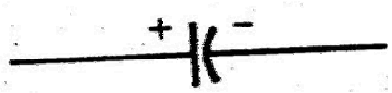
ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

- คาปาซิแตนซ์ คือ ความสามารถในการสะสมประจุของตัวเก็บประจุใช้แทนด้วยอักษรตัว C มีหน่วยเป็น ฟารัด (Farad)
- สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ 

- คาปาซิแตนซ์ 1 ฟารัด (F) หมายถึง ค่าที่ได้จากตัวเก็บประจุที่เก็บประจุไว้ 1 คูลอมบ์ แล้วทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วตัวเก็บประจุเท่ากับ 1 โวลต์
- หน่วยย่อยของฟารัดมีดังนี้

$$1 \text{ ฟารัด (F)} = 10^{6} \text{ ไมโครฟารัด } (\mu F)$$
$$= 10^{9} \text{ นาโนฟารัด (nF)}$$
$$= 10^{12} \text{ พิโกฟารัด (pF)}$$

ดังนั้น

$$1\ \mu F = 10^{-6}\ F$$
$$1\ nF = 10^{-9}\ F$$
$$1\ pF = 10^{-12}$$

คุณสมบัติของวงจรที่มีตัวเก็บประจุ (C) เพียงอย่างเดียว

- 1.กระแสกับแรงดันจะมีเฟสต่างกัน 90°หรือ $\frac{\pi}{2} rad$ โดย**กระแสจะนำหน้าแรงดันอยู่เป็นมุม** 90°
- 2.มุมเฟสของวงจร มีค่าเท่ากับ $+90^\circ$หรือ $+\frac{\pi}{2} rad$
- 3.ค่าอิมพีแดนซ์จะเท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอคแตนซ์

$$Z = X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} \quad (\Omega)$$

- 4.จะไม่มีกำลังไฟฟ้า (กำลังเฉลี่ย) เกิดขึ้นในวงจร (P=0)
- 5.แอดมิตแตนซ์ของวงจรมีค่า = ค่าคาปาซิตีฟซัซเซพแตนซ์

$$Y = B_C = j\frac{1}{\frac{1}{\omega C}} = j\omega C \qquad (s)$$

คุณสมบัติของวงจรที่มีตัวเก็บประจุ (C) เพียงอย่างเดียว

- 6.สมการแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะและกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ

$$Vc = Vm\sin\omega t$$

$$i = \mathrm{Im}\sin(\omega t + 90°)$$

$$= \mathrm{Im}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

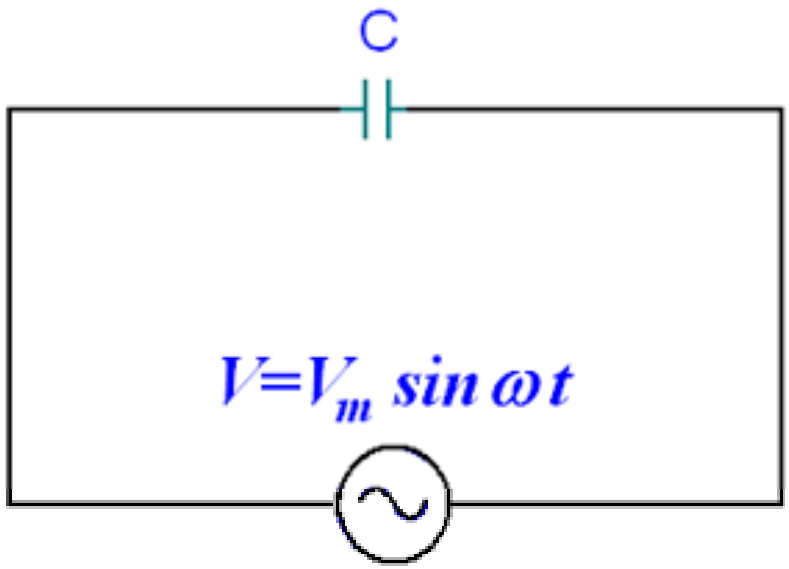
$$= \mathrm{Im}\cos\omega t$$

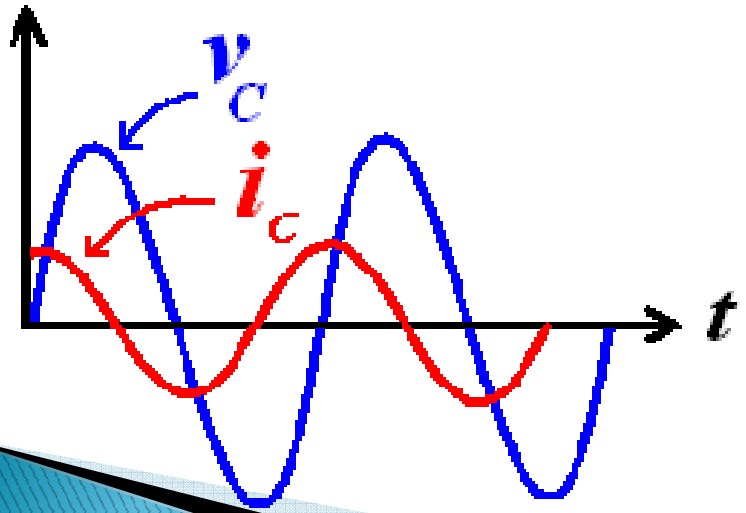
- 7.สมการเฟสเซอร์

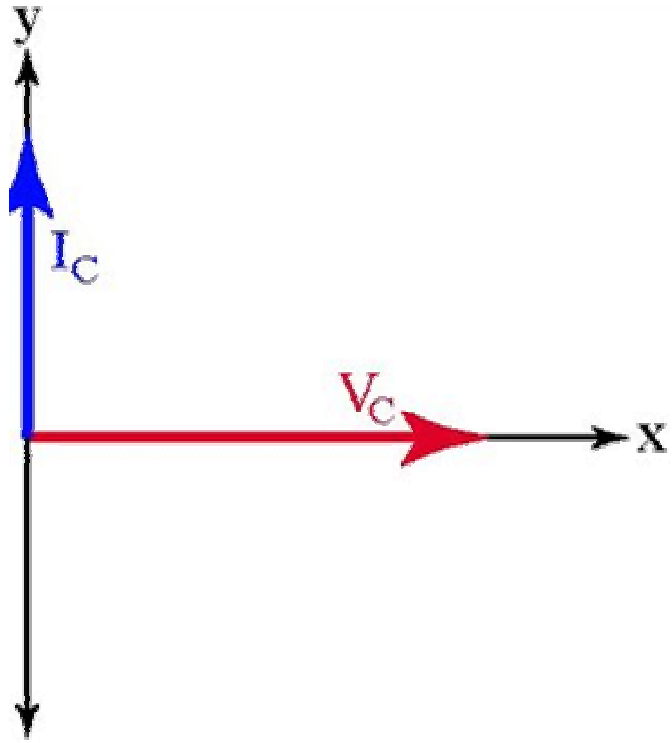
$$Vc = \frac{Vm}{\sqrt{2}}\angle 0°$$

$$I = \frac{\mathrm{Im}}{\sqrt{2}}\angle 90°$$

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) (ต่อ)







ตัวเก็บประจุ (Capacitor) (ต่อ)

สมการชั่วขณะ	สมการเฟสเซอร์
$i = I_m \sin(\omega t + 90°)$	$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \angle 90° = I \angle 90°$
$V_c = V_m \sin(\omega t + 0°)$	$V_c = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \angle 0° = V_L \angle 0°$

$$X_C = \frac{V_C}{I} = \frac{V_C \angle 0°}{I \angle 90°} = X_C \angle -90° = -jX_C$$

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) (ต่อ)

- กำลังไฟฟ้าจริง (P) P=0 W
- กำลังไฟฟ้าเสมือน (Q)

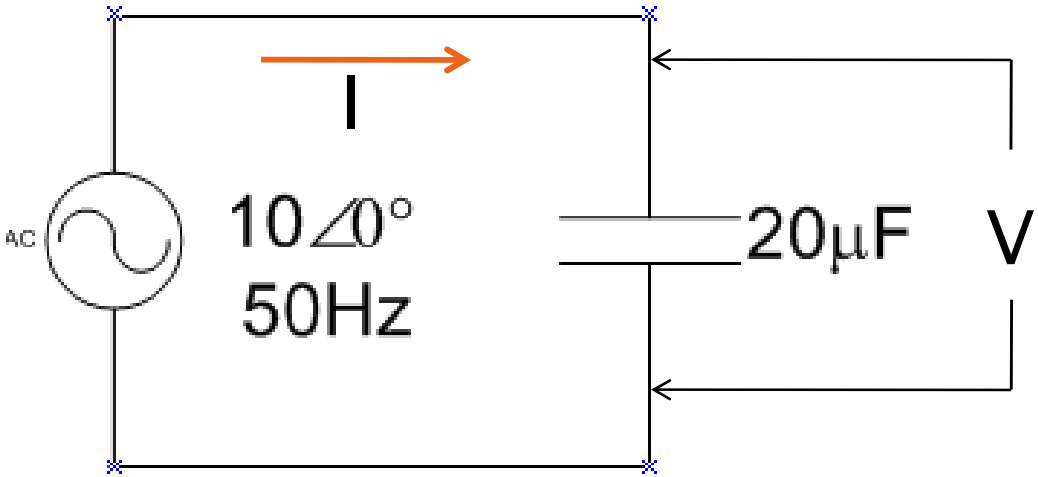
$$Q_C = V_C I_C = I_C^2 . X_C = \frac{V_C^2}{X_C} \qquad (Var)$$

- เพาเวอร์แฟกเตอร์ของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวเก็บประจุอย่างเดียว

$$pf = \cos\theta = \cos 90^\circ = 0$$

ตัวอย่างที่ 1

- วงจรที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียวดังรูป จงหาค่า
  - ก.คาปาซิตีฟรีแอกแตนซ์ (X_C)
  - ข.กระแสที่ไหลในวงจร (I)
  - ค.แรงดันตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุ (V)
  - ง.กำลังไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุ (P)
  - จ.เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



ตัวอย่างที่ 1

ก.คาปาซิตีฟรีแอกแตนซ์ (X_C)

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

$$= -j\frac{1}{2\pi \times 50Hz \times 20\mu F}$$

$$= j159.15\angle -90°\Omega$$

ข.กระแสที่ไหลในวงจร (I)

$$I = \frac{E}{X_C} = \frac{10\angle 0°V}{159.15\angle -90°\Omega} = 0.063\angle 90°$$

ค.แรงดันตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุ (V)

$$V = IX_C = 0.063\angle 90°A \times 159.15\angle -90°\Omega$$

$$= 10\angle 0°$$

ตัวอย่างที่ 1

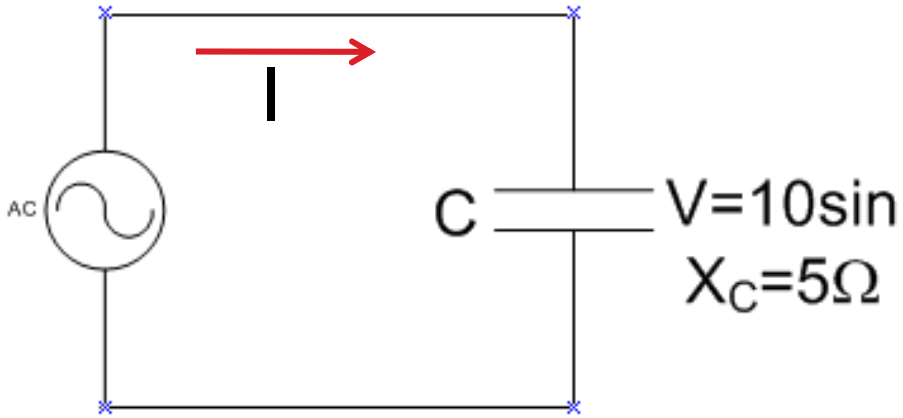
- ง.กำลังไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุ (P)

$$P = I^2 R = (0.063A)^2 \times 0 = 0W$$

- จ.เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

ตัวอย่างที่ 2

- วงจรที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียว ดังรูป
  - ก.จงหาค่ากระแส (I) ที่ไหลในวงจร
  - ข.เขียนรูปคลื่นของแรงดันและรูปคลื่นกระแส
  - ค.เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



ตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

- ก.จงหาค่ากระแส (I) ที่ไหลในวงจร

$$Vrms = V = \frac{Vm}{\sqrt{2}} = 0.707Vm$$

$$= \frac{10}{\sqrt{2}} = 7.07\angle 0°V$$

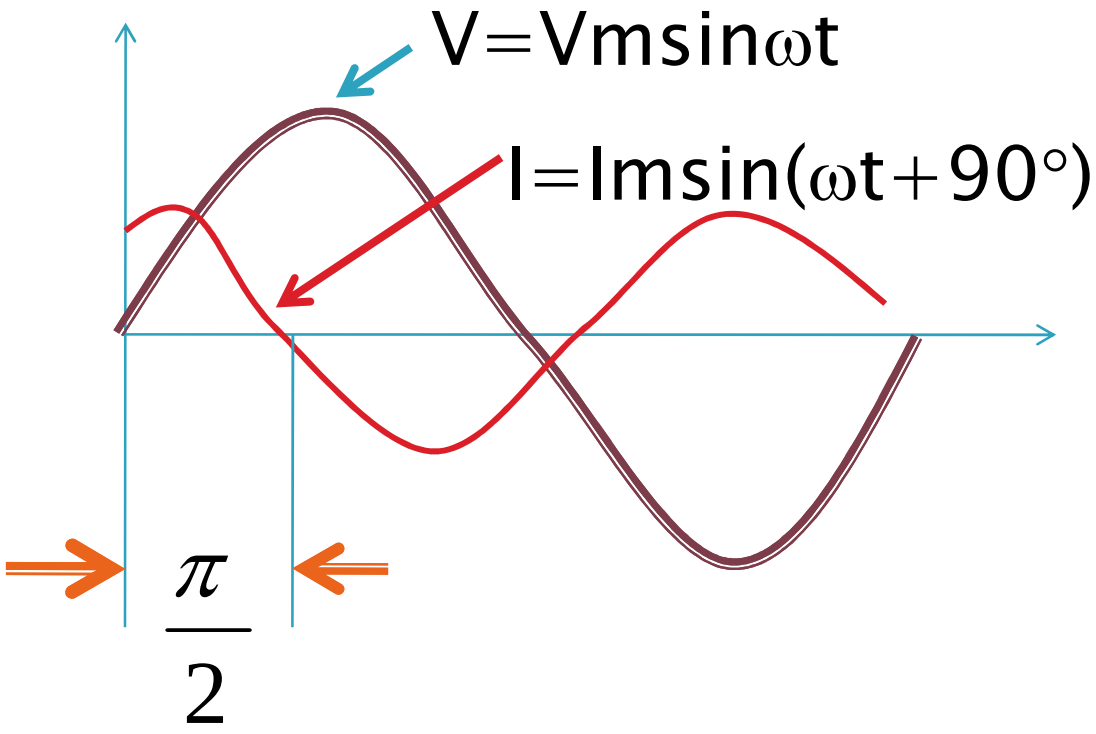
$$Irms = \frac{V}{X_C} = \frac{7.07\angle 0°V}{5\angle -90°\Omega} = 1.414\angle 90°A$$

$$\therefore i = \sqrt{2} \times 1.414 \sin(\omega t + 90°)$$

$$= 2\sin(\omega t + 90°)$$

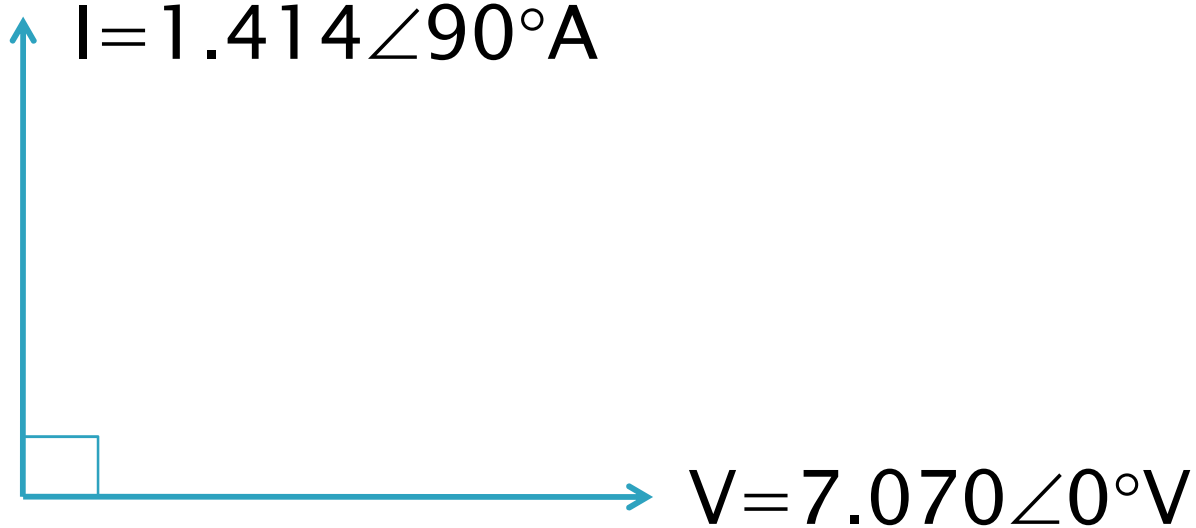
ตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

- ข.เขียนรูปคลื่นของแรงดันและรูปคลื่นกระแส



ตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

- ค.เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



ตัวอย่างที่ 3

- วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าความจุ (Capacitance) 2 μF ต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดแรงดันขนาด 50sin(314t+30°) โวลท์ จงหาค่า
  - ก.แรงดันไฟฟ้า (E)
  - ข.กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
  - ค.กระแสไฟฟ้าชั่วขณะของวงจร (i)

ก.แรงดันไฟฟ้า (E) จากโจทย์ e=50sin(314t+30°) โวลท์

$$E = \frac{Em}{\sqrt{2}} \angle 30°V = \frac{50}{\sqrt{2}} \angle 30°V = 35.35 \angle 30°V$$

ตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

- ข.กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)

$$I = \frac{E}{X_C}$$

$$X_C = -j\frac{1}{\omega C} = -j\frac{1}{314 \times 2\mu F}\Omega$$

$$= 1.592\angle -90°\Omega$$

$$\therefore I = \frac{35.35\angle 30°V}{1.592\angle -90°\Omega} = 0.022\angle 120°A$$

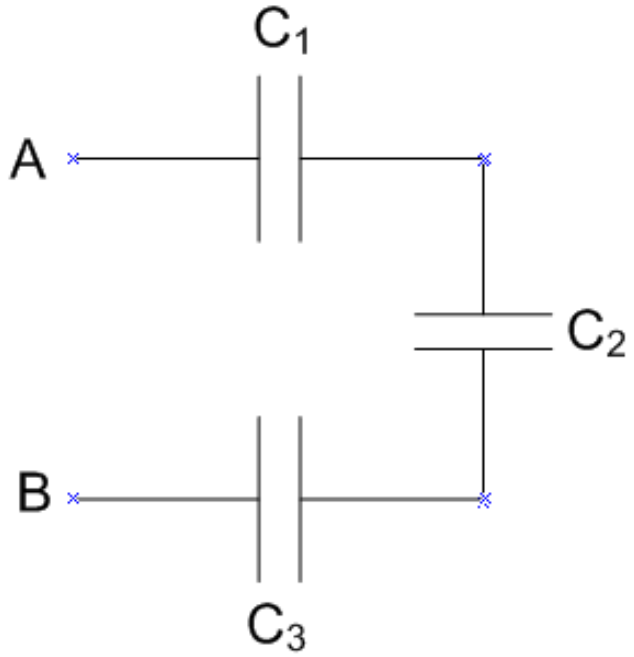
ตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

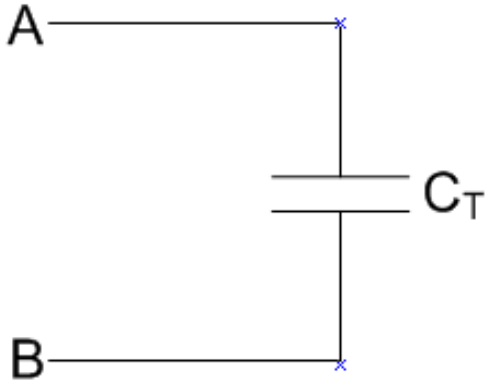
- ค.กระแสไฟฟ้าชั่วขณะของวงจร (i)

$$
\begin{aligned}
i &= \mathrm{Im}\sin(314t + 120°) \\
&= \sqrt{2} \times 0.022 \sin(314t + 120°) \\
&= 0.031 \sin(314t + 120°) A
\end{aligned}
$$

การต่อตัวเก็บประจุ

- การต่อแบบอนุกรม

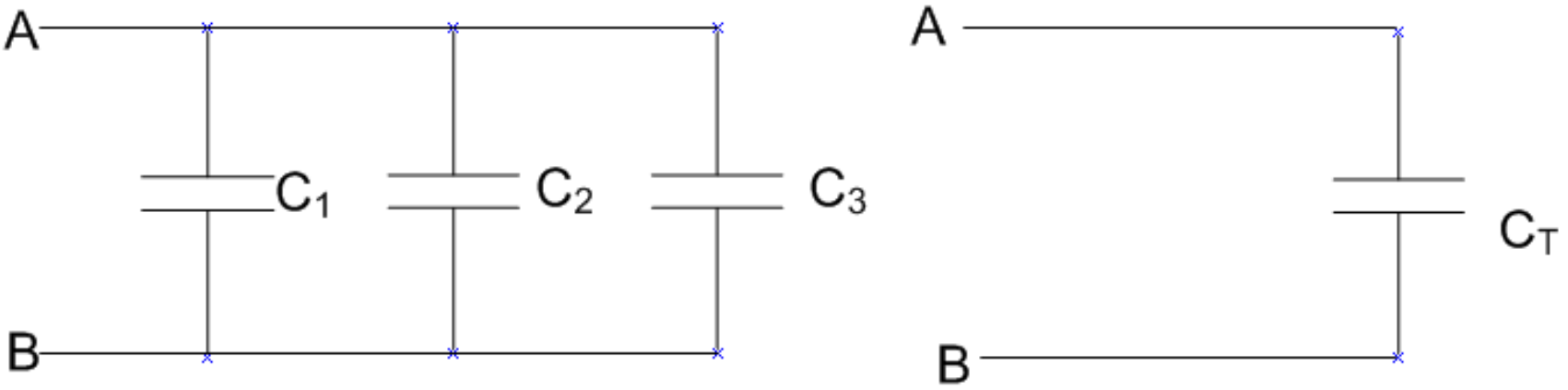




$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

การต่อตัวเก็บประจุ(ต่อ)

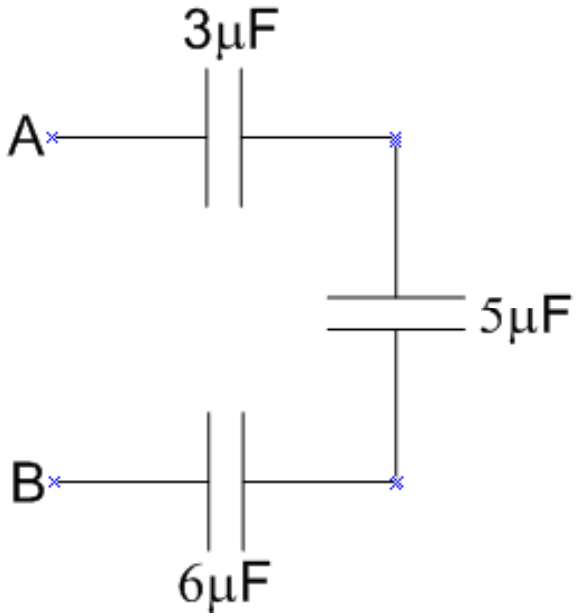
- การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

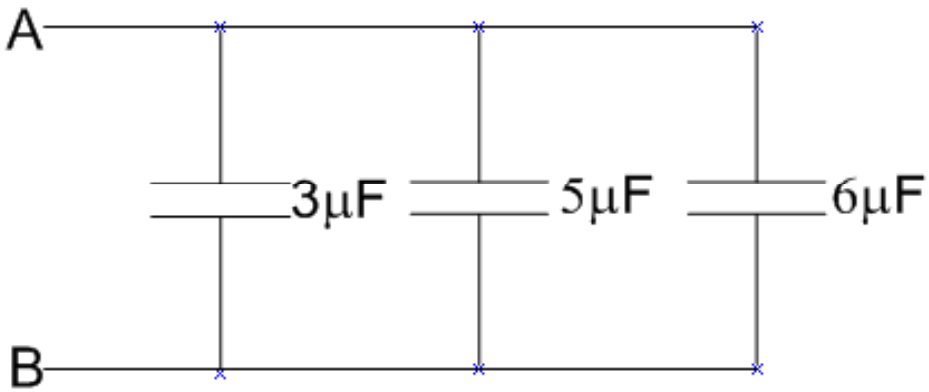


$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

ตัวอย่างที่ 1

- เมื่อต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรมและแบบขนานดังรูป จงคำนวณหาค่าความจุรวม (C_T)





$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{3\mu F} + \frac{1}{5\mu F} + \frac{1}{6\mu F}$$

$$= 1.428\mu F$$

$$C_T = 3\mu F + 5\mu F + 6\mu F$$

$$= 14\mu F$$

ตัวประกอบกำลัง (cosϕ)

ตัวประกอบกำลังเป็นตัวกำหนดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในวงจร R-C-L กล่าวคือ

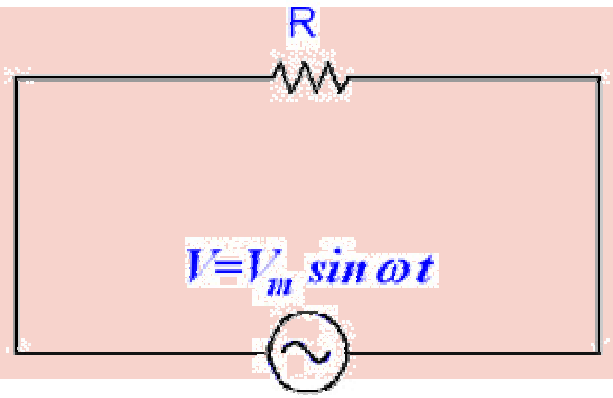
1. ถ้าตัวประกอบกำลังมีค่ามาก จะสูญเสียกำลังไฟฟ้ามาก
2. ถ้าตัวประกอบกำลังมีค่าน้อย จะสูญเสียกำลังไฟฟ้าน้อย
3. ในวงจร R-C-L ตัวประกอบกำลังจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีตัวเก็บประจุ หรือตัวเหนี่ยวนำต่ออยู่ในวงจรกับ R
4. ตัวประกอบกำลังมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1
5. สำหรับวงจรที่ไม่มีตัวต้านทานต่ออยู่ ตัวประกอบกำลังจะเป็นศูนย์
6. สำหรับวงจรที่มีตัวต้านทานต่ออยู่อย่างเดียว ตัวประกอบกำลังจะเป็น 1 มีการสูญเสียกำลังมากที่สุด
7. สำหรับวงจรที่มีตัวต้านทานต่ออยู่กับตัวเก็บประจุ หรือตัวเหนี่ยวนำ ไม่ว่าจะต่อกับแบบใด ตัวประกอบกำลังจะมีค่าน้อยกว่า 1

หาได้จาก

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

สรุปวงจร R อย่างเดียว

- ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวต้านทานอย่างเดียว กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจะร่วมเฟสกัน (in phase)

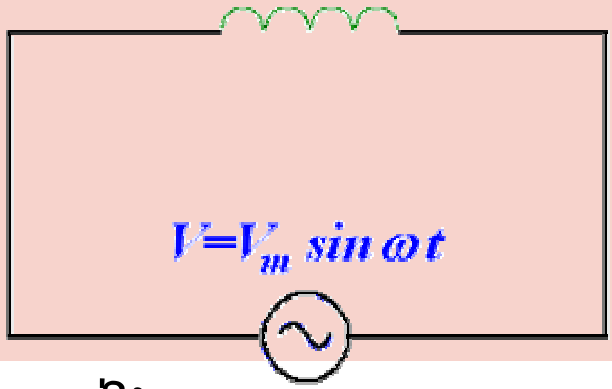
สัญลักษณ์	Z	θ
	R	0°

- สูตรที่ใช้ $V_R = IR$

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

สรุปวงจร L อย่างเดียว

- ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียว แรงดันไฟฟ้าจะนำหน้ากระแสไฟฟ้าเป็นมุม 90°

สัญลักษณ์	Z	θ
	X_L	90°

- สูตรที่ใช้

$$X_L = 2\pi fL$$

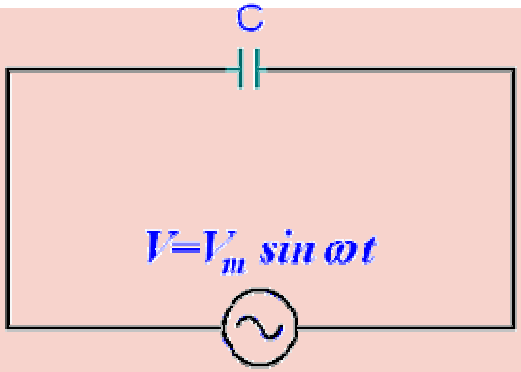
$$V_L = IX_L$$

$$I = \frac{V_L}{X_L}$$

$$X_L = \frac{V_L}{I}$$

สรุปวงจร C อย่างเดียว

- ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียว แรงดันไฟฟ้าจะล้าหลังกระแสไฟฟ้าเป็นมุม 90°

สัญลักษณ์	Z	θ
	X_C	90°

- สูตรที่ใช้

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

$$V_C = IX_C$$

$$I = \frac{V_C}{X_C}$$

$$X_c = \frac{V_C}{I}$$