

หน่วยที่

6

การทดสอบ

หม้อแปลงไฟฟ้า



หัวข้อเรื่อง

6.1 จุดประสงค์ของการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า



6.3 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะลัดวงจร



6.2 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะเปิดวงจร



6.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า



6.1 จุดประสงค์ของการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

- จุดประสงค์ของการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

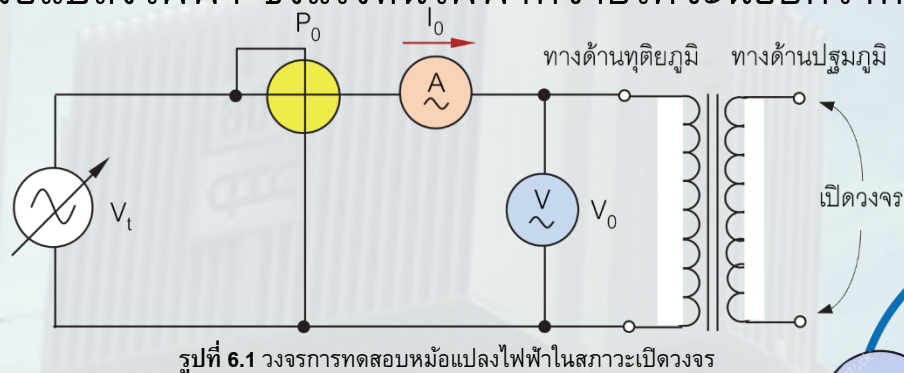
เพื่อต้องการหาค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย การสูญเสียในแกนเหล็กและการสูญเสียในขดลวดทองแดง และนำไปสู่การหาประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า นอกจากนี้การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ายังใช้หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ



6.2

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะเปิดวงจร

การทดสอบแบบนี้สามารถกระทำได้ทั้ง 2 ด้านของตัวหม้อแปลงไฟฟ้า โดยการเปิดวงจรทางด้านใดด้านหนึ่ง ส่วนมากจะกระทำทางด้านทุติยภูมิแล้วเปิดวงจรทางด้านปฐมภูมิ เพราะการทดสอบแบบนี้จะต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้เท่ากับพิกัดทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้จะน้อยกว่าทางด้านปฐมภูมิ



รูปที่ 6.1 วงจรการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะเปิดวงจร

จากรูปที่ 6.1 ถ้ากำหนดให้

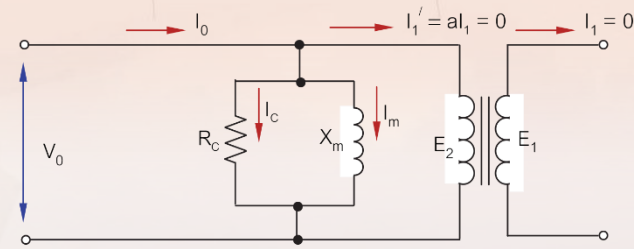
P_0 = กำลังไฟฟ้าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์

V_0 = แรงดันไฟฟ้าที่พิกัดที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์

I_0 = กระแสไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลดที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์



จากวงจรการทดสอบ เขียนเป็นวงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในสถานะไม่มีโหลด ดังรูปที่



รูปที่ 6.2 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในสถานะเปิดวงจร

6.2

จากวงจรสมมูล รูปที่ 6.2 จะเห็นว่ากระแส I_0 แยกไหลเป็นสองส่วน คือ กระแส I_c และกระแส I_m ส่วนกระแส I_1' มีค่าเท่ากับศูนย์เพราะขดลวดอีกทางด้านหนึ่งเปิดวงจร และเมื่อทราบค่าของกระแส I_0 จะทำให้ทราบค่าในส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็กและส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ค่าความต้านทานสมมูลของแกนเหล็ก และค่ารีแอกแตนซ์สมมูลของแกนเหล็กได้ตามลำดับ ดังนี้

$$I_c = I_0 \cos \theta_0 \quad \dots (6.1)$$

I_c = ส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก

$$I_m = I_0 \sin \theta_0 \quad \dots (6.2)$$

I_m = ส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

$$R_c = \frac{V_0}{I_c} \quad \dots (6.3)$$

R_c = ค่าความต้านทานสมมูลของแกนเหล็ก

$$X_m = \frac{V_0}{I_m} \quad \dots (6.4)$$

X_m = ค่ารีแอกแตนซ์สมมูลของแกนเหล็ก

นอกจากนี้ยังหามุมเฟสระหว่างแรงดัน V_0 กับกระแสไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด I_0 ได้ดังนี้

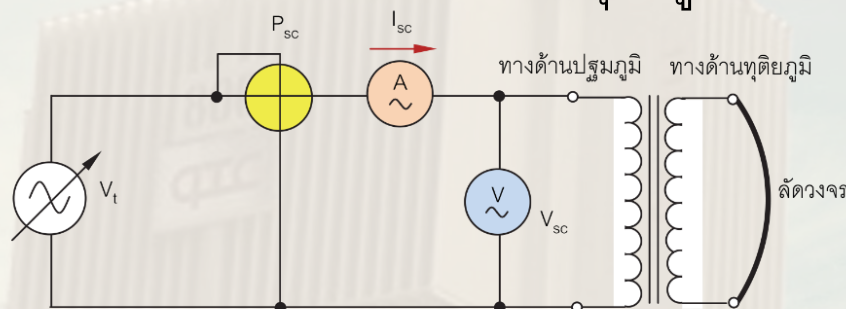
$$P_0 = V_0 I_0 \cos \theta_0$$

$$\theta_0 = \cos^{-1} \left(\frac{P_0}{V_0 I_0} \right) \quad \dots (6.5)$$



6.3 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะลัดวงจร

ในการทดสอบแบบนี้สามารถกระทำได้ทั้ง 2 ด้านของตัวหม้อแปลงไฟฟ้า โดยการลัดวงจรทางด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งส่วนมากจะทดสอบทางด้านปฐมภูมิแล้วลัดวงจรทางด้านทุติยภูมิเพราะการทดสอบแบบนี้จะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เท่ากับพิกัดทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งทางด้านปฐมภูมินั้นจะใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าทางด้านทุติยภูมิซึ่งแหล่งจ่ายไม่ต้องจ่ายกระแสไฟฟ้ามาก



จากรูปที่ 6.3 ถ้ากำหนดให้

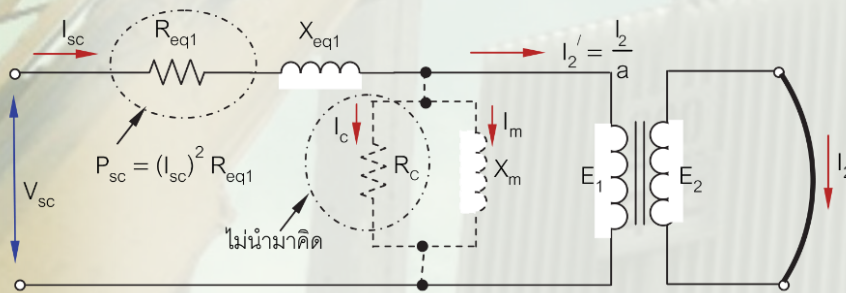
รูปที่ 6.3 วงจรการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะลัดวงจร

P_{sc} = กำลังไฟฟ้าขณะลัดวงจรที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์

V_{sc} = แรงดันไฟฟ้าขณะลัดวงจรที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์

I_{sc} = กระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรซึ่งเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่พิกัด

เนื่องจากแรงดัน V_{sc} ที่ใช้ในการทดสอบมีค่าประมาณ 5-12 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันไฟฟ้าปกติ จึงทำให้กระแสไฟฟ้า I_0 มีค่าน้อยมากจึงไม่นำมาคิด (กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็กจึงไม่นำมาคิดเช่นเดียวกัน) เมื่อทราบค่าต่าง ๆ จากเครื่องวัดไฟฟ้าทั้งสามจะสามารถหาค่าของอิมพีแดนซ์สมมูล ค่าความต้านทานสมมูลและค่ารีแอกแตนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิได้ตามลำดับ ดังนี้



รูปที่ 6.4 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะลัดวงจร

$$Z_{eq1} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} \quad \dots (6.6)$$

$$R_{eq1} = \frac{P_{sc}}{(I_{sc})^2} \quad \dots (6.7)$$

$$X_{eq1} = \sqrt{(Z_{eq1})^2 - (R_{eq1})^2} \quad \dots (6.8)$$

Z_{eq1} = อิมพีแดนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ

R_{eq1} = ความต้านทานสมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ

X_{eq1} = รีแอกแตนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ

การทดสอบในสภาวะเปิดวงจร จะได้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก ($P_c = P_0$)

การทดสอบในสภาวะลัดวงจร จะได้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดทั้งหมด ($P_{co} = P_{sc}$)

6.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 6.1 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 10 kVA ขนาดแรงดัน 450/120 V จากการทดสอบ ดังนี้
ทดสอบในสภาวะเปิดวงจร (เปิดวงจรทางด้านปฐมภูมิ) $V_0 = 120 \text{ V}$, $I_0 = 4.2 \text{ A}$, $P_0 = 140 \text{ W}$
ทดสอบในสภาวะลัดวงจร (ลัดวงจรทางด้านทุติยภูมิ) $V_{SC} = 25 \text{ V}$, $I_{SC} = 22.2 \text{ A}$, $P_{SC} = 260 \text{ W}$

จงคำนวณหา

- ก. ส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก
- ข. ส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก
- ค. ความต้านทานสมมูลของแกนเหล็กทางด้านทุติยภูมิ (แรงต่ำ)
- ง. รีแอกแตนซ์สมมูลของแกนเหล็กทางด้านทุติยภูมิ (แรงต่ำ)
- จ. อิมพีแดนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ (แรงสูง)
- ฉ. ความต้านทานสมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ (แรงสูง)
- ช. รีแอกแตนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ (แรงสูง)

วิธีทำ เมื่อทดสอบในสภาวะเปิดวงจร

หามุม θ_0 ได้จากสมการ

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \cos^{-1}\left(\frac{P_0}{V_0 I_0}\right) \\ &= \cos^{-1}\left(\frac{140}{120 \times 4.2}\right) \\ \theta_0 &= 73.9^\circ\end{aligned}$$

ก. ส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก

$$\begin{aligned}I_c &= I_0 \cos \theta_0 \\ &= 4.2 \times \cos 73.9^\circ \\ &= 4.2 \times 0.277\end{aligned}$$

$$I_c = 1.16$$

ส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็กมีค่าเท่ากับ 1.16 A

ตอบ

ข. ส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

$$\begin{aligned}I_m &= I_0 \sin \theta_0 \\ &= 4.2 \times \sin 73.9^\circ \\ &= 4.2 \times 0.96\end{aligned}$$

$$I_m = 4.032$$

ส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 4.032 A

ตอบ

ค. ความต้านทานสมมูลของแกนเหล็กทางด้านทุติยภูมิ (แรงต่ำ)

$$\begin{aligned} R_c &= \frac{V_0}{I_c} \\ &= \frac{120}{1.16} \\ R_c &= 103.44 \end{aligned}$$

ความต้านทานสมมูลของแกนเหล็กทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ

103.44 Ω **ตอบ**

ง. รีแอกแตนซ์สมมูลของแกนเหล็กทางด้านทุติยภูมิ (แรงต่ำ)

$$\begin{aligned} X_m &= \frac{V_0}{I_m} \\ &= \frac{120}{4.032} \\ X_m &= 29.76 \end{aligned}$$

รีแอกแตนซ์สมมูลของแกนเหล็กทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ
เมื่อทดสอบในสภาวะลัดวงจร

29.76 Ω **ตอบ**

จ. อิมพีแดนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ (แรงสูง)

$$\begin{aligned} Z_{eq1} &= \frac{V_{sc}}{I_{sc}} \\ &= \frac{25}{22.2} \\ Z_{eq1} &= 1.126 \end{aligned}$$

อิมพีแดนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ

1.126 Ω **ตอบ**

จ. ความต้านทานสมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ (แรงสูง)

$$\begin{aligned} R_{eq1} &= \frac{P_{sc}}{(I_{sc})^2} \\ &= \frac{260}{(22.2)^2} \\ R_{eq1} &= 0.527 \end{aligned}$$

ความต้านทานสมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ $0.527 \, \Omega$ **ตอบ**

ข. รีแอกแตนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิ (แรงสูง)

$$\begin{aligned} X_{eq1} &= \sqrt{Z_{eq1}^2 - R_{eq1}^2} \\ &= \sqrt{(1.126)^2 - (0.527)^2} \\ &= \sqrt{1} \\ X_{eq1} &= 1 \end{aligned}$$

รีแอกแตนซ์สมมูลเมื่อพิจารณาทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ $1 \, \Omega$ **ตอบ**