แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยที่ 10 วงจรขนาน R-L-C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

จงเลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดไม่ถูกต้อง

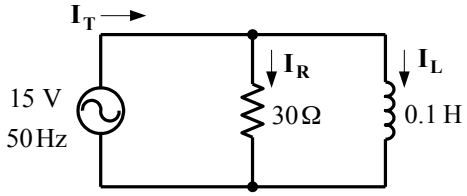
ก. $\mathbf{B_L} = \dfrac{1}{\mathrm{j}X_\mathrm{L}} = \dfrac{1}{X_\mathrm{L}}\underline{/90^\circ}$ S

ข. $\mathbf{B_C} = \dfrac{1}{-\mathrm{j}X_\mathrm{C}} = \dfrac{1}{X_\mathrm{C}}\underline{/90^\circ}$ S

ค. $\mathbf{G} = \dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R}\underline{/0^\circ}$ S

ง. ถูกทุกข้อ

จงวิเคราะห์วงจรในรูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถาม ข้อ 2-4



รูปที่ 1 วงจรขนาน R – L สำหรับคำถาม ข้อ 2-4

2. แอดมิตแตนซ์รวม มีค่าเท่าใด

ก. $46.69\underline{/-43.69^\circ}$ S

ข. $46.69\underline{/43.69^\circ}$ mS

ค. $46.69\underline{/-43.69^\circ}$ mS

ง. $46.69\underline{/43.69^\circ}$ S

3. กระแสไฟฟ้ารวม มีค่าเท่าใด

ก. $0.7\underline{/43.69^\circ}$ A

ข. $0.7\underline{/-43.69^\circ}$ A

ค. $70\underline{/43.69^\circ}$ mA

ง. $70\underline{/-43.69^\circ}$ mA

4. กระแสไฟฟ้า $\mathbf{I_L}$ มีค่าเท่าใด

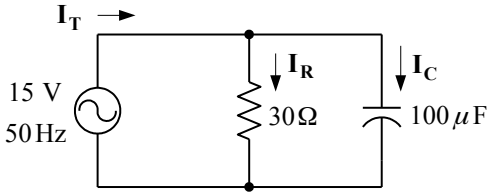
ก. $47\underline{/90^\circ}$ mA

ข. $477\underline{/90^\circ}$ mA

ค. $47\underline{/-90^\circ}$ mA

ง. $477\underline{/-90^\circ}$ mA

จงวิเคราะห์วงจรในรูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถาม ข้อ 5-7



รูปที่ 2 วงจรขนาน R – C สำหรับคำถาม ข้อ 5-7

5. แอดมิตแตนซ์รวม มีค่าเท่าใด

ก. $45.79\underline{/-43.29^\circ}$ S

ข. $45.79\underline{/-43.29^\circ}$ mS

ค. $45.79\underline{/43.29^\circ}$ mS

ง. $45.79\underline{/43.29^\circ}$ S

6. กระแสไฟฟ้ารวม มีค่าเท่าใด

ก. $649\angle 43.29°$ mA ข. $649\angle -43.29°$ mA

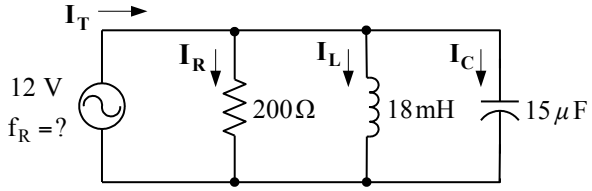
ค. $6.49\angle 43.29°$ A ง. $6.49\angle -43.29°$ A

7. กระแสไฟฟ้า $\mathbf{I}_C$ มีค่าเท่าใด

ก. $470\angle -90°$ mA ข. $470\angle 90°$ mA

ค. $47\angle -90°$ mA ง. $47\angle 90°$ mA

จงวิเคราะห์วงจรในรูปที่ 4 ใช้สำหรับคำถาม ข้อ 8 - 10



รูปที่ 4 วงจรขนาน R – L – C สำหรับคำถาม ข้อ 8-10

8. เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ ความถี่ f_R มีค่าเท่าใด

ก. 30.65 Hz ข. 3,065 Hz

ค. 306.5 Hz ง. 3.06 Hz

9. แอดมิตแตนซ์รวม มีค่าเท่าใด

ก. $5\angle 0°$ mS ข. $50\angle 0°$ mS

ค. $28.9\angle -90°$ mS ง. $28.9\angle 90°$ mS

10. กระแสไฟฟ้ารวม มีค่าเท่าใด

ก. $2.5\angle -90°$ A ข. $250\angle 0°$ mA

ค. $250\angle -90°$ mA ง. $250\angle 90°$ mA

หน่วยที่ 10 วงจรขนาน R-L-C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

สาระสำคัญ

วงจรไฟฟ้ากระแสสลับแบบขนาน ประกอบด้วย ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และ ตัวเก็บประจุ ต่อขนานกับแหล่งจ่ายไฟสลับที่เป็นรูปคลื่นไซน์ วงจรขนานในไฟฟ้ากระแสสลับมีคุณสมบัติเหมือนกันกับวงจรขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แรงดันตกคร่อมที่อุปกรณ์แต่ละตัว มีค่าเท่ากัน

ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับแบบขนาน เพื่อให้สะดวกและง่ายขึ้น จะแทนวงจรไฟฟ้ากระแสสลับแบบขนาน ด้วยเฟสเซอร์ แล้วทำการวิเคราะห์หาค่ากระแส และแรงดันในวงจร รวมทั้งค่าแอดมิตแตนซ์รวมในวงจร

เนื้อหาสาระ

10.1 แอดมิตแตนซ์ และ ซัสเซบแตนซ์

10.2 แอดมิตแตนซ์ อิมพีแดนซ์ กระแสและ แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน R – L

10.3 แอดมิตแตนซ์ อิมพีแดนซ์ กระแสและ แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน R – C

10.4 แอดมิตแตนซ์ อิมพีแดนซ์ กระแสและ แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน R – L – C

10.5 สภาวะการเกิดเรโซแนนซ์ในวงจรขนาน R – L – C

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และเข้าใจในเรื่อง :

10.1 แอดมิตแตนซ์ และ ซัสเซบแตนซ์

10.2 วงจรขนาน R – L

10.3 วงจรขนาน R – C

10.4 วงจรขนาน R – L – C

10.5 สภาวะการเกิดเรโซแนนซ์ในวงจรขนาน R – L – C

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หลังจากเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

10.1 อธิบายค่า แอดมิตแตนซ์ และ ซัสเซบแตนซ์ ได้

10.2 วิเคราะห์หา แอดมิตแตนซ์ อิมพีแดนซ์ กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน R – L ได้

10.3 วิเคราะห์หา แอดมิตแตนซ์ อิมพีแดนซ์ กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน R – C ได้

10.4 วิเคราะห์หา แอดมิตแตนซ์ อิมพีแดนซ์ กระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน R– L–Cได้

10.5 วิเคราะห์สภาวะการเกิดเรโซแนนซ์ในวงจรขนาน R – L – C ได้

หน่วยที่ 10 วงจรขนาน R – L – C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

นักเรียนได้ศึกษา คุณสมบัติของ ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และ ตัวเก็บประจุ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับแบบอนุกรม มาในหน่วยที่แล้ว ในหน่วยการเรียนนี้นักเรียนจะได้ศึกษาคุณสมบัติของวงจรขนานในไฟฟ้ากระแสสลับ ทฤษฎีต่างๆ ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงสามารถนำมาใช้กับ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้ สิ่งที่ต่างจากไฟฟ้ากระแสตรง ก็คือ เรื่องของมุมเฟส และความถี่ ทฤษฎีต่างๆ ใช้หลักการเดียวกันเช่น กฎของโอห์ม กฎการแบ่งแรงดันและกระแส ตลอดจนถึง ทฤษฎีโครงข่าย ต่าง ๆ

10.1 แอดมิตแตนซ์ (Admittance : Y) และซัสเซบแตนซ์ (Susceptance : B)

การเขียนสมการในรูปแบบอิมพีแดนซ์ในวงจรขนาน R – L – C ไม่สะดวกและไม่เป็นที่นิยมใช้ในการเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม จึงมักเปลี่ยนค่าอิมพีแดนซ์ ให้อยู่ในรูปแอดมิตแตนซ์ (Y)

$$\mathbf{Y} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{Z}} \qquad \text{.....สมการที่ 10.1}$$

เมื่อ $\mathbf{Y}$ คือ แอดมิตแตนซ์ มีหน่วยเป็น Siemens (S)

จากสมการที่ 10.1 จะพบว่า แอดมิตแตนซ์ ก็คือ ส่วนกลับของอิมพีแดนซ์ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น อิมพีแดนซ์ของวงจร อาจประกอบไปด้วย ค่าความต้านทาน หรือ ค่ารีแอคแตนซ์ หรือ ทั้งสองอย่าง จาก $Z = R + \mathrm{j}X$

จะได้ $Y = G + \mathrm{j}B$ เมื่อ $Y = \frac{1}{Z}$

ดังนั้น $G = \frac{1}{R}$ และ $B = \frac{1}{X}$

โดยที่ $\mathbf{G} = \frac{1}{R\angle 0^\circ} = \frac{1}{R}\angle 0^\circ = \frac{1}{R} + \mathrm{j}0$ .....สมการที่ 10.2

เมื่อ $\mathbf{G}$ คือ คอนดักแตนซ์ มีหน่วยเป็น Siemens (S)

ส่วนกลับของ รีแอคแตนซ์ เรียกว่า ซัสเซบแตนซ์ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{X}} \qquad \text{.....สมการที่ 10.3}$$

เมื่อ $\mathbf{X}$ คือ รีแอคแตนซ์ มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

$\mathbf{B}$ คือ ซัสเซบแตนซ์ มีหน่วยเป็น Siemens (S)

รีแอคแตนซ์ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ มี 2 ชนิด คือ อินดักตีฟรีแอคแตนซ์ $(\mathbf{X_L})$ และ คาปาซิตีฟรีแอคแตนซ์ $(\mathbf{X_C})$ ดังนั้น ซัสเซบแตนซ์ จึงมี 2 ชนิดเช่นกัน คือ

10.1.1 อินดักตีฟซัสเซบแตนซ์ (Inductive susceptance : $\mathbf{B_L}$) เป็นส่วนกลับของ $\mathbf{X_L}$

$$\mathbf{B_L} = \frac{1}{\mathbf{X_L}} = \frac{1}{\omega L\angle 90^\circ}\ \mathrm{S} = \frac{1}{\omega L}\angle -90^\circ\ \mathrm{S} \qquad \text{: Polar From}$$

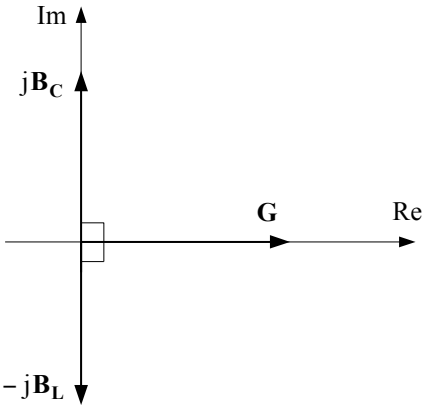
หรือ $\mathbf{B_L} = 0 - \mathrm{j}\left(\frac{1}{\omega L}\right)\mathrm{S}$: Rectangular From

10.1.2 คาปาซิตีฟซัสเซบแตนซ์ (Cacitive susceptance : $\mathbf{B_C}$) เป็นส่วนกลับของ $\mathbf{X_C}$

$$\mathbf{B_C} = \frac{1}{X_C} = \omega C\angle 90^\circ\ \mathrm{S} \qquad \text{: Polar From}$$

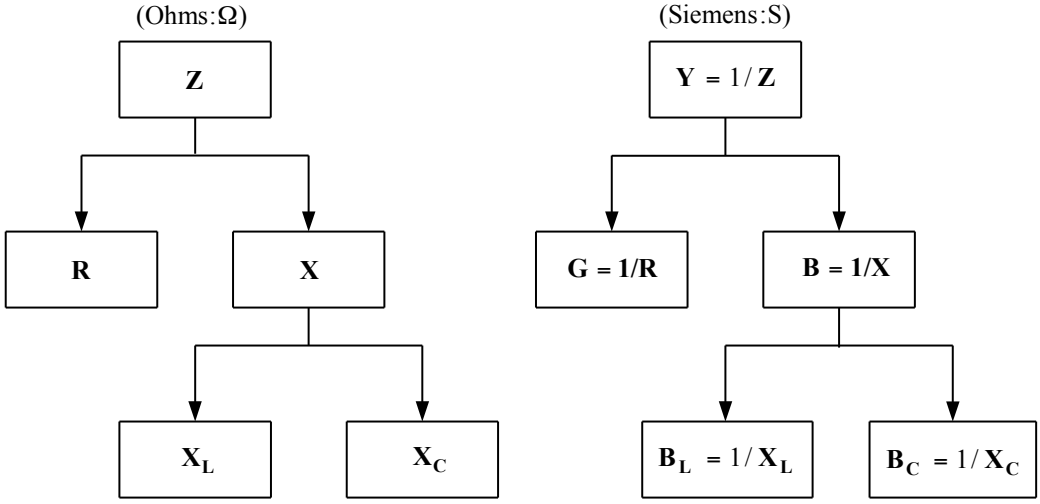
หรือ $\mathbf{B_C} = (0 + j\omega C)\ \text{S}$: Rectangular From

เฟสเซอร์ไดอะแกรมของคอนดักแตนซ์และซัสเซบแตนซ์ แสดงดังรูปที่ 10.1



รูปที่ 10.1 เฟสเซอร์ของคอนดักแตนซ์และซัสเซบแตนซ์

สรุปความสัมพันธ์ของ อิมพีแดนซ์และ แอดมิตแตนซ์ เป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 10.2



รูปที่ 10.2 แผนผังความสัมพันธ์ของอิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์

ตัวอย่างที่ 10.1 จงหาค่า แอดมิตแตนซ์ ของ $\mathbf{Z} = (20 - j25)\ \Omega$ และ เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

วิธีทำ แอดมิตแตนซ์ ของ $(20 - j25)\ \Omega$ ก็คือส่วนกลับของ $(20 - j25)\ \Omega$

จาก $\mathbf{Z} = (20 - j25)\ \Omega$

แปลงให้อยู่ในรูปเชิงขั้ว $\mathbf{Z} = \sqrt{(20)^2 + (-25)^2} \angle \tan^{-1}(-25/20)^\circ\ \Omega$

$\mathbf{Z} = \sqrt{400 + 625} \angle \tan^{-1}(-1.25)^\circ\ \Omega$

$\mathbf{Z} = \sqrt{1025} \angle -51.34^\circ\ \Omega$

$\mathbf{Z} = 32.01 \angle -51.34\ \Omega$

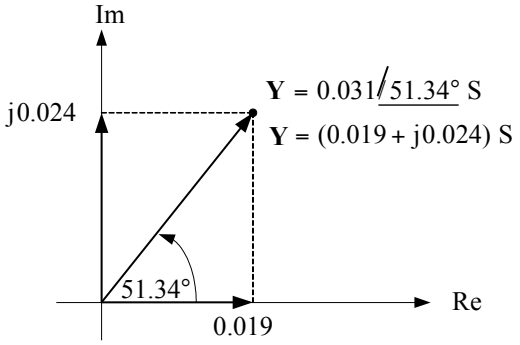
ดังนั้น $\mathbf{Y} = \dfrac{1}{\mathbf{Z}} = \dfrac{1}{32.01 \angle -51.34^\circ} = 0.031 \angle 51.34^\circ\ \text{S}$ .....**ตอบ**

แปลงให้อยู่ในรูปแกนมุมฉาก $\mathbf{Y} = 0.031\cos(51.34°) + j(0.031)\sin(51.34°)$

$\mathbf{Y} = (0.031)(0.623)\text{S} + j(0.031)(0.7808)\text{ S}$

หรือ $\mathbf{Y} = (0.019 + j0.024)\text{ S}$ .....**ตอบ**

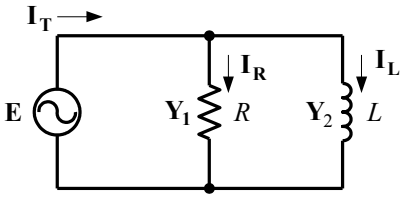
เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของแอดมิตแตนซ์ได้ ดังรูปที่ 10.3



รูปที่ 10.3 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ แอดมิตแตนซ์

10.2 วงจรขนาน R – L

วงจรขนาน R – L ประกอบด้วย ตัวต้านทาน และ ตัวเหนี่ยวนำ ต่อแบบขนาน และต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังแสดงดังรูปที่ 10.4 (ก)



รูปที่ 10.4 (ก) วงจรขนาน R – L

รูปที่ 10.4 (ก) เป็นวงจรขนาน R – L

วิเคราะห์หาความต้านรวมและกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขาได้ดังนี้

จากสมการที่ 10.1 $\mathbf{Y} = \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{Z}}$

ดังนั้น ค่า แอดมิตแตนซ์รวมจะเป็น $\mathbf{Y_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_T}}$ .....สมการที่ 10.4

จากรูปที่ 10.4 (ก) $\mathbf{Y_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_T}} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2}$

$$\mathbf{Y_1} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} = \frac{1}{R\angle 0°\,\Omega} = G\angle 0°\text{ S}$$

และ $$\mathbf{Y_2} = \frac{1}{\mathbf{Z_2}} = \frac{1}{X_L\angle 90°} = B_L\angle -90°\text{ S}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} = (G - jB_L)\text{ S}$

ขนาดและทิศทางมุมของแอดมิตแตนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว หาได้ตามสมการ ดังนี้

ขนาด $Y_T = \sqrt{G^2 + (-B_L)^2}$ .....สมการที่ 10.5(ก)

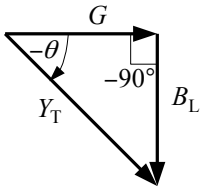
มุม $\theta = \angle \tan^{-1}(-B_L / R)^\circ$ ……..สมการที่ 10.5(ข)

จากหลักการของวงจรขนาน กระแสไฟฟ้ารวม จะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่สาขา รวมกัน

ดังนั้น $\mathbf{I_T} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}}$ หรือ $\mathbf{I_T} = \mathbf{E}\mathbf{Y_T}$ ……..สมการที่ 10.6

จากรูปที่ 10.4 (ก) จะได้ $\mathbf{I_R} = \mathbf{E}\mathbf{Y_1}$ และ $\mathbf{I_L} = \mathbf{E}\mathbf{Y_2}$

แอดมิตแตนซ์รวมของวงจรมีทั้งส่วนที่เป็นคอนดักแตนซ์และซัสเซบแตนซ์ เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ ดังรูปที่ 10.4 (ข)



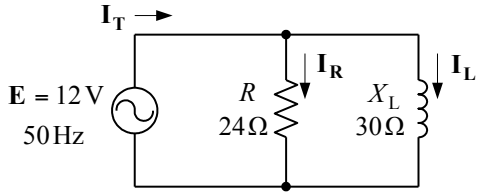
รูปที่ 10.4 (ข) สามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์ของวงจรขนาน R – L

ตัวอย่างที่ 10.2 จากวงจรในรูปที่ 10.5 (ก) ถ้า $\mathbf{E} = 12\text{ V}, 50\text{Hz}$ จงหา

(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และ สามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.5 (ก) วงจรขนาน R – L สำหรับตัวอย่างที่ 10.2

วิธีทำ (1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

จากรูปที่ 10.5 (ก) $\mathbf{Y_T} = \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{Z_1}} + \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{Z_2}} = (G - \text{j}B_L)\text{ S}$

$$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{Z_1}} = \mathbf{G} = \frac{1}{24\angle 0^\circ\,\Omega} = 0.042\angle 0^\circ\text{ S}$$

แปลงให้อยู่ในรูปแกนมุมฉาก $\mathbf{G} = (0.042 + \text{j}0)\text{ S}$

$$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{Z_2}} = \mathbf{B_L} = \frac{1}{30\angle 90^\circ\,\Omega} = 0.033\angle -90^\circ\text{ S}$$

แปลงให้อยู่ในรูปแกนมุมฉาก $\mathbf{B_L} = (0 - \text{j}0.033)\text{ S}$

จาก $\mathbf{Y_T} = (G - \text{j}B_L)\text{ S}$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (0.042 - \text{j}0.033)\text{ S}$; Rectangular

$\mathbf{Y_T} = 0.053\angle -38.15^\circ\text{ S}$; Polar .....**ตอบ**

จะได้ $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{0.053\angle -38.15^\circ\text{ S}} = 18.86\angle 38.15^\circ\,\Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$$\mathbf{I_T} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}} = \frac{12\angle 0^\circ \text{ V}}{18.86\angle 38.15^\circ\ \Omega} = 0.636\angle -38.15^\circ \text{ A} \quad \text{.....ตอบ}$$

หรือ $\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (12\angle 0^\circ \text{ V})(0.053\angle -38.15^\circ \text{ S}) = 0.636\angle -38.15^\circ \text{ A}$

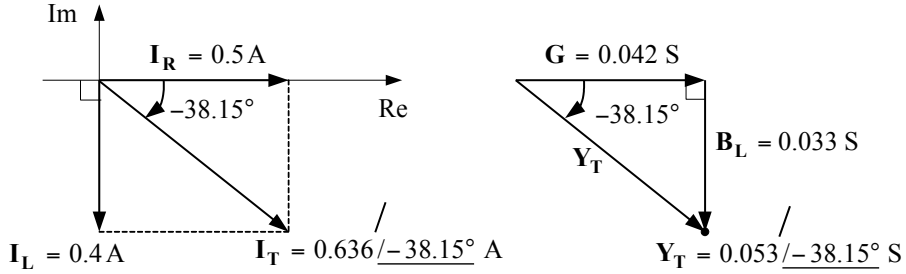
$$\mathbf{I_R} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_1}} = \frac{12\angle 0^\circ \text{ V}}{24\angle 0^\circ\ \Omega} = 0.5\angle 0^\circ \text{ A} \quad \text{.....ตอบ}$$

หรือ $\mathbf{I_R} = \mathbf{EY_1} = (12\angle 0^\circ \text{ V})(0.042\angle 0^\circ \text{ S}) = 0.50\angle 0^\circ \text{ A}$

$$\mathbf{I_L} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_2}} = \frac{12\angle 0^\circ \text{ V}}{30\angle 90^\circ\ \Omega} = 0.4\angle -90^\circ \text{ A} \quad \text{.....ตอบ}$$

หรือ $\mathbf{I_L} = \mathbf{EY_2} = (12\angle 0^\circ \text{ V})(0.033\angle -90^\circ \text{ S}) = 0.40\angle -90^\circ \text{ A}$

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



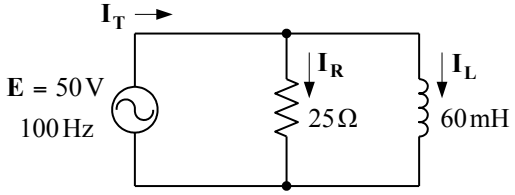
รูปที่ 10.5(ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

ตัวอย่างที่ 10.3 จากวงจรในรูปที่ 10.6 (ก) ถ้า $\mathbf{E} = 50\text{ V}, 100\text{ Hz}$ จงหา

(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.6 (ก) วงจรขนาน R – L สำหรับตัวอย่างที่ 10.3

วิธีทำ (1) ค่าแอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

จากสมการ $\mathbf{Y} = G - \text{j}B_\text{L}$ และจากรูปที่ 10.6 (ก) $\mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2}$

เมื่อ $\mathbf{Y_1} = \mathbf{G} = \dfrac{1}{25\Omega\angle 0^\circ} = 0.04\angle 0^\circ \text{ S} = (0.04 + \text{j}0)\text{ S}$

และ $\mathbf{Y_2} = \mathbf{B_L} = \dfrac{1}{X_\text{L}\angle 90^\circ}\text{ S}$

แต่ $X_\text{L} = 2\pi\text{f}L = (6.28)(100\text{ Hz})(60\times10^{-3}\text{ H}) = 37.68\ \Omega$

จะได้ $\mathbf{B_L} = \dfrac{1}{37.68\angle 90^\circ\ \Omega} = 0.0265\angle -90^\circ\ \text{S} = (0 - j0.0265)\ \text{S}$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (0.04 + j0)\text{S} + (0 - j0.0265)\text{S} = (0.04 - j0.0265)\ \text{S}$

แปลงให้อยู่ในรูปเชิงขั้ว $\mathbf{Y_T} = 0.0479\angle -33.52^\circ\ \text{S}$ .....**ตอบ**

ดังนั้น $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{0.0479\angle -33.52^\circ \text{S}} = 20.84\angle 33.52^\circ\ \Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$$\mathbf{I_T} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}} = \frac{50\angle 0^\circ\ \text{V}}{20.84\angle 33.52^\circ\ \Omega} = 2.4\angle -33.52^\circ\ \text{A}$$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (50\angle 0^\circ\ \text{V})(0.0479\angle -33.52^\circ\ \text{S}) = 2.4\angle -33.52^\circ\ \text{A}$

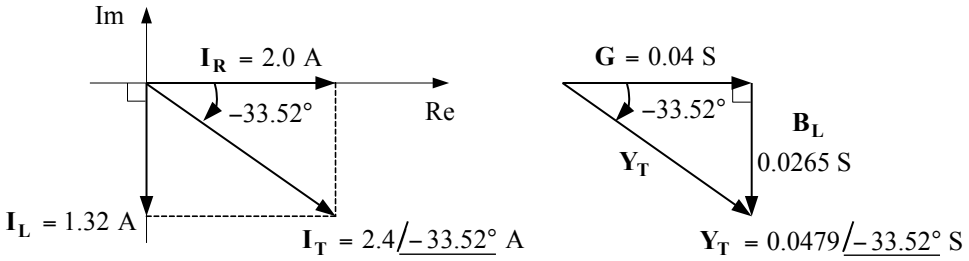
$$\mathbf{I_R} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_1}} = \frac{50\angle 0^\circ\ \text{V}}{25\angle 0^\circ\ \Omega} = 2.0\angle 0^\circ\ \text{A}$$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_R} = \mathbf{EY_1} = (50\angle 0^\circ\ \text{V})(0.04\angle 0^\circ\ \text{S}) = 2.0\angle 0^\circ\ \text{A}$

$$\mathbf{I_L} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_2}} = \frac{50\angle 0^\circ\ \text{V}}{37.68\angle 90^\circ\ \Omega} = 1.326\angle -90^\circ\ \text{A}$$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_L} = \mathbf{EY_2} = (50\angle 0^\circ\ \text{V})(0.0265\angle -90^\circ\ \text{S}) = 1.325\angle -90^\circ\ \text{A}$

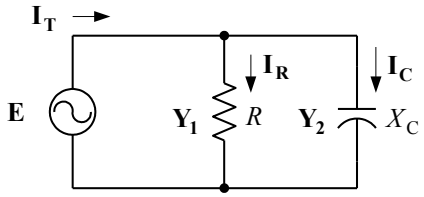
(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.6 (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

10.3 วงจรขนาน R – C

วงจรขนาน R – C ประกอบด้วย ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ต่อแบบขนานและต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังแสดงดังรูปที่ 10.7 (ก)



รูปที่ 10.7 (ก) วงจรขนาน R – C

รูปที่ 10.7 (ก) เป็นวงจรขนาน R – C วิเคราะห์หาความต้านรวมและกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขาได้ดังนี้

จากสมการที่ 10.1 $\mathbf{Y} = \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{Z}}$ และ สมการที่ 10.4 $\mathbf{Y_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_T}}$

จากรูปที่ 10.7 (ก) $\mathbf{Y_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_T}} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2}$

$$\mathbf{Y_1} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} = \frac{1}{R\angle 0^\circ\,\Omega} = G\angle 0^\circ \text{ S}$$

และ $$\mathbf{Y_2} = \frac{1}{\mathbf{Z_2}} = \frac{1}{X_C\angle -90^\circ} = B_C\angle 90^\circ \text{ S}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} = (G + \mathrm{j}B_C)\text{ S}$ .....สมการที่ 10.7

ขนาดและทิศทางมุมของแอดมิตแตนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว หาได้ตามสมการ ดังนี้

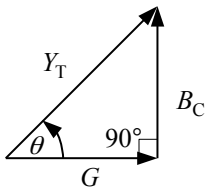
ขนาด $Y_T = \sqrt{G^2 + (B_C)^2}$ .....สมการที่ 10.8 (ก)

มุม $\theta = \angle \tan^{-1}(B_C / R)^\circ$ .....สมการที่ 10.8 (ข)

จากหลักการของวงจรขนาน กระแสไฟฟ้ารวม จะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่สาขา รวมกัน ดังนั้น $\mathbf{I_T} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}}$ หรือ $\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T}$

จากรูปที่ 10.7 (ก) จะได้ $\mathbf{I_R} = \mathbf{EY_1}$ และ $\mathbf{I_C} = \mathbf{EY_2}$

แอดมิตแตนซ์รวมของวงจร มีทั้งส่วนที่เป็น คอนดักแตนซ์ และ ซัสเซบแตนซ์ เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ ดังรูปที่ 10.7 (ข)



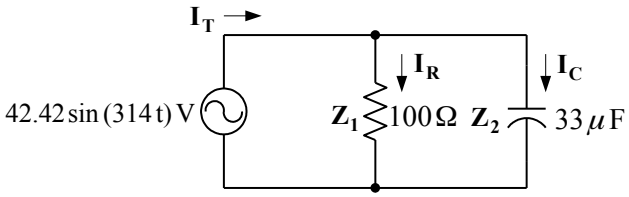
รูปที่ 10.7 (ข) สามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์ของวงจรขนาน R – C

ตัวอย่างที่ 10.4 จากวงจรในรูปที่ 10.8 (ก) ถ้า $e = 42.42\sin(314t)$ V จงหา

(1) ค่า แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.8 (ก) วงจรขนาน R – C สำหรับตัวอย่างที่ 10.4

วิธีทำ (1) ค่า แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

จากวงจร $\mathbf{Z_1} = R = 100\ \Omega$ และ $\mathbf{Z_2} = X_C = \dfrac{-\mathrm{j}}{\omega C} = \dfrac{-\mathrm{j}}{(314)(33\times10^{-6}\ \mathrm{F})} = -\mathrm{j}96.51\ \Omega$

ดังนั้น $\mathbf{Y_1} = \dfrac{1}{100\angle 0^\circ\ \Omega} = 0.01\angle 0^\circ\ \mathrm{S}$

หรือ $\mathbf{Y_1} = (0.01 + \mathrm{j}0)\ \mathrm{S} = \mathbf{G}$

และ $\mathbf{Y_2} = \dfrac{1}{96.51\angle -90^\circ\ \Omega} = 0.01036\angle 90^\circ\ \mathrm{S}$

หรือ $\mathbf{Y_2} = (0 + \mathrm{j}0.01036)\ \mathrm{S} = \mathrm{j}\mathbf{B_C}$

จากสมการที่ 10.7 $\mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} = (G + \mathrm{j}B_C)\ \mathrm{S}$

$\mathbf{Y_T} = (0.01\angle 0^\circ + 0.01036\angle 90^\circ)\ \mathrm{S}$

$= (0.01 + \mathrm{j}0.01036)\ \mathrm{S}$; Rectangular

$\therefore\ \mathbf{Y_T} = 0.01439\angle 46.01^\circ\ \mathrm{S}$; Polar .....**ตอบ**

จะได้ $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{0.01439\angle 46.01^\circ\ \mathrm{S}} = 69.49\angle -46.01^\circ\ \Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$\mathbf{E} = (0.707)(42.42)\ \mathrm{V} = 30\angle 0^\circ\ \mathrm{V}$

$\therefore\ \mathbf{I_T} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}} = \dfrac{30\angle 0^\circ\ \mathrm{V}}{69.49\angle -46.01^\circ\ \Omega} = 0.432\angle 46.01^\circ\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_T} = \mathbf{E}\mathbf{Y_T} = (30\angle 0^\circ\ \mathrm{V})(0.01439\angle 46.01^\circ\ \mathrm{S}) = 0.432\angle 45^\circ\ \mathrm{A}$

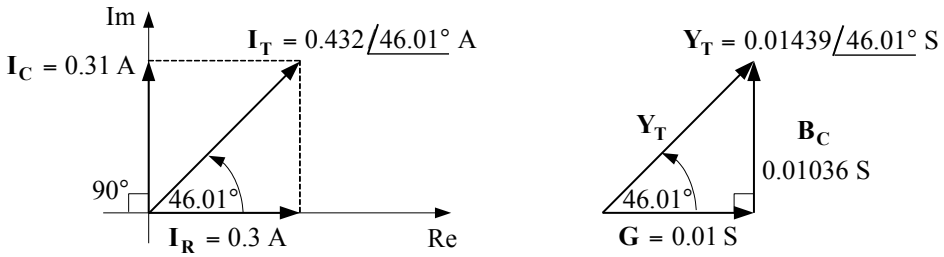
$\mathbf{I_R} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_1}} = \dfrac{30\angle 0^\circ\ \mathrm{V}}{100\angle 0^\circ\ \Omega} = 0.3\angle 0^\circ\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_R} = \mathbf{E}\mathbf{Y_1} = (30\angle 0^\circ\ \mathrm{V})(0.01\angle 0^\circ\ \mathrm{S}) = 0.3\angle 0^\circ\ \mathrm{A}$

$\mathbf{I_C} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_2}} = \dfrac{30\angle 0^\circ\ \mathrm{V}}{96.51\angle -90^\circ\ \Omega} = 0.31\angle 90^\circ\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_C} = \mathbf{E}\mathbf{Y_2} = (30\angle 0^\circ\ \mathrm{V})(0.01036\angle 90^\circ\ \mathrm{S}) = 0.31\angle 90^\circ\ \mathrm{A}$

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



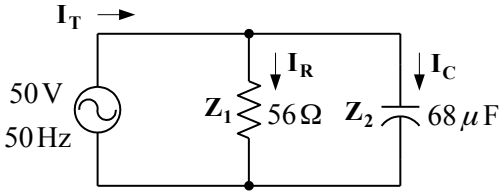
รูปที่ 10.8 (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

ตัวอย่างที่ 10.5 จากวงจรในรูปที่ 10.9 (ก) ถ้า $\mathbf{E} = 50\,\text{V}, 50\,\text{Hz}$ จงหา

(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.9 (ก) วงจรขนาน R – C สำหรับตัวอย่างที่ 10.5

วิธีทำ (1) ค่า แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

จากวงจร $\mathbf{Z_1} = R = 56\ \Omega$

และ $\mathbf{Z_2} = X_C = \dfrac{-\text{j}}{2\pi f C} = \dfrac{-\text{j}}{(6.28)(50\,\text{Hz})(68\times10^{-6}\,\text{F})} = -\text{j}46.83\ \Omega$

ดังนั้น $\mathbf{Y_1} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_1}} = \dfrac{1}{56\angle 0°\,\Omega} = 0.0178\angle 0°$ S

หรือ $\mathbf{Y_1} = (0.0178 + \text{j}0)\,\text{S} = \mathbf{G}$

และ $\mathbf{Y_2} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_2}} = \dfrac{1}{46.83\angle -90°\,\Omega} = 0.0213\angle 90°$ S

หรือ $\mathbf{Y_2} = (0 + \text{j}0.0213)\,\text{S} = \text{j}\mathbf{B_C}$

จากสมการที่ 10.7 $\mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} = (G + \text{j}B_C)\,\text{S}$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (0.0178\angle 0° + 0.0213\angle 90°)$ S

$= (0.0178 + \text{j}0.0213)\,\text{S}$; Rectangular

$\therefore\ \mathbf{Y_T} = 0.0277\angle 50.11°$ S ; Polar .....**ตอบ**

จะได้ $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{0.0277\angle 50.11°\,\text{S}} = 36.1\angle -50.11°\ \Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$$\therefore\ \mathbf{I_T} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}} = \frac{50\angle 0^\circ\ \text{V}}{36.1\angle -50.11^\circ\ \Omega} = 1.38\angle 50.11^\circ\ \text{A} \quad \text{.....}\underline{\textbf{ตอบ}}$$

หรือ $\mathbf{I_T} = \mathbf{E}\mathbf{Y_T} = (50\angle 0^\circ\ \text{V})(0.0277\angle 50.11^\circ\ \text{S}) = 1.38\angle 50.11^\circ\ \text{A}$

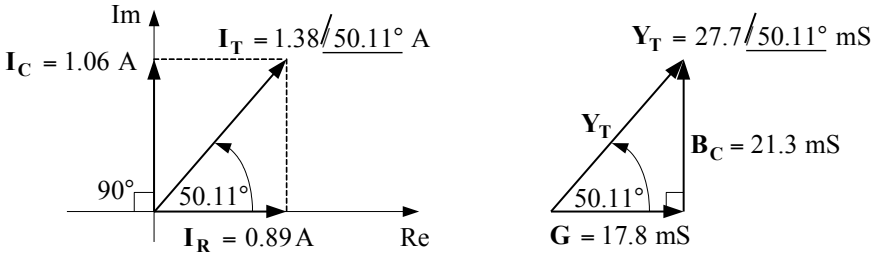
$$\mathbf{I_R} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_1}} = \frac{50\angle 0^\circ\ \text{V}}{56\angle 0^\circ\ \Omega} = 0.89\angle 0^\circ\ \text{A} \quad \text{.....}\underline{\textbf{ตอบ}}$$

หรือ $\mathbf{I_R} = \mathbf{E}\mathbf{Y_1} = (50\angle 0^\circ\ \text{V})(0.0178\angle 0^\circ\ \text{S}) = 0.89\angle 0^\circ\ \text{A}$

$$\mathbf{I_C} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_2}} = \frac{50\angle 0^\circ\ \text{V}}{46.83\angle -90^\circ\ \Omega} = 1.06\angle 90^\circ\ \text{A} \quad \text{.....}\underline{\textbf{ตอบ}}$$

หรือ $\mathbf{I_C} = \mathbf{E}\mathbf{Y_2} = (50\angle 0^\circ\ \text{V})(0.0213\angle 90^\circ\ \text{S}) = 1.06\angle 90^\circ\ \text{A}$

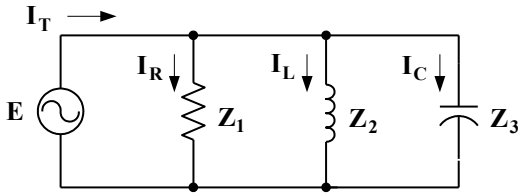
(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.9 (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามแอดมิตแตนซ์

10.4 วงจรขนาน R – L – C

วงจรขนาน R – L – C ประกอบด้วย ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังแสดงดังรูปที่ 10.10 (ก)



รูปที่ 10.10 (ก) วงจรขนาน R – L – C

จากวงจรในรูปที่ 10.10 (ก) จะพบว่า $\mathbf{Y_T} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} + \frac{1}{\mathbf{Z_2}} + \frac{1}{\mathbf{Z_3}} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} + \mathbf{Y_3}$

$$\mathbf{Y_1} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} = \frac{1}{R\angle 0^\circ\Omega} = G\angle 0^\circ\ \text{S}$$

และ $$\mathbf{Y_2} = \frac{1}{\mathbf{Z_2}} = \frac{1}{X_\text{L}\angle 90^\circ} = B_\text{L}\angle -90^\circ\ \text{S}$$

และ $$\mathbf{Y_3} = \frac{1}{\mathbf{Z_3}} = \frac{1}{X_\text{C}\angle -90^\circ} = B_\text{C}\angle 90^\circ\ \text{S}$$

กรณีที่ 1 ถ้า $|B_C| \rangle |B_L|$ แอดมิตแตนซ์รวม จะเป็น

$$\mathbf{Y_T} = G + \mathrm{j}(B_C - B_L) \ \mathrm{S}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} + \mathbf{Y_3} = (G + \mathrm{j}B)\ \mathrm{S}$ .....สมการที่ 10.9

เมื่อ $\mathrm{j}B_C - \mathrm{j}B_L = \mathrm{j}B$

กรณีที่ 2 ถ้า $|B_L| \rangle |B_C|$ แอดมิตแตนซ์รวม จะเป็น

$$\mathbf{Y_T} = G - \mathrm{j}(B_L - B_C) \ \mathrm{S}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} + \mathbf{Y_3} = (G - \mathrm{j}B)\ \mathrm{S}$ .....สมการที่ 10.10

เมื่อ $\mathrm{j}B_L - \mathrm{j}B_C = -\mathrm{j}B$

ขนาดและทิศทางมุมของแอดมิตแตนซ์รวมในรูปเชิงขั้ว หาได้ตามสมการ ดังนี้

ขนาด $Y_T = \sqrt{G^2 + (B)^2}$ .....สมการที่ 10.11 (ก)

มุม $\theta = \underline{/\tan^{-1}(\pm B/R)^\circ}$ .....สมการที่ 10.11 (ข)

กรณีที่ 1 ถ้า $|B_C| \rangle |B_L|$ เครื่องหมายเป็น $+B$ ซึ่งมีผลต่อค่ามุม จะเป็น บวก

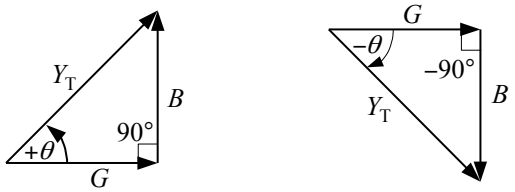
กรณีที่ 2 ถ้า $|B_L| \rangle |B_C|$ เครื่องหมายเป็น $-B$ ซึ่งมีผลต่อค่ามุม จะเป็น ลบ

จากหลักการของวงจรขนาน กระแสไฟฟ้ารวม จะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่สาขา รวมกัน

ดังนั้น $\mathbf{I_T} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}}$ หรือ $\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T}$

จากรูปที่ 10.10 (ก) จะได้ $\mathbf{I_R} = \mathbf{EY_1}$, $\mathbf{I_L} = \mathbf{EY_2}$ และ $\mathbf{I_C} = \mathbf{EY_3}$

แอดมิตแตนซ์รวมของวงจร มีทั้งส่วนที่เป็น คอนดักแตนซ์ และ ซัสเซบแตนซ์ เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ ดังรูปที่ 10.10 (ข)



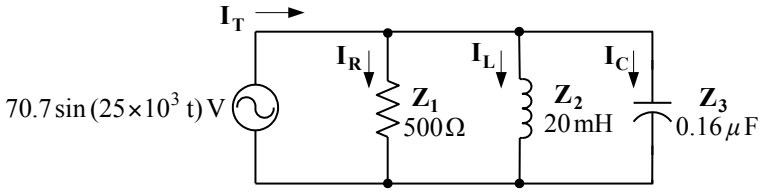
รูปที่ 10.10 (ข) สามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์ของ วงจรขนาน R – L – C

ตัวอย่างที่ 10.6 จากวงจรในรูปที่ 10.11 (ก) ถ้า $e = 70.7\sin(25{,}000\,t)$ V จงหา

(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.11 (ก) วงจรขนาน R –L – C สำหรับตัวอย่างที่ 10.6

วิธีทำ(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

จากวงจร $\quad \mathbf{Z_1} = R = 500\ \Omega$

และ $\quad \mathbf{Z_2} = \mathrm{j}X_\mathrm{L} = \mathrm{j}\omega L = \mathrm{j}(25\times10^3\ \mathrm{Hz})(20\times10^{-3}\ \mathrm{H}) = \mathrm{j}500\ \Omega$

และ $\quad \mathbf{Z_3} = -\mathrm{j}X_\mathrm{C} = \dfrac{-\mathrm{j}}{\omega C} = \dfrac{-\mathrm{j}}{(25\times10^3\ \mathrm{Hz})(0.16\times10^{-6}\ \mathrm{F})} = -\mathrm{j}250\ \Omega$

จากสมการ $\quad \mathbf{Y_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_1}} + \dfrac{1}{\mathbf{Z_3}} + \dfrac{1}{\mathbf{Z_2}} = (G + \mathrm{j}B_\mathrm{C} - \mathrm{j}B_\mathrm{L})\ \mathrm{S}$

ดังนั้น $\quad \mathbf{Y_1} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_1}} = \dfrac{1}{500\angle 0°\ \Omega} = 0.002\angle 0°\ \mathrm{S}$

หรือ $\quad \mathbf{Y_1} = (0.002 + \mathrm{j}0)\ \mathrm{S} = \mathbf{G}$

และ $\quad \mathbf{Y_2} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_2}} = \dfrac{1}{500\angle 90°\ \Omega} = 0.002\angle -90°\ \mathrm{S}$

หรือ $\quad \mathbf{Y_2} = (0 - \mathrm{j}0.002)\ \mathrm{S} = -\mathrm{j}\mathbf{B_L}$

และ $\quad \mathbf{Y_3} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_3}} = \dfrac{1}{250\angle -90°\ \Omega} = 0.004\angle 90°\ \mathrm{S}$

หรือ $\quad \mathbf{Y_3} = (0 + \mathrm{j}0.004)\ \mathrm{S} = \mathrm{j}\mathbf{B_C}$

จาก สมการที่ 10.9 $\quad \mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} + \mathbf{Y_3} = (G + \mathrm{j}B)\ \mathrm{S}$

ดังนั้น $\quad \mathbf{Y_T} = (0.002\ \mathrm{S}) + (\mathrm{j}0.004\ \mathrm{S}) - (\mathrm{j}0.002\ \mathrm{S})$

$\mathbf{Y_T} = (0.002 + \mathrm{j}0.002)\ \mathrm{S}$ .....**ตอบ**

หรือ $\quad \mathbf{Y_T} = 0.0028\angle 45°\ \mathrm{S}$ .....**ตอบ**

ดังนั้น $\quad \mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{0.0028\angle 45°\ \mathrm{S}} = 357.14\angle -45°\ \Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$\therefore\ \mathbf{I_T} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}} = \dfrac{50\angle 0°\ \mathrm{V}}{357.14\angle -45°\ \Omega} = 0.14\angle 45°\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\quad \mathbf{I_T} = \mathbf{E}\mathbf{Y_T} = (50\angle 0°\ \mathrm{V})(0.0028\angle 45°\ \mathrm{S}) = 0.14\angle 45°\ \mathrm{A}$

$\mathbf{I_R} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_1}} = \dfrac{50\angle 0°\ \mathrm{V}}{500\angle 0°\ \Omega} = 0.1\angle 0°\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\quad \mathbf{I_R} = \mathbf{E}\mathbf{Y_1} = (50\angle 0°\ \mathrm{V})(0.002\angle 0°\ \mathrm{S}) = 0.1\angle 0°\ \mathrm{A}$

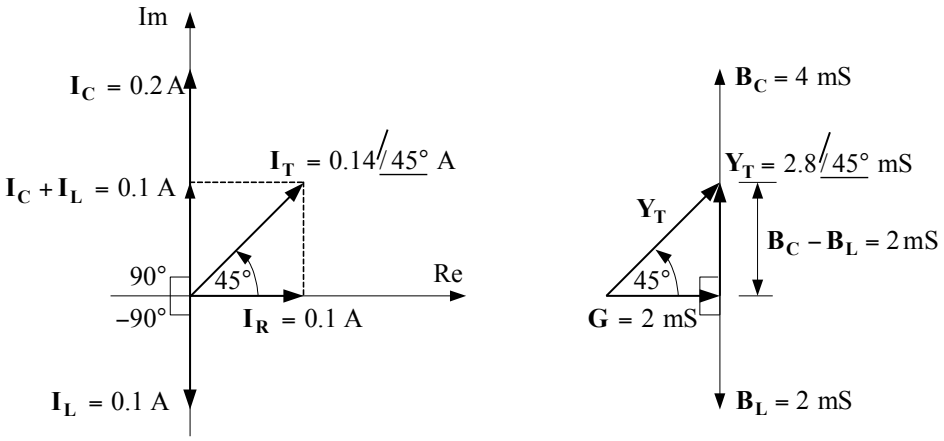
$$\mathbf{I_L} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_2}} = \frac{50\angle 0^\circ \text{ V}}{500\angle 90^\circ\ \Omega} = 0.1\angle -90^\circ \text{ A}$$ .....**ตอบ**

หรือ $$\mathbf{I_L} = \mathbf{EY_2} = (50\angle 0^\circ \text{ V})(0.002\angle -90^\circ \text{ S}) = 0.1\angle -90^\circ \text{ A}$$

$$\mathbf{I_C} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_3}} = \frac{50\angle 0^\circ \text{ V}}{250\angle -90^\circ\ \Omega} = 0.2\angle 90^\circ \text{ A}$$ .....**ตอบ**

หรือ $$\mathbf{I_C} = \mathbf{EY_3} = (50\angle 0^\circ \text{ V})(0.004\angle 90^\circ \text{ S}) = 0.2\angle 90^\circ \text{ A}$$

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



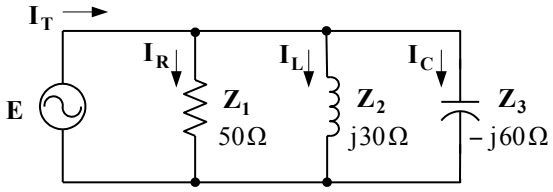
รูปที่ 10.11 (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์

ตัวอย่างที่ 10.7 จากวงจรในรูปที่ 10.12 (ก) ถ้า $\mathbf{E} = 50\text{V}, 50\text{Hz}$ จงหา

(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.12 (ก) วงจรขนาน R –L – C สำหรับตัวอย่างที่ 10.7

วิธีทำ(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

จากสมการ $$\mathbf{Y_T} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} + \frac{1}{\mathbf{Z_3}} + \frac{1}{\mathbf{Z_2}} = (G + \text{j}B_\text{C} - \text{j}B_\text{L})\ \text{S}$$

ดังนั้น $$\mathbf{Y_1} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} = \frac{1}{50\angle 0^\circ \Omega} = 0.02\angle 0^\circ \text{ S}$$

หรือ $$\mathbf{Y_1} = (0.02 + \text{j}0)\ \text{S} = \mathbf{G}$$

และ $$\mathbf{Y_2} = \frac{1}{\mathbf{Z_2}} = \frac{1}{30\angle 90^\circ \Omega} = 0.033\angle -90^\circ \text{ S}$$

หรือ $$\mathbf{Y_2} = (0 - \text{j}0.033)\ \text{S} = -\text{j}\mathbf{B_L}$$

และ $\mathbf{Y_3} = \dfrac{1}{\mathbf{Z_3}} = \dfrac{1}{60\angle -90^\circ\,\Omega} = 0.0166\angle 90^\circ \text{ S}$

หรือ $\mathbf{Y_3} = (0 + j0.0166)\text{ S} = j\mathbf{B_C}$

จาก สมการที่ 10.9 $\mathbf{Y_T} = \mathbf{Y_1} + \mathbf{Y_2} + \mathbf{Y_3} = (G + jB)\text{ S}$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (0.02\text{ S}) - (j0.033\text{ S}) + (j0.0166\text{ S})$

$\mathbf{Y_T} = (0.02 - j0.0166)\text{ S}$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{Y_T} = 0.0256\angle -39.69^\circ \text{ S}$ .....**ตอบ**

ดังนั้น $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{0.0256\angle -39.69^\circ \text{ S}} = 39.06\angle 39.69^\circ\,\Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$\therefore\ \mathbf{I_T} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_T}} = \dfrac{50\angle 0^\circ \text{ V}}{39.06\angle 39.69^\circ\,\Omega} = 1.28\angle -39.69^\circ \text{ A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (50\angle 0^\circ \text{ V})(0.0256\angle -39.69^\circ \text{ S}) = 1.28\angle -39.69^\circ \text{ A}$

$\mathbf{I_R} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_1}} = \dfrac{50\angle 0^\circ \text{ V}}{50\angle 0^\circ\,\Omega} = 1\angle 0^\circ \text{ A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_R} = \mathbf{EY_1} = (50\angle 0^\circ \text{ V})(0.02\angle 0^\circ \text{ S}) = 1\angle 0^\circ \text{ A}$

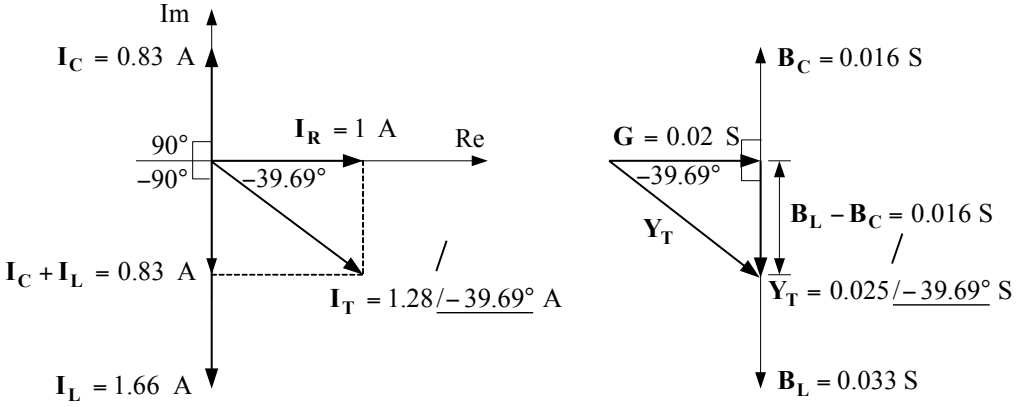
$\mathbf{I_L} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_2}} = \dfrac{50\angle 0^\circ \text{ V}}{30\angle 90^\circ\,\Omega} = 1.66\angle -90^\circ \text{ A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_L} = \mathbf{EY_2} = (50\angle 0^\circ \text{ V})(0.033\angle -90^\circ \text{ S}) = 1.66\angle -90^\circ \text{ A}$

$\mathbf{I_C} = \dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{Z_3}} = \dfrac{50\angle 0^\circ \text{ V}}{60\angle -90^\circ\,\Omega} = 0.83\angle 90^\circ \text{ A}$ .....**ตอบ**

หรือ $\mathbf{I_C} = \mathbf{EY_3} = (50\angle 0^\circ \text{ V})(0.0166\angle 90^\circ \text{ S}) = 0.83\angle 90^\circ \text{ A}$

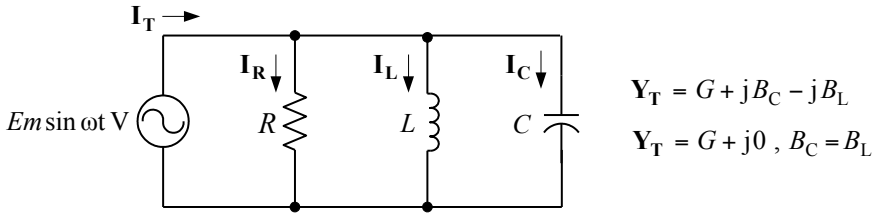
(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.12 (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์

10.5 สภาวะเรโซแนนซ์ในวงจรขนาน R – L – C

วงจรขนาน R – L – C ดังแสดงในรูปที่ 10.13 (ก) ในการวิเคราะห์ขณะเกิดสภาวะ เรโซแนนซ์ จะถือว่าเป็นวงจรอุดมคติ ซึ่งถือว่า ค่าของ L และ C เป็นค่าบริสุทธิ์



รูปที่ 10.13 (ก) วงจรขนาน R – L – C ขณะเกิดสภาวะเรโซแนนซ์

จากสมการ $\mathbf{Y_T} = G + \mathrm{j}B_C - \mathrm{j}B_L$

จากวงจรในรูปที่ 10.13 (ก) จะเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ได้ เมื่อ $B_C = B_L$

เมื่อ $B_L = \dfrac{1}{\omega L}$

และ $B_C = \omega C$

จะได้ $\omega L = \dfrac{1}{\omega C}$

หรือ $\omega^2 = \dfrac{1}{LC}$

เมื่อ ω คือความเร็วเชิงมุมของคลื่นแรงดันไฟสลับ

กำหนดให้ $\omega_R = \omega$

ดังนั้น $\omega_R = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

และ $\omega_R = 2\pi f_R$

ดังนั้น $2\pi f_R = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

เมื่อ ω_R คือความเร็วเชิงมุมเมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์

และ f_R คือความถี่ เมื่อวงจร อยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์

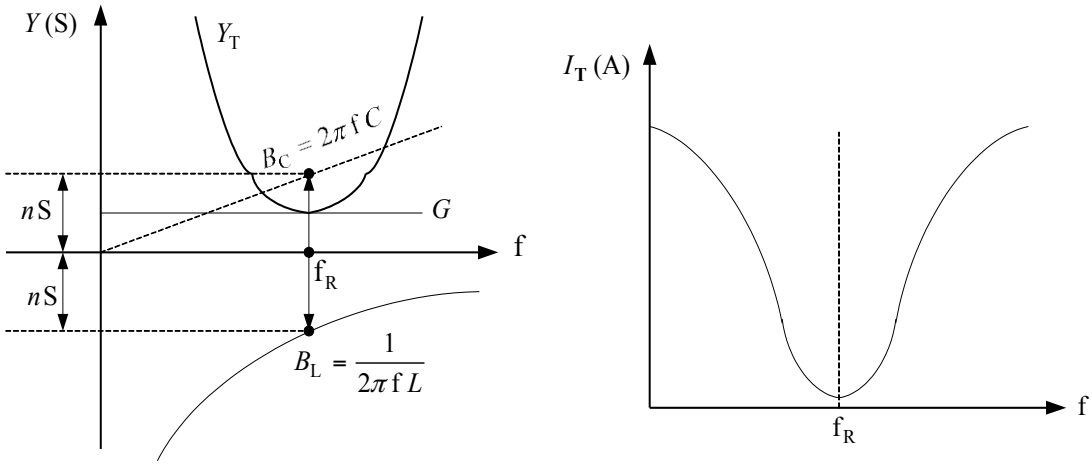
ใช้วิธีการของสมการเชิงเส้น จะได้

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad \text{..... สมการที่ 10.12}$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_R{}^2 L} \qquad \text{..... สมการที่ 10.13}$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_R{}^2 C} \qquad \text{..... สมการที่ 10.14}$$

ผลที่เกิดขึ้นในวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน อธิบายเป็นรูปกราฟ ได้ดังรูปที่ 10.13 (ข)



รูปที่ 10.13 (ข) กราฟแอดมิตแตนซ์ และกระแสในวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน R – L – C

จากรูปที่ 10.13 (ข) แสดงค่าแอดมิตแตนซ์ รวมของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน ณ จุดเรโซแนนซ์ ที่ความถี่ $f = f_R$ จะพบว่า ค่า B_L กับค่า B_C หักล้างกันหมดไป ค่าแอดมิตแตนซ์ Y ในวงจรเหลือเฉพาะค่า ความความนำ G อย่างเดียว หรือค่าอิมพีแดนซ์ Z ในวงจรเหลือเพียงค่าความต้านทาน R อย่างเดียว เป็นค่าอิมพีแดนซ์ที่มีค่าสูงสุด ทำให้ที่จุดเรโซแนนซ์แบบขนานนี้ กระแสที่ไหลในวงจรจะมีค่าต่ำสุด (ค่า Y ต่ำ ทำให้ค่า Z สูง)

ตัวอย่างที่ 10.8 จากวงจรในรูปที่ 10.14 (ก) ที่สภาวะเรโซแนนซ์ จงหา

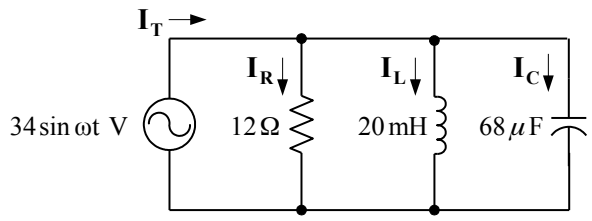
(1) ความถี่เรโซแนนซ์ f_R

(2) ค่า B_L , B_C

(3) ค่า $\mathbf{Y_T}$, $\mathbf{Z_T}$

(4) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.14 (ก) วงจรขนาน R – L – C สำหรับตัวอย่างที่ 10.8

วิธีทำ (1) ความถี่เรโซแนนซ์ f_R

จากสมการ
$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{0.159}{\sqrt{(20\times10^{-3}\text{ H})(68\times10^{-6}\text{ F})}}$$

$$f_R = \frac{0.159}{1.166\times10^{-3}} = 136.36\text{ Hz} \quad \text{.....}\underline{\textbf{ตอบ}}$$

(2) ค่า B_L , B_C

จากสมการ $$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{2\pi f_R L} = \frac{1}{(6.28)(136.36\text{Hz})(20\times10^{-3}\text{ H})}$$

$$B_L = \frac{1}{17.126} = 0.058\text{ S} = 58\angle -90^\circ\text{ mS}$$ .....**ตอบ**

และ $$B_C = X_C = \omega C = 2\pi f_R C = (6.28)(136.36\text{Hz})(68\times10^{-6}\text{ F})$$

$$B_C = 0.058\text{ S} = 58\angle 90^\circ\text{ mS}$$ .....**ตอบ**

(3) ค่า $\mathbf{Y_T}$, $\mathbf{Z_T}$: จากสมการ $\mathbf{Y_T} = G + jB_C - jB_L$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{12\Omega} = 0.083\text{ S} = 83\angle 0^\circ\text{ mS}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = 83\text{mS} + j58\text{mS} - j58\text{mS}$

$\mathbf{Y_T} = 83\text{mS} + j0 = 83\angle 0^\circ$ mS .....**ตอบ**

และ $$\mathbf{Z_T} = \frac{1}{\mathbf{Y_T}} = \frac{1}{83\angle 0^\circ\text{ mS}} = 12\angle 0^\circ\ \Omega$$ .....**ตอบ**

(4) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

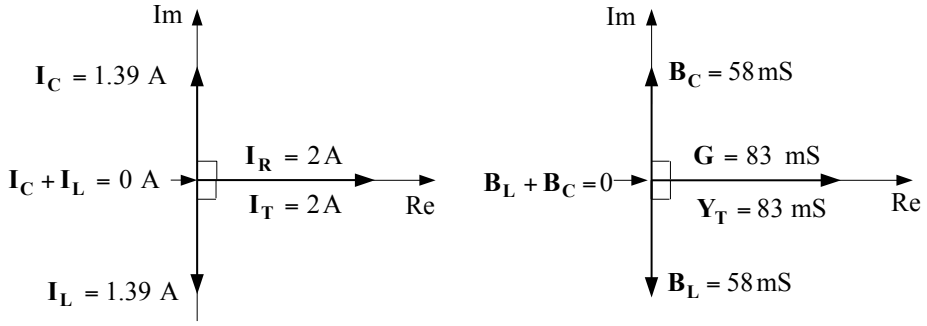
$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (24\angle 0^\circ\text{ V})(83\angle 0^\circ\text{ mS}) = 2\angle 0^\circ$ A .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EY_1} = \mathbf{EG} = (24\angle 0^\circ\text{ V})(83\angle 0^\circ\text{ mS}) = 2\angle 0^\circ$ A .....**ตอบ**

$\mathbf{I_L} = \mathbf{EY_2} = \mathbf{EB_L} = (24\angle 0^\circ\text{ V})(58\angle -90^\circ\text{ mS}) = 1.39\angle -90^\circ$ A .....**ตอบ**

$\mathbf{I_C} = \mathbf{EY_3} = \mathbf{EB_C} = (24\angle 0^\circ\text{ V})(58\angle 90^\circ\text{ mS}) = 1.39\angle 90^\circ$ A .....**ตอบ**

(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.14 (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์

ตัวอย่างที่ 10.9 จากวงจรในรูปที่ 10.15 (ก) ถ้าวงจรเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 600 Hz จงหา

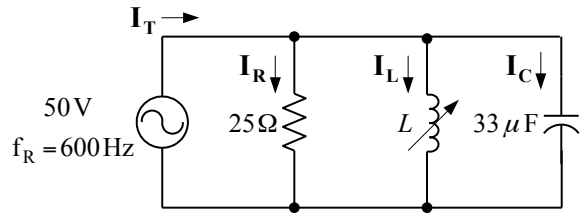
(1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ f_R

(2) ค่า B_L , B_C

(3) ค่า $\mathbf{Y_T}$, $\mathbf{Z_T}$

(4) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.15 (ก) วงจรขนาน R – L – C สำหรับตัวอย่างที่ 10.9

วิธีทำ (1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

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

$$L = \frac{1}{4(3.14)^2(600\,\text{Hz})^2(33\times10^{-6}\,\text{F})}$$

$$L = \frac{1}{468.42} = 2.13\times10^{-3}\,\text{H} = 2.13\,\text{mH}$$ .....**ตอบ**

(2) ค่า B_L , B_C

จากสมการ $$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{2\pi f_R L} = \frac{1}{(6.28)(600\,\text{Hz})(2.13\times10^{-3}\,\text{H})}$$

$$B_L = \frac{1}{8.025} = 0.124\,\text{S} = 124\angle -90^\circ\,\text{mS}$$ .....**ตอบ**

และ $$B_C = X_C = \omega C = 2\pi f_R C = (6.28)(600\,\text{Hz})(33\times10^{-6}\,\text{F})$$

$$B_C = 0.124\,\text{S} = 124\angle 90^\circ\,\text{mS}$$ .....**ตอบ**

(3) ค่า $\mathbf{Y_T}$, $\mathbf{Z_T}$

จากสมการ $$\mathbf{Y_T} = G + jB_C - jB_L$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{25\,\Omega} = 0.04\,\text{S} = 40\angle 0^\circ\,\text{mS}$$

ดังนั้น $$\mathbf{Y_T} = 40\,\text{mS} + j124\,\text{mS} - j124\,\text{mS}$$

$$\mathbf{Y_T} = 40\,\text{mS} + j0 = 40\angle 0^\circ\,\text{mS}$$ .....**ตอบ**

และ $$\mathbf{Z_T} = \frac{1}{\mathbf{Y_T}} = \frac{1}{40\angle 0^\circ\,\text{mS}} = 25\angle 0^\circ\,\Omega$$ .....**ตอบ**

(4) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

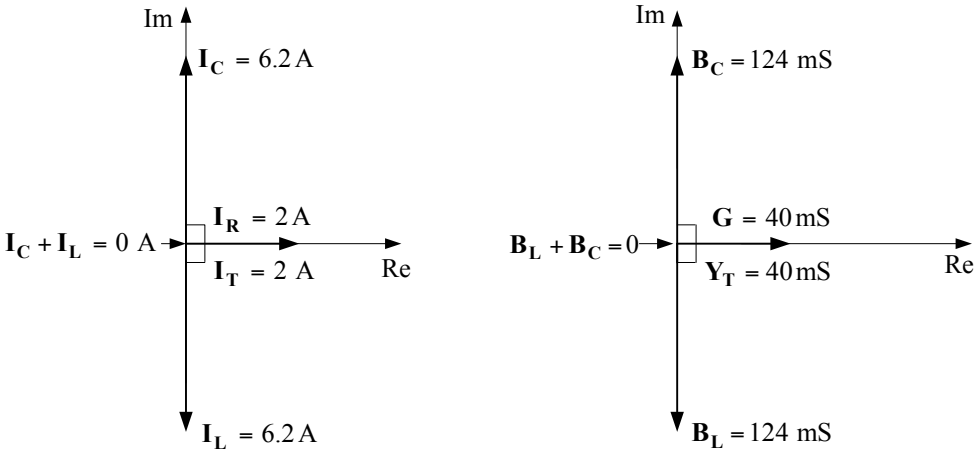
$$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (50\angle 0^\circ\,\text{V})(40\angle 0^\circ\,\text{mS}) = 2\angle 0^\circ\,\text{A}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_R} = \mathbf{EY_1} = \mathbf{EG} = (50\angle 0^\circ\,\text{V})(40\angle 0^\circ\,\text{mS}) = 2\angle 0^\circ\,\text{A}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_L} = \mathbf{EY_2} = \mathbf{EB_L} = (50\angle 0^\circ\,\text{V})(124\angle -90^\circ\,\text{mS}) = 6.2\angle -90^\circ\,\text{A}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_C} = \mathbf{EY_3} = \mathbf{EB_C} = (50\angle 0^\circ\,\text{V})(124\angle 90^\circ\,\text{mS}) = 6.2\angle 90^\circ\,\text{A}$$ .....**ตอบ**

(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.15 (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์

สรุปสาระสำคัญ

คุณสมบัติต่างๆ ของวงจรขนานในไฟฟ้ากระสลับนั้นมีหลักการเช่นเดียวกับไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจรมีค่าเท่ากัน ในวงจรอนุกรมนิยมวิเคราะห์และคำนวณในหน่วยของ ความต้านทาน ส่วนวงจรขนานนิยมใช้ ค่า ความนำ ซึ่งเป็นส่วนกลับความต้านทาน ในการคำนวณและวิเคราะห์วงจร วงจรขนาน R – L เฟสของแอดมิตแตนซ์รวมจะอยู่ระหว่าง –90 ถึง 0 องศา ขณะที่วงจรขนาน R – C เฟสของแอดมิตแตนซ์รวม จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 90 องศา ส่วนวงจรขนาน R – L – C แอดมิตแตนซ์รวม จะขึ้นอยู่กับ ค่าของ B_C หรือ B_L ถ้าค่า B_C มากกว่า เฟสของแอดมิตแตนซ์รวมจะเป็นบวก แต่ถ้า B_L มากกว่า เฟสของแอดมิตแตนซ์รวม จะเป็น ลบ

ถ้าวงจรขนาน R – L – C อยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์จะทำให้ค่า $B_L = B_C$ ทำให้แอดมิตแตนซ์รวมของวงจรเหลือเฉพาะค่าความนำ G เป็นจุดที่ค่าแอดมิตแตนซ์รวมของวงจรมีค่าต่ำสุด (ค่า G ต่ำทำให้ค่า R สูง) กระแสจะมีค่า ต่ำสุด

แบบฝึกหัด

หน่วยที่ 10 วงจรขนาน R-L-C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

1. จากวงจรในรูปที่ 10.16 ถ้า $\mathbf{E} = 100\angle 0°$ V จงหา

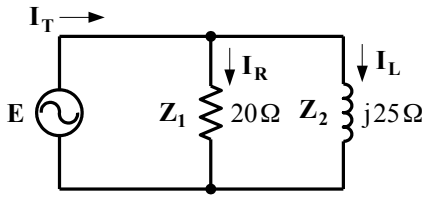
(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $\mathbf{Y_T} = 64.03\angle -38.66°$ mS , $\mathbf{Z_T} = 15.62\angle 38.66°$ Ω

(2) $\mathbf{I_T} = 6.4\angle -38.66°$ A , $\mathbf{I_R} = 5\angle 0°$ A , $\mathbf{I_L} = 4\angle -90°$ A



รูปที่ 10.16 วงจรขนาน R – L สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 1

2. จากวงจรในรูปที่ 10.17 ถ้า $e = 141.44\sin(314t)$ V จงหา

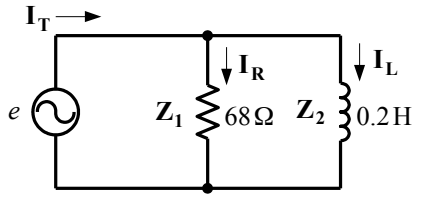
(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $\mathbf{Y_T} = 21.65\angle -47.24°$ mS , $\mathbf{Z_T} = 46.18\angle 47.24°$ Ω

(2) $\mathbf{I_T} = 2.16\angle -47.24°$ A , $\mathbf{I_R} = 1.47\angle 0°$ A , $\mathbf{I_L} = 1.59\angle -90°$ A



รูปที่ 10.17 วงจรขนาน R – L สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 2

3. จากวงจรในรูปที่ 10.18 ถ้า $\mathbf{E} = 100\angle 0°$ V , 1,000 Hz จงหาค่า

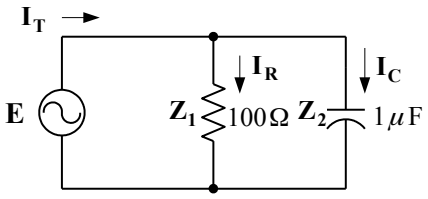
(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่าน แต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $\mathbf{Y_T} = 11.80\angle 32.12$ mS , $\mathbf{Z_T} = 90.25\angle -32.12°$ Ω

(2) $\mathbf{I_T} = 1.18\angle 32.12°$ A , $\mathbf{I_R} = 1\angle 0°$ A , $\mathbf{I_C} = 0.62\angle 90°$ A



รูปที่ 10.18 วงจรขนาน R – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 3

4. จากวงจรในรูปที่ 10.19 ถ้า $e = 311\sin(314t)$ V จงหาค่า

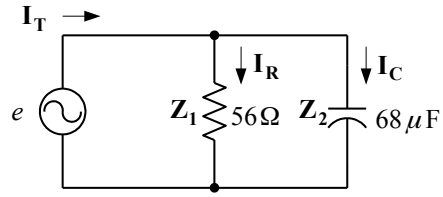
(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $\mathbf{Y}_T = 27.75\angle 50.11°$ mS , $\mathbf{Z}_T = 36.03\angle -50.11°$ Ω

(2) $\mathbf{I}_T = 6.1\angle 50.11°$ A , $\mathbf{I}_R = 3.91\angle 0°$ A , $\mathbf{I}_C = 4.68\angle 90°$ A



รูปที่ 10.19 วงจรขนาน R – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 4

5. จากวงจรในรูปที่ 10.20 ถ้า $\mathbf{E} = 30\angle 0°$ V จงหาค่า

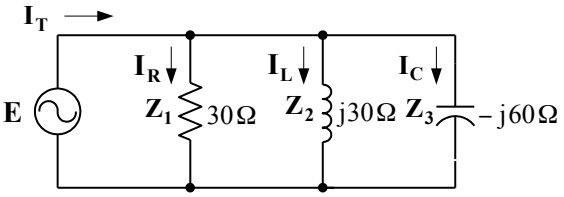
(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $\mathbf{Y}_T = 37.26\angle -26.5°$ S, $\mathbf{Z}_T = 26.88\angle 26.5°$ Ω

(2) $\mathbf{I}_T = 1.11\angle -26.5°$ A, $\mathbf{I}_R = 1\angle 0°$ A , $\mathbf{I}_L = 1\angle -90°$ A, $\mathbf{I}_C = 0.5\angle 90°$ A



รูปที่ 10.20 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 5

6. จากวงจรในรูปที่ 10.21 ถ้า $e = 170\sin(1{,}000t)$ V จงหาค่า

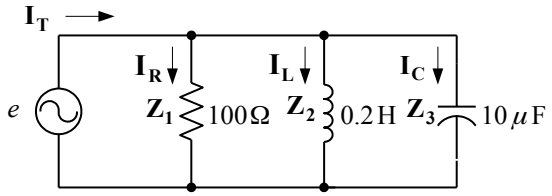
(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแส และแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $\mathbf{Y}_T = 11.18\angle 26.56°$ mS, $\mathbf{Z}_T = 89.44\angle -26.56°$ Ω

(2) $\mathbf{I}_T = 1.34\angle 26.56°$ A , $\mathbf{I}_R = 1.2\angle 0°$ A , $\mathbf{I}_L = 0.6\angle -90°$ A , $\mathbf{I}_C = 1.2\angle 90°$ A



รูปที่ 10.21 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 6

7. จากวงจรในรูปที่ 10.22 ถ้า $\mathbf{E} = 24\angle 0°$ V, 50 Hz จงหาค่า

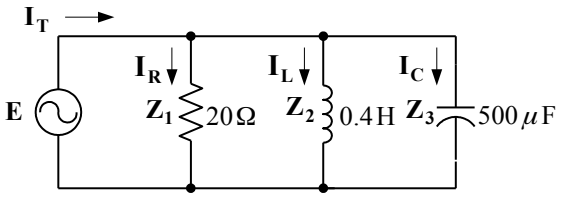
(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแส และแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $\mathbf{Y_T} = 55.90\angle -26.56°$ mS , $\mathbf{Z_T} = 17.88\angle 26.56°$ Ω

(2) $\mathbf{I_T} = 1.34\angle -26.56°$ A , $\mathbf{I_R} = 1.2\angle 0°$ A , $\mathbf{I_L} = 1.2\angle -90°$ A , $\mathbf{I_C} = 0.6\angle 90°$ A



รูปที่ 10.22 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 7

8. จากวงจรในรูปที่ 10.23 เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ จงหา

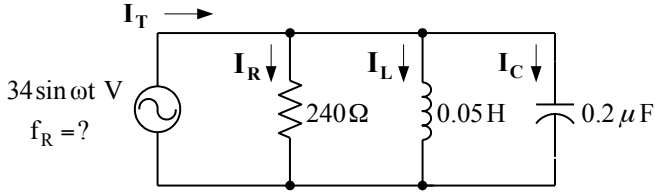
(1) ความถี่เรโซแนนซ์ (2) ค่า $\mathbf{B_C}$ และ $\mathbf{B_L}$

(3) แอดมิตแตนซ์รวมของวงจร (4) กระแสไฟฟ้ารวม และกระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแสและแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) 1,592.35Hz (2) $\mathbf{B_C} = 2\angle 90°$ mS, $\mathbf{B_L} = 2\angle -90°$ mS (3) $\mathbf{Y_T} = 4.16\angle 0°$ mS

(4) $\mathbf{I_T} = 100\angle 0°$ mA, $\mathbf{I_R} = 100\angle 0°$ mA , $\mathbf{I_L} = 48\angle -90°$ mA, $\mathbf{I_C} = 48\angle 90°$ mA



รูปที่ 10.23 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 8

9. จากวงจรในรูปที่ 10.24 ถ้าวงจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 1.5 kHz จงหา

(1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

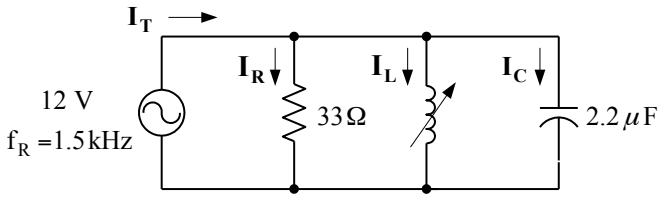
(2) ค่า $\mathbf{B_C}$ และ $\mathbf{B_L}$ และ แอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(3) กระแสไฟฟ้ารวม และกระแสที่ไหลแต่ละสาขา

(4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแสและแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $5.122\,\text{mH}$ (2) $\mathbf{B_C} = 20.72\angle 90°\ \text{mS}, \mathbf{B_L} = 20.72\angle -90°\ \text{mS}$ และ $\mathbf{Y_T} = 30.3\angle 0°\ \text{mS}$

(3) $\mathbf{I_T} = 360\angle 0°\ \text{mA}$, $\mathbf{I_R} = 360\angle 0°\ \text{mA}$, $\mathbf{I_L} = 240\angle -90°\ \text{mA}$, $\mathbf{I_C} = 240\angle 90°\ \text{mA}$



รูปที่ 10.24 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 9

10. จากวงจรในรูปที่ 10.25 ถ้าวงจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 10 kHz จงหาค่า

(1) ค่า C ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

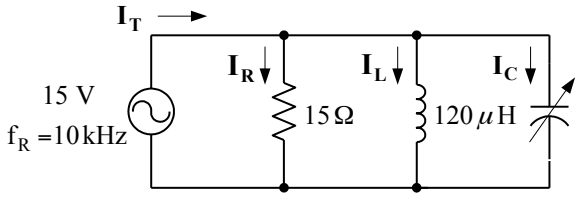
(2) ค่า $\mathbf{B_C}$ และ $\mathbf{B_L}$ และ แอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(3) กระแสไฟฟ้ารวม และกระแสที่ไหลแต่ละสาขา

(4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแสและแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) $2.112\,\mu\text{F}$ (2) $\mathbf{B_C} = 132.6\angle 90°\ \text{mS}, \mathbf{B_L} = 132.6\angle -90°\ \text{mS}$ และ $\mathbf{Y_T} = 66.6\angle 0°\ \text{mS}$

(3) $\mathbf{I_T} = 1\angle 0°\ \text{A}$, $\mathbf{I_R} = 1\angle 0°\ \text{A}$, $\mathbf{I_L} = 2\angle -90°\ \text{A}$, $\mathbf{I_C} = 2\angle 90°\ \text{A}$



รูปที่ 10.25 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 10

แบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยที่ 10 วงจรขนาน R-L-C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดไม่ถูกต้อง

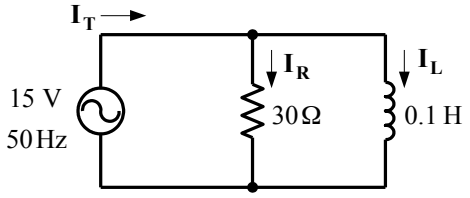
ก. $\mathbf{B_C} = \dfrac{1}{-\mathrm{j}X_\mathrm{C}} = \dfrac{1}{X_\mathrm{C}}\underline{/90^\circ}$ S

ข. $\mathbf{B_L} = \dfrac{1}{\mathrm{j}X_\mathrm{L}} = \dfrac{1}{X_\mathrm{L}}\underline{/90^\circ}$ S

ค. $\mathbf{G} = \dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R}\underline{/0^\circ}$ S

ง. ถูกทุกข้อ

จงวิเคราะห์วงจรในรูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถาม ข้อ 2-4



รูปที่ 1 วงจรขนาน R – L สำหรับคำถาม ข้อ 2-4

2. แอดมิตแตนซ์รวม มีค่าเท่าใด

ก. $46.69\underline{/-43.69^\circ}$ S

ข. $46.69\underline{/43.69^\circ}$ mS

ค. $46.69\underline{/43.69^\circ}$ S

ง. $46.69\underline{/-43.69^\circ}$ mS

3. กระแสไฟฟ้ารวม มีค่าเท่าใด

ก. $0.7\underline{/43.69^\circ}$ A

ข. $70\underline{/43.69^\circ}$ mA

ค. $0.7\underline{/-43.69^\circ}$ A

ง. $70\underline{/-43.69^\circ}$ mA

4. กระแสไฟฟ้า $\mathbf{I_L}$ มีค่าเท่าใด

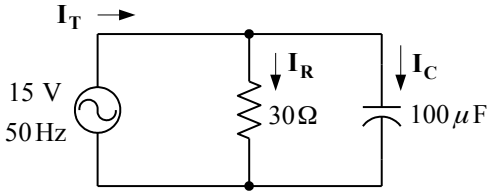
ก. $477\underline{/-90^\circ}$ mA

ข. $477\underline{/90^\circ}$ mA

ค. $47\underline{/-90^\circ}$ mA

ง. $47\underline{/90^\circ}$ mA

จงวิเคราะห์วงจรในรูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถาม ข้อ 5-7



รูปที่ 2 วงจรขนาน R – C สำหรับคำถาม ข้อ 5-7

5. แอดมิตแตนซ์รวม มีค่าเท่าใด

ก. $45.79\underline{/-43.29^\circ}$ S

ข. $45.79\underline{/-43.29^\circ}$ mS

ค. $45.79\underline{/43.29^\circ}$ S

ง. $45.79\underline{/43.29^\circ}$ mS

6. กระแสไฟฟ้ารวม มีค่าเท่าใด

ก. $649\angle -43.29°$ mA ข. $649\angle 43.29°$ mA

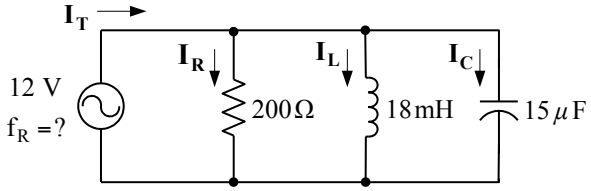
ค. $6.49\angle 43.29°$ A ง. $6.49\angle -43.29°$ A

7. กระแสไฟฟ้า $\mathbf{I}_C$ มีค่าเท่าใด

ก. $470\angle -90°$ mA ข. $47\angle -90°$ mA

ค. $470\angle 90°$ mA ง. $47\angle 90°$ mA

จงวิเคราะห์วงจรในรูปที่ 3 ใช้สำหรับคำถาม ข้อ 8-10



รูปที่ 3 วงจรขนาน R – L – C สำหรับคำถาม ข้อ 8-10

8. เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ ความถี่ f_R มีค่าเท่าใด

ก. 30.65 Hz ข. 3,065 Hz

ค. 3.06 Hz ง. 306.5 Hz

9. แอดมิตแตนซ์รวม มีค่าเท่าใด

ก. $50\angle 0°$ mS ข. $5\angle 0°$ mS

ค. $28.9\angle -90°$ mS ง. $28.9\angle 90°$ mS

10. กระแสไฟฟ้ารวม มีค่าเท่าใด

ก. $2.5\angle -90°$ A ข. $250\angle -90°$ mA

ค. $250\angle 0°$ mA ง. $250\angle 90°$ mA

เอกสารอ้างอิง

พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. วงจรไฟฟ้า 2 . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ. , 2546

นภัทร วัจนเทพินทร์. วิจิตร ศิลคุณ. ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ , 2543

มงคล ทองสงคราม . ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า2. กรุงเทพฯ : หจก. วี.เจ.พริ้นติ้ง , 2540

ไมตรี วรวุฒิจรรยากุล. ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 3 . กรุงเทพฯ : บริษัท ส. เอเชียเพรส (1989) จำกัด , 2554

สุภาภรณ์ แก้วศักดา. อิเล็กทรอนิกส์ 1. พิมพ์ครั้งที่ 9 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง , 2548

ศักดิ์ศรี น้อยไร่ภูมิ. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ , 2557

William H. Hayt , JR. Jack E. Kemmerly . **Engineering Circuit Analysis.** (5 th Ed.) Singapore. McGraw-Hill.1993

Charles K. Alexander Matthew N.O. Sadiku. **Fundamentals of Electric Circuits**. Second Edition Singapore. McGraw-Hill. 2004

Thomas L. Floyd . **Principles of Electric Circuits Conventional Current** Version. 7th. Ed. New Jersey. Prentice-Hall. 2003

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

ภาคผนวก

- เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- เฉลยแบบฝึกหัดท้ายหน่วย

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 10

1. ก	2. ค	3. ข	4. ง	5. ค	6. ก	7. ข	8. ค	9. ก	10. ข

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10

1. ข	2. ง	3. ค	4. ก	5. ง	6. ข	7. ค	8. ง	9. ข	10. ค

เฉลยแบบฝึกหัด

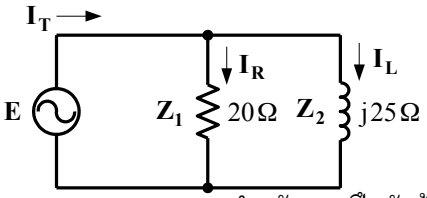
หน่วยที่ 10 วงจรขนาน R-L-C ในไฟฟ้ากระแสสลับ

1. จากวงจรในรูปที่ 10.16 ถ้า $\mathbf{E} = 100\angle 0°$ V จงหา

(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.16 วงจรขนาน R – L สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 1

วิธีทำ (1) ค่าแอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม จากสมการ $\mathbf{Y} = G - \mathrm{j}B_\mathrm{L}$

$$\mathbf{Y_1} = \mathbf{G} = \frac{1}{20\angle 0°\,\Omega} = 50\angle 0° \text{ mS} = (50 + \mathrm{j}0) \text{ mS}$$

$$\mathbf{Y_2} = \mathbf{B_L} = \frac{1}{X_\mathrm{L}\angle 90°} \text{ S} = \frac{1}{25\angle 90°\,\Omega} = 40\angle -90° \text{ mS} = (0 - \mathrm{j}40) \text{ mS}$$

$$\mathbf{Y_T} = (50 + \mathrm{j}0)\text{mS} + (0 - \mathrm{j}40)\text{mS} = (50 - \mathrm{j}40) \text{ mS}$$

แปลงให้อยู่ในรูปเชิงขั้ว $\mathbf{Y_T} = 64.03\angle -38.66° \text{ mS}$ .....**ตอบ**

ดังนั้น $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{64.03\angle -38.66° \text{ mS}} = 15.62\angle 38.66° \,\Omega$ .....**ตอบ**

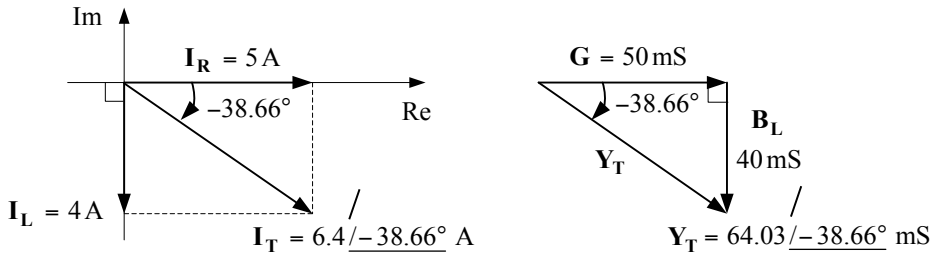
(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (100\angle 0° \text{ V})(64.03\angle -38.66° \text{ mS}) = 6.4\angle -38.66° \text{ A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (100\angle 0° \text{ V})(50\angle 0° \text{ mS}) = 5.0\angle 0° \text{ A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_L} = \mathbf{EB_L} = (100\angle 0° \text{ V})(40\angle -90° \text{ mS}) = 4.0\angle -90° \text{ A}$ .....**ตอบ**

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

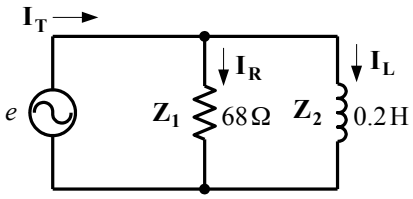


2. จากวงจรในรูปที่ 10.17 ถ้า $e = 141.44\sin(314t)$ V จงหา

(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.17 วงจรขนาน R – L สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 2

วิธีทำ (1) ค่าแอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม จากสมการ $\mathbf{Y} = G - \mathrm{j}B_\mathrm{L}$

$$\mathbf{G} = \frac{1}{68\angle 0^\circ\,\Omega} = 14.7\angle 0^\circ \text{ mS} = (14.7 + \mathrm{j}0)\text{ S}$$

$$X_\mathrm{L} = \omega L = (314)(0.2\,\mathrm{H}) = 62.8\ \Omega$$

$$\mathbf{B_L} = \frac{1}{62.8\angle 90^\circ\ \Omega} = 15.9\angle -90^\circ \text{ mS} = (0 - \mathrm{j}15.9)\text{ mS}$$

$$\mathbf{Y_T} = (14.7 + \mathrm{j}0)\,\text{mS} + (0 - \mathrm{j}15.9)\,\text{mS} = (14.7 - \mathrm{j}15.9)\text{ mS}$$

แปลงให้อยู่ในรูปเชิงขั้ว $\mathbf{Y_T} = 21.65\angle -47.24^\circ$ mS .....**ตอบ**

ดังนั้น $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{21.65\angle -47.24^\circ\text{ mS}} = 46.18\angle 47.24^\circ\ \Omega$ .....**ตอบ**

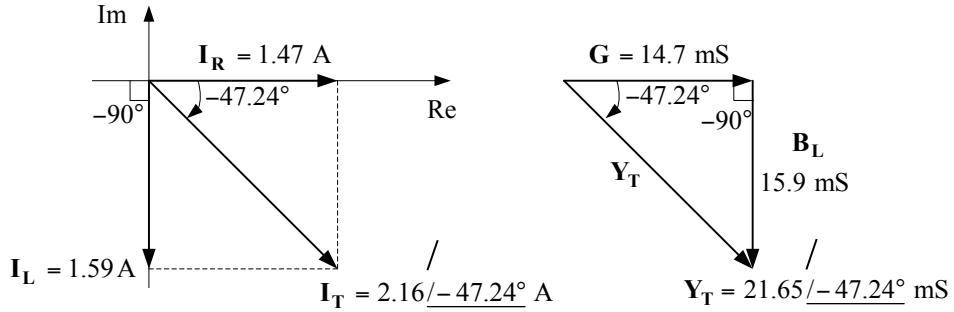
(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (100\angle 0^\circ\text{ V})(21.65\angle -47.24^\circ\text{ mS}) = 2.16\angle -47.24^\circ$ A .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (100\angle 0^\circ\text{ V})(14.7\angle 0^\circ\text{ mS}) = 1.47\angle 0^\circ$ A .....**ตอบ**

$\mathbf{I_L} = \mathbf{EB_L} = (100\angle 0^\circ\text{ V})(15.9\angle -90^\circ\text{ mS}) = 1.59\angle -90^\circ$ A .....**ตอบ**

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

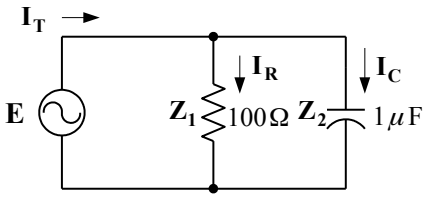


3. จากวงจรในรูปที่ 10.18 ถ้า $\mathbf{E} = 100\angle 0^\circ$ V , 1,000 Hz จงหาค่า

(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่าน แต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.18 วงจรขนาน R – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 3

วิธีทำ (1) ค่า แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม จากสมการ $\mathbf{Y_T} = (G + \mathrm{j}B_C)$ S

$$\mathbf{Z_2} = X_C = \frac{-\mathrm{j}}{2\pi \mathrm{f} C} = \frac{-\mathrm{j}}{(6.28)(1{,}000\,\mathrm{Hz})(1\times10^{-6}\,\mathrm{F})} = -\mathrm{j}159.15\ \Omega$$

$$\mathbf{Y_1} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} = \frac{1}{100\angle 0°\,\Omega} = 10\angle 0°\ \mathrm{mS} = (10 + \mathrm{j}0)\ \mathrm{mS}$$

$$\mathbf{Y_2} = \frac{1}{\mathbf{Z_2}} = \frac{1}{159.15\angle -90°\,\Omega} = 6.28\angle 90°\ \mathrm{mS} = (0 + \mathrm{j}6.28)\ \mathrm{mS} = \mathrm{j}\mathbf{B_C}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (10 + \mathrm{j}6.28)\ \mathrm{mS} = 11.80\angle 32.12°\ \mathrm{mS}$ .....**ตอบ**

และ $\mathbf{Z_T} = \frac{1}{\mathbf{Y_T}} = \frac{1}{11.80\angle 32.12°\,\mathrm{mS}} = 90.25\angle -32.12°\ \Omega$ .....**ตอบ**

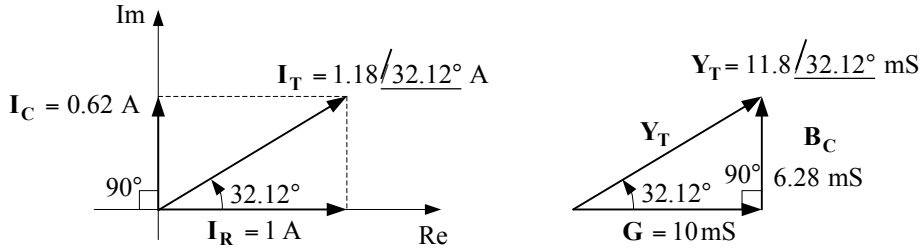
(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (100\angle 0°\ \mathrm{V})(11.8\angle 32.12°\ \mathrm{mS}) = 1.18\angle 32.12°\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EY_1} = (100\angle 0°\ \mathrm{V})(10\angle 0°\ \mathrm{mS}) = 1.0\angle 0°\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_C} = \mathbf{EY_2} = (100\angle 0°\ \mathrm{V})(6.28\angle 90°\ \mathrm{mS}) = 0.62\angle 90°\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

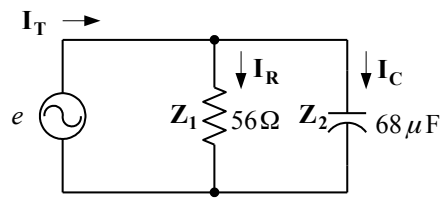


4. จากวงจรในรูปที่ 10.19 ถ้า $e = 311\sin(314t)$ V จงหาค่า

(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.19 วงจรขนาน R – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 4

วิธีทำ (1) ค่า แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม จากสมการ $\mathbf{Y_T} = (G + \mathrm{j}B_C)$ S

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

$$\mathbf{Z_2} = X_C = \frac{-\mathrm{j}}{\omega C} = \frac{-\mathrm{j}}{(314)(68\times10^{-6}\text{ F})} = -\mathrm{j}46.83\ \Omega$$

$$\mathbf{G} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} = \frac{1}{56\angle 0^\circ\Omega} = 17.8\angle 0^\circ \text{ mS} = (17.8 + \mathrm{j}0)\text{ mS}$$

$$\mathbf{B_C} = \frac{1}{\mathbf{Z_2}} = \frac{1}{46.83\angle -90^\circ\Omega} = 21.3\angle 90^\circ \text{ mS} = (0 + \mathrm{j}21.3)\text{ mS}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (17.8 + \mathrm{j}21.3)\text{ mS} = 27.75\angle 50.11^\circ$ mS .....**ตอบ**

และ $\mathbf{Z_T} = \frac{1}{\mathbf{Y_T}} = \frac{1}{27.75\angle 50.11^\circ \text{mS}} = 36.03\angle -50.11^\circ\ \Omega$ .....**ตอบ**

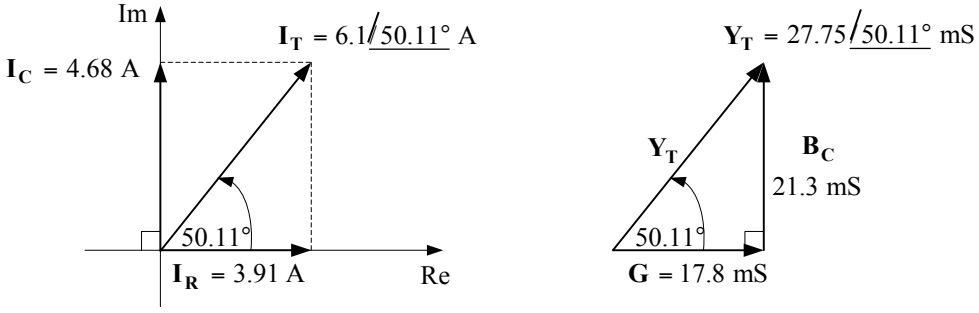
(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (220\angle 0^\circ \text{ V})(27.75\angle 50.11^\circ \text{ mS}) = 6.1\angle 50.11^\circ$ A .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (220\angle 0^\circ \text{ V})(17.8\angle 0^\circ \text{ mS}) = 3.91\angle 0^\circ$ A .....**ตอบ**

$\mathbf{I_C} = \mathbf{EB_C} = (220\angle 0^\circ \text{ V})(21.3\angle 90^\circ \text{ mS}) = 4.68\angle 90^\circ$ A .....**ตอบ**

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และสามเหลี่ยมแอดมิตแตนซ์

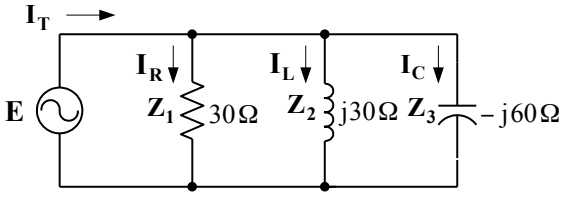


5. จากวงจรในรูปที่ 10.20 ถ้า $\mathbf{E} = 30\angle 0^\circ$ V จงหาค่า

(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.20 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 5

วิธีทำ(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม จากสมการ $\mathbf{Y_T} = (G + \mathrm{j}B_C - \mathrm{j}B_L)$ S

$$\mathbf{G} = \frac{1}{\mathbf{Z_1}} = \frac{1}{30\angle 0^\circ\Omega} = 33.3\text{ mS} = 33.3\angle 0^\circ \text{ mS}$$

$$\mathbf{B_L} = \frac{1}{\mathbf{Z_2}} = \frac{1}{30\angle 90°\ \Omega} = -\text{j}33.3\ \text{mS} = 33.3\angle -90°\ \text{mS}$$

$$\mathbf{B_C} = \frac{1}{\mathbf{Z_3}} = \frac{1}{60\angle -90°\ \Omega} = \text{j}16.6\ \text{mS} = 16.6\angle 90°\ \text{mS}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (33.3\ \text{mS}) - (\text{j}33.3\,\text{mS}) + (\text{j}16.6\ \text{mS}) = (33.3 - \text{j}16.6)\ \text{mS}$

หรือ $\mathbf{Y_T} = 37.2\angle -26.50°\ \text{mS}$ .....**ตอบ**

ดังนั้น $\mathbf{Z_T} = \frac{1}{\mathbf{Y_T}} = \frac{1}{37.2\angle -26.5°\ \text{S}} = 26.88\angle 26.50°\ \Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

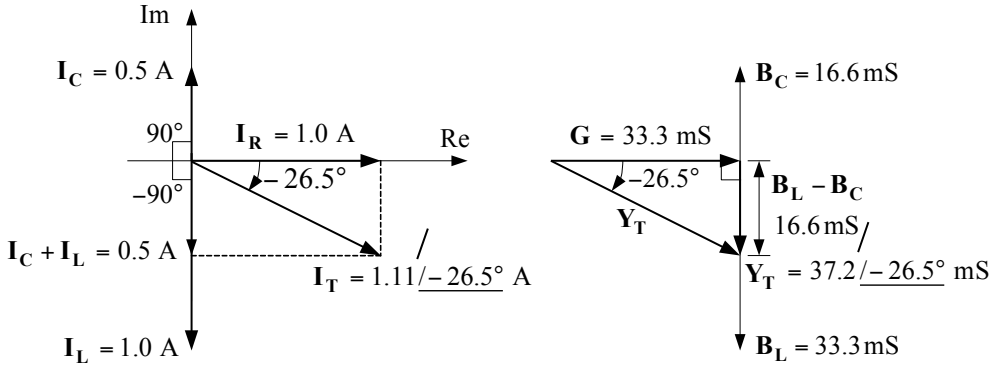
$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (30\angle 0°\ \text{V})(37.2\angle -26.5°\ \text{mS}) = 1.11\angle -26.5°\ \text{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (30\angle 0°\ \text{V})(33.3\angle 0°\ \text{mS}) = 1.0\angle 0°\ \text{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_L} = \mathbf{EB_L} = (30\angle 0°\ \text{V})(33.3\angle -90°\ \text{mS}) = 1.0\angle -90°\ \text{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_C} = \mathbf{EB_C} = (30\angle 0°\ \text{V})(16.67\angle 90°\ \text{mS}) = 0.5\angle 90°\ \text{A}$ .....**ตอบ**

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์

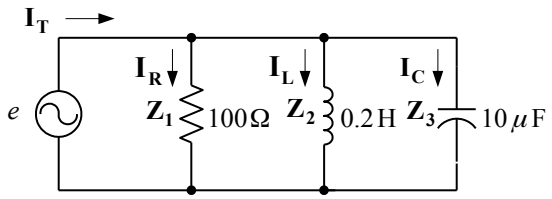


6. จากวงจรในรูปที่ 10.21 ถ้า $e = 170\sin(1{,}000\,t)$ V จงหาค่า

(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.21 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 6

วิธีทำ(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม จากสมการ $\mathbf{Y_T} = (G + \text{j}B_C - \text{j}B_L)\ \text{S}$

$X_L = \text{j}\omega L = \text{j}(1{,}000)(0.2\,\text{H}) = \text{j}200\ \Omega$ และ $X_C = \frac{-\text{j}}{\omega C} = \frac{-\text{j}}{(1{,}000)(10\times 10^{-6}\ \text{F})} = -\text{j}100\ \Omega$

$\mathbf{E} = (0.707)(170\ \text{V}) = 120\angle 0°\ \text{V}$ และ $\mathbf{G} = \frac{1}{R} = \frac{1}{100\ \Omega} = 10\ \text{mS} = 10\angle 0°\ \text{mS}$

$\mathbf{B_L} = \dfrac{1}{X_L} = \dfrac{1}{200\ \Omega} = -\mathrm{j}5\ \mathrm{mS}$ และ $\mathbf{B_C} = \dfrac{1}{X_C} = \dfrac{1}{100\ \Omega} = \mathrm{j}10\ \mathrm{mS}$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (10 - \mathrm{j}5 + \mathrm{j}10)\,\mathrm{mS} = (10 + \mathrm{j}5)\,\mathrm{mS} = 11.18\underline{/26.56^\circ}\ \mathrm{mS}$ .....**ตอบ**

และ $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{11.18\underline{/26.56^\circ}\ \mathrm{S}} = 89.44\underline{/-26.56^\circ}\ \Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

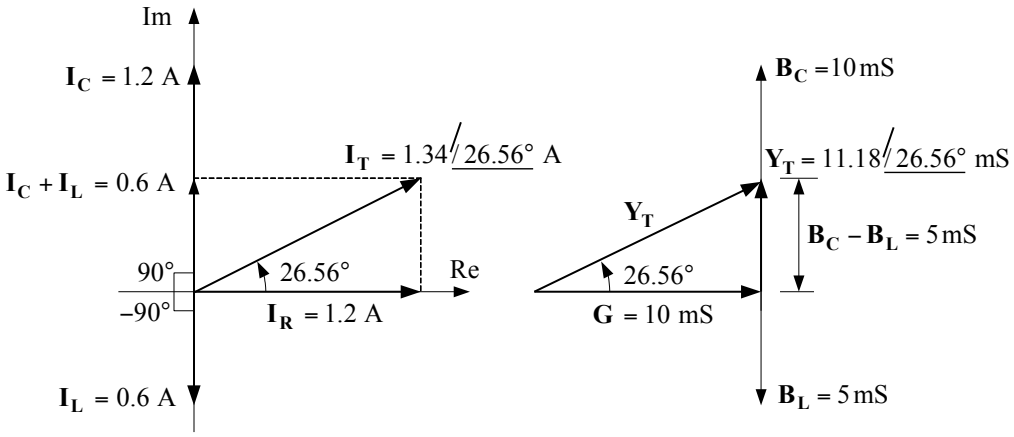
$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (120\underline{/0^\circ}\ \mathrm{V})(11.18\underline{/26.56^\circ}\ \mathrm{mS}) = 1.34\underline{/26.56^\circ}\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (120\underline{/0^\circ}\ \mathrm{V})(10\underline{/0^\circ}\ \mathrm{mS}) = 1.2\underline{/0^\circ}\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_L} = \mathbf{EB_L} = (120\underline{/0^\circ}\ \mathrm{V})(5\underline{/-90^\circ}\ \mathrm{mS}) = 0.6\underline{/-90^\circ}\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_C} = \mathbf{EB_C} = (120\underline{/0^\circ}\ \mathrm{V})(10\underline{/90^\circ}\ \mathrm{mS}) = 1.2\underline{/90^\circ}\ \mathrm{A}$ .....**ตอบ**

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์

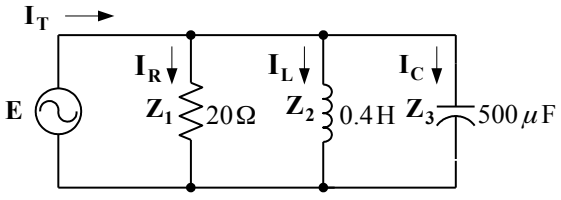


7. จากวงจรในรูปที่ 10.22 ถ้า $\mathbf{E} = 24\underline{/0^\circ}\ \mathrm{V}$, 50 Hz จงหาค่า

(1) อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(2) กระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา และกระแสไฟฟ้ารวม

(3) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแส และแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.22 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 7

วิธีทำ(1) แอดมิตแตนซ์รวม และ อิมพีแดนซ์รวม จากสมการ $\mathbf{Y_T} = (G + \mathrm{j}B_C - \mathrm{j}B_L)\ \mathrm{S}$

$\mathrm{j}X_L = \mathrm{j}\omega L = \mathrm{j}(50)(0.4\mathrm{H}) = \mathrm{j}20\ \Omega$ และ $\mathrm{j}X_C = \dfrac{-\mathrm{j}}{\omega C} = \dfrac{-\mathrm{j}}{(50)(500\times10^{-6}\ \mathrm{F})} = -\mathrm{j}40\ \Omega$

$\mathbf{G} = \dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{20\ \Omega} = 50\ \mathrm{mS} = 50\underline{/0^\circ}\ \mathrm{mS}$

$\mathbf{B_L} = \dfrac{1}{\mathrm{j}X_L} = \dfrac{1}{\mathrm{j}20\ \Omega} = -\mathrm{j}50\ \mathrm{mS}$ และ $\mathbf{B_C} = \dfrac{1}{-\mathrm{j}X_C} = \dfrac{1}{-\mathrm{j}40\ \Omega} = \mathrm{j}25\ \mathrm{mS}$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (50 + j25 - j50)\,\text{mS} = (50 - j25)\,\text{mS} = 55.9\angle -26.56^\circ\ \text{mS}$ .....**ตอบ**

และ $\mathbf{Z_T} = \dfrac{1}{\mathbf{Y_T}} = \dfrac{1}{55.9\angle -26.56^\circ\ \text{mS}} = 17.88\angle 26.56^\circ\ \Omega$ .....**ตอบ**

(2) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

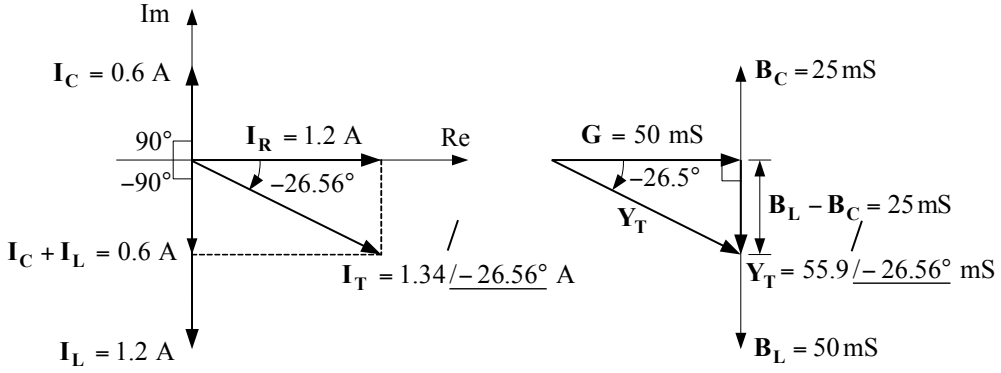
$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (24\angle 0^\circ\ \text{V})(55.9\angle -26.56^\circ\ \text{mS}) = 1.34\angle -26.56^\circ\ \text{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (24\angle 0^\circ\ \text{V})(50\angle 0^\circ\ \text{mS}) = 1.2\angle 0^\circ\ \text{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_L} = \mathbf{EB_L} = (24\angle 0^\circ\ \text{V})(50\angle -90^\circ\ \text{mS}) = 1.2\angle -90^\circ\ \text{A}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_C} = \mathbf{EB_C} = (24\angle 0^\circ\ \text{V})(25\angle 90^\circ\ \text{mS}) = 0.6\angle 90^\circ\ \text{A}$ .....**ตอบ**

(3) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์

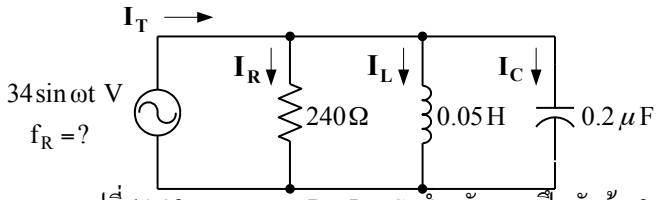


8. จากวงจรในรูปที่ 10.23 เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ จงหา

(1) ความถี่เรโซแนนซ์ (2) ค่า $\mathbf{B_C}$ และ $\mathbf{B_L}$

(3) แอดมิตแตนซ์รวมของวงจร (4) กระแสไฟฟ้ารวม และกระแสที่ไหลผ่านแต่ละสาขา

(5) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแสและแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.23 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 8

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

$f_R = \dfrac{0.159}{\sqrt{(0.05\text{H})(0.2\times 10^{-6}\ \text{F})}} = 1{,}592.35\ \text{Hz}$ .....**ตอบ**

(2) ค่า $\mathbf{B_L}$, $\mathbf{B_C}$

$X_L = 2\pi f L = (6.26)(1{,}592.35\text{Hz})(0.05\text{H}) = 500\ \Omega$

$X_C = \dfrac{1}{2\pi f C} = \dfrac{1}{(6.28)(1{,}592.35\text{Hz})(0.2\times 10^{-6}\ \text{F})} = 500\ \Omega$

$\mathbf{B_L} = \dfrac{1}{X_L} = \dfrac{1}{500\angle 90^\circ\ \Omega} = 2\angle -90^\circ\ \text{mS}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{B_C} = \dfrac{1}{X_C} = \dfrac{1}{500\angle -90^\circ\ \Omega} = 2\angle 90^\circ\ \text{mS}$ .....**ตอบ**

(3) ค่า $\mathbf{Y_T}$: จากสมการ $\mathbf{Y_T} = G + jB_C - jB_L$

$$\mathbf{G} = \frac{1}{R} = \frac{1}{240\ \Omega} = 4.16\ \text{mS} = 4.16\angle 0^\circ\ \text{mS}$$

ดังนั้น $\mathbf{Y_T} = (4.16 + j2 - j2)\text{mS} = 4.16\ \text{mS} = 4.16\angle 90^\circ\ \text{mS}$ .....**ตอบ**

(4) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$$\mathbf{E} = (0.707)(34\ \text{V}) = 24\angle 0^\circ\ \text{V}$$

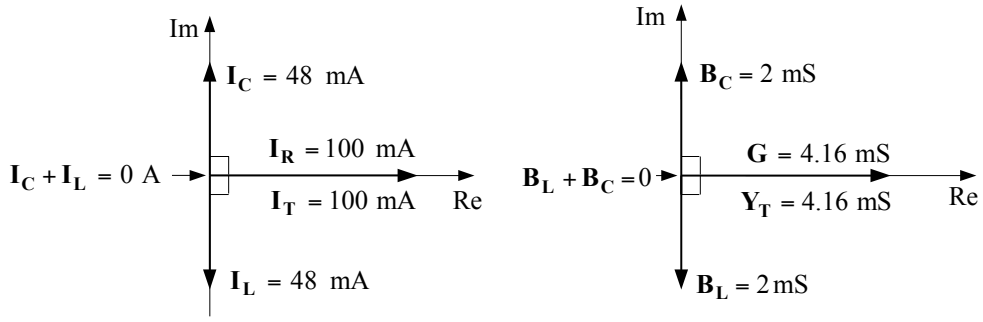
$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (24\angle 0^\circ\ \text{V})(4.16\angle 0^\circ\ \text{mS}) = 100\angle 0^\circ\ \text{mA}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (24\angle 0^\circ\ \text{V})(4.16\angle 0^\circ\ \text{mS}) = 100\angle 0^\circ\ \text{mA}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_L} = \mathbf{EB_L} = (24\angle 0^\circ\ \text{V})(2\angle -90^\circ\ \text{mS}) = 48\angle -90^\circ\ \text{mA}$ .....**ตอบ**

$\mathbf{I_C} = \mathbf{EB_C} = (24\angle 0^\circ\ \text{V})(2\angle 90^\circ\ \text{mS}) = 48\angle 90^\circ\ \text{A}$ .....**ตอบ**

(5) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



9. จากวงจรในรูปที่ 10.24 ถ้าวงจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 1.5 kHz จงหา

(1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

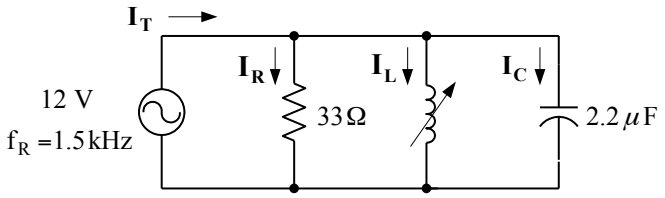
(2) ค่า $\mathbf{B_C}$ และ $\mathbf{B_L}$ และ แอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(3) กระแสไฟฟ้ารวม และกระแสที่ไหลแต่ละสาขา

(4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแสและแอดมิตแตนซ์

ตอบ. (1) 5.122 mH (2) $\mathbf{B_C} = 20.72\angle 90^\circ\ \text{mS}, \mathbf{B_L} = 20.72\angle -90^\circ\ \text{mS}$ และ $\mathbf{Y_T} = 30.3\angle 0^\circ\ \text{mS}$

(3) $\mathbf{I_T} = 360\angle 0^\circ\ \text{mA}$, $\mathbf{I_R} = 360\angle 0^\circ\ \text{mA}$, $\mathbf{I_L} = 240\angle -90^\circ\ \text{mA}$, $\mathbf{I_C} = 240\angle 90^\circ\ \text{mA}$



รูปที่ 10.24 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 9

วิธีทำ (1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ จากสมการ $L = \dfrac{1}{4\pi^2 f_R{}^2 C}$

$$L = \frac{1}{4(3.14)^2(1{,}500\,\text{Hz})^2(2.2\times 10^{-6}\,\text{F})^2} = 5.122\ \text{mH}$$ .....**ตอบ**

(2) ค่า $\mathbf{B_L}$, $\mathbf{B_C}$ และ $\mathbf{Y_T}$

$$X_L = 2\pi f_R L = (6.28)(1{,}500\,\text{Hz})(5.122\times10^{-3}\,\text{H}) = 48.25\,\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_R C} = \frac{1}{(6.28)(1{,}500\,\text{Hz})(2.2\times10^{-6}\,\text{F})} = 48.25\,\Omega$$

$$\mathbf{B_L} = \frac{1}{jX_L} = \frac{1}{j48.25\,\Omega} = -j0.0207\ \text{S} = 20.72\angle -90^\circ\ \text{mS}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{B_C} = \frac{1}{-jX_C} = \frac{1}{-j48.25\,\Omega} = j0.0207\ \text{S} = 20.72\angle 90^\circ\ \text{mS}$$ .....**ตอบ**

จากสมการ $\mathbf{Y_T} = G + jB_C - jB_L$

$$\mathbf{G} = \frac{1}{R} = \frac{1}{33\,\Omega} = 0.0303\ \text{S} = 30.3\angle 0^\circ\ \text{mS}$$

$$\mathbf{Y_T} = (30.3 + j20.72 - j20.72)\ \text{mS} = 30.3\angle 0^\circ\ \text{mS}$$ .....**ตอบ**

(3) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

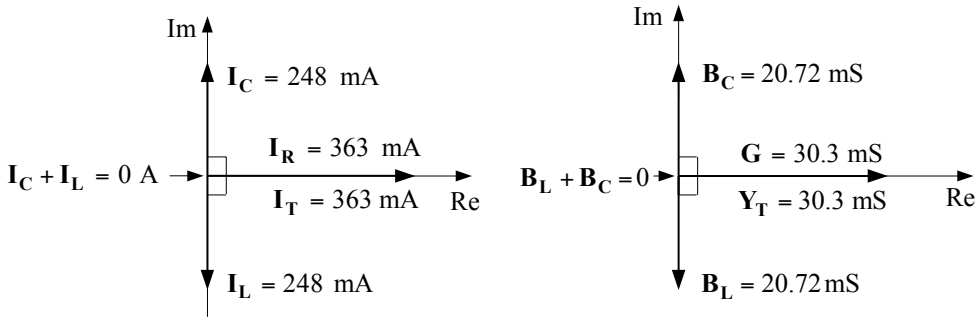
$$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (12\angle 0^\circ\ \text{V})(30.3\angle 0^\circ\ \text{mS}) = 363\angle 0^\circ\ \text{mA}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (12\angle 0^\circ\ \text{V})(30.3\angle 0^\circ\ \text{mS}) = 363\angle 0^\circ\ \text{mA}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_L} = \mathbf{EB_L} = (12\angle 0^\circ\ \text{V})(20.72\angle -90^\circ\ \text{mS}) = 248\angle -90^\circ\ \text{mA}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_C} = \mathbf{EB_C} = (12\angle 0^\circ\ \text{V})(20.72\angle 90^\circ\ \text{mS}) = 248\angle 90^\circ\ \text{mA}$$ .....**ตอบ**

(4) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์



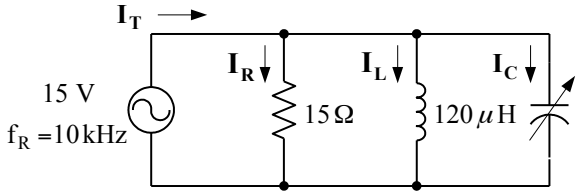
10. จากวงจรในรูปที่ 10.25 ถ้าวงจรตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์ที่ 10 kHz จงหาค่า

(1) ค่า C ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

(2) ค่า $\mathbf{B_C}$ และ $\mathbf{B_L}$ และ แอดมิตแตนซ์รวมของวงจร

(3) กระแสไฟฟ้ารวม และกระแสที่ไหลแต่ละสาขา

(4) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม ของกระแสและแอดมิตแตนซ์



รูปที่ 10.25 วงจรขนาน R – L – C สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 10

วิธีทำ (1) ค่า L ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ จากสมการ $C = \dfrac{1}{4\pi^2 f_R{}^2 L}$

$$C = \frac{1}{4(3.14)^2(10\times10^3\ \text{Hz})^2(120\times10^{-6}\ \text{H})^2} = 2.122\times10^{-6}\ \text{F}$$ .....**ตอบ**.

(2) ค่า $\mathbf{B_L}$, $\mathbf{B_C}$ และ $\mathbf{Y_T}$

$$X_L = 2\pi f_R L = (6.28)(10\text{kHz})(120\times10^{-6}\ \text{H}) = 7.54\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_R C} = \frac{1}{(6.28)(10\text{kHz})(2.112\times10^{-6}\ \text{F})} = 7.54\Omega$$

$$\mathbf{B_L} = \frac{1}{jX_L} = \frac{1}{j7.54\Omega} = -j0.1326\ \text{S} = 13.26\angle -90^\circ\ \text{mS}$$ .....**ตอบ**.

$$\mathbf{B_C} = \frac{1}{-jX_C} = \frac{1}{-j7.54\Omega} = j0.1326\ \text{S} = 13.26\angle 90^\circ\ \text{mS}$$ .....**ตอบ**

จากสมการ $\mathbf{Y_T} = G + jB_C - jB_L$

$$\mathbf{G} = \frac{1}{R} = \frac{1}{15\ \Omega} = 0.0666\ \text{S} = 6.66\angle 0^\circ\ \text{mS}$$

$$\mathbf{Y_T} = (6.66 + j13.26 - j13.26)\ \text{mS} = 6.66\angle 0^\circ\ \text{mS}$$ .....**ตอบ**

(3) กระแสไฟฟ้ารวม และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

$$\mathbf{I_T} = \mathbf{EY_T} = (15\angle 0^\circ\ \text{V})(6.66\angle 0^\circ\ \text{mS}) = 1\angle 0^\circ\ \text{A}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_R} = \mathbf{EG} = (15\angle 0^\circ\ \text{V})(6.66\angle 0^\circ\ \text{mS}) = 1\angle 0^\circ\ \text{A}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_L} = \mathbf{EB_L} = (15\angle 0^\circ\ \text{V})(13.26\angle -90^\circ\ \text{mS}) = 2\angle -90^\circ\ \text{A}$$ .....**ตอบ**

$$\mathbf{I_C} = \mathbf{EB_C} = (12\angle 0^\circ\ \text{V})(13.26\angle 90^\circ\ \text{mS}) = 2\angle 90^\circ\ \text{A}$$ .....**ตอบ**

(4) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกระแส และแอดมิตแตนซ์