บทที่ 8

หม้อแปลงไฟฟ้า

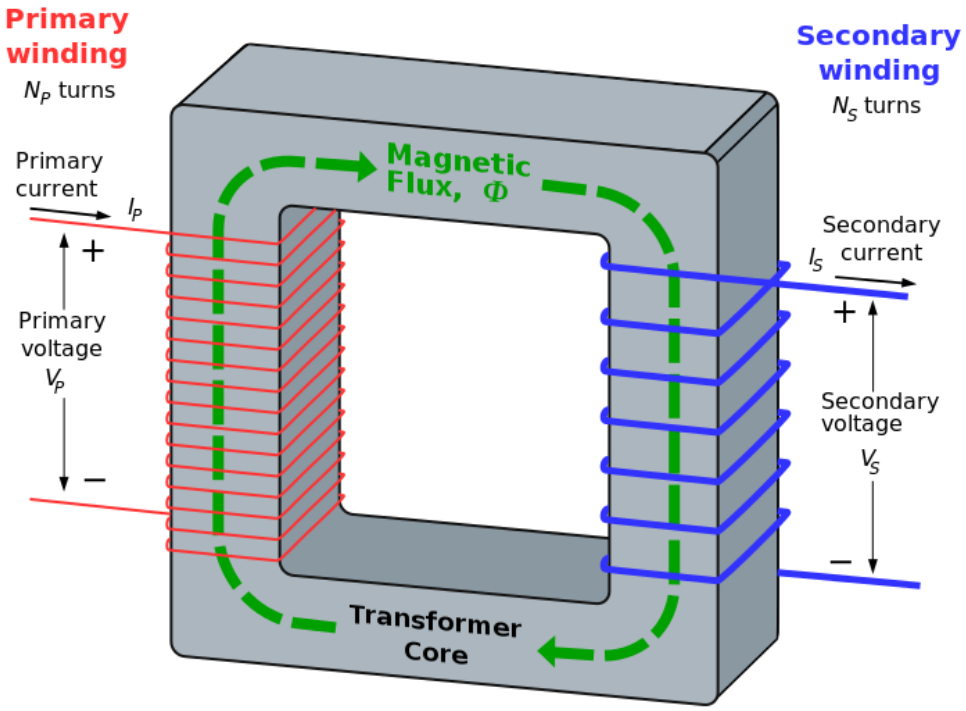
(Electrical Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) จัดได้ว่าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดไม่มีการเคลื่อนที่ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสำคัญอย่างมากในการส่งกำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดกำลังไฟฟ้าไปยังที่ต่างๆ สามารถปรับแรงดันไฟฟ้าให้มากขึ้นหรือน้อยตามความต้องการได้ หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนมาก หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวดอย่างน้อยสองขดพันอยู่บนแกนที่เป็นสารแม่เหล็กร่วมกัน พลังงานไฟฟ้าสามารถไหลผ่านระหว่างขดลวดได้โดยอาศัยการเชื่อมโยงทางสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกน

หม้อแปลงไฟฟ้าคืออะไรและทำงานอย่างไร ?

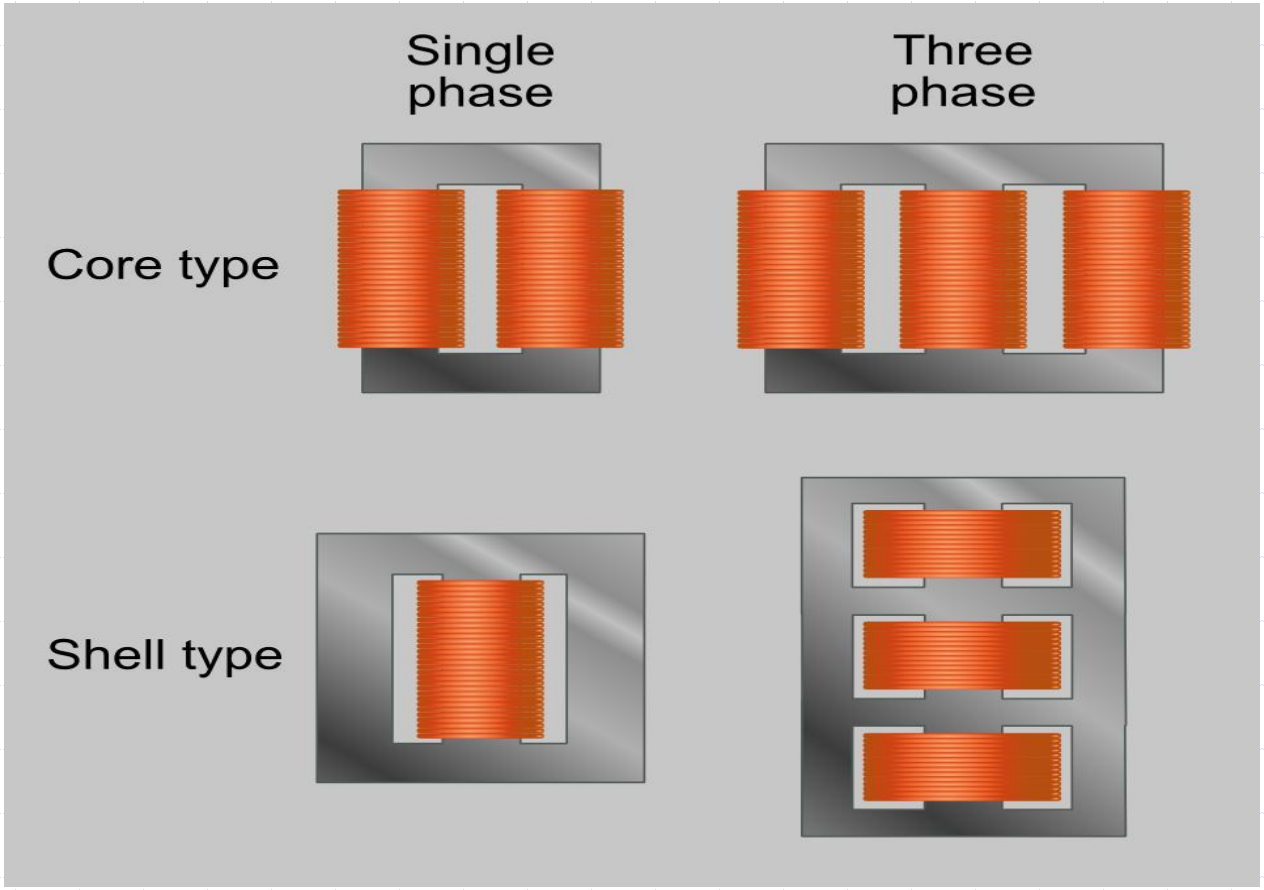
- **หม้อแปลงไฟฟ้า** ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงระดับของแรงดันไฟฟ้า **ประกอบด้วยขดลวด 2 ขด** พันอยู่รอบแกนเหล็ก โดยขดลวดทั้ง 2 ขดนี้ไม่ได้ต่อกันโดยตรงทางไฟฟ้า
- เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าสลับแก่ขดลวดปฐมภูมิเกิดเส้นแรงแม่เหล็กสลับ เส้นแรงแม่เหล็กสลับนี้ผ่านขดลวดทุติยภูมิ โดยผ่านแกนเหล็ก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ



https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer

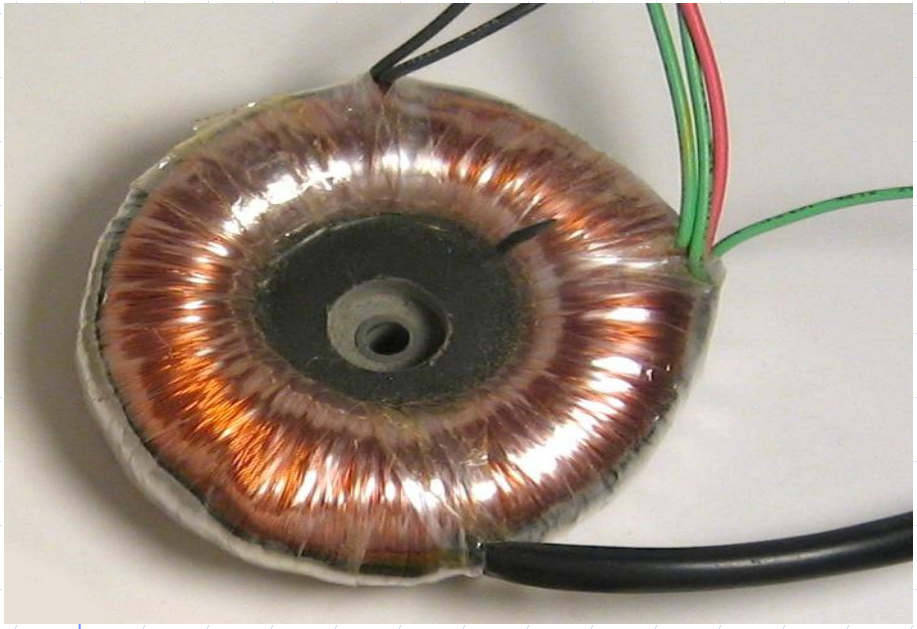
1. โครงสร้างของหม้อแปลง (Transformer construction)

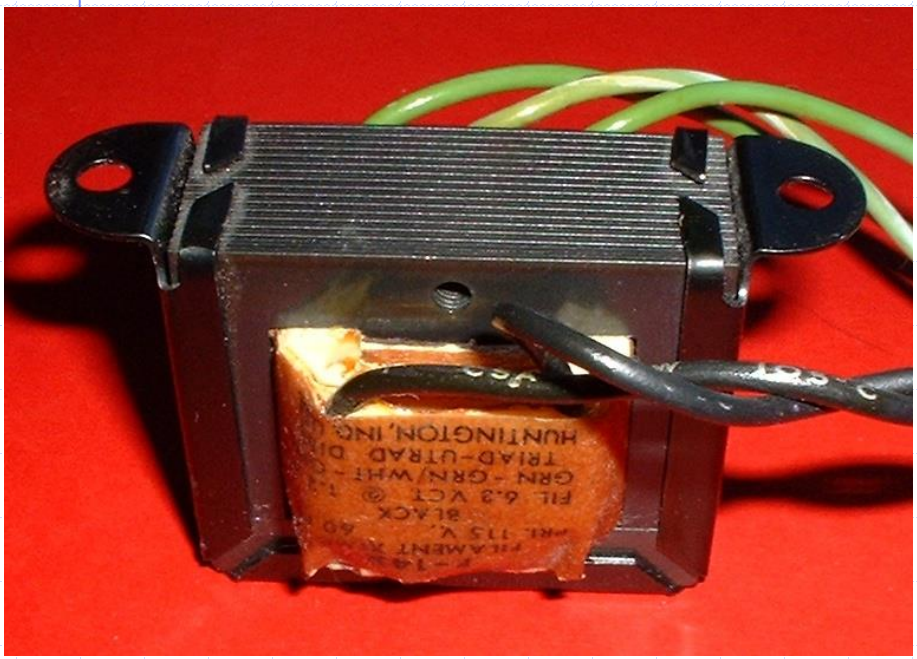
โครงสร้างของแกนหม้อแปลงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบคอร์ (core type) และแบบเชล (shell type) ดังแสดงในรูป



https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer

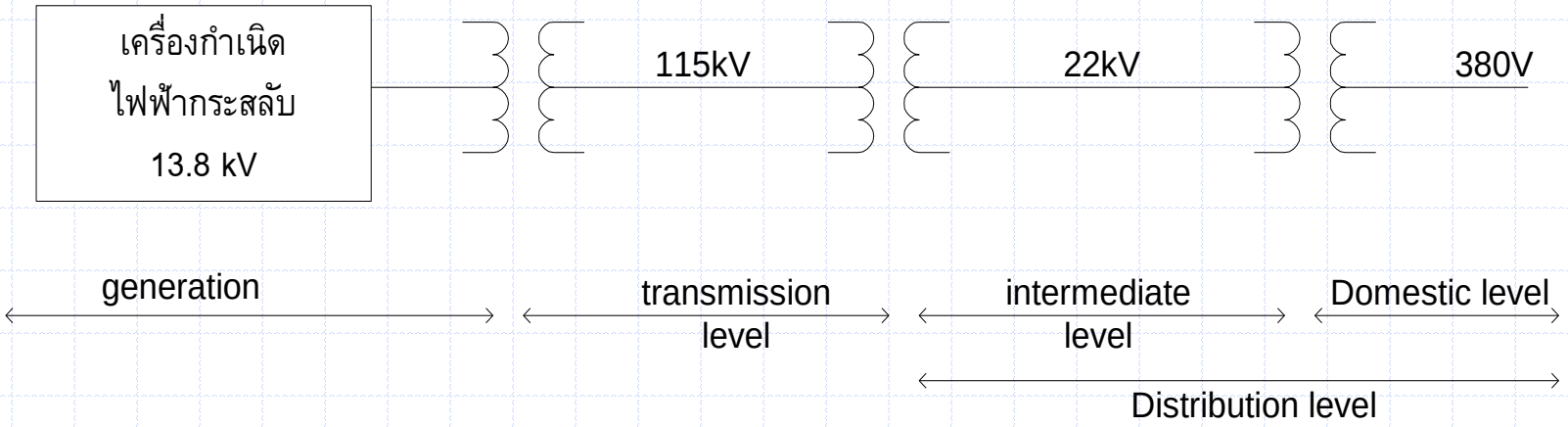
หม้อแปลงขนาดเล็กมักจะเป็นชนิดเชล ส่วนหม้อแปลงขนาดใหญ่ส่วนมากจะเป็นแบบคอร์





https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer

หม้อแปลงจะมีขดลวดด้านหนึ่งต่อกับแรงดันเข้าขดลวดนี้จะถูกเรียกว่าขดลวดปฐมภูมิ (primary winding) ส่วนขดลวดที่ต่อกับแรงดันออกเรียกว่าขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding) ในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าไปในที่ไกลๆ จำเป็นต้องปรับแรงดันให้สูงขึ้นด้านแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าและลดแรงดันลงที่ปลายทางตามความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า เพื่อลดความสูญเสียในการขนส่งจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงในการปรับแรงดันตามรูป



การลดความสูญเสียในระบบการส่งกำลังไฟฟ้าด้วยหม้อแปลง

ชนิดของหม้อแปลง

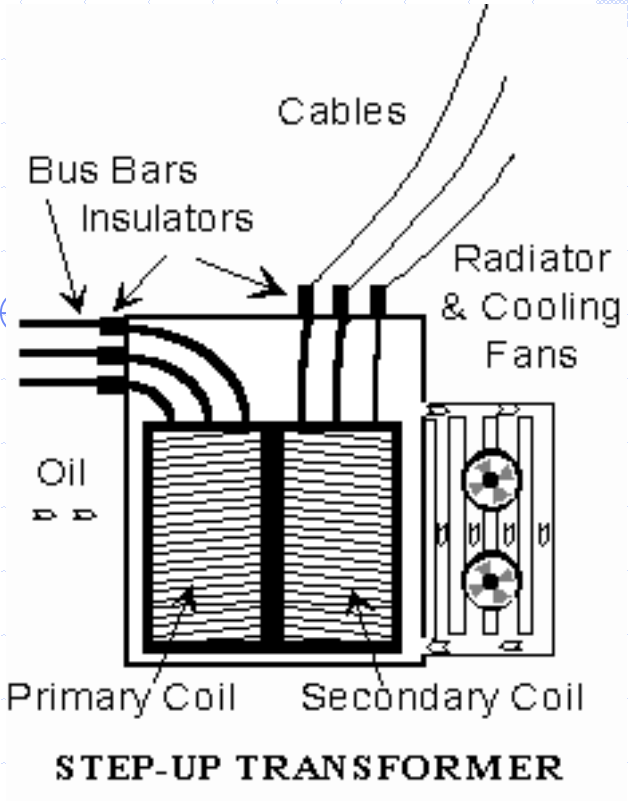
หม้อแปลงในระบบส่งกำลังไฟฟ้า แบ่งเป็นชนิดต่างๆดังนี้

1. หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer)
2. หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer)
3. หม้อแปลงสำหรับเครื่องมือวัด (Instrument Transformer)
4. หม้อแปลงสำหรับความถี่สูง (High Frequency Transformer)

สำหรับหม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) ที่ใช้งานทั่วไปของการไฟฟ้าภูมิภาคแบ่งเป็น 2 ระบบคือ

1. ระบบ 1 เฟส 3 สาย มีใช้งาน 4 ขนาด 10 kVA, 20 kVA, 30 kVA, 50 kVA
2. ระบบ 3 เฟส 4 สาย มีใช้งานหลายขนาด ได้แก่ 30 kVA, 50 kVA, 100 kVA, 160 kVA, 250 kVA, 315 kVA, 400 kVA, 500 kVA, 1000 kVA, 1250 kVA, 1500 kVA, 2500 kVA

Power Transformer



https://www.osha.gov/SLTC/etools/electric_power/illustrated_glossary/substation_equipment/power_transformers.html

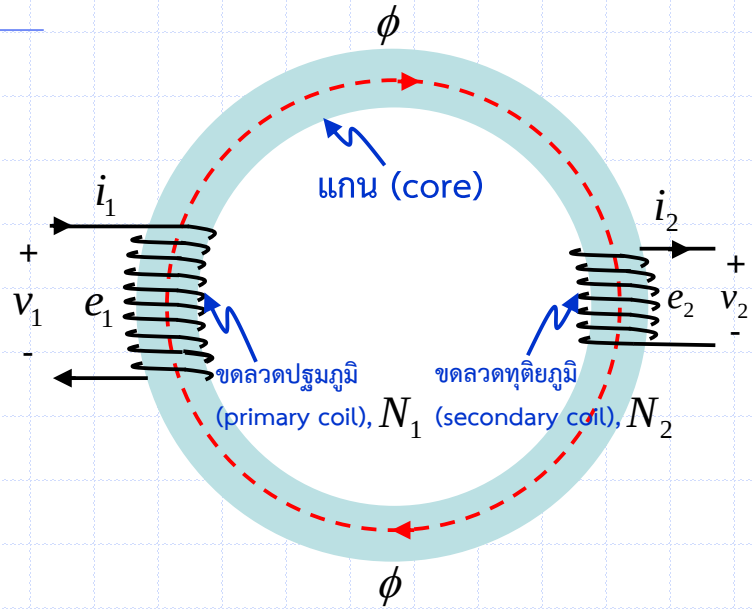
Distribution Transformer

(เฉพาะรูปด้านขวา)

https://www.osha.gov/SLTC/etools/electric_power/illustrated_glossary/distribution_system/distribution_transformers.html

2. หม้อแปลงในอุดมคติ (Ideal Transformer)

พิจารณาในกรณีของหม้อแปลงแบบเฟสเดียวที่มีขดลวดสองขดดังรูป

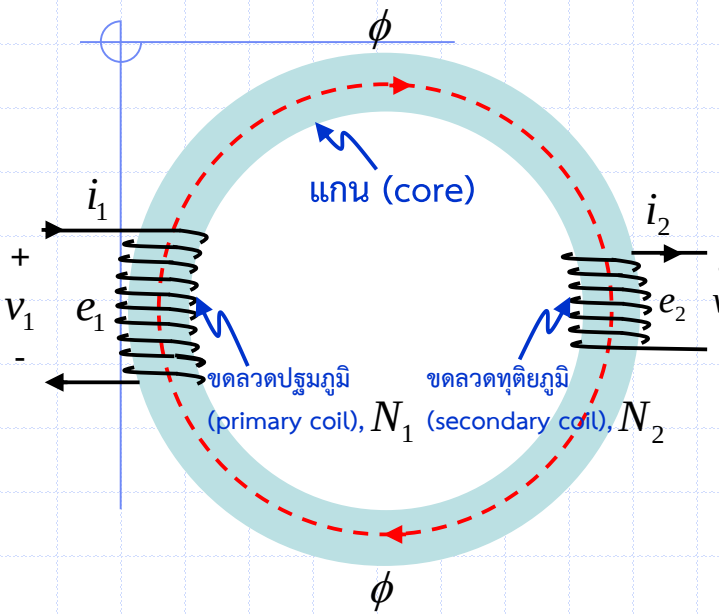


หม้อแปลงในอุดมคติ

หม้อแปลงอุดมคติมีคุณสมบัติดังนี้

1) *ขดลวดไม่มีความต้านทาน*
2) *เส้นแรงแม่เหล็กทั้งหมดมีอยู่เฉพาะในแกนแม่เหล็กและผ่านขดลวดทุกขด*
3) *ไม่มีความสูญเสียในแกน*
4) *ค่าความซึมซาบของแม่เหล็ก (magnetic permeability, μ) เป็นค่าอนันต์*

เมื่อแรงดันทางด้านปฐมภูมิเป็น v_1 จะทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำ e_1 มีค่าเท่ากัน เนื่องจากขดลวดไม่มีความต้านทาน ดังนั้น



$$v_1 = e_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$V_1 = E_1 = 4.44\, f N_1 \phi_m$$

เส้นแรงแม่เหล็กที่ผ่านแกนจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดัน e_2 บนขดลวดทุติยภูมิเป็น

$$v_2 = e_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$V_2 = E_2 = 4.44\, f N_2 \phi_m$$

ดังนั้น

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

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

เมื่อ a คืออัตราส่วนรอบ (turn ratio) จะเห็นได้ว่า ในกรณีหม้อแปลงในอุดมคติ แรงดันที่ขั้วของหม้อแปลงจะเป็นสัดส่วนกับอัตราส่วนรอบ

f เป็นความถี่ ϕ_m เป็นค่าสูงสุดของสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำในแกน

พิสูจน์สมการ

$$v = e = N\frac{d\phi}{dt}; V = E = 4.44\,fN\phi_m$$

กำหนดให้ $I_1 = I_m \sin\omega t$ ดังนั้น $\phi = \phi_m \sin\omega t$

จะได้

$$e_1 = N_1\frac{d\phi}{dt} = N_1\frac{d(\phi_m \sin\omega t)}{dt}$$

$$e_1 = N_1\phi_m\omega\cos\omega t$$

ค่าสูงสุด e_1: $e_{\max} = N_1\phi_m 2\pi f$ เมื่อ $\omega = 2\pi f$

$$E_1(rms) = \frac{1}{\sqrt{2}}N_1\phi_m 2\pi f$$

$$E_1(rms) = 4.44N_1 f\phi_m$$ เมื่อ $f = 50\,\text{Hz}$

ทำนองเดียวกัน $$E_2(rms) = \frac{1}{\sqrt{2}}N_2\phi_m 2\pi f = 4.44\,fN_2\phi_m$$

กำลังปรากฏ (apparent power, S) ด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิมีค่าเท่ากัน จะได้

$$|S_1| = |S_2|$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = a$$

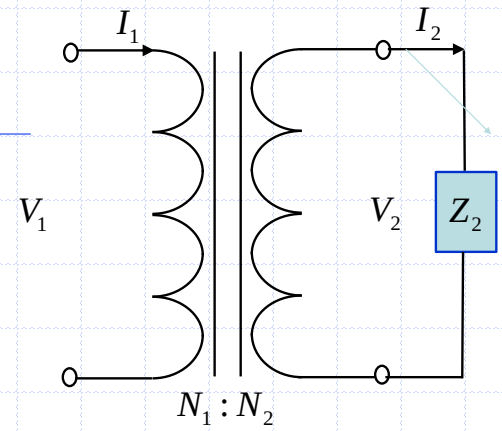
ดังนั้น

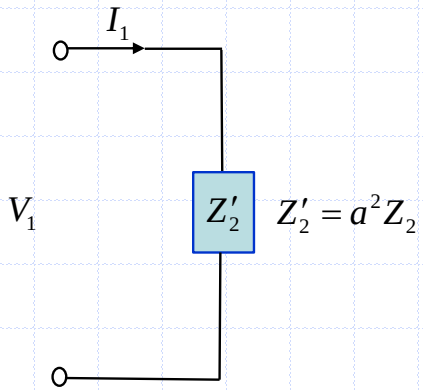
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = a$$

พิจารณา:

1. เงื่อนไขหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันขึ้นและลด (Step up & down Transformer)
2. กระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันขึ้นและลด

3. การถ่ายโอนอิมพีแดนซ์





อิมพีแดนซ์ด้านทุติยภูมิของโหลดคือ $Z_2 = \dfrac{V_2}{I_2}$

อิมพีแดนซ์ด้านปฐมภูมิคือ $Z_1 = \dfrac{V_1}{I_1} = \dfrac{aV_2}{I_2/a} = a^2 \dfrac{V_2}{I_2} = a^2 Z_2$

ดังนั้น $Z_1 = Z_2'$ ค่าอิมพีแดนซ์ด้านปฐมภูมิที่เกิดจาก Z_2

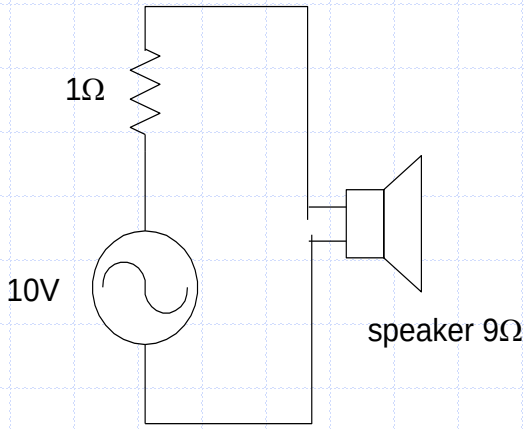
$$Z_1 = a^2 Z_2 = Z_2'$$

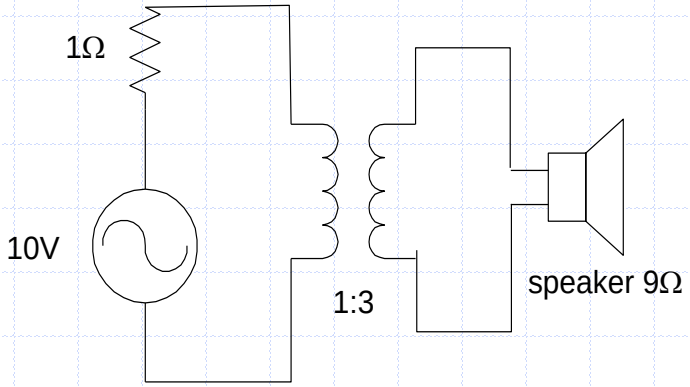
ในทำนองเดียวกัน $Z_1' = \dfrac{1}{a^2} Z_1$

ตัวอย่างที่ 1 ลำโพง 9 Ω ต่อกับกับแหล่งจ่ายสัญญาณขนาด 10 V และมีความต้านทานภายใน 1 Ω ดังแสดงในรูป จงหา

ก) กำลังไฟฟ้าในตัวลำโพง

ข) เพื่อทำให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดในลำโพง โดยการใช้หม้อแปลงที่มีอัตราส่วน 1:3 ดังรูป กำลังไฟฟ้าบนลำโพงจะมีค่าเท่าใด





วิธีทำ

ก) เมื่อต่อลำโพงเข้ากับแหล่งสัญญาณโดยตรง

$$I = \frac{V}{R_{\text{sum}}} = \frac{10}{1+9} = 1A$$

$$P = I^2 R = 1^2 \times 9 = 9W$$

ข) เมื่อใช้หม้อแปลงแมทชิ่ง

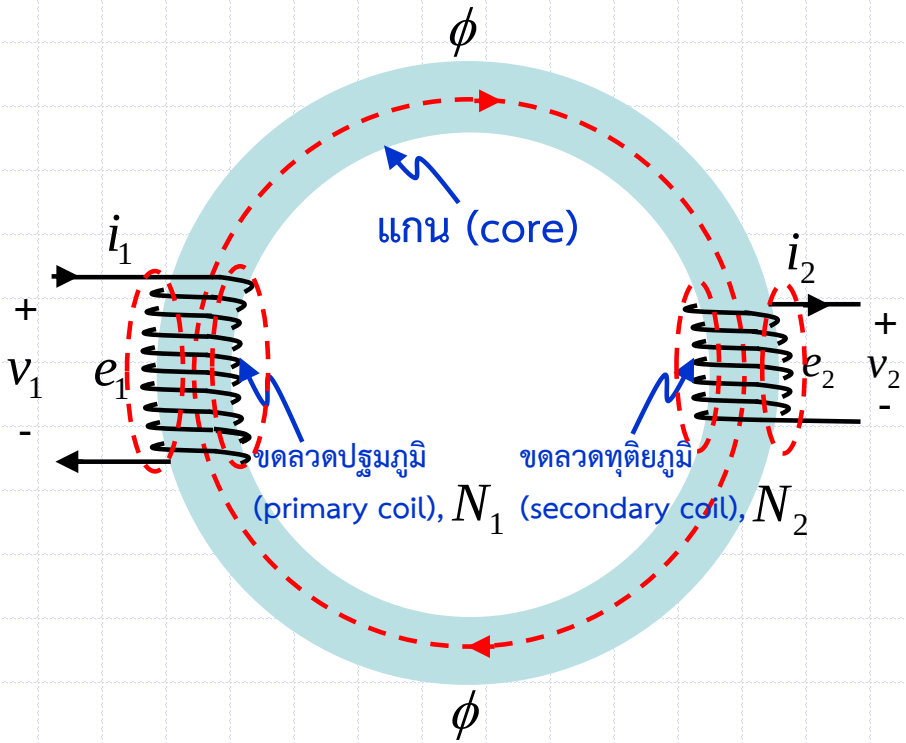
$$R_2^{'} = a^2 R_2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \times 9 = 1\Omega$$

$$I = \frac{V}{R_{sum}} = \frac{10}{1+1} = 5A$$

$$P = I^2 R = 5^2 \times 1 = 25W$$

4. หม้อแปลงในทางปฏิบัติ

ความต้านทานของขดลวด ความสูญเสียในแกน ความซึมซาบได้ทางแม่เหล็กของแกน และเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลของแกน เป็นผลให้หม้อแปลงในทางปฏิบัติมีคุณสมบัติที่แตกต่างกับของหม้อแปลงในอุดมคติ การวิเคราะห์หม้อแปลงในทางปฏิบัติในที่นี้จะใช้วิธีสร้างวงจรสมมูลทางไฟฟ้าที่เป็นผลของปริมาณทางกายภาพในหม้อแปลง รูปแสดงผลของความต้านทาน ความสูญเสียในแกนและเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลในหม้อแปลง



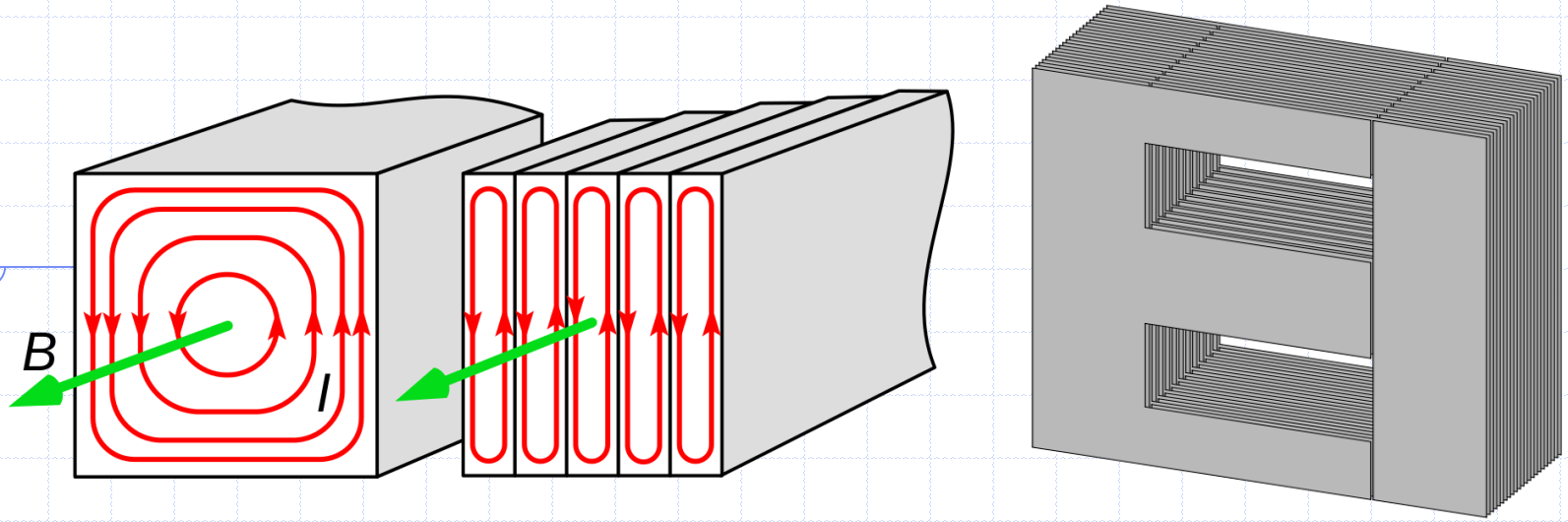
กำลังงานสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า (Power Losses)

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถสร้างให้มีประสิทธิภาพสูงๆ ได้อาจจะสูงกว่า 90% ในเครื่องขนาดใหญ่ กำลังที่สูญเสียในหม้อแปลงแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ Copper Loss และ Core Loss

1. กำลังสูญเสียในทองแดง (Copper Loss) เกิดจากความต้านทานของขดลวดทั้ง 2 ขด คือขด Primary และขด Secondary

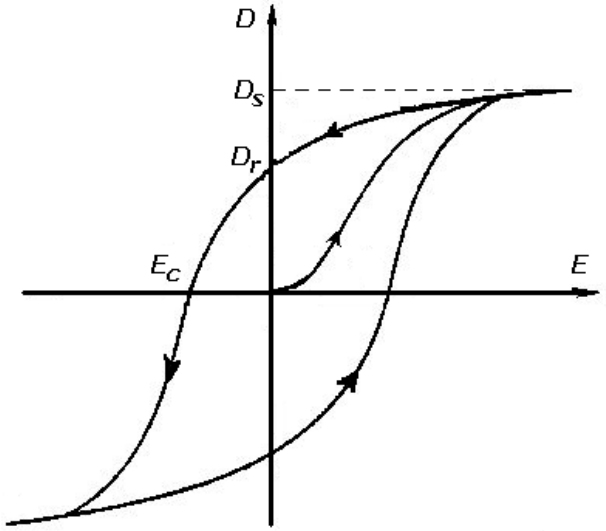
$$\text{Copper Loss} = I^2R$$

2. กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss)
   - กำลังสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) เป็นผลที่เกิดจากการเหนี่ยวนำภายในเหล็กตามกฎของฟาราเดย์ ค่า Eddy Current ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของแผ่นเหล็ก
   - กำลังสูญเสียที่เกิดจากฮีสเทอร์รีซีส (Hysteresis Loss) เกิดจากในการกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งเพื่อชนะความฝืดโมเลกุล พลังงานที่ใช้ไปเป็นพลังงานสูญเสียในรูปของพลังงานความร้อนหรือหาได้จากพื้นที่ปิดของ hysteresis loop



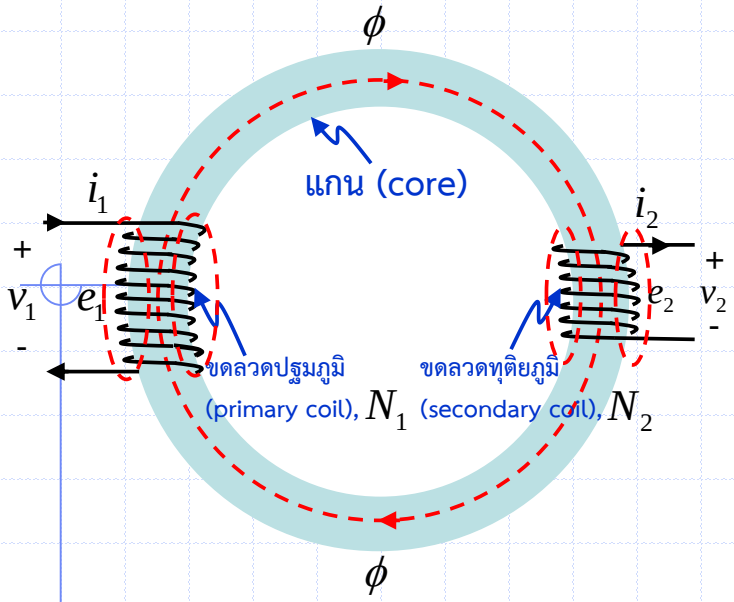
https://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current

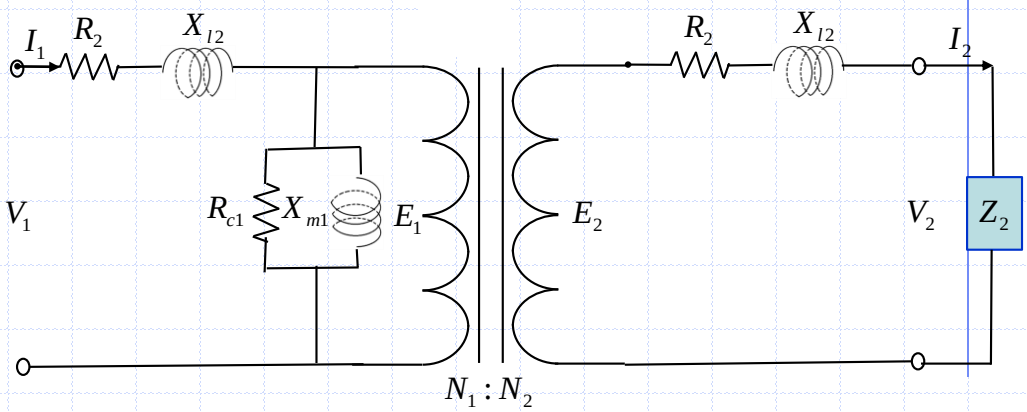
รูปที่ 8.11 การเกิดกระแสไหลวนในแกนเหล็ก (Eddy Current)



https://en.wikipedia.org/wiki/Hysteresis

รูปที่ 8.12 กำลังสูญเสียที่เกิดจากฮีสเทอร์รีซีส (Hysteresis Loss)





รูปวงจรสมมูลของหม้อแปลงในทางปฏิบัติ

R_1 R_2 : ความต้านทานในเส้นลวด

X_{l1} X_{l2} : ค่า Reactance ของขดลวดแต่ละชุด

R_{c1} : ความต้านทานที่สูญเสียในเหล็ก

(Iron loss คือ Eddy Current Loss และ Hysteresis Loss)

X_{m1} : Mutual reactance คือค่า reactance ที่เกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กร่วมกันในแกนเหล็ก

การคำนวณประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าใช้งาน}}{\text{กำลังไฟฟ้าใช้งาน} + \text{กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก} + \text{กำลังสูญเสียจากโหลด}}$$

โดยทั่วไปจะดีที่สุด เมื่อใช้งานที่โหลด **60–80% ของพิกัดใช้งาน** (kVA)

ถ้าหากใช้งานที่โหลดสูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลง

นอกจากนี้ ควรพยายามควบคุมให้โหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสสมดุลกัน เพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตัวอย่างที่ 2 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง มีแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ 120 V และแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ 60 V ถ้าขดลวดปฐมภูมิมีจำนวนรอบ 800 รอบ และมีกระแสด้านทุติยภูมิ 12 A จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้

ก) จำนวนรอบของทุติยภูมิ ข) กระแสด้านปฐมภูมิ ค) อัตราส่วนของหม้อแปลง

วิธีทำ

ก) $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$

$N_2 = \frac{N_1 \times V_2}{V_1} = \frac{800 \times 60}{120}$

$N_2 = 400$ *รอบ*

ข) $\frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2}$

$I_1 = \frac{I_2 \times V_2}{V_1} = \frac{12 \times 60}{120}$

$I_1 = 6\,A$

ค) $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$

$a = \frac{800}{400} = \frac{120}{60} = \frac{12}{6}$

$a = 2$

ตัวอย่างที่ 3 หม้อแปลงไฟฟ้าเฟสเดียวขนาดพิกัด 200-kVA, 6600-V/ 400-V, 50 Hz ขดลวดทุติยภูมิมีจำนวนรอบ 80 รอบ จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้

ก) กระแสเมื่อหม้อแปลงจ่ายโหลดเต็มพิกัดทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ

ข) จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

ค) ค่าสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนหม้อแปลง

วิธีทำ

ก) กระแสเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัดด้านปฐมภูมิ

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{200\,\text{kVA}}{6600\,\text{V}}$$

$$I_1 = 30.3\,\text{A}$$

กระแสเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัดด้านทุติยภูมิ

$$I_2 = \frac{S}{V_2} = \frac{200\,\text{kVA}}{400\,\text{V}}$$

$$I_2 = 500\,\text{A}$$

ข) จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

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

$$N_1 = \frac{N_2 \times V_1}{V_2} = \frac{80 \times 6600}{400}$$

$$N_1 = 1320 \quad \textit{รอบ}$$

ค) ค่าสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนหม้อแปลง

$$e_1 = 4.44\, f N_1 \phi_m$$

แทนค่า $6600 = 4.44 \times 50 \times 1320 \times \phi_m$

$$\phi_m = \frac{6600}{4.44 \times 50 \times 1320}$$

$$\phi_m = 0.0225 \quad \text{Wb}$$

ตัวอย่างที่ 4 หม้อแปลงไฟฟ้าเฟสเดียวขนาดพิกัด 25 kVA ตัวหนึ่ง ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิมีจำนวนรอบ 500 รอบ และ 50 รอบ ตามลำดับ ถ้าขดลวดปฐมภูมิต่อกับแหล่งจ่ายแรงดัน 3000 V, 50 Hz จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้

ก) อัตราส่วนแรงดันของหม้อแปลง

ข) กระแสทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิเมื่อหม้อแปลงจ่ายโหลดเต็มพิกัด

ค) แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้านทุติยภูมิ

ง) ค่าสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนหม้อแปลง

วิธีทำ

ก.) อัตราส่วนแรงดันของหม้อแปลง

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

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{500}{50} = 10$$

$$a = 10$$

ข.) กระแสทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิเมื่อหม้อแปลงจ่ายโหลดเต็มพิกัด

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{25\,\text{kVA}}{3000\,\text{V}}$$

$$I_1 = 8.33\,\text{A}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{500}{50}$$

$$I_2 = \frac{500}{50} \times 8.33\,\text{A} = 83.3\,\text{A}$$

ค) แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้านทุติยภูมิ

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{50}{500}$$

$$V_2 = \frac{50}{500} \times 3000\,\text{V} = 300\,\text{V}$$

ง) ค่าสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนหม้อแปลง

$$e_1 = 4.44\, f N_1 \phi_m$$

แทนค่า $3000 = 4.44 \times 50 \times 500 \times \phi_m$

$$\phi_m = \frac{3000}{4.44 \times 50 \times 500}$$

$$\phi_m = 27 \quad \text{mWb}$$

วิธีประหยัดพลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้าทำอย่างไร ?

แนวทางในการประหยัดพลังงาน	มาตรการที่ดำเนินการ
ลดการสูญเสียขณะไม่มีโหลด	■ ปลดหม้อแปลงเมื่อไม่ใช้งานเป็นเวลานาน ■ ใช้หม้อแปลงให้เหมาะสม ■ ปรับแรงดันให้เหมาะสม ■ ใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูง
ลดการสูญเสียเมื่อมีโหลด	■ ลดพลังไฟฟ้าสูงสุด ■ ยุบรวมหม้อแปลงที่มีโหลดน้อย ■ ปรับปรุงค่า Power Factor
ลดชั่วโมงการทำงาน	■ วางแผนการทำงานให้เหมาะสม
ปรับปรุงค่า Power Factor	■ ติดตั้งคาปาซิเตอร์ ■ ใช้ซิงโครนัสมอเตอร์

มาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้าในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

1. มาตรการเปลี่ยนขนาดหม้อแปลงให้เหมาะสมกับภาระโหลดใช้งาน
2. มาตรการปรับลดแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า
3. มาตรการรวมโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า
4. มาตรการปรับปรุงกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล
5. มาตรการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (power factor)
6. มาตรการเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

การยุบรวมโหลดหม้อแปลง

โรงงานรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยสถานีไฟฟ้ามีขนาด 10 MVA แปลงไฟฟ้า 115 kV/22 kV จ่ายให้หม้อแปลงไฟฟ้า 22 kV/400 V จำนวน 6 ลูก (TR1, TR2, TR3, TR4, TR5, TR6) เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้โรงงานทั้ง 9 อาคาร แต่พบว่าหม้อแปลงไฟฟ้า TR5 มีโหลดน้อยมาก เนื่องจากอาคาร 4 ถูกเปลี่ยนจากอาคารผลิตพรมเป็นอาคารเก็บวัตถุดิบ ทำให้ไม่มีเครื่องจักรที่ใช้พลังงานสูงในอาคาร 4 (ใช้ ≈ 2 kW) และโหลดของอาคาร 3 สูงสุด ≈ 80 kW

ดังนั้น จึงปรับโหลดหม้อแปลงไฟฟ้า TR2 ที่จ่ายโหลด 32% ให้สามารถรับโหลดเพิ่มจากอาคาร 3 และอาคาร 4 จากนั้นปลดหม้อแปลงไฟฟ้า TR5 ออกจากระบบ และติดตั้งสายเมนไฟฟ้าใหม่โดยให้อาคาร 3 และอาคาร 4 รับไฟฟ้าจากหม้อแปลง TR2 แทน

การลงทุน: ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 50,000 บาท

ผลการปรับปรุง: ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 24,140 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน: 2.07 ปี

บริษัท คาร์เปทอินเตอร์ ไทยแลนด์ จำกัด (มหาชน) อุตสาหกรรม สิ่งทอ

การยุบรวมโหลดหม้อแปลง (ต่อ)

หม้อแปลง TR1, TR2, TR6 แปลงไฟฟ้า 22 kV เป็น 400 V จ่ายไฟฟ้าให้กับอาคาร 1, 5, 6, 7, 8, 9

หม้อแปลง TR5 แปลงไฟฟ้า 22 kV เป็น 400 V จ่ายไฟฟ้าให้กับอาคาร 3, 4

บริษัท คาร์เปทอินเตอร์ ไทยแลนด์ จำกัด (มหาชน) อุตสาหกรรม สิ่งทอ

ที่มา: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน

ปรับลดแรงดันด้านทุติยภูมิ (ด้านแรงต่ำ) ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

โรงงานมีหม้อแปลงขนาด 1500 kVA เพื่อปรับแรงดัน 22 kV เป็น 380 V จ่ายให้กับโหลด จากการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ตู้ MDB1 วัดได้ 405 V และจุดใช้งานไกลที่สุดจากหม้อแปลงวัดได้ 396 V ซึ่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากเกินไป ทำให้การสูญเสียในแกนเหล็กมีค่าสูง และยังทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพลดลง

ดังนั้น โรงงานจึงปรับลดแรงดันด้านทุติยภูมิ (Tap) โดยพิจารณาจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าของโลดที่ไกลที่สุด นั่นคือ ปรับระดับลง 1 Tap (≈ 2.5% ของพิกัด)

การลงทุน: ค่าใช้จ่ายการปรับ Tap หม้อแปลง 1 Tap ประมาณ 3,000 บาท

ผลการปรับปรุง: พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงประมาณ 1,260 kWh/ปี (400 บาทต่อปี)

ระยะเวลาคืนทุน: 0.74 ปี

หม้อแปลงที่ปรับลดแรงดันด้านทุติยภูมิ

บริษัท อินเตอร์โปรไฟล์ จำกัด อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์พลาสติก

ที่มา: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน

แบบฝึกหัด

1. โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
2. แกนของหม้อแปลงไฟฟ้ามีกี่ชนิดอะไรบ้าง
3. แรงดันทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงเกิดได้อย่างไร
4. หม้อแปลงชนิดหนึ่งแรงดันจ่ายทางด้านปฐมภูมิ 140 V และจ่ายออกทางด้านทุติยภูมิ 80 V กระแสด้านปฐมภูมิ 8 A และจำนวนรอบด้านทุติยภูมิ 800 รอบ จงหาค่าต่อไปนี้
   ก. จำนวนรอบทางด้านปฐมภูมิ
   ข. กระแสด้านทุติยภูมิ
   ค. อัตราส่วนของหม้อแปลง
5. หม้อแปลงเฟสเดียวขนาดพิกัดแรงดัน 200 KVA, 2200/220 V, 50 Hz ตัวหนึ่งขดลวดปฐมภูมิ 200 รอบ จงคำนวณหา
   ก. จงหาพิกัดกระแสสูงสุดของหม้อแปลงทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ
   ข. จำนวนรอบทุติยภูมิ
   ค. ค่าสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กในหม้อแปลง
6. หม้อแปลงเฟสเดียวขนาดพิกัดแรงดัน 25 kVA ตัวหนึ่งขดลวดปฐมภูมิ 500 รอบ ขดลวดทุติยภูมิ 40 รอบ ทางด้านขดลวดปฐมภูมิต่อกับแรงดัน 300 V 50 Hz จงคำนวณหา
   ก. จงหาพิกัดกระแสสูงสุดของหม้อแปลงทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ
   ข. แรงดันทุติยภูมิ
   ค. ค่าสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กในหม้อแปลง

บรรณานุกรมและเอกสารอ้างอิง

1. ผศ.วิชัย ประเสริฐเจริญสุข เอกสารประกอบการบรรยาย วิชาหลักมูลของวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน

3. รศ.กิตติพงษ์ ตันมิตร เอกสารประกอบการบรรยาย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน คู่มือมาตรการอนุรักษ์พลังงาน พิมพ์ครั้งที่ 6, หจก.โรงพิมพ์พระธรรมขันต์, ขอนแก่น, 2558

6. https://www.osha.gov

7. https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer

8. http://www.lamptech.ac.th/webprg/vitsawa/file_ar/a544499.pdf

9. http://www.sut.ac.th/engineering/electrical/courses/429301/

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.วิชัย ประเสริฐเจริญสุข
รศ.กิตติพงษ์ ตันมิตร,
นางสาวนฤมล วรรณวงค์
และบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม