

ระบบตรวจวัดและแสดงผลการสั่นสะเทือนของเครื่องขัดมันข้าวแบบเรียลไทม์ ด้วยเซนเซอร์ 3 แกนผ่าน IoT Gateway

Real-Time Vibration Monitoring and Display System for a Rice Polishing Machine Using a 3-Axis Sensor via IoT Gateway

ปฎิภาณ ห่วงศรี¹ จักรินทร์ ถิ่นนคร¹ สาทิต รุ่งสว่าง¹ และ กฤษฎี รัชชภูมิ^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Padipan@rmutl.ac.th Jakarin_t@rmutl.ac.th sathit_r@rmutl.ac.th krittrachapum@rmutl.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดและแสดงผลการสั่นสะเทือนของเครื่องขัดมันข้าวแบบเรียลไทม์ โดยใช้เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือนแบบสามแกนร่วมกับอุปกรณ์ IoT Gateway รุ่น EWON Flexy 205 ระบบสามารถวัดค่าการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในแกน X,Y และ Z และส่งข้อมูลไปยังแพลตฟอร์มคลาวด์เพื่อประเมินสถานะของเครื่องจักรตามมาตรฐาน ISO 10816-1 จากการทดลองในโรงสีข้าวจริง พบว่าสามารถตรวจจับค่าการสั่นสะเทือนรวมในสภาวะปกติได้ประมาณ 2.45 mm/s อยู่ใน "ระดับ C" (Level C) และในสภาวะผิดปกติที่เกิดความเสียหาย มีค่าสูงถึง 26.87 mm/s อยู่ใน "ระดับ D" (Level D) ระบบสามารถแจ้งเตือนความผิดปกติได้ล่วงหน้าอย่างถูกต้อง โดยไม่พบการแจ้งเตือนผิดพลาดตลอดช่วงการทดสอบ แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในการตรวจจับที่นำเชื่อถือ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแนวทางการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์เพื่อลดความเสี่ยงจากการหยุดชะงักของเครื่องจักร และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิต

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ การตรวจวัดการสั่นสะเทือน เครื่องขัดสีข้าว ระบบแสดงผลแบบเรียลไทม์

Abstract

This study presents the design and development of a real-time vibration monitoring and visualization system for rice polishing machines using a 3-axis vibration sensor and the EWON Flexy 205 IoT gateway. The system captures motor vibration data along the X, Y, and Z axes and transmits it to a cloud-based platform for condition evaluation based on ISO 10816-1. Field experiments showed that the system detected a combined vibration level of approximately 2.45 mm/s under normal conditions (Class C) and as high as 26.87 mm/s under abnormal conditions (Class D). Throughout the testing period, the system provided early warnings accurately with no false alarms observed, demonstrating its reliability and high detection

accuracy. The proposed system effectively supports predictive maintenance strategies, minimizes machine downtime, and enhances the overall efficiency of rice milling operations.

Keywords: Internet of Things (IoT), Predictive Maintenance, Vibration Monitoring, Rice Polishing Machine, Real-Time Monitoring System

1. บทนำ

ในกระบวนการผลิตข้าวของโรงสีขนาดใหญ่ เครื่องขัดสีข้าว (Rice Polishing Machine) เป็นหนึ่งในเครื่องจักรสำคัญที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพและความเงาของข้าวสารก่อนการบรรจุจำหน่าย โดยทั่วไปโรงสีข้าวขนาด 300 ตันต่อวัน สามารถดำเนินการขัดสีได้ต่อเนื่องทั้งกลางวันและกลางคืน ส่งผลให้มอเตอร์และชุดกลไกของเครื่องต้องทำงานหนักและเกิดการสึกหลอในระยะยาว โดยเฉพาะในส่วนของมอเตอร์ ตลับลูกปืน และเพลาลูก

การบำรุงรักษาเครื่องขัดสีข้าวในปัจจุบันยังคงอาศัยวิธีการแบบดั้งเดิม เช่น การตรวจสอบตามรอบเวลา (Preventive Maintenance) และการซ่อมแซมเมื่อเกิดความเสียหาย (Corrective Maintenance) ซึ่งอาจไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของโรงงานที่ต้องการลดเวลาหยุดเครื่อง (Downtime) และต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ความล่าช้าในการตรวจพบความผิดปกติยังอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ในระดับที่รุนแรง และกระทบต่อคุณภาพของข้าวสารที่ผลิต

Predictive Maintenance (PdM) จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมโรงสี โดยเป็นแนวทางการบำรุงรักษาที่อิงจากข้อมูลจริง (Data-driven) เพื่อประเมินและคาดการณ์สภาพของเครื่องจักรล่วงหน้า หนึ่งในเทคนิคที่นิยมใช้ในระบบ PdM คือ การตรวจวัดการสั่นสะเทือน (Vibration Monitoring) ซึ่งสามารถใช้ระบุความผิดปกติของเครื่องจักรหมุนได้อย่างแม่นยำ เช่น ความไม่สมดุล การเยื้องศูนย์ หรือการเสื่อมสภาพของตลับลูกปืน

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดและแสดงผลการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เครื่องขัดสีข้าวแบบเรียลไทม์ โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนแบบสามแกน ร่วมกับอุปกรณ์ IoT Gateway ยี่ห้อ EWON ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลการสั่นสะเทือนในแกน X, Y และ Z และส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังแพลตฟอร์มแสดงผลและแจ้งเตือนผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้วิธีการตรวจวัดความผิดปกติด้วยเกณฑ์ Threshold เพื่อประเมินสภาพของมอเตอร์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อพัฒนาระบบที่สามารถตรวจวัดความผิดปกติของมอเตอร์เครื่องขัดสีข้าวได้อย่างแม่นยำในระยะเริ่มต้นเพื่อรองรับการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ ลดความเสี่ยงจากการหยุดเครื่องอย่างกะทันหัน และเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลรักษาเครื่องจักรในโรงสีขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง

2. การออกแบบต้นแบบ คำอธิบาย และการใช้งาน

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบต้นแบบ

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ในงานวิจัย

อุปกรณ์	รุ่น/รายละเอียด	ขนาด
มอเตอร์ไฟฟ้า	ABB M2QA250M6A	37 kW, 980 RPM
เซนเซอร์การสั่นสะเทือนและอุณหภูมิ	SN-3001 Temp and Vibration sensor RS485	- ความถี่ ช่วงการวัด 10 - 1600 Hz - ความแม่นยำในการวัด $\pm 1.5\%$ - ช่วงการวัดอุณหภูมิ 0 - 50 mm/s - ความแม่นยำในการวัด $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ - ช่วงอุณหภูมิ 40 - 85 $^{\circ}\text{C}$ - วัสดุสแตนเลส
IoT Gateway	EWON Flexy 205	
แพลตฟอร์มคลาวด์	M2 Web	
ซอฟต์แวร์แสดงผล	Ewon Flexy 205 Web Brower	
ระบบแจ้งเตือน	Email and Alarm Notification	

2.2 การวัดการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือนเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถบ่งชี้ถึงสภาพทางกลของเครื่องจักร เช่น ความไม่สมดุล (unbalance), การเยื้องศูนย์ (misalignment), หรือความเสียหายของตลับลูกปืน (bearing fault) ซึ่งมักแสดงออกในรูปของแรงสั่นสะเทือนที่เปลี่ยนแปลงผิดปกติจากค่าพื้นฐาน

ระบบจะใช้ เซนเซอร์ตรวจวัดความเร่งแบบ 3 แกน (3-axis accelerometer) เพื่อวัดค่าความเร่งในแกน X, Y และ Z ต่อเนื่อง แล้วคำนวณเป็น ค่าการสั่นสะเทือนรวม (Resultant Vibration) ตามสมการ

$$V_{total} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

โดยที่

x, y, z คือ ค่าความเร็วที่วัดได้ในแต่ละแกน หน่วย mm/s หรือ g

V_{total} คือ ค่าการสั่นรวมที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์ สมการนี้เป็นการรวมค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ (vector magnitude) ซึ่งให้ภาพรวมของระดับแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในทุกทิศทาง ทำให้สามารถใช้ประเมินสถานะของมอเตอร์ได้อย่างแม่นยำมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการวัดค่าจากเพียงแกนใดแกนหนึ่ง

2.3 มาตรฐาน ISO 10816-1

ตารางที่ 2 ประเภทเครื่องจักรตาม ISO 10816-1

ประเภทเครื่องจักร (Class)	รายละเอียดการใช้งาน	ขนาด
Class I	เครื่องจักรขนาดเล็ก ติดตั้งแบบแข็งแรง หรือกับเครื่องมือขนาดเล็ก	$\leq 15\text{ kW}$
Class II	เครื่องจักรขนาดกลาง ติดตั้งกับฐานรากทั่วไป	15 – 75 kW
Class III	เครื่องจักรขนาดใหญ่ติดตั้งถาวร เครื่องยนต์อุตสาหกรรมขนาดใหญ่	>75 kW
Class IV	เครื่องจักรขนาดใหญ่มากบนฐานรากอ่อน	>10 MW

มาตรฐาน ISO 10816-1 จัดทำขึ้นโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization ISO) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินระดับความรุนแรงของการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรหมุน (Rotating Machinery) อาทิ มอเตอร์ไฟฟ้า ปัม หรือเครื่องบดผง โดยอาศัยการวัดค่าเฉลี่ยความเร็วการสั่น - RMS ซึ่งเป็นตัวชี้วัดพลังงานรวมของสัญญาณการสั่นสะเทือนในช่วงเวลาหนึ่ง

ค่าการสั่นสะเทือนที่นำมาใช้ในการประเมินมีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) ภายใต้ย่านความถี่ระหว่าง 10 – 1000 Hz สำหรับเครื่องจักรทั่วไป และ 2 – 1000 Hz สำหรับเครื่องจักรพิเศษบางประเภท

มาตรฐานดังกล่าวแบ่งระดับความรุนแรงของการสั่นสะเทือนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ A, B, C และ D ตามลำดับความเสี่ยงจากน้อยไปหามาก พร้อมทั้งแบ่งเครื่องจักรออกเป็น 4 ประเภท (Class I – IV) เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดและวิธีการติดตั้งของอุปกรณ์ ดังตารางที่ 2

ในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดกลางที่จัดอยู่ในประเภท Class II (กำลังไฟฟ้า 15–75 kW และติดตั้งบนฐานทั่วไปหรือมีโครงสร้างรองรับระดับปานกลาง) การจำแนกระดับความสั่นสะเทือนได้ดังนี้

2.3.1 ระดับ A ($\leq 0.71\text{ mm/s}$)

หมายถึงสภาวะการทำงานที่ดีเยี่ยม มักพบในเครื่องจักรที่เพิ่งติดตั้งใหม่หรืออยู่ในสภาพดีมาก เหมาะสมต่อการใช้งานต่อเนื่องโดยไม่ต้องดำเนินการใด ๆ

2.3.2 ระดับ B (0.71 – 1.80 mm/s) แสดงถึงสภาวะการทำงานที่ยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ สามารถใช้งานได้ในระยะยาวโดยไม่มีความเสี่ยงต่อความเสียหาย แต่ควรเริ่มมีการเก็บข้อมูลเชิงพฤติกรรมไว้ใช้ในการวางแผนบำรุงรักษา

2.3.3 ระดับ C (1.80 – 2.80 mm/s) บ่งชี้ถึงการเริ่มเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนบางประการ อาจเกิดจากการสึกหรอของดัดลูกปืน ความไม่สมดุล หรือเพลาเอียงศูนย์ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและวางแผนการซ่อมบำรุงในระยะใกล้

2.3.4 ระดับ D (> 2.80 mm/s) ถือเป็นระดับความสั่นสะเทือนที่สูงเกินเกณฑ์ความปลอดภัย และมีแนวโน้มก่อให้เกิดความเสียหายต่อมอเตอร์หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องอย่างรุนแรง ควรหยุดใช้งานทันทีเพื่อตรวจสอบและดำเนินการบำรุงรักษา

การตั้งค่าขอบเขตเกณฑ์ในระบบแจ้งเตือนของงานวิจัยฉบับนี้จึงอ้างอิงตามเกณฑ์ Class II ของ ISO 10816-1 เพื่อให้สามารถตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์เครื่องขัดสีข้าวขาวได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับแนวทางมาตรฐานอุตสาหกรรม

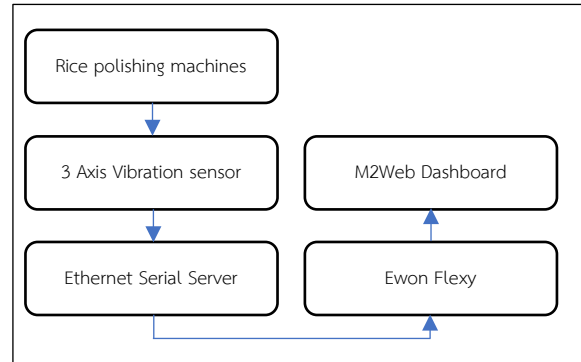
2.4 การออกแบบฮาร์ดแวร์ที่เชื่อมต่อเซ็นเซอร์เข้ากับ IoT Gateway (Ewon)

ในงานวิจัยนี้ ได้ประยุกต์ใช้ระบบ IoT สำหรับการตรวจจับและแสดงผลค่าการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในเครื่องขัดสีข้าวแบบเรียลไทม์ โดยมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ เซ็นเซอร์ตรวจวัด, อุปกรณ์ IoT Gateway (Ewon Flexy 205), ระบบเครือข่าย และแดชบอร์ดแสดงผลบนแพลตฟอร์มคลาวด์

เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบเป็นเซ็นเซอร์ชนิด 3 แกน (3-Axis Vibration Sensor) ซึ่งสามารถตรวจวัดการสั่นสะเทือนในทิศทาง X, Y และ Z ได้พร้อมกัน โดยค่าที่วัดได้จะถูกประมวลผลให้เป็นค่าความเร็วการสั่น (Vibration Velocity) หน่วย mm/s หรือความเร่ง (Acceleration) หน่วย g แล้วส่งต่อไปยังอุปกรณ์เกตเวย์

Ewon Flexy 205 ทำหน้าที่เป็นเกตเวย์กลางในระบบ IoT โดยเชื่อมต่อเซ็นเซอร์เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและระบบคลาวด์ Ewon รองรับการเชื่อมต่อแบบ Ethernet และ Cellular (4G) พร้อมทั้งสนับสนุนโปรโตคอลอุตสาหกรรม เช่น Modbus, MQTT, OPC UA และ HTTPS นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันสำหรับ Logging ข้อมูล, Trigger Alarm, ส่งค่าผ่าน VPN ไปยัง M2Web และรองรับการพัฒนา Script ภายในตัวอุปกรณ์

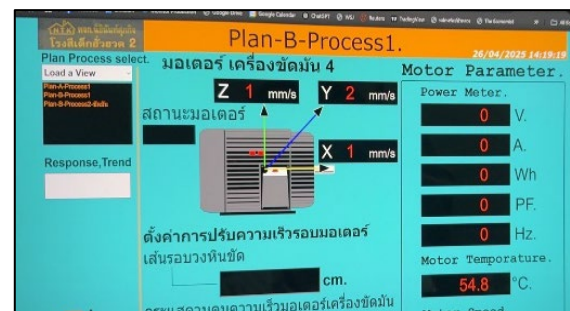
ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกส่งขึ้นคลาวด์ผ่านบริการ Talk2M และสามารถดูค่าการสั่นแบบเรียลไทม์ได้จาก M2Web Dashboard หรือส่งต่อไปยังระบบ SCADA, ฐานข้อมูลภายนอก หรือแพลตฟอร์มคลาวด์อื่น เช่น AWS, Azure ผ่านโปรโตคอล MQTT สำหรับจัดเก็บและวิเคราะห์เพิ่มเติม



รูปที่ 1 แผนภาพระบบ IOT ด้วย EWON Flexy

2.5 ผลการตรวจวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องขัดสีข้าว

ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลค่าการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เครื่องขัดสีข้าวแบบเรียลไทม์ โดยอาศัยการเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์วัดความสั่นสะเทือนแบบสามแกน (3-Axis Vibration Sensor) กับ IoT Gateway รุ่น Ewon Flexy ผ่านอุปกรณ์ Ethernet Serial Server และแสดงผลข้อมูลผ่าน Web Interface ภายในโรงงาน



รูปที่ 2 ผลการทดลองในสถานะปกติ

จากรูปที่ 2 แสดงหน้าจอการทำงานของระบบ แสดงผลค่าการสั่นสะเทือนในแต่ละแกน ได้แก่ แกน X เท่ากับ 1.00 mm/s แกน Y เท่ากับ 2.00 mm/s แกน Z เท่ากับ 1.00 mm/s โดยค่าดังกล่าวถูกนำมาคำนวณเพื่อหาค่าความสั่นสะเทือนรวม ด้วยสมการแบบเวกเตอร์

$$V_{total} = \sqrt{1^2 + 2^2 + 1^2}$$

$$V_{total} = \sqrt{6} = 2.45 \text{ mm/s}$$

ค่าที่คำนวณได้สามารถนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO 10816-1 สำหรับประเมินระดับความรุนแรงของการสั่นสะเทือน โดยค่าที่อยู่ในช่วง 1.80 – 2.80 mm/s จัดอยู่ในระดับ C ซึ่งบ่งชี้ถึงการเริ่มมีแนวโน้มการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์และควรได้รับการตรวจสอบ อย่างเร่งด่วน ก่อนที่จะเกิดความเสียหายร้ายแรงกับมอเตอร์เครื่องขัดสีข้าวขาว ดังแสดงในรูปที่ 3 ผลการทดลองในสถานะผิดปกติ



รูปที่ 3 ผลการทดลองในสถานะผิดปกติ

เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดการสั่นสะเทือนแบบเรียลไทม์ ได้ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดการสั่นสะเทือนแบบ 3 แกน (3-Axis Vibration Sensor) เข้ากับโครงมอเตอร์ของเครื่องขุดมันหมายเลข 1 ซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาด 37 kW ความเร็วรอบ 980 RPM โดยค่าเฉลี่ยความเร็วการสั่นสะเทือนในแต่ละแกน ได้แก่ แกน X เท่ากับ 17.00 mm/s แกน Y เท่ากับ 12.00 mm/s และ แกน Z = 17.00 mm/s

$$V_{total} = \sqrt{722} = 26.87 \text{ mm/s}$$

มอเตอร์ขุดมันข้าวขาว อยู่ในสถานะการสั่นสะเทือนระดับ D ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรหากไม่มีการตรวจสอบหรือบำรุงรักษาในทันที

3. อภิปราย

จากการตรวจวัดค่าความเร็วการสั่นสะเทือนแบบ RMS ในมอเตอร์ของเครื่องขุดมัน พบว่า ค่าการสั่นสะเทือนในแต่ละแกน ได้แก่ X = 17.00 mm/s, Y = 12.00 mm/s และ Z = 17.00 mm/s ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นค่าการสั่นสะเทือนรวม ตามสมการเวกเตอร์สามมิติ ได้ค่า V_{total} เท่ากับ 26.87 mm/s

ดังนั้นค่าสั่นสะเทือนรวมที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าขีดจำกัดที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO 10816-1 ซึ่งระบุว่า การสั่นสะเทือนในระดับเกิน 2.80 mm/s (Class II, ระดับ D) จัดเป็นระดับที่มีความรุนแรงสูง และอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรในระยะเวลานานหากไม่ได้รับการตรวจสอบหรือดำเนินการแก้ไขอย่างทันท่วงที

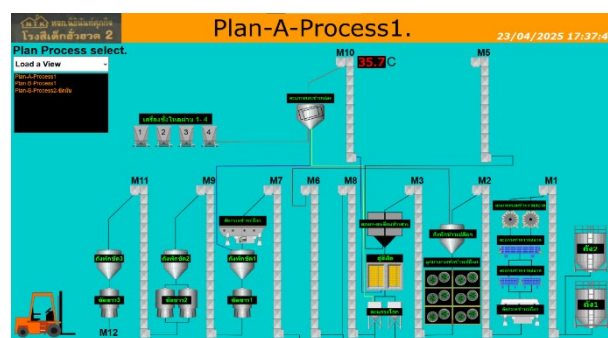
จึงเกิดการสั่นสะเทือนระดับสูงดังกล่าวอาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ความไม่สมดุลของเพลลา การคลาดศูนย์ของเพลลา ความหลวมของฐานยึด การเสื่อมของตลับลูกปืน หรือการสึกหลอของชิ้นส่วนกลไก ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ IEC 60034-14 ที่ระบุว่า การสั่นสะเทือนที่มีค่ารุนแรงสามารถบ่งชี้ถึงความผิดปกติของส่วนหมุนในมอเตอร์

การวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนในหลายแกนพร้อมกันยังช่วยให้สามารถระบุทิศทางและแหล่งที่มาของแรงสั่นสะเทือนได้แม่นยำยิ่งขึ้น เช่น ในกรณีนี้ค่าการสั่นที่สูงในทั้งแกน X และ Z อาจบ่งชี้ถึงความผิดปกติในแนวรัศมี (radial) หรือความไม่สมดุลของโรเตอร์ ของมอเตอร์ ขณะที่ค่า

การสั่นในแกน Y ที่ค่อนข้างต่ำอาจเป็นเพียงผลพลอยได้จากแรงกระทำในอีกสองแกน

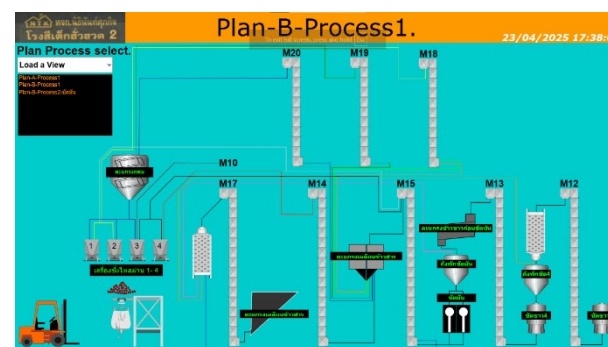
ทางผู้วิจัยจึงนำระบบการตรวจวัดแบบเรียลไทม์ผ่านเซ็นเซอร์ 3 แกน ร่วมกับ IoT Gateway (Ewon Flexy) และ Dashboard แสดงผลออนไลน์ ช่วยให้สามารถเฝ้าระวังสถานะเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถแจ้งเตือนทันทีเมื่อค่าการสั่นสะเทือนเกินเกณฑ์ จึงเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับแนวคิดของการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance)

นอกจากนี้ ข้อมูลที่บันทึกไว้ยังสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มการเสื่อมสภาพ (trend analysis) เพื่อนำไปสู่การวางแผนบำรุงรักษาล่วงหน้า ลดความเสี่ยงจากการหยุดชะงักของระบบการผลิต ลดต้นทุนการซ่อมแซม และเพิ่มอายุการใช้งานของมอเตอร์ในระยะยาว ทางผู้ทำการวิจัยได้จัดทำหน้าความรู้ความการทำงานผ่านของส่วนการแสดงผล โดยการใช้ เว็บเบราว์เซอร์ แสดงผลการทำงานของ การผลิตของโรงสีข้าว รวมถึงการ แสดงผลทั้งหมดของกระบวนการผลิตผ่านเว็บเบราว์เซอร์ SCADA ดังแสดงในรูปที่ 4 หน้าจอแสดงผลกระบวนการผลิตของโรงสีข้าว



รูปที่ 4 หน้าจอแสดงผลกระบวนการผลิตของโรงสีข้าว โปรแกรมที่ 1

นอกจากนี้ จะแสดงโปรแกรมที่ 2 เพิ่มเติมจากโปรแกรมการทำงานที่ 1 ที่ได้ออกแบบการทำงานไว้เพื่อที่จะสามารถ ดูสถานะการทำงานของระบบของโรงสีข้าว ดังแสดงในรูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลกระบวนการผลิตของโรงสีข้าว โปรแกรมที่ 2



รูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลกระบวนการผลิตของโรงสีข้าว โปรแกรมที่ 1

4. สรุป

รายการ	สถานะปกติ	สถานะผิดปกติ
แกน X (mm/s)	1.00	17.00
แกน Y (mm/s)	2.00	12.00
แกน Z (mm/s)	1.00	17.00
ค่าการสั่นสะเทือนรวม	≈ 2.45 mm/s	≈ 26.87 mm/s
ระดับตาม ISO 10816-1	C (เริ่มเสื่อมสภาพ)	D (อันตราย)
ข้อสังเกต	สภาพการทำงานปกติ ไม่มีเสียงผิดปกติ	เสียงดังผิดปกติ ความเสี่ยงต่อความเสียหาย

จากภาพรวมของการออกแบบการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดและแสดงผลการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ 3 แกนผ่าน IoT Gateway เพื่อการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ที่สามารถที่จะตรวจจับการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เครื่องจักรอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร้อยละ 100 เป็นสิ่งที่ทางผู้วิจัยได้คาดหวังไว้ก่อนดำเนินการทดลองวิจัย สามารถที่ตรวจสอบและคาดการณ์จาก การใช้ระบบ PdM

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนด้านการเดินทาง และทรัพยากรในการดำเนินโครงการวิจัยนี้

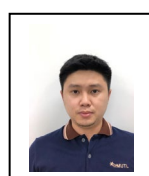
ขอขอบคุณ โรงสีข้าวอินันท์สุภกิจ ที่เอื้อเฟื้อความร่วมมือในการติดตั้งและทดลองใช้งานระบบจริง

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อทุกภาคส่วนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการผลักดันให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- [1] International Organization for Standardization, ISO 10816-1: Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 1: General guidelines, 1st ed., Geneva, Switzerland: ISO, 1995.
- [2] A. Jardine, D. Lin, and D. Banjevic, "A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 20, no. 7, pp. 1483–1510, Oct. 2006.
- [3] H. M. Hashemian, "State-of-the-art predictive maintenance techniques," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 60, no. 1, pp. 226–236, Jan. 2011.
- [4] P. C. C. de Aguirre, L. Severo, and A. G. Girardi, "A Review on Vibration Monitoring Techniques for Predictive Maintenance of Rotating Machinery," *Current Energy*, vol. 4, no. 3, Art. 102, 2024.

- [5] N. Midha et al., "Bibliometric Review of Predictive Maintenance using Vibration Analysis," *Library Philosophy and Practice*, 2021
- [6] S. Aburakhia, T. Tayeh, R. Myers, and A. Shami, "Similarity-Based Predictive Maintenance Framework for Rotating Machinery," *arXiv preprint, arXiv:2212.14550*, 2022.
- [7] IEC, IEC 60034-14: Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration, Geneva, Switzerland: IEC, 2018.
- [8] F. Calabrese, M. Cimmino, F. Fiume, and D. Kapetis, "SOPHIA: An event-based IoT and machine learning architecture for predictive maintenance in Industry 4.0," *Information (MDPI)*, vol. 11, no. 4, p. 202, Apr. 2020
- [9] Condition monitoring based on IoT for predictive maintenance of CNC machines," *Procedia Manufacturing*, vol. 55, pp. 358–365, 2021.
- [10] S. F. Chevtchenko et al., "Predictive maintenance model based on anomaly detection in induction motors: A machine learning approach using real-time IoT data," *arXiv preprint, arXiv:2310.14949*, Oct. 2023
- [11] W. He, Y. Ding, Y. Zi, and I. W. Selesnick, "Sparsity-based algorithm for detecting faults in rotating machines," *arXiv preprint, arXiv:1511.00067*, Oct. 2015.



ปฐิภาณ ท่วงศรี
ประวัติการศึกษา
ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ประวัติการทำงาน อาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
งานวิจัยที่สนใจ : Automation, Industrial robot, Machine vision, AI



กฤษฎี รัชชภูมิ
ประวัติการศึกษา
ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ประวัติการทำงาน นักวิชาการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์

งานวิจัยที่สนใจ : Three-port DC-DC converters



จักรรินทร์ ถิ่นนคร
ประวัติการศึกษา
ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน อาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบ
อัตโนมัติ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

งานวิจัยที่สนใจ : Sensor and Transducer, Mobile Robotic,
Automation



สาธิต รุ่งสว่าง
ประวัติการศึกษา
ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติการทำงาน อาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบ
อัตโนมัติ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

งานวิจัยที่สนใจ : Automation System, Manufacturing System,
Simulation System, Robot 3D Printing