



บทที่ 1

โครงสร้างและการทำงาน ของหม้อแปลงไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

1. บอกโครงสร้าง ส่วนประกอบและชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. อธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าได้

1.1 บทนำ

หม้อแปลงไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า จากวงจรไฟฟ้าสองวงจร โดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปสู่อีกวงจรหนึ่งให้สูงขึ้นเรียกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเพิ่มแรงดัน (Step-up transformer) หรือให้ลดแรงดันไฟฟ้าลงได้เรียกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดัน (Step-down transformer) ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบต่างๆ แสดงในรูปที่ 1-1



(ก) หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส



(ข) หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส

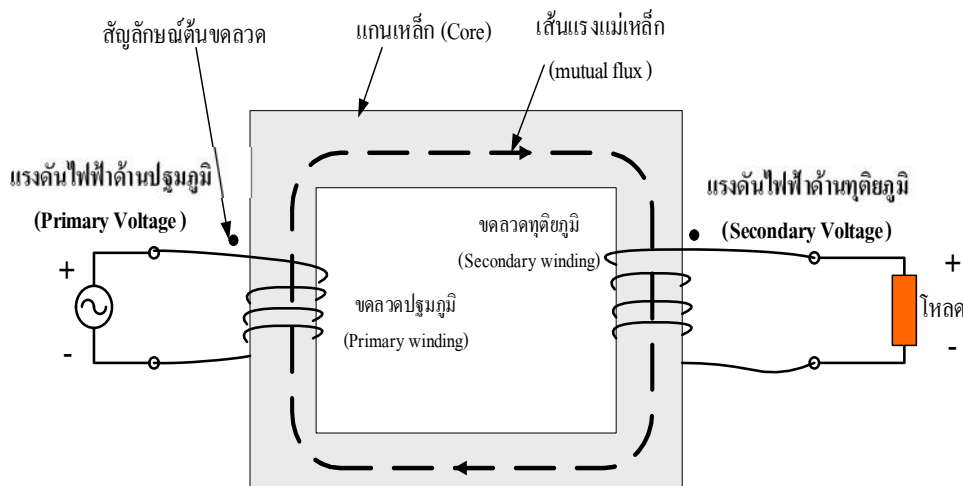


(ค) หม้อแปลงในระบบอิเล็กทรอนิกส์

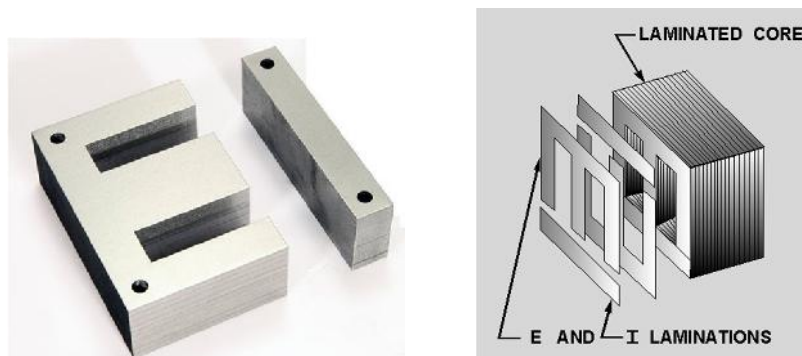
รูปที่ 1-1 หม้อแปลงไฟฟ้า

1.2 โครงสร้างและส่วนประกอบ

โครงสร้าง หม้อแปลงไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยโครงสร้างที่สำคัญ คือ ขดลวด(Winding) และแกนเหล็ก(Core)ขดลวดจะมีสองขดหรือมากกว่าขึ้นอยู่กับชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า ขดที่หนึ่งคือขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) ขดที่สองคือ ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ลักษณะภายนอกโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟสแสดงในรูปที่ 1.1(ก) และลักษณะภายนอกของหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส แสดงในรูปที่ 1.1(ข)



รูปที่ 1.2 โครงสร้างพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 1.3 แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า

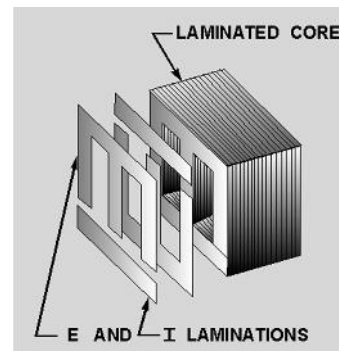
ส่วนประกอบ ที่สำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 1 เฟสและ 3 เฟส มีดังนี้

1.ขดลวดตัวนำปฐมภูมิ(Primary Winding)ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้า

- 2.ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้า
- 3.แกนเหล็ก (Core) ทำหน้าที่เป็นทางเดินสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและให้ขดลวดพันรอบแกนเหล็ก แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเป็นแกนเหล็กที่ทำมาจากแผ่นเหล็กบาง ๆอัดซ้อนกันเป็นแท่ง(Laminated Sheet Core) เพราะทำให้ได้ค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กมากและช่วยลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในแกนเหล็กด้วย



รูปที่ 1.3 ขดลวดและแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า

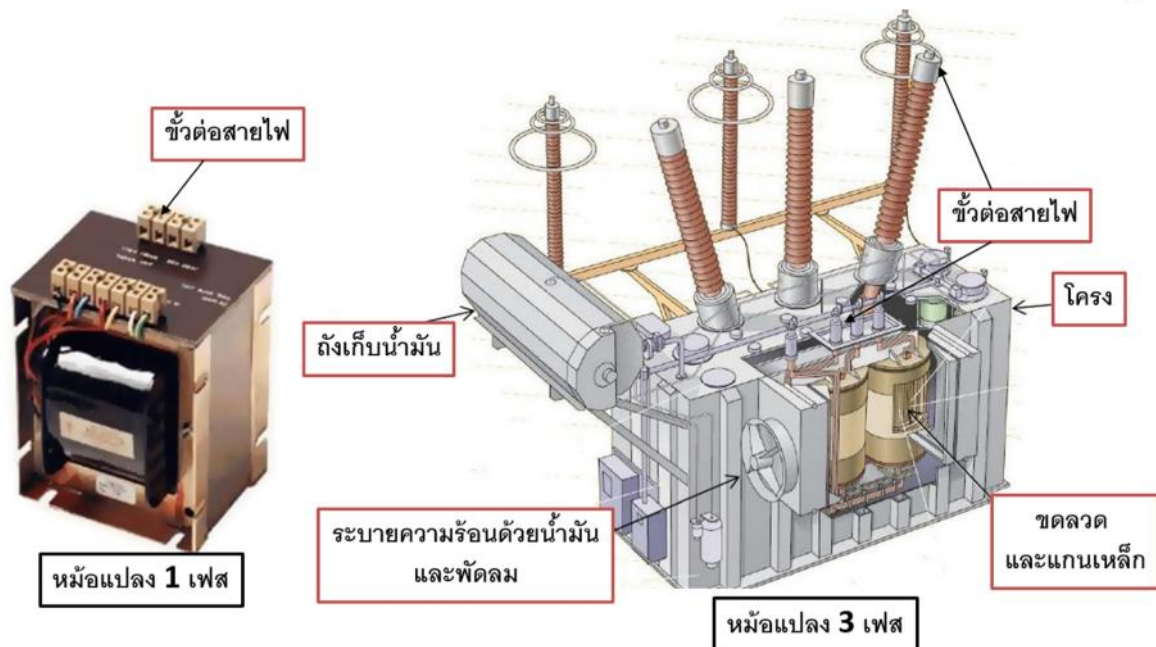


รูปที่ 1.4 แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ Laminated Core

- 4.ขั้วต่อสายไฟ (Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด
- 5.แผ่นป้าย (Name Plate) ทำหน้าที่บอกรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง
- 6.อุปกรณ์ระบายความร้อน (Coolant) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด เช่น อากาศ, พัดลม, น้ำมัน หรือใช้ทั้งพัดลมและน้ำมันช่วยระบาย

ความร้อน เป็นต้น

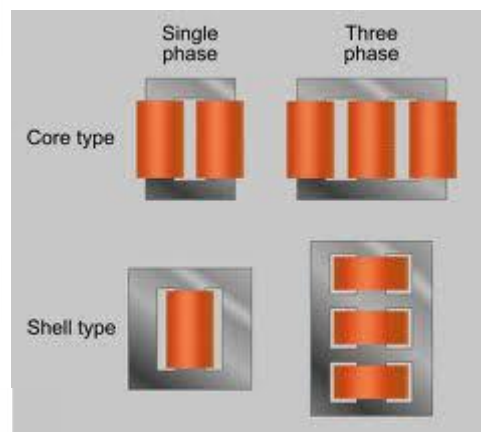
7. โครง (Frame) หรือตัวถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวด แกนเหล็ก รวมทั้งติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงขนาดใหญ่



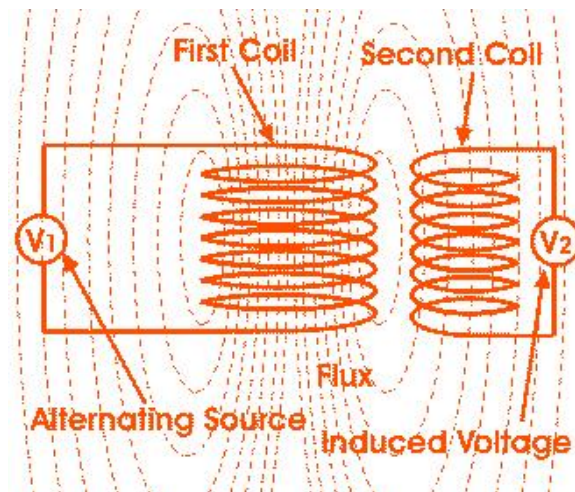
รูปที่ 1.5 ขั้วต่อสายไฟ โครงและอุปกรณ์ระบายความร้อน

1.3 หลักการทำงาน

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นใช้หลักการเหนี่ยวนำระหว่างเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux) ระหว่างขดลวดทั้งสองของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังรูป 1-6 ขดลวดปฐมภูมิต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าสลับ จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดเกิดเป็นเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux) ขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิ และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะขยายตัวไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิซึ่งวางอยู่ใกล้กัน ผลคือเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ปลายทั้งสองของขดลวดทุติยภูมิ แรงดันที่เกิดขึ้นนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดทั้งสอง กล่าวคือ ถ้าจำนวนรอบของขดปฐมภูมิมากกว่า



จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ หม้อแปลงนี้จะเป็นหม้อแปลงลดแรงดัน (Step-down) ในทางกลับกันถ้าจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิน้อยกว่าขดลวดทุติยภูมิจะเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดเพิ่มแรงดัน (Step-up)



รูปที่ 1-6 แสดงหลักการพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า
หลักการพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า ดูได้ที่

<http://www.electrical4u.com/what-is-transformer-definition-working-principle-of-transformer/>

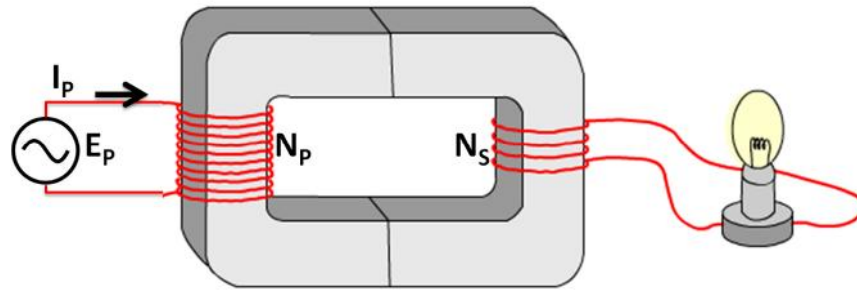
หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ใช้หลักการของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro-magnetic Induction) ระหว่างขดลวดกับแกนเหล็ก มีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูป 1-6

(ก) เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (E_p) เข้าทางขดปฐมภูมิ (N_p) จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในขดปฐมภูมิ (I_p)

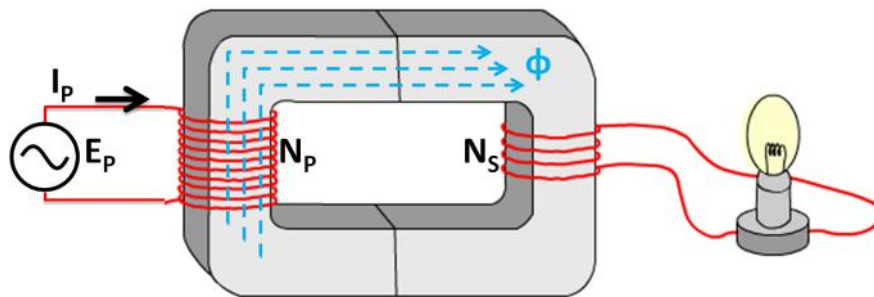
(ข) กระแสไฟฟ้าในขดปฐมภูมิ (I_p) นี้จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กนี้จะซึมซาบผ่านแกนเหล็กด้านปฐมภูมิไปสู่ด้านทุติยภูมิ

(ค) เส้นแรงแม่เหล็กนี้เมื่อเดินทางไปสู่ด้านทุติยภูมิจะตัดผ่านขดลวดทุติยภูมิ (N_s) ด้วยทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น (Induce Voltage) ที่

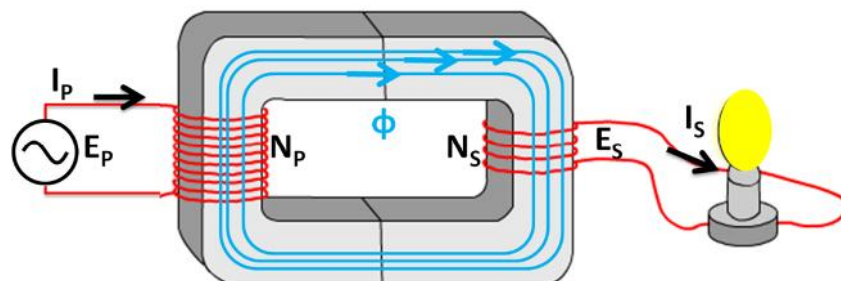
ขดทุติยภูมิ (E_s) และเกิดกระแสไหลที่ขดทุติยภูมิ (I_s) ทำให้หลอดไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับขดทุติยภูมิติดสว่างได้



(ก) กระแสปฐมภูมิไหลเข้าขดลวดปฐมภูมิ



(ข) เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก (ϕ) จากขดลวดปฐมภูมิไปยังขดลวดทุติยภูมิ



(ค) เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิ (E_s)

รูปที่ 1-6 แสดงขั้นตอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

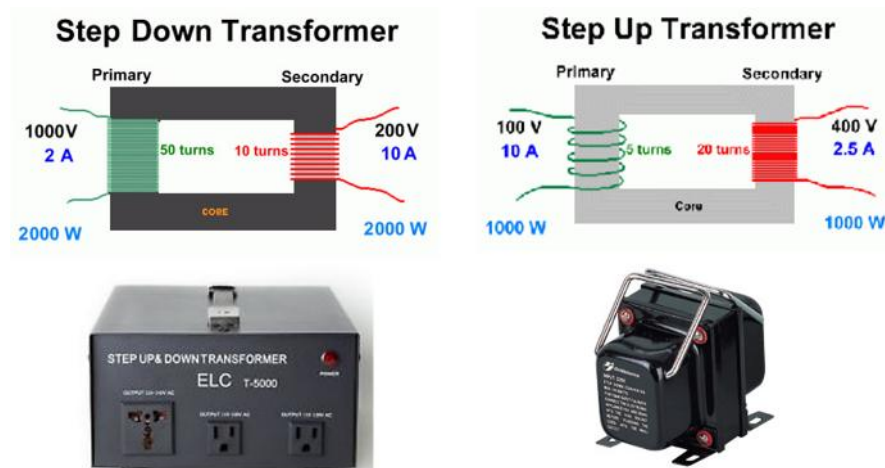
<http://harphys.com/wp-content/uploads/2010/10/transformer-movie-clip.swf>

1.4 ประเภทของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงยังสามารถจำแนกประเภทชนิดตามจำนวนรอบของขดลวดได้ดังนี้

1. หม้อแปลงแบบเพิ่มแรงดัน คือ หม้อแปลงที่มีจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิมากกว่าขดลวดปฐมภูมิ

2. หม้อแปลงแบบลดแรงดัน คือหม้อแปลงที่มีจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าขดลวดปฐมภูมิ ดังรูปที่ 1-7



รูปที่ 1-7 หม้อแปลงแรงดันลงและหม้อแปลงแรงดันขึ้น

3. หม้อแปลงที่มีแทปแยก (Tap Transformer) คือหม้อแปลงที่มีจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิหลายขดลวด ทำให้มีขนาดของแรงดันไฟฟ้าได้หลายระดับ

4. หม้อแปลงที่ใช้สำหรับแยกวงจรไฟฟ้าออกจากกัน (Isolating Transformer) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบเท่ากับขดลวดปฐมภูมิหรือมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากันทั้งสองด้าน

5. หม้อแปลงแบบปรับเลื่อนค่าได้ (Variable Transformer) ขดลวดทุติยภูมิและปฐมภูมิจะเป็นขดลวดขดเดียวกัน หรือ หม้อแปลงออโต้ (Autotransformer) มักใช้กับการปรับขนาดแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรไฟฟ้าตามต้องการ ปรับค่าได้ด้วยการเลื่อน หรือหมุนแทปของขดลวด

6. หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer :CT) ออกแบบมาให้ใช้งานร่วมกับเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าบางอย่างที่ต้องต่อร่วมกันในวงจร เดียวกันแต่ต้องการกระแสไฟต่ำหม้อแปลงกระแสจะทำหน้าที่แปลงขนาดกระแสลงตามอัตราส่วนระหว่างปฐมภูมิต่อทุติยภูมิเช่น 300 : 5 หรือ 100 : 5 เป็นต้น สำหรับหม้อแปลงกระแส 300 : 5 หมายถึงหม้อแปลงจะจ่ายกระแสทุติย

ภูมิ 5 A หากได้รับกระแสปฐมภูมิ 300 A หม้อแปลงกระแสจะต้องมีโหลดต่อไว้กับด้านทุติยภูมิเพื่อป้องกันทุติยภูมิเกิดแรงแดันไฟฟ้าสูงในขณะที่ปฐมภูมิมีกระแสไฟฟ้าผ่าน



Tapping Transformer



รูปที่ 1-8 หม้อแปลงแทป และหม้อแปลงออโต้

ที่มา : <http://www.hiwtc.com/products/variatic-auto-transformer-5896-58854.htm>



รูปที่ 1-9 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า

สัญลักษณ์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่นิยมใช้กันตามมาตรฐานอเมริกันหลายแบบ ถ้าเป็นหม้อแปลงแกนอากาศ แสดงในรูป 1-10(ก) หม้อแปลงแกนเหล็กแสดงในรูป 1-10(ข)หม้อแปลงชนิดปรับค่าได้หรือหม้อแปลงออโต้แสดงในรูป 1-10(ค) และหม้อแปลงชนิดมีแทปกลางแสดงในรูป 1-10(ง)



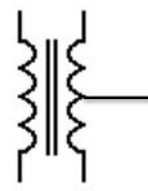
(ก) แกนนอากาศ



(ข) แกนเหล็ก



(ค) หม้อแปลงออโต้

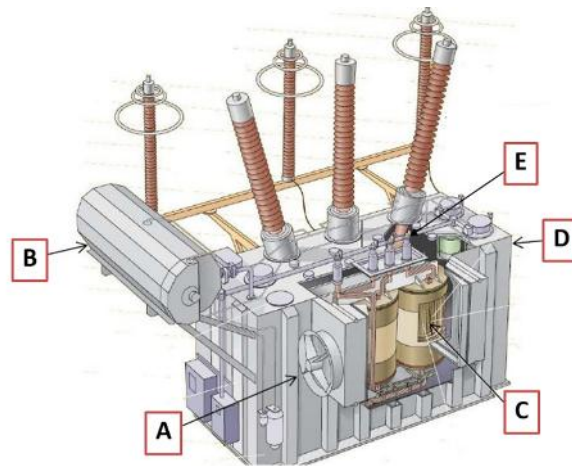


(ง) แทปกลาง

รูปที่ 1-10 สัญลักษณ์ของหม้อแปลงไฟฟ้า

แบบฝึกหัดบทที่ 1

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว



จากรูปด้านบน ใช้ตอบคำถามข้อ 1-4

1. ข้อใดคือขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า

- ก. A ข. B ค. C ง. D

2. ข้อใดคือถังเก็บน้ำมันระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้า

- ก. A ข. B ค. C ง. D

3. ข้อใดคือขั้วต่อไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า

- ก. E ข. D ค. C ง. B

4. หม้อแปลงไฟฟ้าในรูปนี้เป็นหม้อแปลงแบบ.....

- ก. ออโต้ ข. แอปกลาง ค. 1 เฟส ง. 3 เฟส

5. ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่.....และขดลวดทุติยภูมิทำหน้าที่.....

- ก. รับแรงดัน, จ่ายแรงดัน
ข. รับแรงดัน, รับกระแส
ค. รับแรงดัน, รับแรงดัน
ง. รับกระแส, รับแรงดัน

6. แกนเหล็กชนิด Laminated Sheet Core มีคุณสมบัติดังข้อใด

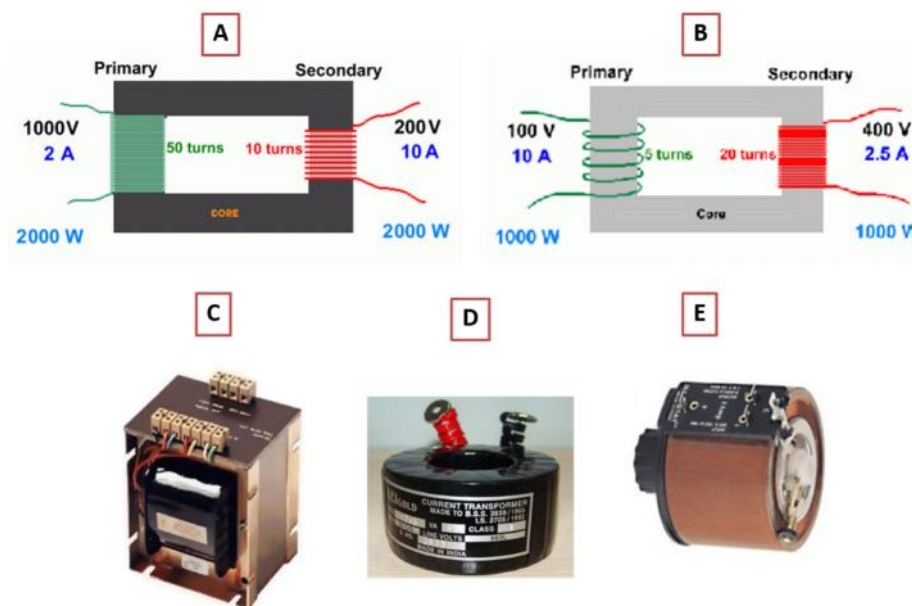
- ก. ลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิ
- ข. ลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในขดลวดทุติยภูมิ
- ค. ลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากการสั่นสะเทือน
- ง. ลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในแกนเหล็ก

7. หม้อแปลงไฟฟ้าคืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่.....จากวงจรไฟฟ้าสองวงจร

.....

- ก. ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า, โดยใช้กฎของฟาราเดย์
- ข. ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า, โดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
- ค. ส่งผ่านแรงดันไฟฟ้า, โดยเส้นแรงแม่เหล็ก
- ง. ส่งผ่านแรงดันไฟฟ้า, โดยการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 8-10



8. ข้อใดคือหม้อแปลงออโต้

- ก. A
- ข. C
- ค. D
- ง. E

9. ข้อใดคือหม้อแปลงแรงดันขึ้น

- ก. A ข. B ค. C ง. D

10. ข้อใดคือหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า

- ก. A ข. B ค. C ง. D

