

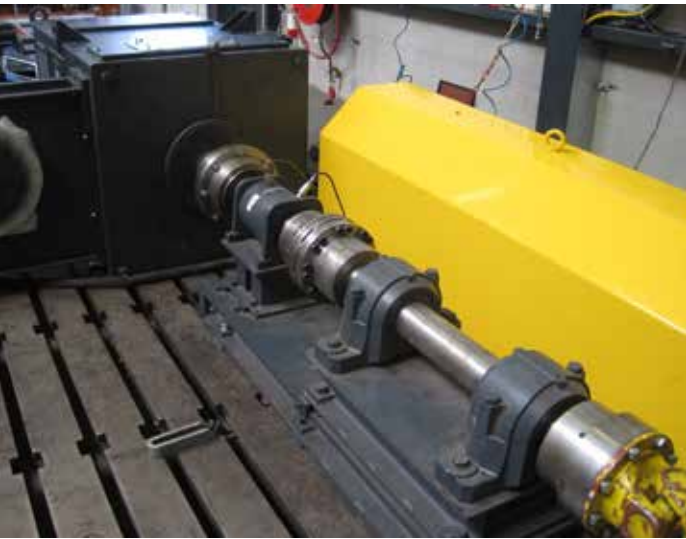
บันทึกการใช้งาน

# ประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของมอเตอร์ไฟฟ้า: แนวทางการทดสอบใหม่ตรงกับสถานะตามความเป็นจริง

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระบวนการด้านอุตสาหกรรมต่างๆ และคิดเป็น 70% ของปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และใช้พลังงานถึง 46% ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ทั่วโลก เมื่อพิจารณาถึงความจำเป็นของมอเตอร์ต่อกระบวนการด้านอุตสาหกรรม ค่าใช้จ่ายจากการหยุดทำงานของมอเตอร์ที่ขัดข้องอาจคิดเป็นเงินจำนวนหลายหมื่นดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมง การทำให้มั่นใจว่ามอเตอร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือจึงเป็นหนึ่งในหน้าที่ที่สำคัญที่สุดที่ช่างบำรุงรักษาและวิศวกรต้องพบเจออยู่เป็นประจำ

การใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ได้เป็นเพียงสิ่งที่ “มีก็ดี” ในหลายๆ สถานการณ์ ประสิทธิภาพด้านพลังงานอาจส่งผลต่อความสามารถในการทำกำไรและผลตอบแทนทางการเงิน และเนื่องจากมอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่ค่อนข้างมากในอุตสาหกรรม มอเตอร์จึงกลายเป็นเป้าหมายหลักสำหรับการสร้างเงินออมและการรักษาไว้ซึ่งความสามารถในการทำกำไร นอกจากนี้ ความต้องการที่จะระบุการประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพ และลดการพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติกำลังผลักดันให้บริษัทจำนวนมากเลือกใช้มาตรฐานอุตสาหกรรม เช่น ISO 50001 มาตรฐาน ISO 50001 มอบโครงสร้างและข้อกำหนดสำหรับการจัดตั้ง นำไปใช้ และบำรุงรักษาระบบการจัดการพลังงานเพื่อประโยชน์ในการประหยัดพลังงานที่ยั่งยืน





## วิธีการทดสอบมอเตอร์แบบทั่วไป

วิธีการทั่วไปสำหรับการวัดสมรรถนะและประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า ถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจน แต่กระบวนการดังกล่าวอาจมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงและยากที่จะนำไปปรับใช้ในกระบวนการทำงาน ในความเป็นจริงแล้ว การตรวจสอบสมรรถนะของมอเตอร์อาจจำเป็นต้องปิดระบบแบบสมบูรณ์ซึ่งอาจก่อให้เกิดการหยุดทำงานซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ในการวัดประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีการประเมินทั้งกำลังไฟฟ้าขาเข้าและกำลังทางกลขาออกในสภาวะการทำงานที่หลากหลายและเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ วิธีการทั่วไปสำหรับวัดสมรรถนะของมอเตอร์จำเป็นต้องใช้ช่างเทคนิคในการติดตั้งมอเตอร์เข้ากับแท่นทดสอบมอเตอร์เป็นอย่างแรก แท่นทดสอบมอเตอร์ประกอบไปด้วยมอเตอร์ที่อยู่ในระหว่างการทดสอบซึ่งติดตั้งเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไดนาโมมิเตอร์ มอเตอร์ที่อยู่ในระหว่างการทดสอบจะถูกเชื่อมต่อไปที่โหลดด้วยเพลลา ที่เพลลาจะมีเซ็นเซอร์วัดความเร็ว (เครื่องวัดความเร็วรอบ) และเซ็นเซอร์วัดทอร์กซึ่งให้ข้อมูลที่ช่วยในการคำนวณพลังงานเชิงกล ระบบดังกล่าวจะให้ข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยความเร็ว ทอร์ก และพลังงานเชิงกล บางระบบอาจมาพร้อมความสามารถในการวัดพลังงานไฟฟ้าซึ่งช่วยในการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์



## ประสิทธิภาพคำนวณโดย

$$\eta \text{ (ประสิทธิภาพ)} = \frac{\text{พลังงานเชิงกล}}{\text{พลังงานไฟฟ้า}}$$

ระหว่างการทดสอบ จะมีการเปลี่ยนแปลงโหลดเพื่อหาค่าประสิทธิภาพในโหมดการทำงานในหลากหลายช่วง ระบบแท่นทดสอบอาจดูเรียบง่ายแต่ก็มีข้อเสียในตัวเองหลายประการ ได้แก่:

1. ต้องมีการหยุดใช้งานมอเตอร์
2. โหลดของมอเตอร์ไม่ได้แสดงของโหลดที่มอเตอร์ต้องแบกรับอย่างแท้จริงในขณะที่กำลังทำงาน
3. ระหว่างที่ทำการทดสอบ การทำงานจะถูกจับไว้ชั่วคราว (ทำให้เกิดการหยุดทำงาน) หรือต้องมีการติดตั้งมอเตอร์สำรองชั่วคราว
4. เซ็นเซอร์วัดทอร์กมีราคาสูงและมีช่วงการทำงานที่จำกัด ดังนั้นจึงอาจจะต้องอาศัยเซ็นเซอร์หลายตัวในการทดสอบมอเตอร์แบบต่างๆ
5. แท่นทดสอบมอเตอร์ที่สามารถครอบคลุมมอเตอร์หลากหลายประเภทมีราคาสูง และผู้ใช้งานแท่นทดสอบประเภทนี้มักจะเป็นผู้เชี่ยวชาญการซ่อมมอเตอร์หรือองค์กรที่ทำหน้าที่พัฒนา
6. ไม่ได้มีการพิจารณาสภาวะการทำงานตาม "ความเป็นจริง"



## พารามิเตอร์สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าออกแบบมาเพื่อการใช้งานเฉพาะตัวโดยขึ้นอยู่กับโหลด ดังนั้นมอเตอร์แต่ละตัวจึงมีลักษณะที่แตกต่างกัน ลักษณะดังกล่าวได้รับการจัดประเภทตามมาตรฐานของ NEMA (National Electrical Manufacturers Association) หรือ IEC (International Electrotechnical Commission) และมีผลโดยตรงต่อการทำงานและประสิทธิภาพของมอเตอร์ แต่ละมอเตอร์จะมีป้ายประจำเครื่องซึ่งระบุรายละเอียดพารามิเตอร์การปฏิบัติงานหลักของมอเตอร์ และรายละเอียดเกี่ยวกับประสิทธิภาพตามคำแนะนำของ NEMA หรือ IEC บัญชีข้อมูลป้ายประจำเครื่องสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบข้อกำหนดของตัวเครื่องกับโหมดการใช้งานจริง ตัวอย่างเช่น เมื่อเปรียบเทียบค่าดังกล่าวคุณอาจทราบว่ามอเตอร์ทำงานเกินความเร็วที่คาดไว้หรือเกินทอร์คที่ระบุไว้ในข้อมูลจำเพาะ ซึ่งในกรณีนี้อายุการใช้งานของมอเตอร์อาจจะสั้นลงหรืออาจเกิดความขัดข้องก่อนกำหนดได้ ผลกระทบอื่นๆ ได้แก่ ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าและฮาร์โมนิกที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่แย่มากสมรรถนะของมอเตอร์ หากเกิดสภาวะดังกล่าวขึ้น มอเตอร์จำเป็นต้องถูก "ลดพิทช์" กล่าวคือ สมรรถภาพที่คาดไว้ของมอเตอร์จะต้องถูกปรับลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้การหยุดชะงักหากไม่สามารถสร้างพลังงานเชิงกลได้เพียงพอ การปรับลดพิทช์จะคำนวณตามมาตรฐานของ NEMA ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดไว้สำหรับประเภทของมอเตอร์ มาตรฐานของ NEMA และ IEC มีความแตกต่างกันอยู่บ้าง แต่ในภาพรวมแล้วมีความคล้ายคลึงกัน

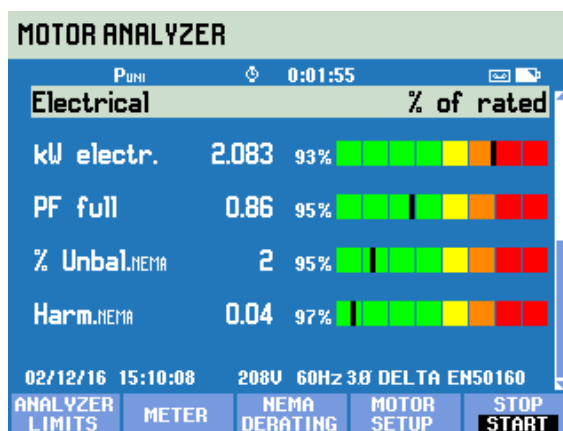
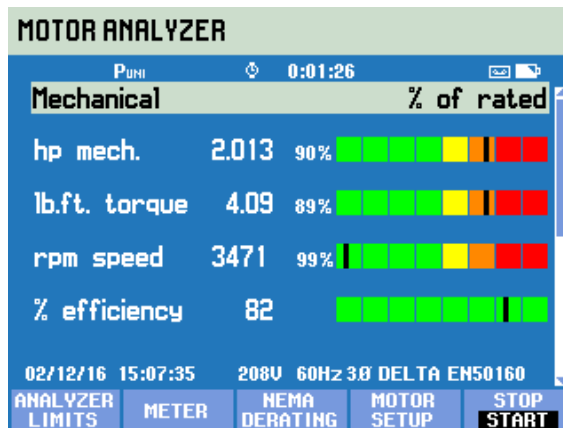
## สภาวะการทำงานตามความเป็นจริง

การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าบนแท่นทดสอบมอเตอร์มักจะหมายความว่ามอเตอร์ดังกล่าวถูกทดสอบภายใต้สถานการณ์ที่ดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในทางตรงกันข้าม เมื่อมีการใช้มอเตอร์ในการทำงาน สภาวะการทำงานที่แย่ที่สุดมักจะเกิดขึ้น ความแปรปรวนในสภาวะการทำงานต่างก็มีส่วนทำให้เกิดการเสื่อมสภาวะของสมรรถนะมอเตอร์ ตัวอย่างเช่น ภายในอาคารอุตสาหกรรมอาจมีการติดตั้งโหลดซึ่งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้าซึ่งทำให้เกิดความไม่สมดุลขึ้นในระบบ หรืออาจทำให้เกิดฮาร์โมนิก สภาวะแต่ละประเภทเหล่านี้สามารถส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของมอเตอร์ได้ นอกจากนี้ โหลดที่มอเตอร์ขับเคลื่อนอาจจะไม่เหมาะสมหรือสอดคล้องกับการออกแบบดั้งเดิมของมอเตอร์ โหลดอาจจะใหญ่เกินกว่าที่มอเตอร์จะจัดการได้อย่างเหมาะสม หรือโหลดเกินเนื่องจากการควบคุมกระบวนการที่แย่ และยังสามารถขัดขวางโดยแรงเสียดทานส่วนเกินซึ่งเกิดจากการที่วัตถุแปลกปลอมเข้าไปขัดขวางบีบ หรือส่วนที่หมุนได้ของใบพัด การตรวจวัดความผิดปกติเหล่านี้อาจทำได้ยากและใช้เวลานาน ส่งผลให้การแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพเป็นไปได้ยาก

## แนวทางใหม่

เครื่องวิเคราะห์ห่มอเตอร์และคุณภาพพลังงานไฟฟ้า Fluke 438-II มอบริภัณฑ์ที่เรียบง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดสอบประสิทธิภาพมอเตอร์ ในขณะที่ทำให้ไม่ต้องใช้เซ็นเซอร์เชิงกลภายนอกและไม่ทำให้เกิดการหยุดทำงานซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก Fluke 438-II ที่มีรากฐานมาจากเครื่องวิเคราะห์คุณภาพพลังงานและกำลังไฟฟ้า Fluke 430-II Series มีความสามารถเพิ่มในการวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้า รวมถึงสามารถวัดพารามิเตอร์เชิงกลสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าที่สตาร์ทแบบต่อตรงได้อีกด้วย 438-II อาศัยข้อมูลจากป้ายประจำเครื่อง (ทั้ง NEMA หรือ IEC) ประกอบกับการวัดพลังงานแบบสามเฟสเพื่อคำนวณข้อมูลสมรรถนะของมอเตอร์ตามเวลาจริง รวมถึงความเร็ว ทอร์ค พลังงานเชิงกล และประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องใช้เซ็นเซอร์ความเร็วและทอร์คเพิ่มเติม 438-II ยังคำนวณตัวคูณลดพิทช์ของมอเตอร์โดยตรงในโหมดการทำงาน

ช่างเทคนิคหรือวิศวกรจะเป็นผู้ป้อนข้อมูลที่ Fluke 438-II จำเป็นต้องใช้เพื่อทำการวัดค่า รวมถึงกำลังไฟฟ้าพิกัดในหน่วย kW หรือ HP, แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่กำหนด, ความถี่ที่กำหนด,  $\cos \phi$  ที่กำหนดหรือตัวประกอบกำลัง, เซอร์วิสแฟกเตอร์ที่กำหนด และประเภทการออกแบบของมอเตอร์จากการจัดคลาสของ NEMA หรือ IEC



**วิธีการทำงาน**

หน่วย Fluke 438-II มอบการวัดเชิงกล (ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ โหลด ทอร์กและประสิทธิภาพ) โดยปรับใช้อัลกอริทึมที่เป็นกรรมสิทธิ์เข้ากับสัญญาณไฟฟ้ารูปแบบคลื่น อัลกอริทึมผสมผสานการรวมตัวของรุ่นตามหลักฟิสิกส์และข้อมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยไม่ต้องใช้การทดสอบการวัดค่าล่วงหน้าซึ่งโดยปกติแล้วจำเป็นต้องใช้เพื่อประเมินพารามิเตอร์รุ่นของมอเตอร์ เช่น ความต้านทานสแตเตอร์ ความเร็วของมอเตอร์สามารถประมาณได้จากฮาร์โมนิกของโรเตอร์สล็อตซึ่งปรากฏอยู่ในรูปคลื่นกระแส ทอร์กที่เพลลาของมอเตอร์อาจเชื่อมโยงกับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำ กระแสไฟฟ้า และ สลิป โดยความถี่ของสัญญาณภาพที่เป็นที่เป็นที่ทราบกันดีแต่มีความซับซ้อนพลังงานไฟฟ้าวัดโดยใช้กระแสไฟฟ้าขาเข้าและแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ในรูปแบบคลื่น เมื่อได้ค่าประมาณของทอร์กและความเร็วแล้ว พลังงานเชิงกล (หรือโหลด) จะถูกคำนวณโดยใช้ทอร์กคูณด้วยความเร็ว ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะถูกคำนวณโดยการหารค่าประมาณของพลังงานเชิงกลด้วยค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้ Fluke ได้ทำการทดสอบอย่างเข้มงวดด้วยไดนาโมมิเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่ติดตั้งเครื่องตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าจริง ทอร์กของเพลลาของมอเตอร์ และความเร็วของมอเตอร์: ถูกวัดและเปรียบเทียบกับค่าที่รายงานจาก 438-II เพื่อกำหนดระดับความแม่นยำ

**สรุป**

แม้ว่าวิธีการทั่วไปสำหรับการวัดสมรรถนะและประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจน แต่ก็ยังได้มีการใช้วิธีการดังกล่าวอย่างแพร่หลายเสมอไป สาเหตุหลักเป็นเพราะค่าใช้จ่ายจากการหยุดทำงานที่เกี่ยวข้องกับการหยุดการทำงานของมอเตอร์ และบางครั้งอาจเป็นทั้งระบบเพื่อจุดประสงค์ในการทดสอบ Fluke 438-II มอบข้อมูลที่แม่นยำเป็นอย่างมาก ซึ่งก่อนหน้านี้ได้มาซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นเรื่องที่ยากลำบากและมีค่าใช้จ่ายที่สูง นอกจากนี้ Fluke 438-II ใช้ความสามารถในการวิเคราะห์คุณภาพพลังงานไฟฟ้าขั้นสูงเพื่อวัดสภาวะสุขภาพของคุณภาพพลังงานในขณะที่ยังอยู่ในโหมดการทำงานจริง การวัดประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่จำเป็นถูกทำให้ง่ายขึ้นเนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้เซ็นเซอร์ทอร์กภายนอกและเซ็นเซอร์ความเร็วแยกต่างหาก ทำให้เป็นไปได้ที่จะวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการที่ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์อุตสาหกรรมในขณะทำงาน สิ่งนี้ทำให้ช่างเทคนิคสามารถลดเวลาในการหยุดทำงาน และยังให้โอกาสกับพวกเขาในการวัดแนวโน้มสมรรถนะของมอเตอร์ได้เป็นเวลานาน ทำให้สามารถเห็นภาพรวมของสุขภาพและสมรรถนะของระบบได้ การวัดแนวโน้มสมรรถนะทำให้สามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจแสดงถึงความขัดข้องของมอเตอร์ที่ใกล้จะเกิดขึ้นและทำให้สามารถเปลี่ยนมอเตอร์ทดแทนได้ก่อนที่จะเกิดความขัดข้อง

**Fluke** ให้โลกของคุณคงอยู่ และก้าวต่อไป®

**Fluke Corporation**  
PO Box 9090, Everett, WA 98206 U.S.A.

**Fluke Europe B.V.**  
PO Box 1186, 5602 BD  
Eindhoven, The Netherlands

**สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมโทร:**  
ในประเทศสหรัฐอเมริกา (800) 443-5853 หรือ  
หมายเลข (425) 446-5116  
ในยุโรป/ตะวันออกกลาง/แอฟริกา +31 (0) 40 2675 200 หรือ  
หมายเลข +31 (0) 40 2675 222  
ในแคนาดา (800)-36-FLUKE หรือ  
หมายเลข (905) 890-6866  
ในประเทศอื่นๆ +1 (425) 446-5116 หรือ  
หมายเลข +1 (425) 446-5116  
เว็บไซต์: <http://www.fluke.com>

©2016 Fluke Corporation  
ข้อมูลจำเพาะอาจมีการเปลี่ยนแปลงโดยไม่จำเป็นต้องแจ้งให้ทราบ  
8/2016 6008191a-th  
ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
อย่างเป็นทางการโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Fluke Corporation