

ระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำของถังหล่อเย็นแบบเรียลไทม์สำหรับเครื่องเป่าเส้นด้ายพลาสติก

Real-time Temperature and Water Level Warning System for Yarn Extrusion Machine

สริต วนวิเศษศักดิ์¹ พีรวิธ เจียรจำรูญ¹ มนูญ พาลาด² ชูเกียรติ สอดศรี¹¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร sodsri_c@su.ac.th²บริษัท ลักกี้สตาร์วิฟวิ่งพลัส จำกัด manoon@luckystarcoating.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำของถังหล่อเย็น โดยมีการประมวลผลข้อมูลและแจ้งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทันทีด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IOT) ระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 รับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและมีเซนเซอร์อัลตราโซนิกวัดระดับน้ำ แล้วส่งค่าที่ได้บนหน้าจอ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนดหรือระดับน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ระบบจะส่งข้อความการแจ้งเตือนข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย แจ้งเตือนไปบนไลน์กลุ่มซ่อมบำรุงพร้อมกับเก็บข้อมูลการแจ้งเตือนใน Google sheet การปรับค่าเกณฑ์อุณหภูมิและระดับน้ำในการแจ้งเตือนสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยผู้ใช้งานผ่านทางหน้าจอทัชสกรีน ผลการติดตั้งระบบแจ้งเตือนและทดสอบการใช้งานจริงพบว่า ระบบมีความถูกต้องในการแจ้งเตือนเข้ามาทางไลน์ 100% โดยมีการหน่วงเวลาประมาณ 2 วินาทีและมีการเก็บบันทึกการแจ้งเตือนใน Google sheet ในทันที หลังจากการติดตั้งและทดลองใช้งานจริงพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: ระบบแจ้งเตือน, ไอโอที, ถังหล่อเย็นสำหรับเครื่องเป่าเส้นด้าย

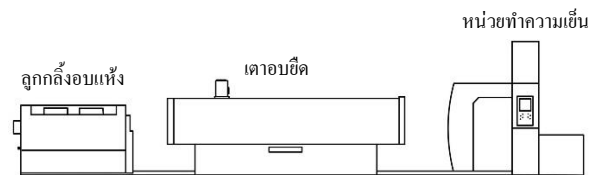
Abstract

This paper presents a real-time cooling tank temperature and water level notification system using internet-of-things technology. The system consists of an Arduino UNO R3 microcontroller receiving temperature and water level values from temperature sensors and ultrasonic sensor (Waterproof Ultrasonic Module) and performing onscreen display of the values. When the temperature or water level exceeded the threshold, the system wirelessly sent notification message and temperature or water level values to the line group of maintenance engineers and, at the same time, stored the warning record in the Google sheet. After installation and test a warning system, it was found that the system can notify the warning information via line group with 100% accuracy and approximately 2 second delay. In addition, user satisfaction of the system was good.

Keywords: Monitoring system, IOT, Chiller of Yarn Extrusion Machine

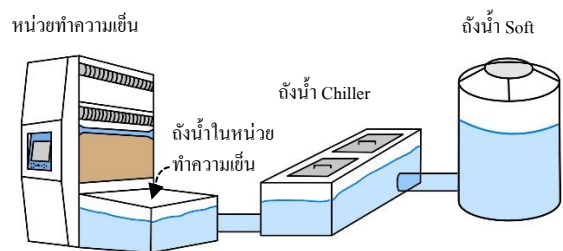
1. ที่มาและความสำคัญ

เครื่องเป่าเส้นด้ายพลาสติก (Yarn extrusion machine) เป็นส่วนสำคัญในการผลิตสิ่งทอด้วยเส้นใยสังเคราะห์ มีหน้าที่ผลิตเส้นด้ายพลาสติก โดยการทำงานจะอาศัยกำลังอัดจากการเป่าลมเข้าไปในรูเพื่อให้ด้ายพลาสติกไหลออกมาเป็นรูปร่างและขนาดที่ต้องการ ระบบเครื่องเป่าเส้นด้ายพลาสติกประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ 1) ลูกกลิ้งอบแห้ง 2) เตาอบยัด และ 3) หน่วยทำความเย็น (แสดงดังรูปที่ 1)



รูปที่ 1 ระบบเครื่องเป่าเส้นด้ายพลาสติก

หน่วยทำความเย็นเป็นส่วนที่มีการใช้น้ำในการหล่อเย็นเพื่อให้พลาสติกที่ผ่านการหลอมกลายเป็นพลาสติกแผ่น โดยระดับอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อความแข็งแรงและลักษณะกายภาพของแผ่นพลาสติกที่จะนำไปทำเป็นเส้นด้าย [1] รูปที่ 2 แสดงถึงน้ำ Chiller และถังน้ำ Soft ที่เชื่อมต่อกับหน่วยทำความเย็น โดยปกติจะมีการตรวจวัดระดับอุณหภูมิของน้ำในถังหน่วยทำความเย็น เพื่อไม่ให้เกินเกณฑ์อุณหภูมิในการผลิต ซึ่งเกณฑ์อุณหภูมิในหน่วยทำความเย็นมักกำหนดว่าต้องไม่เกิน 39 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2 ระบบน้ำหล่อเย็นสำหรับเครื่องเป่าเส้นด้ายพลาสติก

การตรวจวัดและเฝ้าระวังระบบการทำงานของเครื่องเป่าเส้นด้ายพลาสติก นอกจากตรวจวัดอุณหภูมิในหน่วยทำความเย็นแล้วยังมีการตรวจวัดอุณหภูมิและระดับน้ำในถัง Chiller ซึ่งเกณฑ์ระดับน้ำในถัง Chiller ต้องไม่ต่ำกว่า 40 cm และมีอุณหภูมิไม่สูงเกิน 17 องศาเซลเซียส เกณฑ์ระดับน้ำในถัง Soft ต้องไม่ต่ำกว่า 100 cm หากอุณหภูมิและระดับน้ำ

ใน Chiller หรือระดับน้ำในถังน้ำ Soft ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ระบบจะมีการแจ้งเตือนผ่านหน้าจอเป็นสีแดงและมีเสียงดังผ่าน Buzzer โดยเมื่อผู้ใช้งานเครื่องเป่าเส้นด้วยพลาสติกได้ยินหรือเห็นหน้าจอแสดงการเตือนต้องหยุดการทำงานของเครื่องในทันที แล้วดำเนินการแก้ปัญหาของเครื่องเป่าเส้นด้วยพลาสติกในโปรแกรมแจ้งซ่อมของบริษัทไปยังฝ่ายซ่อมบำรุง ซึ่งบางครั้งกว่าที่ฝ่ายซ่อมบำรุงทราบการเกิดปัญหาที่อาจล่าช้าและแก้ไขไม่ได้ทันที เนื่องจากไม่มีการแจ้งเตือนโดยตรงไปยังฝ่ายซ่อมบำรุงแบบทันที

การใช้งาน IOT ในระบบตรวจจับและเฝ้าระวังในปัจจุบันมีการศึกษาพัฒนาระบบเพื่อใช้งานที่หลากหลาย เช่น การตรวจวัดเฝ้าระวังอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นและระบายความร้อนของเครื่องยนต์ [2] ระบบตรวจวัดแสดงผลอุณหภูมิของ Data center หลายที่แบบเวลาจริงผ่านระบบออนไลน์และแจ้งเตือนไปยังฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการแก้ไข [3] ระบบการแจ้งเตือนการล้มไปยังผู้ดูแลด้วยอุปกรณ์แบบสวมใส่ได้ [4] เป็นต้น การแจ้งเตือนแบบออนไลน์สามารถกระทำได้สะดวกด้วยเทคโนโลยีของอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย [4-5] และไปในไลน์ได้ด้วย Script app [6] ด้วยราคา IOT สามารถเข้าถึงได้ง่ายและการพัฒนาสามารถทำได้โดยสะดวก จึงมีแนวโน้ม IOT มาตรวจจับและแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำสำหรับการผลิตเส้นด้วยพลาสติก

ในการศึกษานี้ทางผู้จัดทำได้ศึกษาวิจัยสร้างระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำของถังหล่อเย็นแบบเรียลไทม์สำหรับเครื่องเป่าเส้นด้วยพลาสติก เพื่อใช้แจ้งเตือนความผิดปกติของอุณหภูมิ ระดับน้ำ Chiller และระดับน้ำ Soft โดยหากเซนเซอร์รับค่าพบความผิดปกติ จะแจ้งเตือนอัตโนมัติมาทาง Line group ของฝ่ายซ่อมบำรุงและเก็บบันทึกข้อมูลเมื่อมีการแจ้งเตือนไว้ใน Google sheet ทันที เพื่อนำข้อมูลมาเป็นข้อเปรียบเทียบภายหลัง นอกจากนี้มีการแสดงอุณหภูมิ ระดับน้ำ Chiller และระดับน้ำ Soft บนหน้าจอแบบสัมผัส HMI samkoon เพื่อแสดงให้ผู้ควบคุมเครื่องจักรทราบถึงค่าของอุณหภูมิและระดับน้ำ ณ ปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำสำหรับเครื่องเป่าเส้นด้วยพลาสติก สามารถแจ้งเตือนอัตโนมัติแบบเรียลไทม์ไปยังแผนกซ่อมบำรุงและเก็บข้อมูลใน Google sheet เมื่อมีการแจ้งเตือน รวมทั้งสามารถปรับระดับการแจ้งเตือนผ่านทางจอทัชสกรีนโดยผู้ใช้งาน

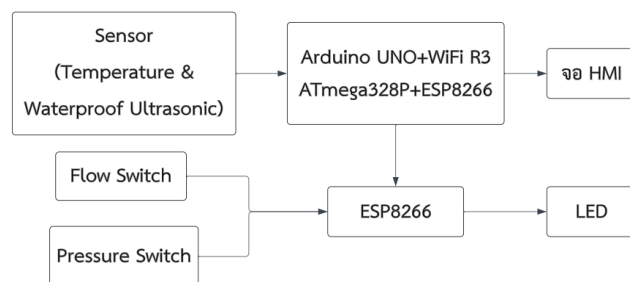
3. ระบบน้ำหล่อเย็นและเครื่องเป่าเส้นด้วยพลาสติก

เครื่องหลอมในระบบเครื่องเป่าเส้นด้วยพลาสติกจะหลอมเม็ดพลาสติกแล้วปล่อยไหลลงไปถึงน้ำของหน่วยทำความเย็นเพื่อให้พลาสติกเซตตัวเป็นแผ่น เมื่อเครื่องจักรทำงานอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิในถังน้ำในหน่วยทำความเย็นจะสูงขึ้นเรื่อยๆ การทำให้อุณหภูมิในน้ำคงที่หรือไม่สูงเกินเกณฑ์จำเป็นต้องใช้น้ำหล่อเย็นเข้ามาช่วยควบคุมอุณหภูมิในหน่วยทำความเย็น โดยมีการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ซึ่งมี 2 ส่วน คือ ส่วนของน้ำในถังหน่วยทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงและส่วนของน้ำในถัง

Chiller ให้น้ำไหลผ่านเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไม่สัมผัสกัน โดยควบคุมปริมาณการไหลน้ำด้วยวาล์วอัตโนมัติ

4. การออกแบบและสร้างระบบ IOT แจ้งเตือนแบบอัตโนมัติ

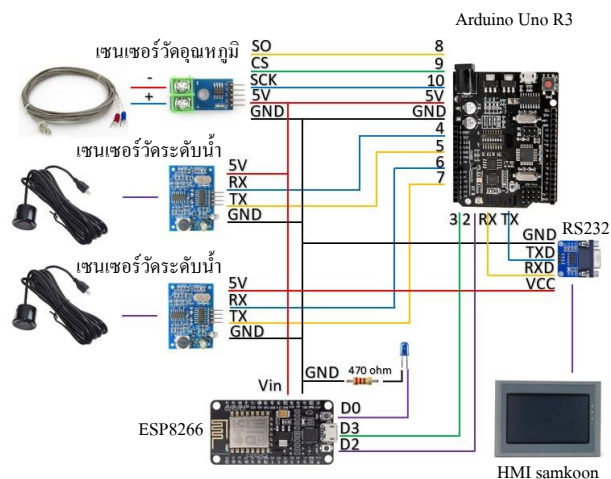
บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมการเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ในระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำสำหรับเครื่องเป่าเส้นด้วยพลาสติก ที่ได้ออกแบบแสดงดังรูปที่ 3 โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมการเชื่อมต่อด้านฮาร์ดแวร์

รับข้อมูลจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและระดับน้ำมาทำการประมวลผลและเชื่อมต่อบอร์ดกับ HMI ผ่าน RS232 เพื่อแสดงผลระดับอุณหภูมิและระดับน้ำในถังน้ำ Chiller รวมถึงแสดงระดับน้ำในถังน้ำ Soft นอกจากนี้มีการเชื่อมต่อกับบอร์ดเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย ESP8266 เพื่อส่งข้อมูลแบบ Real-time ไปยังฝ่ายซ่อมบำรุงและเก็บข้อมูลการเกิดความผิดปกติของอุณหภูมิและระดับน้ำ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สำหรับการบริหารจัดการ

4.1 ออกแบบด้านฮาร์ดแวร์



รูปที่ 4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์

การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ Arduino UNO R3, ESP8266, เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ, เซนเซอร์วัดระดับน้ำ, RS232, จอ HMI samkoon แสดงดังรูปที่ 4 โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ใช้ไฟเลี้ยงจาก Adapter ซึ่งแปลงไฟจาก 220 Vac เป็น 9 Vdc และหน้าจอ HMI samkoon ใช้ไฟเลี้ยงจาก Switching Power Supply โดยแปลงไฟจาก

220Vac เป็น 24Vdc รายละเอียดการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 กับอุปกรณ์มีดังนี้

- ขา RX, TX ไปยังจอ HMI samkoon
- ขา 2, 3 เช้าบอร์ด ESP8266 ซึ่งบอร์ด ESP8266 มีการเชื่อม LED เพื่อดูสถานะการเชื่อมต่อไวไฟ
- ขา 4, 5 และ 6, 7 เชื่อมต่อ เซนเซอร์วัดระดับน้ำ
- ขา 8, 9, 10 เชื่อมต่อ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

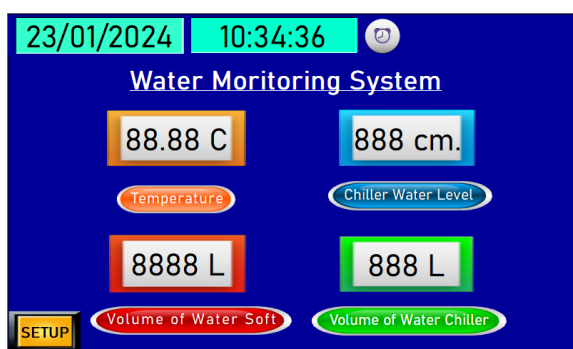
4.2 ออกแบบด้านซอฟต์แวร์

การโปรแกรมบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ใช้ภาษาซีโดยโปรแกรมให้ Arduino รับสัญญาณจากเซนเซอร์ ประมวลผลและแสดงค่าอุณหภูมิและระดับน้ำทางหน้าจอ HMI โดยให้ระบบสามารถรับการปรับค่าอุณหภูมิและค่าระดับน้ำที่ต้องการให้ระบบแจ้งเตือนผ่านทางหน้าจอได้ มีการเปรียบเทียบอุณหภูมิและระดับน้ำที่วัดได้กับค่าเกณฑ์ในการแจ้งเตือน ถ้าเงื่อนไขการแจ้งเตือนเป็นจริง โปรแกรมจะให้ Arduino ส่งค่าอุณหภูมิหรือระดับน้ำ พร้อมข้อความด้วยบอร์ดการสื่อสารไร้สาย ESP8266 ไปยัง App script เพื่อแจ้งเตือนไปในไลน์ด้วย Line notify และเก็บค่าไปยัง Google sheet โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- เมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส จะส่ง HighTemp ไปยัง App Script โดยเมื่อค่าของอุณหภูมิกลับมาเป็นปกติ (อุณหภูมิต่ำกว่า 14 องศาเซลเซียส) แล้วจะส่ง NormalTemp ไปยัง App Script

- เมื่อระดับน้ำ Chiller ต่ำกว่า 40 เซนติเมตร จะส่ง WaterChillerLow ไปยัง App Script โดยเมื่อค่าของระดับน้ำ Chiller กลับมาเป็นปกติ (ระดับน้ำสูงกว่า 50 เซนติเมตร) แล้วจะส่ง WaterChillerNormal ไปยัง App Script

- เมื่อระดับน้ำ Soft ต่ำกว่า 100 เซนติเมตร จะส่ง WaterSoftLow ไปยัง App Script โดยเมื่อค่าของระดับน้ำ Soft จะกลับมาเป็นปกติ (ระดับน้ำสูงกว่า 110 เซนติเมตร) แล้วจะส่ง WaterSoftNormal ไปยัง App Script



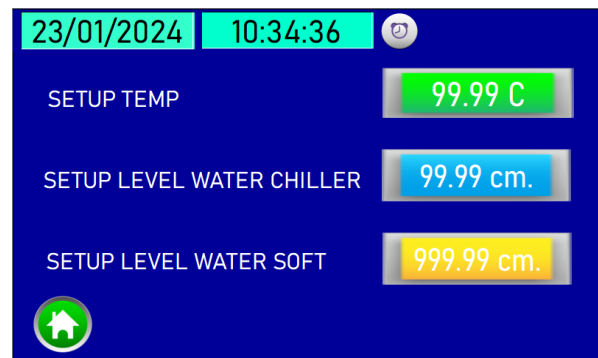
รูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ ระดับน้ำ และปริมาตรน้ำบน HMI Samkoon

รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างหน้าจอข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ระดับน้ำในถัง Chiller (Chiller Water Level) ปริมาตรน้ำในถัง Chiller (Volume of Chiller Water) และปริมาตรน้ำในถัง Soft (Volume of Soft Water) ซึ่งการคำนวณปริมาตรใช้สมการที่ (1) และสมการที่ (2) โดย Level1 คือ ค่า

ระดับน้ำจากพื้นถึงผิวน้ำของถังน้ำ Chiller และ Level2 คือ ค่าระดับน้ำจากพื้นถึงผิวน้ำของถังน้ำ Soft ส่วนรูปที่ 6 แสดงตัวอย่างหน้าจอสำหรับการปรับตั้งค่าอุณหภูมิและระดับน้ำของถัง Chiller และถังน้ำ Soft ในการแจ้งเตือน

$$\text{Volume of Water Chiller} = 0.8 \times 1.5 \times (\text{Level1}/100) \times 1000 \quad (1)$$

$$\text{Volume of Water Soft} = (3000/160) \times \text{Level2} \quad (2)$$



รูปที่ 6 หน้าจอ HMI Samkoon สำหรับการปรับค่าอุณหภูมิและระดับน้ำในการแจ้งเตือน

5. การทดลอง อภิปรายและวิเคราะห์ผล

การติดตั้งอุปกรณ์ในสถานที่จริงแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกทำการติดตั้งในตู้ Control ได้แก่ Arduino UNO R3, ESP8266, RS232, HMI samkoon แสดงดังรูปที่ 7 และส่วนของเซนเซอร์ได้ติดตั้งที่ถังน้ำ Chiller และถังน้ำ Soft โดยเซนเซอร์วัดระดับน้ำในถังน้ำ Chiller ใช้การติดตั้งในท่อพีวีซีความยาว 40 เซนติเมตรแล้วใส่ท่อพีวีซีในถังเพื่อลดการกระเพื่อมและเพิ่มความแม่นยำของการตรวจวัด โดยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะติดตั้งอยู่ด้านข้างนอกท่อพีวีซี ดังแสดงในรูปที่ 8 ส่วนของถังน้ำ Soft มีเซนเซอร์วัดระดับน้ำติดตั้งในท่อพีวีซีความยาว 100 เซนติเมตรอยู่ในถังเช่นกัน แสดงรูปที่ 9

ตัวอย่างการแจ้งเตือนผ่านทาง Line notify เข้ากลุ่มไลน์แผนกซ่อมบำรุง เมื่ออุณหภูมิและระดับน้ำเกินเกณฑ์ที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 10 ซึ่งเห็นได้ว่าข้อความแจ้งเตือนเมื่อเกินเกณฑ์ที่กำหนดของอุณหภูมิ มีการแจ้ง



รูปที่ 7 การติดตั้งอุปกรณ์ในตู้ Control ณ สถานที่จริง



(ก)

(ข)

รูปที่ 8 (ก) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและวัดระดับน้ำติดตั้งในท่อพีวีซี และ (ข) การติดตั้งชุดเซนเซอร์เข้ากับถังน้ำ Chiller



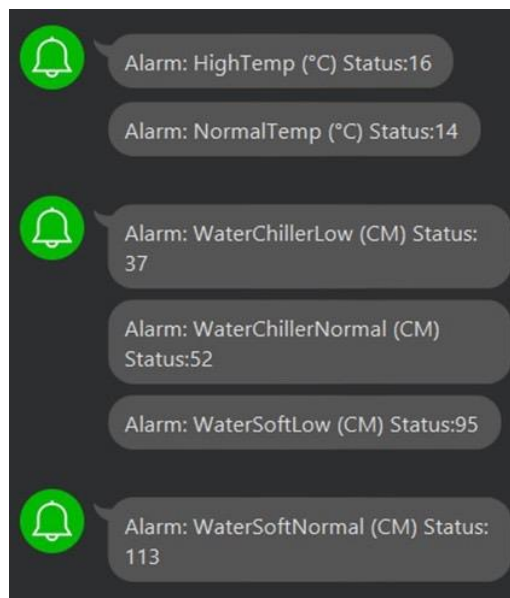
(ก)

(ข)

รูปที่ 9 การติดตั้งชุดเซนเซอร์วัดระดับน้ำเข้ากับถังน้ำ Soft (ก) ภาพด้านข้าง และ (ข) ภาพด้านบน

เตือน Alarm: HighTemp (°C) ซึ่ง Status: 16 หมายถึงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นถึง Chiller อยู่ที่ 16 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจะมีการแจ้งเตือน Alarm: NormalTemp (°C) ที่ Status: 14 และเมื่อระดับน้ำ Chiller ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะมีการแจ้งเตือน Alarm: WaterChillerLow (CM) ที่ Status: 37 ซึ่ง Status ของการตรวจวัดระดับน้ำคือความสูงจากพื้นถึงผิวน้ำ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร เมื่อระดับน้ำ Chiller กลับมาเป็นปกติ จะมีการแจ้งเตือน WaterChillerNormal (CM) ที่ Status:52 และเมื่อระดับน้ำ Soft ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะมีการแจ้งเตือน Alarm: WaterSoftLow (CM) ที่ Status:95 เมื่อระดับน้ำ Soft กลับมาเป็นปกติ จะมีการแจ้งเตือน WaterSoftNormal (CM) ที่ Status:113 นอกจากนี้เมื่อมีการแจ้งเตือนจะเก็บข้อมูลทุกครั้ง ดังตารางที่ 1

วิธีการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำในการแจ้งเตือนของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิทำโดยการนำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแช่ในแก้วน้ำใส่น้ำแข็งเพื่อให้อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส หลังจากนำเซนเซอร์ออกจากแก้วน้ำแข็งอุณหภูมิจะสูงขึ้น 15 องศาเซลเซียส จะมีการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์และเก็บข้อมูลใน Google sheet เมื่อนำเซนเซอร์ใส่กลับลงในแก้วน้ำแข็งอุณหภูมิจะลดลงต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส จะมีการแจ้งเตือนและการเก็บข้อมูล วิธีการทดสอบของเซนเซอร์วัดระดับน้ำทำโดยนำเซนเซอร์วัดระดับน้ำติดตั้งบนถังน้ำที่มีวาล์วน้ำ เมื่อเปิดน้ำไหลออกจนระดับน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะมีการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์และเก็บข้อมูลใน



รูปที่ 10 แจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำ ผ่าน Line notify

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเก็บใน Google sheet

| Date | Time | Name | Status |
|-----------|----------|-------------------------|--------|
| 22/1/2024 | 13:20:10 | HighTemp (°C) | 16 |
| 22/1/2024 | 13:22:42 | NormalTemp (°C) | 14 |
| 22/1/2024 | 14:09:36 | WaterChillerLow (CM) | 37 |
| 22/1/2024 | 14:10:31 | WaterChillerNormal (CM) | 52 |
| 22/1/2024 | 15:49:13 | WaterSoftLow (CM) | 95 |
| 22/1/2024 | 15:57:01 | WaterSoftNormal (CM) | 113 |
| 23/1/2024 | 11:30:44 | HighTemp (°C) | 17 |
| 23/1/2024 | 11:49:12 | NormalTemp (°C) | 13 |
| 23/1/2024 | 12:31:49 | WaterChillerLow (CM) | 39 |
| 23/1/2024 | 12:53:05 | WaterChillerNormal (CM) | 53 |
| 23/1/2024 | 14:06:45 | WaterSoftLow (CM) | 97 |
| 23/1/2024 | 14:10:50 | WaterSoftNormal (CM) | 112 |



รูปที่ 11 ผลการแสดงผลบนหน้า HMI Samkoon

Google sheet หลังจากนั้นเติมน้ำลงในถัง เมื่อค่าระดับเป็นปกติจะมีการแจ้งเตือนและการเก็บข้อมูล ได้ทำการทดสอบการแจ้งเตือนและเก็บข้อมูลอุณหภูมิระดับน้ำของถัง Chiller และถังน้ำ Soft อย่างละ 8 รอบ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2 โดยเห็นได้ว่าชุดระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำของถัง

หล่อเย็นสำหรับเครื่องเป่าเส้นด้ายพลาสติก มีความถูกต้อง 100% ทั้งนี้ระยะเวลาในการแจ้งเตือนเข้ามาในไลน์พบว่ามีกรหน่วงเวลา จาก ณ เวลาที่เซนเซอร์ตรวจจับได้ว่าระดับอุณหภูมิและน้ำเกินเกณฑ์ เวลาการหน่วงเฉลี่ย 2 วินาที จึงแจ้งข้อความเข้ามาในไลน์ การประเมินความพึงพอใจโดยการสอบถามผู้ใช้งานระบบการแจ้งเตือน แสดงดังตารางที่ 3 ผลประเมินมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยที่ 3.78 ซึ่งมีความพึงพอใจระดับดี

ตารางที่ 2 ผลการทดลองแจ้งเตือนและเก็บข้อมูล

| การทดสอบการแจ้งเตือน | ความถูกต้องในการแจ้งเตือนและการเก็บข้อมูล | | | | | | | | ร้อยละ |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| อุณหภูมิ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 100 |
| ระดับน้ำ Chiller | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 100 |
| ระดับน้ำ Soft | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 100 |
| คิดเป็นร้อยละ | | | | | | | | | 100 |

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจในการใช้งาน

| รายชื่อ | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|--------------------------------|------------------|---------|-------------|----------|----------------|
| | 5 = มากที่สุด | 4 = มาก | 3 = ปานกลาง | 2 = น้อย | 1 = น้อยที่สุด |
| ผู้ใช้งานคนที่ 1 | | ✓ | | | |
| ผู้ใช้งานคนที่ 2 | | ✓ | | | |
| ผู้ใช้งานคนที่ 3 | | ✓ | | | |
| ผู้ใช้งานคนที่ 4 | | ✓ | | | |
| ผู้ใช้งานคนที่ 5 | | | ✓ | | |
| ผู้ใช้งานคนที่ 6 | | ✓ | | | |
| ผู้ใช้งานคนที่ 7 | | ✓ | | | |
| ผู้ใช้งานคนที่ 8 | | ✓ | | | |
| ผู้ใช้งานคนที่ 9 | | | ✓ | | |
| ความพึงพอใจเฉลี่ย = 3.78 (มาก) | | | | | |

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองสรุปได้ว่า ระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำของถังหล่อเย็นสำหรับเครื่องเป่าเส้นด้ายพลาสติกที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิและระดับน้ำในถัง Chiller และถังน้ำ Soft แสดงบนจอ HMI samkoon มีการแจ้งเตือนผ่านทาง Line notify ไปยังฝ่ายซ่อมบำรุงและเก็บข้อมูลได้จริง โดยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 100% นอกจากนี้ยังสามารถ

กำหนดค่าอุณหภูมิและระดับน้ำในการแจ้งเตือนผ่านทางหน้าจอโดยผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ สำหรับการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจริงพบว่าอยู่ในระดับดี

การพัฒนากระบวนการแจ้งเตือนอุณหภูมิและระดับน้ำในถังน้ำ Chiller และถังน้ำ Soft สำหรับนี้สามารถพัฒนาเพิ่มเติมโดยอาจเพิ่มความสามารถในการควบคุมการเติมน้ำเข้าสู่ถังน้ำ Chiller หรือ ถังน้ำ Soft แบบอัตโนมัติเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้นต่อไปได้

อ้างอิง

- [1] Min-Kyu Song, "The effect of heat-setting condition on the physical properties of polyester filament yarn", Textile Science Engineering, Volume 34, Issue 7, 1977, pp. 412-419.
- [2] Robi T. Yuni, Dena Hendriana, Cuk S. A. Nandar, "Monitoring heavy equipment coolant temperature to prevent engine overheat using IOT", Conference on Management and Engineering in Industry (CMEI), November 2021, pp. 14-18.
- [3] Saraswati Saha, Anupam Majumdar, "Data centre temperature monitoring with ESP8266 based wireless sensor network and cloud based dashboard with real time alert system", IEEE Conference on Devices for Integrated Circuit (DevIC), Kalyani, India, 23-24 March 2017.
- [4] จิรัช เหมือนชู, "การพัฒนาระบบตรวจจับการล้มและการแจ้งเตือนที่สวมใส่ได้", การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 15, หัวหิน ประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย, 26-28 เมษายน 2565, หน้า 483-486.
- [5] Gurmu M. Debele1, Xiao Qian, "Automatic Room Temperature control system using Arduino Uno R3 and DHT11 sensor", 17th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP), Chengdu, China, 18-20 December 2020.
- [6] Pallavi N K, and etc.al., "Coolant management and environment monitoring system in Fms machine using microcontroller", International Journal of Engineering Research & Technology (special issue – NCESC 2018 conference proceeding), Volume 6, Issue 13, 2018, pp. 1-5.