



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิผลไม้อบแห้งในกระบวนการอบแห้งและ
แสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

Mobile Application for Temperature Monitoring in Drying Process of
Cassava with Real Time Data Collection

นาย อติสร อนุสรณ์วานิช

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิความร้อนในกระบวนการอบมันสำปะหลังและ
แสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

ชื่อ-สกุล นาย อศิธร อนุสรณ์วานิช

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ. ภัทรชัย วิชัยยะ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นาย เจริญ คาขุนทด

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท สิงห์ฮั้วอุตสาหกรรมเกษตร จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิความร้อนในกระบวนการอบมันสำปะหลังโดยการเก็บข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและสามารถนำข้อมูลเพื่อแสดงผลผ่านทางแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือและรวบรวมเก็บข้อมูลย้อนหลังได้

เดิมการเก็บข้อมูลอุณหภูมิจะใช้พนักงานเดินไปตามเครื่องจักร ซึ่งจะมีจอมอนิเตอร์เพื่อจดบันทึกค่า ทำให้ค่าที่ได้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นจึงได้ออกแบบระบบเพื่อการรวบรวมและเก็บข้อมูลอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลเชื่อมต่อบอร์ดอาดูโนวีโมสในการส่งข้อมูลแสดงผลบนแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ ซึ่งทำให้สามารถลดเวลาการทำงานของพนักงานและยังสามารถเรียกดูอุณหภูมิย้อนหลังได้อย่างถูกต้องและสะดวกบนเครื่องโทรศัพท์มือถือและผ่านการส่งและเก็บข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตบนคอมพิวเตอร์

คำสำคัญ : เทอร์โมคัปเปิล, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Cooperative Title : Mobile Application for Temperature Monitoring in Drying Process of Cassava with Real Time Data Collection

Student intern name : Mr. Adisorn Anusornwanit

Faculty : Engineering **Department :** Agricultural Engineering

Advisor name : Asst.Prof. Pattarachai Vichaiya

Mentor name : Mr. Jaroen Dakhunthod

Company : SINGHYIM INDUSTRIAL AGRICULTURAL CO.,LTD.

ABSTRACT

The purposes of this project were to design, and to install the temperature sensors in cassava drying process by collecting data with microcontrollers. In order to get the information, microcontrollers received the data and display data through application on a mobile phones.

Initially, to collect the temperature data, staff walked along the machine which have the data displayed on monitor but the result may be inaccurated. Therefore, the system of the temperature sensors were designed to collect and store temperature by using a thermocouple connected to the Arduino We Mos board and send the data displayed on the application to the mobile phone. It can reduce the working time of employees and collects temperature correctly and conveniently on mobile phones. Moreover, the data can be transmitted through the internet and recalled on the computer.

Keywords : Thermocouple, Microcontroller

กิตติกรรมประกาศ

สหกิจศึกษาในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยรับความอนุเคราะห์จากบริษัท สิ่งที่ยืมอุตสาหกรรม
การเกษตร จำกัด ที่ได้มอบโอกาสให้เข้ามาทำการสหกิจศึกษา ขอขอบคุณ คุณเจริญ คาขุนทด ผู้จัดการ
โรงงาน และพนักงานบริษัท สิ่งที่ยืมอุตสาหกรรมการเกษตร จำกัด ทุกคนที่ให้คำแนะนำ ความ
ช่วยเหลือ คำปรึกษา ความรู้ ประสบการณ์การทำงาน รวมถึง วัฒนธรรมองค์กร จนทำให้สหกิจในครั้ง
นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผศ. ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา งานสหกิจศึกษาในครั้งนี้ที่ได้ให้ความรู้
คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ข้อคิดจนทำให้การสหกิจศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ จากผู้ที่เกี่ยวข้องที่ไม่สามารถกล่าวนามได้
หมดในที่นี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

อดิสร อนุสรณ์วานิช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	3
2.2 เซนเซอร์แบบ contact	4
2.2.1 เทอร์โมคัปเปิล	4
2.2.2 อาร์ทีดี	7
2.3 Analog - Digital	7

2.4 โมดูล Max 6675.....	8
2.5 โปรแกรม Arduino IDE	9
2.6 Application Blynk.....	9
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	11
3.1 แนวคิดในการสร้าง	11
3.2 การศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล	13
3.3 การเตรียมอุปกรณ์	13
3.4 ขั้นตอนการติดตั้ง	15
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	18
4.1 ผลการสอบเทียบเซนเซอร์	18
4.2 ผลการทดสอบ.....	24
4.3 ค่าความผิดพลาด	29
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	39
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	39
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก ก	42
ภาคผนวก ข	45
ภาคผนวก ค	49
ภาคผนวก ง	59

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 Arduino Uno R3	3
รูปที่ 2 Arduino Wemos D1 R1	4
รูปที่ 3 เทอร์โมคัปเปิลแบบทั่วไป.....	5
รูปที่ 4 เทอร์โมคัปเปิลแบบโพรบที่ใช้กับเครื่องวัดเคลื่อนที่	6
รูปที่ 5 เทอร์โมคัปเปิลแบบสกรูขันยึดติดกับพื้นผิว	6
รูปที่ 6 เทอร์โมคัปเปิลแบบหัวกะโหลก	6
รูปที่ 7 Resistance Temperature Detectors (RTD).....	7
รูปที่ 8 รูปแบบสัญญาณ Analog - Digital	8
รูปที่ 9 Max 6675	9
รูปที่ 10 โปรแกรม Arduino IDE	9
รูปที่ 11 Application Blynk	10
รูปที่ 12 วงจรการเชื่อมต่อ	12
รูปที่ 13 โค้ดการทำงาน	12
รูปที่ 14 หน้าจอทำงานของแอปพลิเคชัน Blynk	13
รูปที่ 15 ปลั๊กอุดเกลียวนอกและข้อต่อตรงเกลียวใน.....	14
รูปที่ 16 ลักษณะใส่ไก่พันสายไฟ.....	14
รูปที่ 17 ลักษณะของข้อต่อตรงเกลียวในที่ยึดเข้ากับเครื่องจักร	15
รูปที่ 18 กล่อง temperature control และ สวิตช์.....	15
รูปที่ 19 พาวเวอร์ซัพพลายที่ติดตั้งภายในกล่องอิเล็กทรอนิกส์.....	16
รูปที่ 20 เซนเซอร์อุณหภูมิที่ติดตั้งบนเครื่องจักร.....	16
รูปที่ 21 ลักษณะภายในกล่องที่ติดตั้งบอร์ด.....	17
รูปที่ 22 แผนภาพแสดงลำดับการทำงานและตำแหน่งที่ติดตั้งเซนเซอร์.....	18
รูปที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1	19

รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2.....	20
รูปที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3.....	20
รูปที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4.....	21
รูปที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5.....	21
รูปที่ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6.....	22
รูปที่ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7.....	22
รูปที่ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8.....	23
รูปที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9.....	23
รูปที่ 32 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่อง ฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1.....	25
รูปที่ 33 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์ เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2.....	25
รูปที่ 34 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์ เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3.....	26
รูปที่ 35 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์ เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4.....	26
รูปที่ 36 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์ เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5.....	27

รูปที่ 37 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่อง โรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6.....	27
รูปที่ 38 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางออก เครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7.....	28
รูปที่ 39 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่อง โรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8.....	28
รูปที่ 40 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางออก เครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9.....	29
รูปที่ 41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดไซเคดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1	30
รูปที่ 42 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเคดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2.....	30
รูปที่ 43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเคดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3.....	31
รูปที่ 44 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเคดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4.....	31
รูปที่ 45 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเคดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5.....	32
รูปที่ 46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6	32
รูปที่ 47 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7	33
รูปที่ 48 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8	33
รูปที่ 49 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9	34

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปสมการการสอบเทียบและค่า R^2 ของแต่ละตำแหน่ง.....	24
ตารางที่ 2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมเทียบกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบของเซนเซอร์ที่ 1 ถึง 5	35
ตารางที่ 3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมเทียบกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบของเซนเซอร์ที่ 6 ถึง 9	36
ตารางที่ 4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเซนเซอร์ติดตั้งอยู่เดิมเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ของเซนเซอร์ที่ 1 ถึง 5	37
ตารางที่ 5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ของเซนเซอร์ที่ 1 ถึง 5	38
ตารางที่ ค 1 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1	50
ตารางที่ ค 2 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2.....	51
ตารางที่ ค 3 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3.....	52
ตารางที่ ค 4 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4.....	53
ตารางที่ ค 5 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5.....	54
ตารางที่ ค 6 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6	55
ตารางที่ ค 7 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7	56
ตารางที่ ค 8 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8	57

IX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 9 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9	58
ตารางที่ ง 1 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1	60
ตารางที่ ง 2 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2	61
ตารางที่ ง 3 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3	62
ตารางที่ ง 4 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4	63
ตารางที่ ง 5 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5	64
ตารางที่ ง 6 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6	65
ตารางที่ ง 7 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7	66
ตารางที่ ง 8 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8	67
ตารางที่ ง 9 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันระบบ IoT (Internet of Things) เข้ามามีบทบาทในการทำงานการใช้ชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ ซึ่งระบบ IoT คือระบบที่เชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำหน้าที่ในการรับ ส่งข้อมูลแสดงผล องค์ประกอบที่สำคัญในระบบ IoT คือเซนเซอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์โดยอาศัยหลักการที่แตกต่างกันในการรวบรวมการวัดค่าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น ข้อมูลของเซนเซอร์จะมีการเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ แนวนโน้ม คาดการณ์ สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต อีกทั้งยังแสดงผลได้หลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นทางจอ LCD หรือผ่านทางแอปพลิเคชัน ผู้ศึกษามีแนวคิดนำเซนเซอร์อุณหภูมิมาใช้ในการวัดอุณหภูมิลงในกระบวนการอบมันสำปะหลัง โดยเริ่มจากการค้นหาว่าในทางการเกษตรใช้เซนเซอร์ตัวไหนในการวัดอุณหภูมิ พบว่าทางการเกษตรจะใช้เซนเซอร์ DHT 11 เพราะว่า เป็นเซนเซอร์ที่วัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น แต่เนื่องด้วยอุณหภูมิที่เราจะใช้วัดในโรงงานมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่เซนเซอร์สามารถใช้งานจึงต้องหาเซนเซอร์ที่ทนความร้อนสูงพบว่าเซนเซอร์เทอร์โมคัปเปิลมีความทนต่อความร้อนสูงและสามารถนำมาใช้ได้ โดยเมื่อประกอบกับโมดูลในการแปลงค่าเพื่อให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถอ่านค่าได้และส่งข้อมูลไปเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไปได้ด้วยบนแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อแสดงค่าอุณหภูมิของลมร้อนที่ปรากฏ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องจักรที่กำหนดและแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

1.2.2 เพื่อเก็บข้อมูลและแสดงค่าอุณหภูมิของลมร้อนเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังได้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 เก็บข้อมูลบริเวณท่อลมทางออกจากเตาเผาทั้ง 3 ทาง

1.3.2 เก็บข้อมูลบริเวณท่อลมทางเข้า Fluidized bed dryer ทั้ง 4 ทาง

1.3.3 เก็บข้อมูลบริเวณท่อลมทางออก Fluidized bed dryer ทั้ง 2 ทาง

1.3.4 เก็บข้อมูลบริเวณท่อลมทางเข้า Rotary drum ทั้ง 3 ทาง

1.3.5 เก็บข้อมูลบริเวณท่อลมทางออก Rotary drum ทั้ง 2 ทาง

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโรงงานและอุปกรณ์ที่กำหนด

1.4.2 เสนอหัวข้อสหกิจศึกษา

1.4.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ที่กำหนด

1.4.4 ออกแบบระบบการวัดอุณหภูมิ

1.4.5 ออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์

1.4.6 ติดตั้งอุปกรณ์และระบบสายไฟ

1.4.7 ทดสอบระบบและเก็บข้อมูล

1.4.8 สรุปผลและทำคู่มือการติดตั้ง

1.4.9 ทำรูปเล่มและโปสเตอร์สหกิจ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ไม่ต้องจดบันทึกข้อมูลที่เครื่องจักร

1.5.2 สามารถแสดงข้อมูลอุณหภูมิความร้อนของอุปกรณ์ทั้งหมดบนโทรศัพท์มือถือได้

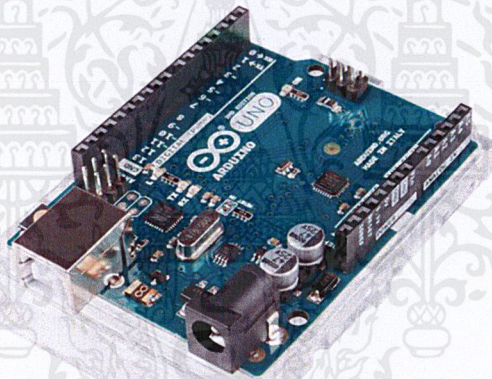
1.5.3 สามารถบันทึกและแสดงข้อมูลอุณหภูมิความร้อนย้อนหลังผ่านโปรแกรม Excel เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์อุณหภูมิค่าพลังงานและผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

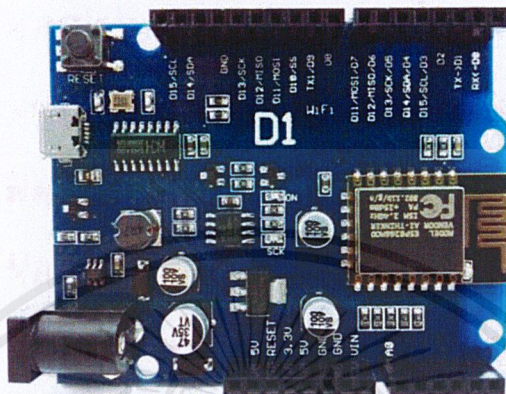
Arduino อุปกรณ์ (อาดูอิน) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ คิดค้นโดยชาวอิตาลีโดยเปิดโอกาสให้บุคคลอื่นเข้าร่วมพัฒนาอุปกรณ์ โดยเปิดเผยข้อมูลทั้ง ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ทำให้สามารถใช้งานได้ แม้ผู้ที่ไม่มีความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกทั้งยังมีราคาถูกจึงทำให้เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ประมวลผล สั่งการให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถสื่อสารกันได้และแสดงผลได้อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดนั้นคือ เซนเซอร์



รูปที่ 1 Arduino Uno R3

บอร์ด Arduino ESP8266 Wemos D1 R2 เป็นการรวมกันระหว่าง Arduino Uno กับ ESP 8266 รุ่น ESP-12S ใช้ชิพ USB TTL CH340 โดยถูกพัฒนาและคิดค้นโดย Teo Swee Ann ชาวสิงคโปร์ ออกแบบให้มีขนาด ลักษณะและขาที่ใช้งานคล้ายบอร์ด Arduino Uno แตกต่างตรงที่ขาอนาล็อกนั้นไม่มี

เพียงขาเดียว มีสายเชื่อมต่อเป็น Micro USB และยังสามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE คล้ายกับเขียน Arduino อื่น ๆ จึงทดลองและใช้งานได้ง่ายเหมือนบอร์ดตระกูล Arduino ทั่วไป



รูปที่ 2 Arduino Wemos D1 R1

2.2 เซนเซอร์แบบ contact

2.2.1 เทอร์โมคัปเปิล

หลักการทำงาน การนำเส้นโลหะ 2 ชนิดมาเชื่อมต่อกันทางด้านปลายหนึ่ง เรียกว่า จุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง โลหะแต่ละชนิดนำความร้อนแตกต่างกัน ทำให้ความต่างศักย์ของโลหะต่างกัน เมื่อนำความแตกต่างของความต่างศักย์ของโลหะทั้ง 2 มาเปรียบเทียบจะได้ความแตกต่างระหว่างความต่างศักย์ของโลหะทั้งสองชนิด เมื่อนำความแตกต่างของความต่างศักย์ของโลหะทั้งสองมาเทียบกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก็จะทราบค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ ชนิดของเทอร์โมคัปเปิลจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้งาน สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. เทอร์โมคัปเปิลแบบ K วัสดุที่ใช้ นิกเกิลผสมโครเมียมกับนิกเกิลผสมอลูมิเนียม (NiCr - NiAl) มีช่วงความสามารถในการวัดอุณหภูมิระหว่าง -270 ถึง 1372 องศาเซลเซียส เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้งานมากที่สุด มีราคาถูก มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นเชิงเส้นสูง

2. เทอร์โมคัปเปิลแบบ T วัสดุที่ใช้ คอปเปอร์กับคอปเปอร์ผสมนิกเกิล (Cu - CuNi) มีช่วงความสามารถในการวัดอุณหภูมิระหว่าง -270 ถึง 400 องศาเซลเซียส สามารถทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนและมีความชื้นได้ดี เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านต่ำ

3. เทอร์โมคัปเปิลแบบ S วัสดุที่ใช้ แพลตินัม 10% ผสมโรเดียมกับแพลตินัม (Pt10% Rh - Pt) มีช่วงความสามารถในการวัดอุณหภูมิระหว่าง -50 ถึง 1768 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับใช้เป็นตัวมาตรฐานในการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการ

ลักษณะเทอร์โมคัปเปิล

การติดตั้งเซนเซอร์ต้องเลือกลักษณะเซนเซอร์ให้เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่หรือสถานะของสิ่งที่จะวัดอุณหภูมิสามารถแบ่งออกได้ดังนี้คือ

1. เทอร์โมคัปเปิลแบบทั่วไป

เหมาะสมสำหรับพื้นที่ติดตั้งเซนเซอร์อยู่ใกล้กับเครื่องควบคุมเซนเซอร์ โดยมีทั้งเป็นแบบที่เป็นสกรู เขี้ยวลอคยึดชิ้นงาน และหางปลากลม ข้อเสียของแบบมีสายคือสายไฟจะติดมากับตัวเซนเซอร์ ทำให้การเปลี่ยนหรือซ่อมแซมทำได้ยากต้องทำการเชื่อมต่อสายไฟใหม่ทำให้ยุ่งยากในการทำงาน

รูปที่ 3 เทอร์โมคัปเปิลแบบทั่วไป



รูปที่ 4 เทอร์โมคัปเปิลแบบโพรบที่ใช้กับเครื่องวัดเคลื่อนที่



รูปที่ 5 เทอร์โมคัปเปิลแบบสกรูขันยึดติดกับพื้นผิว

2. เทอร์โมคัปเปิลแบบหัวกะโหลก

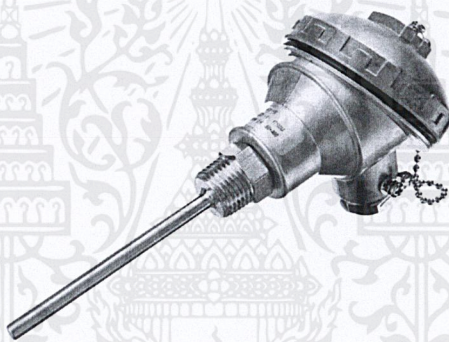
เหมาะสมสำหรับติดตั้งในพื้นที่ที่กว้างเนื่องจากหัวกะโหลกมีขนาดใหญ่โดยเซนเซอร์แบบนี้จะไม่มีสายส่งสัญญาณติดมากับตัวเซนเซอร์ทำให้สามารถเลือกความยาวสายเท่าไรก็ได้ตามต้องการ ทั้งทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนตัวเซนเซอร์ได้ง่ายและสะดวกกว่าแบบที่สายติดมากับเซนเซอร์



รูปที่ 6 เทอร์โมคัปเปิลแบบหัวกะโหลก

2.2.2 อาร์ทีดี

RTD ย่อมาจาก Resistance Temperature Detectors คือเป็นทรานสดิวเซอร์ อาศัยหลักการเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ค่าความต้านทานไฟฟ้าของขดลวดจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ในการใช้งานเลือกวัสดุที่ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานสูง เพราะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไปเพียงเล็กน้อยค่าความต้านทานของโลหะจะเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ลักษณะภายนอกเหมือนเทอร์โมคัปเปิล วัสดุที่นิยมใช้ แพลทินัม (platinum) นิกเกิล (nickel) และทองแดง (copper) นิยมใช้แพลทินัมมากที่สุดเนื่องจากมีความเที่ยงตรง RTD มีอยู่หลายแบบด้วยกันชื่อเรียกจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน (โอห์ม ; Ω) เช่น Pt 100, Pt 500 และ Pt 1000 นั่นคือ RTD ที่มีค่าความต้านทานที่ 0 °C เป็น 100, 500 และ 1000 โอห์ม ตามลำดับ



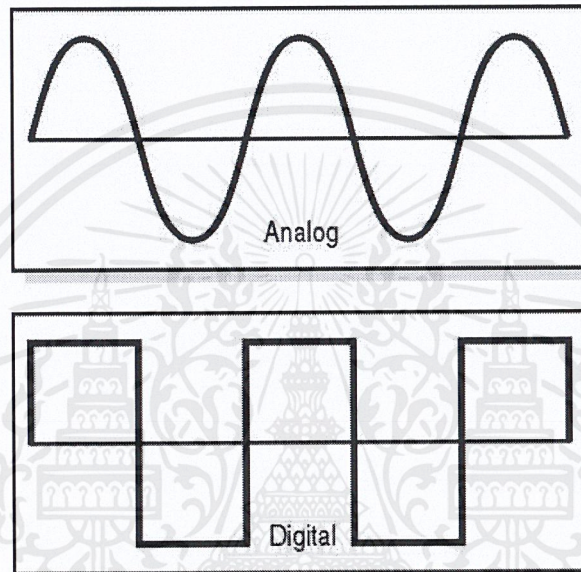
รูปที่ 7 Resistance Temperature Detectors (RTD)

2.3 Analog - Digital

สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) หมายถึง สัญญาณข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) มีขนาดของสัญญาณไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไป มีลักษณะเป็นเส้นโค้งต่อเนื่องกันไป โดยการส่งสัญญาณแบบอนาล็อกจะถูกรบกวนทำให้มีการแปลความหมายผิดพลาดได้ง่าย เช่น สัญญาณเสียงในสายโทรศัพท์ เป็นต้น

สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) หมายถึง สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดแน่นอนซึ่งขนาดดังกล่าวกระโดดไปมาระหว่างค่าสองค่า คือ สัญญาณระดับสูงสุดและสัญญาณ

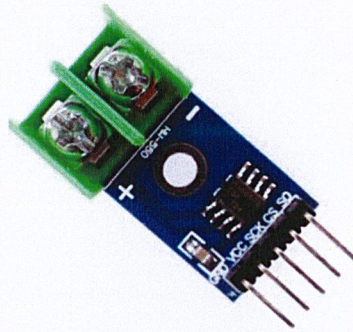
ระดับต่ำสุด ซึ่งสัญญาณดิจิทัลนี้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและติดต่อสื่อสารกันเป็นค่าของเลขลงตัว โดยปกติมักแทนด้วย ระดับแรงดันที่แสดงสถานะเป็น "0" และ "1" หรืออาจจะมีหลายสถานะ ซึ่งจะกล่าวถึงในเรื่องระบบสื่อสารดิจิทัล มีค่าที่ตั้งไว้เป็นค่าบอกสถานะ ถ้าสูงเกินค่าที่ตั้งไว้สถานะเป็น "1" ถ้าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ สถานะเป็น "0" ซึ่งมีข้อดีในการทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยลง



รูปที่ 8 รูปแบบสัญญาณ Analog - Digital

2.4 โมดูล Max 6675

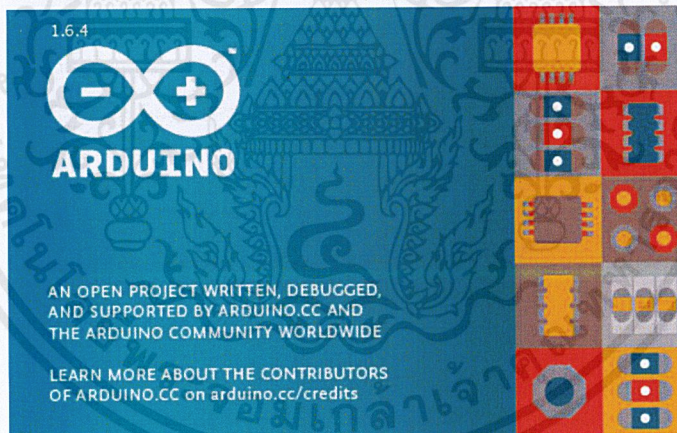
อุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับเทอร์โมคัปเปิล type-K เพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล และขยายสัญญาณ เพื่อส่งข้อมูลให้บอร์ด Arduino โดยโมดูล Max 6675 ใช้รูปแบบการสื่อสาร SPI ย่อมาจาก Serial Peripheral Interface คือรูปของแบบการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบบซิงโครนัสรูปแบบหนึ่ง ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไมโครโรล่าในกลางปี ค.ศ. 1980 การสื่อสารอนุกรมแบบ SPI จะอาศัยสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางและรับข้อมูลจากปลายทางกลับมาในครั้งเดียวกัน (Full Duplex) การสื่อสารอนุกรมแบบ SPI จะแบ่งอุปกรณ์ออกเป็น 2 ฝ่าย คือ Master เป็นตัวควบคุมการรับส่งข้อมูล และ Slave เป็นอุปกรณ์ที่รองรับคำสั่งจาก Master



รูปที่ 9 Max 6675

2.5 โปรแกรม Arduino IDE

Arduino IDE ย่อมาจาก Integrated Development Environment เป็นโปรแกรมออกแบบเพื่อเขียนควบคุมการทำงานของบอร์ด Arduino ชนิดต่าง ๆ อีกทั้งยังสามารถใช้งานง่าย ไม่มีค่าใช้จ่ายได้รับความนิยมมาก ใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรม

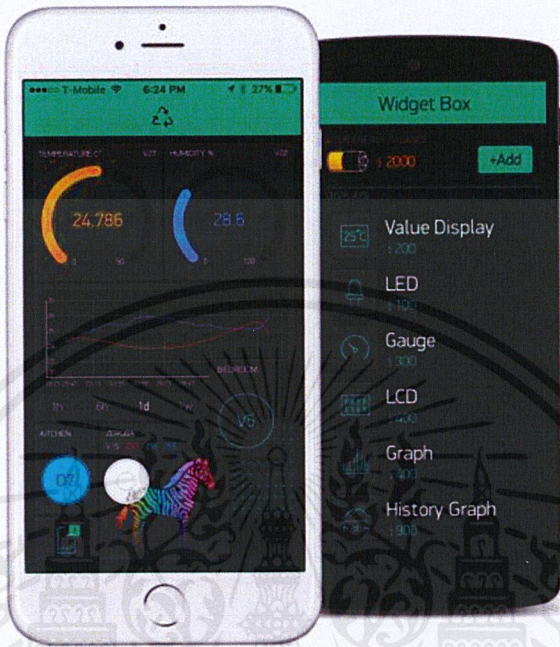


รูปที่ 10 โปรแกรม Arduino IDE

2.6 Application Blynk

Application Blynk สร้างมาใช้งานกับระบบ IoT เพื่อสั่งการหรือแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ตลอดเวลา มีการออกแบบให้สามารถใช้งานร่วมกับบอร์ดหลากหลายชนิดไม่ว่าจะเป็น Arduino,

Esp8266, Esp32, Nodemcu, Raspberry pi โดยทางแอปพลิเคชันจะมีเซิร์ฟเวอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลส่งมา
แสดงผลบนแอปพลิเคชัน และแอปพลิเคชันยังรองรับทั้งระบบ IOS และ Android ได้



รูปที่ 11 Application Blynk

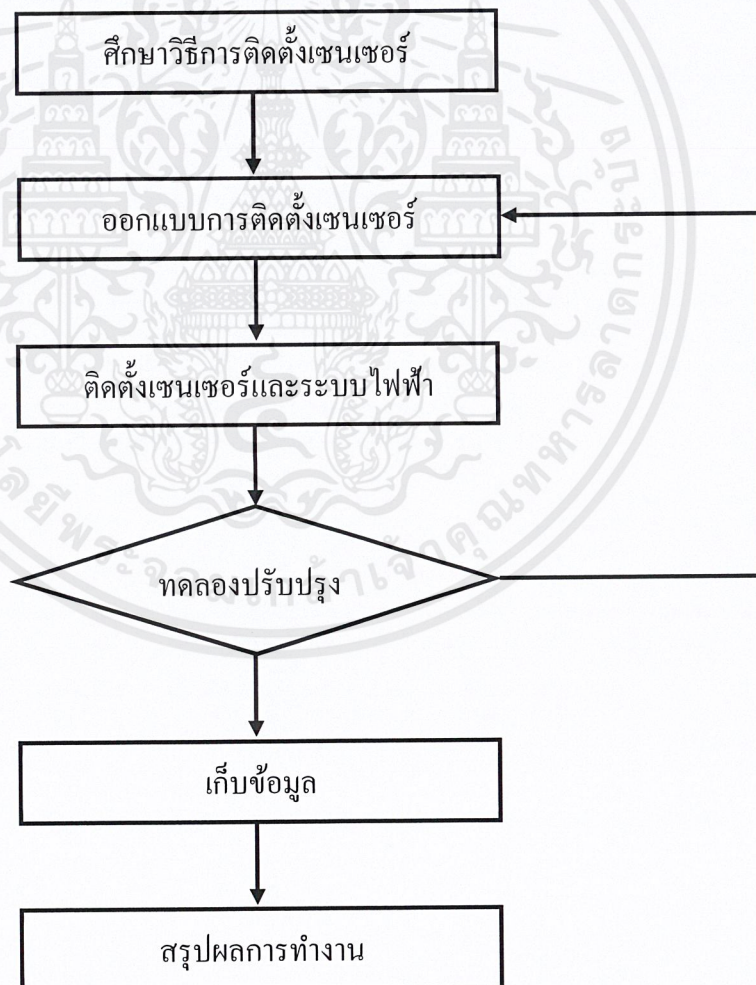
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

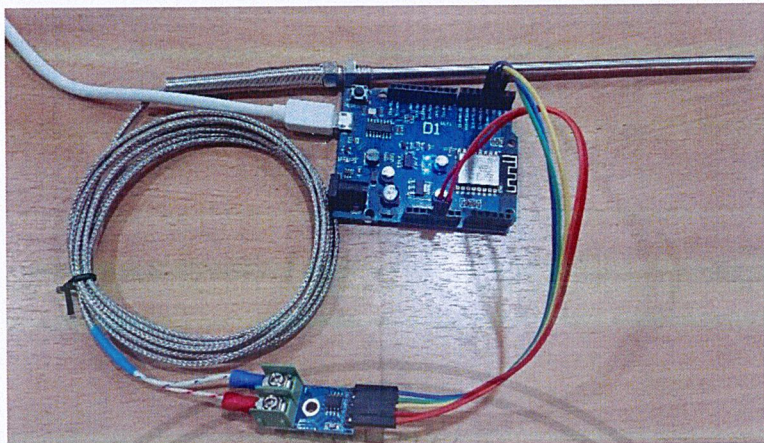
3.1 แนวคิดในการสร้าง

ปกติในโรงงานจะมีการใช้งานเซนเซอร์อุณหภูมิแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่บริเวณตู้ควบคุม ซึ่งผู้ควบคุมต้องไปจดข้อมูลตามเครื่องทำให้เสียเวลาและเสียแรงงานในการเดินจดบันทึกข้อมูล ทำให้มีแนวคิดที่จะแสดงผลอุณหภูมิทางแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือเพื่อสามารถรู้ค่าอุณหภูมิได้อีกทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์ย้อนหลังได้

แผนภาพการออกแบบและสร้าง



3.1.1 ออกแบบการติดตั้งโมดูล Max 6675 กับบอร์ด Arduino Wemos D1 R1



รูปที่ 12 วงจรการเชื่อมต่อ

3.1.2 เขียนโค้ดโปรแกรม Arduino IDE เพื่อให้แปลงค่าอุณหภูมิในการอบมันสำปะหลัง

```
temp_online_RD_OUT | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help

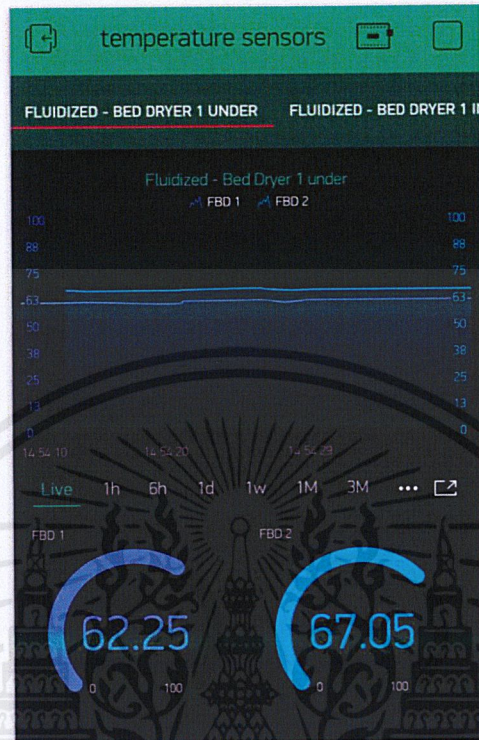
temp_online_RD_OUT
//portตัวล่าง
#define SCK_2 D5
#define CS_2 D6
#define SO_2 D7

char auth[] = " "; //เก็บรหัสเชื่อมต่อBlynk
char ssid[] = " "; //เก็บชื่อwifi
char pass[] = "123456789"; //เก็บรหัสwifi

Thermocouple* thermocouple_1 ;
Thermocouple* thermocouple_2 ;
```

รูปที่ 13 โค้ดการทำงาน

3.1.3 ตั้งค่า Widget บนแอปพลิเคชัน Blynk



รูปที่ 14 หน้าจอทำงานของแอปพลิเคชัน Blynk

3.2 การศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล

การศึกษาเริ่มต้นจากการเลือกเซนเซอร์ว่าเซนเซอร์ชนิดใดเหมาะสมในการวัดอุณหภูมิ
หาวิธีการติดตั้งเซนเซอร์ การเขียนโค้ดคำสั่งการประมวลผล โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE

3.3 การเตรียมอุปกรณ์

3.3.1 ตัดเหล็กกล่องและเจาะรูเพื่อใช้ยึดกล่องอิเล็กทรอนิกส์

3.3.2 ทำการเชื่อมเหล็กกล่องเพื่อใช้ในการยึดกล่องอิเล็กทรอนิกส์กับเสา

3.3.3 ทำการเจาะรูกล่องอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อยึดกับเหล็กกล่องและช่องพัดลมบริเวณด้านบนของ
ตัวกล่องอิเล็กทรอนิกส์

3.3.4 ทำการตัดข้อต่อเกลียวในแบ่งออกเป็น 2 ส่วน



รูปที่ 15 ปลั๊กอุดเกลียวนอกและข้อต่อตรงเกลียวใน

3.3.5 ทำการเจาะรูบริเวณตรงกลางปลั๊กอุดเกลียวนอกเพื่อใส่เซนเซอร์

3.3.6 ทำการคลุมสายสัญญาณเซนเซอร์ด้วยใส่ไก่

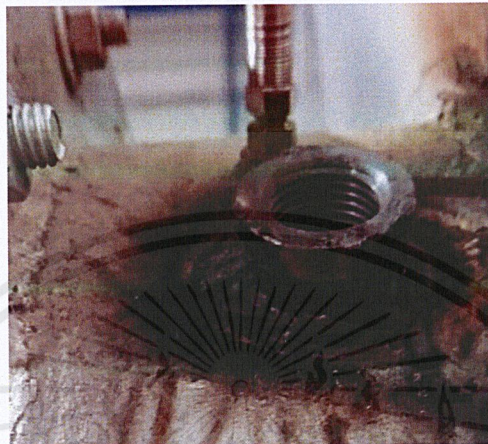


รูปที่ 16 ลักษณะใส่ไก่พันสายไฟ

3.4 ขั้นตอนการติดตั้ง

3.4.1 เชื่อมเหล็กกล่องเข้ากับเสาที่จะติดตั้งตัวกล่องอิเล็กทรอนิกส์

3.4.2 เชื่อมข้อต่อตรงเกลียวในเข้ากับเครื่องจักร



รูปที่ 17 ลักษณะของข้อต่อตรงเกลียวในที่ยึดเข้ากับเครื่องจักร

3.4.3 ยึดกล่องอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับเหล็กกล่อง

3.4.4 ทำการติดตั้งฟาวเวอร์ซัพพลายภายในกล่องที่ติดตั้งเครื่อง temperature control และเชื่อมต่อสายไฟ 220 โวลต์ จากเครื่อง temperature control เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับฟาวเวอร์ซัพพลายและติดตั้งสวิตช์ควบคุมก่อนเข้าสู่ฟาวเวอร์ซัพพลายทางด้านมุมซ้ายของรูปที่ 18



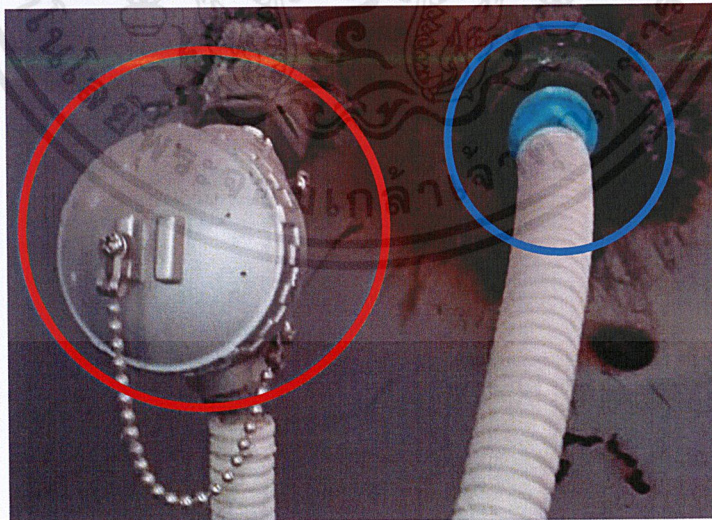
รูปที่ 18 กล่อง temperature control และ สวิตช์



รูปที่ 19 พาวเวอร์ซัพพลายที่ติดตั้งภายในกล่องอิเล็กทรอนิกส์

3.4.5 ทำการเชื่อมต่อสายไฟจากพาวเวอร์ซัพพลาย และทำการเชื่อมต่อสายไฟจากพาวเวอร์ซัพพลายด้วยหัวแจ็คเพื่อจ่ายไฟให้กับบอร์ด Arduino Wemos D1 R1

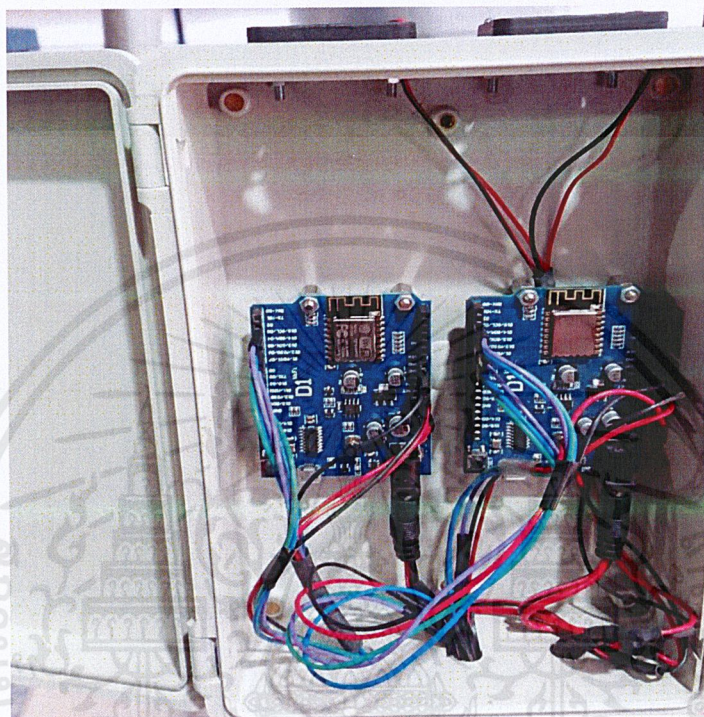
3.4.6 ทำการติดตั้งเซนเซอร์เข้าไปในปลั๊กอุดเกลียวนอกจากนั้นนำไปใส่ในข้อต่อตรงเกลียวใน โดยรูปที่ 20 เซนเซอร์ที่ล้อมรอบสีแดงเป็นเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม ส่วนเซนเซอร์ที่ล้อมรอบสีฟ้าเป็นเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 20 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งบนเครื่องจักร

3.4.7 ทำการเชื่อมต่อสายไฟระหว่างเซนเซอร์กับ โมดูล Max 6675 และเชื่อมต่อสายออกจาก
โมดูล max6675 เข้ายังบอร์ด Arduino Wemos D1 R1 ภายในกล่องอิเล็กทรอนิกส์

3.4.8 ทำการติดตั้งพัดลมเข้าไปในตัวกล่องและทำการยึดขาบอร์ด



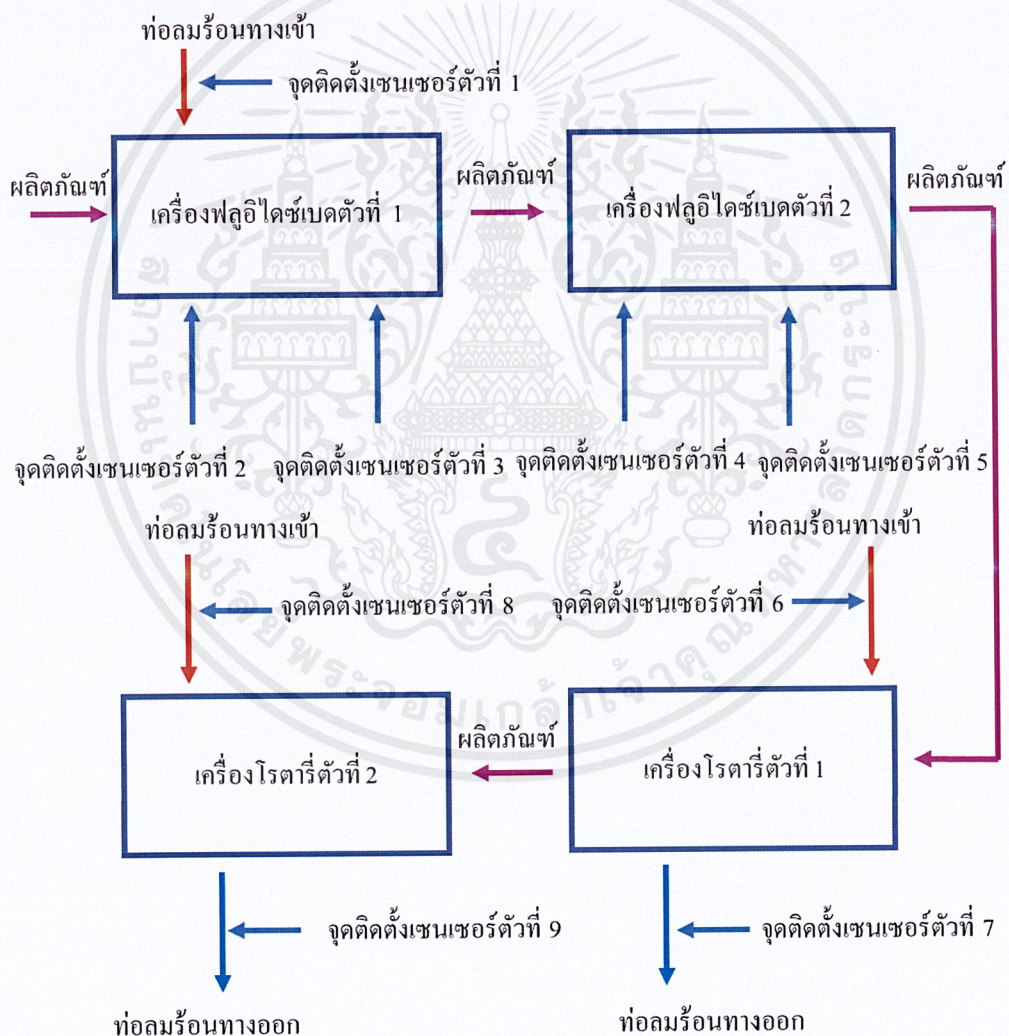
รูปที่ 21 ลักษณะภายในกล่องที่ติดตั้งบอร์ด

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการสอบเทียบเซนเซอร์

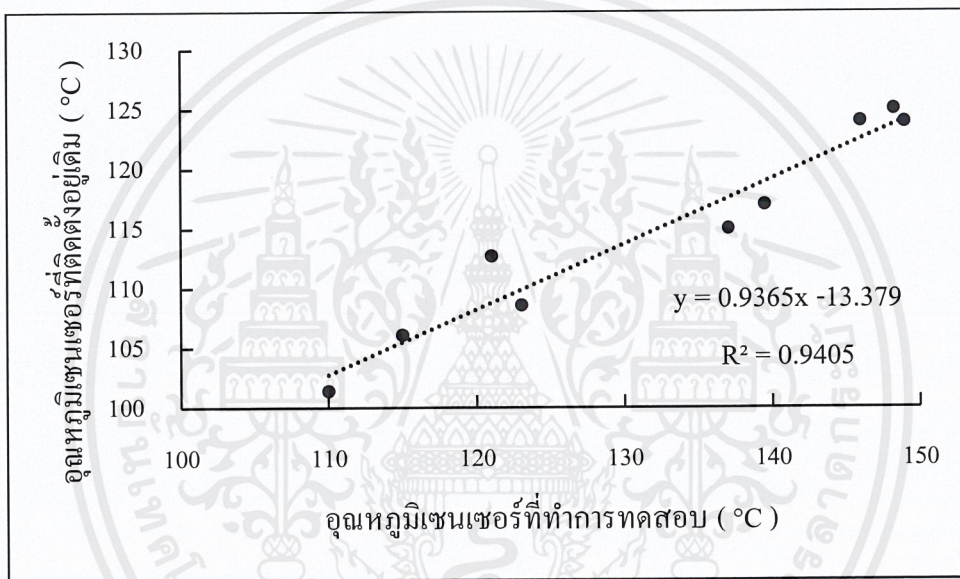
ก่อนการติดตั้งเซนเซอร์ต้องมีการสอบเทียบเซนเซอร์เพื่อให้เซนเซอร์สามารถอ่านค่าได้ตรงกับเครื่องมือวัดมาตรฐานแต่เนื่องจากก่อนหน้านี้โรงงานทำการสอบเทียบเซนเซอร์แล้วจึงได้ใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมเป็นเครื่องมือมาตรฐาน



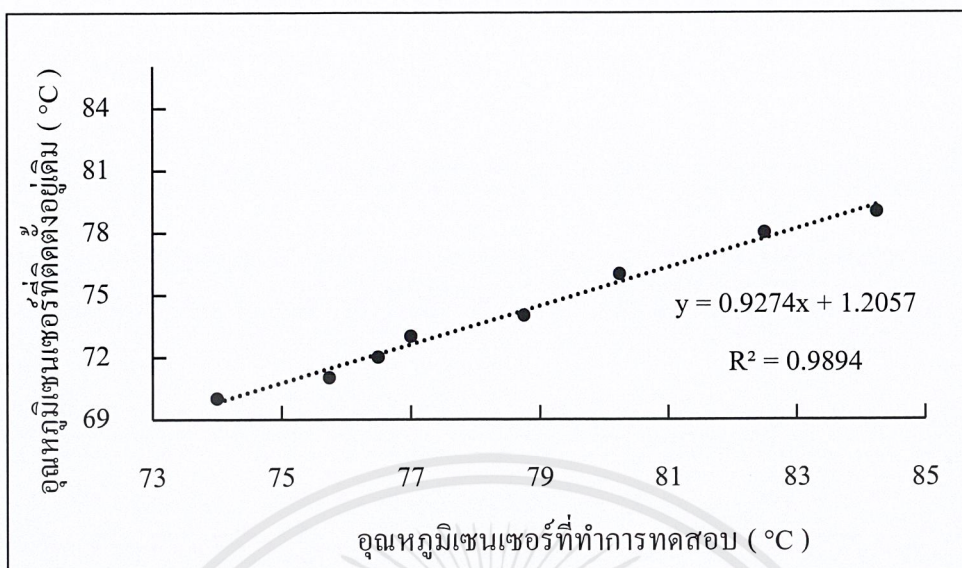
รูปที่ 22 แผนภาพแสดงลำดับการทำงานและตำแหน่งที่ติดตั้งเซนเซอร์

ลำดับการทำงานเริ่มต้นจากมันสำปะหลังจะเคลื่อนที่ตามลูกศรจากเครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 ไปยังเครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 2 ต่อไปยังเครื่องโรตารีตัวที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ตำแหน่งที่ 1 ติดตั้งเซนเซอร์บริเวณท่อลมทางเข้าเครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 ตำแหน่งที่ 2 ถึง 5 ติดตั้งเซนเซอร์บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบคทั้งสองเครื่อง ตำแหน่งที่ 6 และ 8 ติดตั้งเซนเซอร์บริเวณท่อลมทางเข้าเครื่องโรตารีทั้งสองเครื่อง ตำแหน่งที่ 7 และ 9 ติดตั้งเซนเซอร์บริเวณท่อลมทางออกเครื่องโรตารีทั้งสองเครื่อง

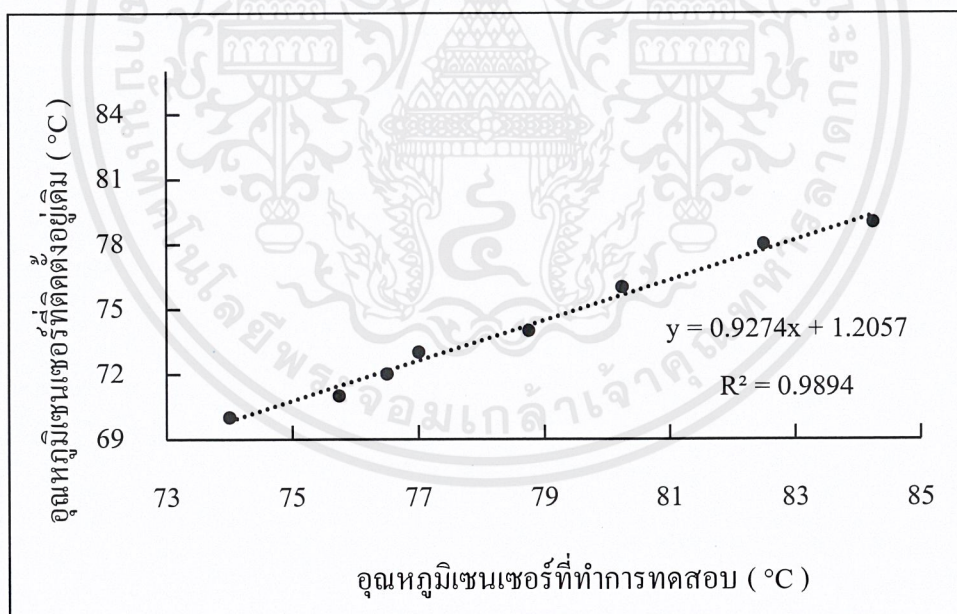
กราฟแสดงการสอบเทียบทั้งหมดมีดังนี้



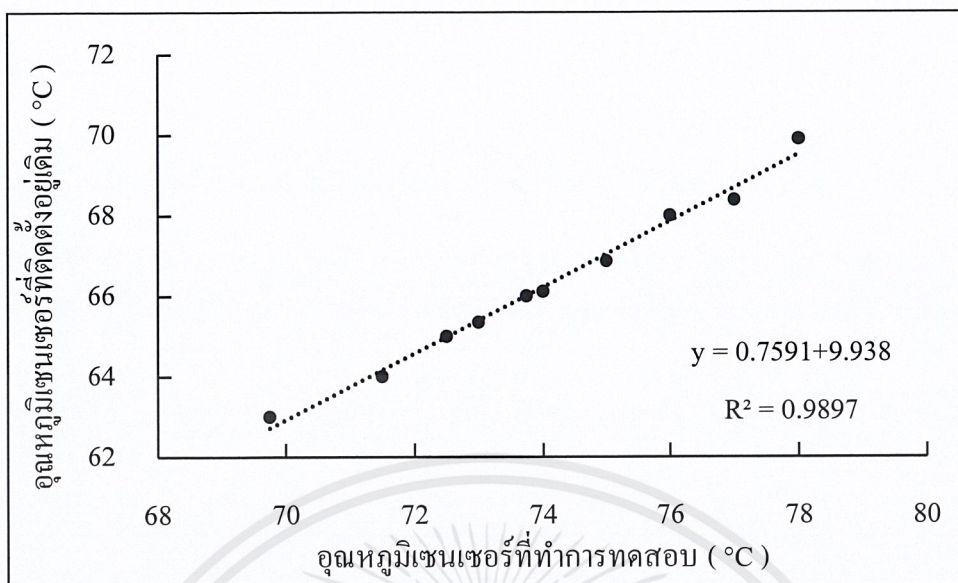
รูปที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1



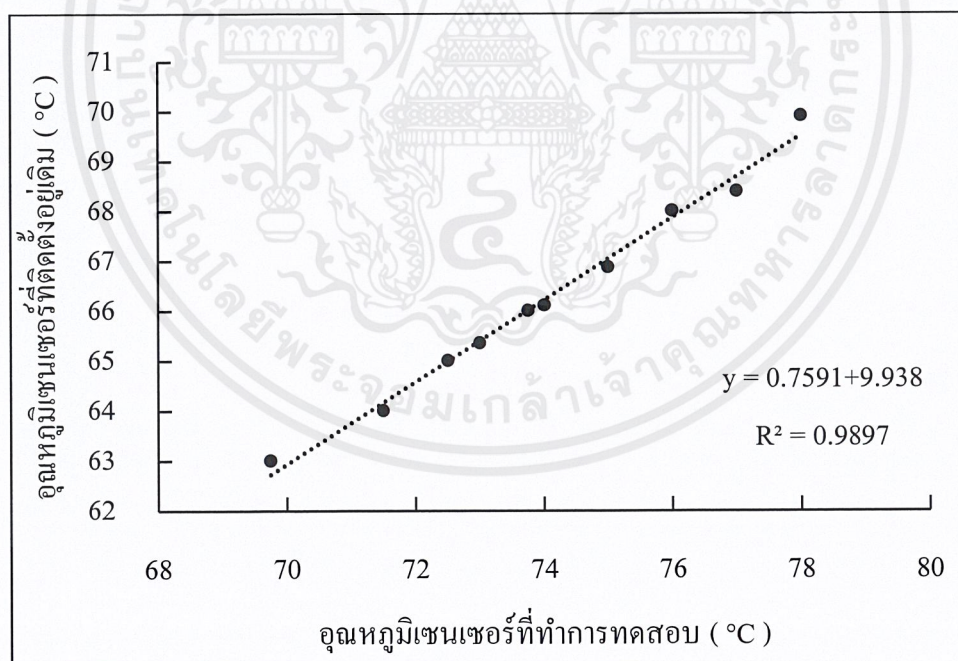
รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2



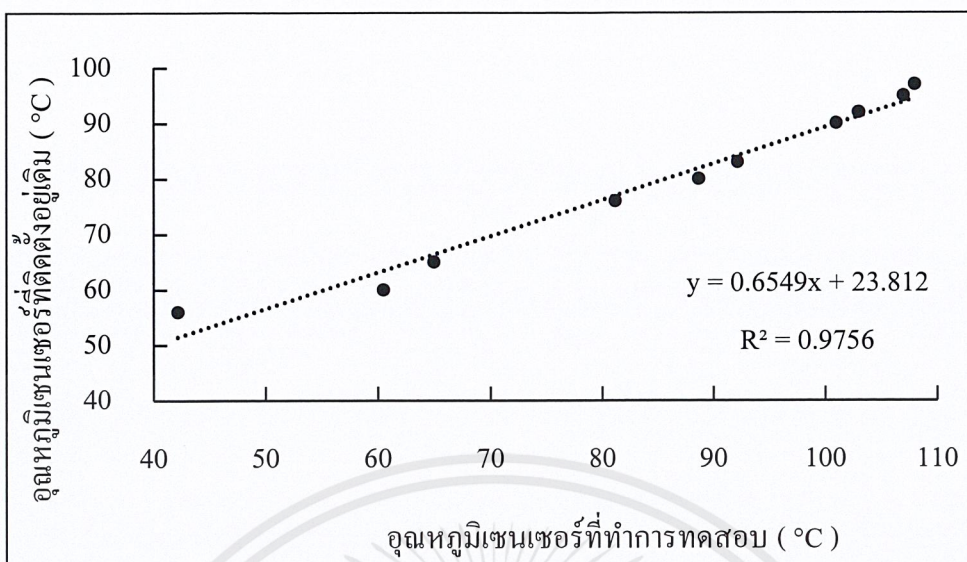
รูปที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3



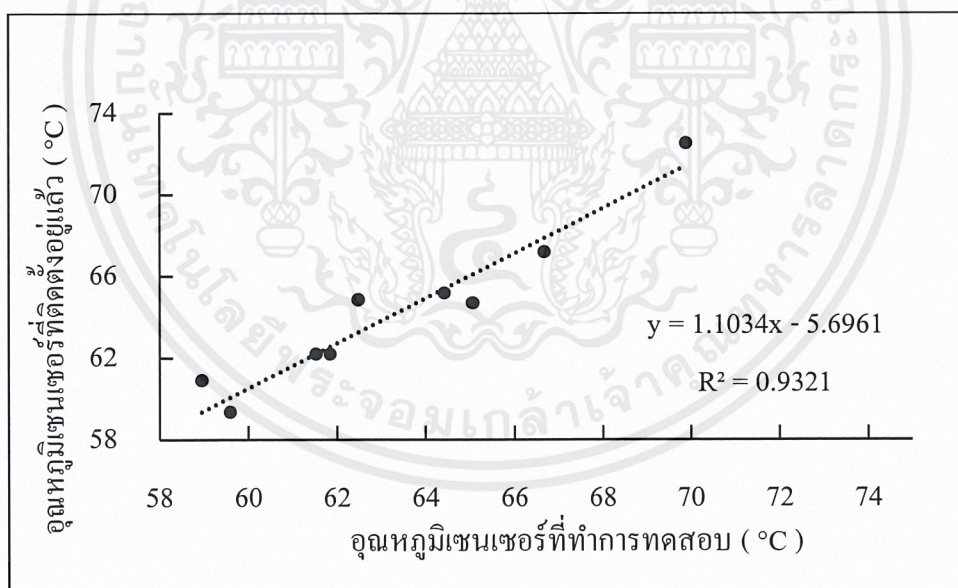
รูปที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไคซ์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4



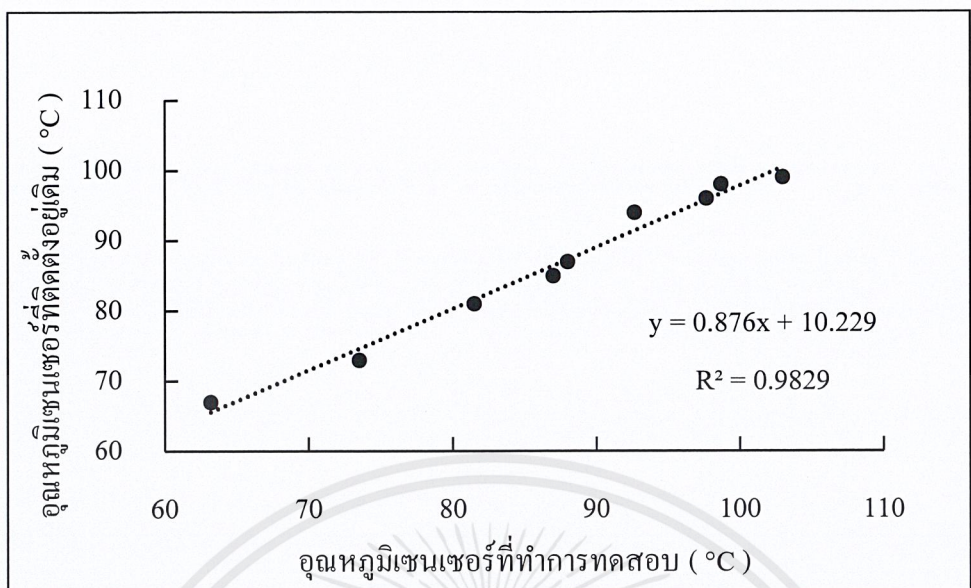
รูปที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไคซ์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5



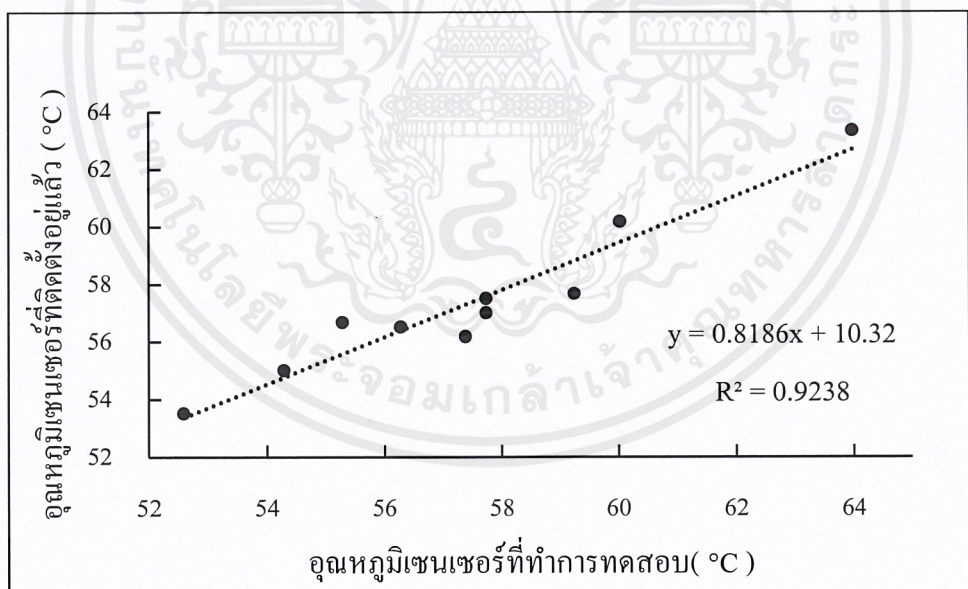
รูปที่ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6



รูปที่ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7



รูปที่ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8



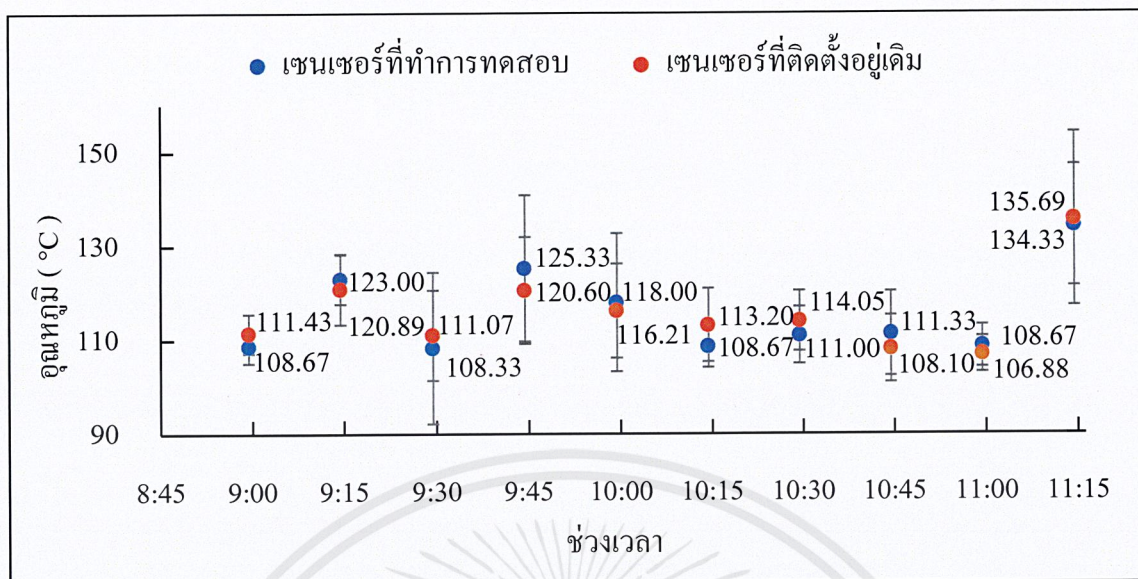
รูปที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9

ตารางที่ 1 สรุปสมการการสอบเทียบและค่า R^2 ของเซนเซอร์แต่ละตำแหน่ง

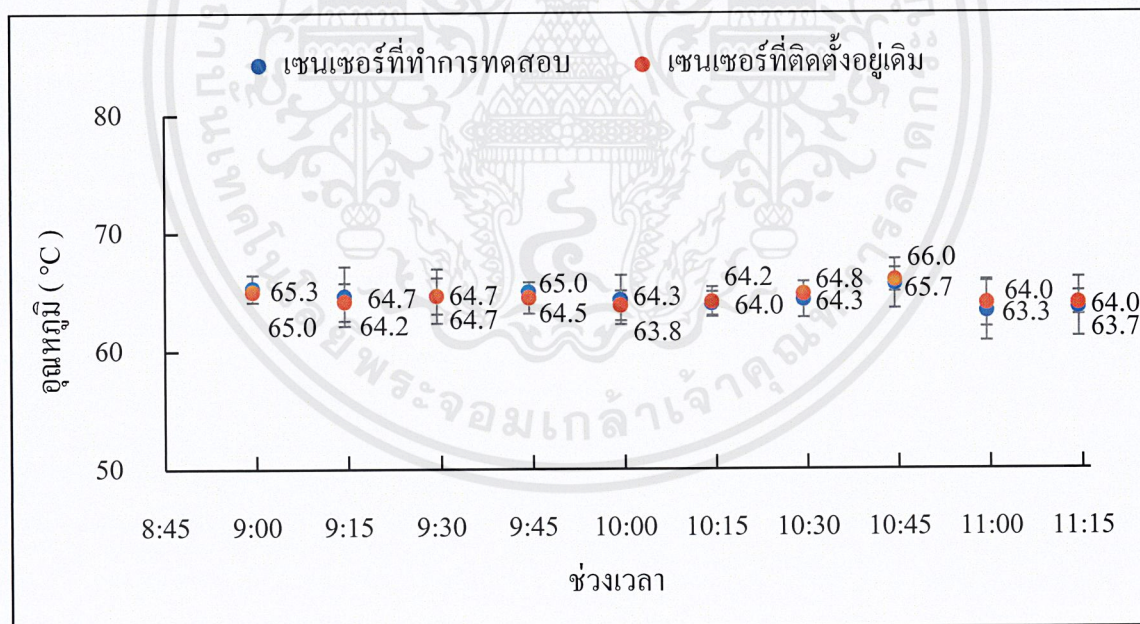
ตำแหน่ง	สมการการสอบเทียบ	R^2
1	$Y = 0.9365x - 13.379$	0.9405
2	$Y = 0.9274x + 1.2057$	0.9894
3	$Y = 0.9274x + 1.2057$	0.9894
4	$Y = 0.7591x + 9.938$	0.9897
5	$Y = 0.7591x + 9.938$	0.9897
6	$Y = 0.6549x + 23.812$	0.9756
7	$Y = 1.1034x - 5.6961$	0.9321
8	$Y = 0.876x + 10.229$	0.9829
9	$Y = 0.8186x + 10.32$	0.9238

4.2 ผลการทดสอบ

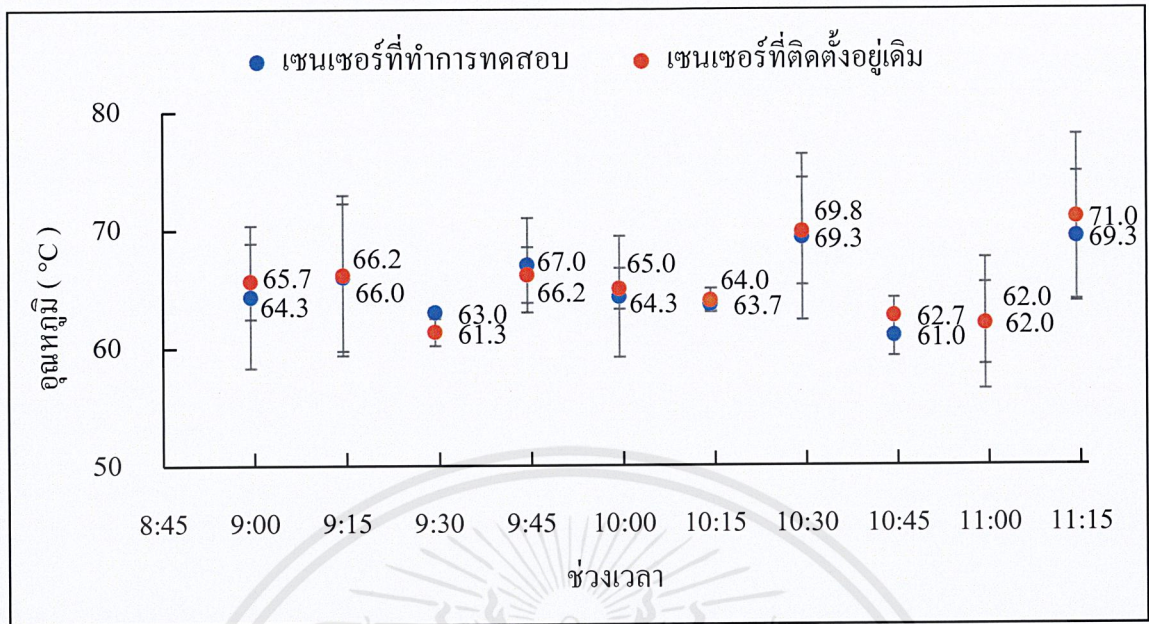
กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ โดยทำการวัดค่าอุณหภูมิทุก ๆ 15 นาที ตั้งแต่เวลา 9.00 ถึง 11.15 น จำนวน 10 ช่วงเวลา ทำซ้ำเป็นเวลา 3 วัน



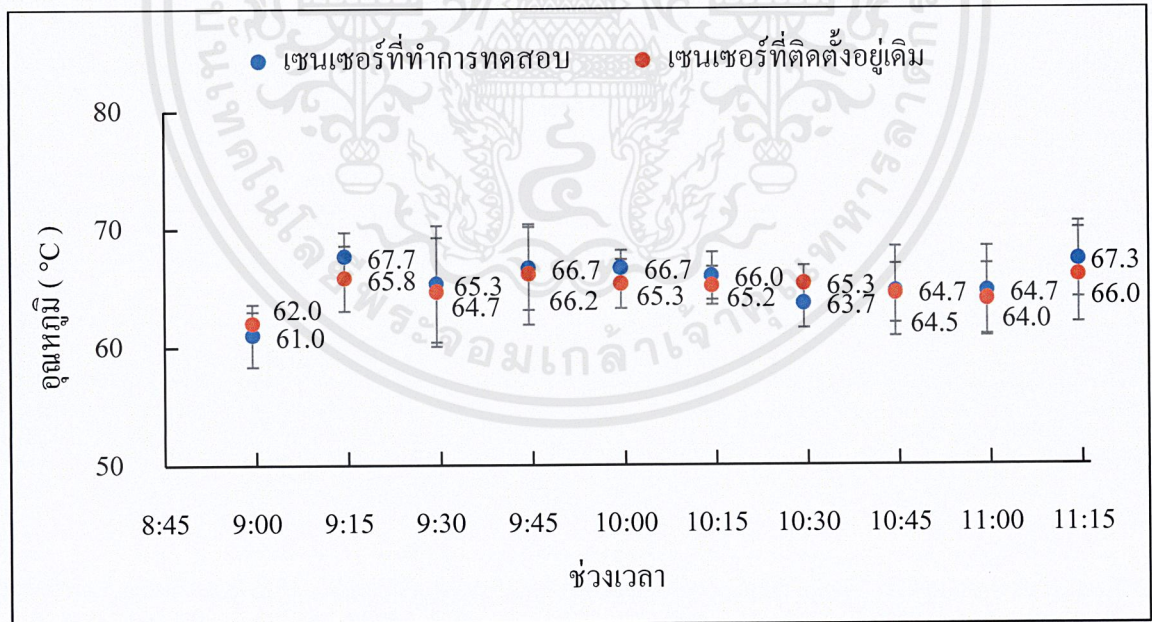
รูปที่ 32 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1



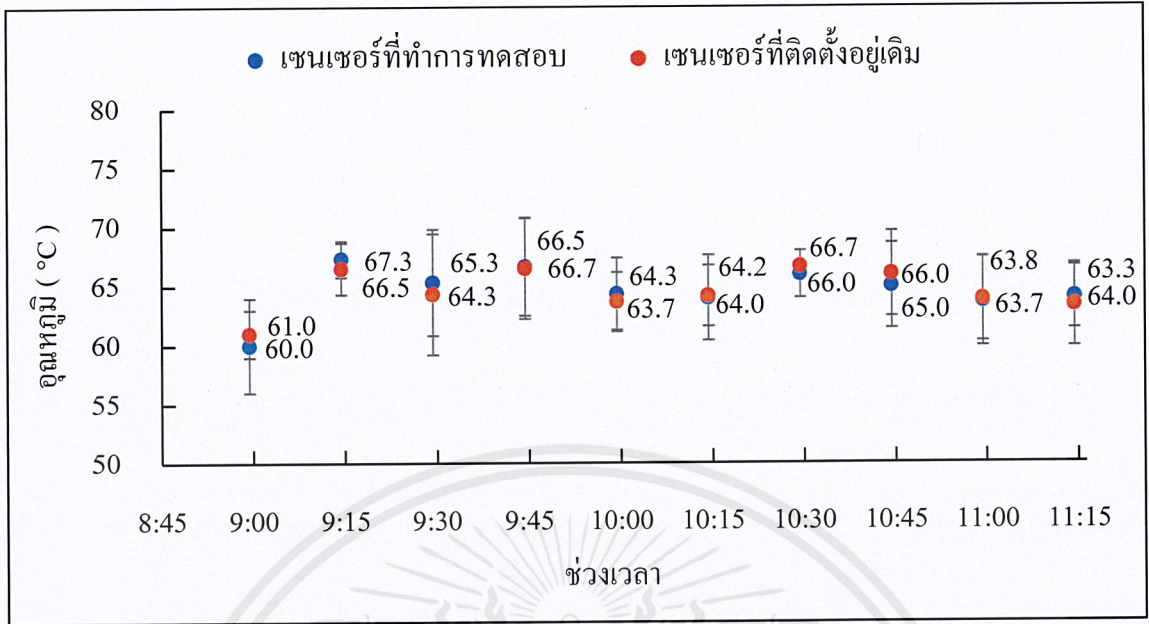
รูปที่ 33 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2



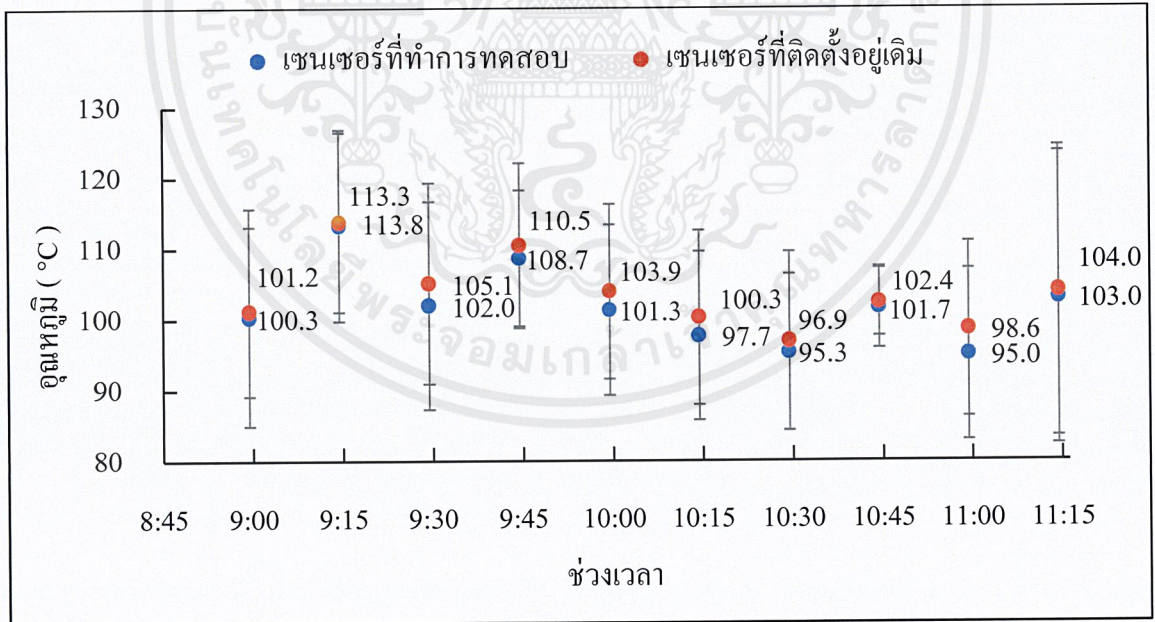
รูปที่ 34 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3



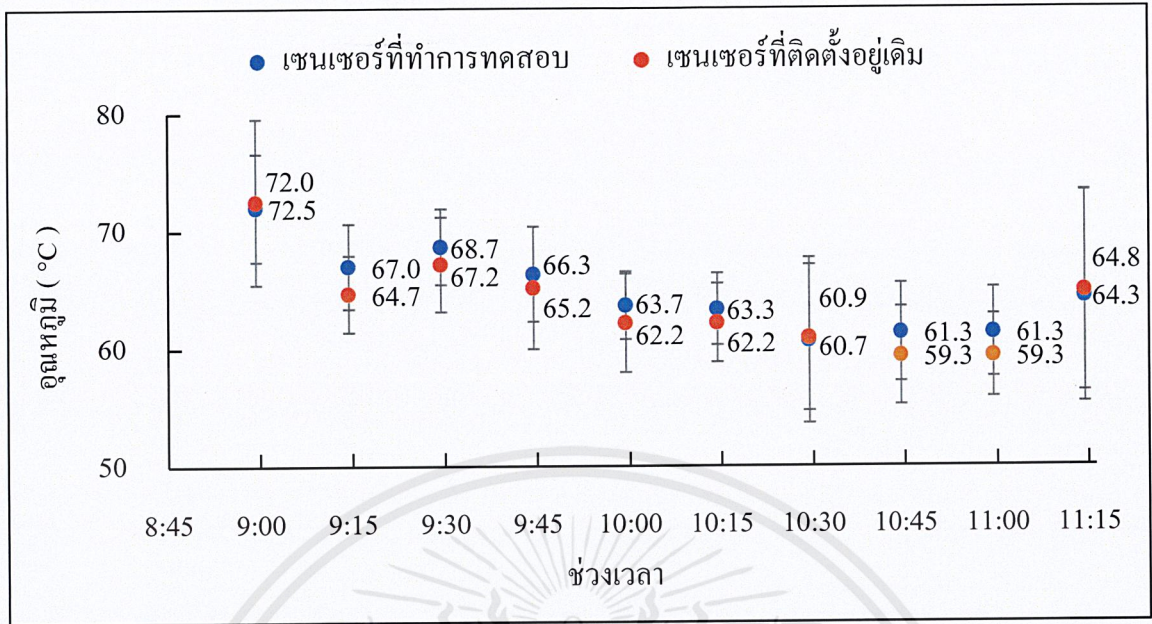
รูปที่ 35 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4



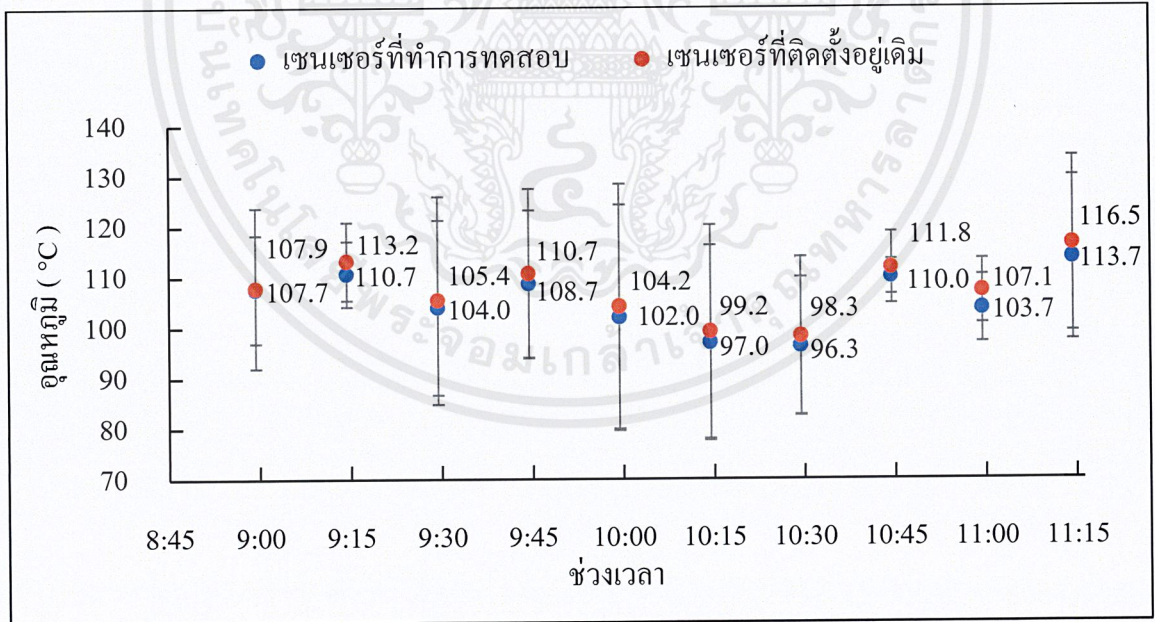
รูปที่ 36 กราฟแสดงอุณหภูมิเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซ็นเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเบคตัวที่ 2 เซ็นเซอร์ที่ 5



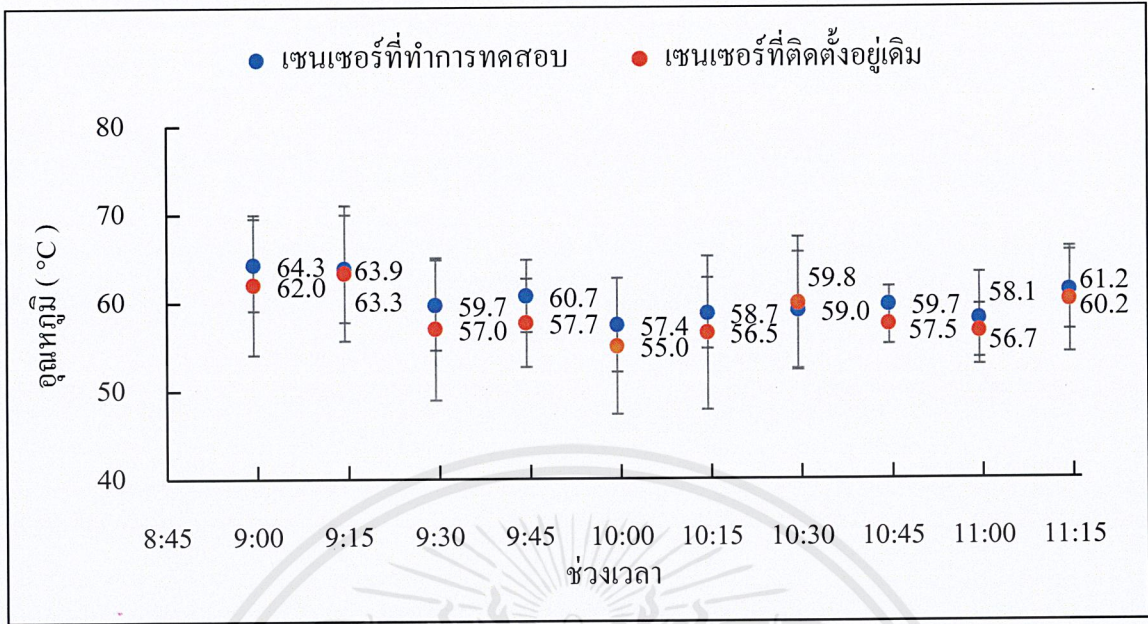
รูปที่ 37 กราฟแสดงอุณหภูมิเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซ็นเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซ็นเซอร์ที่ 6



รูปที่ 38 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7



รูปที่ 39 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8



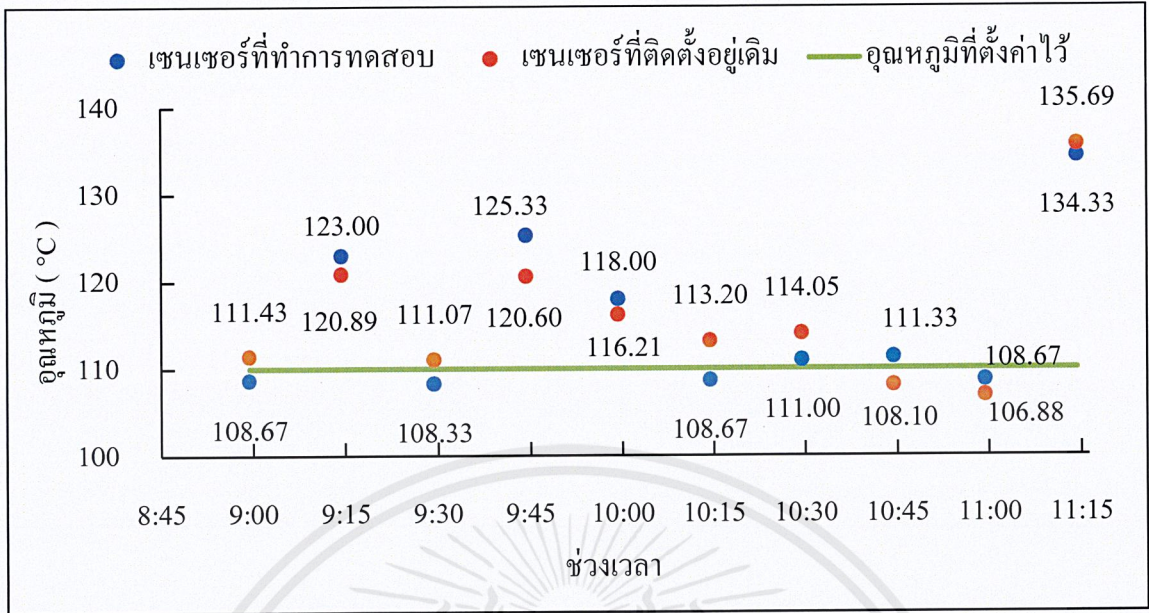
รูปที่ 40 กราฟแสดงอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9

4.3 ค่าความผิดพลาด

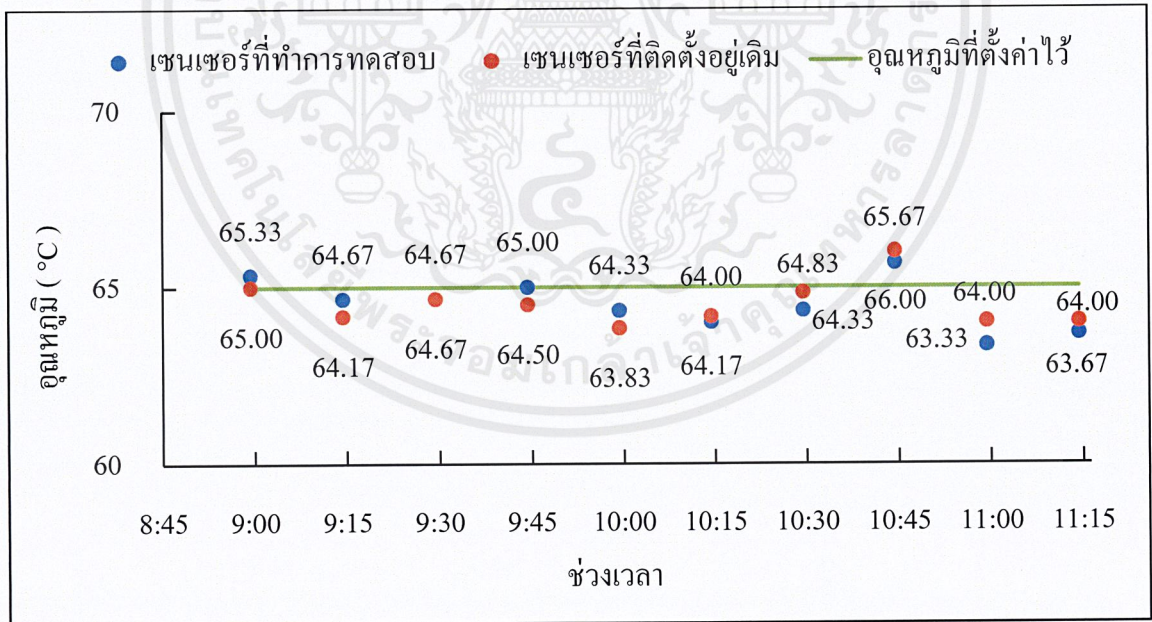
ผลที่ได้จากการวัดจำเป็นต้องทำการหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ เพื่อให้ทราบว่าค่าอุณหภูมิเซนเซอร์ที่มีการทดสอบมีค่าตรงกับค่าอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม สูตรการหาค่าความผิดพลาดแสดงดังสมการที่ 1 โดย T_1 คือ อุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ มีหน่วยเป็น °C และ T_2 คือ อุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม มีหน่วยเป็น °C

$$\% \text{ Error} = \frac{|T_1 - T_2|}{T_2} \times 100 \quad (1)$$

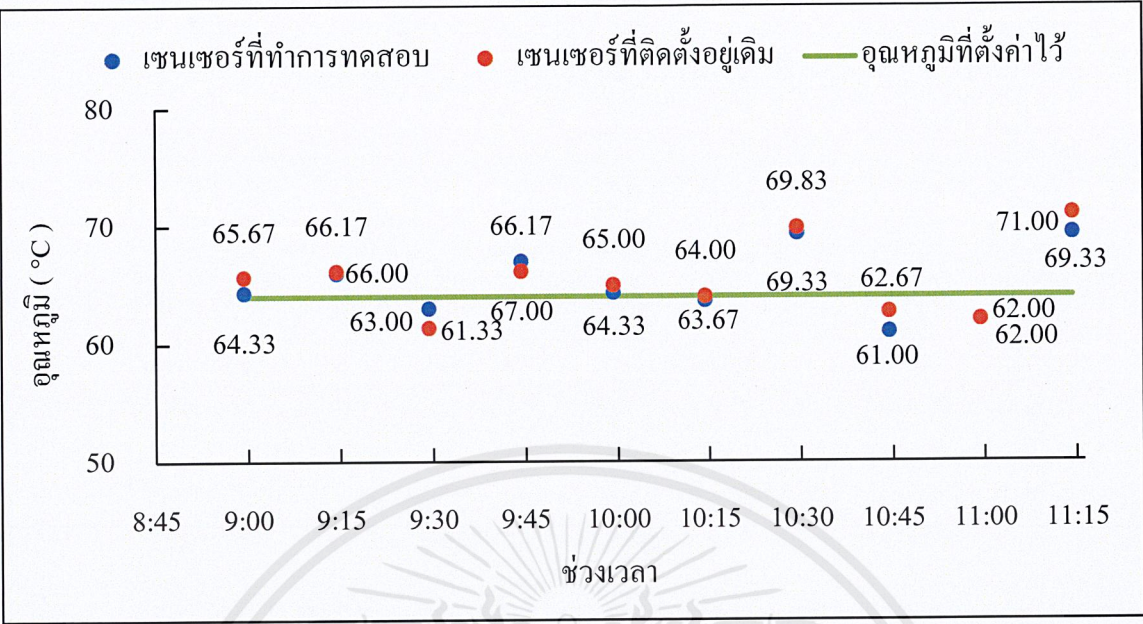
การหาค่าความผิดพลาดเราจะทำแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกโรงงานได้ทำการตั้งค่าอุณหภูมิไว้ (set point) ส่วนกลุ่มที่สองนั้นทางโรงงานต้องการอ่านค่าอุณหภูมิเท่านั้น กลุ่มแรกได้แก่เซนเซอร์ตัวที่ 1 ถึง 5 และ กลุ่มสองได้แก่เซนเซอร์ตัวที่ 6 ถึง 9



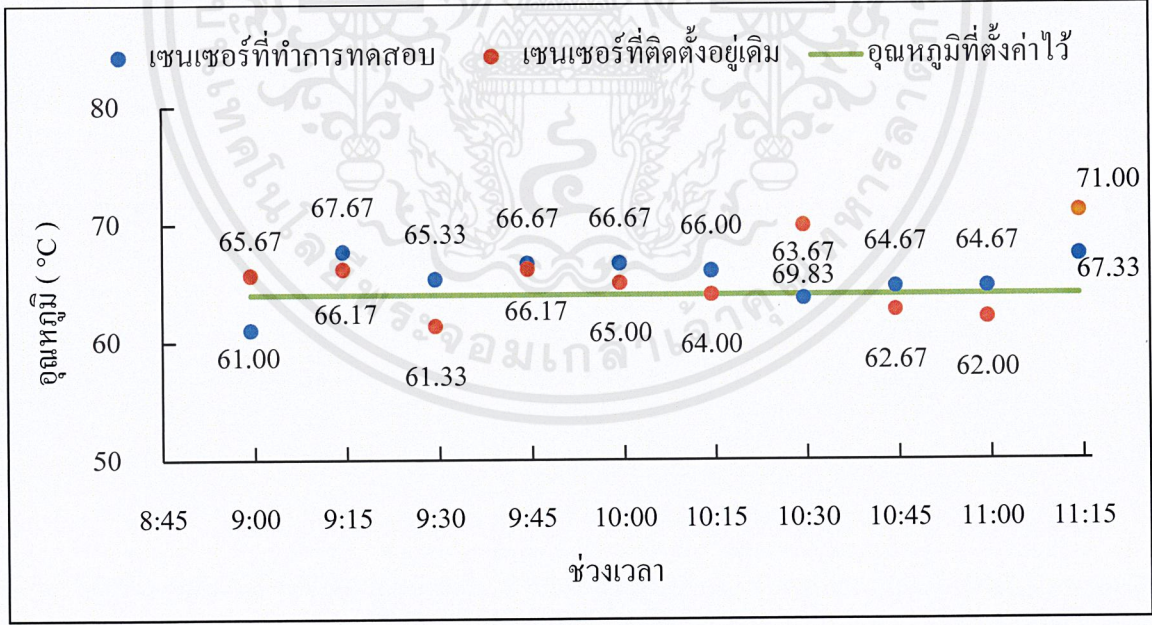
รูปที่ 41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดไซส์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1



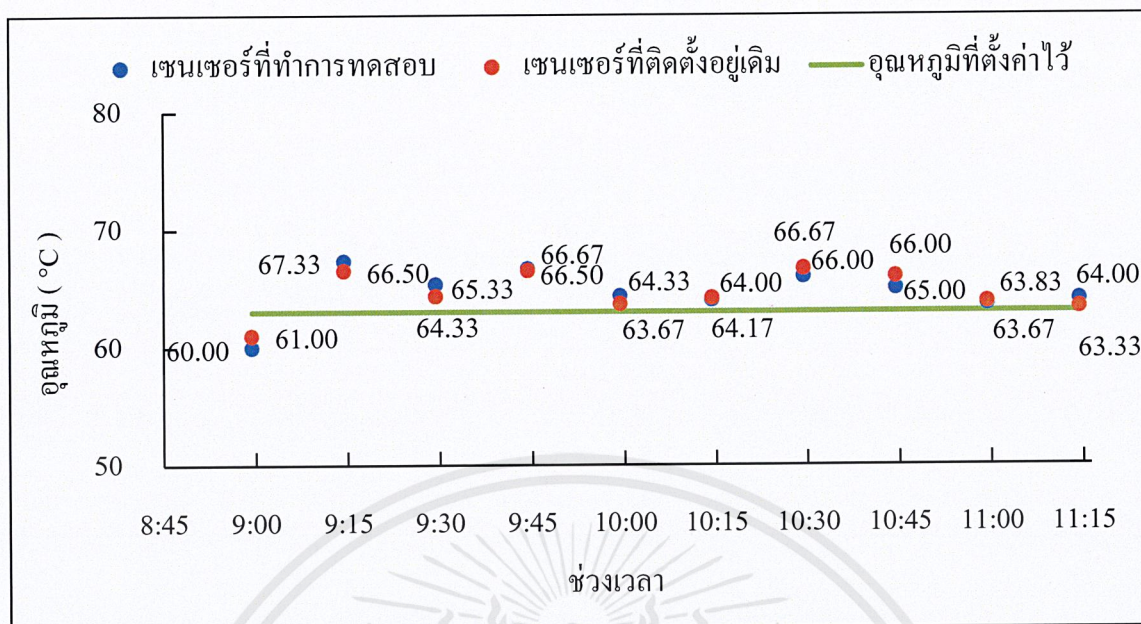
รูปที่ 42 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซส์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2



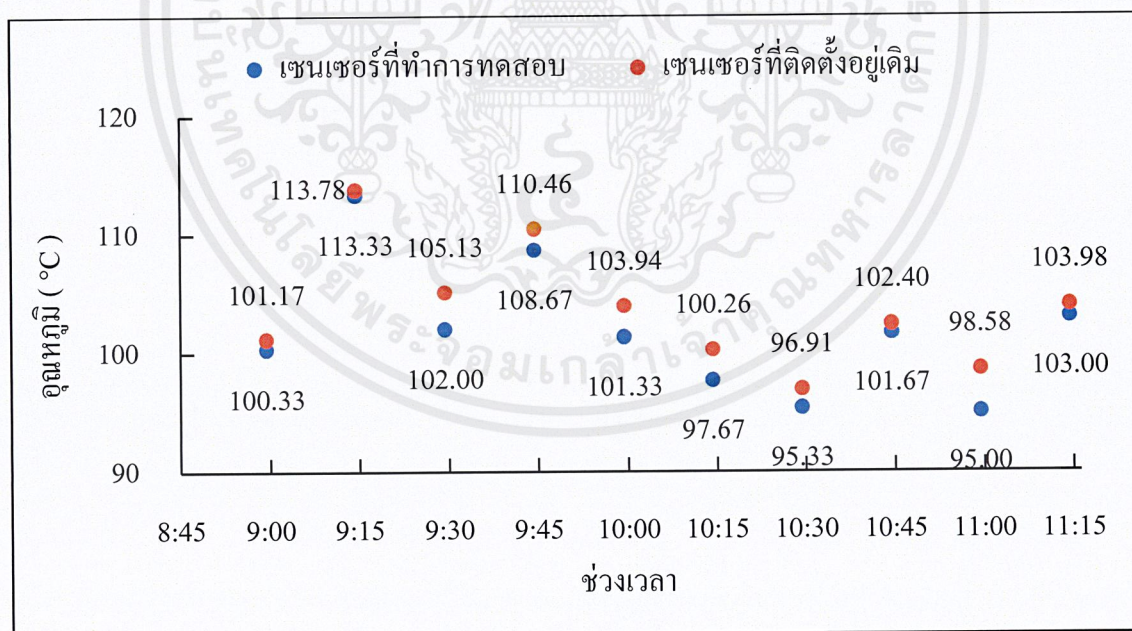
รูปที่ 43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3



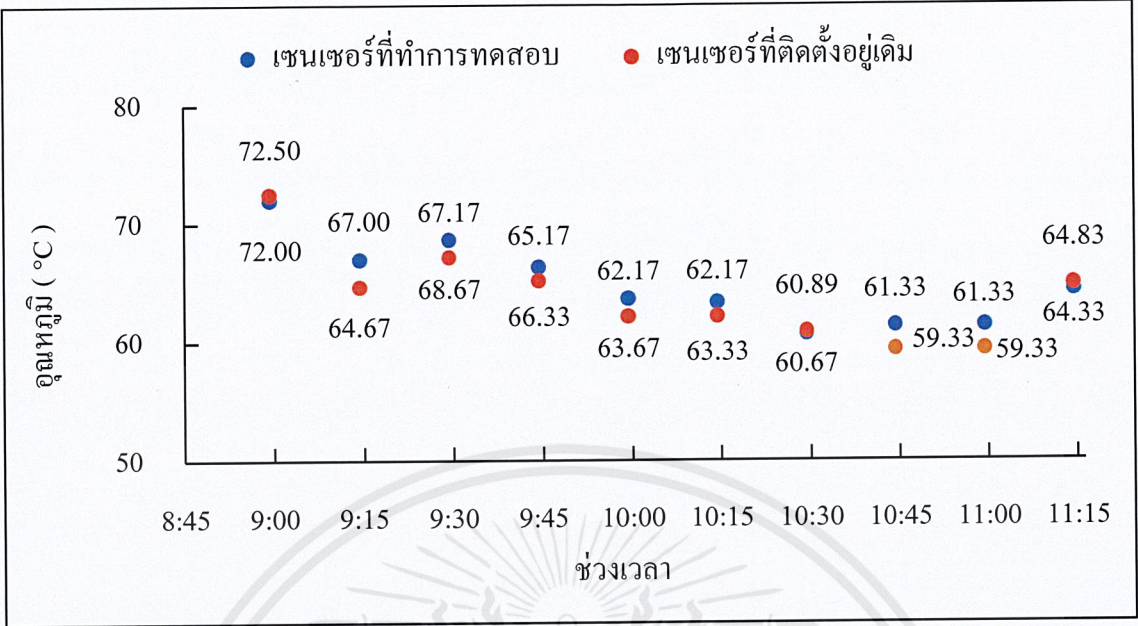
รูปที่ 44 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4



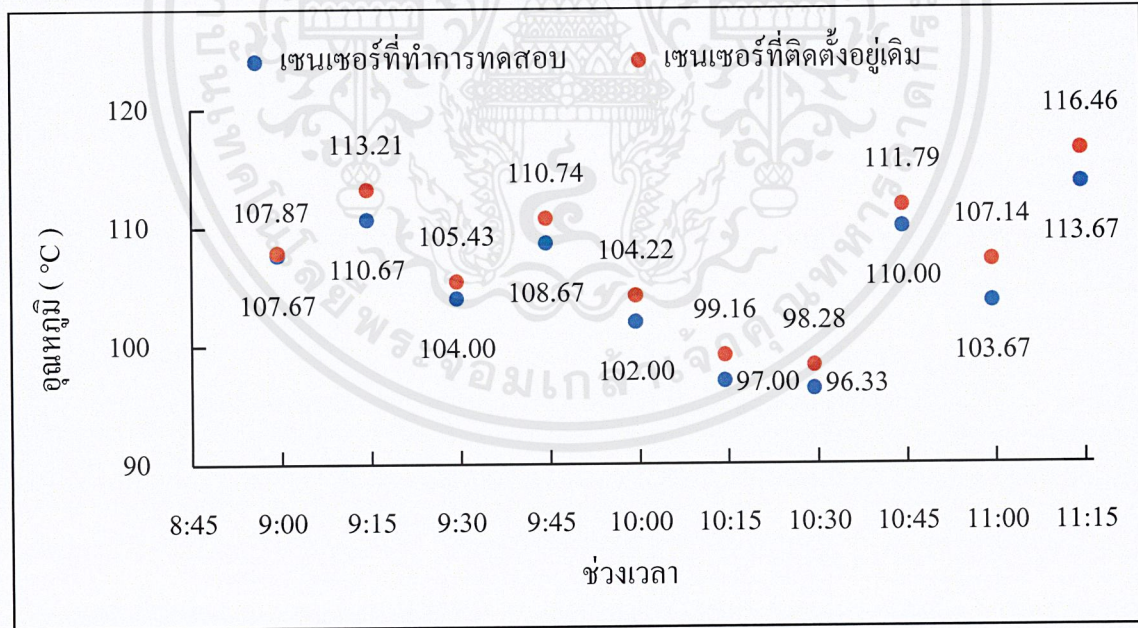
รูปที่ 45 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเบคตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5



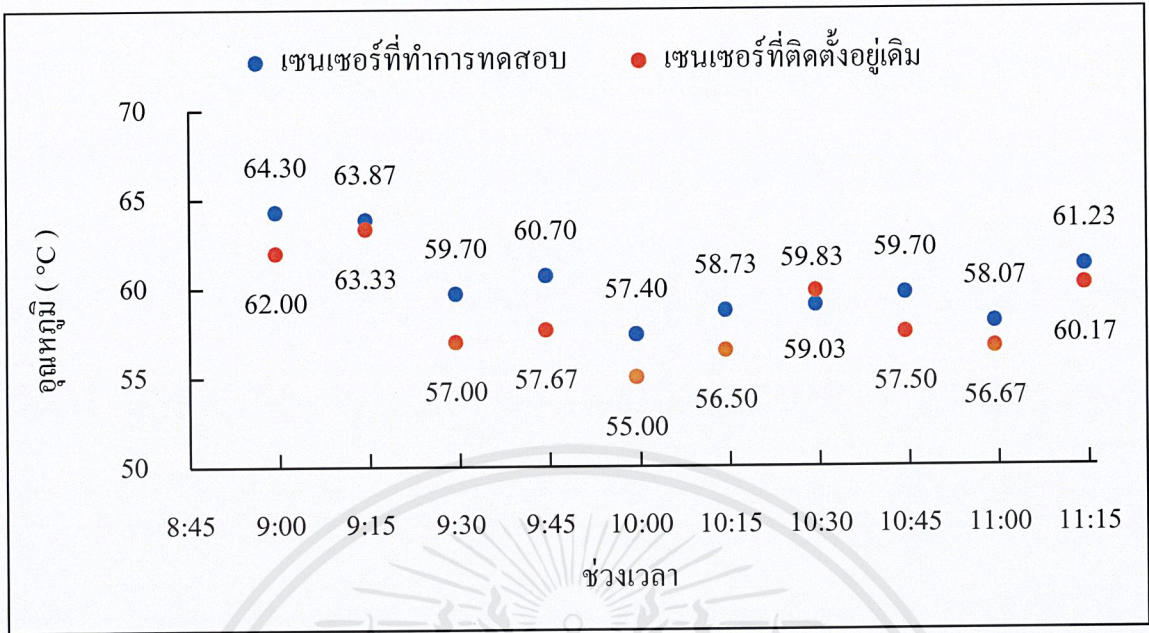
รูปที่ 46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6



รูปที่ 47 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7



รูปที่ 48 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8



รูปที่ 49 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9

ตารางที่ 2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมเทียบกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบของเซนเซอร์ที่ 1 ถึง 5

ช่วงเวลาที่เก็บ	เซนเซอร์ที่ 1 (%)	เซนเซอร์ที่ 2 (%)	เซนเซอร์ที่ 3 (%)	เซนเซอร์ที่ 4 (%)	เซนเซอร์ที่ 5 (%)
9:00	2.48	0.51	2.03	1.61	1.64
9:15	1.75	0.78	0.25	2.78	1.25
9:30	2.46	0.00	2.72	1.03	1.55
9:45	3.92	0.78	1.26	0.76	0.25
10:00	1.54	0.78	1.03	2.04	1.05
10:15	4.00	0.26	0.52	1.28	0.26
10:30	2.67	0.77	0.72	2.55	1.00
10:45	2.99	0.51	2.66	0.26	1.52
11:00	1.67	1.04	0.00	1.04	0.26
11:15	1.00	0.52	2.35	2.02	1.05
ค่าเฉลี่ย	2.45	0.59	1.35	1.54	0.98

ตารางที่ 3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิมเทียบกับเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบของเซนเซอร์ที่ 6 ถึง 9

ช่วงเวลาที่เก็บ	เซนเซอร์ที่ 6 (%)	เซนเซอร์ที่ 7 (%)	เซนเซอร์ที่ 8 (%)	เซนเซอร์ที่ 9 (%)
9:00	0.82	0.69	0.19	3.71
9:15	0.39	3.61	2.25	0.84
9:30	2.97	2.23	1.36	4.74
9:45	1.63	1.79	1.87	5.26
10:00	2.51	2.41	2.13	4.36
10:15	2.59	1.88	2.17	3.95
10:30	1.62	0.36	1.98	1.34
10:45	0.71	3.37	1.60	3.83
11:00	3.63	3.37	3.24	2.47
11:15	0.94	0.77	2.40	1.77
ค่าเฉลี่ย	1.78	2.05	1.92	3.23

ตารางที่ 4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเซนเซอร์ติดตั้งอยู่เดิมเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ของเซนเซอร์ที่ 1 ถึง 5

ช่วงเวลาที่เก็บ	เซนเซอร์ที่ 1 (%)	เซนเซอร์ที่ 2 (%)	เซนเซอร์ที่ 3 (%)	เซนเซอร์ที่ 4 (%)	เซนเซอร์ที่ 5 (%)
9:00	1.30	0.51	0.52	4.69	4.76
9:15	9.90	0.51	3.13	5.73	6.88
9:30	0.97	0.51	1.56	2.08	3.70
9:45	9.64	0.00	4.69	4.17	5.82
10:00	5.65	1.03	0.52	4.17	2.12
10:15	2.91	1.54	0.52	3.13	1.59
10:30	3.68	1.03	8.33	0.52	4.76
10:45	1.73	1.03	4.69	1.04	3.17
11:00	2.83	2.56	3.13	1.04	1.06
11:15	11.35	2.05	8.33	5.21	1.59
ค่าเฉลี่ย	5.00	1.08	3.54	3.18	3.54

ตารางที่ 5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ของเซนเซอร์ที่ 1 ถึง 5

ช่วงเวลาที่เก็บ	เซนเซอร์ที่ 1 (%)	เซนเซอร์ที่ 2 (%)	เซนเซอร์ที่ 3 (%)	เซนเซอร์ที่ 4 (%)	เซนเซอร์ที่ 5 (%)
9:00	1.21	0.00	2.60	3.13	3.17
9:15	11.82	1.28	3.39	2.86	5.56
9:30	1.52	0.51	4.17	1.04	2.12
9:45	13.94	0.77	3.39	3.39	5.56
10:00	7.27	1.79	1.56	2.08	1.06
10:15	1.21	1.28	0.00	1.82	1.85
10:30	0.91	0.26	9.11	2.08	5.82
10:45	1.21	1.54	2.08	0.78	4.76
11:00	1.21	1.54	3.13	0.00	1.32
11:15	10.20	1.54	10.94	3.13	0.53
ค่าเฉลี่ย	5.05	1.05	4.04	2.03	3.17

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิลมร้อนในกระบวนการอบมันสำปะหลังโดยนำบอร์ด Arduino Wemos D1 R1 ใช้เป็นตัวส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อแสดงผลบนโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้เซนเซอร์เทอร์โมคัปเปิลแบบ K ในการวัดอุณหภูมิและโมดูล Max 6675 การแปลงค่าสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งทำการติดตั้งเซนเซอร์ที่เครื่องโรตารี จำนวน 4 จุดและเครื่องฟลูอิดซ์เบด จำนวน 5 จุด ทำการคาลิเบรทเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมได้ค่า R^2 ของสมการ calibration ของเซนเซอร์ที่ 1 0.9405 เซนเซอร์ที่ 2 0.9894 เซนเซอร์ที่ 3 0.9894 เซนเซอร์ที่ 4 0.987 เซนเซอร์ที่ 5 0.9897 เซนเซอร์ที่ 6 0.9756 เซนเซอร์ที่ 7 0.9321 เซนเซอร์ที่ 8 0.9829 และเซนเซอร์ที่ 9 0.9238 จากนั้นได้นำสมการที่ได้ใส่ในโค้ดคำสั่งของเซนเซอร์ จากนั้นทำการเก็บค่าอุณหภูมิลมร้อนของเซนเซอร์ที่ติดตั้งใหม่และเทียบกับเซนเซอร์ที่มีอยู่เดิม ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 15 นาที ตั้งแต่เวลา 9:00 - 11:15 น จำนวน 10 ช่วงเวลา ทำซ้ำเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเซนเซอร์ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 2.45 % เซนเซอร์ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 0.59 % เซนเซอร์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 1.35 % เซนเซอร์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 1.54 % เซนเซอร์ที่ 5 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 0.98 % เซนเซอร์ที่ 6 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 1.78 % เซนเซอร์ที่ 7 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 2.05 % เซนเซอร์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 1.92 % เซนเซอร์ที่ 9 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 3.23 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการจ่ายให้กับบอร์ด Arduino Wemos D1 R1 และพัดลมระบายความร้อนไม่เพียงพอ จึงควรเพิ่มพาวเวอร์ซัพพลายให้มีขนาดวัตต์สูงขึ้น

5.2.2 เนื่องจากกระบวนการผลิตก่อให้เกิดฝุ่นทำให้พัดลมระบายความร้อนดูดฝุ่นเข้ามาสะสมบนบอร์ด Arduino Wemos D1 R1 ซึ่งทำให้บอร์ดเกิดการ ทำงานผิดปกติ จึงควรเพิ่มระบบป้องกันฝุ่น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sathittham Sangthong. **ESP8266 คืออะไร? ทำไมคนพูดถึงจัง**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://medium.com/sathittham/esp8266-esp8266-คืออะไร-ทำไมคนพูดถึงจัง-4a071f151b9e>.
- [2] IOT Man. **Blynk คืออะไร**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://iot.jpnet.co.th/blynk/>.
- [3] รัชชัย ตระกูลเลิศยศ. **ความแตกต่างของ Analog และ Digital**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://www.scimath.org/article/item/4819-analog-digital>.
- [4] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ กับ ผศ.ดร.นวัฏธรา หนูนาท. **Standard thermocouple / เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6810/standard-thermocouple-เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน.
- [5] Khanaresa Chonsawat. **การแบ่งประเภท และการเลือกใช้ Thermocouple**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-thermocouple/>.
- [6] myarduino. **Switching Power supply แหล่งจ่ายไฟ 5V 10A**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://www.myarduino.net/product/559/switching-power-supply-แหล่งจ่ายไฟ-5v-10a>.
- [7] arduinoall. **Digital Converter Module for K-Type Thermocouple (MAX6675)**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://www.arduinoall.com/product/54/digital-converter-module-for-k-type-thermocouple-max6675>.
- [8] arduinoall. **Thermocouple เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ K-Type**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://www.arduinoall.com/product/2282/thermocouple-เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ-k-type-0-400c-ตัวเซนเซอร์-ยาว-10-เซนติเมตร-สายโลหะถักยาว-1-เมตร>.
- [9] myarduino. **บทความ สอนใช้งาน Arduino เริ่มต้นติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://www.myarduino.net/article/74/บทความ-สอนใช้งาน-arduino-เริ่มต้นติดตั้งโปรแกรม-arduino-ide>.

[10] arduitrronics. **WeMos D1 R2 V2.10 บอร์ด Arduino Wifi ESP8266 Arduino**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. จากเว็บไซต์ : <https://www.arduitronics.com/product/1337/wemos-d1-r2-v2-10-บอร์ด-arduino-wifi-esp8266-arduino>.





ภาคผนวก ก

โค้ดโปรแกรมเครื่องวัดอุณหภูมิ


```

#define BLYNK_PRINT Serial

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

#include <Thermocouple.h>

#include <MAX6675_Thermocouple.h>

//portตัวบน

#define SCK_1 D2

#define CS_1 D3

#define SO_1 D4

//portตัวล่าง

#define SCK_2 D5

#define CS_2 D6

#define SO_2 D7

char auth[] = "0C8qLg2Ox4xGoWNYVWpcvAD5ahsolhV4";

char ssid[] = "AE kmitl";

char pass[] = "pp108465";

Thermocouple* thermocouple_1 ;

Thermocouple* thermocouple_2 ;

```



```

void setup()

{

  Blynk.begin(auth, ssid, pass); //ส่งค่ารหัสเชื่อมต่อ,ชื่อwifi,รหัสwifi ไปยังblynk

  thermocouple_1 = new MAX6675_Thermocouple(SCK_1, CS_1, SO_1);

  thermocouple_2 = new MAX6675_Thermocouple(SCK_2, CS_2, SO_2);

}

void loop()

{

  Blynk.run();

  double x = thermocouple_1->readCelsius(); //ท่อทางout RD_upper

  double y = (1.1034*x)-5.6961;

  Blynk.virtualWrite( V1 ,y); // ส่งค่าอุณหภูมิไปยัง blynk server

  double a = thermocouple_2->readCelsius(); // ท่อทางout RD_lower

  double b = (0.8186*a)+10.32;

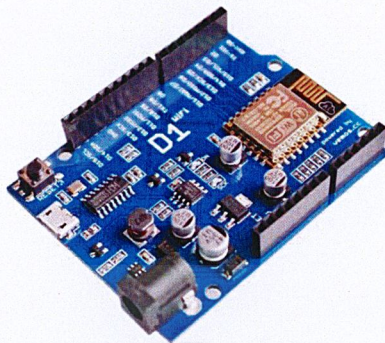
  Blynk.virtualWrite( V2 ,b); // ส่งค่าอุณหภูมิไปยัง blynk server

}

```




1. บอร์ด Arduino Wemos D1 R1

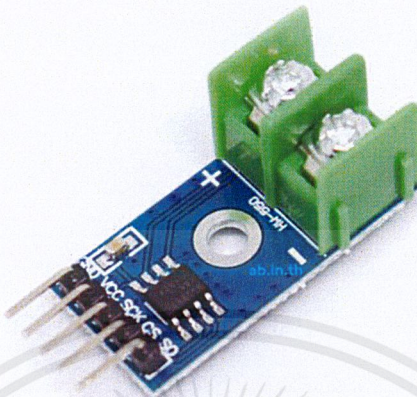


รูปที่ ข1 บอร์ด Arduino Wemos D1 R1

รายละเอียดบอร์ด Arduino Wemos D1 R1

Microcontroller	ESP-8266EX
Operating Voltage	3.3V
Digital I/O	Pins 11
Analog Input	Pins 1(Max input: 3.2V)
Clock Speed	80MHz/160MHz
Flash	4M bytes
Length	68.6mm
Width	53.4mm
Weight	25g
Power	jack, 9-24V power
Connection	Micro USB

2. โมดูล Max 6675

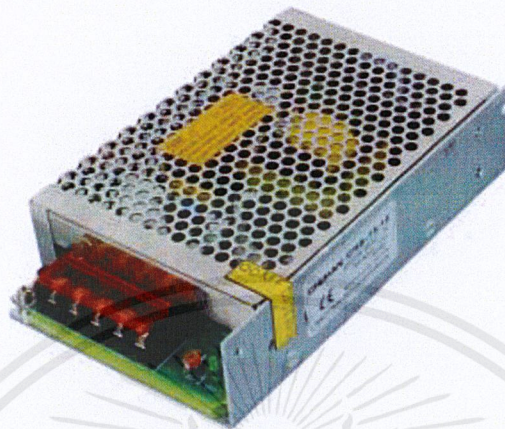


รูปที่ ข2 Max 6675

รายละเอียด Digital Converter Module for K-Type Thermocouple (MAX6675)

Operating voltage	3.0 - 5.5V
Temperature signal can be converted	12-bit digital
Temperature resolution	0.25 Degree
Cold junction compensation range	- 20 to + 80 Degree
Type K temperature range	0-800 degrees

3. Switching Power Supply



รูปที่ ๗3 Switching Power Supply

ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบ โดยทำงานแบบสวิตชิ่ง ซึ่งจะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับระหว่าง 100 ถึง 240 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 10 A 5 V และสามารถปรับโวลต์ให้อยู่ในช่วงระหว่าง 4 ถึง 7 โวลต์ นอกจากนี้ยังมีระบบตัดไฟอัตโนมัติเมื่อมีการช็อตภายในวงจรเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์

ภาคผนวก ค

ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ

ตารางที่ ค 1 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของ เซนเซอร์ที่ติด ตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของ เซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบ
9:00	111.43	4.18	108.67	3.51
9:15	120.89	7.55	123.00	5.29
9:30	111.07	9.60	108.33	16.17
9:45	120.60	11.41	125.33	15.57
10:00	116.21	10.03	118.00	14.73
10:15	113.20	7.78	108.67	4.51
10:30	114.05	6.40	111.00	6.08
10:45	108.10	7.14	111.33	9.02
11:00	106.88	3.84	108.67	4.51
11:15	135.69	18.51	134.33	12.90

ตารางที่ ค 2 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของ เซนเซอร์ที่ติด ตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของ เซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
9:00	65.00	0.00	65.33	1.15
9:15	64.17	1.61	64.67	2.52
9:30	64.67	1.53	64.67	2.31
9:45	64.50	1.32	65.00	0.00
10:00	63.83	1.26	64.33	2.08
10:15	64.17	1.26	64.00	1.00
10:30	64.83	0.29	64.33	1.53
10:45	66.00	1.00	65.67	2.08
11:00	64.00	2.00	63.33	2.52
11:15	64.00	1.00	63.67	2.52

ตารางที่ ค 3 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของ เซนเซอร์ที่ติด ตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของ เซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบ
9:00	65.67	3.21	64.33	6.03
9:15	66.17	6.79	66.00	6.24
9:30	61.33	1.15	63.00	0.00
9:45	66.17	2.36	67.00	4.00
10:00	65.00	1.73	64.33	5.13
10:15	64.00	1.00	63.67	0.58
10:30	69.83	4.54	69.33	7.02
10:45	62.67	1.53	61.00	1.73
11:00	62.00	3.46	62.00	5.57
11:15	71.00	7.00	69.33	5.51

ตารางที่ ค 4 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเบคตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของ เซนเซอร์ที่ติด ตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของ เซนเซอร์ที่ทำ การทดสอบ
9:00	62.00	1.00	61.00	2.65
9:15	65.83	2.75	67.67	2.08
9:30	64.67	4.62	65.33	4.93
9:45	66.17	4.25	66.67	3.51
10:00	65.33	2.08	66.67	1.53
10:15	65.17	1.61	66.00	2.00
10:30	65.33	1.53	63.67	2.08
10:45	64.50	2.50	64.67	3.79
11:00	64.00	3.00	64.67	3.79
11:15	66.00	4.00	67.33	3.21

ตารางที่ ค 5 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณใต้เครื่องฟลูอิดซ์เบคตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
9:00	61.00	2.00	60.00	4.00
9:15	66.50	2.18	67.33	1.53
9:30	64.33	5.13	65.33	4.51
9:45	66.50	4.27	66.67	4.16
10:00	63.67	2.52	64.33	3.06
10:15	64.17	2.57	64.00	3.61
10:30	66.67	0.29	66.00	2.00
10:45	66.00	3.61	65.00	3.61
11:00	63.83	3.55	63.67	3.79
11:15	63.33	3.51	64.00	2.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 6 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
9:00	101.17	11.98	100.33	15.37
9:15	113.78	12.69	113.33	13.58
9:30	105.13	14.21	102.00	14.73
9:45	110.46	11.70	108.67	9.61
10:00	103.94	12.34	101.33	12.06
10:15	100.26	12.35	97.67	11.93
10:30	96.91	12.67	95.33	11.06
10:45	102.40	4.80	101.67	5.77
11:00	98.58	12.38	95.00	12.12
11:15	103.98	20.54	103.00	20.66

ตารางที่ ค 7 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
9:00	72.50	7.05	72.00	4.58
9:15	64.67	3.25	67.00	3.61
9:30	67.17	4.01	68.67	3.21
9:45	65.17	5.20	66.33	4.04
10:00	62.17	4.19	63.67	2.89
10:15	62.17	3.33	63.33	3.06
10:30	60.89	6.19	60.67	7.02
10:45	59.33	4.16	61.33	4.16
11:00	59.33	3.51	61.33	3.79
11:15	64.83	8.52	64.33	8.96

ตารางที่ ค 8 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
9:00	107.87	15.88	107.67	10.69
9:15	113.21	7.74	110.67	6.51
9:30	105.43	20.58	104.00	17.32
9:45	110.74	16.79	108.67	14.57
10:00	104.22	24.22	102.00	22.34
10:15	99.16	21.14	97.00	19.29
10:30	98.28	15.70	96.33	13.61
10:45	111.79	7.13	110.00	3.46
11:00	107.14	6.38	103.67	6.66
11:15	116.46	17.34	113.67	16.26

ตารางที่ ค 9 ผลค่าเฉลี่ยและค่า SD ของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบบริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เก็บข้อมูล 3 วันของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ	SD อุณหภูมิของเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
9:00	62.00	7.94	64.30	5.20
9:15	63.33	7.65	63.87	6.09
9:30	57.00	8.05	59.70	5.09
9:45	57.67	5.01	60.70	4.09
10:00	55.00	7.70	57.40	5.31
10:15	56.50	8.67	58.73	4.01
10:30	59.83	7.52	59.03	6.59
10:45	57.50	2.29	59.70	2.02
11:00	56.67	3.01	58.07	5.22
11:15	60.17	5.97	61.23	4.48



ตารางที่ 1 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องฟลูอิดไซเคดตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 1

ช่วงเวลา ที่เก็บ	อุณหภูมิตั้งค่าไว้	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	110.00	111.43	108.67	2.48
9:15	110.00	120.89	123.00	1.75
9:30	110.00	111.07	108.33	2.46
9:45	110.00	120.60	125.33	3.92
10:00	110.00	116.21	118.00	1.54
10:15	110.00	113.20	108.67	4.00
10:30	110.00	114.05	111.00	2.67
10:45	110.00	108.10	111.33	2.99
11:00	110.00	106.88	108.67	1.67
11:15	110.00	135.69	134.33	1.00
			ค่าเฉลี่ย	2.45

ตารางที่ 2 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเคิลตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 2

ช่วงเวลา ที่เก็บ	อุณหภูมิตั้งค่าไว้	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	65.00	65.33	65.00	0.51
9:15	65.00	64.67	64.17	0.78
9:30	65.00	64.67	64.67	0.00
9:45	65.00	65.00	64.50	0.78
10:00	65.00	64.33	63.83	0.78
10:15	65.00	64.00	64.17	0.26
10:30	65.00	64.33	64.83	0.77
10:45	65.00	65.67	66.00	0.51
11:00	65.00	63.33	64.00	1.04
11:15	65.00	63.67	64.00	0.52
			ค่าเฉลี่ย	0.59

ตารางที่ 3 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซส์เบคตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 3

ช่วงเวลา ที่เก็บ	อุณหภูมิตั้งค่าไว้	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	64.00	64.33	65.67	2.03
9:15	64.00	66.00	66.17	0.25
9:30	64.00	63.00	61.33	2.72
9:45	64.00	67.00	66.17	1.26
10:00	64.00	64.33	65.00	1.03
10:15	64.00	63.67	64.00	0.52
10:30	64.00	69.33	69.83	0.72
10:45	64.00	61.00	62.67	2.66
11:00	64.00	62.00	62.00	0.00
11:15	64.00	69.33	71.00	2.35
			ค่าเฉลี่ย	1.35

ตารางที่ 4 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซส์เบดตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 4

ช่วงเวลา ที่เก็บ	อุณหภูมิตั้งค่าไว้	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	64.00	61.00	62.00	1.61
9:15	64.00	67.67	65.83	2.78
9:30	64.00	65.33	64.67	1.03
9:45	64.00	66.67	66.17	0.76
10:00	64.00	66.67	65.33	2.04
10:15	64.00	66.00	65.17	1.28
10:30	64.00	63.67	65.33	2.55
10:45	64.00	64.67	64.50	0.26
11:00	64.00	64.67	64.00	1.04
11:15	64.00	67.33	66.00	2.02
			ค่าเฉลี่ย	1.54

ตารางที่ 5 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณใต้เครื่องฟลูอิดไซเบคตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 5

ช่วงเวลา ที่เก็บ	อุณหภูมิตั้งค่าไว้	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	63.00	60.00	61.00	1.64
9:15	63.00	67.33	66.50	1.25
9:30	63.00	65.33	64.33	1.55
9:45	63.00	66.67	66.50	0.25
10:00	63.00	64.33	63.67	1.05
10:15	63.00	64.00	64.17	0.26
10:30	63.00	66.00	66.67	1.00
10:45	63.00	65.00	66.00	1.52
11:00	63.00	63.67	63.83	0.26
11:15	63.00	64.00	63.33	1.05
			ค่าเฉลี่ย	0.98

ตารางที่ 6 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 6

ช่วงเวลา ที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่เก็บ ข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่เก็บ ข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	101.17	100.33	0.82
9:15	113.78	113.33	0.39
9:30	105.13	102.00	2.97
9:45	110.46	108.67	1.63
10:00	103.94	101.33	2.51
10:15	100.26	97.67	2.59
10:30	96.91	95.33	1.62
10:45	102.40	101.67	0.71
11:00	98.58	95.00	3.63
11:15	103.98	103.00	0.94
		ค่าเฉลี่ย	1.78

ตารางที่ 7 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 1 เซนเซอร์ที่ 7

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	72.50	72.00	0.69
9:15	64.67	67.00	3.61
9:30	67.17	68.67	2.23
9:45	65.17	66.33	1.79
10:00	62.17	63.67	2.41
10:15	62.17	63.33	1.88
10:30	60.89	60.67	0.36
10:45	59.33	61.33	3.37
11:00	59.33	61.33	3.37
11:15	64.83	64.33	0.77
		ค่าเฉลี่ย	2.05

ตารางที่ 8 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ บริเวณทางเข้าเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 8

ช่วงเวลาที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่เก็บข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	107.87	107.67	0.19
9:15	113.21	110.67	2.25
9:30	105.43	104.00	1.36
9:45	110.74	108.67	1.87
10:00	104.22	102.00	2.13
10:15	99.16	97.00	2.17
10:30	98.28	96.33	1.98
10:45	111.79	110.00	1.60
11:00	107.14	103.67	3.24
11:15	116.46	113.67	2.40
		ค่าเฉลี่ย	1.92

ตารางที่ 9 ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่เดิมกับอุณหภูมิเซนเซอร์ที่ทำการทดสอบ
บริเวณทางออกเครื่องโรตารีตัวที่ 2 เซนเซอร์ที่ 9

ช่วงเวลา ที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่เก็บ ข้อมูล 3 วันติดตั้งอยู่เดิม	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเซนเซอร์ที่เก็บ ข้อมูล 3 วันทำการทดสอบ	Error (%)
9:00	62.00	64.30	3.71
9:15	63.33	63.87	0.84
9:30	57.00	59.70	4.74
9:45	57.67	60.70	5.26
10:00	55.00	57.40	4.36
10:15	56.50	58.73	3.95
10:30	59.83	59.03	1.34
10:45	57.50	59.70	3.83
11:00	56.67	58.07	2.47
11:15	60.17	61.23	1.77
		ค่าเฉลี่ย	3.23