

หน่วยที่

8

เครื่องหมายแสดงข้อ

และการขนาน

หม้อแปลงไฟฟ้า



ห้วข้อ ๖

8.1 การทดสอบหาข้อของหม้อแปลงไฟฟ้า

8.3 การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า



8.2 ตัวอย่างการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า

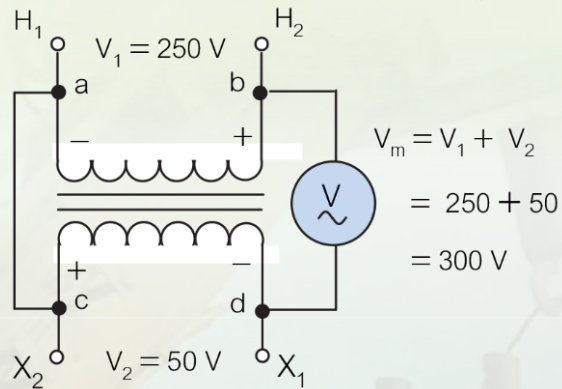
8.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า

8.1 การทดสอบหาข้อของหม้อแปลงไฟฟ้า

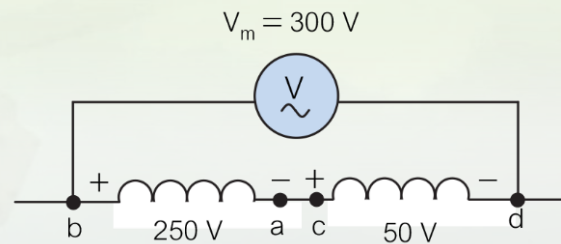
การกำหนดเครื่องหมายปลายสายที่ข้อของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบต่าง ๆ บริษัทหรือโรงงานผู้ผลิตจึงทำเครื่องหมายที่ข้อไว้ซึ่งขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่บริษัทผู้ผลิตยึดถือ

8.1.1 แบบข้อเสริมกัน (Additive polarity) สมมติว่าต้องการทดสอบหาข้อของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวหนึ่ง ขนาดแรงดันไฟฟ้า 250/50 V ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ให้นำสายไฟฟ้ามาต่อเข้ากับข้อสายของทางด้านแรงดันไฟฟ้าสูง (250 V) และปลายสายอีกข้างหนึ่งมาต่อเข้ากับข้อสายด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ (50 V) จากรูปที่ 8.1 คือจุดต่อ a กับ c
2. ให้นำเอซีโวลต์มิเตอร์มาต่อเข้ากับข้อสายของทางด้านแรงดันไฟฟ้าสูง (250 V) และข้อสายด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ (50 V) จากรูปที่ 8.1 คือจุดต่อ b กับ d
3. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูง ตามพิกัดคือ 250 V
4. อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเอซีโวลต์มิเตอร์



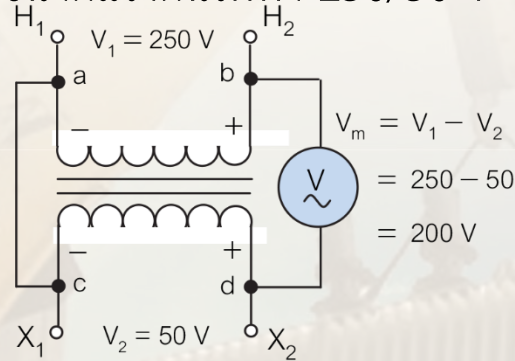
(ก) วงจรการทดสอบ



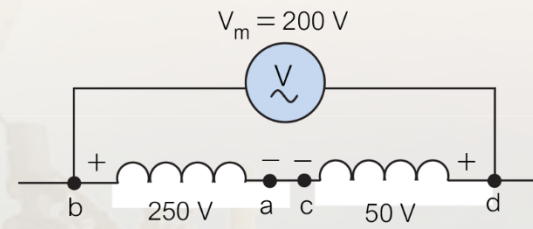
(ข) ขนาดและทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากวงจรรูปที่ 8.1 (ก) ถ้ากำหนดให้จุด a เป็นขั้ว H1 และจุด b เป็นขั้ว H2 เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า 250 V เข้ามาทางด้านแรงดันสูงจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำทั้งทางด้านแรงดันสูงและแรงดันต่ำ ถ้าเอซีโวลต์มิเตอร์อ่านค่าเท่ากับ 300 V หมายความว่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากขดลวดทั้งสองมีขั้วเสริมกัน(ขั้ว + และขั้ว - ที่จุด ab เสริมกับขั้ว + และขั้ว - ที่จุด cd) ถ้าเอซีโวลต์มิเตอร์ได้ค่าในลักษณะนี้สรุปได้ว่าสายไฟที่ต่อเข้าด้วยกันคือ a กับ c ดังนั้นจุด c จะเป็นขั้ว X_1 (โดยจุด a คือขั้ว H_1 ที่กำหนดไว้แล้ว) หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าขั้วสายของเอซีโวลต์มิเตอร์ที่ต่ออยู่กับจุด d จะเป็นขั้ว X_1 (โดยจุด b คือขั้ว H2 ที่กำหนดไว้แล้ว)

8.1.2 แบบขั้วหักล้างกัน (Subtractive polarity) สมมติว่าต้องการทดสอบหาขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวหนึ่งขนาดแรงดันไฟฟ้า 250/50 V ซึ่งเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าตัวเดิม



(ก) วงจรการทดสอบ



(ข) ขนาดและทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากวงจรรูปที่ 8.2 (ก) ถ้ากำหนดให้จุด a เป็นขั้ว H1 และจุด b เป็นขั้ว H2 เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า 250 V เข้ามาทางด้านแรงดันสูงจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำทั้งทางด้านแรงดันสูงและแรงดันต่ำ ถ้าเอซีโวลต์มิเตอร์อ่านค่าเท่ากับ 200 V หมายความว่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากขดลวดทั้งสองมีขั้วหักล้างกัน(ขั้ว + และขั้ว - ที่จุด ba หักล้างกับขั้ว + และขั้ว - ที่จุด cd) ถ้าเอซีโวลต์มิเตอร์ได้ค่าในลักษณะนี้ก็สรุปได้ว่าสายไฟที่ต่อเข้าด้วยกันคือ a กับ c ดังนั้นจุด c จะเป็นขั้ว X_1 (โดยจุด a คือขั้ว H_1 ที่กำหนดไว้แล้ว) หรืออาจจะกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าขั้วสายของเอซีโวลต์มิเตอร์ที่ต่ออยู่กับจุด d จะเป็นขั้ว X_2 (โดยจุด b คือขั้ว H_2 ที่กำหนดไว้แล้ว) การทราบขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้าจะช่วยให้การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าได้หลายระดับแรงดัน

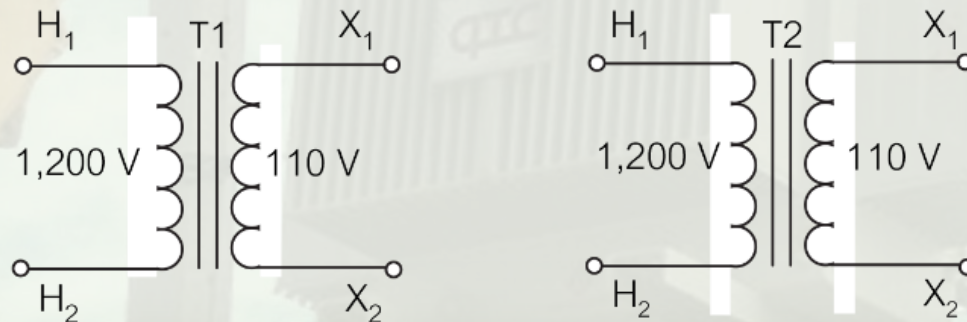
8.2 ตัวอย่างการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 8.1 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดแรงดัน 1200/110 V 2 ตัว มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ แสดงวิธีการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับรับแรงดันไฟฟ้าและจ่ายแรงดันไฟฟ้าดังนี้

ก. 2400/220 V

ข. 1200/220 V

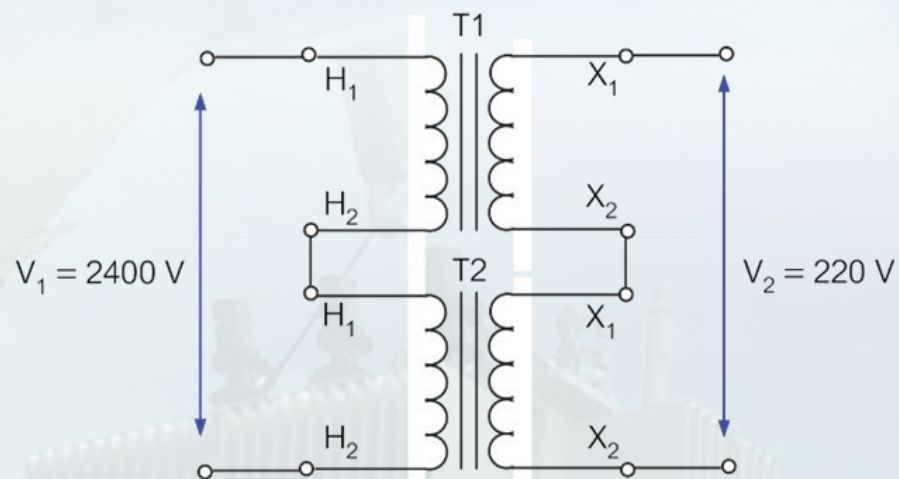
วิธีทำ กำหนดขั้วให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว ดังรูปที่ 8.3



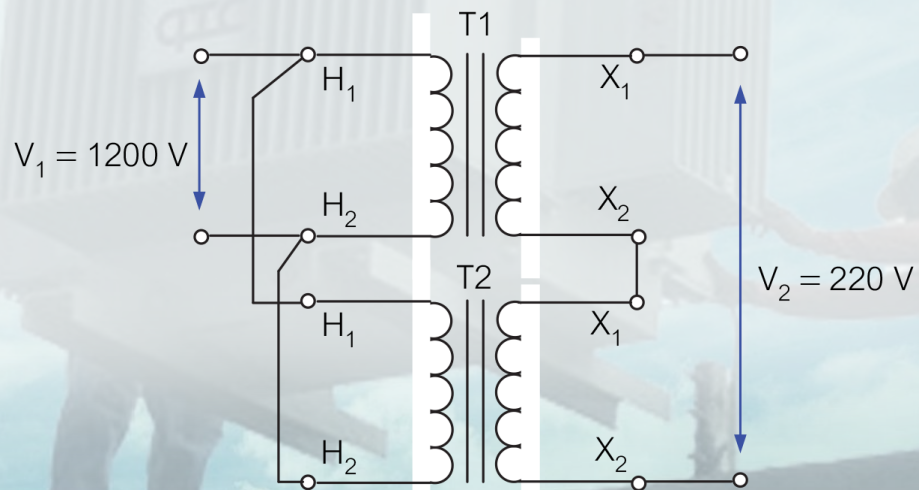
รูปที่ 8.3 การกำหนดขั้วให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบขั้วหักล้างกัน



ก. การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัวให้รับแรงดันไฟฟ้า 2400 V จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 V



ข. การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัวให้รับแรงดันไฟฟ้า 1200 V จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 V

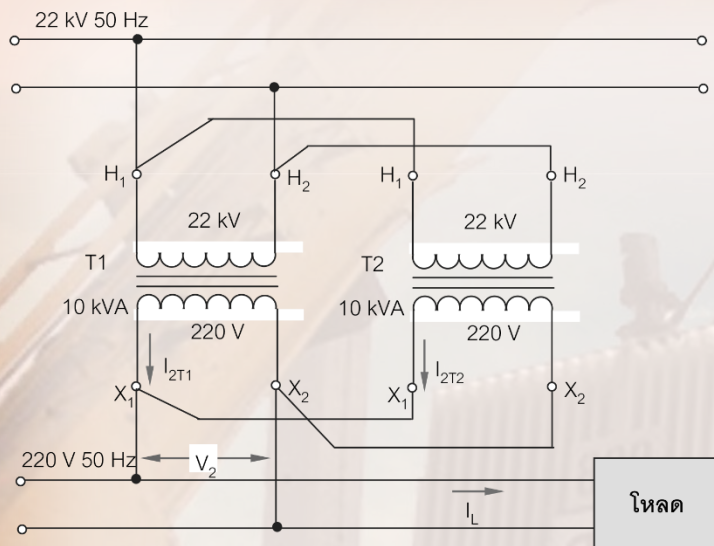


8.3 การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า 1 ตัวเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัดแล้ว และมีโหลดมาต่อเพิ่มอีกจะทำให้หม้อแปลงไฟฟ้านั้นจ่ายโหลดเกินพิกัด ซึ่งเป็นอันตรายต่อตัวหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนั้นจึงไม่เพียงพอกับความต้องการของโหลดที่เพิ่มขึ้น จึงต้องมีการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าเข้ากับระบบเพื่อช่วยกันจ่ายโหลดในการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟสเข้าด้วยกัน ต้องพิจารณาดังนี้

1. พิกัดแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองต้องเท่ากัน
2. หม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองจะต้องมีขั้วที่เหมือนกัน ซึ่งจะทำให้ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีทิศทางขั้วที่เหมือนกัน
3. อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าต้องเท่ากัน หรืออยู่ในพิกัดความเผื่อที่กำหนดให้ ± 0.5 ของอัตราส่วนที่กำหนดให้
4. อัตราส่วนพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA) จะต้องไม่มากกว่า 3 : 1 (ข้อกำหนดนี้ระบุไว้ในมาตรฐาน VDE เท่านั้น)

การนำหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว มาต่อขนานกัน แสดงดังรูปที่ 8.4 ตามข้อกำหนดมาตรฐาน



รูปที่ 8.4 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส สองตัวขนานกันโดยมีขั้วแบบหลักข้างกัน

จากที่กำหนดให้ถ้าให้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัวนำมาต่อขนานกัน ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัวมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของกระแสไฟฟ้าที่โหลด (I_L) จะได้ว่า

ในการวิเคราะห์ชั้นพื้นฐานเกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้า จะกำหนดให้หม้อแปลงไฟฟ้าที่นำมาต่อขนานกันมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ ซึ่งได้แก่

1. มีพิกัดกำลังไฟฟ้าเท่ากัน (พิกัด kVA)
2. มีอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าเท่ากัน
3. มีอิมพีแดนซ์เท่ากัน

$$I_{2T1} = I_{2T2} = \frac{I_L}{2}$$

kVA ขณะจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า

$$T1 = I_{2T1} V_2$$

kVA ขณะจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า

$$T2 = I_{2T2} V_2$$

เมื่อ

$$I_{2T1} = \text{กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T1}$$

$$I_{2T2} = \text{กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T2}$$

$$I_L = \text{กระแสไฟฟ้าที่โหลด}$$

$$V_2 = \text{แรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ}$$

8.4

การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 8.2 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 10 kVA 22 kV/220 V 50 Hz จำนวน 2 ตัว นำมาต่อขนานกัน ดังรูปที่ 8.4 และมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ โดยมีกระแสไฟฟ้าที่ไหล 70 A แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสอง 220 V จงคำนวณหา

- กระแสไฟฟ้าที่พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว
- กระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัวจ่ายออกไป
- kVA ขณะจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว



วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว = 10 kVA และ $I_L = 70$ A

- กระแสไฟฟ้าที่พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว

$$V_1 = 22000 \text{ V} \quad \text{และ} \quad V_2 = 220 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} I_{2T1} &= I_{2T2} = \frac{\text{kVA}}{V_2} \\ &= \frac{10 \times 10^3}{220} \\ I_{2T1} &= 45.45 \end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าที่พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัวมีค่าเท่ากับ 45.45 A

ตอบ

ข. กระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัวจ่ายออกไป

$$I_{2T1} = I_{2T2} = \frac{I_L}{2}$$
$$= \frac{70}{2}$$

$$I_{2T1} = 35$$

กระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัวจ่ายออกไปมีค่าเท่ากับ 35 A **ตอบ**

ค. kVA ขณะจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว

kVA ขณะจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว

$$= I_{2T1} V_2 = I_{2T2} V_2$$

$$= 35 \times 220$$

$$= 7700 \text{ VA}$$

$$= 7.7 \text{ kVA}$$

kVA ขณะจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัวมีค่าเท่ากับ 7.7 kVA **ตอบ**

