ระบบตรวจวัดอุณหภูมิของโฟมยางพาราแบบเวลาจริง

A Real-Time Temperature Monitoring System for Foam Rubber

วรพงศ์ ศิลาพันธ์

สถาบันนวัตกรรมมหานคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

E-mail: vorapong@mutacth.com

Manuscript received December 5, 2020
Revised December 22, 2020

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ ระบบการตรวจวัดอุณหภูมิของโฟมยางพาราแบบเวลาจริง ระบบนี้ได้นำไปใช้ในกระบวนการอบโฟมยางพาราเพื่อแปรรูปเป็นวัสดุอื่น ๆ ให้มีมูลค่าสูงขึ้น การตรวจสอบอุณหภูมิมีความจำเป็นในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง และการควบคุมคุณภาพของการอบโฟมยาง โดยระบบการวัดค่าอุณหภูมินี้สามารถดูผลการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาจนจบกระบวนการอบผ่านหน้าเว็บไซต์

คำสำคัญ: การตรวจวัดอุณหภูมิ, โฟมยาง

ABSTRACT

In this paper presents the implementation of a real-time temperature monitoring system for foam rubber. This system has been used in the drying process of rubber foam to transform it into other materials for a higher value. Temperature monitoring is necessary to monitor dynamics and quality control of rubber foam curing. The temperature measurement system can see the results of the change at any time until the end of the baking process through the website.

Keywords: *Temperature measurement, Foam Rubber*

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ทำการเกษตรหลากหลายรูปแบบ มีผลผลิตทางการเกษตรมากมาย เช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์ม เป็นต้น ผลผลิตทั้งหลายได้สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้เป็นจำนวนมหาศาล การนำผลผลิตทางการเกษตรต่าง ๆ เหล่านี้ไปทำการแปรรูป ยิ่งช่วยให้ผลิตผลทางการเกษตรนั้นมีมูลค่าเพิ่มขึ้นมากมาย

น้ำยางพาราเป็นผลผลิตหนึ่งที่ประเทศไทยผลิตได้เป็นอันดับต้น ๆ ของโลก ปัจจุบันได้มีการนำน้ำยางพาราไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้อย่างมากมาย เช่น แผ่นยาง รองเท้า ที่นอน หมอน ผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์แต่ละอย่างนั้นต่างมีกระบวนการ หรือกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกันออกไป [1]

กระบวนการแปรรูปน้ำยางพาราให้เป็นผลิตภัณฑ์จะมีขั้นตอนหลักโดยการเตรียมน้ำยางที่จะใช้ในการผลิต โดยนำน้ำยางธรรมชาติมาผสมกับสารเคมีที่ใช้ในการผลิตทำให้เป็นโฟมตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยความหนาแน่นของโฟมให้ได้ตามคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์แล้วนำโฟมน้ำยางฉีดเข้าในแบบพิมพ์ แล้วทำการอบความร้อนเพื่อให้โครงสร้างของโฟมยางพาราแข็งตัว ซึ่งจะความคุมความร้อนอุณหภูมิโฟมยางอยู่ที่ 100 °C ระยะเวลาในการอบประมาณ 20-40 นาที [2], [3] โดยการควบคุมเวลาในการอบจะควบคุมจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของสายพาน ซึ่งจะควบคุมแบบโดยใช้ความชำนาญของผู้ควบคุมเครื่อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จะออกแบบอุปกรณ์ที่ติดตั้งในแม่พิมพ์เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิภายใน 3 จุด และภายนอกแม่พิมพ์ 1 จุด เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับโฟมยางพารา โดยค่าที่วัดได้จะสามารถปรับตั้งเครื่องได้อย่างเที่ยงตรงและรวดเร็ว ทำให้ใช้พลังงานอย่างเหมาะสมกับการทำงานต่อไป

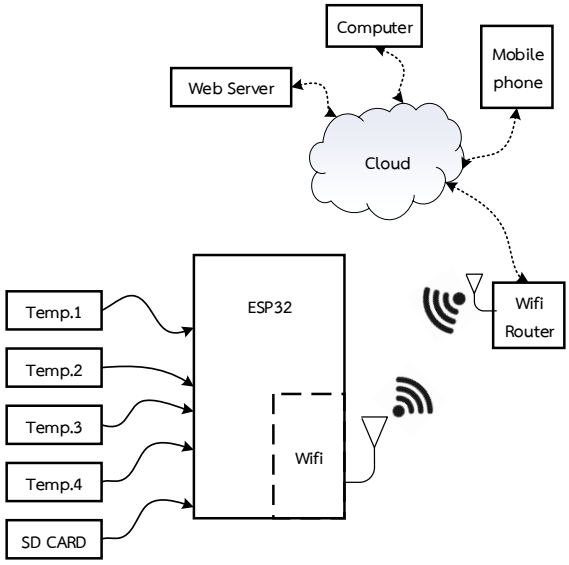
2. การออกแบบระบบตรวจวัดอุณหภูมิของโฟมยางพาราแบบเวลาจริง

กระบวนการให้ความร้อนเพื่ออบแห้งโฟมยางพารามีอยู่ด้วยกัน 2 วิธีการคือการให้ความร้อนด้วยไอน้ำดังรูปที่ 1จะเป็นการสร้างความร้อนจากภายนอกแม่พิมพ์ไปยังผลิตภัณฑ์จะใช้แม่พิมพ์ที่เป็นโลหะเพิ่มความทนทานและถ่ายเทความร้อนได้ดี อีกวิธีการหนึ่งที่ให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์คือใช้คลื่นวิทยุในการกำเนิดความร้อนซึ่งความร้อนจะเกิดภายในผลิตภัณฑ์ดังนั้นโครงสร้างของแม่พิมพ์ต้องเป็นอโลหะเท่านั้นเพราะจะมีผลต่อการกระจายคลื่นไปยังผลิตภัณฑ์

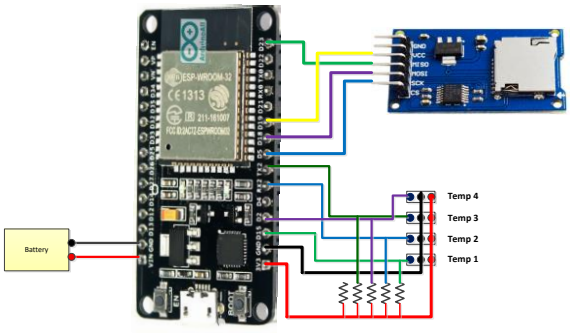
รูปที่ 1 *เครื่องอบด้วยไอน้ำสำหรับผลิตภัณฑ์ยางพารา[4]*

รูปที่ 2 *เครื่องอบด้วยคลื่นวิทยุสำหรับผลิตภัณฑ์ยางพารา[5]*

การออกแบบระบบตรวจวัดอุณหภูมิของโฟมยางพาราแบบเวลาจริงจะใช้กับเครื่องอบความร้อนด้วยไอน้ำ โดยมีโครงสร้างของบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3 ซึ่งในบทความนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 [6][7] เป็นตัวประมวลผลหลักในการรับค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ทั้งหมด 4 จุด แล้วทำการส่งข้อมูลที่ได้ผ่าน Wi-Fi ย่านความถี่ 2.4 GHz ไปยังเว็บไซต์ เพื่อผู้ใช้งานสามารถดูผลการวัดได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาในกระบวนการผลิตส่วนรูปที่ 4 เป็นการแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 3 *บล็อกไดอะแกรมของระบบ*



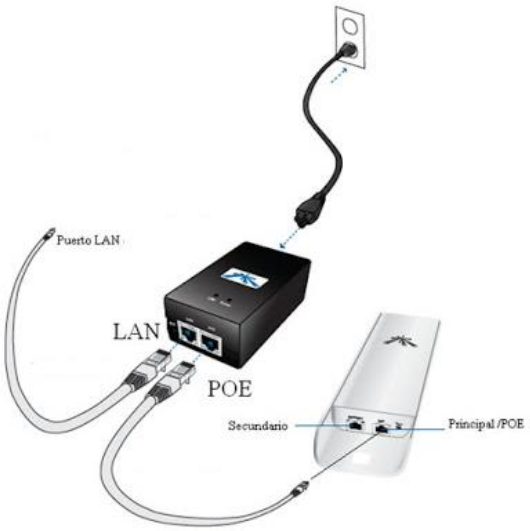
รูปที่ 4 *วงรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก*

จากบล็อกไดอะแกรมของระบบในรูปที่ 3 ในบทความนี้จะอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิเบอร์ DS1820 มีคุณสมบัติดังนี้

1) DS1820 เป็นไอซีดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์แบบโปรแกรมค่าความละเอียด และใช้การอินเตอร์เฟส แบบ 1-Wire และไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกไอซีตระกูลนี้มีหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับความละเอียด
2) DS1820 ค่าที่อ่านได้ 9–bit ความละเอียด 0.5 ℃
3) DS18B20 ค่าที่อ่านได้ 12–bit ความละเอียด 0.0625 ℃
4) ใช้แรงดันไฟเลี้ยง Vdd (หรือ Vcc) ได้ในช่วง 3.0V ถึง 5.5V
5) ย่านการวัดตั้งแต่ –55℃ ถึง +125℃ หรือ –67℉ ถึง +257℉
6) ใช้เวลาการแปลง 200 mS. สำหรับข้อมูล 9 บิต และ 750 mS. สำหรับข้อมูล 12 บิต
7) ไอซีแต่ละตัวมีหมายเลขเฉพาะตัว ขนาด 64 บิต (64-bit serial code)

อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณอินเตอร์เน็ต (Access Point) ใช้สำหรับเป็น Wireless Access Point เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอุปกรณ์กระจายสัญญาณกับเครื่องลูกข่าย เนื่องจากตัวกลางที่เป็นอากาศมีไอน้ำในปริมาณมากส่งผลกระทบทำให้การลดทอนสัญญาณสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ของ UBiQUiTi รุ่น NanoStation M2 (NSM2) ซึ่งมีกำลังส่งส่ง 28 dBm ความถี่ย่าน 2.4 GHz รองรับมาตรฐาน 802.11b/g/n ตามมาตรฐานเดียวกับบอร์ด ESP32 โดยมีคุณสมบัติอื่นดังต่อไปนี้

1) 1 พอร์ทแลน 10/100 BaseTX แบบ RJ-45 และรองรับการทำงาน Auto MID/MIDX และ PoE แบบ Passive
2) 1 พอร์ทแลน 10/100 BaseTX แบบ RJ-45 และรองรับการทำงาน Auto MID/MIDX และ PoE แบบ Passive สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก
3) สายอากาศ 2 x 12 dBi Panel Array Embedded Antenna 2.4 GHz ฝังตัวอยู่ในอุปกรณ์
4) กำลังส่งสูง 28 dBm (600 mW)
5) IP 64 – สามารถกันฝุ่น และป้องกันน้ำที่ถูกฉีดมาตกกระทบทุกทิศทาง
6) WEP 64/128 bit, WPA, WPA2 รองรับ MAC Address Filtering, SSID Broadcast enable/disable รองรับ Web Based Management, SNMP



รูปที่ 5 *อุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi*

จากรูปที่ 5 เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi กับโครงข่ายท้องถิ่น (LAN) โดยใช้มาตรฐาน PoE (Power over Ethernet) เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าพร้อมกับส่งข้อมูลในสายนำสัญญาณเดียวกัน การกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi สำหรับเชื่อมโยงสัญญาณ

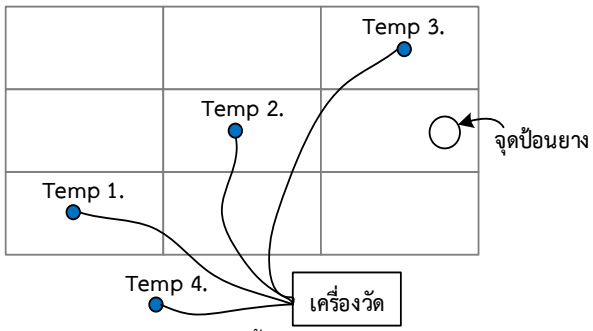
3. การกำหนดจุดตำแหน่งของเซ็นเซอร์และอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi

รูปที่ 6 (ก) แสดงลักษณะของแม่พิมพ์ที่ใช้งานและมีการกำหนดจุดตำแหน่งของเซ็นเซอร์ในการทดสอบ จะทำการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อวัดค่าอุณหภูมิกับแม่พิมพ์หมอนยางพารา โดยทำการเจาะแม่พิมพ์ด้านบนเพื่อติดตั้งเซ็นเซอร์ที่จุดต่าง ๆ ดัง รูปที่ 6 (ข)

ลำดับขั้นการผลิตเริ่มจากทำการประกอบแม่พิมพ์ชิ้นด้านล่างและด้านบนเข้าหากัน ทำการป้อนโฟมยางพาราเข้าแม่พิมพ์เพื่อทำการอบเมื่อทำการป้อนโฟมยางพาราจนเต็มทำการติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ตามรูปที่ 6 (ข) โดยให้เซนเซอร์มีความสูงประมาณกึ่งกลางแม่พิมพ์ ปล่อยแม่พิมพ์ที่ติดตั้งเซนเซอร์ผ่านเข้าตู้อบไอน้ำด้วยสายลำเลียงจนเสร็จสิ้นการอบแล้วทำการถอดแม่พิมพ์ชิ้นงานที่ได้จะต้องนำไปทำความสะอาดแล้วทำให้แห้งถึงจะก่อนบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์

ต่อไป ซึ่งจากผลในรูปที่ 7 เป็นอุณหภูมิภายนอกของแม่พิมพ์ (Temp 4) ติดตั้งบริเวณด้านข้างของแม่พิมพ์ จะช่วยให้ทราบถึงเวลาที่แม่พิมพ์เริ่มทำการอบเริ่มเข้าสู่กระบวนการอบไอน้ำดังรูปที่ 7 ณ จุด B คือ ตำแหน่งเวลาที่แม่พิมพ์เริ่มเข้าสู่กระบวนการอบ และเวลา ณ จุด C คือ ตำแหน่งเวลาสิ้นสุดที่แม่พิมพ์ออกจากกระบวนการอบแล้วนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

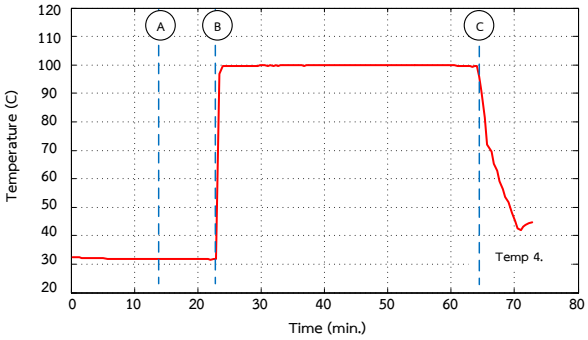
(ก) ชิ้นด้านล่างของแม่พิมพ์



(ข) ชิ้นด้านบนของแม่พิมพ์

รูปที่ 6 *ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ*

การกำหนดติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fiเนื่องจากเครื่องให้ความร้อนด้วยไอน้ำโครงสร้างของเครื่องระบบปิด โดยใช้โลหะเป็นสแตนเลสไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi ในตัวเครื่องได้ เนื่องจากความร้อนของไอน้ำที่ปล่อยออกมามีผลกระต่อการอุปกรณ์ และปัญหาการทดทอนของกระจายคลื่นสูงเนื่องจากโครงสร้างเป็นระบบปิดและตัวกลางที่เป็นอากาศมีไอน้ำ โดยในการทดลองจะทำการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณที่ต้นทางเข้าของอุโมงค์ลดปัญหาของอุปกรณ์



รูปที่ 7 *อุณหภูมิภายนอกแม่พิมพ์ (Temp 4)*

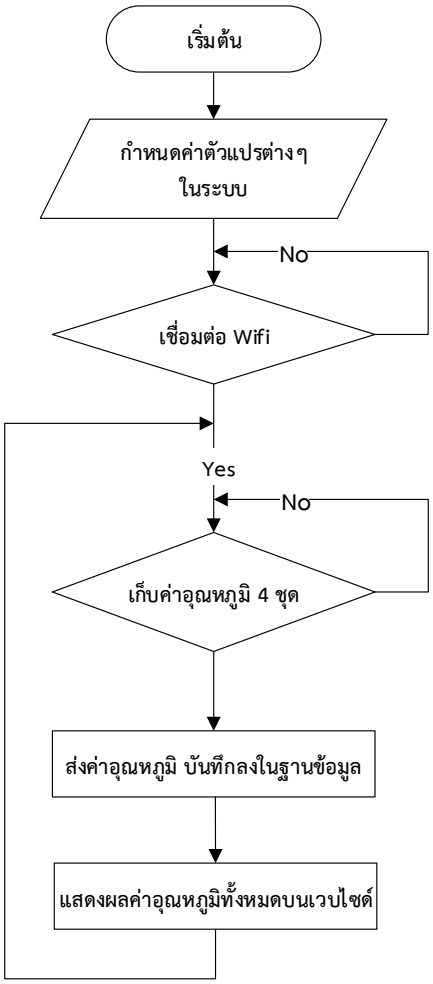
4. ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

การทำงานของระบบตรวจวัดมีการทำงานตามแผนผังดังรูปที่ 8 โดยเริ่มต้นโปรแกรมระบบจะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นการทำงานต่าง ๆ เช่น การกำหนดค่าการเชื่อมต่อ Wi-Fi การเชื่อมต่อกับ Web Server และตัวแปรต่าง ๆ ในการเก็บค่าอุณหภูมิ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi เมื่อการเชื่อมต่อเสร็จเรียบร้อย เมื่อเริ่มการบวนการอบโฟมยาง แม่พิมพ์ทั้งหมดที่วางบนสายพานจะถูกลำเลียงเข้าไปในอุโมงค์ไอน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 100 °C และมีระยะเวลาในกระบวนการอบประมาณ 40 นาที ระหว่างที่แม่พิมพ์เคลื่อนที่ไปนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าอุณหภูมิทั้ง 4 จุดและบันทึกค่าลงในหน่วยความจำและส่งค่าผ่านระบบ Wi-Fi ไปบันทึกลงในฐานข้อมูล การบันทึกค่าอุณหภูมิในแต่ละครั้งจะใช้เวลาห่างกันประมาณ 20 วินาที เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ตลอดเวลา สามารถเห็นความแตกต่างในการกระจายอุณหภูมิจากไอน้ำด้านนอกของแม่พิมพ์เข้าไปยังในเนื้อโฟมยางพารา

5. ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

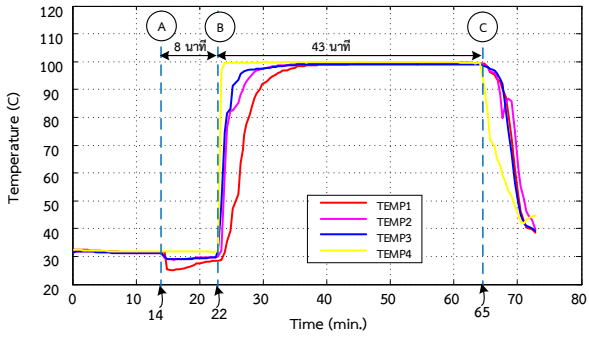
ทำการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi ที่ปลายทางอุโมงค์ไอน้ำ เริ่มทำการฉีดโฟมยางเข้าแม่พิมพ์ที่ตำแหน่งเวลาประมาณนาทีที่ 14 แล้วใส่เซ็นเซอร์ตามจุดที่กำหนดดังรูปที่ 6 (ข) โดยให้เซ็นเซอร์อยู่กึ่งกลางของชิ้นงาน แม่พิมพ์เริ่มเข้าสู่กระบวนการอบ ณ จุด B ที่ตำแหน่งเวลาประมาณ นาที 22 เครื่องลูกจะส่งข้อมูล

ผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi ไปยังเซิร์ฟเวอร์จนกว่าชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยแม่พิมพ์จะออกอุโมงค์ไอน้ำที่ตำแหน่งเวลาประมาณ 65 นาที ณ จุด C ดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 *แผนผังการทำงานของระบบตรวจวัดอุณหภูมิ*

จากผลการวัดในรูปที่ 9 จะเห็นว่าค่าในการอบยางให้แข็งตัวสำหรับระบบที่ทดสอบมีระยะเวลาในการอบ 43 นาที โดยอุณหภูมิที่กระจายลงไปยังโฟมยางที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ซึ่งเหมาะสมกับการผลิตสำหรับทำให้โฟมยางพาราแข็งตัว และอุณหภูมิที่อบมีการกระจายตัวที่ดีโดยดูจากเซ็นเซอร์ที่ 4 (TEMP4) ทำให้คุณภาพของหมอนที่ผลิตได้มีอัตราการสูญเสียต่ำเพราะสามารถทราบปัญหาในการผลิตได้

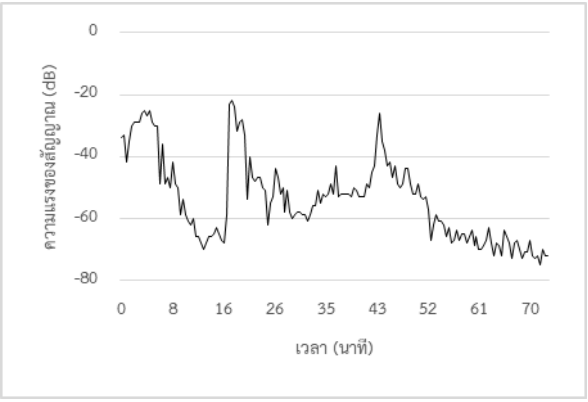


รูปที่ 9 *ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกหมอนยางพารา*

จากคุณสมบัติความไวในการรับ (Sensitivity) ของ UBiQUiTi รุ่น NanoStation M2 (NSM2) นั้นมีคุณสมบัติความไวในการรับที่ความเร็ว 54 Mbps จะมีค่า -75 dBm ± 2 dB และที่ความเร็ว 1-24 Mbps จะมีค่า -83 dBm ± 2 dB ซึ่งในการออกแบบจะใช้ค่าความเร็วต่ำและค่ากำลังสูงสุด (Sensitivity + Tolerance) คือ -81 dBm ดังรูปที่ 10 [8]

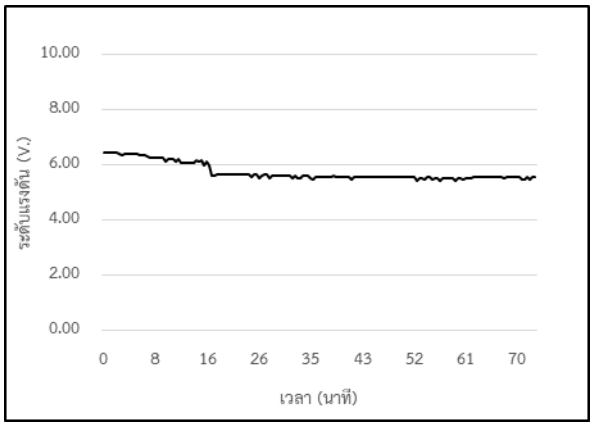
2.4 GHz RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
802.11 b/g	1 – 24 Mbps	-83 dBm	±2 dB
	36 Mbps	-80 dBm	±2 dB
	48 Mbps	-77 dBm	±2 dB
	54 Mbps	-75 dBm	±2 dB

รูปที่ 10 *คุณสมบัติความไวในการรับ (Sensitivity)*



รูปที่ 11 *ระดับความแรงของสัญญาณ Wi-Fi ระหว่างการอบ*

จากการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi ที่ต้นทางเข้าของอุโมงค์ จากผลการวัดค่ากำลังงานที่รับเพื่อทราบถึงพฤติกรรมในการสื่อสารระยะอุปกรณ์กระจายสัญญาณกับอุปกรณ์ปลายทางว่าสามารถรับส่งได้ในสภาพแวดล้อมปิดและมีปริมาณไอน้ำในอากาศสูง ดังผลการทดลองในรูปที่ 11



รูปที่ 12 *ระดับแรงดันของแบตเตอรี่ที่จ่ายไฟภายในเครื่องวัด*

จากรูปที่ 12 แสดงระดับของแรงดันจากแบตเตอรี่เมื่อเริ่มทำงาน เนื่องจากระบบการให้ความร้อนด้วยการอบไอน้ำและใช้ระบบสายพานลำเลียงแบบลูกกลิ้ง เพื่อนำแม่พิมพ์เคลื่อนที่ผ่านการให้ความร้อนซึ่งในกระบวนการจะเป็นระบบปิด ดังนั้นการใช้งานอุปกรณ์การตรวจวัดอุณหภูมิของโฟมยางพาราจะต้องทราบค่าแรงดันของแบตเตอรี่ในขณะที่ทำงานตลอดเวลา เพื่อประเมินทำการใช้พลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และดูประสิทธิภาพการจ่ายไฟของระบบตลอดเวลาในกระบวนการอบที่มีความร้อนสูง ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเครื่องวัดเดินทางเข้าสูกระบวนการอบนั้นจะได้รับความร้อนสูงขึ้น ประสิทธิกาพการจ่ายไฟของแบตเตอรี่จะลดลงทันที แต่เป็นปริมาณเล็กน้อยจนจบกระบวนการ ซึ่งการลดลงของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟนี้ไม่มีผลกระทบถึงการทำงานของเครื่องวัด

5. สรุป

จากการออกแบบจำลองระบบการตรวจวัดอุณหภูมิของโฟมยางพาราแบบเวลาจริง โดยใช้กับเครื่องให้ความร้อนด้วยการอบไอน้ำ ซึ่งมีระบบสายพานลำเลียงผลิตภัณฑ์ด้านนอกเครื่องอบไอน้ำเป็นแบบลูกกลิ้งโลหะเพื่อทนต่อความร้อนแต่ส่งผลกระทบต่อการรับส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์กระจายสัญญาณ เพื่อให้สามารถการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Wi-Fi กับอุปกรณ์เครื่องลูกข่ายที่ติดตั้งอยู่กับแม่พิมพ์ให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ในสภาพสภาพแวดล้อมปิดและมีไอน้ำในอากาศสูงดังรูปที่ 11 โดยมีกำลังงานจริงต่ำสุดอยู่ที่ -75 dBm ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าความไวในการรับ 6 dB หรือประมาณ 4 เท่า และเมื่อดูผลการวัดอุณหภูมิของโฟมยางพาราที่จุดต่างๆ ที่กำหนดดัง รูปที่ 6(ข) จะเห็นถึงอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ตามเวลาจริงในกระบวนการอบโฟมยางพาราดังรูปที่ 9 ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาว่าเกิดกับระบบให้ความร้อนหรือการควบคุมเวลาทำให้การปรับตั้งค่ากระบวนการผลิตให้เหมาะสมทำให้ลดการสูญเสียของชิ้นงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน เช่นจากการทดลองจะเห็นว่าจะมีอุณหภูมิภายในแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิ 100 °C ระยะเวลาที่จุดต่าง ๆ ในการวัดอยู่ที่ประมาณ 30-40 นาที ส่งผลให้โฟมยางพาราแข็งตัว มีการใช้เวลาในการอบทั้งหมดประมาณ 43 นาที โดยมีการกระจายความร้อนที่สมบูรณ์ทำให้งานที่ผลิตออกมามีคุณภาพที่ดี

เอกสารอ้างอิง

[1] นิตรานันท์ ไทรงาม; “ธุระกิจหมอนยางพารา: โอกาส อุปสรรค และความท้าทาย”, ศูนย์วิจัยเทคโนโลยียาง (RTEC) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, พฤษภาคม 2563

[2] https://km.raot.co.th/uploads/dip/userfiles/4.intranet_การผลิตหมอนยาง

[3] https://www.thelionkingthailand.com/17176469/process

[4] https://www.nanasupplier.com/doctorenergy/p-100584

[5] https://www.rfsystems.it/latex-foam-technopolymers-and-composites/

[6] https://www.researchgate.net/publication/330220305_Arduino-Based_Weather_Monitoring_System

[7] https://myukk.org/SM2017/sm_pdf/SM1637.pdf

[8] https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm_ds_web.pdf

วรพงศ์ ศิลาพันธ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสถาบันนวัตกรรมมหานคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร