การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส เข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส

หัวข้อเรื่อง (Topics)

9.1 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้า 3 เฟส

9.2 การต่อแบบวาย-วาย (Y-Y)

9.3 การต่อแบบเดลตา-เดลตา (Δ-Δ)

9.4 การต่อแบบเดลตา-วาย (Δ-Y)

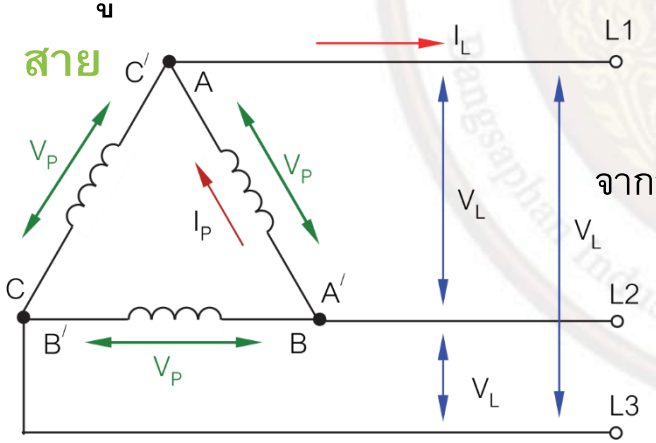
9.5 การต่อแบบวาย-เดลตา (Y-Δ)

9.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส เข้ากับไฟฟ้า 3 เฟสใน

ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้า 3 เฟส

การต่อโหลดเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส มี 2 แบบ คือ แบบวายและแบบเดลตา ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้าถือว่าเป็นโหลดของไฟฟ้า 3 เฟส เช่นเดียวกันซึ่งมีการต่อแบบวายและเดลตา ซึ่งการต่อทั้ง 2 แบบจะให้ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน พิจารณาได้ดังนี้

9.1.1 แบบเดลตา เป็นการต่อโดยนำปลายของขดลวดชุดหนึ่งต่อเข้ากับต้นของขดลวดอีกชุดหนึ่ง จากรูปที่ 9.1 ถ้านำปลาย A′ เข้ากับต้น B ปลาย B′ เข้ากับต้น C และปลาย C′ เข้ากับต้น A เป็นบ่วงรูปสามเหลี่ยมหรือแบบเดลตา ซึ่งจะได้สายออกมาเพียง 3 สาย จึงเรียกว่า **ระบบ 3 เฟส 3 สาย**



รูปที่ 9.1 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อแบบเดลตา

เมื่อ

$$V_L = V_P \quad \text{.... (9.1)}$$

$$I_L = \sqrt{3}\, I_P \quad \text{.... (9.2)}$$

จากรูปที่ 9.1 จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

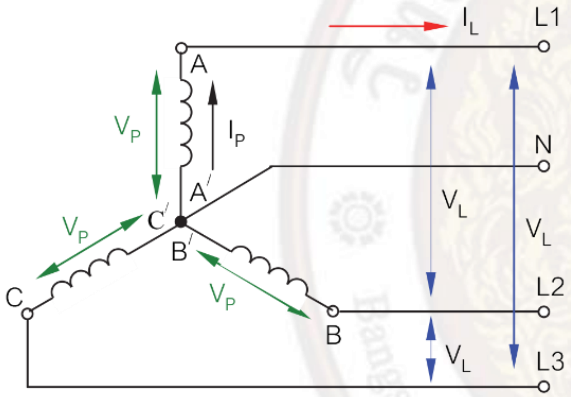
V_L = แรงดันไฟฟ้าที่สาย

V_P = แรงดันไฟฟ้าที่เฟสหรือแรงดันที่ขดลวด

I_L = กระแสไฟฟ้าที่สาย

I_P = กระแสไฟฟ้าที่เฟสหรือกระแสที่ขดลวด

9.1.2 แบบวาย เป็นการต่อโดยนำปลายของขดลวดทั้ง 3 รวมกัน จากรูปที่ 9.2 ถ้านำปลาย A′, B′และ C′ มาต่อรวมกันจะเรียกจุดนี้ว่า **นิวทรัล** (Neutral point) จะกำหนดโดยตัวอักษร N ซึ่งจะได้สายออกมา 3 สายและนิวทรัลอีก 1 สาย รวมเป็น 4 สาย จึงเรียกว่า **ระบบ 3 เฟส 4 สาย** (Three phase fourwire) แต่ถ้าไม่ต่อสายนิวทรัลไปยังระบบ จะเรียกว่า **ระบบ 3 เฟส 3 สาย**



รูปที่ 9.2 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อแบบวาย 3 เฟส 4 สาย

จากรูปที่ 9.2 จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$V_L = \sqrt{3}\, V_P \quad \text{.... (9.3)}$$

$$I_L = I_P \quad \text{.... (9.4)}$$

V_L = แรงดันไฟฟ้าที่สาย

V_P = แรงดันไฟฟ้าที่เฟสหรือแรงดันที่ขดลวด

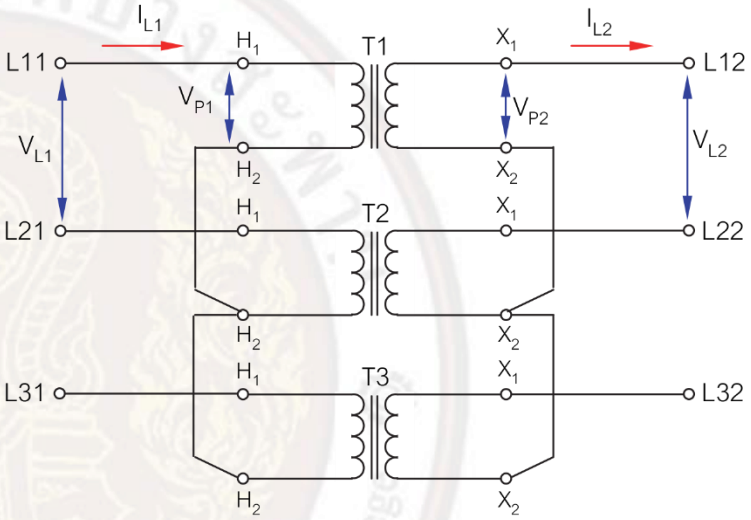
I_L = กระแสไฟฟ้าที่สาย

I_P = กระแสไฟฟ้าที่เฟสหรือกระแสที่ขดลวด

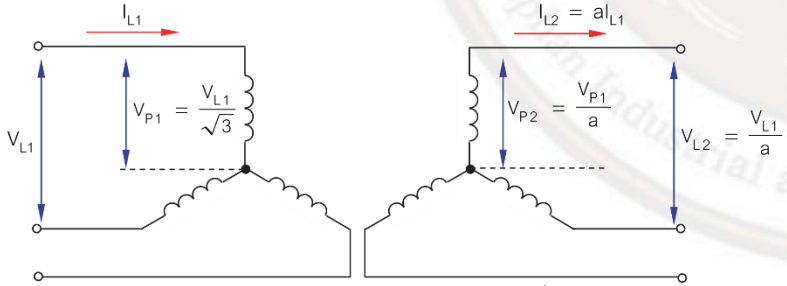
จากความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของการต่อแบบเดลตาและแบบวาย ดังนั้นถ้านำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส จำนวน 3 ตัว มาต่อเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส (Bank of three single phase transformer)ก่อนที่จะนำหม้อแปลงไฟฟ้ามาต่อเข้าด้วยกันนั้นหม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีขั้วที่เหมือนกัน ซึ่งได้จากการหาขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้า

การต่อแบบวาย-วาย (Y-Y)

การต่อแบบวาย-วาย (Y-Y) เป็นการนำขดลวดทางด้านปฐมภูมิมาต่อแบบวายและขดลวดทางด้านทุติยภูมิต่อแบบวายเช่นกัน จากรูปที่ 9.3 โดยทางด้านปฐมภูมิจะนำปลาย H2 ของหม้อแปลงไฟฟ้า T1, T2และ T3 มาต่อรวมกัน และทางด้านทุติยภูมิจะนำปลาย X2 ของหม้อแปลงไฟฟ้า T1, T2 และ T3 มาต่อรวมกันเช่นเดียวกัน



รูปที่ 9.3 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบวาย–วาย (Y–Y)

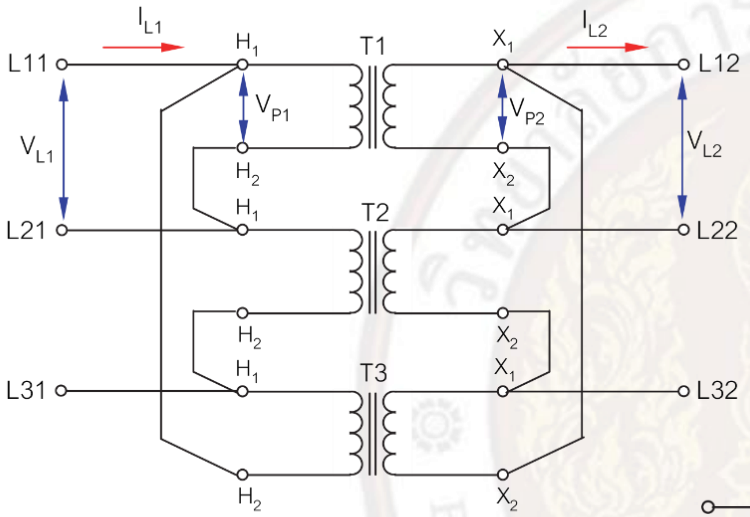


รูปที่ 9.4 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อแบบวาย–วาย

จากรูปที่ 9.3 นำมาเขียนวงจรใหม่ดังรูปที่ 9.4 เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแปลงแรงดันไฟฟ้าลง ดังนี้

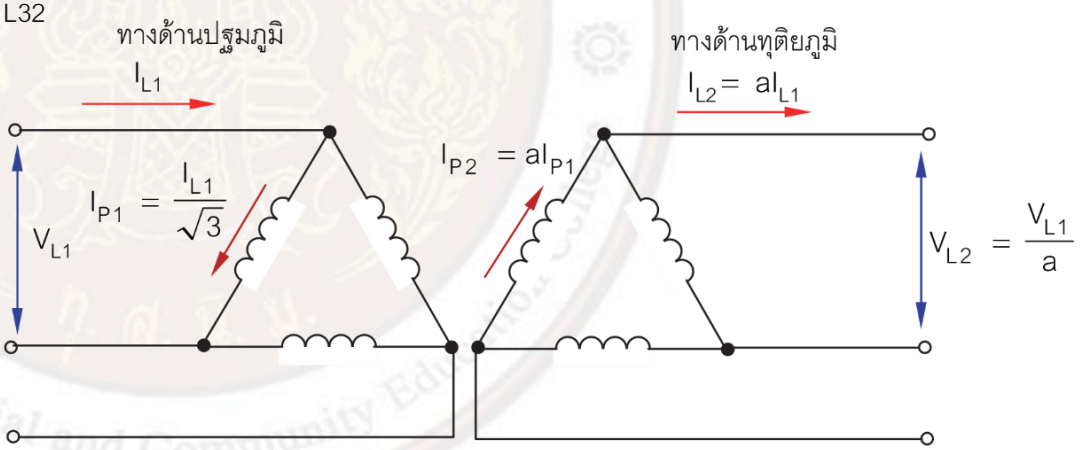
การต่อแบบเดลตา-เดลตา (Δ- Δ)

การต่อแบบเดลตา-เดลตา (Δ-Δ)เป็นการนำขดลวดทางด้านปฐมภูมิมาต่อแบบเดลตาและขดลวดทางด้านทุติยภูมิต่อแบบเดลตาเช่นเดียวกัน จากรูปที่ 9.5 โดยทางด้านปฐมภูมิจะนำปลาย H2 ของ T1 มาต่อเข้ากับต้น H1 ของ T2 ปลาย H2 ของ T2 มาต่อเข้ากับต้น H1 ของ T3 และปลาย H2 ของ T3 มาต่อเข้ากับต้น H1 ของ T1 ส่วนทางด้านทุติยภูมิจะนำปลาย X2 ของ T1 มาต่อเข้ากับต้น X1 ของ T2 ปลาย X2 ของT2 มาต่อเข้ากับต้น X1 ของ T3 และปลาย X2 ของ T3 มาต่อเข้ากับต้น X1 ของ T1



รูปที่ 9.5 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเดลตา–เดลตา (Δ–Δ)

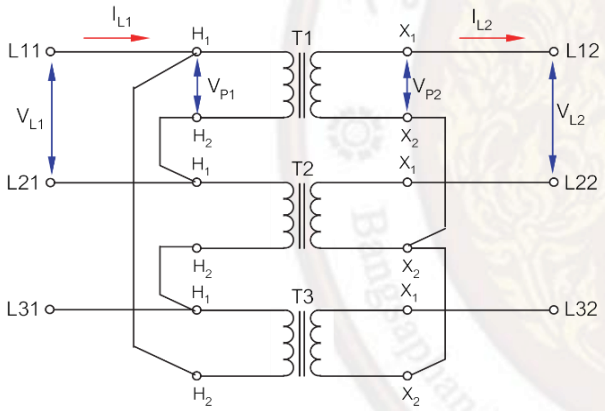
จากรูปที่ 9.3 นำมาเขียนวงจรใหม่ดังรูปที่ 9.4 เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแปลงแรงดันไฟฟ้าลง ดังนี้



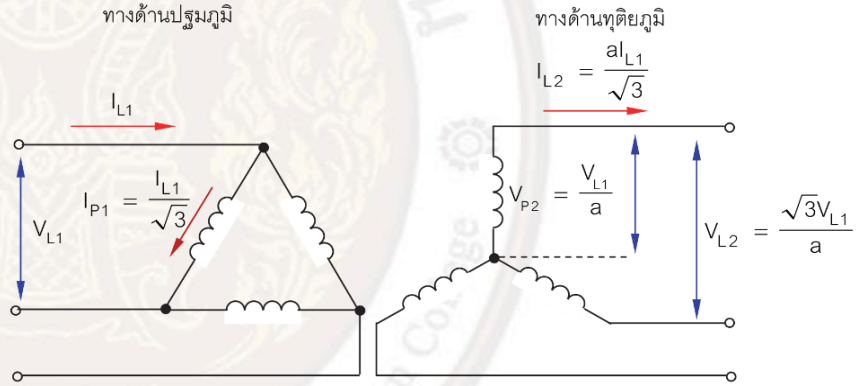
รูปที่ 9.6 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อแบบเดลตา–เดลตา

การต่อแบบเดลตา-วาย (Δ-Y)

การต่อแบบเดลตา-วาย (Δ-Y) เป็นการนำขดลวดทางด้านปฐมภูมิมาต่อแบบเดลตาและขดลวดทางด้านทุติยภูมิต่อแบบวาย ดังรูปที่ 9.7 ซึ่งการต่อทั้งแบบเดลตาและแบบวายได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 9.2และในหัวข้อ 9.3



รูปที่ 9.7 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเดลตา–วาย (Δ–Y)

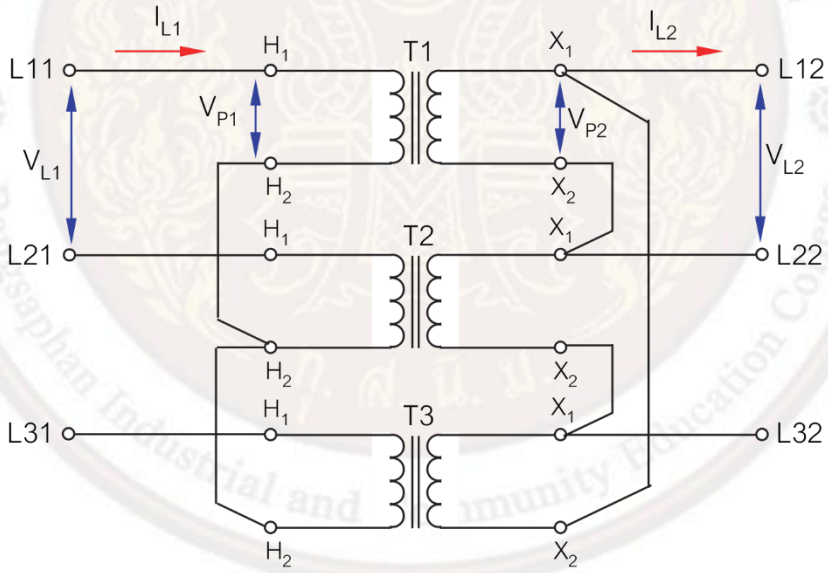


รูปที่ 9.8 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อแบบเดลตา–วาย

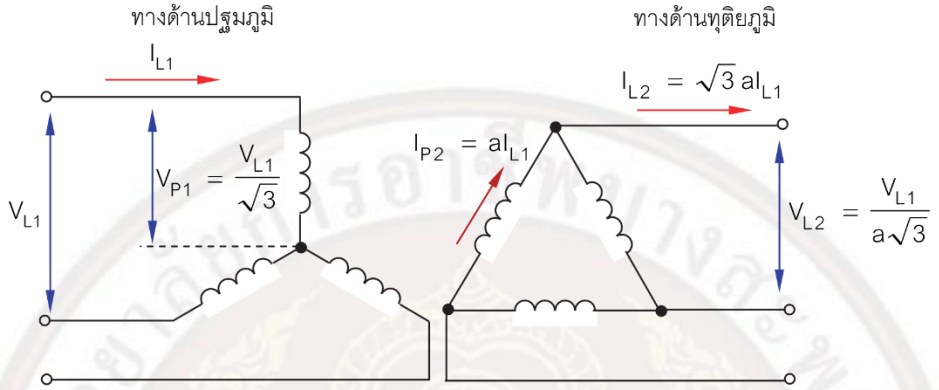
จากรูปที่ 9.7 นำมาเขียนวงจรใหม่ดังรูปที่ 9.8 เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแปลงแรงดันไฟฟ้าลง ดังนี้

การต่อแบบวาย-เดลตา (Y-Δ)

การต่อแบบวาย-เดลตา (Y-Δ) เป็นการนำขดลวดทางด้านปฐมภูมิมาต่อแบบวาย และขดลวดทางด้านทุติยภูมิต่อแบบเดลตา ดังรูปที่ 9.9 และความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแปลงแรงดันไฟฟ้าลง ดังรูปที่ 9.10



รูปที่ 9.9 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบวาย–เดลตา (Y–Δ)



รูปที่ 9.10 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อแบบวาย–เดลตา

จากหัวข้อ 9.2, 9.3, 9.4 และ 9.5

เมื่อ

V_{L1} = แรงดันไฟฟ้าที่สายทางด้านปฐมภูมิ

V_{P1} = แรงดันไฟฟ้าที่เฟสทางด้านปฐมภูมิ

I_{L1} = กระแสไฟฟ้าที่สายทางด้านปฐมภูมิ

I_{P1} = กระแสไฟฟ้าที่เฟสทางด้านปฐมภูมิ

V_{L2} = แรงดันไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิ

V_{P2} = แรงดันไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิ

I_{L2} = กระแสไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิ

I_{P2} = กระแสไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิ

a = อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

L11 = สายของเฟสที่ 1 ทางด้านปฐมภูมิ

L21 = สายของเฟสที่ 2 ทางด้านปฐมภูมิ

L31 = สายของเฟสที่ 3 ทางด้านปฐมภูมิ

L12 = สายของเฟสที่ 1 ทางด้านทุติยภูมิ

L22 = สายของเฟสที่ 2 ทางด้านทุติยภูมิ

L32 = สายของเฟสที่ 3 ทางด้านทุติยภูมิ

การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส เข้ากับไฟฟ้า 3 เฟสใน

ตัวอย่างที่ 9.1 หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย 1 เฟส จำนวน 3 ตัว แต่ละตัวมีอัตราส่วนเท่ากับ 100 นำมาต่อเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส เมื่อจ่ายโหลดมีแรงดันที่สายทางด้านปฐมภูมิ 22 kV และกระแสไฟฟ้าที่สายทางด้านปฐมภูมิ 6 A จงคำนวณหา แรงดันไฟฟ้าที่เฟส แรงดันไฟฟ้าที่สาย กระแสไฟฟ้าที่เฟส และกระแสไฟฟ้าที่สาย ทางด้านทุติยภูมิ เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 3 ตัว ต่อกันลักษณะดังนี้

ก. แบบวาย-วาย ข. แบบเดลตา-เดลตา

ค. แบบเดลตา-วาย ง. แบบวาย-เดลตา

จ. พิสูจน์ kVA ในการจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าในการต่อแบบเดลตา-วายและแบบวาย-เดลตา มีค่าเท่ากัน

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ทางด้านปฐมภูมิ ดังนี้

$$V_{L1} = 22\ \text{kV} = 22{,}000\ \text{V}$$

$$I_{L1} = 6\ \text{A} \quad \text{และ} \quad a = 100$$

ก. แบบวาย–วาย

$$V_{P1} = \frac{V_{L1}}{\sqrt{3}} = \frac{22{,}000}{\sqrt{3}} = 12{,}701.7 \quad V$$

ดังนั้น $$V_{P2} = \frac{V_{P1}}{a} = \frac{12{,}701.7}{100}$$

$$V_{P2} = 127$$

แรงดันไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 127 V ตอบ

$$V_{L2} = \sqrt{3}V_{P2} = \sqrt{3} \times 127$$

$$V_{L2} = 220 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 220 V ตอบ

$$I_{P1} = I_{L1} = 6$$

ดังนั้น $$I_{P2} = aI_{P1} = 100 \times 6$$

$$I_{P2} = 600$$

กระแสไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 600 A ตอบ

และ $$I_{L2} = I_{P2} = 600$$

กระแสไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 600 A ตอบ

ข. แบบเดลตา–เดลตา

$$V_{P1} = V_{L1} = 22{,}000 \text{ V}$$

$$I_{P1} = \frac{I_{L1}}{\sqrt{3}} = \frac{6}{\sqrt{3}} = 3.464 \text{ A}$$

ดังนั้น $$V_{P2} = \frac{V_{P1}}{a} = \frac{22{,}000}{100} = 220$$

แรงดันไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 220 V ตอบ

$$V_{L2} = V_{P2} = 220$$

$$V_{L2} = 220 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 220 V ตอบ

$$I_{P2} = aI_{P1} = 100 \times 3.464$$

$$I_{P2} = 346.4$$

กระแสไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 346.4 A ตอบ

$$I_{L2} = \sqrt{3}\, I_{P2} = \sqrt{3} \times 346.4$$

กระแสไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 600 A ตอบ

ค. แบบเดลตา–วาย

$$V_{P2} = \frac{V_{P1}}{a} = \frac{22{,}000}{100} = 220$$

แรงดันไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 220 V ตอบ

$$V_{L2} = \sqrt{3}V_{P2} = \sqrt{3} \times 220$$

$$V_{L2} = 381 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 381 V ตอบ

$$I_{P2} = aI_{P1} = 100 \times 3.464$$

$$I_{P2} = 346.4$$

กระแสไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 346.4 A ตอบ

$$I_{L2} = I_{P2} = 346.4$$

กระแสไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 346.4 A ตอบ

ง. แบบวาย–เดลตา

$$V_{P2} = \frac{V_{P1}}{a} = \frac{12{,}701.7}{100} = 127$$

แรงดันไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 127 V ตอบ

$$V_{L2} = V_{P2} = 127$$

$$V_{L2} = 127\ V$$

แรงดันไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 127 V ตอบ

$$I_{P2} = aI_{P1} = 100 \times 6$$

$$I_{P2} = 600$$

กระแสไฟฟ้าที่เฟสทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 600 A ตอบ

$$I_{L2} = \sqrt{3}\, I_{P2} = \sqrt{3} \times 600$$

$$I_{L2} = 1{,}039.2$$

กระแสไฟฟ้าที่สายทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 1,039.2 A ตอบ

จ. พิสูจน์ kVA ในการจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าในการต่อแบบเดลตา–วาย และแบบวาย–เดลตา มีค่าเท่ากัน

แบบเดลตา–วาย (V_{L2} = 381 V, I_{L2} = 346.4 A)

$$\text{kVA ในการจ่ายโหลด} = \sqrt{3}\ V_{L2}\ I_{L2}$$
$$= \sqrt{3} \times 381 \times 346.4$$
$$= 228.6 \times 10^{3}\ \text{VA}$$
$$= 228.6\ \text{kVA}$$

แบบวาย–เดลตา (V_{L2} = 127 V, I_{L2} = 1039.2 A)

$$\text{KVA ในการจ่ายโหลด} = \sqrt{3}\ V_{L2}\ I_{L2}$$
$$= \sqrt{3} \times 127 \times 1039.2$$
$$= 228.6 \times 10^{3}\ \text{VA}$$
$$= 228.6\ \text{kVA}$$

จะเห็นได้ว่า kVA ในการจ่ายโหลดของการต่อแบบเดลตา–วาย และแบบวาย–เดลตา มีค่าเท่ากันซึ่งเท่ากับ 228.6 kVA นอกจากนี้ยังมีค่าเท่ากับการต่อแบบวาย–วาย การต่อแบบเดลตา–เดลตา ด้วยเช่นกัน