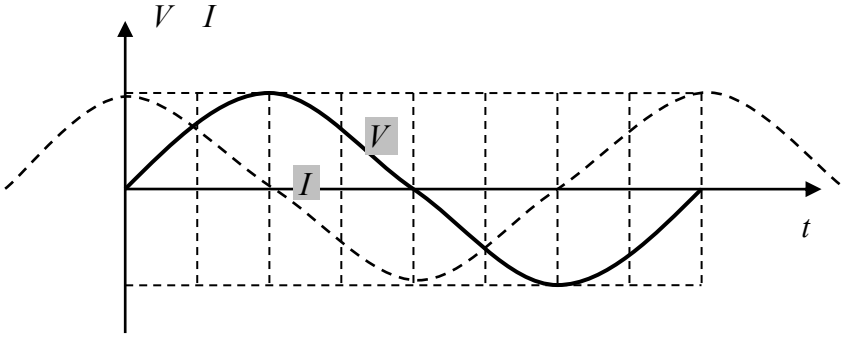
ปฏิบัติการที่ 8 การหาค่าอิมพีแดนซ์ กำลังไฟฟ้า และมุมเฟสในวงจร RLC

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถหาค่าอิมพีแดนซ์ กำลังไฟฟ้า และมุมเฟสในวงจร RLC แบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

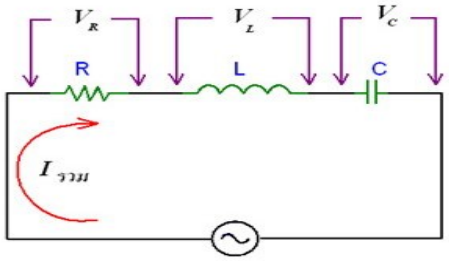
ทฤษฎี

ไฟฟ้าสลับ เป็นไฟฟ้าที่ทั้งแรงดันและกระแสเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศเทียบกับเวลาตลอดเวลา ดังรูป



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงแรงดันและกระแสเทียบกับเวลา

เมื่อนำตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุหรือขดลวดเหนี่ยวนำไปต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า $E = E_0 \sin \omega t$ จะมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์ดังกล่าวมากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของอุปกรณ์และความต่างศักย์ที่ใช้ ซึ่งรูปแบบวงจรในการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ไปเชื่อมต่อเป็นวงจร มีทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน โดยวงจร RLC แบบอนุกรม มีลักษณะดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การต่อ RLC แบบอนุกรม

คุณสมบัติของวงจร RLC แบบอนุกรม มีดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งกำเนิด (I) กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน (I_R) กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L) และกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเก็บประจุ (I_C) จะเท่ากันตามสมการ

$$I = I_R = I_L = I_C \qquad (1)$$

2. ความต่างศักย์รวมของวงจร (V) เท่ากับผลรวมตามหลักเฟสเซอร์ (ตามรูปที่ 3 ก) ของความต่างศักย์ของตัวต้านทาน (V_R) ความต่างศักย์ของตัวเหนี่ยวนำ (V_L) และความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุ (V_C)

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

3. ความต้านทานรวมของวงจร (Z) เท่ากับผลรวมตามหลักเฟสเซอร์ (ตามรูป 3 ข) ของความต้านทาน

ของตัวต้านทาน (R) ความต้านทานของตัวเหนี่ยวนำหรือขดลวดเหนี่ยวนำ (X_L) และความต้านทานของตัวเก็บประจุ (X_C)

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \tag{3}$$

โดยตัวเก็บประจุและขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่าความต้านทานต่อกระแสสลับที่เรียกว่า รีแอคแตนซ์ (reactance) สำหรับขดลวดเหนี่ยวนำค่าความต้านทานจะเรียกว่า รีแอคแตนซ์ของขดลวดเหนี่ยวนำ (inductive reactance, X_L) ซึ่งขึ้นกับค่าความเหนี่ยวนำ (inductance) และอัตราการเปลี่ยนแปลงกระแสหรือความถี่

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \tag{4}$$

และค่าความต้านทานของตัวเก็บประจุ เรียกว่า รีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุ (capacitive reactance, X_C) ซึ่งขึ้นกับค่าตัวเก็บประจุและความถี่

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \tag{5}$$

กลุ่มของค่าความต้านทาน (R) รีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุ (X_C) และรีแอคแตนซ์ของขดลวดเหนี่ยวนำ (X_C) เรียกว่า ค่าอิมพีแดนซ์ (impedance, Z)

$$E = ZI \tag{6}$$

เมื่อ E แทน ความต่างศักย์ของแหล่งจ่ายไฟ

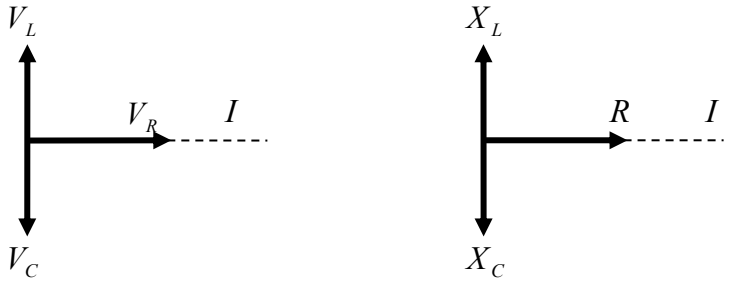
Z แทน ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร

I แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

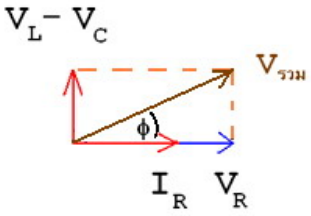
L แทนความนำของตัวเหนี่ยวนำ ในหน่วยเฮนรี่ (H)

C แทนความจุของตัวเก็บประจุ ในหน่วยฟารัด (F)

f แทนความถี่ของไฟฟ้าสลับ ในหน่วยเฮิร์ซ (Hz)



(ก) (ข)



รูปที่ 3 แผนภาพเฟสเซอร์ของวงจรอนุกรม RLC

4. มุมเฟส Ø และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) \quad (7)$$

$$P = IV\cos\phi \quad (8)$$

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. AC Power Supply 1 เครื่อง
2. ตัวต้านทาน ขนาด 100 Ω
3. ขดลวดเหนี่ยวนำ 40 mH
4. ตัวเก็บประจุ ขนาด 100 μF
5. มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า

1. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 1
2. ใช้ R = 100 Ω, 40 mH และ C = 100 μF โดยจ่ายแรงดัน 6 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ตามลำดับ
3. ปรับดิจิตอลมิเตอร์ให้เป็น AC Voltmeter สเกลทศนิยมไม่น้อยกว่า 2 ตำแหน่ง นำไปวัดความต่างศักย์ทั้งวงจร (V) วัดความต่างศักย์ตัวต้านทาน (V_R) วัดความต่างศักย์ตัวเหนี่ยวนำ (V_L) และความต่างศักย์ตัวเก็บประจุ (V_C)
4. ปรับดิจิตอลมิเตอร์ตัวเดิมให้เป็น AC Ammeter ในหน่วย mA สเกลทศนิยมไม่น้อยกว่า 2 ตำแหน่ง นำไปวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งกำเนิด (I) วัดกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน (I_R) วัดกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L) และวัดกระแสที่ผ่านตัวเก็บประจุ (I_C)
5. หาความต้านทานของตัวต้านทาน ตามสมการ $R = \frac{V_R}{I_R}$ บันทึกผล

6. นำค่าความต่างศักย์ของตัวเหนี่ยวนำ (V_L) ซึ่งวัดได้ตามข้อ 3 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L) ซึ่งวัดได้ตามข้อ 4 มาหาความต้านทานของตัวเหนี่ยวนำ ตามสมการ $X_L = \frac{V_L}{I_L}$ บันทึกผล

7. นำค่าความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุ (V_C) ซึ่งวัดได้ตามข้อ 3 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ (I_C) ซึ่งวัดได้ตามข้อ 4 มาหาความต้านทานของตัวเก็บประจุ ตามสมการ $X_C = \frac{V_C}{I_C}$ บันทึกผล

8. นำค่า R, X_L และ X_C มาบวกกันตามหลักเฟสเซอร์ ตามรูป 3 ข เพื่อหาค่าความต้านทานรวมของวงจร (Z) บันทึกผล

9. คำนวณหามุมเฟส θ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P

<u>รายงานผลปฏิบัติการที่ 8 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ</u>

วัน.....ที่..... เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

<u>รายชื่อสมาชิกผู้ร่วมทำปฏิบัติการ</u>

1. .....รหัส..... 2. .....รหัส.....

3. .....รหัส..... 4. .....รหัส.....

5. .....รหัส..... 6. .....รหัส.....

บันทึกผลการทดลอง

ค่าที่ใช้ R = 100 Ω, 40 mH, C = 100 μF, f = 50 kHz และ V = ... Volt

V_R = ... (.....), V_L = ... (.....), V_C = ... (.....)

I_R = ... (.....), I_L = ... (.....), I_C = ... (.....)

$R = \frac{V_R}{I_R} =$ .....=..... $X_L = \frac{V_L}{I_L} =$ .....=.....

$X_C = \frac{V_C}{I_C} =$ .....=.....

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

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

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย $P = IV\cos\theta$ =.....=.....

สรุปผลการทดลอง

ค่ากระแส I , I_R, I_L และ I_C เป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

.....

เมื่อเปรียบเทียบความต่างศักย์รวมจากการวัด และจากการคำนวณด้วยหลักเฟสเซอร์ ได้ผลเป็นอย่างไร

.....

.....

เมื่อความต้านทานรวม (Z) จากการวัด และจากการคำนวณด้วยหลักเฟสเซอร์ ได้ผลเป็นอย่างไร

.....

.....