

แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยที่ 9 วงจรอนุกรม R - L - C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เฟสเซอร์แรงดันและกระแส ของตัวเหนี่ยวนำในไฟฟ้ากระแสสลับ คือ ข้อใด

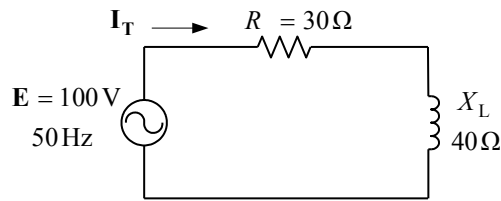
ก. แรงดันนำหน้ากระแส 90°

ข. แรงดันล้าหลังกระแส 90°

ค. แรงดันและกระแสอินเฟสกัน

ง. กระแสนำหน้าแรงดัน 90°

จากรูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถามข้อ 2 - 4



รูปที่ 1 วงจรอนุกรม R-L

2. Z_T ในวงจรรูปที่ 1 มีค่าเท่าใด

ก. $50 / -53.13^\circ \Omega$

ข. $50 / 53.13^\circ \Omega$

ค. $50 / -36.87^\circ \Omega$

ง. $50 / 36.87^\circ \Omega$

3. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร I_T มีค่าเท่าใด

ก. $2 / 36.87^\circ A$

ข. $2 / -36.87^\circ A$

ค. $2 / 53.13^\circ A$

ง. $2 / -53.13^\circ A$

4. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ V_L มีค่าเท่าใด

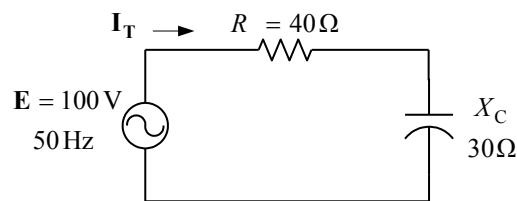
ก. $80 / 53.13^\circ V$

ข. $80 / -53.13^\circ V$

ค. $80 / 36.87^\circ V$

ง. $80 / -36.87^\circ V$

จากรูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถามข้อ 5 - 7



รูปที่ 2 วงจรอนุกรม R-C

5. Z_T ในวงจรรูปที่ 2 มีค่าเท่าใด

ก. $50 / 53.13^\circ \Omega$

ข. $50 / -53.13^\circ \Omega$

ค. $50 / 36.87^\circ \Omega$

ง. $50 / -36.87^\circ \Omega$

6. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร I_T มีค่าเท่าใด

ก. $2/36.87^\circ \text{ A}$

ข. $2/-36.87^\circ \text{ A}$

ค. $2/-53.13^\circ \text{ A}$

ง. $2/53.13^\circ \text{ A}$

7. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ V_C มีค่าเท่าใด

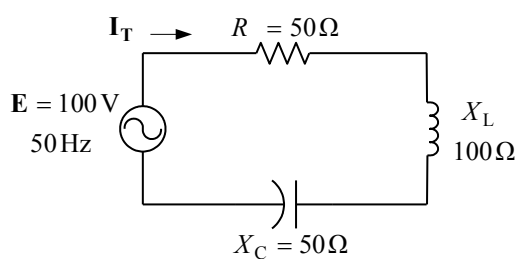
ก. $60/36.87^\circ \text{ V}$

ข. $60/-36.87^\circ \text{ V}$

ค. $60/53.13^\circ \text{ V}$

ง. $60/-53.13^\circ \text{ V}$

จากรูปที่ 3 ใช้สำหรับคำถามข้อ 8-9



รูปที่ 3 วงจรอนุกรม R-L-C

8. Z_T ในวงจรรูปที่ 3 มีค่าเท่าใด

ก. $70.7/-135^\circ \Omega$

ข. $70.7/45^\circ \Omega$

ค. $70.7/135^\circ \Omega$

ง. $70.7/-45^\circ \Omega$

9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร I_T มีค่าเท่าใด

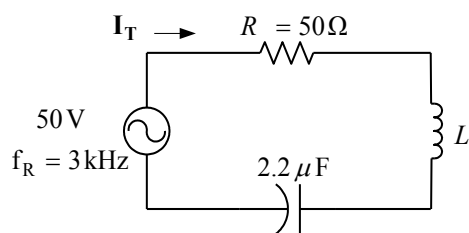
ก. $1.41/-135^\circ \text{ A}$

ข. $1.41/45^\circ \text{ A}$

ค. $1.41/135^\circ \text{ A}$

ง. $1.41/-45^\circ \text{ A}$

จากรูปที่ 4 ใช้สำหรับคำถามข้อ 10



รูปที่ 4 วงจรอนุกรม R-L-C

10. ค่า L ที่ทำให้วงจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 3 kHz มีค่าเท่าใด

ก. 0.128 mH

ข. 128 mH

ค. 1.28 mH

ง. 12.8 mH

หน่วยที่ 9 เรื่องวงจรอนุกรม R-L-C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

สาระสำคัญ

วงจรอนุกรม R-L-C ในไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเซอร์ของกระแสและแรงดันจะต่างกัน แล้วแต่ลักษณะของวงจร เช่นวงจรอนุกรม R-L เฟสของแรงดันจะนำหน้ากระแส วงจรอนุกรม R-C เฟสของแรงดันจะล่าหลังกระแส ส่วนวงจรอนุกรม R-L-C นั้นเฟสของแรงดันจะนำหน้าหรือล่าหลัง กระแสขึ้นขึ้นอยู่กับค่า XL และ XC ของวงจร ส่วนค่าอิมพีแดนซ์รวมของวงจรก็จะขึ้นอยู่กับค่า R , XL และ XC

เนื้อหาสาระ

- 9.1 คุณสมบัติ ของ R, L และ C ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
- 9.2 การหาค่าอิมพีแดนซ์ กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-L
- 9.3 การหาค่าอิมพีแดนซ์กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-C
- 9.4 การหาค่าอิมพีแดนซ์กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-L-C
- 9.5 สถานะการเกิดเรโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม R-L-C

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และเข้าใจในเรื่อง :

- 9.1 ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
- 9.2 วงจรอนุกรม R-L
- 9.3 วงจรอนุกรม R-C
- 9.4 วงจรอนุกรม R-L-C
- 9.5 การเกิดเรโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม R-L-C

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หลังจากเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

- 9.1 อธิบายคุณสมบัติ ของ R, L และ C ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้
- 9.2 วิเคราะห์หาค่าอิมพีแดนซ์กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-L ได้
- 9.3 วิเคราะห์หาค่าอิมพีแดนซ์กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-C ได้
- 9.4 วิเคราะห์หาค่าอิมพีแดนซ์กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-L-C ได้
- 9.5 วิเคราะห์สถานะการเกิดเรโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม R-L-C ได้

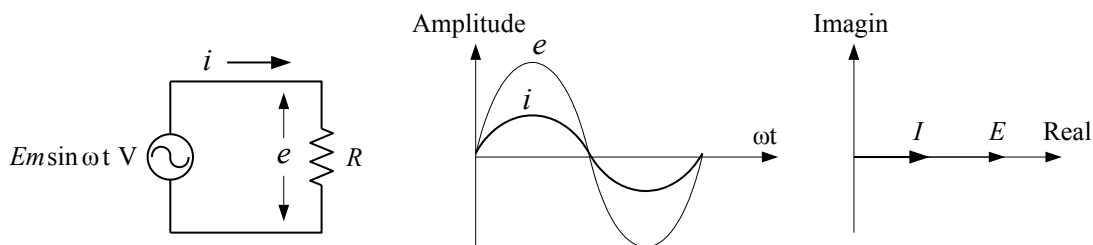
หน่วยที่ 9 วงจรอนุกรม R-L-C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

นักเรียนได้ศึกษาจำนวนเชิงซ้อนมาแล้ว ในหน่วยที่ผ่านมา ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ และแก้ปัญหาในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีความแตกต่างจากไฟฟ้ากระแสตรง เพราะมีค่ามอดูลและขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามคาบเวลา ในหน่วยนี้นักเรียนจะได้ศึกษาอุปกรณ์พื้นฐานเบื้องต้นสำหรับ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

9.1 คุณสมบัติของ R-L-C ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

9.1.1 ตัวต้านทาน (Resistor : R) ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้นแรงดันที่ตกคร่อมและกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะมีเฟสเดียวกัน(ตรงกัน)



(ก) วงจรตัวต้านทาน

(ข) รูปคลื่นแรงดันและกระแส

(ค) เฟสเซอร์ของกระแสและแรงดัน

รูปที่ 9.1 วงจรตัวต้านทานในไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 9.1 สมการของแรงดันและกระแสเป็นดังนี้

$$e = E \sin \omega t \quad \text{ในรูปแบบ ค่าชั่วขณะ (แสดงค่า ณ เวลาใดๆ)}$$

$$\text{หรือ} \quad \mathbf{E} = E \angle 0^\circ \quad \text{ในรูปแบบ เฟสเซอร์ (แสดงค่า ขนาดและมุม)}$$

$$\text{เมื่อ} \quad E = 0.707 E_m$$

$$\text{และ} \quad i = I \sin \omega t \quad \text{ในรูปแบบ ค่าชั่วขณะ}$$

$$\text{หรือ} \quad \mathbf{I} = I \angle 0^\circ \quad \text{ในรูปแบบ เฟสเซอร์}$$

$$\text{เมื่อ} \quad I = 0.707 I_m$$

เฟสเซอร์อิมพีแดนซ์ ของ ตัวต้านทาน (Impedance : Z)

ในตัวต้านทาน อิมพีแดนซ์ของตัวต้านทานจะมีเฉพาะค่ารีซิสแตนซ์ (มีเฉพาะค่า จำนวนจริง ส่วน ค่าจินตภาพเป็น 0)

$$\text{ดังนั้น} \quad \mathbf{Z} = R + j0 \quad \text{ในรูปแกนมุมฉาก}$$

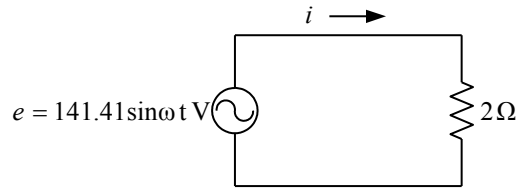
$$\text{หรือ} \quad \mathbf{Z} = R \angle 0^\circ \quad \text{ในรูปเชิงขั้ว}$$

ดังนั้น

$$\mathbf{R} = R/0^\circ$$

..... สมการที่ 9.1

ตัวอย่างที่ 9.1 จากวงจรในรูปที่ 9.2(ก) จงหาค่ากระแสไฟฟ้า และเขียนเฟสเซอร์ของแรงดัน – กระแส



รูปที่ 9.2(ก) วงจรตัวต้านทาน สำหรับตัวอย่างที่ 9.1

วิธีทำ จากสมการ

$$e = E_m \sin \omega t \text{ V}$$

$$\mathbf{E} = 0.707 E_m / 0^\circ \text{ V}$$

$$\mathbf{E} = (0.707) 141.41 / 0^\circ \text{ V}$$

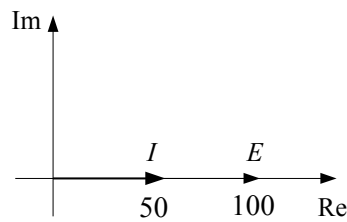
จะได้

$$\mathbf{E} = 100 / 0^\circ \text{ V}$$

ดังนั้น

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{R}} = \frac{100 / 0^\circ \text{ V}}{2 / 0^\circ \Omega} = 50 / 0^\circ \text{ A}$$

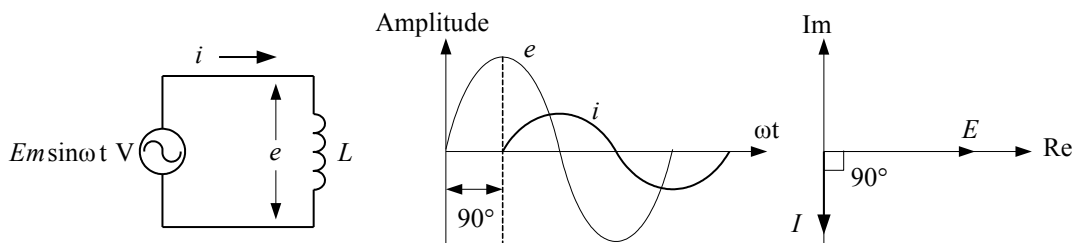
..... ตอบ



รูปที่ 9.2(ข) เฟสเซอร์ของแรงดันและกระแส ของวงจรตัวอย่างที่ 9.1

9.1.2 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor : L) ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ จะมีเฟสล้าหลังแรงดันอยู่ 90° ดังแสดงในรูปที่ 9.3



(ก) วงจรตัวเหนี่ยวนำ

(ข) รูปคลื่นแรงดันและกระแส

(ค) เฟสเซอร์แรงดันและกระแส

รูปที่ 9.3 วงจรตัวเหนี่ยวนำในไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 9.3 สมการของแรงดันและกระแสเป็นดังนี้

$$\begin{array}{ll}
 e = E \sin(\omega t + 90^\circ) & \text{ในรูปแบบ ค่าชั่วขณะ} \\
 \text{หรือ } \mathbf{E} = E/90^\circ & \text{ในรูปแบบ เฟสเซอร์} \\
 \text{เมื่อ } E = 0.707 E_m & \\
 \text{และ } i = I \sin \omega t & \text{ในรูปแบบ ค่าชั่วขณะ} \\
 \text{หรือ } \mathbf{I} = I/0^\circ & \text{ในรูปแบบ เฟสเซอร์} \\
 \text{เมื่อ } I = 0.707 I_m &
 \end{array}$$

เฟสเซอร์อิมพีแดนซ์ ของ ตัวเหนี่ยวนำ อิมพีแดนซ์ ของตัวเหนี่ยวนำ จะมีเฉพาะค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ เรียกว่า อินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (X_L), $X_L = \omega L$

$$\text{จากกฎของโอห์ม} \quad \mathbf{Z} = \frac{E/90^\circ \text{ V}}{I/0^\circ \text{ A}} = X_L (/90^\circ - 0^\circ) \Omega$$

$$\mathbf{Z} = X_L /90^\circ \Omega \quad \text{ในรูปเชิงขั้ว}$$

$$\text{หรือ } \mathbf{Z} = (0 + jX_L) \Omega \quad \text{ในรูปแกนมุมฉาก}$$

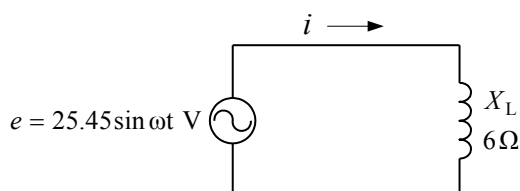
$$\text{หรือ } \mathbf{Z} = (0 + j\omega L) \Omega$$

ดังนั้น

$$\mathbf{X}_L = X_L /90^\circ \Omega$$

..... สมการที่ 9.2

ตัวอย่างที่ 9.2 จากวงจรในรูปที่ 9.4(ก) จงหาค่ากระแส และเขียนเฟสเซอร์ของแรงดัน - กระแส



รูปที่ 9.4 (ก) วงจรตัวเหนี่ยวนำ สำหรับตัวอย่างที่ 9.2

วิธีทำ จาก $e = 25.45 \sin \omega t \text{ V}$ แปลงให้อยู่ในรูปเฟสเซอร์

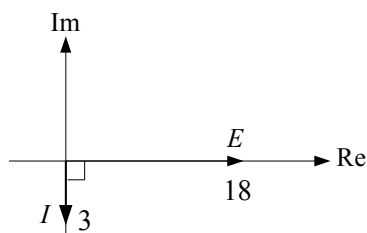
$$\mathbf{E} = (0.707) 25.45 /\theta \text{ V}$$

$$\mathbf{E} = 18 /0^\circ \text{ V}$$

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{X}_L}$$

$$\therefore \mathbf{I} = \frac{18/0^\circ \text{ V}}{6/90^\circ \Omega} = 3/-90^\circ \text{ A}$$

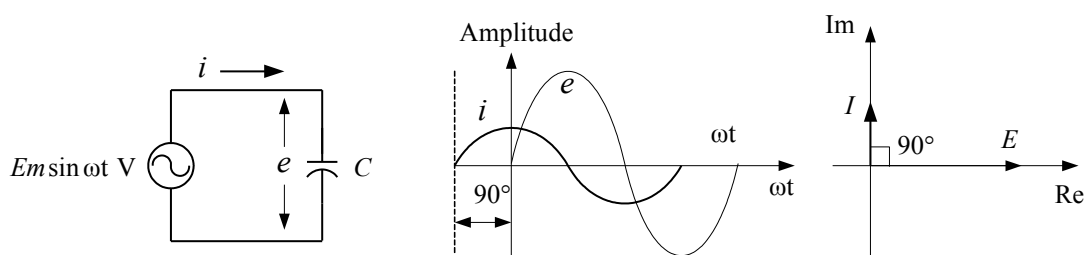
.....ตอบ



รูปที่ 9.4(ข) เฟสเซอร์ของแรงดันและกระแส ของวงจรตัวอย่างที่ 9.2

9.1.3 ตัวเก็บประจุ (Capacitor : C) ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ จะมีเฟสหน้าหน้าแรงดันอยู่ 90° ดังแสดงในรูปที่ 9.5



(ก) วงจรตัวเก็บประจุ (ข) รูปคลื่นกระแสและแรงดัน (ค) เฟสเซอร์กระแสและแรงดัน

รูปที่ 9.5 วงจรตัวเก็บประจุในไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 9.5 สมการของแรงดันและกระแสเป็นดังนี้

$$e = E \sin \omega t \quad \text{ในรูปแบบ ค่าชั่วขณะ}$$

$$\text{หรือ} \quad \mathbf{E} = E \angle 0^\circ \quad \text{ในรูปแบบ เฟสเซอร์}$$

$$\text{เมื่อ} \quad E = 0.707 E_m$$

$$\text{และ} \quad i = I \sin(\omega t + 90^\circ) \quad \text{ในรูปแบบ ค่าชั่วขณะ}$$

$$\text{หรือ} \quad \mathbf{I} = I \angle 90^\circ \quad \text{ในรูปแบบ เฟสเซอร์}$$

$$\text{เมื่อ} \quad I = 0.707 I_m$$

เฟสเซอร์อิมพีแดนซ์ ของ ตัวเก็บประจุ อิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุ จะมีเฉพาะค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุ เรียกว่า คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C) , $X_C = \frac{1}{\omega C}$

$$\text{จากกฎของโอห์ม} \quad \mathbf{Z} = \frac{E \angle 0^\circ \text{ V}}{I \angle 90^\circ \text{ A}}$$

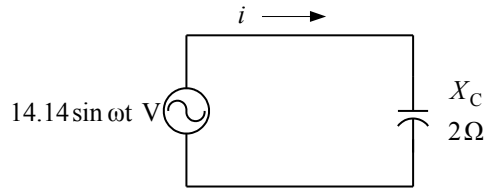
$$\mathbf{Z} = X_C (\angle 0^\circ - 90^\circ) \Omega$$

$$\mathbf{Z} = X_C \angle -90^\circ \Omega \quad \text{ในรูปเชิงขั้ว}$$

$$\text{หรือ} \quad \mathbf{Z} = 0 - jX_C \quad \text{ในรูปแกนมุมฉาก}$$

หรือ $Z = 0 - j\frac{1}{\omega C}$
 ดังนั้น $X_C = X_C \angle -90^\circ \Omega$ สมการที่ 9.3

ตัวอย่างที่ 9.3 จากวงจรในรูปที่ 9.6 (ก) จงหาค่ากระแส และเขียนเฟสเซอร์ของแรงดัน – กระแส



รูปที่ 9.6 วงจรตัวเก็บประจุ

วิธีทำ แปลง $e = 14.14 \sin \omega t \text{ V}$ ให้อยู่ในรูปเฟสเซอร์ได้เป็น ดังนี้

$$E = 0.707 E_m \angle \theta \text{ V}$$

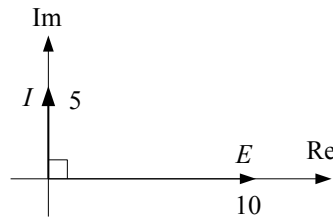
$$E = 0.707 (14.14) \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$= 10 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$I = \frac{E}{X_C} = \frac{10 \angle 0^\circ \text{ V}}{2 \angle -90^\circ \Omega}$$

$$\therefore I = 5 \angle 90^\circ \text{ A}$$

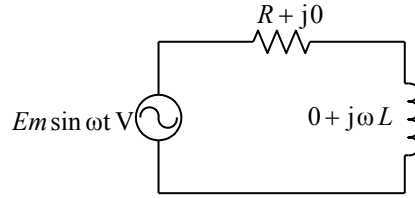
.....ตอบ



รูปที่ 9.6 (ข) เฟสเซอร์ของแรงดันและกระแส ของวงจรตัวอย่างที่ 9.3

9.2 การหาค่าอิมพีแดนซ์ กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-L

วงจรอนุกรม R-L ประกอบด้วยตัวต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำ ต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 9.7 (ก)



รูปที่ 9.7 (ก) วงจรอนุกรม RL

จากวงจรในรูปที่ 9.7 (ก) อิมพีแดนซ์รวมของวงจรจะเป็น การรวมค่าอิมพีแดนซ์ของ ตัวต้านทาน และอิมพีแดนซ์ ของตัวเหนี่ยวนำ ดังนี้

$$Z_T = (R + j0) + (0 + j\omega L) \Omega$$

$$Z_T = (R + j\omega L) \Omega$$

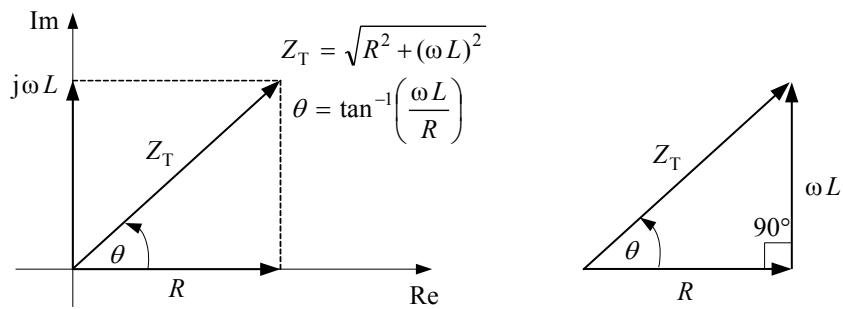
หรือ

$$Z_T = (R + jX_L) \Omega \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 9.4}$$

ขนาดและมุมของอิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว หาได้ดังนี้

$$Z_T = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

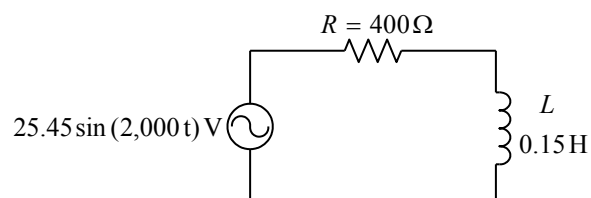
และ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$



รูปที่ 9.7 (ข) แสดงเฟสเซอร์อิมพีแดนซ์ และสามเหลี่ยมอิมพีแดนซ์ของวงจรอนุกรม R-L

ตัวอย่างที่ 9.4 จากวงจรในรูปที่ 9.8 (ก) จงหา

- (1) ค่าอิมพีแดนซ์รวม
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันที่ตกคร่อม ตัวต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำ และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



รูปที่ 9.8 (ก) วงจรอนุกรม R-L สำหรับตัวอย่างที่ 9.4

วิธีทำ (1) อิมพีแดนซ์รวม

$$\begin{aligned} \mathbf{Z}_T &= (R + jX_L) \Omega \\ &= (R + j\omega L) \Omega \\ &= 400\Omega + j(2,000 \times 0.15) \Omega \end{aligned}$$

แปลงให้อยู่ในรูปเชิงขั้ว

$$\begin{aligned} \mathbf{Z}_T &= (400 + j300) \Omega \\ \mathbf{Z}_T &= \sqrt{400^2 + (300)^2} \\ &= 500 \Omega \end{aligned}$$

และ

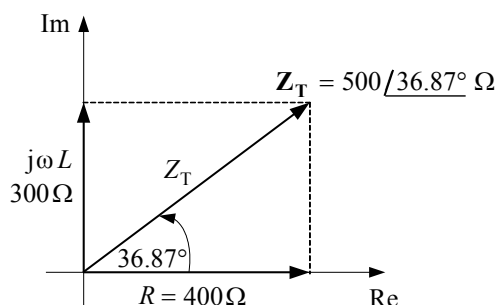
$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{300}{400}\right) \end{aligned}$$

$$\theta = 36.87^\circ$$

$$\therefore \mathbf{Z}_T = 500 / 36.87^\circ \Omega$$

.....**ตอบ**

(2) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม



รูปที่ 9.8 (ข) แสดงเฟสเซอร์ของอิมพีแดนซ์รวม

(3) แปลง $e = 25.45\sin(2000t)$ V ให้อยู่ในรูปเฟสเซอร์

$$E = 0.707 E_m \angle \theta \text{ V}$$

$$E = 0.707(25.45) \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$E = 18 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{18 \angle 0^\circ \text{ V}}{500 \angle 36.87^\circ \Omega}$$

$$\therefore I_T = 36 \angle -36.87^\circ \text{ mA} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

(4) แรงดันที่ตกคร่อม ตัวต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำ และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

$$V_R = IR$$

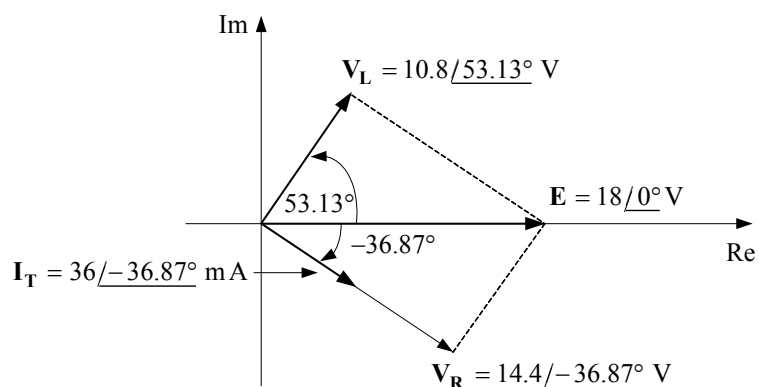
$$V_R = (36 \angle -36.87^\circ \text{ mA})(400 \angle 0^\circ \Omega)$$

$$V_R = 14.4 \angle -36.87^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

$$V_L = IX_L$$

$$V_L = (36 \angle -36.87^\circ \text{ mA})(300 \angle 90^\circ \Omega)$$

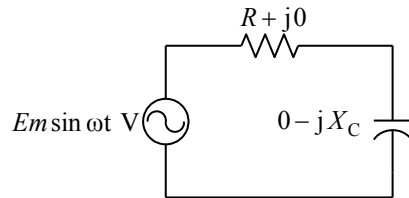
$$V_L = 10.8 \angle 53.13^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$



รูปที่ 9.8 (ก) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_L และ I_T

9.3 การหาค่าอิมพีแดนซ์กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R – C

วงจรอนุกรม R – C ประกอบด้วยตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 9.9 (ก)



รูปที่ 9.9 (ก) วงจรอนุกรม R – C

จากวงจรในรูปที่ 9.9 (ก) อิมพีแดนซ์รวมของวงจรจะเป็นการรวมค่าอิมพีแดนซ์ของ ตัวต้านทาน และอิมพีแดนซ์ ของตัวเก็บประจุ ดังนี้

$$Z_T = (R + j0) + \left(0 - j\frac{1}{\omega C}\right) \text{ เมื่อ } X_c = \frac{1}{\omega C}$$

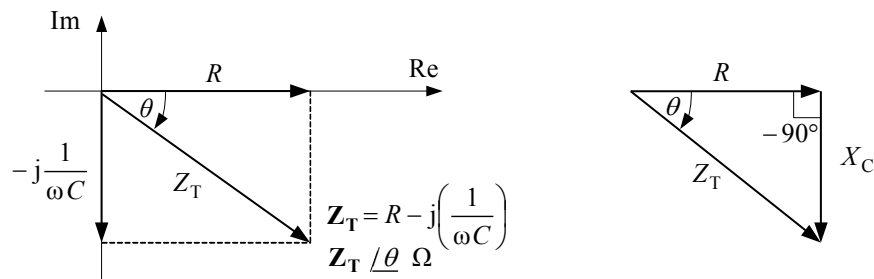
$$Z_T = R - j\frac{1}{\omega C}$$

หรือ $Z_T = R - jX_c$ สมการที่ 9.5

ขนาดและมุมของอิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้วหาได้ดังนี้

$$Z_T = \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$$

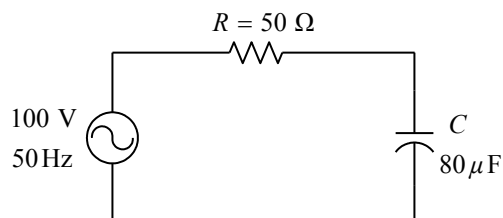
$$\theta = \tan^{-1}(-1/\omega RC)$$



รูปที่ 9.9 (ข) แสดงเฟสเซอร์อิมพีแดนซ์ และสามเหลี่ยมอิมพีแดนซ์ของวงจรอนุกรม R – C

ตัวอย่างที่ 9.5 จากวงจรในรูปที่ 9.10 (ก) จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวมของวงจร
- (2) กระแสไฟฟ้า I_T
- (3) แรงดันไฟฟ้า V_R, V_C
- (4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_L และ I_T



รูปที่ 9.10 (ก) วงจรอนุกรม R-C

วิธีทำ (1) อิมพีแดนซ์รวมของวงจร ซึ่ง $Z_T = R - jX_C$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C}, \quad \omega = 2\pi f$$

$$X_C = \frac{1}{2(3.14)(50\text{Hz})(80 \times 10^{-6}\text{ F})}$$

$$X_C = \frac{1 \times 10^6}{25,120} = 39.81 \Omega$$

$$Z_T = (50 - j39.81) \Omega$$

$$Z_T = \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$$

$$= \sqrt{(50)^2 + (39.81)^2} = 63.91$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-1}{\omega RC}\right)$$

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

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-39.81}{50}\right) = -38.53^\circ$$

ดังนั้น

$$Z_T = 63.91 \angle -38.53^\circ \Omega$$

.....ตอบ

(2) กระแสไฟฟ้า I_T :

$$I_T = \frac{E}{Z_T}$$

$$= \frac{100 \angle 0^\circ \text{ V}}{63.91 \angle -38.53^\circ \Omega}$$

$$\therefore I_T = 1.56 \angle 38.53^\circ \text{ A}$$

.....ตอบ

$$(3) \text{ แรงดันไฟฟ้า } V_R = I_T R = (1.56/38.53^\circ \text{ A})(50/0^\circ \Omega)$$

$$= 78/38.53^\circ \text{ V}$$

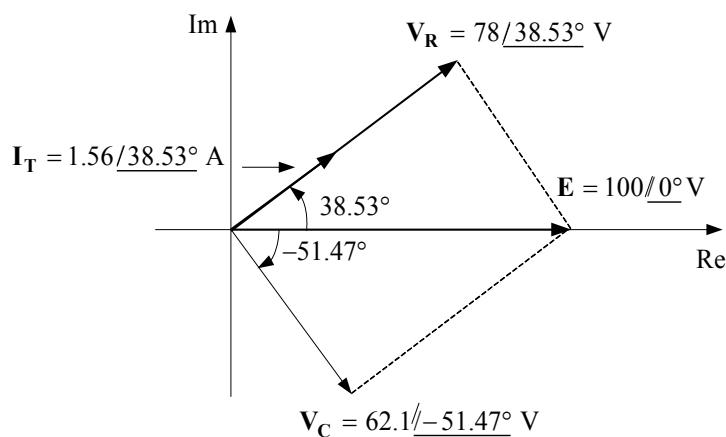
.....ตอบ

$$V_C = I_T X_C = (1.56/38.53^\circ \text{ A})(39.81/-90^\circ \Omega)$$

$$= 62.1/-51.47^\circ \text{ V}$$

.....ตอบ

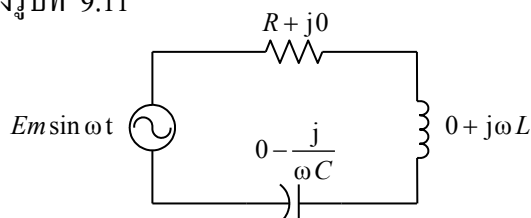
(4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C และ I_T



รูปที่ 9.10 (จ) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C และ I_T

9.4 การหาค่าอิมพีแดนซ์กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-L-C

วงจรอนุกรม R-L-C ประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 9.11



รูปที่ 9.11 วงจรอนุกรม R-L-C

จากวงจรในรูปที่ 9.11 อิมพีแดนซ์รวมของวงจรจะเป็นการรวมค่าอิมพีแดนซ์ของ ตัวต้านทาน อิมพีแดนซ์ของ ตัวเหนี่ยวนำ และอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุ ดังนี้

$$Z_T = (R + j0) + (0 + j\omega L) + \left(0 - j\frac{1}{\omega C}\right) \Omega$$

$$Z_T = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \Omega$$

หรือ

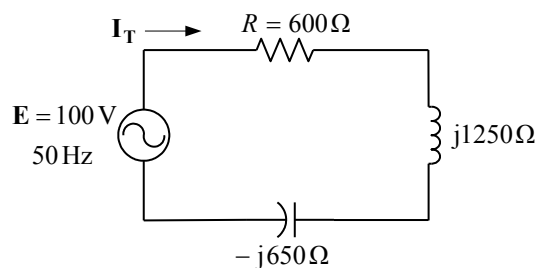
$$Z_T = R + j(X_L - X_C) \Omega$$

ขนาดและมุมของอิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้วหาได้ดังนี้

กรณี	$X_L > X_C$	$Z_T = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$
	หรือ	$Z_T = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
	ดังนั้น	$Z_T = R + jX_L - jX_C$
	และ	$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{ X_L - X_C }{R}\right)$
	หรือ	$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right), X \rightarrow X_L, \because X_L > X_C$
กรณี	$X_C > X_L$	$Z_T = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}$
	หรือ	$Z_T = \sqrt{R^2 - (X_C - X_L)^2}$
	ดังนั้น	$Z_T = R - j(X_C - X_L)$
	และ	$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{ X_C - X_L }{R}\right)$
	หรือ	$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-X}{R}\right), -X \rightarrow X_C, \because X_C > X_L$

ตัวอย่างที่ 9.6 จากวงจรในรูปที่ 9.12 (ก) ถ้า $E = 100\text{ V } 50\text{ Hz}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวม และสามเหลี่ยมอิมพีแดนซ์
- (2) กระแสไฟฟ้า I_T
- (3) แรงดันไฟฟ้า V_R, V_C และ V_L
- (4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_C, V_L และ I_T



รูปที่ 9.12 (ก) วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับตัวอย่างที่ 9.6

วิธีทำ (1) อิมพีแดนซ์รวม และสามเหลี่ยมอิมพีแดนซ์

$$\begin{aligned}
 Z_T &= R + jX_L - jX_C \\
 &= 600 + j(1250 - 650)\Omega \\
 &= (600 + j600)\Omega
 \end{aligned}$$

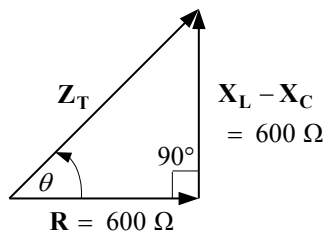
$$\begin{aligned}
 Z_T &= \sqrt{R^2 + (X)^2} \\
 &= \sqrt{(600)^2 + (600)^2} \\
 &= \sqrt{360000 + 360000} \\
 &= 848.53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= \tan^{-1}(X/R) \\
 &= \tan^{-1}(600/600) = 45^\circ
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$Z_T = 848.53 \angle 45^\circ \Omega$$

.....ตอบ



รูปที่ 9.12 (ข) สามเหลี่ยมอิมพีแดนซ์

(2) กระแสไฟฟ้า I_T :

$$\begin{aligned}
 I_T &= \frac{E}{Z_T} = \frac{100 \angle 0^\circ \text{ V}}{848.53 \angle 45^\circ \Omega} \\
 &= 117.85 \angle -45^\circ \text{ mA}
 \end{aligned}$$

.....ตอบ

(3) แรงดันไฟฟ้า V_R , V_C และ V_L

$$\begin{aligned}
 V_R &= I_T R = (117.85 \angle -45^\circ \text{ mA})(600 \angle 0^\circ \Omega) \\
 &= 70.7 \angle -45^\circ \text{ V}
 \end{aligned}$$

.....ตอบ

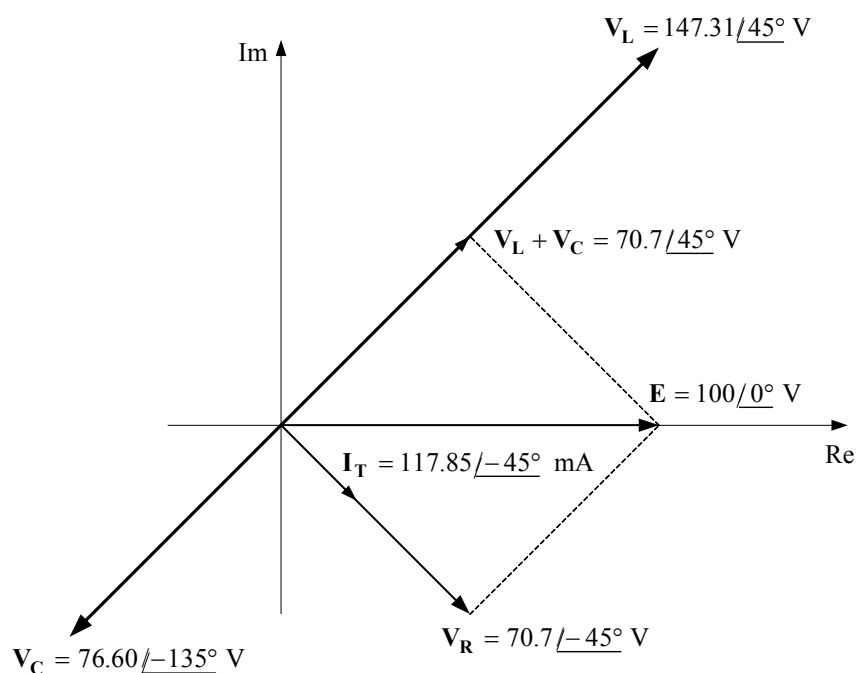
$$\begin{aligned}
 V_L &= I_T X_L = (117.85 \angle -45^\circ \text{ mA})(1250 \angle 90^\circ \Omega) \\
 &= 147.31 \angle 45^\circ \text{ V}
 \end{aligned}$$

.....ตอบ

$$\begin{aligned}
 V_C &= I_T X_C = (117.85 \angle -45^\circ \text{ mA})(650 \angle -90^\circ \Omega) \\
 &= 76.60 \angle -135^\circ \text{ V}
 \end{aligned}$$

.....ตอบ

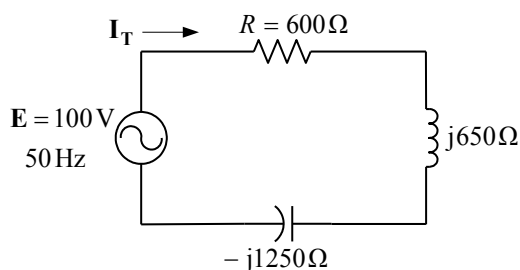
(4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L และ I_T



รูปที่ 9.12 (ค) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L และ I_T

ตัวอย่างที่ 9.7 จากวงจรในรูปที่ 9.13 (ก) ถ้า $E = 100\text{ V } 50\text{ Hz}$ จงหา

- (1) อิมพีแดนซ์รวม และสามเหลี่ยมอิมพีแดนซ์
- (2) กระแสไฟฟ้า I_T
- (3) แรงดันไฟฟ้า V_R , V_C และ V_L
- (4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L และ I_T



รูปที่ 9.13 (ก) วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับตัวอย่างที่ 9.7

วิธีทำ (1) อิมพีแดนซ์รวม และสามเหลี่ยมอิมพีแดนซ์

$$\begin{aligned}
 Z_T &= R + jX_L - jX_C \\
 &= 600 + j(650 - 1250) \Omega \\
 &= (600 - j600) \Omega \\
 Z_T &= \sqrt{R^2 + (-X)^2}
 \end{aligned}$$

$$= \sqrt{(600)^2 + (-600)^2}$$

$$= \sqrt{360000 + 360000}$$

$$= 848.53$$

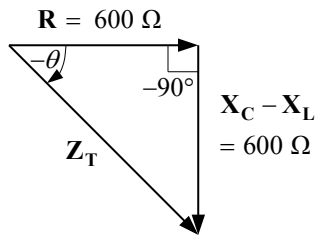
$$\theta = \tan^{-1}(-X/R)$$

$$= \tan^{-1}(-600/600) = -45^\circ$$

ดังนั้น

$$Z_T = 848.53 \angle -45^\circ \Omega$$

.....ตอบ



รูปที่ 9.13 (ข) สามเหลี่ยมอิมพีแดนซ์

(2) กระแสไฟฟ้า I_T :

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{100 \angle 0^\circ \text{ V}}{848.53 \angle -45^\circ \Omega}$$

$$= 117.85 \angle 45^\circ \text{ mA}$$

.....ตอบ

(3) แรงดันไฟฟ้า V_R , V_C และ V_L

$$V_R = I_T R = (117.85 \angle 45^\circ \text{ mA})(600 \angle 0^\circ \Omega)$$

$$= 70.7 \angle 45^\circ \text{ V}$$

.....ตอบ

$$V_C = I_T X_C = (117.85 \angle 45^\circ \text{ mA})(1250 \angle -90^\circ \Omega)$$

$$= 147.31 \angle -45^\circ \text{ V}$$

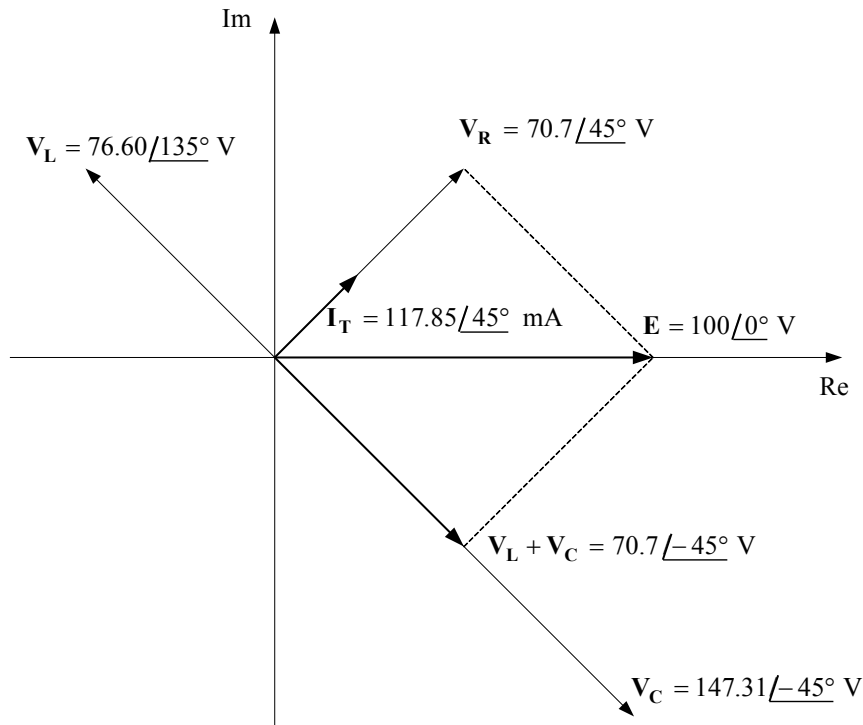
.....ตอบ

$$V_L = I_T X_L = (117.85 \angle 45^\circ \text{ mA})(650 \angle 90^\circ \Omega)$$

$$= 76.60 \angle 135^\circ \text{ V}$$

.....ตอบ

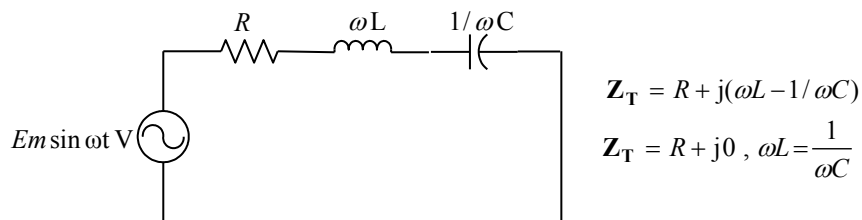
(4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L และ I_T



รูปที่ 9.13 (ค) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L และ I_T

9.5 สถานะการเกิดเรโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม R-L-C

สถานะการเกิดเรโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม R-L-C ก็คือ การที่ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ คลื่นแรงดันและคลื่นกระแสอินเฟสกัน (มีเฟสตรงกัน) อิมพีแดนซ์ของวงจร อนุกรม R-L-C มี เฉพาะค่า ความต้านทานของ R คือ รีซิสแตนซ์ ส่วนความต้านทานของ L และ C คือ อินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (X_L) และ คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C) มีค่าเท่ากันจึงหักล้างกันหมดไป



รูปที่ 9.14 (ก) วงจรอนุกรม R-L-C ขณะเกิดสถานะเรโซแนนซ์

จากสมการ $Z_T = R + jX_L - jX_C$
 เมื่อ $X_L = \omega L = 2\pi f L$

และ $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$

วงจรในรูปที่ 9.14 (ก) จะเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ได้เมื่อ

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\text{หรือ } \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

เมื่อ ω คือความเร็วเชิงมุมของคลื่นแรงดันไฟสลับ

กำหนดให้ $\omega_R = \omega$ ดังนั้น $\omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

และ $\omega_R = 2\pi f_R$ ดังนั้น $2\pi f_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

เมื่อ ω_R คือความเร็วเชิงมุมเมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์

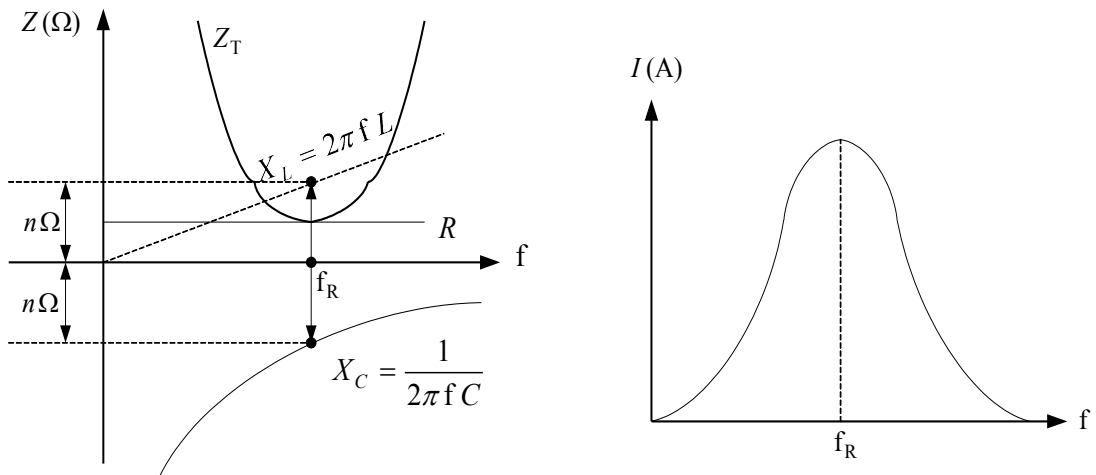
และ f_R คือความถี่เมื่อวงจร อยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์

ดังนั้น $f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ สมการที่ 9.6

จะได้ $C = \frac{1}{4\pi^2 f_R^2 L}$ สมการที่ 9.7

และ $L = \frac{1}{4\pi^2 f_R^2 C}$ สมการที่ 9.8

ผลที่เกิดขึ้นในวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม อธิบายเป็นรูปกราฟ ได้ดังรูปที่ 9.14 (ข)

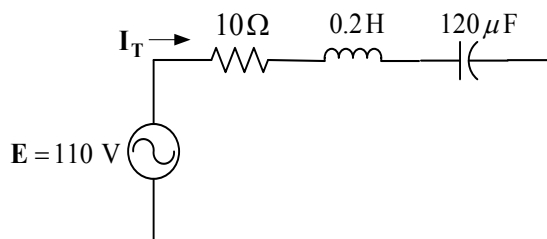


รูปที่ 9.14 (ข) กราฟอิมพีแดนซ์ และกระแสในวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

จากรูปที่ 9.14 (ข) แสดงค่าอิมพีแดนซ์ รวมของวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม ณ จุดเรโซแนนซ์ ที่ความถี่ $f = f_R$ จะพบว่า ค่า X_L กับค่า X_C หักล้างกันหมดไปเหลือเฉพาะค่าความต้านทาน ดังนั้น ณ จุดนี้ กระแสที่ไหลในวงจรจะมีค่าสูงสุด ตรงข้ามกับค่าอิมพีแดนซ์รวม ที่มีค่าต่ำสุด

ตัวอย่างที่ 9.8 จากวงจรในรูปที่ 9.15 (ก) ถ้าวางจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ จงหาค่าต่อไปนี้

- (1) ความถี่เรโซแนนซ์
- (2) อิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้า I_T
- (4) แรงดันไฟฟ้า V_R , V_C และ V_L
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L



รูปที่ 9.15 (ก) วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับตัวอย่างที่ 9.8

วิธีทำ (1) ความถี่เรโซแนนซ์ จากสมการ $f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$$f_R = \frac{1}{(6.28)\sqrt{(0.2\text{ H})(120 \times 10^{-6}\text{ F})}}$$

$$f_R = \frac{0.159}{\sqrt{(0.2\text{ H})(120 \times 10^{-6}\text{ F})}}$$

$$\therefore f_R = 32.5\text{ Hz}$$

.....ตอบ

(2) อิมพีแดนซ์รวม

$$\text{จากสมการ } Z_T = R + jX_L - jX_C$$

$$X_L = 2\pi f_R L$$

$$X_L = (6.28)(32.5\text{ Hz})(0.2\text{ H})$$

$$X_L = 40.8\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_R C}$$

$$X_C = \frac{1}{(6.28)(32.5\text{ Hz})(120 \times 10^{-6}\text{ F})}$$

$$X_C = \frac{1}{(6.28)(32.5\text{ Hz})(120 \times 10^{-6}\text{ F})}$$

$$X_C = \frac{4.899 \times 10^3}{120}$$

$$X_C = 40.8\ \Omega$$

$$Z_T = 10\ \Omega + j(40.8\ \Omega) - j(40.8\ \Omega)$$

$$\therefore Z_T = 10\ \Omega$$

.....ตอบ

ดังนั้น

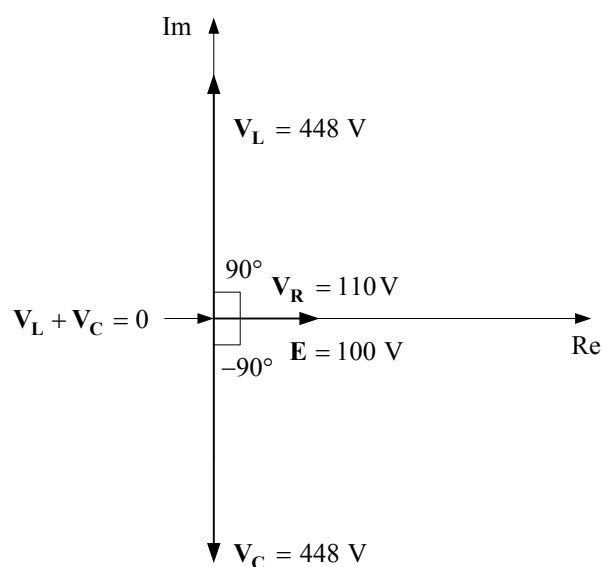
(3) กระแสไฟฟ้า I_T : $I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{110/0^\circ \text{ V}}{10/0^\circ \Omega}$
 $= 11/0^\circ \text{ A}$ ตอบ

(4) แรงดันไฟฟ้า V_R , V_C และ V_L
 $V_R = I_T R = (11/0^\circ \text{ A})(10/0^\circ \Omega)$
 $= 110/0^\circ \text{ V}$ ตอบ

$V_C = I_T X_C = (11/0^\circ \text{ A})(40.8/-90^\circ \Omega)$
 $= 448.8/-90^\circ \text{ V}$ ตอบ

$V_L = I_T X_L = (11/0^\circ \text{ A})(40.8/90^\circ \Omega)$
 $= 448.8/90^\circ \text{ V}$ ตอบ

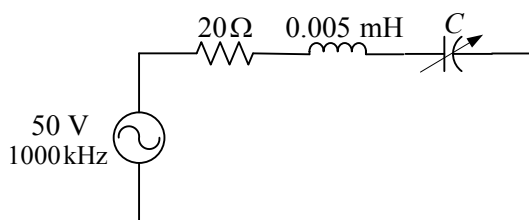
(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L



รูปที่ 9.15 (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L และ I_T

ตัวอย่างที่ 9.9 จากวงจรในรูปที่ 9.16 (ก) ถ้าความถี่มีค่า 1,000 kHz จงหาค่าต่อไปนี้

- (1) คาปาซิเตอร์ที่ทำให้วงจรเกิดสถานะเรโซแนนซ์
- (2) อิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันไฟฟ้า V_R , V_C และ V_L
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L



รูปที่ 9.16 (ก) วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับตัวอย่างที่ 9.9

วิธีทำ (1) คาปาซิเตอร์ที่ทำให้วงจรเกิดสภาวะเรโซแนนซ์

จากสมการที่ 9.7

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_R^2 L}$$

$$C = \frac{1}{4(3.14)^2 (1000 \times 10^3 \text{ Hz})^2 (0.005 \times 10^{-3} \text{ H})}$$

$$C = \frac{1}{(39.44)(1 \times 10^{12})(5 \times 10^{-6})}$$

$$C = \frac{1}{(39.44)(5 \times 10^6)}$$

$$C = 5.071 \times 10^{-9} \text{ F}$$

.....ตอบ

(2) อิมพีแดนซ์รวม

จากสมการ $Z_T = R + jX_L - jX_C$

$$X_L = 2\pi f_R L$$

$$X_L = (6.28)(1,000 \times 10^3 \text{ Hz})(0.005 \times 10^{-3} \text{ H})$$

$$X_L = (6.28)(1 \times 10^6 \text{ Hz})(5 \times 10^{-6} \text{ H})$$

$$X_L = 31.4 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_R C}$$

$$X_C = \frac{1}{(6.28)(1,000 \times 10^3 \text{ Hz})(5.071 \times 10^{-9} \text{ F})}$$

$$X_C = \frac{1}{(6.28)(1 \times 10^6 \text{ Hz})(5.071 \times 10^{-9} \text{ F})}$$

$$X_C = \frac{0.159 \times 10^3}{5.071}$$

$$X_C = 31.4 \Omega$$

$$Z_T = 20 \Omega + j(31.4 \Omega) - j(31.4 \Omega)$$

$$\therefore Z_T = 20 \Omega$$

.....ตอบ

ดังนั้น

3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$\begin{aligned} I_T &= \frac{E}{Z_T} = \frac{50/0^\circ \text{ V}}{20/0^\circ \Omega} \\ &= 2.5/0^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

.....ตอบ

(4) แรงดันไฟฟ้า V_R , V_C และ V_L

$$\begin{aligned} V_R &= I_T R = (2.5/0^\circ \text{ A})(20/0^\circ \Omega) \\ &= 50/0^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

.....ตอบ

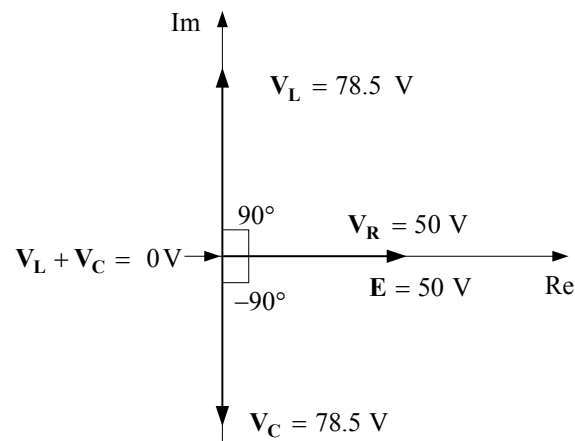
$$\begin{aligned} V_C &= I_T X_C = (2.5/0^\circ \text{ A})(31.4/-90^\circ \Omega) \\ &= 78.5/-90^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

.....ตอบ

$$\begin{aligned} V_L &= I_T X_L = (2.5/0^\circ \text{ A})(31.4/90^\circ \Omega) \\ &= 78.5/90^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

.....ตอบ

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L



รูปที่ 9.16(จ) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L

สรุปสาระสำคัญ

คุณสมบัติของตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น เฟสของกระแสและแรงดันจะตรงกัน ส่วนตัวเหนี่ยวนำเฟสของแรงดันจะนำหน้ากระแสอยู่ 90 องศา ขณะที่ตัวเก็บประจุเฟสของแรงดันจะล่าหลังกระแสอยู่ 90 องศา วงจรอนุกรม R-L เฟสของอิมพีแดนซ์รวม จะอยู่ระหว่าง 0 ขึ้น(ค่าบวก)ไปถึง 90 องศา ขณะที่วงจรอนุกรม R-C เฟสของอิมพีแดนซ์รวม จะอยู่ระหว่าง 0 ลง(ค่าลบ)ไปถึง 270 องศา ส่วนวงจร อนุกรม R-L-C อิมพีแดนซ์รวมจะขึ้นอยู่กับค่าของ X_C (เฟส ลบ 90 องศา) หรือ X_L (เฟส บวก 90 องศา) ค่าใดมีมากกว่า

ถ้า X_L มากกว่า X_C เฟสของอิมพีแดนซ์รวม จะอยู่ระหว่าง จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 90 องศา

ถ้า X_C มากกว่า X_L เฟสของอิมพีแดนซ์รวม จะอยู่ระหว่าง จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 270 องศา

ถ้าวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ อิมพีแดนซ์รวมของวงจรจะมีเฉพาะค่ารีซิสแตนซ์ ที่ 0 องศา

แบบฝึกหัด

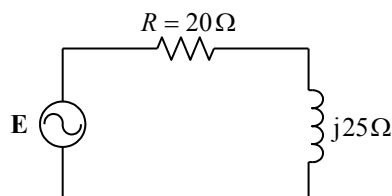
หน่วยที่ 9 วงจรอนุกรม R - L - C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

1. จากวงจรในรูปที่ 9.17 ถ้า $E = 100 \angle 60^\circ \text{ V}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวม ในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_L

ตอบ (1) $32.01 \angle 1.34^\circ \Omega$ (3) $3.12 \angle 8.66^\circ \text{ A}$

(4) $V_R = 62.4 \angle 8.66^\circ \text{ V}$, $V_L = 78 \angle 98.66^\circ \text{ V}$



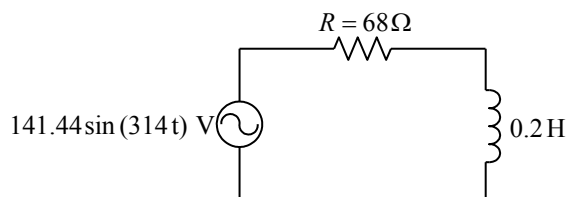
รูปที่ 9.17 วงจรอนุกรม R - L สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 1

2. จากวงจรในรูปที่ 9.18 ถ้า $e = 141.44 \sin(314t) \text{ V}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวม ในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_L

ตอบ (1) $92.56 \angle 42.72^\circ \Omega$ (3) $1.08 \angle -42.72^\circ \text{ A}$

(4) $V_R = 73.46 \angle -42.72^\circ \text{ V}$, $V_L = 67.82 \angle 47.28^\circ \text{ V}$



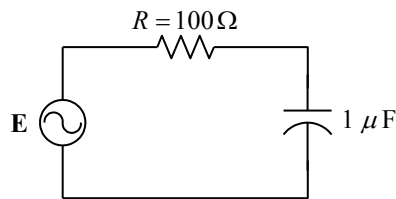
รูปที่ 9.18 วงจรอนุกรม R - L สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 2

3. จากวงจรในรูปที่ 9.19 ถ้า $E = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$, $1,000 \text{ Hz}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว
- (2) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (3) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C

ตอบ (1) $187.96 \angle -57.86^\circ \Omega$ (3) $0.532 \angle 57.86^\circ \text{ A}$

(2) $V_R = 53.2 \angle 53.86^\circ \text{ V}$, $V_C = 84.66 \angle -32.14^\circ \text{ V}$



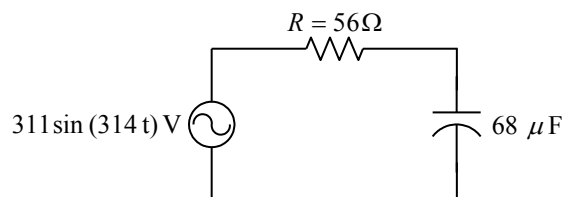
รูปที่ 9.19 วงจรอนุกรม R-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 3

4. จากวงจรในรูปที่ 9.20 ถ้า $e = 311 \sin(314t) \text{ V}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C

ตอบ (1) $73 \angle -39.9^\circ \Omega$ (3) $3.01 \angle 39.9^\circ \text{ A}$

(4) $V_R = 168.56 \angle 39.9^\circ \text{ V}$, $V_C = 140.95 \angle -50.1^\circ \text{ V}$



รูปที่ 9.20 วงจรอนุกรม R-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 4

5. จากวงจรในรูปที่ 9.21 ถ้า $E = 30 \angle 0^\circ \text{ V}$ จงหาค่า

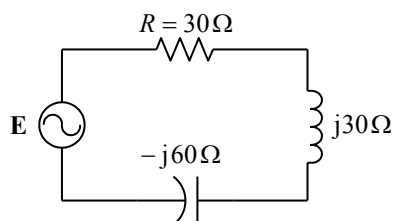
- (1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L

ตอบ (1) $42.42 / -45^\circ \Omega$ (3) $0.707 / 45^\circ A$

(4) $V_R = 21.22 / 45^\circ V$, $V_L = 21.22 / 135^\circ V$, $V_C = 42.43 / -45^\circ V$



รูปที่ 9.21 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 5

6. จากวงจรในรูปที่ 9.22 ถ้า $e = 170 \sin(1,000t) V$ จงหาค่า

(1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว

(2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม

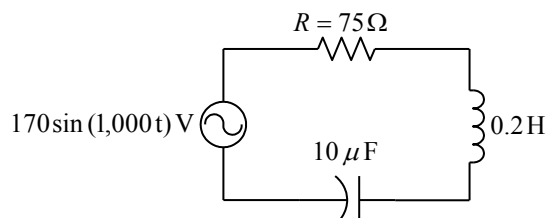
(3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L

ตอบ (1) $125 / 53.13^\circ \Omega$ (3) $0.96 / -53.13^\circ A$

(4) $V_R = 72 / -53.13^\circ V$, $V_L = 192 / 36.87^\circ V$, $V_C = 96 / -143.13^\circ V$



รูปที่ 9.22 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 6

7. จากวงจรในรูปที่ 9.23 ถ้า $E = 220 V$ 50Hz จงหาค่า

(1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว

(2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม

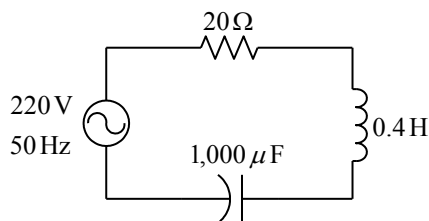
(3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L

ตอบ (1) $20 / 0^\circ \Omega$ (3) $11 / 0^\circ A$

(4) $V_R = 220 / 0^\circ V$, $V_L = 220 / 90^\circ V$, $V_C = 220 / -90^\circ V$

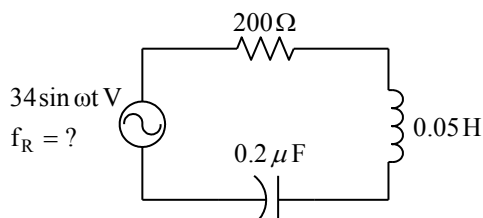


รูปที่ 9.23 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 7

8. จากวงจรในรูปที่ 9.24 เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์จงหาค่า

- (1) ความถี่ (f_R)
- (2) ค่า X_L และ X_C
- (3) อิมพีแดนซ์รวมของวงจร
- (4) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (5) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (6) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L และ I

ตอบ (1) $f_R = 1,592.35 \text{ Hz}$ (2) $X_L = 500 \Omega$, $X_C = 500 \Omega$ (3) $Z_T = 200 \angle 0^\circ \Omega$
 (4) $0.12 \angle 0^\circ \text{ A}$ (5) $V_R = 24 \angle 0^\circ \text{ V}$, $V_L = 60 \angle 90^\circ \text{ V}$, $V_C = 60 \angle -90^\circ \text{ V}$

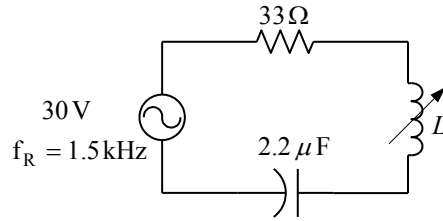


รูปที่ 9.24 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 8

9. จากวงจรในรูปที่ 9.25 ถ้าวงจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 1.5 kHz จงหาค่า

- (1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์
- (2) ค่า X_L , X_C และ อิมพีแดนซ์รวมของวงจร
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L

ตอบ (1) $C = 2.113 \mu\text{F}$ (2) $X_L = X_C = 7.54 \Omega$, $Z_T = 24 \angle 0^\circ \Omega$ (3) $1.25 \angle 0^\circ \text{ A}$
 (4) $V_R = 30 \angle 0^\circ \text{ V}$, $V_L = 9.42 \angle 90^\circ \text{ V}$, $V_C = 9.42 \angle -90^\circ \text{ V}$



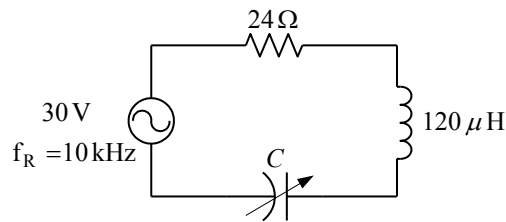
รูปที่ 9.25 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 9

10. จากวงจรในรูปที่ 9.26 ถ้าวจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 10 kHz จงหาค่า

- (1) ค่า C ที่ทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์
- (2) ค่า X_L , X_C และ อิมพีแดนซ์รวมของวงจร
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L

ตอบ (1) $L = 5.122 \text{ mH}$ (2) $X_L = X_C = 48.25 \Omega$, $Z_T = 33 \angle 0^\circ \Omega$ (3) $0.91 \angle 0^\circ \text{ A}$

(4) $V_R = 30 \angle 0^\circ \text{ V}$, $V_L = 43.91 \angle 90^\circ \text{ V}$, $V_C = 43.91 \angle -90^\circ \text{ V}$



รูปที่ 9.26 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 10

แบบทดสอบหลังเรียน

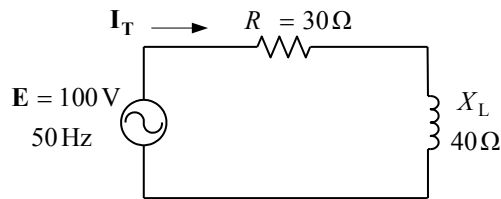
หน่วยที่ 9 วงจรอนุกรม R - L - C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เฟสเซอร์แรงดันและกระแส ของตัวเหนี่ยวนำในไฟฟ้ากระแสสลับ คือ ข้อใด

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| ก. แรงดันล้าหลังกระแส 90° | ข. แรงดันนำหน้ากระแส 90° |
| ค. แรงดันและกระแสอินเฟสกัน | ง. กระแสนำหน้าแรงดัน 90° |

จากรูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถามข้อ 2 - 4



รูปที่ 1 วงจรอนุกรม R-L

2. Z_T ในวงจรรูปที่ 1 มีค่าเท่าใด

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ก. $50 / -53.13^\circ \Omega$ | ข. $50 / -36.87^\circ \Omega$ |
| ค. $50 / 53.13^\circ \Omega$ | ง. $50 / 36.87^\circ \Omega$ |

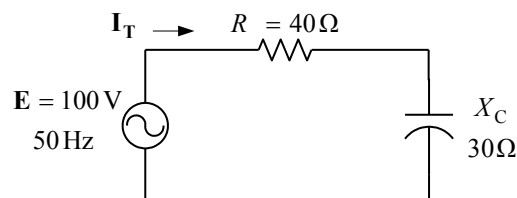
3. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร I_T มีค่าเท่าใด

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ก. $2 / -53.13^\circ \text{ A}$ | ข. $2 / -36.87^\circ \text{ A}$ |
| ค. $2 / 53.13^\circ \text{ A}$ | ง. $2 / 36.87^\circ \text{ A}$ |

4. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ V_L มีค่าเท่าใด

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| ก. $80 / 53.13^\circ \text{ V}$ | ข. $80 / -53.13^\circ \text{ V}$ |
| ค. $80 / 36.87^\circ \text{ V}$ | ง. $80 / -36.87^\circ \text{ V}$ |

จากรูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถามข้อ 5 - 7



รูปที่ 2 วงจรอนุกรม R-C

5. Z_T ในวงจรรูปที่ 2 มีค่าเท่าใด

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ก. $50 / -36.87^\circ \Omega$ | ข. $50 / -53.13^\circ \Omega$ |
| ค. $50 / 36.87^\circ \Omega$ | ง. $50 / 53.13^\circ \Omega$ |

6. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร I_T มีค่าเท่าใด

ก. $2/\underline{-36.87^\circ}$ A

ข. $2/\underline{36.87^\circ}$ A

ค. $2/\underline{-53.13^\circ}$ A

ง. $2/\underline{53.13^\circ}$ A

7. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ V_C มีค่าเท่าใด

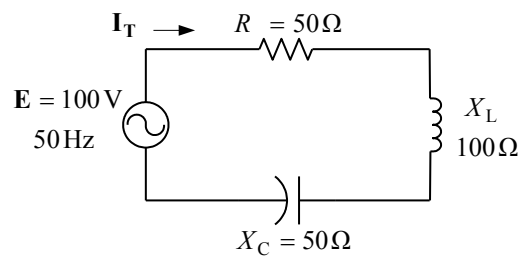
ก. $60/\underline{36.87^\circ}$ V

ข. $60/\underline{-36.87^\circ}$ V

ค. $60/\underline{-53.13^\circ}$ V

ง. $60/\underline{53.13^\circ}$ V

จากรูปที่ 3 ใช้สำหรับคำถามข้อ 8-9



รูปที่ 3 วงจรอนุกรม R-L-C

8. Z_T ในวงจรรูปที่ 3 มีค่าเท่าใด

ก. $70.7/\underline{-135^\circ}$ Ω

ข. $70.7/\underline{135^\circ}$ Ω

ค. $70.7/\underline{45^\circ}$ Ω

ง. $70.7/\underline{-45^\circ}$ Ω

9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร I_T มีค่าเท่าใด

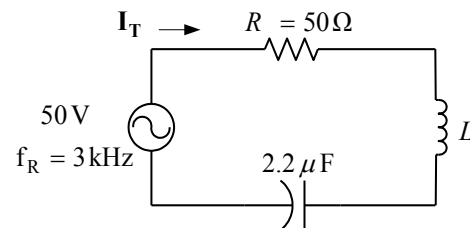
ก. $1.41/\underline{-45^\circ}$ A

ข. $1.41/\underline{45^\circ}$ A

ค. $1.41/\underline{135^\circ}$ A

ง. $1.41/\underline{-135^\circ}$ A

จากรูปที่ 4 ใช้สำหรับคำถามข้อ 10



รูปที่ 4 วงจรอนุกรม R-L-C

10. ค่า L ที่ทำให้วงจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 3 kHz มีค่าเท่าใด

ก. 0.128 mH

ข. 128 mH

ค. 1.28 mH

ง. 12.8 mH

เอกสารอ้างอิง

- พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. (2546). **วงจรไฟฟ้า 2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพะ.
 มงคล ทองสงคราม. (2540). **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า 2**. กรุงเทพฯ : หจก. วิ.เจ.พรินติ้ง.
 ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2554). **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 3**. กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989)
 จำกัด
 สุภาภรณ์ แก้วศักดิ์. (2548). **อิเล็กทรอนิกส์ 1**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
 รามคำแหง.
 อุดลย์ กัลยาแก้ว , ประพันธ์ พิพัฒน์สุข. (2546). **วงจรไฟฟ้า 2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริม
 อาชีพะ.

- Benjamin Zeines. **Electric circuit analysis.**, Bombay. Reston Publishing Co. INC. 1979.
 Charles K. Alexander Matthew N.O. Sadiku. **Fundamentals of Electric Circuits**. Second
 Edition Singapore. McGraw-Hill. 2004.
 David E. Johnson , Johnny R. Johnson , John L. Hilburn. **Electric circuit analysis**. (2 rd . Ed.) ,
 Simon & Schuster Asia Pte Ltd., Singapore. Prentice-Hall International , Inc . 1996.
 Thomas L. Floyd. **Principles of Electric Circuits Conventional Current** Version. 7th. Ed. New
 Jersey. Prentice-Hall. 2003.
 William H. Hayt ,JR. Jack E. Kemmerly. **Engineering Circuit Analysis**. (5 th Ed.) Singapore.
 McGraw-Hill. 1993.

ภาคผนวก

- เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- เฉลยแบบฝึกหัดท้ายหน่วย

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

1. ก	2. ข	3. ง	4. ค	5. ง	6. ก	7. ค
8. ข	9. ง	10. ข	11. ค	12. ข	13. ก	14. ค

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

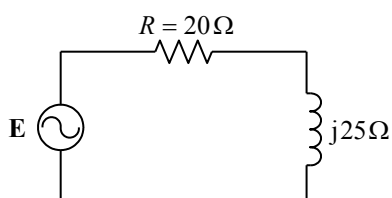
1. ข	2. ค	3. ก	4. ง	5. ก	6. ข	7. ง
8. ค	9. ก	10. ค	11. ง	12. ค	13. ข	14. ง

เฉลยแบบฝึกหัด

หน่วยที่ 9 วงจรอนุกรม R - L - C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

1. จากวงจรในรูปที่ 9.17 ถ้า $E = 100 \angle 60^\circ \text{ V}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวม ในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_L



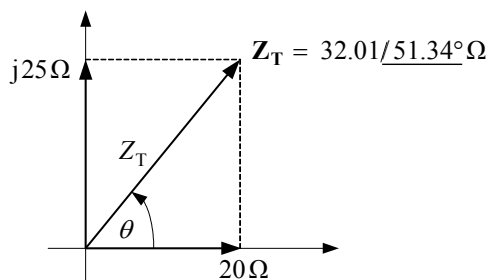
รูปที่ 9.17 วงจรอนุกรม R - L สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 1

(1) อิมพีแดนซ์รวม ในรูปเชิงขั้ว

$$Z_T = R + jX_L = (20 + j25) \Omega = 32.01 \angle 51.34^\circ \Omega$$

.....**ตอบ**

(2) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ อิมพีแดนซ์



(3) กระแสไฟฟ้า $I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{100 \angle 60^\circ \text{ V}}{32.01 \angle 51.34^\circ \Omega} = 3.12 \angle 8.66^\circ \text{ A}$

.....**ตอบ**

(4) แรงดันไฟฟ้า V_R , V_L

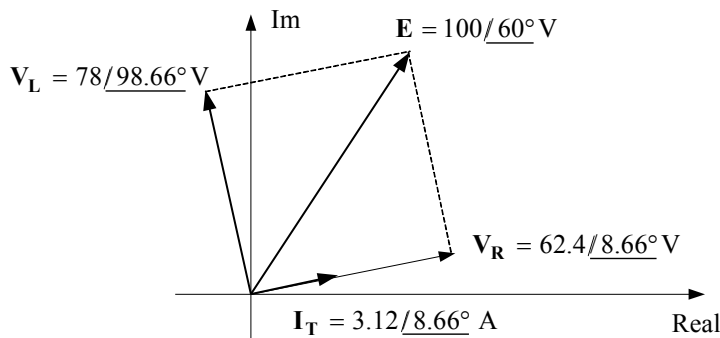
$$V_R = I_T R = (3.12 \angle 8.66^\circ \text{ A})(20 \angle 0^\circ \Omega) = 62.4 \angle 8.66^\circ \text{ V}$$

.....**ตอบ**

$$V_L = I_T X_L = (3.12 \angle 8.66^\circ \text{ A})(25 \angle 90^\circ \Omega) = 78 \angle 98.66^\circ \text{ V}$$

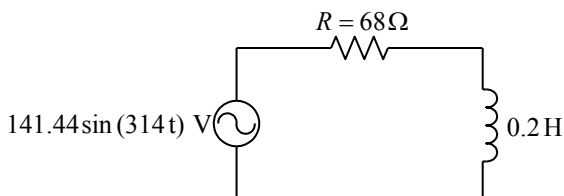
.....**ตอบ**

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_L



2. จากวงจรในรูปที่ 9.18 ถ้า $e = 141.44 \sin(314t) \text{ V}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวม ในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_L



รูปที่ 9.18 วงจรอนุกรม R-L สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 2

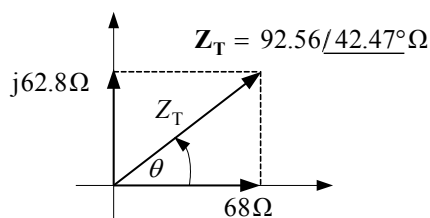
(1) อิมพีแดนซ์รวม ในรูปเชิงขั้ว

$$X_L = \omega L = (314)(0.2 \text{ H}) = 62.8 \Omega$$

$$Z_T = R + jX_L = (68 + j62.8) \Omega = 92.56 / 42.72^\circ \Omega$$

.....ตอบ

(2) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม



(3) กระแสไฟฟ้า
$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{100 / 0^\circ \text{ V}}{92.56 / 42.72^\circ \Omega} = 1.08 / -42.72^\circ \text{ A}$$

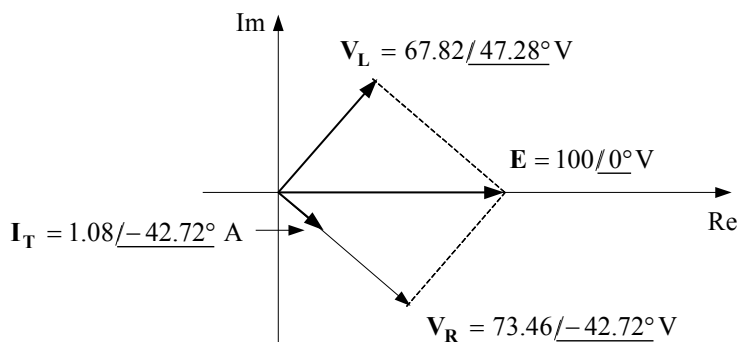
.....ตอบ

(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

$$V_R = I_T R = (1.08 \angle -42.72^\circ \text{ V})(68 \angle 0^\circ \Omega) = 73.46 \angle -42.72^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

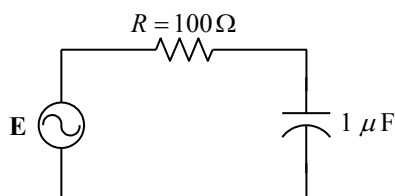
$$V_L = I_T X_L = (1.08 \angle -42.72^\circ \text{ V})(62.8 \angle 90^\circ \Omega) = 67.82 \angle 47.28^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_L



3. จากวงจรในรูปที่ 9.19 ถ้า $E = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$, $1,000 \text{ Hz}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว
- (2) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (3) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C



รูปที่ 9.19 วงจรอนุกรม R-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 3

(1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{(6.28)(1 \times 10^3 \text{ Hz})(1 \times 10^{-6} \text{ F})} = 159.15 \Omega$$

$$Z_T = R - jX_C = (100 - j159.15) \Omega = 187.96 \angle -57.86^\circ \Omega \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(2) กระแสไฟฟ้า I_T ;

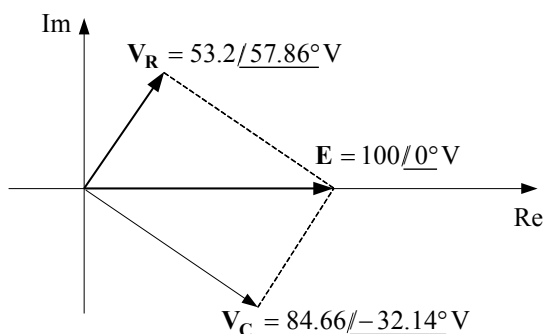
$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{100 \angle 0^\circ \text{ V}}{187.96 \angle -57.86^\circ \Omega} = 0.532 \angle 57.86^\circ \text{ A} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(3) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

$$V_R = I_T R = (0.532/57.86^\circ \text{ A})(100/0^\circ \Omega) = 53.2/57.86^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

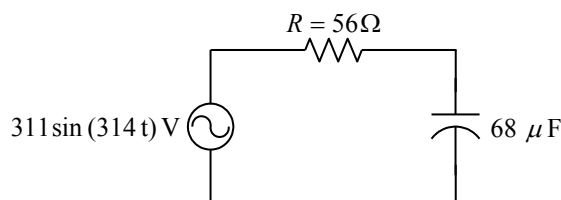
$$V_C = I_T X_C = (0.532/57.86^\circ \text{ A})(159.15/-90^\circ \Omega) = 84.66/-32.14^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

(4) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C



4. จากวงจรในรูปที่ 9.20 ถ้า $e = 311 \sin(314t) \text{ V}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C



รูปที่ 9.20 วงจรอนุกรม R-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 4

แปลง $e = 311 \sin(314t) \text{ V}$ ให้อยู่ในรูปเฟสเซอร์

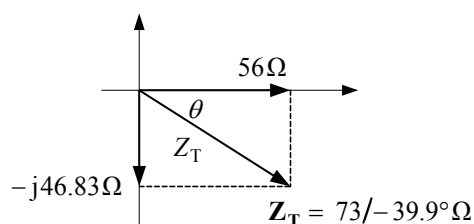
$$E = (0.707)(311 \text{ V}) = 220/0^\circ \text{ V}$$

(1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(314)(68 \times 10^{-6} \text{ F})} = 46.83 \Omega$$

$$Z_T = R - jX_C = (56 - j46.83) \Omega = 73/-39.9^\circ \Omega \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

(2) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม



(3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{220 \angle 0^\circ \text{ V}}{73 \angle -39.9^\circ \Omega} = 3.01 \angle 39.9^\circ \text{ A}$$

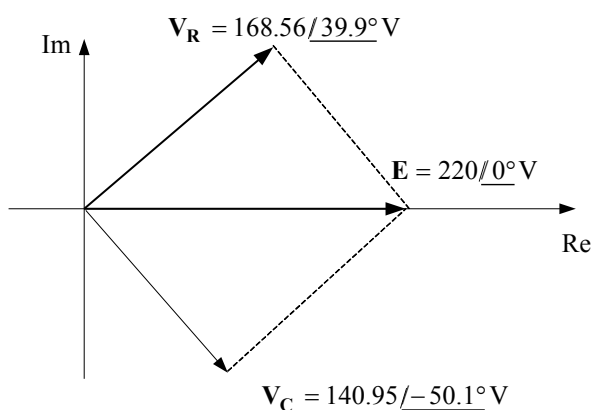
.....ตอบ

(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว V_R , V_L

$$V_R = I_T R = (3.01 \angle 39.9^\circ \text{ A})(56 \angle 0^\circ \Omega) = 168.56 \angle 39.9^\circ \text{ V}$$

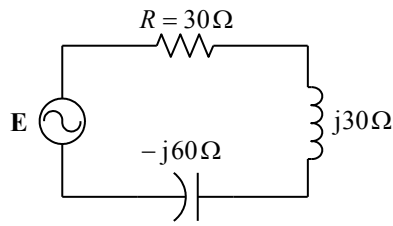
$$V_C = I_T X_C = (3.01 \angle 39.9^\circ \text{ A})(46.83 \angle -90^\circ \Omega) = 140.95 \angle -51.1^\circ \text{ V}$$

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C



5. จากวงจรในรูปที่ 9.21 ถ้า $E = 30 \angle 0^\circ \text{ V}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L



รูปที่ 9.21 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 5

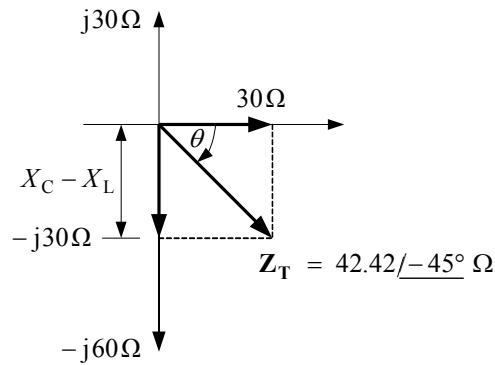
(1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว

$$Z_T = R + j(|X_L| - |X_C|) = 30 \Omega + j(30 - 60) \Omega = (30 - j30) \Omega$$

$$\therefore Z_T = 42.42 \angle -45^\circ \Omega$$

.....ตอบ

(2) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม



(3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{30 \angle 0^\circ \text{ V}}{42.42 \angle -45^\circ \Omega} = 0.707 \angle 45^\circ \text{ A}$$

.....ตอบ

(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

$$V_R = I_T R = (0.707 \angle 45^\circ \text{ A})(30 \angle 0^\circ \Omega) = 21.22 \angle 45^\circ \text{ V}$$

.....ตอบ

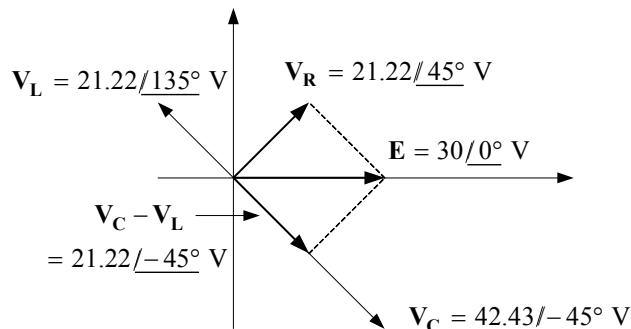
$$V_L = I_T X_L = (0.707 \angle 45^\circ \text{ A})(30 \angle 90^\circ \Omega) = 21.22 \angle 135^\circ \text{ V}$$

.....ตอบ

$$V_C = I_T X_C = (0.707 \angle 45^\circ \text{ A})(60 \angle -90^\circ \Omega) = 42.43 \angle -45^\circ \text{ V}$$

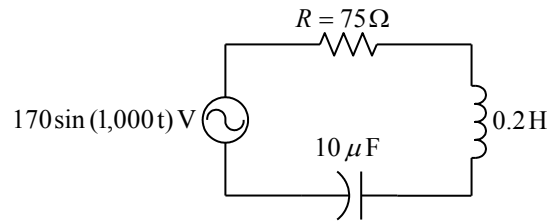
.....ตอบ

(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_C, V_L



6. จากวงจรในรูปที่ 9.22 ถ้า $e = 170 \sin(1,000t) \text{ V}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_C, V_L



รูปที่ 9.22 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 6

(1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว

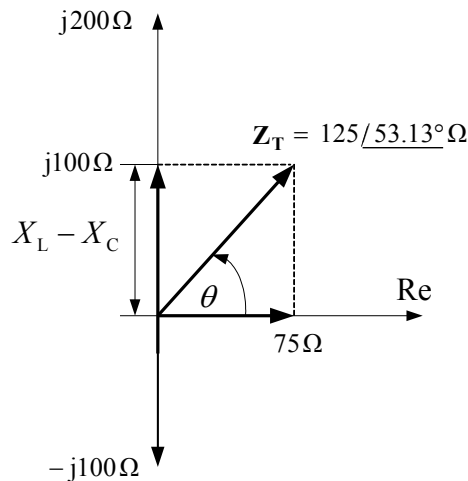
$$X_L = \omega L = (1,000)(0.2 \text{ H}) = 200 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(1,000)(10 \times 10^{-6} \text{ F})} = 100 \Omega$$

$$Z_T = R + j(|X_L| - |X_C|) = (75 + j100) \Omega = 125 / 53.13^\circ \Omega$$

.....ตอบ

(2) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม



(3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

แปลง $e = 170 \sin(1,000t) \text{ V}$ ให้อยู่ในรูปเฟสเซอร์ $E = (0.707)(170 \text{ V}) = 120 / 0^\circ \text{ V}$

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{120 / 0^\circ \text{ V}}{125 / 53.13^\circ \Omega} = 0.96 / -53.13^\circ \text{ A}$$

.....ตอบ

(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

$$V_R = I_T R = (0.96 / -53.13^\circ \text{ A})(75 / 0^\circ \Omega) = 72 / -53.13^\circ \text{ V}$$

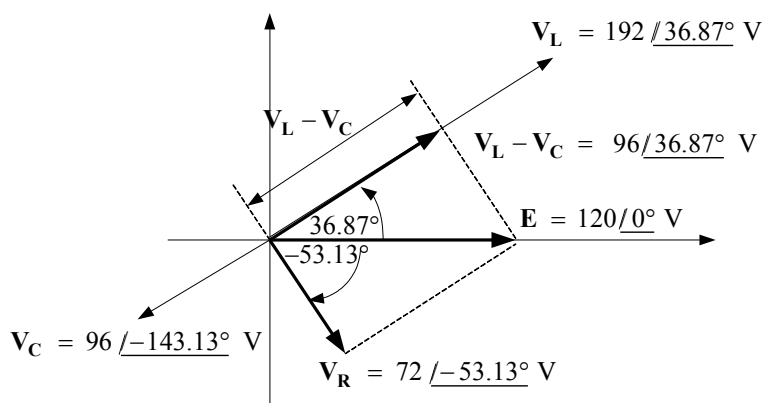
.....ตอบ

$$V_L = I_T X_L = (0.96 / -53.13^\circ \text{ A})(200 / 90^\circ \Omega) = 192 / 36.87^\circ \text{ V}$$

.....ตอบ

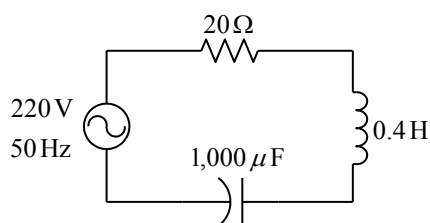
$$V_C = I_T X_C = (0.96 / -53.13^\circ \text{ A})(100 / -90^\circ \Omega) = 96 / -143.13^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_C, V_L



7. จากวงจรในรูปที่ 9.23 ถ้า $E = 220 \text{ V } 50\text{Hz}$ จงหาค่า

- (1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว
- (2) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_C, V_L



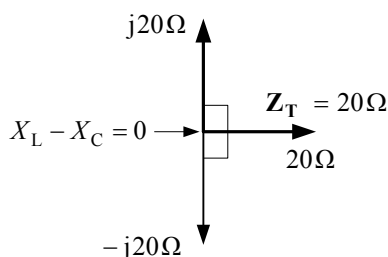
รูปที่ 9.23 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 7

(1) อิมพีแดนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว

$$X_L = \omega L = (50)(0.4\text{H}) = 20 \Omega \quad \text{และ} \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(50)(1,000 \times 10^{-6} \text{ F})} = 20 \Omega$$

$$Z_T = R + j(|X_L| - |X_C|) = (20 + j0) \Omega = 20 / 0^\circ \Omega \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(2) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของอิมพีแดนซ์รวม



(3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{220/0^\circ \text{ V}}{20/0^\circ \Omega} = 11/0^\circ \text{ A} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

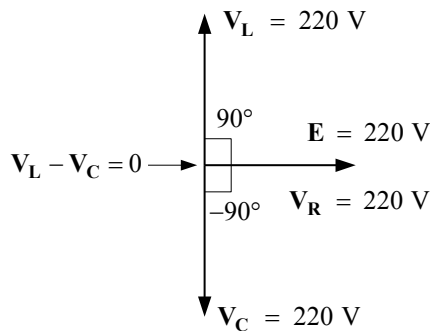
(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

$$V_R = I_T R = (11/0^\circ \text{ A})(20/0^\circ \Omega) = 220 /0^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

$$V_L = I_T X_L = (11/0^\circ \text{ A})(20 /90^\circ \Omega) = 220 /90^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

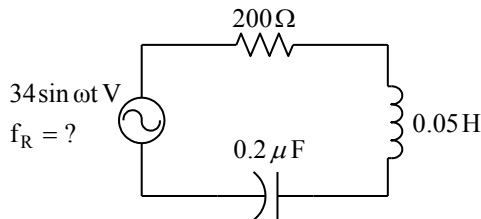
$$V_C = I_T X_C = (11/0^\circ \text{ A})(20 /-90^\circ \Omega) = 220 /-90^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_C, V_L



8. จากวงจรในรูปที่ 9.24 เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์จงหาค่า

- (1) ความถี่ (f_R)
- (2) ค่า X_L และ X_C
- (3) อิมพีแดนซ์รวมของวงจร
- (4) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (5) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (6) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E, V_R, V_C, V_L และ I



รูปที่ 9.24 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 8

(1) ความถี่ (f_R) จากสมการ $f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$$f_R = \frac{1}{(6.28)\sqrt{(0.05 \text{ H})(0.2 \times 10^{-6} \text{ F})}} = 1,592.35 \text{ Hz} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

(2) ค่า X_L และ X_C :

$$X_L = 2\pi f_R L = (6.28)(1,592.35 \text{ Hz})(0.05 \text{ H}) = 500 \Omega \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_R C} = \frac{1}{(6.28)(1,592.35 \text{ Hz})(0.2 \times 10^{-6} \text{ F})} = 500 \Omega \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(3) อิมพีแดนซ์รวมของวงจร จากสมการ $Z_T = R + jX_L - jX_C$

$$Z_T = 200 \Omega + j500 \Omega - j500 \Omega = (200 + j0) \Omega = 200 / 0^\circ \Omega \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(4) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร : $E = (0.707)(34 \text{ V}) = 24 / 0^\circ \text{ V}$

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{24 / 0^\circ \text{ V}}{200 / 0^\circ \Omega} = 0.12 / 0^\circ \text{ A} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

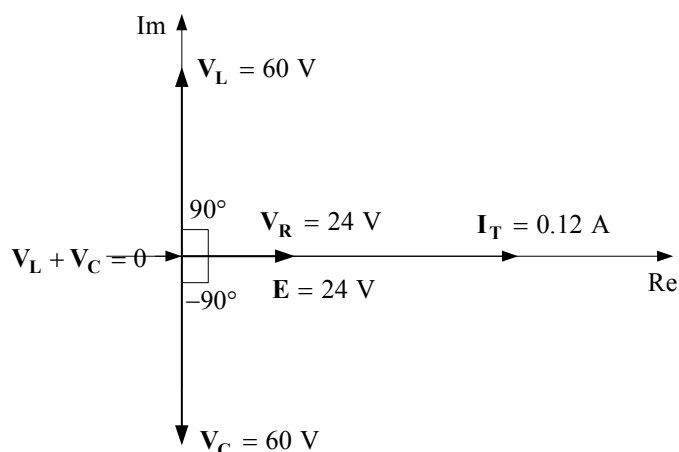
(5) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

$$V_R = I_T R = (0.12 / 0^\circ \text{ A})(200 / 0^\circ \Omega) = 24 / 0^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$V_C = I_T X_C = (0.12 / 0^\circ \text{ A})(500 / -90^\circ \Omega) = 60 / -90^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

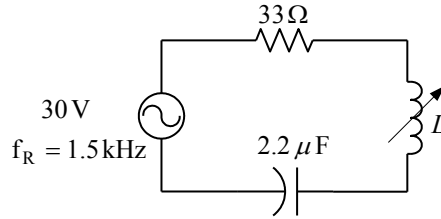
$$V_L = I_T X_L = (0.12 / 0^\circ \text{ A})(500 / 90^\circ \Omega) = 60 / 90^\circ \text{ V} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(6) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L และ I



9. จากวงจรในรูปที่ 9.25 ถ้าวางจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 1.5 kHz จงหาค่า

- (1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์
- (2) ค่า X_L , X_C และ อิมพีแดนซ์รวมของวงจร
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L



รูปที่ 9.25 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 9

(1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ จากสมการที่ 9.8: $L = \frac{1}{4\pi^2 f_R^2 C}$

$$L = \frac{1}{4(3.14)^2(1,500)^2(2.2 \times 10^{-6})} = \frac{1}{(39.44)(1.5 \times 10^3)^2(2.2 \times 10^{-6})} = 5.122 \text{mH} \dots \text{ตอบ}$$

(2) ค่า X_L , X_C และ อิมพีแดนซ์รวมของวงจร

$$X_L = 2\pi f_R L = (6.28)(1,500 \text{Hz})(5.122 \times 10^{-3} \text{H}) = 48.25 \Omega \dots \text{ตอบ}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_R C} = \frac{1}{(6.28)(1,500 \text{Hz})(2.2 \times 10^{-6} \text{F})} = 48.25 \Omega \dots \text{ตอบ}$$

จากสมการ $Z_T = R + jX_L - jX_C$

$$Z_T = 33 \Omega + j48.25 \Omega - j48.25 \Omega = (33 + j0) \Omega = 33 / 0^\circ \Omega \dots \text{ตอบ}$$

(3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{30 / 0^\circ \text{V}}{33 / 0^\circ \Omega} = 0.91 / 0^\circ \text{A} \dots \text{ตอบ}$$

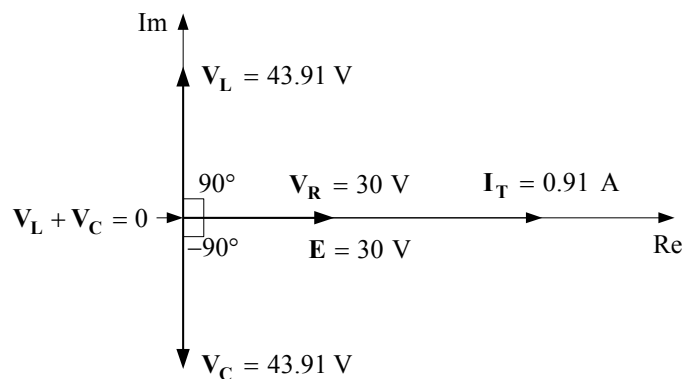
(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

$$V_R = I_T R = (0.91 / 0^\circ \text{A})(33 / 0^\circ \Omega) = 30 / 0^\circ \text{V} \dots \text{ตอบ}$$

$$V_C = I_T X_C = (0.91 / 0^\circ \text{A})(48.25 / -90^\circ \Omega) = 43.91 / -90^\circ \text{V} \dots \text{ตอบ}$$

$$V_L = I_T X_L = (0.91 / 0^\circ \text{A})(48.25 / 90^\circ \Omega) = 43.91 / 90^\circ \text{V} \dots \text{ตอบ}$$

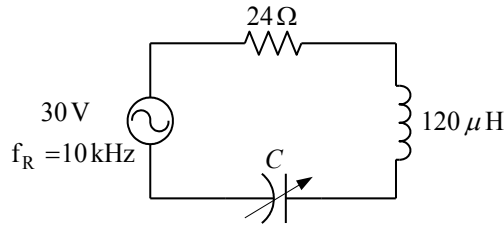
(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L



10. จากวงจรในรูปที่ 9.26 ถ้าวางจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ ที่ 10 kHz จงหาค่า

(1) ค่า C ที่ทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์

- (2) ค่า X_L , X_C และ อิมพีแดนซ์รวมของวงจร
- (3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
- (4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว
- (5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L



รูปที่ 9.26 วงจรอนุกรม R-L-C สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 10

(1) ค่า C ที่ทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ จากสมการที่ 9.7 $C = \frac{1}{4\pi^2 f_R^2 L}$

$$C = \frac{1}{4(3.14)^2 (10 \times 10^3 \text{ Hz})^2 (120 \times 10^{-3} \text{ H})} = \frac{1}{(39.44 \times 10^2 \times 120)} = 2.112 \times 10^{-6} \text{ F} \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(2) ค่า X_L , X_C และ อิมพีแดนซ์รวมของวงจร

$$X_L = 2\pi f_R L = (6.28)(10,000 \text{ Hz})(120 \times 10^{-6} \text{ H}) = 7.54 \Omega \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_R C} = \frac{1}{(6.28)(10,000 \text{ Hz})(2.112 \times 10^{-6} \text{ F})} = 7.54 \Omega \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

จากสมการ $Z_T = R + jX_L - jX_C$

$$Z_T = 24 \Omega + j7.54 \Omega - j7.54 \Omega = (24 + j0) \Omega = 24 / 0^\circ \Omega \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$I_T = \frac{E}{Z_T} = \frac{30 / 0^\circ \text{ V}}{24 / 0^\circ \Omega} = 1.25 / 0^\circ \text{ A} \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(4) แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

$$V_R = I_T R = (1.25 / 0^\circ \text{ A})(24 / 0^\circ \Omega) = 30 / 0^\circ \text{ V} \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$V_C = I_T X_C = (1.25 / 0^\circ \text{ A})(7.54 / -90^\circ \Omega) = 9.42 / -90^\circ \text{ V} \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$V_L = I_T X_L = (1.25 / 0^\circ \text{ A})(7.54 / 90^\circ \Omega) = 9.42 / 90^\circ \text{ V} \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E , V_R , V_C , V_L

