

ระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนความผิดปกติของมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้าขนาด 280 kW

MONITORING AND NOTIFICATION SYSTEM OF 280 KW ELECTRIC WATER PUMP MOTORS

เกษม ตรีภาค¹ เกียรติศักดิ์ บุญยืน¹ วรากร อาศัยบุญ¹ อรรถพล อักษรไชย¹ รัตนพล พนมวัน ณ ออยุธยา²
วัฒนา มาคำ¹ วิษณุ ช้างเนียม¹ และ กวีวัชร ทัดวงษ์^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ลำปาง kaweewat.ta@rmut.ac.th

²สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา rattapol@rmut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนความผิดปกติของมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส ซึ่งใช้งานในกระบวนการระบายน้ำออกจากเหมืองแม่เมาะ ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย Programmable Logic Controller (PLC) Beckhoff รุ่น CX8090, หน้าจอ HMI, เซ็นเซอร์อุณหภูมิ RTD PT100 และอุปกรณ์ Ewon Flexy 205 สำหรับการส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่าน Line Notify API ไปยังผู้ดูแลระบบแบบเรียลไทม์ ระบบสามารถตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าความผิดปกติของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และอุณหภูมิได้ เช่น กระแสเกิน แรงดันตก อุณหภูมิสูงเกิน พร้อมส่งสัญญาณหยุดการทำงานของมอเตอร์ทันที การทดสอบในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบค่าจาก HMI กับเครื่องมือมาตรฐานพบว่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน 3.32% สำหรับกระแส 0.22% สำหรับแรงดัน และ 2.69% สำหรับอุณหภูมิ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถแจ้งเตือนเหตุขัดข้องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและต่อเนื่อง เมื่อนำไปติดตั้งจริงในโรงงาน ระบบสามารถลดเวลาในการตรวจสอบ เพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลมอเตอร์ และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: มอเตอร์เหนี่ยวนำ, พีแอลซี (PLC), การตรวจจับความผิดปกติ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT), ฮิวออน เฟล็กซี (Ewon Flexy), ระบบแจ้งเตือนผ่านไลน์ (Line Notify), เซ็นเซอร์อุณหภูมิแบบ RTD, ระบบอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม

Abstract

This paper presents the design and development of an anomaly detection and notification system for a three-phase induction motor used in the water drainage process at the Mae Moh lignite mine. The proposed system integrates a Beckhoff CX8090 Programmable Logic Controller (PLC), Human-Machine Interface (HMI), RTD PT100 temperature sensors, and an Ewon Flexy 205 IoT gateway to send real-time notifications via the Line Notify API to maintenance personnel. The system is designed to detect and respond to electrical anomalies such as overcurrent, undervoltage, phase unbalance, and abnormal temperature conditions, ensuring immediate shutdown to protect the motor. Laboratory testing was conducted by comparing measurements from the HMI with those obtained using standard instruments. The maximum measurement errors observed were 3.32% for current, 0.22% for voltage, and 2.69% for temperature, confirming the accuracy and reliability of the system. The alert mechanism was validated through multiple

scenarios and successfully transmitted all abnormal event notifications. Upon real-world installation at the mine site, the system significantly reduced response time to faults, improved motor protection, enhanced operational efficiency, and increased workplace safety.

Keywords: Induction motor, PLC, Anomaly detection, IoT, Ewon Flexy, Line Notify, RTD sensor, Industrial automation

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยี และบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนความผิดปกติของระบบต่างๆ โดยใช้อุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มีเพิ่มมากขึ้นตามการพัฒนาของอุปกรณ์ IoT เช่น [1] การใช้ระบบ IoT บริหารจัดการและแจ้งเตือนความผิดปกติของระดับน้ำเพื่อใช้การเกษตร [2] การใช้งานระบบ IoT มาใช้ตอบสนองและสร้างสถาปัตยกรรมโครงข่ายของด้านสาธารณสุข

การศึกษางานวิจัย [3,4] นำเสนอระบบการเฝ้าตรวจสอบสถานะมอเตอร์ไฟฟ้าระยะไกลที่มีต้นทุนต่ำโดยใช้ฮาร์ดแวร์และบทความระบบ Human Machine Interface (HMI) สำหรับคำนวณประสิทธิภาพหม้อไอน้ำโดยใช้ Visual C# และ OPC Server และใช้กับโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ซึ่งถูกใช้งานเพื่อควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อย่างอัตโนมัติ โดยนำมาใช้งานร่วมกับ HMI แสดงค่ากระแส แรงดัน อุณหภูมิ และการเกิดความผิดปกติ โดยจะส่งสัญญาณการเกิดผิดปกติให้กับ Ewon Flexy 205 ส่งการแจ้งเตือนไปที่ระบบ Line Notify API เพื่อแจ้งให้ผู้ดูแลระบบรู้ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ในขณะนั้น ป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protection) ป้องกันแรงดันเกิน (Overvoltage Protection) ป้องกันอุณหภูมิเกิน (Overtemperature Protection) ระบบป้องกันจะทำการสั่งให้ระบบจ่ายไฟฟ้าหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ทันทีเพื่อป้องกันการเกิดความชำรุดเสียหายที่จะเกิดขึ้น พบว่าการนำสัญญาณจากระบบป้องกันนี้มาใช้งานร่วมกับระบบแจ้งเตือนความผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อส่งการแจ้งเตือนให้ผู้ดูแลทราบจะช่วย ลดต้นทุน ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและอะไหล่ เนื่องจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพิ่มผลผลิต เครื่องจักรทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ เพิ่มความปลอดภัย สภาพแวดล้อมในการทำงานปลอดภัยมากขึ้น ยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรใช้งานได้นานขึ้นสามารถทำให้ผู้ควบคุมระบบทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและแก้ไขได้รวดเร็ว

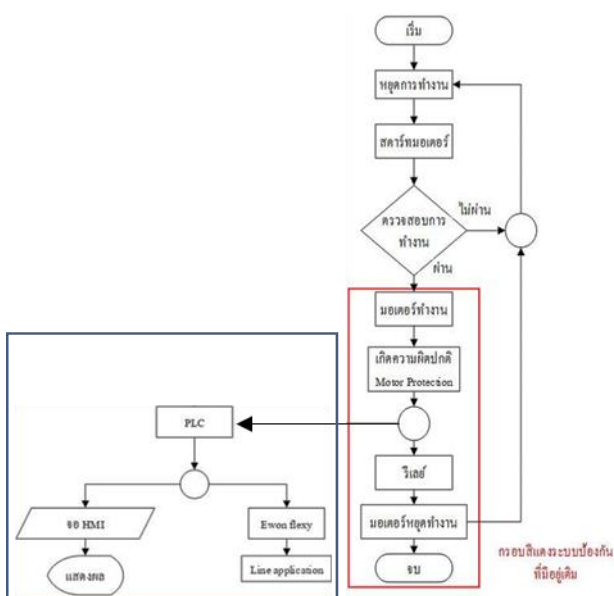
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะผลิตไฟฟ้าโดยการชุดเหมืองถ่านหินเพื่อนำถ่านหินมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบันโรงไฟฟ้าแม่เมาะ มีกำลังผลิตตามสัญญา 2,220 MW ปัญหาของน้ำที่เหมืองแม่เมาะ คือ ปริมาณฝนที่ตกมากในฤดูฝน ประกอบกับความลึกของเหมืองที่ลึกถึงปลิงจุดที่มีแหล่งน้ำใต้ดินจะทำให้ปริมาณน้ำในเหมืองมากเกินไปจนไม่สามารถดำเนินงานต่างๆได้ จึงต้องมีระบบสูบน้ำโดยใช้มอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้าออก

จากเหมืองโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานร่วมกับปั๊มน้ำขนาดใหญ่และมีจำนวนมาก เพื่อนำน้ำในเหมืองไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ การสูบน้ำออกจากเหมืองจะต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1000 กิโลวัตต์ขึ้นไปเพื่อหมุนปั๊มน้ำระบายออกจากเหมืองเพื่อไม่ให้น้ำท่วมซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายแก่เครื่องจักรและผู้ปฏิบัติงาน การป้องกันและการควบคุมมอเตอร์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเพื่อลดการเสียหายจากการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้า [5]

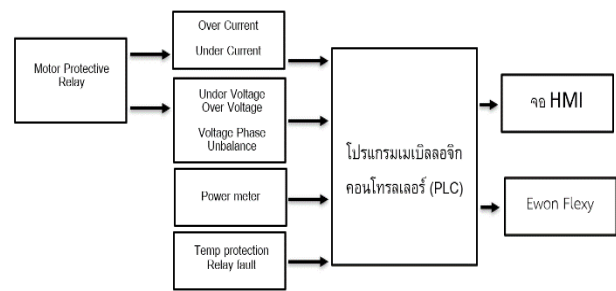
บทความนี้สร้างระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนความผิดปกติของมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส กำลัง 280 kW 3 เฟส 380V 1400 - 1500 RPM Class F โดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ Beckhoff รุ่น Cx8090 และส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่าน Ewon Flexy ไปที่ระบบ Line Notify API โดยจำลองและทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ และนำระบบที่ได้ไปติดตั้ง ณ หน่วยงานเหมืองแม่เมาะ เพื่อลดขั้นตอน และเวลาในการแก้ปัญหาของมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้า

2. ออกแบบระบบ

ผังงานและระบบแสดงดังรูปที่ 1 โดยเมื่อระบบมอเตอร์ปั๊มน้ำทำงาน จะทำการสตาร์ทมอเตอร์ และตรวจสอบความผิดปกติเบื้องต้น หากค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเป็นปกติ มอเตอร์จะทำงาน ซึ่งในการทำงานเดิม เมื่อเกิดความผิดปกติของมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้างดรอบสีแดง ข้อมูลจะถูกประมวลผลในชุดป้องกันของมอเตอร์และทำให้รีเลย์ทำงานเพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้า และจำเป็นต้องรอทีมช่างและโอเปอเรเตอร์ทำงานตรวจสอบ ซึ่งจะมีวงรอบในการตรวจสอบ 3 รอบต่อวัน อันเป็นปัญหาในกรณีที่มีความจำเป็นต้องมีระบบแจ้งเตือน ผู้ออกแบบได้สร้างชุดแจ้งเตือน ดังกรอบสีน้ำเงินโดยมีอุปกรณ์โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล(PLC) เป็นตัวควบคุมหลักและนำค่าความผิดปกติของระบบเดิมส่งเข้า PLC โดยจะประมวลผล แยกแยะความผิดปกติและทำการแจ้งเตือนไปยังหน้าจอ HMI และส่ง Line Notify API ไปยังทีมช่างเพื่อประเมินงานและสามารถวางแผนดำเนินงานต่อไปได้



รูปที่ 1 ผังงาน (Flowchart)



รูปที่ 2 ไดอะแกรมการทำงานของระบบที่นำเสนอ

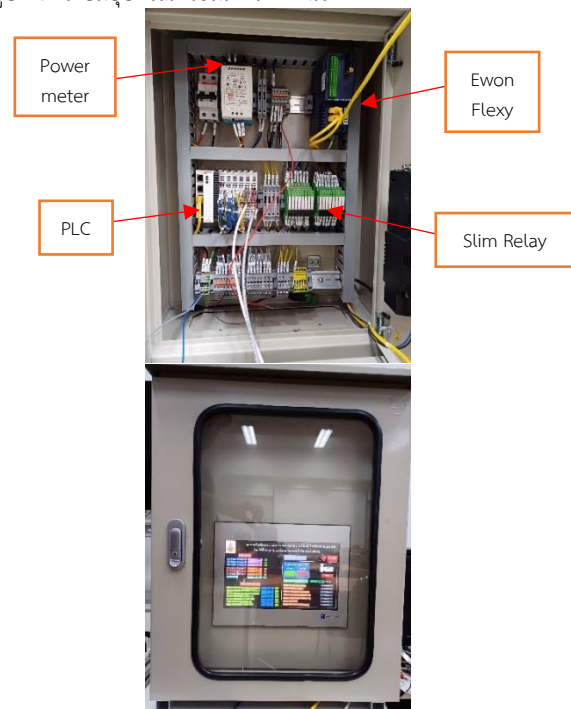
2.1 การออกแบบระบบแจ้งเตือน

ผู้ออกแบบได้สร้างระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนความผิดปกติของมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส แสดงดังไดอะแกรมในรูปที่ 2 โดยมอเตอร์ที่มีในห้องปฏิบัติการซึ่งเลือกมาเพื่อทดสอบการแจ้งเตือนและค่าความถูกต้องของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ ได้ถูกต้องแม่นยำ และกำหนดค่าความผิดปกติที่จำเป็นต้องตรวจวัดดังนี้

- 1) ความผิดปกติของกระแสและแรงดันไฟฟ้า ประกอบด้วย กระแสไฟฟ้าเกิน (OverCurrent) กระแสไฟฟ้าตก (Under Current) แรงดันไฟฟ้าตก (Under Voltage) แรงดันไฟฟ้าเกิน (Over Voltage) แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (Voltage Phase Unbalance)
- 2) ความผิดปกติจากอุณหภูมิ วัด 7 จุด ได้แก่ อุณหภูมิ Motor winding temp Phase A , B , C อุณหภูมิ motor Bearing Temp Drive End, Non Drive End และ อุณหภูมิ Pump Bearing temp Drive End, Non Drive End

3 อุปกรณ์ และระบบ

เลือกอุปกรณ์เพื่อใช้จำลองระบบจริง โดยตัวควบคุมที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 3 โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานได้แก่



รูปที่ 3 ตัวควบคุมที่มีหน้าจอ HMI



รูปที่ 4 มอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้า

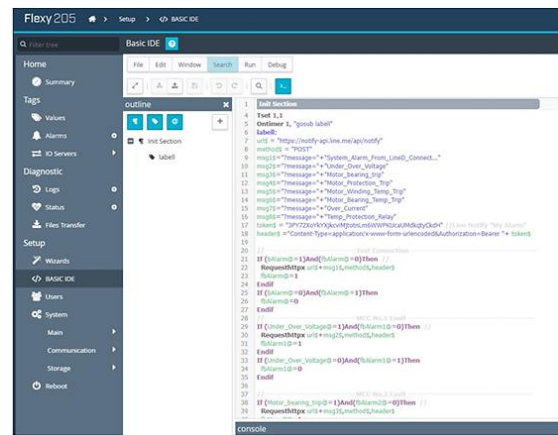


รูปที่ 5 ชุดทดสอบอุณหภูมิ RTD

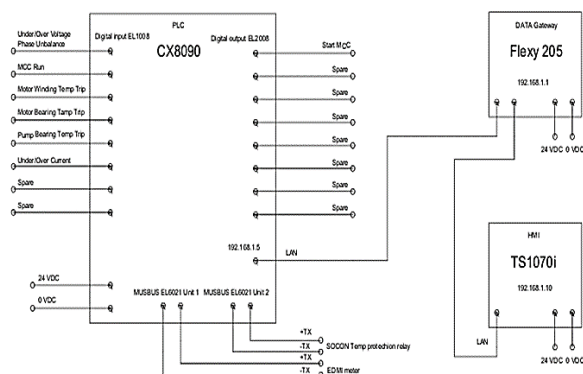
```
PROGRAM TemperatureControllerPump2
VAR
  MbnData1 ARRAY [1..100] OF WORD
  MB ModbusRtMaster_K16x220 ("ModbusRtMaster_K16x220")
  TimeoutValue TIME := T#1000ms, ("Timeout while waiting for an answer of the modbus slave")
  state INT
  busy BOOL
  LastErrorState INT
  LastModbusError ST_ModbusErrorDiagnostics
  CounterError DINT
  CounterSuccess DINT
  bWbBusy BOOL
  TimerWat TON
  add WORD := 002
  SB1_Motor2BearingTemp_DE_REAL
  SB1_Motor2BearingTemp_HDE_REAL
  T1 TON
  T2 TON
  b_read BOOL
  Winding_A REAL
  Winding_B REAL
  Winding_C REAL
  #Motor_Bearing_DE_REAL
  #Motor_Bearing_HDE_REAL
  Winding_A_REAL
  Winding_B_REAL
  Winding_C_REAL
  Motor_Bearing_DE_REAL
  Motor_Bearing_HDE_REAL
  FB_Filter1_FB_Filter
  FB_Filter2_FB_Filter
  FB_Filter3_FB_Filter
  FB_Filter4_FB_Filter
  FB_Filter5_FB_Filter
  FB_Filter6_FB_Filter
  FB_Filter7_FB_Filter
  #kase BOOL
  #Motor_Pump_Bearing_DE_REAL
  #Motor_Pump_Bearing_HDE_REAL
  #Motor_Pump_Bearing_DE_REAL
  #Motor_Pump_Bearing_HDE_REAL
  #Motor_Pump_Bearing_DE_REAL
  #Motor_Pump_Bearing_HDE_REAL
END_VAR
```

รูปที่ 7 โค้ดตัวอย่างการทำงานของ PLC

1. มอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สามเฟส กำลัง 280 kW 3 เฟส 380V 1400 - 1500 RPM Class F แสดงดังรูปที่ 4
2. RTD PT100 RTD PT100 (Resistance Temperature Detector) เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิที่มีความแม่นยำสูง โดยการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์ แสดงดังรูปที่ 5 โดยวัดค่าทั้ง 7 จุด
3. อุปกรณ์ควบคุม โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล PLC Beckhoff รุ่น Cx8090 โดยการต่อวงจรไฟฟ้า และตัวอย่างการเขียนโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 6 และ 7
4. หน้าจอ HMI Fuji (Ts1070) ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และระบบอุตสาหกรรมดังรูปที่ 3
5. Ewon flexy 205 เป็นอุปกรณ์ IoT Gateway ที่ออกแบบมาเพื่อเชื่อมต่อเครื่องจักรและอินเทอร์เน็ต โดยโค้ดตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 8
6. Power meter ทำหน้าที่วัดกระแส แรงดันและพลังงานไฟฟ้า
7. Slim Relay 230V คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรไฟฟ้าหรือการเปิดปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูง
8. Line notify คือบริการที่ให้คุณสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังบัญชี LINE ของคุณหรือกลุ่มที่คุณเลือก โดยสามารถใช้งานได้ง่ายผ่าน API ซึ่งเหมาะสำหรับการรับข้อมูลจากอุปกรณ์และสามารถแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์



รูปที่ 8 การเขียนโปรแกรมคำสั่งเพื่อทำการแจ้งเตือน Ewon flexy 205



รูปที่ 6 วงจรไฟฟ้าระบบแจ้งเตือนโดยใช้ PLC

4. ผลการทดสอบ

4.1 การวัดผลในห้องปฏิบัติการ

- 4.1.1 การวัดค่ากระแสไฟฟ้า จะทดสอบโดยใช้ความต้านทาน 100 Ω 91 Ω 84 Ω 78 Ω และ 72 Ω จากนั้นนำค่าที่ได้จากระบบดูผ่านหน้าจอ HMI มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องวัดมาตรฐาน FLUKE 376
- 4.1.2 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของทั้ง 3 เฟส มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องวัดมาตรฐาน FLUKE 376 จำนวน 5 ครั้ง
- 4.1.3 การวัดค่าอุณหภูมิ RTD จำนวน 7 ตัว โดยการเพิ่มความร้อนให้ตัววัด RTD และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องวัดมาตรฐาน FLUKE 725 และบันทึกผล ผลการทดสอบดังตารางที่ 1 ค่าความผิดพลาดสูงสุดในการวัดกระแส แรงดัน และอุณหภูมิเท่ากับ 3.32 % 0.22% และ 2.69% ตามลำดับ ซึ่งยืนยันความน่าเชื่อถือของระบบ
- 4.1.4 การทดลองการแจ้งเตือนความผิดปกติ Under / Over voltage. , Phase Unbalance ที่แสดงในจอ HMI ทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง โดยการตั้งค่า Phase Protection ที่ 10 % แล้วทำการปรับแรงดันไฟฟ้าจาก 230 VAC เพิ่มขึ้น 10 % , ลดลง 10 % และ ปลดสายออก 1 Phase จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเกิดการ Unbalance หรือหายไป 1 Phase เป็นการ

จำลองว่าแรงดันไฟฟ้าลดลงเกินกว่า 10 % เพื่อให้ Unbalance Phase Protection ส่งสัญญาณ เป็นไฟ 220 VAC ส่งให้รีเลย์ R1 ทำงานและส่งสัญญาณให้กับ PLC ทำการประมวลผลการเกิดความผิดปกติแล้วส่งสัญญาณให้กับจอ HMI เพื่อแสดงผลความผิดปกติ และส่งสัญญาณ ให้ Ewon Flexy เพื่อส่งการแจ้งเตือนไปที่ Line application เพื่อแจ้งให้ ผู้ดูแลระบบทราบถึงการเกิดความผิดปกติแล้วบันทึกผลการทดลองใน ตารางที่ 1 สามารถแจ้งเตือนได้ทุกครั้ง การเกิดความผิดปกติทั้ง 3 กรณี จะแจ้งเตือนเป็นกลุ่มเดียวกัน

4.1.5 การแจ้งเตือนไปยัง Line แสดงดังรูปที่ 9 และตารางที่ 1 พบว่า ระบบแจ้งเตือนสามารถส่งค่าความผิดปกติไปยัง Line ได้ถูกต้อง



รูปที่ 9 การแจ้งเตือนผ่าน Line

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระบบในห้องปฏิบัติการ

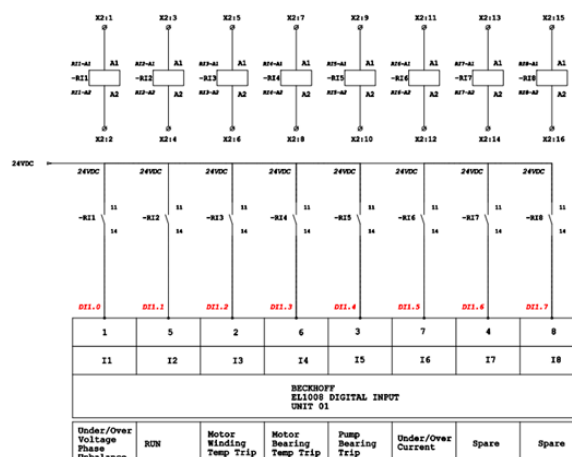
ค่าที่ แสดงผล	ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3	
	HMI	Meter	HMI	Meter	HMI	Meter
$I_{Phase A}$	1.95	1.95	2.13	2.14	2.32	2.32
$I_{Phase B}$	1.94	1.94	2.1	2.13	2.29	2.31
$I_{Phase C}$	1.91	1.92	2.09	2.11	2.27	2.3
$V_{Phase A}$	227.8	227.8	228.04	227.8	227.91	227.6
$V_{Phase B}$	226.8	226.7	227.07	226.8	227	226.8
$V_{Phase C}$	228.22	227.8	227.5	227.2	227.7	227.3
$T_{RTD 1}$	57.42	58.5	50.6	51.1	44.19	45.38
$T_{RTD 2}$	57.35	58.4	50.5	51.21	44.31	45.22
$T_{RTD 3}$	57.4	58.41	50.61	51.31	44.22	45.27
$T_{RTD 4}$	57.33	58.5	50.62	51.12	44.3	45.23
Line	ส่งได้	ส่งได้	ส่งได้	ส่งได้	ส่งได้	ส่งได้

ค่าที่ แสดงผล	ครั้งที่4		ครั้งที่5		% Avg Error	% Max Error
	HMI	Meter	HMI	Meter		
$I_{Phase A}$	2.51	2.51	2.7	2.69	0.17%	0.47%
$I_{Phase B}$	2.41	2.49	2.78	2.86	1.70%	3.32%
$I_{Phase C}$	2.45	2.48	2.64	2.67	1.14%	1.32%
$V_{Phase A}$	228.13	227.9	228	227.8	0.09%	0.11%
$V_{Phase B}$	227.17	226.9	226.85	226.6	0.10%	0.12%
$V_{Phase C}$	227.69	227.2	228.05	227.6	0.18%	0.22%
$T_{RTD 1}$	37.7	38.42	35.19	35.79	1.84%	2.69%
$T_{RTD 2}$	37.64	38.46	35.13	35.87	1.92%	2.18%
$T_{RTD 3}$	37.65	38.43	35.11	35.89	1.96%	2.37%
$T_{RTD 4}$	37.55	38.44	35.14	35.81	1.88%	2.37%
Line	ส่งได้	ส่งได้	ส่งได้	ส่งได้	ส่งได้	ส่งได้

4.2 การนำมอดิตตั้งโรงงานจริง

การนำระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอติดตั้งกับตู้คอนโทรล แล้วทำการนำ สายไฟฟ้าต่อสายเข้ากับอุปกรณ์ป้องกันของระบบป้องกันโดยดูจาก

วงจรไฟฟ้า รูปที่ 10 แสดงตารางที่ 2 โดยการเชื่อมต่อสัญญาณ Under/Over Voltage (27/59) Phase Unbalance ที่ Out put PR1 SEL 749 ของ Motor Protective Relay เข้ากับ รีเลย์ R1 ของเครื่องแจ้งเตือน , สัญญาณ Under/Over current (50/51) ที่ Out put PR2 SEL 551 ของ Motor Protective Relay เข้ากับ รีเลย์ R6 ของเครื่องแจ้งเตือน , สัญญาณ Run ที่ Out put LAMP S 1 ของ ระบบป้องกันการสารถ มอเตอร์ เข้ากับ รีเลย์ R2 ของเครื่องแจ้งเตือน, สัญญาณ Motor winding temp trip (49W) ที่ Out put Temp Protection เข้ากับ รีเลย์ R3 ของ เครื่องแจ้งเตือน , สัญญาณ Motor bearing temp trip (38) ที่ Out put Temp Protection เข้ากับ รีเลย์ R4 ของเครื่องแจ้งเตือน , สัญญาณ Pump bearing trip ที่ Out put Temp Protection เข้ากับ รีเลย์ R5 ของเครื่องแจ้งเตือน , สัญญาณ Power meter ใช้แสดงค่า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ที่ Out put RS 485 Address 1 เข้ากับ PLC , สัญญาณ Temp protection relay ใช้แสดงค่า อุณหภูมิ ที่ Out put RS 485 Address 2 เข้ากับ PLC ซึ่งรูปการต่อใช้งานจริงแสดงดังรูปที่ 11 และรูปที่ 12 แสดงการแจ้งเตือนผ่านหน้าจอ HMI



รูปที่ 10 วงจรการต่อเชื่อมสัญญาณกับระบบป้องกันความผิดปกติ

ตารางที่ 2 การรับสัญญาณจากอุปกรณ์ป้องกัน

No	รายการสัญญาณ	แหล่งที่มา สัญญาณ	สัญญาณ	รีเลย์รับ สัญญาณ
1	Under/Over Voltage (27/59) Phase Unbalance	PR1 SEL 749	220 VAC	R1
2	Run	LAMP S 1	220 VAC	R2
3	Motor winding temp trip (49W)	Temp Protection	220 VAC	R3
4	Motor bearing temp trip (38)	Temp Protection	220 VAC	R4
5	Pump bearing trip	Temp Protection	220 VAC	R5
6	Under/Over current (50/51)	PR2 SEL 551	220 VAC	R6
7	Power meter	RS 485 Address 1		
8	Temp protection relay	RS 485 Address 2		



รูปที่ 11 การต่อใช้งานเครื่องกับตู้คอนโทรล



รูปที่ 12 การแสดงผลของจอ HMI ขณะแจ้งเตือน

- [4] ระบบ Human Machine Interface (HMI) สำหรับคำนวณประสิทธิภาพหม้อไอน้ำโดยใช้ Visual C# และ OPC Server จิตพร เหล่าอัมจันทร์*และวุฒิชัย อัครวินชัยโชติ
- [5] W. Boonkird, S. Premrudeepreechacharn and Y. Baghzouz, "Impact of voltage sag on electrical system for water pumping of Mae Moh mine," 2018 18th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Ljubljana, Slovenia, 2018

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนความผิดปกติของมอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้าในเหมืองแม่เมาะ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมแบบ Programmable Logic Controller (PLC) ร่วมกับระบบ Human Machine Interface (HMI) และอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) ได้แก่ Ewon Flexy 205 เพื่อส่งการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ผ่าน Line Notify จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า ระบบสามารถตรวจจับความผิดปกติด้านกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน 3.32% และสามารถแจ้งเตือนได้ทุกกรณีที่เกิดความผิดปกติ เมื่อมีการติดตั้งและใช้งานจริงในพื้นที่เหมือง พบว่าสามารถลดเวลาในการตรวจสอบ ลดความเสียหายของมอเตอร์ และเพิ่มความปลอดภัยให้กับระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Yanuchit, K. Pislai-Ngam, B. Kumkhet, N. Pukrongta, P. Sangmahamad and V. Pirajnanhai, "Development of an IoT-Based Water Pumping Management System for Rice Fields," 2025 13th International Electrical Engineering Congress (iEECON), Hua Hin, Thailand, 2025
- [2] M. Zaiter and S. Hacini, "A Distributed Fault Tolerance Mechanism for an IoT Healthcare system," 2020 21st International Arab Conference on Information Technology (ACIT), Giza, Egypt, 2020
- [3] วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 29 ฉบับที่ 4 ต.ค.-ธ.ค. 2562 ระบบการเฝ้าตรวจสอบภาวะมอเตอร์ไฟฟ้าระยะไกลที่มีต้นทุนต่ำโดยใช้อาร์ดูโน บิตฉัตร ตรึงวงศ์*