บทที่ 1

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหม้อแปลง

1.1 ความหมายและระดับของแรงเคลื่อนไฟฟ้า

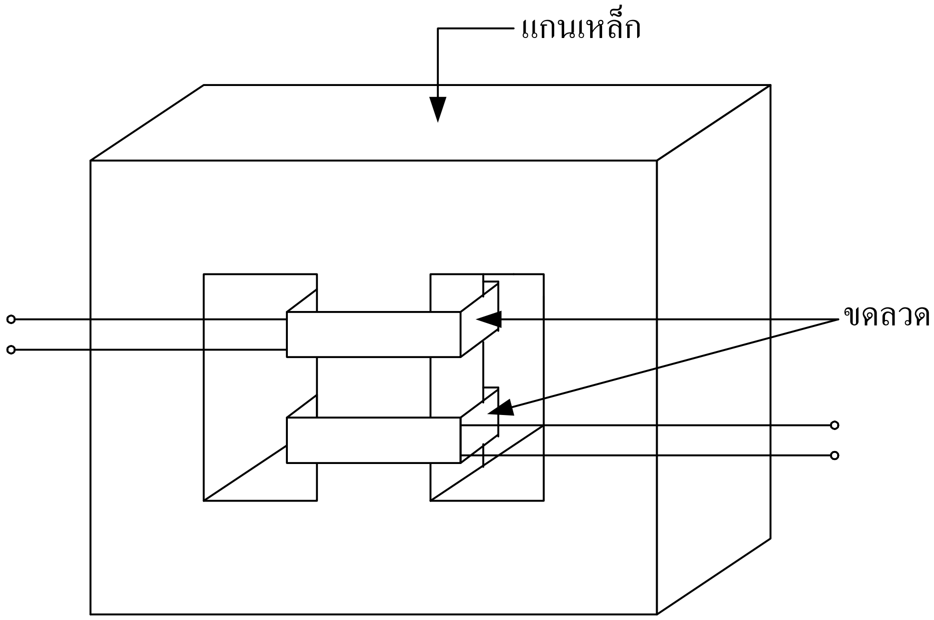
หม้อแปลงคืออุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในการถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่ง หม้อแปลงมีส่วนประกอบที่สำคัญคือมีขดลวดสองชุดพันรอบแกนเหล็กที่เป็นวงจรแม่เหล็ก (Closed Magnetic circuit) ถ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ขดลวดชุดหนึ่งด้วยความถี่และแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าหนึ่ง จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้าออกไปจากขดลวดอีกชุดหนึ่ง ซึ่งมีความถี่เท่าเดิม แต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอาจเท่าเดิมหรือแตกต่างออกไป ซึ่งแบ่งออกได้ 3 ระดับ

ระดับที่ 1 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายออก เรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้าอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง (one-to-one transformer) ใช้กับงานประเภทที่ต้องการแยกสายดิน เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Isolating Transformer

ระดับที่ 2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้าน้อยกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกเรียกว่า หม้อแปลงขึ้น (Step-up Transformer ใช้กับงานประเภทสายส่งจ่ายไฟฟ้า ฯลฯ

ระดับที่ 3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้ามากกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายออกเรียกว่า หม้อแปลงลง (Step-down Transformer) ใช้กับงานประเภทที่เครื่องใช้ไฟฟ้ามีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำกว่า เช่น ในภาคจ่ายไฟของวิทยุ งานระบบจำหน่าย ฯลฯ

1.2 โครงสร้าง



1.3 ส่วนประกอบของหม้อแปลง

หม้อแปลงด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ

1.3.1 แกนเหล็ก (Cores)

แกนเหล็กของหม้อแปลงจะทำมาจากเหล็กผสมซิลิกอนประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการปรับปรุงคุณลักษณะแม่เหล็ก และลดการสูญเสียในแกนเหล็ก แกนเหล็กแต่ละแผ่นจะถูกเคลือบด้วยฉนวนเพื่อลดกระแสไหลวนในแกนเหล็ก (Eddy Current) ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก (รายละเอียดของแกนเหล็กจะมีในหัวข้อ 1.4.1 ลักษณะของแกนเหล็ก)

1.3.2 ขดลวด (Winding)

ขดลวดจะทำด้วยลวดทองแดงเคลือบด้วยฉนวน หม้อแปลงจะประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือขดลวดที่รับไฟเข้าเรียกว่า ขดปฐมภูมิ (Primary Winding) ขดลวดที่จ่ายไฟให้กับภาระ (load) เรียกว่า ขดทุติยภูมิ (Secondary Winding)

1.4 การแบ่งแยกชนิดของหม้อแปลง (Classification of transformer)

1.4.1 แบ่งตามลักษณะของแกนเหล็ก (cores)

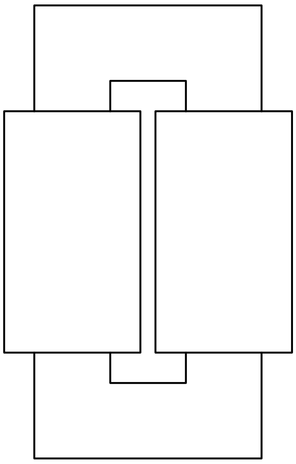
1.4.2 แบ่งตามลักษณะของขดลวด (winding)

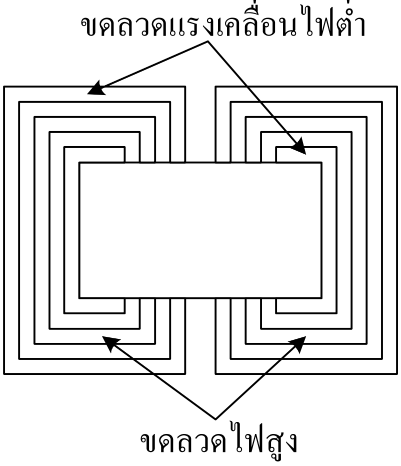
1.4.3 แบ่งตามชนิดการใช้งาน (appication)

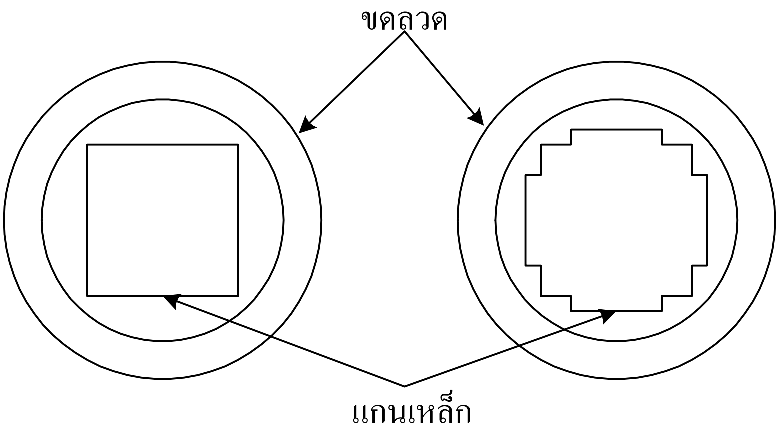
1.4.4 แบ่งตามวิธีการหล่อเย็น (cooling)

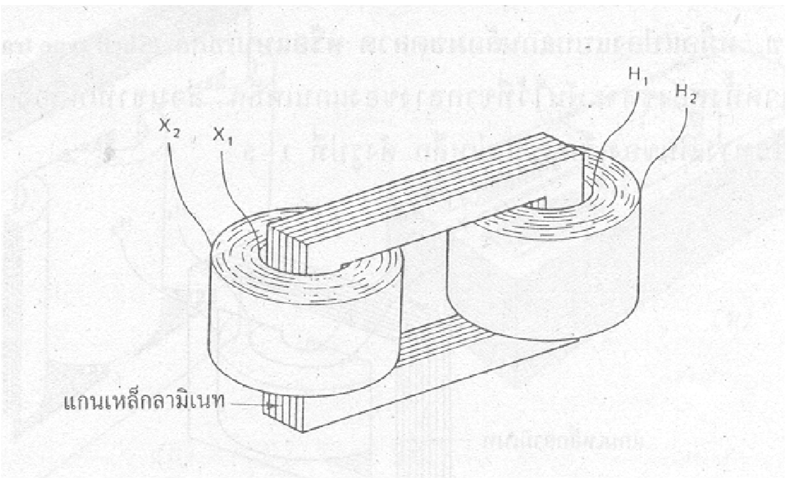
1.4.1 แบ่งตามลักษณะของแกนเหล็ก ซึ่งแบ่งได้ 3 แบบ

1.4.1.1 แกนเหล็กแบบคอร์ (Core Type Transformer) เป็นแกนเหล็กรูปสี่เหลี่ยมกลางและมีขดลวดพันอยู่ที่ขาตรงกันข้าม และบรรจุอยู่เต็มที่ภายในช่องหน้าต่างของแกน ดังรูป 1-2 และรูป 1-3



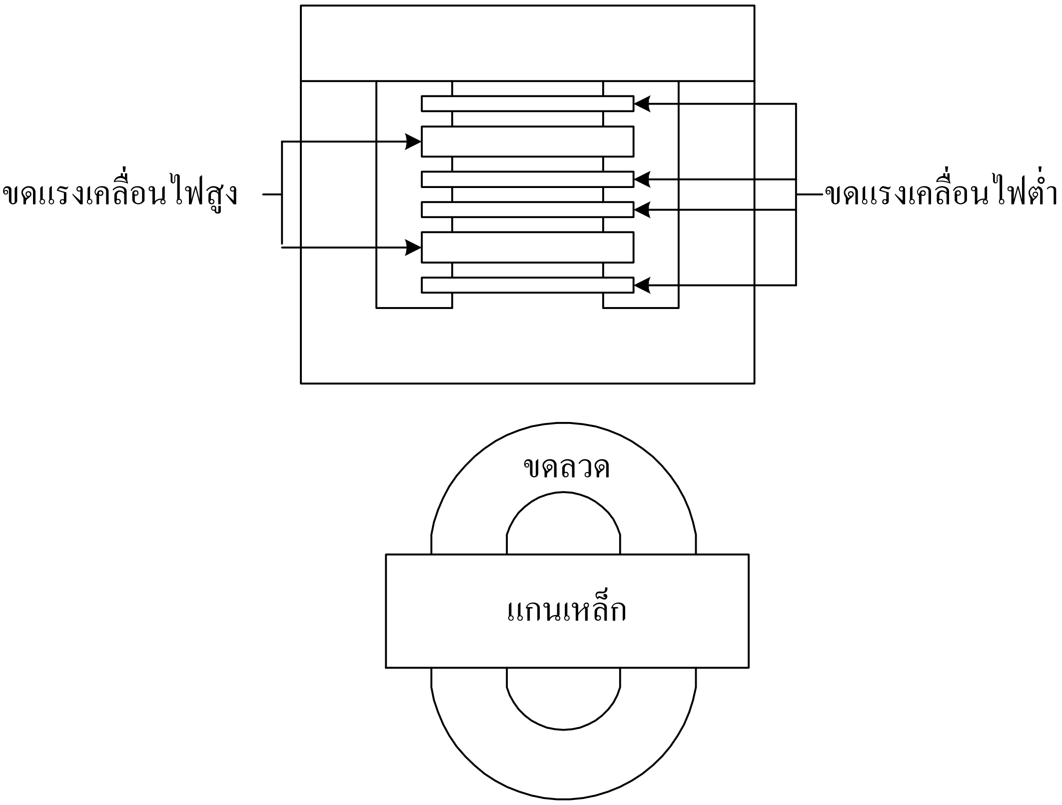






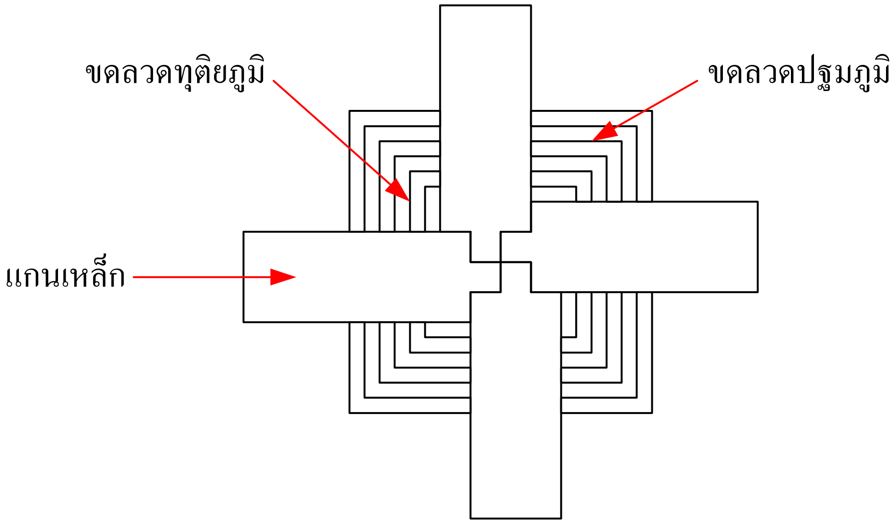
จากรูป 1-2 ขดลวดด้านแรงเคลื่อนไฟสูง (High Voltage) และแรงเคลื่อนไฟต่ำ แก้ไขผลการทำงานและลดการรั่วไหลของฟลักซ์แม่เหล็ก (Leakage Flux) ในรูป 1-3 ขดลวดแรงเคลื่อนไฟต่ำจะพันติดกับแกนเหล็ก ทั้งนี้เพื่อต้องการฉนวนกั้นอย่างบางระหว่างแกนเหล็ก ถ้าขดลวดแรงเคลื่อนไฟสูงพันติดกับแกน จะต้องใช้ฉนวนกั้นขดลวดนี้ออกจากแกนเหล็กและออกจากขดลวดแรงเคลื่อนไฟต่ำ ซึ่งต้องเพิ่มให้ชั้นของฉนวนหนาขึ้น ทำให้ต้องใช้ช่องว่างของหน้าต่างมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตและการสูญเสียในแกนเหล็กเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ลักษณะแกนเหล็กแบบคอร์ยังมี 2 ลักษณะ คือในรูปที่ 1-4 เป็นแกนเหล็กที่มีพื้นที่หน้าตัดและขดลวดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ส่วนในรูป 1-5 เป็นแกนเหล็กที่มีขนาดของแผ่นเหล็กไม่เท่ากัน ซึ่งมีชื่อเรียกว่าเป็นแบบ ครูซิฟอร์ม (cruciform core) โดยจะพันขดลวดเป็นแบบวงกลม ซึ่งจะพันได้ง่ายและการทำแกนเหล็กให้มีขนาดแตกต่างกัน จะมีข้อดีตรงที่สามารถลดช่องว่างของอากาศ (air gap) ให้ลดน้อยลงทำให้ค่าความต้านทานในวงจรแม่เหล็ก (Magnetic reluctance) ลดลงซึ่งจะทำให้ได้ฟลักซ์แม่เหล็กสูงขึ้น แต่ราคาต้นทุนในการทำแกนเหล็กแบบครูซิฟอร์มนี้สูงมาก จึงนิยมใช้กับหม้อแปลงแบบคอร์ขนาดกลาง การพันชนิดคอร์จะมีความยาวของวงจรแม่เหล็กยาวกว่าและความยาวเฉลี่ยต่อรอบของขดลวดจะสั้นกว่าหม้อแปลงแบบเซลล์ การกั้นฉนวนของขดลวดแรงเคลื่อนไฟสูงทำได้ง่ายกว่าแบบเซลล์

1.4.1.2 แกนเหล็กแบบ เซลล์ (Shell type transformer) ประกอบด้วยแกนเหล็กสามแกน และขดลวดทั้งแรงเคลื่อนไฟสูงและแรงเคลื่อนไฟต่ำพันรอบแกนกลาง ดังแสดงในรูป 1-6 และในรูป 1-7



จากรูป 1-6 และ 1-7 จะเห็นว่าขดลวดที่อยู่ในที่ว่างทั้งหมดในช่องหน้าต่างของแกนเหล็ก ฟลักซ์แม่เหล็กทั้งหมดจะผ่านขากลางของแกนเหล็ก ขดลวดแรงเคลื่อนไฟสูงและขดลวดแรงเคลื่อนไฟต่ำ จะวางสลับกันเป็นขั้นๆ เพื่อลดการรั่วของฟลักซ์แม่เหล็ก (Leakage flux) โดยขดลวดแรงเคลื่อนไฟต่ำจะพันชิดกับแกนทั้งด้านบนและด้านล่าง หม้อแปลงแบบเซลล์ความยาวของวงจรแม่เหล็กจะสั้นมาก และความยาวเฉลี่ยต่อรอบของขดลวดจะมากกว่าในหม้อแปลงชนิดคอร์

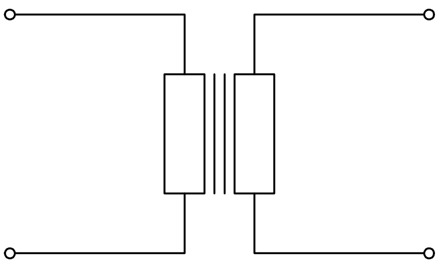
1.4.1.3 แกนเหล็กแบบเซลล์กระจาย (Distributed Sheel type transformer) หม้อแปลงแบบเซลล์กระจายจะมีแกนกลางอันเดียวและมีแกนด้านนอกอีกสี่ขา ดังแสดงในรูป 1-8

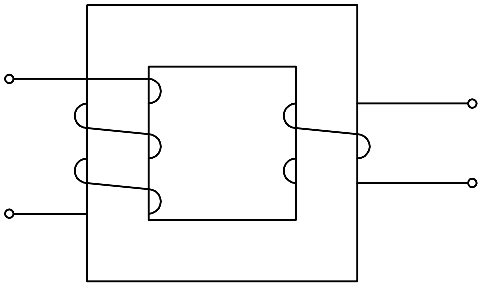


ในรูป 1-8 เป็นหม้อแปลงชนิด H โดยขดลวดทั้งหมดจะพันรอบแกนกลางขดลวดแรงเคลื่อนไฟต่ำจะพันติดแกนและขาด้านนอก ส่วนขดลวดด้านแรงเคลื่อนไฟสูงจะพันอยู่ระหว่างกลาง และมีฉนวนไมก้ากั้นไว้ ที่ว่างระหว่างขดลวดจะเตรียมไว้สำหรับการไหลเวียนของน้ำมัน จากการออกแบบเช่นนี้ จะทำให้วงจรแม่เหล็กสั้นเข้า และความยาวเฉลี่ยต่อรอบของขดลวดสั้นลงอีกด้วย ดังนั้นจึงทำให้พิกัดต่อกิโลวัตต์มีขนาดเล็กและกระทัดรัดมาก

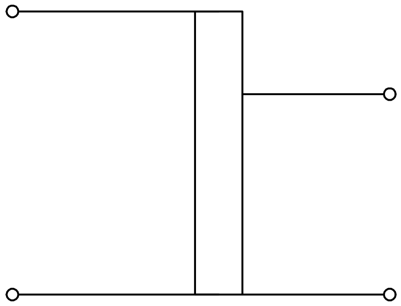
1.4.2 แบ่งตามลักษณะของขดลวด (Transformer winding)

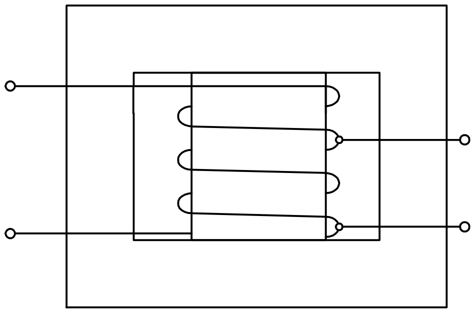
1.4.2.1 แบบธรรมดา (Ordinary transformer) เป็นแบบที่ขดลวดปฐมภูมิ (primary winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) จะไม่ต่อถึงกันทางไฟฟ้า (Unelectrical connected) แต่จะมีฟลักซ์แม่เหล็กคล้องร่วมกัน (Magneticcal coupled) ดังแสดงในรูป 1-9 และ 1-10





1.4.2.2 แบบขดลวดร่วม (Auto-transformer) เป็นแบบที่ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ จะใช้ขดลวดชุดเดียวกันแบ่งเป็น 2 ขด ซึ่งขดลวดทั้งสองจะต่อถึงกันทางไฟฟ้า (Electrical connected) และมีฟลักซ์แม่เหล็กคล้องร่วมกัน (Magnetic coupled) ดังรูป 1-12





1.4.3 แบ่งตามชนิดการใช้งาน (Transformer Application)

1.4.3.1 หม้อแปลงกำลังหรือการส่งจ่าย ใช้ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปใช้ในที่ต่างๆ เช่นหม้อแปลงตามสถานีจ่ายไฟ ฯลฯ

1.4.3.2 หม้อแปลงสำหรบอุปกรณ์วัด ซึ่งเป็นหม้อแปลงที่ใช้ควบคู่กับเครื่องมือวัด เช่น หม้อแปลงกระแส (current transformer , C.T.) หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Potential transformer , P.T.) ฯลฯ

1.4.3.3 หม้อแปลงที่ใช้ในการแมชชิ่งอิมพีแดนซ์ (Matching impedance) เช่น หม้อแปลงในภาคเอาท์พุทที่ต่อกับลำโพงวิทยุ ฯลฯ

1.4.3.4 หม้อแปลงที่ใช้ในการแยกวงจรไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงที่ใช้ภาคสนามหรือในบริเวณที่มีความชื้นสูงซึ่งทำใหเกิดการรั่วของกระแสไฟฟ้าได้ง่าย หม้อแปลงนี้มีชื่อเรียกว่า Isolating transformer

1.4.4 แบ่งตามวิธีการหล่อเย็น (Cooling of Transformer)

1.4.4.1 การหล่อเย็นด้วยน้ำมัน (oil cooled) โดยการนำหม้อแปลงตั้งในถังเหล็กที่บรรจุน้ำมัน น้ำมันนี้จะทำหน้าที่เป็นฉนวน (Insulater) และในขณะเดียวกันน้ำมันจะทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในขดลวด และ

แกนเหล็กไปสู่อากาศที่ล้อมรอบถังเหล็ก การหล่อเย็นด้วยน้ำมันนี้เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน ซึ่งใช้หม้อแปลงขนาดกลางและขนาดใหญ่

1.4.4.2 การหล่อเย็นด้วยอากาศ (Air Cooled) โดยการนำหม้อแปลงบรรจุในถังซึ่งมรเนื้อที่พอเพียงที่จะทำให้การถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยอากาศเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.4.4.3 การหล่อเย็นด้วยน้ำ (Water Cooled Transformer) โดยการใช้น้ำไปหล่อเย็นน้ำมันที่ขดลวดและแกนเหล็กจุ่มอยู่ น้ำที่จะใช้นี้จะต้องผ่านเข้าไปในขดลวดท่อทองแดงที่มีขนาดพอเหมาะอยู่ในน้ำมัน โดยผ่านทางด้านบนของหม้อแปลง หม้อแปลงเช่นนี้เรียกว่า หม้อแปลงชนิดจุ่มน้ำมัน (Oil Immersed Water Cooled)

1.4.4.4 การใช้ลมเป่า (Air Blast) โดยการใช้พัดลมเป่าลมผ่านทางด้านล่างที่เป็นส่วนของหม้อแปลงผ่านขดลวดและแกนเหล็กขึ้นไปทางด้านบน โดยทั่วไปแล้ว หม้อแปลงแบบนี้จะวางอยู่เหนือห้องที่มีแรงกดดัน ซึ่งแรงกดดันของอากาศจะขึ้นอยู่กับโหลดของหม้อแปลง

1.4.4.5 การหล่อเย็นด้วยของเหลวสังเคราะห์ (Synthetic CoolingLiquids) โดยใช้ของเหลวสังเคราะห์ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ ของเหลวสังเคราะห์มีชื่อเรียกหลายชื่อตามแต่บริษัทผู้ผลิตกำหนด เช่น ไพรานอล , อินเนอทีน , คลอเล็กทอล หม้อแปลงที่อยู่ในของเหลวสังเคราะห์จะต้องออกแบบอย่างพิเศษซึ่งจะไม่มีผลกับของเหลวสังเคราะห์ที่ใช้ในการหล่อเย็น หม้อแปลงที่ใช้ของเหลวสังเคราะห์ในการหล่อเย็นนี้มีชื่อเรียกว่า Liquid Immersed