

หน่วยที่

12

การสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า
ขนาดเล็ก



หัวข้อเรื่อง



▶ 12.1 ขั้นตอนการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก

12.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก



▶ 12.3 การพันขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า

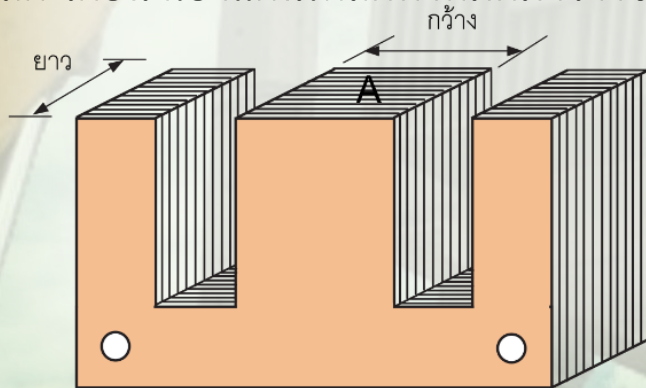
12.4 การประกอบแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า



12.1 ขั้นตอนการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก

สำหรับการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กนั้น มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดขนาดพิกัดกำลังของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กนั้นจัดอยู่ในประเภทที่มีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 16 กิโลโวลต์แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1000 โวลต์ และความถี่ของระบบไฟฟ้าไม่เกิน 500 เฮิรตซ์
2. คำนวณพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก โดยหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก แกนเหล็กจะเป็นแบบเซลล์ซึ่งประกอบขึ้นจากแกนเหล็กรูปตัว E และตัว I โดยการวัดความกว้างและความยาวของขากลางของแกนเหล็ก โดยนำเอาแกนเหล็กทั้งหมดมาวางซ้อนกัน



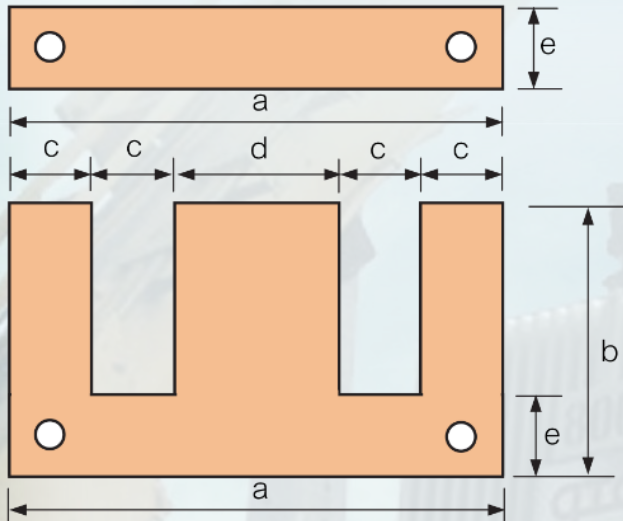
$$A = \frac{\sqrt{VA}}{5.58} \quad \dots (12.1)$$

A = พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก หน่วยเป็น ตารางนิ้ว

VA = ขนาดพิกัดกำลังของหม้อแปลงไฟฟ้า

รูปที่ 12.1 ความกว้างและความยาวเพื่อหาพื้นที่หน้าตัด

ขนาดของแกนเหล็กในท้องตลาดทั่วไปนิยมบอกขนาดเป็นนิ้ว ดังตัวอย่างแกนเหล็กในรูปที่ 12.2



จากรูปที่ 12.2 โดย

a = ความยาวทั้งหมดของแกนเหล็ก

b = ความลึกของแกนเหล็ก

c = ความกว้างของขาต้านข้างหรือช่องว่างของแกนเหล็ก
ตัว E

d = ความกว้างของขากลางของแกนเหล็ก

e = ความกว้างของขาแกนเหล็กตัว I

ที่ 12.2 ตัวอย่างแกนเหล็กรูปตัว E และตัว I ที่ใช้ทำหม้อแปลงไฟฟ้า

จากขนาดต่าง ๆ ของแกนเหล็กรูปตัว E และรูปตัว I ที่กล่าวมาแล้วจะมีความสัมพันธ์กับขนาด
ฟลักต์กำลังของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังตารางที่ 12.1

3. **คำนวณจำนวนรอบของขดลวด** การคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดทั้ง 2 ด้านของหม้อแปลงไฟฟ้าคำนวณได้จากสมการดังนี้จำนวนรอบทางด้านปฐมภูมิ

$$N_1 = \frac{V_1 \times 10^8}{4.44fB_{\max} A}$$

$$N_2 = \frac{V_2 \times 10^8}{4.44fB_{\max} A}$$

$$N_2 = \frac{V_2}{V_1} \times N_1$$

V_1 = แรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ

V_2 = แรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ

f = ความถี่ของระบบไฟฟ้า

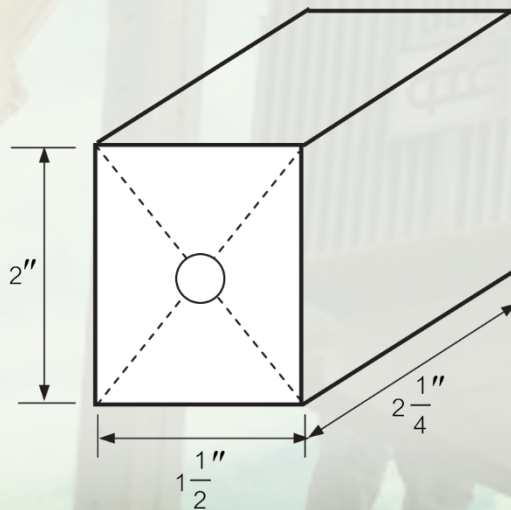
A = พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก

$B_{\max}$ = ความหนาแน่นสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็ก

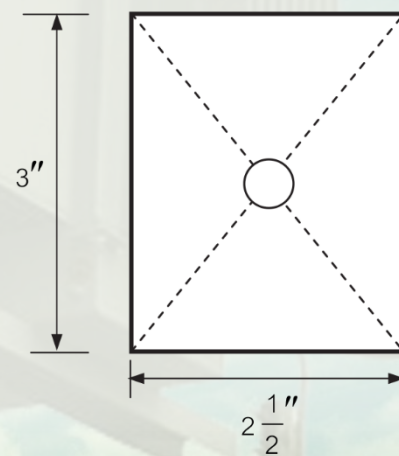
โดยความหนาแน่นสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กขณะยังไม่อิ่มตัวจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าความซาบซึมได้ของแกนเหล็ก

4. หาขนาดของขดลวด โดยการหาขนาดของขดลวดทั้ง 2 ด้านของหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องไม่ให้ขดลวดรับกระแสไฟฟ้ามากเกินไปเมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของขดลวด โดยทั่วไปจะเลือกค่าใดก็ได้ตั้งแต่ 400-700 เซอร์คูลามิลต่อกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ซึ่งหมายความว่าขดลวดตัวนำพื้นที่หน้าตัดขนาด 400-700 เซอร์คูลามิล สามารถทนกระแสไฟฟ้าได้ 1 แอมแปร์

5. ทำแบบไม้ โดยการวัดความกว้างของแกนเหล็กที่ขากลาง คือ ระยะ d ซึ่งมีระยะ 1.5 นิ้ว วัดความหนาของแกนเหล็กทั้งหมด (ความยาว) ซึ่งหนา 5 เซนติเมตร หรือประมาณ 2 นิ้ว (1.968 นิ้ว) และวัดความลึกของแกนเหล็กขากลางคือระยะ b ลบด้วยระยะ e ($3 \text{ นิ้ว} - \frac{3}{4} \text{ นิ้ว}$) ได้เท่ากับ $4\frac{1}{4} \text{ นิ้ว}$

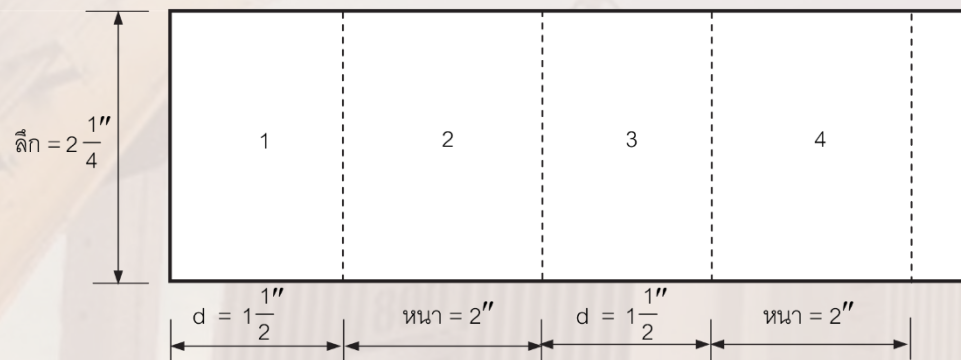


รูปที่ 12.3 ตัวอย่างแกนไม้

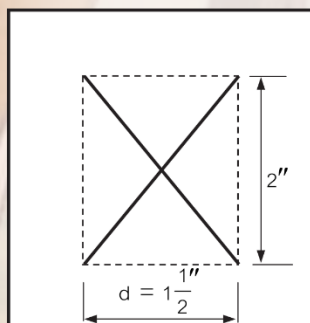


รูปที่ 12.4 แผ่นประกอบหัวท้ายจำนวน 2 แผ่น

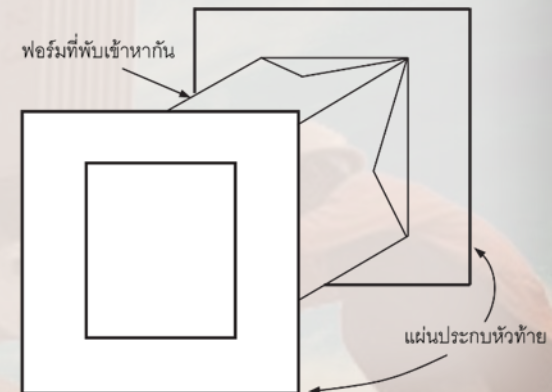
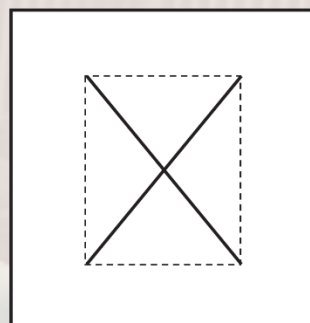
6. ทำฟอร์มกระดาษไฟเบอร์ โดยต้องตัดกระดาษไฟเบอร์ให้มีรูปร่างลักษณะคล้ายกับแบบไม้แต่การทำฟอร์มกระดาษไฟเบอร์จะต้องเผื่อ (เพิ่ม) ความหนาของกระดาษไฟเบอร์ด้วย หากไม่เผื่อความหนาเมื่อพับขดลวดและถอดออกจากแบบไม้แล้วจะประกอบเข้ากับแกนเหล็กได้ยาก



รูปที่ 12.5 ตัวอย่างกระดาษไฟเบอร์เพื่อใช้ทำฟอร์มเพื่อพับเข้าหากัน



รูปที่ 12.6 ตัวอย่างกระดาษไฟเบอร์เพื่อใช้ทำแผ่นประกบหัวท้าย



รูปที่ 12.7 ฟอร์มกระดาษไฟเบอร์ที่ทำสำเร็จแล้ว

12.2

การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการ สร้างหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก

ตัวอย่างที่ 12.1 ต้องการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 50 Hz ขนาดกำลังไฟฟ้า 250 VA เพื่อใช้กับแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ 220 V และทางด้านทุติยภูมิ 110 V จงคำนวณหา

- ก. จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิ
- ข. จำนวนรอบของขดลวดทางด้านทุติยภูมิ
- ค. ขนาดของขดลวดที่ใช้พันทางด้านปฐมภูมิ
- ง. ขนาดของขดลวดที่ใช้พันทางด้านทุติยภูมิ

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

พิกัดกำลังไฟฟ้า = 250 VA หาพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก

$$V_1 = 220 \text{ V}$$

$$V_2 = 110 \text{ V}$$

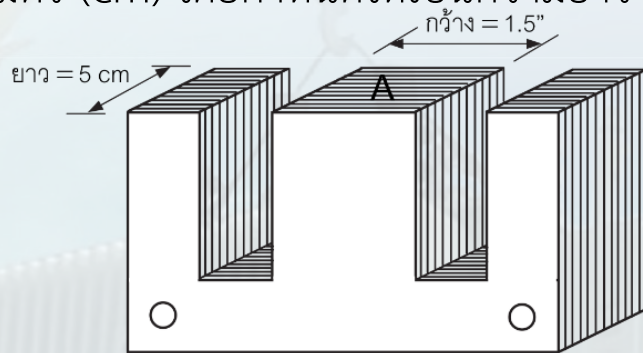
$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$A = \frac{\sqrt{VA}}{5.58}$$

$$= \frac{\sqrt{250}}{5.58}$$

$$A = 2.83 \text{ ตารางนิ้ว}$$

จากพิกัดกำลังไฟฟ้า 250 VA เปิดตารางที่ 12.1 ที่พิกัดกำลังไฟฟ้า 200 - 400 VA ดังนั้นจึงเลือกใช้
 แคนเหล็กรูปตัว E ซึ่งมีระยะ d เท่ากับ 21 นิ้ว จะกำหนดให้เป็นความกว้างและถ้ากำหนดให้การเรียง
 แคนเหล็กหนาขึ้น 5 เซนติเมตร (cm) โดยกำหนดให้เป็นความยาว ดังรูปที่ 12.8



รูปที่ 12.8 การเรียงแกนเหล็กรูปตัว E ให้นหนาขึ้น 5 เซนติเมตร

คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดที่จะใส่แกนเหล็กว่ามีพื้นที่หน้าตัดเพียงพอหรือไม่ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่

$$\begin{aligned} \text{คำนวณได้} \quad \text{ความกว้าง} &= 1\frac{1}{2} \text{ นิ้ว} = 1.5 \text{ นิ้ว} \\ \text{ความยาว} &= 5 \text{ เซนติเมตร} = 1.968 \text{ นิ้ว} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดที่ใส่แกนเหล็ก} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \\ &= 1.5 \times 1.968 \\ &= 2.95 \text{ ตารางนิ้ว} \end{aligned}$$

ก. จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิ โดยเลือก $B_{\max}$ เท่ากับ 60,000 เส้นต่อตารางนิ้ว

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{V_1 \times 10^8}{4.44 f B_{\max} A} \\ &= \frac{220 \times 10^8}{4.44 \times 50 \times 60,000 \times 2.83} \\ &= 583.6 \\ N_1 &\cong 584 \end{aligned}$$

จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ 584 รอบ **ตอบ**

ข. จำนวนรอบของขดลวดทางด้านทุติยภูมิ

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{V_2 \times 10^8}{4.44 f B_{\max} A} \\ &= \frac{110 \times 10^8}{4.44 \times 50 \times 60,000 \times 2.83} \\ &= 291.8 \\ N_2 &\cong 292 \end{aligned}$$

จำนวนรอบของขดลวดทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 292 รอบ **ตอบ**

ค. ขนาดของขดลวดที่ใช้พันทางด้านปฐมภูมิ

หากระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ $I_1 = \frac{VA}{V_1} = \frac{250}{220}$

$$I_1 = 1.136 \text{ A}$$

เลือกขนาดขดลวดที่ทนกระแสไฟฟ้าได้เท่ากับ 500 เซอร์คูลามิลต่อ 1 แอมแปร์ ทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิหาค่าพื้นที่หน้าตัดได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{พื้นที่หน้าตัดของขดลวดปฐมภูมิ} &= 500 \times I_1 \\ &= 500 \times 1.136 \\ &= 568 \text{ เซอร์คูลามิล}\end{aligned}$$

นำค่าพื้นที่หน้าตัดที่คำนวณได้ไปเปิดตารางขดลวด จากตารางที่ 12.2 โดยเลือกค่าที่ใกล้เคียงหรือมากกว่าค่าที่คำนวณได้คือเลือก 576 จะได้เบอร์ลวด SWG เท่ากับ 23

ดังนั้นขนาดของขดลวดที่ใช้พันทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ 23 SWG

ตอบ

ง. ขนาดของขดลวดที่ใช้พันทางด้านทุติยภูมิ

หากระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ $I_2 = \frac{VA}{V_2} = \frac{250}{110}$

$$I_2 = 2.27 \text{ A}$$

พื้นที่หน้าตัดของขดลวดทุติยภูมิ $= 500 \times I_2$

$$= 500 \times 2.27$$

$$= 1,135 \text{ เซอร์คูลามิล}$$

นำค่าพื้นที่หน้าตัดที่คำนวณได้ไปเปิดตารางขดลวด จากตารางที่ 12.2 โดยเลือกค่าที่มากกว่าค่าที่คำนวณได้คือเลือก 1296 จะได้เบอร์ลวด SWG เท่ากับ 20

ดังนั้นขนาดของขดลวดที่ใช้พันทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 20 SWG ตอบ

สรุปได้ว่า

ขดลวดปฐมภูมิจะต้องพัน 584 รอบ โดยใช้ลวดเบอร์ 23 SWG

ขดลวดทุติยภูมิจะต้องพัน 292 รอบ โดยใช้ลวดเบอร์ 20 SWG

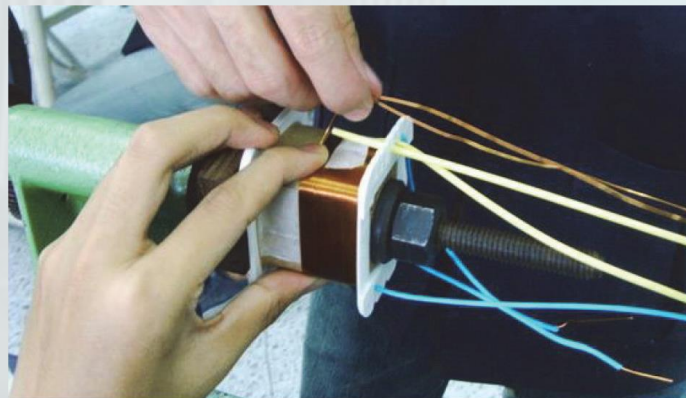
12.3

การพันขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า

จากรูปที่ 12.9 (ก) เป็นฟอร์มที่ทำสำเร็จเรียกว่าบอบบิน (Bobbin) พร้อมกระดาดขนวนที่รองไว้ก่อนพัน โดยทั่วไปจะพันขดลวดที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำหรือขดลวดทุติยภูมิอยู่ด้านใน ส่วนขดลวดทางด้านที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงจะพันอยู่รอบนอก ทั้งนี้ในการพันขดลวดทั้งสองจะต้องจัดเรียงให้เป็นระเบียบซึ่งการพันขดลวดทุก ๆ ชั้นจะต้องจัดเรียงให้แนบชิดกันดังรูปที่ 12.9 (ข) ข้อควรระวังขณะที่พันขดลวดจะต้องไม่ให้ขดลวดซ้ำ งดพับ มีรอยขูดขีดหรือถลอก



(ก) บอบบินสำเร็จ

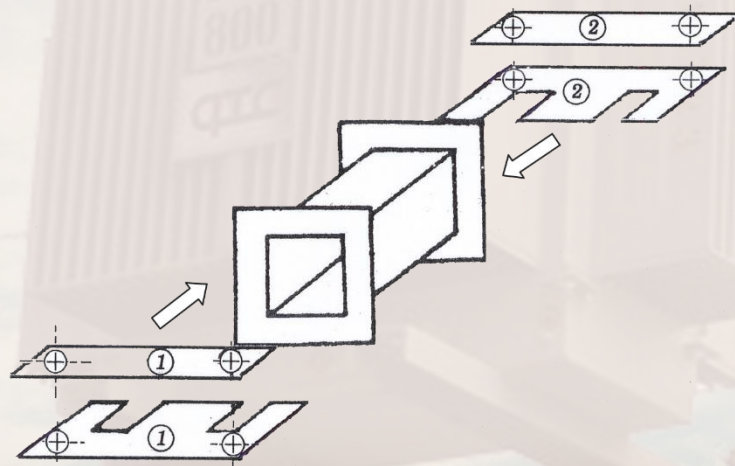


(ข) การพันขดลวดให้เรียงเส้นและการเผื่อปลายสาย

รูปที่ 12.9 การพันขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก

12.4 การประกอบแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า

เนื่องจากแกนเหล็กจะเป็นเส้นทางเดินของวงจรแม่เหล็ก ดังนั้นถ้าหากการจัดเรียงแกนเหล็กไม่แน่น จะเกิดมีเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล ค่าความต้านทานแม่เหล็กมีค่าสูง เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าทำงานอาจจะเกิดการสั้นของแกนเหล็กตลอดเวลา ดังนั้นการประกอบแกนเหล็กตัว E และตัว I เข้าด้วยกันโดย ประกอบแกนเหล็กตัว E ก่อนแล้วสลับด้านไปเรื่อย ๆ จนเต็ม แล้วประกอบแกนเหล็กตัว I ในแต่ละช่องระหว่างแต่ละแผ่น



รูปที่ 12.10 การประกอบแกนเหล็กตัว E และตัว I

(ที่มา : ดุสิต สุรยราช, 2546: 227)