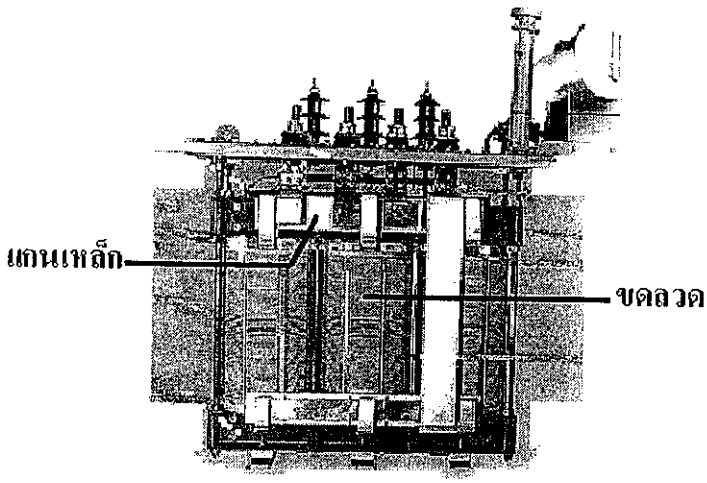
บทที่ 2
เนื้อหา

บริษัท เอกรัฐวิศวกรรม จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทผู้ออกแบบและผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ออกแบบและก่อสร้างสถานีย่อยแรงดันสูงสุด 115 kV รับติดตั้งอุปกรณ์และวางระบบไฟฟ้าอุตสาหกรรม ให้บริการซ่อมบำรุงหม้อแปลงไฟฟ้าทุกระบบ และยังเป็นที่ปรึกษางานอุตสาหกรรมตามความต้องการของลูกค้า

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ทางบริษัททำการผลิตเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกระแสไฟทั้งในลักษณะของการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น(Step up) และการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้ลดลง(Step down) หม้อแปลงไฟฟ้าจะทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator) ที่ติดตั้งในโรงไฟฟ้าให้สูงขึ้นอยู่ในระดับแรงดันไฟฟ้า “ระบบกำลัง” เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการส่งกำลังไฟฟ้าโดยสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้สูงสุด เมื่อสายส่งไฟฟ้าผ่านเข้าใกล้เขตชุมชน หม้อแปลงไฟฟ้าก็จะทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงมาอยู่ในระดับแรงดันไฟฟ้า “ระบบจำหน่าย” (Distribution transformer) เพื่อความเหมาะสมในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าไปในเขตชุมชนต่างๆ

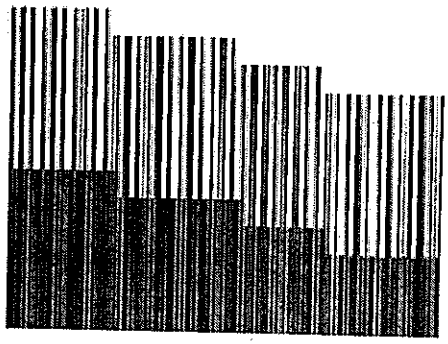
2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญในหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเครื่องหนึ่งนั้นจะมีส่วนประกอบสำคัญซึ่งแสดงดังรูปที่5 โดยแบ่งออกเป็น

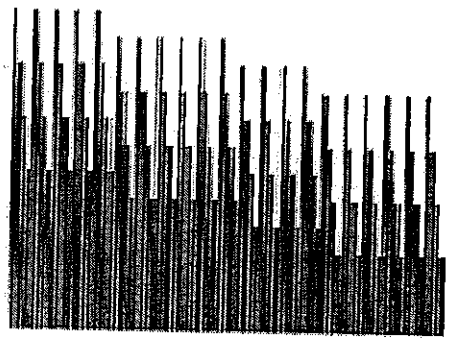


รูปที่5 ส่วนประกอบสำคัญของหม้อแปลง

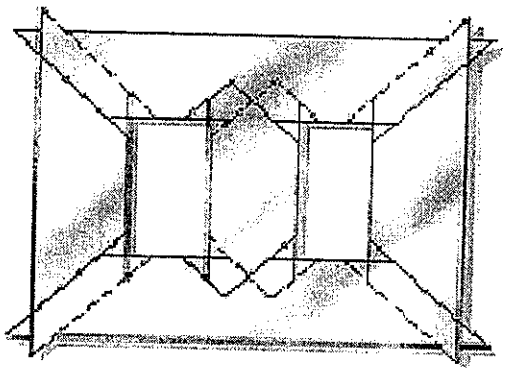
2.1.1 แกนเหล็ก แกนเหล็กซึ่งใช้เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กในหม้อแปลง ผลิตจากแผ่นเหล็กซิลิคอนที่มีคุณสมบัติตอบสนองต่อเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงสุด เนื่องจากทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเดินทางเป็นเส้นตรงตลอดแนวเนื้อแผ่นหนึ่งไปยังอีกแผ่นหนึ่งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แผ่นเหล็กซิลิคอนที่ใช้มีหลายชนิด เช่น M4 มีความหนา 0.27 mm , M5 มีความหนา 0.30 mm. , เลเซอร์ หนา 0.23 mm. เหล็กที่ใช้ทำแกนต้องมีความซึมซาบของแม่เหล็กได้สูงและความต้านทานสูง กำลังสูญเสียที่เกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กค้าง(Hysterisis)ต่ำ แกนเหล็กจะต้องเป็นแผ่นบาง ๆ (Lamination) โดยมีฉนวน (Insulation) ฉาบกั้นระหว่างกันเพื่อลดกระแสไหลวน(Eddy current) มีเสถียรภาพต่อความร้อน(Thermal stability)สูง ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน แกนเหล็กนี้ได้มาจากการเรียงเหล็ก โดยการเรียงเหล็กจะมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือการเรียงเหล็กแบบธรรมดาแสดงดังรูปที่6 และรูปที่8 และการเรียงเหล็กแบบ step lab ดังรูปที่7 และรูปที่9



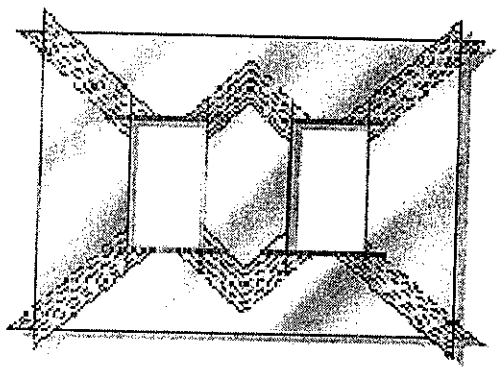
รูปที่6 แสดงภาพด้านข้างของแกนเหล็กแบบธรรมดา



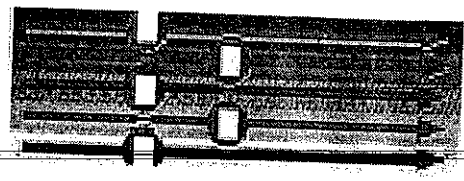
รูปที่7 แสดงภาพด้านข้างของแกนเหล็กแบบ step lab



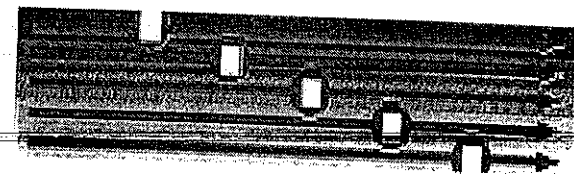
รูปที่8 แสดงภาพการเรียงแกนเหล็กแบบธรรมดา



รูปที่9 แสดงภาพการเรียงแกนเหล็กแบบ step lab



รูปที่10 แสดง flux path ของการเรียงแกนเหล็กแบบธรรมดา จะมีจุดตัดของ flux ที่ตรงกัน ทำให้เกิด no load loss มาก



รูปที่11 แสดง flux path ของการเรียงแกเหล็กแบบ step lap จะมีจุดตัดของ flux ไม่ตรงกันทำให้ลด no load loss ได้มาก 15 %ถึง

ผลดีของการเรียงแผ่นเหล็กแบบ Step – Lap

1. ลดค่าความสูญเสียในแกนเหล็ก(No - load losses)ได้มากถึง 15 % เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียงเหล็ก แบบธรรมดา แสดงดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11
2. ลดค่ากระแสที่ใช้สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก(Exciting current)ได้มากกว่า 50 %
3. ลดระดับเสียงรบกวน(Noise level) ของหม้อแปลงในขณะใช้งานให้ต่ำลง 3 – 5 dB

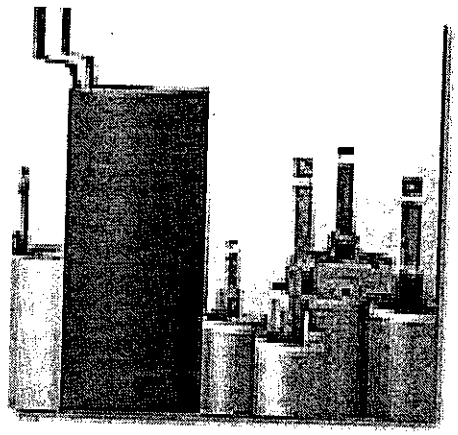
สรุป คุณภาพของแกนเหล็กต้องประกอบด้วย

1. เหล็กที่ใช้ทำแกนหม้อแปลงต้องมีความซึมซาบของแม่เหล็กได้สูง(High permeability)
2. กำลังสูญเสียในแกนเหล็กคิดเป็น วัตต์ ต่อ กิโลกรัม ต่ำ
3. อายุการใช้งานทนทาน
4. ความเค้นเชิงกลสูง เพื่อว่ามีการลัดวงจรเกิดขึ้นภายในหม้อแปลงระหว่างที่ใช้งานหรือสั่นสะเทือนในระหว่างการขนส่ง แกนเหล็กหม้อแปลงต้องสามารถทนได้
5. แผ่นแกนต้องเรียบ ปราศจากลูกคลื่น
6. ริมขอบต้องมน
7. ต้องไม่มีเศษเหล็กค้างติดอยู่บนแผ่นแกน
8. แผ่นเหล็กต้องยึดติดแน่นกันเป็นเนื้อเดียวกัน

2.1.2 ขดลวด ขดลวดทำหน้าที่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า ขดลวดในหม้อแปลงอาจจะเป็นทองแดงหรืออะลูมิเนียม ตัวนำที่นำมาพันเป็นขดลวดนี้จะหุ้มด้วยฉนวนที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหม้อแปลง หน้าตัดของขดลวดตัวนำมีทั้งแบบกลมและแบนสี่เหลี่ยม ต่อมาได้มีการพัฒนามาใช้ตัวนำทองแดงแบบแผ่น ขนาดและชนิดของตัวนำที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไฟฟ้าและอัตรากำลังของ

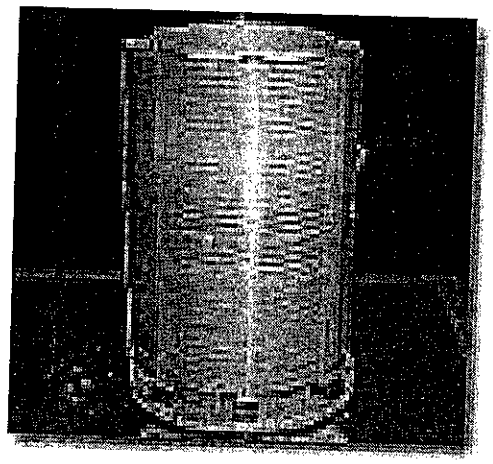
หม้อแปลงไฟฟ้าหรือกระแสที่จ่ายให้กับโหลด ชนิดขดลวดสามารถแบ่งตามการใช้งานได้เป็นขดลวดแรงต่ำและขดลวดแรงสูง

ขดลวดแรงต่ำ เพราะขดลวดแรงต่ำทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับโหลดจึงใช้ขดลวดที่มีขนาดใหญ่ (เมื่อเทียบกับขดลวดแรงสูง) ความต้านทานต่ำ แต่จำนวนรอบจะน้อยกว่าด้านแรงสูงเพราะแรงดันต่ำกว่า แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่12 ขดลวดแรงต่ำ

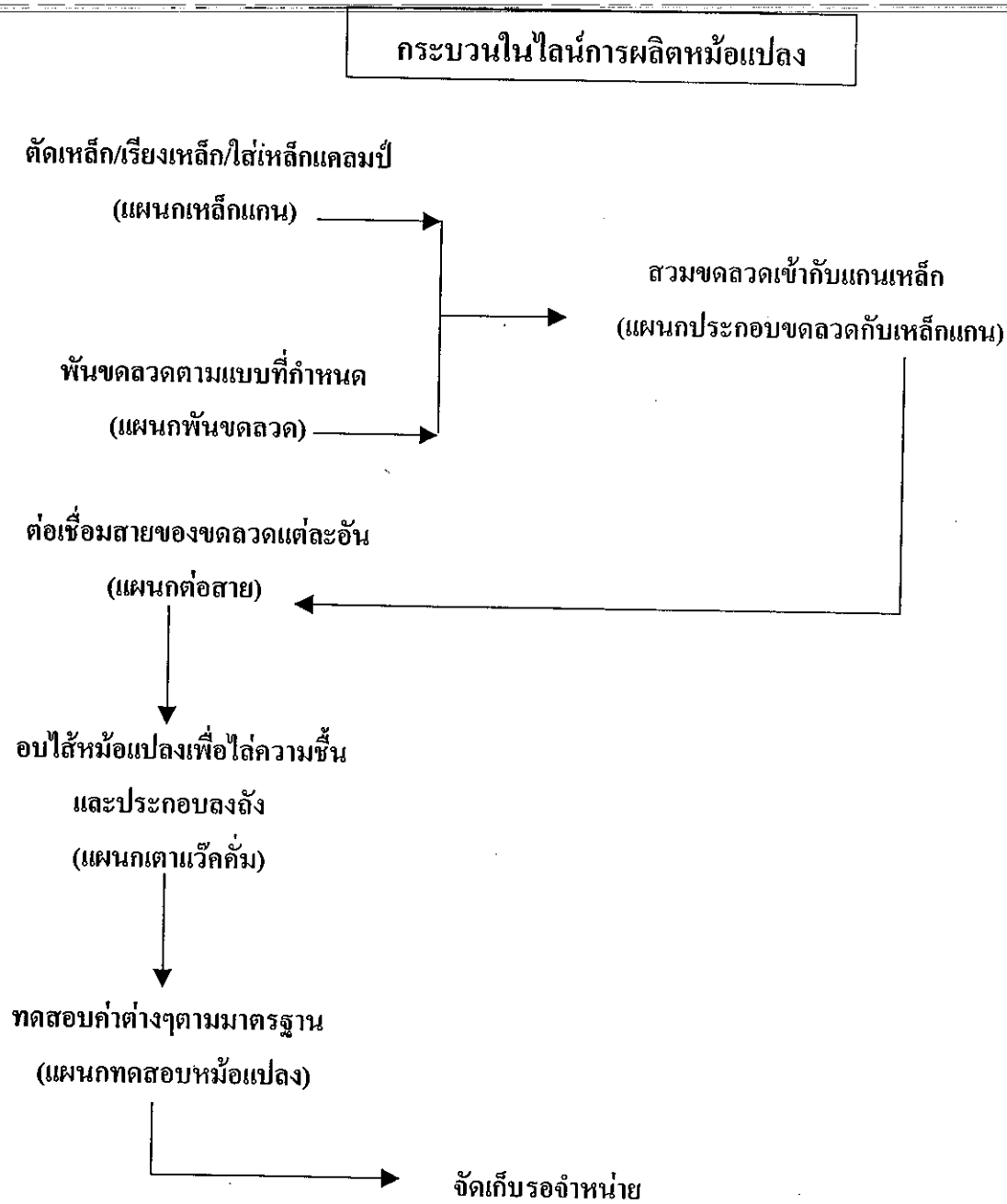
ขดลวดแรงสูง จะพันด้วยเส้นลวดอาบฉนวน PVF (Enamel circula copper Wire)ใช้งานที่อุณหภูมิ 105°C (Class A) เป็นขดลวดที่หน้าตัดขนาดเล็กแต่จำนวนรอบจะมากกว่าทางด้านแรงต่ำจึงง่ายต่อการที่จะทำเป็นแทปให้ได้แรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่13 ขดลวดแรงสูง

2.2 กระบวนการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า

กระบวนในไลน์การผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าของบริษัท เอกรัฐวิศวกรรมจำกัด สามารถสรุปเป็นแผนผังกระบวนการได้ดังรูปที่ 14



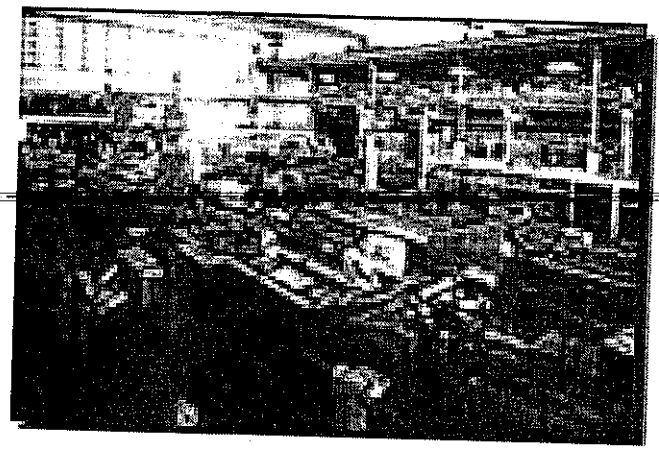
รูปที่14 กระบวนการในไลน์การผลิต

ในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าเริ่มกระบวนการด้วยการนำม้วนแผ่นเหล็กที่ใช้ทำแกนเหล็กมาตัดตามแบบด้วยเครื่องตัดเหล็ก เมื่อได้แผ่นเหล็กที่ตัดมาแล้วจะนำแผ่นเหล็กดังกล่าวมาเรียงขึ้นรูปเป็นแกนเหล็กตามแบบที่กำหนดไว้ เมื่อเรียงแผ่นเหล็กจนได้ออกมาเป็นแกนเหล็กแล้ว จะนำมาทำการยึดแกนเหล็กด้วยแคล้มป์เหล็กเพื่อให้แผ่นเหล็กแต่ละแผ่นในแกนเหล็กนั้นยึดติดกันแน่นขึ้น ไม่ให้มีช่องอากาศระหว่างแผ่นเหล็ก ขั้นตอนทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้เป็นหน้าที่ในการทำงานของแผนกแกนเหล็ก ส่วนในแผนกพันขดลวดนั้นจะทำการพันขดลวดแรงสูงและแรงต่ำตามแบบที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นแผนกประกอบขดลวดกับแกนเหล็กจะรับขดลวดจากแผนกพันขดลวดมาสวมเข้ากับแกนเหล็กที่รับมาจากแผนกแกนเหล็กซึ่งจะทำการสวมขดลวดแรงต่ำกับแกนเหล็กก่อนแล้วจึงนำขดลวดแรงสูงมาสวมทับขดลวดแรงต่ำอีกที่ ซึ่งจะได้ออกมาเป็นไส้หม้อแปลงไฟฟ้า จากนั้นจะนำไส้หม้อแปลงไฟฟ้านี้ไปทำการต่อเชื่อมสายของขดลวดแรงต่ำและแรงสูงตามแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นหน้าที่ของแผนกต่อสาย เมื่อทำการต่อเชื่อมสายเสร็จแล้วจะนำไส้หม้อแปลงนี้ไปทำการอบเพื่อไล่ความชื้น จากนั้นจะนำไส้หม้อแปลงไปประกอบลงตัวถังหม้อแปลงและเติมน้ำมันซึ่งเป็นหน้าที่ของแผนกเตาแว๊คคั่ม แล้วส่งหม้อแปลงไฟฟ้าที่ได้ไปทดสอบค่าต่างๆโดยแผนกทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อทดสอบผ่านแล้วจะทำการจัดเก็บเพื่อรอจำหน่ายต่อไป

2.3 กิจกรรมในแต่ละแผนก

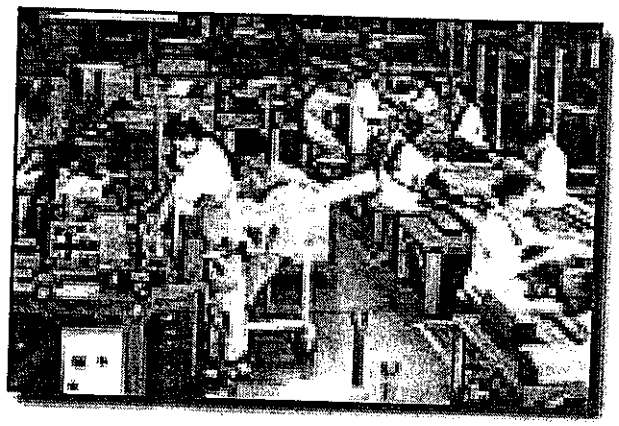
แผนกเหล็กแกน

ในแผนกเหล็กแกนนี้จะทำการตัดเหล็กโดยใช้เครื่องตัดเหล็กที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัย รอยตัดจะถูกออกแบบให้เฉือนตามทางยาว เพื่อให้ได้รอยต่อของแกนทำมุม 45^0 เครื่องตัดเหล็กสามารถตัดเหล็กได้เรียบและรวดเร็ว มีความแม่นยำสูงทำให้แกนเหล็กมีคุณภาพสม่ำเสมอและแผ่นเหล็กไม่มีความบอบช้ำ ปราศจากเศษเหล็กอันเกิดจากการตัดและติดอยู่บนแผ่นแสดงดังรูปที่ 15



รูปที่15 เครื่องตัดเหล็ก

หลังจากทำการตัดแผ่นเหล็กแล้ว จะนำแผ่นเหล็กที่ได้มาทำการเรียงเหล็ก โดยการเรียงแผ่นเหล็กจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบธรรมดาและแบบเลื่อมกันเป็นชั้น(Step lap) โดยเมื่อนำแผ่นเหล็กมาเรียงช่องว่างระหว่างชั้น(Air gap)จะไม่มี ชั้นของแกนเหล็กจะเรียบ เป็นการลดการสั่นสะเทือนอันจะทำให้เกิดเสียงรบกวนได้ และทำให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลได้สะดวกในแกนเหล็กลด Loss ได้ นอกจากจะช่วยลดความสูญเสียแล้วยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงเชิงกลอีกด้วย แกนเหล็กที่เรียงเสร็จแล้วจะมีลักษณะเป็นรูปพื้นที่หน้าตัดเกือบ ๆ เป็นวงกลมด้วยการเรียงเป็นชั้น(Stack)ที่มีความกว้างของแผ่นเหล็กเป็นลำดับ วิธีการยึดแผ่นบาง ๆ ของแกนเหล็กเข้าด้วยกันทำได้โดยการใช้ แคล้มป์เหล็กรัดแผ่นบาง ๆ ของแกนทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกันเพื่อลดการสั่นสะเทือนขณะใช้งานและจะสามารถทนต่อแรงที่เกิดจากกระแสสูง ๆ แล้วทาด้วยน้ำยาวานิช แสดงดังรูปที่ 16



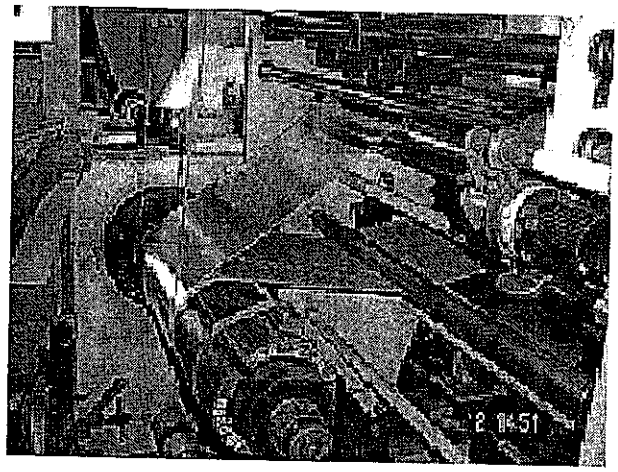
รูปที่16 การเรียงแผ่นเหล็ก

แผนกพันขดลวด

จะแบ่งเป็นการพันขดลวดแรงสูงและแรงต่ำ

การพันขดลวดแรงต่ำ

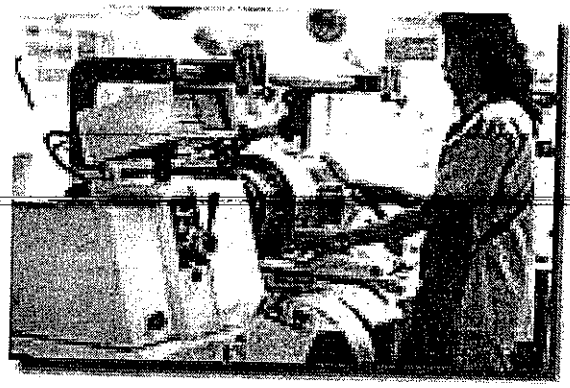
ขดลวดแรงต่ำจะเป็นแผ่นทองแดงมีคุณสมบัติทำให้การกระจายของกระแสไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้ขดลวดแรงต่ำแบบแผ่นสามารถทนกระแสลัดวงจรได้สูงสุด แผ่นฟอยล์ทองแดงนี้โดยปกติแล้วจะเป็นตัวนำที่ไม่มีฉนวนเคลือบ ในขั้นตอนกานพันก็จะพันไปพร้อมกับกระดาษเทอร์โมพอก(Thermopox paper) อุณหภูมิใช้งานที่105°C(Class A) กระดาษเทอร์โมพอกจะใช้เป็นกระดาษกั้นระหว่างชั้น(หรือรอบ)ของแผ่นฟอยล์ แสดงดังรูปที่ 17



รูปที่17 ส่วนที่เป็นกาวเมื่อได้รับความร้อน

การพันขดลวดแรงสูง

จะพันด้วยเส้นลวดอาบฉนวน PVF (Enamel circula copper Wire)ใช้งานที่อุณหภูมิ 105°C (Class A) เป็นขดลวดที่หน้าตัดขนาดเล็กแต่จำนวนรอบจะมากกว่าทางด้านแรงต่ำจึงง่ายต่อการที่จะทำเป็นแทปให้ได้แรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม แสดงดังรูปที่ 18



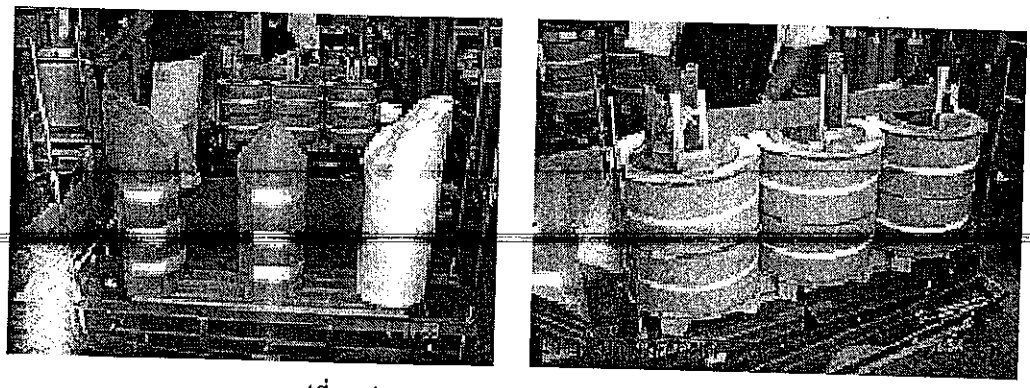
รูปที่18 การพันคอยล์แรงสูง

ข้อควรระวังในการพันขดลวด

1. จำนวนรอบต้องถูกต้องตามแบบ
2. ลวดที่จะใช้พันต้องมีความตึงลวดสม่ำเสมอ
3. ระหว่างการพัน ให้ระวังฉนวนบนเส้นลวด เป็นรอยฉีกขาดหรือถลอก
4. ขณะพันขดลวดสังเกตตัวเลข เคาน์เตอร์นับรอบของเครื่องพันว่าแสดงรอบถูกหรือไม่ ถ้าผิดต้องหยุดพัน และแจ้งหัวหน้าหน่วยทันที
5. การพันต้องให้เส้นลวดชิดกัน
6. ถ้าต้องมีการต่อลวดทองแดงให้ใช้เครื่องเชื่อมแก๊สเชื่อมให้ติดเป็นเส้นเดียวกัน แล้วใช้กระดาษทรายขัดลบรอยเชื่อมไม่ให้คม แล้วใช้กระดาษฉนวนพันทับตรงบริเวณรอยเชื่อม

แผนกประกอบขดลวดกับเหล็กแกน

เริ่มจากการนำแคล้มป์ออกทั้งสองด้าน ถอดเหล็กหัว นำไมลามาพันห่อหัวเหล็กป้องกันการขีดข่วนแล้วรองขดลวดด้วยฉนวนไม้แบบต่างๆ ดังรูปที่19 จากนั้นจึงนำขดลวดมาสวมใส่แกนเหล็ก(โดยมีไมลาหุ้มแกนเหล็กเป็นฉนวนกั้น) ให้ขดลวดแรงสูงและขดลวดแรงต่ำถูกจัดวางอย่างสมดุลโดยให้ขดลวดแรงต่ำอยู่ด้านใน ขดลวดแรงสูงอยู่ด้านนอก(เป็นทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม)เพื่อเป็นการง่ายที่จะต่อสายแทปแยกออกมาและยังเป็นการรักษาระยะห่างระหว่างระบบไฟฟ้าแรงสูงกับแกนเหล็กอีกด้วย การเสียบหัวเหล็กต้องให้รอยต่อของเหล็กชิดกันสนิทพอดี ถ้าไม่ชิดกันเวลาใช้งานจะทำเกิดเสียงคราง สั่นสะเทือน No Load Loss สูง ดังรูปที่ 19

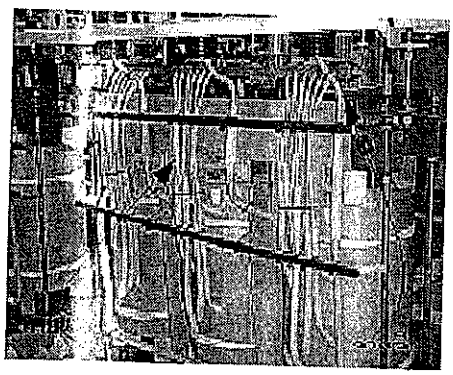


รูปที่19 ประกอบขดลวดกับเหล็กแกน

อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องทำในขั้นตอนการประกอบขดลวดก็คือการต่อถึงกัน(Bonding)ของส่วนโลหะที่ปกติไม่ได้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าแต่อาจมีกระแสไหลได้ในกรณีผิดปกติ เช่น ขดลวดลัดวงจร จะใช้แผ่นตัวนำทองแดงต่อถึงกันเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องทางไฟฟ้าระหว่างแกนเหล็กกับแคล้มป์ การทำเช่นนี้เพื่อให้เกิดความปลอดเพราะเมื่อเกิดมีกระแสไฟฟ้ารั่วลงแกนเหล็ก กระแสไฟฟ้าก็ไหลไปตามแผ่นทองแดงนี้ไปที่ตัวถังหม้อแปลงและลงดินแต่ทั้งนี้ต้องทำความสะอาดแคล้มป์โดยขัดสีออกให้หมด

แผนกต่อสาย

หม้อแปลงกำลังและหม้อแปลงระบบจำหน่ายที่ใช้อยู่ในระบบส่งและจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยทั่วไปจะเป็นหม้อแปลงสามเฟสหรือใช้หม้อแปลงเฟสเดียวที่เหมือนกันทุกประการจำนวน 3 เครื่องมาต่อให้เป็นสามเฟส การต่อหม้อแปลงที่ใช้กันมากมีด้วยกัน 4 แบบคือ Y- Δ , Δ-Y, Δ-Δ, Y-Y เมื่อ Y แทนการต่อชุดขดลวดด้านหนึ่งให้เป็นวาย(wye)หรือสตาร์ดังรูปที่21 และ Δ แทนการต่อชุดขดลวดด้านหนึ่งให้เป็นเดลต้า(delta) ดังรูปที่20



รูปที่20 การต่อหม้อแปลงแบบเดลต้า

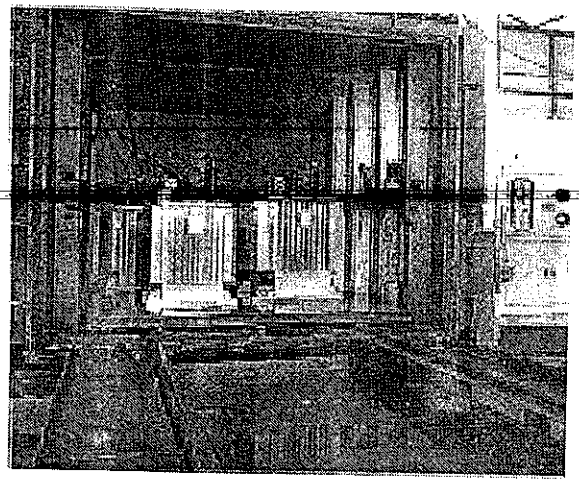
รูปที่21 การต่อหม้อแปลงแบบสตาร์

การต่อหม้อแปลงสามเฟสแบบ Δ-Yในประเทศไทย

นิยมใช้ลดแรงดันจากแรงดันระดับปานกลางเป็นแรงดันต่ำ เช่น ลดแรงดันจาก 11, 12, 22, 24 และ 33 kV 3เฟส 3 สาย เป็น 400/230 V ใช้กับระบบแรงต่ำของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือ 416/240 V ใช้กับระบบแรงต่ำของการไฟฟ้านครหลวง 3เฟส 4 สาย เรียกว่าหม้อแปลงจำหน่าย (Distribution transformer) หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายในประเทศไทยโดยทั่วไปแล้วด้านแรงสูงจะต่อกันแบบΔ ส่วนทางด้านแรงต่ำจะต่อเป็นแบบYและต่อจุดนิวทรัลต่อลงดิน(Solid ground)และสามารถต่อสายออกไปใช้กับโหลดเฟสเดียวได้ด้วย ด้านแรงต่ำจึงเป็นแบบระบบจำหน่าย 3 เฟส 4 สาย ใช้ได้กับโหลด 3 เฟส และ 1 เฟส สามารถต่อโหลดสมดุลได้ง่าย

แผนกเตาแว็คคั่ม

เริ่มจากการนำไส้หม้อแปลงที่การประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วเข้าในเตาอบสูญญากาศ เพื่อดึงเอาความชื้นที่สะสมในส่วนต่างๆเช่น ขดลวด กระดาษ ออกไป ที่อุณหภูมิ 110°C จากนั้นจะทำการตรวจสอบจุดยึดแน่นต่างๆอีกครั้ง ทำการวัดค่าความเป็นฉนวน(Megger Test)ก่อน ถ้าผ่านการวัดจึงจะนำหม้อแปลงมาทำการประกอบลงถัง ควรใช้เวลาในการนำไส้หม้อแปลงที่ผ่านการอบแล้วมาประกอบลงตัวถังให้น้อยที่สุดเพื่อลดความชื้นและสิ่งปนเปื้อนเข้าไปในตัวหม้อแปลง ควรทำความสะอาดไส้หม้อแปลงโดยการใช้ผ้าแห้งเช็ดหรือใช้เครื่องดูดฝุ่นต้องไม่ลืมทำความสะอาดด้านล่าง(ส่วนที่ตั้งกับพื้น) บริเวณใต้แคล้มป์ไม่ให้มีผงฝุ่นและสิ่งสกปรก ส่วนตัวถังเปล่าต้องนำถังมาตรวจเช็คทำความสะอาดภายในตัวถังและเกลียวาล์วท่อเดรน ให้ใช้เครื่องดูดฝุ่นดูดตามซอกบล็อก ครีบ บล็อกก้นถัง หรือใช้ลมเป่าให้สะอาด ตรวจดูภายในถัง ถ้ามีน้ำมันให้ซับน้ำมันออกและใช้ผ้าเช็ดให้สะอาดแล้วจึงนำไส้หม้อแปลงประกอบลงถัง ต่อมาจึงนำเข้าอบในเตาสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60°C เพื่อทำการเติมน้ำมันหม้อแปลงคุณภาพสูงที่ผ่านการตรวจสอบความชื้นและคุณสมบัติทางเคมีแล้วลงในหม้อแปลงภายใต้สุญญากาศ เพราะว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดการลัดวงจรภายในหม้อแปลงนั้นส่วนใหญ่เนื่องจากความชื้นในน้ำมัน การเติมน้ำมันลงในหม้อแปลง จึงจำเป็นต้องทำการเติมภายใต้สุญญากาศ(Vacuum drying) แสดงดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 การนำหม้อแปลงเข้าเตาอบเพื่ออบไล่ความชื้นเติมน้ำมัน

แผนกทดสอบหม้อแปลง

เป็นแผนกที่ทำการทดสอบ ตรวจวัดค่าต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งจะมีขั้นตอนต่างๆมากมาย โดยจะทำการวัดค่า ความเป็นฉนวนของน้ำมันภายในหม้อแปลง ค่าเบรกดาวน์ของหม้อแปลงไฟฟ้า ค่าของแรงดันไฟฟ้าที่หม้อแปลงจ่ายออกมา และค่าอื่นๆอีก ในส่วนของข้อมูลที่ทำการวัดหรือผลทดสอบที่ได้ ไม่สามารถนำมาแสดงได้เพราะเป็นความลับของบริษัท ซึ่งหม้อแปลงที่ผ่านการทดสอบเท่านั้นจึงจะสามารถนำออกไปจำหน่ายได้ ส่วนหม้อแปลงที่ไม่ผ่านการทดสอบจะต้องนำไปแก้ไขใหม่