

ระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนด้วยเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

วิศพล กวนคอนสาร¹ และบัญชา วัฒนะ^{1,2*}
63010381010@msu.ac.th¹, buncha.w@msu.ac.th^{1,2*}

Received	: 25-Mar-2022
Revised	: 6-Dec-2022
Accepted	: 16-Dec-2022

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

²หน่วยวิจัยพลังงานรังสีอาทิตย์และแหล่งพลังงานสำรอง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนเพื่อป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยการเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนในสถานะการทำงานที่ปกติและผิดปกติตามเวลาจริง ระบบประกอบด้วยเซนเซอร์วัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้เซนเซอร์ Pzem-004T สำหรับตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ ตัวประมวลผล Node MCU ESP8266 ใช้สำหรับประมวลผลค่าข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์ และส่งข้อมูลขึ้นไปบันทึกและจัดเก็บบนคลาวด์ของเน็ตพายแพลตฟอร์ม โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาแสดงผลบนเน็ตพายพีริบอร์ดและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ตามสถานะการทำงานที่มีการเปลี่ยนแปลง จากการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำและการตอบสนองในการตรวจวัด แสดงผล และแจ้งเตือน พบว่าระบบสามารถตรวจวัดและแสดงผลค่าข้อมูลได้ถูกต้อง สามารถบ่งชี้และแจ้งเตือนสถานะการทำงานที่ผิดปกติได้อย่างแม่นยำทุก ๆ เงื่อนไขในการเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงสามารถนำค่าข้อมูลที่บันทึกและจัดเก็บมาวิเคราะห์เพื่อวางแผนการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือน อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เน็ตพายแพลตฟอร์ม แอปพลิเคชันไลน์

Monitoring and Notification System for Hot Press Machine Operation with Internet of Things Technology

Wiyossapon Kuankhonsan¹ and Buncha Wattana^{1,2*}
63010381010@msu.ac.th¹, buncha.w@msu.ac.th^{1,2*}

Received	: 25-Mar-2022
Revised	: 6-Dec-2022
Accepted	: 16-Dec-2022

¹Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Maharakham University

² Solar Energy and Energy Resources Research Unit, Faculty of Engineering, Maharakham University

Abstract

This research paper presents a system for monitoring and notifying to prevent damages caused by an abnormal operation of the hot press machine with Internet of Things technology. The current and voltage values supplied to the heater of the hot press machine are monitored by sensors in normal and abnormal operating conditions in real time. The system consists of current and voltage sensors, the Pzem- 004T sensor is used to measure the current and voltage of the heater. Node MCU ESP8266 processor is used for processing the measured data values from the sensors and transmit data to the NETPIE platform's cloud storage and recording. Such information will be displayed on the NETPIE freeboard and notified via the LINE application according to the working status changes. From the experimental results shown that our proposed system can measure and display the data values correctly. It can accurately identify and abnormal operating conditions of the hot press machine perfectly. In addition the recorded and collected data values can be analyzed for more efficient maintenance planning.

Keyword: Monitoring and notification system, Internet of Thing, NETPIE Platform, Application LINE

1. บทนำ

ปัจจุบันในภาคอุตสาหกรรมการผลิตส่วนใหญ่ได้มีการประยุกต์ใช้เครื่องจักรทั้งแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติในการขับเคลื่อนกระบวนการผลิตเพื่อทำให้มีกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น และผลตอบแทนที่มากขึ้น [1] โดยการได้มาซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวมีจุดเริ่มต้นมาจากการที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตามมาตรฐานการผลิต ดังนั้นการรักษาเสถียรภาพการทำงานของเครื่องจักรจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการผลิต ซึ่งทำได้โดยการบำรุงรักษา (Maintenance) โดยเทคนิคที่จะช่วยให้การบำรุงรักษาเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ คือ เทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) เทคนิคดังกล่าวเป็นกลยุทธ์ในการบำรุงรักษาที่มีการนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อประเมินและคาดการณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์การพังชำรุดของเครื่องจักร (Breakdown) ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้สามารถกำหนดและวางแผนการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2] เทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในการได้มาซึ่งข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และประเมินเพื่อวางแผนการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ ได้แก่ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการประยุกต์ใช้เครื่องจักร การวิเคราะห์และประมวลผล รวมทั้งระบบต่าง ๆ เข้ามาทำงานร่วมกัน ให้สามารถสื่อสารกันแบบเครือข่าย แลกเปลี่ยนข้อมูล แสดงผลข้อมูล บนทึกและจัดเก็บข้อมูลได้ตามเวลาจริง [3] โดยข้อมูลที่ถูกบันทึกและจัดเก็บไว้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อคาดการณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์การพังชำรุดของเครื่องจักร และสามารถวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของบริษัทการศึกษา เครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนเป็นเครื่องจักรที่ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปชิ้นงานในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน โดยการทำงานของเครื่องจักรดังกล่าวใช้หลักการให้ความร้อนจากฮีตเตอร์และแรงกดอัดจากระบบไฮดรอลิกเพื่อทำให้ชิ้นงานมีรูปร่างลักษณะและคุณภาพตามมาตรฐานการผลิตที่กำหนด จากการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนที่มีการให้ความร้อนและแรงกดอัดอยู่ตลอดเวลา พบว่าระบบการให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์มีการชำรุดเสียหายเกิดขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้า

ให้กับฮีตเตอร์ในสถานะที่ไม่สมดุล รวมถึงยังไม่มีระบบสำหรับเฝ้าติดตามและป้องกันสถานะดังกล่าวจนทำให้เกิดการพังชำรุดเสียหายในที่สุด และส่งผลกระทบต่อให้เกิดการสูญเสียทั้งในด้านกำลังการผลิต (Capacity Loss) และในด้านคุณภาพ (Quality Loss) ของผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านมาจึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต เช่น งานวิจัยที่พัฒนาเกี่ยวกับระบบเฝ้าติดตามและป้องกันการดำเนินงานที่ผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด 3 เฟส ด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์ [4-5] และยังมีงานวิจัยที่พัฒนาเกี่ยวกับระบบเฝ้าสังเกตอุณหภูมิในกระบวนการทำความร้อนแบบไฟฟ้าของเครื่องเล่นเคอร์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง สำหรับเฝ้าสังเกตอุณหภูมิในกระบวนการทำความร้อนแบบไฟฟ้าของเครื่องเล่นเคอร์ในอุตสาหกรรมการผลิตยางล้อ [6] จากงานวิจัยข้างต้นเป็นการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับแจ้งเตือนเพื่อป้องกันสถานะการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักรประเภทมอเตอร์และเครื่องทำความร้อนแบบไฟฟ้าของเครื่องเล่นเคอร์ แต่ยังไม่มีการนำมาพัฒนาใช้งานร่วมกับเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนของบริษัทการศึกษา ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินงานพัฒนาและออกแบบระบบขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานที่ปกติและผิดปกติ เพื่อป้องกันการพังชำรุดเสียหายของฮีตเตอร์ที่อยู่ภายในเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนและสามารถแสดงสถานะการทำงานปกติและแจ้งเตือนการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักรได้ตามเวลาจริง และสามารถนำข้อมูลพฤติกรรมการทำงานของเครื่องจักรที่บันทึกและจัดเก็บไว้มาวิเคราะห์และประเมินเพื่อวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการออกแบบระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ มีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ตามเว็บไซต์ สะดวกและง่ายต่อการบำรุงรักษา

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาาระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือน สถานะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนด้วย เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

2.1 กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน

กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนเป็นกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยหลักการให้ความร้อนและแรงกดอัดแก่ชิ้นงาน เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างลักษณะและคุณภาพตามมาตรฐานการผลิตที่กำหนด ซึ่งมี 5 ขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 1

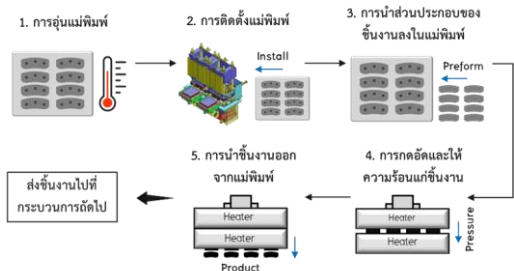
ขั้นตอนที่ 1 การอุ่นแม่พิมพ์ เป็นขั้นตอนการนำแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปร้อนชิ้นงานไปให้ความร้อนในตู้อบ (Baking) เพื่อให้แม่พิมพ์มีอุณหภูมิที่พร้อมสำหรับกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

ขั้นตอนที่ 2 การติดตั้งแม่พิมพ์ เป็นขั้นตอนการนำแม่พิมพ์ที่ผ่านขั้นตอนการอุ่นแม่พิมพ์มาติดตั้งที่เครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน เพื่อเริ่มกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

ขั้นตอนที่ 3 การนำส่วนประกอบของชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ เป็นขั้นตอนการนำทุกส่วนประกอบของชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ เพื่อทำการอัดขึ้นรูปร้อนชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 4 การกดอัดและการให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน เป็นขั้นตอนการกดอัดและให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน เพื่อให้มีรูปร่างลักษณะและคุณภาพตามมาตรฐานการผลิตที่กำหนด

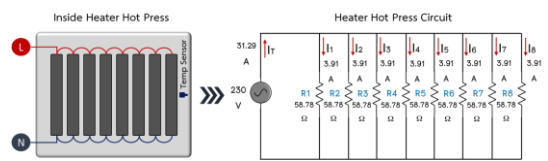
ขั้นตอนที่ 5 การนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เป็นขั้นตอนการปลดชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการกดอัดและให้ความร้อนออกจากแม่พิมพ์ และส่งชิ้นงานต่อไปที่กระบวนการถัดไป



รูปที่ 1 กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

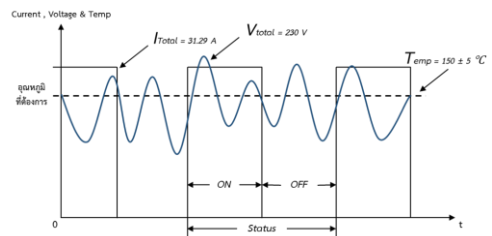
2.2 ระบบการทำความร้อนด้วยไฟฟ้าของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน

ระบบการทำความร้อนด้วยไฟฟ้าของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนมีการใช้ฮีตเตอร์ (Heater) ในการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ โดยใช้ฮีตเตอร์ประเภทฮีตเตอร์แท่งจำนวน 8 แท่ง และฮีตเตอร์ 1 แท่ง มีขนาด 900 วัตต์ (W) การต่อวงจรของฮีตเตอร์ภายในแม่พิมพ์เป็นการต่อวงจรแบบขนาน ในสภาวะการทำงานปกติมีค่าแรงดันตกคร่อม 230 โวลต์ ($V_T = 230\text{ V}$) ค่ากระแสรวม 31.29 แอมป์ ($I_T = 31.29\text{ A}$) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบการทำความร้อนด้วยไฟฟ้าของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน

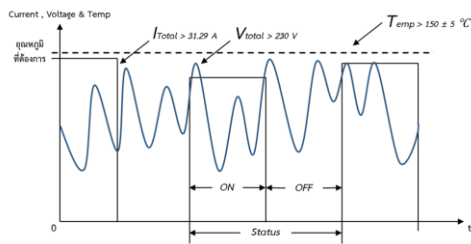
กระบวนการควบคุมการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนมีลักษณะการควบคุมแบบป้อนกลับ (ON-OFF Feedback Control) อุณหภูมิของแม่พิมพ์ ถูกตรวจวัดสำหรับเป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ สมมุติอุณหภูมิที่ต้องการถูกกำหนดไว้ที่ค่าๆ หนึ่งที่เป็นมาตรฐานการผลิต ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าที่กำหนด ระบบควบคุมการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์จะทำงานและหยุดทำงานตามลำดับ ดังรูปที่ 3



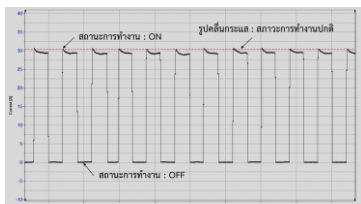
รูปที่ 3 รูปคลื่นการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะโหลดสมดุล

ในบางกรณีมีการกำหนดค่าอุณหภูมิที่ต้องการไว้สูง ทำให้ระบบควบคุมสั่งการให้จ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้า

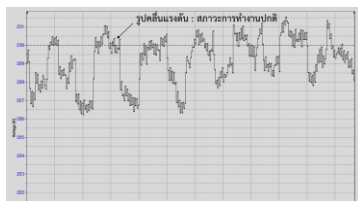
ให้กับฮีตเตอร์ในรูปแบบเกินพิกัดโหลด เป็นผลทำให้ฮีตเตอร์ขาดในที่สุด ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 รูปคลื่นการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ



รูปที่ 5 การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ในสภาวะปกติ



รูปที่ 6 การจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ในสภาวะปกติ

จากรูปที่ 5 - 6 เป็นการศึกษาพฤติกรรมการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์รีออน โดยจากการศึกษาพบว่าค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์มีค่าเท่ากับ $I_r = 31.17 \text{ A}$ และ $V_r = 229.28 \text{ V}$ ค่าข้อมูลดังกล่าวถูกนำไปใช้สำหรับการกำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบในการแจ้งเตือนสภาวะการทำงานที่ผิดปกติของฮีตเตอร์

2.3 บริการ NETPIE Platform

NETPIE เป็นแพลตฟอร์มที่ให้บริการสำหรับ IoT (Internet of Things) ในการบันทึกและจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูลแบบคลาวด์ (Cloud) และนำข้อมูลมาแสดงผลผ่านเน็ตพายฟรีบอร์ด (NETPIE Freeboard) โดยเน็ตพายแพลตฟอร์มเป็น Middleware ที่มีหัวใจหลักเป็น Distributed MQTT Brokers ที่เป็นเสมือนจุดนัดพบให้สิ่งต่างๆ (Things) นั้นสามารถติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยน

ข้อมูล และทำงานร่วมกันผ่านวิธีการส่งข้อความแบบ Publish/Subscribe

อีกทั้ง NETPIE ยังมีโครงสร้างสถาปัตยกรรมที่เป็นคลาวด์อย่างแท้จริงในทุกองค์ประกอบ ทำให้สามารถขยายตัวได้อย่างอัตโนมัติ (Auto Scale) สามารถซ่อมแซมและดูแลตัวเองได้โดยอัตโนมัติเมื่อมีส่วนหนึ่งส่วนใดในระบบมีปัญหา (Self-Healing, Self-Recovery) รวมไปถึงการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ [3] ซึ่งการเชื่อมต่อสิ่งต่าง ๆ เข้ากับเน็ตพายแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเชื่อมต่อสิ่งต่าง ๆ เข้ากับ NETPIE

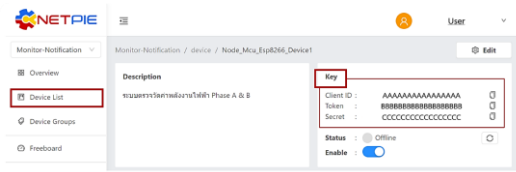
● การใช้บริการ NETPIE Platform

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้งานบริการ NETPIE Platform เนื่องจากเป็นระบบที่ช่วยให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ มีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลโดยวิธีการจำกัดการเข้าถึงในระดับ Fine Grain และมีความยืดหยุ่นสูงต่อการขยายระบบ ในการเริ่มต้นใช้งานทำได้โดยการสมัครสมาชิกเพื่อขอใช้บริการที่เว็บไซต์ <https://netpie.io/> [7] ดังรูปที่ 8

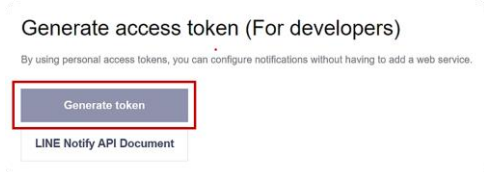


รูปที่ 8 การใช้งานบริการ NETPIE Platform

เมื่อทำการสมัครสมาชิกแล้วจากนั้นทำการสร้าง Project ที่เมนู Create Project แล้วกดเข้าไปใน Project เพื่อสร้าง Device List สำหรับนำ Key ของ Device ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ Node MCU ESP8266 สามารถสื่อสารและส่งค่าข้อมูลกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์ Pzem-004T มาบันทึกและจัดเก็บที่ NETPIE Platform ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 Key สำหรับการเชื่อมต่อ NETPIE Platform

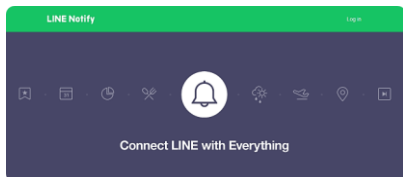


รูปที่ 11 การ Generate Token

2.4 บริการ Application LINE

Application LINE เป็นแอปพลิเคชันที่มีการพัฒนาบริการ Messaging และ Voice Over IP รวมเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นแอปพลิเคชันที่สามารถส่งข้อความสื่อมัลติมีเดียต่างๆ เช่น ข้อความที่เป็นตัวอักษร รูปภาพ และวีดิทัศน์ รวมถึงการติดต่อสื่อสารด้วยการโทรแบบเสียงและแบบภาพวิดีโอเคลื่อนไหวได้ [8] ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้งานแอปพลิเคชันไลน์ตามลักษณะของงานที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

แอปพลิเคชันไลน์ได้มีการให้บริการเกี่ยวกับ LINE Notify ซึ่งเป็นบริการที่ใช้ในการส่งข้อความหรือแจ้งเตือนในรูปแบบอัตโนมัติ โดยสามารถส่งข้อความหรือการแจ้งเตือนดังกล่าวไปยังกลุ่ม (Group) หรือบัญชีส่วนตัวผ่าน API ของไลน์ได้โดยตรง [9] ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 บริการ LINE Notify

- การใช้บริการ LINE Notify

การเริ่มต้นใช้งานบริการ LINE Notify ทำได้โดยการสมัครใช้งานแอปพลิเคชันไลน์แบบบัญชีส่วนตัวหรือแบบกลุ่มการทำงาน จากนั้นสมัครใช้งานบริการ LINE Notify ที่เว็บไซต์ <https://notify-bot.line.me/my/> แล้วทำการ Login เข้าสู่ระบบด้วยอีเมลและรหัสผ่านเพื่อขอ Token ด้วยการกด “Generate Token” ดังรูปที่ 11

3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีรายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

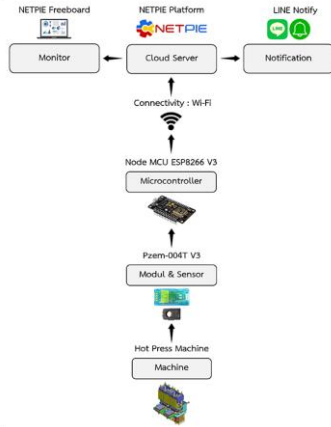
3.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบ

ส่วนประกอบของระบบประกอบด้วย 3 ส่วน ดังรูปที่ 12 ได้แก่ ระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ระบบคลาวด์ แพลตฟอร์ม และระบบการแจ้งเตือน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 : ชุด Sensor & Microcontroller เป็นส่วนที่ใช้สำหรับตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ โดยใช้เซนเซอร์ Pzem-004T ในการตรวจวัดค่าข้อมูลที่ตรวจวัดได้จะถูกประมวลผลด้วย Node MCU ESP8266 และส่งข้อมูลไปบันทึกและจัดเก็บไว้บนคลาวด์เน็ตพายแพลตฟอร์ม ผ่านระบบการเชื่อมโยงการสื่อสารแบบไวไฟ (Wi-Fi)

ส่วนที่ 2 : บริการ NETPIE Platform เป็นส่วนที่ใช้สำหรับบันทึกและจัดเก็บค่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดซึ่งข้อมูลจะถูกบันทึกและจัดเก็บไว้บนระบบคลาวด์และสามารถนำค่าข้อมูลดังกล่าวมาแสดงผลในรูปแบบของจอแสดงผลบน NETPIE Freeboard ตามเวลาจริง อีกทั้งยังสามารถดึงค่าข้อมูลที่ถูกบันทึกและจัดเก็บไว้มาวิเคราะห์ย้อนหลังได้

ส่วนที่ 3 : บริการ LINE Notify เป็นส่วนที่ใช้สำหรับแจ้งเตือนในรูปแบบอัตโนมัติเมื่อเกิดสถานะการทำงานที่ผิดปกติในการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์

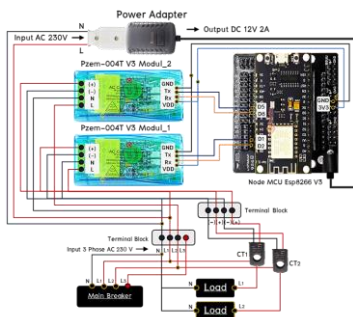


รูปที่ 12 โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบ

3.2 การติดตั้งชุด Sensor & Microcontroller

ชุด Sensor & Microcontroller ดังรูปที่ 13 มีส่วนประกอบของระบบและรูปแบบการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า (Electrical Circuit) และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Circuit) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

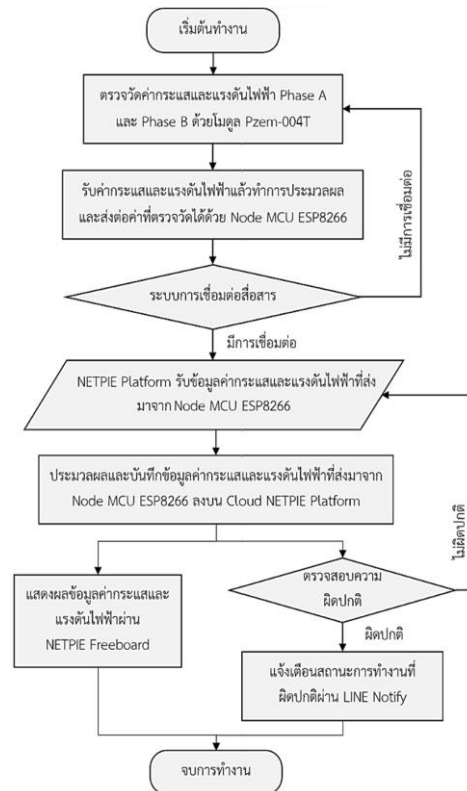
- Pzem-004T & CT Sensor จำนวน 2 ชุด ใช้สำหรับตรวจวัดค่ากระแสพิกัด 0-100 A และแรงดันไฟฟ้าที่พิกัด 0-260 V ที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ Phase A และ Phase B
- Node MCU ESP8266 ใช้สำหรับเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานของ Pzem-004T ด้วยโปรแกรม Arduino IDE ภาษาที่ใช้เขียนคือ ภาษาซี โดยโหมดเอ็มซียูจะรับค่าและประมวลผลข้อมูลแล้วส่งขึ้นไปบันทึกและจัดเก็บบน NETPIE Platform ด้วยระบบการเชื่อมโยงการสื่อสารแบบไวไฟ (Wi-Fi)
- Node MCU Base ใช้สำหรับต่อขยายขา Node MCU ESP8266 ให้สามารถเชื่อมต่อวงจรได้สะดวกยิ่งขึ้น
- AC-DC Power Adapter ใช้สำหรับแปลงไฟฟ้า 100-240VAC เป็น 12VDC 2A เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยง Node MCU Base และ Node MCU ESP8266



รูปที่ 13 การติดตั้งชุด Sensor & Microcontroller

3.3 รูปแบบและขั้นตอนการทำงานของระบบ

การพัฒนาาระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ใช้โปรแกรม Arduino IDE และภาษาซีในการเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบ โดยการทำงานของระบบจะเริ่มต้นจากการตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ Phase A และ Phase B ด้วย Pzem-004T แล้วส่งค่าที่ตรวจวัดได้ไปประมวลผลที่ Node MCU ESP8266 จากนั้นส่งข้อมูลขึ้นไปบันทึกและจัดเก็บบน NETPIE Platform ด้วยระบบการเชื่อมโยงการสื่อสารแบบไวไฟ (Wi-Fi) ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาแสดงผลในรูปแบบจอแสดงผลผ่าน NETPIE Freeboard และแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นในการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 รูปแบบและขั้นตอนการทำงานของระบบ

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ระบบที่พัฒนาขึ้นถูกนำไปติดตั้งและทดสอบการตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน แล้วแสดงผลค่าที่ได้จากการตรวจวัดผ่านหน้าจอแสดงผล (NETPIE Freeboard) และแจ้งเตือนผ่านไลน์ (LINE Notify) เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น โดยการทดสอบออกเป็น 2 เงื่อนไข ดังนี้

4.1 การทดสอบการตรวจวัดและแสดงผลบน

NETPIE Freeboard

การทดสอบการตรวจวัดและแสดงผลบน NETPIE Freeboard มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำในการแสดงผลข้อมูลค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ที่ได้จากการตรวจวัดผ่านหน้าจอแสดงผล เปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัด Fluke Energy Analyze เมื่อระยะเวลาการส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ทมีการเปลี่ยนแปลง

จากการทดสอบ พบว่าระบบสามารถตรวจวัดและแสดงผลข้อมูลค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ได้ถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัด Fluke Energy Analyze ซึ่งผลการทดสอบระบบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำในการตรวจวัดและแสดงผลข้อมูล

ระยะทดสอบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%Error)			
	Phase A		Phase B	
	Volt	Amp	Volt	Amp
0	0.09%	0.44%	0.09%	0.44%
2	0.04%	0.44%	0.04%	0.87%
4	0.04%	0.87%	0.04%	0.87%
6	0.04%	0.87%	0.09%	0.87%
8	0.13%	0.44%	0.09%	0.44%
10	0.13%	0.44%	0.09%	0.44%
12	0.13%	0.87%	0.09%	0.44%
14	0.09%	0.87%	0.09%	0.87%
16	0.09%	0.44%	0.04%	0.44%
18	0.18%	0.44%	0.18%	1.30%
20	ระบบไม่ตอบสนอง			
22	ระบบไม่ตอบสนอง			

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าการตรวจวัดและแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 0.18% และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเท่ากับ 0.04%

การตรวจวัดและแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 1.30% และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเท่ากับ 0.04% โดยระยะที่ระบบสามารถใช้งานได้สูงสุดเท่ากับ 18 เมตร และระยะที่ระบบไม่สามารถทำงานและตอบสนองได้ คือ 19 เมตรเป็นต้นไป

จากการทดลองใช้งานระบบ พบว่าระบบสามารถแสดงผลค่าข้อมูลสำหรับเฝ้าติดตามสถานะการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ผ่าน NETPIE Freeboard ได้ตามเวลาจริง โดยค่าข้อมูลที่ถูกนำมาแสดงผล ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า Phase A & B ค่ากระแสไฟฟ้า Phase A & B ค่ากำลังไฟฟ้า Phase A & B และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ Phase A & B ดังรูปที่ 15 และสามารถแสดงข้อมูลย้อนหลังผ่าน NETPIE Feed ดังรูปที่ 16 - 19

4.2 การทดสอบการตรวจวัดและแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify

การทดสอบการตรวจวัดและแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำในการตรวจวัดและการตอบสนองในการแจ้งเตือนสถานะการทำงานที่ผิดปกติของการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัด Fluke Energy Analyze เมื่อระยะเวลาการส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ทมีการเปลี่ยนแปลง

จากการทดสอบ พบว่าระบบสามารถตรวจวัดและตอบสนองได้อย่างรวดเร็วในการแจ้งเตือนสถานะการทำงานที่ผิดปกติของการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ รวมถึงค่าที่ตรวจวัดและแจ้งเตือนมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัด Fluke Energy Analyze ซึ่งผลการทดสอบระบบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความถูกต้องแม่นยำและการตอบสนองในการแจ้งเตือน

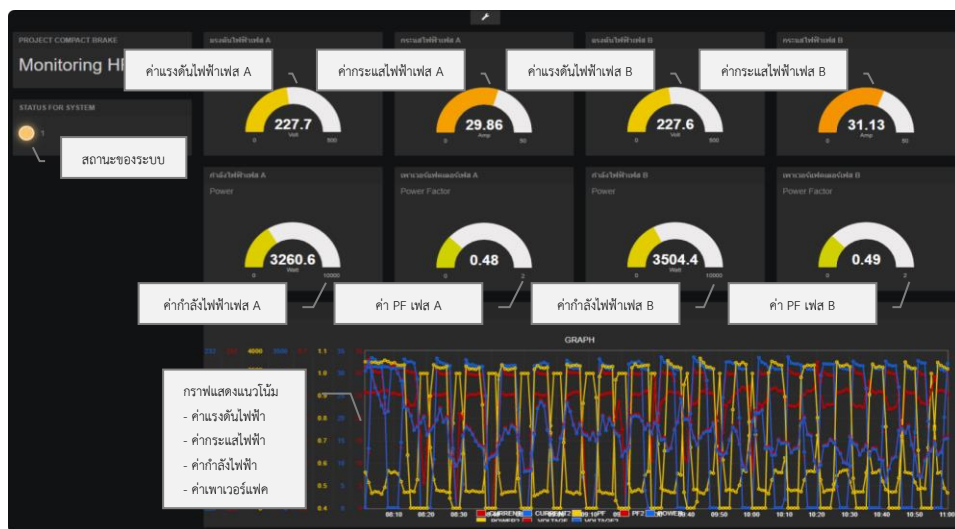
ระยะทดสอบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%Error)		ค่า Delay	
	Volt	Amp	min	%Delay
0	0.09%	0.87%	0 min	0%
1	0.04%	1.30%	0 min	0%
2	0.04%	0.87%	0 min	0%
3	0.04%	1.30%	0 min	0%
4	0.04%	0.44%	0 min	0%
5	0.09%	0.87%	0 min	0%
6	0.09%	0.44%	0 min	0%
7	0.18%	1.30%	0 min	0%
8	0.13%	0.87%	0 min	0%
9	0.04%	0.44%	0 min	0%
10	0.04%	1.30%	0 min	0%
11	0.04%	0.44%	0 min	0%
12	0.26%	2.17%	1 min	1.67%
13	ระบบไม่ตอบสนอง			
14	ระบบไม่ตอบสนอง			

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าการตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 0.26% และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเท่ากับ 0.04% การตรวจวัดและแจ้งเตือนค่ากระแสไฟมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 2.17% และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเท่ากับ 0.44% ระยะที่ระบบสามารถใช้งานและตอบสนองได้เร็วที่สุด คือ 0 – 11 เมตร มีค่า Delay ในการแจ้งเตือนเท่ากับ 0 นาที และระยะที่ระบบสามารถใช้งานและตอบสนองได้ช้าที่สุด คือ 12 เมตร มีค่า Delay ในการแจ้งเตือนเท่ากับ 1 นาที โดยระยะที่ระบบสามารถใช้

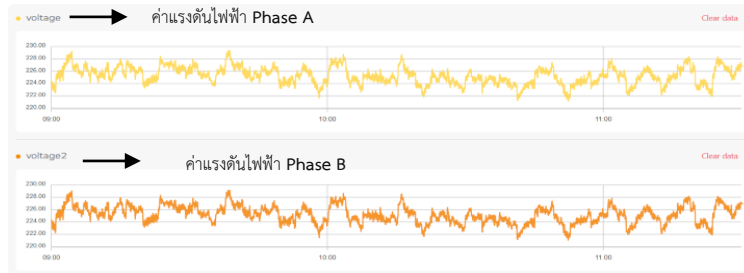
งานได้สูงสุดเท่ากับ 12 เมตร และระยะที่ระบบไม่สามารถทำงานและตอบสนองได้ คือ 13 เมตรเป็นต้นไป

จากการทดลองใช้งานระบบ พบว่าระบบสามารถแจ้งเตือนสภาวะการทำงานที่ผิดปกติในการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนผ่าน LINE Notify ได้ตามเวลาจริง และจากการศึกษาพฤติกรรมของการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าจึงกำหนดให้มีการแจ้งเตือน 4 สภาวะเพื่อแจ้งเตือนสภาวะการทำงานที่ผิดปกติ ได้แก่ กระแสสูงเกิน (Over Current) กระแสต่ำเกิน (Under Current) แรงดันสูงเกิน (Over Voltage) และแรงดันต่ำเกิน (Under Voltage) ซึ่งเงื่อนไขในการแจ้งเตือนกำหนดดังนี้

- สภาวะกระแสสูงเกิน : เมื่อค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I) ที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์สูงกว่า 33.00 แอมป์ กำหนดให้มีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ดังรูปที่ 21
- สภาวะกระแสต่ำเกิน : ค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I) ที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ต่ำกว่า 28.00 แอมป์ กำหนดให้มีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ดังรูปที่ 21
- สภาวะแรงดันสูงเกิน : ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม (VT) ที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์สูงกว่า 235.00 โวลต์ กำหนดให้มีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ดังรูปที่ 22
- สภาวะแรงดันต่ำเกิน : ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม (VT) ที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ต่ำกว่า 220.00 โวลต์ กำหนดให้มีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ดังรูปที่ 22



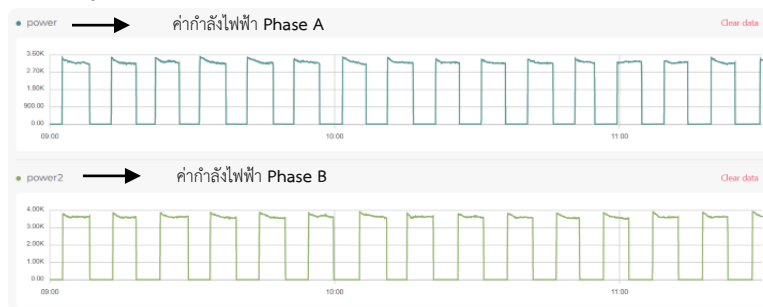
รูปที่ 15 การแสดงผลข้อมูลแบบ Real Time ผ่าน NETPIE Freeboard



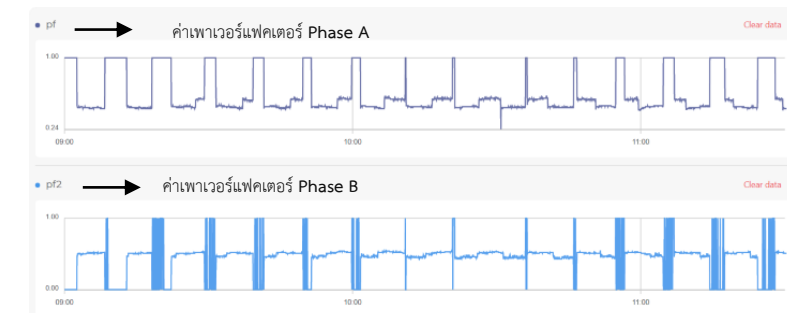
รูปที่ 16 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ย้อนหลังผ่าน NETPIE Feed



รูปที่ 17 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้า (Current) ย้อนหลังผ่าน NETPIE Feed



รูปที่ 18 การแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้า (Power) ย้อนหลังผ่าน NETPIE Feed

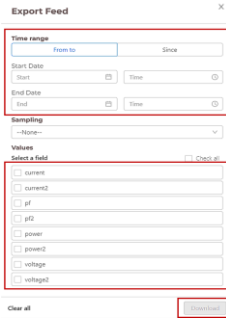


รูปที่ 19 การแสดงผลค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) ย้อนหลังผ่าน NETPIE Feed

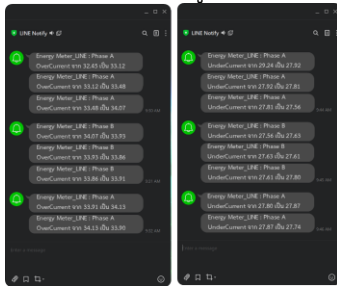
จากรูปที่ 15 - 19 เป็นรูปแบบการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกบันทึกและจัดเก็บไว้บน NETPIE Platform ทำให้ผู้ใช้งานระบบสามารถเฝ้าติดตามและดูข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์รีออน ณ เวลาปัจจุบันผ่าน NETPIE Freeboard และดูข้อมูลย้อนหลังผ่าน NETPIE Feed ได้ตามเวลาจริง โดยข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะมีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์พฤติกรรมและความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูป

พิมพ์รีออน อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์และประเมินเพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงระบบการทำงานความร้อนด้วยไฟฟ้าของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์รีออนได้เป็นอย่างดี

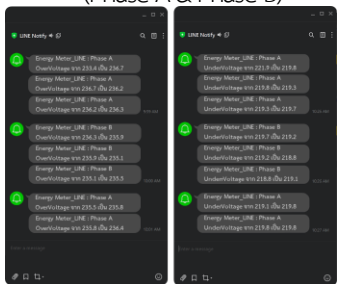
การเรียกใช้ข้อมูลย้อนหลังจาก NETPIE Feed สามารถทำได้โดยกดปุ่ม “Export” เลือกช่วงข้อมูล “From to” หรือ “Since” จากนั้นเลือกประเภทข้อมูลที่ต้องการแล้วกดปุ่ม “Download” เพื่อดาวน์โหลดข้อมูลดังรูปที่ 20 ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ Excell



รูปที่ 20 การเรียกใช้ข้อมูลจาก NETPIE Feed



รูปที่ 21 การแจ้งเตือนสถานะกระแสสูงและกระแสต่ำเกิน (Phase A & Phase B)



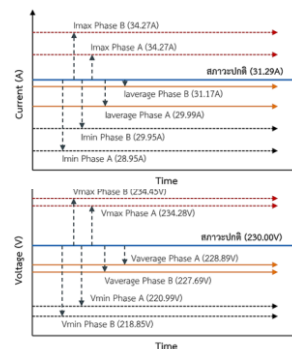
รูปที่ 22 การแจ้งเตือนสถานะแรงดันสูงและแรงดันต่ำเกิน (Phase A & Phase B)

จากรูปที่ 21 - 22 เป็นรูปแบบการแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติในการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน พบว่าเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นจะมีการบ่งชี้สถานะการทำงานที่ผิดปกติและส่งข้อความแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ไปยังผู้ใช้งานระบบและผู้ที่เกี่ยวข้องให้ทราบถึงสถานะหรือพฤติกรรมการทำงาน ณ ขณะนั้นของเครื่องจักรดังกล่าว เพื่อให้สามารถดำเนินการวางแผนซ่อมบำรุงและทำการซ่อมบำรุงอย่างมีประสิทธิภาพและไม่กระทบกับกระบวนการผลิตที่กำลังดำเนินอยู่

4.3 วิเคราะห์ผลการติดตั้งใช้งานระบบ

จากการทดสอบระบบทั้ง 2 เดือน จะเห็นว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ทุกๆ เดือน จากนั้นได้มีการนำระบบไปติดตั้งใช้งานเพื่อเฝ้าติดตามและแจ้งเตือน

สถานะการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนเครื่องที่ 11 (Hot Press 11) จากการติดตั้งใช้งานระบบพบว่าผู้ใช้งานสามารถเฝ้าติดตามสถานะการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าได้ตามเวลาจริงผ่าน NETPIE Freeboard และเมื่อมีความผิดปกติในการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นจะมีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ไปยังผู้ใช้งานให้ทราบในทันที และข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดที่บันทึกและจัดเก็บไว้บน NETPIE Platform จะถูกนำมาวิเคราะห์และประเมินเกี่ยวกับพฤติกรรมกรจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าเพื่อวางแผนการบำรุงรักษาและดำเนินการซ่อมบำรุงในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 23 การวิเคราะห์ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 23 เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับสถานะและพฤติกรรมกรจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องพิมพ์ร้อนเครื่องที่ 11 ซึ่งได้จาก NETPIE Feed จะเห็นว่าค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (IAverage & VAverage) มีค่าต่ำกว่าค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะปกติ จึงสามารถประเมินได้เบื้องต้นว่าฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนเครื่องที่ 11 มีแนวโน้มที่พังจะพังชำรุดเสียหายได้ เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นอาจจะต้องนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยโมเดลวิเคราะห์การถดถอย (Regression model) และนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการวางแผนบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพ เพื่อป้องกันการพังชำรุดของเครื่องจักรและลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

5. สรุปผล

การออกแบบและพัฒนาระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้มีการประยุกต์ใช้

เทคโนโลยี IoT (Internet of Things) เข้ามาใช้งานร่วมกับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต โดยระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ส่วนของเซนเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ 2) ส่วนของบริการคลาวด์เน็ตพายแพลตฟอร์ม 3) ส่วนของบริการการแจ้งเตือนผ่านไลน์ จาก การทดสอบพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัด แสดงผล และแจ้งเตือนข้อมูลได้อย่างถูกต้อง สามารถใช้งาน สำหรับการเฝ้าติดตามสถานะการจ่ายกระแสและ แรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนผ่าน NETPIE Freeboard และแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify เมื่อ ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์มีความ ผิดปกติเกิดขึ้นได้ตามเวลาจริง อีกทั้งยังสามารถนำค่าข้อมูลที่ บันทึกและจัดเก็บบนคลาวด์ NETPIE Platform มา วิเคราะห์ย้อนหลังและประเมินเพื่อวางแผนการบำรุงรักษา เครื่องจักร (Predictive Maintenance) ให้มีประสิทธิภาพ มากยิ่งขึ้นได้

จากระบบที่พัฒนาขึ้นยังมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถใช้งานระบบเพื่อป้องกันสถานะการทำงานที่ผิดปกติใน การจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าได้โดยตรง เนื่องจากไม่ได้มีการเชื่อมต่อระบบเข้ากับระบบควบคุมการจ่ายกระแสและ แรงดันไฟฟ้าของฮีตเตอร์ เป็นผลทำให้ไม่สามารถควบคุมและ สั่งการตัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าได้อย่างอัตโนมัติเมื่อมี ความผิดปกติเกิดขึ้น รวมถึงระยะเวลาการใช้งานของระบบที่ จำกัด ซึ่งเกิดจากความคลอบคลุมและระยะเวลาการรับสัญญาณ อินเทอร์เน็ตของระบบ เป็นผลทำให้ระบบไม่สามารถทำงาน และตอบสนองได้ อย่างไรก็ตามสามารถนำระบบหรือวิธีการที่ นำเสนอไปพัฒนาต่อยอดให้มีการเชื่อมต่อกับระบบ ควบคุมภายในเครื่องจักรและเพิ่มจุดกระจายสัญญาณ อินเทอร์เน็ตให้ครอบคลุม เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมี ประสิทธิภาพและสามารถเฝ้าติดตาม แจ้งเตือน และควบคุม สั่งการด้วยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้อย่าง อัตโนมัติและตามเวลาจริง เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิด ขึ้นกับเครื่องจักรได้โดยตรงและรวดเร็ว

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] CHAUAROENTECH. Machine, type of machine, maintenance method and knowledge of automation (Automation System). [Internet]. 2020 [cited 2022 Mar 1]. Available from: [https:// www.chi.co.th/article /article-2229/](https://www.chi.co.th/article/article-2229/) (in Thai)
- [2] Suwat S. Smart Maintenance. [Internet]. 2019 [cited 2022 Mar 1]. Available from: [https://www.nectec. Or .th/news/news-pr-news/smart-maintenance-definition .html](https://www.nectec.or.th/news/news-pr-news/smart-maintenance-definition.html) (in Thai)
- [3] NECTEC. NETPIE: Internet of Things [Internet]. 2019 [cited 2022 Mar 1]. Available from: [https:// www. nectec.or.th/innovation/innovation-software/netpie .html](https://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/netpie.html) (in Thai)
- [4] Kittiphumi R. Fault detection and protection development while motor working with platform of netpie. SAU Journal of Science & Technology. 2563; 6(1):1-20 (in Thai)
- [5] Siriwich T, Prasit S. Development of fault protection and monitoring of three-Phase motor with internet of thing. Kasem Bundit Engineering Journal. 2562;9(2):105-26 (in Thai)
- [6] Nattawut D. Monitoring water temperature in electric heater system of calender by internet of things. The 33rd Conference on Mechanical Engineering Network; 2019 Jul 2-5; Udon Thani District. Faculty of Engineering Mahasarakham University; 2019.
- [7] NETPIE 2020. NETPIE Platform User Manual : Welcome to the NETPIE Platform 2020. [Internet]. Update 2022 [cited 2022 Feb 1]. Available from: <https://docs.netpie.io/> (in Thai)
- [8] LINE. LINE service : LINE messenger of the world. [Internet]. Update 2022 [cited 2022 Feb 1]. Available from:<https://linecorp.com/en/business/service>(in Thai)
- [9] LINE Notify. Connect LINE with Everything. [Internet]. Update 2022 [cited 2022 Feb 1]. Available from : <https://notify-bot.line.me/th/> (in Thai)