บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการตรวจจับความผิดปกติของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารวบรวมวิธีในการตรวจวัดความผิดปกติแบบต่าง ๆ ของมอเตอร์โดยใช้การวิเคราะห์จากกระแสสเตเตอร์ ในการวิเคราะห์ใช้วิธีวิเคราะห์ในรูปโดเมนความถี่ (Frequency domain) เนื่องจากการวิเคราะห์ในรูปโดเมนเวลา (Time domain) ทำได้ยากไม่สามารถแยกแยะความผิดปกติได้ ในงานวิจัยนี้ได้อาศัยการแปลงฟาสท์ฟูเรียร์ในการเปลี่ยนโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่และใช้ LabVIEW เป็นเครื่องมือในการเขียนโปรแกรม

ในการตรวจจับความผิดปกติจะตรวจจับกระแสสเตเตอร์ 2 เฟสคือเฟส A และเฟส B โดยใช้ตัวตรวจจับกระแส แล้วส่งสัญญาณของกระแสไปยังดิจิตอลออสซิลโลสโคปในการวัดจะทำการวัด 2 ครั้งโดยวัดทั้งขณะไม่มีโหลดและขณะมีโหลด

การตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแตกหักของแท่งตัวนำในโรเตอร์จะตรวจจับแอมปลิจูดของสเปกตรัมของกระแสที่ความถี่ $(1\pm 2s)*f_1$ ขณะมีโหลด และในการตรวจจับจะตรวจจับการแตกหักของแท่งตัวนำโรเตอร์ที่ 4 แท่งขึ้นไปเนื่องจากในกรณีที่แท่งตัวนำโรเตอร์หักน้อยกว่า 4 แท่ง แอมปลิจูดของสเปกตรัมของกระแสจะมีค่าใกล้เคียง Noise floor

การตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของช่องอากาศระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัมของกระแสที่ความถี่ $f_s \pm n_r$ ขณะที่ไม่มีโหลดและขณะมีโหลด โดยเมื่อเกิดความไม่สม่ำเสมอของช่องอากาศระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์จะเกิดการลดลงของแอมปลิจูดที่ความถี่ดังกล่าวมากกว่า 10 %

การตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องจากการลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดสเตเตอร์จะพิจารณาจากค่ากระแสลำดับลบ และอาศัยวิธีการคำนวณโดยใช้วิธี Symmetrical component analysis โดยปกติแล้วกระแสลำดับลบจะมีค่าน้อยมากซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากแรงดันของแหล่งจ่ายที่ไม่สมดุลหรือลักษณะของความไม่สมดุลของขดลวดสเตเตอร์ทั้ง 3 เฟสโดยปกติแล้วจะมีค่าน้อยกว่า 10 % ของกระแสมอเตอร์ ในกรณีที่เกิดการลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดสเตเตอร์จะทำให้เกิดความไม่สมดุลขึ้นที่ขดลวดซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสลำดับลบมาก ส่วนกระแสลำดับบวกจะเปลี่ยนแปลงไม่มาก ดังนั้นจึงสามารถตรวจจับการลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดสเตเตอร์โดยดูจากการเพิ่มขึ้นของกระแสลำดับลบนี้

สิ่งสำคัญในการตรวจจับความผิดปกติของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส คือความถี่ที่ใช้ในการสุ่ม (Sampling rate) โดยพบว่าความถี่ที่เหมาะสมคือ 2,000 ตัวอย่างต่อวินาที ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 40 เท่าของ Nyquist frequency ในกรณีที่ความถี่ในการสุ่มต่ำเกินไปจะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนมากของรูปคลื่นในโดเมนเวลา แต่จะได้จำนวนคาบของข้อมูลมาก สเปกตรัมของกระแสที่ได้จะมีความละเอียดสูง แต่จะมีความผิดเพี้ยนของเฟสและแอมพลิจูดมากเนื่องจากสัญญาณที่เป็นโดเมนเวลามีความผิดเพี้ยนมาก และในกรณีที่ความถี่ในการสุ่มสูงเกินไปถึงแม้ว่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณในโดเมนเวลาจะผิดเพี้ยนน้อยแต่จำนวนคาบของข้อมูลจะมีค่าน้อยทำให้สเปกตรัมของกระแสที่ได้รับมีความผิดพลาดมากทั้งเฟสและแอมพลิจูด และในการตรวจจับกระแสจะต้องคำนึงถึงลำดับเฟสด้วย ถ้าหากลำดับเฟสผิดจะทำให้กระแสลำดับลบที่คำนวณได้ผิดไปด้วย

และจากการทดลองใช้งานโปรแกรมทั้งการจำลองและการนำไปวัดใช้งานจริงพบว่าโปรแกรมสามารตรวจจับความผิดปกติทั้ง 3 ชนิดได้อย่างถูกต้องและมีการอธิบายผลการตรวจวัดที่เข้าใจได้ง่าย

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

5.2.1 เครื่องมือที่ออกแบบสร้างสามารถนำไปวินิจฉัยความผิดปกติของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เกิดจากการแตกหักของแท่งตัวนำในโรเตอร์ ความผิดปกติที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของช่องอากาศระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์ และความผิดปกติที่เกิดจากการลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดสเตเตอร์

5.2.2 ได้เครื่องมือตรวจสอบสภาพของมอเตอร์โดยไม่ต้องหยุดการใช้งานทำให้ไม่กระทบต่อระบบการผลิต

5.2.3 เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.4 เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและวิจัยพัฒนาเครื่องมือในการตรวจวัด

5.3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

5.3.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางโดยนำไปใช้ในระบบที่สำคัญต่าง ๆ ดังนั้นการตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นให้ได้ก่อนที่จะเกิดการเสียหายอย่างรุนแรงเป็นสิ่งที่จำเป็นมากทำให้สามารถลดความเสียหายรุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้นได้สามารถวางแผนบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพได้

5.3.2 ความถี่ในการสุ่มมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวัด การเลือกความถี่ในการสุ่มที่ไม่เหมาะสมทำให้ไม่สามารถตรวจจับความผิดปกติได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกความถี่ที่เหมาะสมคือ 2,000 ตัวอย่างต่อวินาทีและเนื่องจากในงานวิจัยนี้จำนวนข้อมูลถูกจำกัดด้วยหน่วยความจำภายในของออสซิลโลสโคปทำให้ความละเอียดของสเปกตรัมที่ได้ยังไม่สูงเท่าที่ควรในการพัฒนาครั้งต่อไปควรพิจารณาในส่วนนี้ด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มความละเอียดของสเปกตรัมให้มากยิ่งขึ้น

5.3.3 ความผิดปกติแต่ละแบบที่เกิดขึ้นจะเกิดตามลักษณะการใช้งานของมอเตอร์ โดยความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแตกหักของแท่งตัวนำโรเตอร์จะเกิดกับมอเตอร์ที่ใช้งานกับโหลดที่มีแรงบิดสูง ๆ เช่น Branch conveyor Crusher ความเสียหายต่อเนื่องที่รุนแรงอาจทำให้เกิดการเสียหายของขดลวดสเตเตอร์และแกนเหล็กของสเตเตอร์ได้ ดังนั้นควรทำการตรวจวัดความผิดปกติที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของช่องอากาศระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์มักจะเกิดกับมอเตอร์ที่ขาดการบำรุงรักษาทำให้แบริ่งเกิดความเสียหาย ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของช่องอากาศระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์จนอาจทำให้เกิดการสีกันของสเตเตอร์กับโรเตอร์ได้ (Stator-rotor rubbed) ส่วนความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องจากการลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดสเตเตอร์มักเกิดจากมอเตอร์ใช้งานในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ใช้งานเกินกำลัง ใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่ไม่ดี เช่น มีฝุ่นมากหรือมีความชื้นสูง ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของฉนวน ส่งผลให้เกิดการลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดสเตเตอร์ได้ ดังนั้นการตรวจจับการลัดวงจรขณะที่เกิดการลัดวงจรไม่มากทำให้สามารถลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นอีกทั้งยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมด้วย จึงต้องทำการวางแผนในการตรวจวัดจัดการบำรุงรักษาตามแผนอย่างเหมาะสม จัดแบ่งมอเตอร์ตามลักษณะการใช้งานที่อาจทำให้เกิดความผิดปกติในแบบต่าง ๆ เพื่อทำให้สามารถทำการตรวจวัดได้อย่างมีประสิทธิผล