

ภาคผนวก ซ.
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์
(อยู่ระหว่างดำเนินการตีพิมพ์)

วิธีการแบบประหยัดสำหรับการประเมินประสิทธิภาพขณะใช้งาน ของมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

Economical On-Site Efficiency Estimation Technique of Subway Tunnel Ventilation Fan Motor

อารีย์ หวังสุกผล* ธนวิวัฒน์ ภูมิภาค**

ชัยวุฒิ ถังอุทัย*

* ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการแบบประหยัดสำหรับการประเมินประสิทธิภาพขณะใช้งานของมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการซ่อมบำรุงตามสภาพ การประเมินค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ใช้พื้นฐานของวงจรสมมูลซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆจะพิจารณาได้จากการใช้ข้อมูลทางไฟฟ้าและความเร็วมอเตอร์ที่วัดได้จริงขณะใช้งานร่วมกับการใช้หลักการหาค่าที่เหมาะสม (จินตคณิตกอริทึม) วิธีการที่นำเสนอนี้จะทำการทดสอบกับมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินพิกัด 108 kW ที่ใช้งานอยู่ตามสถานีต่างๆ ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพที่ได้จะทำการเปรียบเทียบกับผลที่คำนวณจากค่าที่วัดได้จริงจากอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 % จะเห็นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอมีความสะดวก ประหยัด ความแม่นยำ และเหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบการซ่อมบำรุงตามสภาพเพื่อทำให้เกิดผลที่ดียิ่งขึ้น

Abstract

This paper proposes the economical technique of subway tunnel ventilation fan motors on-site efficiency estimation (OEE) for condition based maintenance. The estimated efficiency is based on the equivalent circuit model. These model parameters can be determined by using the data of on-site measured electrical input and motor speed coupled with the optimization technique (Genetic Algorithms). The subway tunnel ventilation fan motors (108 kW) operated at various stations are tested by using this proposed technique. The comparison of motor efficiencies obtained from the estimation and the calculated values from the reliable variable speed drive (VSD) are illustrated and discussed. The efficiency results show that the errors are less than 2 %. It can be seen that this proposed technique is simple, low cost, accurate and suitable for the application of improved condition based maintenance.

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในระบบการดำเนินการรถไฟใต้ดินของประเทศไทย ซึ่งพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 10 ล้านหน่วยต่อเดือน ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องจัดการให้มีความคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากที่สุด การกำหนดแนวทางการตรวจสอบและการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในระบบให้อยู่ในสภาพที่ดีและมีประสิทธิภาพที่สูงจึงเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานได้ มอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ (tunnel ventilation fan motor, TVF) เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีพิกัดกำลังสูงกลุ่มหนึ่งซึ่งมีการใช้งานอยู่เป็นจำนวนมากตามสถานีต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นต้องทำการตรวจวัดหาค่าประสิทธิภาพขณะที่ใช้งานจริงอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว โดยทั่วไปแล้ววิธีการหาค่าประสิทธิภาพที่มีความแม่นยำ จำเป็นจะต้องกระทำในห้องปฏิบัติการเช่น การทดสอบภาระทางกล (load test) หรือการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูล (no-load and blocked-rotor tests) จะเห็นได้ว่าวิธีการเหล่านี้ไม่สามารถนำมาใช้ได้กับมอเตอร์ที่จำเป็นจะต้องอยู่ในระบบการให้บริการตลอดเวลา ทั้งนี้เนื่องมาจากต้องมีการถอดมอเตอร์ออกจากระบบเพื่อทำการทดสอบและต้องทำการติดตั้งมอเตอร์กลับเข้าไปใหม่ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูงอีกด้วย อย่างไรก็ตามยังคงมีวิธีการอื่น ๆ ที่สะดวกเช่น การวัดค่าความเร็ว (slip method) หรือการวัดค่ากระแส (current method) ขณะมอเตอร์ทำงานอยู่ในระบบแต่วิธีการเหล่านี้จะมีความคลาดเคลื่อนที่สูง [1] ดังนั้นบทความนี้จะนำเสนอแนวทางใหม่ที่สะดวก ประหยัด (economical technique) และมีความแม่นยำสูง สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ขณะใช้งานจริง (on-site efficiency estimation, OEE)

2. ระบบระบายอากาศในอุโมงค์รถไฟใต้ดิน

ระบบระบายอากาศในอุโมงค์มีไว้เพื่อระบายอากาศร้อนในอุโมงค์ในสภาวะปกติและสภาวะที่คับคั่ง รวมถึงการระบายอากาศร้อนและควันในสภาวะฉุกเฉิน อีกทั้งยังจำเป็นต้องควบคุมทิศทางและแรงดันลมจากการอัด

อากาศในการวิ่งของรถไฟ (train piston effect) ออกสู่ภายนอก



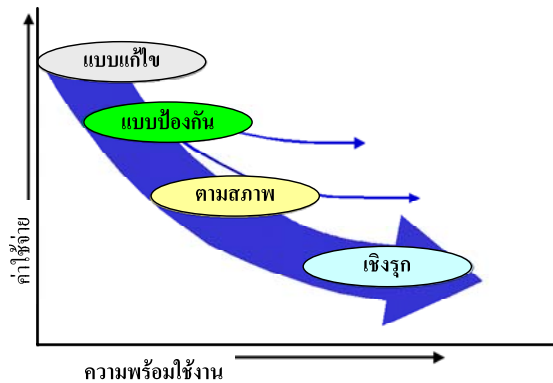
รูปที่ 1 มอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์

พัดลมระบายอากาศเป็นส่วนหนึ่งของระบบระบายอากาศในอุโมงค์ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบดูดความร้อนใต้ฐานขาลา ระบบระบายอากาศในอุโมงค์ และระบบตรวจ จับความร้อนในอุโมงค์ ในบทความนี้จะทำการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ที่ใช้งานอยู่ตามสถานีต่าง ๆ ในปัจจุบันซึ่งมีพิกัดดังนี้ 108 kW, 380 V, 50 Hz, 205 A, cos 0.85, 985 rpm, Ins. Class H ซึ่งมีการใช้งานติดตั้งแบบ Axial Flow หมายถึงลมผ่านในแนวแกนของโรเตอร์ ดังรูปที่ 1 ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ใช้แหล่งจ่ายที่เป็น Inverter ABB, type ACS 604-0140-3, 140 kVA, 380/400/415 VAC เพื่อควบคุมความเร็วรอบของพัดลม (variable speed drive, VSD)

3. ระบบการบำรุงรักษา

วิวัฒนาการในการบำรุงรักษา (maintenance) [2-3] มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเริ่มตั้งแต่การบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรนั้นเกิดชำรุดขัดข้อง (reactive maintenance) มาเป็นระบบการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (preventive maintenance) และต่อมาเป็นแนวคิดแบบการบำรุงรักษาตามสภาพ (condition based maintenance) และในที่สุดมาเป็นระบบการบำรุงรักษาแบบเชิงรุก (proactive maintenance) จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าการดำเนินการบำรุงรักษาแต่ละรูปแบบนั้นมีความแตกต่างกันอยู่มากพอควร โดยเริ่มตั้งแต่การบำรุงรักษาแบบแก้ไขซึ่งจะกระทำเมื่อเครื่องจักรบกพร่องทำให้เกิดค่าใช้จ่ายและความเสี่ยงสูง

การบำรุงรักษาแบบป้องกันเป็นการปฏิบัติตามวาระซึ่งช่วยลดความล้มเหลวการทำงานของเครื่องจักรให้น้อยลงได้แต่



รูปที่ 2 วิวัฒนาการของระบบการบำรุงรักษา

ยังคงมีค่าใช้จ่ายสูงและอาจเกิดความเสียหายของเครื่องจักรได้ในอนาคต สำหรับการบำรุงรักษาตามสภาพเป็นการตรวจวัดสภาพเครื่องจักรขณะใช้งานจริงซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากเนื่องจากมีข้อมูลในการวินิจฉัยสภาพจริงทำให้สามารถลดการขัดข้องของเครื่องจักรได้มากยิ่งขึ้น และยังช่วยลดขั้นตอนการบำรุงรักษาแบบป้องกันได้อีกด้วยซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายลงได้ การบำรุงรักษาแบบล่าสุดคือการบำรุงรักษาเชิงรุกซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่อาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรก่อนความเสียหายจะเกิดขึ้นทำให้เครื่องจักรเกิดความล้มเหลวในการทำงานน้อยที่สุด จะเห็นได้ว่าการบำรุงรักษาเชิงรุกนั้นจะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการซ่อมบำรุงต่ำที่สุดและทำให้เครื่องจักรมีความพร้อมใช้งานมากที่สุดด้วย สำหรับแนวทางการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ที่นำเสนอนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในระบบการบำรุงรักษาตามสภาพ

4. การประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์ขณะใช้งาน

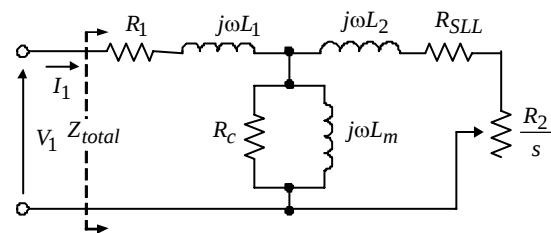
โดยทั่วไปวิธีการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ขณะใช้งานที่สะดวกจะเป็นการใช้ข้อมูลจากแผ่นป้ายพัดลมร่วมกับข้อมูลที่วัดได้จากมอเตอร์เช่น current method ซึ่งค่าประสิทธิภาพสามารถประมาณได้จาก

$$\text{Load (p.u.)} = \left(\frac{I_{\text{Measured}}}{I_{\text{fl(Nameplate)}}} \right) \left(\frac{V_{\text{Measured}}}{V_{\text{Nameplate}}} \right) \quad (1)$$

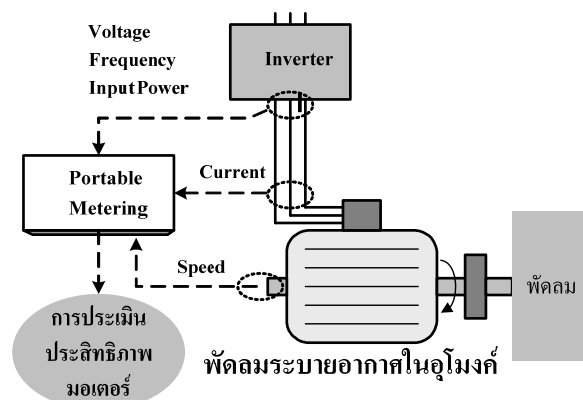
$$P_{\text{out}} = P_{\text{rated(Nameplate)}} \times \text{Load (p.u.)} \quad (2)$$

$$\text{Field Efficiency} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in(Measured)}}} \quad (3)$$

เมื่อค่า I_{Measured} , V_{Measured} และ P_{in} เป็นกระแสแรงดัน และกำลังไฟฟ้าจากการวัดตามลำดับ ค่า I_{fl} , $V_{\text{Nameplate}}$ และ P_{rated} เป็นกระแสแรงดัน และกำลังไฟฟ้าที่กักจากแผ่นป้ายพัดลมตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากวิธีการนี้มีความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากค่ากำลังของมอเตอร์ P_{out} ใช้เพียงค่ากระแสที่วัดได้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่อ้างอิงจากแผ่นป้ายพัดลม แต่ถ้าต้องการเพิ่มความแม่นยำของวิธีนี้จำเป็นต้องทราบข้อมูลของกระแสขณะไม่มีภาระร่วมพิจารณาด้วยซึ่งเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ



รูปที่ 3 วงจรสมมูลมอเตอร์พัดลมระบายอากาศต่อเฟส



รูปที่ 4 การตรวจวัดข้อมูลของมอเตอร์พัดลมระบายอากาศ

บทความนี้เป็นนารนำเสนอวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ วงจรสมมูลของมอเตอร์พัฒมระบบายอากาศดังรูปที่ 3 ใน แนวทางใหม่โดยการใช้ข้อมูลทางไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริง (แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า ความถี่) และข้อมูลทางกลคือ ความเร็วรอบมอเตอร์ขณะใช้งานดังรูปที่ 4 นำมาในการ ประมวลผลร่วมกับวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบจินตติ กอัลกอริธึม (Genetic Algorithms) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการ ค้นหาค่าตอบที่ดีที่สุดของค่าตอบฟังก์ชันที่เป็นไปได้โดย การจำลองการขยายพันธุ์ของยีน (gene) ซึ่งเป็นการคัดเลือก โครโมโซม (chromosome) ที่เหมาะสมที่สุด และถ่ายทอด ไปยังคุณลักษณะโครโมโซมลูก โครโมโซมทางพันธุกรรม จะเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยบิตจำนวน n บิต บทความนี้ใช้ ข้อมูลบิตเป็นแบบจำนวนจริง (real) ขั้นตอนการหาค่าที่ เหมาะสมจะประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก (objective) และ เงื่อนไข (constraints) โดยจะจัดให้อยู่ในรูปของฟังก์ชัน จำลอง (pseudo) และค่า Fitness นำมาประมวลผลหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของวงจรสมมูลที่เหมาะสมที่ทำให้ ค่ากระแส ($I_{1,cal}$) และกำลัง ไฟฟ้า ($P_{in,cal}$) ที่คำนวณได้ มีค่าใกล้เคียงกับค่ากระแส ($I_{1,mea}$) และกำลังไฟฟ้า ($P_{in,mea}$) ที่วัด ได้จริงซึ่งจะทำให้สมการเป้าหมาย (Objective Function) มีค่าต่ำที่สุด [4]

$$\text{Min. } F_{\text{objective}} = \left| \frac{I_{1,cal}}{I_{1,mea}} - 1 \right|^2 + \left| \frac{P_{in,cal}}{P_{in,mea}} - 1 \right|^2 \quad (4)$$

โดยกระแส และกำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้สามารถหาได้จาก

$$I_{1,cal} = \frac{V_1}{Z_{total}(R_1, R_2, R_c, R_{SLL}, L_1, L_2, L_m)} \quad (5)$$

$$P_{in,cal} = 3V_1 I_{1,cal} (PF) \quad (6)$$

จะเห็นได้ว่าการเพิ่ม R_{SLL} (stray load loss parameter) [5] ในรูปที่ 3 เป็นการปรับปรุงวงจรสมมูลให้ใกล้เคียงกับ สภาพใช้งานจริงเพื่อทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่ประเมินมี ความแม่นยำยิ่งขึ้น เมื่อทราบค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูล แล้วจะสามารถหาค่ากำลังของมอเตอร์ P_{out} ขณะใช้งาน

จริงได้จากการคำนวณโดยใช้หลักการของวงจรสมมูล และ นำไปประเมินค่าประสิทธิภาพโดยใช้สมการที่ (3)

5. การทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในบทความนี้ได้้นำวิธีการที่นำเสนอไปประเมินหา ค่าประสิทธิภาพขณะใช้งานจริงของมอเตอร์พัฒมระบบาย อากาศในอุโมงค์ที่ติดตั้งอยู่ในสถานิต่าง ๆ ซึ่งมอเตอร์จะมี ประสิทธิภาพที่พิกัดประมาณ 94 % (จากแผ่นป้ายพิกัด) มอเตอร์แต่ละตัวจะมีการทำงานอยู่ 2 รูปแบบ คือ การจ่าย ลมเข้าอุโมงค์ (supply-S) และการดูดลมออกจากอุโมงค์ (exhaust-E) ซึ่งจะใช้ความเร็วที่แตกต่างกัน ในการทำงาน ของมอเตอร์จะใช้แหล่งจ่ายที่เป็น Inverter เพื่อควบคุม ความเร็วพัฒมให้ทำงานในแต่ละรูปแบบ จากรูปที่ 4 ทำ การวัดข้อมูลต่าง ๆ ของมอเตอร์พัฒมระบบายอากาศที่ สถานีหัวลำโพง (HUA) จำนวน 3 ตัว (F100, F101, F150) โดยวัดข้อมูลในขณะที่พัฒมทำงานทั้งแบบจ่ายลมเข้า (S) และดูดลมออก (E) ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลจากการวัดขณะใช้งานของมอเตอร์พัฒม ระบบายอากาศที่สถานีหัวลำโพงด้วยวิธี OEE

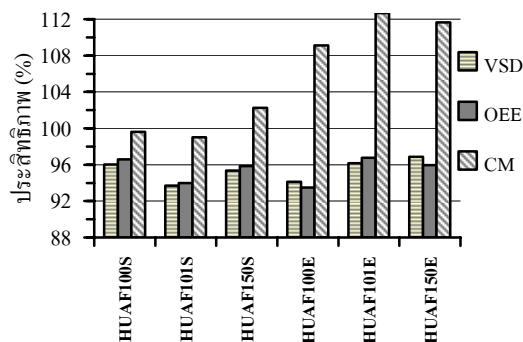
	การวัดค่าขณะใช้งาน				
	Speed (rpm)	Freq. (Hz)	Voltage (V)	Current (A)	P_{in} (kW)
TVF					
HUAF100S	1010.0	51.04	368.14	172.24	88.24
HUAF101S	1010.0	51.02	370.80	170.18	88.36
HUAF150S	1000.0	50.44	366.22	154.90	76.92
HUAF100E	880.0	44.37	341.54	144.75	62.82
HUAF101E	880.0	44.35	329.44	134.53	54.54
HUAF150E	880.0	44.38	335.80	145.85	60.81

เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 1 ของมอเตอร์แต่ละตัว ไปทำการประมวลผลหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูล และสามารถนำไปใช้คำนวณหาค่า P_{out} (OEE) ของ มอเตอร์แต่ละตัวได้ซึ่งเมื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับค่า P_{out} (VSD) ที่เกิดขึ้นจริงซึ่งได้จากการแสดงค่าของ Inverter พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกันมากดังแสดงในตารางที่ 2 และเมื่อ นำไปพิจารณาประเมินหาค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์โดย เปรียบเทียบกับวิธี CM (current method) เท่านั้น จะเห็นได้

ว่าวิธีการวัดความเร็ว (slip method) จะไม่สามารถนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพได้ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์พัฒมมีการควบคุมความเร็ว ข้อมูลจากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอมีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จาก Inverter โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 % ในขณะที่วิธี CM จะมีความคลาดเคลื่อนที่สูงมากซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 5

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัฒมที่สถานีหัวลำโพงโดยวิธี OEE และ CM

TVF	VSD P_{out} (kW)	OEE P_{out} (kW)	VSD Eff. (%)	OEE Eff. (%)	CM Eff. (%)
HUAF100S	84.73	85.22	96.02	96.58	99.62
HUAF101S	82.81	83.03	93.71	93.97	99.01
HUAF150S	73.33	73.73	95.34	95.85	102.25
HUAF100E	59.12	58.73	94.11	93.48	109.11
HUAF101E	52.44	52.77	96.15	96.75	112.66
HUAF150E	58.91	58.35	96.87	95.96	111.66



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพขณะใช้งานจริงของมอเตอร์พัฒมระบายอากาศที่สถานีหัวลำโพง

เพื่อเป็นการยืนยันผลสำเร็จของวิธีการที่นำเสนอได้ทำการประเมินค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์พัฒมระบายอากาศที่สถานีสามย่าน (SAM) จำนวน 3 ตัว (F200, F201, F250) และสถานีลุมพินี (LUM) จำนวน 3 ตัว (F400, F401, F450) ซึ่งผลการวัดค่าต่าง ๆ เมื่อใช้วิธีการที่นำเสนอแสดงดังตารางที่ 3 และผลการประเมินประสิทธิภาพขณะใช้งานจริงของมอเตอร์พัฒมระบายอากาศแสดงได้ดังรูปที่

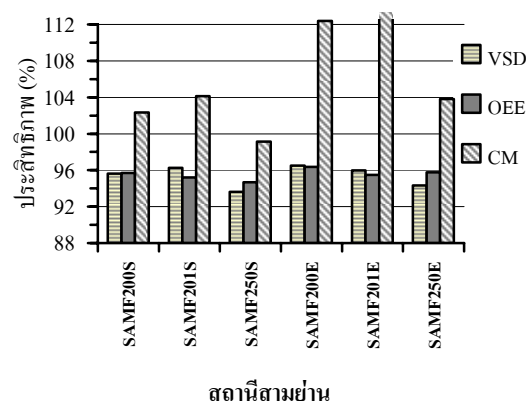
6 จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพที่ประเมินได้ (OEE) มีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าจริง (VSD) ไม่เกิน 2 % เช่นเดียวกัน

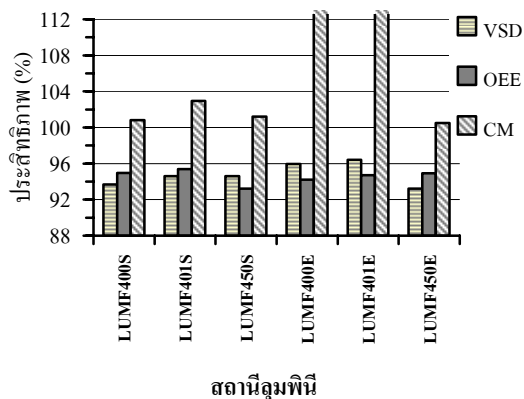
จากการประเมินค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์พัฒมระบายอากาศที่สถานีต่าง ๆ โดยใช้วิธีการที่นำเสนอจะเห็นได้ว่าสามารถให้ค่าประสิทธิภาพที่มีความแม่นยำสูงซึ่งเป็นแนวทางใหม่ที่สะดวกรวดเร็ว และประหยัด เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบและวินิจฉัยสภาพจริงของมอเตอร์ได้ในกรณีที่ไม่สามารถวัดค่า P_{out} ของมอเตอร์เพื่อนำมาใช้ในการตารางที่ 3 ข้อมูลจากการวัดขณะใช้งานของมอเตอร์พัฒมระบายอากาศที่สถานีสามย่านและลุมพินีด้วยวิธี OEE

TVF	การวัดค่าขณะใช้งาน				
	Speed (rpm)	Freq. (Hz)	Voltage (V)	Current (A)	P_{in} (kW)
SAMF200S	1010.0	51.04	370.00	171.00	85.71
SAMF201S	1015.0	51.27	370.00	174.00	85.71
SAMF250S	1015.0	51.38	370.00	201.00	104.0
SAMF200E	880.0	44.39	345.00	150.00	63.83
SAMF201E	880.0	44.38	336.00	145.00	59.60
SAMF250E	880.0	44.40	320.00	146.00	62.40

สถานีลุมพินี

LUMF400S	1009.6	50.97	371.00	168.00	85.71
LUMF401S	1010.2	50.97	365.00	168.00	82.57
LUMF450S	1009.6	51.17	365.00	200.00	100.0
LUMF400E	880.0	44.35	339.00	144.00	57.32
LUMF401E	880.0	44.35	333.00	140.00	54.87
LUMF450E	880.0	44.41	340.00	146.00	68.45





รูปที่ 6 ค่าประสิทธิภาพขณะใช้งานจริงของมอเตอร์พัฒนา
ระบายอากาศที่สถานีสามย่านและลุมพินี

เป็นข้อมูลที่สำคัญในระบบการบำรุงรักษาตามสภาพ ตัวอย่างเช่น ถ้าจากการตรวจสอบพบว่ามอเตอร์พัฒนาบางตัวมีประสิทธิภาพประมาณ 90 % ซึ่งต่ำกว่าปกติ (94 %) แสดงว่ามอเตอร์ตัวนั้นอาจจะมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นแล้ว จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาโดยเร่งด่วนเพื่อป้องกันการเสียหายซึ่งอาจจะทำให้เกิดการขัดข้องในระบบการทำงาน ข้อได้เปรียบที่สำคัญของวิธีการที่นำเสนอนี้คือสามารถให้ผลการประเมินค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ขณะใช้งานจริงที่แม่นยำกว่าการใช้วิธีการดั้งเดิมเช่น การวัดค่ากระแสหรือการวัดค่าความเร็วซึ่งอาจจะไม่สามารถใช้ได้กับกรณีที่มีมอเตอร์มีการควบคุมความเร็ว

6. บทสรุป

การประเมินประสิทธิภาพมีความจำเป็นต่องานบำรุงรักษามอเตอร์ในปัจจุบันที่ใช้วิธีการบำรุงรักษาตามสภาพซึ่งมีการปรับระยะเวลาและรูปแบบของการซ่อมบำรุงเครื่องจักรตามความเหมาะสมเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด และยังช่วยให้ทราบปัญหาหรือสภาพของมอเตอร์ได้อย่างลึกซึ้งมากกว่าวิธีการตรวจวัดทั่วไป การประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์พัฒนาระบายอากาศขณะใช้งานโดยใช้วิธีการที่นำเสนอนี้มีความสะดวกรวดเร็วและประหยัดเนื่องจากไม่มีการถอดมอเตอร์ออกจากระบบระบายอากาศเพื่อไปทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และมีความแม่นยำสูง (คลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 %) วิธีการนี้จะใช้เพียงข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าแรงดัน กระแส ความถี่ และ

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ และความเร็วรอบที่เพลาของมอเตอร์ขณะใช้งานเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการประเมินประสิทธิภาพตามวิธีที่นำเสนอนี้เป็นวิธีการใหม่ในปัจจุบันที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้งานได้จริงกับมอเตอร์ที่ไม่สามารถถอดออกจากระบบการทำงานได้ เนื่องจากการติดตั้งหรือการถอดมอเตอร์นั้นมีความยุ่งยากหรือมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก และที่สำคัญวิธีการที่นำเสนอนี้จะมีประโยชน์อย่างมากกับระบบการบำรุงรักษาตามสภาพ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท รดไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) และ Wire & Wireless Co., Ltd. ที่ได้ให้ความสะดวกและคำแนะนำเป็นอย่างดีในการเข้าทำการตรวจวัดค่าของมอเตอร์พัฒนาระบายอากาศในอุโมงค์ที่สถานีต่าง ๆ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. S. Hsu, and B. P. Scoggins, "Field test of motor efficiency and load changes through air-gap torque," IEEE Trans. Energy Conversion, Vol. 10, No. 3, pp. 471-477, September 1995.
- [2] ประยุทธ์ จันทระเจริญสุข, Module 202 ระบบจัดการงานซ่อมบำรุง Part 1, เอกสารการฝึกอบรม, บริษัท รดไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน), 2548.
- [3] สุรพล ราษฎร์นัย, วิศวกรรมการบำรุงรักษา, ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2545.
- [4] T. Phumiphak, and C. Chat-uthai, "An Economical Method for Induction Motor Field Efficiency Estimation for Use in On-site Energy Audit and Management," Proceeding of 2004 International Conference on Power System Technology, PowerCon 2004, Singapore, November 2004.
- [5] IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motor and Generators, IEEE Standard 112-1996, New York, May 1997.