

การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์และแนวโน้มการใช้งานในประเทศไทย

Switched reluctance drives and trends of applications in Thailand

นิสัย เฟื่องเวโรจน์สกุล

1. บทนำ

มอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์เป็นมอเตอร์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการผลิต วัสดุหลักที่ใช้สร้างมอเตอร์มีเพียงแผ่นเหล็กและลวดทองแดง ด้วยเหตุนี้มอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์จึงมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับมอเตอร์ชนิดอื่น เช่น มอเตอร์เหนี่ยวนำ และมอเตอร์ซิงโครนัสแบบแม่เหล็กถาวร ที่ต้องใช้วัสดุมากกว่าและมีราคาแพงกว่า ปัจจุบันมอเตอร์ชนิดนี้เริ่มถูกนำไปใช้งานในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในงานที่ต้องการการลงทุนต่ำ เช่น พัดลม เครื่องสูบน้ำ หรือ คอมเพรสเซอร์ทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

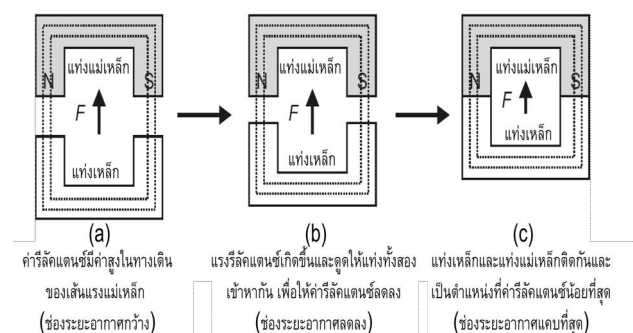
อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีเกี่ยวกับมอเตอร์ชนิดนี้ยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายและนำมาใช้งานในประเทศไทย เนื่องจากบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมยังคงยึดอยู่กับการใช้งานด้วยมอเตอร์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมานาน เช่น มอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งมีสมรรถนะเพียงพอที่จะสามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานในงานทั่วไปได้ แต่ทว่ายังมีการใช้งานในบางลักษณะพิเศษที่มอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์จะมีข้อได้เปรียบมากกว่าอีกในแง่สมรรถนะและราคา หากบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมมีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีเกี่ยวกับมอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์และสามารถเลือกใช้ในการใช้งานที่เหมาะสมในแง่ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ก็จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมภายในประเทศ

บทความนี้นำเสนอข้อมูลที่จะเผยแพร่ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีของมอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์เพื่อให้มอเตอร์ชนิดนี้เป็นที่รู้จักแพร่หลายมากขึ้น พร้อมอภิปรายแนวโน้มการนำมอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์มาใช้งานสำหรับอุตสาหกรรมภายในประเทศ

2. หลักการทำงานและโครงสร้างของมอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์

มอเตอร์สวิตช์รีลักแตนซ์ทำงานโดยหลักการของการสร้างแรงรีลักแตนซ์ ซึ่งเกิดจากความพยายามของวงจรแม่เหล็กที่จะพยายามลดความความต้านทานทางแม่เหล็ก คำว่ารีลักแตนซ์ (reluctance) เป็นศัพท์เทคนิคใช้เรียกความต้านทานทางแม่เหล็กในทางเดินแม่เหล็กดังแสดงใน

รูปที่ 1 (a) เมื่อนำแท่งแม่เหล็กมาใกล้แท่งเหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กจะวิ่งข้ามอากาศระหว่างแท่งแม่เหล็กและแท่งเหล็กเพื่อให้ครบวงจร ระยะของอากาศที่กว้างทำให้ค่าความต้านทานทางแม่เหล็กมีค่าสูง ดังนั้น วงจรแม่เหล็กจะกำเนิดแรงที่จะพยายามดึงให้แท่งเหล็กและแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้กัน เพื่อลดระยะของอากาศ แคบลงจนถึงจุดที่ความต้านทานทางแม่เหล็ก(ค่ารีลักแตนซ์)มีค่าต่ำสุดที่ตำแหน่งแท่งเหล็กและแท่งแม่เหล็กติดกันสนิท ดังแสดงในรูปที่ 1 (b) และ (c) หลักการสร้างแรงแบบนี้สามารถสังเกตได้ในชีวิตประจำวันทั่วไป เช่น ประตูตู้เย็น หรือ หมุดแม่เหล็กสำหรับกระดานดำ



รูปที่ 1 หลักการพื้นฐานของแรงรีลักแตนซ์

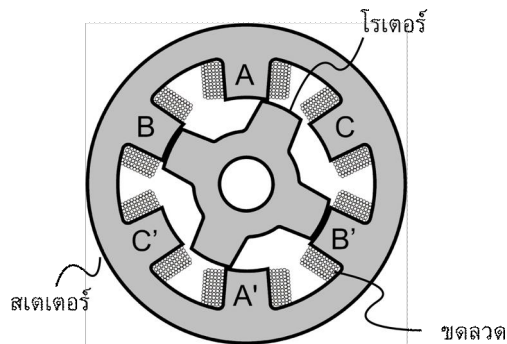
¹ อาจารย์/นักวิจัย, บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสิรินธรไทย-เยอรมัน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

หลักการสร้างแรงรีลักแตนซ์สามารถนำมาประยุกต์สร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าได้ โดยเปลี่ยนแท่งแม่เหล็กเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ควบคุมได้ซึ่งประกอบด้วยขดลวดทองแดงสำหรับป้อนกระแสเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กและแกนเหล็กสำหรับเป็นทางเดินของเส้นแม่เหล็ก ดังแสดงใน

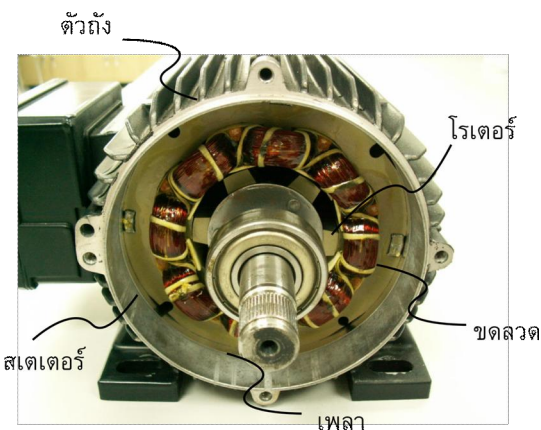
รูปที่ 2 ขดลวดจะถูกติดตั้งในส่วนที่อยู่กับที่เรียกว่าสเตเตอร์ แท่งเหล็กที่เป็นส่วนที่เคลื่อนไหวยจะถูกยึดให้มีจุดหมุนอยู่ตรงกลางด้วยเพลาลูกและถูกเรียกว่าโรเตอร์ ทั้งตัวสเตเตอร์และตัวโรเตอร์จะมีลักษณะเป็นซี่ยื่นเพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงค่ารีลักแตนซ์ในตำแหน่งของโรเตอร์ที่ต่าง ๆ กันมากที่สุด

รูปที่ 2 เป็น โครงสร้างหน้าตัดสำหรับมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์แบบสามเฟส และ

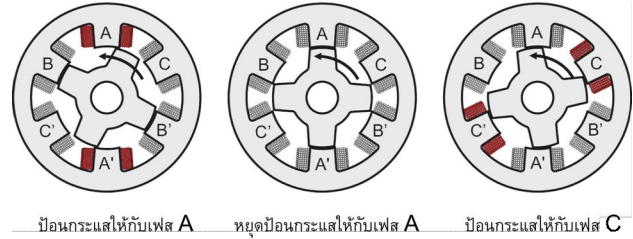
รูปที่ 3 แสดงรูปถ่ายโครงสร้างภายในของมอเตอร์จริงแบบสี่เฟส



รูปที่ 2 ภาพหน้าตัดของมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ 3 เฟส



รูปที่ 3 มอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ 4 เฟส พิกัดกำลัง 750 วัตต์



รูปที่ 4 การป้อนกระแสเพื่อให้มอเตอร์หมุนอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 4 แสดงการสร้างแรงบิดเพื่อให้โรเตอร์หมุนอย่างต่อเนื่อง ช่วงตำแหน่งที่ฟันโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่เริ่มขบกับฟันสเตเตอร์ของเฟส A เป็นช่วงที่ควรป้อนกระแสให้กับเฟส A เพื่อสร้างแรงบิดดึงให้ฟันของโรเตอร์วิ่งไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เฟส A จะสร้างแรงบิดไปจนถึงตำแหน่งที่โรเตอร์และสเตเตอร์อยู่ขบกันอย่างสมบูรณ์ ในตำแหน่งนี้ค่าแรงบิดจะมีค่าเท่ากับศูนย์ เพื่อสร้างแรงบิดอย่างต่อเนื่องต่อไป เฟส A จะถูกหยุดการป้อนกระแส และ เฟส C จะถูกป้อนกระแสเพื่อสร้างแรงบิดต่อไป การป้อนกระแสปิดเปิดในแต่ละเฟสจะดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ เพื่อสร้างแรงบิดให้ต่อเนื่อง ด้วยลักษณะการปิดเปิดของการป้อนกระแสนี้จึงเป็นที่มาของการคำว่า “สวิตช์” ในชื่อของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า “มอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์”

พฤติกรรมการสร้างแรงบิดของมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์สามารถอธิบายได้ด้วย คุณลักษณะความเหนี่ยวนำของขดลวดในแต่ละเฟส (inductance ด้วย L) ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยที่ตำแหน่งมุมที่อ้างอิงต่อไปนี้เป็นมุมทางไฟฟ้า ความเหนี่ยวนำมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับค่ารีลักแตนซ์ ซึ่งหมายความว่าในตำแหน่งที่เฟสมีความเหนี่ยวนำสูงก็จะเป็นตำแหน่งที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำ และเป็นในทางกลับกัน รูปที่ 5 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำตามตำแหน่งของโรเตอร์ จุดที่ฟันสเตเตอร์และโรเตอร์ห่างกันที่สุดนิยามในที่นี้เป็น 0 องศา จะมีค่าความเหนี่ยวนำน้อยที่สุด ค่าความเหนี่ยวนำจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อฟันสเตเตอร์และโรเตอร์เริ่มขบกัน และจะมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งที่ฟันสเตเตอร์และโรเตอร์ขบกันอย่างสมบูรณ์ตรงกึ่งกลาง โดยนิยามตำแหน่งนี้เป็นมุม 180 องศาเมื่อโรเตอร์หมุนต่อไปและระยะการขบของฟัน โรเตอร์และสเตเตอร์ลดลงค่าความเหนี่ยวนำก็จะลดลงตามไปด้วยจนไปครบรอบที่ 360 องศา

สมการแรงบิดอย่างง่ายในกรณีมอเตอร์ทำงานเป็นเชิงเส้นในอุดมคติคือ [1]

$$T = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\theta} \quad (1)$$

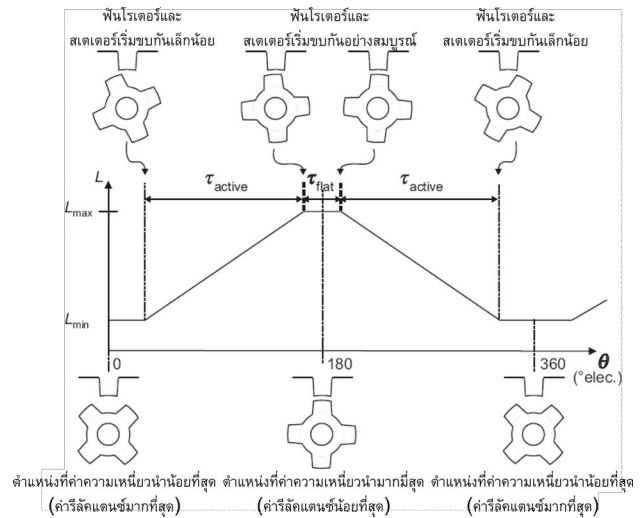
โดยที่ T แรงบิด
 i กระแสในเฟส
 $\frac{dL}{d\theta}$ ความชันการเปลี่ยนแปลงของความเหนี่ยวนำเฟสต่อตำแหน่งของโรเตอร์

จากสมการแรงบิดจะเห็นได้ว่าขนาดของแรงบิดแปรผันตามขนาดกระแสกำลังสองและความชันการเปลี่ยนแปลงของความเหนี่ยวนำเฟส ข้อสังเกตคือทิศทางของแรงบิดไม่ได้ถูกกำหนดด้วยทิศทางของกระแสแต่เป็นความชันของการเปลี่ยนแปลงความเหนี่ยวนำเฟส ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของโรเตอร์ ดังนั้น เพื่อสร้างแรงบิดทางบวกจะต้องป้อนกระแสเฟสให้อยู่ในช่วง 0-180 องศาในช่วงที่มีความชันของค่าความเหนี่ยวนำเป็นบวก หากป้อนกระแสในช่วง 180-360 องศาแรงบิดที่ได้ก็จะมีทิศทางลบ จะเห็นได้ว่ามอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์สามารถสร้างแรงบิดได้ทั้งสองทาง ดังนั้น จึงสามารถทำงานได้เป็นทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์จะถูกออกแบบให้ทำงานในช่วงที่สนามแม่เหล็กอิ่มตัวเพื่อให้ได้พิกัดแรงบิดสูงและประหยัดพิกัดกำลังของคอนเวอร์เตอร์ที่ต้องใช้ [2] ดังนั้น พฤติกรรมของมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ในการใช้งานจริงจึงมีความไม่เป็นเชิงเส้นสูง ทำให้การควบคุมมีความยุ่งยากซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

3. คอนเวอร์เตอร์และการควบคุมมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์

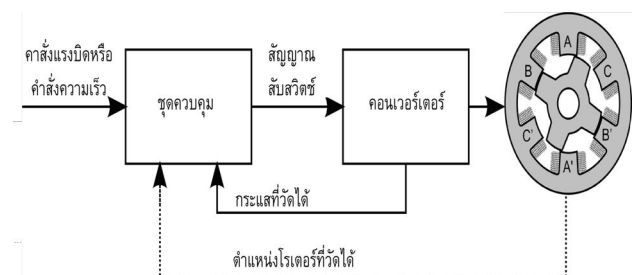
จากหลักการที่อธิบายมาในเบื้องต้น การที่จะทำให้มอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ทำงานได้นั้นต้องอาศัยอุปกรณ์คอนเวอร์เตอร์สำหรับป้อนกระแสซึ่งต้องเปิดปิดการป้อนกระแสเฟสด้วยความเร็วสูงตามความเร็วรอบของมอเตอร์ อีกทั้งการป้อนกระแสยังต้องสัมพันธ์กับตำแหน่งของโรเตอร์ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถใช้งานมอเตอร์ชนิดนี้กับแหล่งจ่ายไฟ

กระแสตรงหรือกระแสสลับโดยตรงได้ คอนเวอร์เตอร์รวมทั้งชุดควบคุมจึงเป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้สำหรับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์

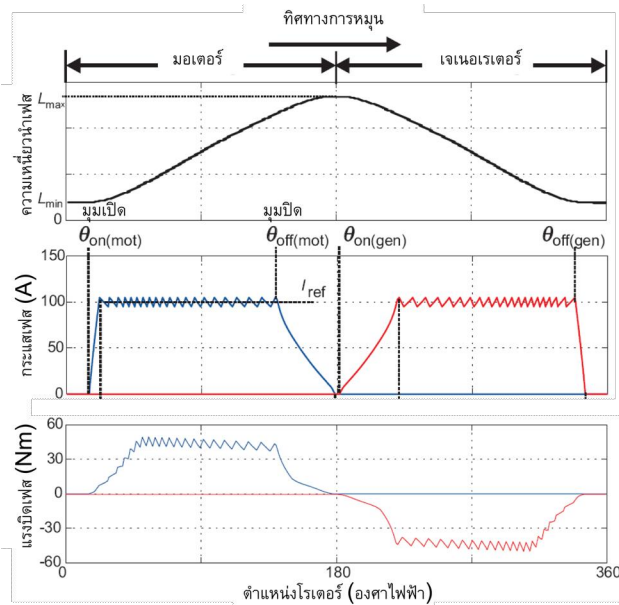


รูปที่ 5 ความเหนี่ยวนำของเฟสมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ที่แปรผันเป็นฟังก์ชันกับตำแหน่งโรเตอร์

โครงสร้างโดยสมบูรณ์ของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ประกอบไปด้วยสามส่วนคือ ชุดควบคุม คอนเวอร์เตอร์ และมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อให้สามารถควบคุมการสร้างแรงบิดได้ ชุดควบคุมจำเป็นต้องรู้สถานะของกระแสและตำแหน่งของโรเตอร์ ซึ่งการวัดตัวแปรทั้งสองนี้จะต้องใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพื่อวัดค่าป้อนกลับมาให้ชุดควบคุม



รูปที่ 6 แผนผังชุดขับเคลื่อนมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์



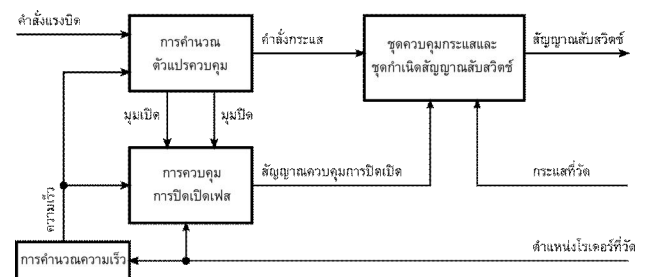
รูปที่ 7 การป้อนกระแสเพื่อสร้างแรงบิด

ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่แล้วการสร้างแรงบิดถูกกำหนดขนาดของการกระแสและตำแหน่งของโรเตอร์ที่ป้อนกระแส รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบการสร้างแรงบิดในทั้งสองทิศทางด้วยการป้อนกระแสรูปคล้ายสี่เหลี่ยมโดยที่ด้านบนคงที่ ปริมาณค่าแรงบิดเฉลี่ยจะถูกกำหนดด้วยสามตัวแปรคือ ขนาดกระแส มุมเปิด และมุมปิด

เพื่อให้ได้แรงบิดสูงสำหรับทุกรอบความเร็ว มุมเปิดและมุมปิดจะต้องถูกปรับแต่งแปรผันตามจุดทำงานของแรงบิดและความเร็วรอบ เนื่องจากความชันของกระแสในขอบขาขึ้นจะถูกกำหนดด้วยความต่างของแรงดันที่ป้อนเข้าเฟสและแรงดันภายในของมอเตอร์ที่แปรผันเป็นสัดส่วนกับความเร็วของมอเตอร์ เมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์มีค่าสูงขึ้น ความชันของกระแสก็จะมีค่าลดลง เพื่อให้สามารถป้อนกระแสให้มีค่าสูงตามที่กำหนดได้ทัน จึงต้องมีการปรับมุมเปิดให้เร็วขึ้น สำหรับมุมปิดก็ต้องมีการปรับให้เร็วขึ้นเช่นกัน เพื่อลดกระแสให้น้อยที่สุดก่อนจะเข้าสู่ย่านมากกว่า 180 องศา ซึ่งในย่านนี้จะมีการผลิตแรงบิดลบมาหักล้าง ทำให้ค่าแรงบิดเฉลี่ยที่ได้มีค่าลดลง

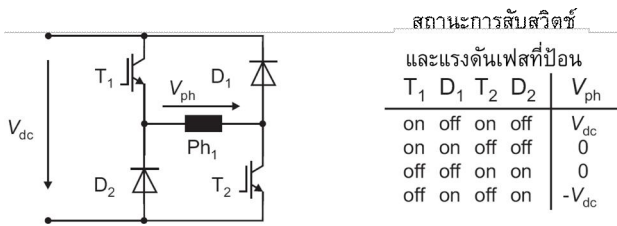
รูปที่ 8 แสดงโครงสร้างการทำงานพื้นฐานของชุดควบคุม ชุดควบคุมจะนำค่าสร้างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่วัดมาได้ มาหาค่าตัวแปรควบคุมทั้งสามคือ ขนาดกระแส มุมเปิดและมุมปิด จากรูปค่าขนาดกระแสจะถูกส่งไปที่ชุดควบคุม

กระแสเพื่อเปรียบเทียบกับค่ากระแสในแต่ละเฟสที่วัดมาได้ ผลการเปรียบเทียบจะถูกนำมาสร้างสัญญาณสับสวิตช์โดยชุดสร้างสัญญาณสับสวิตช์ ส่วนค่ามุมเปิดและมุมปิดจะถูกส่งต่อไปที่ชุดควบคุมการปิดเปิดกระแส เพื่อสร้างสัญญาณปิดเปิดกระแส ซึ่งจะถูกนำไปประมวลผลรวมกับผลที่ได้จากชุดควบคุมกระแสที่ชุดสร้างสัญญาณสับสวิตช์เพื่อสร้างสัญญาณสับสวิตช์ในที่สุด



รูปที่ 8 แผนผังการทำงานของชุดควบคุม

เนื่องจากมอเตอร์สวิตช์รีลัคแทนซ์มีความไม่เป็นเชิงเส้นสูงดังที่กล่าวมาแล้ว แรงบิดเฉลี่ยและค่าตัวแปรควบคุมคือขนาดกระแส มุมเปิดและ มุมปิด มีความสัมพันธ์กันแบบไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้ไม่สามารถใช้สมการเชิงวิเคราะห์ในการแสดงความสัมพันธ์ของแรงบิดและตัวแปรควบคุมได้ดังเช่นที่ทำกับมอเตอร์ชนิดอื่นๆ เทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร ควบคุมและค่าสร้างแรงบิดในชุดควบคุมคือ การใช้ตารางข้อมูล (Look-up table) [3] ซึ่งความยุ่งยากอยู่ที่การหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและค่าตัวแปรควบคุมทั้งสามสำหรับไปใช้ป้อนในตารางข้อมูล และการเลือกใช้ชุดตัวแปรควบคุมที่เหมาะสม เนื่องจากสำหรับจุดทำงานเดียวกันสามารถมีชุดตัวแปรควบคุมได้หลายชุดที่ให้แรงบิดเดียวกัน ดังนั้น จึงต้องมีการเตรียมข้อมูลโดยการจำลองพฤติกรรมของชุดขับเคลื่อนที่ครอบคลุมทุกจุดทำงานและย่านทั้งหมดของชุดตัวแปรควบคุม และนำผลที่ได้มาประมวลหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและตัวแปรควบคุมสำหรับย่านที่การทำงานที่ต้องการใช้งาน และนำผลที่ได้ไปสร้างเป็นตารางข้อมูลในชุดควบคุมต่อไป



รูปที่ 9 คอนเวอร์เตอร์แบบบริดจ์ไม่สมมาตรสำหรับป้อนกระแสให้มอเตอร์สวิตช์รีล็กแทนซ์และสถานะการสับสวิตช์ (รูปสำหรับเฟสเดียว)

เนื่องจากหลักการทำงานที่ต่างไปจากมอเตอร์ชนิดอื่น ทำให้คอนเวอร์เตอร์ที่ใช้สำหรับมอเตอร์สวิตช์รีล็กแทนซ์มีลักษณะไม่เหมือนคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้สำหรับมอเตอร์ชนิดอื่น จากสมการแรงบิดจะเห็นได้ว่าทิศทางของกระแสไม่มีผลต่อการสร้างแรงบิด ดังนั้น คอนเวอร์เตอร์ที่ใช้จึงไม่จำเป็นต้องมีกระแสไหลได้สองทิศทาง ทำให้สามารถเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์ที่มีกระแสไหลทางเดียวได้ นอกจากนี้เฟสมอเตอร์แต่ละเฟสเป็นอิสระต่อกันทำให้ชุดคอนเวอร์เตอร์ในแต่ละเฟสแยกการควบคุมเป็นอิสระต่อกัน คอนเวอร์เตอร์พื้นฐานที่ใช้แพร่หลายสำหรับมอเตอร์สวิตช์รีล็กแทนซ์คือ คอนเวอร์เตอร์แบบบริดจ์ไม่สมมาตรดังแสดงในรูปที่ 9 คอนเวอร์เตอร์ที่แสดงอยู่ในรูปเป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้สำหรับหนึ่งเฟสหากต้องการใช้กับมอเตอร์มีเฟสมากขึ้นก็ทำได้โดยการต่อชุดคอนเวอร์เตอร์เพิ่มโดยการต่อชุดคอนเวอร์เตอร์ขนานเข้าด้วยกัน

คอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้ให้อิสระและความยืดหยุ่นของสถานะแรงดันที่ใช้ในการป้อนกระแสมากกว่าชนิดอื่น จากตารางแสดงสถานะการสับสวิตช์ สามารถป้อนแรงดันให้กับเฟสมอเตอร์ได้ถึง 3 สถานะ คือ V_{dc} , $-V_{dc}$ และ 0 โดยการควบคุมสวิตช์ T_1 และ T_2 จากแผนผังการควบคุมใน

รูปที่ 8 ชุดควบคุมจะต้องกำหนดสัญญาณสับสวิตช์ให้กับ T_1 และ T_2 เพื่อควบคุมกระแสของเฟสนั้นๆ วิธีการควบคุมกระแสในมอเตอร์สวิตช์รีล็กแทนซ์ที่ใช้กันแพร่หลายมีอยู่สามวิธีคือ [4]

- การควบคุมแบบฮิสเตอร์เรซิส (Hysteresis) เป็นการควบคุมที่สร้างได้ง่ายที่สุด สามารถใช้วงจรอนาลอกในการสร้างได้ อีกทั้งยังมีความเร็วในการตอบสนองสูง แต่ต้อง

ระมัดระวังเรื่องความถี่การสับสวิตช์ที่อาจจะสูงเกินไป ซึ่งมี ความสัมพันธ์กับขนาดของกระแสที่ขอมให้ขอมให้ไม่ได้

- การควบคุมโดยใช้เทคนิค PWM (Pulse Width Modulation) มีข้อดีคือความถี่ในการสับสวิตช์สามารถกำหนดได้ แต่ต้องเพิ่มชุดควบคุมในการปรับความกว้างของพัลส์ ซึ่งทำให้ความเร็วในการตอบสนองต่ำกว่าในแบบแรก

- การควบคุมใช้เทคนิคเดลต้ามอดูเลชัน (Delta Modulation) คล้ายกับการควบคุมแบบฮิสเตอร์เรซิสเพียงแต่ใช้ วงจรเชิงเลขในการสร้าง ทำให้สามารถจำกัดความถี่สับสวิตช์สูงสุดได้

โดยสรุปการควบคุมกระแสโดยทั้งสามแบบนี้มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น หากต้องการกำหนดค่าความถี่การสับสวิตช์ให้คงที่ควรเลือกใช้การควบคุมโดยใช้เทคนิค PWM แต่หากต้องการการตอบสนองเร็วควรเลือกใช้การควบคุมแบบฮิสเตอร์เรซิส

4. ข้อดีและข้อด้อยของการทำงานของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์สวิตช์รีล็กแทนซ์

จากเนื้อหาที่กล่าวมาแล้วสามารถสรุปคุณลักษณะที่เป็นข้อดีและข้อด้อยของการขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์สวิตช์รีล็กแทนซ์ดังนี้

4.1 ข้อดี

- โครงสร้างง่ายต่อการผลิต และทนทาน
- โรเตอร์มีความทนทานสูงเนื่องจากเป็นเพียงเหล็กแผ่นประกบกัน ทำให้สามารถใช้งานที่ความเร็วรอบสูงมากๆ ได้
- ไม่มีแปรงถ่านหรือคอมมูเตเตอร์ที่ต้องต่อเชื่อมกับโรเตอร์ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
- กำลังงานสูญเสียของโรเตอร์มีค่าต่ำเพราะไม่เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไหลวนที่โรเตอร์ ทำให้ไม่มีความร้อนสะสมที่โรเตอร์
- สามารถทำงานได้ทั้งเป็นมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์เสริม
- มีประสิทธิภาพโดยรวมเทียบเคียงกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ และมีประสิทธิภาพดีในรอบความเร็วสูง

- เฟสของมอเตอร์แยกกันโดยอิสระ ทำให้สามารถทำงานต่อดำเนินการได้ที่ต่ำลงได้ เมื่อตัดเฟสที่เสียออกไป
- ไม่มีส่วนประกอบของแม่เหล็กทำให้ราคาวัตถุดิบถูก และลดอันตรายจากการลัดวงจรสูงในขดลวดเนื่องจากแรงดันเหนี่ยวนำจากแม่เหล็กในสถานการณ์ที่มอเตอร์ยังหมุนอยู่ต่อไป
- สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากไม่มีแม่เหล็กอยู่ในตัว
- ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดรวมต่อหนึ่งแกน ทำให้ไม่ต้องพันขดลวดทองแดงอ้อมและไม่เปลืองขดลวดทองแดงในส่วนหัวขดลวดที่ต้องพันอ้อม

4.2 ข้อดี

- การป้องกันกระแสและการสร้างแรงบิดไม่ต่อเนื่องทำให้เกิดการกระเพื่อมของแรงบิด และมีเสียงดังมากกว่ามอเตอร์ชนิดอื่น
- การสร้างแรงบิดขึ้นอยู่กับตำแหน่งของโรเตอร์ ทำให้ต้องใช้อุปกรณ์วัดตำแหน่งซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในต้นทุนการผลิต
- การออกแบบมอเตอร์ต้องการช่องว่างระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ต่ำเพื่อรักษากำลังรีแอกติฟให้ต่ำ โดยปกติน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ทำให้ต้องการความแม่นยำในการผลิตสูง และมีผลต่อต้นทุนการผลิต
- ขดลวดมีความซับซ้อน และต้องปรับแต่งพารามิเตอร์ของการควบคุมให้เข้ากับพารามิเตอร์ของมอเตอร์ที่จะใช้งาน

ในการเลือกใช้มอเตอร์ไม่สามารถกล่าวโดยรวมว่ามอเตอร์ชนิดใดชนิดหนึ่งดีที่สุดสำหรับทุกๆ การใช้งาน การเลือกใช้ชนิดมอเตอร์ให้เหมาะสมเพื่อเป็นชุดขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับเปรียบเทียบคุณลักษณะและข้อดีข้อด้อยให้สอดคล้องต่อความต้องการในงานนั้นๆ ในประเด็นเรื่องสมรรถนะ มอเตอร์ในท้องตลาดในปัจจุบัน เช่น มอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์เหนี่ยวนำ หรือ มอเตอร์ซิงโครนัส ต่างมีสมรรถนะสูงและสามารถใช้งานได้ดี อย่างไรก็ตามข้อจำกัดด้านอื่นๆ ตัวอย่างเช่น ราคา อุณหภูมิการทำงาน ความเร็วรอบ ขนาด ก็จะเป็นองค์ประกอบเพิ่มในการนำมาพิจารณาตัดสินใจเลือกชนิดมอเตอร์ที่เหมาะสมต่อไป

ลักษณะที่โดดเด่นของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ คือ ความยุ่งยากซับซ้อนในการผลิตมอเตอร์ได้ลดลงและ

มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตงานกลมีค่าต่ำลง แต่ความยุ่งยากซับซ้อนได้ถูกย้ายมาในชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แทน โดยภาพรวมแล้วค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยรวมก็จะมีค่าต่ำลงเนื่องจาก ความซับซ้อนในการควบคุมอยู่ในกระบวนการออกแบบและสร้างโปรแกรมควบคุมซึ่งจะเป็นค่าใช้จ่ายในช่วงพัฒนาผลิตภัณฑ์เท่านั้น เมื่อได้พัฒนาชุดควบคุมแล้วโปรแกรมควบคุมสามารถทำซ้ำโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยและไม่กระทบกับต้นทุนในการผลิตชุดควบคุมที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีต้นทุนต่ำกว่าความซับซ้อนที่มีในการผลิตทางกลที่ต้องทำกับมอเตอร์ทุกตัวในรูปของค่าแรงงานและเวลา

ในปัจจุบันเริ่มมีการนำมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์มาใช้งานอย่างแพร่หลายขึ้น เช่น

- เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร (กำลังในย่านร้อยวัตต์ถึงหนึ่งหรือสองกิโลวัตต์)
- ชุดขับเคลื่อนในเครื่องจักรอุตสาหกรรม (กำลังกิโลวัตต์ถึงหลายสิบกิโลวัตต์)
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในเครื่องบิน (กำลังจากย่านหลายสิบลวัตต์และหลายร้อยกิโลวัตต์) [6]
- เครื่องสูบน้ำ และ พัดลม (กำลังในย่านร้อยวัตต์ถึงหลายกิโลวัตต์)
- ชุดขับเคลื่อนในรถยนต์ไฟฟ้า (กำลัง 30-70 กิโลวัตต์) [7]

ในปัจจุบันมีแนวโน้มมีการใช้งานมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้เริ่มรู้จักแพร่หลายมากขึ้น และบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมเริ่มได้รับข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีด้านนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้งานที่มอเตอร์ชนิดอื่นๆ ไม่สามารถตอบสนองเงื่อนไขในการใช้งานได้ เช่น ความเร็วรอบที่สูงมาก อุณหภูมิสูง ความปลอดภัยเมื่อเกิดขัดข้อง และอื่นๆ

5. แนวโน้มการใช้งานมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ในประเทศไทย

อุปสรรคเบื้องต้นที่ทำให้บุคลากรในภาคอุตสาหกรรมยังมีความสนใจน้อยที่จะหันมาเลือกใช้มอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ก็คือ ความไม่แพร่หลายของเทคโนโลยีด้านนี้ในท้องตลาด ปกติแล้วในฐานะผู้ใช้งานจะเลือกพิจารณาใช้เทคโนโลยีที่ตนเองมีความคุ้นเคย และมีตัวอย่างการใช้งานที่ชัดเจนและอ้างอิงได้

เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการทำงาน ดังนั้น จึงเป็นไปได้ยากที่จะอาศัยความต้องการจากบุคลากรผู้ใช้งานเป็นแรงขับเคลื่อนให้มีการริเริ่มใช้เทคโนโลยีมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ในประเทศไทย

ในทางกลับกันควรอาศัยความริเริ่มจากทางด้านผู้ผลิตในการเล็งเห็นประโยชน์ของการหันมาใช้มอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์เป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ของตนเอง อาทิเช่น เครื่องสูบน้ำ คอมเพรสเซอร์ พัฒนในอุตสาหกรรม และอื่นๆ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จะอยู่ในรูปของการลดต้นทุนการผลิตในรูปของการประหยัดพลังงาน วัสดุดิบและค่าแรงในการผลิตมอเตอร์เนื่องจากมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์มีโครงสร้างที่ง่ายและสามารถผลิตได้ง่าย โดยไม่ต้องใช้เครื่องจักรกลในการผลิตที่ซับซ้อน ผลพลอยได้อีกประการหนึ่งคือ การสร้างองค์ความรู้เป็นของตัวเองแทนการซื้อต้นแบบจากต่างประเทศที่ไม่สามารถดัดแปลงและพัฒนาต่อยอดได้เนื่องจากติดปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์หรือไม่มีความรู้เพียงพอ

การสนับสนุนจากภาครัฐเป็นกลไกหนึ่งที่สำคัญ โดยปัจจุบันศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติมีกลุ่มวิจัยที่ทำงานพัฒนาวิจัยเทคโนโลยีมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์อยู่ อีกทั้งยังเป็นตัวกลางในการสนับสนุนเทคโนโลยีให้กับภาคอุตสาหกรรมในประเทศ ซึ่งจะเป็นกลไกสนับสนุนที่สำคัญที่จะทำให้เทคโนโลยีนี้แพร่หลายมากขึ้น

6. สรุป

การใช้งานชุดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์เป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจ เนื่องจากข้อดีในด้านต้นทุนการผลิตต่ำ และสามารถผลิตได้ง่ายโดยไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีความรู้ด้านนี้ยังไม่เป็นที่รู้จักในวงกว้าง ทำให้การใช้งานมอเตอร์ชนิดนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในประเทศไทย ในอนาคตแนวโน้มการใช้งานมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์น่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการแข่งขันในรูปของต้นทุนการผลิตและเงื่อนไขในการใช้งานที่มากขึ้นเรื่อยๆ จะเป็นกลไกที่จะกระตุ้นให้มีการพัฒนาและใช้งานมอเตอร์ชนิดนี้ในประเทศไทย

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการพัฒนาวิธีการควบคุมแบบไร้อุปกรณ์วัดตำแหน่งของโรเตอร์สำหรับมอเตอร์สวิตซ์รีลักแตนซ์ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

- 1 T. J. E. Miller, Electronic Control of Switched Reluctance Machines, Oxford, UK, Newnes, 2001.
- 2 T. J. E. Miller, "Converter Volt-Ampere Requirements of the Switched Reluctance Motor Drive," IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. IA-21 Sep-Oct, 1985, pp. 1136-1144.
- 3 R. B. Inderka, M. Menne and R. W. De Doncker, "Control of Switched Reluctance Drives for Electric Vehicle Applications," IEEE Trans. on Industrial Electronics, Feb 2002, Vol. 49, pp. 48-53.
- 4 F. Blaabjerg, P. C. Kjaer, P. O. Rasmussen and C. Cossar, "Improved Digital Current Control Methods in SRM Drives," IEEE Trans. on Power Electronics, May 1999, Vol. 14, No.3, pp. 563-572.
- 5 R. W. De Doncker, Lecture Companion for Electrical Drives, RWTH-Aachen University, Germany, 2006.
- 6 A. Radun, "Generating with the SRM," in Proc. Applied Power Electronics Conference and Exposition APEC, Feb 1994, pp.41-47.
- 7 C. E. Carstensen, R. B. Inderka, Y. Netzer and R. W. De Doncker, "Implementation of a 75 kW SRD for Electric Vehicles" 19th International Electric Vehicle Symposium, Korea, 2002, EVS19.