บทที่ 1

บทนำ

ด้วยสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นทุกวัน เครื่องปรับอากาศจึงเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นที่บ้านหรือที่ทำงาน ซึ่งเกือบครึ่งหนึ่งของการใช้ชีวิตประจำวันจะอยู่แต่ในห้องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมากเป็นอันดับต้นๆของเครื่องไฟฟ้าภายในบ้านหรือสำนักงาน เครื่องปรับอากาศที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีคอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักในระบบทำความเย็นและเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่สุดด้วย การควบคุมอุณหภูมิจะใช้วิธีการเปิด-ปิด หรือตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ตั้งไว้ก็จะตัดการทำงานและจะกลับมาทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดและจะเป็นไปในลักษณะนี้ตลอดช่วงการใช้งาน จากการตัดต่อการทำงานนี้จึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ผู้ใช้รู้สึกไม่สะดวกสบาย จากการทำงานในลักษณะนี้จะทำให้มีการใช้พลังงานในการรักษาระดับความเย็นอย่างเต็มพิกัดของคอมเพรสเซอร์และการจ่ายพลังงาน ซึ่งจะเป็นเช่นนี้ในทุกๆ ครั้งที่มีการตัดต่อการทำงาน จากสาเหตุนี้ทำให้สูญเสียพลังงานมาก จึงทำให้ระบบเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพต่ำ

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาระบบควบคุมคอมเพรสเซอร์ให้สามารถปรับความเร็วรอบได้ การปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์จะช่วยทำให้การรักษาระดับอุณหภูมิภายในห้องสม่ำเสมอมากขึ้น และผลจากการที่สามารถปรับความเร็วรอบได้นั้นจะทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานน้อยลง และทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในงานทางด้านอุตสาหกรรมระบบปรับอากาศ มีการนำเอามอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (brushless dc motor) ซึ่งเรียกกันโดยย่อว่า มอเตอร์ BLDC ไปใช้กับคอมเพรสเซอร์กันมากขึ้น เนื่องจากข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ คือ มีประสิทธิภาพสูง ทนทาน การบำรุงรักษาต่ำ เสียงรบกวนต่ำ มีแรงบิดเริ่มต้นสูง จากข้อดีเหล่านี้จึงทำให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่การที่จะทำให้มอเตอร์ BLDC ทำงานได้นั้นจะต้องใช้ชุดควบคุมการทำงาน เนื่องจากการทำงาน

ของมอเตอร์ประเภทนี้ จำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของโรเตอร์เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งการสวิตช์ของอุปกรณ์สวิตช์กำลังให้สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้

การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ BLDC โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการควบคุมการทำงานแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ (sensorless) ซึ่งใช้สัญญาณแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (back e.m.f.) หรือเรียกโดยย่อว่า แรงดัน BEMF เป็นจุดอ้างอิงในการควบคุมการทำงาน แต่ในขณะที่มอเตอร์หยุดนิ่งจะไม่มีแรงดันนี้เกิดขึ้น ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้แรงดัน BEMF เป็นจุดอ้างอิงในการควบคุมการทำงานในช่วงเริ่มต้นได้

โดยทั่วไป วิธีการที่จะรู้ตำแหน่งเริ่มต้นของโรเตอร์ในขณะที่มอเตอร์หยุดนิ่งได้นั้น ใช้วิธีการกำหนดตำแหน่งปรับแนวของโรเตอร์ (alignment) ด้วยการกระตุ้นแบบบังคับให้โรเตอร์หมุนเข้าหาตำแหน่งปรับแนวที่กำหนด หลังจากนั้นจะเริ่มต้นทำงานด้วยการบังคับให้มอเตอร์เริ่มหมุนตามขั้นตอนของวิธีการการขับเคลื่อนแบบ 6 ขั้น 120 องศาโดยที่ไม่มีการควบคุมตำแหน่งการสวิตช์ [1]

จากการที่ไม่สามารถควบคุมการสวิตช์ให้สัมพันธ์กับตำแหน่งจริงของโรเตอร์ได้นั้น อาจจะทำให้เกิดกระแสกระชากขึ้นได้ ซึ่งก็คือการสวิตช์ที่ผิดตำแหน่งนั่นเอง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่อาจจะทำให้การสวิตช์ผิดพลาดมากขึ้นหรือน้อยลงด้วย เช่น ภาระที่เกิดจากความฝืดหรือแรงเสียดทานของระบบปั๊มแบบโรตารี่ (rotary pump) ของคอมเพรสเซอร์ และภาระที่เกิดจากขั้วแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์กระทำกับซี่แกนเหล็กที่สเตเตอร์ (cogging torque) เป็นต้น

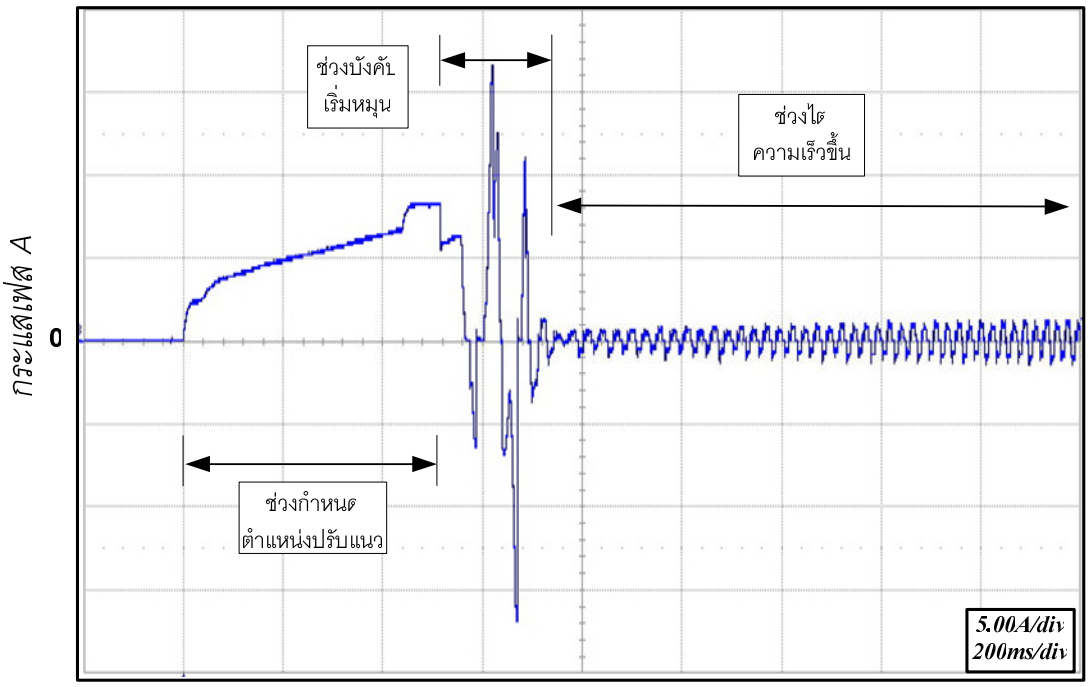
เมื่อพิจารณาระดับกระแสที่เกิดขึ้นในรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นผลการเริ่มต้นทำงานตามวิธีการใน [1] โดยใช้แรงดันบัสไฟตรงเท่ากับ 310 VDC ช่วงเวลาการกำหนดตำแหน่งปรับแนวเท่ากับ 500ms ความกว้างพัลส์เท่ากับ 3% ซึ่งผลที่ได้พบว่าระดับกระแสของเฟส A ในช่วงกำหนดตำแหน่งปรับแนวของโรเตอร์มีค่าใกล้เคียงพิกัดของมอเตอร์คือที่ 6.1 แอมป์ แต่ในช่วงบังคับเริ่มหมุนมีค่าสูงมากระดับกระแสมีค่าสูงสุดเท่ากับ 17 แอมป์ ซึ่งพอจะสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากสาเหตุที่ไม่รู้ตำแหน่งเริ่มต้นของโรเตอร์ หรือโรเตอร์ไม่ได้อยู่ในตำแหน่งปรับแนวที่กำหนดก่อนที่จะเริ่มต้นทำงาน ด้วยเหตุที่ทำการสวิตช์ไม่ตรงกับตำแหน่งจริงของโรเตอร์จึงทำให้เกิดกระแสกระชากขึ้นในช่วงเริ่มต้นการทำงาน

และเมื่อพิจารณาระดับกระแสที่เกิดขึ้นในรูปที่ 1.2 ซึ่งเป็นผลการเริ่มต้นทำงานตามวิธีการใน [1] เช่นเดียวกัน ด้วยเงื่อนไขเดียวกันคือ ใช้แรงดันบัสไฟตรงเท่ากับ 310 VDC ช่วงเวลาการกำหนดตำแหน่งปรับแนวเท่ากับ 500ms แต่เพิ่มความกว้างพัลส์เป็น 10% ซึ่งผลที่ได้พบว่าระดับกระแสของเฟส A ในช่วงกำหนดตำแหน่งปรับแนวของโรเตอร์มีค่าสูงมาก โดยมีค่าสูงสุด

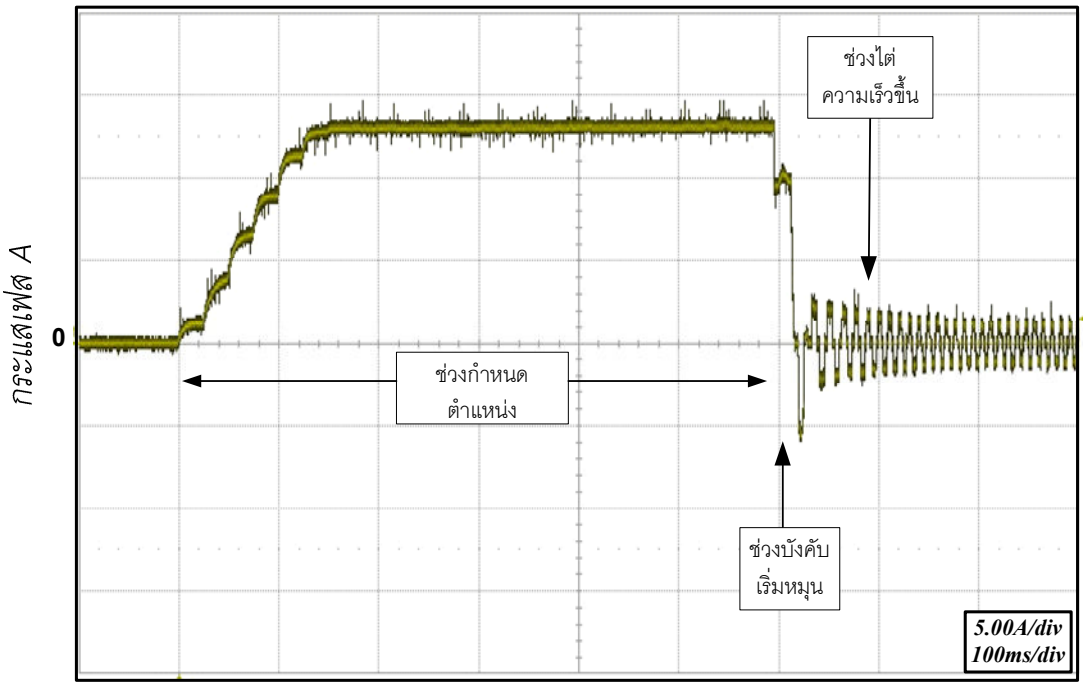
ประมาณ 13 แอมป์ จากรูปพอจะสรุปได้ว่าโรเตอร์เข้าสู่ตำแหน่งปรับแนวที่กำหนดแล้วก่อนที่จะทำการเริ่มหมุน นั่นก็หมายความว่าเมื่อโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งปรับแนวที่กำหนดจะไม่ทำให้เกิดกระแสกระชากขึ้นในช่วงบังคับเริ่มหมุนของการเริ่มต้นทำงาน

จากสาเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาโดยการเพิ่มค่าพิกัดกระแสของอุปกรณ์สวิตช์กำลังที่ใช้ไอจีบีทีแบบที่บรรจุอยู่ในโมดูลที่เรียกว่า IPM (intelligent power module) หรือเรียกว่าโมดูล IPM ให้สูงขึ้นกว่าระดับกระแสสูงสุดในช่วงเริ่มต้นเพื่อชดเชยในส่วนที่เพิ่มขึ้นมา และเมื่อเทียบระดับกระแสในช่วงเริ่มต้นทำงานกับระดับกระแสในช่วงการทำงานปกติ ซึ่งมีส่วนต่างมากกว่า 80 เปอร์เซ็นเลยทีเดียว อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากราคาอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในชุดควบคุมมอเตอร์ BLDC ราคาโมดูล IPM จะเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงที่สุดประมาณ 50 เปอร์เซ็นของราคาทั้งหมด ทั้งนี้ และราคาจะขึ้นอยู่กับพิกัดกระแสของโมดูล IPM ด้วย เมื่อใช้ค่าพิกัดกระแสสูงราคาต้นทุนการผลิตก็จะสูงตามไปด้วย

การแก้ปัญหาโดยการเพิ่มค่าพิกัดอุปกรณ์ จะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นด้วย การแก้ปัญหาในลักษณะนี้จึงไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้น ถ้าเราสามารถหาตำแหน่งของโรเตอร์ เพื่อให้สามารถเริ่มต้นทำงานได้อย่างถูกต้อง ก็จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องกระแสสูงสุดในช่วงเริ่มต้นการทำงานได้ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย



รูปที่ 1.1 กระแสกระชากที่เกิดขึ้นเมื่อโรเตอร์ไม่เข้าสู่ตำแหน่งปรับแนวที่กำหนด [1]



รูปที่ 1.2 กระแสกระชากที่เกิดขึ้นเมื่อโรเตอร์เข้าสู่ตำแหน่งปรับแนวที่กำหนด [1]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาวิธีการประมาณค่าตำแหน่งโรเตอร์ในขณะหยุดนิ่งของมอเตอร์ BLDC ซึ่งติดตั้งไว้ในคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศ

1.2.2 เพื่อหาวิธีการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ BLDC ให้สามารถลดระดับกระแสของมอเตอร์ในช่วงเริ่มต้นการทำงานลงซึ่งจะทำให้สามารถลดค่าพิกัดกระแสของอุปกรณ์สวิตช์กำลังลงได้

1.2.3 เพื่อพัฒนาวิธีการควบคุมมอเตอร์ BLDC ให้สามารถเริ่มต้นทำงานได้อย่างรวดเร็ว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ใช้มอเตอร์ BLDC ชนิด 3 เฟสที่ถูกติดตั้งอยู่ในคอมเพรสเซอร์ แบบไม่มีตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ ขนาด 1 กิโลวัตต์ ด้วยวิธีการขับเคลื่อนแบบ 6 ขั้น 120 องศา

1.3.2 พัฒนาวิธีการเฉพาะในช่วงเริ่มต้นการทำงานของมอเตอร์ที่ใช้วิธีการกระตุ้นบังคับลากให้โรเตอร์หมุนเข้าหาตำแหน่งปรับแนวที่กำหนด และเริ่มต้นทำงานด้วยการบังคับเริ่มหมุนตามวิธีการเดิม

1.3.3 ใช้รูประดับสัญญาณจากการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นวิธีการในการประมาณค่าตำแหน่งของโรเตอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถประมาณค่าตำแหน่งโรเตอร์ของมอเตอร์ BLDC ในขณะหยุดนิ่งเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในช่วงเริ่มต้นการทำงานได้

1.4.2 ได้วิธีการควบคุมมอเตอร์ BLDC ที่สามารถลดระดับกระแสในช่วงเริ่มต้นการทำงานลง เป็นผลให้สามารถลดค่าพิกัดของอุปกรณ์สวิตช์กำลัง ลงได้

1.4.3 สามารถนำวิธีการไปใช้กับระบบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้

1.4.4 เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมมอเตอร์ BLDC ที่ต้องการระยะเวลาการเริ่มต้นทำงานที่รวดเร็วได้ เช่น ระบบควบคุมมอเตอร์ในเครื่อง CNC เป็นต้น

1.4.5 มีความเข้าใจในการควบคุมมอเตอร์ BLDC เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป