

ใบความรู้ที่ 11 พารามิเตอร์ของไฟฟ้ากระแสสลับ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายพารามิเตอร์ของรูปคลื่นได้
2. อธิบายลักษณะของวงจรเมื่อมีเฉพาะตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้
3. อธิบายลักษณะของวงจรเมื่อมีเฉพาะตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียวได้
4. อธิบายลักษณะของวงจรเมื่อมีเฉพาะตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียวได้
5. คำนวณวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้
6. คำนวณวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียวได้
7. คำนวณวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียวได้

เนื้อหาสาระ

1. พารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์

1.1 ความต้านทาน (Resistance) จะทำหน้าที่ต่อต้านหรือต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลได้สะดวก เขียนแทนด้วยตัวอักษร R มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

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

1.2 ความนำไฟฟ้า (Conductance) หมายถึง สภาพการยินยอมของตัวต้านทานที่จะให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ มีค่าเป็นส่วนกลับของความต้านทาน เขียนแทนด้วยตัวอักษร G มีหน่วยเป็นซีเมนส์ (Siemens; S)

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

1.3 อิมพีแดนซ์ (Impedance) หมายถึง ความต้านทานรวมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เขียนแทนด้วยตัวอักษร Z มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω) มีค่าเท่ากับแรงดันที่จ่ายให้วงจรหารด้วยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน

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

1.4 โหลดหรือภาระ (Load) คือภาระทางไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท

- 1.4.1 โหลดประเภทตัวต้านทาน (Resistance ; R)
- 1.4.2 โหลดประเภทตัวเหนี่ยวนำ (Inductor ; L)
- 1.4.3 โหลดประเภทตัวเก็บประจุ (Capacitor ; C)

1.5 แอดมิตแตนซ์ (Admittance) หมายถึง ความนำเชิงซ้อนในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ มีค่าเท่ากับ กระแสหารด้วยแรงดันไฟฟ้า เขียนด้วยตัวอักษร Y

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

หรือ

$$Y = \frac{1}{Z}$$

1.6 รีแอกแตนซ์ (Reactance) หมายถึง ความต้านทานจินตภาพ (แนวแกนตั้ง) เขียนแทนด้วยตัวอักษร X มีหน่วยเป็นโอห์ม แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.6.1 อินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (Inductive Reactance) เขียนแทนด้วยตัวอักษร XL

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

1.6.2 คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (Capacitive Reactance) เขียนแทนด้วยตัวอักษร Xc

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

1.7 ซัสเซพแตนซ์ (Susceptance) หมายถึง ความนำจินตภาพโดยสามารถเก็บสะสมพลังงานไว้ได้ เขียนแทนด้วยตัวอักษร B มีหน่วยเป็น (Siemens ; S) แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.7.1 อินดักทีฟซัสเซพแตนซ์ (Inductive Susceptance)

$$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{I}{V_L}$$

1.7.2 คาปาซิทีฟซัสเซพแตนซ์ (Capacitive Susceptance)

$$B_C = \frac{1}{X_C} = \frac{I}{V_C}$$

2. ตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว (Pure Resistor) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (Voltage Drop) ตามกฎของโอห์ม คือ $V_R = IR$ คุณลักษณะของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว มีดังนี้

2.1 อิมพีแดนซ์มีค่าเท่ากับค่าความต้านทาน คือ $Z = R$ มีหน่วยเป็นโอห์ม ซึ่งถือว่าเป็นอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำสุด เพราะมีเฉพาะ R เพียงอย่างเดียว

2.2 กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นพร้อมกัน มุมเฟสจึงมีค่าเป็นศูนย์ เพาเวอร์แฟกเตอร์จึงมีค่าเท่ากับ 1 (เพราะ $\cos 0^\circ = 1$)

2.3 ค่าแอดมิตแตนซ์จะมีค่าเท่ากับค่าความนำ คือ $Y = G$ มีหน่วยเป็นซีเมนส์ (Siemens ; S)

2.4 กำลังไฟฟ้าจะเป็นกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Power) เขียนแทนด้วยอักษร P มีค่าเท่ากับ I^2R หรือ

$$VI \text{ หรือ } \frac{V^2}{R}$$

3. ตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียว (Pure Inductor) จะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเกิดขึ้นล่าช้าหลังแรงดันไฟฟ้าประมาณ 90 องศา แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ คือ $V = IX_L$ คุณลักษณะของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว มีดังนี้

3.1 อิมพีแดนซ์มีค่าเท่ากับค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ คือ $Z = X_L = \omega L = 2\pi fL$ มีหน่วยเป็นโอห์ม

3.2 กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นก่อนแรงดันไฟฟ้ามุม 90 องศา หรือ $\frac{\pi}{2}$ เรเดียน

3.3 ค่าแอดมิตแตนซ์จะมีค่าเท่ากับค่าอินดักทีฟซัสเซพแตนซ์ คือ $Y = B_L = \frac{1}{X_L}$ มีหน่วยเป็นซีเมนส์

(Siemens ; S)

3.4 กำลังไฟฟ้ามี่ค่าเป็นศูนย์ ($P=0$)

4. ตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุอย่างเดียว (Pure Capacitor) จะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเกิดขึ้นนำหน้าแรงดันไฟฟ้าประมาณ 90 องศา แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุ คือ $V = IX_C$ คุณลักษณะของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว มีดังนี้

4.1 อิมพีแดนซ์มีค่าเท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ คือ $Z = X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$ มีหน่วยเป็นโอห์ม

4.2 กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นก่อนแรงดันไฟฟ้ามุม 90 องศา หรือ $\frac{\pi}{2}$ เรเดียน

4.3 ค่าแอดมิตแตนซ์จะมีค่าเท่ากับค่าคาปาซิทีฟซัสเซพแตนซ์ คือ $Y = B_C = \frac{1}{X_C}$ มีหน่วยเป็นซีเมนส์

(Siemens ; S)

4.4 กำลังไฟฟ้ามี่ค่าเป็นศูนย์ ($P=0$)

5. การคำนวณในรูปปริมาณเชิงซ้อน

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Circuit) มักจะหาค่าตอบด้วยการคำนวณในรูปปริมาณเชิงซ้อนมากกว่าการวิเคราะห์ด้วยการบวก-ลบทางเวกเตอร์ เพราะมีขั้นตอนน้อยกว่า ดังนั้น จึงใช้เวลาคำนวณสั้นกว่า แต่การคำนวณในรูปปริมาณเชิงซ้อนจะมีมุมเฟสเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งเป็นเรื่องปกติของการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

5.1 ตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จะมีมุมเฟสของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (V) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้น การเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมจะเกิดความต่างเฟสกันระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้ายกเว้นมุมของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (V) มีค่าเป็นศูนย์ กระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นพร้อมกัน

5.2 ตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1) มุมของค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ มีค่าเป็นบวก คือ

$$\begin{aligned}X_L &= j \omega L = j 2\pi fL \\ &= X_L \angle 90^\circ = j X_L\end{aligned}$$

2) มุมของกระแสไฟฟ้าจะล่าหลังแรงดันไฟฟ้า 90 องศา ซึ่งมีค่าเป็นลบ

$$I = I \angle -90^\circ$$

3) อินดักทีฟซีเซพแตนซ์ มีค่ามุมเป็นลบ คือ -90 องศา

$$\begin{aligned}B_L &= \frac{1}{X_L} = \frac{I}{V_L} \\ &= \frac{I \angle -90^\circ}{V \angle 0^\circ} = B_L \angle -90^\circ \\ &= -j B_L\end{aligned}$$

5.3 ตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1) มุมของค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ มีค่าเป็นลบ คือ

$$\begin{aligned} X_C &= -j \frac{1}{C} = -j \frac{1}{2\pi f C} \\ &= X_C \angle -90^\circ = -j X_C \end{aligned}$$

2) มุมของกระแสไฟฟ้านำหน้าแรงดันไฟฟ้า 90 องศา จึงมีค่าเป็นบวก

$$I = I \angle 90^\circ$$

3) คาปาซิทีฟซัสเซพแตนซ์ มีค่ามุมเป็นบวก คือ 90 องศา

$$\begin{aligned} B_C &= \frac{1}{X_C} = \frac{I}{V} \\ &= \frac{I \angle 90^\circ}{V \angle 0^\circ} = B_C \angle 90^\circ \\ &= j B_C \end{aligned}$$