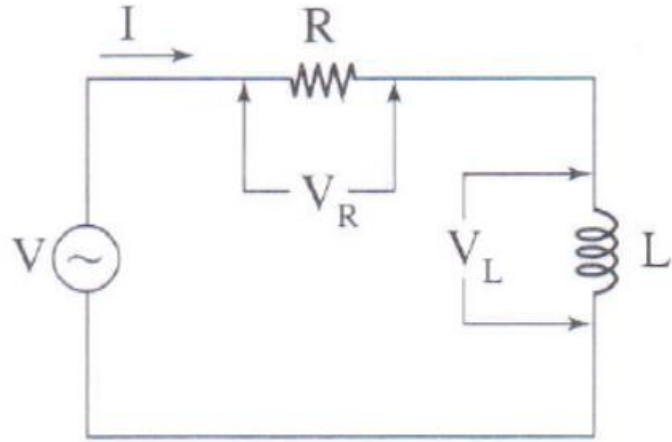
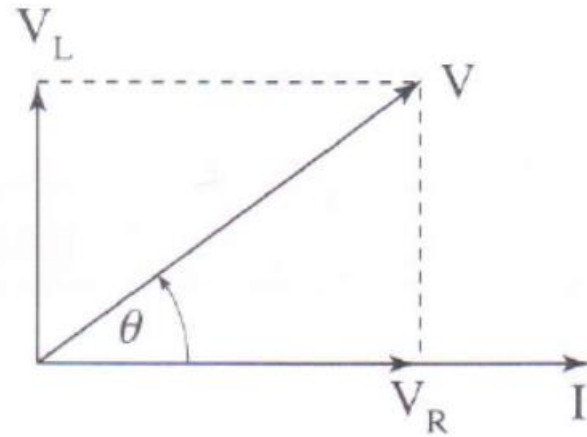


วงจร RLC อนุกรม

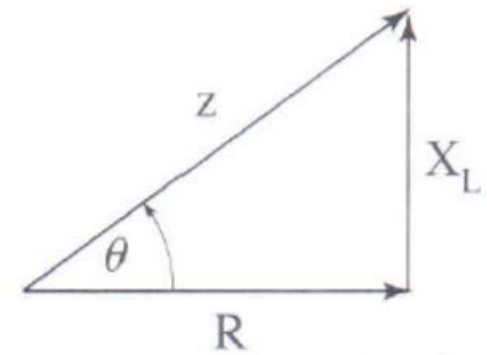
1. วงจร RL อนุกรม



ก. วงจร



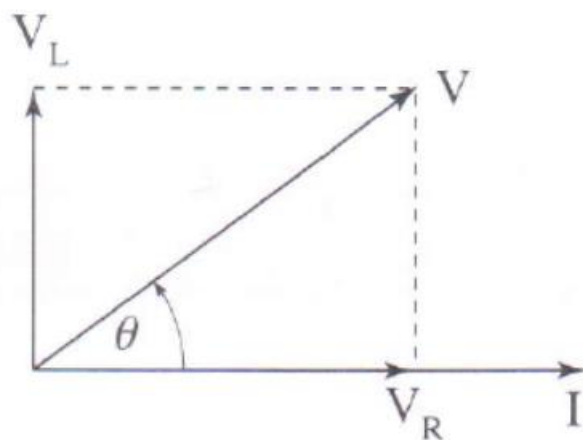
ข. เฟสเซอร์ไดอะแกรม



ค. ความสัมพันธ์ของ R , X_L , Z

แสดงวงจร RL อนุกรม

คุณลักษณะของวงจร RL อนุกรม คือ กระแสไฟฟ้า (I) ที่ไหลในวงจรมีเฟสร่วมกันหรืออินเฟส (Inphase) กับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน V_R แต่ล้าหลังแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ V_L เป็นมุม 90 องศา สำหรับการเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมจะใช้กระแสไฟฟ้า (I) เป็นแกนอ้างอิง ดังรูปที่ 4.1 ข จะได้ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้างดังนี้



ข. เฟสเซอร์ไดอะแกรม

$$V^2 = V_R^2 + V_L^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$V = IZ$$

$$V_R = IR$$

$$V_L = IX_L$$

$$\begin{aligned}\text{จาก} \quad V^2 &= V_R^2 + V_L^2 \\ (IZ)^2 &= (IR)^2 + (IX_L)^2 \\ Z^2 &= R^2 + X_L^2 \\ Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2}\end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้า (I) ล้าหลังแรงดันไฟฟ้า (V) เป็นมุม θ โดยมีความสัมพันธ์ คือ

$$\tan \theta = \frac{V_L}{V_R} = \frac{IX_L}{IR} = \frac{X_L}{R}$$

$$\text{มุม } \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$$

เมื่อพิจารณาฟังก์ชัน cos จะพบว่า $\cos \theta = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{Z}$

แต่เนื่องจาก ค่า $\cos \theta$ คือ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor; pf) ดังนั้นในวงจร RL อนุกรม

เพาเวอร์แฟกเตอร์มีค่าเท่ากับ $\cos \theta = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{Z}$

สำหรับการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า (P_T)

$$P_T = VI \cos \theta$$

$$P_T = I^2 R$$

เมื่อ P_T = กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

V = แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

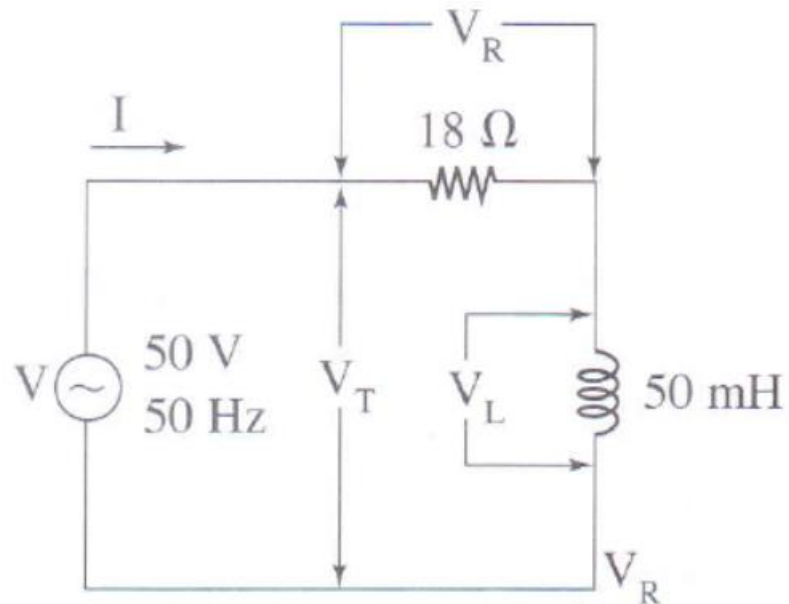
θ = มุมเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นองศา

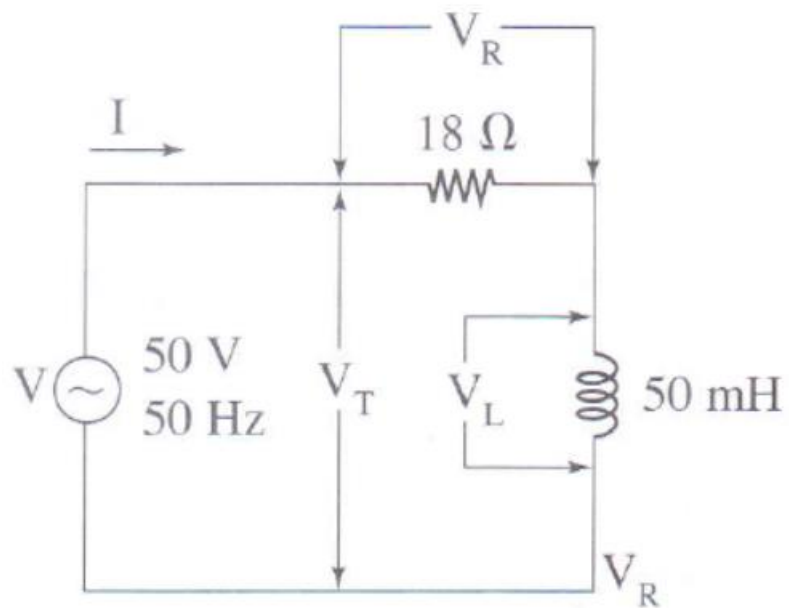
$I \cos \theta$ = กระแสไฟฟ้าที่มีเฟสร่วมกับแรงดันไฟฟ้า

R = ความต้านทาน ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าวรวมเฟสกับแรงดันไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 4.1 วงจร RL อนุกรม ดังรูป ก จงคำนวณหาค่าต่างๆ ต่อไปนี้

1. อินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (X_L) อิมพีแดนซ์ (Z)
2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)
3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม





1. อินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (X_L) อิมพีแดนซ์ (Z)

$$X_L = 2\pi fL =$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

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

2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)

$$V_R = IR =$$

$$V_L = IX_L =$$

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)

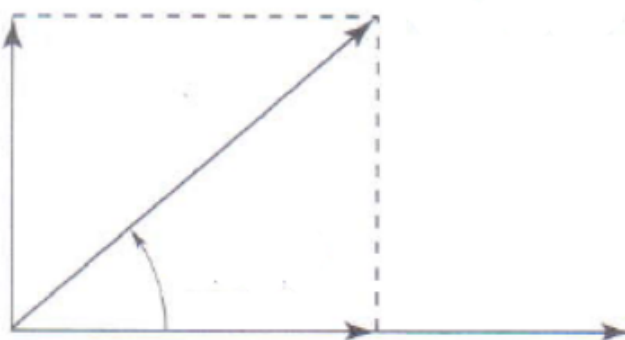
$$\text{pf} = \frac{R}{Z} =$$

$$\text{มุม } \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$$

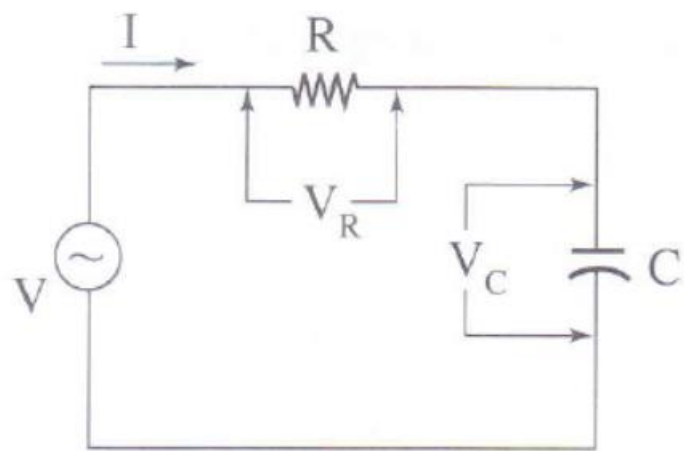
$$P_T = VI \cos \theta$$

หรือ $P_T = I^2 R$

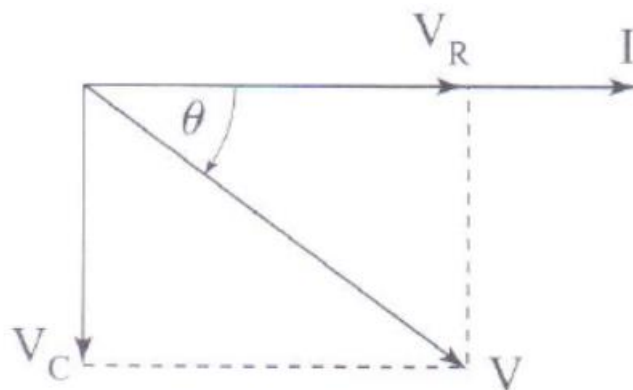
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



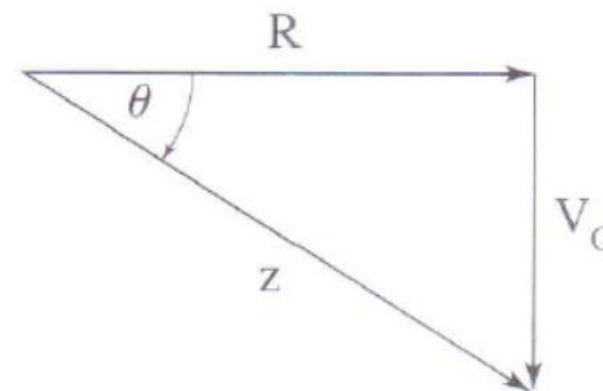
2. วงจร RC อนุกรม



ก. วงจร



ข. เฟสเซอร์ไดอะแกรม



ค. ความสัมพันธ์ของ R , X_C , Z

แสดงวงจร RC อนุกรม

คุณลักษณะของวงจร RC อนุกรม คือ กระแสไฟฟ้า (I) ที่ไหลในวงจรจะมีเฟสรวมกันหรืออินเฟส (Inphase) กับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน V_R แต่จะนำหน้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ V_C เป็นมุม 90 องศา สำหรับการเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมจะใช้กระแสไฟฟ้า (I) เป็นแกนอ้างอิง แต่มีลักษณะตรงข้ามกับวงจร RL อนุกรม ดังรูปที่ 4.2 ข จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$V^2 = V_R^2 + V_C^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

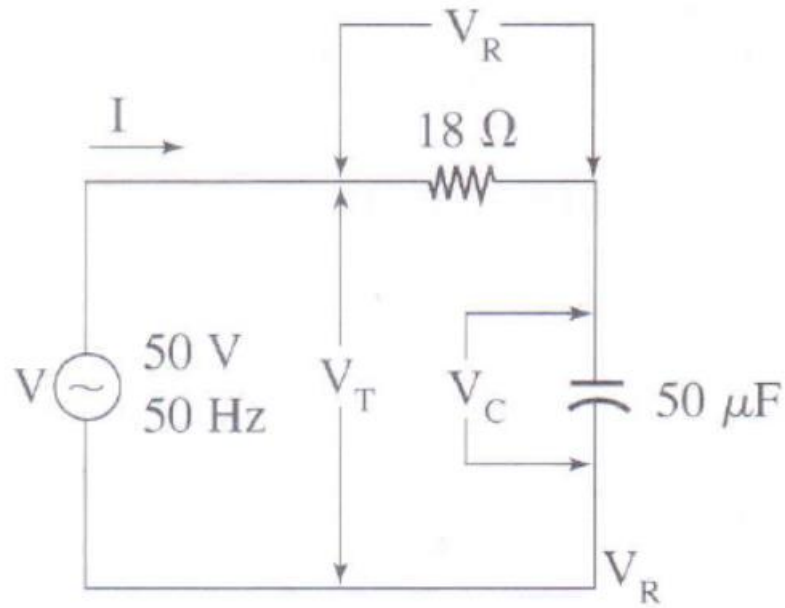
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

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

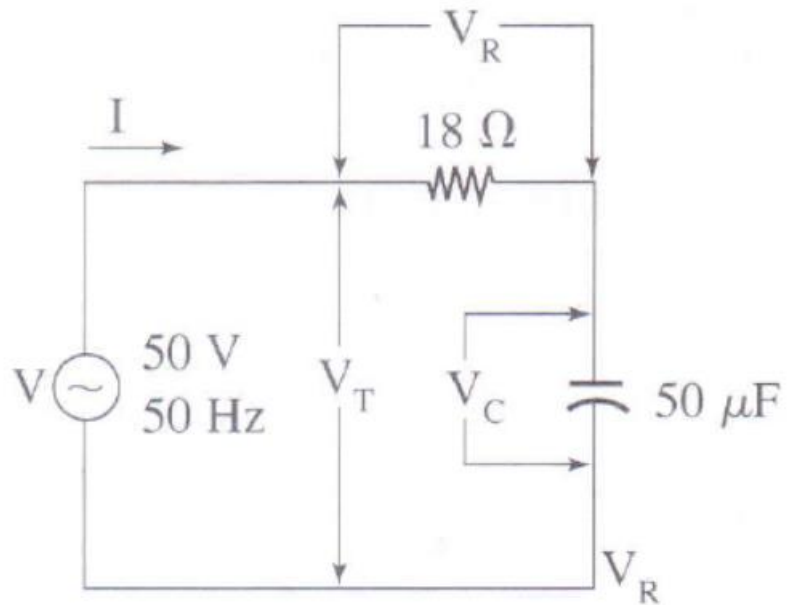
$$P_T = VI \cos \theta$$

$$P_T = I^2 R$$

ตัวอย่างที่ 4.2 วงจร RC อนุกรม ดังรูป ก จงคำนวณหาค่าต่างๆ ต่อไปนี้



1. คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C) อิมพีแดนซ์ (Z) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_C) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)
3. เฟาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



1. คำนวณค่ารีแอกแตนซ์ (X_C) อิมพีแดนซ์ (Z) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)

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

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

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

2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_C) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)

$$V_R = IR$$

$$V_C = IX_C$$

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)

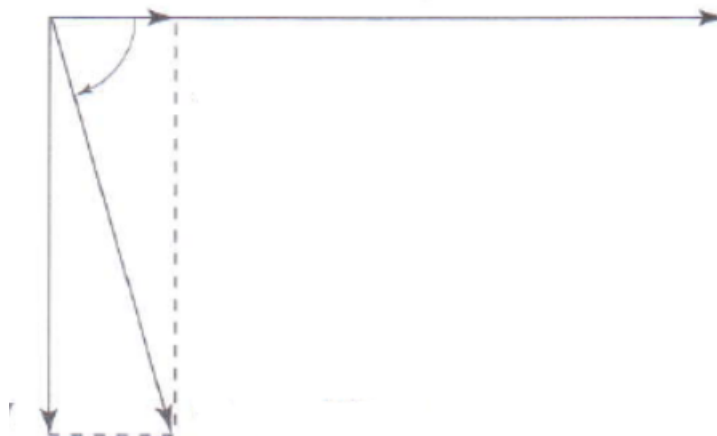
$$\text{pf} = \frac{R}{Z} =$$

$$\text{มุม } \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right)$$

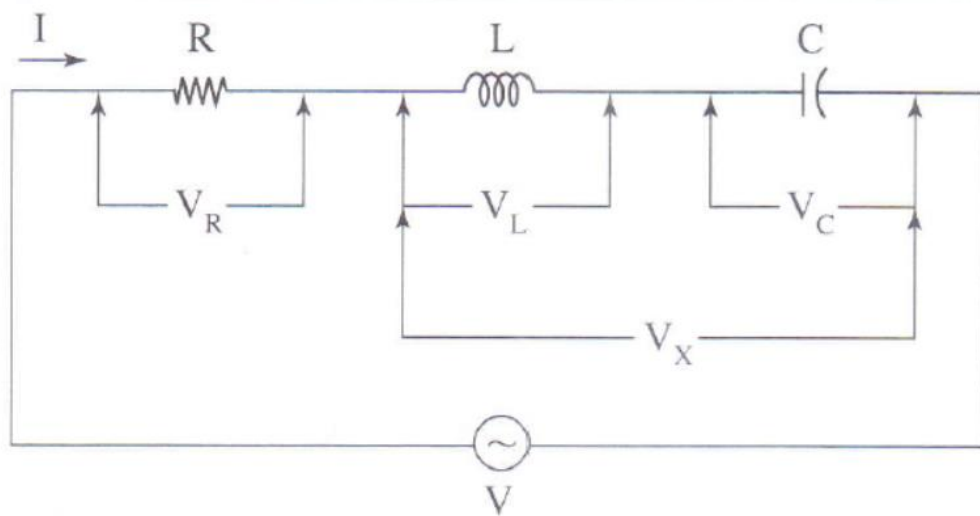
$$P_T = VI \cos \theta$$

หรือ $P_T = I^2 R$

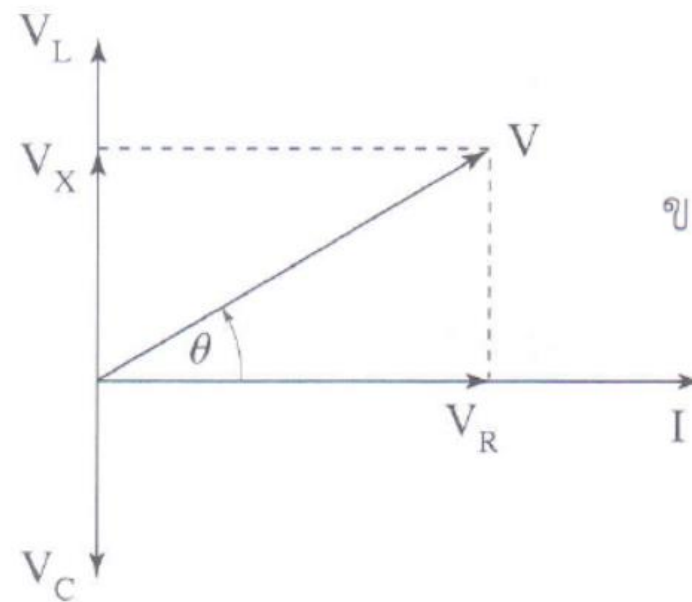
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



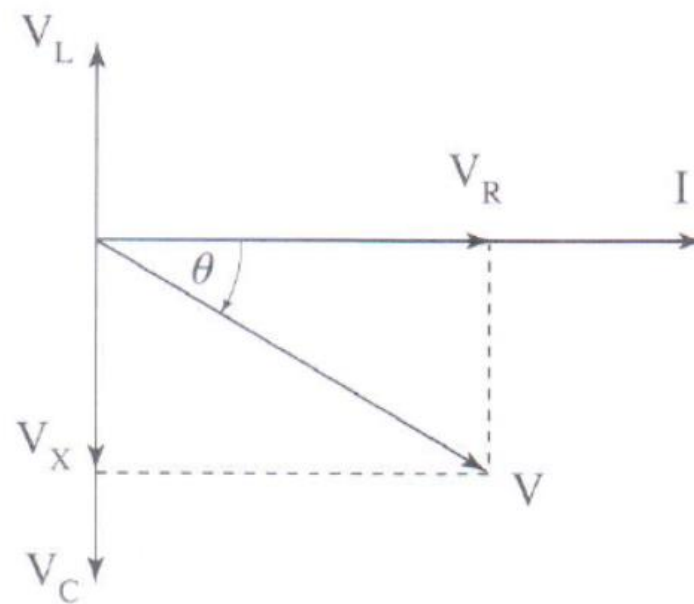
3. วงจร RLC อนุกรม



ก. วงจร



ข. เฟสเซอร์ไดอะแกรม
เมื่อ V_L มากกว่า V_C



ค. เฟสเซอร์ไดอะแกรม
เมื่อ V_C มากกว่า V_L

วงจร RLC อนุกรม อาจจะแสดงคุณลักษณะ RL อนุกรม หรือแสดงคุณลักษณะของวงจร RC อนุกรม ใดอย่างหนึ่ง มีเงื่อนไข 2 อย่าง คือ

3.1 ถ้าแรงดันไฟฟ้า V_L มากกว่า V_C วงจรจะแสดงคุณลักษณะเหมือนกับวงจร RL อนุกรม ตามที่กล่าวมาแล้ว เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 4.3 ข ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_L กับ V_C มีเฟสต่างกัน 180 องศา หรือมีทิศทางตรงข้ามกัน และการหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวเหนี่ยวนำ L รวมกันทางเฟสเซอร์กับที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C จะกำหนดให้เป็นแรงดันไฟฟ้า V_x

$$V_X = V_L - V_C \text{ (เมื่อ } V_L \text{ มากกว่า } V_C)$$

$$V^2 = V_R^2 + V_X^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$V = IZ$$

$$V_R = I_R$$

$$V_L = IX_L$$

$$V_C = IX_C$$

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

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

3.2 ถ้าแรงดันไฟฟ้า V_C มากกว่า V_L วงจรจะแสดงคุณลักษณะเหมือนกับวงจร RC อนุกรม เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 4.3 ค

$$V_X = V_C - V_L \text{ (เมื่อ } V_C \text{ มากกว่า } V_L)$$

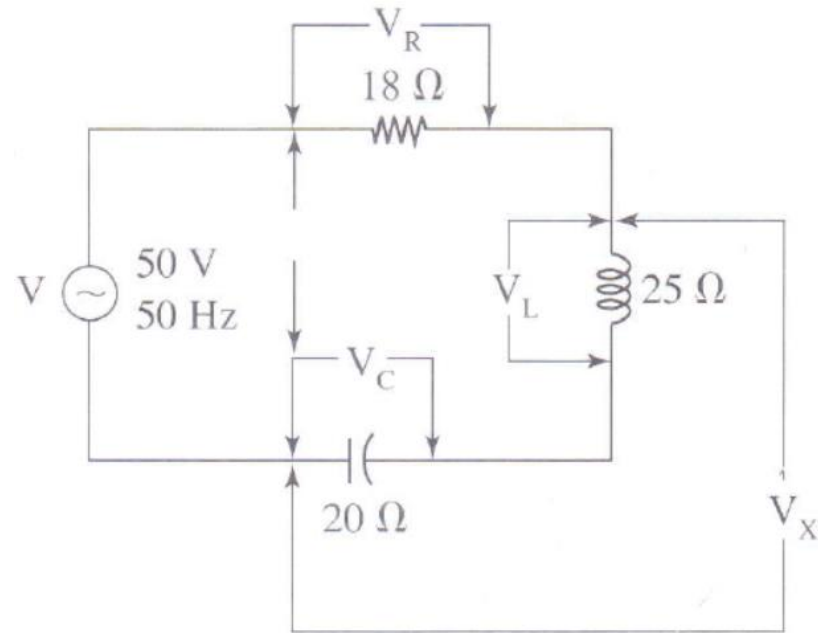
$$V^2 = V_R^2 + V_X^2 = V_R^2 + (V_C - V_L)^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_C - V_L)^2}$$

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

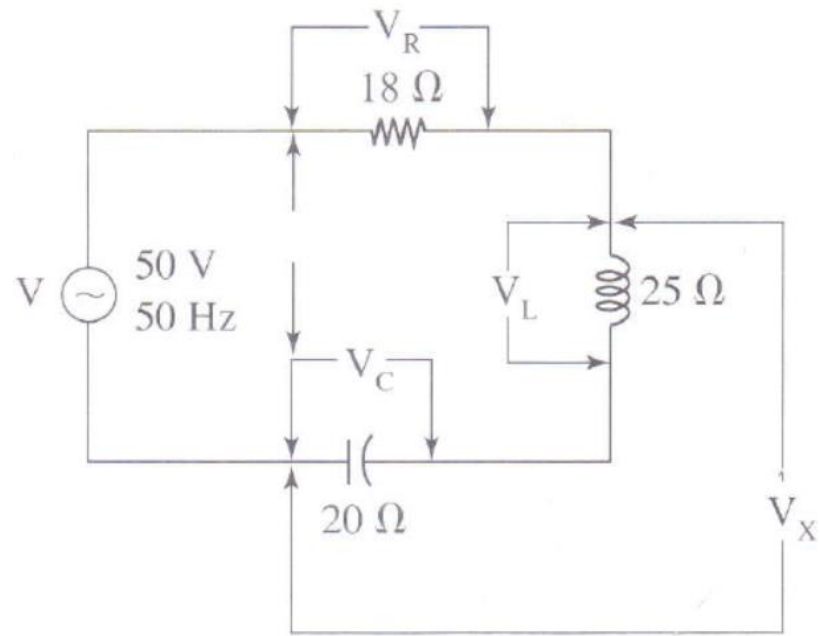
$$\cos \theta = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{Z}$$

ตัวอย่างที่ 4.3 วงจร RLC อนุกรม ดังรูป ก จงคำนวณหาค่าต่างๆ ต่อไปนี้



ก. วงจร

1. อิมพีแดนซ์ (Z) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L , V_C) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมค่ารีแอกแตนซ์ของวงจร (V_X) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)
3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



1. อิมพีแดนซ์ (Z) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
จากวงจร X_L มากกว่า X_C เข้ากับเงื่อนไข V_L มากกว่า V_C

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

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

2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L , V_C) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมค่ารีแอกแตนซ์ของวงจร (V_X) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)

$$V_R = IR$$

$$V_L = IX_L$$

$$V_C = IX_C$$

$$V_X = V_L - V_C$$

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_X^2}$$

3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)

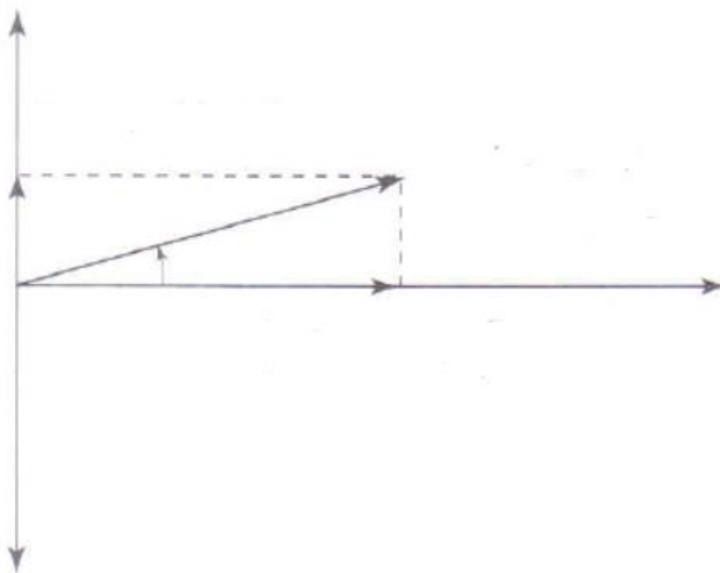
$$\text{pf} = \frac{R}{Z}$$

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

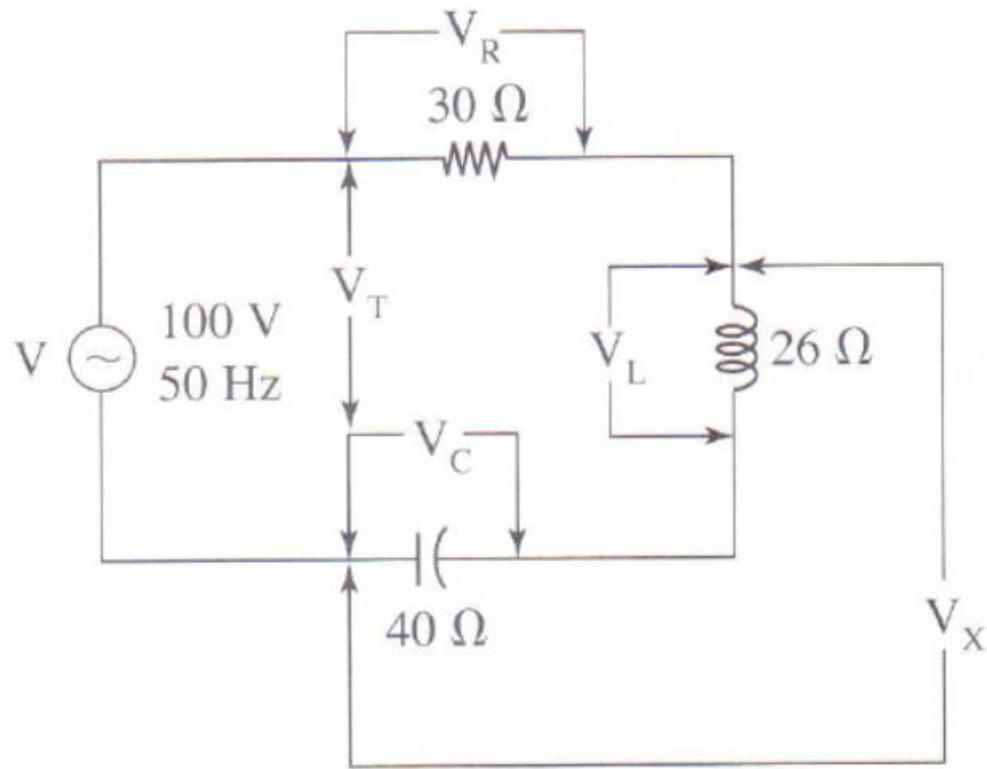
$$P_T = VI \cos \theta$$

หรือ $P_T = I^2 R$

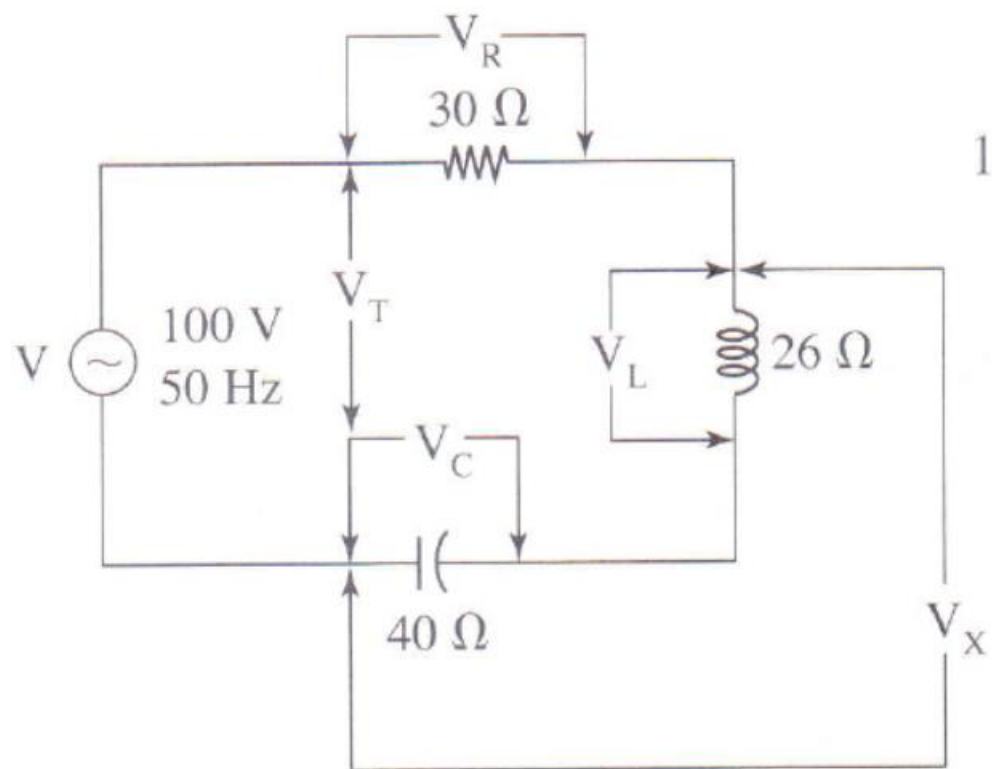
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



ตัวอย่างที่ 4.4 วงจร RLC อนุกรม ดังรูป ก จงคำนวณหาค่าต่างๆ ต่อไปนี้



1. อิมพีแดนซ์ (Z) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L , V_C)
แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมค่ารีแอคแตนซ์ของวงจร (V_X)
แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)
3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



1. อิมพีแดนซ์ (Z) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
จากวงจร X_C มากกว่า X_L เข้ากับเงื่อนไข V_C มากกว่า V_L

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

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

2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L , V_C)

$$V_R = IR$$

$$V_L = IX_L$$

$$V_C = IX_C$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมค่ารีแอกแตนซ์ของวงจร (V_X)

$$V_X = V_C - V_L$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_X^2}$$

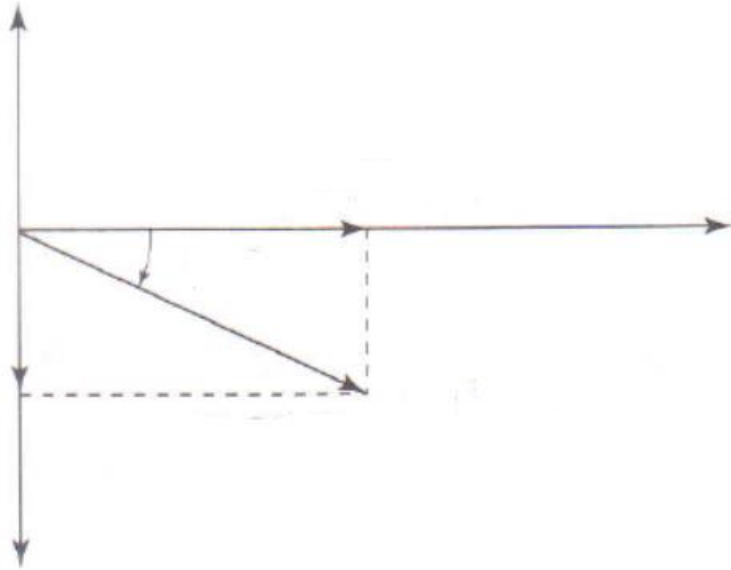
3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)

$$\text{pf} = \frac{R}{Z}$$

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

$$P_T = VI \cos \theta$$

4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



4. การคำนวณในรูปปริมาณเชิงซ้อน

4.1 วงจรตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำต่อแบบอนุกรม

$$V_R = V_R \angle 0^\circ \text{ V} = V_R + j 0$$

$$V_L = V_L \angle 90^\circ \text{ V} = 0 + j V_L$$

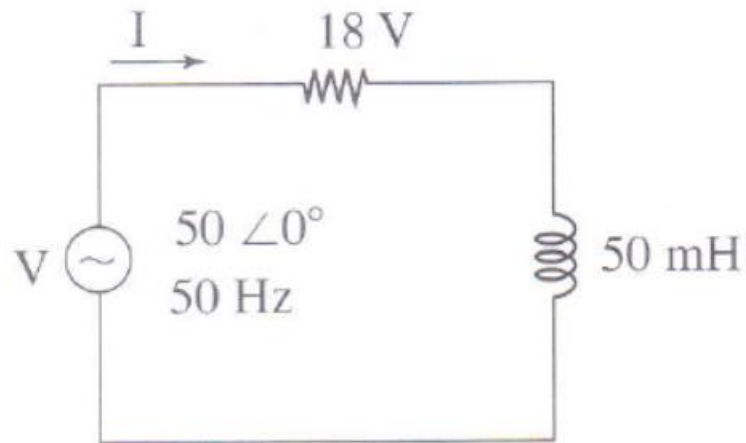
$$V = V_R + V_L = (V_R + j 0) + (0 + j V_L)$$

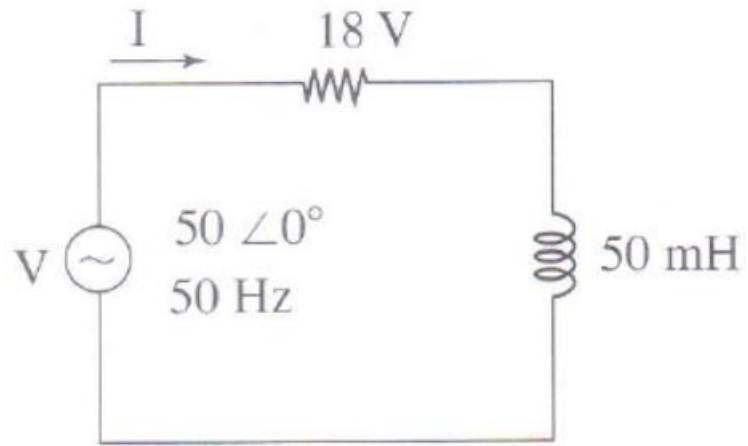
$$V = V_R + j V_L$$

$$Z = R + j X_L$$

ตัวอย่างที่ 4.5 วงจร RL อนุกรม ดังรูป ก จงคำนวณหาค่าต่างๆ ต่อไปนี้

1. อินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (X_L) อิมพีแดนซ์ (Z) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)
3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม





$$1. \quad X_L = 2\pi fL$$

$$j X_L = 15.7 \angle 90^\circ \Omega$$

$$Z = R + j X_L$$

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

$$2. \quad V_R = IR$$

$$V_L = I(jX_L)$$

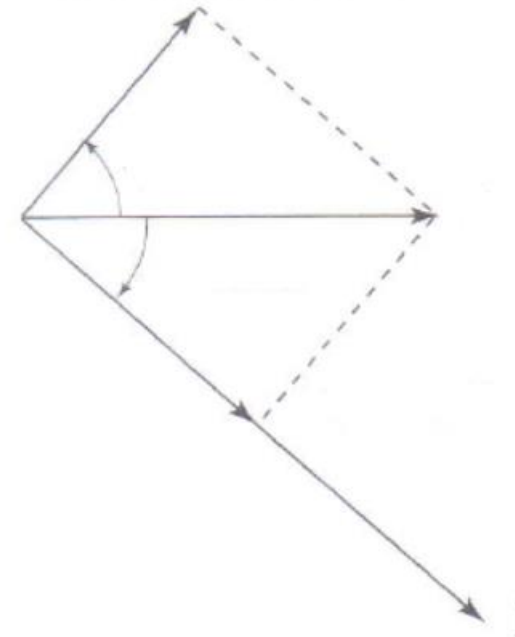
$$V_T = V_R + j V_L$$

$$3. \quad \cos \theta = \frac{R}{Z}$$

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

$$P_T = VI \cos \theta$$

4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



4.2 วงจรตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อแบบอนุกรม วงจร RC อนุกรม แรงดันไฟฟ้า V_R จะเกิด
ร่วมเฟสกับกระแสไฟฟ้า (I) และแรงดันไฟฟ้า V_C จะล้าหลังกระแสไฟฟ้า (I) เป็นมุม 90 องศา นั่นคือ

$$V_R = V_R \angle 0^\circ \text{ V} = V_R + j 0$$

$$V_C = V_C \angle -90^\circ \text{ V} = 0 - j V_C$$

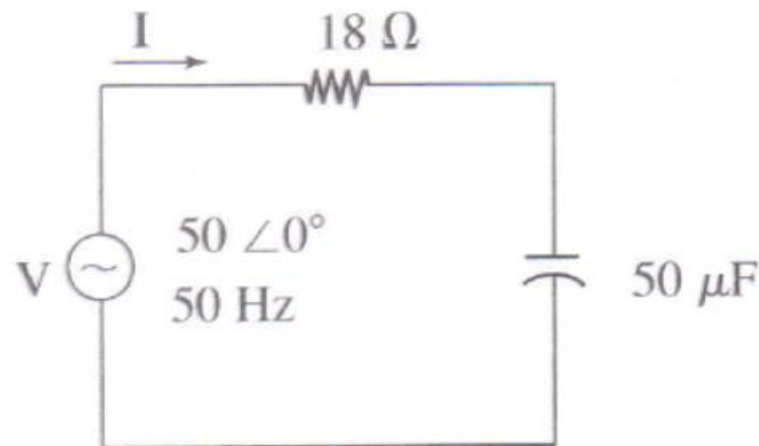
$$\begin{aligned} V &= V_R + V_C \\ &= (V_R + j 0) + (0 - j V_C) \end{aligned}$$

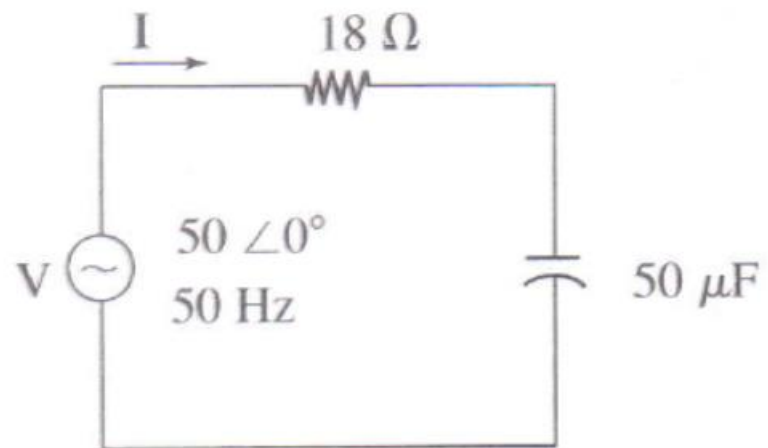
$$V = V_R - j V_C$$

$$Z = R - j X_C$$

ตัวอย่างที่ 4.6 วงจร RC อนุกรม ดังรูป ก จงคำนวณหาค่าต่างๆ ต่อไปนี้

1. คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C) อิมพีแดนซ์ (Z) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_C) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T)
3. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) และกำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)
4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม





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

$$Z =$$

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

$$2. \quad V_R = IR$$

$$V_C = I(-jX_C)$$

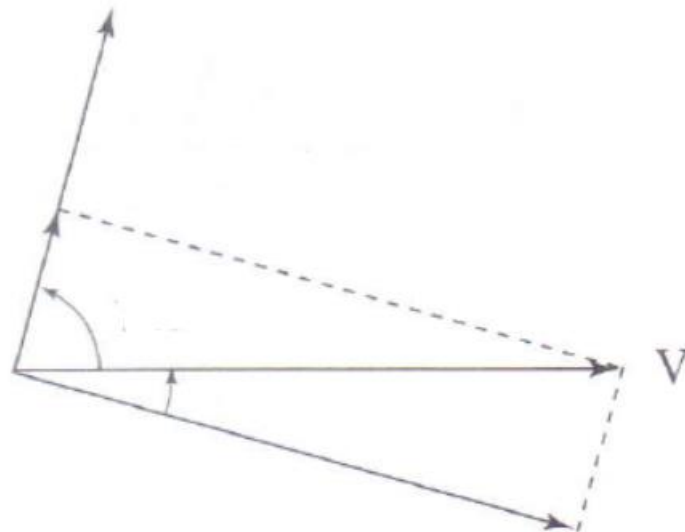
$$V_T = V_R - jV_C$$

$$3. \quad pf = \frac{R}{Z}$$

$$\theta = \cos^{-1} (0.2721)$$

$$P_T = VI \cos \theta$$

4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

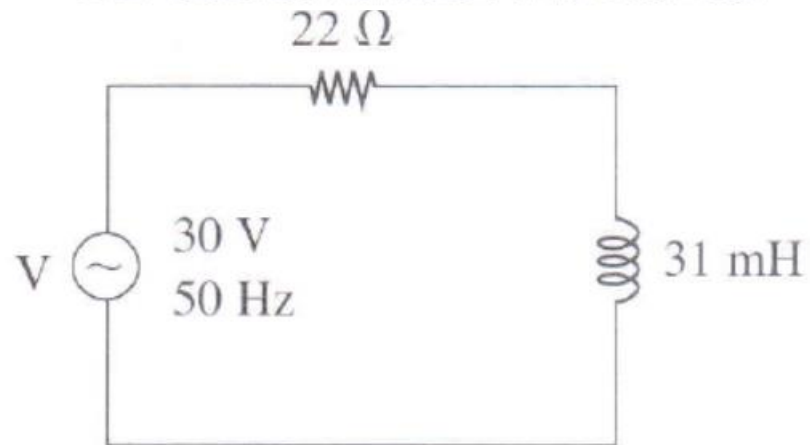


กิจกรรม

1. วงจร RL อนุกรม ดังรูป จงคำนวณหา

1.1 อินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (X_L) อิมพีแดนซ์ (Z) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T) เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) กำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)

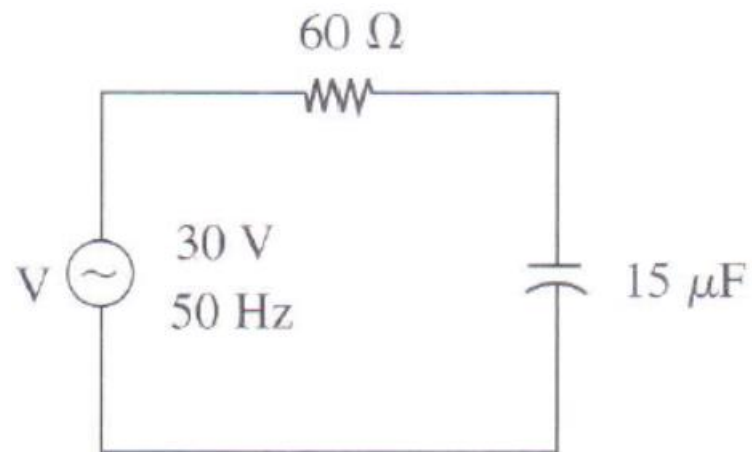
1.2 เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



2. วงจร RC อนุกรม ดังรูป จงคำนวณหา

2.1 คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C) อิมพีแดนซ์ (Z) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_C) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T) เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) กำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)

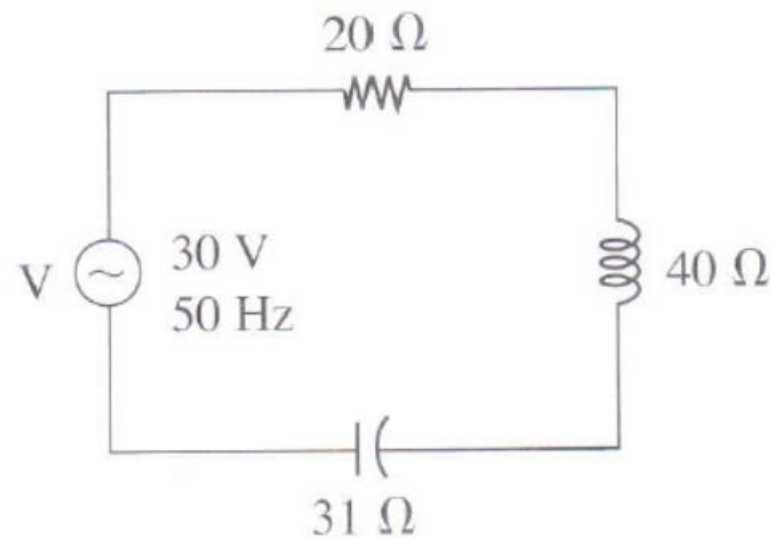
2.2 เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



3. วงจร RLC อนุกรม ดังรูป จงคำนวณหา

3.1 อิมพีแดนซ์ (Z) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (V_R , V_L , V_C) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมค่ารีแอกแตนซ์ของวงจร (V_X) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมด (V_T) เพาเวอร์แฟกเตอร์ (pf) กำลังไฟฟ้าของวงจร (P_T)

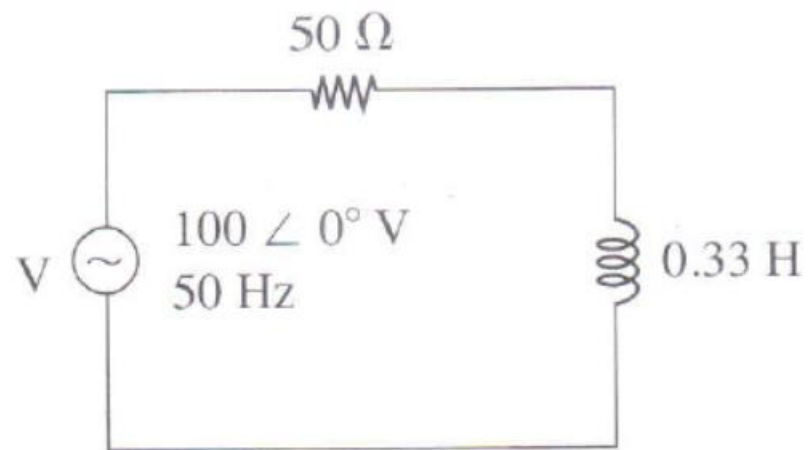
3.2 เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



4. วงจร RL อนุกรม ดังรูป จงคำนวณหา

4.1 X_L , Z , I , V_R , V_L , V_T , pf , P_T

4.2 เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



5. วงจร RC อนุกรม ดังรูป จงคำนวณหา

5.1 X_C , Z , I , V_R , V_C , V_T , pf , P_T

5.2 เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

