

การวิเคราะห์และทำนายอุณหภูมิบริเวณจุดขั้วต่อสายไฟฟ้า ด้วยอุณหภูมิขดลวดมอเตอร์เปรียบเทียบกับอุณหภูมิแวดล้อม Analysis and Prediction of Terminal Temperature Using Motor Winding Temperature Compare with Ambient Temperature

บุญเลิศ สือเฉย* และ ไพรัตน์ ดีสวัสดิ์

Boonlert Suechoey* and Pairat Deesawat

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, email : boonlerts@sau.ac.th

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์และทำนายอุณหภูมิบริเวณจุดขั้วต่อสายไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิขดลวดมอเตอร์เปรียบเทียบกับอุณหภูมิแวดล้อมโดยทำการศึกษาและทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 เฟส แล้วทำการวิเคราะห์และหาแนวโน้มการทำนายค่าอุณหภูมิบริเวณจุดขั้วต่อสายไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิขดลวดมอเตอร์ต่ออุณหภูมิแวดล้อมมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบขนาด 30 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,465 รอบต่อนาที โดยทำการทดสอบในขณะที่ไม่มีการะโหลด และมีการะโหลด แล้วนำค่าอุณหภูมิบริเวณจุดขั้วต่อสายไฟฟ้าไปทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอุณหภูมิแวดล้อม เพื่อทำนายค่าอุณหภูมิบริเวณจุดขั้วต่อสายไฟฟ้าของขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้าว่า สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ และเพื่อวางแผนการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าก่อนที่จะเกิดความเสียหาย

คำสำคัญ : มอเตอร์ไฟฟ้า, อุณหภูมิบริเวณจุดขั้วต่อสายไฟฟ้า, อุณหภูมิขดลวด

Abstract : This article analyzes and predicts the terminal temperature using motor winding temperature compare with ambient temperature by studying and testing the three phase electric motor and then analyzing and predicting the temperature at the terminal. Motor winding temperature with ambient temperature electric motors tested at 30 kW, 1,465 rpm. Tested without loading and loading. The terminal temperature to compare with ambient temperature to predict the terminal temperature of the electric motor winding and electric motors can work in full efficiency and to plan the maintenance of the electric motor before the damage.

Keywords: Electric Motor, Terminal Temperature, Winding Temperature.

1. บทนำ

มอเตอร์ไฟฟ้า นับเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรต่างๆ เนื่องจากการทำหน้าที่เป็นตัวต้นกำลัง โดยแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเพื่อขับโหลดต่างๆ ความเสื่อมสภาพจากการใช้งานหรือความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้น เนื่องจากโรเตอร์และสเตเตอร์ต้องรับแรงที่เกิดจากสนามแม่เหล็กอยู่ตลอดเวลา ความเสียหายที่เกิดขึ้นทางกลจากความร้อนและทางไฟฟ้าจะกระทบโดยตรงกับประสิทธิภาพในการทำงานและอายุการใช้งานของมอเตอร์ ความผิดปกติ หรือการชำรุดความเสียหายของมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถเกิดได้จากสาเหตุ ดังเช่น การชำรุดเสียหายเนื่องจากโรเตอร์ (Rotor Faults) การชำรุดเสียหายเนื่องจากการบิดเบี้ยว (Eccentricity Faults) การชำรุดเสียหายเนื่องจาก สเตเตอร์ (Stator Faults) การชำรุดเสียหายเนื่องจากดัลลึงลูบป็น (Bearing Faults) เป็นต้น

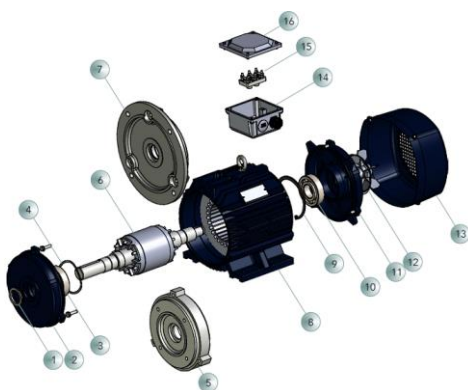
เทคโนโลยีในปัจจุบันที่นำมาใช้ตรวจสอบสภาพหรือวิเคราะห์ความเสียหายมอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ การตรวจวิเคราะห์ที่ต้องทำขณะที่มอเตอร์หยุดทำงาน (Off-Line Motor Analysis) และการตรวจวิเคราะห์ที่ทำในขณะที่มอเตอร์ทำงาน (On-Line Motor Analysis) เทคโนโลยีในปัจจุบันที่นำมาใช้ตรวจสอบสภาพหรือวิเคราะห์ความเสียหายมอเตอร์ที่ทำในขณะที่มอเตอร์ทำงาน ได้แก่ การวัดและวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน โดยอาศัยการแยกความถี่จากสัญญาณที่วัดจากเซ็นเซอร์ เพื่อนำมาหาสาเหตุของความผิดปกติ การวัดและวิเคราะห์อุณหภูมิ บริเวณส่วนต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้า ทั้งในส่วนของดัลลึงลูบป็น บริเวณเฟรมของมอเตอร์ และบริเวณจุดต่อขั้วสายไฟฟ้าของมอเตอร์ (Terminal Box) เพื่อเป็นการประเมินสภาพความผิดปกติต่างๆ ที่ให้ผลออกมาในรูปของความร้อนเพื่อหลีกเลี่ยงหรือป้องกันการใช้งาน ในสภาวะอุณหภูมิสูงเกิน (Overheat) ซึ่งอาจนำไปสู่การเสื่อมไหม้ของฉนวนหรือ

ดัลลึงลูบป็นเสียหาย การเสื่อมสภาพของจุดต่อขั้วมอเตอร์ไฟฟ้า (Terminal Box) และเนื่องจากขาดสารหล่อลื่นและปัญหาอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นตามมา ผลกระทบที่เกิดจากการสั่นสะเทือนที่เห็นได้ชัดเจนคือ การหลวมคลอน การบิดเบี้ยว การแตกร้าวของชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ดัลลึงลูบป็น โรเตอร์ และการการเกิดสภาวะอุณหภูมิสูงในขณะทำงาน [1]

2. ทฤษฎี

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า [2], [3]

เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือขดลวดในสเตเตอร์ และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุนหรือโรเตอร์ ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบๆ สเตเตอร์ เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปติดกับตัวนำที่เป็นวงจรมอเตอร์หรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดจะพลังงานกลสามารถนำไปขับเคลื่อนที่ต้องการหมุนได้ ดังแสดงในรูปที่ 1



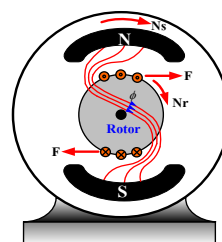
ลำดับ	รายละเอียด
1	ซีลเพลา (Shaft Seal)
2	ฝาหน้าด้าน Drive end (DE Endshield)
3	ลูกปืนด้าน Drive end (DE Bearing)
4	ซีลกันน้ำ (Wavy Washer)
5	หน้าแปลนเล็ก (B14 Flange)
6	โรเตอร์และเพลา (Rotor With Shaft)
7	หน้าแปลนมาตรฐาน (B5 Flange)
8	โครงมอเตอร์และขดลวดสเตเตอร์ภายใน (Stator Housing With Stator Inside)
9	Circlip for fixing the bearing at NDE
10	ลูกปืนด้าน Non Drive end (NDE Bearing)
11	ฝาหลัง (NDE Endshield)
12	พัดลมระบายความร้อน (Cooling Fan)
13	ฝาปิดพัดลม (Fan Cover)
14	กล่องจั่วต่อสายไฟ (Terminal Box)
15	จั่วต่อสายไฟ (Terminal Block with 6 pins and connection links)
16	ฝาปิดกล่องจั่วต่อสายไฟ (Terminal box lid)

รูปที่ 1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

2.1.1 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับขดลวด สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นที่ขดลวดสเตเตอร์ โดยจะหมุนติดกับตัวนำโรเตอร์ที่วางอยู่ในสล็อตที่โรเตอร์ ทำ

ให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำของโรเตอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้น แสงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวนำและทำให้โรเตอร์หมุนไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน ที่สเตเตอร์ ซึ่งการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนและการเกิดแรงบิดที่โรเตอร์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเกิดแรงบิดที่ตัวนำของโรเตอร์

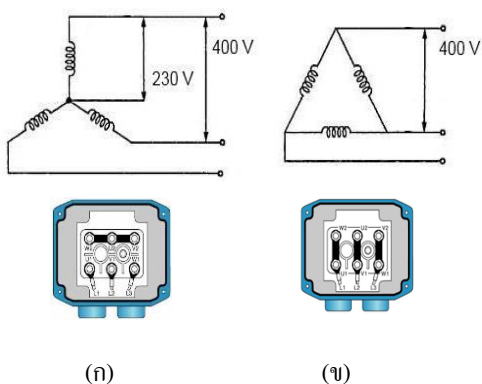
2.1.2 การต่อใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

โดยที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมีขดลวดพันอยู่ 3 ชุด คือเฟส A, B และ C สามารถนำมาต่อใช้งานได้ 2 แบบ คือ การต่อใช้งานแบบสตาร์และแบบเดลต้า การจะต่อมอเตอร์ใช้งานแบบใดจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าที่แผ่นป้าย (Nameplate) ของมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3

2.2 อุณหภูมิ (Temperature)

การใช้งานมอเตอร์ที่มีความร้อนสูงเป็นเวลานาน ทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเพิ่ม (Temperature Rise) ที่ยอมรับได้ของฉนวนขดลวดและอุณหภูมิของฉนวนลูกปืน การเพิ่มของอุณหภูมิทุก 10 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้อายุการใช้งานของฉนวนลดลงครึ่งหนึ่ง และความร้อนสูงยังส่งผลกับความหนืด (Viscosity) ของสารหล่อลื่นในฉนวนลูกปืน สามารถทำ

ให้ดัลลูปป็นเกิดความเสียหายได้เร็วขึ้น ดังนั้นการวัดอุณหภูมิเพื่อป้องกันการใช้งานมอเตอร์ขณะเกิดความร้อนสูงเป็นเวลานานจึงเป็นสิ่งสำคัญ

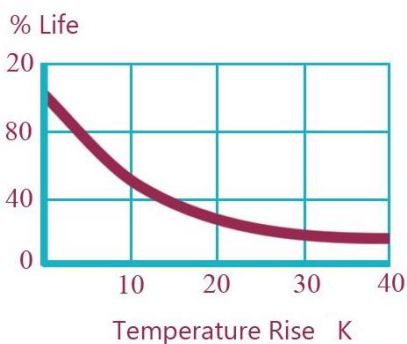


ก. การต่อขดลวด
แบบสตาร์

ข. การต่อขดลวด
แบบเดลต้า

รูปที่ 3 การต่อมอเตอร์ใช้งานแบบสตาร์และเดลต้า

อุณหภูมิเพิ่มทุก 10 องศาเซลเซียส จะคำนวณจากอุณหภูมิแวดล้อมสูงสุด 40 องศาเซลเซียส ทำให้อายุของฉนวนลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง โดยอายุการใช้งานของฉนวนสัมพันธ์กับอุณหภูมิเพิ่มดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของฉนวนและอุณหภูมิเพิ่ม

การวัดอุณหภูมิแบบเปรียบเทียบแนวโน้ม (Trending) เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วในการประเมิน

สภาพความร้อนสูงเกิน (Overheat) ในมอเตอร์ สาเหตุหลักของความร้อนสูงเกิน ได้แก่ การใช้งานเกินพิกัด ดัลลูปป็นยึดติดและการเอียงศูนย์ (Misalignment) การระบายความร้อนที่จำกัด อุณหภูมิแวดล้อมโดยรอบสูง อัตราการใช้งาน (Duty Cycle) ที่มากเกินไป และระบบไฟฟ้าไม่สมดุล เป็นต้น

2.3 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด (Infrared Thermometer)

เป็นเครื่องมือใช้สำหรับวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัตถุ ซึ่งเป็นการวัดแบบไม่สัมผัสและไม่ทำลายวัตถุทำงานโดยอาศัยหลักการแผ่รังสีอินฟราเรด (infrared radiation) ออกจากวัตถุ โดยมีหลักการทำงานคือ ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรดทำหน้าที่รับรังสีอินฟราเรด (infrared) ที่แผ่ออกจากวัตถุเป้าหมาย (target) ผ่านเลนส์ของเครื่องมือวัด แล้วแปลงรังสีอินฟราเรดเหล่านี้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด

2.3.1 ค่าความถูกต้อง (accuracy)

ค่าความถูกต้องของอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ชนิดอินฟราเรดจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขดังนี้

2.3.1.1 ชนิดและลักษณะพื้นผิวของวัตถุเป้าหมายหรือวัตถุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ โดยวัตถุต่างชนิดกัน

2.3.1.2 ระยะห่างระหว่างวัตถุกับเครื่องมือวัด โดยค่าความผิดพลาด (error) ของไพโรมิเตอร์ชนิดอาศัยการเปลี่ยนแปลงการแผ่รังสีของวัตถุ

อาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของรังสีผ่านตัวกลาง เช่น อากาศที่มี ไอ ควัน แก๊สหรือฝุ่นละอองกระจายอยู่ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ดูดซับพลังงานบางส่วนจากรังสีก่อนถึงตัว เครื่องมือวัด ทำให้พลังงานที่เซนเซอร์ตรวจจับได้มีค่าลดลง ค่าที่วัดได้จึงคลาดเคลื่อน

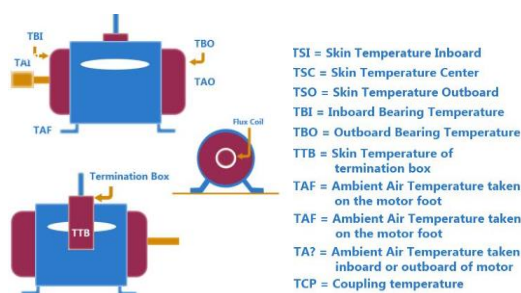
2.3.1.3 พื้นที่การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด โดยคิดจากค่าอัตราส่วนระหว่างระยะห่างของวัตถุกับเครื่องมือวัด (distance, D) และพื้นที่การวัด (spot size, S) หรือ D:S ซึ่งแสดงถึงระยะห่างที่เหมาะสมของการวัด คุณสมบัติข้อนี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัว (specifications) ของเครื่องมือวัดแต่ละผลิตภัณฑ์ ผู้ใช้งานควรเลือกคุณสมบัติให้เหมาะสมกับลักษณะงาน โดยหากจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ (measured spot) มีขนาดเล็กมาก หรือมีขนาดเล็กกว่าพื้นที่ของการวัด จะทำให้อุณหภูมิรอบข้างที่ไม่เกี่ยวข้อง กับจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิเข้าไปรวมอยู่ในพื้นที่ของการวัดด้วย ซึ่งเมื่อแปลผลพลังงานที่วัดได้ค่าอุณหภูมิที่ได้จึงคลาดเคลื่อนจากค่าที่แท้จริง

2.4 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ มอเตอร์ [4]

การวัดอุณหภูมิยังมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับการวิเคราะห์ เช่น โหลด อุณหภูมิแวดล้อม ความร้อนจากรังสีจากดวงอาทิตย์ และตำแหน่งที่วัด อุณหภูมิเพิ่มเป็นผลของกำลังสูญเสียต่างๆ เช่น แรงเสียดทาน (Bearing friction) แรงลมต้านการหมุน (Windage) ความสูญเสียในแกนเหล็ก (Core loss) การสูญเสียในขดลวด (Copper loss หรือ I²R loss) และ Stray load loss ซึ่ง Stray load loss และ Copper loss จะขึ้นอยู่กับ โหลด โดยการสูญเสียในขดลวดถือว่ามากที่สุดและอยู่ในรูปของความร้อน ดังนั้นในการวิเคราะห์ปัญหาความร้อนดับลูกปืนและที่ผิวของมอเตอร์แบบแนวโน้มจึงจำเป็นต้องนำสภาวะโหลดมาพิจารณาด้วย สิ่งที่ต้องตระหนักคือ อุณหภูมิแวดล้อมยิ่งสูง จะทำให้ผิวของมอเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นตาม นอกจากนี้ความร้อนจากรังสีดวง

อาทิตย์ขณะใช้งานภายใต้แสงแดด สี ความหนาและคุณสมบัติของโลหะก็ส่งผลกับอุณหภูมิผิวที่วัดได้ เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดผลกระทบดังกล่าว การวัดอุณหภูมิผิวควรวัดในตำแหน่งที่ไม่ได้รับแสง และอยู่ต่ำกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางในแนวนอน

อีกปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวคือ ตำแหน่งวัดโดยทั่วไปตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือตำแหน่งที่มีมวลมากที่สุดและการระบายความร้อนทำได้น้อยสุด ดังนั้นในมอเตอร์แบบเปิด (Open enclosure) ตำแหน่งที่อุณหภูมิสูงที่สุดจะอยู่ที่กลางมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์แบบปิด (Totally enclose) ตำแหน่งที่อุณหภูมิสูงที่สุดคือ ตำแหน่งใดก็ตามที่อยู่ระหว่างกึ่งกลางถึงตำแหน่งที่ได้รับลมระบายความร้อนจากพัดลมน้อยที่สุดอุณหภูมิมอเตอร์รอบแนวรัศมีจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการระบายความร้อนรวมถึงระยะห่างของสเตเตอร์กับตัวเรือนมอเตอร์จะมีค่าไม่เท่ากันตลอดแนวรัศมีมอเตอร์ ยิ่งสเตเตอร์อยู่ห่างจากโครงมอเตอร์น้อยเท่าใด ค่าที่วัดได้ก็จะคงที่และถูกต้องมากขึ้น ในการวัดอุณหภูมิผิวแบบเปรียบเทียบแนวโน้มควรทำการวัดในตำแหน่งเดิมหรือใกล้เคียงกับตำแหน่งเดิมทุกครั้ง และควรเลือกวัดในตำแหน่งที่สเตเตอร์อยู่ใกล้กับโครงมอเตอร์มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 6 [5]



รูปที่ 6 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิมอเตอร์ไฟฟ้า

3. ขั้นตอนการทดสอบ

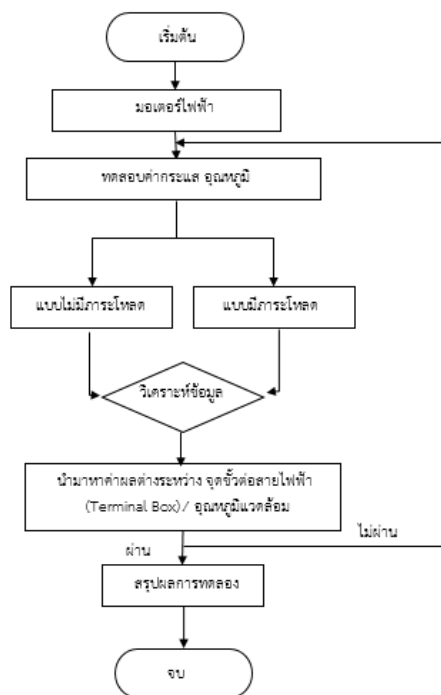
3.1 การจำแนกวิเคราะห์เพื่อการทำนายค่าอุณหภูมิบริเวณจุดต่อสายไฟฟ้า ด้วยอุณหภูมิขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้าต่ออุณหภูมิแวดล้อมแบบไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลด

จากวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย จะดำเนินงานวิจัยโดยเริ่มจากการวัดค่ากระแสไฟฟ้าอุณหภูมิบริเวณจุดต่อสายไฟฟ้า(Terminal Box) แบบไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลด ต่ออุณหภูมิแวดล้อมวงจรการทดสอบแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนการทดสอบ มอเตอร์ไฟฟ้า แบบไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลด

สำหรับการจำแนกวิเคราะห์ เพื่อการทำนายค่าอุณหภูมิบริเวณจุดต่อสายไฟฟ้า ด้วยขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้าต่ออุณหภูมิแวดล้อม แบบไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลดโดยวิเคราะห์ เพื่อประเมินแนวทางการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 8



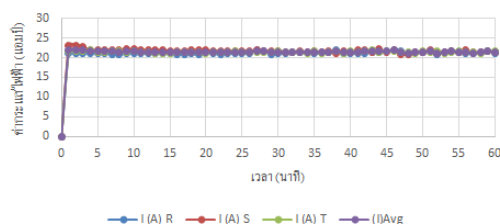
รูปที่ 8 การจำแนกวิเคราะห์เพื่อการทำนายค่าอุณหภูมิบริเวณจุดต่อสายไฟฟ้า ด้วยขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้าต่ออุณหภูมิแวดล้อม แบบไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลด

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบ

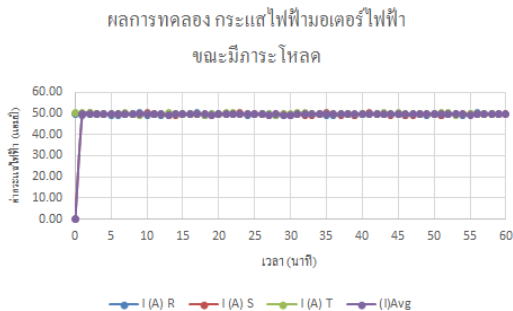
4.1.1 ผลการทดสอบค่ากระแสไฟฟ้าแบบไม่มีภาระโหลด

ผลการทดลอง กระแสไฟฟ้ามอเตอร์ไฟฟ้า
ขณะไม่มีภาระโหลด



รูปที่ 9 ผลการทดสอบค่ากระแสไฟฟ้าแบบไม่มีภาระโหลด

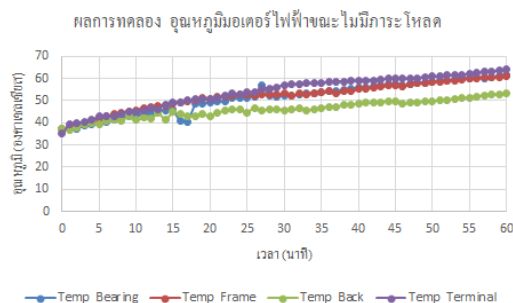
4.1.2 ผลการทดสอบค่ากระแสไฟฟ้าแบบมีภาระโหลด



รูปที่ 10 ผลการทดสอบค่ากระแสไฟฟ้าแบบมีภาระโหลด

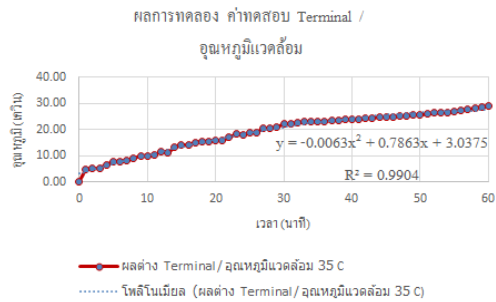
จากการทดสอบค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าบริเวณ Terminal Box ขณะทำการเดินเครื่องไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลด เดินเครื่องตั้งแต่เวลาที่ 0 นาที ถึง 60 พบว่าค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

4.1.3 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบไม่มีภาระโหลด



รูปที่ 11 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบไม่มีภาระโหลด

4.1.4 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบไม่มีภาระโหลดโดยนำวิเคราะห์หาพหุนามกำลังสองสมบูร์น



รูปที่ 12 กราฟแสดงการหาค่าสมการพหุนามกำลังสองสมบูร์น แบบไม่มีภาระโหลด

จากกราฟรูปที่ 12 สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิของขั้วต่อสายกับค่าอุณหภูมิแวดล้อม แบบไม่มีภาระโหลด สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$y = -0.0063x^2 + 0.7863x + 3.0375 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.9904 \quad (2)$$

โดยที่

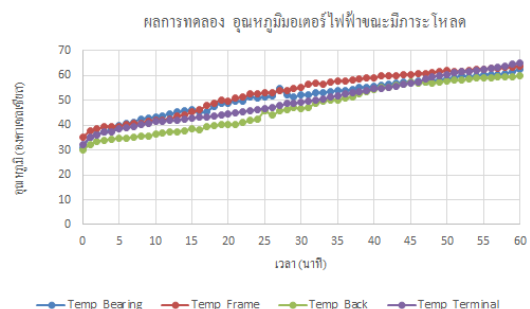
y คือค่าอุณหภูมิของขั้วต่อสาย

x คือค่าอุณหภูมิแวดล้อม

R^2 คือสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

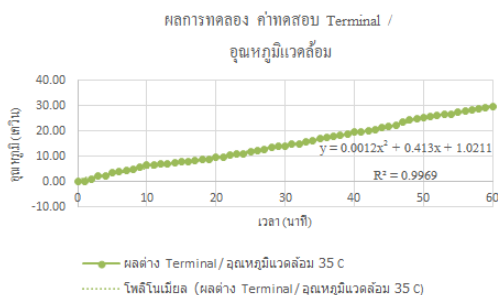
(The Coefficient of Determination)

4.1.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลด



รูปที่ 13 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบไม่มีภาระโหลด

4.1.6 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลดโดยนำมาวิเคราะห์หาพหุนามค่าสมการกำลังสองสมบูรณ์



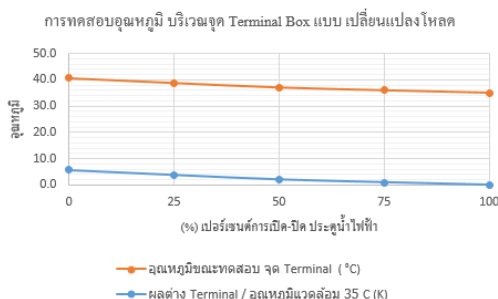
รูปที่ 14 กราฟแสดงการหาค่าสมการพหุนามกำลังสองสมบูรณ์ แบบมีภาระโหลด

จากกราฟรูปที่ 14 สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิของขั้วต่อสายกับค่าอุณหภูมิแวดล้อม แบบมีภาระโหลด สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$y = 0.0012x^2 + 0.413x + 1.0211 \quad (3)$$

$$R^2 = 0.9969 \quad (4)$$

4.1.7 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลด โดยควบคุมเปิด – ปิด ประตุน้ำไฟฟ้าแบบเปลี่ยนแปลงโหลด



รูปที่ 15 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลดโดยควบคุมเปิด – ปิด ประตูน้ำไฟฟ้าแบบเปลี่ยนแปลงโหลด

4.1.8 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลดโดยการเปลี่ยนแปลงโหลด

ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลดโดยการเปลี่ยนแปลงโหลดแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลดโดยการเปลี่ยนแปลงโหลด

Flow	Volts (V)			Current (A)			กำลังที่รับต่อตัว	อุณหภูมิขณะทดสอบ จุด Terminal	ผลต่าง Terminal / อุณหภูมิแวดล้อม 35 C	เปอร์เซ็นต์ภาระโหลด
m ³ /h	R-S	S-T	R-T	R	S	T	KW	(°C)	(K)	%
0	391	393	392	32	31	32	13	40.8	5.8	0
52	391	392	391	33	34	34	16	38.9	3.9	25
109	391	392	392	44	44	45	24	37.1	2.1	50
153	391	392	391	50	49	50	28	36	1.0	75
210	390	392	392	56	55	56	32	35	0.0	100
220	390	392	392	58	57	59	35	48	13.0	125
205	390	392	392	57	56	57	33	47	12.0	100
155	391	392	391	51	50	51	29	45	10.0	75
103	391	392	392	45	46	44	25	45	10.0	50
56	391	392	391	32	35	34	17	45	10.0	25
10	391	393	392	32	31	32	12	45	10.0	0

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.2.1 ในขณะเดินเครื่องไม่มีภาระโหลด ตั้งแต่ นาที่ที่ 0 นาที่ที่ 60 พบว่าค่าอุณหภูมิในบริเวณ Terminal Box นั้นเมื่อมีการเดินเครื่องเป็นเวลานาน ค่าอุณหภูมิ บริเวณ Terminal Box จะมีค่าเพิ่มขึ้นในบริเวณจุดทดสอบต่างๆ

4.2.2 เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์เพื่อทำนายค่าอุณหภูมิ บริเวณจุดขั้วต่อสายไฟฟ้าเทียบกับค่าแวดล้อม นั้น จะได้สมการพหุนามกำลังสองสมบูรณ์ ตามสมการที่ 1 เพื่อใช้สำหรับการหาค่าอุณหภูมิและหาวิธีในการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า ในขณะที่ไม่มีการะโหลด

4.2.3 ในขณะเดินเครื่องแบบมีภาระโหลด ตั้งแต่ นาที่ที่ 0 นาที่ที่ 60 พบว่าค่าอุณหภูมิในบริเวณ Terminal Box นั้นเมื่อมีการเดินเครื่องเป็นเวลานาน ค่าอุณหภูมิ บริเวณ Terminal Box จะมีค่าเพิ่มขึ้นในบริเวณจุดทดสอบ ต่างๆ

4.2.4 เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์เพื่อทำนายค่าอุณหภูมิ บริเวณจุดข้อต่อสายไฟฟ้าเทียบกับค่าแวลลุ่มนั้น จะได้สมการพหุนามกำลังสองสมบูรณ์ ตามสมการที่ 2 เพื่อใช้สำหรับในการหาค่าอุณหภูมิและหาวิธีในการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า ในขณะที่มีภาระโหลด

4.2.5 การทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลด โดยทำการควบคุมการเปิด – ปิด ประตุน้ำไฟฟ้าแบบเปลี่ยนแปลงโหลดโดยทดสอบแบบการเปิดประตุน้ำไฟฟ้าที่ละ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อเปิดประตุน้ำไฟฟ้าที่ 100 เปอร์เซ็นต์แล้วค่อยๆ ปิดประตุน้ำไฟฟ้ามาทีละขั้นของโหลด ค่าอุณหภูมิบริเวณจุดข้อต่อสายไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิแวลลุ่มก็จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ

4.2.6 การทดสอบอุณหภูมิแบบมีภาระโหลด โดยการเปลี่ยนแปลงโหลด การทดสอบทำโดยเปลี่ยนโหลดให้มีขนาดกำลังการสูบน้ำที่เพิ่มมากขึ้น จากนั้นทดสอบโดยการ เปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โหลด ในส่วนของอัตราการสูบน้ำให้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยเปลี่ยนแปลงโหลดที่ 0, 25, 50, 75, 100, 125, 100, 75, 50, 25 และ 0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงโหลดให้มีการสูบน้ำเพิ่มขึ้น และลดลงตามเปอร์เซ็นต์ โดยค่าอุณหภูมิบริเวณจุดข้อต่อสายไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าจะมีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยเมื่อจ่ายโหลดที่เกินค่ากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ค่าอุณหภูมิบริเวณจุดข้อต่อจะมีอุณหภูมิที่สูง แต่เมื่อทำการลดการสูบน้ำให้มีกำลังน้อยกว่ากำลังขั้วมอเตอร์ไฟฟ้า อุณหภูมิบริเวณจุดข้อต่อสายไฟฟ้าจะลดลง แต่การลดลงจะไม่ลดลงทันที จะลดลงเพียงเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิแวลลุ่ม พบว่า หากทำการเดินเครื่องเป็นระยะเวลานานอาจจะทำให้มอเตอร์เกิดความร้อนและเกิดความเสียหายได้และไม่ควรที่จะทำการเดินมอเตอร์ไฟฟ้าให้เกินพิกัดจากแผ่นป้าย

(Nameplate) เพราะจะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้า ต้องทำงานเกินพิกัด

5. สรุปผล

จากผลการทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 เฟส โดยทำการวิเคราะห์และหาแนวโน้มการทำนายอุณหภูมิ บริเวณจุดข้อต่อสายไฟฟ้า ด้วยอุณหภูมิขดลวดมอเตอร์ ต่ออุณหภูมิแวลลุ่มนั้น โดยการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้า และค่าอุณหภูมิ ในขณะที่ไม่มีภาระโหลด และมีภาระโหลด ในระยะเวลาตั้งแต่ต้นาที 0 ถึง นาทีที่ 60 นั้น จะเห็นได้ดังนี้

5.1 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ทดสอบในขณะที่ไม่มีภาระโหลด และมีภาระโหลด พบว่าเมื่อทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้า ทั้ง 3 เฟส บริเวณจุดข้อต่อสายไฟฟ้า พบว่าค่ากระแสไฟฟ้ายังมีค่าใกล้เคียงกับค่ากระแสไฟฟ้าบนแผ่นป้าย (Nameplate) มอเตอร์ไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสนั้น ยังมีค่าใกล้เคียงกันอีกด้วย

5.2 ค่าอุณหภูมิที่ทดสอบในขณะที่ไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลดนั้น พบว่าเมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าเดินเครื่องเป็นระยะเวลานาน ค่าอุณหภูมิที่ได้ทำการทดสอบบริเวณจุดข้อต่อสายไฟฟ้านั้น มีค่าอุณหภูมิแปรผันตามระยะเวลาการใช้งานมอเตอร์

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อทำนายค่าอุณหภูมิระหว่างค่าอุณหภูมิแวลลุ่มกับค่าอุณหภูมิในส่วนจุดข้อต่อสายไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลด จะพบว่าเมื่อระยะเวลาการเดินมอเตอร์เพิ่มขึ้น ค่าอุณหภูมิบริเวณขดลวดมอเตอร์และจุดข้อต่อสายไฟฟ้า จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยค่าอุณหภูมิเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกับอุณหภูมิแวลลุ่มนั้น จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับเช่นเดียวกัน เมื่อนำสมการผลการทดสอบแบบไม่มีภาระโหลดและมีภาระโหลดมา วิเคราะห์ก็จะสามารถทำนายอนาคตในส่วนอุณหภูมิของมอเตอร์ไฟฟ้าบริเวณจุดข้อต่อสายไฟฟ้าทั้งในขณะที่ไม่มีภาระ

โหลดและมีภาระ โหลด และยังช่วยในเรื่องของการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าก่อนเกิดการเสียหายได้อีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ การประปาส่วนภูมิภาค และ บริษัท ชูพันธุ์ อินคัสเทรียลเซอร์วิสเซส จำกัด ที่สนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือสำหรับทดสอบงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] A.H. Bonnet and G.C. Soukup, "Cause and analysis stator and rotor failures in three-phase squirrel-cage induction motors", IEEE Trans. Ind. Applicat., vol.28, pp.921-937, July/Aug. 1992
- [2] Mulukutla S. Sarma, Electric Machines, West Publishing Company, 1994.
- [3] Theodore Wildi, Electrical Machines, Drives and Power System, Prentice Hall, 1997.
- [4] IEEE Motor Reliability Working Group, "Report of large motor reliability survey of industrial commercial installation", Part 1, IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. IA- 21, pp.853-872, July/Aug. 1985.
- [5] Takafumi Nagatomo and David G. Toth "Bearing Damage" Quarterly Report of RTRI Vol. 47 2006, No. 3 pp.119-124

ประวัติผู้ประพันธ์

รศ. ดร.บุญเลิศ ลือเคย

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



นายไพรัตน์ ดีสวัสดิ์

จบการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งวิศวกรไฟฟ้า การประปาส่วนภูมิภาค

