

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประเมินประสิทธิภาพที่มีความแม่นยำของมอเตอร์ขณะใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้นกระทำได้ยาก เนื่องจากอาจต้องถอดมอเตอร์ออกจากการใช้งานไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ หากการถอดถอน ติดตั้งมีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน จะทำให้เกิดความยากลำบากต่อการประเมินประสิทธิภาพที่แม่นยำของมอเตอร์นั้น วิธีการประเมินประสิทธิภาพแบบทั่วไป เช่น การวัดค่า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า หรือ ความเร็วของมอเตอร์นั้นมีความคลาดเคลื่อนสูง ไม่เหมาะกับการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่ต้องการข้อมูลที่แม่นยำต่อการตัดสินใจดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมอเตอร์นั้นถูกขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์วิธีการประเมินประสิทธิภาพแบบทั่วไปจะให้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนสูงมาก

ในระบบรถไฟฟ้าได้ค้นหามอเตอร์ใช้งานอยู่เป็นจำนวนมากตั้งแต่ขนาดไม่กี่กิโลวัตต์ จนถึงถึงร้อยกิโลวัตต์ ทั้งขับเคลื่อนด้วยแหล่งจ่ายปกติและใช้อินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อน มอเตอร์ส่วนมากต้องพร้อมใช้งานอยู่เสมอ การบำรุงรักษามอเตอร์ใช้การซ่อมบำรุงแบบต่าง ๆ เช่น การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน การซ่อมบำรุงเชิงแก้ไขเมื่อมอเตอร์เกิดความเสียหาย เป็นต้น การซ่อมบำรุงตามสภาพซึ่งเป็นการซ่อมบำรุงสมัยใหม่แบบหนึ่งที่ทำให้ทราบสถานะการทำงานของมอเตอร์อาจจำเป็นสำหรับมอเตอร์ที่มีความสำคัญต่อระบบรถไฟฟ้า เช่น มอเตอร์เครื่องสูบน้ำดับเพลิง มอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ เป็นต้น แต่มอเตอร์เหล่านี้มีขนาดใหญ่ไม่สะดวกในการถอดออกจากการใช้งานเพื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีขนาดใหญ่ ต้องพร้อมใช้งานตลอดเวลา และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดสอบ และถอดถอนติดตั้งสูง

ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์ที่มีความถูกต้องแม่นยำ สะดวก และประหยัด เพื่อใช้งานกับมอเตอร์ที่สำคัญเพื่อประโยชน์ในการซ่อมบำรุงและประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ในที่นี้จึงได้นำเสนอวิธีประเมินประสิทธิภาพโดยใช้วิธีการเชิงเลขในการหาค่าที่เหมาะสม (numerical optimization method) ของพารามิเตอร์ของมอเตอร์ เพื่อนำไปสู่การประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ โดยการใช้ข้อมูลที่สามารถตรวจวัดได้ทางด้านไฟฟ้า และด้านทางกลของมอเตอร์

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

จุดมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์นี้คือการนำเสนอวิธีการประเมินประสิทธิภาพขณะใช้งานจริง (on-site audit) ของมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ในแนวทางใหม่ที่มีความแม่นยำสูงโดยการใช้เพียงข้อมูลทางไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงซึ่งประกอบด้วย แรงดันไฟฟ้าประสิทธิภาพ กระแสไฟฟ้าประสิทธิภาพ กำลังไฟฟ้า ความถี่ และข้อมูลทางกลคือความเร็วรอบมอเตอร์ขณะใช้งาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการนี้มีความสะดวก และประหยัด

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์ขณะใช้งานจริงโดยวิธีทั่ว ๆ ไปจะใช้วิธีการที่สามารถนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้มาประเมินประสิทธิภาพเช่น ค่ากำลังไฟฟ้า (nameplate method) ค่ากระแสไฟฟ้า (current method) หรือค่าความเร็ว (slip method) วิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากเป็นค่าโดยประมาณจากผู้ผลิต และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมอเตอร์นั้นถูกขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วของมอเตอร์ จะทำให้ข้อมูลที่ป้ายพิกัดจะไม่สามารถใช้อ้างอิงในการคำนวณโดยวิธีทั่วไปได้ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดค่าคลาดเคลื่อนอย่างมาก อย่างไรก็ตามในการหาค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์อาจจะใช้วิธีการนำมอเตอร์เข้าทดสอบในห้องปฏิบัติการเช่น การทดสอบแบบมีภาระ (shaft torque method) หรือการทดสอบแบบไม่มีภาระ (no-load test) และแบบยัดโรเตอร์ (blocked-rotor) ในการดำเนินการในลักษณะนี้อาจจะพบกับปัญหามากมายเช่น มอเตอร์นั้นจำเป็นต้องใช้งานอยู่ตลอดเวลา มอเตอร์มีขนาดใหญ่ทำให้ลำบากต่อการถอดหรือติดตั้ง เป็นต้น ดังนั้นในการพิจารณาค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องมีความแม่นยำสูงเพื่อใช้ในการตัดสินใจดำเนินการกับมอเตอร์ตัวนั้น ๆ จึงทำให้ต้องหาวิธีการที่สามารถประเมินประสิทธิภาพได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น สะดวก และประหยัดเพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์ขณะใช้งานจริง

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ขณะใช้งานจริง โดยอาศัยทฤษฎีการหาค่าที่เหมาะสมแบบสโตคาสติก (stochastic) ซึ่งเป็นการหาค่าที่เหมาะสมโดยพื้นฐานของความน่าจะเป็น ค่าที่เหมาะสมที่ดำเนินการหาหาคือค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของวงจรสมมูลของมอเตอร์ขณะใช้งานโดยการใช้ข้อมูลของค่าที่วัดได้จริงคือแรงดันไฟฟ้าประสิทธิภาพ กระแสไฟฟ้าประสิทธิภาพ กำลังไฟฟ้า ความถี่ และความเร็วรอบของมอเตอร์นำไปประมวลผลร่วมกับวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบจีเนติกอัลกอริทึม (genetic algorithms) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของมอเตอร์ ซึ่งจะนำไปสู่การหาค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ได้ต่อไป

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตในการวิจัยของวิทยานิพนธ์นี้คือการเสนอแนวทางการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ด้วยวิธีการที่นำเสนอกับมอเตอร์ขนาด 2.2 kW และ 5.5 kW ในห้องปฏิบัติการทดสอบโดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการทดสอบแบบมีภาระ (มีความแม่นยำมากที่สุด) ที่ความเร็ว และภาระทางกลต่าง ๆ เพื่อดูความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของวิธีการที่นำเสนอ จากนั้นจะนำวิธีการนี้ไปประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟไฟฟ้าใต้ดินขนาด 108 kW ที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์เช่นกัน มอเตอร์พัดลมระบายอากาศแต่ละตัวมีการใช้งานใน 2 ทิศทางการหมุนที่ภาระทางกลต่างกันขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของลม (flow rate) ที่ออกแบบไว้ซึ่งมีผลมาจากรูปแบบโครงสร้างของสถานี มอเตอร์ที่จะทำการประเมินประกอบไปด้วยมอเตอร์ในสถานีต่าง ๆ ดังนี้ สถานีสุขุมวิทจำนวน 4 ตัว สถานีหัวลำโพงจำนวน 4 ตัว สถานีสามย่านจำนวน 3 ตัว สถานีลุมพินีจำนวน 4 ตัว สถานีคลองเตยจำนวน 2 ตัว สถานีศูนย์สิริกิติ์จำนวน 3 ตัว และอาคารระบายอากาศระหว่างสถานีศูนย์สิริกิติ์-สุขุมวิทจำนวน 2 ตัว รวมทั้งหมด 22 ตัว โดยดำเนินการเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าและทางกลและนำไปประมวลผลภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเดียวกันทั้งหมดเพื่อดูผลการประเมินประสิทธิภาพขณะใช้งานจริงในเชิงสถิติ ผลลัพธ์ของกำลังทางกลที่ได้จะนำเสนอเปรียบเทียบกำลังทางกลที่ได้จากอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ (variable speed drive; VSD) และที่ได้จากวิธีการใช้ค่ากระแสไฟฟ้า ในตอนสุดท้ายจะทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพที่ได้จากวิธีที่นำเสนอกับวิธีการใช้ค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อให้เห็นถึงความแม่นยำถูกต้องในการนำไปใช้งาน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาของวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกทำการศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ซึ่งจำเป็นต้องรู้ระบบการทำงานของระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ การขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ การหาค่าที่เหมาะสม การระบายอากาศในอุโมงค์ ความรู้พื้นฐานงานซ่อมบำรุง และวิธีการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์แบบทั่วไป

ในส่วนที่สองทำการศึกษาวิธีการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์โดยใช้เงินดิกอัลกอริทึม โดยดำเนินการทดสอบกับมอเตอร์ขนาด 2.2 kW และ 5.5 kW ในห้องปฏิบัติการเทียบกับวิธีการทดสอบแบบมีภาระเพื่อดูความคลาดเคลื่อนของวิธีการที่นำเสนอ จากนั้นนำไปประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ขนาด 108 kW ในสถานีต่าง ๆ ของรถไฟไฟฟ้าใต้ดิน

ขั้นตอนของการศึกษาในงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถนำเสนอได้ดังนี้

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แก่ มอเตอร์เหนี่ยวนำ ความรู้เบื้องต้นของการขับเคลื่อนมอเตอร์โดยอินเวอร์เตอร์ที่มีเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมแรงบิดโดยตรง ความรู้เบื้องต้นของวิธีการหาค่าที่เหมาะสม การระบายอากาศในอุโมงค์ ความรู้พื้นฐานการซ่อมบำรุง และการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบทั่วไป

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์โดยใช้จ็เนติกอัลกอริทึมโดยกล่าวถึงวงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่นำเสนอ การประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์ด้วยวิธีที่นำเสนอ การทดสอบการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์ขนาดเล็กด้วยวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการทดสอบแบบมีภาระและสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ

บทที่ 4 กล่าวถึงการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ในสถานีต่าง ๆ ทั้งหมดจำนวน 22 ตัว สำหรับในบทนี้ได้อธิบายขั้นตอนและวิธีการตรวจวัดพร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ จากนั้นเปรียบเทียบกำลังทางกลของมอเตอร์ทุกตัวที่ได้จากวิธีที่นำเสนอกับค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์และค่าที่คำนวณได้โดยวิธีการใช้ค่ากระแสไฟฟ้า และทำการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีที่นำเสนอกับวิธีการใช้ค่ากระแสไฟฟ้า

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะโดยสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากมอเตอร์ทุกตัวที่ทำการประเมินประสิทธิภาพโดยวิธีการที่นำเสนอ ซึ่งมอเตอร์ทั้งหมดเป็นมอเตอร์ที่ถูกขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ ทำให้เห็นได้ถึงความต้องการแม่นยำในการนำไปใช้งานจริงกับมอเตอร์ประเภทนี้ซึ่งพบปัญหาความคลาดเคลื่อนในการประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธีทั่วไป และยังไม่สะดวกต่อการถอดถอนออกไปประเมินประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการ และได้ให้ข้อเสนอแนะในการตรวจวัดและการนำไปใช้งานกับมอเตอร์ในระบบอื่น ๆ ต่อไป