

## แบบทดสอบก่อนเรียน

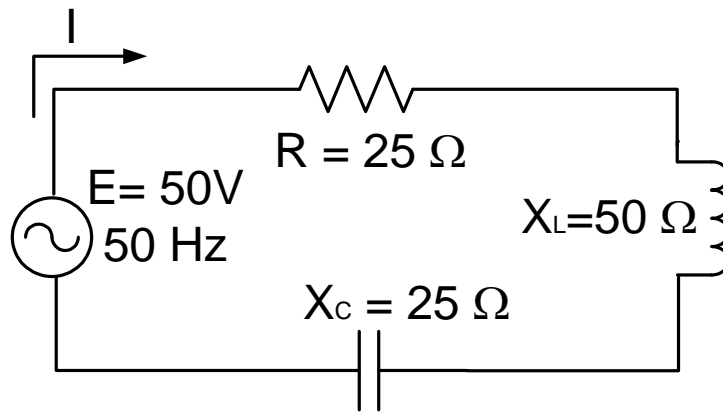
### หน่วยที่ 6 วงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

#### คำชี้แจง

- จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
  - แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 10 นาที
- วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ กระแสที่ไหลในวงจรทำมุมเท่ากับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ
    - กระแสที่ไหลในวงจรล่าหลังแรงดันแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $\theta$
    - กระแสที่ไหลในวงจรมำหน้าแรงดันแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $\theta$
    - กระแสที่ไหลในวงจรล่าหลังแรงดันแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $90^\circ$
    - กระแสที่ไหลในวงจรมำหน้าแรงดันแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $90^\circ$
  - วงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ค่า  $\theta$  เป็นมุมระหว่างค่าใด
    - แรงดันตกคร่อมรวมทั้งวงจรกับกระแสที่ไหลในวงจร
    - แรงดันตกคร่อมรวมทั้งวงจรกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ
    - แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานกับกระแสที่ไหลในวงจร
    - แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานกับแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ
  - วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้าค่า  $40 \Omega$  กับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ มีกระแสในวงจร  $2 \angle 30^\circ$  A อินดักทีฟรีแอกแตนซ์  $10 \Omega$  คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์  $20 \Omega$  จะค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ เท่าไร
    - $60 \angle 30^\circ$  V
    - $60 \angle -30^\circ$  V
    - $40 \angle -60^\circ$  V
    - $40 \angle 100^\circ$  V

4. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้าค่า  $40 \Omega$  กับขดลวดเหนี่ยวนำค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์  $25 \Omega$  และตัวเก็บประจุค่า คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์  $10 \Omega$  จะมีค่าอิมพีแดนซ์ในรูปของจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว (Polar Form) เท่าไร
- ก.  $10 + j20 \Omega$
  - ข.  $20 + j10 \Omega$
  - ค.  $42.72 \angle 20.55^\circ \Omega$
  - ง.  $30 \angle 90^\circ \Omega$
5. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้าค่า  $20 \Omega$  กับขดลวดเหนี่ยวนำค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์  $20 \Omega$  กับตัวเก็บประจุค่า คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์  $10 \Omega$  จะมีค่าอิมพีแดนซ์เท่าไร
- ก.  $30 \Omega$
  - ข.  $92.04 \Omega$
  - ค.  $10 \Omega$
  - ง.  $22.36 \Omega$
6. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีค่าอิมพีแดนซ์  $25 \Omega$  ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดัน  $100 \text{ V}$  จะมีค่ากระแสเท่าไร
- ก.  $100 \text{ A}$
  - ข.  $1600 \text{ A}$
  - ค.  $2.5 \text{ A}$
  - ง.  $4 \text{ A}$
7. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้าค่า  $40 \Omega$  กับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ มีค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร  $100 \Omega$  จะมีค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์เท่าไร
- ก.  $80$
  - ข.  $800$
  - ค.  $0.4$
  - ง.  $2$

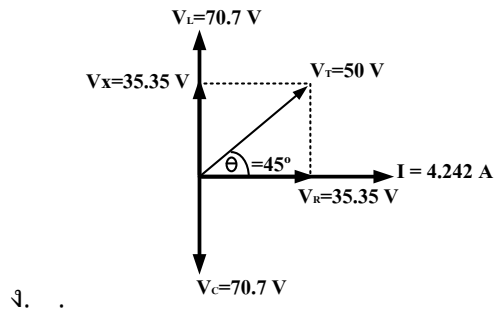
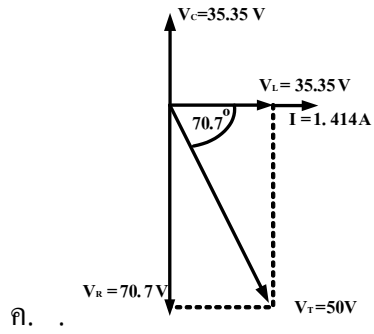
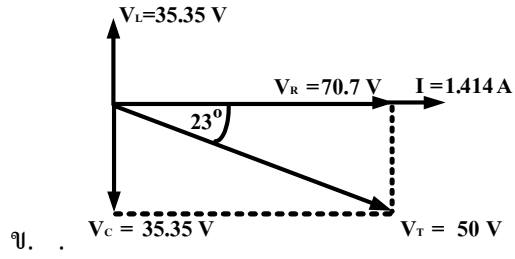
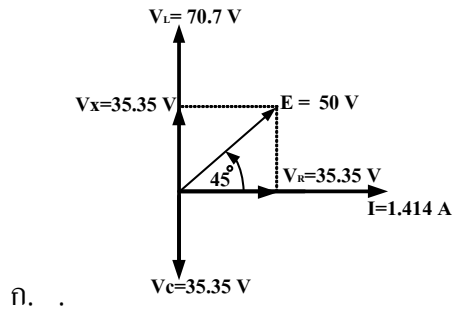
8. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ มีค่าแรงดันแหล่งจ่าย 120 V กระแสที่ไหลในวงจร 5 A และมีค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ 0.3 จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเท่าไร
- 150 W
  - 25 W
  - 100 W
  - 80 W



จากรูปนำไปใช้ตอบคำถามในข้อ 9 และข้อ 10

9. จากรูปมุมระหว่างกระแสที่ไหลในวงจรกับแรงดันที่จ่ายให้ในวงจรมีค่าเท่าใด
- $45^\circ$
  - $70.7^\circ$
  - $23^\circ$
  - $25^\circ$

10. ค่าที่คำนวณได้ในข้อ 9 สามารถนำมาเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้อย่างไร



กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของกระดาษคำตอบ

ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

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

สรุปผล

เต็ม	10
ได้	

เกณฑ์การประเมิน

- ทำแบบทดสอบได้ 9 - 10 คะแนน ระดับคุณภาพ ดีมาก
- ทำแบบทดสอบได้ 7 - 8 คะแนน ระดับคุณภาพ ดี
- ทำแบบทดสอบได้ 5 - 6 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้
- ทำแบบทดสอบได้ 0 - 4 คะแนน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง

## หน่วยที่ 6 วงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

### สาระสำคัญ

ในวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ คุณสมบัติคล้ายกับวงจรอนุกรมตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำ และวงจรอนุกรมตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ คือมีกระแสไหลในวงจรเท่ากันทั้งหมด และมีค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ( $V_R$ ) แรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ ( $V_L$ ) แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ ( $V_C$ ) ซึ่งถ้ารวมค่าแรงดันที่ตกคร่อมทั้งหมดทางเวกเตอร์เข้าด้วยกันจะมีค่าเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย ในการหาค่าแรงดันตกคร่อมในวงจรจะเริ่มจากการหาค่า อิมพีแดนซ์ของวงจร หาค่ากระแสที่ไหลในวงจรแล้วจึงหาค่าแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ จากนั้นจึงหาค่ากำลังไฟฟ้า

### สาระการเรียนรู้

- 6.1 คุณสมบัติพื้นฐานของวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ
- 6.2 ค่าแรงดันในวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ
- 6.3 ค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ
- 6.4 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ
- 6.5 ค่าเพาเวอร์เฟกเตอร์ ในวงจรอนุกรมตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ
- 6.6 ค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ
- 6.7 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

### จุดประสงค์การเรียนรู้

- 6.1 บอกคุณสมบัติพื้นฐานของวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง
- 6.2 คำนวณหาค่าแรงดันที่ตกคร่อมในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง
- 6.3 คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง
- 6.4 คำนวณหาค่ากระแสในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง
- 6.5 คำนวณค่าเพาเวอร์เฟกเตอร์ ในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง
- 6.6 คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง

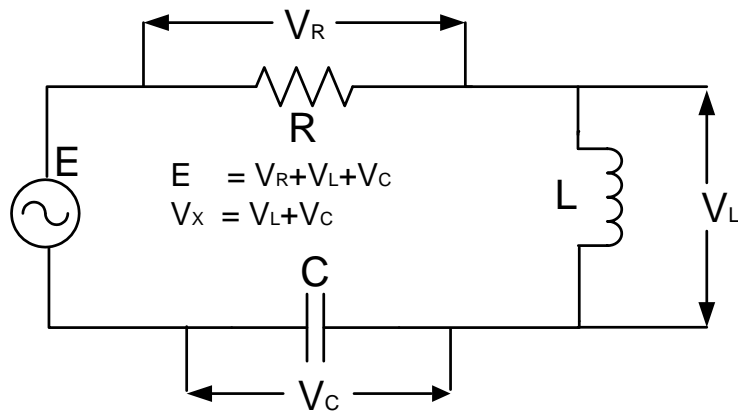
6.7 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุได้  
ถูกต้อง

6.8 เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมจากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดได้ถูกต้อง

## เนื้อหาสาระ

## 6.1 คุณสมบัติพื้นฐานของวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

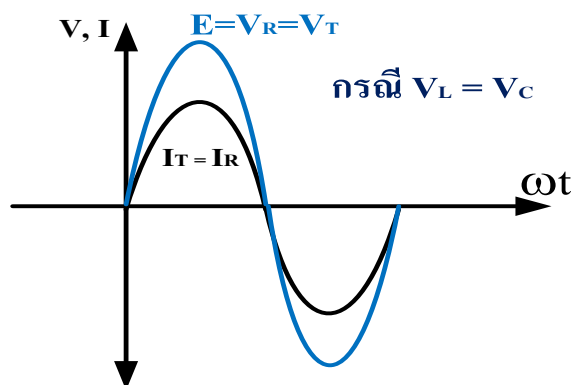
จากวงจรตามรูปที่ 6.1 เป็นลักษณะของวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ โดย  $E$  คือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงวงจร โดยค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานเราจะเรียก  $V_R$  แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เราเรียก  $V_C$  แรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำเราจะเรียก  $V_L$  โดยค่าแรงดันรวมที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำ เราจะเรียกว่า  $V_x$  ในส่วนค่าแรงดันตกคร่อมรวมทั้งวงจร (แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำ) จะเรียกว่า  $V_T$  ซึ่งจะมีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงวงจร ตามกฎของ KVL และค่ามุมต่างเฟสที่เกิดขึ้นระหว่าง  $I$  และ  $V_T$  เราจะใช้ค่าสัญลักษณ์  $\theta$



รูปที่ 6.1 วงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

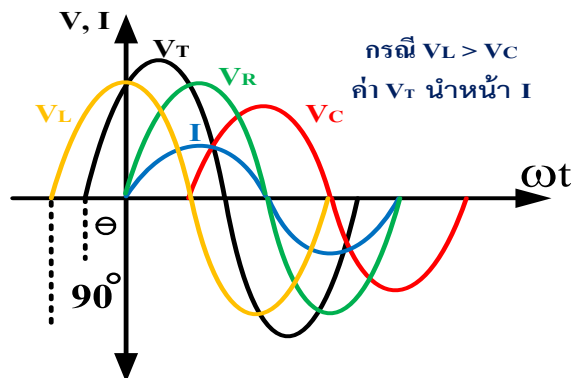
จากรูปที่ 6.1 ถ้าเราเขียนแสดงรูปสัญญาณรูปคลื่นของค่าพารามิเตอร์ภายในวงจรจะสามารถแสดงได้ 3 กรณี ด้วยกัน คือ

กรณีที่ 1 ถ้าค่าแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ ( $V_L$ ) เท่ากับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ ( $V_C$ ) เนื่องจากแรงดันทั้ง 2 มีเฟสตรงข้ามกันจึงเกิดการหักล้างกันหมด เหลือแต่แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ( $V_R$ ) ทำให้มีค่าเท่ากับค่าแรงดันรวม ( $V_T$ ) และมีเฟสร่วมกับแหล่งจ่าย แสดงดังรูปที่ 6.2

รูปที่ 6.2 แสดงค่ารูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากรณี  $V_L = V_C$

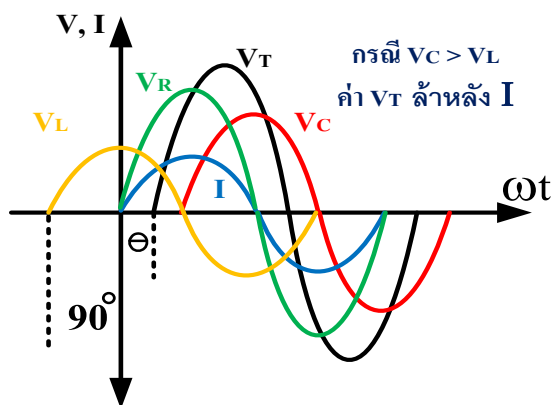


กรณีที่ 2 ถ้าค่าแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำมากกว่า แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ จะทำให้ค่ามุม  $\theta$  มีค่าเป็นบวก ค่าแรงดันรวม( $V_T$ ) จะนำหน้าค่ากระแสไฟฟ้าภายในวงจร แสดงดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 แสดงค่ารูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากรณี  $V_L > V_C$

กรณีที่ 3 ถ้าค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมากกว่า แรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ จะทำให้ค่ามุม  $\theta$  มีค่าเป็นลบ ค่าแรงดันรวม( $V_T$ ) จะล่าช้าค่ากระแสไฟฟ้าภายในวงจร แสดงดังรูปที่ 6.4

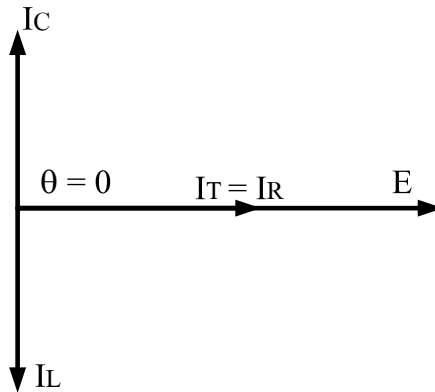


รูปที่ 6.4 แสดงค่ารูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากรณี  $V_C > V_L$

## 6.2 ค่าแรงดันที่ตกคร่อมในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

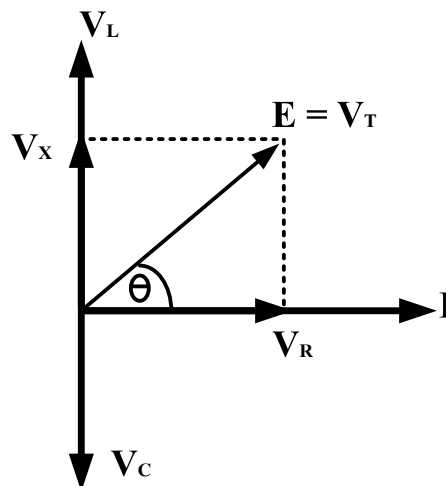
จากค่าแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันภายในวงจร เรายังสามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของเฟสเซอร์ไดอะแกรม จะสามารถแสดงได้ 3 กรณี ด้วยเช่นกัน คือ

กรณีที่ 1  $V_L$  เท่ากับ  $V_C$  ถ้าค่าแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ จะทำให้ค่ามุม  $\theta$  มีค่าเป็น 0 ค่าแรงดันรวม( $V_T$ ) มีค่าเท่ากับแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ( $V_R$ ) และมีทิศทางเดียวกันกับค่ากระแสไฟฟ้าภายในวงจร แสดงดังรูป ที่ 6.5



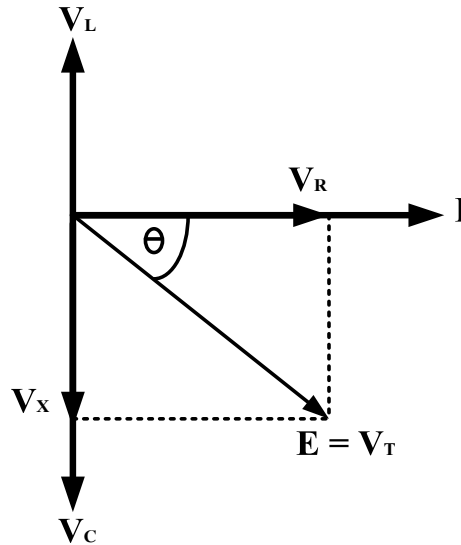
รูปที่ 6.5 แสดงค่าทางเฟสเซอร์ไดอะแกรมกรณี  $V_L = V_C$

กรณีที่ 2 ถ้าค่าแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำมากกว่า แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ จะทำให้ค่ามุม  $\theta$  มีค่าเป็นบวก ค่าแรงดันรวม( $V_T$ ) จะนำหน้าค่ากระแสไฟฟ้าภายในวงจร แสดงดังรูป ที่ 6.6



รูปที่ 6.6 แสดงค่าทางเฟสเซอร์ไดอะแกรมกรณี  $V_L > V_C$

กรณีที่ 3 ถ้าค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมากกว่า แรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ จะทำให้ค่ามุม  $\theta$  มีค่าเป็นลบ ค่าแรงดันรวม ( $V_T$ ) จะล้าหลังค่ากระแสไฟฟ้าภายในวงจร แสดงดังรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 แสดงค่าทางเฟสเซอร์ไดอะแกรมกรณี  $V_C > V_L$

จากรูปที่ 6.7 สามารถหาค่าแรงดัน  $V_X$  คือค่าแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุได้ดังสมการ

สมการที่ 6-1

$$V_X = V_L + (-V_C) \quad (6-1)$$

สมการที่ 6-2

$$V_X = V_L - V_C \quad (6-2)$$

เมื่อ

$V_X$  = ค่าแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

$V_L$  = แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

$V_C$  = แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

จากรูปที่ 6.6 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นว่าแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ ( $V_L$ ) มีค่าสูงกว่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ ทำให้ค่าแรงดันรวมที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ( $V_X$ ) มีทิศทางไปในทางของแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ ( $V_L$ )

จากรูปที่ 6.7 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นว่าค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ ( $V_C$ ) มีค่าสูงกว่าแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ ( $V_L$ ) ทำให้ค่าผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุและแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ ( $V_L$ ) มีทิศทางไปในทางของแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ ( $V_C$ )

เราจะเห็นว่าค่าเฟสเซอร์ของแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ( $V_R$ ) ค่าแรงดันรวมที่ตกคร่อมตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ ( $V_C$ ) และค่าแรงดันตกคร่อมรวมทั้งวงจร ( $V_T$ ) จะอยู่ในรูปแบบของสามเหลี่ยมทฤษฎีบาปีทาгорัส

**สมการที่ 6-3**

$$V_T^2 = V_R^2 + V_X^2 \quad (6-3)$$

จากสมการที่ 6-3 หากต้องการหาค่า  $V_T$  จะสามารถเขียนได้เป็น

**สมการที่ 6-4**

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_X^2} \quad (6-4)$$

เมื่อ

$V_T$  = ผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อมในวงจร มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

$V_R$  = แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

$V_X$  = แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

### 6.3 การหาค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

ค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรคือผลรวมของค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นของขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ขณะที่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปในวงจร ซึ่งค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นในขดลวดเหนี่ยวนำเรียกว่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ ( $X_L$ ) และค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นในตัวเก็บประจุเราเรียกว่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ ( $X_C$ ) ในการหา ค่าอิมพีแดนซ์ ดังสมการ

**สมการที่ 6-5**

$$X_T = X_L + (-X_C) \quad (6-5)$$

**สมการที่ 6-6**

$$X_T = X_L - X_C \quad (6-6)$$

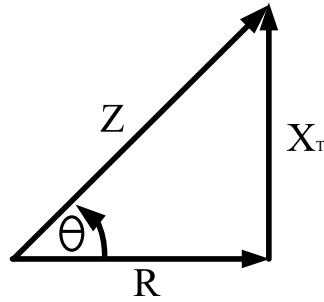
เมื่อ

$X_T$  = ผลรวมของอินดักทีฟรีแอกแตนซ์กับคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์

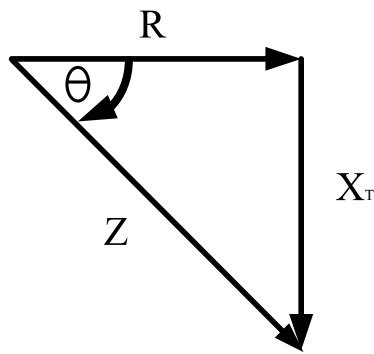
$X_L$  = อินดักทีฟรีแอกแตนซ์

$X_C$  = คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์

และเมื่อได้ค่า  $X_T$  แล้วจะสามารถหาค่าอิมพีแดนซ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 อิมพีแดนซ์ไคอะแกรมเมื่อ  $V_L$  มากกว่า  $V_C$



รูปที่ 6.9 อิมพีแดนซ์ไคอะแกรมเมื่อ  $V_L$  น้อยกว่า  $V_C$

รูปที่ 6.6 และ 6.7 จะได้อิมพีแดนซ์ไคอะแกรมตามรูปที่ 6.8 และ 6.9 โดยสามารถหาค่าอิมพีแดนซ์ได้ดัง สมการที่ 6-7

สมการที่ 6-7

$$Z = \sqrt{R^2 + X_T^2} \tag{6-7}$$

เมื่อ

$Z$  = อิมพีแดนซ์ของวงจร มีหน่วยเป็น โอห์ม

$R$  = ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม

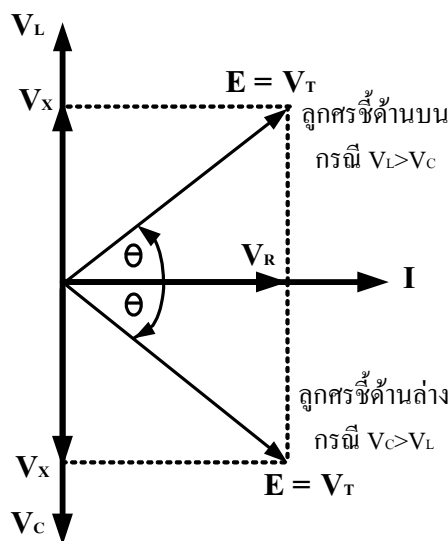
$X_T$  = ผลรวมของอินดักทีฟรีแอกแตนซ์กับคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ มีหน่วยเป็น โอห์ม

#### 6.4 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

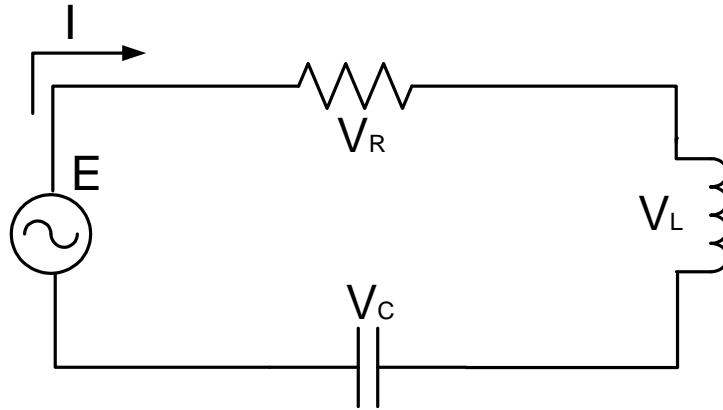
วงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ภายในวงจรจะมีคุณลักษณะเช่นเดียวกับวงจรอนุกรม คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลจะมีค่าเท่ากันทั้งวงจร โดยจะมีมุมเท่ากับกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ( $V_R$ ) แต่จะมีมุมล้าหลังแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ ( $V_L$ ) อยู่ 90 องศา แต่จะมีมุมนำหน้าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ ( $V_C$ ) อยู่ 90 องศา และจะมีมุมล้าหลังหรือนำหน้าแรงดันตกคร่อมระหว่างขดลวดเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุ ( $V_X$ ) อยู่ 90 องศา ขึ้นอยู่กับว่าค่า  $V_L$  หรือ  $V_C$  มากกว่ากัน สามารถสรุปได้ดังนี้

- I จะมีมุมเท่ากับ  $V_R$
- I จะมีมุมล้าหลัง  $V_L$  90 องศา
- I จะมีมุมนำหน้า  $V_C$  90 องศา
- I จะมีมุมล้าหลัง  $V_X$  90 องศา (กรณี  $V_L > V_C$ )
- I จะมีมุมนำหน้า  $V_X$  90 องศา (กรณี  $V_C > V_L$ )

แสดงความสัมพันธ์ของมุมระหว่างค่ากระแสไฟฟ้า กับค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ( $V_R$ ) กับค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ ( $V_C$ ) และแรงดันตกคร่อมระหว่างขดลวดเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุ ( $V_X$ ) ได้ในรูปแบบของเฟสเซอร์ไดอะแกรมดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 เฟสเซอร์ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ของค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 6.11 กระแสที่ไหลภายในวงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

โดยเราสามารถหาค่ากระแสที่ไหลอยู่ภายในวงจรอนุกรมตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุได้จากสูตร ดังสมการที่ 6-8

$$I = \frac{E}{Z} \quad (6-8)$$

เมื่อ

$E$  = แหล่งจ่าย มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

$Z$  = อิมพีแดนซ์ของวงจร มีหน่วยเป็น โอห์ม ( $\Omega$ )

$I$  = ค่ากระแสไฟฟ้าภายในวงจร มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

### 6.5 ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor) ในวงจรอนุกรมตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำ

ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor) หรือเรียกโดยย่อว่าค่า PF คือ ตัวประกอบกำลังหรือปัจจัยที่ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง

จากรูปที่ 6.8 และรูปที่ 6.9 สามารถหา Power Factor (PF) และมุม  $\theta$  ได้จากสมการที่ 6-9 และสมการที่ 6-10

สมการที่ 6-9

$$\cos\theta = \frac{R}{Z} \quad (6-9)$$

เมื่อ

$\cos\theta$  = ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ (PF)

$R$  = ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน มีหน่วยเป็นโอห์ม ( $\Omega$ )

$Z$  = อิมพีแดนซ์ของวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม ( $\Omega$ )

## สมการที่ 6-10

$$\theta = \cos^{-1} \frac{R}{Z} \quad (6-10)$$

เมื่อ

$\theta$  = มุมต่างเฟสของกระแสกับ  $V_T$  มีหน่วยเป็นองศา ( $^{\circ}$ )

$R$  = ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน มีหน่วยเป็นโอห์ม ( $\Omega$ )

$Z$  = อิมพีแดนซ์ของวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม ( $\Omega$ )

## 6.6 ค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

ค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุนั้นสามารถหาได้จากผลคูณของค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรกับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย และเนื่องจากจะมีค่าต่างเฟสที่เกิดขึ้นระหว่างกระแสและแรงดันจึงต้องนำเอาค่าต่างเฟสที่เกิดขึ้นไปคูณ

## สมการที่ 6-11

$$P = EI \cos\theta \quad (6-11)$$

เมื่อ

$P$  = กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

$E$  = แรงดันแหล่งจ่าย มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

$I$  = กระแสที่ไหลในวงจร มีหน่วยเป็นแอมป์ (A)

$\cos\theta$  = ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ (PF)

## 6.7 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

วิธีคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรอนุกรมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ ตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะมีความคล้ายคลึงกับอนุกรมตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำ และอนุกรมตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ แต่ส่วนที่เพิ่มขึ้นมา คือต้องหาค่าแรงดัน  $V_X$  ที่เป็นผลรวมของแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุ ก่อนเป็นลำดับแรก และจึงนำผลที่ได้ไปรวมกับ ค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทานจึงได้เป็น  $V_T$  โดยมีลำดับขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าอินดักติฟรีแอกแตนซ์และคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร

ขั้นตอนที่ 3 หาค่ากระแสที่ไหลในวงจร

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ( $V_R$ ) ขดลวดเหนี่ยวนำ ( $V_L$ ) และตัวเก็บประจุ

( $V_C$ ) ค่าแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ( $V_X$ )

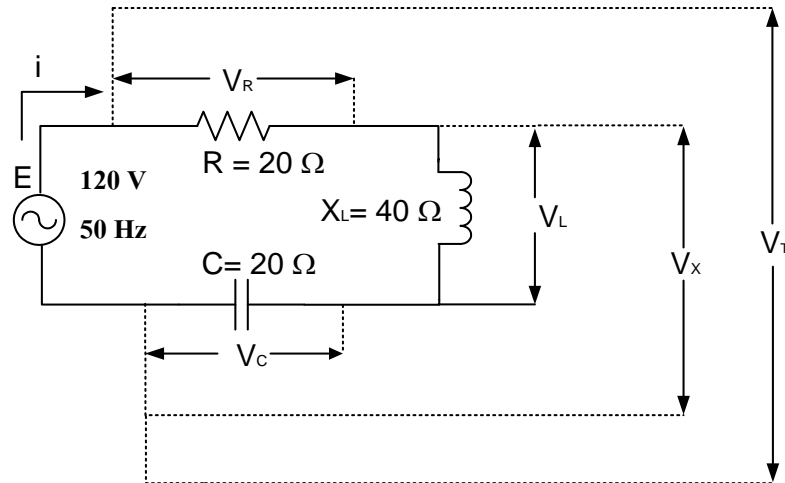


ขั้นตอนที่ 5 หาค่าพาวเวอร์เฟกเตอร์

ขั้นตอนที่ 6 หาค่ากำลังไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 7 หาค่าเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

ตัวอย่างที่ 6-1 จากรูป จงหาค่าดังต่อไปนี้ อิมพีแดนซ์ กระแส แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ค่าพาวเวอร์เฟกเตอร์ ค่ามุมระหว่างกระแสกับแรงดันรวม ค่ากำลังไฟฟ้าพร้อมทั้งเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



รูปที่ 6.12 วงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

วิธีทำ

หาค่า ผลรวมของอินดักทีฟรีแอกแตนซ์กับคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ ( $X_T$ ) จากสมการ

$$X_T = X_L - X_C$$

เมื่อ

$$X_L = 40 \Omega \quad X_C = 20 \Omega$$

$$X_T = 40 - 20$$

$$= 20 \Omega$$

หาค่า อิมพีแดนซ์ จากสมการ

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

เมื่อ

$$R = 20 \Omega$$

$$X_T = 20 \Omega$$

$$Z = \sqrt{20^2 + 20^2}$$

$$= 28.284 \Omega$$

หาค่า กระแส จากสมการ

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

เมื่อ

$$E = 120 \text{ V}$$

$$Z = 28.284 \ \Omega$$

$$I = \frac{120}{28.284} \\ = 4.242 \text{ A}$$

หาค่า แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

$$V_R = I \times R = 4.242 \times 20 = 84.84 \text{ V}$$

$$V_L = I \times X_L = 4.242 \times 40 = 169.68 \text{ V}$$

$$V_C = I \times X_C = 4.242 \times 20 = 84.84 \text{ V}$$

$$V_X = I \times X_T = 4.242 \times 20 = 84.84 \text{ V}$$

หาค่า แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานรวม( $V_T$ ) จากสมการ

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

เมื่อ

$$V_R = 84.84 \text{ V}$$

$$V_X = 84.84 \text{ V}$$

$$V_T = \sqrt{84.84^2 + 84.84^2} \\ = 119.98 \text{ V}$$

$$\approx 120 \text{ V}$$

หาค่า พาวเวอร์แฟคเตอร์ จากสมการ

$$\text{Cos}\theta = \frac{R}{Z}$$

เมื่อ

$$R = 20 \ \Omega$$

$$Z = 28.284 \ \Omega$$

$$\text{Cos}\theta = \frac{20}{28.284} = 0.7071$$

หาค่า มุม  $\theta$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{R}{Z} = \cos^{-1} 0.7071 = 45^\circ$$

หาค่า กำลังไฟฟ้า จากสมการ

$$P = EI \cos\theta$$

เมื่อ

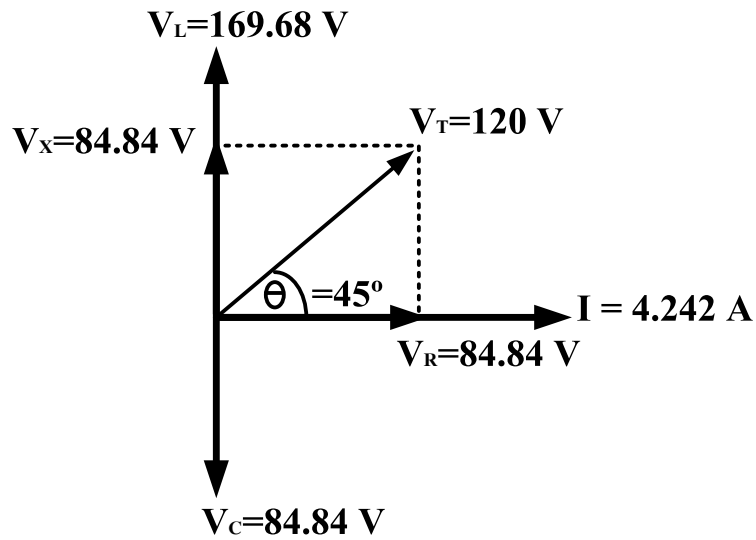
$$E = 120 \text{ V}$$

$$I = 4.242 \text{ A}$$

$$\cos\theta = 0.7071$$

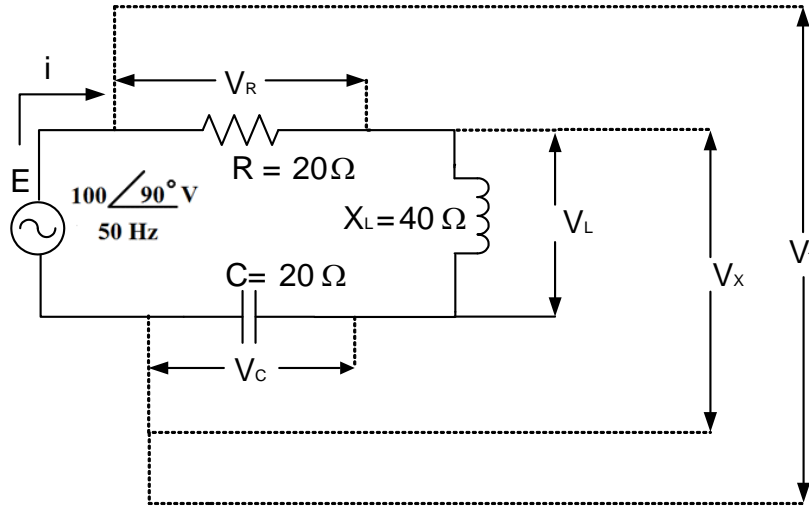
$$P = 120 \times 4.242 \times 0.7071 = 360 \text{ W}$$

เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



ตอบ

ตัวอย่างที่ 6-2 จากรูป จงหาค่าดังต่อไปนี้ อิมพีแดนซ์ กระแส แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ ค่ามุมระหว่างกระแสกับแรงดันรวม ค่ากำลังไฟฟ้าพร้อมทั้งเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



รูปที่ 6.13 วงจรอนุกรมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

วิธีทำ

เขียนค่าความต้านทาน อินดักทีฟรีแอกแตนซ์และ ค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ ในรูปสมการเชิงซ้อน

$$R = 20 \angle 0^\circ \Omega = 20 + j0 \Omega$$

$$X_L = 40 \angle 90^\circ \Omega = 0 + j40 \Omega$$

$$X_C = 20 \angle -90^\circ \Omega = 0 - j20 \Omega$$

หาค่า ผลรวมของอินดักทีฟรีแอกแตนซ์กับคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ ( $X_T$ ) จากสมการ

$$X_T = X_L + X_C$$

แทนค่า

$$X_L = 0 + j40 \Omega$$

$$X_C = 0 - j20 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_T &= (0 + j40) + (0 - j20) \\ &= 0 + j20 \Omega \end{aligned}$$

หาค่า อิมพีแดนซ์ จากสมการ

$$Z = R + jX_T$$

แทนค่า

$$R = 20 + j0 \Omega$$

$$X_T = 0 + j20 \Omega$$

$$\begin{aligned} Z &= (20 + j0) + (0 + j20) \\ &= (20 + j20) \quad \Omega \\ &= 28.284 \angle 45^\circ \quad \Omega \end{aligned}$$

หาค่า กระแส จากสมการ

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

แทนค่า

$$\begin{aligned} E &= 100 \angle 90^\circ \quad \text{V} \\ Z &= 28.284 \angle 45^\circ \quad \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{100 \angle 90^\circ}{28.284 \angle 45^\circ} \\ &= 3.536 \angle 45^\circ \quad \text{A} \end{aligned}$$

หาค่า แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

$$\begin{aligned} V_R &= I \times R = (3.536 \angle 45^\circ) \times (20 \angle 0^\circ) = 70.72 \angle 45^\circ \quad \text{V} \\ V_L &= I \times X_L = (3.536 \angle 45^\circ) \times (40 \angle 90^\circ) = 141.44 \angle 135^\circ \quad \text{V} \\ V_C &= I \times X_C = (3.536 \angle 45^\circ) \times (20 \angle -90^\circ) = 70.72 \angle -45^\circ \quad \text{V} \\ V_X &= I \times X_T = (3.536 \angle 45^\circ) \times (20 \angle 90^\circ) = 70.72 \angle 135^\circ \quad \text{V} \\ V_T &= I \times Z = (3.536 \angle 45^\circ) \times (28.284 \angle 45^\circ) = 100 \angle 90^\circ \quad \text{V} \end{aligned}$$

หาค่า พาวเวอร์แฟคเตอร์ จากสมการ

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

แทนค่า

$$\begin{aligned} R &= 20 \quad \Omega \\ Z &= 28.284 \quad \Omega \end{aligned}$$

$$\cos\theta = \frac{20}{28.284} = 0.7071$$

หาค่า มุม  $\theta$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{R}{Z} = \cos^{-1} 0.7071 = 45^\circ$$

หาค่า กำลังไฟฟ้า จากสมการ

$$P = EI \cos\theta$$

แทนค่า

$$E = 100 \text{ V}$$

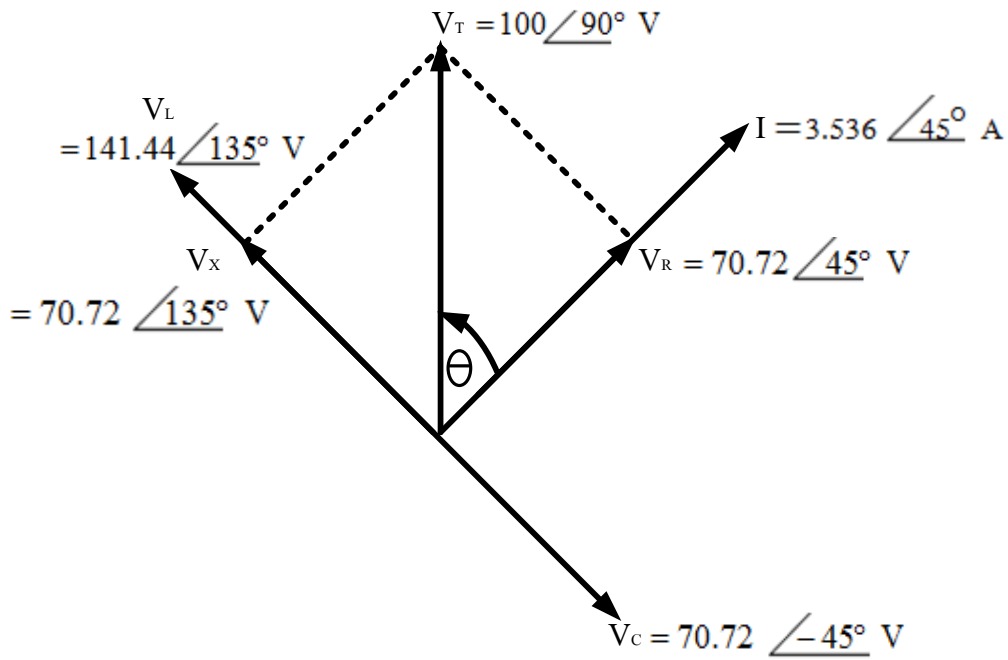
$$I = 3.536 \text{ A}$$

$$\cos\theta = 0.7071$$

$$P = 100 \times 3.536 \times 0.7071$$

$$= 250.03 \text{ W}$$

เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



ตอบ

### สรุปสาระสำคัญ

วิธีคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรอนุกรมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ ตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะมีความคล้ายกลับวงจรอนุกรมตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำและวงจรอนุกรมตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ

แรงดันที่ตกคร่อมในวงจรจะประกอบด้วย แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน( $V_R$ ) แรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ( $V_L$ ) แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ( $V_C$ ) ผลรวมค่าแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุ( $V_X$ ) และผลรวมค่าแรงดันตกคร่อมทั้งวงจร ( $V_T$ ) ซึ่งจะมีค่าเท่าแหล่งจ่าย

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ภายในวงจรสามารถหาได้จากนำค่าแรงดันของแหล่งจ่ายที่จ่ายให้กับวงจรหารกับค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร

ค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์ภายในวงจรสามารถหาได้จากการนำเอาค่าความต้านทาน หารกับค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร

ค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรอนุกรมตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำสามารถ หาได้จากผลคูณของแรงดันของแหล่งจ่าย กับกระแสที่ไหลในวงจรและคูณด้วยค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์

เฟสเซอร์ไดอะแกรม จะประกอบด้วยค่าแรงดันที่ตกคร่อมอยู่ภายในวงจร และกระแสที่ไหลอยู่ภายในวงจร ซึ่งจะมีการทำมุมกันระหว่างค่าแรงดันรวมภายในวงจรกับกระแสภายในวงจร โดยค่ามุมจะเป็นบวกเมื่อแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำมากกว่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ และค่ามุมจะเป็นลบเมื่อแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมากกว่าแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ

## แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

คำชี้แจงแบบฝึกหัด มีทั้งหมด 2 ตอน

ตอนที่ 1 เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดและทำเครื่องหมาย X ในกระดาษคำตอบ

- แบบฝึกหัดมี 10 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที

1. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำทำมุมเท่าไรกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ

- ก. แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำอินเฟสกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ
- ข. แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำนำหน้าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $90^\circ$
- ค. แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำล่าหลังแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $90^\circ$
- ง. แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำนำหน้าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $180^\circ$

2. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานทำมุมเท่าไรกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ

- ก. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานอินเฟสกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ
- ข. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานนำหน้าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $90^\circ$
- ค. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานล่าหลังแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $90^\circ$
- ง. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานล่าหลังแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ เป็นมุม  $180^\circ$

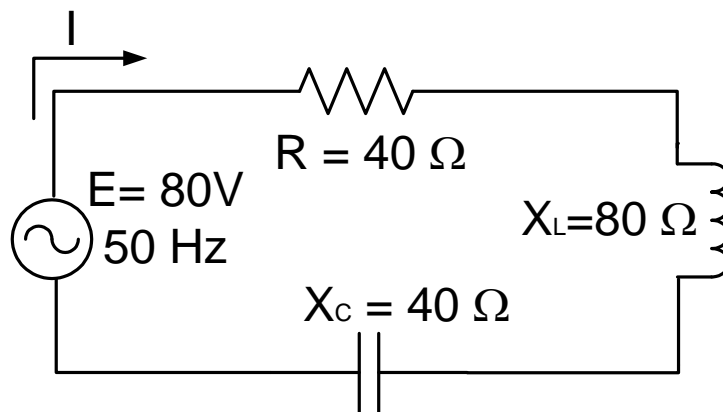
3. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ มีค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน 15 V แรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ 20 V และแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ 10 V จะมีค่าแรงดันที่แหล่งจ่ายเท่าไร

- ก. 18 V
- ข. 24 V
- ค. 12 V
- ง. 6 V



4. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้าค่า  $20 \Omega$  กับขดลวดเหนี่ยวนำค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์  $25 \Omega$  และตัวเก็บประจุค่า คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์  $20 \Omega$  จะมีค่าอิมพีแดนซ์ในรูปของจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว (Polar Form) เท่าไร
- $20.61 \angle 14.03^\circ \Omega$
  - $30 \angle 90^\circ \Omega$
  - $10 + j20 \Omega$
  - $20 + j10 \Omega$
5. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้าค่า  $50 \Omega$  กับขดลวดเหนี่ยวนำค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์  $25 \Omega$  กับตัวเก็บประจุค่า คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์  $25 \Omega$  จะมีค่าอิมพีแดนซ์เท่าไร
- $7.07 \Omega$
  - $22.36 \Omega$
  - $30.50 \Omega$
  - $52.04 \Omega$
6. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ มีค่าอิมพีแดนซ์  $200 \Omega$  ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดัน  $50 \text{ V}$  จะมีค่ากระแสเท่าไร
- $25 \text{ uA}$
  - $250 \text{ uA}$
  - $250 \text{ mA}$
  - $40 \text{ A}$
7. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้าค่า  $60 \Omega$  กับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ มีค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร  $100 \Omega$  จะมีค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์เท่าไร
- $0.4$
  - $0.6$
  - $0.8$
  - $80$

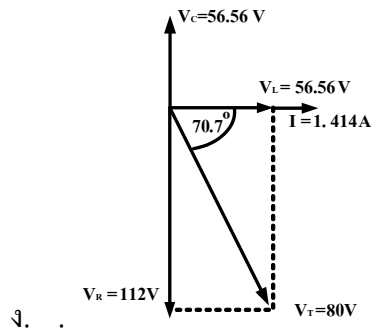
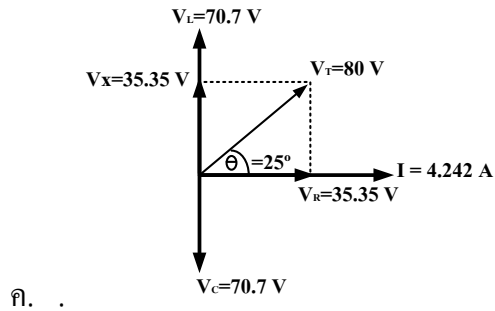
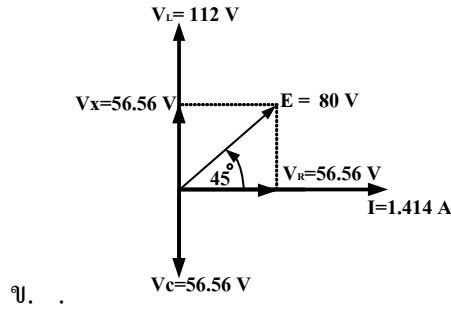
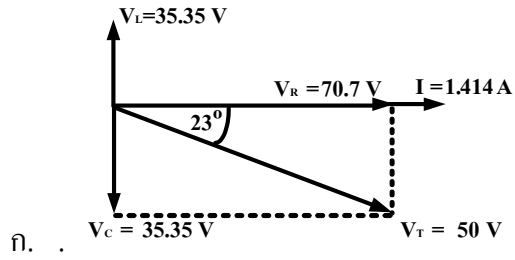
8. วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ มีค่าแรงดันแหล่งจ่าย 150 V กระแสที่ไหลในวงจร 5 A และมีค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ 0.75 จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเท่าไร
- 100 W
  - 180 W
  - 250 W
  - 600 W



จากรูปนำไปใช้ตอบคำถามในข้อ 9 และข้อ 10

9. จากรูปมุมระหว่างกระแสที่ไหลในวงจรกับแรงดันที่จ่ายให้ในวงจรมีค่าเท่าใด
- $23^\circ$
  - $25^\circ$
  - $45^\circ$
  - $70.7^\circ$

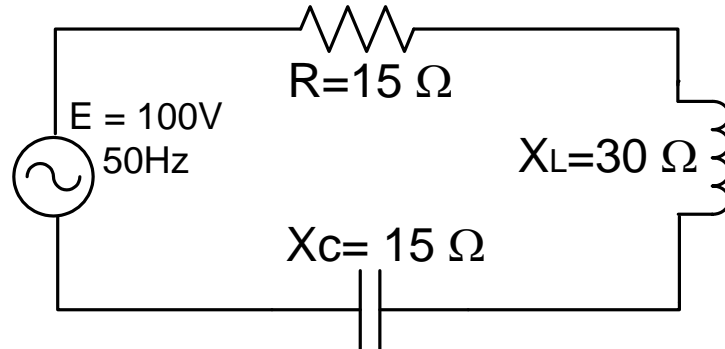
10. ค่าที่คำนวณได้ในข้อ 9 สามารถนำมาเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้อย่างไร



ตอนที่ 2 แบบฝึกหัดมี 2 ข้อ เวลา 10 นาที

- แสดงวิธีทำอย่างเป็นลำดับพร้อมทั้ง เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

1. จากรูป จงหาค่าอิมพีแดนซ์ กระแส แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ ค่ามุม  $\theta$  พร้อมทั้งเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม



2. จากรูป จงหาค่าอิมพีแดนซ์ กระแส แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ ค่ามุม  $\theta$  พร้อมทั้งเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

