สงวนลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2548 ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ โดย พิรพงศ์ ลิ้มประสิทธิ์วงศ์ ห้ามลอกเลียนแบบไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใด ของบทความฉบับนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาต เป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้เขียนเท่านั้น *ยกเว้นเพื่อการศึกษาโดยไม่แสวงหากำไร* (Copyright © 2005)

บริษัท ไทนามิกส์ จำกัด
Tinamics Co., Ltd.

การเลือกใช้ไดร์ฟแรงดันต่ำสำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่

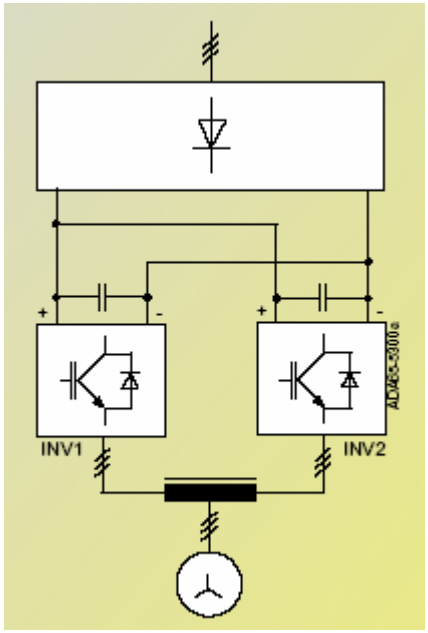
Selection LV Drives with Big Power

การออกแบบงานสำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 900 kW – 1500 kW ในบางกรณี ที่มีความจำเป็นต้องมีการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ทางเลือกคงมี ไม่กี่ทาง เช่น

- ✓ การปรับความเร็วรอบทางด้านแมคคานิค เช่น การใช้เกียร์ หรือ Fluid or Hydraulics couplings control ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเก่า ราคาแพง ใหญ่เทอะทะ เปลืองเนื้อที่ และยังคงต้องการดูแลบำรุงรักษามาก จึงไม่ค่อยจะเป็นที่นิยมกันในปัจจุบันนี้
- ✓ เลือกใช้ DC motor / DC Drives ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเก่า ราคามอเตอร์กระแสตรงจะสูง และต้องการ การดูแลบำรุงรักษามากในเรื่องแปรงถ่าน ทำให้ปัจจุบันนี้ได้ลดความสำคัญลงไปเป็นอย่างมาก
- ✓ การเลือกใช้ AC Drives กับ AC Induction Motor นับเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะ เป็นเทคโนโลยีใหม่ ราคาอุปกรณ์ Drives ลดลงกว่าเดิมเป็นอันมาก ประกอบกับ Induction Motor ซึ่งเป็นที่คุ้นเคยในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างดี และแทบจะไม่ต้องดูแลบำรุงรักษามากมาย จึงเป็นทางเลือกที่น่าจะเหมาะสมที่สุดในยุคปัจจุบัน

สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 900 kW – 1,500 kW นั้นมีทางเลือกได้เป็น Low Voltage กับ Medium Voltage อาจจะเป็นระบบไฟ 3,300 V หรือ 6,600 V โดยส่วนใหญ่วิศวกรไทย จะกลัว Medium Voltage ประกอบกับราคา MV Drives กับ MV มอเตอร์เมื่อรวมกันแล้วราคาจะสูงกว่าระบบแรงดันต่ำมาก ดังนั้น ทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับ การออกแบบงานมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1500 kW คือ LV AC Drives + LV Motor

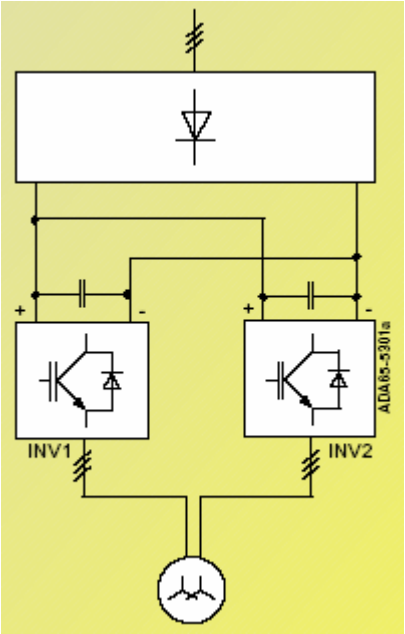
สำหรับโรงงานผู้ผลิต LV AC Drives + Motor ชั้นนำส่วนใหญ่ในโลก ไม่มีใครผลิต LV Drives ที่มีขนาดใหญ่มากๆ เพราะไม่คุ้มค่าทางการค้า หรือทางธุรกิจ เนื่องจากความต้องการใช้ในโลกมีไม่มากพอที่จะผลิตเป็น mass products ได้ ดังนั้น การนำ Inverter 2 ตัวมาขนานกันเพื่อให้สามารถรับกระแสได้สูงขึ้นก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่มีความเหมาะสมในแง่ธุรกิจ *ดังรูปที่ 1*



รูปที่ 1 การขนาน Invert โดยผ่านหม้อแปลง Inter Phase

จาก*รูปที่ 1* เป็นการนำ ภาค Inverter 2 ตัว ด้าน output มาต่อขนานกันเพื่อช่วยกันแบ่งภาระกระแส เนื่องจากรูปคลื่น ที่ออกจาก Inverter เป็นแบบ PWM ไม่ได้เป็นรูปคลื่น sine wave โดยแท้จริง ดังนั้นจึงไม่สามารถจะนำมาขนานกันได้โดยตรงเหมือนระบบไฟฟ้า sine wave ปกติ จึงจำเป็นจะต้องเพิ่ม Inter Phase transformer ซึ่งจะทำหน้าที่ synchronization หรือเป็นตัวประสานรูปคลื่นแรงดันที่ออกจาก inverter ทั้งสองตัวให้เป็นหนึ่งเดียวกันก่อน ก่อนที่จะจ่ายพลังงานให้แก่มอเตอร์ ทั้งยังมีผลประโยชน์ตามมา คือช่วยลดความเป็นเหลี่ยมของรูปคลื่นลง และเป็นการลดความเครียดที่จะเกิดขึ้นที่มอเตอร์อันเนื่องมาจาก Harmonics

วิธีนี้ราคาที่เพิ่มขึ้นจะมีเพียง หม้อแปลง Inter Phase และจะมีความร้อน และพลังงานสูญเสียที่หม้อแปลงเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย ประมาณ 0.5% - 2% และมีข้อจำกัดการนำไปใช้งาน ที่สามารถนำไปใช้งานได้เพียงโหมดการควบคุมแบบ V/F เท่านั้น กล่าวคือ ภาคควบคุม IGBT ที่ Inverter ไม่สามารถจะทราบตำแหน่งที่แท้จริงของสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์ได้ เพราะมี inter phase transformer มาขั้นกลาง จึงไม่สามารถทำการควบคุมแบบ Vector Control ได้ ดังนั้น หากนำวิธีนี้ไปใช้ จะใช้ได้เฉพาะการนำไปประยุคใช้งานที่เป็นโหลดแบบ ($M \sim n^2$) เช่น พัดลม หรือ ปั๊มน้ำเท่านั้น



รูปที่ 2 การขนาน Inverter โดยใช้มอเตอร์แบบขดลวดขนาน

ในบางลักษณะงาน ที่โหลดเป็นแบบชนิด แรงบิดคงที่ตลอดย่านการทำงาน (Constant torque) เช่นสายพานลำเลียง เครื่องโม่ เครื่องอัด หรือคอมเพรสเซอร์ กล่าวคือ เมื่อมอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบต่ำๆ ยังคงต้องการแรงบิดสูง หรือกระแสยังคงสูงที่ความเร็วรอบต่ำๆ และต้องการความแม่นยำของแรงบิดต่อความเร็วรอบของมอเตอร์สูง ไม่สามารถที่จะใช้วิธีการ แบ่งกระแสโดยผ่าน inter phase transformer ได้แต่สามารถหันไปใช้วิธีการ แบ่งแรงบิดมอเตอร์ โดยการแยกขดลวดมอเตอร์ออกเป็น 2 ชุดภายในมอเตอร์ตัวเดียวกัน เป็นการแบ่งแรงบิดช่วยกันขับ ซึ่งการออกแบบมอเตอร์เป็นแบบชนิด 2 ขดลวด มีข้อดีในแง่ของการตอบสนองต่อแรงบิดได้ดีกว่า และรวดเร็วกว่า แบบผ่าน Inter Phase transformer

วิธีนี้ราคาที่เพิ่มขึ้นจะมีเพียง มอเตอร์ที่ต้องออกแบบเป็นพิเศษ แต่จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า และขนาด Inverter ก็จะมีขนาดเล็กกว่า เนื่องจากสามารถลดขนาดจาก Inter phase transformer ลงไปได้ และสามารถนำไปใช้งานได้เกือบทุก application ซึ่งระบบนี้เป็นที่นิยมใช้เป็นอย่างมาก เหมาะสำหรับงานโครงการใหม่ๆ ที่จำเป็นจะต้องซื้อทั้งมอเตอร์ และ Inverter พร้อมๆ กัน

ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์เพิ่มเติม

เนื่องจากมอเตอร์ในกรณีนี้ใช้กับแรงดันสูงกว่า 500 โวลต์ ผลกระทบจากการใช้ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ หรือแรงดันไฟฟ้า PWM และ ผลกระทบจากค่า L/C ของสายเคเบิ้ล ขอแนะนำให้ติดตั้งชุดป้องกันไม่ว่าจะเป็น choke หรือ dv/dt หรือ ชุดกรองรูปคลื่นซายด์ที่ด้านขาออกของชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

ถ้าเป็นโหลดแบบแรงบิดคงที่ ไม่สามารถจะต่อ Choke คั่นกลางได้ ขอแนะนำให้ออกแบบฉนวนมอเตอร์ให้ทนต่อแรงดันทรานเซี่ยนสูงจาก Inverter ได้ หรือทำให้สามารถทนความเครียดจากแรงดันสูงได้มากกว่ามอเตอร์ทั่วไป และควรจะลดค่ากำลังสูงสุด ในการนำไปใช้งานลง 10% จากขนาดพิกัดที่โครงสร้างมอเตอร์จากเดิม เพื่อชดเชยความร้อนที่จะเพิ่มขึ้น และจะต้องเลือกมอเตอร์ที่ออกแบบให้มีฉนวนที่แหวนรองลื่น (Bearing) อย่างน้อยด้านใดด้านหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไหลวนจากผลของแรงดันไฟฟ้าต่างศักย์ที่โรเตอร์ เช่นฉนวนที่แหวนรองลื่นด้านตรงข้ามด้านเพลาขับ (Non drive end) เป็นต้น

สำหรับมอเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำๆ แต่ยังคงต้องการแรงบิดสูง หรือกระแสยังคงสูงที่ความเร็วรอบต่ำๆ จะส่งผลให้ความร้อนสูงขึ้นตามค่ากระแส ดังนั้นการออกแบบการระบายความร้อนของมอเตอร์ จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มอเตอร์ติดพัดลมระบบบายความร้อนแยกต่างหาก โดยไม่สามารถใช้มอเตอร์ชนิดพัดลมระบายความร้อนติดกับเพลาหมุนของมอเตอร์ เหมือนกับมอเตอร์โดยทั่วไปได้