

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในดินทางไกล

นาย ชีราณัฐ ขำขันทอง

นาย มนต์ ศิริรักษ์

นาย รณกร พรหมราช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

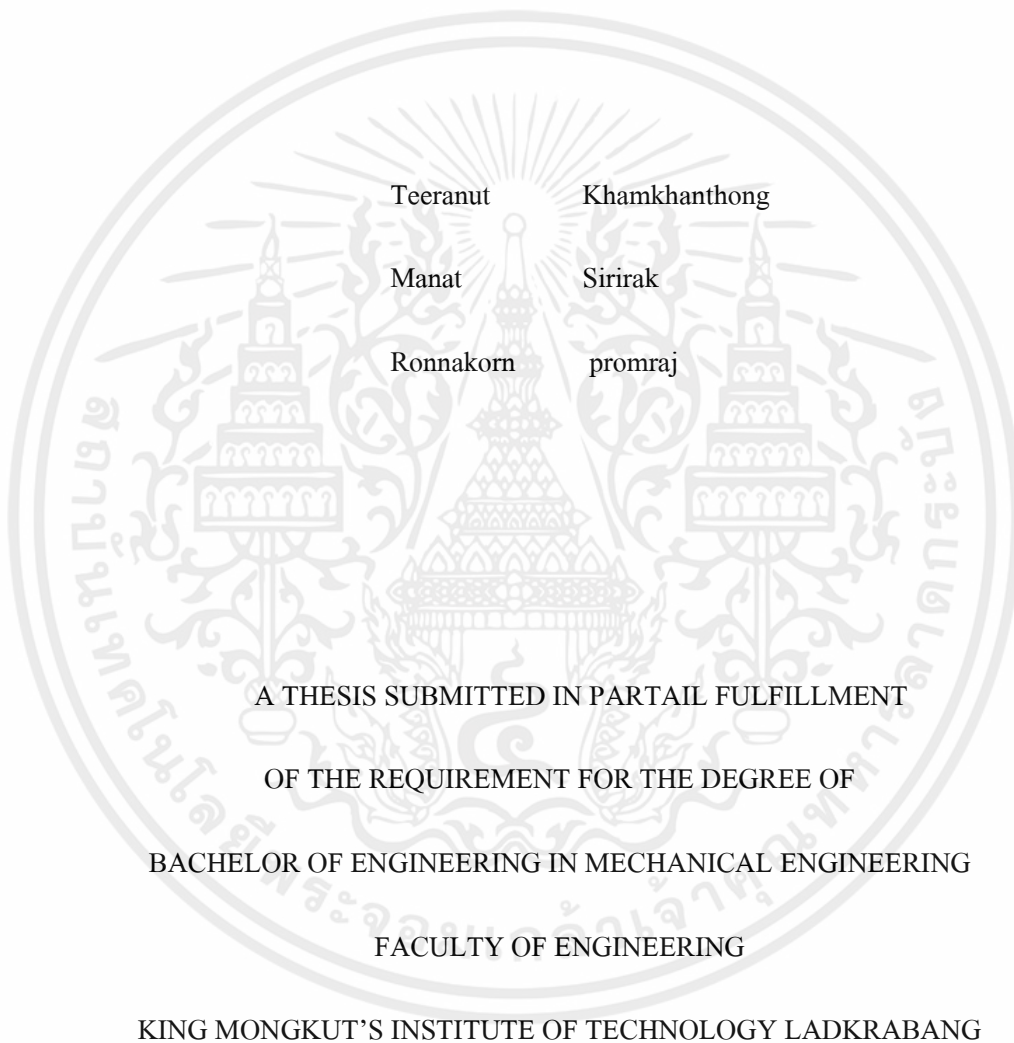
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote Temperature and Humidity Control System for Plantations



2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในดินทางไกล

Remote Temperature and Humidity Control System for Plantations

ผู้จัดทำ

- | | | |
|----------------|-----------|-----------------------|
| 1. นาย ชีราณัฐ | ข้าจันทอง | รหัสนักศึกษา 61010527 |
| 2. นาย มนต์ | ศิริรักษ์ | รหัสนักศึกษา 61010859 |
| 3. นาย รณกร | พรหมราช | รหัสนักศึกษา 61010882 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ภูติท ชัยฉิลกพัฒนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในดินทางไกล

นาย ชีราณัฐ	ข้าจันทอง	61010527
นาย มนต์	ศิริรักษ์	61010859
นาย รัตนกร	พรหมราช	61010882
อาจารย์ ภูคิต	ชัยคิลกพัฒนกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการออกแบบระบบโรงเรือนทางการเกษตร โดยได้นำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อมาทำแบบจำลองการทำงานของโรงเรือนทางการเกษตรด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink และได้ประยุกต์โครงสร้างตัวควบคุมระบบอัตโนมัติ เพื่อจำกัดความไวในการตอบสนองของเซนเซอร์ให้พอดีกับแบบจำลอง เพื่อนำไปพัฒนาในโรงเรือนทางการเกษตรของจริง ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการพัฒนาและลดต้นทุนทั้งด้านบุคลากรและเวลาได้พอสมควร

จากผลการดำเนินงานการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ได้ผลการดำเนินงานเป็นที่น่าพอใจ สามารถการควบคุมอุณหภูมิสามารถกำหนดค่าเพื่อให้เหมาะสมกับพืชที่ต้องการปลูกหรืออุณหภูมิ ความชื้นในโรงเรือนเพื่อให้เหมาะสมกับการดูแลปลูกพืช และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานตามความเหมาะสมได้ เหมาะกับการดูแลพืชสวยงามที่ต้องไว้ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิความชื้นเพื่อยังคงอายุพืชและความสวยงามของพืชให้อยู่ได้นานขึ้น และยังเหมาะกับพืชที่มีภูมิต่างประเทศเพราะระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้เหมือนกับภูมิประเทศที่เกิดได้เพื่อให้ความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชในเวลาที่น่ามาปลูกต่างถิ่น

Abstract

This project aims to design an agricultural greenhouse system. By bringing the knowledge of various technologies to make a model of agricultural greenhouses with the program MATLAB/Simulink and applied the structure of the automation controller to limit the sensor's response sensitivity to fit the model. to be developed in real agricultural greenhouses This will reduce the development time and reduce the cost of personnel and time considerably.

From the performance of the air temperature control system got satisfactory results Temperature control can be configured to suit the desired crop or temperature. The humidity in the greenhouse to suit the care of plants. And can be applied to respond to the use as appropriate. Suitable for caring for beautiful plants that are subject to changes in temperature and humidity to maintain plant life and beauty for longer. It is also suitable for plants with foreign terrain because the system can control the temperature and relative humidity in the air as the terrain that occurs to suit the growth of plants at the time of planting abroad.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ผู้จัดทำได้รับการอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายที่ให้คำปรึกษา การแนะนำในการทำวิจัยและช่วยเหลืออย่างดียิ่งดังนี้

อาจารย์ภูติพิท ชัยคิลกพัฒนกุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล อาจารย์ที่ปรึกษา แนะนำทางในการทำวิจัย รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขงานวิจัยให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

ขอกราบขอบคุณคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา ให้แนวคิด และช่วยตรวจแก้ไขในส่วนที่บกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จเป็นรูปเล่ม ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา และบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ท่าน ผู้ให้สัมภาษณ์ และร่วมแสดงความคิดเห็น ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างมาก

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และคุณค่าอันเกิดจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะน้อมเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา มารดา ครูอาจารย์ที่ได้อบรมสั่งสอน ปลูกฝังความดี ขยันหมั่นเพียร มานะอดทนและเป็นรากฐานแก่ผู้วิจัยจนส่งผลให้เกิดผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจต่อไป

นาย ธีรพันธุ์	ข้าขันทอง
นาย มนต์	ศิริรักษ์
นาย รณกร	พรหมราช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดก่แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.6 ระยะเวลาดำเนินงาน	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 Matlab	4
2.2 Internet of Things.....	5
2.3 Natural Convection.....	5
2.4 ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm).....	6
2.5 ความแตกต่างระหว่างฟาร์มอัจฉริยะและฟาร์มทั่วไป	6
2.6 ระบบวัดการควบคุม.....	7
2.7 ความคลาดเคลื่อน (Error).....	9
2.8 อุณหภูมิอากาศ	9
2.9 ความชื้น (Humidity)	10
2.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ	11
2.11 โรงเรือน	22
2.12 สแลน (shading net)	25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	26
3.3 สร้างแบบจำลองระบบควบคุม.....	27
3.4 การทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิต่อในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน.....	31
3.5 การทำงานของระบบ.....	33
3.6 Simulink Model.....	36
3.7 องค์ประกอบของโรงเรือน.....	37
3.8 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือน.....	39
3.9 การตรวจสอบ Numerical Integration ของ Simulink.....	40
3.10 การแก้สมการ First – Order ODE By MATLAB / Simulink.....	41
บทที่4.....	43
4.1 ผลการใช้ Matlab/Simulink ในการตรวจสอบ.....	43
4.2 การทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิต่อในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศและความชื้นในดิน อัตโนมัติ.....	46
บทที่5.....	49
5.1 สรุปผลการวิจัยผล.....	49
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	51

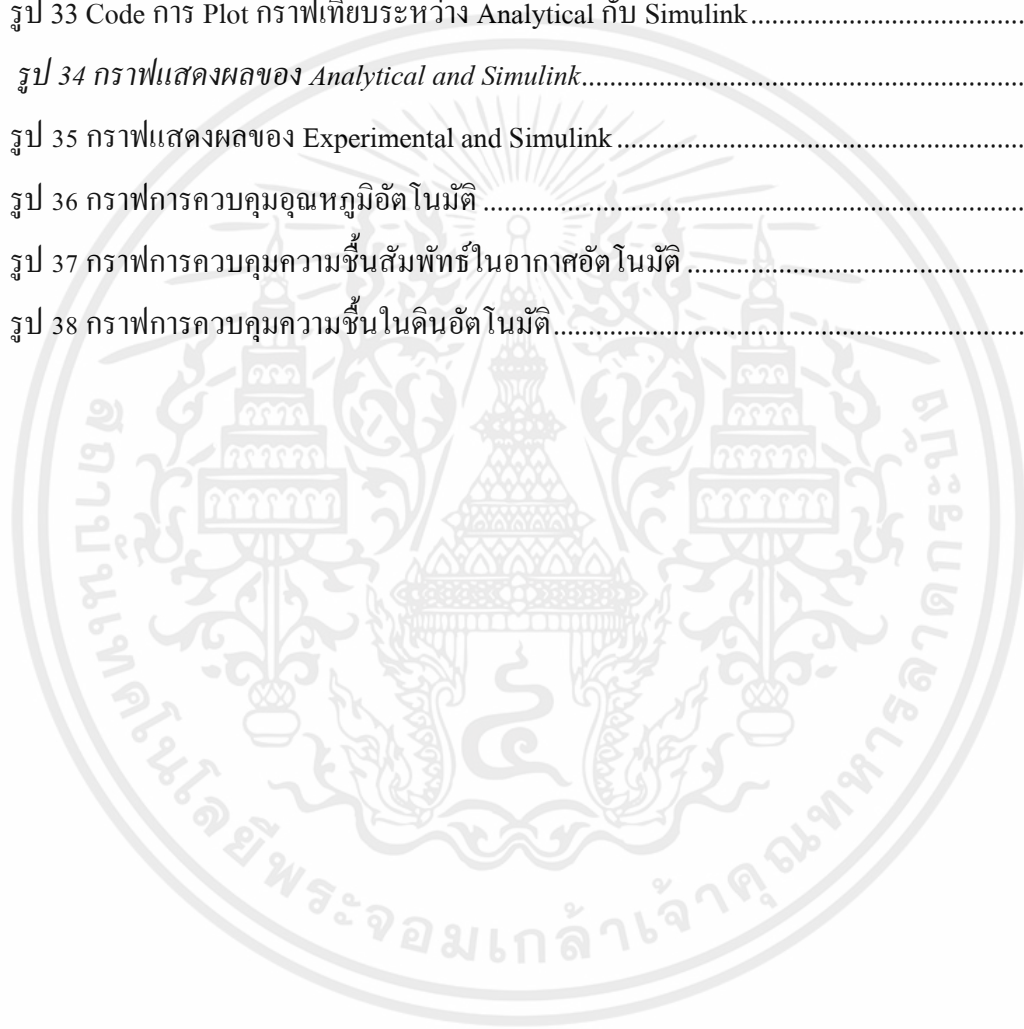
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูป 1 Node MCU ESP8266	12
รูป 2 Sensor DHT22	13
รูป 3 การตอบสนองจาก DHTหลังจากนั้น DHT จะส่งสัญญาณ pull down voltage เวลา 80 us	13
รูป 4 การส่งสัญญาณ pull up voltage 26-28 us	14
รูป 5 การส่งสัญญาณ pull up voltage 70 us	14
รูป 6 การส่งข้อมูลของ DHT22	15
รูป 7 ภาพ Resistive Humidity Sensing Component และ NTC Temperature Sensor Thermistor	15
รูป 8 Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2	16
รูป 9 Relay	17
รูป 10 ส่วนประกอบสำคัญของรีเลย์	17
รูป 11 ภาพวงจรรีเลย์	18
รูป 12 โซลีนอยด์วาล์ว DC 12V	19
รูป 13 สวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย 12V5A	20
รูป 14 จอ LCD	21
รูป 15 ปั๊ม Pump JT-750	21
รูป 16 Greenhouse components	22
รูป 17 Heat transfer interaction between greenhouse components	23
รูป 18 Arduino IOT Cloud Diagram	27
รูป 19 Dashboard	28
รูป 20 การเชื่อมต่อระบบอุปกรณ์	29
รูป 21 การต่อวงจรของระบบ	30
รูป 22 โค้ดตัวอย่างระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน	31
รูป 23 โค้ดตัวอย่างระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน	32
รูป 24 โค้ดตัวอย่างระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน	33
รูป 25 ค่าของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน	34
รูป 26 ค่าของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน	34
รูป 27 จอ LED แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 28 Thermodynamic model of the greenhouse using Matlab-Simulink environment.....	36
รูป 29 External dimensions of the greenhouse.....	37
รูป 30 รูปโรงเรือน.....	38
รูป 31 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ของโรงเรือน.....	39
รูป 32 Simulink model.....	41
รูป 33 Code การ Plot กราฟเทียบระหว่าง Analytical กับ Simulink.....	43
รูป 34 กราฟแสดงผลของ Analytical and Simulink.....	44
รูป 35 กราฟแสดงผลของ Experimental and Simulink.....	45
รูป 36 กราฟการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ.....	46
รูป 37 กราฟการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอัตโนมัติ.....	47
รูป 38 กราฟการควบคุมความชื้นในดินอัตโนมัติ.....	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง 1 ระยะเวลาดำเนินงาน.....	3
ตาราง 2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	50
ตาราง 3 ตาราง Input Parameter	51
ตาราง 4 ตาราง solar radiation and temperature	53
ตาราง 5 ตารางอุณหภูมิในโรงเรือนจากการวัดอุณหภูมิ 3 ตำแหน่ง	54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันระบบโรงเรือนทางการเกษตรมีจำนวนมากและมีการใช้งานตลอดทั้งปีเพื่อป้องกันไม่ให้ต้นพืชถูกรบกวนจากสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว ทั่วไปโรงเรือนจะให้สภาพแวดล้อมเพื่อเหมาะกับการปลูกพืชชนิดนั้น ๆ ผู้ที่ปลูกพืชในโรงเรือนสามารถควบคุมสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ อากาศ ความชื้น และแสงให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก พืชที่ปลูกในโรงเรือนเป็นระบบจะมีผลผลิตที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าแก่การลงทุน นอกจากนี้ลักษณะการปลูกสามารถใช้เนื้อที่ดินที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพ และสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้มาก แต่เดิมการให้น้ำผลผลิตยังต้องใช้แรงงาน ซึ่งไม่สามารถกำหนดปริมาณการรดน้ำได้อย่างแม่นยำแต่ในปัจจุบันได้พัฒนาไปสู่การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการควบคุมปริมาณน้ำและความชื้นทั้งในดินและอากาศ ทำให้เราสามารถลดระยะเวลาในการทำงานส่วนนี้ไปได้มากและทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น

ในปัจจุบันเราสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อนำมาทำแบบจำลองระบบโรงเรือนทางการเกษตรโดยใช้สมการสมดุลพลังงานในการออกแบบกลไกในการควบคุมพัฒนาระบายอากาศและสปริงเกอร์พ่นน้ำในระบบโรงเรือนจำลองเพื่อช่วยควบคุมปัจจัยที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของพืช ทำให้เพิ่มโอกาสในการเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพของพืชได้และสามารถนำมาปรับใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ในระบบโรงเรือนทางการเกษตรที่สามารถงานจริงได้โดยใช้ระบบอัตโนมัติ เข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อควบคุมค่าความผิดพลาดและค่าแกว่งของระบบ โดยการปรับค่าอุณหภูมิคงที่ ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะสมกับที่กระบวนการต้องการ

ด้วยในปัจจุบันเทคโนโลยีเริ่มเข้ามามีบทบาทในการใช้ชีวิตมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อบทบาทการดำเนินชีวิตของผู้คนในยุคนี้เทคโนโลยีที่ได้นำเข้ามา สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานตามความเหมาะสมกับการดูแลพืชที่ต้องไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้นเพื่อยังคงอายุพืช ความสวยงามและคุณภาพของพืช และยังสามารถใช้กับพืชที่มีภูมิต่างประเทศ เพราะระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้เหมือนกับภูมิประเทศที่เกิดได้เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชเวลาที่นำมาปลูกต่างถิ่นและช่วยแก้ปัญหาลดแรงงาน รวมถึงค่าใช้จ่ายให้กับบุคคลกลุ่มนี้ได้ และในสภาวะนี้การมีสิ่งประดิษฐ์มาช่วยทุนแรงก็อาจจะดีไม่น้อย

1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาและพัฒนาระบบโรงเรือนทางการเกษตร

1.2.1 ศึกษาแบบจำลองระบบโรงเรือนทางการเกษตร โดยใช้สมการสมดุลพลังงานในการออกแบบ MATLAB/Simulink กลไกของอุปกรณ์ในระบบโรงเรือนจำลอง

1.2.2 นำแบบจำลองระบบโรงเรือนทางการเกษตรไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

1.2.3 ออกแบบระบบตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมเพื่อจำลองแบบจำลองโรงเรือนทางการเกษตร

1.4.2. ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบ MATLAB/Simulink กลไกของอุปกรณ์ในระบบโรงเรือนจำลอง

1.4.3. ช่วยลดระยะเวลาในการดูแลผลผลิต และเพิ่มคุณภาพให้ผลผลิตในโรงเรือนได้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 สถานที่ทดลองตั้งอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

1.4.2 โรงเรือนปลูกพืชระบบปิดมีขนาด กว้าง 3 ม. ยาว 4 ม. ความสูง 3.2 ม. (จากพื้นดินถึงจั่วหลังคา) ลักษณะของโรงเรือนเป็นแบบ arc tunnel หลังคาโค้ง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

1.5.1 กำหนดหัวข้อ วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

1.5.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบโรงเรือนจำลอง สมการไดนามิกเกี่ยวกับสมดุลความร้อนภายใน การเขียนและออกแบบ MATLAB/Simulink

1.5.3 ออกแบบโรงเรือนทางการเกษตร

1.5.4 ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์และจำนวนเซนเซอร์

1.5.5 ซื่ออุปกรณ์เพื่อนำมาทำตามที่ได้ออกแบบไว้

1.5.6 ทดลองเปรียบเทียบระบบการทำงานภายในโรงเรือน

1.5.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1.6 ระยะเวลาดำเนินงาน

ตารางการดำเนินงาน โครงการนี้ใช้ระยะเวลาในการทำ ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ 2565 ดังตารางที่ 1 ระยะเวลาดำเนินงาน

ตาราง 1 ระยะเวลาดำเนินงาน

ที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน									
		ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2				
		ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
1	คิดหัวข้องานวิจัย										
2	ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										
3	ศึกษาอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในงานวิจัย										
4	ศึกษาระบบควบคุมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย										
5	ออกแบบการทำงานของระบบ										
6	สร้างแบบจำลองและทดลองระบบควบคุม										
7	ตรวจสอบความเรียบร้อย										
8	ส่งไปที่ปรึกษาตรวจสอบ										
9	จัดทำรูปเล่ม										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบจัดการฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้พัฒนาจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบระบบจัดการฟาร์มอัจฉริยะโรงเรือนแบบปิด ซึ่งมีหัวข้อและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 Matlab

Matlab (แมตแล็บ) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่มาพร้อมด้วยสภาพแวดล้อมการทำงานเชิงโต้ตอบ ซึ่งสามารถคำนวณคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วมากกว่าภาษาคอมพิวเตอร์สมัยก่อน เช่น ภาษา C (ซี) , ภาษา C++ (ซีพลัสพลัส) หรือ ภาษา Fortran (โฟแทรน)

Matlab (แมตแล็บ) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่ใช้สำหรับคำนวณเชิงตัวเลข Numerical Computing (นัมริกอล คอมพิวเตอร์) แสดงผลกราฟฟิก และเขียนแอปพลิเคชัน ทำให้เราสามารถคำนวณผลลัพธ์ พัฒนาอัลกอริทึม สร้างแบบจำลอง และแอปพลิเคชันได้ง่ายและรวดเร็วมากภายในตัว Matlab ประกอบด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Toolbox (ทูลบ็อกซ์) กลุ่มฟังก์ชันสำเร็จรูปในแต่ละสาขาวิชา และฟังก์ชันพื้นฐานจำนวนมาก ทำให้การวิเคราะห์ทำได้หลากหลายวิธี พร้อมกับคำตอบที่รวดเร็ว

การทำงานแมตแล็บสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่ง เพื่อให้แมตแล็บประมวลผลไปเรื่อยๆ หรือสามารถที่จะรวบรวม ชุดคำสั่งเรานั้นเป็นโปรแกรมก็ได้ ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของแมตแล็บก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บใน ลักษณะของแถวลำดับ คือ ในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งเป็นส่วนย่อยเล็ก ๆ ขึ้น ซึ่งการใช้ตัวแปรเป็นแถวลำดับ ในแมตแล็บเราไม่จำเป็นที่จะต้องจองมิติเหมือนกับการเขียนโปรแกรมในภาษาอื่นต่ำทั่วไป ซึ่งทำให้เราสามารถที่จะแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะ ของเมทริกซ์และเวกเตอร์ได้โดยง่าย ซึ่งทำให้เราลดเวลาการทำงานลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียน โปรแกรมโดยภาษาซีหรือภาษาฟอร์แทรนความสามารถหลักของ MATLAB ที่เหมาะสมกับการทำงานทางด้านวิศวกรรม

2.2 Internet of Things

คือเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและรับส่ง ข้อมูลระหว่างกันได้อย่างง่ายดายและสามารถสั่งการเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ผ่านทางระบบเครือข่าย อินเทอร์เน็ต ไม่ว่าจะเป็น Smart Device, Smart Home, Smart Network เป็นต้น ซึ่งการเชื่อมโยงนั้น จะสามารถเก็บและรวบรวมข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้แล้ว ยังมีระบบคลาวด์ที่จัดเก็บและประมวลผลข้อมูลผ่านออนไลน์ โดยที่เราสามารถควบคุมหรือกำหนดความเป็นส่วนตัวและสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลา

2.3 Natural Convection

2.3.1 Natural Convection – Free Convection

การพาความร้อนคือการถ่ายโอนมวลหรือการถ่ายเทความร้อนอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ จำนวนมากของโมเลกุลภายในของเหลว เช่น ก๊าซและของเหลว แม้ว่าโดยทั่วไปแล้วของเหลวและ ก๊าซจะไม่ใช่ตัวนำความร้อนที่ดีนัก แต่ก็สามารถถ่ายเทความร้อนได้ค่อนข้างรวดเร็วโดยการพา ความร้อน การพาความร้อนเกิดขึ้นจากการพาตึง การแพร่กระจาย หรือทั้งสองอย่าง ในบทก่อน หน้านี้ เราพิจารณาการถ่ายโอนการพาความร้อนในกระแสของไหลที่เกิดจากสภาวะการบังคับ ภายนอก – การพาความร้อนแบบบังคับ บทนี้พิจารณาการพาความร้อนตามธรรมชาติ ซึ่งการ เคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้นโดยวิธีการทางธรรมชาติ เช่น การลอยตัว

2.3.2 Natural Convection – Heat Transfer

สำหรับการพาความร้อนแบบบังคับ การถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ เกิดขึ้นทั้งโดยการกระจายความร้อน (การเคลื่อนที่แบบสุ่มของโมเลกุลของไหล) และโดยการ พาตึง ซึ่งสสารหรือความร้อนถูกขนส่งโดยการเคลื่อนที่ของกระแสในขนาดใหญ่กว่าในของไหล การไหลของพลังงานเกิดขึ้นจากการนำไฟฟ้าที่พื้นผิวอย่างหมดจด แม้ในการพาความร้อน เป็น เพราะว่ามีชั้นฟิล์มของเหลวนิ่งบาง ๆ อยู่เสมอบนพื้นผิวการถ่ายเทความร้อน แต่ในชั้นถัดไป ทั้ง การนำและการเคลื่อนตัวของมวลการแพร่กระจายเกิดขึ้นที่ระดับ โมเลกุลหรือระดับมหภาค เนื่องจากการเคลื่อนที่ของมวลทำให้อัตราการถ่ายเทพลังงานสูงขึ้น ยิ่งอัตราการเคลื่อนที่ของมวลสูง เท่าใด ชั้นฟิล์มของของไหลที่หุคนี้ก็จะยิ่งบางลงเท่านั้น และอัตราการไหลของความร้อนก็จะยิ่ง สูงขึ้น

2.4 ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm)

หรือ ฟาร์มที่มีความแม่นยำ (Precision Farm) หรือฟาร์มโดยนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เป็นเครื่องมือ เพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ โดยสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า เพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ช่วยลดต้นทุนการผลิต มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมนำไปสู่การแข่งขันระดับสากลได้ การทำฟาร์มอัจฉริยะเป็นการทำเกษตรแบบควบคู่กับนวัตกรรม ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย และในปัจจุบันเริ่มแพร่หลายไปยังประเทศแถบทวีปยุโรป ญี่ปุ่น มาเลเซีย และอินเดีย ซึ่งประเทศเหล่านี้เป็นประเทศที่ขึ้นชื่อเรื่องระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นอย่างมาก โดยมีการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้กับการทำการเกษตรเพื่อให้มีประสิทธิภาพการผลิตที่สูงขึ้น มีการนำเอาเทคโนโลยีในรูปแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการจัดการมากขึ้น ทำให้สามารถลดแรงงานด้านการเกษตร ซึ่งในปัจจุบันแรงงานในส่วนของภาคเกษตรก็ยังคงลงไปเรื่อย ๆ ยิ่งในประเทศที่พัฒนาแล้วก็จะยังมีแรงงานภาคเกษตรลดลง แต่ประเทศดังกล่าวหันมาสนใจภาคการเกษตรมากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ มาช่วยในการจัดการ ส่งผลให้เกิดการผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพและปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ซึ่งประเทศไทยเองจัดเป็นประเทศที่มีความเกี่ยวพันกับการเกษตรมาตั้งแต่สมัยโบราณ ประชากรในประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ภาครัฐจึงควรหันมาให้ความสำคัญในด้านการทำเกษตรแบบอัจฉริยะและควรนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้กับภาคเกษตรมากขึ้นนำไปสู่การเกษตรยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคตจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลและส่งต่อไปยังเครื่องหยอดปุ๋ยบนรถไถที่ติดตั้งระบบ GPS (Global Positioning System) ทำให้การหยอดปุ๋ยสามารถกำหนดได้ว่าจะหยอดปุ๋ยชนิดใด ปริมาณเท่าใด และจะหยดลงบริเวณตำแหน่งใดในฟาร์ม เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช และช่วยลดอัตราการสูญเสียปุ๋ยหรือลดระดับความเป็นพิษของปุ๋ยที่มีค่าต่อพืชปลูกนั้น

2.5 ความแตกต่างระหว่างฟาร์มอัจฉริยะและฟาร์มทั่วไป

ฟาร์มอัจฉริยะมีการใช้ทรัพยากรอย่างถูกต้องแม่นยำตรงต่อความต้องการของพืช ช่วยลดการสูญเสียของทรัพยากร และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตรวมถึงลดการให้ปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชในระดับที่เกินความต้องการของพืช หรือการให้ไม่ตรงกับที่เกิดโรคและแมลง ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดการตกค้างในดินและเกิดอาการคือยา ทำให้เกิดการแก้ปัญหาที่ไม่มีประสิทธิภาพ นำไปสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกษตรที่ไม่ยั่งยืนและยังส่งผลให้เกิดการทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วยพันธุ์พืชและสภาพแวดล้อมที่ต่างกันในแต่ละพื้นที่จะส่งผลให้มีผลผลิตที่ได้ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการบริหารจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสมเพื่อให้มีการสร้างผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพให้ผลผลิตอย่างสม่ำเสมอในแต่ละพื้นที่เพื่อเป็นการใช้พื้นที่ที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอัตราการตอบแทนผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าการจัดการแบบฟาร์มธรรมดาทั่วไป ในส่วนนี้จะสามารถตรวจสอบและคำนวณรายได้ต่อพื้นที่ปลูกย่อยของแต่ละพื้นที่และประเมินต้นทุนการผลิตรายได้ และคำนวณเป็นผลกำไรที่ได้จากการผลิตพืชในแต่ละฤดู นำไปสู่การวางแผนการผลิตในฤดูถัดไปได้ อย่างแม่นยำและเที่ยงตรงสร้างกำไรให้เกษตรกรอย่างคุ้มค่าต่อการลงทุน และมีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ รักษาสภาพแวดล้อมให้คงอยู่นำไปสู่การผลิตสินค้าเกษตรอย่างยั่งยืน มีคุณภาพและปลอดภัย สำหรับการทำงานของระบบฟาร์มอัจฉริยะจะมีการกำหนดรูปแบบการทำงานออกเป็นขั้นตอน เพื่อทำหน้าที่ในการจัดการฟาร์มทำให้ผู้ใช้งานสามารถดำเนินการและตรวจสอบได้ทุกขั้นตอน

2.6 ระบบวัดการควบคุม

กระบวนการที่สำคัญของโครงการนี้คือการออกแบบระบบวัดและการควบคุม โดยทั่วไประบบการวัดจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

2.6.1 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่พื้นฐาน (Basic Functional Elements) เป็นอุปกรณ์หลักในระบบทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พื้นฐานของระบบการวัดค่าทั้งหมด อันประกอบไปด้วย

2.6.1.1 ส่วนจับสัญญาณ (Sensor-transducer element)

2.6.1.1.1 ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตแล้วเปลี่ยนตัวแปรนั้นให้อยู่ในรูปของสัญญาณอื่นที่เหมาะสม

2.6.1.1.2 Sensor : ทำหน้าที่จับสัญญาณของตัวแปรที่ต้องการวัด

2.6.1.1.2 ตัวรับสัญญาณหรืออุปกรณ์ปรับแต่งตัวกลาง ใช้สำหรับการปรับสภาพสัญญาณทางด้านเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณอื่นที่เหมาะสม อาจจะแปลง สัญญาณจาก transducer ไปอยู่ในรูปแบบที่พร้อมหรือเหมาะสมที่จะแสดงผลเช่น A/D converter, D/A converter

2.6.1.1.3 อุปกรณ์แสดงข้อมูลของสัญญาณ ใช้สำหรับแสดงรายละเอียดของตัวแปรที่จะวัดค่าให้อยู่ในรูปของจำนวนที่เข้าใจ เช่น มิลลิแอมป์ ลิตร/นาที เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 อุปกรณ์เสริม ใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น เพื่อให้ทำงานได้แม่นยำถูกต้องยิ่งขึ้น และความหลากหลายในการวัด โดยจะเปลี่ยนไปตามงานของเทคนิคในการวัด ประกอบด้วย

2.6.2.1 อุปกรณ์สอบเทียบ เพื่อทำการสอบเทียบอุปกรณ์ให้ทำงานถูกต้องอยู่เสมอ

2.6.2.2 แหล่งจ่ายกำลังงานภายนอก เพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ เช่นจ่ายให้กับทรานสดิวเซอร์ ตัวปรับสัญญาณ อุปกรณ์ประมวลสัญญาณ หรืออุปกรณ์ป้อนกลับ

2.6.2.3 อุปกรณ์ป้อนกลับ ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงจำนวนทางกายภาพที่วัดได้ โดยอุปกรณ์ป้อนกลับนี้อาจเป็น โฟเทนิซิโอมิเตอร์ที่ปรับสมดุลด้วยตัวเอง หรือวงจร วิตส โตนบ ริคจ์เพื่อทำให้มันปรับสภาพตัวเองโดยอัตโนมัติ

2.6.3 นิยามอุปกรณ์รอบข้างและคุณลักษณะที่สำคัญของทรานสดิวเซอร์ (Definition and Specification of Transducer)

2.6.3.1 เซ็นเซอร์ (Sensor) คือส่วนที่รับสัญญาณจากกระบวนการในตอนแรกหรืออาจจะเรียกได้ว่า“อินพุตทรานสดิวเซอร์”

2.6.3.2 ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ รับความรู้สึกตัวแปรทางกายภาพตัวใดตัวหนึ่งแล้วเปลี่ยนค่าทางด้านเอาต์พุตให้เป็นตัวแปรทางกายภาพตัวอื่น

2.6.3.3 อุปกรณ์ปรับสภาพสัญญาณ โดยปกติสัญญาณทางเอาต์พุตของ ทรานสดิวเซอร์จะมีขนาดเล็กเกินไปที่จะบอกบันทึกหรือนำไปใช้งานได้ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับ สัญญาณให้มีค่าเหมาะสมต่ออุปกรณ์ที่จะมาต่อรวม

2.6.3.4 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ หมายถึงอุปกรณ์ที่เพิ่มขนาดของสัญญาณ แต่ในลักษณะที่กลับกันจะเรียกว่า “การลดทอนสัญญาณ (Attenuation)” ปกติอุปกรณ์ขยายสัญญาณ ดังกล่าวนี้จะอยู่รวมกับอุปกรณ์ปรับสภาพสัญญาณ โดยอุปกรณ์ขยายสัญญาณจะเปลี่ยนไปตามชนิด ของสัญญาณที่ทรานสดิวเซอร์ใช้

2.6.3.5 อุปกรณ์กรองสัญญาณ ทำหน้าที่นำสัญญาณที่ไม่ต้องการออก การกรอง สัญญาณ จะแปรไปตามความเหมาะสมของชนิดสัญญาณ ธรรมชาติของสัญญาณ เป็นต้น

2.6.3.6 อุปกรณ์ปรับสภาพสัญญาณไฟฟ้า ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ชดเชยสัญญาณ อุปกรณ์ดีเฟอเรนเชียลหรืออินทิเกรชัน อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (จากสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล) อุปกรณ์เฉลี่ยสัญญาณหรืออุปกรณ์สุ่มสัญญาณ เป็นต้น

2.6.3.7 อุปกรณ์แสดงผล เป็นอุปกรณ์รักษาค่าทางเอาต์พุตและทำหน้าที่แสดงค่าที่มีขนาดเดียวกันนี้ให้สามารถเห็นได้อย่างแน่นอน ชัดเจน

2.7 ความคลาดเคลื่อน (Error)

หรือ Static error คือ ผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริง โดยทั่วไปแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมาก แสดงว่าการวัดนั้นมีความแม่นยำหรือความถูกต้อง (Accuracy) สูง โดยการวัดทุกครั้งมักมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การเข้าใจถึงสาเหตุจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนให้น้อยลงได้ โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความไม่แน่นอน (Uncertainty)

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error) สามารถหาได้ ดังสมการ

$$\text{Relative error} = \left| \frac{X_{mea} - X_t}{X_t} \right| \quad (2 - 1)$$

$$\% \text{ Error} = \text{Relative error} \times 100$$

โดย X_t คือ ค่าจริง (True value)

X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

2.8 อุณหภูมิอากาศ

ในการเจริญเติบโตของพืช จะหยุดชะงัก ก็ต่อเมื่อพืชนั้นได้รับอุณหภูมิอากาศที่สูงหรือต่ำเกินไป พืชนั้นจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วก็ต่อเมื่อพืชนั้นได้รับอุณหภูมิที่เหมาะสม

อุณหภูมิภายในดิน : นั้นมีอิทธิพลต่อการงอกงามของเมล็ดและราก การดูดซึมซับน้ำ ธาตุอาหารต่างๆภายในดิน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในดินขึ้นอยู่กับรังสีของพระอาทิตย์ อุณหภูมิภายในดินนั้นต้องพอเหมาะกับพืชแต่ละชนิด การปรับระดับอุณหภูมิในดินนั้นเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้พืชมีการ

เจริญเติบโตที่ดีและแข็งแรงต่อการเพาะปลูก เช่น มีการปลูกพืชปกคลุมผิวดินนั่นเอง หรือ ปริมาณน้ำในดิน

อุณหภูมิที่เหมาะสม กับการปลูกพืช

อุณหภูมิอากาศ: ที่ทำให้พืชพันธุ์นั้นสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว อยู่นิ่ง และแข็งแรง อยู่ที่ ประมาณ 15 – 40 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิภายในดิน: มีความสำคัญต่อการงอกงามของเมล็ดและราก การเคลื่อนย้ายสารอาหารภายใน ลำต้นของพืช นั้น อยู่ในอุณหภูมิที่ 20 – 30 องศาเซลเซียส

2.9 ความชื้น (Humidity)

คือปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีสัดส่วนที่แตกต่างกันไปในแต่ละ ท้องที่ ถ้าอากาศมีความชื้นต่ำ น้ำก็จะระเหยได้มาก แต่ถ้าอากาศมีความชื้นสูง น้ำก็จะระเหยได้น้อย โดยความชื้นนั้นมีหลายประเภท ได้แก่ ความชื้นสัมบูรณ์, ความชื้นจำเพาะ และความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง อัตราส่วน ของปริมาณไอน้ำ ที่มีในอากาศ ณ ขณะนั้นเทียบกับ ปริมาณไอน้ำที่อากาศจะรองรับได้ หากระดับไอน้ำ ณ ขณะนั้นมากเกินไป (> 100%) ความสามารถของอากาศ จะรองรับได้ ไอน้ำจะควบแน่น (Condensation) และกลายเป็นหยด น้ำในที่สุด แรงดันไอน้ำ และความสามารถในการรองรับปริมาณไอน้ำ ณ อุณหภูมิที่สูงกว่า จะมี มากกว่าแรงดันไอน้ำ และ ความสามารถ ในการรองรับปริมาณไอน้ำ ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า โดยเหตุนี้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จะมีผลโดยตรงต่อแรงดันไอน้ำ และความสามารถดังกล่าว ระดับ อุณหภูมิที่ทำให้ไอน้ำเกิดการอิ่มตัว (Saturation) และควบแน่น เรียกว่า จุดน้ำค้าง (Dew Point)

$$\text{Relative Humidity} = \left(\frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว}} \right) \times 100 \quad (2 - 2)$$

บทบาทของการคายน้ำต่อการเจริญเติบโตของพืช

1. ทำให้เกิดการดูดน้ำและธาตุอาหารทางราก
2. ทำให้เกิดการเคลื่อนที่พาน้ำและธาตุอาหารไปยังส่วนต่างของพืช
3. ช่วยลดอุณหภูมิในต้นพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

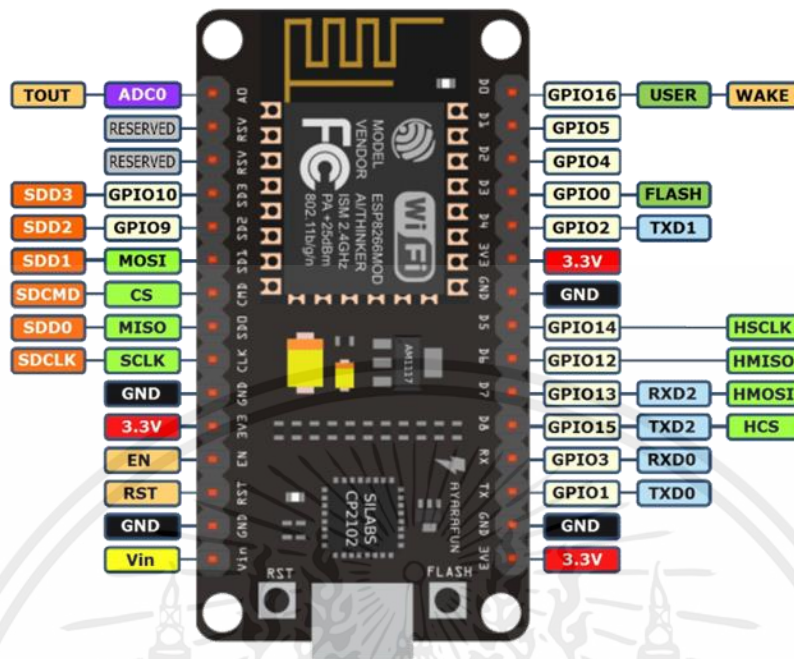
การคายน้ำของพืชถ้า RH% สูง, VPD, พืชคายน้ำน้อยถ้า RH% ต่ำ, VPD สูงพืชคายน้ำมาก RH (%)
ระดับความชื้นที่พืชสามารถรับได้จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

- 1.ความชื้น 80% - 100% : สถานะอันตรายต่อพืช ถ้ามีความชื้นสูงในระดับนี้เป็นเวลานาน มีโอกาสสูงมากที่จะทำให้รากเน่า หรือเกิดเชื้อราขึ้นได้
- 2.ความชื้น 70% - 79% : สถานะดินแฉะ หากไม่ควบคุมให้ดี หรือปล่อยเป็นเวลานานก็อาจเข้าสู่สถานะอันตรายได้
- 3.ความชื้น 50% - 69% : สถานะที่พืชชอบ เนื่องจากพืชจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสถานะนี้
- 4.ความชื้น 40% - 49% : สถานะแห้ง ควรเพิ่มความชื้นให้แก่ดิน เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้
- 5.ความชื้น 0% - 39% : สถานะวิกฤติ สามารถทำให้พืชแห้งและเหี่ยวเฉาตายได้

2.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

Node MCU รุ่น ESP 8266

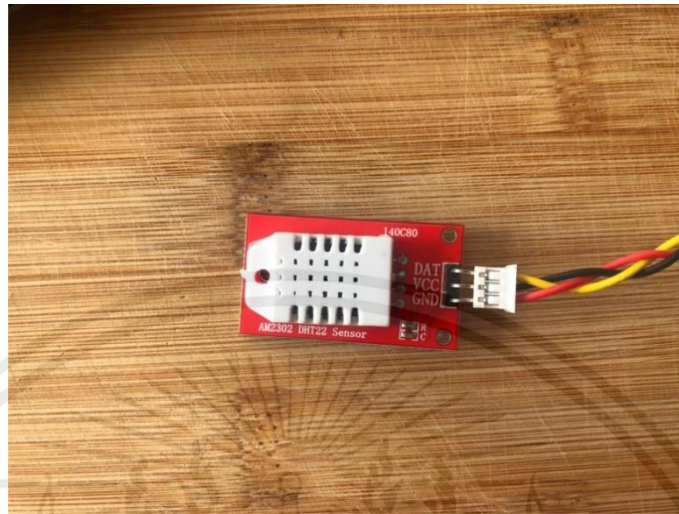
ESP 8266 เป็นชื่อเรียกของชิปของโมดูล ESP8266 สำหรับติดต่อสื่อสารบน มาตรฐาน Wi-Fi ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0 – 3.6V ใช้กระแสเฉลี่ย 80 มิลลิแอมป์มีพื้นที่โปรแกรมที่มากถึง 4MB รองรับคำสั่ง Deep Sleep ในการประหยัดพลังงาน ใช้กระแสน้อยกว่า 10 ไมโครแอมป์สามารถ Wake Up กลับมาส่ง ข้อมูลโดยใช้เวลาน้อยกว่า 2 มิลลิวินาที ภายในมี Low power MCU 32bit ทำให้เราเขียนโปรแกรม ทำงานได้ มีวงจร Analog to Digital Converter ทำให้สามารถอ่านค่าจาก Analog ได้ความละเอียด 10bit ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 ถึง 125 องศาเซลเซียส ESP8266 ติดต่อกับ WI-FI แบบ Serial สามารถเขียนโปรแกรมลงไปในชิพ โดยใช้ Arduino IDE ได้ ทำให้การเขียนโปรแกรมและใช้งานเป็นเรื่องง่าย คล้ายกับการใช้ Arduino แน่แน่นอนว่าสามารถติดต่ออุปกรณ์อื่น ๆ เซนเซอร์ ต่าง ๆ แบบสไลด์ Arduino



รูป 1 Node MCU ESP8266

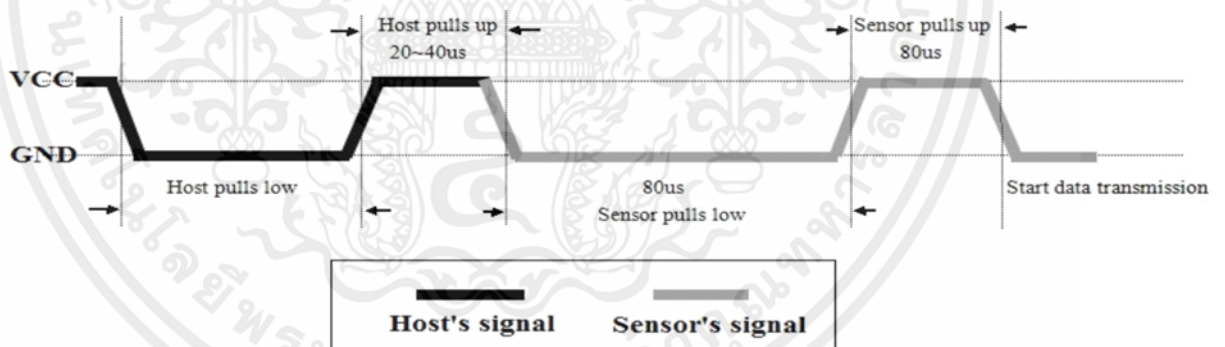
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ DHT22

อุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Temperature & Relative Humidity Sensor) ภาพ 3.2 เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านระบบสมองกลฝังตัวได้หลากหลาย เช่น การวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ระบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นในห้อง เป็นต้น อุปกรณ์ประเภทนี้แตกต่างกันตามผู้ผลิต ราคา ความแม่นยำ ความละเอียดในการวัด การให้ค่าแบบดิจิทัลหรือแบบแอนะล็อก เป็นต้น การใช้งานเซ็นเซอร์ DHT22 / AM2302 ซึ่งมีราคาถูก ให้ค่าเป็นดิจิทัล ใช้ขาสัญญาณดิจิทัลเพียงเส้นเดียวในการเชื่อมต่อ แบบบริดจ์อนุกรมสองทิศทาง (Serial Data, Bi-Directional) โดยนำมาเชื่อมต่อกับ NodeMCU รุ่น ESP8266 เพื่ออ่านค่าจากเซ็นเซอร์ โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่ออุณหภูมิของ โลหะ กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความต้านทานของโลหะจะลดลง



รูป 2 Sensor DHT22

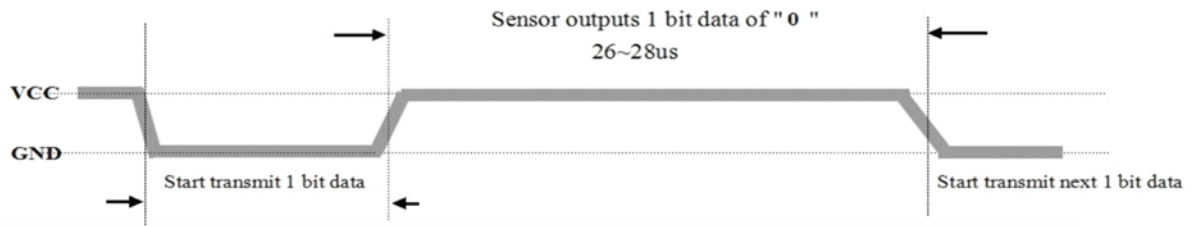
หลักการทำงาน



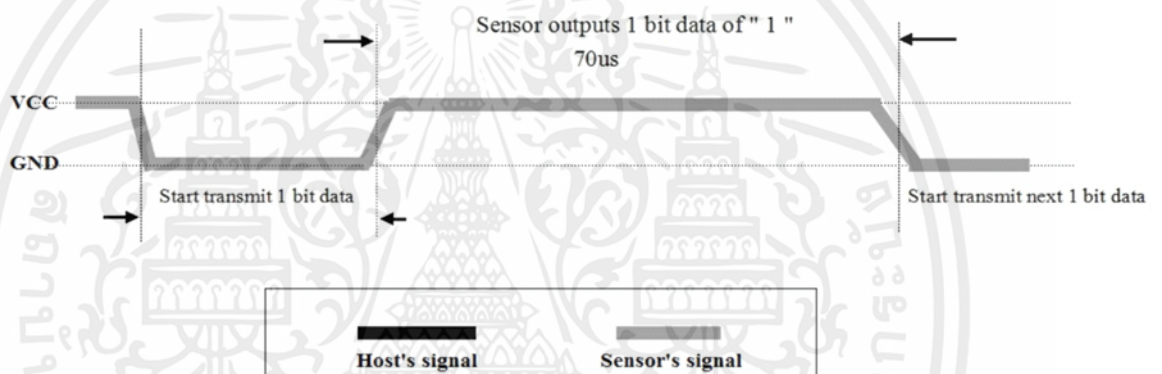
รูป 3 การตอบสนองจาก DHT หลังจากนั้น DHT จะส่งสัญญาณ pull down voltage เวลา 80 us

เริ่มจาก MCU จะส่งสัญญาณ pull down voltage ไปยัง DHT11/22 โดย ถ้าเป็น DHT 11 จะใช้เวลาส่ง down voltage อย่างต่ำ 18 ms แต่ถ้าเป็น DHT22 จะใช้เวลาอย่างต่ำ 1 ms และ MCU จะ pull up voltage เพื่อรอการตอบสนองจาก DHT ประมาณ 20-40 us หลังจากนั้น DHT จะส่งสัญญาณ pull down voltage เวลา 80 us เป็นการตอบสนองไปยัง MCU แล้ว DHT ก็จะ pull up voltage เพื่อเตรียมส่งข้อมูล โดยในการส่งข้อมูลแต่ละบิต DHT จะมีการ pull down voltage 50 us

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



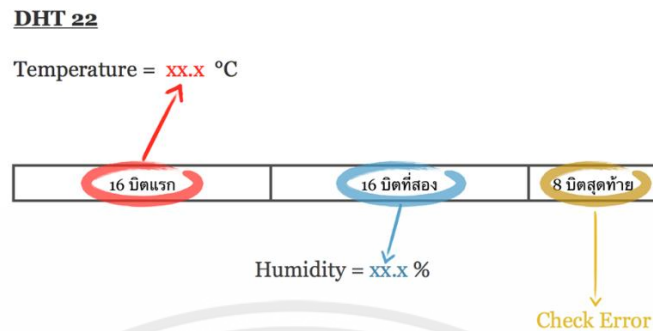
รูป 4 การส่งสัญญาณ pull up voltage 26-28 us



รูป 5 การส่งสัญญาณ pull up voltage 70 us

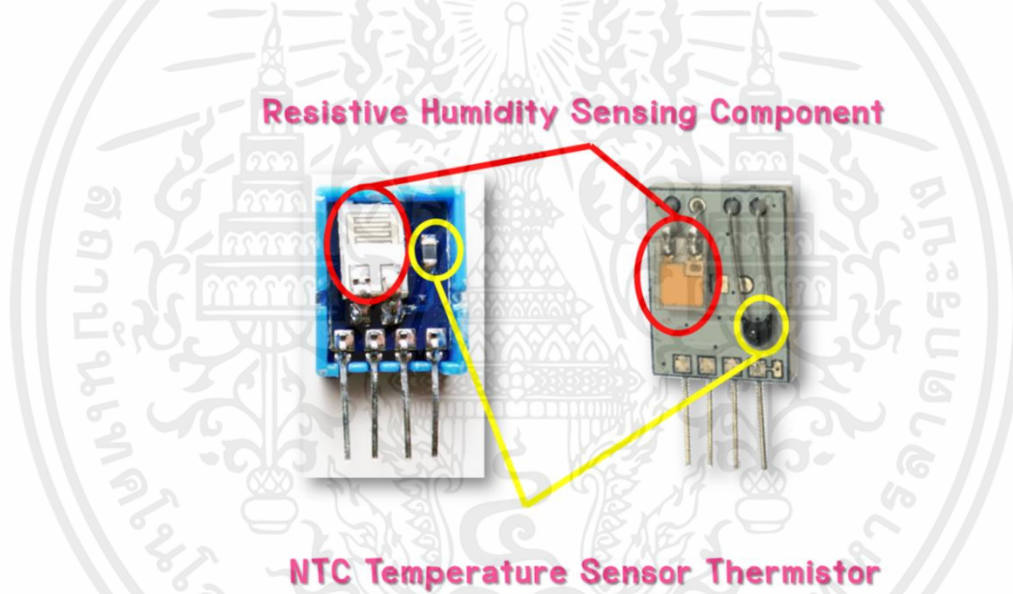
หลังจาก DHT มีการ pull down voltage 50 us เพื่อเป็นการบอก MCU ว่าจะส่งข้อมูล 1 บิต โดยการส่งบิตค่า "0" DHT จะทำการส่งสัญญาณ pull up voltage 26-28 us และ ส่งบิตค่า "1" DHT จะทำการส่งสัญญาณ pull up voltage 70 us

การส่งข้อมูลของ DHT22 คือ จะส่งทั้งหมด 40 บิต โดยจะแบ่งเป็น 3 ส่วน สองส่วนแรก ส่วนละ 16 บิต และส่วนสุดท้าย 8 บิต ซึ่ง 16บิตแรกและ 16บิตที่สอง หมายถึงค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นตามลำดับ ที่รวมทั้งค่าหน้าและหลังทศนิยม โดย ตัวเลขหลักหน่วยจะหมายถึงตัวหลังทศนิยม และ 8บิตสุดท้ายคือเป็นค่าที่ตรวจสอบว่าข้อมูล error หรือไม่



รูป 6 การส่งข้อมูลของ DHT22

โครงสร้างภายใน DHT22



รูป 7 ภาพ Resistive Humidity Sensing Component และ NTC Temperature Sensor Thermistor

Resistive Humidity Sensing Component: เซนเซอร์ความชื้นที่จะวัดการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าของตัวกลางดูดความชื้น การทำงานของเซนเซอร์ก็คือดูดซับไอน้ำและไอออนที่แตกตัว เป็นผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาที

NTC Temperature Sensor Thermistor : เป็นเซนเซอร์ที่ความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานสูงมาก ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิ 0°C NTC มีความต้านทาน $10\text{k}\Omega$ แต่ที่อุณหภูมิ 100°C NTC จะมีความต้านทานลดลงเหลือเพียง 200Ω เท่านั้น ด้วยความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก เทอร์มิสเตอร์แบบนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการวัดความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุณหภูมิที่ชัดเจน แต่เทอร์มิสเตอร์มีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นช่วงอุณหภูมิที่ใช้งานจึงจำกัดอยู่ในช่วงแคบ ๆ เป็นช่วง ๆ ไปเช่น ช่วง 50-150 °C หรือ 150-250 °C เป็นต้น

เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2

เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินแบบ Capacitive Soil Moisture Sensor เป็นเซ็นเซอร์แบบใหม่ที่คิดค้นมาแทนแบบ Resistive Soil Moisture Sensor ที่มีปัญหาเมื่อนำไปใช้ วัดความชื้นในดินกับพื้นที่ที่น้ำเป็นกรด จะทำให้หัววัดเป็นสนิม และพังเสียหายได้ค่อนข้างเร็วตัวเซ็นเซอร์นี้อาศัยหลักการแบบเดียวกับตัวเก็บประจุ หลักการคือเมื่อเซ็นเซอร์ ได้รับความชื้นมาก น้ำ หรือของเหลว จะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า ยิ่งมีความชื้นมากจะยิ่งทำให้ ค่าประจุไฟฟ้ามากขึ้น เนื่องจากระยะห่างระหว่างขั้วทั้ง 2 แนบสนิทกันมากขึ้น ส่วนการวัดค่าประจุ ไฟฟ้าจะใช้วงจรไอซี โดยค่าเอาต์พุตที่ได้จะเป็นแรงดันไฟฟ้า

สามารถนำไปเข้าช่อง Analog ของ Node MCU ESP8266 ได้เลย

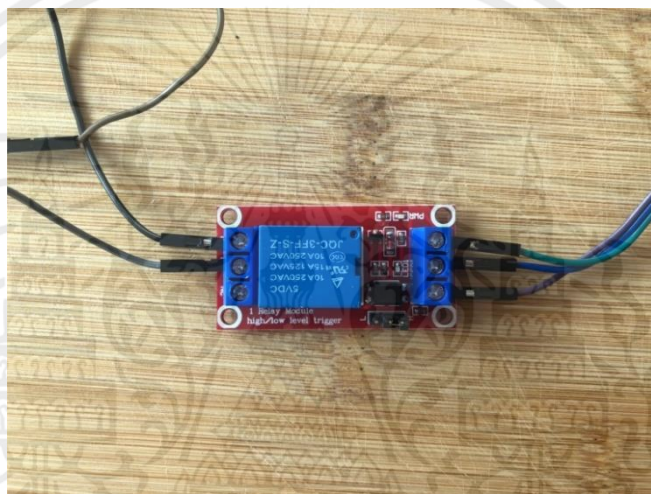


รูป 8 Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2

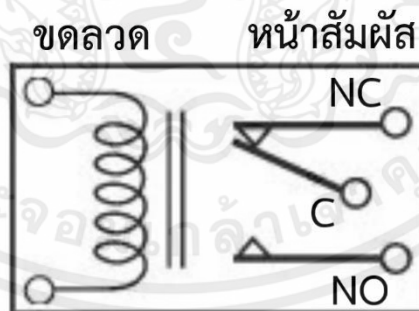
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ (relay) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงจรควบคุมอัตโนมัติ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ไฟ ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมวงจรต่างๆ รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส (contact) ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ คล้ายกับสวิตช์



รูป 9 Relay



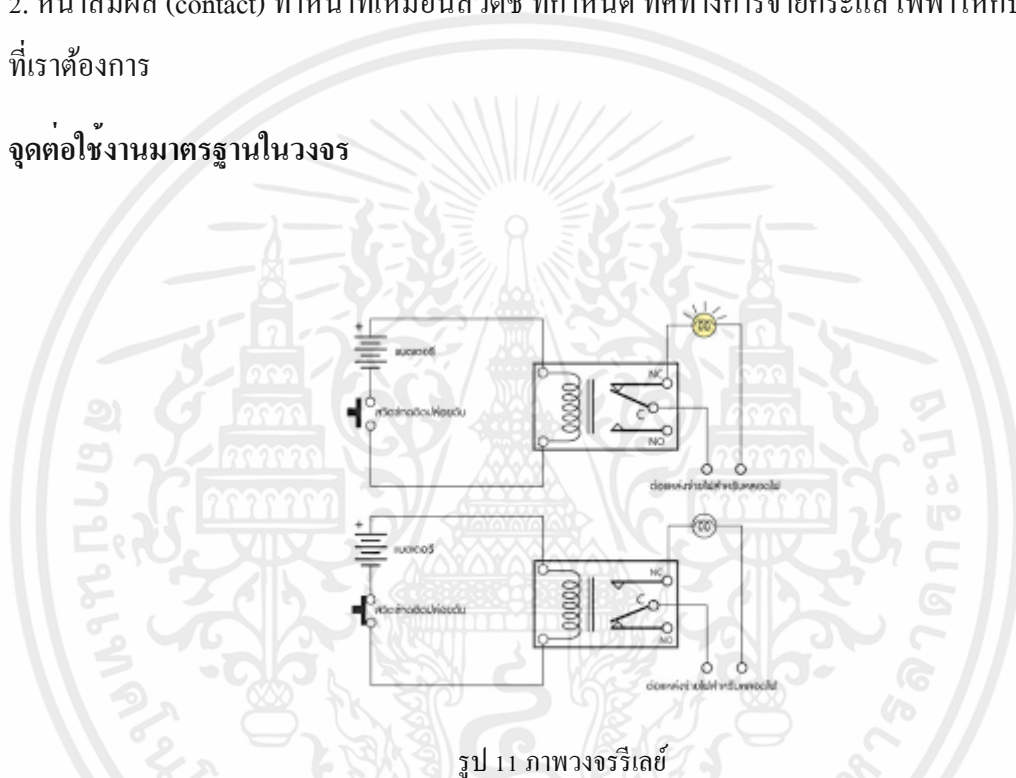
รูป 10 ส่วนประกอบสำคัญของรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบสำคัญของรีเลย์

1. ขดลวด(coil) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากวงจรตัวควบคุมหรือ controller เพื่อเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าให้เปลี่ยนเป็นพลังงานแม่เหล็กในการทำให้ดึงดูดหน้าสัมผัส(contact) ให้เปลี่ยนตำแหน่ง
2. หน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ ที่กำหนด ทิศทางการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ

จุดต่อใช้งานมาตรฐานในวงจร



รูป 11 ภาพวงจรรีเลย์

จุดต่อ NC (normal close) หากยังไม่มีการจ่ายไฟให้ขดลวดหน้าสัมผัสนี้จะเชื่อมต่อกับจุดต่อ C โดยทั่วไปแล้วเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา โดยในสภาวะปกติ หน้าสัมผัสจะต่อเข้ากับขา COM (Common) และจะลดยหรือไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ขดลวด

จุดต่อ NO (Normally Open) หากยังไม่มีการจ่ายไฟให้ขดลวด(coil) หน้าสัมผัสจะยังไม่เชื่อมต่อกับจุดต่อ C โดยทั่วไปแล้วเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานในช่วงเวลาจำกัดเท่านั้น โดยในสภาวะปกติจะ ลอยอยู่ไม่ถูกต่อกับขา COM (Common) แต่จะเชื่อมต่อกันเมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวด

จุดต่อ C(Common) จุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ เป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่าง NC และ NO ขึ้นอยู่กับว่า ขณะนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดหรือไม่ หน้าสัมผัสในรีเลย์ 1 ตัวอาจมีมากกว่า 1 ชุด ขึ้นอยู่กับ ผู้ผลิตและลักษณะของงานที่ถูกนำไปใช้

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valves)

คือ อุปกรณ์ควบคุมการไหลของของไหล เช่น น้ำ อากาศ หรือก๊าซต่างๆ ภายในวาล์วชนิดนี้เพิ่มส่วนประกอบขึ้นมาคือ ขดลวดพันแม่เหล็ก เป็นตัวกลางที่ใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะเกิดพลังงานสนามแม่เหล็ก ส่งผลการทำงานปิด-เปิด ช่องการไหลของตัววาล์ว อุปกรณ์ชิ้นนี้มีระบบการทำงานให้เลือกหลายชนิดและควรเลือกวัสดุวาล์วให้เหมาะกับงาน เช่นงานเกี่ยวกับของไหลที่เป็นน้ำควรเลือกใช้วัสดุภายนอกที่เป็นพลาสติก งานเกี่ยวกับของไหลที่เป็นสารเคมีควรใช้วัสดุภายนอกที่เป็นทองเหลือง



รูป 12 โซลินอยด์วาล์ว DC 12V

สวิทซ์ซิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดัน แบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่างเพื่อใช้ในงาน อิเลคทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสอง แบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิทซ์ซิ่งเพาเวอร์ ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบ กับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิทซ์ซิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย (พงศรัวช ชีพพิมลชัย, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 13 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย 12V5A

จอ LCD 16x2 Character (I2C)

จอ LCD ที่มีการเชื่อมแบบ I2C หรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบ Serial เป็นจอ LCD ธรรมดาทั่วไป ที่มาพร้อมกับบอร์ด I2C Bus ที่ทำให้การใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นและมาพร้อมกับ VR ส สำหรับปรับความเข้มของจอใน รูปแบบ I2C ใช้ขาในการเชื่อมต่อกับ Arduino เพียง 4 ขา (แบบ Parallel ใช้ 16 ขา) ซึ่งทำให้ใช้งานได้ง่ายและ สะดวกมากยิ่งขึ้น



รูป 14 จอ LCD

Pump JT-750

ปั้มน้ำขนาดเล็กแรงดันสูง ใช้เพิ่มแรงดันน้ำในท่อ

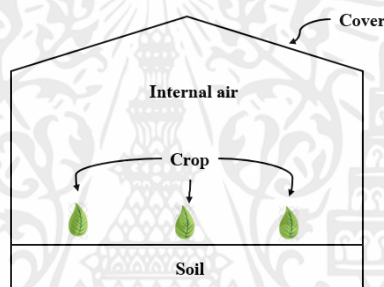


รูป 15 ปั้ม Pump JT-750

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 โรงเรือน

หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบด้วยวัสดุหลายประเภทที่มีลักษณะขึ้นโครงเหล็ก หลังคาคลุมด้วยพลาสติกหรือวัสดุที่โปร่งแสง ซึ่งยินยอมให้แสงแดดผ่านเข้าไปในโครงสร้างได้ การสร้างโรงเรือนก็เพื่อต้องการปลูกพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเช่น พืชที่มีราคาแพง เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นพืชถูกรบกวนจากสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ทั่วไปโรงเรือนจะให้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดนั้นๆ ผู้ที่ปลูกพืชในโรงเรือนสามารถควบคุมสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ อากาศ ความชื้น และแสง ให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก พืชที่ปลูกในโรงเรือนเป็นระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าแก่การลงทุน นอกจากนี้ลักษณะการปลูกสามารถใช้เนื้อที่ดินที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพ และสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้มาก



รูป 16 Greenhouse components

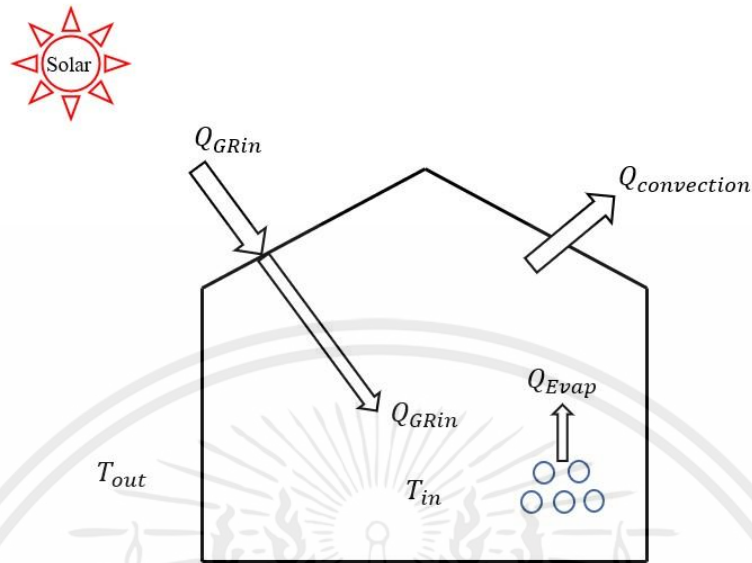
-ฝาครอบ(Cover) มีหน้าที่แยกสภาพแวดล้อมภายนอกออกจากภายใน เพื่อการป้องกันพืชจากสภาพอากาศเลวร้ายและโรคระบาด

-อากาศภายใน(The internal air) หมายถึงอากาศภายในโรงเรือนซึ่งได้รับอิทธิพลอย่างมากจากอุณหภูมิภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์

-พืชผล(Crop) หมายถึงพืชที่ปลูกมีบทบาทสำคัญในความร้อนและความสมดุลของน้ำในกระบวนการ

-ดิน(Soil) มีบทบาทสำคัญในการดูดกลืนแสงและการแพร่กระจายของผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อน

การถ่ายเทความร้อนทำได้โดยกระบวนการแผ่รังสีคลื่นแสงสั้นและคลื่นยาว การนำ การพาความร้อน และการแทรกซึมการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิศาสตร์ต่าง ๆ แสดงดังรูป



รูป 17 Heat transfer interaction between greenhouse components

สมการที่เกี่ยวข้อง

$$\frac{dT_{in}}{dT} = \frac{1}{C_p \rho H} [G_{GRin} - L \cdot E - h_{n-a}(T_{in} - T_{out})] \quad (2 - 1)$$

Q_{GRin} = The global radiation absorbed within the greenhouse (Wm^{-2})

C_p = The specific heat of moist air (Wm^{-2})

ρ = the specific mass of air ($kg_{dry\ air}m^{-3}$)

T_{in} = Internal temperature greenhouse (C°)

T_{out} = Outside temperature (C°)

H = The average greenhouse height (m)

h_{n-a} = Heat transfer coefficient ($Wm^{-2}K^{-1}$)

L = The latent heat of vaporization of water (Jkg^{-1})

E = The evapotranspiration rate within the greenhouse ($kgm^{-2}s^{-1}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heat Transfer Coefficient [8]

$$h_{n-a} = 140.4 + 50.45(V) + 51058(T_{in} - T_{out}) + 9.65(V^2) + 4.27(T_{in} - T_{out})^2 \quad (2 - 2)$$

T_{in} = Inside temperature greenhouse (C°)

T_{out} = Outside temperature (C°)

V = Wind speed (ms^{-2})

The Global Radiation Absorbed within the greenhouse

$$Q_{GRin} = \tau_c * (1 - \rho_g) G_{GRout} \quad (2 - 3)$$

τ_c = The solar radiation transmittance of the shading net material

ρ_g = The reflectance of the solar radiation on the ground surface

G_{GRout} = The outside global radiation (Wm^{-2})

2.12 สแลน (shading net)

สแลน (Shading Net) หรือที่เรียกกันว่า ตาข่ายกรองแสง เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่มีประโยชน์ใช้งานได้หลายอย่าง แต่หน้าที่หลักคือ เอาไว้กรองแสง บังแสง พรางแสง ลดความเข้มข้นหรือความแรงของแสงแดดลง ลดความร้อนที่จะส่งผลกระทบต่อตนเอง สแลน ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เช่น งานเกษตรทั่วไป, ใช้ทำเป็นหลังคาเรือนเพาะชำ, เรือนเพาะเห็ด, เรือนปลูกผักผลไม้, โรงเรือนไม้ดอกต่าง ๆ กลุ่มแปลงเกษตร, กลุ่มหรือล้อมรั้วเลี้ยงสัตว์, ฟาร์มกุ้ง, บ่อเลี้ยงปลา, ทำเป็นหลังคาถนนแคด, ลานจอดรถ, ศาลา, อาคารก่อสร้าง ป้องกันการร่วงหล่นของสิ่งของตามอาคารก่อสร้าง และใช้คลุมส่วนต่าง ๆ ของบ้านที่ต้องการความร่มรื่นสวยงาม และประโยชน์อื่น ๆ อีกมากมายหลายอย่าง วัสดุที่ใช้ในการผลิต คือ High Density Polyethylene หรือเรียกชื่อย่อว่า HDPE เป็นพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีน ที่มีความหนาแน่นสูง มีคุณสมบัติพิเศษเมื่อนำไปใช้งานหลายอย่าง ได้แก่

1. มีสีขุ่น แสงผ่านได้น้อย เหมาะกับการนำไปผลิตเป็นวัตถุป้องกันแสง
2. ทนต่อความร้อนจากแสงแดดและความร้อนจากสภาพอากาศได้สูงถึง 80 – 100 องศาเซลเซียส
3. ทนต่อความเย็นได้ต่ำกว่าระดับจุดเยือกแข็ง
4. ป้องกันความชื้นซึมผ่านได้ดีมาก จึงสามารถใช้งานได้ทั้งการป้องกันการเปียกชื้น และการเก็บกักรักษาความชุ่มชื้น
5. ไม่ไวต่อสารเคมี จึงสามารถใช้ได้ทั้งกับสภาพความเป็นกรด และเป็นด่าง
6. มีความเหนียว ยืดหยุ่นสูง ทนทานนานปี
7. จำกัดการผ่านของอากาศ จึงใช้งานได้ทั้งการป้องกันอากาศจากภายนอก และปกป้องควบคุมบรรยากาศภายใน
8. สามารถใส่เม็ดสีได้โดยไม่กระทบต่อคุณสมบัติการใช้งาน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การประยุกต์ระบบอัตโนมัติเพื่อออกแบบระบบโรงงานจำลอง โดยใช้เซ็นเซอร์ในการควบคุม การวิจัยนี้เป็นการ พัฒนาเครื่องมือเทคโนโลยีและนำมาปรับใช้ให้เข้ากับชีวิตในปัจจุบัน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

3.1.1 ศึกษาข้อมูลจากผู้ที่ปลูกต้นไม้ ผู้วิจัยได้สอบถามข้อมูลจากผู้ที่ทำโรงเรือนปลูกพืชที่ยังใช้วิธีการดูแลต้นไม้แบบเดิม เพื่อนำมาพัฒนาโรงเรือน

3.1.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการทำแบบจำลองโรงเรือนผ่าน โปรแกรม Matlab/Simulink

3.1.3 ศึกษาข้อมูลเขียนโค้ดโดยใช้ Arduino IDE เพื่อควบคุม โปรแกรมและ Sensor ต่าง ๆ

3.2 จัดซื้ออุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์

Node MCU รุ่น ESP8266 มาตรฐาน Wi-Fi สามารถทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0 – 3.6V ใช้กระแสเฉลี่ย 80 มิลลิแอมป์ พื้นที่โปรแกรม 4MB รองรับคำสั่ง Deep Sleep ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 ถึง 125 องศาเซลเซียส

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ DHT22 ใช้ในแรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง 3.3 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์ สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) และการอ่านค่าความชื้น 0-100% ด้วยความแม่นยำ ($\pm 2\%$ accuracy) มีอัตราการวัดสูงสุด 0.5 Hz

เซ็นเซอร์ที่วัดความชื้นในดิน Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 ใช้ในแรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง 3.3 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์ DC มีแรงดันเอาต์พุต (ช่อง V_{out}) อยู่ในช่วง 0-3 V DC ขั้ววัดไม่สัมผัสกับน้ำ/ดินโดยตรง ทำให้ไม่ให้เกิดปัญหาขั้ววัดเสื่อมสภาพโดยใช้วัดค่าความชื้นในดิน โดยอาศัยหลักการของประจุไฟฟ้า

รีเลย์ (Relay) 1-Channel 5V อุปกรณ์นี้สามารถใช้ไฟได้ทั้ง AC และ DC ไม่เกิน 250V 10A โดยอุปกรณ์นี้จะทำงานเมื่อได้รับไฟทริกที่ขา IN ช่วง 3 - 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

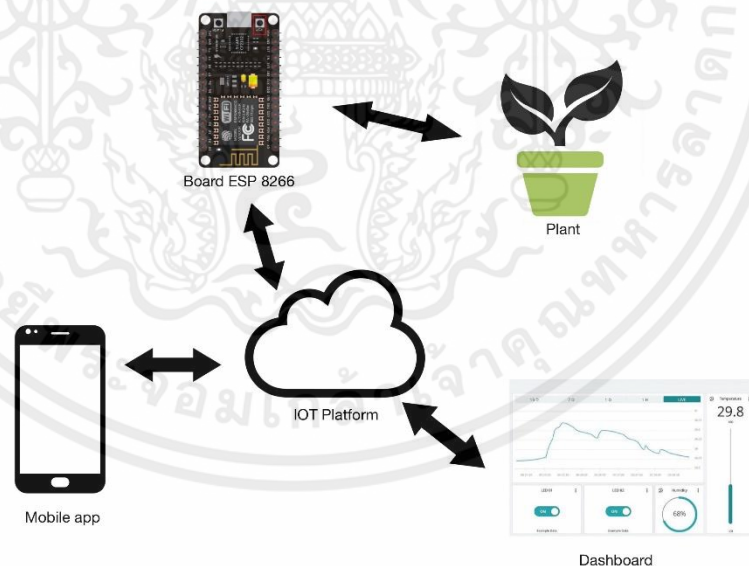
สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) มีแรงดันไฟฟ้าขาเข้า : 100-240VAC 50/60Hz และมีแรงดันไฟฟ้าขาออก : 12VDC 5A อุปกรณ์นี้สามารถป้องกันการไฟชด , ป้องกันไฟเกิน, ป้องกันแรงดันไฟฟ้า, ไฟกระชาก

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valves) สามารถเป็นวาล์วเปิด-ปิดอัตโนมัติ ที่สั่งการด้วยไฟฟ้า โดยมีฝาเกลียว ขนาด 4 หุน ใช้ไฟเลี้ยง 12 VDC 0.3A สามารถสร้างแรงความดันน้ำ 0.02-0.8 Mpa

จอ LCD จอแสดงผล LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด มาพร้อม I2C บั๊กกรีขแล้ว พร้อมใช้งาน LDR Photoresistor Sensor Module โมดูล LDR ใช้วัดความเข้มของแสง สัญญาณที่ออกจากโมดูลจะมีให้เลือกใช้ได้ทั้ง อนาล็อกและดิจิตอล โดยดิจิตอลเราสามารถปรับ VR ที่โมดูลได้เลยว่าจะให้สัญญาณออกตอนที่มีความเข้มของแสงเท่าใด ส่วนอนาล็อก สัญญาณที่ออกสามารถออกได้ตั้งแต่ 0-1023

3.3 สร้างแบบจำลองระบบควบคุม

3.3.1 การออกแบบ Arduino IOT Cloud Diagram



รูป 18 Arduino IOT Cloud Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 18 เป็นโครงสร้างขั้นตอนการทำงานที่ได้จัดทำขึ้น 5 ส่วน ดังนี้

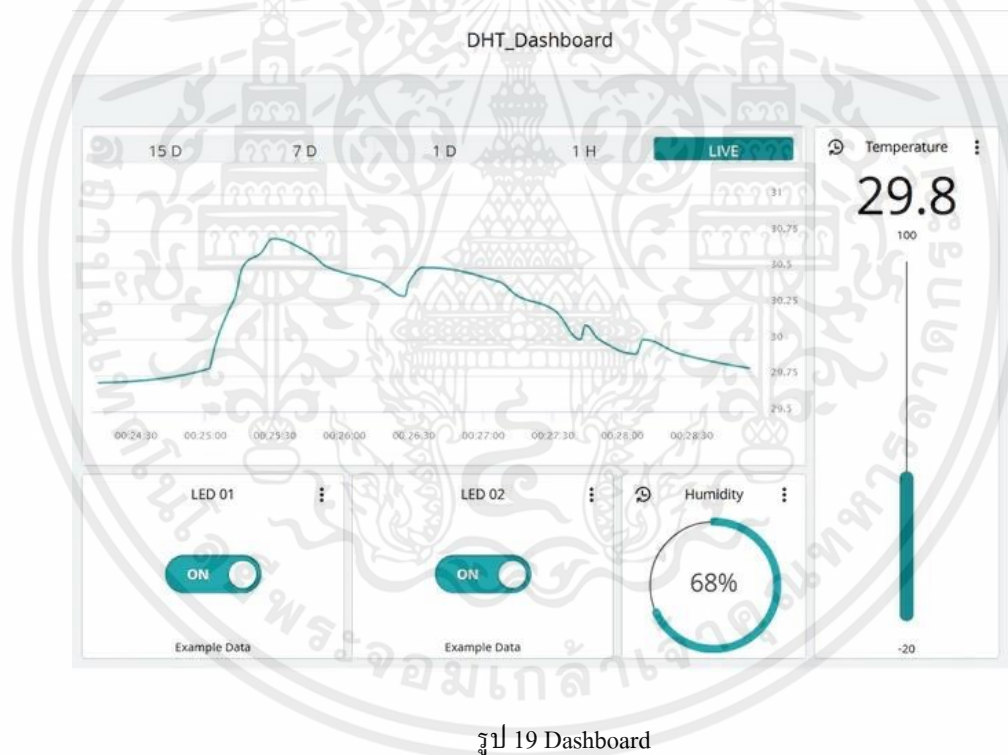
ส่วนที่ 1 คือ ส่วนของผู้ใช้งานที่ควบคุมการทำงานของ IOT บนสมาร์ตโฟน ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าของความชื้นและค่าอุณหภูมิของโรงเรือนได้

ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของการทำงานของบอร์ด Node MCU ESP8266 ในการควบคุมการวัดความชื้นของดินและวัดอุณหภูมิ เพื่อให้อุปกรณ์วัดความชื้นและอุณหภูมิส่งค่ากับมายังบอร์ดและส่งค่าไปยังหน้าจอสมาาร์ทโฟน

ส่วนที่ 3 คือ ส่วนของ Dashboard คือหน้าจอสรุปลผลของข้อมูลทั้งหมด ที่มาจาก cloud system

ส่วนที่ 4 คือ ส่วนของข้อมูลการทำงานทั้งหมดเก็บไว้บนฐานข้อมูลในอินเทอร์เน็ต เช่น ค่าของอุณหภูมิ ความชื้นดิน

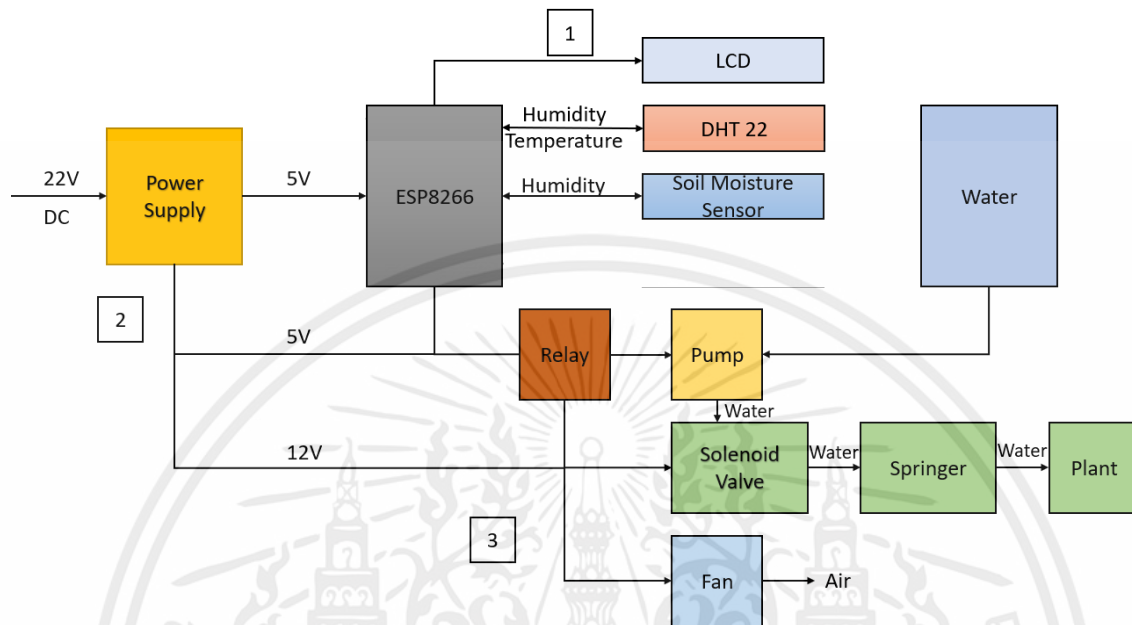
ส่วนที่ 5 คือ ส่วนของโรงเรือนและค่าที่เซ็นเซอร์รับได้จากโรงเรือน



รูป 19 Dashboard

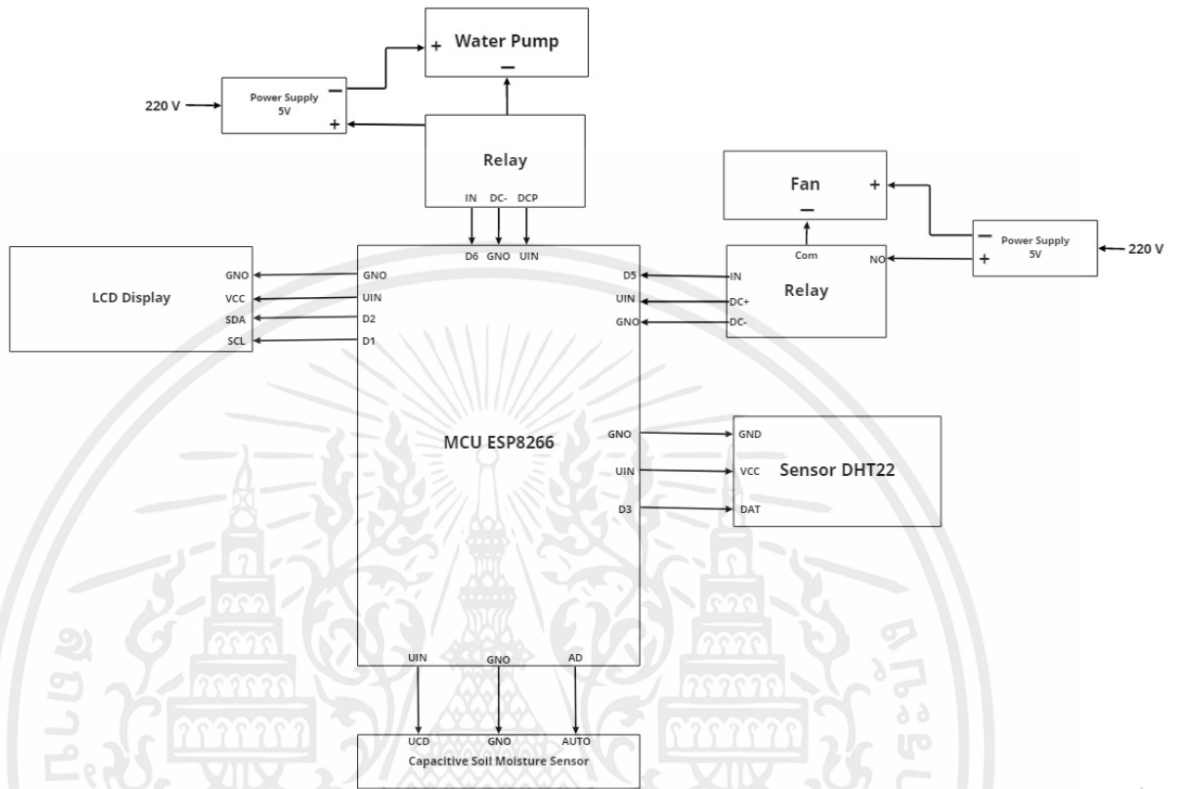
จากภาพจะเห็นได้ว่า Dashboard แสดงผลค่าอุณหภูมิ และความชื้น ตามที่เซ็นเซอร์ได้วัดค่าออกมา โดยเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 30 องศา อุปกรณ์จะทำงานเพื่อลดค่าอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

3.3.2. การเชื่อมต่อระบบอุปกรณ์



รูป 20 การเชื่อมต่อระบบอุปกรณ์

1. ต่อขาเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ วัดความชื้นอากาศ (DHT 22) เซ็นเซอร์ที่วัดความชื้นในดิน (Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2) จอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino Node MCU ESP8266
2. ต่อพาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลต์เป็น 5-12 โวลต์ เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าให้กับ บอร์ด Arduino Node MCU ESP8266 รีเลย์ (Relay) ปั๊ม (Pump) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valves) และพัดลม (Fan)
3. ต่อสปริงเกอร์ (Springer) เข้ากับโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valves) เพื่อควบคุมการไหลเวียนของน้ำให้เหมาะกับพืชที่ทำการปลูก



รูป 21 การต่อวงจรของระบบ

miro

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน

```

#include "DHT.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
#define DHTPIN D3 //Pin ฆ่าสำหรับ เลียบกับ Nodemcu

//#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321
//#define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int val = 0;
int analogPin = A0;
int Fan =D5;
int Pump=D6;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("DHTxx test!");
  dht.begin();
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  pinMode(Fan,OUTPUT);
  pinMode(Pump,OUTPUT);
  pinMode(analogPin,INPUT);
}
void loop() {
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);
  float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);

```

รูป 22 โค้ดตัวอย่างระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);

val = analogRead(analogPin);

|
Serial.print("Humidity : ");
Serial.print(h);
Serial.print(" %\t");
Serial.print("Temp : ");
Serial.print(t);
Serial.print(" *C ");
  Serial.print(f);
Serial.print(" *F\t");
Serial.print("Heat index: ");
Serial.print(hic);
Serial.print(" *C ");
Serial.print(hif);
Serial.println(" *F\t");
Serial.print("val : ");
Serial.println(val);
Serial.print(" \t ");
if (t>=32)
{
  digitalWrite(Fan,HIGH);
}
else
{
  digitalWrite(Fan,LOW);
}
val = analogRead(A0);
if ( val < 900){
  digitalWrite(Pump,LOW);
  delay(2000);
}
if ( val > 900){

```

รูป 23 โค้ดตัวอย่างระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.print(" *C ");
Serial.print(hif);
Serial.println(" *F\t");
Serial.print("val : ");
Serial.println(val);
Serial.print(" \t ");
if (t>=32)
{
  digitalWrite(Fan,HIGH);
}
else
{
  digitalWrite(Fan,LOW);
}
val = analogRead(A0);
if ( val < 900){
  digitalWrite(Pump,LOW);
  delay(2000);
}
if ( val > 900){
  digitalWrite(Pump,HIGH);
  delay(2000);
}
lcd.home();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp : ");
lcd.print(t);

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("val : ");
lcd.print(val);

```

รูป 24 โค้ดตัวอย่างระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน

3.5 การทำงานของระบบ

หลังจากกำหนดค่า Setpoint แล้วเปิดการทำงานของระบบ โดยการทำงานในที่นี้คือการเข้าระบบอัตโนมัติเพื่อทำให้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดินเท่ากับค่าที่ Setpoint ไว้ โดยการนำค่า Output ที่ได้จากการอ่านค่าของเซ็นเซอร์มาควบคุมการจ่ายแรงดันให้กับอุปกรณ์ต่างๆ โดยค่าของแรงดันที่จ่ายออกไปจะขึ้นอยู่กับค่า Output

```

COM3
Send
Humidity : 70.60 %   Temp : 30.10 *C 86.18 *F   Heat index: 35.43 *C 95.78 *F
val : 776
Humidity : 70.20 %   Temp : 30.10 *C 86.18 *F   Heat index: 35.33 *C 95.60 *F
val : 774
Humidity : 70.50 %   Temp : 30.10 *C 86.18 *F   Heat index: 35.41 *C 95.73 *F
val : 944
Humidity : 70.40 %   Temp : 30.10 *C 86.18 *F   Heat index: 35.38 *C 95.69 *F
val : 985
Humidity : 70.70 %   Temp : 30.10 *C 86.18 *F   Heat index: 35.46 *C 95.82 *F
val : 669
Humidity : 70.90 %   Temp : 30.00 *C 86.00 *F   Heat index: 35.26 *C 95.46 *F
val : 675
Humidity : 71.20 %   Temp : 30.10 *C 86.18 *F   Heat index: 35.58 *C 96.05 *F
val : 673
Humidity : 71.40 %   Temp : 30.00 *C 86.00 *F   Heat index: 35.38 *C 95.69 *F
val : 674
Autoscroll Show timestamp Both NL & CR 9600 baud Clear output

```

รูป 25 ค่าของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน

```

COM3
Send
Humidity : 69.80 %   Temp : 30.30 *C 86.54 *F   Heat index: 35.73 *C 96.31 *F
val : 1024
Humidity : 69.50 %   Temp : 30.30 *C 86.54 *F   Heat index: 35.65 *C 96.17 *F
val : 1024
Humidity : 69.40 %   Temp : 30.40 *C 86.72 *F   Heat index: 35.87 *C 96.57 *F
val : 1008
Humidity : 69.10 %   Temp : 30.30 *C 86.54 *F   Heat index: 35.55 *C 95.99 *F
val : 1024
Humidity : 68.80 %   Temp : 30.30 *C 86.54 *F   Heat index: 35.47 *C 95.85 *F
val : 814
Humidity : 68.50 %   Temp : 30.30 *C 86.54 *F   Heat index: 35.40 *C 95.71 *F
val : 849
Humidity : 68.40 %   Temp : 30.30 *C 86.54 *F   Heat index: 35.37 *C 95.67 *F
val : 854
Humidity : 68.30 %   Temp : 30.30 *C 86.54 *F   Heat index: 35.35 *C 95.62 *F
val : 853
Autoscroll Show timestamp Both NL & CR 9600 baud Clear output

```

รูป 26 ค่าของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 27จอ LED แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ

จากรูปจะเห็นเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิในอากาศมีค่าที่มากกว่าค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะสั่งเปิดการทำงานพัดลมและปั้มน้ำเพื่อปรับให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิในอากาศไม่ให้ค่าเกินกว่าค่าที่ได้ตั้งระบบไว้

3.6 Simulink Model

แบบจำลองความรู้แบบไดนามิกของพฤติกรรมความร้อนและน้ำของระบบเรือนกระจกที่อธิบายข้างต้น

$$\frac{dT_{in}}{dT} = \frac{1}{C_p \rho H} [G_{GRin} - L \cdot E - h_{n-a}(T_{in} - T_{out})] \quad (3 - 1)$$

C_p = The specific heat of moist air (1005) (Wm^{-2})

ρ = the specific mass of air (1.166) ($kg_{dry\ air} m^{-3}$)

T_{in} = Internal temperature greenhouse (C°)

T_{out} = Outside temperature (C°)

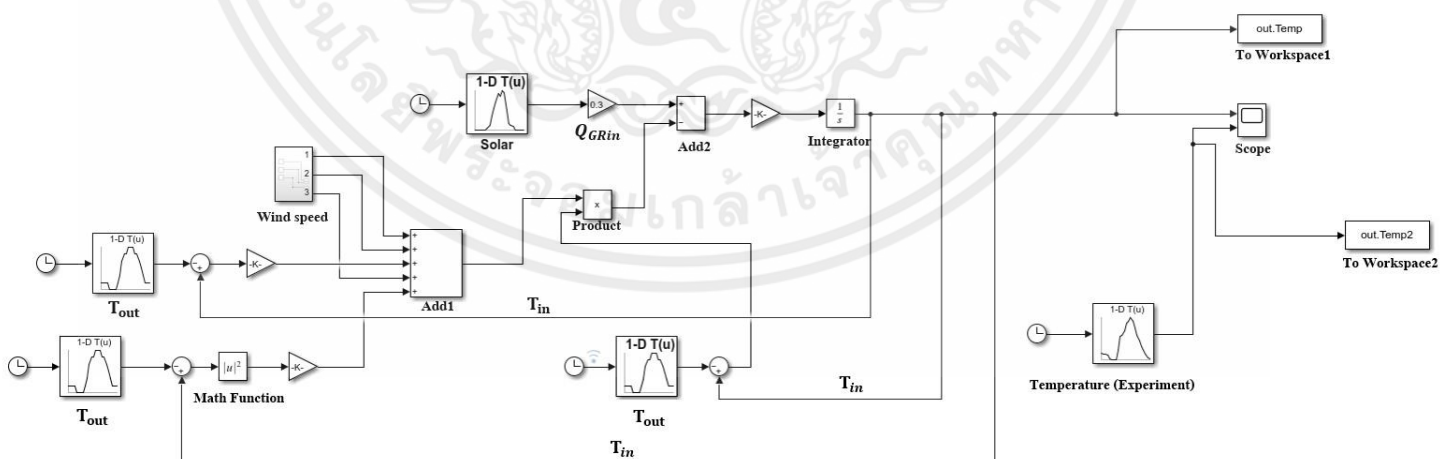
H = The average greenhouse height (2.6) (m)

h_{n-a} = Heat transfer coefficient ($Wm^{-2}K^{-1}$)

L = The latent heat of vaporization of water (Jkg^{-1})

E = The evapotranspiration rate within the greenhouse ($kgm^{-2}s^{-1}$)

ได้รับการพัฒนาโดยใช้สภาพแวดล้อม Matlab-Simulink ดังแสดงในรูป

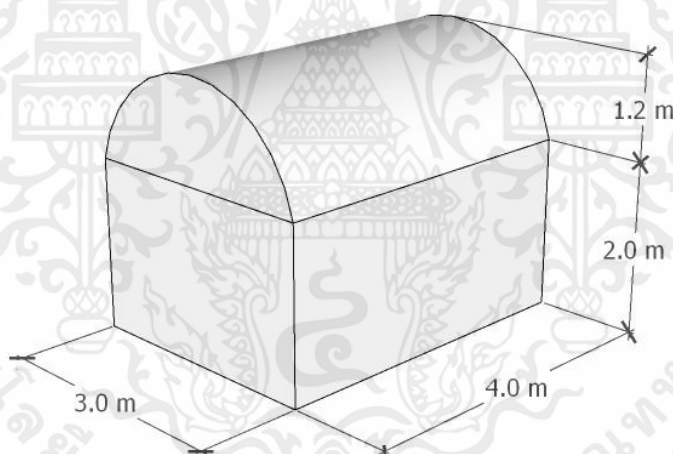


รูป 28 Thermodynamic model of the greenhouse using Matlab-Simulink environment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 องค์ประกอบของโรงเรือน

เนื่องจากสถานที่ทดลองตั้งอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศในแถบทุ่งหญ้าสะวันนา ในปี 2565 ที่ผ่านมานั้นพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครมีบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนอยู่ในช่วง 29.9 – 34.4 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ใน ช่วง 60 – 69 % และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือน อยู่ในช่วง 1 – 72.8 มิลลิเมตร เห็นได้ว่ามีปริมาณน้ำฝนและความชื้นแตกต่างกันมากในช่วงปี ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการปลูกพืชอายุสั้นประเภทต่าง ๆ ที่มีความต้องการความชื้นที่เหมาะสมในช่วงแลบ ๆ รวมไปถึงแมลงศัตรูพืชที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่สามารถเข้าทำลายพืชที่ปลูกได้ง่าย ดังนั้นการสร้างโรงเรือนในระบบปิดจะสามารถช่วยควบคุมปัจจัยต่าง ๆ จากภายนอก และเป็นการป้องกันแมลงศัตรูพืชจากภายนอกได้เป็นอย่างดีในโรงเรือนปลูกพืช เป็นโรงเรือนในระบบปิดประกอบไปด้วย ตัวโรงเรือน ระบบปล่อย และระบบระบายอากาศ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูป 29 External dimensions of the greenhouse

โรงเรือนปลูกพืชระบบปิดมีขนาด กว้าง 3 ม. ยาว 4 ม. ความสูง 3.2 ม. (จากพื้นดินถึงจั่วหลังคา) ลักษณะของโรงเรือนเป็นแบบ arc tunnel หลังคาโค้งเพื่อป้องกันน้ำขังในฤดูฝน คลุมด้วยตาข่ายสีดำซึ่งมีความหนาขนาด 20 ไมครอน ป้องกันรังสี UV และคลายความร้อนได้ดี ด้านข้างโรงเรือนล้อมด้วยผ้าตาข่ายกันแมลงสีดำโครงสร้างโรงเรือนทำด้วยเหล็กชุบสังกะสีที่สามารถทนสนิมได้เป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

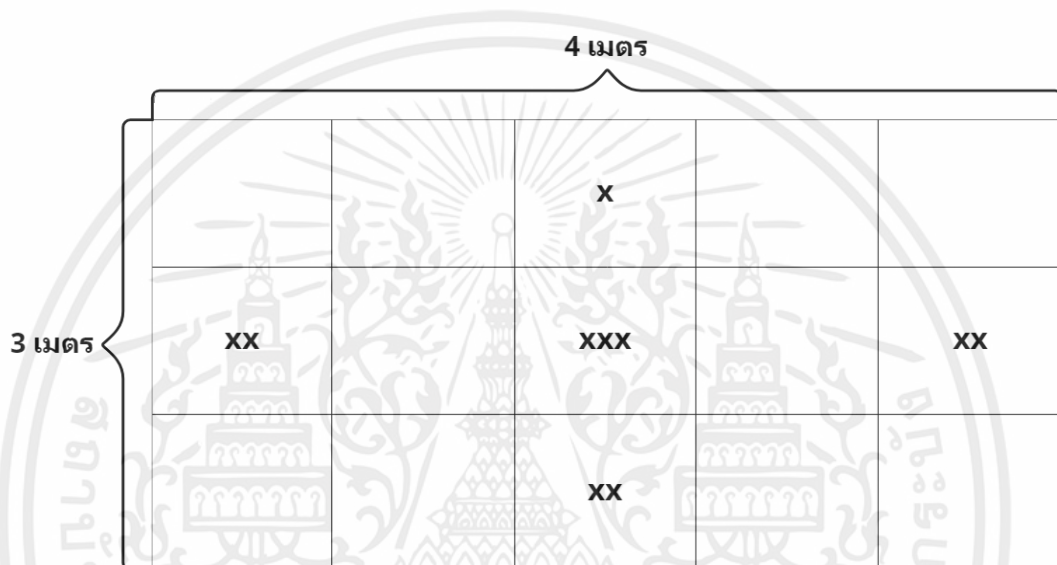


รูป 30 รูปโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือน

ภายในโรงเรือน มีการติดตั้ง Sensor 3 ชนิด ดังรูปที่ โดย x แสดงตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soi Moisture Sensor) xx แสดงตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน (Temperature Sensor) และ xxx แสดงตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความชื้นในอากาศ (Relative Humidity Sensor)



รูป 31 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ของโรงเรือน

3.8.1 ปัญหาการทำงานของระบบตรวจวัด

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์แต่ละชนิด จำนวน 5 ตำแหน่ง ค่าที่ได้วัดจะถูกนำมาเพื่อแสดงสำหรับการแสดงผล

การแสดงผลข้อมูลที่วัดได้ แสดงควบคู่กับวันเวลาที่วัดค่าและแสดงในรูปแบบกราฟเส้น ซึ่งข้อมูลความชื้น, อุณหภูมิ และ ความชื้นในดิน อาจมีการผิดพลาดไปจากค่าที่ควรจะเป็นอาจเป็นเพราะคุณภาพของ Sensor ที่ใช้และตำแหน่งการวาง Sensor อาจยังไม่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บข้อมูลข้อมูลนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมสภาพอุณหภูมิ, ความชื้น และ ความชื้นในดิน ใน โรงเรือน ผ่านการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ปั๊มน้ำ พัดลม เครื่องพ่นไอน้ำ

3.9 การตรวจสอบ Numerical Integration ของ Simulink

Example 4.1 J.P. Holman , 2529, Heat Transfer [14]

Steel Ball Cooling in Air

A steel ball [$c = 0.46 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, $k = 35 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$] 5.0 cm in diameter and initially at a uniform temperature of 450°C is suddenly placed in a controlled environment in which the temperature is maintained at 100°C . The convection heat-transfer coefficient is $10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Calculate the time required for the ball to attain a temperature of 150°C .

เราคาดว่าจะใช้วิธี lumped-capacity เพราะมีค่า h ต่ำ และค่า k สูง เราตรวจสอบได้โดยใช้สมการที่ 3-2

$$\frac{h(V/A)}{k} < 0.1 \quad (3-2)$$

$$\frac{h(V/A)}{k} = \frac{(10)[(4/3)\pi(0.025)^3]}{4\pi(0.025)^2(35)} = 0.0023 < 0.1 \quad (3-3)$$

จากนั้นเราจึงใช้สมการที่ 3-4

$$\frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-[hA/\rho cV]\tau} \quad (3-4)$$

$$T = 150^\circ\text{C} \quad \rho = 7800 \text{ kg/m}^3 \quad [486 \text{ lb}_m/\text{ft}^3]$$

$$T_\infty = 100^\circ\text{C} \quad h = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot ^\circ\text{C} \quad [1.76 \text{ Btu} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}]$$

$$T_0 = 450^\circ\text{C} \quad c = 10 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot ^\circ\text{C} \quad [0.11 \text{ Btu} \cdot \text{lb}_m \cdot ^\circ\text{F}]$$

$$\frac{hA}{\rho cV} = \frac{(10)4\pi(0.025)^2}{(7800)(460)(4\pi/3)(0.025)^3} = 3.344 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \quad (3-5)$$

$$\frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-[hA/\rho cV]\tau} \quad (3-6)$$

$$\frac{150 - 100}{450 - 100} = e^{-3.334 \times 10^{-4}\tau} \quad (3-7)$$

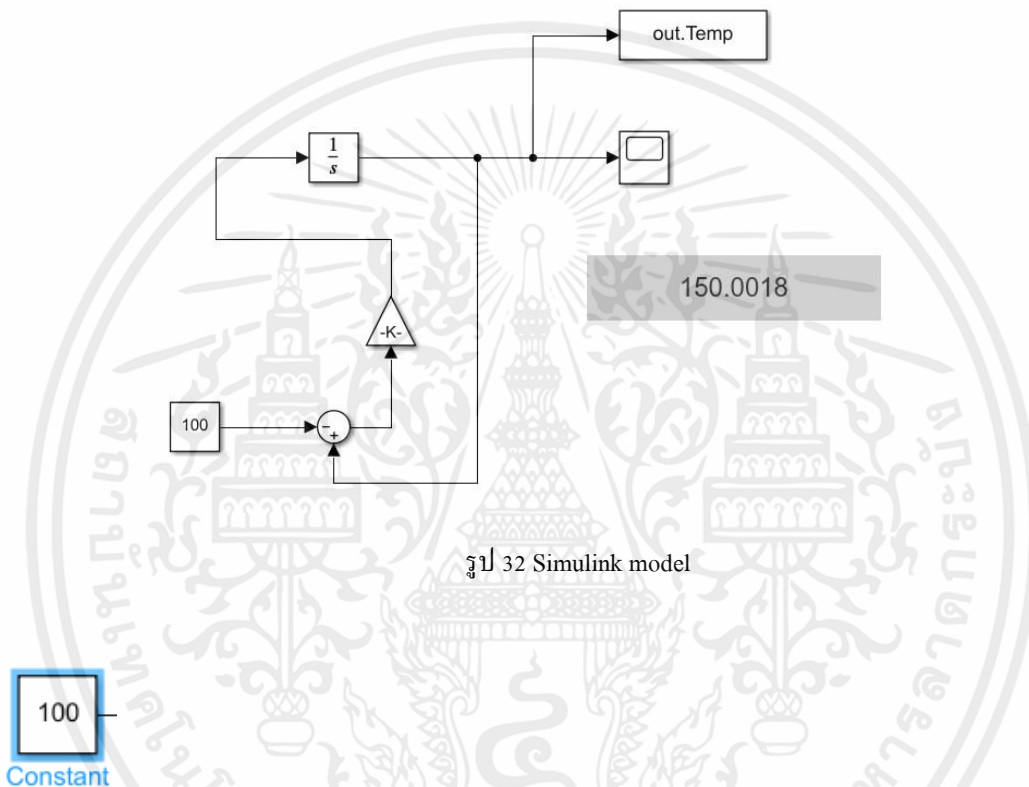
$$\tau = 5819 \text{ s} = 1.62 \text{ h}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

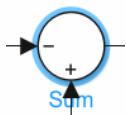
3.10 การแก้สมการ First – Order ODE By MATLAB / Simulink

จากสมการ 1st- Order ODE

$$\frac{dT}{dt} = \frac{-hA}{C\rho V} (T - T_{\infty}) \quad (3 - 8)$$



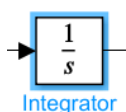
Constant คือ เรากำหนดค่าคงที่จากโจทย์กำหนดค่าควบคุมเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส



Sum คือ การรวมผลรวมอินพุต



Gain คือ การคูณอินพุตด้วยค่าคงที่ (Gain) ที่กำหนดเท่ากับ 3.344×10^{-4}

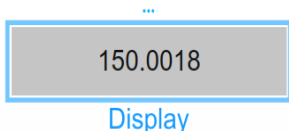


Integrator คือ การอินทิเกรตสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Scope คือ การแสดงผลสัญญาณระหว่างการจำลองระบบบนออสซิลโลสโคป



Display คือ การแสดงค่าข้อมูลบน Block ซึ่งแสดงค่าการคำนวณของ Simulink ที่ได้จาก Block ผ่านสมการ Analytical ได้ 150 มาจากการตั้งเวลา = 5819 s



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้นำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีเพื่อนำมาพัฒนาระบบโรงเรือนจำลองที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยแสดงผลสามารถแสดงข้อมูลเซ็นเซอร์ที่วัดได้แบบเรียลไทม์และเป็นฮาร์ดแวร์ที่พัฒนาขึ้นมาเอง ทำให้ต้นทุนราคาไม่สูงมากหากเทียบกับระบบเซ็นเซอร์ที่ขายตามท้องตลาด ระบบที่วางขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่จะมีราคาแพง ผู้ใช้ไม่สามารถกำหนดปัจจัยการควบคุมการทำงานได้ด้วยตัวเอง โดยระบบได้ทำการตรวจจับความชื้นของดินและสภาพอากาศ โดยมีกำหนดเงื่อนไขบน PLC ทำให้ระบบจะทำการรดน้ำให้กับพืชเมื่อดินมีความชื้นน้อยหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ โดยสามารถปรับค่าความชื้นและอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ เพื่อให้สามารถควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

4.1 ผลการใช้ Matlab/Simulink ในการตรวจสอบ

จากรูปที่ 29 หน้า [41] แสดงให้เห็นถึงของความแม่นยำของโปรแกรม Matlab/Simulink ในการคำนวณสมการและค่าที่ได้จากตัวอย่าง 4.1 จากใน Textbook แล้วนำมาทำเป็น Simulink Diagram ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า Temperature ที่ได้ของ Analytical Solution อยู่ที่อุณหภูมิ 150°C และ Time อยู่ที่ 5819 s ซึ่งตรงกับค่า Simulink Results ที่ได้จากการ Simulation ขึ้นมาทำให้ทราบได้ว่ากราฟของ Analytical กับ Simulink จะไปในทิศทางเดียว โดยการใช้ Matlab ในการ plot กราฟ

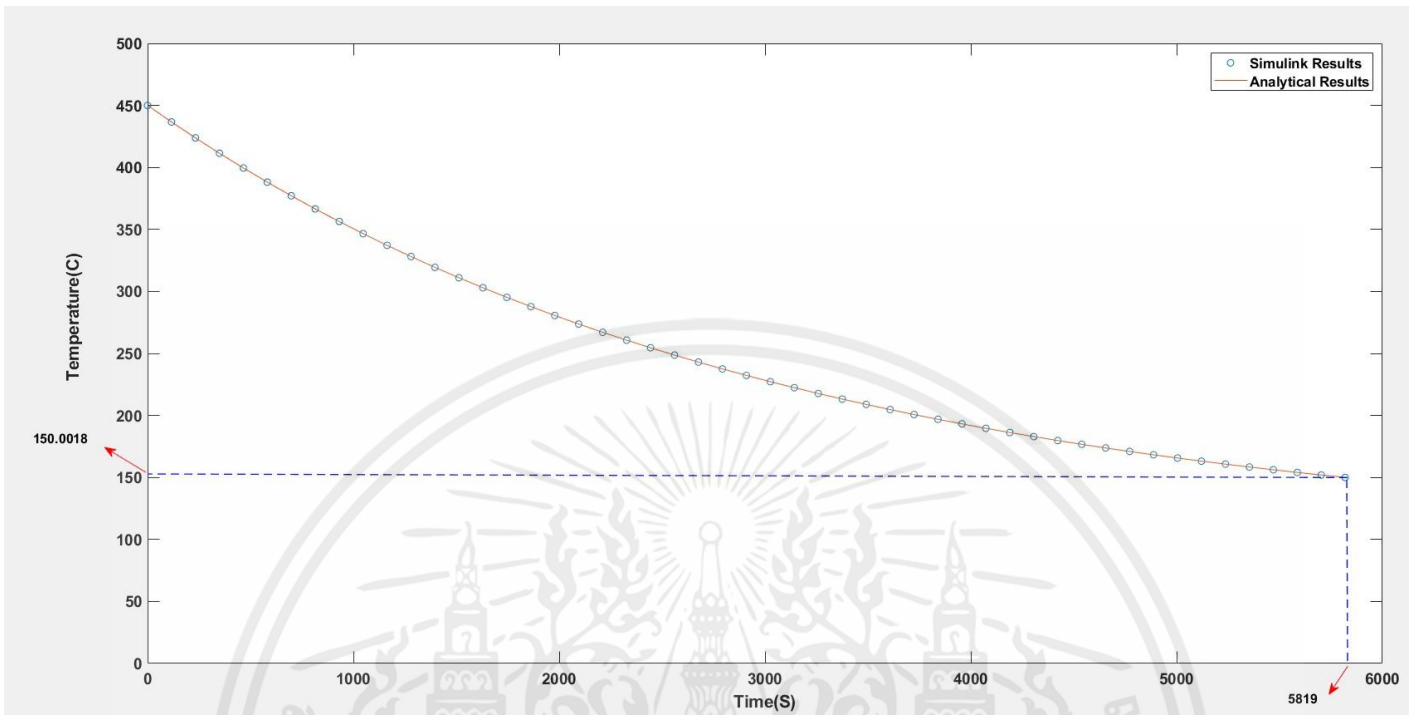
```

5.7026
5.8190

>> plot(out.Temp.time, out.Temp.data, 'o')
>> T_analytical = (450-100)*exp(-3.344e-4.*out.Temp.time)+100;
>> plot(out.Temp.time, out.Temp.data, 'o', out.temp.time, T_analytical)
>>

```

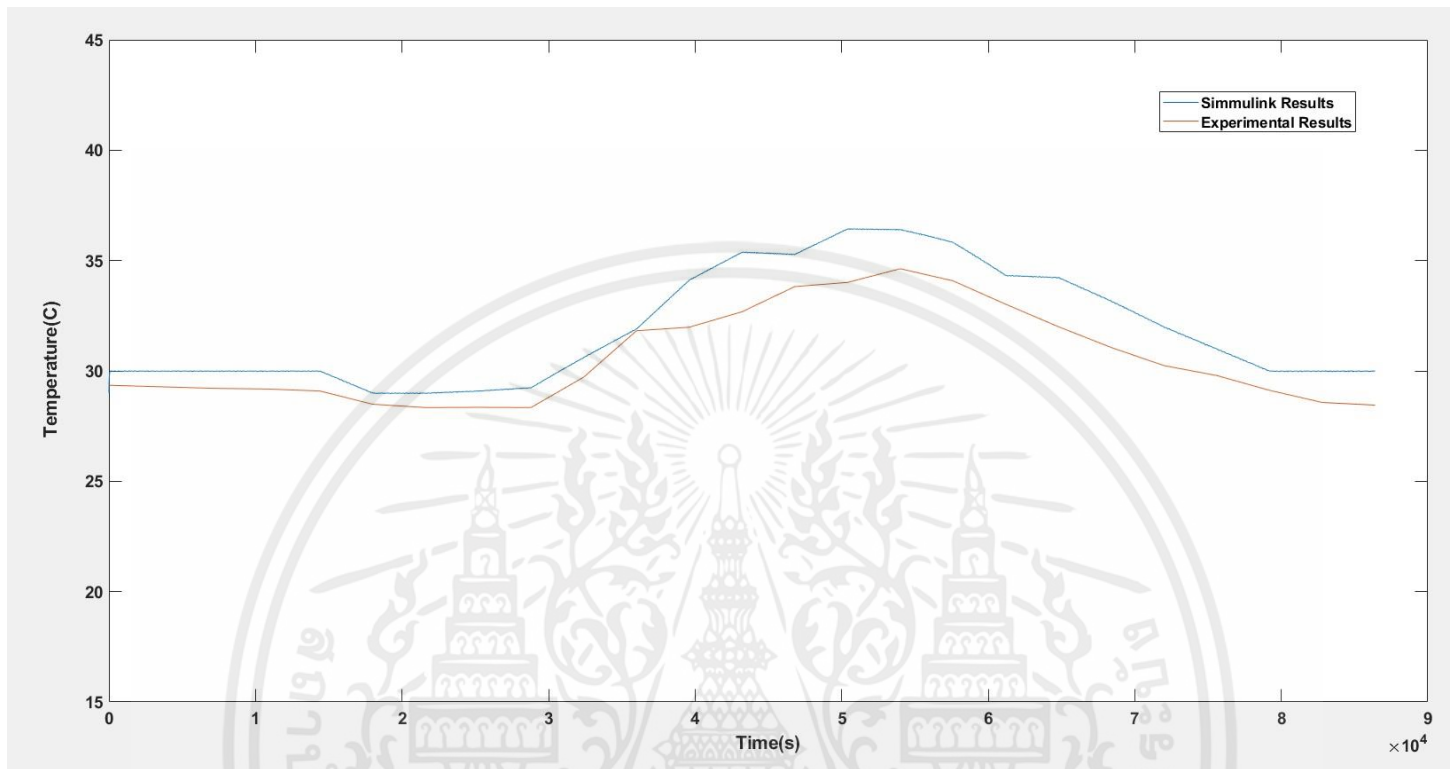
รูป 33 Code การ Plot กราฟเทียบระหว่าง Analytical กับ Simulink



รูป 34 กราฟแสดงผลของ Analytical and Simulink

จากรูปที่ 34 จะทำให้เห็นว่าค่าของ Analytical Results กับ Simulink Result ให้ผลลัพธ์เท่ากันทำให้เราสามารถพิสูจน์ได้ว่าการใช้ Integrator ใน Simulink Diagram นั้นสามารถตรวจสอบว่าผลของ Analytical และ Simulink นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงและเหมือนกัน จึงนำมาเพื่อทดลองในการใช้ทำ Matlab/Simulink ของตัวโรงเรียนของเราได้

กราฟด้านล่างมาจาก Matlab / Simulink model ดังรูปที่ 28



รูป 35 กราฟแสดงผลของ Experimental and Simulink

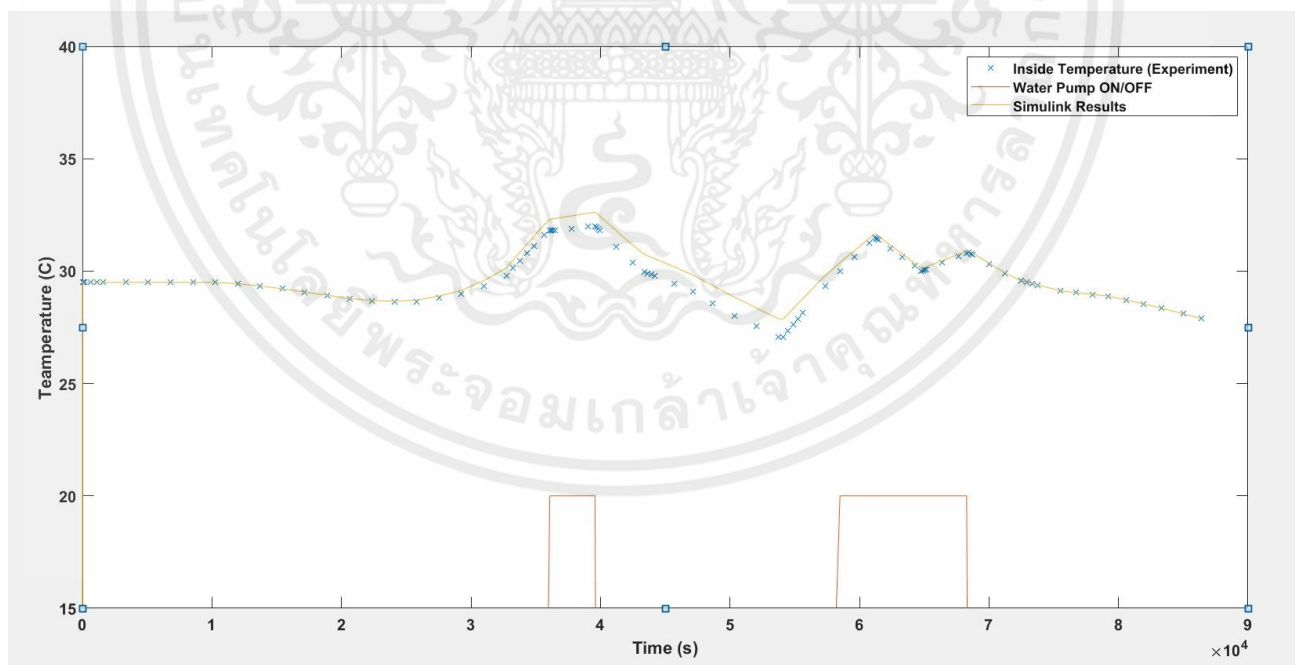
จากกราฟอุณหภูมิกับเวลาโดยเปรียบเทียบระหว่างการทดลองกับการจำลองเชิงตัวเลขโดย MATLAB/Simulink โดยที่ไม่ได้เปิดปั๊มฉีดละอองน้ำ ($LE=0$) เมื่อกราฟ Experimental Results คืออุณหภูมิเฉลี่ยของเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัวภายในโรงเรือน และ Simulink Results คือค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณจาก Matlab จะเห็นได้ว่าแบบจำลองไดนามิกของโรงเรือนทางการเกษตรที่สร้างจาก Matlab ค่าอุณหภูมิจะแปรผันตามความเร็วลม ค่ารังสีแสงอาทิตย์ ขนาดของโรงเรือน ที่ตั้งของโรงเรือนและวัสดุที่ใช้ทำโรงเรือน เมื่อนำค่าทั้งหมดมาคำนวณทำนายอุณหภูมิภายในโรงเรือน พบว่าค่าอุณหภูมิที่ได้จากเซ็นเซอร์และแบบจำลอง มีค่าที่ใกล้เคียงกัน เราจึงสามารถนำค่ามาประยุกต์เพื่อออกแบบระบบให้มีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การปลูกพืชได้ในอนาคต โดยอ้างอิงค่าจากการคำนวณผ่าน Simulink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศและความชื้นในดิน อัตโนมัติ

4.2.1 ผลการศึกษาการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

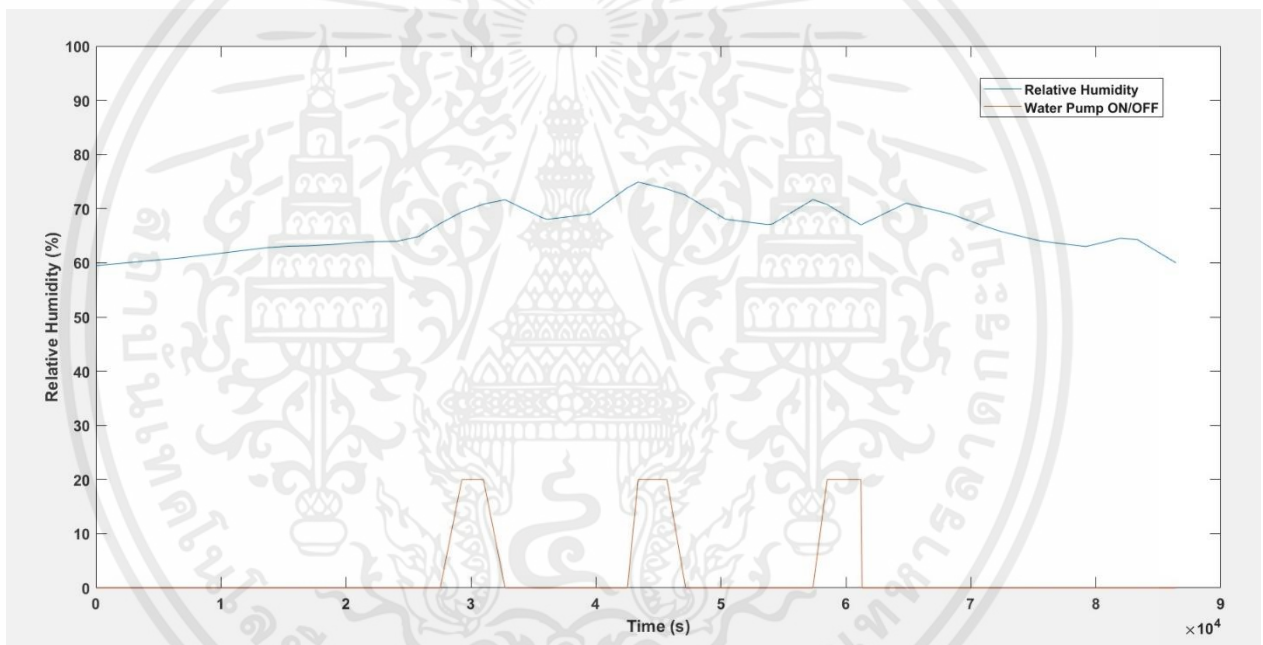
จากข้อมูลที่ทำกรSimulink จะเห็นได้ว่าค่าของอุณหภูมิมีค่าที่สูงเกินกว่าความต้องการของพืช ดังนั้นเราจึงนำการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติเข้ามาควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้เหมาะสมกับพืชที่ทำการปลูก ผลการศึกษาการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยติดตั้งเซ็นเซอร์ DHT 22 ไว้ในจุดที่ต้องการ โดยเซ็นเซอร์ DHT22 อ่านค่าอุณหภูมิ ในช่วงแรกเซ็นเซอร์ DHT22 ในช่วงแรกอ่านค่าอุณหภูมิในอากาศมากกว่า 30 องศาเซลเซียส บอร์ด DHT 8266 ได้สั่งเปิดการทำงานของพัดลม เมื่อเซ็นเซอร์ DHT 22 อ่านค่าอุณหภูมิในอากาศน้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส บอร์ด DHT22 ได้สั่งปิดการทำงานของพัดลม จากภาพที่ 33 จะสังเกตเห็นได้ว่าอุณหภูมิในช่วงแรกมากกว่า 30 องศาเซลเซียสตัวระบบจะทำการปรับให้อุณหภูมิให้ไม่เกิน30 องศาเซลเซียสระบบทำงานตามคำสั่งไปเรื่อย ๆจนกว่าจะมีการสั่งหยุด เราสามารถนำการควบคุมอัตโนมัตินี้ไปต่อยอดกับพืชหรือโรงเรือนที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมได้



รูป 36 กราฟการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

4.2.2 ผลการศึกษาการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอัตโนมัติ

ผลการศึกษาการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอัตโนมัติ โดยการติดตั้ง DHT22 ไว้ในจุดที่ต้องการ โดยเซ็นเซอร์อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในช่วงแรก DHT22 อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้มากกว่า 70 บอร์ด ESP 8266 สั่งเปิดการทำงานของปั้มน้ำ เมื่อเซ็นเซอร์ DHT22 อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้มากกว่าน้อยกว่า 70 บอร์ด DHT22 ได้สั่งปิดการทำงานของปั้มน้ำจากภาพที่ 34 จะสังเกตได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงแรกมีค่าน้อยกว่า 70% ตัวระบบจะทำการปรับให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้มีค่าไม่เกิน 70% ระบบทำงานตามคำสั่งไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีการสั่งหยุด

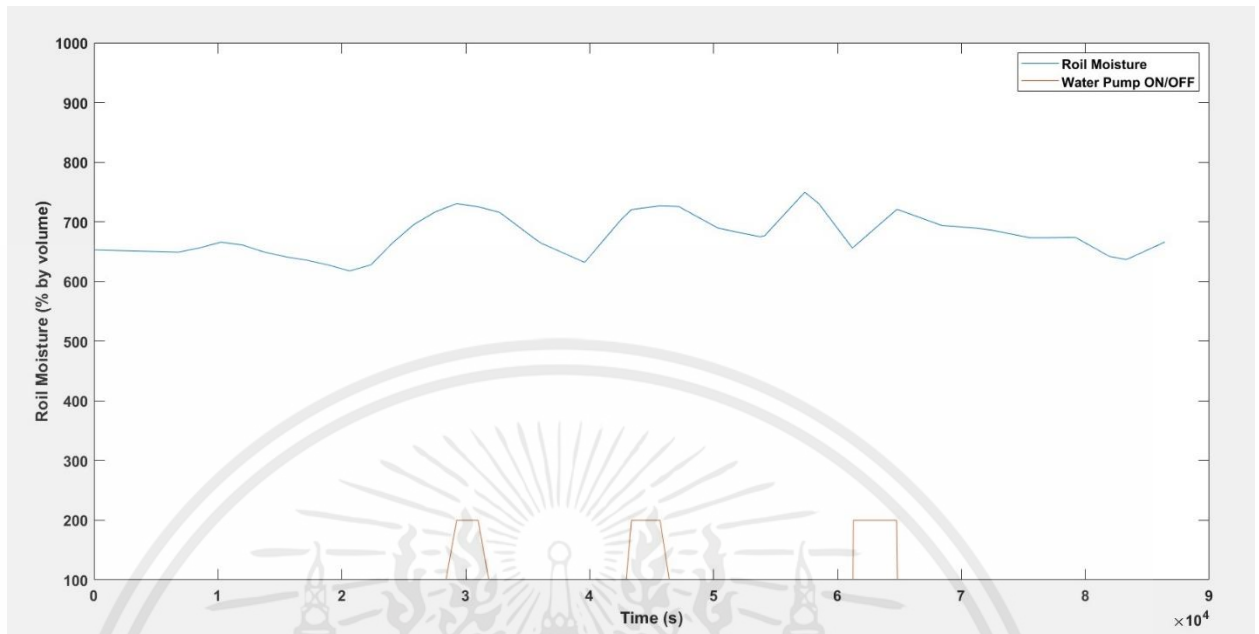


รูป 37 กราฟการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอัตโนมัติ

4.2.3 ผลการศึกษาการควบคุมความชื้นในดินอัตโนมัติ

ผลการศึกษาการควบคุมความชื้นในดินอัตโนมัติ โดยการติดตั้งเซ็นเซอร์ Moisture Sensor ปักไว้ในดิน โดยเซ็นเซอร์ Moisture Sensor อ่านค่าความชื้นในดิน เพื่อสั่งการทำงานของปั้มน้ำ โดยเซ็นเซอร์ Moisture Sensor อ่านค่าความชื้นในดินมากกว่า 700 ESP 8266 สั่งเปิดการทำงานของปั้มน้ำเมื่อเซ็นเซอร์ Moisture Sensor อ่านค่าความชื้นในดินน้อยกว่า 700 ESP 8266 สั่งปิดการทำงานของปั้มน้ำจากภาพที่ 35 จะสังเกตได้ว่าความชื้นในดินในช่วงแรกมีค่าน้อยกว่า 700 ความชื้นในดินมีมากแต่เมื่อ Sensor วัดความชื้นในดินมากกว่า 700 (ความชื้นในดินมีน้อย) ตัวระบบจะทำการปรับให้ความชื้นในดินให้มีค่าไม่เกิน 700 ระบบทำงานตามคำสั่งไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีการสั่งหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 38 กราฟการควบคุมความชื้นในดินอัตโนมัติ

ในการทดลองนี้อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างดีแต่อุปกรณ์เกิดการเปิดปิดที่บ่อยครั้งจนทำให้เกิดการเปลืองพลังงานและชำรุดได้ง่าย เราจึงควรมี Delay Time เข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อช่วยให้เซ็นเซอร์รับค่าเกิดความเสถียรมากขึ้นต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ ๕

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ โดยใช้บอร์ด Arduino ESP 8266 ผ่านโปรแกรม Arduino IDE โดยได้ประยุกต์โครงสร้างตัวควบคุมระบบอัตโนมัติ เพื่อจำกัดความไวในการตอบสนองของเซนเซอร์ และลดการแกว่งของค่าอุณหภูมิ และจำลองการทำงานของโรงเรือนจริงด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการพัฒนาที่เร็วขึ้นและช่วยลดค่าใช้จ่าย ข้อดีของการมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำ จะทำให้สามารถออกแบบระบบควบคุมที่ซับซ้อน และมีประสิทธิภาพได้

5.1 สรุปผลการวิจัยผล

จากการทำนายพฤติกรรมแบบไดนามิกของสภาพอากาศภายในโรงเรือน ทั้งอุณหภูมิและความชื้น เพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิจากแบบจำลองโรงเรือนทางการเกษตร กับอุณหภูมิจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในโรงเรือนจริง พบว่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ ในพื้นที่จริงกับค่าอุณหภูมิจากแบบจำลองโรงเรือนในโปรแกรม MATLAB/Simulink มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถกำหนดค่าเพื่อให้เหมาะสมกับพืชที่ต้องการปลูกหรืออุณหภูมิ ความชื้นในโรงเรือนเพื่อให้เหมาะสมกับการดูแลปลูกพืช และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานตามความเหมาะสมได้ และผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิและความชื้นถึงค่าที่กำหนดอุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามที่เราได้ป้อนคำสั่งลงไป ข้อดีของการต่อวงจรเองคือสามารถกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับพืชได้ตามความต้องการอุปกรณ์มีราคาถูกรองรับการอัปเดตหรือการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์หากมีการชำรุดเสียหายและระบบสามารถพัฒนาต่อขยายการทดลองและการทำวิจัยได้อีกในอนาคต

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหาสามารถสรุปได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหา อุปสรรค	แนวทางการแก้ไข
1. เซ็นเซอร์ตรวจวัดมีคุณภาพต่ำ มีความคลาดเคลื่อน	ควรมีการเปรียบเทียบกับเซ็นเซอร์หลายตัวหรือเซ็นเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อปรับแก้ค่าหรือใช้เซ็นเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความคงทน ต้นทุนก็จะสูงตาม
2. อุปกรณ์ที่ต้นทุนต่ำหาซื้อยาก	หาซื้อตามอินเทอร์เน็ตและร้าน(บ้านหม้อ)
3. อุปกรณ์โดนน้ำ	ใช้ถุงมาครอบอุปกรณ์เอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ตาราง 3 ตาราง Input Parameter

symbol	Numerical value	Units	Description
Q_{GRin}		Wm^{-2}	The global radiation absorbed within the greenhouse
C_p	1005	$Jkg^{-1}K^{-1}$	The specific heat of moist air
ρ	1.166	$kg_{dry\ air}m^{-3}$	the specific mass of air
T_{in}		C°	Internal temperature greenhouse
T_{out}		C°	Outside temperature
H	2.6	m	The average greenhouse height
h_{n-a}		$Wm^{-2}K^{-1}$	Heat loss coefficient
V	1	m/s	Wind speed
τ_c	0.3		The solar radiation transmittance of the glazing material
ρ_g			The reflectance of the solar radiation on the ground surface
G_{GRout}		Wm^{-2}	The outside global radiation

[1] จิตรภณ พันธุ์ศรี ชนา พรหมสาขา ณ สกลนคร. 2562. โรงเรือนต้นแบบ เพื่อการจัดการ
 วิชาหกิจชุมชน. [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 21 กันยายน 2564. เข้าถึงได้จาก
<http://ie.eng.cmu.ac.th>.

[2] เพ็ญพรรณ ไข้ววดเจริญ พิรุพห์ อรุณรุ่ง วิชัชวศรี ภัทรมงคลชัย รวีพรรณ เรื่องเกียรติ 2563,
 การออกแบบระบบเกษตรอัจฉริยะสมาร์ตฟาร์มเคยูเอสอาร์ซี โดยใช้อัลกอริทึมเชิง
 พันธุกรรมแบบปรับปรุงตามสภาวะแวดล้อมของพื้นที่ สำหรับการคัดเลือกชนิดของพืช
 เพื่อปลูกแบบผสมผสาน. [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 24 กันยายน 2564. เข้าถึงได้จาก
<https://easychair.org>.

[3] จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา 2558, เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ. [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 27 กันยายน
 2564 เข้าถึงได้จาก < <https://so01.tci-thaijo.org>.>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [4] ปรากฏ สุวรรณเพชร 2560, Arduino IDE ซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรมภาษา C. [ออนไลน์].
วันที่สืบค้น 8 ตุลาคม 2564. เข้าถึงได้จาก <<http://agri.rmutto.ac.th>>
- [5] นุศวัชร เจริญยืนนาน 2565, รีเลย์ คืออะไร มีหลักการทำงานอย่างไรบ้าง. [ออนไลน์]. วันที่
สืบค้น 26 ตุลาคม 2564. เข้าถึงได้จาก <<https://misumitechnical.com>>
- [6] บริษัทธนพลวานิชจำกัด 2564, ความชื้นสัมพัทธ์คืออะไร. [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 30 ตุลาคม
2564. เข้าถึงได้จาก <<http://www.tanapolvanich.com>>
- [7] Afeefa Rahman 2565, Impact of Overhead Netting on Crop Photosynthesis and Surface Heat
Fluxes. [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 18 มีนาคม 2565. เข้าถึงได้จาก
<<https://www.researchgate.net/publication/358676610>>
- [8] S. Castellano 2551, Plastic Nets in Agriculture: A General Review of Types and Applications.
[ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 20 มีนาคม 2565. เข้าถึงได้จาก
<<https://www.researchgate.net/publication/40800639>>
- [9] Efrén Fitz-Rodríguez 2553, Dynamic modeling and simulation of greenhouse
environments under several scenarios. [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 5 เมษายน 2565.
เข้าถึงได้จาก <<https://www.researchgate.net/publication/222672425>>
- [10] Ammk. สแลนคืออะไร. [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 12 เมษายน 2565. เข้าถึงได้จาก
<<https://www.kachathailand.com/articles>>
- [11] A. M. Abdel-Ghany 2558, Convective heat transfer coefficients between horizontal
plastic shading nets and air. [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 28 เมษายน 2565. เข้าถึงได้จาก
<<https://www.researchgate.net/publication/273331406>>
- [12] Solar radiation 2565, [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 12 พฤษภาคม 2565. เข้าถึงได้จาก
<<https://en.tutiempo.net/solar-radiation/bangkok.html>>
- [13] BANGKOK WEATHER 2565, [ออนไลน์]. วันที่สืบค้น 18 พฤษภาคม 2565. เข้าถึงได้จาก
<<https://en.climate-data.org/asia/thailand/bangkok>>

[14] J.P. Holman , 2529,Heat Tranfer[ออนไลน์] วันที่สืบค้น 20 พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก

<https://sv.20file.org/up1/412_0.pdf>

ตาราง 4 ตาราง solar radiation and temperature

เวลา	solar radiation(W/m ²)	sensor Temperature(°C)	Outside Temperature(°C)
00.00 น.	0	29.28	30
01.00น.	0	29.21	30
02.00น.	0	29.18	30
03.00น.	0	29.09	30
04.00น.	0	28.49	29
05.00น.	0	28.34	29
06.00น.	40	28.35	29
07.00น.	106	28.34	29
08.00น.	292	29.72	30
09.00น.	459	31.82	31
10.00น.	595	31.98	33
11.00น.	779	32.68	34
12.00น.	710	33.82	34
13.00น.	822	34.01	35
14.00น.	797	34.63	35
15.00น.	410	34.08	35
16.00น.	146	33.02	34
17.00น.	101	32	34
18.00น.	71	31.06	33
19.00น.	0	30.24	32
20.00น.	0	29.79	31
21.00น.	0	29.12	30
22.00น.	0	28.57	30
23.00น.	0	28.45	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5 ตารางอุณหภูมิในโรงเรือนจากการวัดอุณหภูมิ 3 ตำแหน่ง

Time	Sensor1	Sensor2	Sensor3	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ(C°)
00.00 น.	29.5	29.05	29.33	29.28
01.00น.	29.5	29.6	29.12	29.21
02.00น.	29.5	29.4	29.03	29.18
03.00น.	29.3	29.1	28.96	29.09
04.00น.	29	28.6	28.46	28.49
05.00น.	28.7	28.3	28.32	28.34
06.00น.	28.6	28.2	28.45	28.35
07.00น.	28.9	28	28.13	28.34
08.00น.	29.6	30.9	29.56	29.72
09.00น.	31.8	32.6	31.66	31.82
10.00น.	32	32.4	31.94	31.98
11.00น.	32.5	33.2	32.56	32.68
12.00น.	33.59	34.3	33.86	33.82
13.00น.	33.78	34.4	34.25	34.01
14.00น.	34.66	35.3	34.22	34.63
15.00น.	33.6	34.5	34.63	34.08
16.00น.	32.4	33.6	33.65	33.02
17.00น.	31.46	32.8	32.55	32.00
18.00น.	30.83	31.4	31.36	31.06
19.00น.	29.65	30.9	31.06	30.24
20.00น.	29.11	30.4	30.25	29.79
21.00น.	28.89	29.7	29.47	29.12
22.00น.	28.43	29.5	28.33	28.57
23.00น.	27.89	29.01	28.45	28.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้