

หน่วยที่ 4

หม้อแปลงไฟฟ้า

เมื่อไม่มีโหลด



หัวข้อเรื่อง

4.1 ชนิดของโหลดที่ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า



4.2 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลด

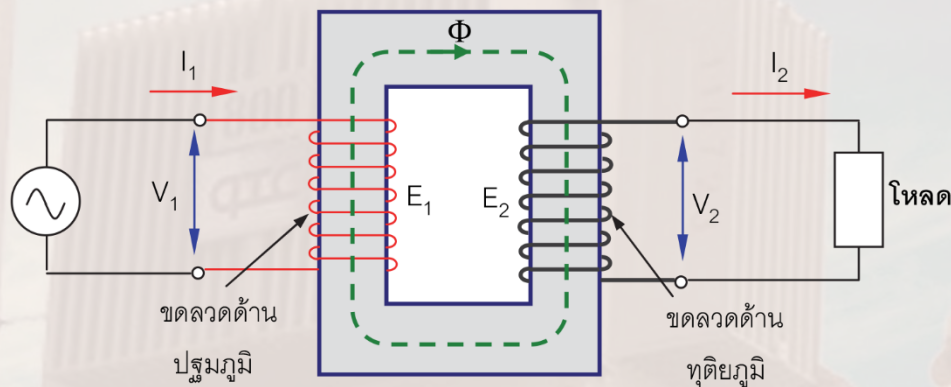
4.3 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลด

4.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลด

4.1

ชนิดของโหลดที่ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเป็นภาวะที่ขดลวดทางด้านทุติยภูมิมีโหลดต่ออยู่และทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขดลวดทุติยภูมิไปยังโหลด โดยกำหนดให้เป็นกระแส I_2 แสดงดังรูป

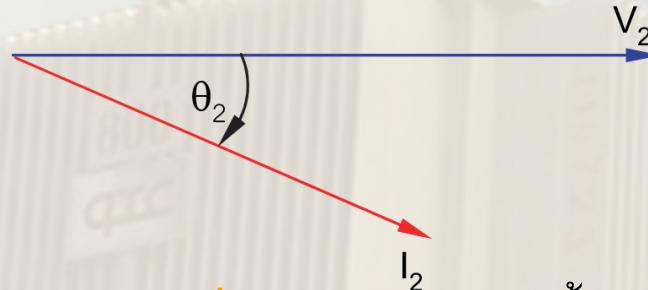


จากรูป โดยกระแส I_2 นี้จะมีขนาดและการต่างเฟสกับแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของโหลดหรือค่าตัวประกอบกำลังของโหลดที่นำมาต่อเข้ากับทางด้านทุติยภูมิซึ่งมี 3 ชนิด (ไชยชาญ หินเกิด, 2549: 49) ดังนี้

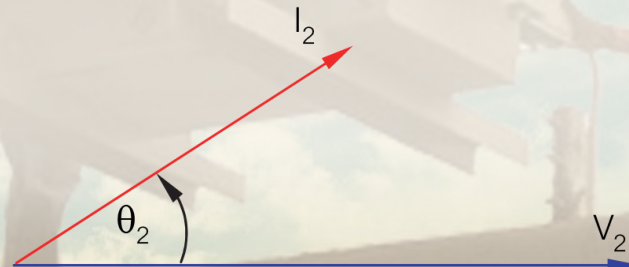
4.1.1 โหลดที่เป็นตัวต้านทานอย่างเดียว โหลดชนิดนี้จะทำให้กระแส I_2 ร่วมเฟสกับแรงดัน V_2 โดยมีมุม θ_2 เท่ากับศูนย์ หรือโหลดที่มีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับหนึ่ง (pf. = 1) ดังรูปที่ 4.2



4.1.2 โหลดที่เป็นตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ โหลดชนิดนี้จะทำให้กระแส I_2 ล้าหลังแรงดัน V_2 เป็นมุม θ_2 มุมหนึ่ง หรือโหลดที่มีค่าตัวประกอบกำลังล้าหลัง (pf. = lag) ดังรูปที่ 4.3



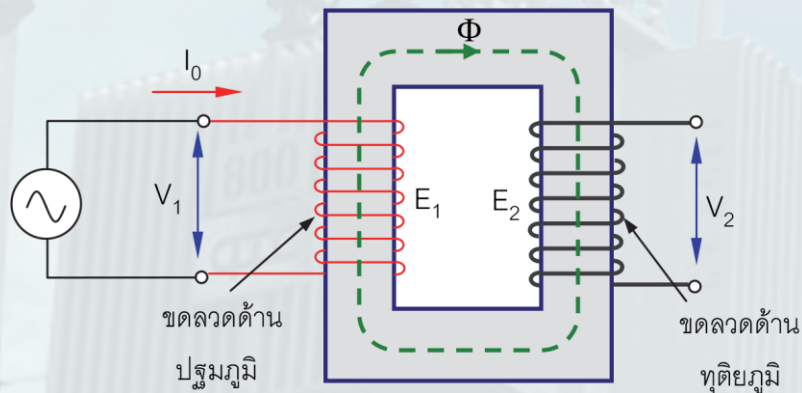
4.1.3 โหลดที่เป็นตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ โหลดชนิดนี้จะทำให้กระแส I_2 นำหน้าแรงดัน V_2 เป็นมุม θ_2 มุมหนึ่ง หรือโหลดที่มีค่าตัวประกอบกำลังนำหน้า (pf. = lead) ดังรูปที่ 4.4



4.2 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลด

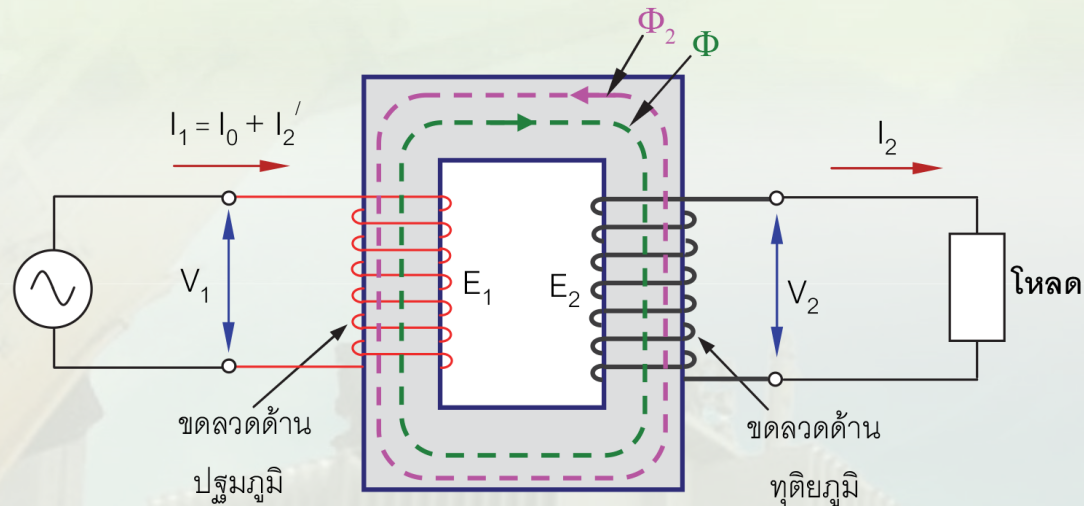
จากการที่หม้อแปลงไฟฟ้ามีโหลดทำให้เกิดการไหลของกระแส I_2 ซึ่งผลของกระแส I_2 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนเหล็ก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการไหลของกระแสทางด้านปฐมภูมิเพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งพิจารณาการทำงานดังนี้

1. เมื่อไม่มีโหลด



จากรูป เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_1 ให้กับขดลวดทางด้านปฐมภูมิ โดยขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ไม่มีโหลดต่ออยู่จะมีเพียงกระแส I_0 ไหลเข้าไปที่ขดลวดปฐมภูมิและสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปรอบแกนเหล็กและไปคล้องตัดกับขดลวดทั้งสอง ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิคือ E_1 และเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิคือ E_2 ตามลำดับ

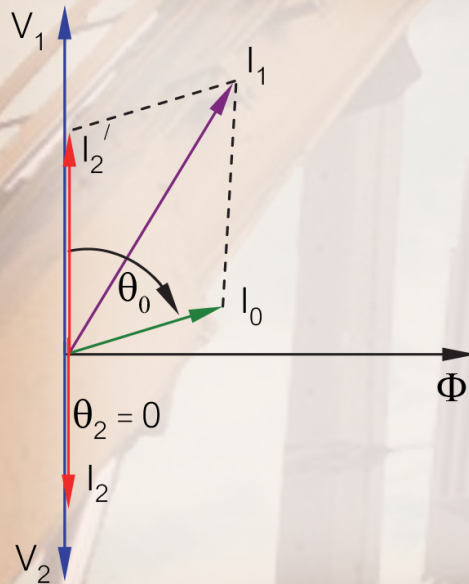
2. เมื่อมีโหลด



จากรูป เมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า I_2 และสร้างแรงดันแม่เหล็กเป็น $N_2 I_2$ ซึ่งเรียกว่า แอมแปร์-เทอน ลดเส้นแรงแม่เหล็ก (Demagnetizing ampere turn) ซึ่งกระแส I_2 จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก Φ_2 ขึ้นมา โดยมีทิศทางตรงข้ามกับ Φ ที่สร้างจากกระแส I_0 เป็นผลให้ Φ ลดลง และทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ E_1 ทางด้านปฐมภูมิลดลงด้วยทำให้เกิดผลต่างของแรงดันไฟฟ้า V_1 กับ E_1 ซึ่งทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเพิ่มขึ้น จึงเรียกกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนี้ว่า กระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิ (Load component of primary current) มีค่าเป็น I_2' และมีเฟสตรงกันข้ามกับ I_2

4.3

เฟสเซอร์ไดอะแกรมของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลด

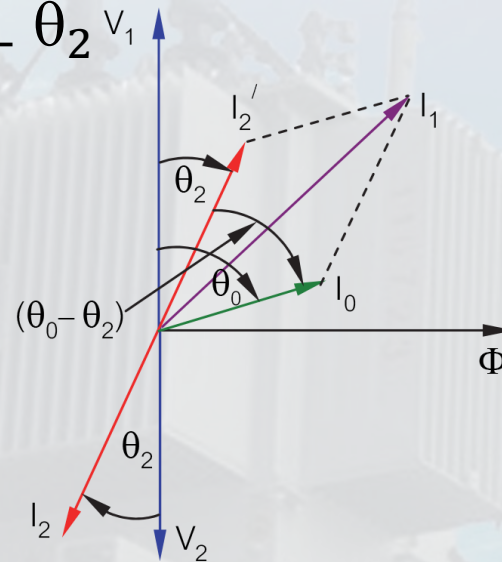


4.3.1 ถ้าพิจารณาโหลดเป็นแบบตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1

(I_2 รวมเฟสกับ V_2) จากรูปเฟสเซอร์ I_2 เป็นกระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ โดยเฟสเซอร์ I_2' เป็นกระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิและรวมเฟสกับแรงดัน V_1 ส่วนเฟสเซอร์ I_1 เป็นผลรวมของเฟสเซอร์ I_0 กับเฟสเซอร์ I_2' และ θ_2 เป็นมุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_1 กับกระแส I_2 เมื่อนำหลักการทางตรีโกณมิติ คำนวณขนาดกระแส I_1 ได้ดังนี้

$$I_1 = \sqrt{(I_0)^2 + (I_2')^2 + 2I_0I_2'\cos\theta_0}$$

4.3.2 ถ้าพิจารณาโหลดเป็นแบบตัวประกอบกำลังล้าหลัง (l_2 ล้าหลัง V_2) จากรูป เฟสเซอร์ l_2 เป็นกระแสทางด้านทุติยภูมิและล้าหลังเฟสเซอร์ เป็นมุม θ_2 โดยเฟสเซอร์ l_2' เป็นกระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิและล้าหลังเฟสเซอร์แรงดัน v_1 เป็นมุม θ_2 เช่นเดียวกัน ส่วนเฟสเซอร์ l_2' เป็นผลรวมของเฟสเซอร์ l_0 กับเฟสเซอร์ l_2' โดยมุมระหว่างเฟสเซอร์ l_0 กับ l_2 เท่ากับ $\theta_0 - \theta_2$



เมื่อนำหลักการทางตรีโกณมิติคำนวณขนาดกระแส l_1 ได้ดังนี้

$$l_1 = \sqrt{(l_0)^2 + (l_2')^2 + 2l_0l_2' \cos(\theta_0 - \theta_2)}$$

4.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลด

ตัวอย่างที่ 4.1 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ขนาดแรงดันไฟฟ้า 1,200/200 V เมื่อต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ 1,200 V มีกระแสไฟฟ้า 3 A และมุมต่างเฟสระหว่างแรงดันกับกระแส 76.35° เมื่อยังไม่มีโหลด และเมื่อต่อโหลดมีกระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ 240 A โดยมีมุมต่างเฟสระหว่างแรงดันกับกระแส 30° จงคำนวณหา

ก. อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

ข. กระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิ

ค. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$V_1 = 1,200 \text{ V และ } V_2 = 200 \text{ V}$$

$$I_0 = 3 \text{ A} \quad I_2 = 240 \text{ A}$$

$$\theta_0 = 76.35^\circ \quad \theta_2 = 30^\circ$$

ก. อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1200}{200} = 6$$

อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ

6

ตอบ

ข. กระแสไหลดทางด้านปฐมภูมิ

$$I_2' = \frac{I_2}{a} = \frac{240}{6} = 40$$

กระแสไหลดทางด้านปฐมภูมิมี่ค่าเท่ากับ 40 A

ตอบ

ค. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ

$$\begin{aligned} I_1 &= \sqrt{(I_0)^2 + (I_2')^2 + 2I_0I_2' \cos(\theta_0 - \theta_2)} \\ &= \sqrt{(3)^2 + (40)^2 + (2 \times 3 \times 40) \times \cos(76.35^\circ - 30^\circ)} \\ &= \sqrt{9 + 1600 + (240 \times \cos 46.35^\circ)} \\ &= \sqrt{1,774.66} \end{aligned}$$

$$I_1 = 42.12$$

กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิมี่ค่าเท่ากับ 42.12 A

ตอบ