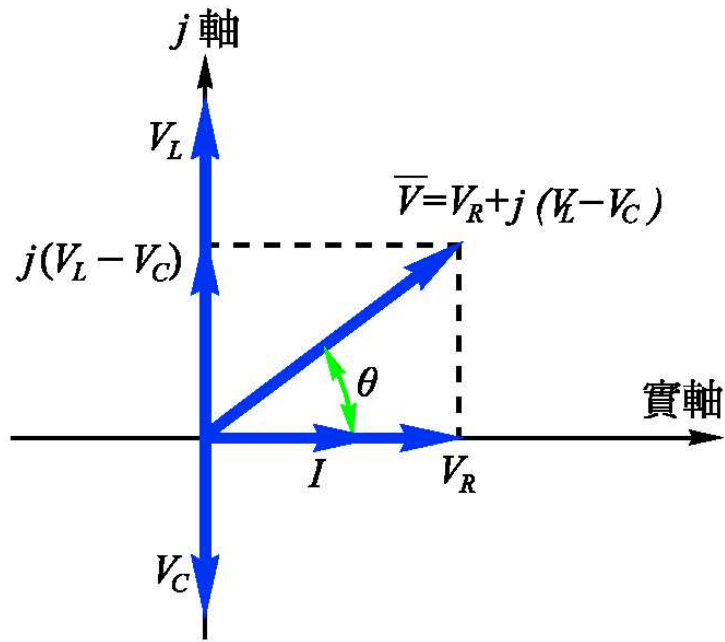
◀ 9-17

$R-L-C$  串聯電路中  $X_L > X_C$   
 時阻抗圖(屬於電感性電路)

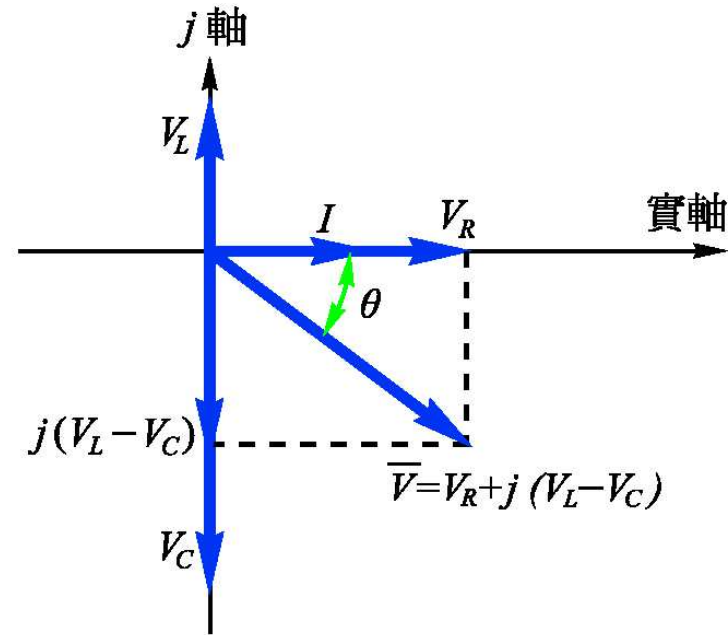


◀ 9-18

$R-L-C$  串聯電路中  $X_L < X_C$  時  
 ， 阻抗圖(屬於電容性電路)



(a)  $X_L > X_C$  (電感性)



(b)  $X_L < X_C$  (電容性)

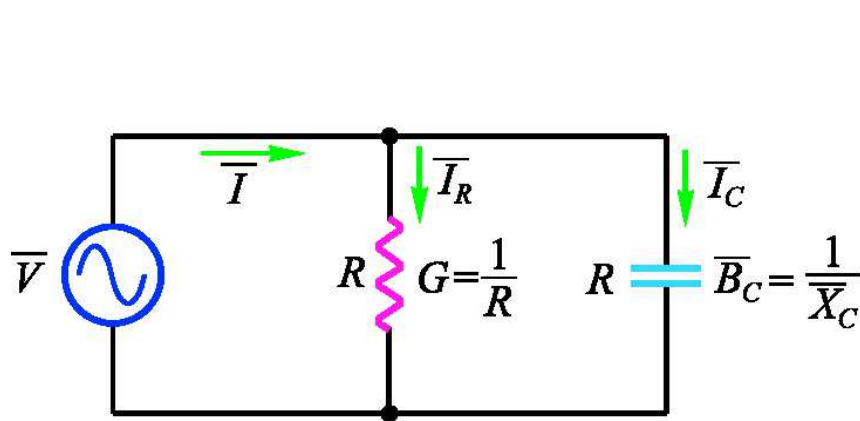
◀ 9-19

R-L-C 串聯電路相量圖

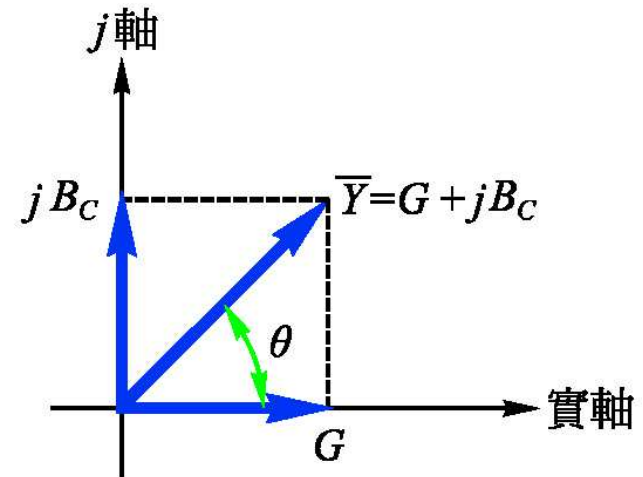
$R-L-C$ 串聯電路的各種特性如下：

1. 若 $X_L > X_C$ 屬電感性電路，為電壓超前電流 $\theta$ 角度。
2. 若 $X_L < X_C$ 屬電容性電路，為電流超前電壓 $\theta$ 角度。
3. 若 $X_L = X_C$ 屬電阻性電路，為電流與電壓同相 $\theta = 0^\circ$ 。

回目錄



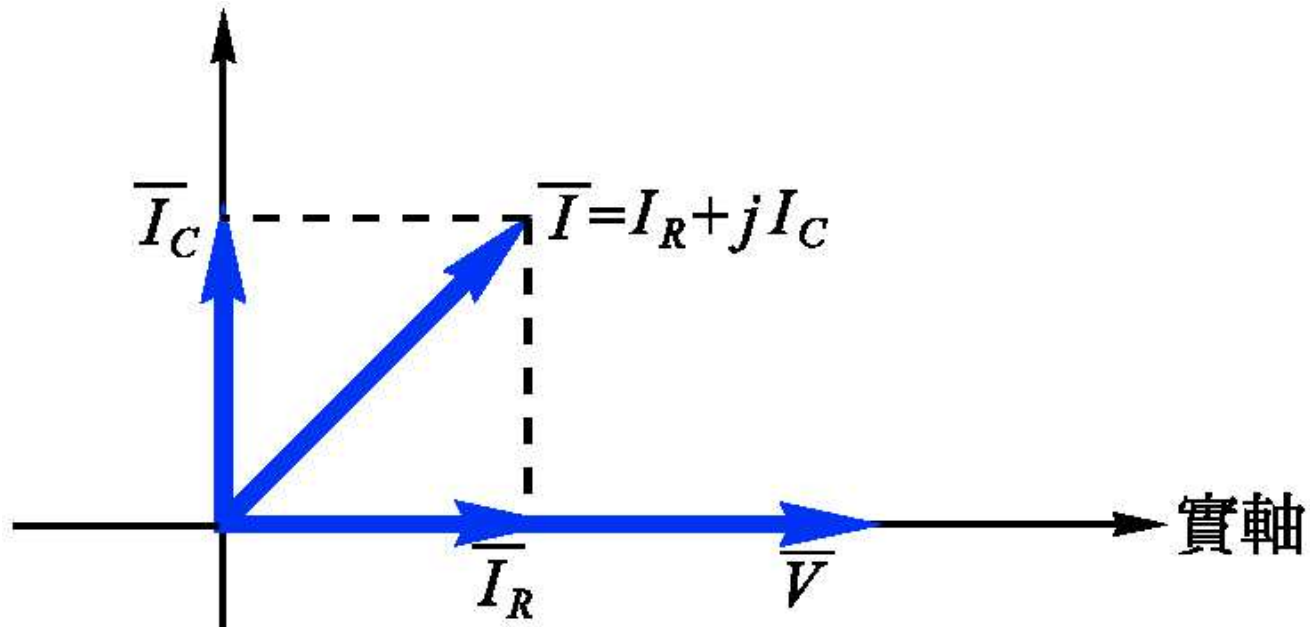
(a)



(b)

◀ 9-20

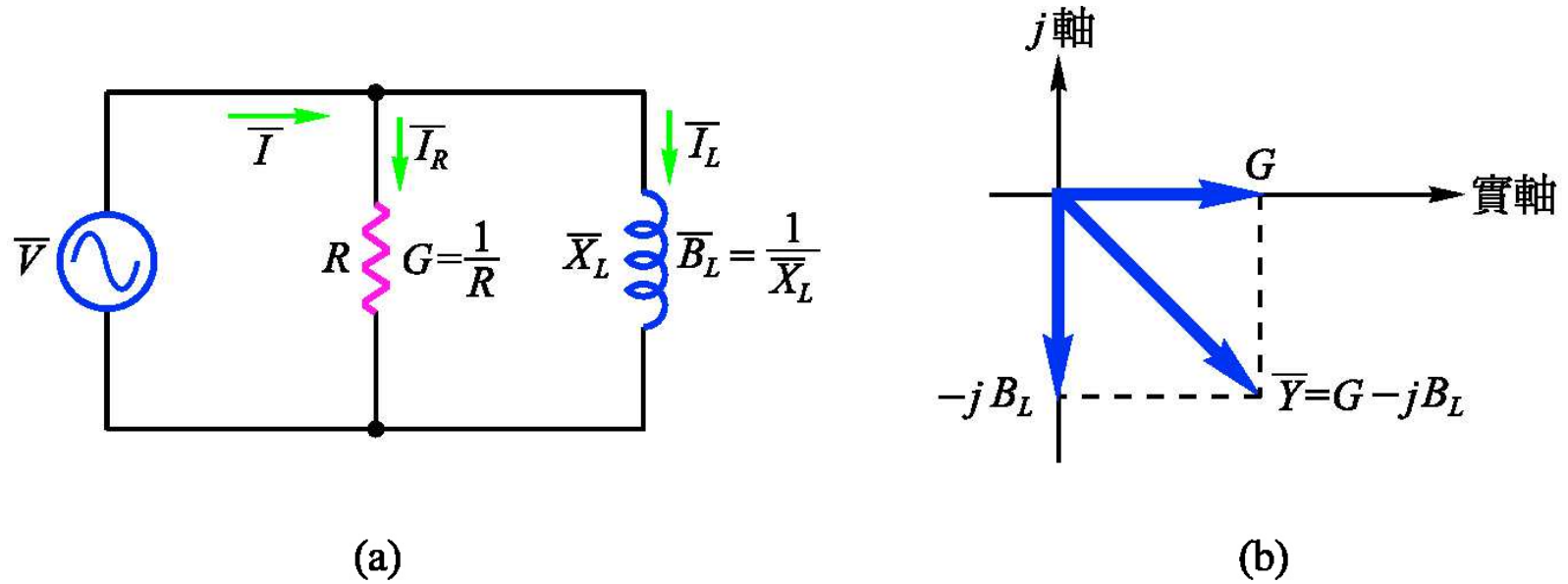
(a)交流R-C並聯電路，  
(b)導納圖



▶ 9-21

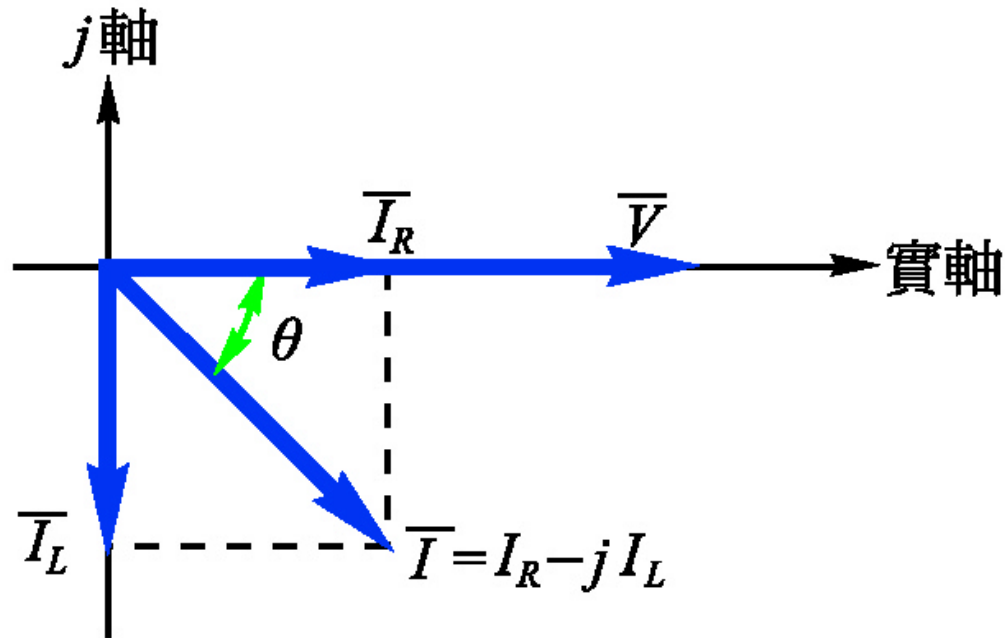
交流 R-C 並聯相量圖

回目錄



◀ 9-22

(a) 交流  $R$ - $L$  並聯電路，  
 (b) 導納圖

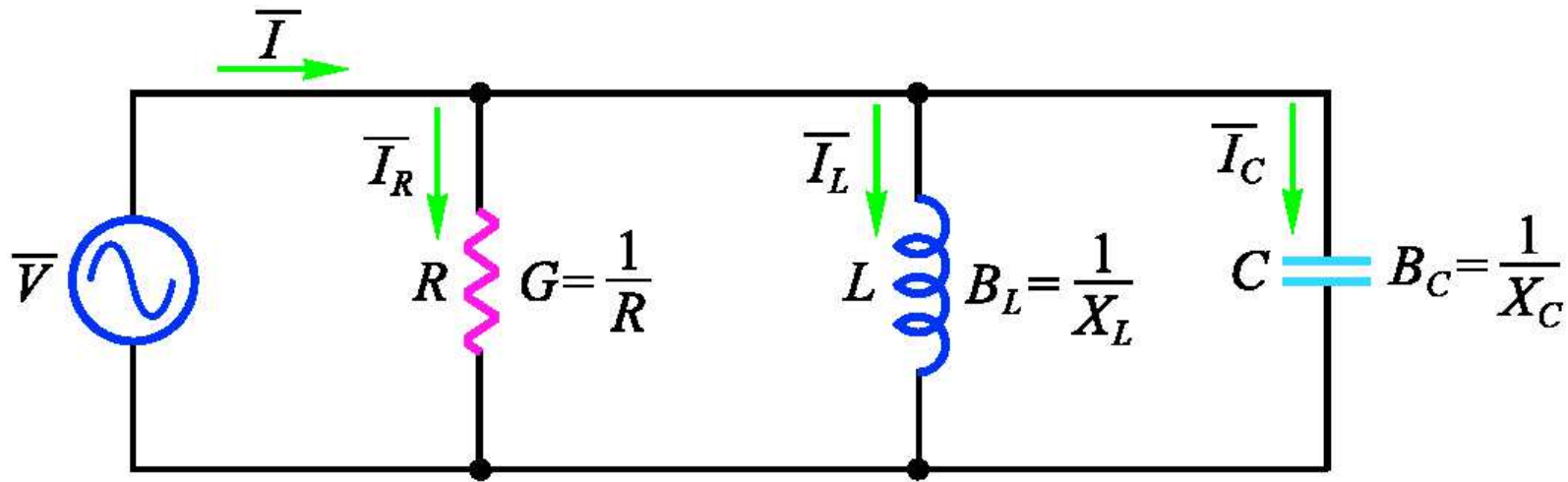


◀ 9-23

交流 R-L 並聯相量圖

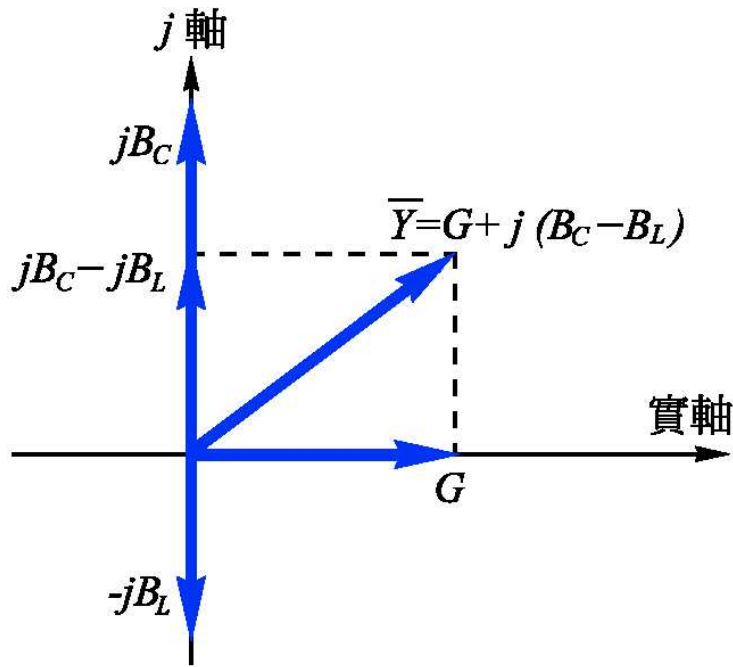
回目錄



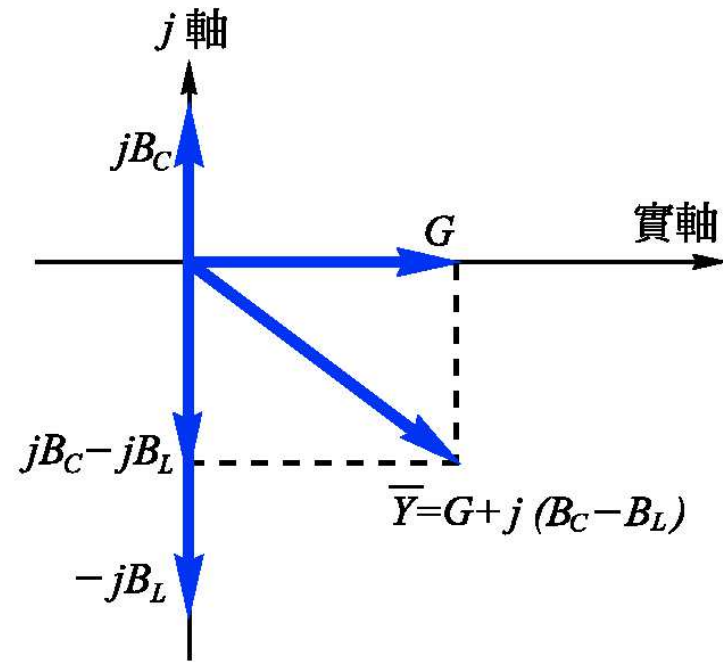


◀ 9-24

$R-L-C$  並聯電路



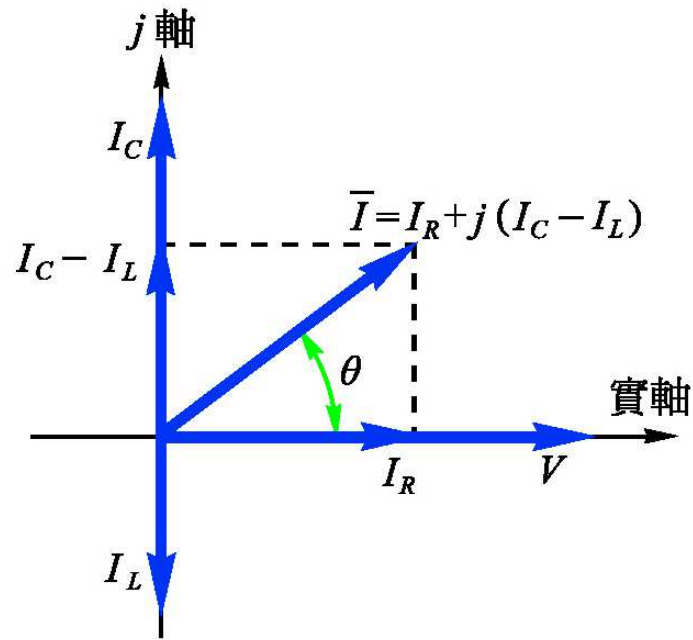
(a)  $B_C > B_L (X_C < X_L)$



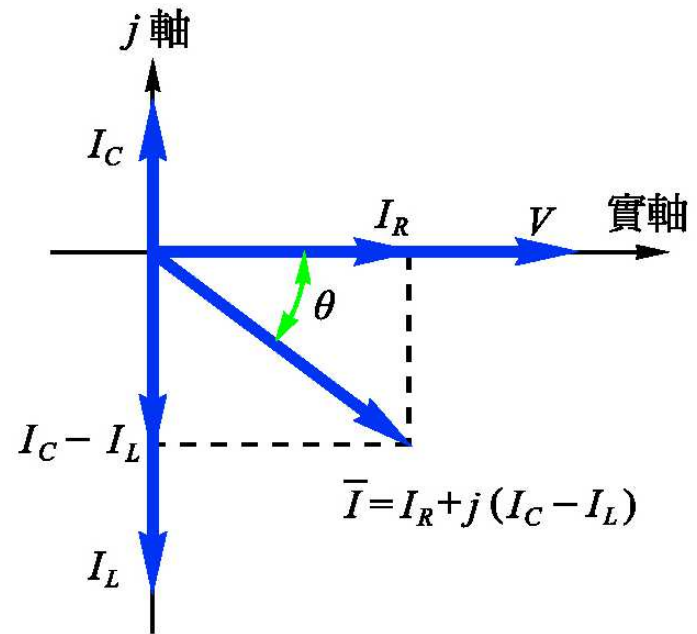
(b)  $B_C < B_L (X_C > X_L)$

◀ 9-25

R-L-C 並聯電路的導納圖



(a)  $I_C > I_L$  ( $X_C < X_L$ 、 $B_C > B_L$  為電容性)



(b)  $I_C < I_L$  ( $X_C > X_L$ 、 $B_C < B_L$  為電感性)

▶ 圖 9-26




R-L-C 並聯 電路相量圖

$R-L-C$  並聯電路的各種特性如下：

1. 若  $X_C < X_L$ ，即  $B_C > B_L$ 、 $I_C > I_L$ ，為電容性電路，電流超前電壓  $\theta$  角度，或稱電壓落後電流  $\theta$  角度。
2. 若  $X_C > X_L$ ，即  $B_C < B_L$ 、 $I_C < I_L$ ，為電感性電路，電壓超前電流  $\theta$  角度，或稱電流落後電壓  $\theta$  角度。
3. 若  $X_C = X_L$ ，即  $B_C = B_L$ 、 $I_C = I_L$ ，總電流等於電阻器電流  $\bar{I} = \bar{I}_R$ ，為電阻性電路，電壓與電流同相。

回目錄

# 目 錄

- 10-1 視在功率(Apparent power).....2 
- 10-3 平均功率(有效功率)與  
虛功率(無效功率).....3 
- 10-4 交流電功率計算.....5 

$$i(t) = V_m \sin(\omega t - \theta)$$



$$v(t) = V_m \sin \omega t$$

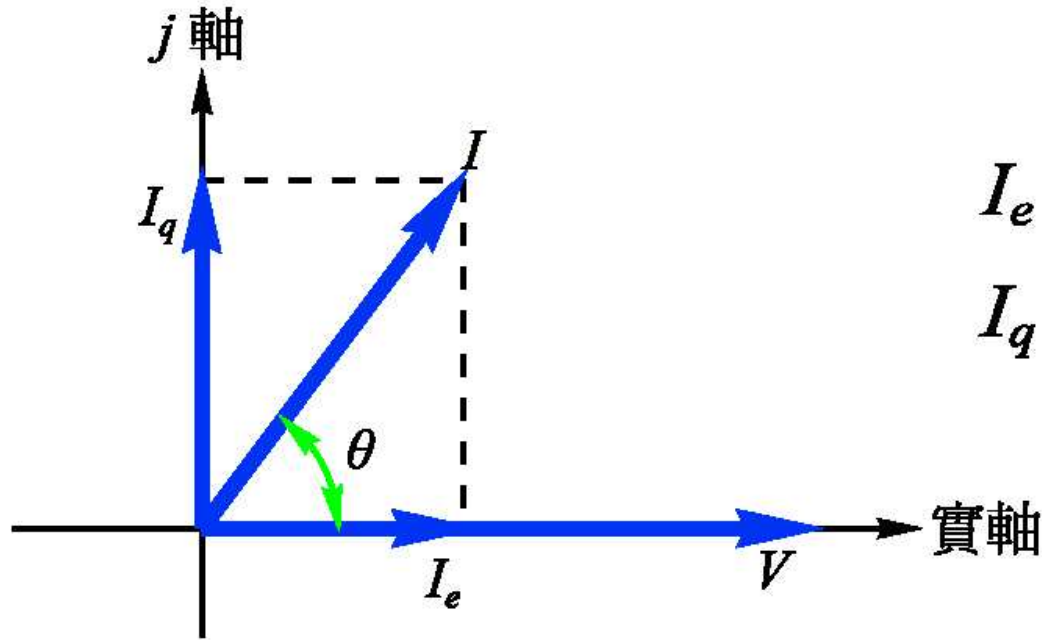


交流 R-L-C  
電路

▶ 10-1

交流穩態電路

回目錄



$$I_e = I \cos \theta$$

$$I_q = I \sin \theta$$

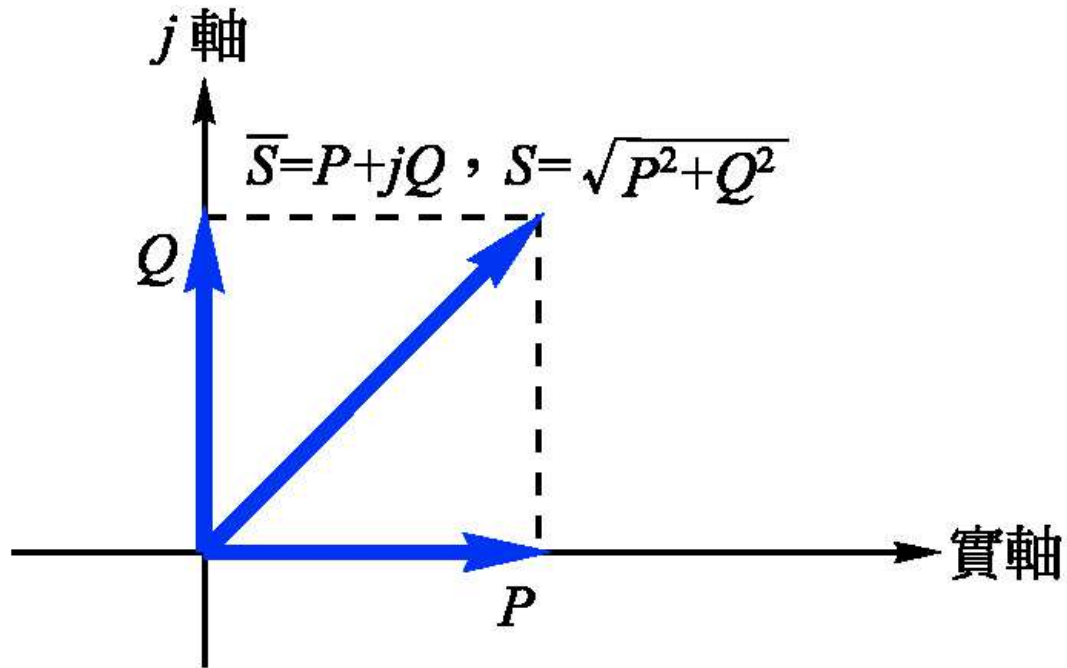
◀ 10-2

有功電流  $I_e$  及無功電流  $I_q$

$$P = VI\cos\theta$$

$$Q = VI\sin\theta$$

$$S = VI$$



▶ 10-3

功率三角形(power triangle)

回目錄



## 一、純電阻電路(R)

1. 相角差  $\theta = 0^\circ$
2. 視在功率  $S = VI = I^2R$  VA
3. 平均功率(有效功率)

$$P = VI\cos 0^\circ = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \quad \text{W}$$

4. 虛功率(無效功率)

$$Q = VI\sin 0^\circ = 0 \quad \text{VAR}$$

5. 功率三角形

$$\bar{S} = P + jQ = P$$

6. 功率因數  $PF = \cos 0^\circ = 1$

1. 相角差  $\theta = 90^\circ$  (電流落後電壓)
2. 視在功率

$$S = VI = I^2 X_L = \frac{V^2}{X_L} \quad \text{VA}$$

3. 平均功率(有效功率)

$$P = VI \cos 90^\circ = 0 \quad \text{W}$$

4. 虛功率(無效功率)

$$Q = VI \sin 90^\circ = VI = I^2 X_L = \frac{V^2}{X_L} \quad \text{VAR}$$

5. 功率三角形

$$\bar{S} = P - jQ = -jQ$$

$$S = Q \quad \text{VAR}$$

6. 功率因數

$$PF = \cos 90^\circ = 0 \text{ (落後功率因數)}$$

## 三、純電容電路(C)

1. 相角差  $\theta = 90^\circ$  (電流超前電壓)
2. 視在功率

$$S = VI = I^2 X_C = \frac{V^2}{X_C} \quad \text{VA}$$

3. 平均功率(有效功率)

$$P = VI \cos 90^\circ = 0 \quad \text{W}$$

4. 虛功率(無效功率)

$$Q = VI \sin 90^\circ = VI = I^2 X_C = \frac{V^2}{X_C} \quad \text{VAR}$$

5. 功率三角形

$$\bar{S} = P + jQ = jQ$$

$$S = Q \quad \text{VAR}$$

6. 功率因數

$$PF = \cos 90^\circ = 0 \text{ (超前功率因數)}$$

四、串聯  $R$ - $C$  電路

1. 相角差  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  (電流超前電壓)
2. 視在功率

$$S = VI = I^2Z = \frac{V^2}{Z} \quad \text{VA}$$

3. 平均功率(有效功率)

$$P = VI\cos\theta = I^2R \quad \text{W}$$

4. 虛功率(無效功率)

$$Q = VI\sin\theta = I^2X_C \quad \text{VAR}$$

5. 功率三角形

$$\begin{aligned}\bar{S} &= P + jQ \\ S &= \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{VA}\end{aligned}$$

6. 功率因數

$$PF = \cos\theta = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{Z} = \frac{P}{S} \quad (\text{超前功率因數})$$

五、串聯  $R$ - $L$  電路

1. 相角差  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  (電流落後電壓)
2. 視在功率

$$S = VI = I^2Z = \frac{V^2}{Z} \quad \text{VA}$$

3. 平均功率(有效功率)

$$P = VI\cos\theta = I^2R \quad \text{W}$$

4. 虛功率(無效功率)

$$Q = VI\sin\theta = I^2X_L \quad \text{VAR}$$

5. 功率三角形

$$\begin{aligned}\bar{S} &= P - jQ \\ S &= \sqrt{P^2 + Q^2}\end{aligned}$$

6. 功率因數

$$PF = \cos\theta = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{Z} = \frac{P}{S} \quad (\text{落後功率因數})$$

## 六、串聯 R-L-C 電路

1. 視在功率

$$S = VI = I^2 Z = \frac{V^2}{Z} \quad \text{VA}$$

2. 平均功率：為電阻器
- $R$
- 所消耗的功率

$$P = VI \cos\theta = I^2 R \quad \text{W}$$

3. 無效功率：為超前的電容抗功率
- $Q_C$
- 減去落後的電感抗功率
- $Q_L$

$$Q = VI \sin\theta = |Q_C - Q_L| = |I^2 X_C - I^2 X_L| = I^2 X \quad \text{VAR (10-6)}$$

4. 複數功率

$$\begin{aligned}\bar{S} &= P + j(Q_C - Q_L) \\ S &= \sqrt{P^2 + (Q_C - Q_L)^2}\end{aligned}$$

5. 功率因數

$$PF = \cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{V_R}{V} = \frac{P}{S}$$

七、並聯  $R$ - $C$  電路

1. 相角差  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  (電流超前電壓)
2. 視在功率

$$S = VI = I^2 Z = \frac{V^2}{Z} = V^2 Y \quad \text{VA}$$

3. 平均功率(有效功率)

$$P = VI \cos \theta = I_R^2 R = \frac{V^2}{R} \quad \text{W}$$

4. 虛功率(無效功率)

$$Q = VI \sin \theta = I_C^2 X_C = \frac{V^2}{X_C} \quad \text{VAR}$$

5. 功率三角形

$$\begin{aligned} \bar{S} &= P + jQ \\ S &= \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{VA} \end{aligned}$$

6. 功率因數

$$PF = \cos \theta = \frac{I_R}{I} = \frac{G}{Y} = \frac{P}{S} \text{ (超前功率因數)}$$

八、並聯  $R$ - $L$  電路

1. 相角差  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  (電流落後電壓)
2. 視在功率

$$S = VI = I^2 Z = \frac{V^2}{Z} = V^2 Y \quad \text{VA}$$

3. 平均功率(有效功率)

$$P = VI \cos \theta = I_R^2 R = \frac{V^2}{R} \quad \text{W}$$

4. 虛功率(無效功率)

$$Q = VI \sin \theta = I_L^2 X_L = \frac{V^2}{X_L} \quad \text{VAR}$$

5. 功率三角形

$$\begin{aligned} \bar{S} &= P - jQ \\ S &= \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{VA} \end{aligned}$$

6. 功率因數

$$PF = \cos \theta = \frac{I_R}{I} = \frac{G}{Y} = \frac{P}{S} \quad (\text{落後功率因數})$$



九、並聯  $R-L-C$  電路

1. 視在功率

$$S = VI = I^2 Z = \frac{I^2}{Y} = V^2 Y \quad \text{VA}$$

2. 平均功率：為電阻器  $R$  所消耗的功率

$$P = VI \cos\theta = I_R^2 R \quad \text{W}$$

3. 無效功率：為超前的電容抗功率  $Q_C$  減去落後的電感抗功率  $Q_L$

$$Q = V I \sin\theta = |Q_C - Q_L| = |I_C^2 X_C - I_L^2 X_L| = I^2 X \quad \text{VAR (10-8)}$$

4. 複數功率




$$\begin{aligned} \bar{S} &= P + j(Q_C - Q_L) \\ S &= \sqrt{P^2 + (Q_C - Q_L)^2} \quad \text{VA} \end{aligned}$$

5. 功率因數

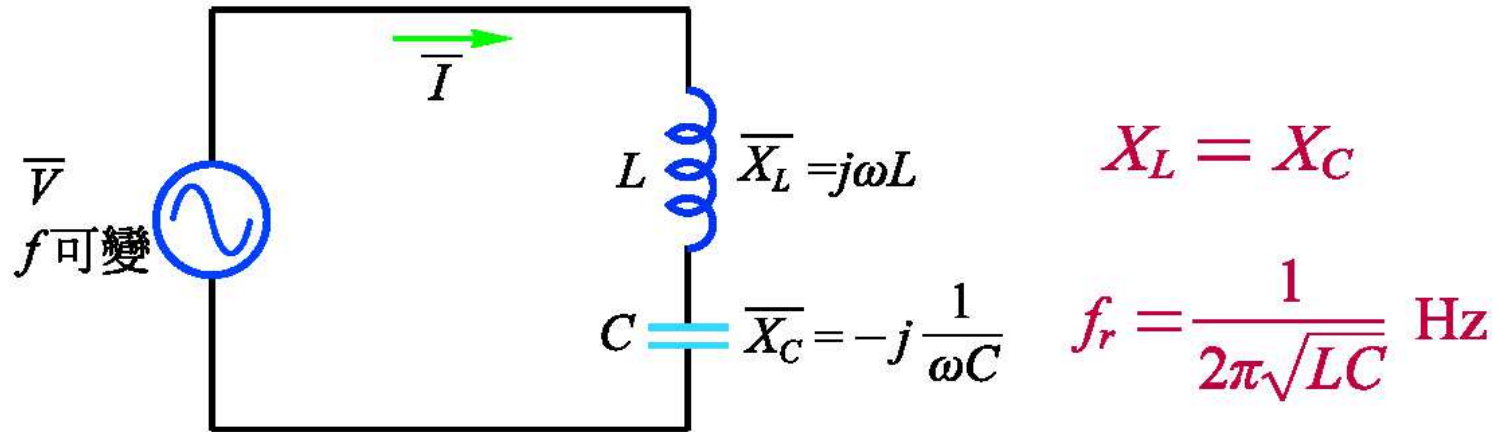
$$PF = \cos\theta = \frac{G}{Y} = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S}$$

回目錄

# 目 錄

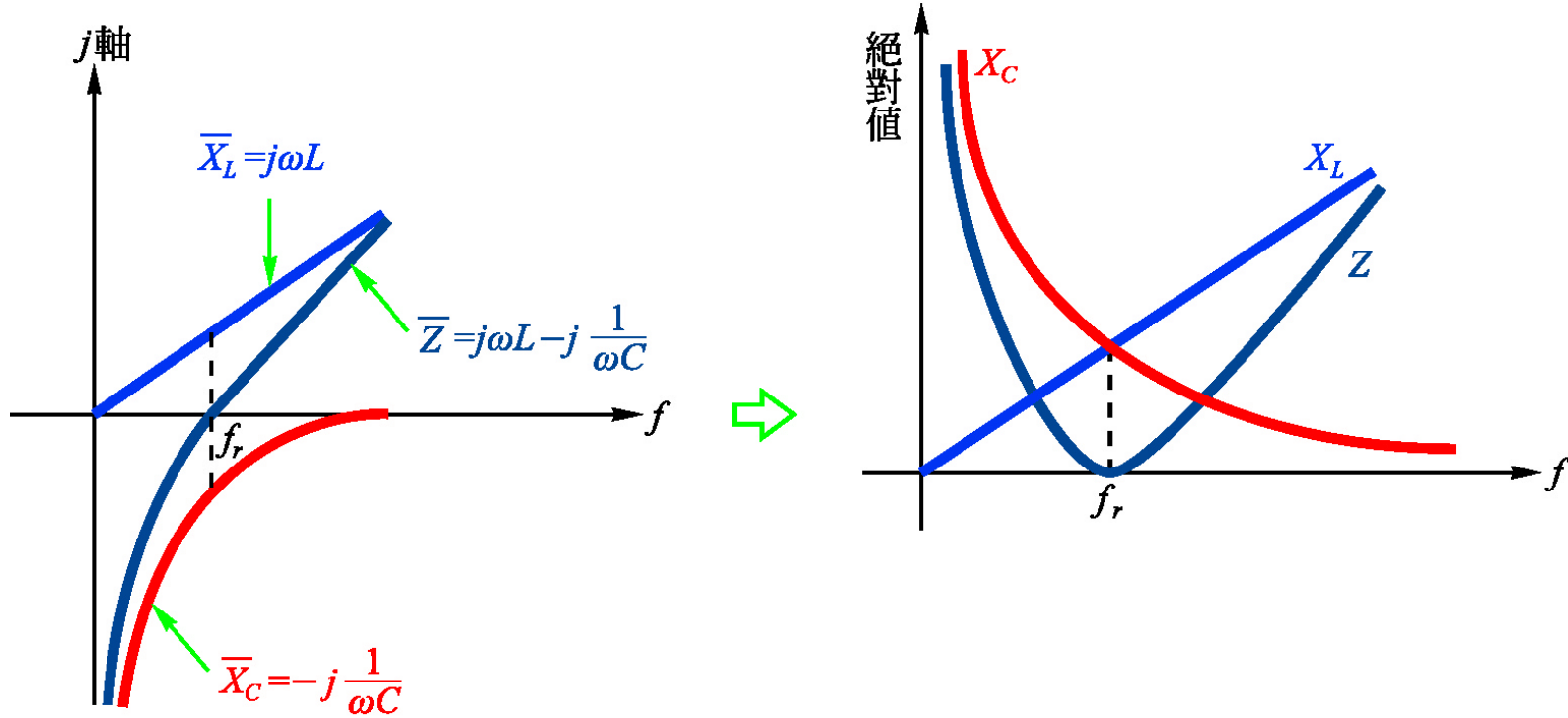
- 11-1 串聯諧振電路.....2 
- 11-2 並聯諧振電路.....13 
- 11-3 串並聯諧振電路.....23 

### 一、 $L-C$ 串聯諧振電路



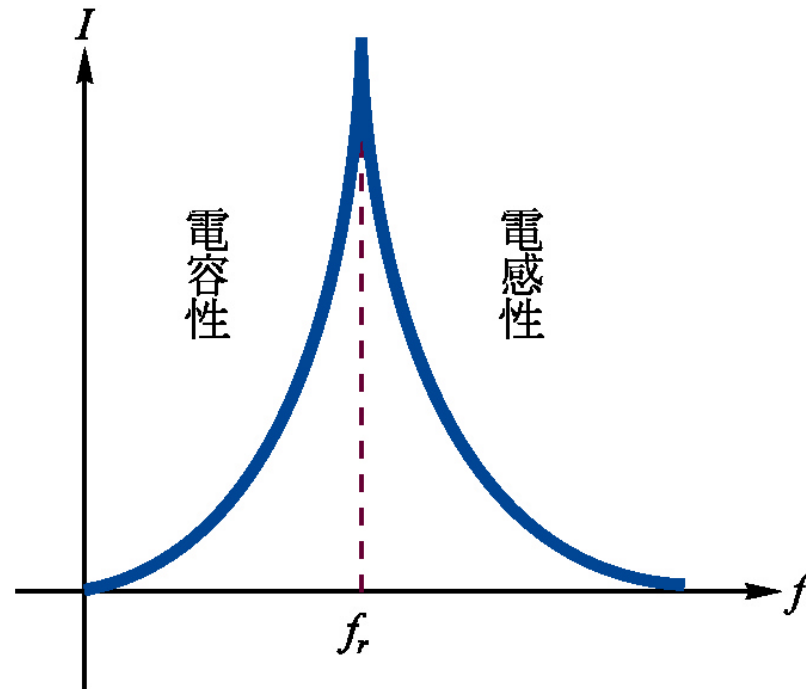
◀ 11-1

$L-C$  串聯電路



◀ 11-2

$\bar{X}_L$ 、 $\bar{X}_C$ 、 $\bar{Z}$ 對頻率的  
響應曲線圖



◀ 圖 11-3

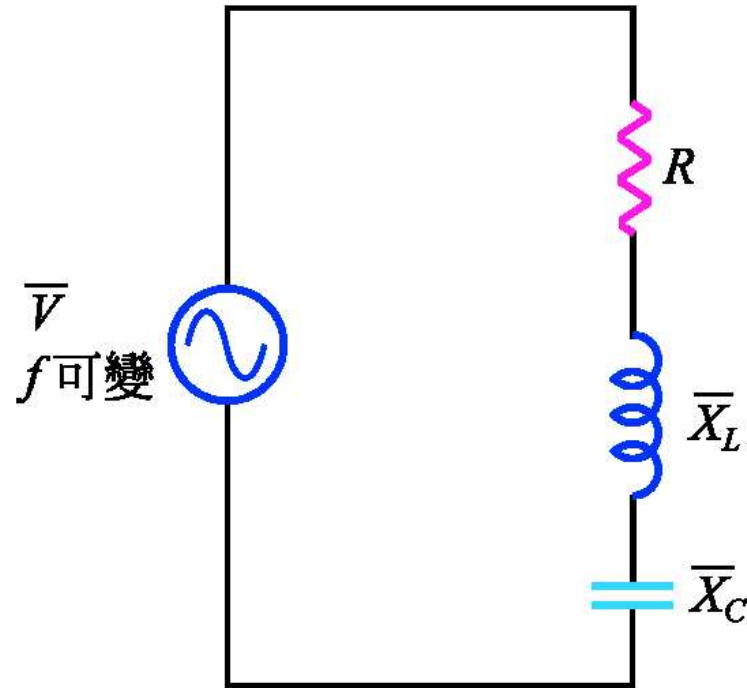
$L$ - $C$  串聯電路電流對  
頻率的響應曲線圖

$$X_L = X_C$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

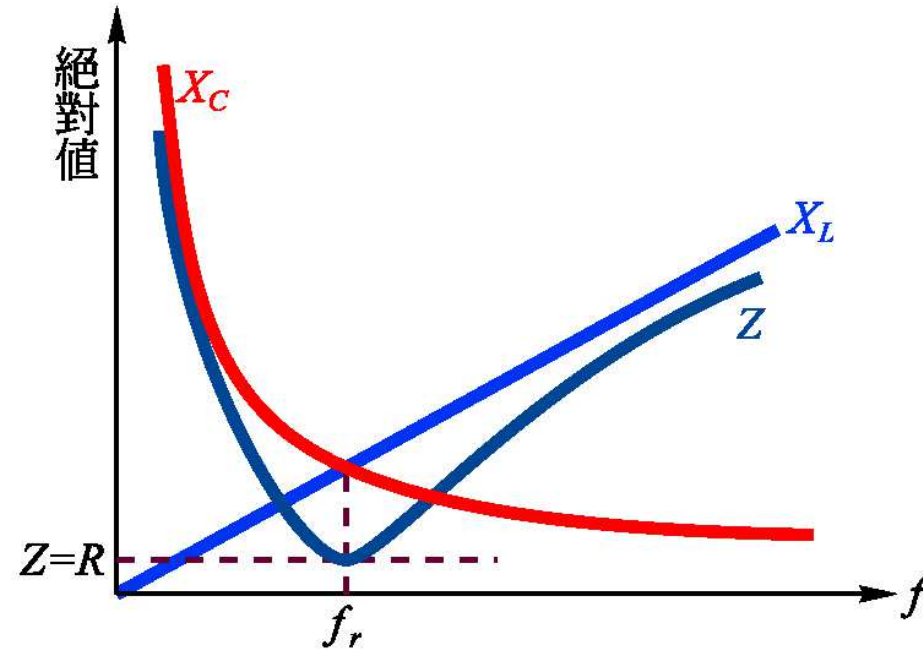
$$Z_r = R$$

$$I = \frac{V}{R}$$



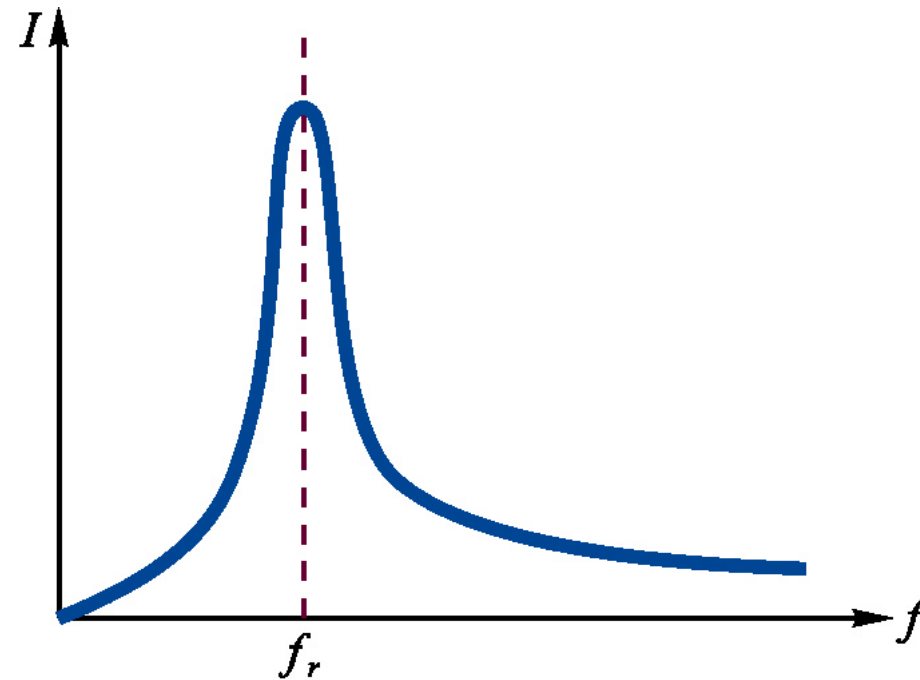
▶ 圖 11-4

R-L-C 串聯諧振電路



◀ 11-5

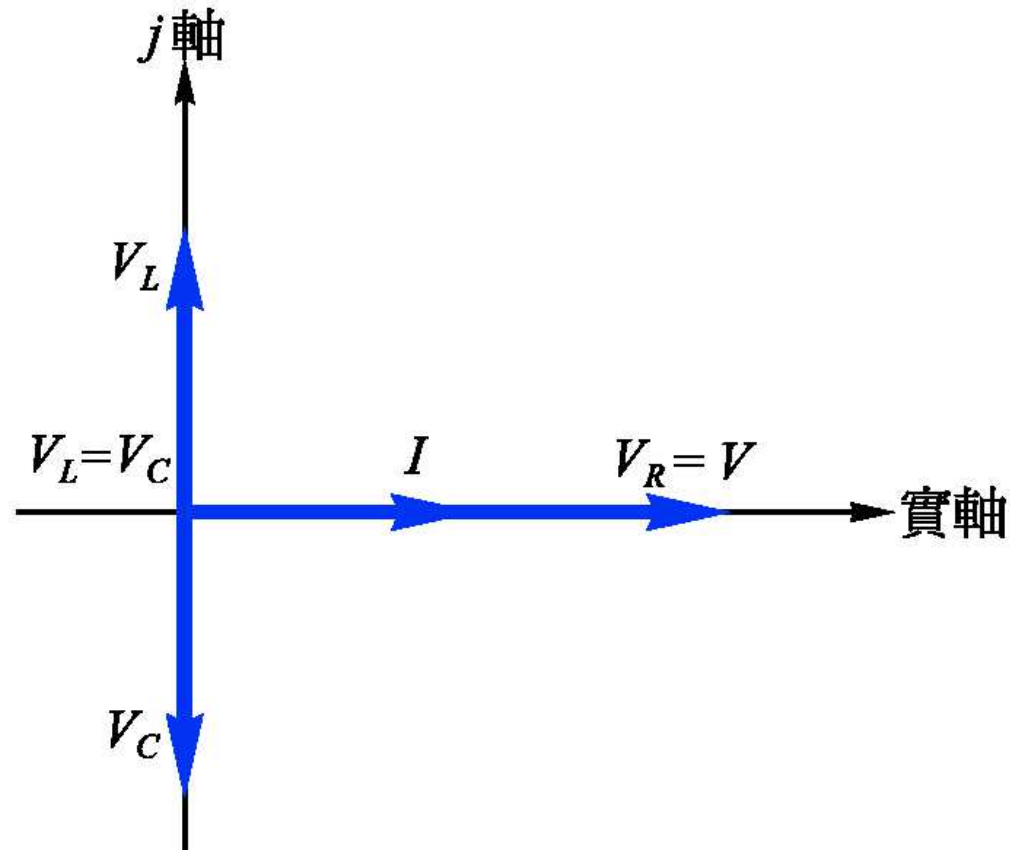
$R-L-C$  串聯阻抗與頻率  $f$   
之曲線



◀ 11-6

$R-L-C$  串聯電路電流  
曲線

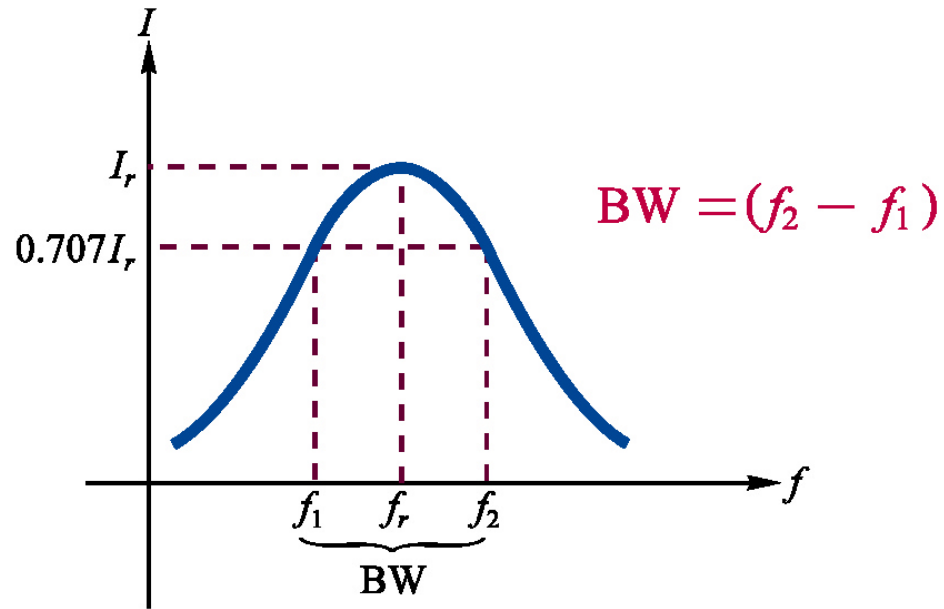




▶ 11-7

R-L-C 串聯諧振相量圖

### 頻帶寬度(Bandwidth)



◀ 11-8

頻帶寬度

## 品質因數(quality factor)

$$Q = \frac{P_{L_r}}{P_{R_r}} = \frac{P_{C_r}}{P_{R_r}}$$

$$Q = \frac{X_{L_r}}{R}$$

$$Q = \frac{X_{C_r}}{R}$$

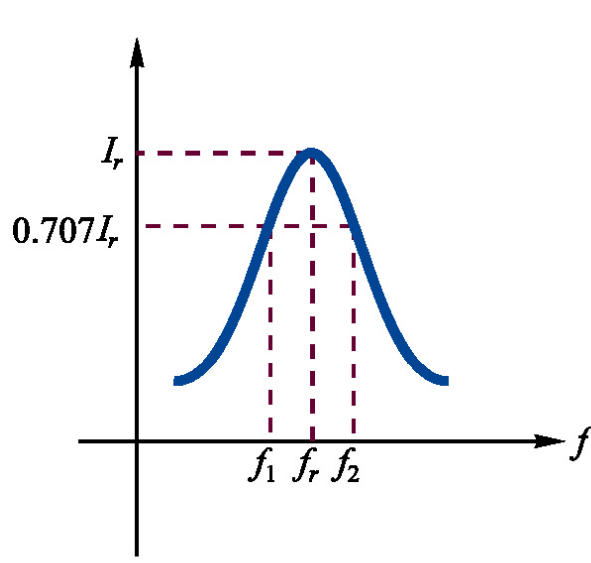
$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$V_{L_r} = VQ$$

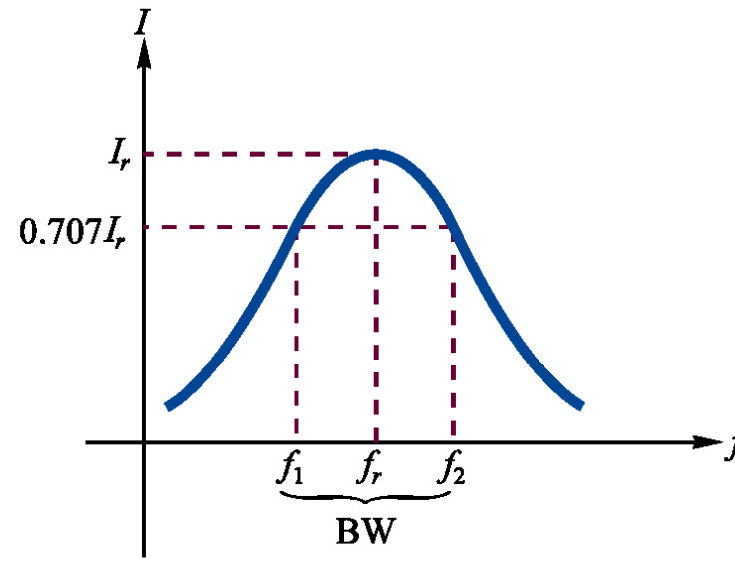
$$V_{C_r} = VQ$$

$$Q = \frac{f_r}{\text{BW}}$$

選擇性(selectivity)



(a)選擇性較佳(頻寬較窄)



(b)選擇性較差(頻寬較寬)

▶ 圖 11-9

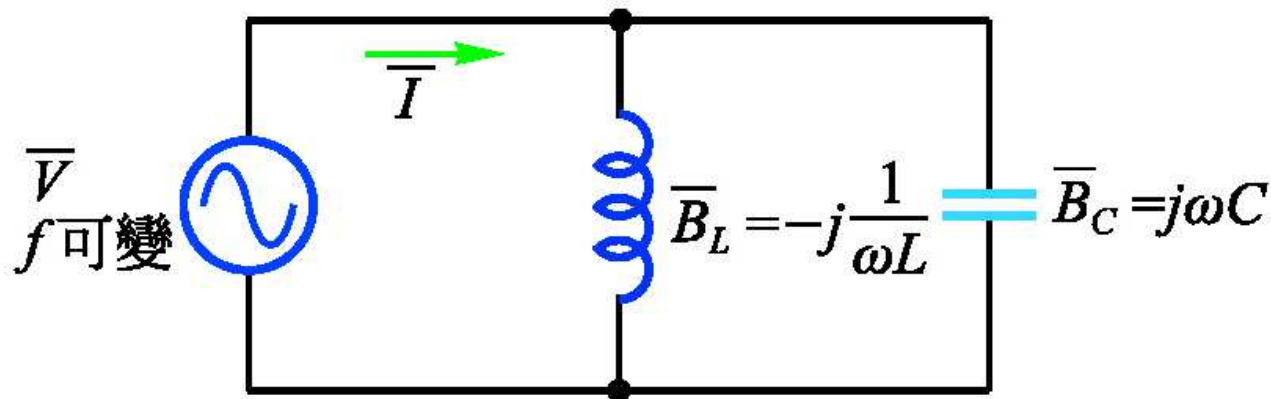
選擇性的比較

由公式  $Q = f / BW$ ，即  $BW = f / Q$ ，可得出品質因數、頻帶寬度、電流波幅及選擇性的結論：

- (1) 若  $Q$  值愈大，則頻帶寬度愈狹窄，電流曲線愈尖銳，如圖(a)所示，選擇性較好。
- (2) 若  $Q$  值愈小，則頻帶寬度愈寬，電流曲線愈圓滑，如(b)圖所示，選擇性較差。

[回目錄](#)

# 一、 $L-C$ 並聯諧振電路

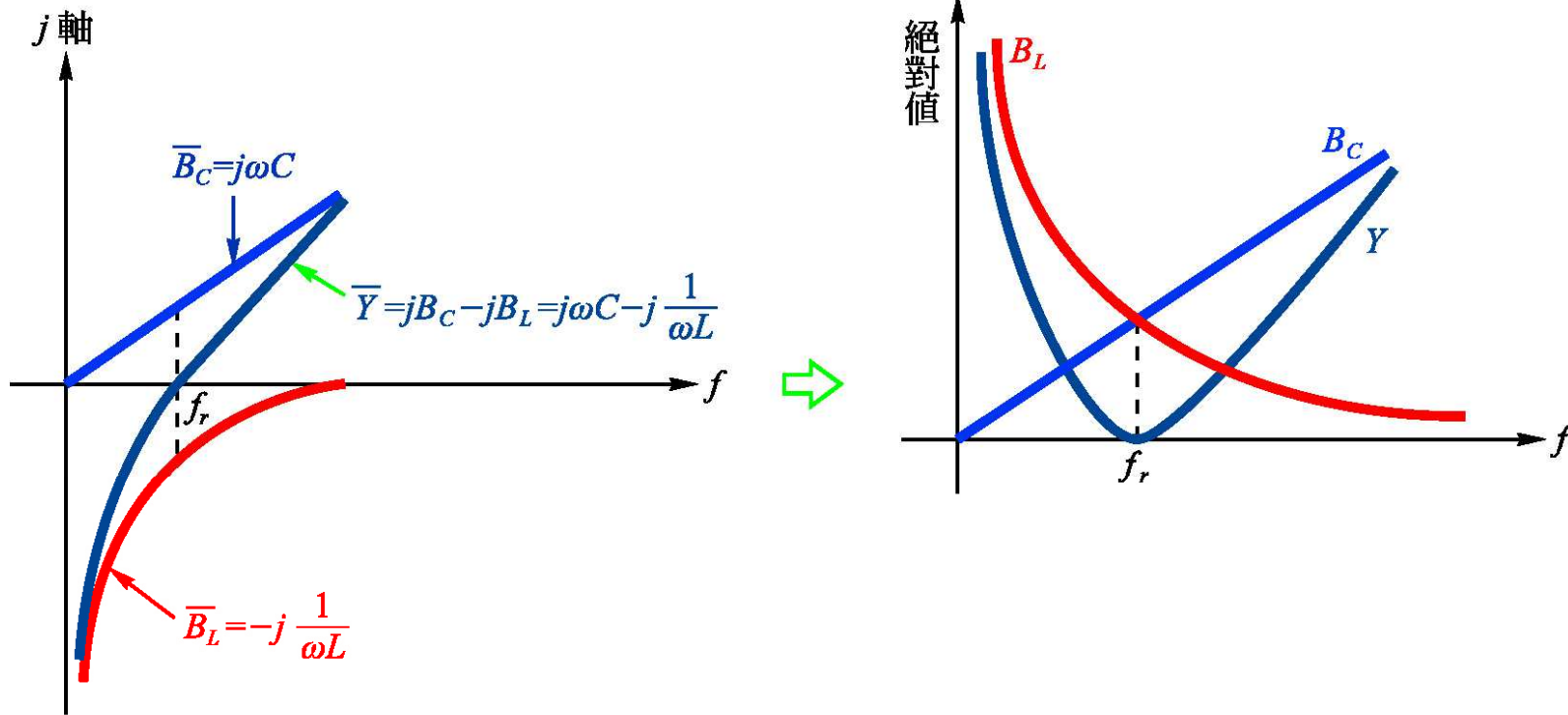


$$B_L = B_C$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

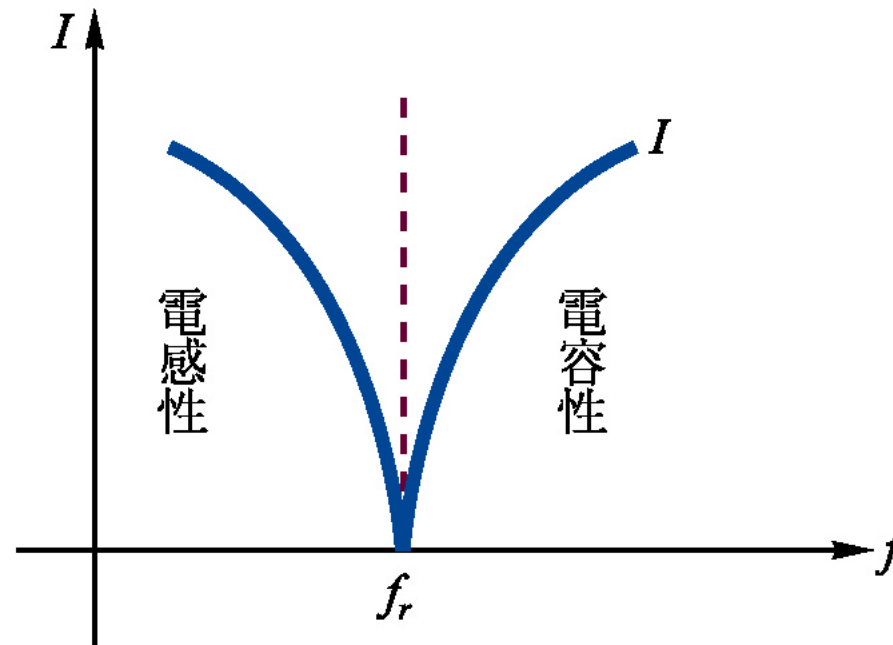
◀ 11-10

$L-C$  並聯電路



◀ 11-11

$\overline{B}_L$ 、 $\overline{B}_C$ 、 $\overline{Y}$ 對頻率的響應  
曲線圖

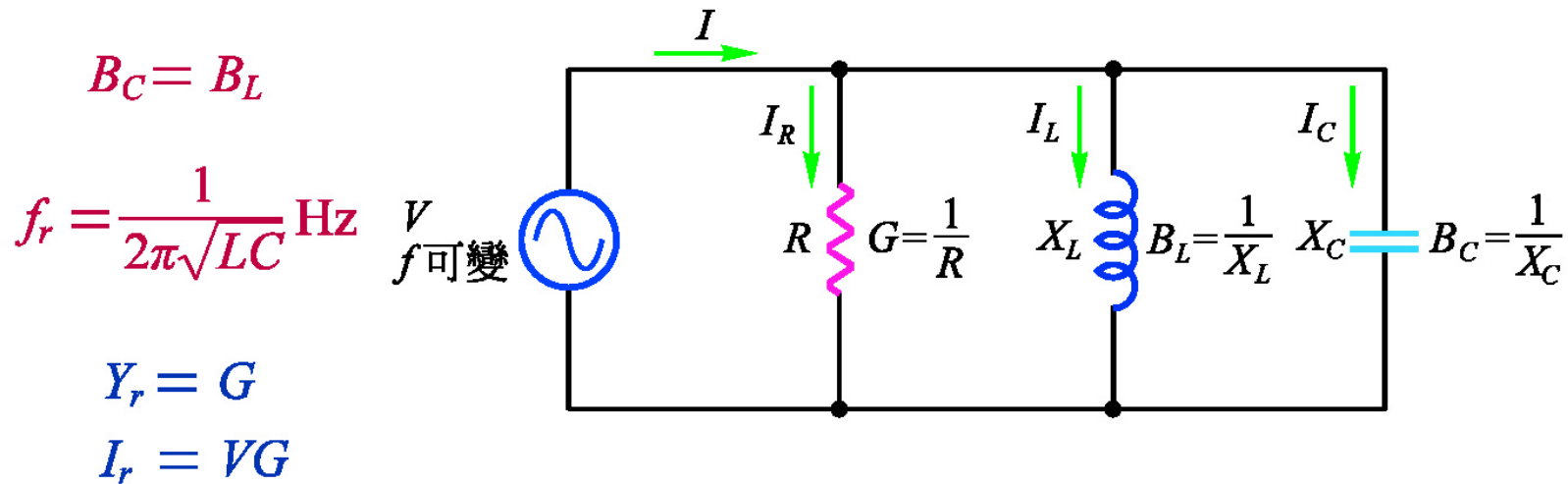


▶ 11-12

$L$ - $C$  並聯電路電流對頻率的  
響應曲線圖

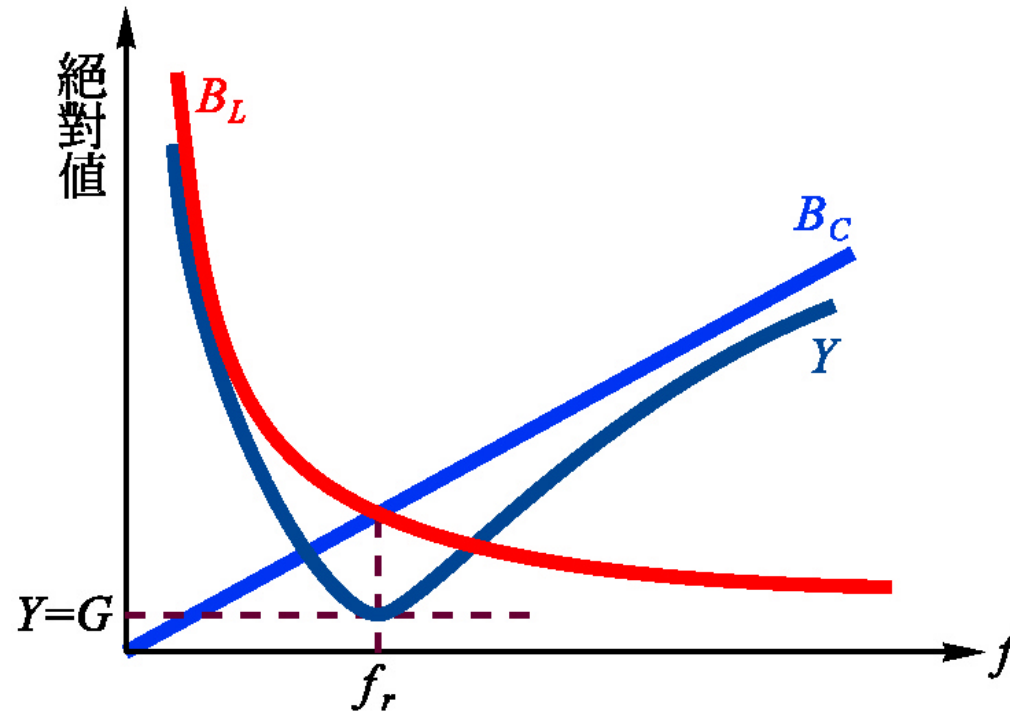


## 二、R-L-C 並聯諧振電路



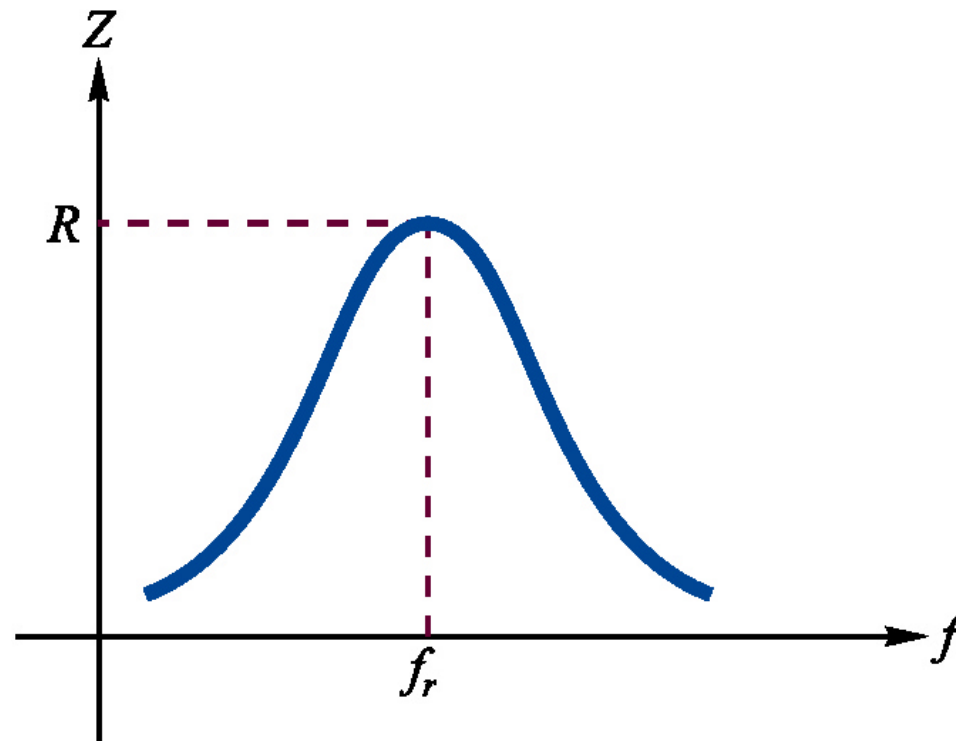
▶ 11-13

R-L-C 並聯諧振



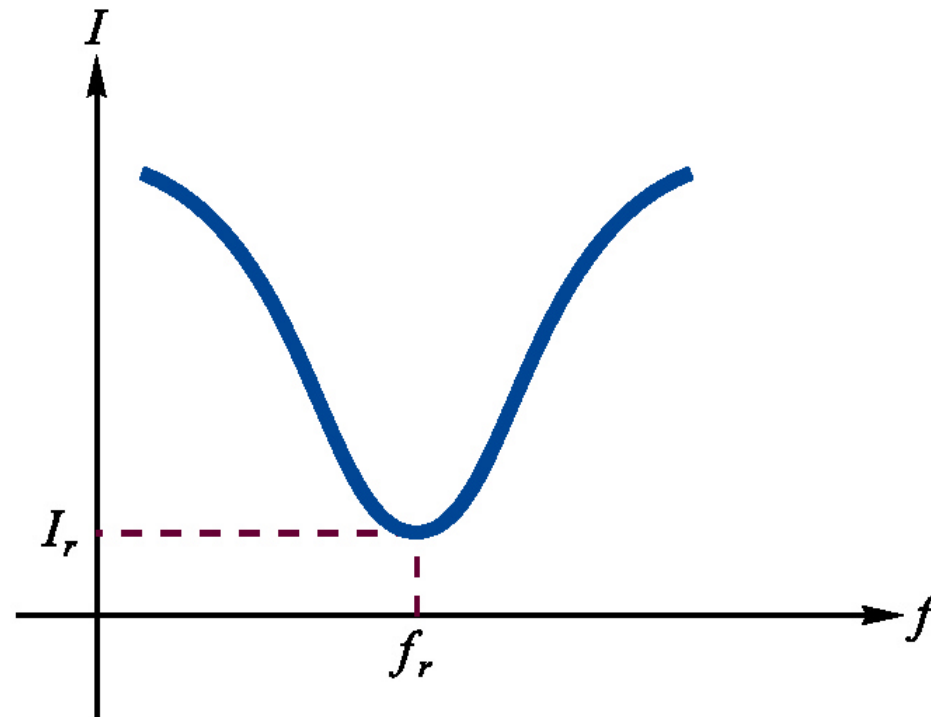
◀ 11-14

並聯導納曲線圖



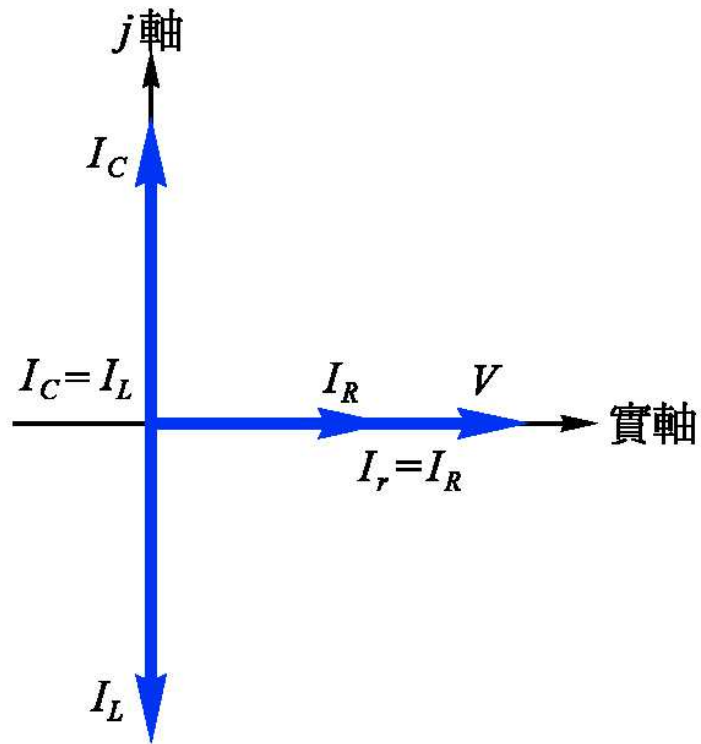
▶ 11-15

並聯阻抗曲線圖



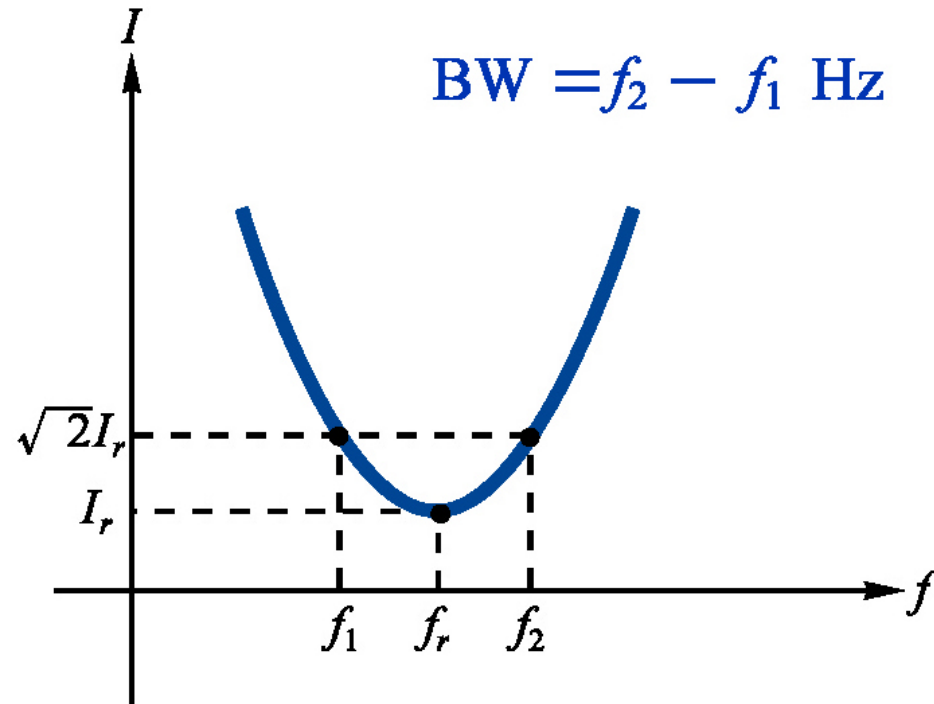
◀ 11-16

$R-L-C$  並聯電路電流曲線圖



◀ 11-17

$R-L-C$  並聯諧振相量圖



▶ 11-18

R-L-C 並聯電路之頻帶寬度

### 品質因數

$$Q = \frac{R}{X_{L_r}}$$

$$Q = \frac{R}{X_{C_r}}$$

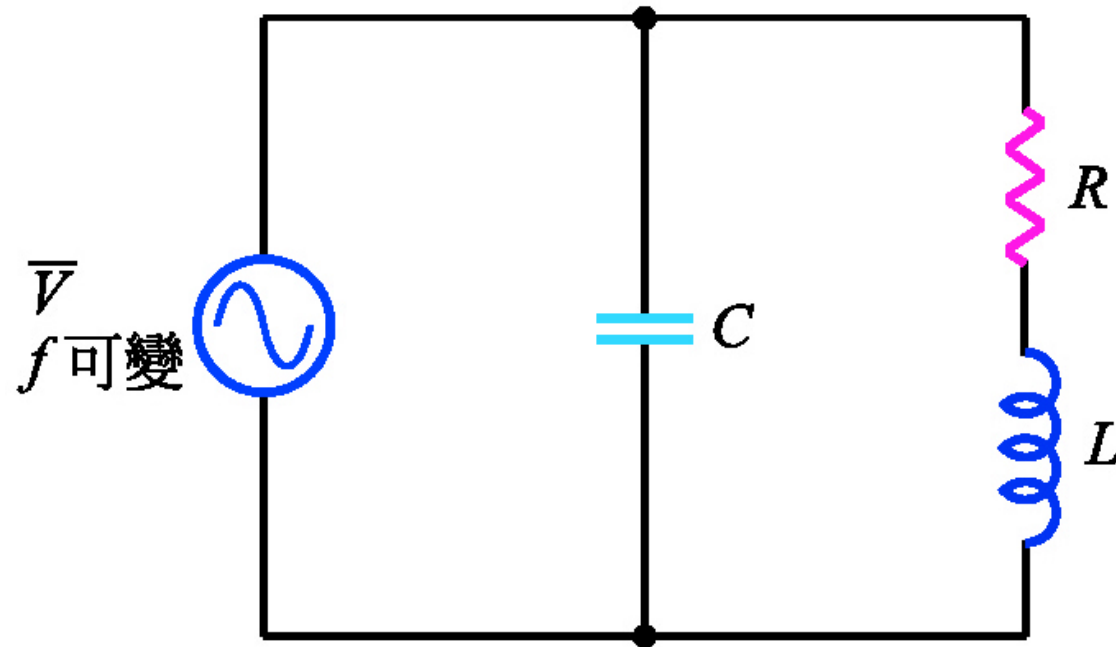
$$Q = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$I_{L_r} = I_r Q$$

$$I_{C_r} = I_r Q$$

$$Q = \frac{f_r}{BW}$$

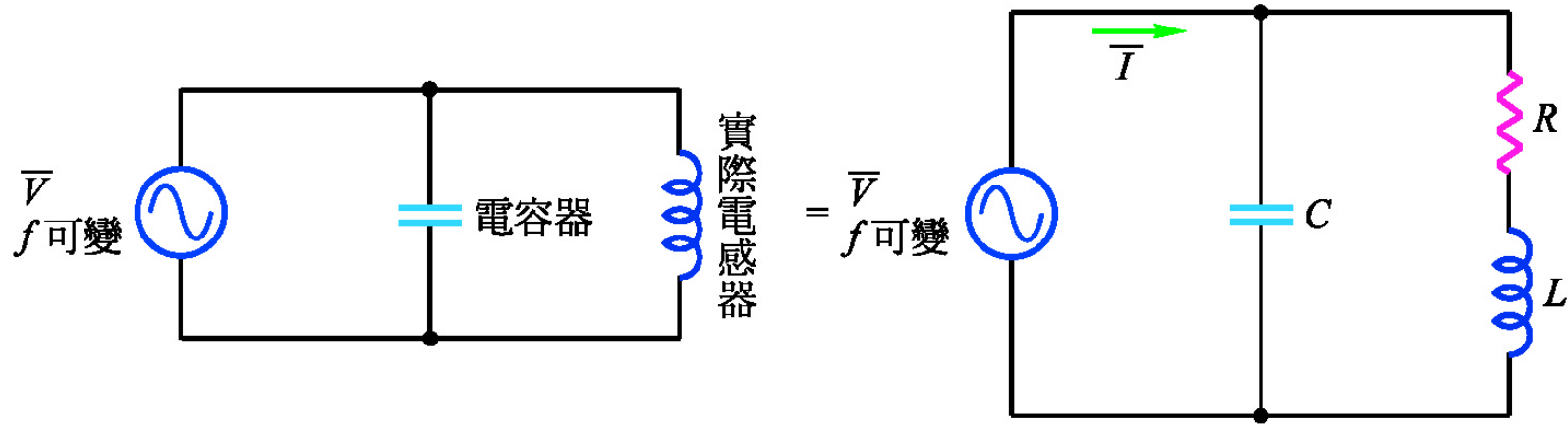
回目錄



▶ 11-19

電阻-電感-電容串並聯諧振電路





▶ 11-20

實際  $L$ - $C$  並聯諧振電路

$R-L-C$  串並聯諧振電路的特性如下：

(1) 諧振頻率

$$Q < 10 \text{ 時 } f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{R^2 C}{L}}$$

$$Q > 10 \text{ 時 } f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

(2) 諧振導納

$$Y_r = \frac{R}{R^2 + \omega_r^2 L^2} = \frac{R}{R^2 + X_{L_r}^2} \text{ 為最小}$$

(3) 諧振阻抗

$$Z_r = \frac{1}{Y_r} = \frac{R^2 + X_{L_r}^2}{R} = R + \frac{X_{L_r}^2}{R} \text{ 為最大}$$

(4) 諧振電流

$$I_r = \frac{V}{Z} = V Y_r = V \times \frac{R}{R^2 + X_{L_r}^2} \text{ 為最小}$$

(5) 諧振功率因數





諧振時，電壓與電流同相，功率因數為 1。

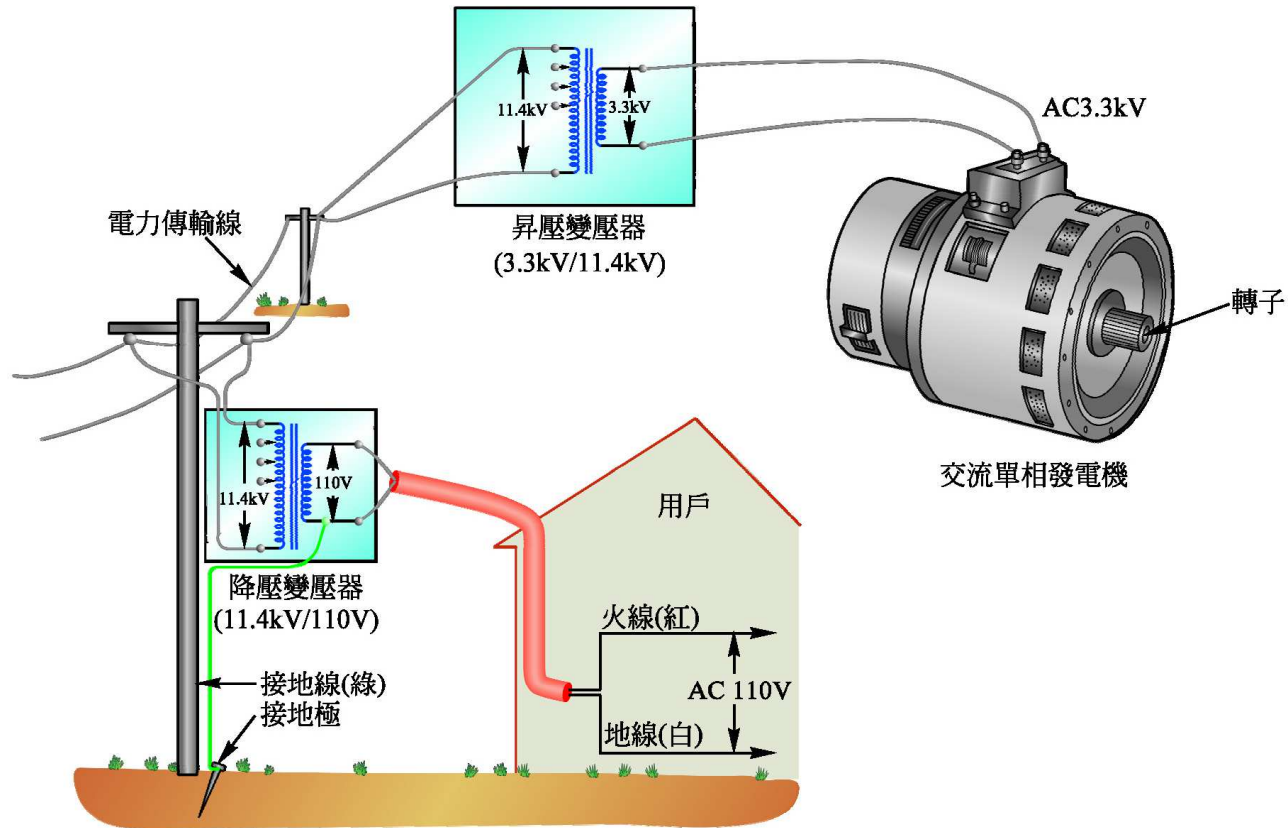
(6) 當  $f = f_r$  時，為電阻性， $f < f_r$  時，為電感性， $f > f_r$  時，為電容性。

(7) 品質因數

$$Q = \frac{X_{L_r}}{R} = \frac{\omega_r L}{R} = \frac{2\pi f_r L}{R}$$

# 目 錄

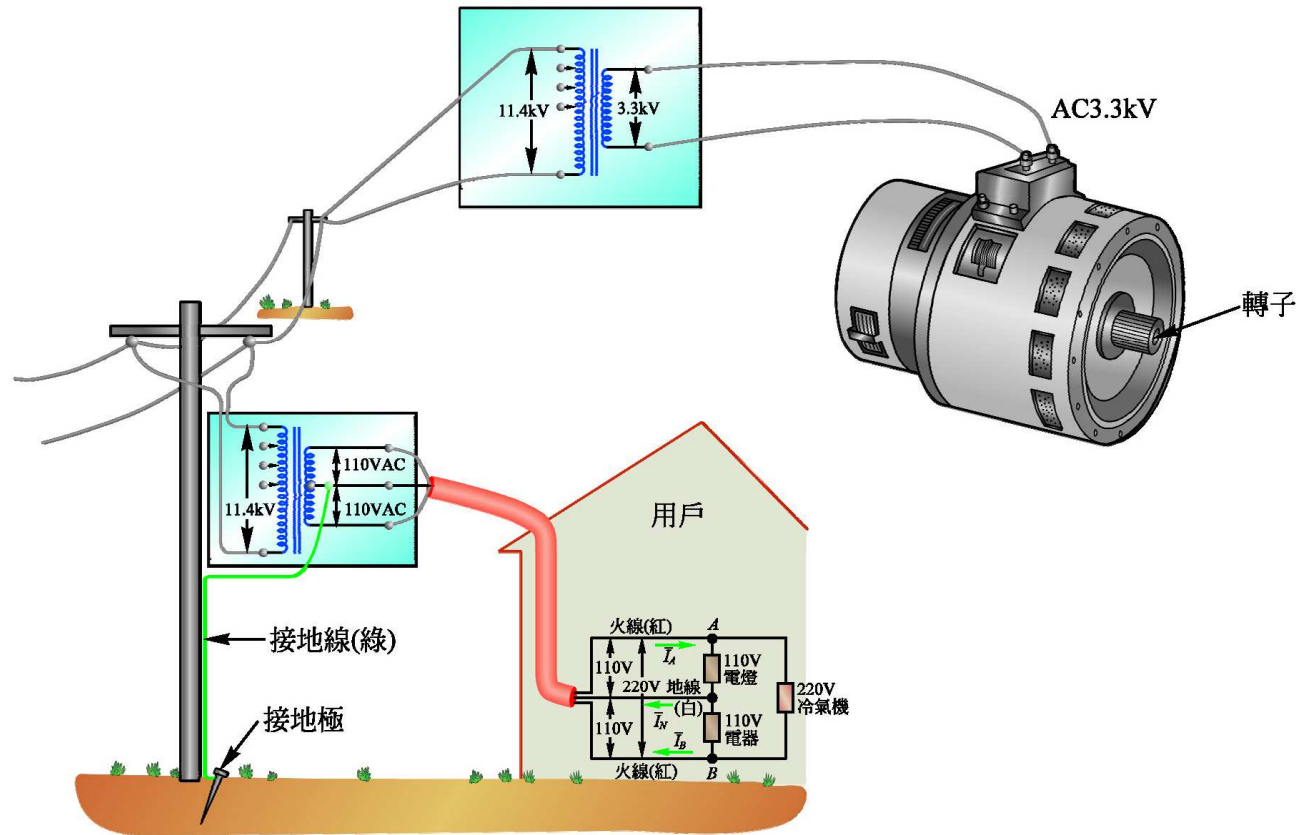
- 12-1 交流電單相電源.....2 
- 12-2 交流電單相三線式電源.....3 
- 12-3 交流三相電源.....4 
- 12-4 交流三相平衡負載.....13 



▶ 12-1

交流單相二線式電源系統

回目錄



▶ 12-2

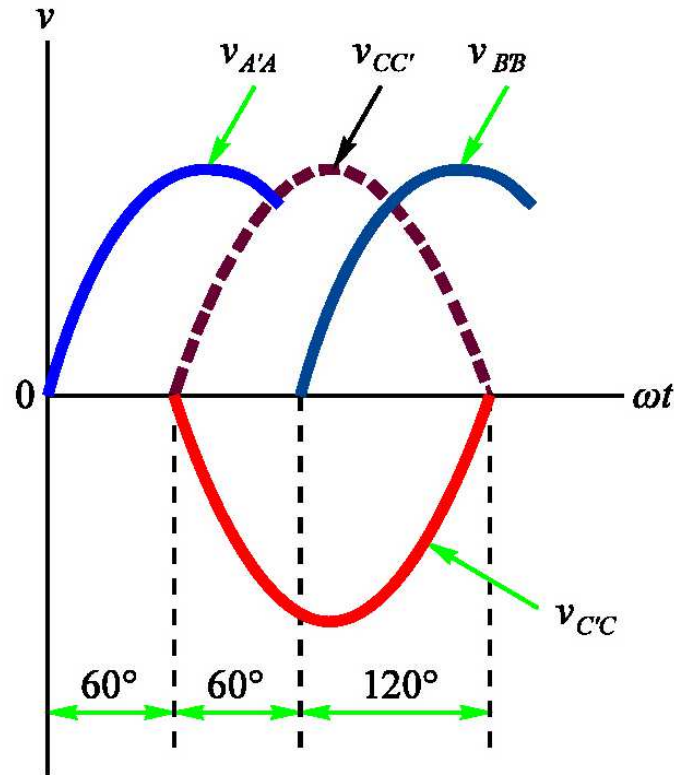
交流單相三線式電源

回目錄

◀ 12-3

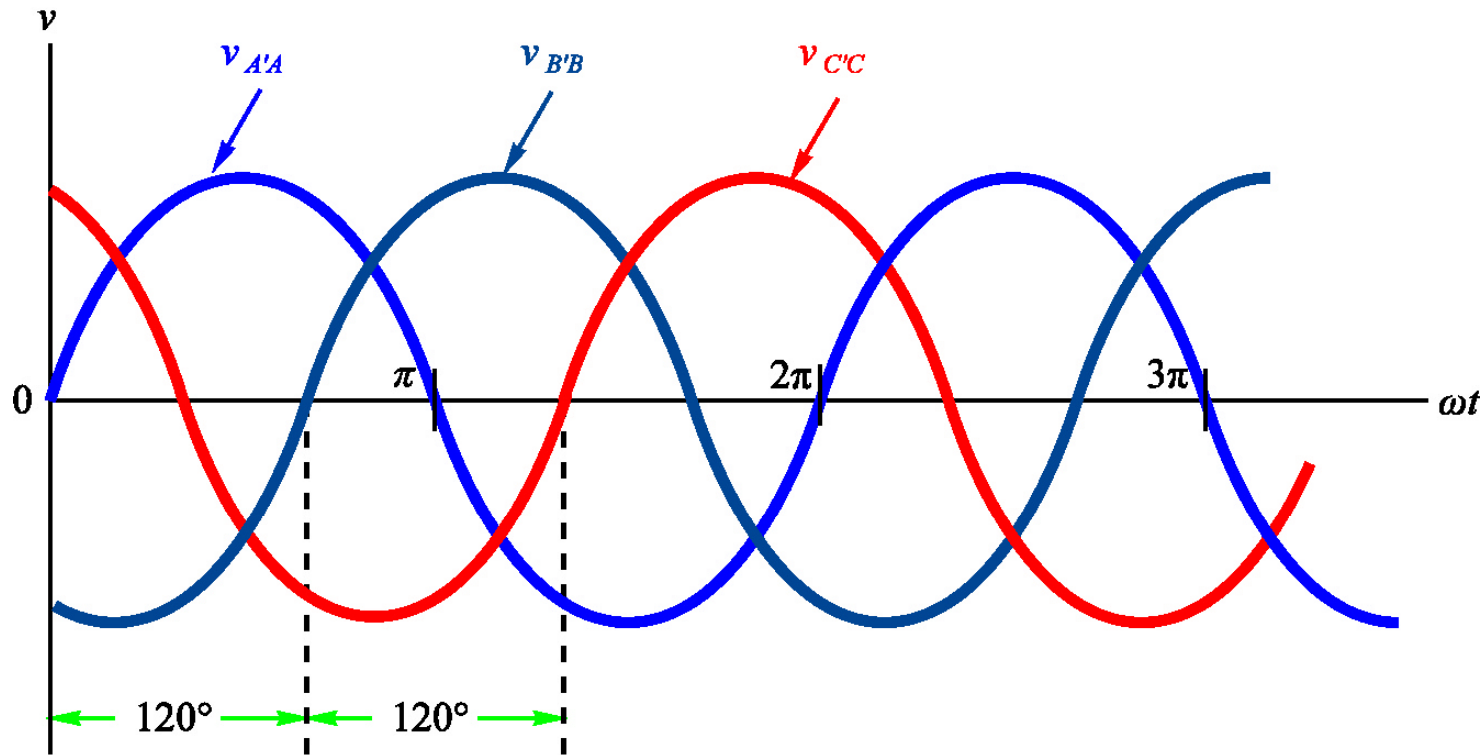
三相發電機

12 -4



▶ 12-4

電壓產生的相序

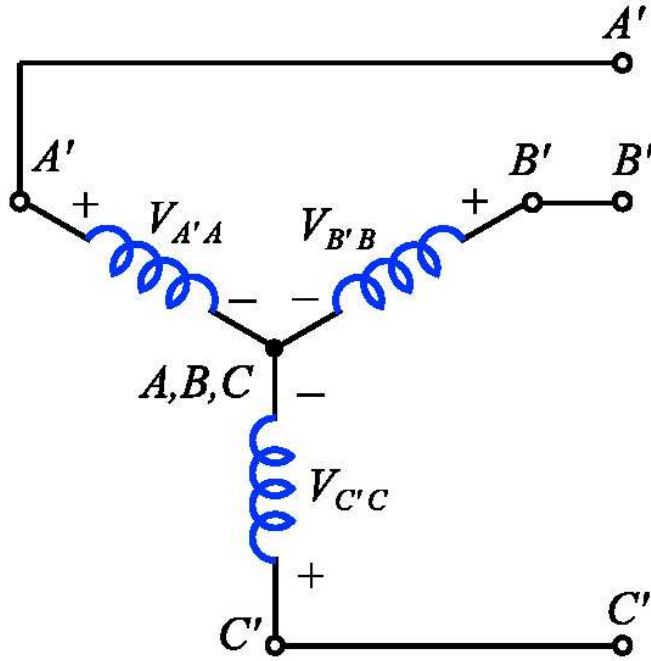


▶ 12-5

三相發電機的電壓



### Y 連接發電機



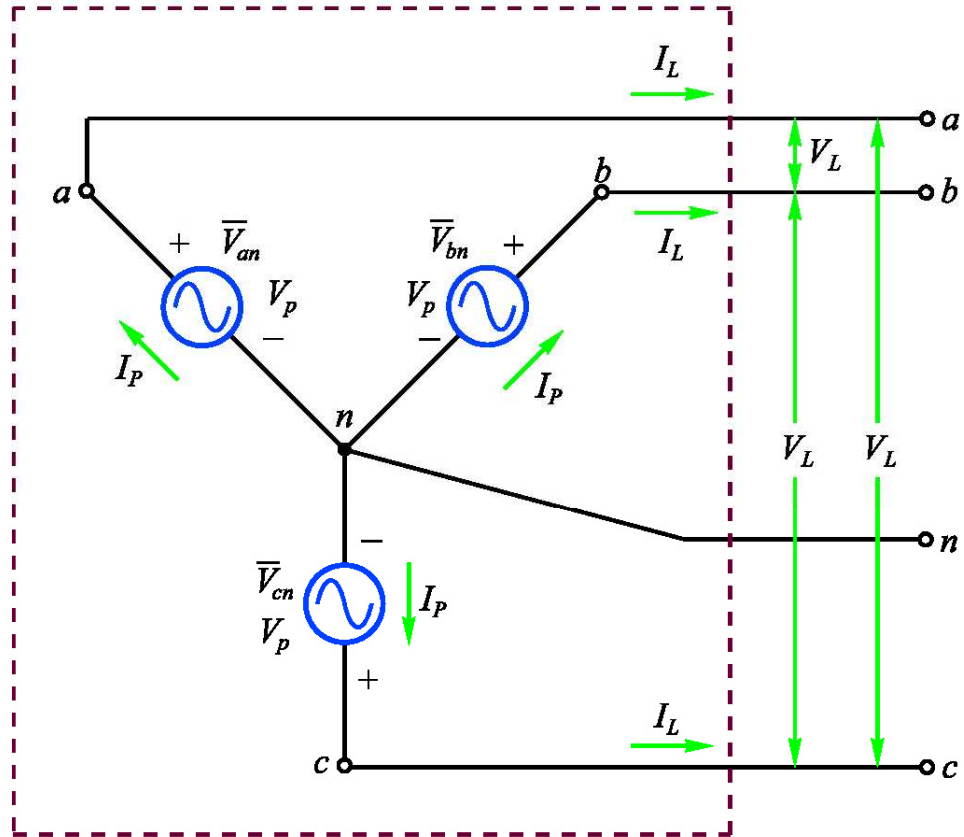
$$\overline{V_{an}} = V_p \angle 0^\circ$$

$$\overline{V_{bn}} = V_p \angle -120^\circ$$

$$\overline{V_{cn}} = V_p \angle -240^\circ = V_p \angle 120^\circ$$

◀ 12-6

Y 連接發電機

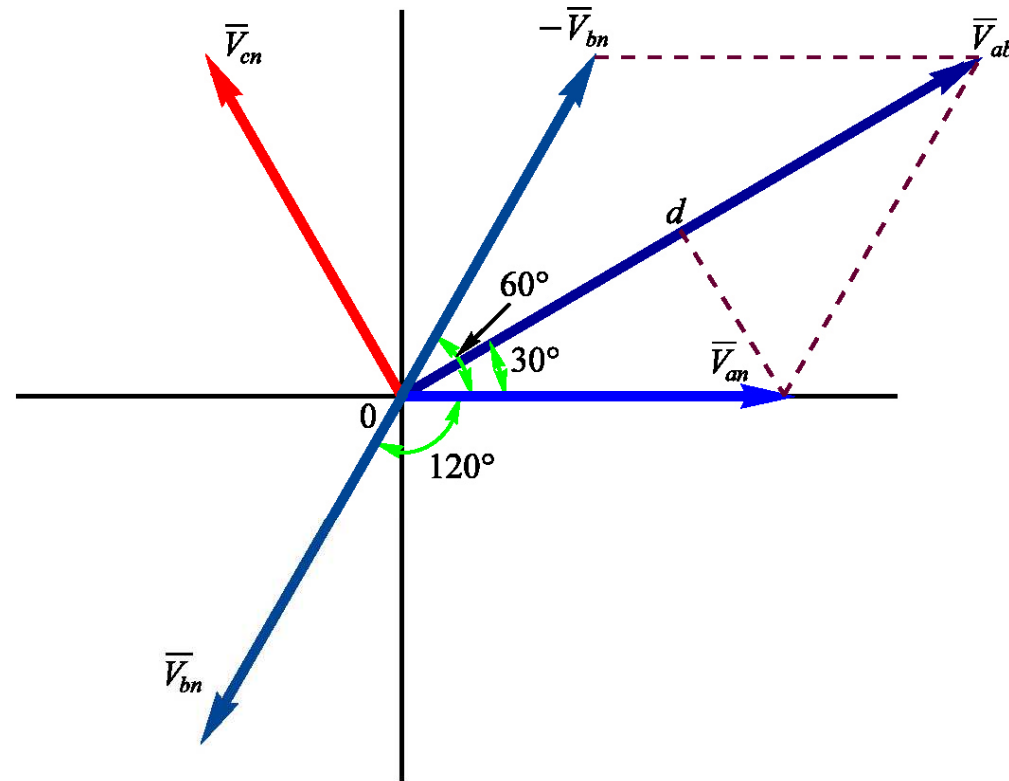


$$V_L = \sqrt{3}V_p$$

$$I_L = I_p$$

◀ 12-7

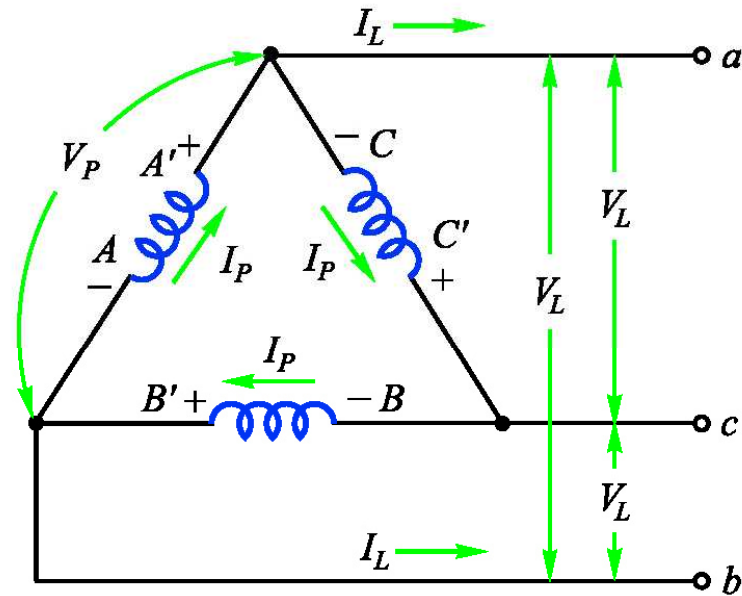
Y 連接電源表示法



▶ 12-8

Y 連接電壓的圖解法

△連接發電機



$$V_L = V_P$$
$$I_L = \sqrt{3}I_P$$

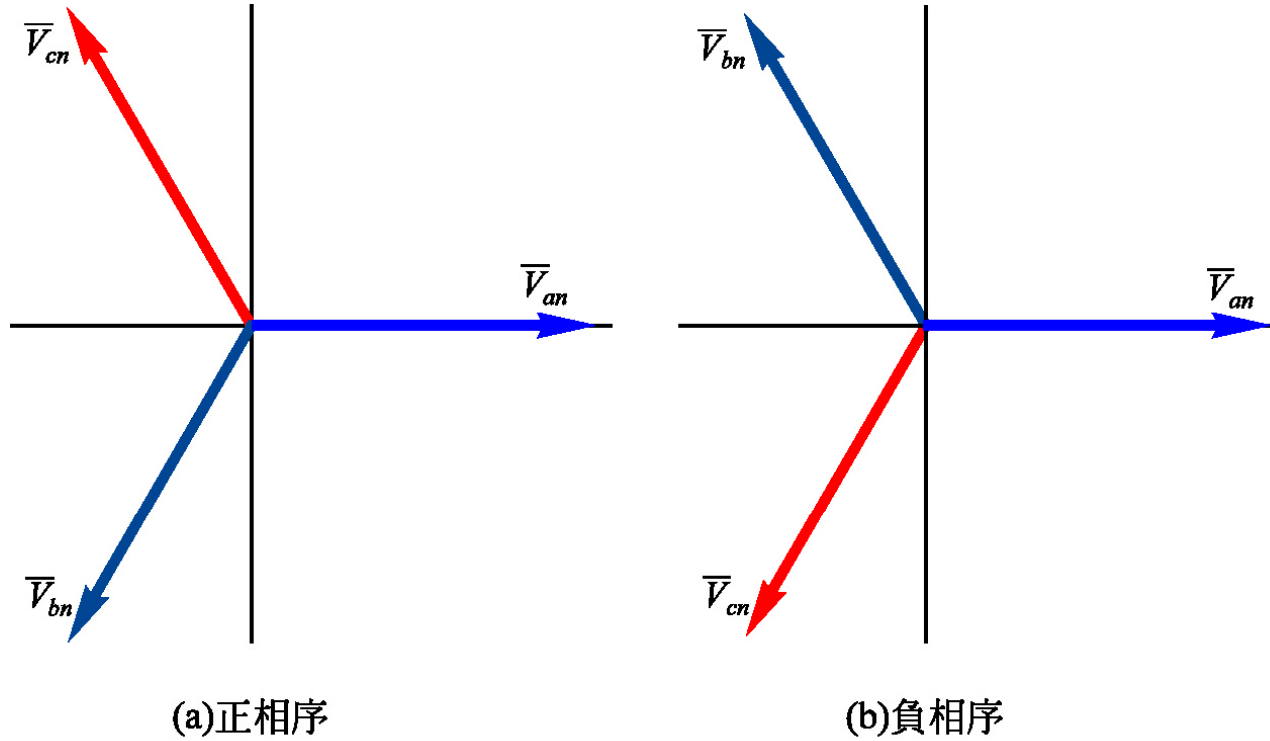
◀ 12-9

△連接發電機

| 電源       | 線電壓 $V_L$ 及相電壓 $V_P$ 的關係 | 線電流 $I_L$ 及相電流 $I_P$ 的關係 |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| $Y$      | $V_L = \sqrt{3}V_P$      | $I_L = I_P$              |
| $\Delta$ | $V_L = V_P$              | $I_L = \sqrt{3}I_P$      |

◀表 12-1

三相電壓及電流之關係

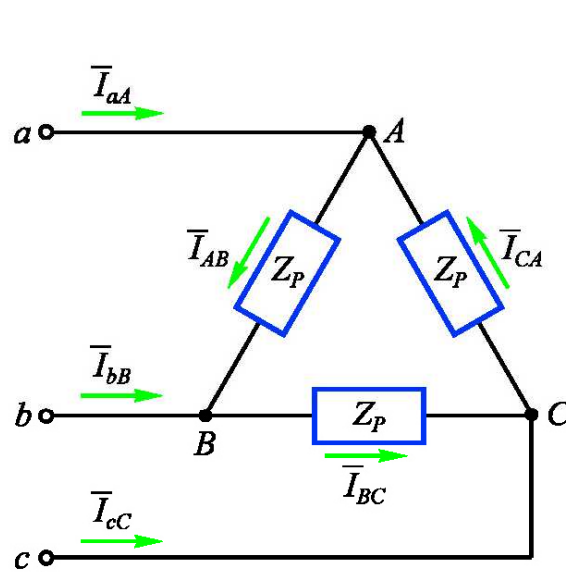


▶ 12-10

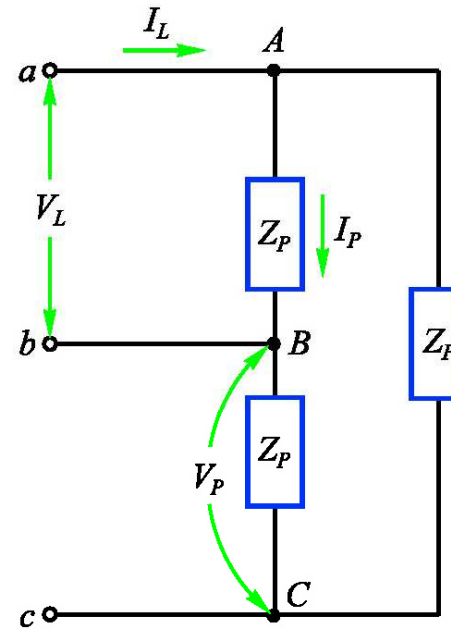
三相電源的相序

回目錄

平衡△連接負載



(a)

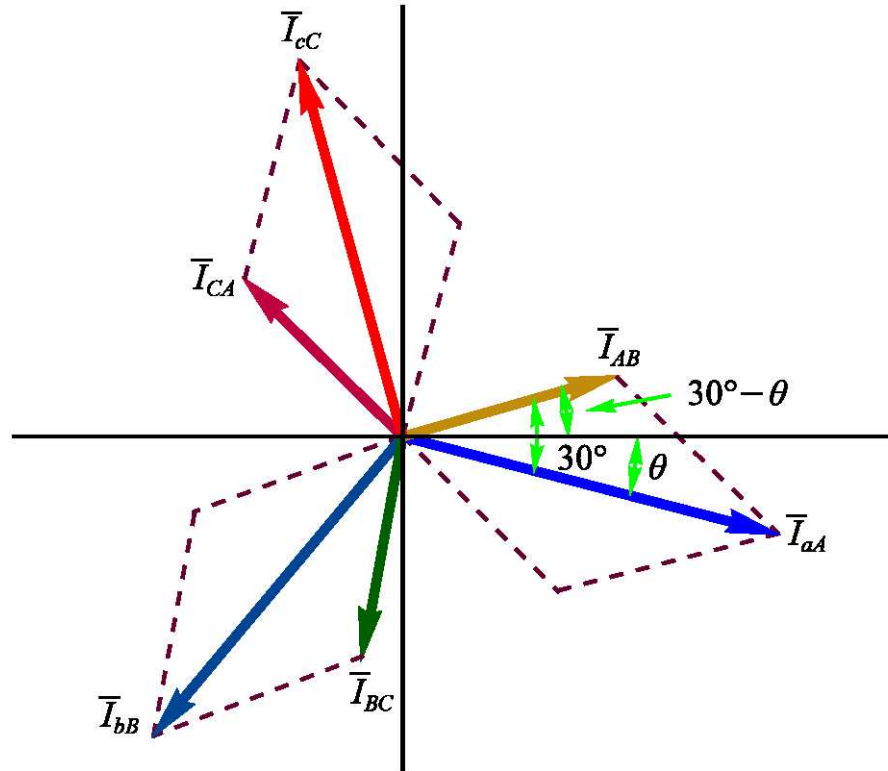


(b)

- $V_L$  : 線電壓
- $I_L$  : 線電流
- $V_P$  : 相電壓
- $I_P$  : 相電流
- $Z_P$  : 相阻抗

◀ 12-11

△連接平衡阻抗的接法



◀ 12-12

△負載中相電流及線電流的關係



## △連接平衡阻抗電路的解法

1. 相電壓  $V_P$  等於線電壓  $V_L$ ，即  $V_P = V_L$ 。
2. 利用歐姆定律求相電流

$$I_P = \frac{V_P}{Z_P}$$

3. 線電流  $I_L$  為相電流的  $\sqrt{3}$  倍。

$$I_L = \sqrt{3}I_P$$

4. 相位角  $\theta$  為

$$\theta = \tan^{-1} \left( \pm \frac{X}{R} \right)$$

## 5. 功率因數

$$PF = \cos\theta = \frac{R}{Z}$$

## 6. 三相總視在功率

$$S = 3I_P V_P = 3 \times \frac{I_L}{\sqrt{3}} \times V_L = \sqrt{3} I_L V_L = 3I_P^2 Z_P \quad \text{VA}$$

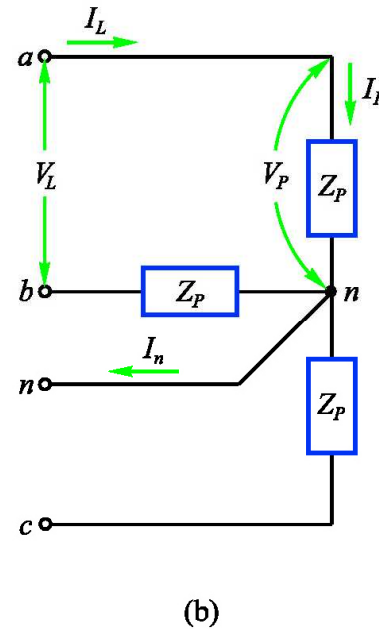
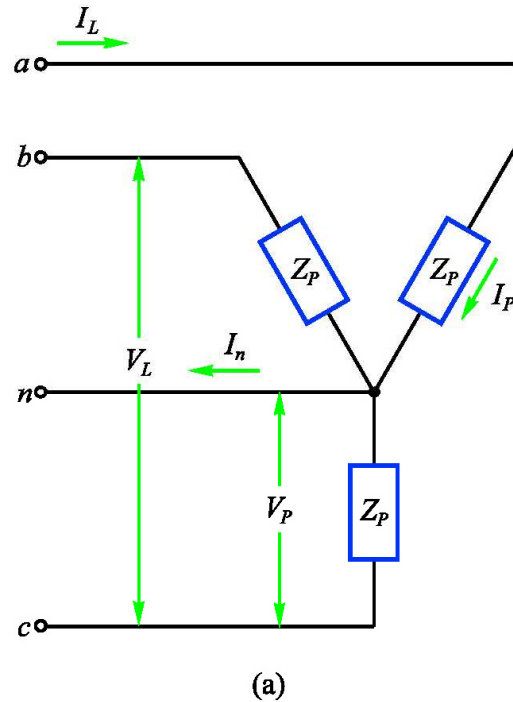
## 7. 三相總有效功率

$$P = 3I_P V_P \cos\theta = \sqrt{3} I_L V_L \cos\theta = 3I_P^2 R \quad \text{W}$$

## 8. 三相總無效功率

$$Q = 3I_P V_P \sin\theta = \sqrt{3} I_L V_L \sin\theta = 3I_P^2 X \quad \text{VAR}$$

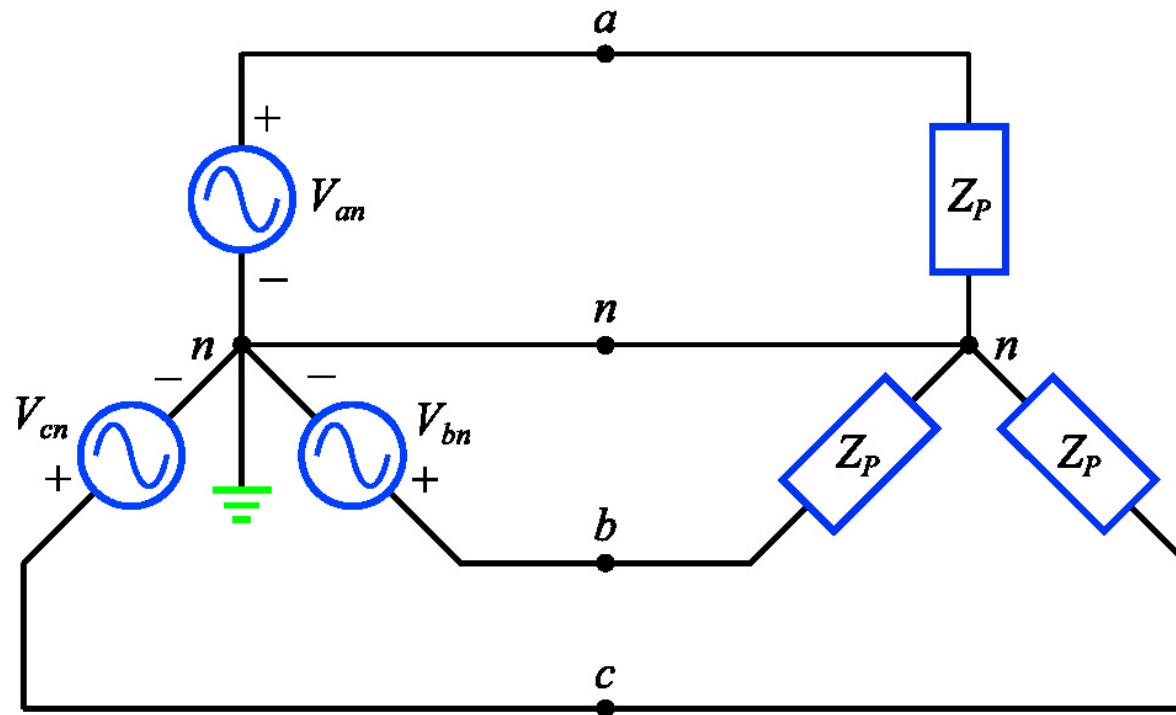
平衡 Y 連接負載



$V_L$ =線電壓  
 $I_L$ =線電流  
 $V_P$ =相電壓  
 $I_P$ =相電流  
 $Z_P$ =相阻抗

◀ 12-13

Y 形連接負載



◀ 12-14

Y-Y 系統

## Y 形連接平衡阻抗的解法

1. 相電壓  $V_P$  為線電壓  $V_L$  的  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  倍， $V_P = \frac{1}{\sqrt{3}} V_L$
2. 利用歐姆定律求相電流

$$I_P = \frac{V_P}{Z_P}$$

3. 線電流  $I_L$  等於相電流  $I_P$

$$I_L = I_P$$

4. 相位角  $\theta$  為

$$\theta = \tan^{-1}\left(\pm \frac{X}{R}\right)$$

## 5. 功率因數

$$PF = \cos\theta = \frac{R}{Z}$$

## 6. 三相總視在功率

$$S = 3I_P V_P = 3 \times I_L \times \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} I_L V_L = 3I_P^2 Z_P \quad \text{VA}$$

## 7. 三相總有效功率

$$P = 3I_P V_P \cos\theta = \sqrt{3} I_L V_L \cos\theta = 3I_P^2 R \quad \text{W}$$

## 8. 三相總無效功率

$$Q = 3I_P V_P \sin\theta = \sqrt{3} I_L V_L \sin\theta = 3I_P^2 X \quad \text{VAR}$$

[回目錄](#)