

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ ดังนั้นในการออกแบบผลิตภัณฑ์จึงมุ่งเน้นให้มีประสิทธิภาพสูง ประหยัดพลังงาน และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งแนวโน้มในอนาคตมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน (BLDC Motor) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม และเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น อาทิเช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า เครื่องล้างจาน ปั๊มน้ำ เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีการสูญเสียน้อยกว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) เพราะในส่วนของโรเตอร์ (Rotor) นี้ใช้แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) แทนขดลวดแบบเดิมทำให้ไม่เกิดส่วนสูญเสีย ทนทาน ไม่ต้องบำรุงรักษา นอกจากนี้สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่สูงและถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านนั้นใช้ตัวตรวจจับตำแหน่งในการควบคุม เช่น ตัวตรวจจับฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall effect sensor), เอ็นโค้ดเดอร์ (Quadrature Encoder Pulse, QEP) เป็นต้น เพื่อทำการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่านวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง อย่างไรก็ตามในการเพิ่มตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์เข้าไปในมอเตอร์เป็นการเพิ่มต้นทุนของมอเตอร์ ลดความน่าเชื่อถือของระบบขับเคลื่อน อีกทั้งในงานบางประเภทที่มีสภาพแวดล้อมที่จำกัด เช่น ในคอมพิวเตอร์ของเครื่องปรับอากาศจะมีอุณหภูมิที่สูง ความดันสูง และพื้นที่ในการติดตั้งน้อย จึงไม่เหมาะกับการใช้งานตัวตรวจจับตำแหน่ง ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากข้อจำกัดต่างๆของการใช้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ (Sensorless) จึงเป็นสิ่งที่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้ด้วยวิธีการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านโดยทั่วไปยังพบปัญหาเกิดการสั่น (Vibration) ในระหว่างการทำงานของมอเตอร์ เนื่องจากแรงบิดมอเตอร์มีขนาดไม่สม่ำเสมอ คือมีการกระเพื่อมของแรงบิด (Torque Ripple) ส่งผลทำให้มอเตอร์เกิดการสั่น เกิดสัญญาณรบกวนและความเร็วรอบมอเตอร์ไม่คงที่ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการสึกหรอของชุดส่วนที่เชื่อมต่omotor และประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ลดลง ดังนั้นการลดการกระเพื่อมแรงบิดที่เกิดจากระบบขับเคลื่อนจึงมีความสำคัญ

ดังนั้นในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ และลดการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

สำหรับการตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์มีข้อเสียดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นการหาตำแหน่งของโรเตอร์โดยใช้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ซึ่งวิธีการประมาณมุมโรเตอร์มีหลายวิธีดังต่อไปนี้

Iizuka และคณะ [1] ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “Microcomputer Control for Sensorless Brushless Motor” ในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน โดยการตรวจวัดแรงดันเฟสที่ลอยของมอเตอร์เปรียบเทียบกับแรงดันนิวตรอนเสมือน (V_n) ที่สร้างขึ้นภายนอกซึ่งสัญญาณที่ได้มีสัญญาณรบกวนสูงจำเป็นต้องมีตัวกรองความถี่สูง (filter) ที่เหมาะสมและจากการที่ได้ตัวกรองความถี่สูงทำให้สัญญาณที่ได้เกิดการหน่วง (delay)

Ogasawara และ Akagi [2] ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “An Approach to Position Sensorless Drive for Brushless dc Motors” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการตรวจวัดแรงดันของเฟสที่ลอยในช่วงการนำกระแสของไดโอด (free-wheeling diode) โดยวิธีนี้สามารถตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ได้ในย่านความเร็วที่กว้าง แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้ค่อนข้างซับซ้อน

Lai และ Li [3] ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “A Unified Approach to Zero-Crossing Point Detection of Back EMF for Brushless DC Motor Drive without Current and Hall Sensors” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการตรวจวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (Back EMF) เฟสที่ลอยในช่วงที่แรงดันควบคุมสวิตช์ (PWM) On โดยแรงดันที่วัดได้จากเฟสที่ลอยจะแปรผันตามแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ ซึ่งสามารถหาจุดผ่านศูนย์ (Zero crossing) โดยการวัดแรงดันเฟสที่ลอยเทียบกับแรงดัน DC bus โดยจุดผ่านศูนย์เกิดเมื่อแรงดันเฟสที่วัดมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดัน DC bus

อย่างไรก็ตามในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน จำเป็นต้องหาตำแหน่งของโรเตอร์จากข้อมูลทางไฟฟ้าที่วัดมา แต่จะไม่สามารถทำได้ในช่วงที่มอเตอร์หยุดนิ่งหรือช่วงที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ มีค่าน้อยมาก ดังนั้นในการเริ่มหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านสามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

Tran และคณะ [4] ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “Simple Starting-up Method of BLDC Sensorless Control System for Vehicle Fuel Pump” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการเริ่มหมุนมอเตอร์ขณะหยุดนิ่ง โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ทั้ง 3 เฟสตามตำแหน่งเวกเตอร์แรงดัน (Voltage Vector) ที่ต้องการให้เป็นมุมเริ่มต้น เป็นระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้โรเตอร์วางตัวในตำแหน่งนั้น (alignment) หลังจากนั้นทำ

การขับเคลื่อนมอเตอร์แบบลูปเปิด เพื่อทำการเปรียบเทียบหาจุดคอมมิวเตชันที่เหมาะสม ก่อนปรับเข้าสู่การทำงานแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ ข้อดี วิธีที่ง่าย ต้นทุนต่ำ เหมาะสำหรับประยุกต์ใช้กับงาน ปั๊มน้ำและพัดลม ข้อเสีย เกิดการแกว่งของโรเตอร์ในช่วงแรก และไม่เหมาะกับงานที่มีโหลดมากช่วงเริ่มต้น เช่น ลิฟท์ สายพานลำเลียง เป็นต้น

Istvan และคณะ [5] ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “A Novel Initial Rotor-Position Estimation Method for BLDC Motors Based on Four Voltage Pulses” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการหาค่าตำแหน่งเริ่มแรกของมอเตอร์ขณะหยุดนิ่งโดยการยิงแรงดันพัลส์ (Voltage Pulses) สามพัลส์แรกเป็นเวลาสั้นๆและวัดสัญญาณจากเฟสที่ลอยเพื่อหาตำแหน่งโรเตอร์ โดยพัลส์สุดท้ายใช้สำหรับตรวจหาว่าตำแหน่งโรเตอร์ว่าอยู่ภายใต้ขั้วเหนือหรือขั้วใต้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวใช้ได้ผลดีกับมอเตอร์ชนิด IPM (Interior Permanent Magnet) หรือ ชนิดที่มีแม่เหล็กคุณภาพสูง เช่น NdFeB magnet

การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านทั่วไป ทำให้เกิดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์ช่วงคอมมิวเตชัน ซึ่งมีงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการลดการกระเพื่อมของแรงบิดในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านดังต่อไปนี้

Carson และคณะ [6] ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “Analysis of Torque Ripple Due to Phase Commutation in Brushless dc Machines” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการวิเคราะห์การกระเพื่อมแรงบิดในช่วงคอมมิวเตชัน โดยพบว่าการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์มีค่าสูงถึง 50% ของแรงบิดมอเตอร์เฉลี่ย ซึ่งเป็นผลมาจากการกระเพื่อมของกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาคอมมิวเตชัน

Kang และคณะ [7] ได้นำเสนอบทความเรื่อง “Analysis of Torque Ripple in BLDC Motor with Commutation Time” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการวิเคราะห์การกระเพื่อมแรงบิดในช่วงคอมมิวเตชัน โดยพบว่าการกระเพื่อมของกระแสไฟฟ้าช่วงคอมมิวเตชัน (Commutation) และ เวลาคอมมิวเตชัน (Commutation time) ส่งผลต่อการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์

Kim และคณะ [8] ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “Commutation Torque Ripple Reduction in a Position Sensorless Brushless DC Motor Drive” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการลดการกระเพื่อมของแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่ง โดยการใช้เทคนิคการมอดูเลตความกว้าง ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าคร่อมขดลวดเฟสที่ไม่ได้ทำคอมมิวเตชันให้มีขนาดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับในแรงดันไฟฟ้าในสภาวะปกติ ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าในเฟสที่ไม่ได้ทำคอมมิวเตชันให้มีขนาดคงที่และไม่เกิดการกระเพื่อม ซึ่งส่งผลทำให้การกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์ลดลง

Kai และ Tzou [9] ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “Adaptive wide angle PWM control strategy of BLDC motor drive for efficiency optimization and wide speed control range” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการลดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านโดยการสร้างแรงดันไฟฟ้ามอเตอร์เป็นสัญญาณใกล้เคียงรูปคลื่นไซน์ป้อนเข้ามอเตอร์เพื่อให้กระแสมอเตอร์ใกล้เคียงสัญญาณไซน์ซึ่งสามารถลดการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านซึ่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าส่วนกลับ(Back EMF)ที่ใกล้เคียงสัญญาณไซน์

Fang และคณะ [10] ได้นำเสนอบทความวิจัย เรื่อง “Torque Ripple Reduction in BLDC Motor with Nonideal Back EMF” ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการลดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน โดยที่สัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนกลับมอเตอร์ไม่เป็นอุดมคติ คือไม่เป็นสี่เหลี่ยมคางหมู โดยทำการปรับรูปร่างกระแสไฟฟ้าจ่ายเข้ามอเตอร์ตามลักษณะของแรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนกลับ (back EMF) ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพ แรงบิดมอเตอร์ และเกิดการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์น้อยที่สุด สามารถลดการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์ตลอดย่านการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ต้องใช้ตัวตรวจจับตำแหน่งในการควบคุม และมีความยุ่งยากในการวัดหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนกลับ แต่ละตำแหน่งมุมโรเตอร์ของมอเตอร์

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์
2. สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์
3. สามารถลดการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์ในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ได้
2. สามารถลดการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์ในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาที่มาของการเกิดการสั่นจากการกระเพื่อมของแรงบิดของมอเตอร์ขณะทำงาน
2. ศึกษาการทำงานและออกแบบวิธีการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านพร้อมทั้งลดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์
3. ออกแบบและสร้างชุดวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์พร้อมลดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์
4. ออกแบบโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์พร้อมลดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์
5. ทดสอบระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์พร้อมลดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์
6. เก็บผลการทดลอง วิเคราะห์ และสรุปผล

7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. เรียนรู้โครงสร้างและระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์
2. เรียนรู้การลดการกระเพื่อมของแรงบิดมอเตอร์โดยปรับปรุงเทคนิคพัลส์วิดมอดูเลชัน
3. ปรับปรุงประสิทธิภาพการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน โดยไม่ใช้ตัวตรวจจับตำแหน่ง
4. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้กับงานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านที่ใช้ในงานคอมเพรสเซอร์ ปั๊มน้ำ และ พัดลม