

หน่วยที่

10

หม้อแปลงไฟฟ้า

แบบออโต



หัวข้อเรื่อง

10.2 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ
ออโต

10.4 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิด
แปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น

10.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของ
หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต

10.1 ความหมายของหม้อแปลง
ไฟฟ้าแบบออโต

10.3 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต
ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง

10.5 การนำหม้อแปลงไฟฟ้า
แบบแยกขดลวดมาต่อเป็นหม้อ
แปลงไฟฟ้าแบบออโต

10.7 หม้อแปลงไฟฟ้าปรับค่า
แรงดันไฟฟ้าได้

10.1 ความหมายของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต

(Auto transformer) หมายถึง หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขดลวดเพียงชุดเดียวโดยขดลวดชุดเดียวนี้จะทำหน้าที่เป็นทั้งขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ บางครั้งเรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่าหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมขดลวด

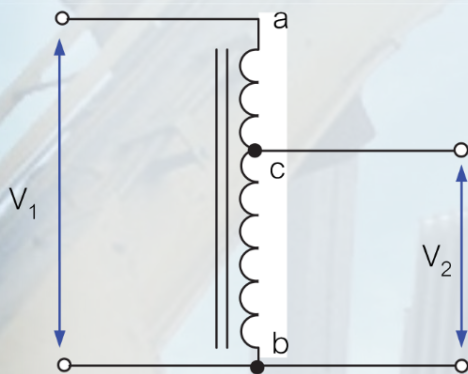


10.2

ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

10.2.1 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง

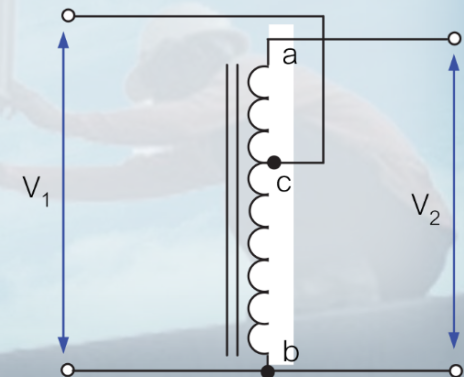


(ก) ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง

หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดนี้ขดลวดทั้งชุดจะทำหน้าที่เป็นขดลวดปฐมภูมิและอีกส่วนหนึ่งของขดลวดจะทำหน้าที่เป็นขดลวดทุติยภูมิ จากรูปที่ 10.1 (ก) ขดลวดช่วง ab จะทำหน้าที่เป็นขดลวดปฐมภูมิ ส่วนขดลวดช่วง cb จะทำหน้าที่เป็นขดลวดทุติยภูมิ โดยมีจุด c เป็นจุดต่อแยก (Tap) โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_1 เข้าที่ขั้ว ab แล้วนำเอาแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว cb จ่ายให้กับโหลดซึ่งแรงดันไฟฟ้า V_2 มีค่าน้อยกว่า V_1

10.2.2 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น

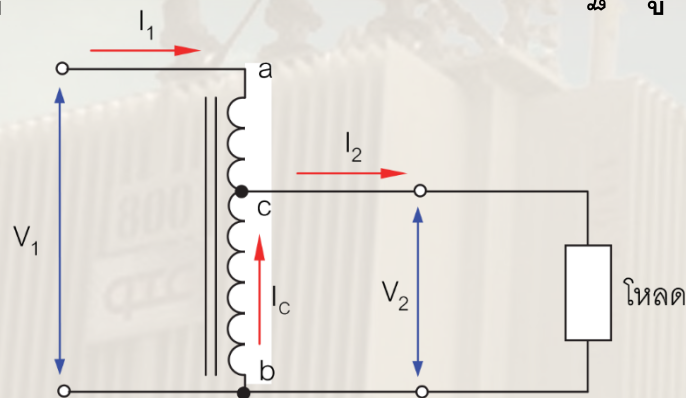
จากรูปที่ 10.1 (ข) ขดลวดช่วง ab จะทำหน้าที่เป็นขดลวดทุติยภูมิ ส่วนขดลวดช่วง cb จะทำหน้าที่เป็นขดลวดปฐมภูมิ โดยมีจุด c เป็นจุดต่อแยก โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_1 เข้าที่ขั้ว cb แล้วนำเอาแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว ab จ่ายให้กับโหลดซึ่งแรงดันไฟฟ้า V_2 มีค่ามากกว่า V_1



(ข) ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น

10.3 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตที่มีแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิและเมื่อต่อโหลดเข้าทางด้านทุติยภูมิ ดังรูปที่ 10.2



รูปที่ 10.2 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลงและมีโหลด

จากรูปที่ 10.2 เมื่อต่อโหลดเข้าทางด้านทุติยภูมิจะทำให้มีกระแส I_2 ไหลไปยังโหลดและทำให้เกิดมีกระแส I_1 ไหลทางด้านปฐมภูมิด้วย โดยกระแส I_1 เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในช่วงของขดลวด ac จะเห็นว่าช่วงขดลวด cb ขดลวดจะทำหน้าที่ทั้งขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในช่วงขดลวด bc จะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างกระแส I_2 กับกระแส I_1 ซึ่งแทนด้วย I_c จะได้ว่า $I_c = I_2 - I_1$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_{ab}}{N_{cb}} = \frac{I_2}{I_1} = a$$

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตนี้จะมี

N_{ab} = จำนวนรอบของขดลวดช่วง ab

อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้ามีสมการ

N_{cb} = จำนวนรอบของขดลวดช่วง cb

เหมือนกับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแยก

$$I_2 = I_1 + I_c \quad \dots (10.1)$$

ขดลวดดังนี้

$$V_2 I_2 = V_2 I_1 + V_2 I_c \quad \dots (10.2)$$


จากสมการที่ (10.2) จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. กำลังไฟฟ้านำ (Conducted power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดในช่วงขดลวด ac

กำหนดให้เป็น S_{con} ดังนั้น

$$S_{con} = V_2 I_1 \quad \dots (10.3)$$

2. กำลังไฟฟ้าถ่ายโยง (Transformed power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดในช่วงขดลวด

cb

$$S_{tran} = V_2 I_c \quad \dots (10.4)$$

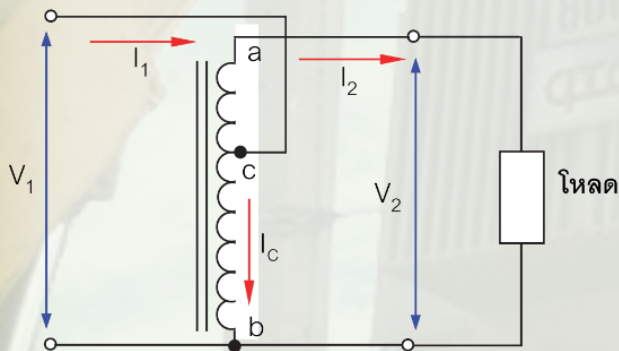
ถ้าหาผลรวมให้ $S_2 = V_2 I_2$ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต นอกจากนี้ยังมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้านำรวมกับกำลังไฟฟ้าถ่ายโยง ดังนั้น S_2 คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$S_2 = S_{con} + S_{tran} \quad \dots (10.5)$$

10.4

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตที่มีแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมากกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิและเมื่อต่อโหลดเข้าทางด้านทุติยภูมิ ดังรูปที่ 10.3



รูปที่ 10.3 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้นและมีโหลด

จากรูปที่ 10.3 เมื่อต่อโหลดเข้าทางด้านทุติยภูมิจะทำให้มีกระแส I_2 ไหลไปยังโหลดและทำให้มีกระแส I_1 ไหลทางด้านปฐมภูมิด้วย โดยกระแส I_2 เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในช่วงของขดลวด ca จะเห็นว่าช่วงขดลวด cb ขดลวดจะทำหน้าที่ทั้งขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในช่วงขดลวด bc จะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างกระแส I_1 กับกระแส I_2 ซึ่งแทนด้วย I_c จะได้ว่า $I_c = I_1 - I_2$

จากรูปที่ 10.3 จะได้ว่า

$$I_1 = I_2 + I_c \quad \dots (10.6)$$

จากสมการที่ (10.1) นำ V_1 คูณตลอดจะได้

$$V_1 I_1 = \overset{\textcircled{1}}{V_1 I_2} + \overset{\textcircled{2}}{V_1 I_c} \quad \dots (10.7)$$

จากสมการที่ (10.4) จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. กำลังไฟฟ้านำ (Conducted power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดในช่วงขดลวด ca

กำหนดให้เป็น S_{con} ดังนั้น

$$S_{con} = V_1 I_2 \quad \dots (10.8)$$

2. กำลังไฟฟ้าถ่ายโยง (Transformed power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดในช่วงขดลวด bc

กำหนดให้เป็น S_{tran} ดังนั้น

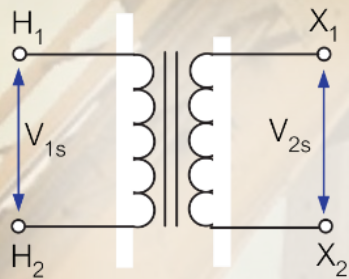
$$S_{tran} = V_1 I_c \quad \dots (10.9)$$

และกำหนดให้ $S_1 = V_1 I_1$ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าอินพุตของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต นอกจากนี้ยังมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้านำรวมกับกำลังไฟฟ้าถ่ายโยง ดังนั้น S_1 คำนวณได้จากสมการดังนี้

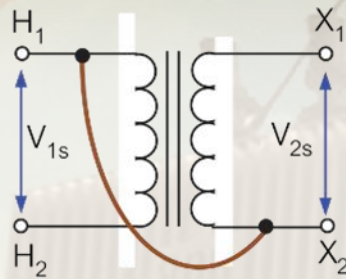
$$S_1 = S_{con} + S_{tran} \quad \dots (10.10)$$

10.5

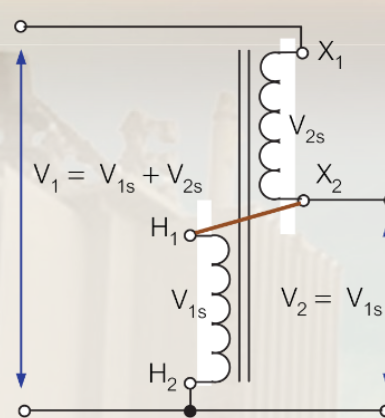
การนำหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแยกขดลวดมา ต่อเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต



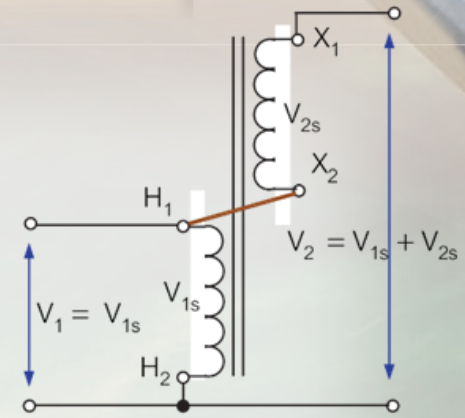
(ก) หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแยกขดลวด



(ข) สายต่อวงจรให้ขั้ว H_1 กับขั้ว X_2 ถึงกัน



(ค) ต่อแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง



(ง) ต่อแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น

จากรูปที่ 10.4 (ก) เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแยกขดพร้อมเครื่องหมายแสดงขั้ว จากรูปที่ 10.4 (ข) เมื่อต่อสายไฟโดยให้ขั้ว H_1 และ X_2 ถึงกันจากนั้นนำมาเขียนวงจรใหม่เพื่อง่ายต่อการพิจารณาวงจร จากรูปที่ 10.4 (ค) เป็นการต่อแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_1 เข้าที่ขั้ว X_1 กับ H_2 และแรงดันไฟฟ้า V_2 ที่จะจ่ายให้กับโหลดออกที่ขั้ว X_2 กับ H_2 และจากรูปที่ 10.4 (ง) เป็นการต่อแบบออโตชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_1 เข้าที่ขั้ว H_1 กับ H_2 และแรงดันไฟฟ้า V_2 ที่จะจ่ายให้กับโหลดออกที่ขั้ว X_1 กับ H_2

10.6

การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต

ตัวอย่างที่ 10.1 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตขนาด 10 kVA 500/400 V เป็นชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง

เมื่อจ่ายโหลดตามพิกัดขนาด 10 kVA จงคำนวณหา

ก. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ

ข. กระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ

ค. กำลังไฟฟ้านำ

ง. กำลังไฟฟ้าถ่ายโยง

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$V_1 = 500 \text{ V และ } V_2 = 400 \text{ V}$$

$$S_2 = S_1 = 10 \text{ kVA} = 10 \times 10^3 \text{ VA}$$

ก. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ $S_1 = V_1 I_1$

$$I_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{10 \times 10^3}{500}$$

$I_1 = 20$ กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ 20 A **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ $S_2 = V_2 I_2$

$$I_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{10 \times 10^3}{400}$$

$I_2 = 25$ กระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 25 A **ตอบ**

ค. กำลังไฟฟ้านำ

$$S_{\text{con}} = V_2 I_1$$

$= 400 \times 20$ กำลังไฟฟ้านำมีค่าเท่ากับ 8,000 VA **ตอบ**

$$S_{\text{con}} = 8,000$$

ง. กำลังไฟฟ้าถ่ายโยง

$$S_{\text{tran}} = V_2 (I_2 - I_1)$$

$$= 400 \times (25 - 20)$$

$$S_{\text{tran}} = 2,000$$

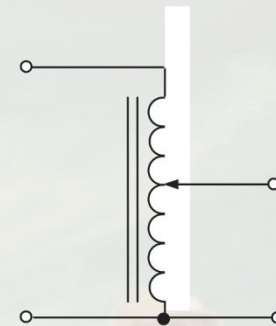
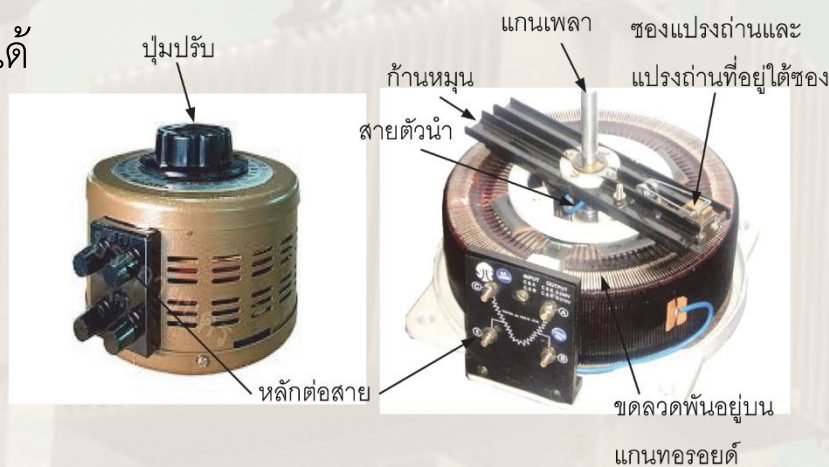
กำลังไฟฟ้าถ่ายโยงมีค่าเท่ากับ 2,000 VA

ตอบ

10.7

หม้อแปลงไฟฟ้าปรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้

หม้อแปลงไฟฟ้าปรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้ เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตแบบหนึ่งซึ่งมีขดลวดเพียงขดเดียวที่ทำหน้าที่เป็นทั้งขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ โดยแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิสามารถปรับค่าได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตปรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้



(ก) รูปจริงของแวลรีเอก

(ข) โครงสร้างภายในของแวลรีเอก

(ค) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.5 รูปจริง โครงสร้าง และสัญลักษณ์ของแวลรีเอก

โครงสร้างประกอบด้วยขดลวดทองแดงเพียงขดเดียวพันอยู่บนแกนเหล็กแบบทอรรอยด์ (Toroid) โดยด้านบนของขดลวดจะถูกบิดให้แบนเพื่อให้แปรงถ่านสัมผัสกับขดลวด