

ต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด
SMART FARM FOR STRAWBERRY PLANTING IN GREENHOUSE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด
SMART FARM FOR STRAWBERRY PLANTING IN GREENHOUSE



ปฏิญานีพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMART FARM FOR STRAWBERRY PLANTING IN GREENHOUSE



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560


ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด

ผู้จัดทำ

1. นาย ยงยุทธ แสงฉวี
2. นาย วิชรพงษ์ แสนมา
3. นาย สถาพร อินพรหม
4. นางสาว สุณิสสา สารสุวรรณ
5. นาย อมรเทพ ป่าเกลือ
6. นาย อมรเทพ สุขสันต์
7. นาย อธิพิพัทธ์ แก้วอุดร


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด

ผู้จัดทำ

- 
1. นาย ยงยุทธ แสงฉวี
 2. นาย วิชรพงษ์ แสนมา
 3. นาย สถาพร อินพรหม
 4. นางสาว สุณิสา สารสุวรรณ
 5. นาย อมรเทพ ป่าเกลือ
 6. นาย อมรเทพ สุขสันต์
 7. นาย อิทธิพัทธ์ แก้วอุดร

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด

นาย ยงยุทธ แสงฉวี
นาย วิชระพงษ์ แสนมา
นาย สถาพร อินพรหม
นางสาว สุณิสา สารสุวรรณ
นาย อมรเทพ ป่าเกลือ
นาย อมรเทพ สุขสันต์
นาย อิทธิพัทธ์ แก้วอุตร
ผศ.ดร. ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. เซาว์ ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้เป็นการศึกษาและออกแบบสร้างฟาร์มอัจฉริยะต้นแบบสำหรับปลูกสตอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด เพื่อให้เป็นเทคโนโลยีโรงเรือนปิดต้นแบบสำหรับปลูกสตอเบอร์รี่หรือพืชอื่น ๆ ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น เชอร์รี่ แคนตาลูป โดยสามารถปลูกพืชได้ทุกๆ ภูมิภาคและสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนได้อย่างอัตโนมัติ ทำให้สามารถปลูกพืชนอกฤดูกาลได้โดยมีการนำเทคโนโลยีสมาร์ตฟาร์มมาประยุกต์ใช้ภายในโรงเรือนปิดให้มีการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น แสง และระบบส่งจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ โดยมีการติดตั้งระบบทางอุณหภูมิ ความชื้น และระบบส่งจ่ายปุ๋ย จากนั้น มีการออกแบบ และจัดการระบบสังเกตการณ์ด้วย SCADA และระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน (Monitoring and Control) โดยใช้เทคโนโลยีประมวลผล และควบคุมจาก PLC (Programmable logic controller) ซึ่งทำให้เกษตรกรสามารถติดตามพารามิเตอร์ของสภาวะแวดล้อมต่างๆ ภายในโรงเรือนและควบคุมการทำงานของระบบควบคุมภายในโรงเรือนได้จากทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้สำหรับพื้นที่ที่ระบบไฟฟ้าเข้าไม่ถึงก็ได้มีการออกแบบระบบต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เพียงพอกับความต้องการใช้งานของต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตอเบอร์รี่หรือพืชมูลค่าสูงอื่นๆ ที่สนใจ

ผลการออกแบบและทดสอบการใช้ระบบสังเกตการณ์ และควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนพบว่าสามารถใช้งานในการติดตามค่าพารามิเตอร์ทางอุณหภูมิ และความชื้นได้ อีกทั้งยังสามารถตั้งค่าให้ระบบพ่นหมอก และส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ าทานได้ตามที่กำหนดอีกด้วย

Smart Farm for Strawberry Planting in Greenhouse

Mr. Yongyut Sangchavee

Mr. Watcharapong Sanma

Mr. Sathaporn Inphrom

Miss Sunisa Sansuwan

Mr. Amornthep Phaklue

Mr. Amonthep Suksun

Mr. Ittiput Keawudorn

Asst.Prof.Dr. Chai Chompoo-inwai Supervisor

Asst.Prof.Dr. Chow Chompoo-inwai Supervisor

Year 2017

ABSTRACT

This thesis is a study and design of smart farm for Strawberry planting in greenhouse. We aimed to build and propose our owned technology for delivery the prototype greenhouse technology for strawberry or other high economic value planting such as cherry, mushroom, and cantaloupe etc. The newly proposed prototype technology in greenhouse will help farmers to grow plant in all regions and can grow out off season with automatic environment control inside the greenhouse.

Smart farm technology has been applied and implemented in this greenhouse. We design the temperature control, humidity control and food feeding automatic control systems. Then, the temperature, humidity and food feeding systems are installed in greenhouse. After that, design observation system with SCADA and environmental control system (Monitoring and Control) in the greenhouse by using PLC (Programmable logic controller) technology, which allows farmers to observe environment parameters in greenhouse and control the operation of the control system via the internet. In addition, for areas where electrical systems are inaccessible, solar power systems are designed to be sufficient power for demand of load in smart farm prototype for strawberry or other high economic value planting.

The result of designing and testing the monitoring and control system was found that one can observe the temperature and humidity value in greenhouse and control the operation of the control system through the Internet.



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จบรรลุตามเป้าหมายไปได้ด้วยดีและมีความสมบูรณ์ ต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว และ ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุม ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ที่คอยให้คำแนะน าปรึกษา ช่วยเหลือ และชี้แนะในการจัดท าปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์ทุกท่าน ที่สอนให้วิชาความรู้ ให้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะคาปรึกษาแนวทางในเรื่องต่างๆอันมีส่วนสำคัญที่มีความเกี่ยวข้องในการจัดท าปริญญาานิพนธ์ เพื่อใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้สามารถน าไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในขั้นต่อไป

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณพี่ๆในห้อง ESIRC ทุกท่าน ที่คอยเป็นที่ปรึกษา แนะนำเสริมความรู้จากประสบการณ์ที่ผ่านมา เพื่อน ามาจัดท าปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีข้อมูลถูกต้อง ครบถ้วน และมีความสมบูรณ์ที่สุด

คณะผู้จัดทำได้ระลึกถึงและขอขอบพระคุณบุคคลที่เป็นผู้ให้ก านิดหรือบุพการี คือ บิดา มารดา อันเป็นที่รักและเคารพอย่างยิ่ง ที่ให้ความรู้ ให้ความรัก ให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และให้กำลังใจที่ดีเสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อทุกท่านที่มีความสนใจต้องการจะศึกษาหาความรู้ในเรื่องนี้ จึงขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญรูป	X
สารบัญตาราง	XV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	3
1.5 แผนการดำเนินงาน	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.2 เกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm)	8
2.2.1 ความหมายของเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm)	8
2.2.2 หลักการทำงานของเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm)	8
2.3 โรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse)	8
2.3.1 ความหมายของโรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse)	9
2.3.2 คุณสมบัติของโรงเรือนปลูกพืช (Properties of greenhouse)	9
2.3.3 ชนิดของโรงเรือนปลูกพืช (Type of greenhouse)	9
2.4 สตรอเบอร์รี่	10
2.4.1 สัณฐานวิทยา	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 สายพันธุ์ในประเทศไทย	11
2.4.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกสตรอเบอร์รี่	12
2.5 Programmable Logic Controller (PLC)	13
2.5.1 ความเป็นมาของ PLC	14
2.5.2 ชนิดของ PLC	15
2.5.3 โครงสร้างของ PLC	17
2.6 GX Works3	22
2.6.1 การออกแบบระบบ	23
2.6.2 การเขียนโปรแกรม	23
2.7 Modbus Protocol	24
2.8 RS485 (Recommended Standard no. 485)	25
2.9 เซนเซอร์ (Sensor)	26
2.9.1 ความหมายของเซนเซอร์	26
2.9.2 ชนิดของเซนเซอร์	26
2.10 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	27
2.10.1 การระบายอากาศ (Ventilation)	27
2.10.2 การทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling)	28
2.10.3 การทำความเย็นหลังคาโรงเรือน	29
2.10.4 การใช้ระบบพ่นหมอก	29
2.10.5 การใช้ระบบเครื่องปรับอากาศ	29
2.11 ระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำ แก๊พซี	33
2.11.1 การให้ปุ๋ยด้วยการละลายไปกับระบบการส่งจ่ายน้ำ	33
2.11.2 ระบบน้ำหยด	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.12 LED Grow Light	34
2.12.1 ประโยชน์ของ LED Grow Light	35
2.12.2 ค่าหรือปริมาณที่ใช้ในการเลือก LED Grow Light	35
2.13 พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)	36
2.13.1 ความหมายของเซลล์แสงอาทิตย์	36
2.13.2 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์	36
2.13.3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	37
2.13.4 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	38
2.13.5 การผลิตพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์	39
2.13.6 ข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอาคาร Future Center	41
2.14 ระบบ SCADA	42
2.14.1 เว็บไซต์	42
2.14.2 ภาษาที่ใช้เขียนเว็บไซต์	44
2.14.3 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบเว็บไซต์	47
2.14.4 ฐานข้อมูล (Database)	48
2.14.5 ส่วนที่ใช้เชื่อมต่อระหว่าง PLC และเว็บไซต์	49
2.15 เทคโนโลยีจากประเทศต่างๆ สหัมปลุกสตอร์เบอร์รี่จากการลงพื้นที่ส ารวม	52
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง	58
3.1 วิธีการดำเนินงาน	58
3.2 การออกแบบโรงเรือนและระบบบริหารจัดการภายในโรงเรือน	64
3.2.1 การออกแบบโรงเรือน	64
3.2.2 การออกแบบระบบบริหารจัดการภายในโรงเรือน	70
3.3 การออกแบบระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power supply system)	88
3.3.1 โหลดระบบของโรงเรือน	88

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 เลือกขนาด Inverter ให้เหมาะสมกับโหลดของโรงเรือน	89
3.3.3 ชนิดของแผงโซลาร์เซลล์	92
3.3.4 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับอินเวอร์เตอร์	93
3.3.5 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนโครงสร้าง	95
3.3.6 เลือกขนาดและจำนวนของแบตเตอรี่	96
3.4 การออกแบบตู้ควบคุม (Control panel design)	98
3.5 การออกแบบระบบไฟฟ้าสังเกตการณ์ และระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน	104
3.5.1 โครงข่ายของระบบไฟฟ้าสังเกตการณ์ และระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน	104
3.5.2 ขั้นตอนการการออกแบบหน้าจอแสดงผลและระบบควบคุมบนเว็บไซต์	105
บทที่ 4 ผลการทดลอง	107
4.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรือน	107
4.1.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์	107
4.1.2 ผลการทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรือน	111
4.2 ผลการทดสอบระบบสังเกตการณ์และควบคุมด้วย SCADA	113
4.2.1 ผลการจัดท ารมบ	113
4.2.2 ผลการทดสอบระบบ	118
4.3 บทวิเคราะห์ทางการเงิน	119
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	123
5.1 สรุปผลการทดลอง	123
5.2 ข้อเสนอแนะ	125

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	126
ภาคผนวก	131
ภาคผนวก ก เซ็นเซอร์	132
ภาคผนวก ข อุปกรณ์ควบคุม	141
ภาคผนวก ค ตู้คอนโทรล	147
ภาคผนวก ง บทความวิชาการ	149
ประวัติผู้เขียน	156



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง PPFD และอัตราการสังเคราะห์แสง	13
2.2 PLC ชนิด Block Type	15
2.3 โครงสร้างภายนอกของ PLC	15
2.4 รูปร่างของ PLC ชนิดโมดูล	16
2.5 ไดอะแกรมภายในของ PLC	17
2.6 อุปกรณ์ที่สามารถต่อเข้ากับภาคอินพุตของ PLC	19
2.7 อุปกรณ์ที่สามารถต่อเข้ากับภาคเอาต์พุตของ PLC	20
2.8 ไดอะแกรมภาคแหล่งจ่ายไฟ PLC	21
2.9 แหล่งจ่ายไฟชนิดโมดูล	22
2.10 การกำหนดพารามิเตอร์ของโมดูล	23
2.11 การจำลองฮาร์ดแวร์	24
2.12 การสื่อสารระหว่าง Master และ Slave	24
2.13 การทำงานของ RS485 แบบ Network	25
2.14 การเชื่อมต่อ RS485 ระหว่างเครื่องมือวัดและตัวแปลงสัญญาณ	25
2.15 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ	27
2.16 การใช้พัดลมระบายอากาศในโรงเรือน	28
2.17 แสดงการทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling)	28
2.18 การใช้ระบบพ่นหมอกในโรงเรือน	29
2.19 การเปรียบเทียบระหว่าง P, PI และ PID Control	32
2.20 การให้ปุ๋ยด้วยการละลายไปกับระบบการส่งจ่ายน้ำ	33
2.21 หุ่นนำทางและการจ่ายน้ำตามหุ่นนำทาง	34
2.22 ช่วงความยาวคลื่นแสงที่คลอโรฟิลล์เอและบีดูดซึม	35
2.23 ลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว, ผลึกรวมและแบบอะมอร์ฟัส	37
2.24 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	38
2.25 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	39
2.27 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจ่าย	40
2.28 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	41
2.29 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจาก Future Center ในแต่ละฤดู	42
2.30 รูปแบบโครงข่ายเว็บไซต์	42
2.31 การขอรับบริการและให้บริการ	43
2.32 หน้าต่างโปรแกรม Arduino	49
2.33 NODEMCU Development kit	50
2.34 คุณลักษณะของ ESP8266 Module WiFi	51
2.35 ESP8266 Module WiFi Block diagram	51
2.36 พัดลมระบายอากาศ	52
2.37 ท่อลมสำหรับส่งผ่านอากาศเย็นภายในโรงเรือน	53
2.38 หัวพ่นหมอก	53
2.39 มอเตอร์ในการเปิด-ปิดบานกรองแสง	54
2.40 มิเตอร์วัดพารามิเตอร์ต่างๆในโรงเรือน	54
2.41 ตารางติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล 3 ระดับ	54
2.42 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ แบบที่ 1	55
2.43 ท่อส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ วางตามรางปลูก แบบที่ 1	55
2.44 รางรองน้ำ ทิ้ง แบบที่ 1	55
2.45 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ แบบที่ 2	56
2.46 รางรองน้ำ ทิ้ง แบบที่ 2	56
2.47 ระบบทาน้ำเย็นที่ใช้รดต้นสตรอเบอร์รี่	56
2.48 รางปลูกสตรอเบอร์รี่ที่สามารถเลื่อนขึ้น-ลงได้	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 แผนภาพแสดงวิธีการดำนินงานภาคเรียนที่ 1	58
3.2 แผนภาพแสดงวิธีการดำนินงานภาคเรียนที่ 2	59
3.3 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบโรงเรือน	60
3.4 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบระบบบริหารจัดการโรงเรือน	61
3.5 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบ Solar cell	63
3.6 สถานที่ตั้งของโรงเรือน	64
3.7 การออกแบบโครงสร้างภายนอกโรงเรือนและห้องระบบควบคุมแบบ 2 มิติ	65
3.8 การออกแบบโครงสร้างภายนอกโรงเรือนและห้องระบบควบคุมแบบ 3 มิติ	66
3.9 ลักษณะการติดตั้งรางปลูกภายในโรงเรือนแบบ 2 มิติ	67
3.10 ลักษณะการติดตั้งรางปลูกภายในโรงเรือนแบบ 3 มิติ	68
3.11 วีวาร์บอร์ด (Viva Board)	69
3.12 เมทัลชีท (Metal Sheet)	69
3.13 เมทัลชีทแบบใส (Metal Sheet)	70
3.14 เครื่องปรับอากาศ SAMSUNG รุ่น AR10FCSEFUU ขนาด 9000 BTU	71
3.15 เซนเซอร์ส าหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น	71
3.16 ลักษณะการติดตั้งเครื่องปรับอากาศและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ-ความชื้น แบบ 2 มิติ	72
3.17 แผนภาพแสดงการท างานของระบบท ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	73
3.18 หัวพ่นหมอกและปั้มน้ าDC24V Green-03 60Watt	74
3.19 ลักษณะการติดตั้งหัวพ่นหมอกและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ-ความชื้น แบบ 2 มิติ	75
3.20 แผนภาพแสดงการท างานของระบบท ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	76
3.21 ปั้มน้ าSEAFLO-40 220VAC 198Watt และ ท่อ PE	77
3.22 เซนเซอร์ที่ใช้ในระบบส่งจ่ายอาหารและน้ำ	78
3.23 ลักษณะการติดตั้งเทปน้ำหยด แบบ 2 มิติ	79
3.24 แผนภาพแสดงการท างานของระบบส่งจ่ายอาหารและน้ำ	81
3.25 หลอด LED Grow Light ขนาด 300 วัตต์	82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.26 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง	83
3.27 ลักษณะการติดตั้ง LED Grow Light และเซนเซอร์วัดความเข้มของแสง แบบ 2 มิติ	83
3.28 แผนภาพแสดงการท างานของระบบแสงสว่าง	84
3.29 แผนภาพโครงสร้างการท างานของระบบประมวลผลและควบคุม	85
3.30 แผนภาพส่วนประกอบของระบบประมวลผลและควบคุม	86
3.31 PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES และModule FX5-485-ADP	87
3.32 ESP8266	87
3.33 กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหนดใน 1 วัน (kW)	89
3.34 ตัวอย่างอินเวอร์เตอร์ที่ใช้	90
3.35 ตัวอย่างแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้	92
3.36 การต่อแผงโซลาร์เซลล์ส ำหรับอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว	94
3.37 กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหนด และพลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ใน 1 วัน (kW)	94
3.38 การออกแบบโครงสร้างติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แบบ 3 มิติ	95
3.39 กราฟปริมาณการใช้พลังงานของโหนดในช่วงที่ไม่มีพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์	96
3.40 การต่อวงจรแบตเตอรี่	97
3.41 ชั้นจัดเก็บแบตเตอรี่	97
3.42 แบบภายในตู้ควบคุม (Control panel)	100
3.43 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรไฟฟ้าก ำลัง(1)	101
3.44 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรไฟฟ้าก ำลัง(2)	102
3.45 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรคอนโทรล (1)	103
3.46 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรคอนโทรล (2)	103
3.47 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรคอนโทรล (3)	104
3.48 แผนภาพโครงสร้างการท างานของระบบเฝ้าสังเกตการณ์	105

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.49 Flow chart การท างานของระบบเฝ้าสังเกตการณ์ และระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน (Monitoring and Controlling)	106
4.1 โครงสร้างภายนอกของโรงเรือน (Front view)	107
4.2 โครงสร้างภายนอกของโรงเรือน (Front view)	108
4.3 โครงสร้างภายนอกของโรงเรือน (Back side)	108
4.4 โครงสร้างภายในห้องควบคุม	109
4.5 โครงสร้างภายในโรงเรือน	110
4.6 ผลการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ	111
4.7 ผลการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	112
4.8 หน้าเว็บหลักของระบบ	114
4.9 หน้าเว็บย่อย: ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ ของทั้งสองโรงเรือน	115
4.10 หน้าเว็บย่อย: ระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นของทั้งสองโรงเรือน	115
4.11 หน้าเว็บย่อย: ระบบควบคุมแสงของโรงเรือนปลูกที่ใช้แสงจากหลอด LED	116
4.12 หน้าเว็บย่อย: กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนทั้งสองเทียบกับเวลา 1 วัน	116
4.13 หน้าเว็บย่อย: การตั้งค่าเลือกชนิดของพืชที่ปลูก	117
4.14 หน้าเว็บย่อย: แสดงค่าพารามิเตอร์ของพืชที่ปลูก	117
4.15 หน้าเว็บย่อย: การตั้งค่าพารามิเตอร์ของพืชที่ปลูก	117
4.16 ผลการทดสอบระบบสังเกตการณ์	118
4.17 ผลการทดสอบระบบจ่ายปุ๋ยและน้ำ	118
4.18 ผลการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	119
4.19 การวิเคราะห์ทางการเงินของการปลูกสตรอเบอร์รี่1รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาว	122
4.20 การวิเคราะห์ทางการเงินของการปลูกสตรอเบอร์รี่2รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาว และนอกฤดูกาล	122

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	4
3.1 คุณสมบัติของ PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES	86
3.2 คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ (Specification of Inverter)	90
3.3 คุณสมบัติของแผงโซล่าเซลล์	92
4.1 การท างานของอุปกรณ์ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	113
4.2 ตารางโหลดประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรือนในฤดูร้อน	120
4.3 ตารางโหลดประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรือนในฤดูหนาว	120
4.4 ตารางรายได้ รายจ่ายและกำไร สำหรับ การปลูกและขายสตรอเบอร์รี่ 1รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาว และ การปลูกและขายสตรอเบอร์รี่ 2รอบการผลิต ต่อปี ในช่วงฤดูหนาวและช่วงนอกฤดูกาล	121

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก ซึ่งในแต่ละภูมิภาคของประเทศจะมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปลูกพืชที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากพืชแต่ละชนิดต้องการสภาวะแวดล้อมในการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตที่เหมาะสมกับพืชนั้นๆ จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องของแหล่งพื้นที่ในการปลูกสำหรับพืชบางชนิด อย่างเช่นสตรอเบอร์รี่

สตรอเบอร์รี่เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ เป็นพืชเขตหนาว ด้วยเหตุนี้สตรอเบอร์รี่จึงต้องทำการปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศค่อนข้างเย็น ซึ่งจะสามารถปลูกได้แค่ในบางพื้นที่และในบางฤดูกาลของประเทศเท่านั้น นอกจากนี้สตรอเบอร์รี่ยังเป็นพืชที่มีโรคพืชและศัตรูพืชค่อนข้างมากจึงต้องมีการป้องกันและกำจัดอย่างถูกวิธี เกษตรกรที่ปลูกสตรอเบอร์รี่หลายรายจึงเลือกใช้สารเคมีในการกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชเหล่านี้ อีกทั้งการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสตรอเบอร์รี่ยังถูกควบคุมด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความชื้น บ่อย และน้ำ เป็นต้น ซึ่งก็ต้องมีการควบคุมปัจจัยเหล่านี้ให้เหมาะสมกับสตรอเบอร์รี่

แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการเกษตรนั้นมีความก้าวหน้าไปอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมและเป็นที่น่าสนใจอย่างเทคโนโลยี “สมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm)” ได้ถูกนำมาใช้ในการเกษตรเพื่อพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพทางการเกษตรในหลายๆด้าน ซึ่งถ้าหากนำหลักการของสมาร์ทฟาร์มมาประยุกต์ใช้ในการปลูกสตรอเบอร์รี่จะทำให้เราสามารถตรวจวัดสภาวะแวดล้อมขณะปลูกและสามารถใช้ข้อมูลนั้นเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ได้อีกด้วย และเพื่อจะควบคุมสภาวะแวดล้อมให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำการปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนแบบปิด ซึ่งทำให้สภาวะแวดล้อมภายนอกเข้ามาไม่ผลต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่น้อยที่สุด นอกจากนี้การปลูกพืชในโรงเรือนปิดยังช่วยลดปัญหาโรคพืชและศัตรูพืชซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อมภายนอกได้ ทางคณะผู้จัดทำได้ไปศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกสตรอเบอร์รี่ด้วยเทคโนโลยีและเทคนิคต่างๆ จำนวน 3 แบบ คือ เทคโนโลยีการปลูกสตรอเบอร์รี่จากอิสราเอล, เทคโนโลยีการปลูกสตรอเบอร์รี่จากเกาหลี และเทคนิคการปลูกสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ซึ่งแต่ละเทคนิคก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้หลักการของสมาร์ตฟาร์มผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลและควบคุมเพื่อควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชแบบปิดอย่างอัตโนมัติ เพื่อให้เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ นอกจากนี้ยังจัดทาระบบสั่งเหตุการณ์และควบคุมระบบของโรงเรือน เพื่อให้สามารถติดตามค่าทางสถานะแวดล้อมและควบคุมระบบการทำงานของโรงเรือนได้จากระยะไกลผ่านอินเทอร์เน็ต อีกทั้งยังมีการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโรงเรือนในกรณีพื้นที่ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึงอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมาร์ตฟาร์มในปลูกพืช
2. เพื่อศึกษาการปลูกพืชในโรงเรือนปลูกพืชแบบปิด
3. เพื่อศึกษาการออกแบบและจัดทาระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชแบบปิดโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller)
4. เพื่อศึกษาการจัดทาระบบสั่งเหตุการณ์และควบคุมด้วย SCADA
5. เพื่อศึกษาการออกแบบและบริหารจัดการเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คือ พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ในการจ่ายไหลระบบของโรงเรือนปลูกพืช
6. เพื่อเป็นโรงเรือนต้นแบบในการปลูกสตรอเบอร์รี่และพืชอื่นๆนอกฤดูการ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาตัวแปรทางสถานะแวดล้อมที่เหมาะสม และออกแบบระบบโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่
2. ศึกษาและออกแบบต้นแบบโรงเรือนอัจฉริยะขนาดเล็ก
3. ศึกษาและออกแบบการทำงานของตัวควบคุม คือ PLC (Programmable Logic Controller) และเขียนโปรแกรมการทำงานด้วยGX-work3
4. ศึกษาการใช้โปรแกรม Dreamweaver และ Notepad ร่วมกับ Arduino ในการสร้างระบบ SCADA และการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web application)
5. ศึกษาและออกแบบระบบต้นกำลังโดยใช้พลังงานทดแทน คือ ระบบโซลาร์เซลล์ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับโรงเรือนซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีที่ใช้ในโครงการ

1. ศึกษาระบบผสม-ส่งจ่ายอาหารและน้ำในโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รี่
2. ศึกษาสถานะแวดล้อมของโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รี่ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง
3. ศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม ได้แก่ PLC (Programmable Logic Controller)
4. ศึกษาอุปกรณ์ในการตรวจวัดสถานะแวดล้อมของโรงเรือนปลูกพืช ได้แก่ เซนเซอร์ต่างๆ
5. ศึกษาโปรแกรมสำหรับสร้างระบบ SCADA ได้แก่ Dreamwever และ Notpad ร่วมกับ Arduino
6. ศึกษาการออกแบบและติดตั้งการใช้พลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์
7. ออกแบบระบบควบคุมการผสม-ส่งจ่ายอาหารและน้ำของโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รี่
8. ออกแบบระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือนแบบปิดสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่
9. ออกแบบระบบสังเกตการณ์และควบคุมโรงเรือนด้วย SCADA
10. ออกแบบระบบต้นก าลังจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์
11. ติดตั้งระบบควบคุมการผสม-ส่งจ่ายอาหารและน้ำของโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รี่
12. ติดตั้งระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือน
13. เขียนโปรแกรมควบคุมส าหรับPLC (Programmable Logic Controller)
14. จัดท าระบบสังเกตการณ์และควบคุมด้วย SCADA

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอน	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาระบบสมาร์ตฟาร์ม, โรงเรือนปลูกพืช และการออกแบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์(Solar cell)	↔								
2. ลงพื้นที่ศึกษาดูงานโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รี่ ที่อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี และศึกษาระบบควบคุมต่างๆที่ใช้ในโรงเรือน		↔							
3. ออกแบบโรงเรือนต้นแบบ <ul style="list-style-type: none"> - ออกแบบโรงเรือน - ออกแบบระบบบริหารจัดการโรงเรือน(ระบบควบคุมต่างๆ) - ออกแบบระบบสำหรับ monitoring & controlling ระบบภายในโรงเรือน - ออกแบบระบบต้นกำลัง (Power supply system) 			↔						
4. จัดทำวัสดุอุปกรณ์ ทดสอบอุปกรณ์ และรวบรวมข้อมูล จัดทำรายงานเสนอโครงการภาคเรียนที่ 1					↔				
5. สร้างโรงเรือน และวางระบบบริหารจัดการพร้อมติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ						↔			
6. เขียนโปรแกรม สำหรับ PLC และระบบสำหรับ monitoring & controlling ระบบภายในโรงเรือน							↔		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทดสอบความถูกต้องในการท างานระบบต่างๆในโรงเรือน พร้อมแก้ไขข้อผิดพลาด								↔		
8. รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลสรุปผล จัดทำ รูปเล่มและน าเสนอโครงการภาคเรียนที่ 2									↔	

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับการปลูกสตรอเบอร์รี่
2. ได้ความรู้ในการออกแบบโรงเรือนปลูกพืชให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นๆ
3. ได้ความรู้ในการออกแบบและติดตั้งระบบควบคุมเข้ากับอุปกรณ์ด้านอินพุท และเอาต์พุทของระบบต่างๆ
4. ได้ความรู้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมสำหรับ PLC (Programmable Logic Controller)
5. ได้ความรู้ในการออกแบบและจัดทำ ารשבสังเกตการณ์และควบคุมด้วย SCADA
6. ได้ความรู้ในการออกแบบระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์
7. เป็นต้นแบบให้แก่ผู้สนใจ าสมาร์ทฟาร์มส าหรับปลูกพืชมูลค่าสูงในโรงเรือนแบบปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด ซึ่งภายในมีระบบต่างๆ ที่ใช้ควบคุมสถานะแวดล้อม เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้น ระบบส่งจ่ายอาหาร เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ จึงได้มีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

โอฬาร ตันทวีรุฬห์ (2540) [50] ได้ศึกษาการเกิดตาดอกของสตรอเบอร์รี่ในพื้นที่ราบโดยการควบคุมอุณหภูมิและแสง ทาการทดลองที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2540 โดยปลูกสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Toyonoka และพันธุ์ Tioga ในกระบะในโรงเรือนพลาสติก ซึ่งควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ระบบน้ำเย็นใต้ดินตลอด 24 ชั่วโมงและควบคุมแสงให้เป็นวันสั้นโดยใช้ผ้าพลาสติกสีดำคลุมแปลงปลูกในช่วง 04.00 น.-08.00 น. (ช่วงมืด 16 ชั่วโมง) ซึ่งผู้จัดทำได้ศึกษาในส่วนของอุณหภูมิ และการควบคุมแสงที่เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่จากงานวิจัยฉบับนี้

दनัย หล้าสุดตา และวิริตี อิศวานวัตร (2551) [51] ได้ศึกษาการสร้างชุดการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดจำลองแบบไร้สาย เพื่อรักษาอุณหภูมิ และความชื้นให้เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดโดยใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนของชุดควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย นอกจากนี้ยังมีส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถแสดงผล และกำหนดค่าของอุณหภูมิและความชื้นผ่านทางจอมอนิเตอร์ ซึ่งทางผู้จัดทำได้ศึกษาในส่วนของ การออกแบบระบบจำลองสถานะแวดล้อม และการออกแบบระบบรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายจากงานวิจัยฉบับนี้ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของตัวอุปกรณ์ควบคุมเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับโรงเรือนต้นแบบที่ทางผู้จัดทำได้ทำการออกแบบสร้าง

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอดิกร เสรีพัฒนานนท์ (2557) [52] ได้ศึกษาการออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบการทาความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปร์ยละอองน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยรับสัญญาณอะนาลอกจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณอะนาลอกเพื่อให้ PLC ประมวลผล และใช้ดิจิทัลโวลท์มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่หน้าตู้ควบคุม ระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างสามารถทำงานได้ทั้งแบบการควบคุมด้วยมือ และ แบบอัตโนมัติ ซึ่งทางผู้จัดทำได้ศึกษาระบบทาความเย็นด้วยระบบสเปร์ยละอองน้ำ และการควบคุมระบบด้วย PLC จากงานวิจัยฉบับนี้

ณัฐริกา นิชมญาติ และ มินตรา มีสาวงษ์ (2556) [53] ได้ศึกษาระบบจัดการโรงเรือนปลูกพืชด้วยแอนดรอยด์ผ่านเซิร์ฟเวอร์ฝั่งตัว การทำงานของระบบมี 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนองเซิร์ฟเวอร์ฝั่งตัว และส่วนที่สองเป็นส่วนองแอปพลิเคชันแอนดรอยด์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเซิร์ฟเวอร์ฝั่งตัว ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทาหน้าที่รับค่าจากตัวรับรู้ SHT15 กับ LDR แล้วนำค่าไปแสดงบนเว็บเซิร์ฟเวอร์ ส่วนแอปพลิเคชันแอนดรอยด์จะควบคุม โซลินอยด์วาล์ว ม่านกรองแสงและพัดลมระบายอากาศ เกษตรกรสามารถใช้ทั้งเว็บไซต์และแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ในการควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือน สามารถดูค่าที่วัดได้จาตัวรับรู้และแสดงกราฟได้บนแอปพลิเคชัน ซึ่งผู้จัดทำได้ศึกษาในส่วนองระบบจัดการโรงเรือนผ่านเซิร์ฟเวอร์ไร้สายจากงานวิจัยฉบับนี้

แม้ว่างานวิจัยแต่ละฉบับจะได้ทาการศึกษาในส่วนองระบบจำลองสภาวะแวดล้อมเพื่อให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ตัวควบคุมระบบ รวมไปถึงระบบติดตาม และควบคุมระยะไกล แต่ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาระบบควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้สามารถปลูกพืชนอกฤดูการได้

2.2 เกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm)

2.2.1 ความหมายของเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm)

ความหมายของ Smart Farm หรือ Smart Agriculture คือ การใช้ระบบการจัดการใหม่สำหรับการเกษตรเชิงธุรกิจด้วยการผสมผสานศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์การเกษตรกับศาสตร์ทางวิศวกรรมเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยการให้บริการความรู้และเพิ่มประสิทธิภาพเกษตรกร [1]

เกษตรอัจฉริยะเป็นรูปแบบการทำเกษตรแบบใหม่ที่จะทำให้การทำไร่ทำนาในปัจจุบันมีภูมิคุ้มกันต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปโดยการนำเอาข้อมูลของภูมิอากาศทั้งในระดับพื้นที่ย่อย (Microclimate) ระดับไร่ (Mesoclimate) และระดับมหภาค (Macroclimate) มาใช้ในการบริหารจัดการดูแลพื้นที่เพาะปลูกเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เกิดขึ้นรวมถึงการเตรียมพร้อมรับมือกับสภาพอากาศที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต [2]

2.2.2 หลักการทำงานระบบเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm) [2]

ระบบเกษตรอัจฉริยะจะบูรณาการข้อมูล Microclimate และ Mesoclimate จากเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Networks) ที่ติดตั้งตามจุดต่างๆ ภายในพื้นที่เพาะปลูก (ข้อมูลอุณหภูมิความชื้นในดินและในอากาศ แสง ลม น้ำฝน) กับข้อมูลอุตุนิยมวิทยา Macroclimate (เรดาร์ ข้อมูลดาวเทียม โมเดลสภาพอากาศ) ที่มีอยู่บนอินเทอร์เน็ต และนำเสนอต่อเกษตรกร เจ้าของไร่ผ่านทางเว็บไซต์ โดยจะมีการเก็บข้อมูลเป็นฐานข้อมูลของไร่เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจและดำเนินกิจกรรมต่างๆ การวางแผนการเพาะปลูก การให้น้ำให้ปุ๋ยและยา เป็นต้น ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศและสถานีตรวจวัดดินตามจุดต่างๆ ที่ถูกติดตั้งอยู่ภายในไร่จะถูกรวบรวม และส่งข้อมูลแบบไร้สายมายังคอมพิวเตอร์ในบ้านของเจ้าของไร่โดยสามารถติดตามข้อมูลได้ตลอดเวลาได้หลายช่องทาง ทั้งจากโปรแกรมแสดงผลบนคอมพิวเตอร์กลางภายในไร่หรือดูข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตผ่านทางเว็บไซต์ก็สามารถทำได้ ทำให้เจ้าของไร่สามารถดูแล และจัดการไร่ของตัวเองได้ตลอดเวลา

2.3 โรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse) [3]

ในการผลิตทางการเกษตร เกษตรกรเป็นจำนวนมากยังต้องพึ่งพาอาศัยธรรมชาติเป็นหลักไม่ว่าจะเป็นปริมาณน้ำฝน ช่วงแสงแดด อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศ เป็นต้น ซึ่งมักจะแปรปรวนไม่เป็นไปตามที่คาดหวังอีกทั้งพืชพันธุ์ที่ปลูกมีความหลากหลายมากขึ้นตาม ความต้องการของตลาดมีความต้องการสภาวะสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงประสบ

ความเสียหายทั้งด้านคุณภาพ และปริมาณอยู่เสมอ แนวทางหนึ่งที่เกษตรกรจะสามารถคาดหวังคุณภาพ และปริมาณได้ตามต้องการคือต้องท การผลิตพืชในสภาวะที่ควบคุมได้ ซึ่งเป็นที่มาของโรงเรือนเพาะปลูก พืช

2.3.1 ความหมายของโรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse)

โรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse) คือสถานที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชทางการเกษตรโดย มีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ให้เหมาะสมกับความต้องการของการเจริญเติบโตของ พืชนั้น [4] โรงเรือนปลูกพืชใช้สำหรับอนุบาลพืชหรือเพาะปลูกพืชนิยมใช้เพาะปลูกพืชเพื่อความสวยงามและพืช ทางการค้าที่ให้ผลตอบแทนสูง เช่น ไม้ดอก ไม้ประดับ พืชไฮโดรโปนิก และพืชผักต่างๆ [5]

2.3.2 คุณสมบัติของโรงเรือนปลูกพืช (Properties of greenhouse) [5]

2.3.2.1 ป้องกันการเสียหายของพืชเนื่องจากโรคแมลง และลดการใช้สารเคมีในการ ก าจัดศัตรูพืช

2.3.2.2 สามารถใส่อุปกรณ์เสริมควบคุมในระบบการผลิตได้ เช่น ติดตั้งระบบระบาย อากาศเพื่อให้ได้สภาพอากาศที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำ เพื่อรักษาความชื้นภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช และสามารถควบคุมแสงสว่างให้ เหมาะกับพืชบางพันธุ์ที่ต้องการความเข้มแสงแตกต่างกันไป

2.3.2.3 ทำให้ง่ายต่อการวางแผนการผลิต สามารถควบคุมปริมาณ และคุณภาพการ ผลิต และยังเอื้อต่อการดูแลรักษาพืช

2.3.3 ชนิดของโรงเรือนปลูกพืช (Type of greenhouse) [3]

โรงเรือนเพาะปลูกแบ่งออกได้ 2 ชนิด ได้แก่

2.3.3.1 โรงเรือนแบบเปิด ผนัง และหลังคาเป็นตาข่ายกันแมลงมีระบบการให้น้ำพืช แบบต่างๆ อากาศถ่ายเทได้สะดวก

2.3.3.2 โรงเรือนแบบปิด ผนัง และหลังคาเป็นแผ่นโปร่งแสงหรือโปร่งใส แบบอ่อนหรือ แบบแข็ง และมีเครื่องมืออุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เช่น

1. ระบบแผ่นระเหยน้ำ ช่วยลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นภายใน
2. ระบบพ่นหมอก ช่วยลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นภายใน
3. ระบบการให้น้ำ พืชช่วยการดูดซึมธาตุอาหารของพืชได้เหมาะสม
4. ระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ย
5. ระบบแสงสว่าง ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช
6. ระบบตาข่ายพรางแสง ช่วยลดความเข้มข้นของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ระบบควบคุมศัตรูพืช ช่วยป้องกัน และกำจัดศัตรูพืชภายในโรงเรือน

2.4 สตรอเบอร์รี่ (Strawberry)

สตรอเบอร์รี่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fragaria x ananassa* Duch. เป็นพืชในวงศ์ Rosaceae สกุล *Fragaria* ซึ่งมีอยู่หลายชนิดที่ปลูกแพร่หลายมีจำนวนโครโมโซมแบบ octaploid ($2n = 56$) [6]

2.4.1 สัณฐานวิทยา (Morphology) [7]

สตรอเบอร์รี่เป็นไม้ผลทรงพุ่มขนาดเล็กมีลักษณะการเจริญโดยการแตกกอ มีดอกสีขาว และผลขนาดเล็กสีแดง ผิวเป็นมัน มีเมล็ดติดอยู่ที่ผิวด้านนอกของผิว เมื่อผลสุกจะมีกลิ่นหอม สตรอเบอร์รี่เป็นพืชหลายฤดูแต่โดยทั่วไปจะปลูกปีเดียวแล้วจะมีการปลูกใหม่ในปีถัดไป ลักษณะการเจริญเติบโตจะแตกกอเป็นพุ่มเตี้ย สูงจากพื้นดิน 6-8 นิ้ว ทรงพุ่มกว้าง 8-12 นิ้ว

2.4.1.1 ราก (Root) รากของสตรอเบอร์รี่แบ่งออกได้เป็นรากแขนง (Feeder root) คือ ส่วนที่งอกออกมาจากล ำต้นและสัมผัสกับดินได้โดยตรง รากส่วนใหญ่จะอยู่ลึกจากผิว ดินประมาณ 15-30 cm. ต้นที่สมบูรณ์โดยปกติมีรากแขนงประมาณ 20-30 ราก [8] ทาหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารที่จำเป็น สำหรับการเจริญของส่วนยอด และการออกผล ช่วยในการพยุลง ต้นและทาหน้าที่เป็นแหล่งสะสมอาหาร ประเภทแป้งไว้ใช้ในระยะเวลาพักตัวระหว่างฤดูหนาว [9] รากแรก (Primary root) ในต้นสตรอเบอร์รี่ที่สมบูรณ์อาจมีรากชนิดนี้ได้ถึง 100 รากโดยรากนี้จะเจริญออกมาจากส่วนล ต้นที่ฐานของใบใหม่แต่ละใบ ใบละประมาณ 6 รากซึ่งงอกออกจากหูใบด้านละ 3 ราก เนื้อเยื่อตรงกลางราก (Stele) ที่เป็นสีขาว สามารถเป็นดัชนีชี้วัดความสมบูรณ์ของต้นได้ [9]

2.4.1.2 ลำต้น (Crown) มีลักษณะกลมสั้นมีหลายข้ออยู่ชิดกันมาก ภายในลำต้นจะพบ ท่อลำเลียงเรียงกันเป็นวงแหวนรอบแกนกลาง ลำต้นมีเนื้อเยื่อกลุ่มเซลล์ของท่อน้ำท่ออาหารที่มีลักษณะ เป็นรูปทรงกระบอก [7] ซึ่งล ำต้นจะแตกกอเป็นพุ่มเตี้ย 6-8 นิ้ว ทรงพุ่มกว้าง 8-12 นิ้ว สูง 6-8 นิ้วขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และฤดูปลูก ส่วนยอดที่ติดอยู่ระหว่างรากกับใบเรียกว่าเหง้า (Crown) เป็นลำต้นสั้น ส่วนบนของลำต้นประกอบด้วยหูใบ (Leaf axil) ส่วนโคนของหูใบจะมีไหล (Runner) เจริญออกมา สามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อน (Daughter plant) ได้ [10]

2.4.1.3 ใบ (Leaves) ใบของสตรอเบอร์รี่เป็นใบประกอบ (Compound leaves) ซึ่งใบ จะเรียงตัววนกันทุก 6 ใบแบบเป็นเกลียวประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ ขอบใบหยักมีปากใบอยู่ที่ผิวด้านล่าง

ของแผ่นใบ ส่วนใหญ่ใบของสตรอเบอร์รี่จะมีอายุเพียง 2-3 เดือน และจะร่วงแต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ของต้นสตรอเบอร์รี่ด้วย [7]

2.4.1.4 ดอก (Flower) ดอกจะออกเป็นช่อมีกลีบเลี้ยงสีเขียว กลีบดอกสีขาวหรือสีชมพู เกสรตัวผู้มีสีเหลืองและเกสรตัวเมียเรียงอยู่บนฐานรองดอกซึ่งจะพัฒนาต่อไปเป็นเนื้อผล ดอกของสตรอเบอร์รี่มีด้วยกันหลายประเภทได้แก่ ดอกตัวผู้ ดอกสมบูรณ์เพศ และดอกตัวเมีย ดอกประเภทที่มีเกสรตัวเมียอยู่ด้วยมีโอกาสติดเป็นผลแต่ดอกที่มีแต่เกสรตัวผู้ไม่มีโอกาสติดผล ในบางสภาพแวดล้อมดอกตัวเมียของสตรอเบอร์รี่หลายพันธุ์สามารถพัฒนาเกสรตัวผู้พร้อมทั้งละอองเกสรท ทำให้กลายเป็นความสมบูรณ์เพศได้ [8]

2.4.1.5 ผล (Berry) ผลเป็นแบบผลกลุ่ม (Aggregated fruits) เนื้อของผลเจริญมาจากฐานรองดอก เมล็ดที่อยู่รอบนอกคือผลที่แท้จริง ผลย่อยแต่ละผลเจริญมาจากแต่ละรังไข่ที่อยู่บนฐานรองดอก ผลมีรูปร่างตั้งแต่กรวยยาวจนถึงรูปกลม ผลสุกมีสีแดงเข้ม เมล็ดมีสีเขียวอมเหลืองจนถึงเหลืองอมแดง น้ำหนักผลประมาณ 8-15 กรัม ผลที่เจริญมาจากดอก Primary จะมีขนาดใหญ่ที่สุด นอกนั้นจะมีขนาดเล็กรองลงมา และผลจากดอก Quarternary มีขนาดเล็กที่สุด [7]

2.4.1.6 ไหล (Runner หรือ Stolon) สตรอเบอร์รี่ขยายพันธุ์โดยใช้ไหล (Runner) ซึ่งเกิดจากลาต้นที่เจริญมาจากตาที่ซอกใบเจริญยืดยาวออกไปและที่ข้อที่สองของลาต้นจะเกิดต้นใหม่ขึ้น 1 ต้น สตรอเบอร์รี่จะผลิตไหลตลอดฤดูร้อน การผลิตไหลจะลดลง านนไหลมากขึ้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์และความสมบูรณ์ของต้นแม่ โดยที่ต้นแม่สามารถส่งผ่านน้ำ และอาหารซึ่งส่งต่อไปถึงยังต้นลูกได้โดยเฉลี่ยต้นแม่ 1 ต้นผลิตไหลได้ 10 ต้น แต่ถ้าไหลออกรากได้เร็วจะท ให้ได้จำนวนไหลเพิ่มขึ้นอาจมากถึง 18 ต้น [7]

2.4.2 สายพันธุ์ในประเทศไทย [10]

ในปัจจุบันในประเทศไทยมีการปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อการค้าหลายพันธุ์ซึ่งมูลนิธิโครงการหลวงเน้นส่งเสริมการปลูกสตรอเบอร์รี่พันธุ์ที่มีคุณภาพในการรับประทานสด อันได้แก่

2.4.2.1 พันธุ์พระราชทาน 50 พระราชทานเมื่อปี พ.ศ. 2539 ซึ่งเป็นปีฉลองสิริราชสมบัติครบ 50 ปีเป็นพันธุ์ที่เกิดจากการผสมในประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วนำเข้ามาผสมตัวเองตั้งแต่ในปี พ.ศ. 2536 สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในสภาพอากาศเย็นปานกลาง ทรงพุ่มปานกลางค่อนข้างแน่นไม่ทนต่อโรแต่ทนราแป้งได้ดีให้ผลผลิตคุณภาพดีโดยเฉพาะผลที่ใกล้สุกเต็มที่ น้ำหนักต่อผล 12-18 กรัม รูปร่างเป็นกลมสีแดงถึงแดงจัด เนื้อและผลค่อนข้างแข็ง

2.4.2.2 พันธุ์พระราชทาน 70 พระราชทานเมื่อปี พ.ศ. 2540 ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระชนมพรรษาครบ 70 พรรษาเป็นสายพันธุ์จากประเทศญี่ปุ่น ใบมี

ลักษณะกลมใหญ่และสีเขียวเข้ม ไม่ทนต่อราแป้งแต่ทนต่อโรคเหี่ยวให้ผลผลิตค่อนข้างสูง น้ำหนักต่อผล 11.5-13 กรัม ผลมีลักษณะทรงกลมหรือทรงกรวย สีแดงสดใสแต่ไม่สม่ำเสมอ เนื้อและผลค่อนข้างแข็ง มีความฉ่ำมีกลิ่นหอม

2.4.2.3 พันธุ์พระราชทาน 72 เป็นสายพันธุ์ที่มูลนิธิโครงการหลวงส่งเสริมให้ปลูกพระราชทานเมื่อปี พ.ศ. 2542 ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ทรงมีพระชนมพรรษาครบ 72 พรรษาเป็นสายพันธุ์จากประเทศญี่ปุ่น ชื่อพันธุ์ TOCHOTOME ผลมีขนาดค่อนข้างใหญ่คือ น้ำหนักต่อผล 14 กรัม เนื้อผลแข็งกว่าพันธุ์พระราชทาน 70 แต่มีความหวานน้อยกว่า มีความสมดุลพอดีระหว่างความเปรี้ยวหวาน มีกลิ่นหอมเมื่อสุกเนื้อภายในผลมีสีขาว ผิวผลเมื่อสุกเต็มที่จะมีสีแดงถึงแดงจัด เกาเป็นมันที่ผิวผล ทนต่อการขนส่งมากกว่าสายพันธุ์อื่น

2.4.2.4 พันธุ์พระราชทาน 80 พระราชทานเมื่อปี พ.ศ. 2550 ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ทรงมีพระชนมพรรษาครบ 80 พรรษาเป็นสายพันธุ์ที่นำเมล็ดพันธุ์ลูกผสมจากประเทศญี่ปุ่นมาปลูก เป็นสายพันธุ์ที่นำมาทดลองปลูกที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงอ่างขาง มีลักษณะเด่นกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ เมื่อสุกจะมีกลิ่นหอมและมีรสชาติหวานกว่า ผลมีลักษณะทรงกรวยถึงกลมปลายแหลม น้ำหนักต่อผล 12-15 กรัม เนื้อผลแน่นสีแดงสด ทนต่อโรคแอนแทรกโนสและราแป้งได้ดี

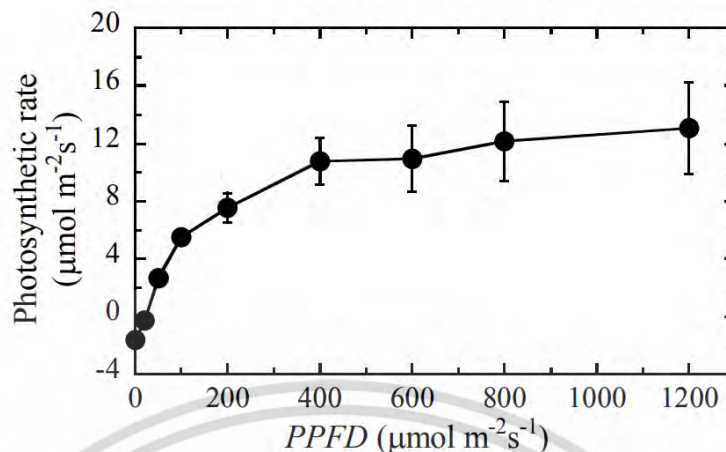
2.4.2.5 พันธุ์ 329 เป็นสายพันธุ์ที่กรมส่งเสริมการเกษตรใช้ในการส่งเสริมเกษตรกร มีลักษณะผลใหญ่ รสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม เนื้อแข็งสะดวกต่อการขนส่ง

2.4.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกสตรอเบอร์รี่

2.4.3.1 อุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ สตรอเบอร์รี่ คือ อุณหภูมิกลางวัน 24 °C อุณหภูมิกลางคืน 18 °C หรืออุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 17-20 °C [10]

2.4.3.2 ความชื้น โดยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่จะอยู่ระหว่าง 60-70 % [10]

2.4.3.3 แสง โดยความเข้มแสงที่เหมาะสมคือตั้งแต่ 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. และในด้านช่วงแสงที่เหมาะสมคือ 8 ชั่วโมงต่อวัน [11]



รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) และอัตราการสังเคราะห์แสง[11]

2.4.3.4 ดิน โดยดินที่ใช้ปลูกสตรอเบอร์รี่ควรเป็นดินร่วนปนทรายมีการระบายน้ำที่ดี มีความเป็นกรดเล็กน้อย pH ประมาณ 5.5-6.5 ความลึกของหน้าดินอย่างน้อย 30 เซนติเมตร [10]

2.5 Programmable Logic Controller (PLC) [12]

PLC มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Programmable Controller (PC) หรือ Sequence Control (SC) ซึ่งมีความหมายเกี่ยวกับอุปกรณ์นี้ว่า PLC คือ สิ่งที่เราเอาไปควบคุมอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ โดยผ่านสิ่งที่เรียกว่า Input-Output ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ภายในประกอบไปด้วยหน่วยความจำเพื่อจดจำคำสั่งที่สามารถสั่งงานได้ด้วยโปรแกรม (Programmable) นอกจากนี้ชื่อของ PLC ยังเรียกได้หลายแบบตามประเทศผู้ผลิต เช่น ในประเทศอังกฤษใช้โปรแกรมเมเบิลคอนโทรล (Programmable Control : PC) ในสหรัฐใช้ PLC และในประเทศสวีเดนใช้ระบบโปรแกรมเมเบิลไบนารี (Programmable Binary System : PBS) เป็นต้น PLC นั้นจะทำงานได้ต้องมีการป้อนคำสั่งเข้าไปซึ่งจะทำงานตามขั้นตอนของโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปโดยที่ตัว PLC จะสร้างอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในรูปของซอฟต์แวร์ที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงเปรียบเสมือนว่ามีอุปกรณ์เหล่านั้นบรรจุอยู่ในตัวของ PLC จริง เช่น ตัวตั้งเวลา ตัวนับจำนวน รีเลย์สวิตช์และหน้าสัมผัสต่างๆ เป็นต้น

2.5.1 ความเป็นมาของ PLC

ในสมัยก่อนระบบควบคุมทางไฟฟ้าจะเรียบง่ายเนื่องจากระบบนี้จะควบคุมการทำงานด้วยคน แผงควบคุมที่ทำงานด้วยรีเลย์เพียงไม่กี่ตัวก็สามารถจะทำการควบคุมที่จำเป็นตามที่ต้องการได้ทั้งหมดเมื่อกระบวนการเริ่มซับซ้อนขึ้น การควบคุมการทำงานกระบวนการนี้มียุ่งยากขึ้น แผงขึ้น และใช้แรงงานคนมากขึ้น เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากสาเหตุที่กล่าวมาการควบคุมแบบอัตโนมัติหลายรูปแบบก็เริ่มเกิดขึ้นท ให้ระบบเหล่านี้ต้องการความดูแลจากผู้ปฏิบัติการ (Operator) ลดลง ระบบอัตโนมัติในการควบคุมกระบวนการในปัจจุบันต้องการลอจิกในการควบคุม (Control Logic) จำนวนมากซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้รีเลย์ที่เป็นแบบกลไกทางไฟฟ้า (Electro Mechanical Relays) ได้อีกต่อไป เริ่มตั้งแต่ช่วง ปี ค.ศ.1970 ระบบควบคุมได้เปลี่ยนจากระบบที่ใช้อุปกรณ์รีเลย์แบบธรรมดาเข้าสู่ระบบที่เรียกว่า การควบคุมที่เป็นโซลิดสเตต (Solid State Control) ตัวควบคุมที่เป็นโซลิดสเตตสมัยใหม่โดยปกติจะเป็นระบบที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ซึ่งระบบแบบนี้สามารถกระทำการต่างๆในการทำงานของระบบควบคุมแบบดั้งเดิมได้ทั้งหมดสาเหตุอย่างอื่นที่เปลี่ยนจากระบบควบคุมแบบรีเลย์ไปใช้ระบบควบคุมที่เป็นโซลิดสเตต คือ สามารถทำงานได้เร็วกว่าอุปกรณ์ที่เป็นพวกกลไกทางไฟฟ้าแบบดั้งเดิม เทคนิคในการผลิตจะสามารถลดขนาดทางกายภาพของเครื่องลงไปได้มาก สามารถทำฟังก์ชันในการควบคุมพิเศษซึ่งพวกรีเลย์ไม่สามารถทำได้ และสามารถทำฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ต่างๆได้อีกมากมายในปี ค.ศ.1968 ระบบควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์หรือ PLC (Programmable Logic Controller) แต่ที่นิยมใช้เรียกโดยทั่วไป คือ PLC ถูกนำเสนอครั้งแรกโดยเหตุผลที่จะนำมาแทนที่ระบบรีเลย์แบบเก่าที่ยุ่งยากซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูงในตอนเริ่มต้น บริษัทเบสฟอร์ดได้นำระบบที่เรียกว่า โมดูลาติจิตอลคอนโทรลเลอร์ (Modular Digital Controller) มาใช้ในบริษัทผลิตรถยนต์ของเจเนอรัลมอเตอร์ หลังจากนั้น PLC ตัวแรกได้ออกสู่ท้องตลาดโดยใช้ชื่อว่ามอดิคอน (MODICON) หลังจากนั้นระบบ PLC ได้ถูกพัฒนามาตามลำดับโดยการพัฒนาได้พยายามทำให้ระบบ PLC ง่ายต่อการโปรแกรม ง่ายต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลง มีความคงทนต่อสภาวะการทำงานในโรงงาน ง่ายต่อผู้ดูแลระบบที่จะทำการค้นหาจุดบกพร่องในระบบ มีขนาดเล็กประหยัดพื้นที่ มีความเร็วในการประมวลผลสูง ง่ายต่อการติดตั้งและประหยัดเวลา ปัจจุบันระบบ PLC ได้พัฒนาขึ้นอย่างมากความสามารถไม่ใช่แค่เพียงอุปกรณ์ที่มาแทนระบบรีเลย์แบบเก่าเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการควบคุมต่างๆที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น เช่น การควบคุมแบบสัดส่วน (PID Control) การควบคุมตำแหน่ง (Position Control) การควบคุมโดยใช้ฟังก์ชันการคำนวณระดับสูง (Mathematic Calculate) และการควบคุมด้วยคนสอดแทรกกับเครื่องจักร (Human Machine Interface : HMI) เป็นต้น รวมถึงได้ขยายความสามารถไปเป็นลักษณะของเครือข่ายมากขึ้น

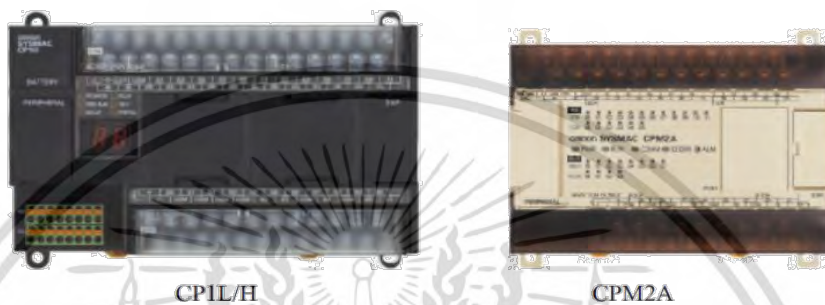
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ชนิดของ PLC

เราสามารถจำแนก PLC ตามโครงสร้าง หรือลักษณะภายนอกได้เป็น 2 ชนิด คือ

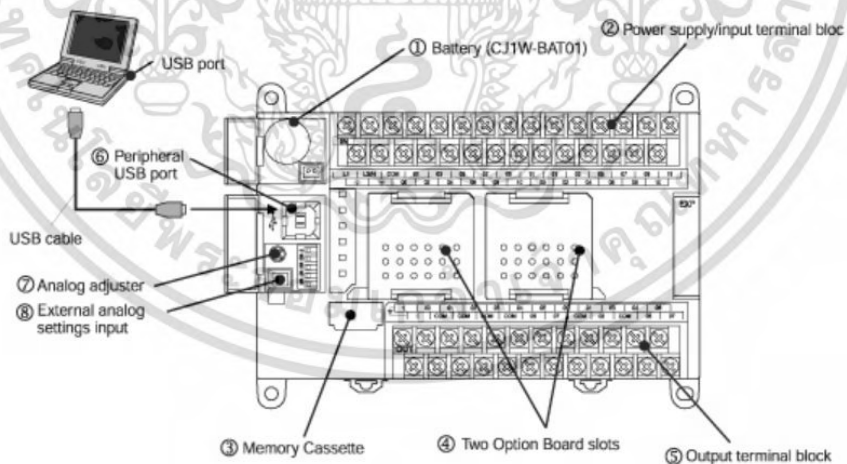
2.5.2.1 PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs)

PLC ประเภทนี้จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC อยู่ในบล็อกเดียวกันไม่ว่าจะเป็น ตัวประมวลผล หน่วยความจำ ภาภาคอินพุต/เอาต์พุต และแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.2 PLC ชนิด Block Type [12]

ส่วนประกอบของ PLC แบบ Block Type ในที่นี้จะยกตัวอย่าง PLC แบบ Block Type ของ OMRON รุ่น CP1L และ CP1H



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายนอกของ PLC [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.1.1 ข้อดีของ PLC ชนิดบล็อกล็อก

1. มีขนาดเล็กสามารถติดตั้งได้ง่าย
2. สามารถใช้งานแทนวงจรรีเลย์ได้
3. มีฟังก์ชันพิเศษ เช่น ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชันอื่นๆ
4. มีราคาถูกกว่าแบบแร็คหรือโมดูลในจ านวนอินพุต/เอาต์พุตที่เท่ากัน

2.4.2.1.2 ข้อเสียของ PLC ชนิดบล็อกล็อก

1. การเพิ่มจ านวนอินพุต/เอาต์พุตสามารถเพิ่มได้น้อยกว่าชนิดโมดูล
2. เมื่ออินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่งตองน าPLC ออกไปทั้งชุด
3. มีฟังก์ชันให้เลือกใช้งานน้อยกว่า PLC ชนิดโมดูล

2.5.2.2 PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs)

PLC ชนิดนี้ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modules) เช่น ภาคอินพุต/เอาต์พุต จะอยู่ในส่วนของโมดูลอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Units) ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ว่าจะใช้โมดูลขนาดกี่อินพุต/เอาต์พุต ซึ่งมีให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบอาจจะใช้เป็นอินพุตอย่างเดียวนขนาด 8/16 จุดหรือเป็นเอาต์พุตอย่างเดียวนขนาด 4/8/12/16 จุดขึ้นอยู่กับรุ่นของ PLC ด้วยในส่วน ของตัวประมวลผลและหน่วยความจาจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูล (CPU Unit) เราสามารถเปลี่ยนขนาดของ CPU Unit ให้เหมาะสมตามความต้องการใช้งานเช่น PLC รุ่น CS1 จะมี CPU ให้เลือกใช้งานหลายรุ่นเช่น รุ่น CS1G-CPU42H จะมีความแตกต่างกับ PLC รุ่น CS1H-CPU65H (ทั้งสองรุ่นเป็น PLC ตระกูล CS1 เหมือนกัน) ตรงขนาดความจุของโปรแกรมและการรองรับจ านวนอินพุต/เอาต์พุต เป็นต้น ส่วนประกอบ ต่างๆของ PLC ชนิดโมดูลที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น เมื่อต้องการใช้งานจะถูกนามาต่อรวมกันบางรุ่นใช้เป็น คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อกันระหว่าง ยูนิต เช่น รุ่น CQM1/CQM1H หรือ CJ1M/H/G แต่บางรุ่นใช้ Backplane ในการรวมยูนิตต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้



CJ1



CS1

รูปที่

2.4 รูปร่างของ PLC ชนิดโมดูล [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.2.1 ข้อดีของ PLC ชนิดโมดูล

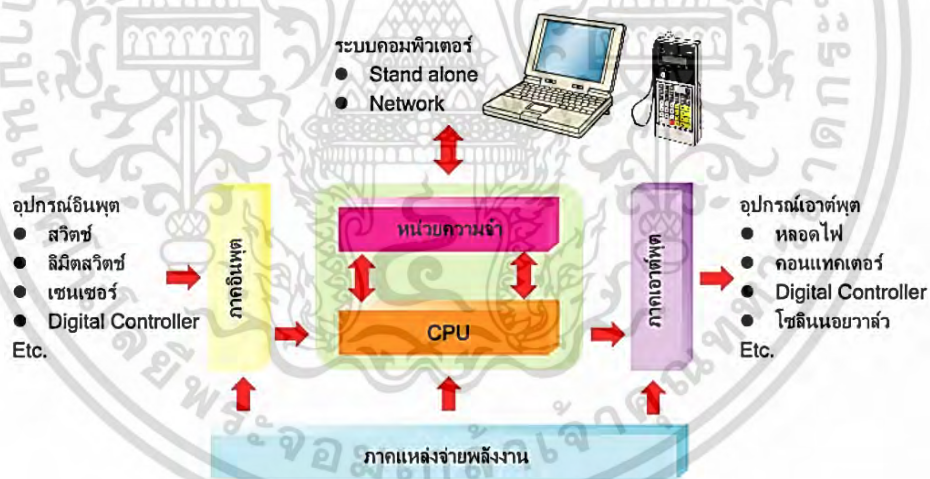
1. เพิ่มขยายระบบได้ง่ายเพียงแค่อัดตั้งโมดูลต่างๆ ที่ต้องการใช้งานลงไปบน Back plane
2. สามารถขยายจำนวนอินพุต/เอาต์พุตได้มากกว่าแบบ Block Type
3. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่ง สามารถถอดเฉพาะโมดูลนั้นไปซ่อมทำให้ระบบสามารถทำงานต่อได้
4. มียูนิตและรูปแบบการติดต่อสื่อสารให้เลือกใช้งานมากกว่าแบบ Block Type

2.4.2.2.2 ข้อเสียของ PLC ชนิดโมดูล

1. ราคาแพงเมื่อเทียบกับ PLC แบบ Block

2.5.3 โครงสร้างของ PLC

โครงสร้างภายในของ PLC แต่ละส่วนจะประกอบกันทำงานเป็นระบบควบคุมที่เราเรียกว่า PLC



รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายในของ PLC [12]

2.5.3.1 ซีพียู (CPU; Central Process Unit)

ซีพียู หรือหน่วยประมวลผลกลางทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานของคำสั่งของส่วนต่างๆ ตามที่ได้รับมา ผลจากการประมวลผลก็จะถูกส่งออกไปส่วนต่างๆ ตามที่ระบุไว้ด้วยคำสั่งนั้นเอง ซีพียูจะใช้เวลาในการประมวลผลช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับการเลือกขนาดของซีพียูและความยาวของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยปกติแล้วซีพียูจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดตั้งแต่ 4บิต, 8บิต, 16บิต, 32บิต, 64บิต หรือ128บิต มาทำงาน โดยที่ซีพียูแต่ละขนาดก็จะมีความสามารถจำกัดไม่เท่ากันจึงทำให้ PLC ในแต่ละรุ่นมีความสามารถต่างกันนั่นเองหรือแม้กระทั่ง PLC บางรุ่นมีการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ถึง 2 ตัวด้วยกันท านงานเวลาการประมวลผลก็จะเร็วกว่า PLC ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงแคตัวเดียว โดยปกติแล้วการเลือกใช้งาน PLC จะเลือกจากการประยุกต์ใช้งานจึงทำให้ผู้ใช้งาน (User) ไม่รู้ว่าผู้ผลิตใช้ไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นหรือเบอร์อะไรในการสร้างเครื่อง PLC ดังนั้นเวลาพิจารณาเลือกใช้ PLC ซึ่งไม่มีการระบุเบอร์หรือรุ่นของไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้ใช้งานสามารถเลือกจากคุณสมบัติอื่น เช่น จานวนอินพุต/เอาต์พุต ความเร็วในการประมวลผลของค สั้ง ขนาดความจุโปรแกรม เป็นต้น

2.5.3.2 หน่วยความจ ำ(Memory Unit)

หน่วยความจ ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆของ PLC กรณีที่สั่งให้ PLC ทานงาน (RUN) มันจะนำเอาโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจ ำมาประมวลผลการทำงาน สำหรับหน่วยความจ ำที่ใช้งานมีด้วยกัน 2 ชนิดคือ หน่วยความจ ำชั่วคราว (RAM : Random Access Memory) และหน่วยความจ ำถาวร (ROM : Read Only Memory)

2.5.3.2.1 หน่วยความจ ำชั่วคราว (RAM : Random Access Memory) โปรแกรมและข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้งานจะถูกจัดเก็บในส่วนนี้ คุณสมบัติของ RAM เมื่อไม่มีไฟเลี้ยงจะท ำให้โปรแกรมและข้อมูลหายไปทันทีที่ดับนั้นภายใน PLC จะพบว่ามีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล (Backup Battery) เอาไว้สำรองข้อมูล (Backup Data) กรณีที่ไฟหลัก (Main Power Supply) ไม่จ่ายไฟให้กับ PLC ข้อควรระวังคือไมควรถูกถอดแบตเตอรี่สำรอง(Backup Battery) กรณีที่ไม่มีไฟจ่ายให้ PLC

2.5.3.2.2 หน่วยความจ ำถาวร (ROM : Read Only Memory) เป็นหน่วยความจ ำอีกชนิดหนึ่งโดยที่ข้อมูลใน ROM ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูลแต่ก็มีปัญหาเรื่องเวลาในการเข้าถึงข้อมูล (Time Access) ช้ากว่า RAM จึงปรากฏให้ผู้ใช้เห็นว่า PLC จะมีหน่วยความจ ำใช้งานทั้ง RAM และ ROM ร่วมกันอยู่ ROM แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ PROM (Programmable ROM) EPROM (Erasable Programmable ROM) และ EEPROM (Electrical Erasable Programmable ROM) PROM จัดเป็น ROM รุ่นแรกเขียนข้อมูลลงชิปได้เพียงครั้งเดียวถ้าเขียนข้อมูลไม่สมบูรณ์ชิปก็จะเสียทันทีไม่สามารถนำกลับมาเขียนใหม่ได้อีก จึงได้มีการพัฒนามาเป็นรุ่น EPROM ซึ่งสามารถเขียนข้อมูลลงชิปได้หลายครั้งเพียงแค่นำชิปไปฉายแสงอุลตราไวโอเลตก็จะเป็นการลบข้อมูลในชิปด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าได้เลย จึงท ำให้เกิดความสะดวกสบายมากขึ้นแต่เรื่องเวลาในการเข้าถึงข้อมูล ก็ยังช้ากว่า RAM อยู่

โดยการใช้งานหน่วยความจำใน PLC นั้น RAM จะใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลที่ทำงานจากการสั่ง RUN/STOP PLC และ ROM จะใช้จัดเก็บซอฟต์แวร์ระบบ (System Software) และเป็นชุดสำรองโปรแกรมและข้อมูล (Backup Program and Data) เพื่อป้องกันกรณีที่โปรแกรมและข้อมูลใน RAM หายไป ผู้ใช้สามารถที่จะถ่ายโปรแกรมและข้อมูลเข้าไปที่ RAM ใหม่ได้

2.5.3.3 ภาคอินพุต (Input Unit)

ภาคอินพุตของ PLC ทาหน้าที่รับสัญญาณอินพุตเข้ามาแปลงสัญญาณ ส่งเข้าไปภายใน PLC

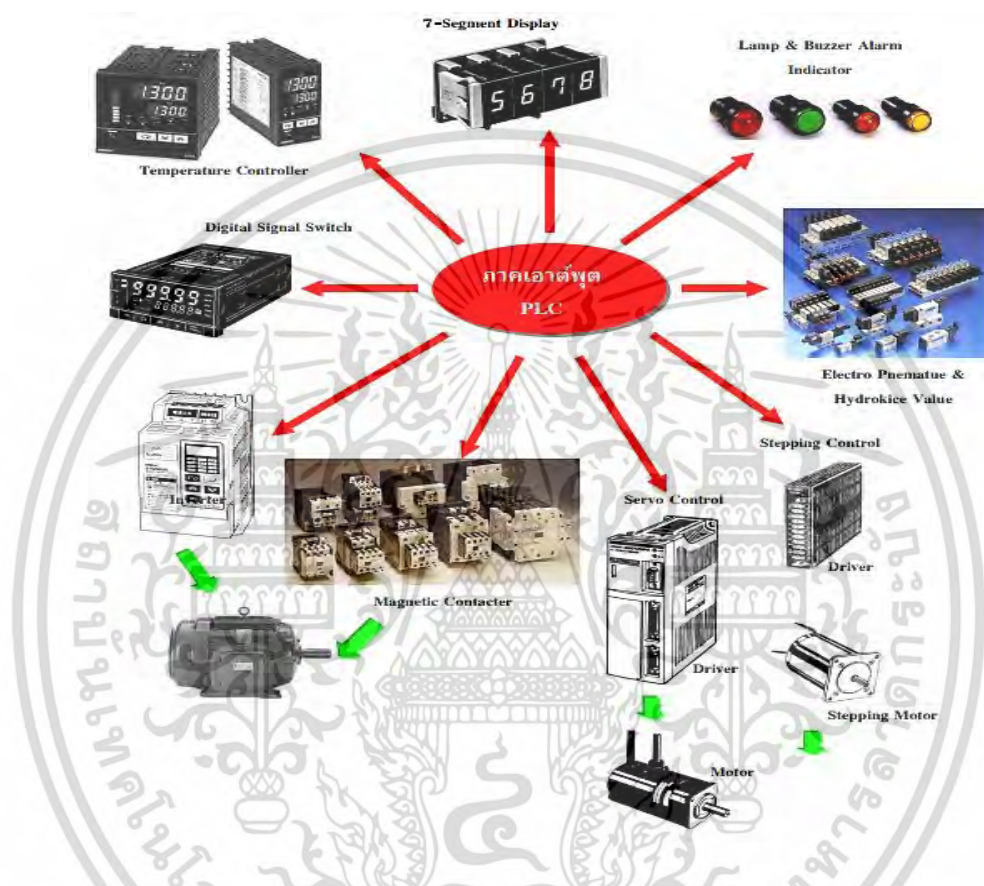


รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ที่สามารถต่อเข้ากับภาคอินพุตของ PLC [12]

อุปกรณ์ที่สามารถ มาต่อกับภาคอินพุตของ PLC ได้จัดออกเป็นกลุ่ม โดยกลุ่มอุปกรณ์แต่ละกลุ่มจะมีวิธีต่อวงจรเข้าภาคอินพุต PLC แตกต่างกันไป เวลาใช้งานอุปกรณ์แต่ละกลุ่มจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมของอุปกรณ์แต่ละชนิดก่อน เพื่อความเข้าใจขั้นตอนการทำงาน และสามารถต่อวงจรได้ถูกต้อง อุปกรณ์ที่นำมาต่อกับภาคอินพุตของ PLC อุปกรณ์บางกลุ่มจะมีสัญญาณทั้งอินพุต/เอาต์พุต เช่น Inverter Digital Signal Controller ตัวควบคุมอุณหภูมิ เซนเซอร์รุ่นพิเศษ เป็นต้น จำเป็นต้องต่อใช้งานให้ถูกต้องซึ่งสามารถแนะนำได้ในขั้นต้นคือต่อวงจรภาคเอาต์พุตของอุปกรณ์นั้นๆเข้ากับภาคอินพุต PLC ภาคเอาต์พุตของอุปกรณ์จะมีเอาต์พุตให้เลือกใช้งานหลายแบบ ซึ่งภาคอินพุต PLC มีวงจรภาคอินพุตอยู่หลายแบบเช่นกัน เพื่อรองรับอุปกรณ์อินพุตในแต่ละแบบให้เหมาะสม

2.5.3.4 ภาคเอาต์พุต (Output Unit)

ภาคเอาต์พุตของ PLC ทาหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปขับโหลดชนิดต่างๆ ตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมเอาไว้



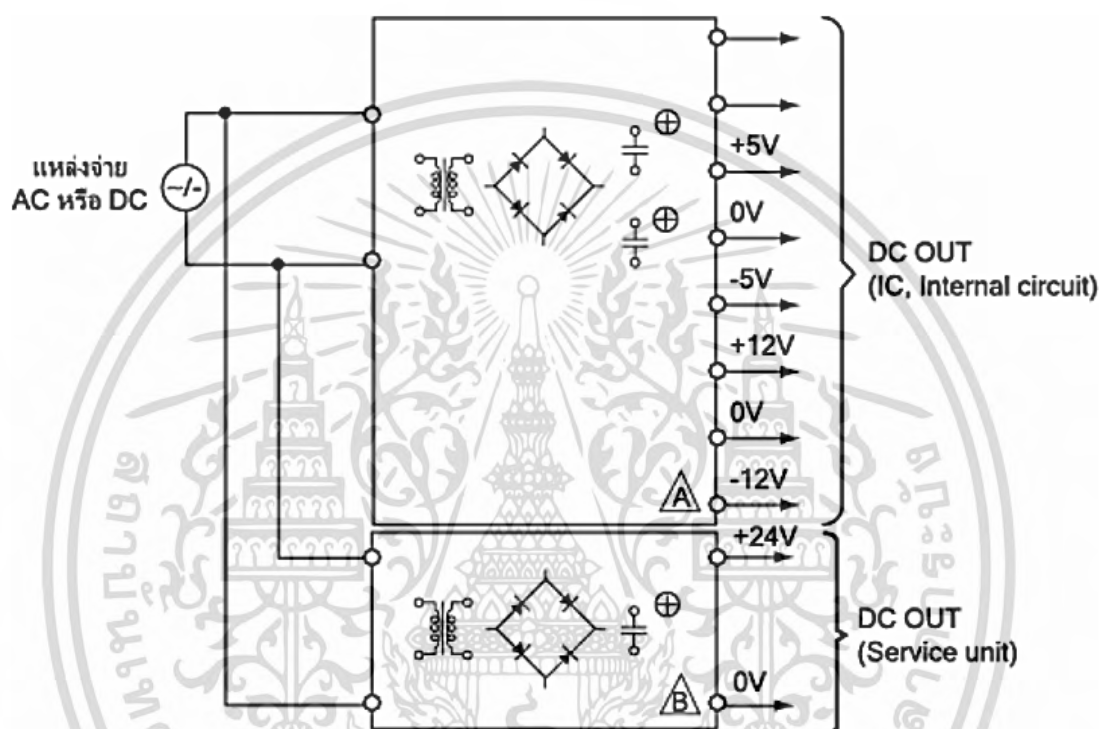
รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ที่สามารถต่อเข้ากับภาคเอาต์พุตของ PLC [12]

อุปกรณ์ที่สามารถต่อเข้ากับภาคเอาต์พุตของ PLC นั้นในแต่ละกลุ่มก็จะควบคุมลักษณะของงานแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ การต่อวงจรเขาภาคเอาต์พุต PLC จะมีมาตรฐานทางอุตสาหกรรมกำกับอยู่เช่นกัน จึงทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริมมากเพียงแต่ดูรายละเอียดการต่อให้เข้าใจก็เพียงพอแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.5 ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)

ภาคแหล่งจ่ายพลังงานจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายใน PLC ได้แก่ อุปกรณ์ IC ไฟเลี้ยงวงจรกำหนดการทำงานแบบต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังจ่ายพลังงานเลี้ยงวงจรที่จะนำมาต่อกับ PLC ทั้งภาคอินพุต/เอาต์พุต



รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมภาคแหล่งจ่ายไฟ PLC [12]

แหล่งจ่ายพลังงานของ PLC จะแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดหนึ่งสำหรับอุปกรณ์และวงจรภายในแต่ละโมดูลต่างๆของ PLC อีกชุดหนึ่งเป็นตัวจ่ายพลังงาน (Service Unit 24VDC) สำหรับการต่อวงจรภาคอินพุตหรือเอาต์พุตก็ได้โดยปกติแล้วชุดบริการ 24VDC ชุดนี้จะจ่ายกระแสได้ค่อนข้างต่ำไม่เหมาะสมสำหรับนำไปจ่ายโหลดที่ดึงกระแสสูง ส่วนมากจะนำไปต่อใช้งานเฉพาะวงจรภาคอินพุต PLC เท่านั้น แต่ถ้าจะนำไปต่อสำหรับทดสอบเครื่อง PLC หรือชุดฝึกทดลองก็ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายภายนอกเพิ่ม ยกตัวอย่างเช่น ชุดฝึกทดลอง PLC ของอมรอน เป็นต้น สำหรับการใช้งานจริงแหล่งจ่ายจะถูกออกแบบมา 2 ลักษณะตามโครงสร้างภายนอก PLC คือแหล่งจ่ายชนิดที่รวมอยู่ในตัว PLC เลยเช่น

CP1L จะมีชุดจ่ายพลังงานในตัวเพียงแค่อันไฟให้กับ CP1L จะส่งพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆบนตัว PLC อีกชนิดหนึ่งจะแยกออกมาเป็นโมดูล (Module)



รูปที่ 2.9 แหล่งจ่ายไฟชนิดโมดูล [12]

โดยปกติแล้วแหล่งจ่ายพลังงานที่ผลิตออกมาสำหรับขายทั่วโลกจะออกแบบให้ใช้ระบบไฟได้หลายแบบเพื่อที่จะทำให้ PLC ใช้ควบคุมระบบไฟฟ้าได้หลายแบบนั่นเองคุณสมบัติของแหล่งจ่ายไฟของ PLC จะมีคุณสมบัติดังนี้ แหล่งจ่ายไฟ 100-240 VAC 50/60 Hz หรือ 24 VDC ชุดบริการ 24 VDC 24 V (0.5A) ส่วนการเลือกขนาดวัตต์จะคำนวณจากโมดูลต่างๆ ของ PLC ที่ใช้งานซึ่งผู้ผลิตได้ออกแบบเพื่อให้เรียบร้อยแล้ว

2.6 GX Works3 [13]

GX Works3 เป็นซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมเพื่อรองรับการท งานของ PLC รุ่น IQ-F และ IQ-R ของบริษัท มิตซูบิชิ อิเล็กทริก ซึ่งจะช่วยพัฒนาการทางด้านต่างๆของผู้ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบระบบควบคุมเครื่องจักร, การเขียนโปรแกรมควบคุม, การบำรุงรักษาอุปกรณ์และการแก้ไขปัญหาของเครื่องจักรได้อย่างรวดเร็ว

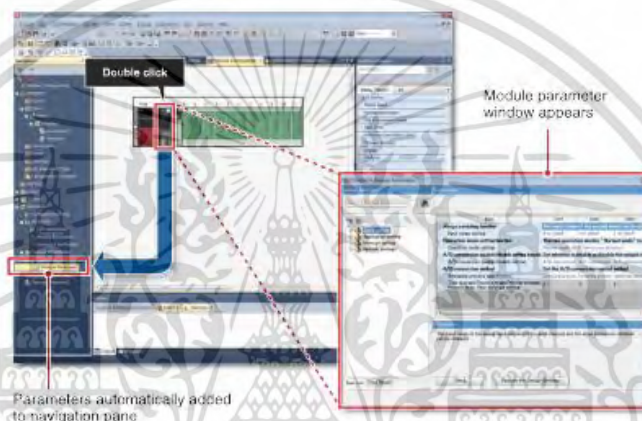
ซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมนั้นถือเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของระบบควบคุม นอกเหนือไปจากอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ โดยหลักของระบบนั้นมีขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การออกแบบ จนไปถึงการทำงาน และการบำรุงรักษาของระบบควบคุม ในปัจจุบันผู้ใช้งานต้องการซอฟต์แวร์ที่ง่ายต่อการใช้งาน มีมาตรฐานและช่วยยกระดับการผลิตที่ทันสมัย GX Works3 จึงเป็นซอฟต์แวร์รุ่นใหม่ ซึ่งรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติและเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อรองรับการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม คือ เป็นซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมที่ครอบคลุมทุกส่วนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การตั้งค่าแบบกราฟิกช่วยในการเขียนโปรแกรมให้ง่ายขึ้น มีฟังก์ชันการตั้งค่า Motion Control System และรองรับมาตรฐาน IEC61131-3

2.6.1 การออกแบบระบบ

GX Works3 สามารถออกแบบระบบโดยใช้กราฟิกและสามารถกำหนดค่าต่างๆได้โดยตรง และสามารถออกแบบระบบด้วยการลาก และวางโมดูลที่ต้องการลงบนหน้าต่างส าหรับการออกแบบและตั้งค่าพารามิเตอร์ได้ ณ โมดูลนั้นๆ



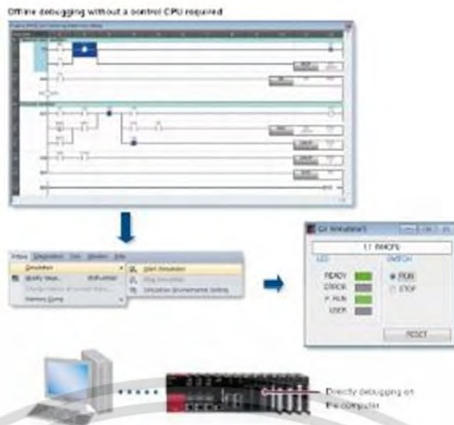
รูปที่ 2.10 การกำหนดพารามิเตอร์ของโมดูล [13]

2.6.2 การเขียนโปรแกรม

GX Works3 มี MELSOFT library ช่วยให้การเขียนโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ ผ่าน ModuleLabel/FB เพียงแค่ลากและวาง FBs โมดูลจาก MELSOFT library โดยตรงในโปรแกรม Ladder ทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น

2.6.3 การแก้จุดบกพร่องและการบำรุงรักษา

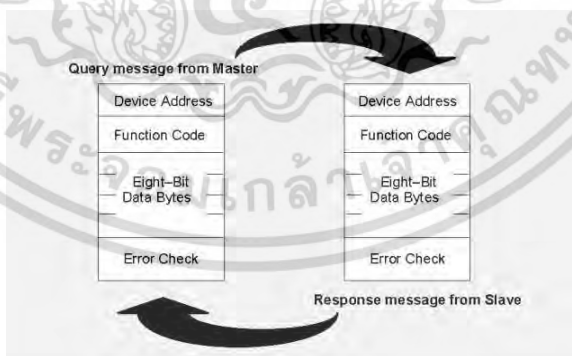
GX Works3 มีคุณสมบัติการควบคุมรุ่นที่หลากหลาย มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมและบันทึกไว้เป็นประวัติ และสนับสนุนการใช้งานได้หลายภาษาในปัจจุบัน มีฐานการผลิตทั่วโลก ดังนั้น GX Works3 จึงพัฒนารองรับการใช้ภาษาได้หลากหลาย



รูปที่ 2.11 การจ าลองฮาร์ดแวร์ [13]

2.7 Modbus Protocol [14]

Modbus Protocol เป็นรูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม (Serial Communication) ในแบบ Master และ Slave คือการสื่อสารของอุปกรณ์ที่ท หน้าที่ในการสั่งการเพียง 1 ตัวเรียกว่า Master ไปยังอุปกรณ์ที่รับค าสั่งเินการท งานอื่นๆเรียกว่า Slave โดย Slave นั้นสามารถเชื่อมต่อได้สูงสุด 255 ตัว และรูปแบบการสื่อสารของ Modbus Protocol สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ Modbus ASCII และ Modbus RTU โดยทั้ง 2 ประเภทนี้แตกต่างกันที่การก าหนดรูปแบบของชุดข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร

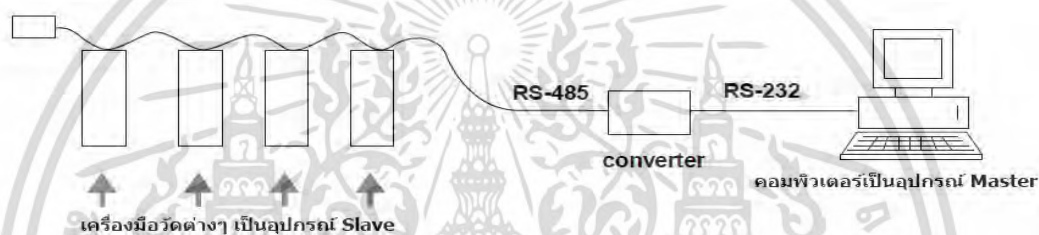


รูปที่ 2.12 การสื่อสารระหว่าง Master และ Slave [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 RS485 (Recommended Standard no. 485) [15]

RS485 เป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม (Serial Communication) และมาตรฐาน RS485 นั้นยังเป็นที่นิยมในระบบอุตสาหกรรมเพราะสามารถส่งสัญญาณเพื่อใช้ในการสื่อสารได้ระยะทางที่ไกลสูงสุดถึง 1200 เมตรและสามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายแบบหลายจุด (Multipoint) โดยสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบได้ถึง 32 ตัวโดยใน 32 ตัวนั้นจะต้องมีอุปกรณ์ 1 ตัวในเครือข่ายทำหน้าที่สั่งการในเครือข่าย เรียกว่า Master และอุปกรณ์อีก 31 ตัวในเครือข่ายจะคอยรับคำสั่งในการทำงานเรียกว่า Slave ในส่วนของการทำงานของมาตรฐาน RS485 นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้เพียงทีละอย่างเท่านั้นไม่สามารถทำทั้งสองอย่างหรือมากกว่านั้นได้ในเวลาเดียวกัน เปรียบเสมือนลักษณะของวิทยุสื่อสารที่ต้องคอยสลับกันพูดทีละครั้ง



รูปที่ 2.13 การทำงานของ RS485 แบบ Network [15]

ในส่วนของการรับส่งข้อมูลดิจิทัลนั้นมาตรฐาน RS485 จะใช้สายไฟ 2 เส้นในการรับส่งข้อมูลดิจิทัลคือสายไฟเส้น A และสายไฟเส้น B ดังรูป โดยจะรับส่งเป็นคำรหัสดิจิทัล (Digital code) โดยใช้ค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างจุด A และจุด B แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลคือ ถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด A มากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด B จะได้สัญญาณดิจิทัลเป็น 0 แต่ถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด A น้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด B จะได้สัญญาณดิจิทัลเป็น 1



รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อ RS485 ระหว่างเครื่องมือวัดและตัวแปลงสัญญาณ[15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 เซนเซอร์ (Sensor) [16]

2.9.1 ความหมายของเซนเซอร์

เซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่มีหน้าที่วัดหรือตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง เสียง การสัมผัส ความดันบรรยากาศ ระยะทาง ความเร็ว ระดับของเหลว อัตราการไหล เป็นต้น และจะให้ผลลัพธ์ที่เป็นสัญญาณหรือข้อมูลที่สอดคล้องกันกับปริมาณนั้นออกมา หรือปริมาณเอาต์พุตในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปประมวลผลต่อไปได้

2.9.2 ชนิดของเซนเซอร์ สามารถแบ่งโดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.9.2.1 แบ่งตามชนิดของความต้องการพลังงาน

1. แบบแอคทีฟ (Active Sensors) เป็นเซนเซอร์ที่สามารถสร้างพลังงานเองด้วยตัวเองได้ เช่น เทอร์โมคัปเปิล เพียโซอิเล็กทริก เซลล์แสงอาทิตย์ ออปโตไดโอด เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ต้องมีแหล่งจ่ายจากภายนอกก็สามารถสร้างสัญญาณแรงดัน กระแสหรือข้อมูลที่สอดคล้องกันกับปริมาณนั้นออกมา

2. แบบพาสซีฟ (Passive Sensors) เซนเซอร์ชนิดนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกจึงจะสามารถทำการตรวจวัดค่าหรือปริมาณนั้นๆได้ เช่น เซนเซอร์ที่ใช้หลักการเปลี่ยนค่าความต้านทาน และค่าความเหนี่ยวนำ เป็นต้น

2.9.2.2 แบ่งตามชนิดของการเปลี่ยนแปลงรูปพลังงาน

1. เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า
2. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
3. เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า
4. เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

2.9.2.3 แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่ให้เป็นผลลัพธ์ออกมา

1. แบบให้สัญญาณอะนาล็อก (Analog Signal) เป็นสัญญาณที่มีรูปแบบต่อเนื่อง เช่น กระแสไฟฟ้า 4-20 mA หรือแรงดันไฟฟ้า 1-5 V เป็นต้น

2. แบบให้สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) เป็นสัญญาณที่มีรูปแบบไม่ต่อเนื่อง มีค่าที่เป็นไปได้ในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าที่มีค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น

3. แบบให้สัญญาณเป็นค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำ เช่น RTD (Resistance Temperature Detectors) และเทอร์มิสเตอร์ โดยจะให้ค่าความต้านทานซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมินั้นๆ ออกมา

2.9.2.4 แบ่งตามข้อมูลหรือวัตถุประสงค์ของการวัดหรือตรวจจับ

เป็นการเรียกตามการใช้งาน เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ, เซนเซอร์วัดความชื้น, เซนเซอร์วัดความเข้มของแสง, เซนเซอร์วัดค่า pH, เซนเซอร์วัดระดับของของเหลว, เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของของเหลว, เซนเซอร์วัดความเร็วลม เป็นต้น

2.10 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น [5]

โรงเรือนปลูกพืชแบบปิดจะมีวิธีการควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้น ดังนี้

2.10.1 การระบายอากาศ (Ventilation) เป็นวิธีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยหรือไม่เลย ลงทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพในการควบคุม Microclimate น้อยกว่าวิธีอื่น แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

2.10.1.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ อาศัยหลักการการเกิดลมคืออากาศเคลื่อนไหวจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูง (อุณหภูมิต่ำ) ไปสู่ที่ที่มีความกดอากาศต่ำ (อุณหภูมิสูง) เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศในโรงเรือน ปล่อยให้อากาศไหลเข้าออกตามช่องระบายอากาศ เช่น ช่องเปิดทางหลังคาหรือด้านข้างของโรงเรือนมี 2 ประเภท คือ การระบายอากาศเนื่องจากผลต่าง อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน และการระบายอากาศ เนื่องจากแรงลม ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิขึ้นอยู่กับผลต่าง อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน ทิศทางลม และลดอุณหภูมิได้พอใช้ แสดงตัวอย่างการระบายอากาศแบบธรรมชาติ



รูปที่ 2.15 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ [5]

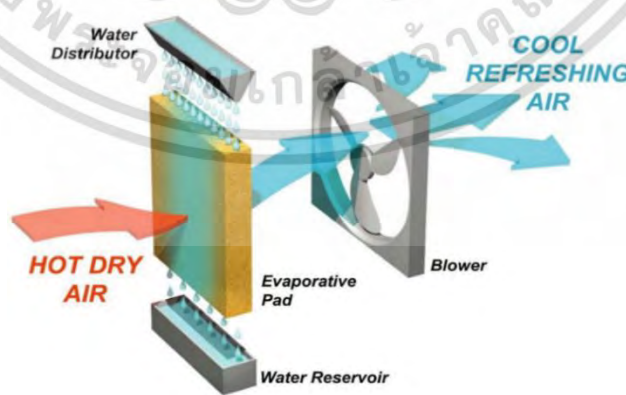
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1.2 การระบายอากาศแบบบังคับ เป็นการใช้พัดลมระบายอากาศ (Fan) หรือเครื่องเป่าลม (Blower) อากาศจะไหลเข้าแล้วพัดลมจะดูดอากาศออก ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ เพื่อที่จะให้เกิดการถ่ายเทอากาศได้ดี จะต้องออกแบบให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงและความกดอากาศต่ำต่อเนื่องกันไป ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิขึ้นกับการออกแบบ และลดอุณหภูมิได้พอใช้ แสดงตัวอย่างการใช้พัดลมระบายอากาศ



รูปที่ 2.16 การใช้พัดลมระบายอากาศในโรงเรือน [5]

2.10.2 การทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling) ลดอุณหภูมิ 0-10 °C โดยประมาณ และสามารถเพิ่มความชื้นให้กับพืชได้มาก ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น เช่น การใช้ไฟฟ้าของพัดลมระบายอากาศและปั๊มน้ำ ข้อเสียเกิดการสะสมความชื้นเมื่อใช้เป็นเวลานาน ทำให้พืชเกิดโรคได้ ใช้หลักการให้อากาศแห้งไหลผ่านน้ำ ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ ได้อากาศขึ้นออกจากระบบและอากาศที่ได้จะมีอุณหภูมิลดลง ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.17 แสดงการทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling) [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3 การท ความเย็นหลังคาโรงเรือน เป็น Indirect Cooling เพราะไม่เพิ่มความชื้นให้กับโรงเรือน ใช้สปริงเกิล (Sprinkle) ฉีดน้ำให้ทั่วบริเวณหลังคา ทำให้น้ำไหลตกลงมาตามผนังโรงเรือน เกิดเป็นชั้นฟิล์มนี้ บางๆ วิธีนี้สามารถดูดซับค่ารังสีอาทิตย์ที่ ผ่านเข้าสู่โรงเรือนได้ประมาณ 50% สามารถลดอุณหภูมิได้ ประมาณ 2-6 °C

2.10.4 การใช้ระบบพ่นหมอก เป็นระบบที่ใช้แรงดันอัดน้ำผ่านหัวพ่นหมอกท ให้น้ำเป็นละอองน้ำที่มีขนาดเล็กลงเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศในระบบทาให้อุณหภูมิของระบบนั้นลดต่ำลงและสามารถน มาใช้ในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในอากาศของระบบได้อีกด้วย โดยทั่วไปสามารถลดอุณหภูมิของระบบได้ประมาณ 5 °C แต่ถ้าขณะนั้นระบบมีความชื้นที่ต่ำและอุณหภูมิที่สูง อาจลดลงได้ถึง 10-15 °C แต่ถ้าในระบบมีความชื้นที่สูงหรือเป็นพื้นที่ปิดโดยความชื้นไม่สามารถระบายออกได้ ระบบนั้นจะไม่สามารถลดอุณหภูมิลงได้และจะทำให้มีอุณหภูมิสะสมในไอน้ำทาให้ระบบนั้นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น [17] แสดงตัวอย่างการพ่นหมอกในโรงเรือน



รูปที่ 2.18 การใช้ระบบพ่นหมอกในโรงเรือน [5]

2.10.5 การใช้ระบบเครื่องปรับอากาศ สามารถควบคุมและรักษาอุณหภูมิได้ตามที่พืชต้องการ เหมาะสำหรับการปลูกพืชมูลค่าสูง และปลูกในพื้นที่ที่จำกัด และสามารถนำไปใช้ลดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้อีกด้วย ข้อเสียคือใช้ต้นทุนและพลังงานสูงกว่าวิธีอื่นๆ [18]

2.10.5.1 การออกแบบระบบเครื่องปรับอากาศ [19] ใช้หน่วย BTU (British Thermal Unit) กับพื้นที่โรงเรือนในการออกแบบ แสดงการค หนดตามสมการต่อไปนี้

วิธีการค หนดค่า BTU

$$BTU = \text{พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)} \times \text{ค่าตัวแปร}$$

ค่าตัวแปร

- 700-800 สำหรับห้องนอน หรือห้องที่มีความร้อนน้อย (ห้องที่ไม่โดนแดดหรือโดนเล็กน้อย ฝ้าต่ำ หรือห้องที่ใช้แอร์ช่วงกลางคืน)
- 800-900 สำหรับห้องรับแขก หรือห้องที่มีความร้อนปานกลาง - มาก (ห้องที่โดนแดด อยู่ทิศตะวันตก หรือใช้แอร์ช่วงกลางวัน)
- 900-1000 สำหรับห้องทำงาน ห้องออกกาลังกาย หรือห้องที่มีความร้อนมาก หรือ ฝ้าสูง (ห้องที่โดนแดด อยู่ทิศตะวันตก อยู่ชั้นบนสุด หรือใช้แอร์ช่วงกลางวัน)
- 1000-1200 สำหรับร้านค้า ร้านอาหารที่เปิดปิดประตูบ่อย ร้านทอผ้า หรือสำนักงาน ที่มีคนอยู่ จำนวนมาก
- หากฝ้าเพดานสูงกว่า 2.5 เมตร มีจำนวนคนในห้องมาก หรือมีคอมพิวเตอร์ ควรบวกค่า BTU เพิ่มขึ้นอีก 5% จากค่าปกติ

โดย BTU คือ หน่วยที่ใช้วัดปริมาณความร้อนหน่วยหนึ่ง (ซึ่งเป็นที่นิยมใช้มากในระบบปรับอากาศ) สามารถเทียบได้กับหน่วยแคลอรีหรือหน่วยจูลในระบบสากล โดยที่ ความร้อน 1 Btu คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 ปอนด์มีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศาฟาเรนไฮด์ สำหรับเครื่องปรับอากาศนั้นจะวัดกำลังความเย็นหรือความสามารถในการดึงความร้อน (ถ่ายเทความร้อน) ออกจากห้องปรับอากาศในหน่วยบีทียูต่อชั่วโมง (Btu/h) [18]

2.10.5.2 การควบคุมระบบเครื่องปรับอากาศ [20] การควบคุมเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ได้สภาวะการท งานที่ต้องการนั้นต้องใช้งานอุปกรณ์หลายๆส่วนประกอบเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการควบคุม คือ ส่วนของอินพุท ส่วนของระบบประมวลผลและสั่งการ และส่วนของเอาต์พุทโดย แต่ละส่วนนั้นมีรายละเอียดดังนี้

2.10.5.2.1 ส่วนของอินพุท เป็นส่วนที่รับค่าตัวแปรต่างๆ โดยส่วนใหญ่จะใช้สัญญาณจากเซนเซอร์ที่วัดค่าสภาวะแวดล้อมนั้นๆเพื่อน มาใช้ควบคุมเครื่องปรับอากาศ และสามารถแบ่งตามลักษณะสัญญาณที่รับเข้ามามีดังนี้

1. Analog Input สัญญาณอนาล็อกนั้นคือสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลง และต้องอ่านอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ค่าต่างๆ เช่น เทอร์มิสเตอร์ อาร์ทีดี (RTD) หรือเซนเซอร์ที่ให้สัญญาณเป็นค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดัน เป็นต้น

2. Digital Input สัญญาณดิจิตอลนั้นคือสัญญาณที่แสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการประมวลผล เช่น สวิตช์เปิด-ปิด การเปิด-ปิดการทำงานของปั้มน้ำ สวิตช์แรงดันต่ำ-สูง เป็นต้น

2.10.5.2.2 ส่วนของระบบประมวลผลและสั่งการ ส่วนที่ใช้ในการประมวลผลและสั่งการนั้นมีองค์ประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนคืออุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผล และสั่งการทางงานและหลักการที่ใช้ในการควบคุมการทางงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลและสั่งการอุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลและสั่งการนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามรูปแบบของโปรแกรมการทางงานดังนี้

1.1 Parametric Controller เป็นรูปแบบของโปรแกรมควบคุมที่ให้ผู้งานกำหนดค่าการทางงานต่างๆได้ตามพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนดไว้ โดยตัวควบคุมนี้จะกำหนดช่องอินพุท และเอาต์พุทไว้แล้ว

1.2 Programmable Logic Controller (PLC) เป็นรูปแบบของโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้งานสามารถพัฒนารูปแบบการทางงานต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมขึ้นได้เองจึงมีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากขึ้น โดยตัวควบคุมนี้จะกำหนดจำนวนของช่องอินพุท และเอาต์พุทไว้ให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ตามความจำเป็น

2.10.5.2.3 หลักการที่ใช้ในการควบคุมการทางงานในการควบคุมการทางงานนั้นจำเป็นต้องเลือกรูปแบบในการควบคุมการทางงานให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

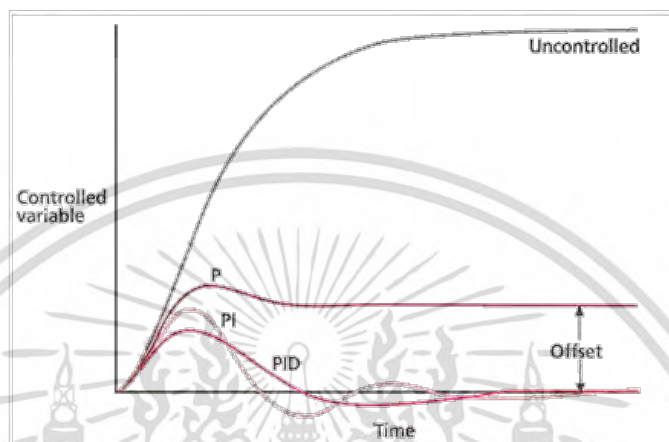
1. On/Off Control เป็นการควบคุมที่สั่งงานในการเปิด-ปิดการทางงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เมื่อค่าอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนดก็จะสั่งเปิดการทางงานของเครื่องปรับอากาศ และเมื่อค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่กำหนดก็จะสั่งปิดการทางงานของเครื่องปรับอากาศ

2. Linear Control เป็นการควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะเป็นการควบคุมแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องโดยต้องใช้กับอุปกรณ์ที่สามารถปรับการทางงานได้ตั้งแต่ 0-100 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่ง 2 ประเภทดังนี้

2.1 Proportional Control (P) เป็นการควบคุมที่อ้างอิงการสั่งการทางงานของอุปกรณ์จากผลต่างของค่าตัวแปรที่วัดได้เทียบกับค่าที่กำหนด ซึ่งการควบคุมแบบนี้มักจะมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นในระบบเพราะระบบและอุปกรณ์ที่ควบคุมนั้นมีการตอบสนองที่ไม่เท่ากัน

2.2 Proportional Integral Derivative Control (PID) เป็นการควบคุมที่นำส่วนของค่าความผิดพลาดต่างๆ มาประมวลผลในการสั่งการเพิ่มเติมประกอบด้วย 3 ส่วนคือ Proportional (P) ดังที่กล่าวในหัวข้อก่อนหน้า Integral (I) ซึ่งเป็นการนำค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแต่ละ sampling รวมเข้าด้วยกันและนำมาประมวลผล ซึ่งถ้ามีค่ามากจะทำให้ระบบมีการตอบสนองที่ช้าลงแต่จะช่วยให้เกิดค่าความผิดพลาดที่ลดลง และสุดท้าย Derivative (D) เป็นการนำค่าความผิดพลาดที่

เกิดขึ้นก่อนหน้ามาคาดเดาระบบที่ก่ ทั่งจะเกิดขึ้น โดยค่านี้อาจทำให้ระบบตอบสนองเร็วขึ้นแต่ถ้ามีค่ามากเกินไปจะทำให้ระบบไม่เสถียรทำให้ในบางครั้งค่านี้อาจไม่จำเป็นต้องใช้หรือควรเริ่มที่ค่าเพียงเล็กน้อยเราจึงค่อยปรับเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.19 การเปรียบเทียบระหว่าง P, PI และ PID Control [21]

3. Fuzzy Logic Control เป็นหนึ่งใน Intelligent Control ที่ได้รับความนิยมและพบเห็นบ่อยโดยการเลือกสั่งงานอุปกรณ์ตามชุดเงื่อนไขที่กำหนด เนื่องจากความจริงแล้วค่าตัวแปรบางอย่างไม่สามารถชี้วัดได้ว่าเป็นจริงหรือเท็จ

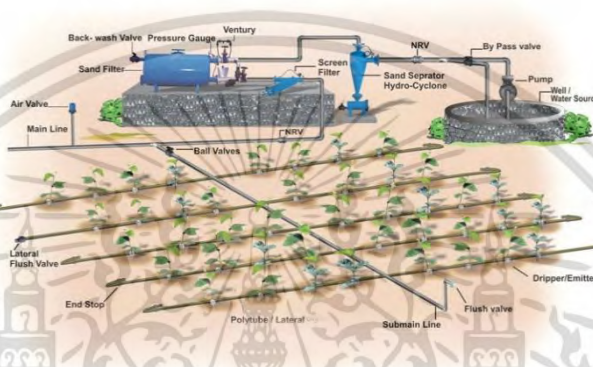
2.10.5.2.4 ส่วนของระบบเอาต์พุต เป็นส่วนที่ให้สัญญาณเพื่อใช้ในการสั่งการอุปกรณ์ต่างๆ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. Analog Output เป็นสัญญาณที่สั่งการอุปกรณ์ได้อย่างต่อเนื่องและละเอียด โดยสัญญาณที่ใช้เหมือนกับอินพุตคือแบ่งเป็น ชนิดกระแสไฟฟ้า และชนิดแรงดันไฟฟ้า
2. Digital Output เป็นสัญญาณที่ใช้ในการการอุปกรณ์ต่างๆ เหมือนเป็นสวิตช์เปิด-ปิด การท งาน มักใช้รีเลย์ในการรับค่ามาสั่งการอุปกรณ์
3. Pulse Width Modulated (PWM) เป็นสัญญาณที่เป็น Analog Output รูปแบบหนึ่งแต่จะปรับค่าการทำงานโดยใช้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่ส่งออกมาเปิด-ปิดการทำงานเป็นจังหวะมักใช้ SSR (Solid State Relay) ในการรับค่ามาสั่งการอุปกรณ์แทนสวิตช์หรือรีเลย์ทั่วไปในการสั่งการอุปกรณ์

2.11 ระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำแก่พืช

2.11.1 การให้ปุ๋ยด้วยการละลายไปกับระบบการส่งจ่ายน้ำ [22]

เป็นการให้ปุ๋ยรูปแบบหนึ่งด้วยการผสมปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้ ผสมเข้ากับน้ำและส่งจ่ายไปพร้อมกับระบบส่งจ่ายน้ำเมื่อพืชดูดน้ำก็จะทำให้ดูดปุ๋ย สารเคมีหรือสารอาหารเข้าไปด้วย การให้ปุ๋ยแบบนี้จึงเป็นระบบการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพรูปแบบหนึ่ง สามารถลดเวลาและต้นทุนการจัดการลงได้



รูปที่ 2.20 การให้ปุ๋ยด้วยการละลายไปกับระบบการส่งจ่ายน้ำ [23]

2.11.2 ระบบน้ำหยด [24]

ระบบน้ำหยดที่ใช้ในการเกษตรเป็นการให้ปุ๋ยน้ำหรือน้ำกับพืช โดยการส่งน้ำผ่านท่อส่งจ่ายและปล่อยน้ำให้กับพืชด้วยหัวน้ำหยด ซึ่งทำการติดตั้งไว้บริเวณที่ต้องการปล่อยน้ำออกมา ซึ่งน้ำหยดมีให้เลือกขนาดของการปล่อยน้ำออกมาตั้งแต่ 4-20 ลิตรต่อชั่วโมง ที่แรงดันตั้งแต่ 0.3-2 บาร์ ขึ้นอยู่กับระบบ ชนิดของพืช ชนิดของดินและน้ำที่ต้องการซึ่งการส่งจ่ายน้ำให้กับพืชแบบนี้มีหลักสำคัญเพื่อที่จะรักษาความชื้นของดินให้สม่ำเสมอ

2.11.2.1 ส่วนประกอบของระบบน้ำหยดที่ใช้ในการเกษตร

1. หัวน้ำหยด
2. ท่อส่งจ่ายน้ำต่างๆเช่น ท่อประธาน ท่อแขนง เป็นต้น
3. บั๊มน้ำ

2.11.2.2 ข้อดีของระบบน้ำหยดที่ใช้ในการเกษตร

1. ประหยัดน้ำและมีการสูญเสียน้อย เหมาะสำหรับพื้นที่ขาดแคลนน้ำ
2. ประหยัดเวลาการและต้นทุนการบริหารจัดการ

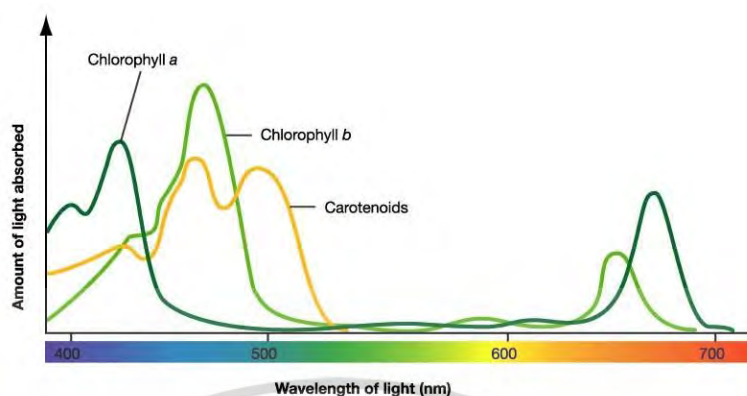
3. ใช้ได้กับพื้นที่ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นดินร่วน ดินทราย ดินเหนียว หรือแม้กระทั่งดินเค็มและดินต่าง
4. ใช้กับพืชได้เกือบทุกประเภท ยกเว้นประเภทที่ต้องการน้ำ ช่าง
5. ลดการระบาดของศัตรูพืชบางชนิดได้ เช่น โรครีซและวัชพืช
6. สามารถให้ปุ๋ยหรือสารอาหารละลายน้ำ ไปพร้อมกับการส่งจ่ายได้



รูปที่ 2.21 หัวน้ำ ายคและการจ่ายน้ำ ายคหัวน้ำ ายค [24]

2.12 LED Grow Light

LED Grow Light คือหลอดไฟที่ให้ระบบแสงสว่างที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เหมาะสำหรับการปลูกพืชมูลค่าสูง การปลูกพืชนอกฤดู และการปลูกพืชในอาคาร โดยที่ LED Grow Light ใช้คลื่นแสงสีแดงและสีน้ำเงินที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งคลื่นแสงสีแดงนั้นมีความยาวคลื่นแสงที่ 630-660 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นที่คลอโรฟิลล์ทั้งเอ และบีนั้นดูดซึมได้ดีและมีผลในการเจริญเติบโตของดอกและผล ช่วยให้รากแข็งแรง และเพิ่มการเจริญเติบโตของลำต้น ส่วนคลื่นแสงสีน้ำเงินนั้นมีความยาวคลื่นแสงที่ 430-460 นาโนเมตรเป็นความยาวคลื่นที่คลอโรฟิลล์ทั้งเอและบีนั้นดูดซึมได้ดี เช่นเดียวกับคลื่นแสงสีแดง และยังช่วยในการกระตุ้นการผลิตคลอโรฟิลล์ของพืช ช่วยให้ลำต้นแข็งแรง และเจริญเติบโตได้ดี และทำให้ใบมีสีเขียวและแข็งแรง [25]



รูปที่ 2.22 ช่วงความยาวคลื่นแสงที่คลอโรฟิลล์เอและบีดูดซึม [25]

2.12.1 ประโยชน์ของ LED Grow Light [25]

1. ใช้ในการปลูกพืชในที่ๆแสงแดดเข้าไม่ถึง
2. ใช้ในการเร่งการเจริญเติบโตของพืช โดยในเวลาทีแสงแดดไม่เพียงพอจะใช้เข้ามาเสริมเพื่อให้พืชได้รับแสงแดดในปริมาณที่เพียงพอ แต่ต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดไม่ให้มากเกินไป
3. แสงที่ออกมาจากหลอดมีความร้อนต่ำทำให้ไม่ส่งผลให้ต้นไม้เสียหาย
4. อายุการใช้งานยาวนานถึงประมาณ 50,000 ชั่วโมง

2.12.2 ค่าหรือปริมาณที่ใช้ในการเลือก LED Grow Light สำหรับปลูกพืช [26]

ในการปลูกพืชนั้นมีค่าหรือปริมาณต่างๆที่บอกถึงคุณภาพของแสงที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ดังนี้

1. PAR (Photosynthetically Active Radiation) ซึ่งก็คือค่าของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาเมตรซึ่งเป็นแสงที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์แสง
2. PPF (Photosynthetic Photon Flux) ซึ่งก็คือค่าของการผลิตค่า PAR ต่อวินาทีของแหล่งกำเนิดแสงมีหน่วยเป็นไมโครโมลต่อวินาที
3. PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density) ซึ่งก็คือค่าของการวัดค่าปริมาณของค่า PPF ต่อพื้นที่ใดๆมีหน่วยเป็นไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาทีเป็นค่าที่บอกความสามารถของ LED Grow Light นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. DLI (Daily Light Integral) ซึ่งก็คือค่าของการผลิตค่า PAR ต่อวันต่อพื้นที่ใดๆมีหน่วยเป็นไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวัน และเป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบการวางและจำนวนของ LED Grow Light ในการปลูกพืชโดยดูว่าพืชแต่ละชนิดนั้นต้องการค่า DLI เท่าใด

2.13 พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

2.13.1 ความหมายของเซลล์แสงอาทิตย์ [27]

เซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cell หรือ PV) มีชื่อเรียกในหลายชื่อ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ Photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic ซึ่งแยกออกเป็น Photo หมายถึงแสง และ Volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมความหมายแล้วจะได้ว่า Photovoltaic หมายถึงกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการที่แสงตกกระทบบนวัสดุที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ถูกนำไปใช้งานเป็นแหล่งพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศและได้มีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

2.13.2 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ [27],[28]

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

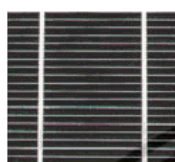
2.13.2.1 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ท จากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน

จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้นดังนี้

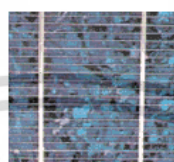
1. แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell หรือ Mono Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) มีลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก
2. แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) นานักเบาและประสิทธิภาพเพียง 5-10%

2.13.2.2 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ท จากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน

ซึ่งประเภทนี้จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไปแต่มีราคาแพงไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก มักใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลงและนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7% ของปริมาณที่ใช้ทั้งหมด)



แบบผลึกเดี่ยว
(Single Crystal)



แบบผลึกรวม
(Poly Crystal)



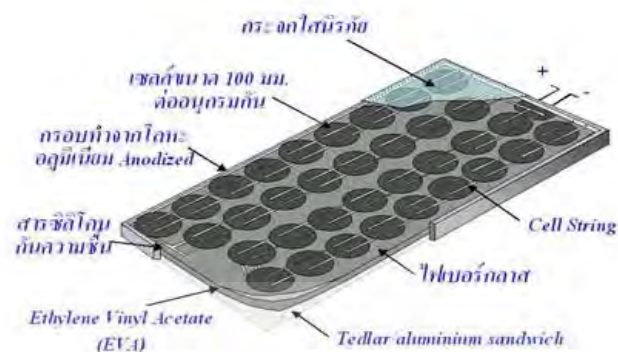
แบบอะมอร์ฟัส
(Amorphous)

รูปที่ 2.23 ลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว,ผลึกรวมและแบบอะมอร์ฟัส [26]

2.13.3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ [27],[28]

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆเซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel)

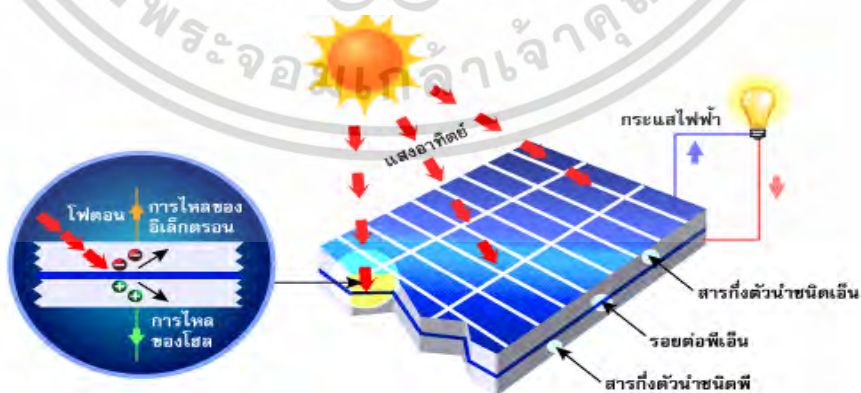
การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กดำซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดีและยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมากเพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและอีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์จึงต้องมีการหาคอด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงแต่ก็ไม่มี ความจำเป็นหากมีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกแล้วดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminare) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง



รูปที่ 2.24 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ [26]

2.13.4 หลักการท างานของเซลล์แสงอาทิตย์ [27],[28]

การท างานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานมาตกกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกันขึ้นที่รอยต่อพีเอ็น (p-n junction) ซึ่งเกิดจากการนำ n-type ซิลิคอน (สารกึ่งตัวนำที่ได้จากการโด๊ปด้วยสารฟอสฟอรัส) มาประกบกับ p-type ซิลิคอน (สารกึ่งตัวนำที่ได้จากการโด๊ปด้วยสารโบรอน) พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของพาหะน ำไฟฟ้าประจุลบคืออิเล็กตรอน (Electron) และพาหะน ำไฟฟ้าประจุบวก คือโฮล (Hole) ขึ้น โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังชั้น n-type และโฮลจะเคลื่อนที่ไปยังชั้น p-type (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวกซึ่งจะมี Back Electrode เป็นตัวรวบรวมโฮลอยู่ ส่วนด้านรับแสงจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบซึ่งจะมี Front Electrode เป็นตัวรับอิเล็กตรอนอยู่) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้ ทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้จะเกิดกระแสไฟฟ้ไหลขึ้น



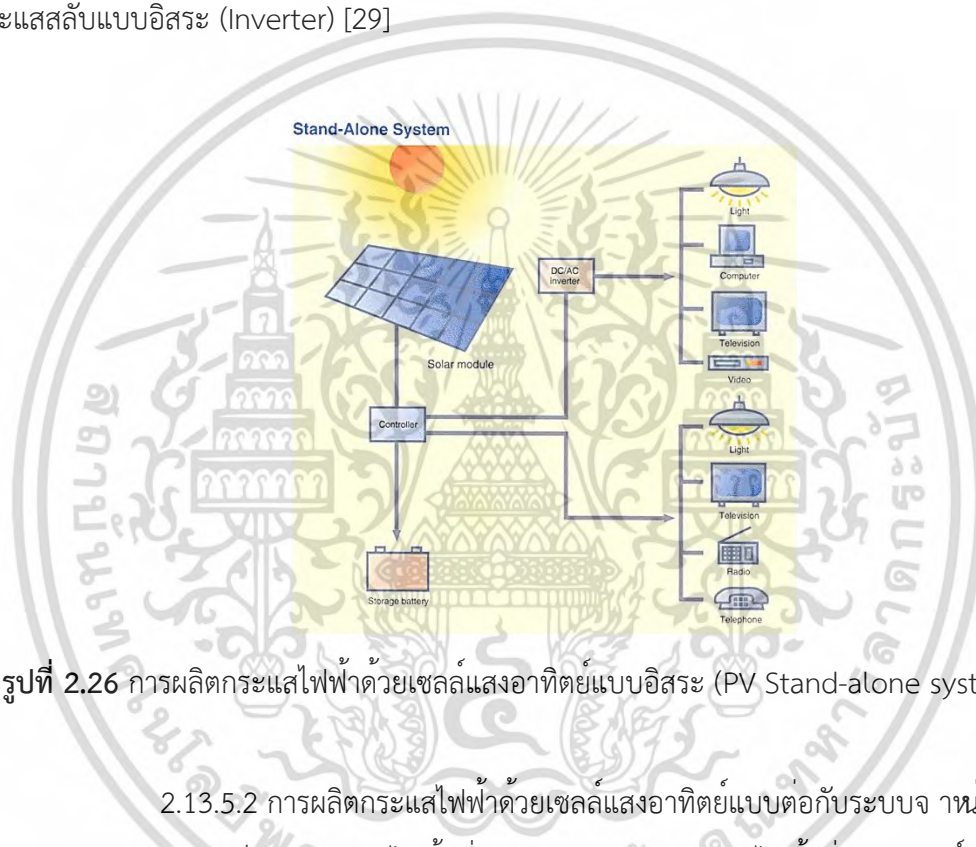
รูปที่ 2.25 หลักการท างานของเซลล์แสงอาทิตย์ [28]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.5 การผลิตพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

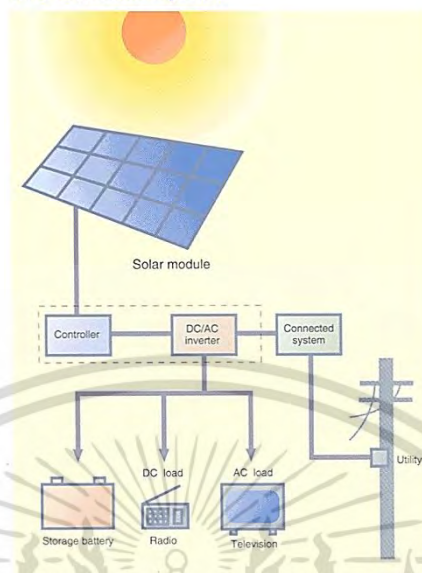
2.13.5.1 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบ สายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์สำคัญในระบบประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panel) อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charger) แบตเตอรี่ (Battery) และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ (Inverter) [29]



รูปที่ 2.26 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system) [29]

2.13.5.2 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter) เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึงอุปกรณ์สำคัญในระบบประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panel) อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Grid connected inverter) [29]

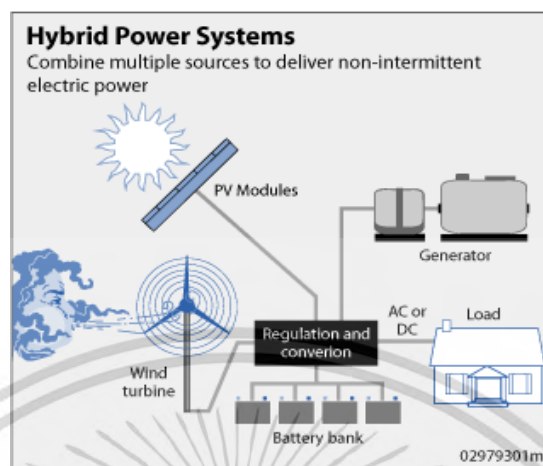
Grid Connected System



รูปที่ 2.27 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย
(PV Grid connected system) [29]

2.13.5.3. การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบส หรับท างานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้า อื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงาน ลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับ การออกแบบตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เป็นกรณีเฉพาะ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล มีหลักการทำงานคือ ในช่วงเวลากลางวันเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าได้จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Multi function ท างานร่วมกับไฟฟ้าจาก พลังงานลมซึ่งจะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดพร้อมทั้งท างานประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณี พลังงานลมต่ำไม่สามารถผลิตไฟฟ้าหรือเวลากลางคืนที่ไม่มีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดแบตเตอรี่จะ จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดและกรณีแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้ามามากจนถึงพิกัดที่ออกแบบไว้ เครื่องยนต์ ดีเซลจะท างานโดยอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์สำรองพลังงานและหากโหลดมีมากเกินไป (Overload) ระบบจะ หยุดท างานทันทีและจะท างานใหม่อีกครั้งเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์หรือ พลังงานลมสามารถผลิต กระแสไฟฟ้าเพื่อมาประจุแบตเตอรี่ตามพิกัดที่ออกแบบไว้พร้อมทั้งขนาดโหลดอยู่ในพิกัดที่ชุดแบตเตอรี่ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

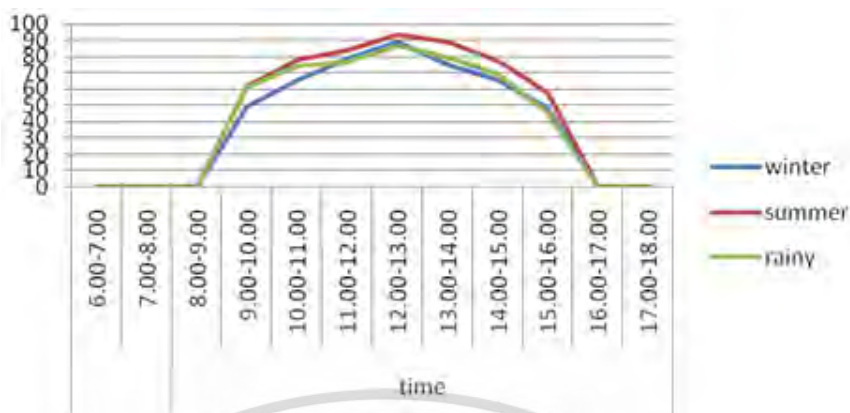


รูปที่ 2.28 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) [31]

2.13.6 ข้อมูล กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอาคาร Future Center [32]

ระบบนี้มีขนาดพิกัดติดตั้งระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ 99.74 kW. และนำ Power Curve มาเปรียบเทียบกับใน 3 ฤดูกาล โดยมีรายละเอียดดังนี้

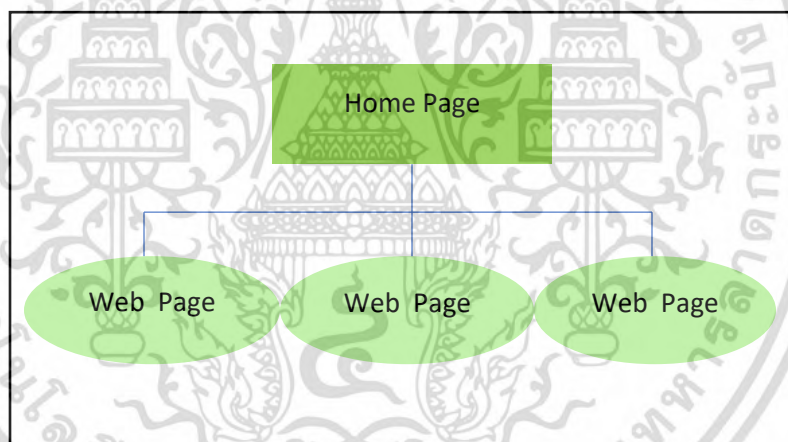
1. เส้นสีแดงเป็นการเฉลี่ยข้อมูลในเดือนมีนาคมถึงมิถุนายนจะได้เส้นโค้ง Power Curve ของฤดูร้อนมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตอยู่ที่ 540 kWhr.
2. เส้นสีเขียวเป็นการเฉลี่ยข้อมูลในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมจะได้เส้นโค้ง Power Curve ของฤดูฝนมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตอยู่ที่ 490 kWhr.
3. เส้นสีฟ้าเป็นการเฉลี่ยข้อมูลในเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์จะได้เส้นโค้ง Power Curve ของฤดูหนาวมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตอยู่ที่ 470 kWhr.



รูปที่ 2.29 กราฟเปรียบเทียบก าลังไฟฟ้าที่ผลิตจาก Future Center ในแต่ละฤดู [32]

2.14 ระบบ SCADA

2.14.1 เว็บไซต์ [33]



รูปที่ 2.30 รูปแบบโครงข่ายเว็บไซต์ [33]

2.14.1.1 เว็บไซต์ หมายถึงแหล่งรวบรวมข้อมูลเอกสารและสื่อประสมต่างๆ เช่น ภาพ เสียง โดยเรียกเอกสารต่างๆนั้นว่าหน้าเว็บเพจ และเรียกหน้าหลักก่อนเข้าหน้าเว็บไซต์ว่า โฮมเพจ

เว็บไซต์ มี 2 ลักษณะ ได้แก่

1. Static Website เป็นเว็บไซต์ที่ไม่สามารถตอบโต้กับผู้ใช้งาน
น าเสนอข้อมูลแบบตายตัว ไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลบ่อย

2. Dynamic Website เป็นเว็บไซต์ที่สามารถจัดการกับฐานข้อมูล(Database) ได้ มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงข้อมูล สามารถตอบโต้กับผู้ใช้งานได้

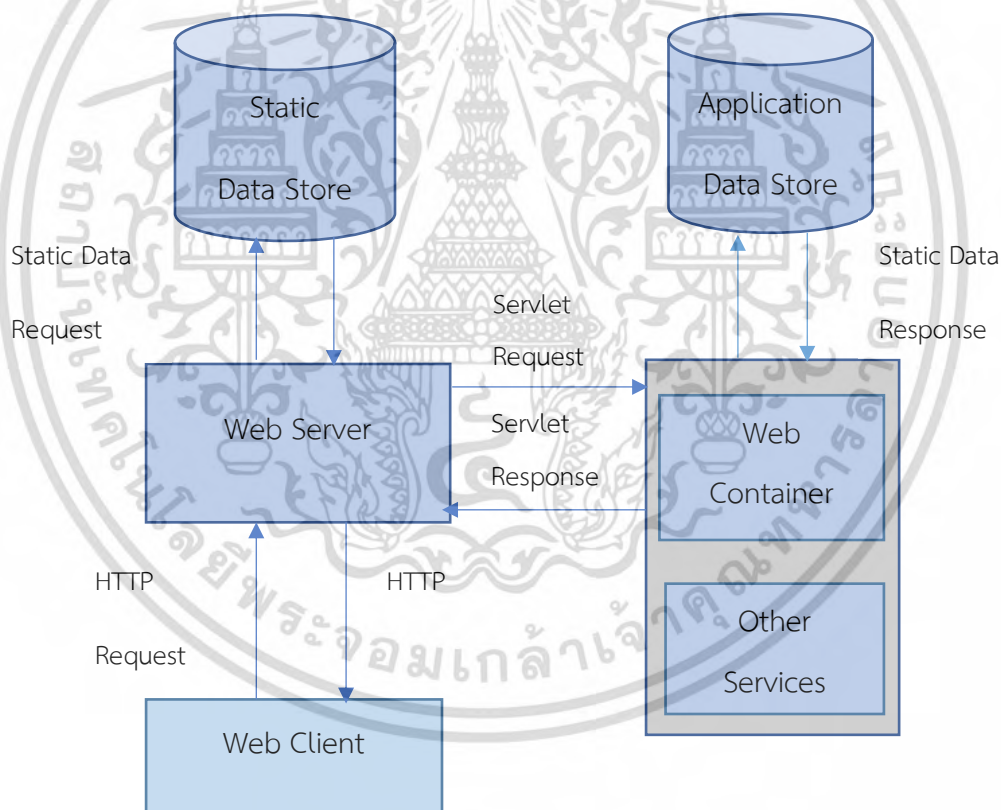
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1.2 เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) [34]

เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) มี 2 ความหมาย

ความหมายแรก หมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็น Server ให้บริการ ผู้ใช้ (Client) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถอ่านข้อมูล รูปภาพ และเสียงได้ผ่านโปรโตคอล HTTP (Hyper text Transfer Protocol) ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ (Web browser) เพื่อให้ผู้ใช้ดูข้อมูลและโต้ตอบกับข้อมูลสารสนเทศที่จัดเก็บในหน้าเว็บที่สร้างด้วยภาษาเฉพาะ

ความหมายที่สอง หมายถึงโปรแกรมที่ทำงานทางฝั่ง Server จะรับคำสั่งจากการทำงานของฝั่งผู้ใช้ (Client) ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) แล้วประมวลผลและส่งข้อมูลไปยังเว็บผู้ใช้งาน (Web Client)



รูปที่ 2.31 การขอรับใช้บริการและให้บริการ [34]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1.3 เว็บเบราว์เซอร์(Web Browser) [35]

เว็บเบราว์เซอร์เป็นซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่ใช้สำหรับสืบค้น และแสดงหน้าเว็บที่อยู่ในเว็บไซต์
เซิร์ฟเวอร์บนอินเทอร์เน็ตผ่านโพรโทคอลการรับส่งข้อมูลHTTP เว็บเบราว์เซอร์ตัวแรกของโลก คือ
เวิลด์ไวด์เว็บ คิดค้นโดยศูนย์วิจัยเซิร์น เว็บเบราว์เซอร์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันได้แก่ Google Chrome,
Mozilla Firefox และ Internet Explore

2.14.2 ภาษาที่ใช้เขียนเว็บไซต์

2.14.2.1 ภาษาHTML (Hyper Text Markup Language) [36]

ภาษาHTML เป็นภาษาที่ใช้ในการแสดงผลในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นข้อความ
กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่ง เสียง เป็นภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บ โดยอาศัยตัวกำกับหรือการ
เชื่อมโยงไปยังเว็บเพจอื่นๆที่เชื่อมถึงกันใน Hyperspace ผ่าน Hyperlink เป็นภาษาที่มีลักษณะเป็นโค้ด
นั่นคือ เป็นภาษาที่เก็บไฟล์ข้อมูลเป็นตัวอักษรในมาตรฐานของรหัสแอสกี (ASCII Code)

เครื่องมือที่ใช้สำหรับเขียนภาษา HTML มีหลากหลาย เช่น โปรแกรม Notepad,
Notepad++, Edit plus, Dreamweaver

ตัวกำกับ หรือ Tag เป็นลักษณะคำสั่งเฉพาะของภาษาHTML

Tag มีอยู่ 2ชนิด ได้แก่

1. Tagเดี่ยว คือรูปแบบคำสั่งที่มีเพียง tag เดียว<hr>
2. Tagคู่ คือรูปแบบคำสั่งที่มีส่วนค คำสั่งส่วนเริ่มต้น และค คำสั่งส่วนจบของค ซึ่ง
การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาHTML จะมีโครงสร้าง และการจัดวางลำดับ คำสั่งที่
เป็นมาตรฐานทั่วโลก โดยจะประกอบด้วยค คำสั่งที่ 4 ค คำสั่ง ได้แก่

1. <html>.....</html> เป็นค คำสั่งที่ ทาหน้าที่บอกจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของ

เอกสาร HTML

2. <head>.....</head>เป็นค คำสั่งที่ ทาหน้าที่ กำหนดส่วนหัวเรื่อง

3. <title>.....</title>เป็นค คำสั่งที่ใช้ กำหนดข้อความที่ต้องการ มาแสดงผล

แถบ Title bar เป็นค คำสั่งที่จะผูกภายใต้ค คำสั่ง<head>.....</head> โดยก กำหนดความยาว
ตัวอักษรไม่เกิน 64 ตัวอักษร

4. <body>.....</body>เป็นคำสั่งที่กำหนดข้อความและรูปแบบของคำสั่งที่ใช้

ส สำหรับปรับแต่งเอกสารที่จะน มาเสนอออกทางส่วนแสดงผลหลักของWeb Browser

ข้อดีของภาษาHTML [37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เป็นภาษาที่มีไวยากรณ์และรูปแบบที่ง่าย
2. สามารถเปิดไฟล์ HTML ท างานได้บนทุกเว็บเบราว์เซอร์
3. สามารถท างานได้บนอุปกรณ์ทุกชนิดและแพลตฟอร์ม
4. ค าสั่งอักษรตัวพิมพ์เล็กหรือพิมพ์ใหญ่จะมีความหมายเหมือนกัน

2.14.2.2 ภาษาPHP [38]

ภาษาPHP เป็นภาษาที่ใช้เขียนหรือพัฒนาเว็บไซต์แบบไดนามิกส์ เว็บไซต์ทั่วโลก ประมาณ 60 % ถูกเขียนด้วยภาษาPHP ภาษาPHP เป็นภาษาคอมพิวเตอร์จาวาสคริปต์ scripting language ค าสั่งต่างๆจะถูกเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่าสคริปต์ (Script) และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปร ชุดค าสั่ง โครงสร้างภาษา PHP มีรากพื้นฐานมาจากภาษาC, JAVA และPerl

ความแตกต่างระหว่างภาษาHTML และภาษาPHPคือ ภาษาHTML ใช้ในการจัดรูปแบบของเว็บไซต์ จัดตำแหน่งรูป จัดตำแหน่งตัวอักษร หรือใส่สีสັນให้กับเว็บไซต์ ไม่มีการตอบโต้กับผู้ใช้งาน ข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อย แต่ภาษาPHP นั้นเป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณ ประมวลผลเก็บค่า และท าดตามค าสั่งต่างๆมีการจัดการด้านฐานข้อมูลสามารถตอบโต้กับผู้ใช้งานได้

ข้อดีของภาษา PHP [38]

1. เป็นภาษา open source ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลด Source code น ่าไปใช้ฟรี
2. PHP เป็นสคริปต์ Server-side ท างานบนเว็บเซิร์ฟเวอร์ ไม่ส่งผลกับการท างานบนเครื่องของผู้ใช้งาน(Client)
3. PHP สามารถท างานได้บนระบบปฏิบัติการต่างๆ เช่น UNIX, Window, Linux ได้
4. เรียนรู้ง่ายเนื่องจาก PHP ถูกฝังเข้าไปใน HTML และจะใช้โครงสร้างและไวยากรณ์ภาษาแบบง่ายๆ
5. เร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อใช้กับ Apach server เพราะไม่ต้องใช้กับโปรแกรมจากภายนอก
6. ภาษา PHP ท างานร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล (Database) ได้หลากหลาย
7. ใช้กับข้อมูลตัวอักษร และการประมวลผลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.14.2.3 ภาษาJavaScript [39]

ภาษา JavaScript เป็นภาษาที่ท างานบนเว็บเบราว์เซอร์เพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านต่างๆ เช่นการประมวล การรับ-ส่งข้อมูล และสามารถทำให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับเว็บไซต์ได้ ซึ่งเรียกว่า Dynamic Webste ซึ่งถูกพัฒนาโดยทีมงานNetscape เป็นโปรแกรมในลักษณะ applet จะเป็นScript ฝัง

ตัวอยู่ในเว็บเพจ โดยตัวโปรแกรมทั้งหมดก็จะถูกบรรจุอยู่ในsource code ของเว็บเพจ ภาษาJavaScript สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้ โดยสามารถทำงานร่วมกับ ภาษาHTML

ลักษณะการทำงานของภาษาJavaScript

- 1.Navigator JavaScript คือ JavaScript ที่ถูกแปลงทางด้านผู้ใช้ (Client)
- 2.Livewire JavaScript คือJavaScript ที่ถูกแปลงทางด้านผู้ให้บริการ(Server-side JavaScript)

JavaScript)

ความสัมพันธ์ ระหว่างภาษาJavaScript และภาษาHTML

การเขียนโปรแกรมภาษา Java ต้องเขียนแยกไฟล์ไม่สามารถรวมในไฟล์เดียวกับ ภาษา HTMLได้ แต่ภาษาการเขียนภาษา JavaScript นั้นสามารถเขียนรวมในไฟล์ภาษา HTML ได้ การเขียนภาษา JavaScript มีการเขียน 2วิธี คือ 1. เขียนด้วยชุดคำสั่งและฟังก์ชันของภาษา JavaScriptเอง 2. เขียนตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามชุดคำสั่งของภาษาHTML

ภาษา JavaScript มีลักษณะดังนี้

- 1.เป็นภาษาสคริปต์แบบสั้นๆ
- 2.สามารถใช้งานร่วมกับ HTML และCSS ได้ เพื่อสร้างและพัฒนาใช้งานกับบราวเซอร์รุ่นใหม่ๆ ได้

ข้อดีและจุดเด่นของภาษา JavaScript [39]

1. เขียนโปรแกรมได้ง่ายไม่ต้องพึ่งภาษาอื่น
2. มีคาสั่งที่ตอบสนองกับผู้ใช้งาน
3. มีการเตือนเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรม
4. ตรวจสอบได้ว่าผู้ใช้งานใช้บราวเซอร์อะไร
- 5.สามารถสร้าง cookies (ข้อมูลขนาดเล็ก)แล้วเก็บไว้ยังที่เว็บบราวเซอร์ได้ 2.14.2.3

ภาษา Python (Python Programming Language) [40]

ภาษา Python เป็นภาษาเขียนโปรแกรมแบบไดนามิกส์และมีระบบจัดการ

หน่วยความจำอัตโนมัติ และสนับสนุนการเขียนโปรแกรมหลายรูปแบบ มีชุดคำสั่งเสริม (Library)ที่ครอบคลุมการทำงานหลากหลาย สามารถรันบนระบบต่างๆได้อย่างกว้างขวาง ถูกออกแบบให้ code สามารถอ่านได้ง่าย โดยการใช้ “ช่องไฟ”หรือ Whitespace เป็นตัวแบ่งว่า code แต่ละบรรทัดอยู่ภายใต้ block

ข้อดีของภาษา python [41]

1. ไวยากรณ์อ่านง่าย และเข้าใจง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Python เป็นภาษา กาว (Glue language) เนื่องจากสามารถเรียกใช้ได้ภาษาอื่นได้หลายภาษา เหมาะกับการทำงานร่วมกับโปรแกรมเพื่อประสานงานกับภาษาอื่นได้

3. มีค าสั่งขยซึ่งท ำให้เขียนโปรแกรมสั้นลง
4. ตัวแปรถูกสร้างได้ง่ายเนื่องจากไม่ต้องประกาศชนิดตัวแปร
5. สามารถใช้งานได้หลายแพลตฟอร์ม
6. มีชุดค าสั่งเสริม (Library) ลดภาระการเขียนค าสั่งข้ ำให้กับผู้พัฒนาโปรแกรมได้
7. ภาษา Python ท ำงานด้เร็วที่สุดเมื่อเทียบกับภาษา Script ด้วยกัน เช่น PHP,

JavaScript

2.14.3 โปรแกรมส ำหรับออกแบบเว็บไซต์

2.14.3.1 โปรแกรม Dreamweaver [42]

เป็นโปรแกรมที่ใช้ส ำหรับพัฒนาเว็บไซต์ เป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ซึ่งเว็บเพจที่เป็นแบบไดนามิกส์ ก็ได้มีการพัฒนามาจากโปรแกรม Dreamweaver มีเครื่องมือมากมาย และท ำงานเชื่อมต่อกับโปรแกรมต่างๆ เช่น Photoshop, Flash

คุณสมบัติและข้อดีของโปรแกรม Dreamweaver

1. เราท ำบนหน้าจออย่างไร บนหน้าจอโปรแกรม Dreamweaver ก็จะได้ปรากฏแบบนั้น
2. มีเครื่องมือในการอ ำนวยความสะดวกในการช่วยสร้างรูปแบบต่างๆบนหน้าจอ และมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง ช่วยให้สามารถท ำได้ง ำยขึ้น
3. สนับสนุนภาษาจ ำพวก Script language ทั้งฝั่งผู้ใช้(Client) และฝั่งผู้ให้บริการ(Server) เช่น Javascript, PHP, ASP
4. มีเครื่องมือในการอัปโหลดหน้าเว็บไซต์ไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เพื่อท ำการเผยแพร่เอกสารที่เราสร้างในอินเทอร์เน็ต ผ่านทางFTP
5. รับรองมัลติมีเดีย เช่น กราฟิก,เสียง และภาพ
6. สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลได้

2.14.3.2 โปรแกรม Notepad [43]

เป็นโปรแกรมที่ท ำในระบบปฏิบัติการ window จัดเป็นโปรแกรมประเภท text Editor ที่นิยมน ำมาเขียนเว็บเพจด้วยภาษาHTML เพราะท ำงานง ำยไม่ซับซ้อน

ข้อดีและจุดเด่นของโปรแกรม Notepad [43]

1. รับรองภาษาต่างๆ เช่ ำ ภาษาซี, ภาษาJava, ภาษา CSS, ภาษา HTML เป็นต้น
2. มีการเปลี่ยนสีค าสั่งเมื่อมีการพิมพ์ถูก ช่วยในการเตือนข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ส ำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญ ำตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีการตรวจค ำให้ถูกต้องและช่วยเติมค ำสั่งให้ถูกต้องโดยอัตโนมัติ
4. สามารถตั้งเวลาส ารองข้อมูล และท ำSnapshot ได้อัตโนมัติ
5. มีความสามารถในการซิงค์ข้อมูลกับโปรแกรมฝากออนไลน์ Dropbox ได้แบบ real

time

2.14.4 ฐานข้อมูล (Database) [44]

2.14.4.1 ฐานข้อมูล คือศูนย์รวมข้อมูลต่างๆของเว็บไซต์ เช่น ข้อมูลค่าต่างๆ, ข้อมูลสมาชิก, ข้อมูลเนื้อหาต่างๆของเว็บไซต์ โดยมีกระบวนการจัดหมวดหมู่ข้อมูลอย่างเป็นระเบียบ เว็บไซต์โดยส่วนมาก 99% จะมีฐานข้อมูล

สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระดับ

1. ระดับภายใน (Internal level) เป็นข้อมูลเชิงนามธรรมระดับต่ำสุด
2. ระดับเชิงแนวคิด (Conceptual level) หรือระดับตรรกะ
3. ระดับภายนอก (External level) เป็นข้อมูลเชิงนามธรรมระดับสูง

2.14.4.2 ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management Systems: DEMS) คือซอฟต์แวร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือของผู้ใช้งานสื่อสารกับฐานข้อมูล ซึ่งมักจะใช้ภาษาSQL ในการโต้ตอบระหว่างกันกับผู้ใช้งานด้วยการสร้าง การเรียกดูและการบำรุงรักษาข้อมูล

2.14.4.2.1 ส่วนประกอบของระบบจัดการฐานข้อมูล

2.14.4.2.1.1 ฮาร์ดแวร์(Hardware) หมายถึง คอมพิวเตอร์โดยอุปกรณ์ที่นำมาพิจารณา คือหน่วยประมวลผลกลาง และหน่วยความจำ

2.14.4.2.1.2 ซอฟต์แวร์(Software) หมายถึง โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูล

2.14.4.2.1.3 ข้อมูล(Data) คือ ความจริงต่างๆที่เราต้องการเก็บ

2.14.4.2.1.4 ขั้นตอนการท างาน(Procedure) จะเกี่ยวข้องกับชุดค ำสั่ง และกฎระเบียบเพื่อใช้ในการออกแบบและใช้งานฐานข้อมูล

2.14.4.2.1.3 ผู้ใช้(User)

ข้อดีของระบบฐานข้อมูล

1. ช่วยกำหนดและเก็บโครงสร้างฐานข้อมูล
2. เก็บและดูแลข้อมูล
3. ประสานงานกับระบบปฏิบัติการ
4. ช่วยควบคุมความปลอดภัยของข้อมูลได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้
6. ลดความซ้ำซ้อนกันของข้อมูล
7. ความเป็นอิสระของข้อมูล และโปรแกรม กล่าวคือ หากมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูล จะไม่มีผลต่อโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานที่ประมผล

2.14.4.2.2 ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL [45]

MySQL เป็นทั้งระบบจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL และมีฐานข้อมูลแบบเชิงสัมพันธ์ซึ่งจะเก็บข้อมูลในรูปแบบตารางแทนที่จะเก็บข้อมูลรวมกันเป็นไฟล์ใหญ่ไฟล์เดียวทำให้การประมวลผลเร็ว และมีความยืดหยุ่นสูง ผู้ใช้สามารถโหลดโปรแกรม MySQL ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย โปรแกรมที่ถูกพัฒนามาสำหรับบริหารจัดการระบบฐานข้อมูล MySQL ผ่านเว็บเบราว์เซอร์คือโปรแกรม phpMyAdmin ซึ่งมีความสามารถในการสร้าง และลบฐานข้อมูล, โหลดข้อมูลตัวอักษรเข้าไปเก็บในข้อมูลในตาราง, สร้างและจัดการตารางข้อมูล, และยังสามารถสร้าง Query ด้วยคำสั่ง SQL ได้ด้วย

2.14.5 ส่วนที่ใช้เชื่อมต่อระหว่าง PLC และเว็บไซต์

2.14.5.1 โปรแกรม Arduino [46]



รูปที่ 2.32 หน้าต่างโปรแกรม Arduino [46]

โปรแกรม Arduino ประกอบไปด้วย 2 ส่วนได้แก่

2.14.5.1.1 ภาษา Arduino เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์(MCU) เป็นภาษาที่มีไวยากรณ์เดียวกับภาษา C,C++

โครงสร้างโปรแกรมภาษา C บน Arduino จะมีลักษณะโดยทั่วไปเช่นเดียวกับภาษา C ซึ่งประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Preprocessor directives

ส่วนนี้เป็นส่วนที่คอมไพเลอร์จะมีการประมวลผล และทำตามคำสั่งก่อนจะมีการคอมไพล์โปรแกรม ซึ่งจะขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย # ส่วนนี้จะอยู่บนสุด หรือส่วนหัวของโปรแกรม และอยู่นอกฟังก์ชันการทำงานหลัก

#include เป็นคำสั่งที่อ้างอิงไฟล์จากภายนอก

#include <ชื่อไฟล์.>

2. ส่วนของการกำหนดค่า (Global declarations) เป็นส่วนกำหนดชนิดของตัวแปร

3. ฟังก์ชัน void setup() และ Void loop()

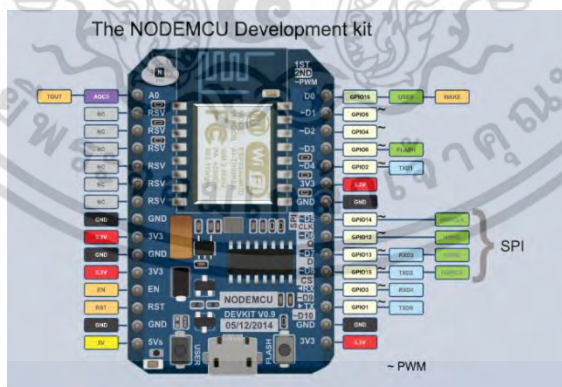
void setup() เป็นฟังก์ชัน โปรแกรมจะทำตามคำสั่งของฟังก์ชันนี้เพียงครั้งเดียวใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นของการทำงาน

Void loop() เป็นฟังก์ชันที่ทำงานซ้ำอย่างต่อเนื่อง ประมวลผลสั่งงาน เอาต์พุต โปรแกรมจะทำตามคำสั่งนี้ตลอดเวลา

2.14.5.1.2 Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด

2.14.5.2 Node MCU [47]

Node MCU คือแพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ในการสร้างโปรเจกต์ Internet of Things (IOT) ประกอบด้วยตัวบอร์ด (Development kit) และ Software บนตัวบอร์ด (Firmware) มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266)



รูปที่ 2.33 NODEMCU Development kit [47]

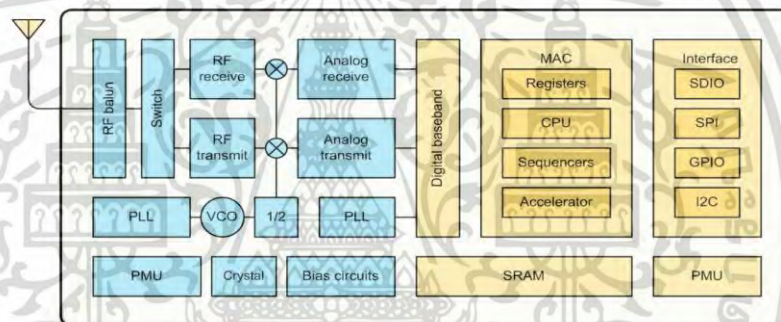
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.5.2.1 ESP8266 Module WiFi Specification

Voltage	3.3V
Current consumption	10uA – 170mA
Flash memory attachable	16MB max (512K normal)
Processor	Tensilica L106 32 bit
Processor speed	80-160MHz
RAM	32K + 80K
GPIOs	17 (multiplexed with other functions)
Analog to Digital	1 input with 1024 step resolution
802.11 support	b/g/n/d/e/i/k/r
Maximum concurrent TCP connections	5

รูปที่ 2.34 คุณลักษณะของ ESP8266 Module WiFi [48]

2.14.5.2.2 ESP8266 Module WiFi Block diagram



รูปที่ 2.35 ESP8266 Module WiFi Block diagram [48]

2.14.5.2.3 ESP8266 Module WiFi feature

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- WiFi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices 20
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4s guard interval
- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- +20 dBm output power in 802.11b mode
- Operating temperature range -40C ~ 125C
- FCC, CE, TELEC, WiFi Alliance, and SRRC certified

2.15 เทคโนโลยีจากประเทศต่างๆสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่จากการลงพื้นที่สำรวจ

ในปัจจุบันสตรอเบอร์รี่ถูกปลูกในโรงเรือนปิด โดยมีควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมให้แก่สตรอเบอร์รี่ ระบบบริหารจัดการโรงเรือนมีองค์ประกอบดังนี้

2.15.1 การควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน

2.15.1.1 การควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน มี 2 แบบ

2.15.1.1.1 ภายในโรงเรือนมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิ และเพิ่มการหมุนเวียนของอากาศ ซึ่งท างานเปิดปิดโดยใช้คน



รูปที่ 2.36 พัดลมระบายอากาศ

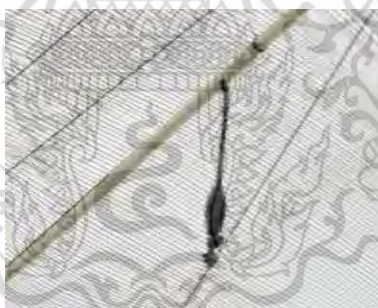
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.1.1.2 การทาความเย็นภายในโรงเรือน ใช้ซิลเลอร์เป็นตัวทาความเย็นและส่งผ่านอากาศเย็นผ่านท่อลมพลาสติกซึ่งอยู่บริเวณพื้นของโรงเรือน เพื่อปรับอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้มีค่าประมาณ 30 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.37 ท่อลมสีขาวส่งผ่านอากาศเย็นภายในโรงเรือน

2.15.1.2 การควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน
ภายในโรงเรือนมีการติดหัวพ่นหมอกภายในโรงเรือนเพื่อเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน อีกทั้งยังใช้เพื่อจำลองสภาพอากาศหนาวให้กับสตรอเบอร์รี่ ซึ่งทำงาน เปิด-ปิด อัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งไว้



รูปที่ 2.38 หัวพ่นหมอก

2.15.1.3 การควบคุมความเข้มแสงภายในโรงเรือน
ภายในโรงเรือนมีการควบคุมความเข้มแสงโดยใช้ม่านกรองแสง ซึ่งจะควบคุมการเปิด-ปิดม่านด้วยมอเตอร์ที่ทำงานอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 มอเตอร์ในการเปิด-ปิดม่านกรองแสง

2.15.1.4 การวัดค่าพารามิเตอร์ของสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรียน
 ทาการติดตั้งมิเตอร์บริเวณรางปลุก 1 จุด เพื่อวัดสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรียน โดย
 มิเตอร์จะสามารถวัดค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ความดันบรรยากาศ, ปริมาณน้ำฝน



รูปที่ 2.40 มิเตอร์วัดพารามิเตอร์ต่างๆในโรงเรียน

2.15.1.5 ใช้เทอร์โมสแตทเปิดในการวัดอุณหภูมิภายในโรงเรียน จา วน 3 ระดับความ
 สูงที่แตกต่างกัน เพื่อใช้ได้น มาในการปรับสภาพอากาศภายในโรงเรียนปิด



รูปที่ 2.41 ต. แห่งติดตั้งเทอร์โมสแตทเปิด 3 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.2 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ มี 2 แบบ

ระบบการควบคุมส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ แบบที่ 1

ขั้นตอนจะเริ่มจากค่าน้ำปุ๋ยจากถังมาผสมรวมกันที่ถังผสม โดยมีอุปกรณ์วัดค่า EC(Electric conductivity) และค่า pH ของน้ำปุ๋ยที่ผสมกันแล้ว จากนั้นมีการปรับให้ค่า EC และ pH ของปุ๋ยให้มีค่าประมาณ 2.2 แล้วจึงทำการส่งจ่ายไปยังต้นสตรอเบอร์รี่ ซึ่งจะส่งจ่ายด้วยระบบอัตโนมัติ โดยจะส่งจ่ายใน 2 เวลาได้แก่ 11.00น. และ 14.00 น. สำหรับท่อส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ นั้นจะใช้ท่อ PE เจาะรูวางบนรางปลูกแต่ละราง บริเวณใต้รางปลูกจะมีการเจาะรูเพื่อระบายน้ำ ทิ้งให้ไหลลงไปยังรางรองน้ำที่ด้านล่างรางปลูกอีกด้วย



รูปที่ 2.42 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ แบบที่ 1



รูปที่ 2.43 ท่อส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ ขงตามรางปลูกแบบที่ 1



รูปที่ 2.44 รางรองน้ำทิ้งแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการควบคุมส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำแบบที่ 2



รูปที่ 2.45 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ แบบที่ 2



รูปที่ 2.46 รางรองน้ำ ไฟล์แบบที่ 2

2.15.2.2 การทำความเข้าใจบริเวณรางปลูก โดยนําน้ำเย็นมารดต้นสตรอเบอร์รี่ จากนั้น น้ำเย็นจะไหลลงรางสแตนเลสด้านล่าง ซึ่งทำให้รางสแตนเลสเย็นตามไปด้วย



รูปที่ 2.47 ระบบนําน้ำเย็นที่ซ้รดต้นสตรอเบอร์รี่

2.15.2.3 รางปลูกสตรอเบอร์รี่ ตัวรางทำจากวัสดุสแตนเลสและดำนในมีตาข่ายสำหรับ รองขุยมะพร้าวเพื่อใช้ในการปลูก ซึ่งตัวรางสามารถเลื่อนปรับระดับความสูงได้ด้วยไฮดรอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.48 รางปลูกสตรอเบอร์รี่ที่สามารถเลื่อนขึ้น-ลงได้

ข้อดีของเทคนิคการปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิดจากจากประเทศต่างๆ

1. มีการวัดอุณหภูมิ 3 จุด ที่ระดับความสูงแตกต่างกัน
2. มีการแยกตัวควบคุมการทำงานระหว่างระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ และระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือน
3. รางปลูกสตรอเบอร์รี่สามารถเลื่อนปรับระดับความสูงได้ ซึ่งจะทำให้การใช้พื้นที่ในโรงเรือนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
4. เนื่องจากสตรอเบอร์รี่ถูกปลูกในโรงเรือนปิดแมลงจึงเข้ามาทำลายผลผลิตได้ยาก จึงทำให้ปลอดภัยสารพิษและยาฆ่าแมลง
5. เกิดโรคพืชและการระเบิดของโรงพืชได้ยาก
6. สามารถปลูกสตรอเบอร์รี่ได้ทุกฤดูกาล

ข้อเสียของเทคนิคการปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิดจากประเทศต่างๆ

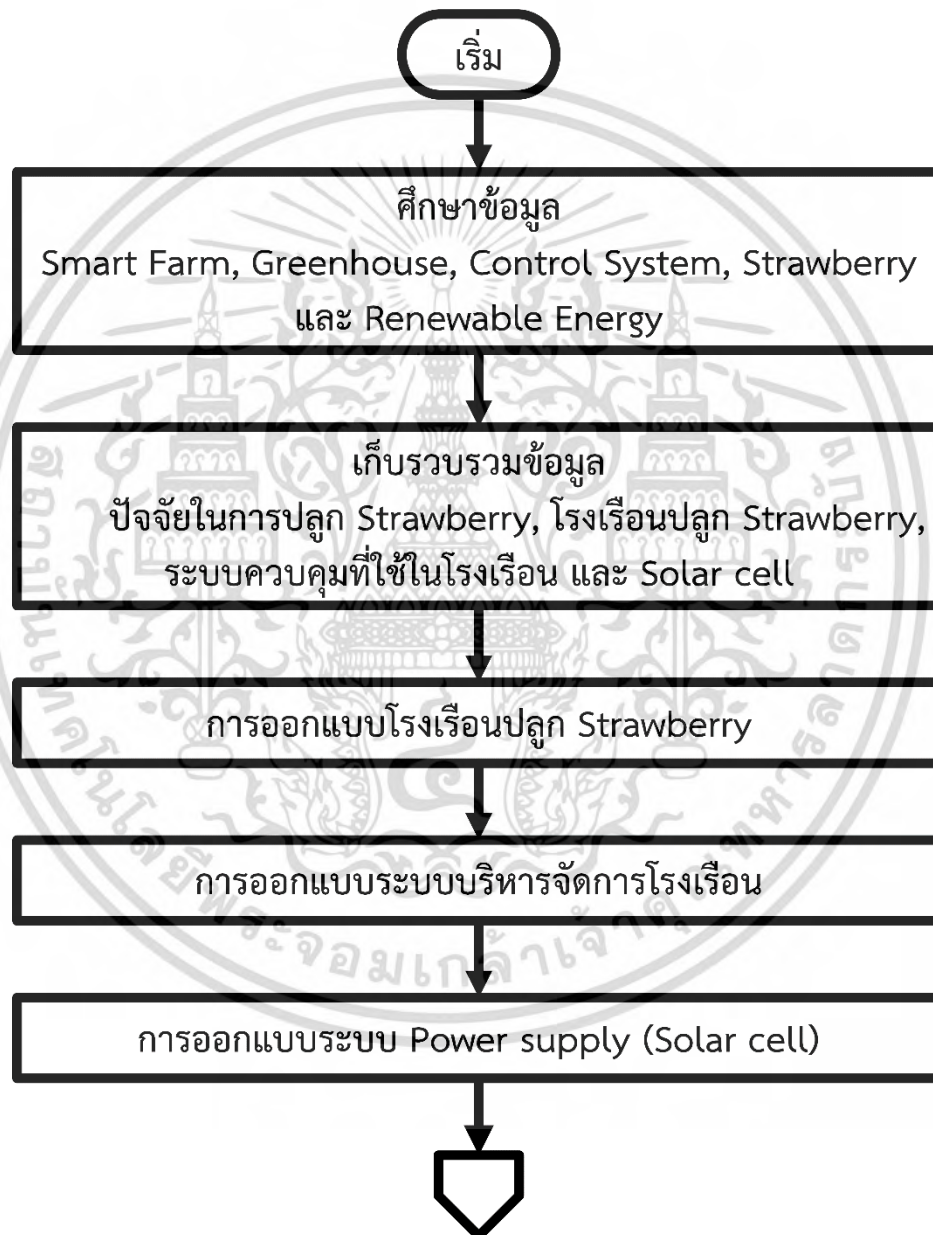
1. เนื่องจากโรงเรือนมีขนาดใหญ่จึงยังไม่สามารถแก้ปัญหาในการรักษาอุณหภูมิได้ตามต้องการ
2. มีการแยกตัวควบคุมการทำงานระหว่างระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ และระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือน
3. มักมีปัญหาคารุดตันบริเวณรูของสายส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ และรูด้านล่างของ รางปลูก
4. ต้นทุนในส่วนของระบบ และโรงเรือนมีราคาสูง

บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

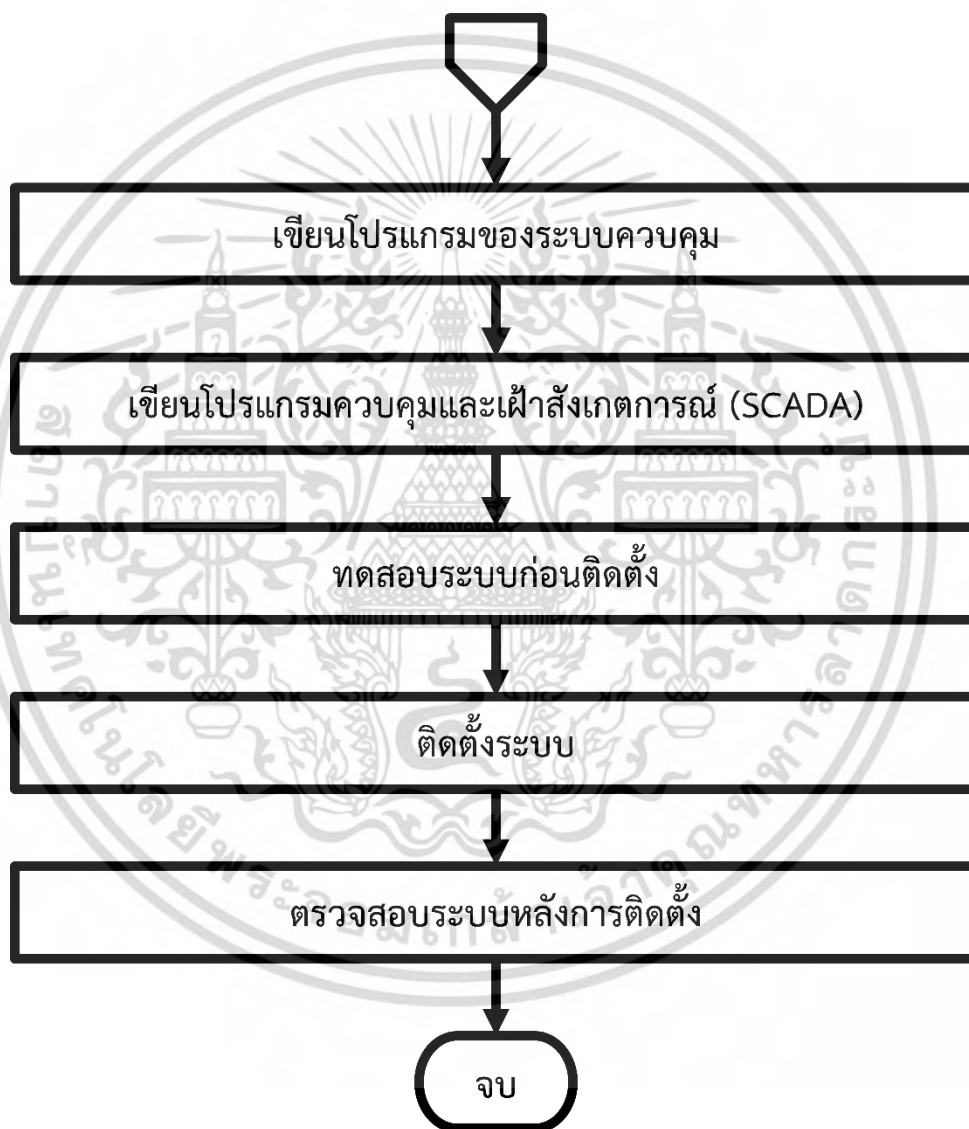
3.1 วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของขั้นตอนการดำเนินงานตามที่ได้วางแผนไว้ในข้างต้น ดังแสดงตามแผนภาพในรูปที่ 3.1 - 3.6



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

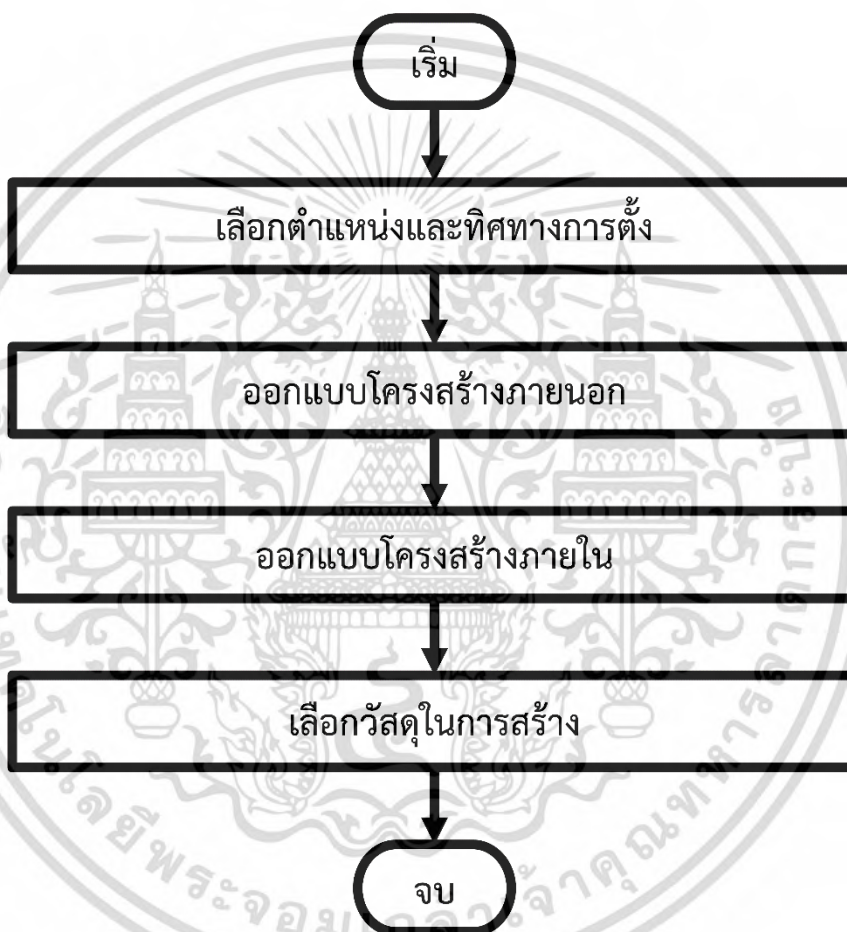
จากรูปที่ 3.1 เป็นขั้นตอนในการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1 โดยเริ่มตั้งแต่ศึกษาข้อมูลที่จาเป็นต่าง ประกอบด้วย Smart Farm, Greenhouse, Control systems, Strawberry และ Renewable Energy จากนั้นจึงเก็บรวบรวมข้อมูล, ป้าย และข้อมูลของสถานะแวดล้อมต่างๆในการปลูก Strawberry, ระบบควบคุมภายในโรงเรือน และระบบต้นกำลังโดยใช้ Solar cell แล้วจึงออกแบบโรงเรือน, ออกแบบระบบบริหารจัดการโรงเรือน และออกแบบระบบ Power supply โดยใช้ Solar cell



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

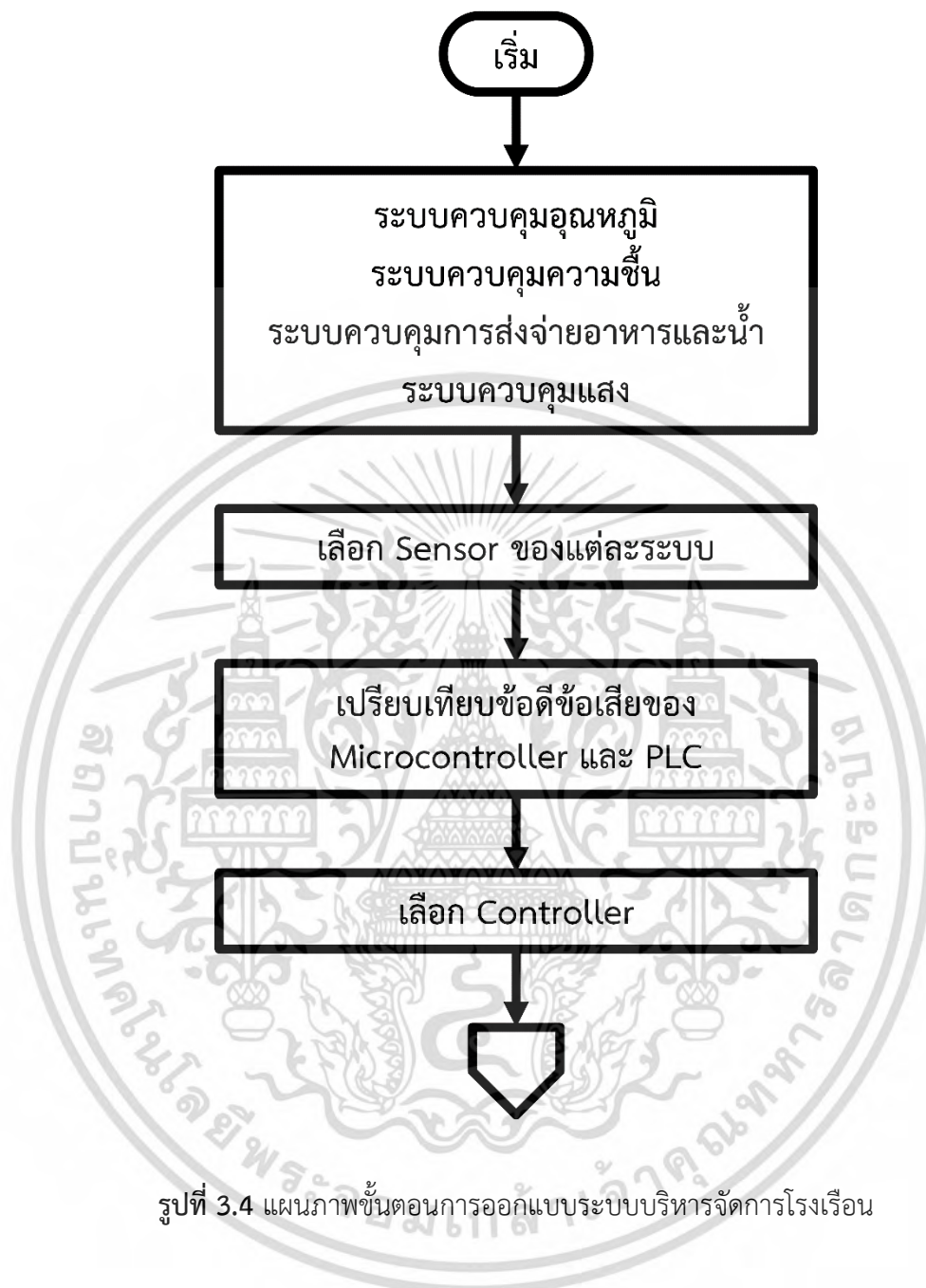
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 เป็นขั้นตอนในการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2 โดยเริ่มตั้งแต่ออกแบบและเขียนโปรแกรมของระบบควบคุมภายในโรงเรือน ,ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมและฝ้าสังเกตการณ์ (SCADA) จากนั้นจึงทำการทดสอบระบบก่อนติดตั้งจริง และเมื่อแก้ไขปัญหาที่พบจากการทดสอบระบบเรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการติดตั้งระบบและตรวจสอบระบบหลังการติดตั้งอีกครั้งเพื่อทดสอบดูประสิทธิภาพและเสถียรภาพในการทำงานของระบบ

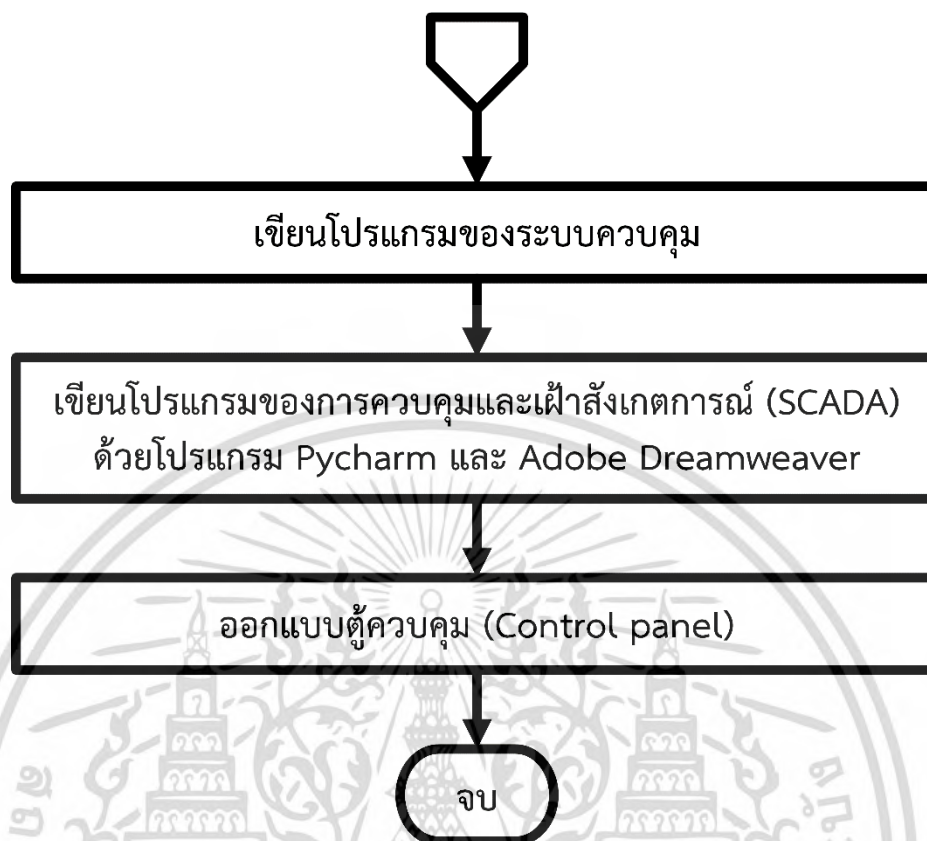


รูปที่ 3.3 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบโรงเรือน

จากรูปที่ 3.3 เป็นขั้นตอนการออกแบบโรงเรือนตั้งแต่การเลือกตำแหน่งและทิศทางการติดตั้ง, การออกแบบโครงสร้างภายนอก, การออกแบบโครงสร้างภายใน และการเลือกวัสดุโครงสร้าง เพื่อให้โรงเรือนเป็นระบบปิดและสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆได้อย่างเหมาะสม

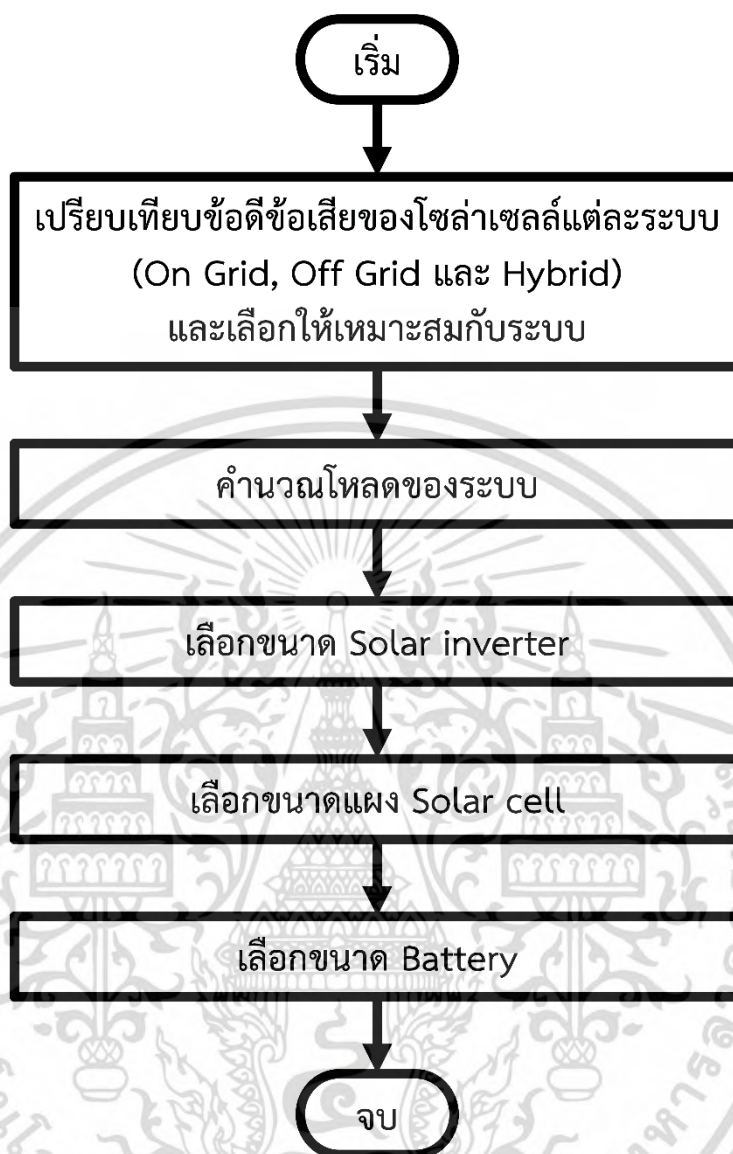


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบระบบบริหารจัดการโรงเรือน (ต่อ)

จากรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 เป็นขั้นตอนการออกแบบระบบบริหารจัดการโรงเรือนหรือระบบควบคุมภายในโรงเรือน โดยเริ่มตั้งแต่ออกแบบการทำงานของแต่ละระบบ ประกอบด้วย ระบบควบคุมอุณหภูมิ, ระบบควบคุมความชื้น, ระบบควบคุมการส่งจ่ายอาหารและน้ำ และระบบควบคุมแสง แล้วจึงเลือกเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดพารามิเตอร์ต่างๆในแต่ละระบบ จากนั้นทำการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระหว่าง Microcontroller และ Programmable Logic Controller (PLC) โดยการเปรียบเทียบข้อดี, ข้อเสียและความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ของอุปกรณ์ควบคุมแต่ละตัว แล้วจึงเลือกอุปกรณ์ควบคุมนั้นๆ จากนั้นจึงออกแบบและเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ด้วยอุปกรณ์ควบคุมนั้นๆ และออกแบบและเขียนโปรแกรมการควบคุมและเฝ้าสังเกตการณ์ (SCADA) ด้วยโปรแกรม Pycharm และ Adobe Dreamweaver แล้วจึงออกแบบตู้ควบคุมของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมต่างๆ



รูปที่ 3.5 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบ Solar cell

จากรูปที่ 3.6 เป็นขั้นตอนการออกแบบระบบต้นก้าง (Power supply) ด้วย Solar cell โดยเริ่มตั้งแต่การเลือกระบบ Solar cell โดยการเปรียบเทียบข้อดี, ข้อเสีย และความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ของระบบ Solar cell แบบต่างๆ จากนั้นจึง คำนวณโหลดที่จะใช้งานกับระบบต้นก้างนี้ เพื่อที่จะออกแบบขนาดของระบบต้นก้างให้เหมาะสม แล้วจึงทำการเลือกขนาด Inverter, ขนาด Solar cell และขนาด Battery

3.2 การออกแบบโรงเรือนและระบบบริหารจัดการภายในโรงเรือน

3.2.1 การออกแบบโรงเรือน

3.2.1.1 การออกแบบตำแหน่งที่ตั้งของโรงเรือน

สถานที่ตั้ง : บริเวณข้างคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พื้นที่ติดกับเส้นทางมอเตอร์เวย์ กรุงเทพฯ-ชลบุรี (ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7) ละติจูด 13.731873 ลองจิจูด 100.786393



รูปที่ 3.6 สถานที่ตั้งของโรงเรือน

3.2.1.2 การออกแบบลักษณะโครงสร้างภายนอกของโรงเรือน

โรงเรือนจะประกอบไปด้วยอาคารสองส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่เป็นโรงเรือนสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ และส่วนที่เป็นห้องระบบควบคุมต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ส่วนที่เป็นโรงเรือนสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่

ขนาดของโรงเรือน : 2m x 3m x 2.5m (กว้างxยาวxสูง)

ลักษณะโรงเรือน : มีลักษณะเป็นห้องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากโรงเรือนเป็น

โรงเรือนระบบปิดจึงไม่จำเป็นต้องคำนึงในเรื่องของการไหลเวียนของอากาศจากภายนอกโรงเรือน ดังนั้นห้องทรงสี่เหลี่ยมจึงมีความเหมาะสมเพราะสามารถออกแบบและจัดสร้างได้ง่าย

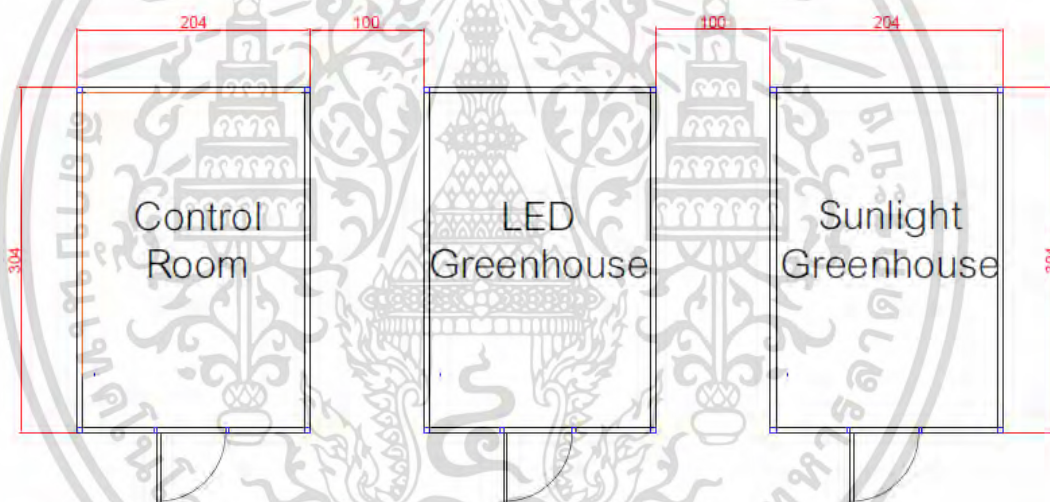
ลักษณะหลังคา : เป็นหลังคาทรงลาดเอียงซึ่งจะช่วยในเรื่องของการระบายน้ำบนหลังคาเมื่อเกิดฝนตก ซึ่งจะใช้วัสดุที่แตกต่างกันระหว่าง 2 โรงเรือน คือ โรงเรือนที่ใช้แสงธรรมชาติจะใช้วัสดุหลังคาที่โปร่งแสง ส่วนโรงเรือนที่ใช้แสงจากหลอด LED จะใช้วัสดุหลังคาที่ทึบแสง

2. ส่วนที่เป็นห้องระบบควบคุมต่างๆ

ขนาดของห้อง : 2m x 3m x 2.5m (กว้างxยาวxสูง)

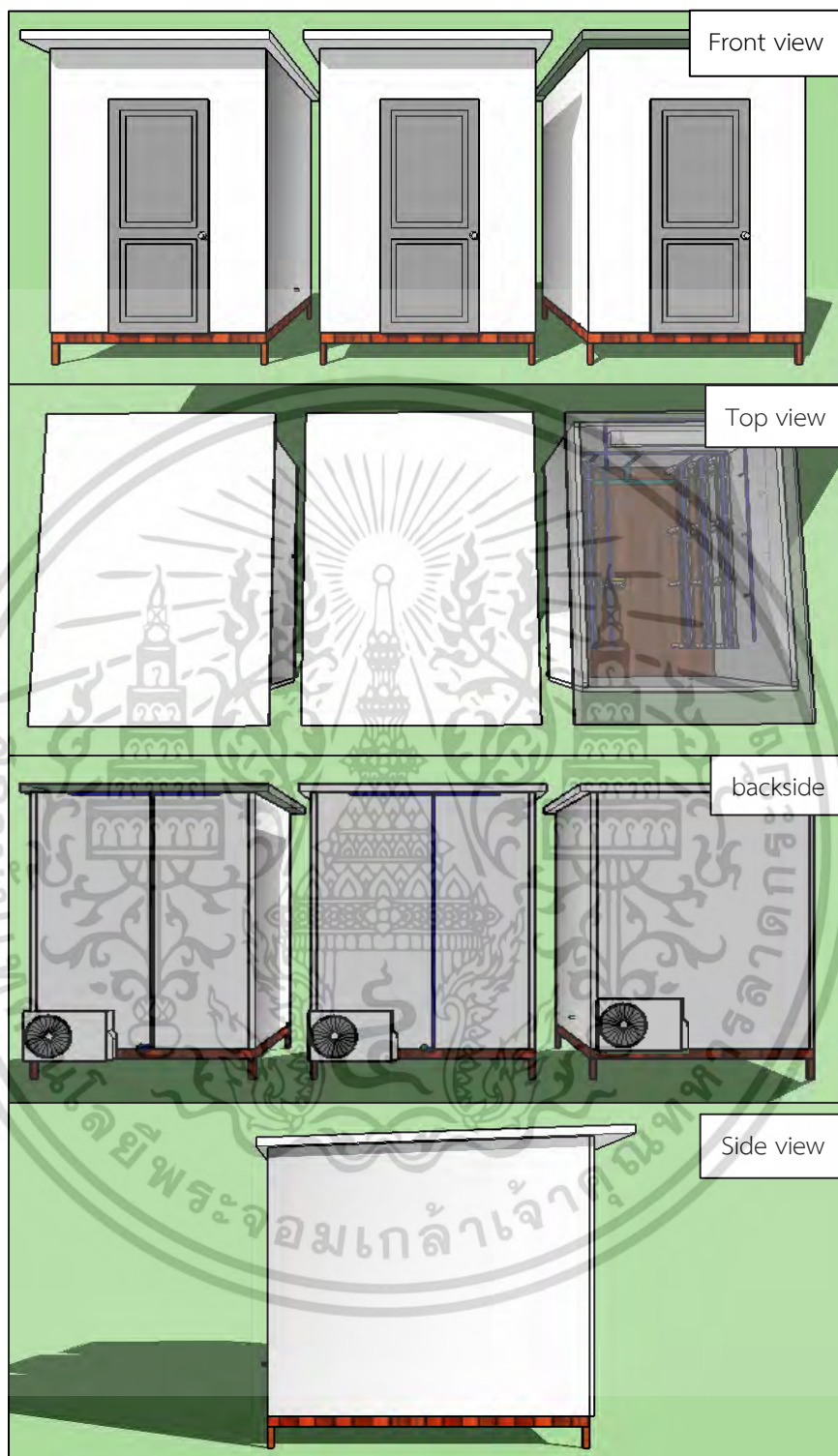
ลักษณะของห้อง : มีลักษณะเป็นห้องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเช่นเดียวกับโรงเรือน ซึ่งภายในจะทำการติดตั้งถังและปั๊ม รวมไปถึงตู้คอนโทรลด้วย

ลักษณะหลังคา : เป็นหลังคาทรงลาดเอียงเช่นเดียวกับส่วนของโรงเรือน เพื่อให้เกิดความสอดคล้องและประโยชน์ในใช้งานเช่นเดียวกัน



รูปที่ 3.7 การออกแบบโครงสร้างภายนอกโรงเรือนและห้องระบบควบคุมแบบ 2 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การออกแบบโครงสร้างภายนอกโรงเรียนและห้องระบบควบคุมแบบ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

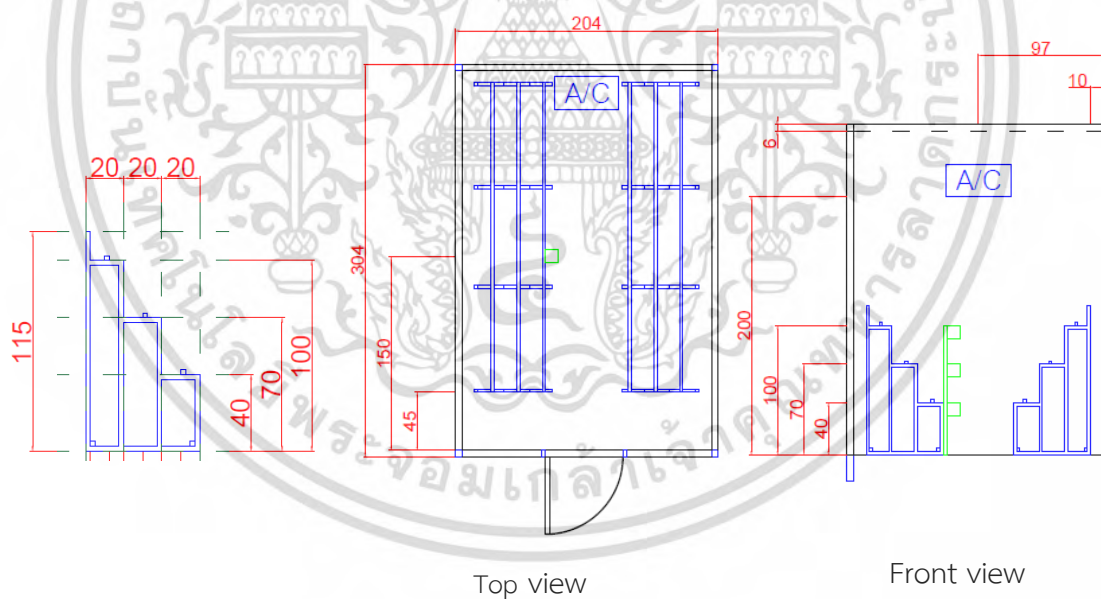
3.2.1.3 การออกแบบลักษณะการติดตั้งรางปลุกภายในโรงเรือน

ภายในโรงเรือนจะมีส่วนของโครงสร้างสำหรับติดตั้งรางปลุกสตรอเบอร์รี่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

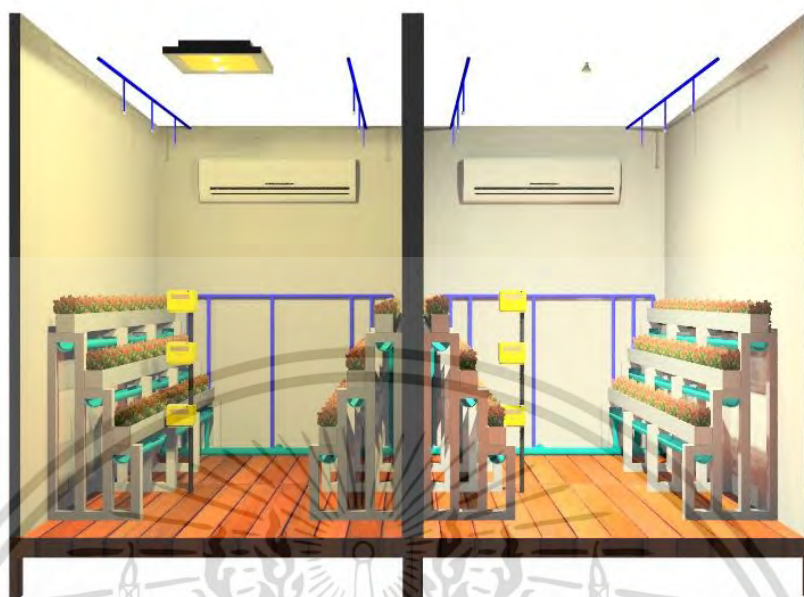
ขนาดรางปลุก : 10 cm x 250 cm x 10 cm. (กว้างxยาวxสูง)

ลักษณะรางปลุก : มีลักษณะเป็นรางเหล็กบางทรงสี่เหลี่ยม เคลือบด้วยสีกันสนิม ซึ่งมีน้ำหนักเบาและทนทานต่อความชื้น โดยด้านล่างของรางจะมีรูสำหรับระบายน้ำและปุ๋ยที่ขังอยู่ในรางเพื่อไม่ให้เกิต้น้ำขังซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้รากของสตรอเบอร์รี่เน่าได้ โดยแต่ละรูจะห่างกัน 5 cm.

ลักษณะการติดตั้ง : ในการติดตั้งจะติดตั้งราง 3 ราง บนโครงสร้างเดียวกัน ซึ่งโครงสร้างสำหรับติดตั้งรางจะใช้เหล็กกล่องขนาด 1x1 นิ้ว ทาเป็นลักษณะขั้นบันได โดยแต่ละรางมีความสูงจากพื้น 40, 70, 100 cm. ตามล.ดับ และมีความกว้างแต่ละขั้นบันได 20 cm. โดยภายในโรงเรือนจะติดตั้งโครงสร้างนี้ทั้งหมด 2 ชุด ซึ่งมีระยะห่างกัน 60 cm. แต่ละชุดติดตั้งห่างจากผนัง 10 cm. และห่างจากผนังด้านหน้า 45 cm รวมจำนวนรางทั้งสิ้น 6 ราง ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ลักษณะการติดตั้งรางปลุกภายในโรงเรือนแบบ 2 มิติ



รูปที่ 3.10 ลักษณะการติดตั้งรางปลูกภายในโรงเรือนแบบ 3 มิติ

3.2.1.4 การเลือกวัสดุโรงเรือน

ในการเลือกวัสดุสำหรับโรงเรือนจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ วัสดุผนัง และวัสดุหลังคา โดยวัสดุผนังทั้งสองโรงเรือน และห้องระบบควบคุมจะใช้วัสดุเหมือนกัน ส่วนวัสดุหลังคาโรงเรือนที่ใช้แสงจากหลอด LED และห้องระบบควบคุม จะใช้วัสดุเหมือนกัน แต่หลังคาโรงเรือนที่ใช้แสงจากธรรมชาติจะใช้วัสดุที่มีความโปร่งแสง ซึ่งสำหรับทั้งสองโรงเรือนนั้นวัสดุที่นำมาใช้จะต้องทนทานต่อความชื้นภายในโรงเรือน และสามารถกักเก็บความเย็นได้ดี โดยมีรายละเอียดในการออกแบบ ดังนี้

1. วัสดุผนัง

เลือกวัสดุ : วีว้าบอร์ด (Viva Board)

หมายเหตุ : วีว้าบอร์ด (Viva Board) คือ แผ่นไม้อัดซีเมนต์อเนกประสงค์ ผลิตโดยการนำไม้สัปดาห์ย่อย และซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มาผสมกันและนำไปผ่านกรรมวิธีต่างๆ โดยลักษณะของวีว้าบอร์ดจะมีผิวด้านนอกที่เป็นส่วนละเอียดและมีส่วนหยาบอยู่ตรงกลาง ซึ่งวีว้าบอร์ดมีคุณสมบัติยืดหยุ่น, แข็งแรงทนทานต่อสภาพอากาศ, ทนแดด, ทนฝน, ทนน้ำไม่เกิดเชื้อรา, ป้องกันความร้อนได้ดี(มีค่าการนำความร้อนต่ำ) ผ่านการทดสอบการทนไฟและที่สาคัญคือเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถติดตั้งได้รวดเร็วซึ่งเหมาะกับการใช้เป็นวัสดุผนัง



รูปที่ 3.11 วีวาร์บอร์ด (Viva Board)

2.วัสดุหลังคา

2.1. วัสดุหลังคาสำหรับโรงเรือนใช้แสงจากหลอด LED

เลือกวัสดุ : เมทัลชีท (Metal Sheet) พร้อมฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน

หมายเหตุ : เมทัลชีท (Metal Sheet) เป็นวัสดุที่เกิดจากการนำเหล็กแผ่นมารีดเป็นลอน ลักษณะต่างๆ มีคุณสมบัติแข็งแรง, ไม่เป็นสนิม และทนทาน ซึ่งวัสดุเมทัลชีทจะทนความร้อนได้ดีจึงต้องมีการติดตั้งฉนวนเพิ่มเข้าไปด้วยเพื่อลดการนำความร้อน เหมาะกับใช้เป็นวัสดุหลังคาและผนัง แต่เมทัลชีทจะมีราคาที่สูงกว่าวัสดุวีวาร์บอร์ด จึงทำการติดตั้งวัสดุที่เป็นเมทัลชีทเฉพาะส่วนที่เป็นหลังคา



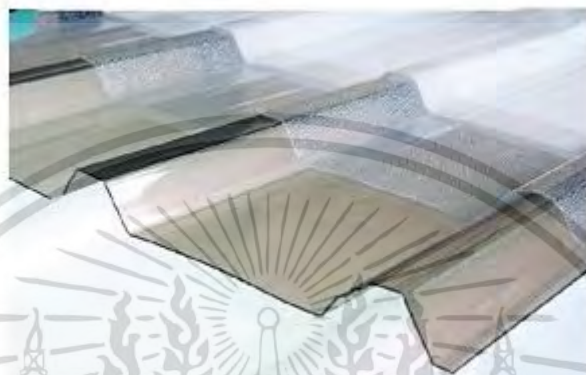
รูปที่ 3.12 เมทัลชีท (Metal Sheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. วัสดุหลังคาสำหรับโรงเรือนใช้แสงธรรมชาติ

เลือกวัสดุ : เมทัลชีทแบบใส (Metal Sheet)

หมายเหตุ: หลังคาประกอบด้วยแผ่นเมทัลชีท (metal sheet) หนา 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งความชื้นไม่สามารถทะลุผ่านได้ และทนกรด-ด่างได้ดี



รูปที่ 3.13 เมทัลชีทแบบใส (Metal Sheet)

3.2.2 การออกแบบระบบบริหารจัดการภายในโรงเรือน

ระบบบริหารจัดการภายในโรงเรือน จะแบ่งออกเป็นระบบที่เป็นการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมต่างๆ และระบบประมวลผล ควบคุม โดยการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมแต่ละค่าจะมีอุปกรณ์และการทำงานที่แตกต่างกันออกไป โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกประมวลผลและควบคุมโดย PLC ซึ่งมีรายละเอียดในการออกแบบระบบบริหารจัดการดังนี้

3.2.2.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control)

ข้อมูลปัจจัยที่ใช้ในการควบคุม : อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ คือ ในช่วงกลางวันเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส และในช่วงกลางคืนเท่ากับ 18 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์ที่ใช้ : ระบบปรับอากาศ จำนวน 1 เครื่อง

การคำนวณ (หาพิคัดติดตั้ง)

จาก $BTU = \text{พื้นที่(ตารางเมตร)} \times \text{ค่าตัวแปร}$

จาก พื้นที่ขนาด $2 \times 3 = 6$ ตารางเมตร

ใช้ค่าตัวแปร 1000 เพราะเป็นสิ่งปลูกสร้างที่อยู่กลางแจ้งและโดนแสงแดดโดยตรง

จะได้ $BTU = 6 \times 1000 = 6000$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เลือกเครื่องปรับอากาศ ขนาด 9000 BTU



รูปที่ 3.14 เครื่องปรับอากาศ ขนาด 9000 BTU

การติดตั้งเซนเซอร์

เซนเซอร์ที่ใช้เป็นเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นในตัวเดียวกันดังรูปที่ โดยจะติดตั้งภายในโรงเรือนจ นานม 3 ตัว ซึ่งมีรายละเอียดการติดตั้งดังรูปที่ 3.16

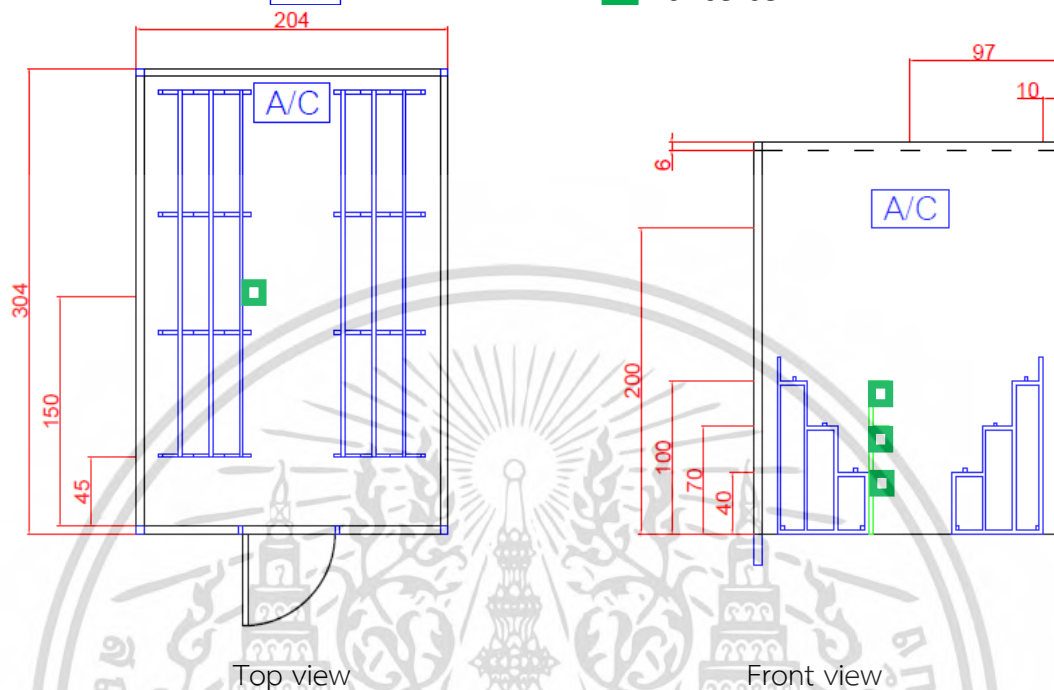


รูปที่ 3.15 เซนเซอร์ส ำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbols

A/C Air Condition □ Box sensor



หมายเหตุ : □ Sensor box เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น , เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

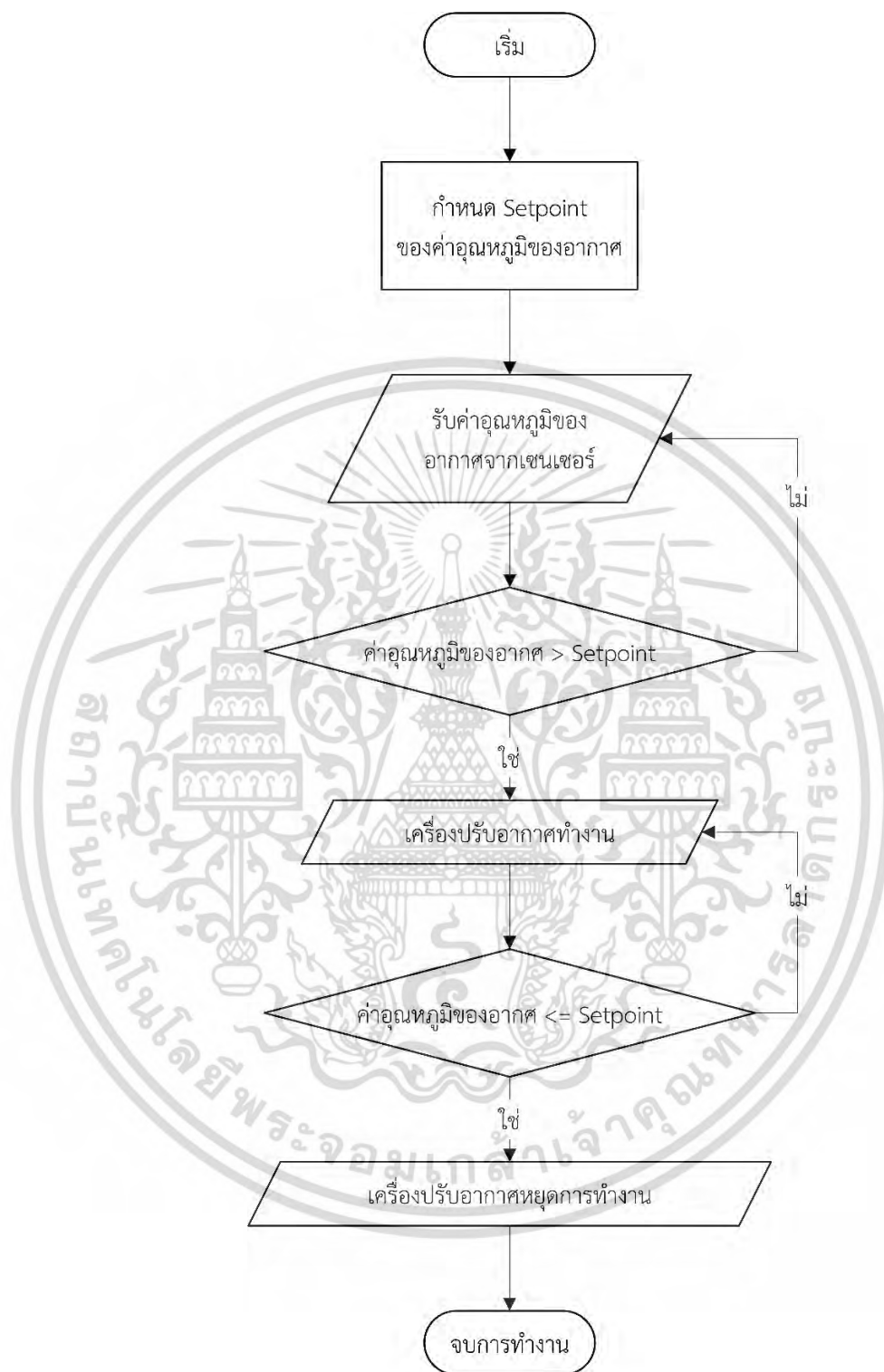
รูปที่ 3.16 ลักษณะการติดตั้งเครื่องปรับอากาศและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ-ความชื้น แบบ 2 มิติ

หลักการท างาน

หลักการท างานของระบบท าคาความเป็นน้มีขึ้นตอนดังนี้

1. ก ากหนดSet point ของค่าอุณหภูมิของอากาศที่ต้องการ
2. วัดค่าอุณหภูมิของอากาศจากเซนเซอร์ที่ท ากการติดตั้งไว้ แล้วหาค่าเฉลี่ยจากทั้ง 3 จุด
3. เปิดการท างานของเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมนั้นๆเมื่อค่า

อุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่ามากกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ และมีการปิดการท างานของเครื่องปรับอากาศเมื่อค่าอุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.17 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบท ความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 ระบบท าคามชื้น (Humidity control)

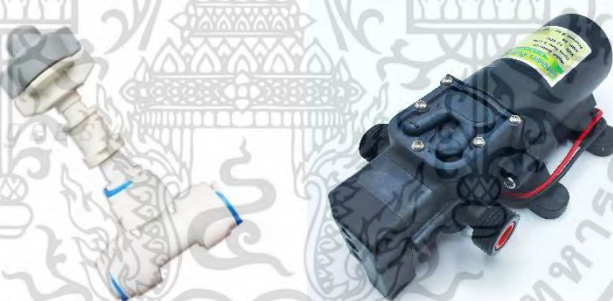
ข้อมูลปัจจัยที่ใช้ในการควบคุม : ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูก
สตรอเบอร์รี่คือ 60-70%

- อุปกรณ์ที่ใช้ :
- หัวพ่นหมอก(foggy) ขนาด 0.6 มิลลิเมตร จ านน 6 หัว
 - ปั้มน้ ้าDC24V Green-03 60Watt จ านน 1 ตัว
 - ถังน้ ้าพลาสติก 200 ลิตร จ านน 1 ถัง

การค านวณ

จากรัศมีในการพ่นละอองน้ำของหัวพ่นเท่ากับ 0.5 m. จึงติดตั้งหัวพ่นแต่ละหัวห่างกัน
เป็นระยะ 1 m. จานวน 2 แถว ซึ่งแต่ละแถวมีจานวนหัวพ่น 3 หัว รวมทั้งหมด 6 หัว โดยมีรายละเอียด
การติดตั้งดังรูปที่

จากหัวพ่นหมอกขนาด 0.6 มิลลิเมตร มีอัตราการไหลของน้ำ 7.5 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่ง
ติดตั้งจานวนทั้งหมด 14 หัว ซึ่งต้องใช้ปั้มน้ำที่มีอัตราการไหลเท่ากับ $7.5 \times 6 = 45$ ลิตรต่อชั่วโมงขึ้นไป
จึงเลือกปั้มน้ ้าDC24V Green-03 60Watt ที่มีอัตราการไหล 300 ลิตรต่อชั่วโมง



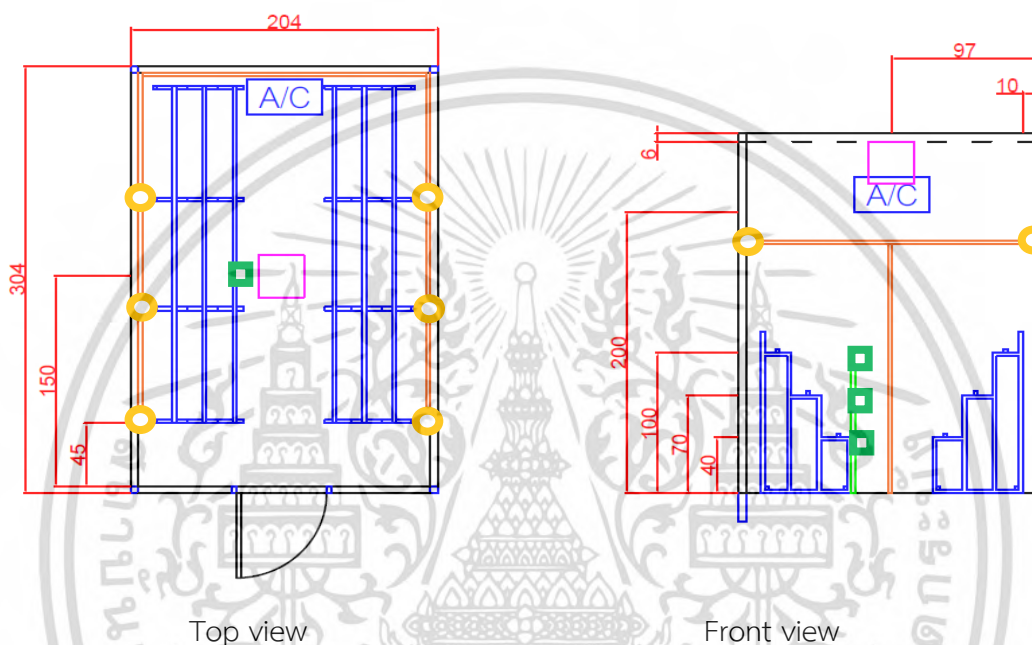
รูปที่ 3.18 หัวพ่นหมอกและปั้มน้ ้าDC24V Green-03 60Watt

การติดตั้งเซนเซอร์

เซนเซอร์วัดความชื้นจะใช้เซนเซอร์ตัวเดียวกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ซึ่งมีรายละเอียดการติดตั้งดังรูปที่

Symbols

A/C Air Condition Box sensor foggy



หมายเหตุ : Senser box เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น , เซนเซอร์วัดความชื้นแสง

รูปที่ 3.19 ลักษณะการติดตั้งหัวพันหมอกและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ-ความชื้น แบบ 2 มิติ

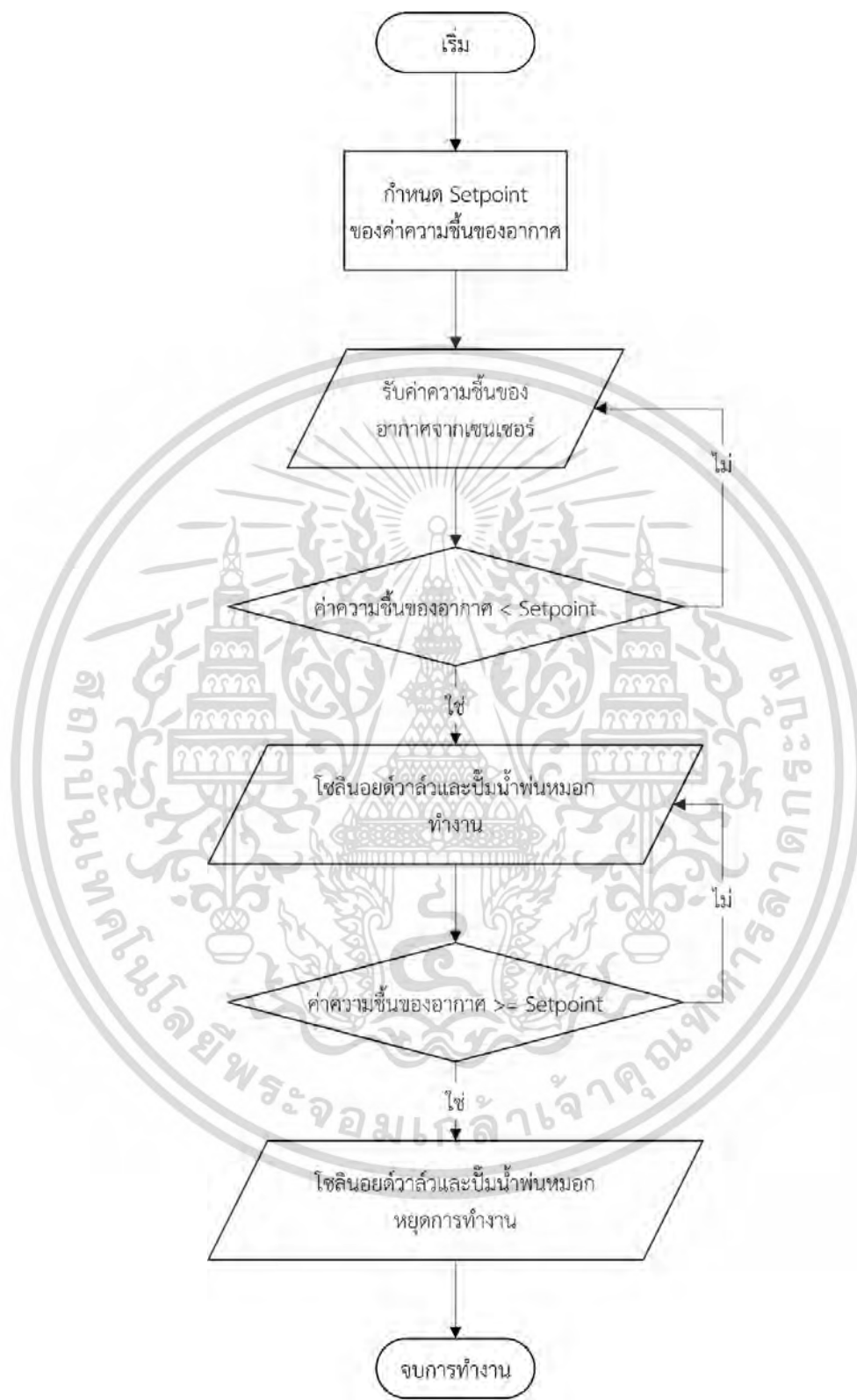
หลักการท างาน

หลักการ ท างานของระบบท าคความชื้นนั้นมีขั้นตอนดังนี้

1. ก าหนดSet point ของค่าความชื้นของอากาศที่ต้องการ
2. วัดค่าความชื้นของอากาศจากเซนเซอร์ที่ท ากการติดตั้งไว้

3. เปิดการท างานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อเปิดทางน้ าระหว่างถังเก็บน้ ากับปั้มน้ ้ำและเปิดการท างานของปั้มน้ ้ำเพื่อใช้ในการพ่นหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นของสภาวะแวดล้อมน้ ั้นๆเมื่อค่าความชื้นของอากาศที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าน้อยกว่าค่าความชื้นที่กำหนดไว้ และมีการปิดการท างานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อปิดทางน้ าระหว่างถังเก็บน้ ้ำกับปั้มน้ ้ำและปิดการท างานของปั้มน้ ้ำที่ใช้ในการพ่นหมอกเมื่อค่าความชื้นของอากาศที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าความชื้นที่ก าหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบควบคุมความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 ระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำ (Fertigation control)

- อุปกรณ์ที่ใช้ :
- ปั๊มน้ำ SEAFL0-40 220VAC 198Watt จำนวน 2 ตัว
 - ถังน้ำพลาสติก 200 ลิตร จำนวน 4 ถัง (ถังปุ๋ยและน้ำ)
 - ถังน้ำพลาสติก 50 ลิตร จำนวน 1 ถัง (ถังผสม)
 - ท่อ PE 4 ขนาด 16 mm ยาว 20 m

หลักการเลือกอุปกรณ์

จากการศึกษาข้อมูลการปลูก พบว่าในการส่งจ่าย 1 ครั้ง ซึ่งมีจำนวนต้นสตรอเบอร์รี่ 120 ต้น แต่ละต้นประมาณค่าความต้องการในการส่งจ่าย 0.2 ลิตร/ต้น ต้องใช้ปริมาณปุ๋ยทั้งสิ้น 24 ลิตร จึงเลือกปั๊มสำหรับผสมอาหารเป็นปั๊มน้ำ SEAFL0-40 220VAC 198Watt โดยมีแรงดัน 2.8 บาร์ และมีอัตราการไหลของน้ำ 17 ลิตร/นาที โดยจะใช้ปั๊มชนิดนี้ทั้งในระบบผสมปุ๋ยและระบบส่งจ่าย



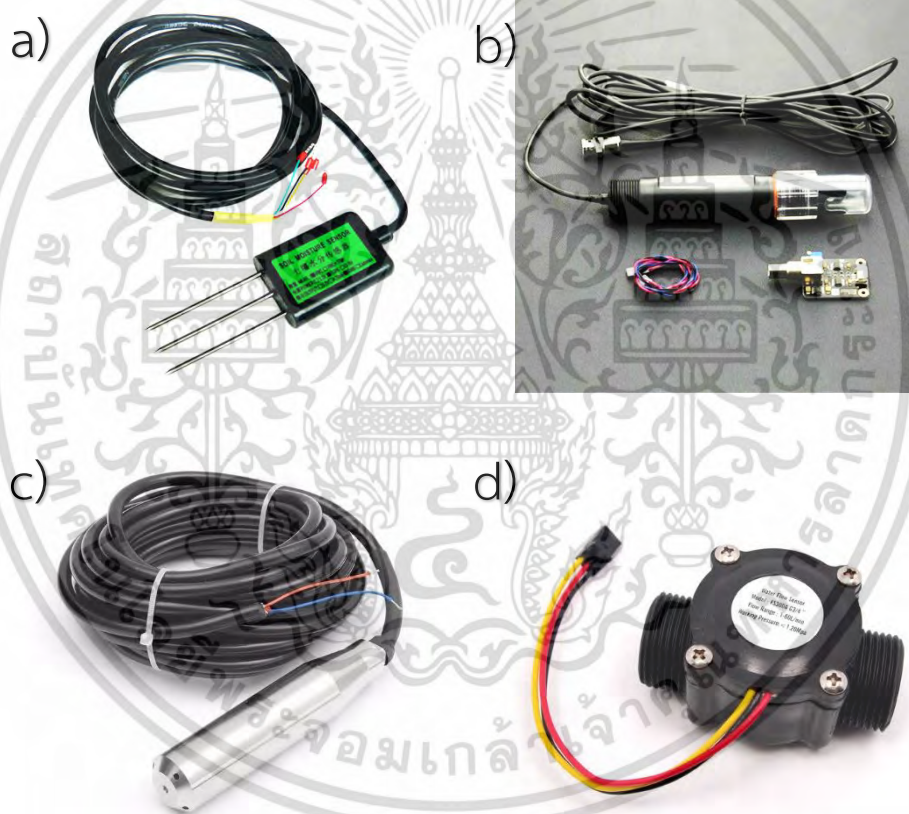
รูปที่ 3.21 ปั๊มน้ำ SEAFL0-40 220VAC 198Watt และ ท่อ PE

การติดตั้งเซนเซอร์

ในระบบผสมปุ๋ยจะมีตัวแปรสำหรับกำหนดสัดส่วนของส่วนผสมแต่ละชนิด ซึ่งตัวแปรและเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับวัดตัวแปรเหล่านั้น มีดังนี้

- อุณหภูมิและความชื้นในวัสดุปลูก ใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน
- ค่า pH ในวัสดุปลูก ใช้เซนเซอร์วัด pH

นอกจากนี้ยังต้องมีเซนเซอร์สำหรับวัดปริมาณของส่วนผสมแต่ละชนิดเพื่อนำมาผสมและส่งจ่ายให้กับสตรอเบอร์รี่ โดยจะใช้เซนเซอร์วัดระดับและใช้เซนเซอร์วัดอัตราการไหล

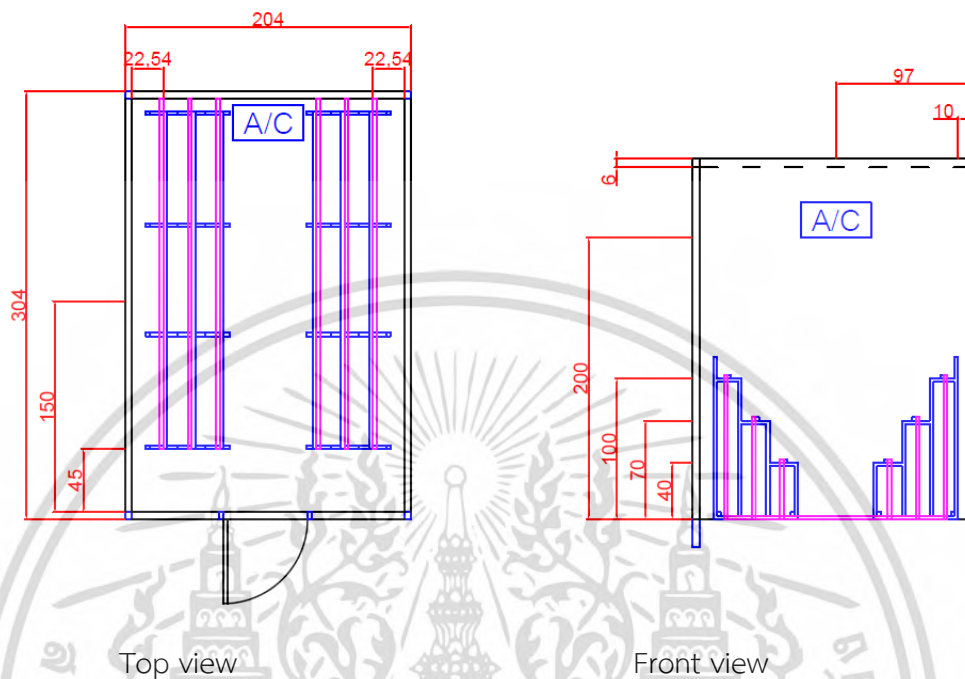


รูปที่ 3.22 เซนเซอร์ที่ใช้ในระบบส่งจ่ายอาหารและน้ำ ประกอบด้วย a) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน, b) เซนเซอร์วัดค่า pH, c) เซนเซอร์วัดระดับ, d) เซนเซอร์วัดอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbols

A/C Air Condition pipe



รูปที่ 3.23 ลักษณะการติดตั้งเทปน์ ายหดแบบ 2 มิติ

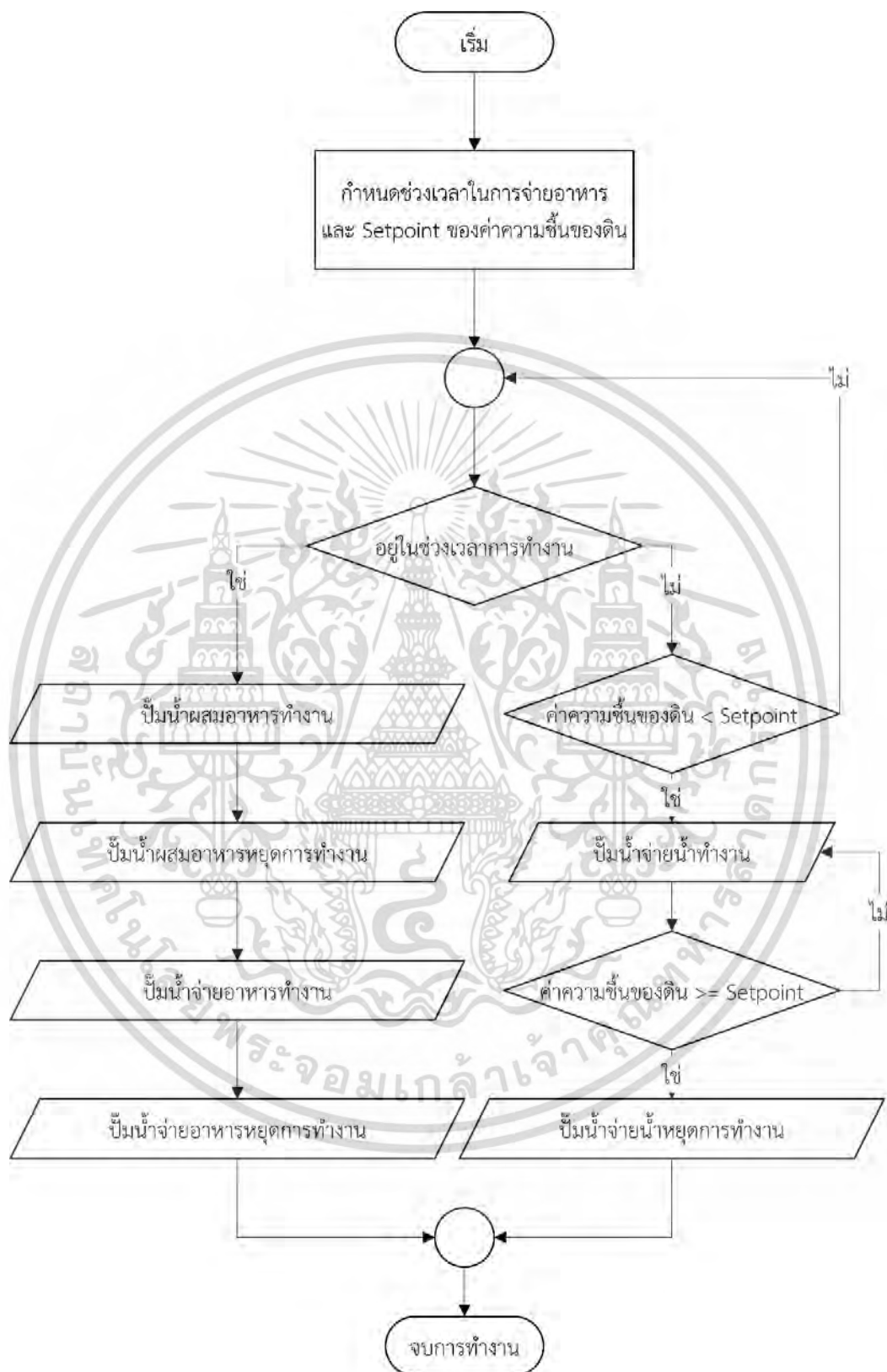
หลักการท างาน

หลักการท างานขระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำน้มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดช่วงเวลาในการส่งจ่ายอาหาร Set point ของค่าความชื้นของดินที่ต้องการ
2. เมื่ออยู่ในช่วงเวลาการท างานของระบบส่งจ่ายอาหารจะมีการเปิดการท างานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อเปิดทางส่งจ่ายระหว่างถังเก็บอาหารและน้ำกับปั้มน้ำผสมอาหารและถังผสมอาหาร และเปิดการท างานของปั้มน้ำผสมอาหารเพื่อใช้ในคูดอาหารและน้ำจากถังเก็บอาหารและน้ำเข้ามาในถังผสมอาหารและเมื่อผสมอาหารเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะปิดการท างานของโซลินอยด์วาล์วระหว่างถังเก็บอาหารและน้ำกับปั้มน้ำผสมอาหารและถังผสมอาหาร และจะเปิดโซลินอยด์วาล์วระหว่างถังผสมอาหารกับท่อในการส่งจ่ายอาหารและน้ำ และเปิดการท างานของปั้มน้ำที่ใช้ในการส่งจ่ายอาหารและน้ำ เพื่อส่งจ่ายอาหารและน้ำ ไปยังพืชต่อไป

3. เมื่ออยู่นอกช่วงเวลาการทำงานของระบบส่งจ่ายอาหารจะมีการทำงานของระบบส่งจ่ายน้ำเพียงอย่างเดียว โดยจะรับค่าความชื้นของดินจากเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งไว้ โดยเมื่อค่าความชื้นของดินที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าน้อยกว่าค่าความชื้นที่กำหนดไว้ โซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งอยู่ระหว่างถังเก็บน้ำและปั๊มน้ำที่ใช้ในการส่งจ่ายอาหารและน้ำก็จะทำงานเพื่อส่งจ่ายน้ำ ไปยังพืชตามท่อส่งจ่ายอาหารและน้ำเช่นเดียวกับการส่งจ่ายอาหาร และเมื่อค่าความชื้นของดินที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าความชื้นที่กำหนดไว้ โซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งอยู่ระหว่างถังเก็บน้ำและปั๊มน้ำที่ใช้ในการส่งจ่ายอาหารและน้ำ ก็จะหยุดการทำงาน





รูปที่ 3.24 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบส่งจ่ายอาหารและน้ำ

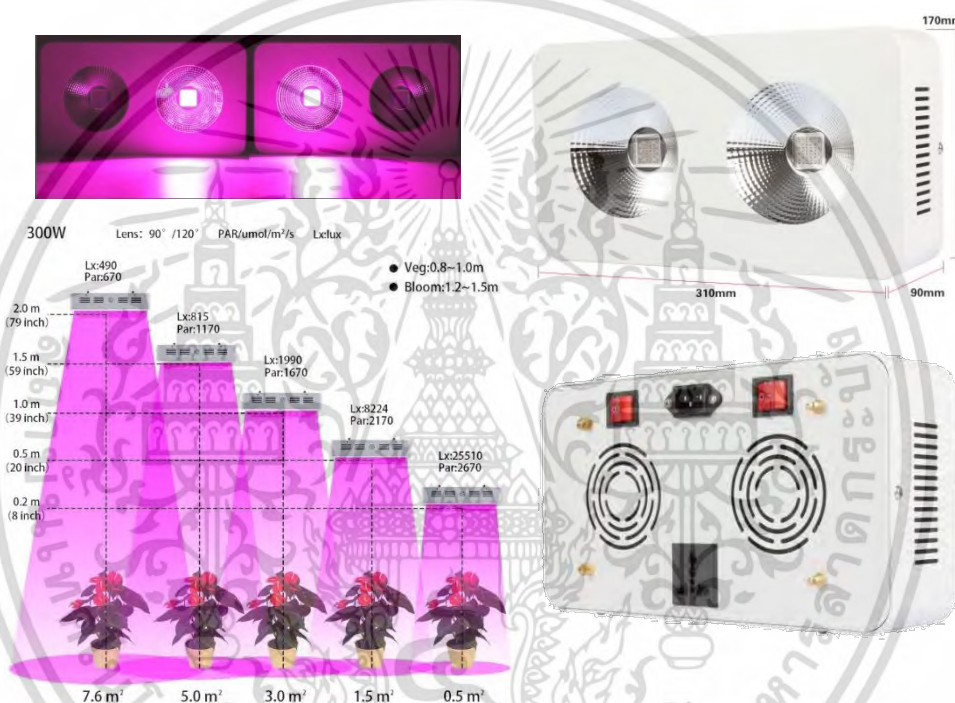
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 ระบบควบคุมแสงสว่าง (Lighting control)

ข้อมูลปัจจัยที่ใช้ในการควบคุม : สตรอเบอร์รี่ต้องการค่า Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) ตั้งแต่ $400 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. ในการสังเคราะห์แสง

พื้นที่รับแสง : ประมาณค่าพื้นที่รับแสงจากขนาดของโรงเรือน คือ $2 \times 3 = 6$ ตารางเมตร

อุปกรณ์ที่ใช้ : หลอด LED Grow Light ขนาด 300 วัตต์ ซึ่งให้ค่า Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) $670 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. ที่ความสูง 2 เมตร และครอบคลุมพื้นที่ 7.6 ตารางเมตร



รูปที่ 3.25 หลอด LED Grow Light ขนาด 300 วัตต์

การคำนวณ (หาจำนวนการติดตั้ง)

$$\text{จำนวนหลอด} = \frac{\text{พื้นที่รับแสง}}{\text{พื้นที่ส่องสว่างต่อหลอด}} = 6/7.6 = 0.789 \text{ หลอด}$$

ดังนั้น เลือกจำนวนหลอดติดตั้งเท่ากับ 1 หลอด

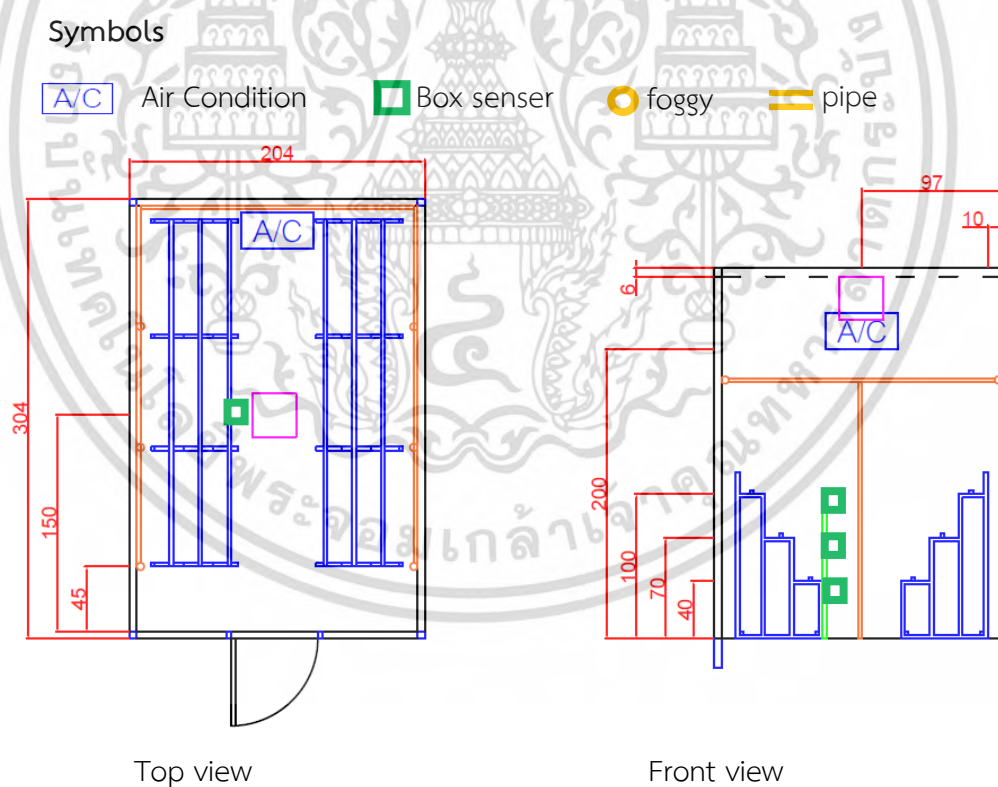
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งเซนเซอร์

เซนเซอร์ที่ใช้จะเป็นเซนเซอร์สำหรับวัดค่าความเข้มแสง โดยจะติดตั้งภายในโรงเรือน 1 ตัว และนอกโรงเรือนอีก 1 ตัว



รูปที่ 3.26 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง



หมายเหตุ : □ Sensor box เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น , เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

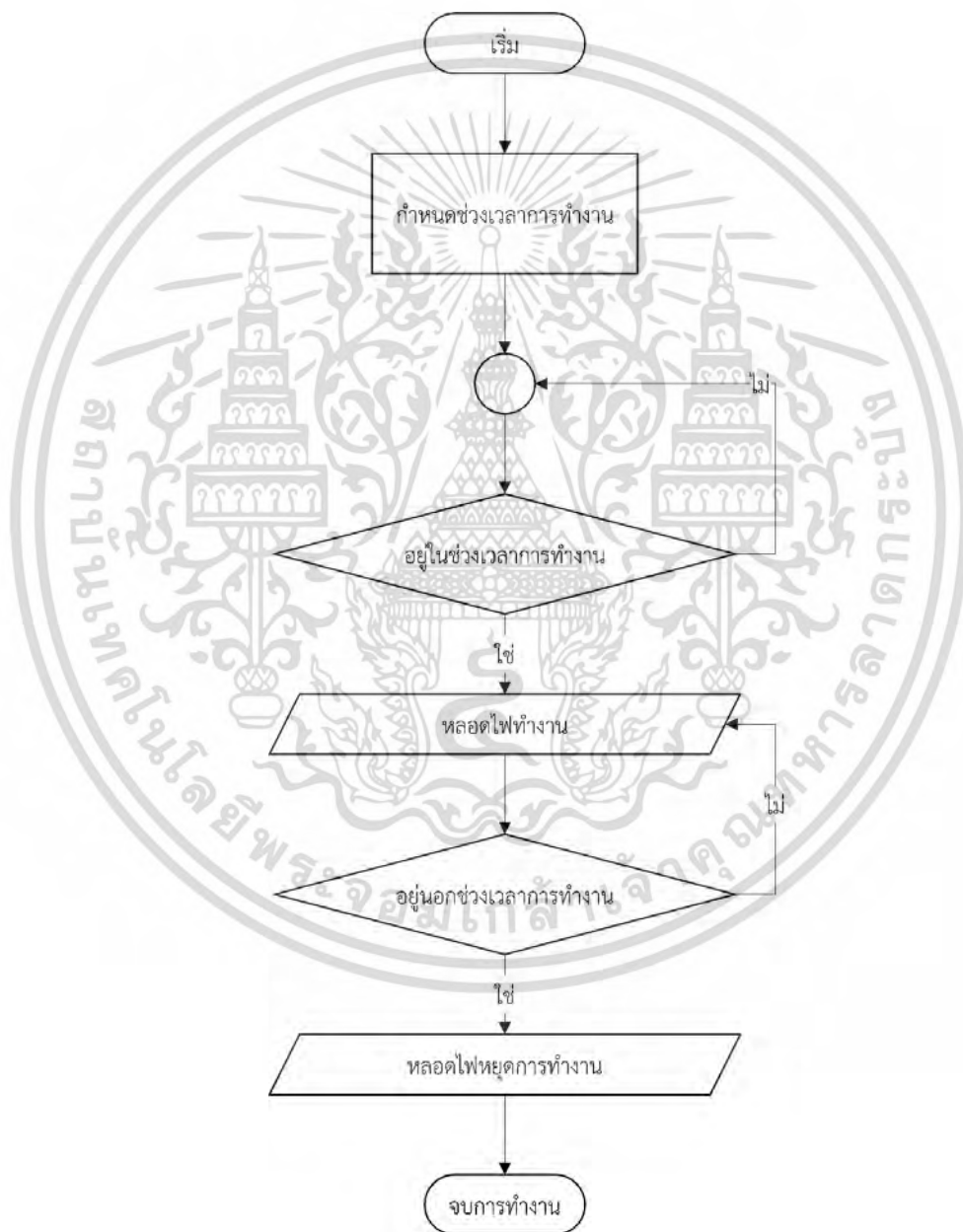
รูปที่ 3.27 ลักษณะการติดตั้ง LED Grow Light และเซนเซอร์วัดความเข้มของแสง แบบ 2 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการท างาน

หลักการท างานของระบบแสงสว่างนั้นมีขั้นตอนดังนี้

1. ก าหนดช่วงเวลาในการเปิด-ปิดระบบแสงสว่าง
2. เปิดหลอดไฟที่ได้ทำการติดตั้งไว้เมื่ออยู่ในช่วงเวลาการทำงาน และปิดหลอดไฟที่ทำการติดตั้งไว้เมื่ออยู่นอกช่วงเวลาการทำงาน



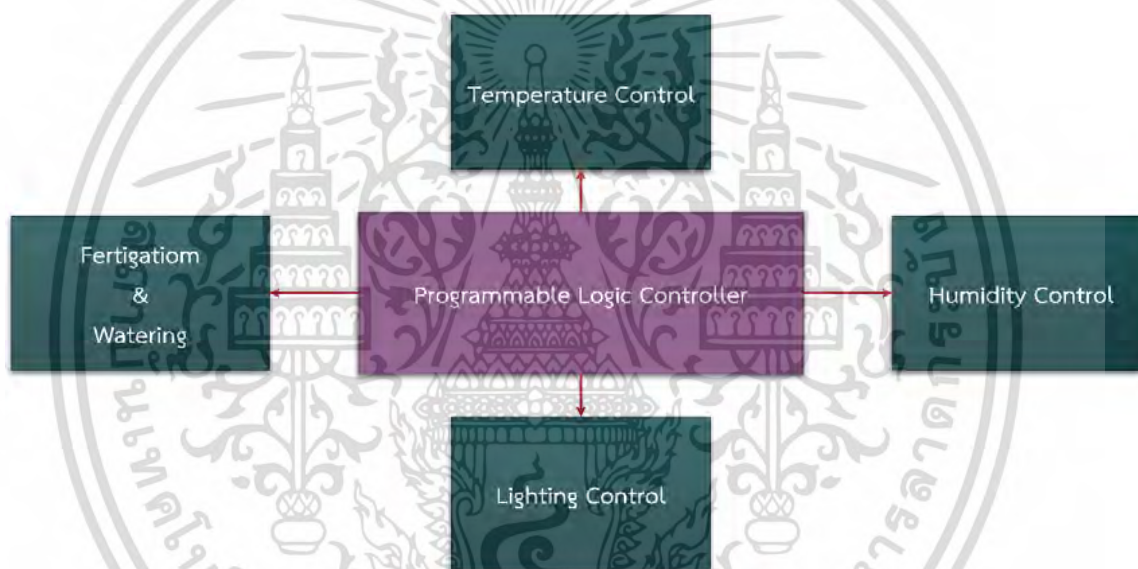
รูปที่ 3.28 แผนภาพแสดงการท างานของระบบแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

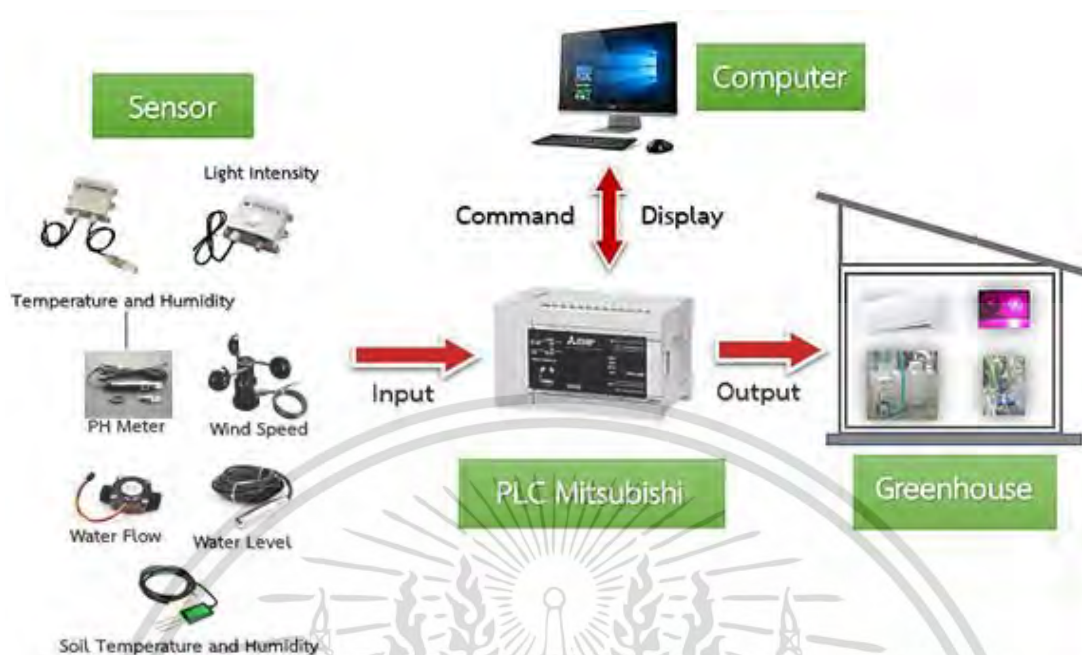
3.2.2.5 ระบบควบคุมและประมวลผล

เมื่อออกแบบระบบต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูก สตรอเบอร์รี่แล้ว ต้องทำการออกแบบระบบประมวลผลและควบคุมหลัก ซึ่งจะทำหน้าที่รับค่าอินพุต จากเซนเซอร์ในแต่ละระบบ จากนั้นจึงประมวลผลค่านั้นๆตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ก่อนหน้า และ ส่งออกค่าเอาต์พุตเพื่อไปควบคุมการทำงานในแต่ละระบบ

ระบบประมวลผลและควบคุมนี้จะทำการควบคุมทั้ง 2 โรงเรือน คือ โรงเรือนที่ควบคุม แสงจากหลอด LED และโรงเรือนที่ใช้แสงธรรมชาติ เนื่องจากอุปกรณ์ประมวลผลควบคุม 1 ตัว มีประสิทธิภาพในการทำงานที่เพียงพอสำหรับทั้งสองโรงเรือน ซึ่งจะลดต้นทุนด้านอุปกรณ์และเป็นการใช้ อุปกรณ์ให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด



รูปที่ 3.29 แผนภาพโครงสร้างการทำงานของระบบประมวลผลและควบคุม



รูปที่ 3.30 แผนภาพส่วนประกอบของระบบประมวลผลและควบคุม

อุปกรณ์ : PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES + Module FX5-485-ADP + ESP8266

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของ PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES

Supply	100-240 VAC, 50/60 Hz
Input / Output Points	64 points (32 Input points / 32 Output points)
Input type	Sink/Source
Input signal voltage	24 VDC +20% -15%
Input signal current	4-5.3 mA/24 VDC
Output type	Relay
External power supply	30 VDC or less / 240 VAC or less
Max. load	2 A/point
Min load	5 VDC, 2mA
Analog input points	2 points (2 channels)
Analog input	0-10 VDC
Analog output points	1 points (1 channels)
Analog output	0-10 VDC
Built-in	Ethernet communication, RS-485 communication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES และ Module FX5-485-ADP



รูปที่ 3.32 ESP8266

จำนวนอินพุตของ 2 โรงเรือน (จำนวนตามชนิดของสัญญาณ)

- Digital: Switch

- Analog: pH Sensor จำนวน 1 อินพุต, Wind speed sensor จำนวน 1 อินพุต

รวมทั้งสิ้น 2 อินพุต

- RS485 communication: temperature and humidity sensor จำนวน 9 อินพุต,

Soil temperature and humidity sensor จำนวน 4 อินพุต, Light intensity sensor จำนวน 3 อินพุต

, Water level จำนวน 5 อินพุต รวมทั้งสิ้น 21 อินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : Built-in RS485 สามารถรองรับอินพุตได้ 1 Master และ 15 Slave ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับอินพุตในระบบ จึงต้องการต่อโมดูลเพิ่มเติม คือ Module FX5-485-ADP ซึ่งรองรับได้ 16 Slave รวมทั้งสิ้น 31 Slave

จำนวนเอาต์พุตของ 2 โรงเรือน (จากแผนกตามชนิดของสัญญาณ)

- Digital: เครื่องปรับอากาศ จำนวน 2 เครื่อง, ปั้มน้ำ จำนวน 3 ตัว, Solenoid valve

จำนวน 10 ตัว, หลอดไฟ จำนวน 4 หลอด รวมทั้งสิ้น 19 เอาต์พุต

3.3 การออกแบบระบบต้นกำลัง (Power supply system)

สำหรับโรงเรือนที่ตั้งอยู่ในแหล่งที่ระบบไฟฟ้าเข้าไม่ถึงสามารถใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์มาจ่ายโหลดภายในโรงเรือนได้ โดยมีรายละเอียดในการออกแบบ ดังนี้

3.3.1 โหลดระบบของโรงเรือน

จากการประเมินโหลดของโรงเรือน พบว่ามีโหลดของระบบต่างๆ ดังนี้
ช่วงกลางวัน 06.00-18.00 น.

ระบบแสงสว่าง	$0.5 \text{ kW} \times 12 \text{ hr} = 6 \text{ kWhr.}$
แอร์	$1 \text{ kW} \times 12 \text{ hr} = 12 \text{ kWhr.}$
ระบบควบคุม	$0.5 \text{ kW} \times 12 \text{ hr} = 6 \text{ kWhr.}$
ปั้มน้ำ สำหรับผสมอาหาร	$0.2 \text{ kW} \times 1 \text{ hr} = 0.2 \text{ kWhr.}$
ปั้มน้ำ สำหรับส่งจ่ายอาหาร	$0.2 \text{ kW} \times 1 \text{ hr} = 0.2 \text{ kWhr.}$
ปั้มน้ำ สำหรับระบบพ่นหมอก	$0.1 \text{ kW} \times 1 \text{ hr} = 0.1 \text{ kWhr.}$
รวม	2.5 kW, 30.5 kWhr.

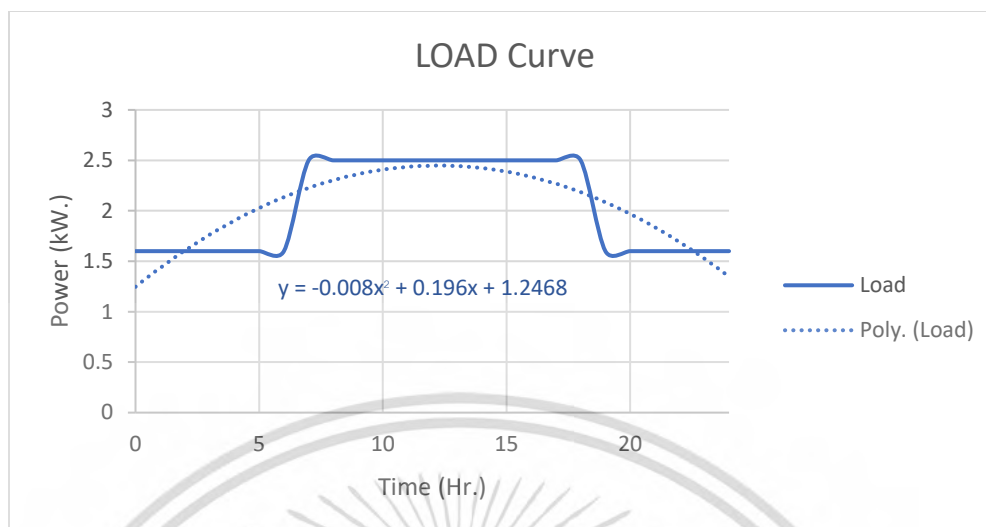
กลางคืน 18.00-06.00 น.

แอร์	$1 \text{ kW} \times 12 \text{ hr} = 12 \text{ kWhr.}$
ระบบควบคุม	$0.5 \text{ kW} \times 12 \text{ hr} = 6 \text{ kWhr.}$
ปั้มน้ำ สำหรับระบบพ่นหมอก	$0.1 \text{ kW} \times 1 \text{ hr} = 0.1 \text{ kWhr.}$
รวม	1.6 kw, 18.1 kWhr.

เงื่อนไขการทำงาน

1. ระบบแสงสว่างจะใช้เฉพาะในช่วงเวลากลางวัน
2. ปั้มน้ำแต่ละตัวจะไม่ทำงานพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดใน 1 วัน (kW)

3.3.2 เลือกขนาด Inverter ให้เหมาะสมกับโหลดของโรงเรียน

ในการเลือกขนาดของอินเวอร์เตอร์ต้องพิจารณากระแสสตาร์ทของโหลดชนิดที่เป็น Motor โดยขนาดของอินเวอร์เตอร์จะต้องสามารถรองรับปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kW) ของโหลด ขณะที่โหลดที่เป็น Motor สตาร์ทได้ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับอินเวอร์เตอร์

จากการประเมินโหลด เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้า (kW) ขณะที่โหลด Motor สตาร์ทพบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโหลดสูงสุด (Peak load) เท่ากับ 3.5 kW

เลือกใช้ Off-Grid Hybrid Solar Inverter ขนาด 5 kVA / 4 kW ทั้งหมด 4 เครื่อง โดยมาทดแทนกัน และสามารถรองรับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโหลดได้สูงสุด 16 kW



รูปที่ 3.34 ตัวอย่างอินเวอร์เตอร์ที่ใช้

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ (Specification of Inverter)

Model No.	MPS 4K	
Rate Power	4KVA/3.2kW	
Input	Rate Voltage	230 VAC
	Voltage selectable range (for Personal Computer)	170-280 VAC
	Voltage selectable range (for Home Appliance)	90-280 VAC
	Frequency range	50Hz/60Hz (Auto sensing)
Output	AC voltage Regulation (Batt : Mode)	230 VAC \pm 5%
	Surge Power	8000 VA
	Efficiency (Peak)	90% - 93%
	Transfer time	10ms. (for personal computer)
		20ms. (for home appliance)
Wave form	Pure sine wave	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Battery & AC Charger	Battery voltage	48 VDC
	Floating charge Voltage	54 VDC
	Overcharge Protection	60 VDC
	Maximum Charge Current	60 A
PV Input	Maximum PV Array Power	3000 W
	MPPT Range @ Operating Voltage (VDC)	60-115 VDC
PV Input	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	145 VDC
	Maximum Charge Current	60 A
	Maximum Efficiency	98%
	Standby Power Consumption	2 W
Physical	Dimension, DxWxH (mm.)	140x295x540
	Net Weight (kg)	12.5
Environmental	Humidity	5% - 95% Relative Humidity (Non-condensing)
	Operation Temperature	0°C - 55 °C
	Storage Temperature	-15 °C - 60 °C
How to configure	Inverter Power	3200 W
	P_{max} , generated from solar charger	60 A , 3000 W
	Best Panel Configuration	300Wp 250Wp x 12pcs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ชนิดของแผงโซลาร์เซลล์

เลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 245 W



รูปที่ 3.35 ตัวอย่างแผงโซลาร์เซลล์

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์

Typica(REC245PE)	
Peak Power (Pmpp)	245 W
Rated Voltage (Vmpp)	30.2 V
Rated Current (Impp)	8.12 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.2 V
Short Circuit Current (Isc)	8.68 A
Maximum Series Fuse (DC)	15 A
Maximum System Voltage	1000 V
Application Class	Class A
Maximum Load	5400 Pa
Wide	1.6 m
Length	1 m
At STC 1000 W/m ² AM 1.5, Cell Temp 25 °C	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับอินเวอร์เตอร์

ในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับอินเวอร์เตอร์แต่ละตัวจะพิจารณาตั้งนี้
อินเวอร์เตอร์

Maximum PV Array Power	3000 W
PV Maximum Charge Current	60 A
MPPT Range @ Operating Voltage (VDC)	60-115 VDC

(พิจารณาเป็น 115 VDC)

แผงโซลาร์เซลล์

Peak Power (P _{mpp})	245 W
Rated Voltage (V _{mpp})	30.2 V
Rated Current (I _{mpp})	8.12 A

ออกแบบ

1. จ านวนแผงสูงสุดที่สามารถใช้ได้กับอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว

$$= \frac{\text{Maximum PV Array Power of Inverter}}{\text{Peak Power (P}_{mpp}\text{) per a PV array}} = 3000/245 = 12.2449$$

ดังนั้นเลือกจ านวนแผงสูงสุดที่ใช้กับอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว คือ 12 แผง

2. จ านวนแผงใน 1 Strings (1 String คือ แผงโซลาร์เซลล์ต่อกันแบบอนุกรม 1 วงจร)

$$= \frac{\text{Operating Voltage Range}}{\text{Rated Voltage (V}_{mpp}\text{)}} = 115/30.2 = 3.8079$$

ดังนั้นเลือกจ านวนแผงใน 1 String คือ 3 แผง

3. จ านวน Strings ที่ใช้กับอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว

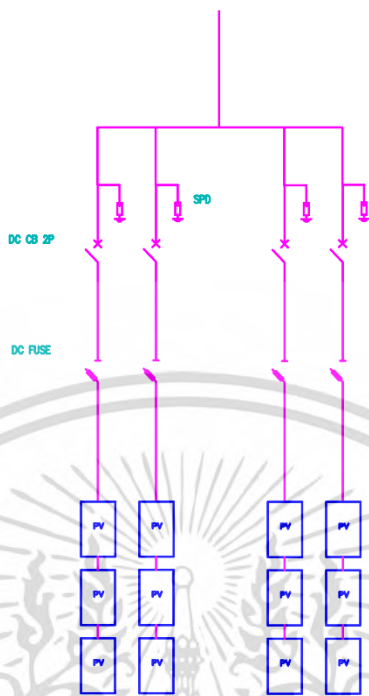
$$= \frac{\text{Maximum number of PV Array}}{\text{Number of PV Array per a string}} = 12/3 = 4$$

ดังนั้นเลือกจ านวนstringที่ใช้กับอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว คือ 4 Strings

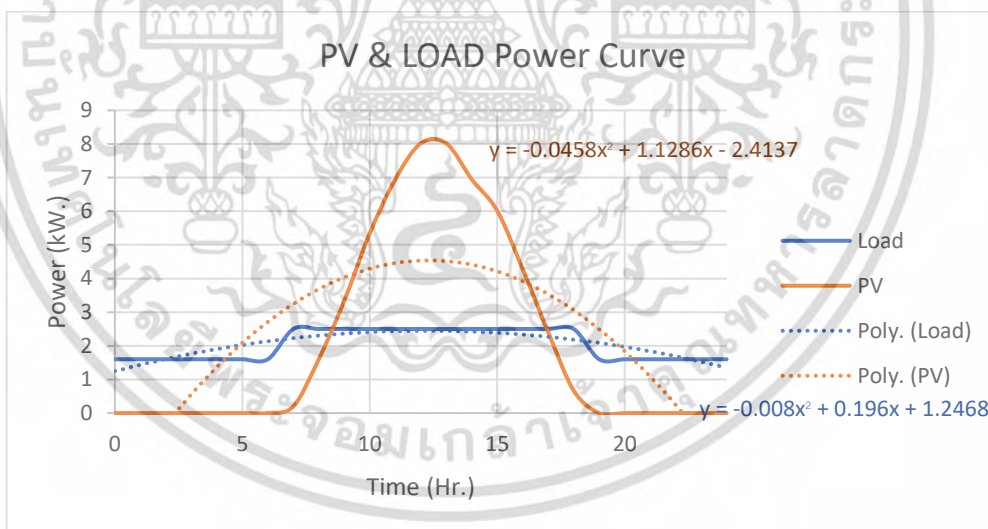
สรุป

เนื่องจากใช้อินเวอร์เตอร์มาท ากการต่อขนานกันทั้งหมด 4 เครื่อง

จะได้ว่าจ านวนแผงที่ใช้ทั้งหมด = 4 x 12 = 48 แผง



รูปที่ 3.36 การต่อแผงโซลาร์เซลล์สำหรับอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว



รูปที่ 3.37 กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลด และพลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ใน 1 วัน (kW)

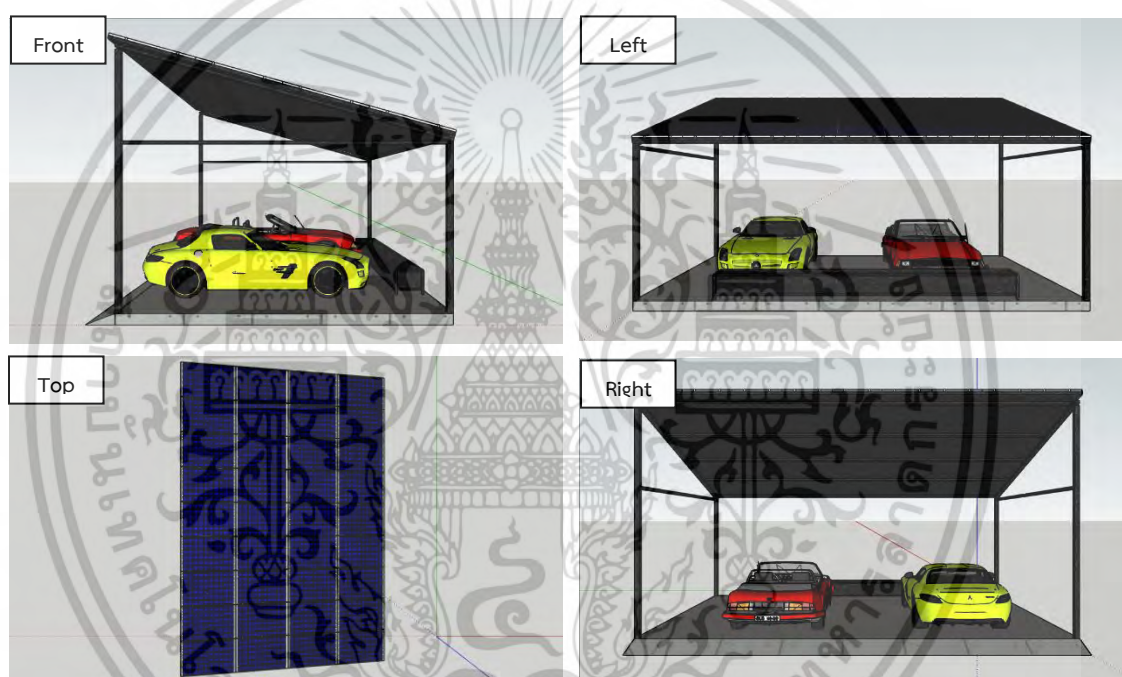
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนโครงสร้าง

ในการออกแบบจะเป็นการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่ส่วนบนของโครงสร้าง ซึ่งจะใช้แผงโซลาร์เซลล์นี้เป็นวัสดุหลังคา และโครงสร้างนี้ยังออกแบบเพื่อใช้งานเป็นโรงจอดรถได้อีกด้วย โดยการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

ขนาด : 6m x 9m x 3m (กว้างxยาวxสูง)

หลังคา : ใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นวัสดุหลังคา ซึ่งหลังคาเป็นทรงลาดเอียงมาทางทิศใต้ ทามุม 15 องศา กับแนวระดับ เพื่อให้โซลาร์เซลล์ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

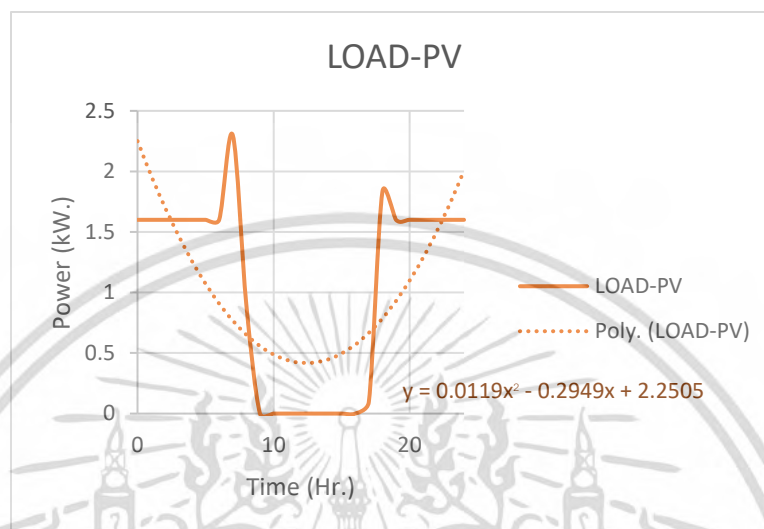


รูปที่ 3.38 การออกแบบโครงสร้างติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แบบ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 เลือกขนาดและจำนวนของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานสำรองในกรณีที่ไม่มีพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.39 กราฟปริมาณการใช้พลังงานของโหลดในช่วงที่ไม่มีพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ (kW)

จากกราฟ พื้นที่ใต้กราฟ มีค่า 23.916 kWhr

ออกแบบ

1. เลือก แบตเตอรี่ 12 V 200 Ah
2. หาจำนวนของแบตเตอรี่ที่เพียงพอต่อการจ่ายโหลดในช่วงที่ไม่มีพลังงานจากโซลาร์

$$\text{เซลล์} = \frac{23.916 \times 1000}{12 \times 200} = 9.965$$

3. ต้องการให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานเพียงประมาณ 50% ของปริมาณติดตั้งทั้งหมด เพื่อให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

$$= 9.965 \times 2 = 19.93$$

ดังนั้น ติดตั้งแบตเตอรี่จำนวน 24 ลูก (แบตเตอรี่จ่ายพลังงาน 41.5208% ของปริมาณติดตั้งทั้งหมด)

4. การต่อวงจรแบตเตอรี่

เนื่องจาก ค่า Battery Voltage ของอินเวอร์เตอร์ มีค่า 48 V

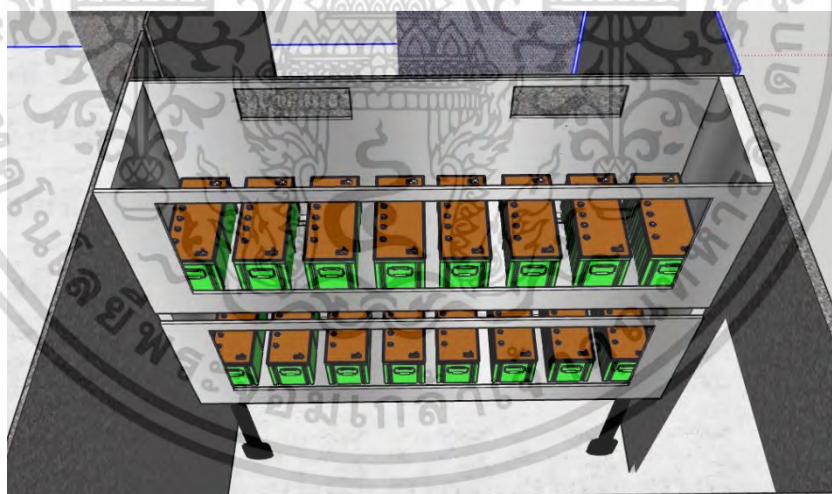
ดังนั้นต้องทำการต่อแบตเตอรี่ให้ได้ 48 V โดยการต่อแบตเตอรี่ 12 V แบบอนุกรมกัน 4 ลูก (1 วงจร) และต่อขนานวงจรแบตเตอรี่ทั้งหมด 6 วงจร



รูปที่ 3.40 การต่อวงจรแบตเตอรี่

5. การจัดเก็บแบตเตอรี่

การจัดเก็บแบตเตอรี่จะจัดเก็บในห้องจัดเก็บแบตเตอรี่ซึ่งอยู่ข้างห้องระบบควบคุม โดยแบตเตอรี่จะตั้งอยู่บนชั้นวางเพื่อประหยัดเนื้อที่ในการจัดวาง



รูปที่ 3.41 ชั้นจัดเก็บแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบตู้ควบคุม (Control panel design)

1. การคำนวณหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดสายไฟของ Air condition 1

- ค่าพิกัดกระแส 3.9 A.

- หาพิกัดเครื่องป้องกัน (CB) = $2 \times 3.9 = 7.8$ A.

ดังนั้น เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ 16 AT.

- เลือกขนาดสายไฟเท่ากับ $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$

2. การคำนวณหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดสายไฟของ Air condition 2

- ค่าพิกัดกระแส 3.9 A.

- หาพิกัดเครื่องป้องกัน (CB) = $2 \times 3.9 = 7.8$ A.

ดังนั้น เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ 16 AT.

- เลือกขนาดสายไฟเท่ากับ $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$

3. การคำนวณหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดสายไฟของ Air condition 3

- ค่าพิกัดกระแส 3.9 A.

- หาพิกัดเครื่องป้องกัน (CB) = $2 \times 3.9 = 7.8$ A.

ดังนั้น เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ 16 AT.

- เลือกขนาดสายไฟเท่ากับ $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$

4. การคำนวณหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดสายไฟของ Water pump 1

- ค่าพิกัดกระแส 1.2 A.

- หาพิกัดเครื่องป้องกัน (CB) = $2 \times 1.2 = 2.4$ A.

ดังนั้น เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ 16 AT.

- เลือกขนาดสายไฟเท่ากับ $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$

5. การคำนวณหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดสายไฟของ Water pump 2

- ค่าพิกัดกระแส 1.2 A.

- หาพิกัดเครื่องป้องกัน (CB) = $2 \times 1.2 = 2.4$ A.

ดังนั้น เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ 16 AT.

- เลือกขนาดสายไฟเท่ากับ $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$

6. การคำนวณหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดสายไฟของ Power supply 1 DC 24 V

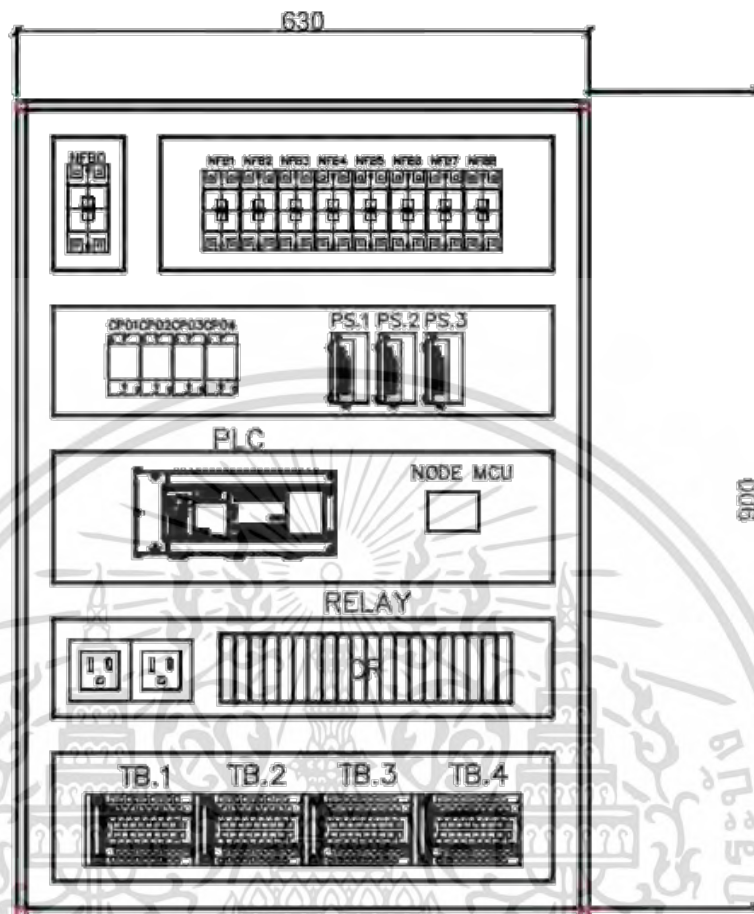
- ค่าพิกัดกระแส 10 A.
- หาพิกัดเครื่องป้องกัน (CB) = $1.25 \times 10 = 12.5$ A.
- ดังนั้น เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ 16 AT.
- เลือกขนาดสายไฟเท่ากับ $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$

7. การคำนวณหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดสายไฟของ LED Grow light

- ค่าพิกัดกระแส 1.7 A.
- หาพิกัดเครื่องป้องกัน (CB) = $1.25 \times 10 = 12.5$ A.
- ดังนั้น เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ 16 AT.
- เลือกขนาดสายไฟเท่ากับ $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$

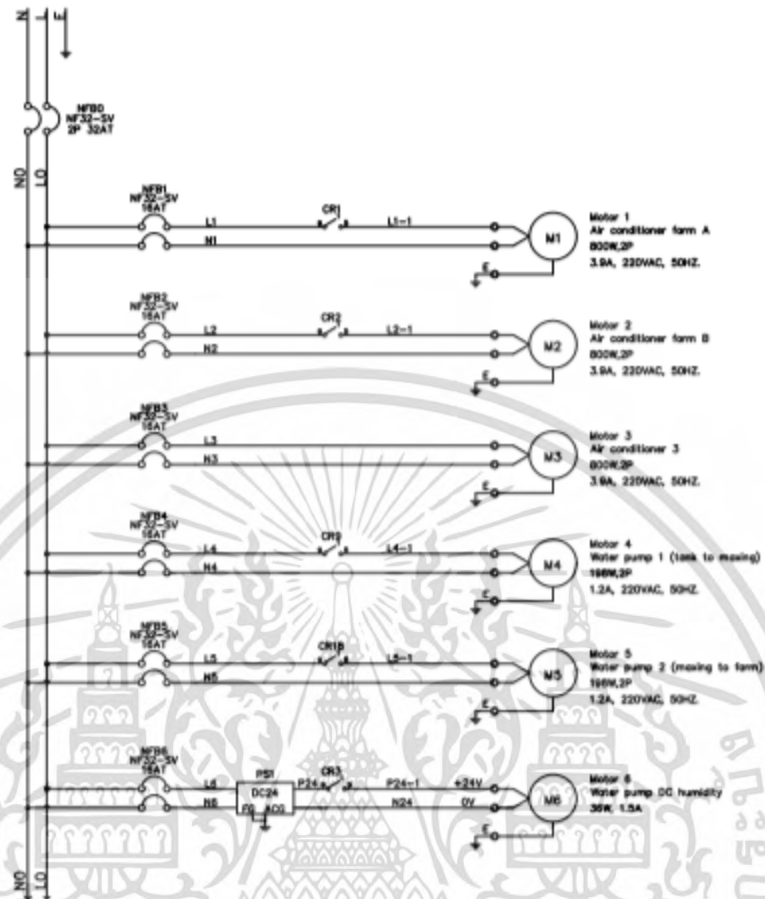
8. การคำนวณหาเซอร์กิตเบรกเกอร์ของหลอดทั้งหมดในตัวคอนโทรล

- หาพิกัดเครื่องป้องกัน (CB) = $1.25 \times (1.7 + 1.2 + 1.2 + (3.9 \times 3)) = 19.75$ A
- ดังนั้นเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ 32 AT
- เลือกขนาดสายไฟเท่ากับ $2 \times 4 \text{ mm}^2$



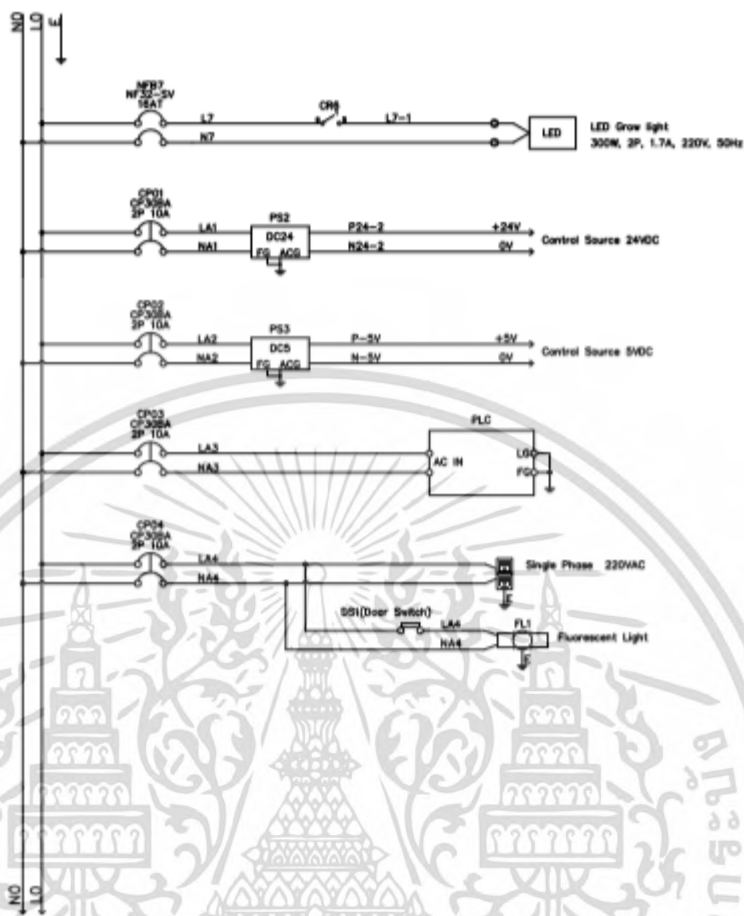
รูปที่ 3.42 แบบภายในตู้ควบคุม (Control panel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



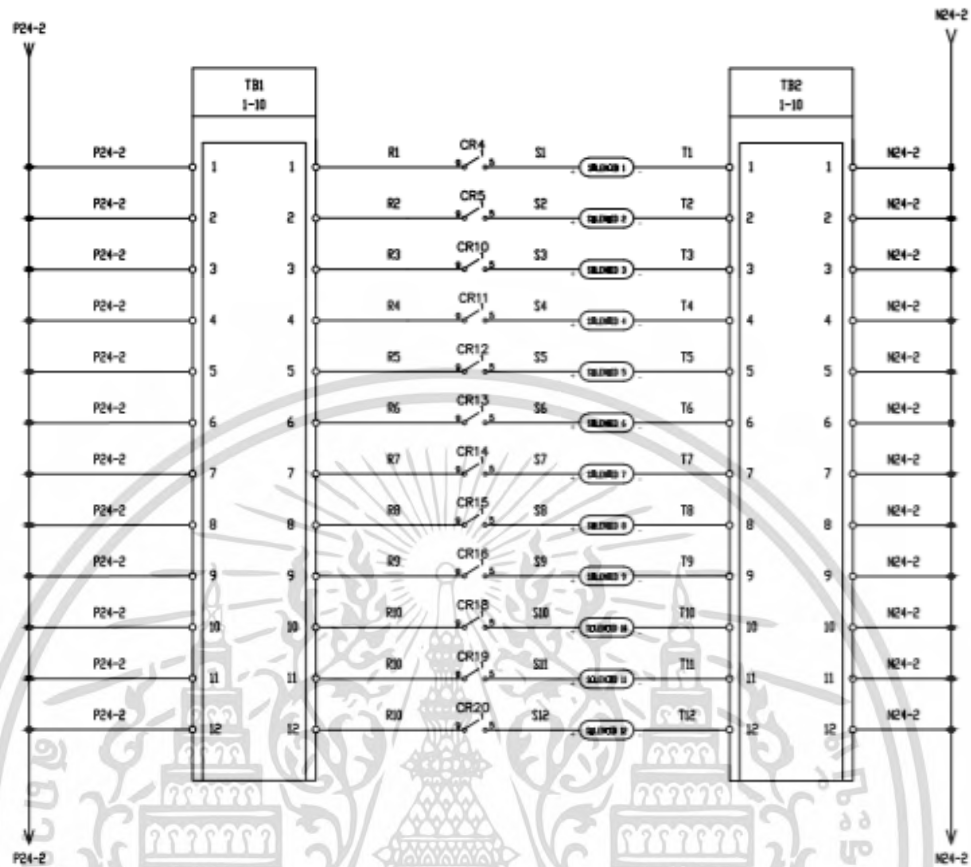
รูปที่ 3.43 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรไฟฟ้าก าลัง(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

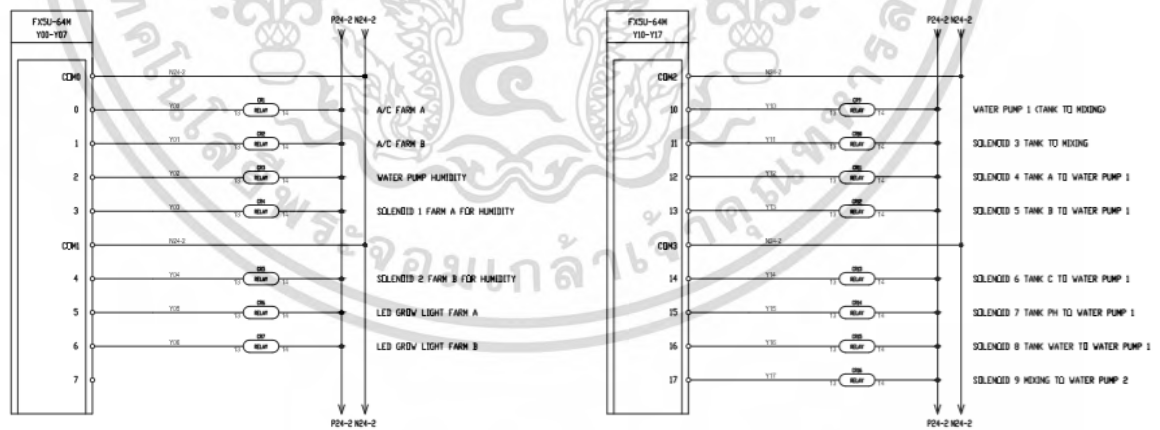


รูปที่ 3.44 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรไฟฟ้าก ล้าง(2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

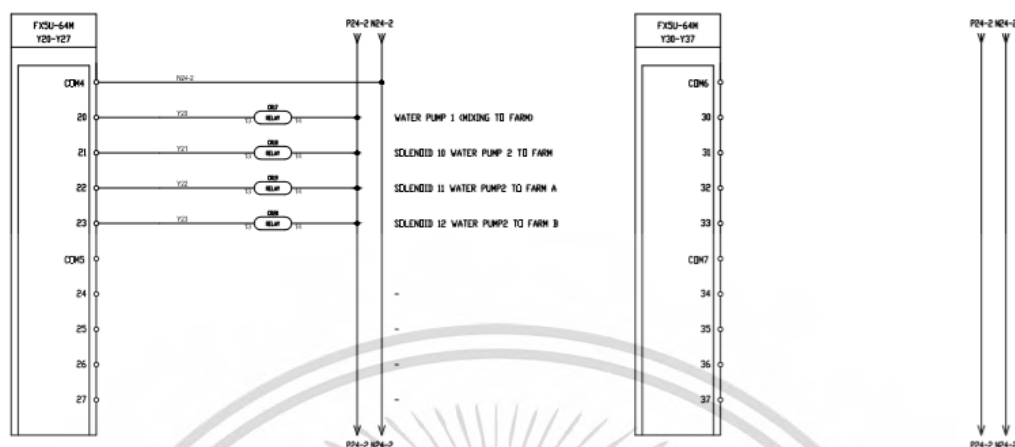


รูปที่ 3.45 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรคอนโทรล (1)



รูปที่ 3.46 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรคอนโทรล (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

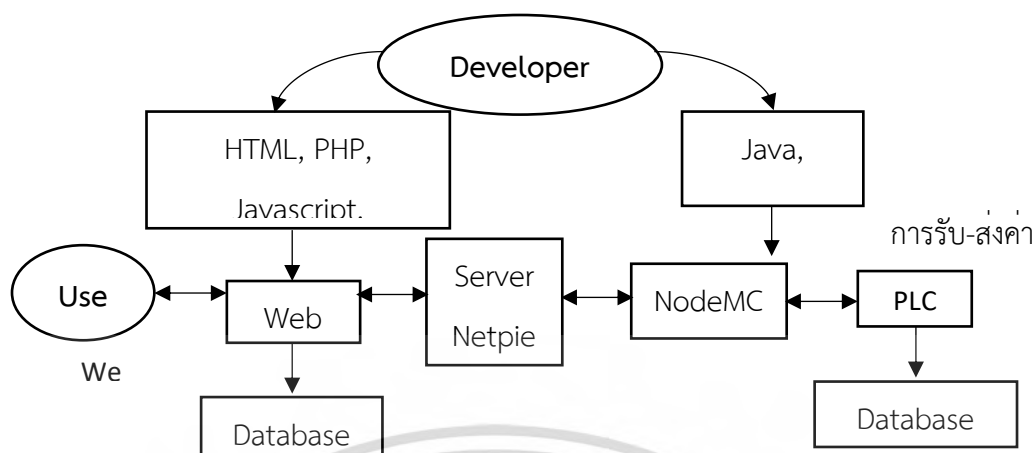


รูปที่ 3.47 แบบการเดินสาย (Wiring) วงจรคอนโทรล (3)

3.5 การออกแบบระบบเฝ้าสังเกตการณ์และระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือน (Monitoring and Controlling)

3.5.1 โครงข่ายของระบบเฝ้าสังเกตการณ์และระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือน (Monitoring and Controlling)

ผู้พัฒนาเริ่มเขียนหน้าจอแสดงผลโดยใช้ภาษา HTML, PHP และ JavaScript โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนได้แก่ Pycharm และ Dreamweaver หน้าจอแสดงผลข้อมูลและสั่งการบนเว็บไซต์ โดยจะมีการแสดงค่าโดยรับ-ส่งค่าจาก PLC ผ่านตัวเชื่อมต่อ Node MCU ซึ่งการทำงานของ Node MCU จะทำงานจากฟังก์ชันและคำสั่งผ่านโปรแกรม Arduino การแสดงค่าของข้อมูลต้องมีการร้องขอผ่านทางเว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ แล้วประมวลผลและส่งข้อมูลไปยังเว็บผู้ใช้งาน (Web Client) ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบจัดการฐานข้อมูล (Database) เพื่อรับคำสั่งและเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล



รูปที่ 3.48 แผนภาพโครงสร้างการทำงานของระบบเฝ้าสังเกตการณ์ และระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือน (Monitoring and Controlling)

3.5.2 ขั้นตอนการการออกแบบหน้าจอสถงผลและระบบควบคุมบนเว็บไซต์

3.5.2.1 ศึกษา Parameter Input และ Output ที่ต้องการให้แสดงผลบนหน้าจอสถงผลและระบบควบคุมการทำงานของระบบต่างๆภายในโรงเรือน Parameter Input และ Output ที่ต้องการให้แสดงผลบนหน้าจอสถงผลแบ่งออกเป็น 4 ระบบได้แก

1.1 Parameter input และ Output ของระบบอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ได้แก่อุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

1.2 Parameter input และ Output ของระบบแสงธรรมชาติและแสงจาก LED ภายในโรงเรือน ได้แก่ ความเข้มแสง (Lux)

1.3 Parameter input และ Output ของระบบส่งจ่ายอาหาร ได้แก่ เวลาในการส่งจ่ายอาหาร,จนวนปุ๋ย,น้ำ และกรดที่ใช้จ่ายให้แก่สตรอเบอร์รี่, pH และ EC ของปุ๋ย รวมทั้งค่าความเข้มข้นของ O₂ และ CO₂

1.4 Parameter input และ Output ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในโรงเรือน ได้แก่ กำลังไฟฟ้า และเวลา

3.5.2.2 ศึกษารูปแบบภาษาที่ใช้สร้างและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับหน้าจอสถงผลและระบบควบคุมการทำงานขงระบบต่างๆภายในโรงเรือน และหาโปรแกรมที่เหมาะสมในการพัฒนา

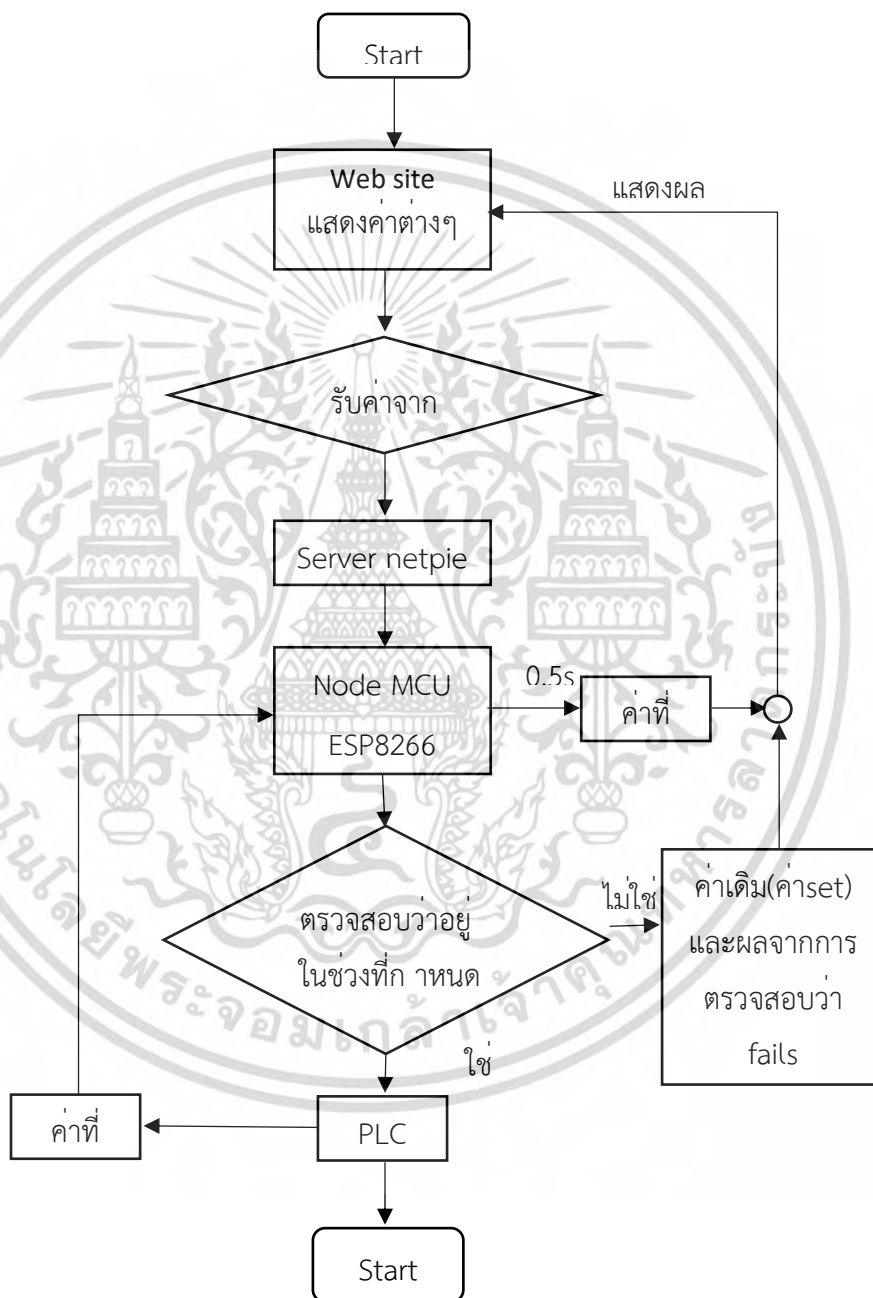
ภาษาที่ใช้ในการออกแบบหน้าจอสถงผลบนเว็บไซต์ ได้แก่ ภาษา PHP, ภาษา HTML และ JavaScript โดยใช้โปรแกรม Dreamweaver ในการพัฒนา

3.5.2.3 หา Web Server ที่เหมาะสม

3.5.2.4 เขียน JavaScript ใน Website และ Node MCU ให้ติดต่อกันผ่าน Server

3.5.2.5 เขียน Javascript ให้ Node MCU ติดต่อ PLC

3.5.2.6 เก็บข้อมูล ไว้ที่ฐาน Database เพื่อนำข้อมูลสถานะแวดล้อมภายในโรงเรียนมาช่วยในการวิเคราะห์การปลุกสตอร์เบอร์หรือพีชอื่นๆที่สนใจปลูก



รูปที่ 3.49 Flow chart การทำงานของระบบเฝ้าสังเกตการณ์ และระบบควบคุมสถานะแวดล้อมภายในโรงเรียน (Monitoring and Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

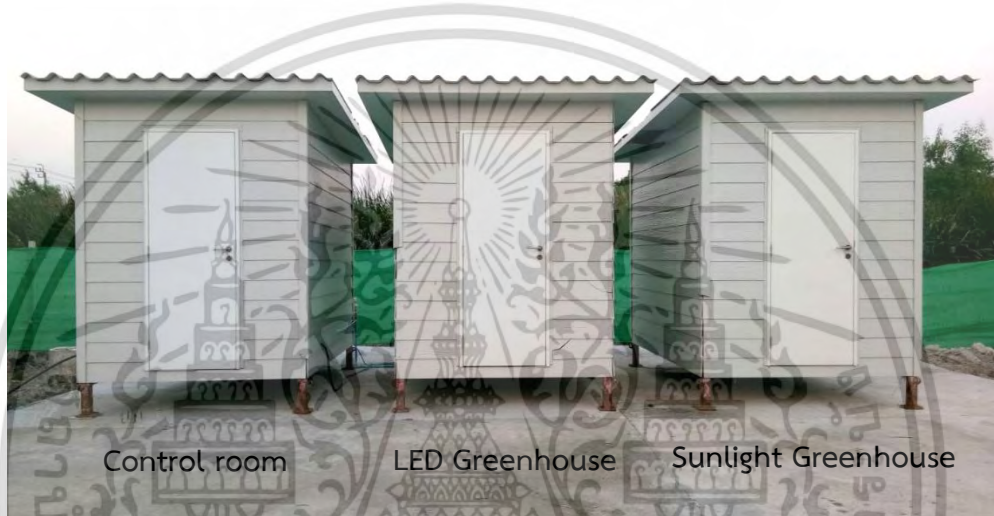
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรือน

4.1.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์

4.1.1.1 โครงสร้างภายนอก



รูปที่ 4.1 โครงสร้างภายนอกของโรงเรือน (Front view)

จากรูปที่ 4.1 แสดงลักษณะโครงสร้างภายนอกของโรงเรือนทั้ง 3 ห้อง โดยที่ห้องทางซ้ายเป็นห้องควบคุม ห้องกลางเป็นโรงเรือนปลูกที่ใช้แสงจากหลอด LED และห้องทางขวาเป็นโรงเรือนปลูกที่ใช้แสงจากธรรมชาติ ซึ่งแต่ละห้องมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร และ สูง 2.5 เมตร



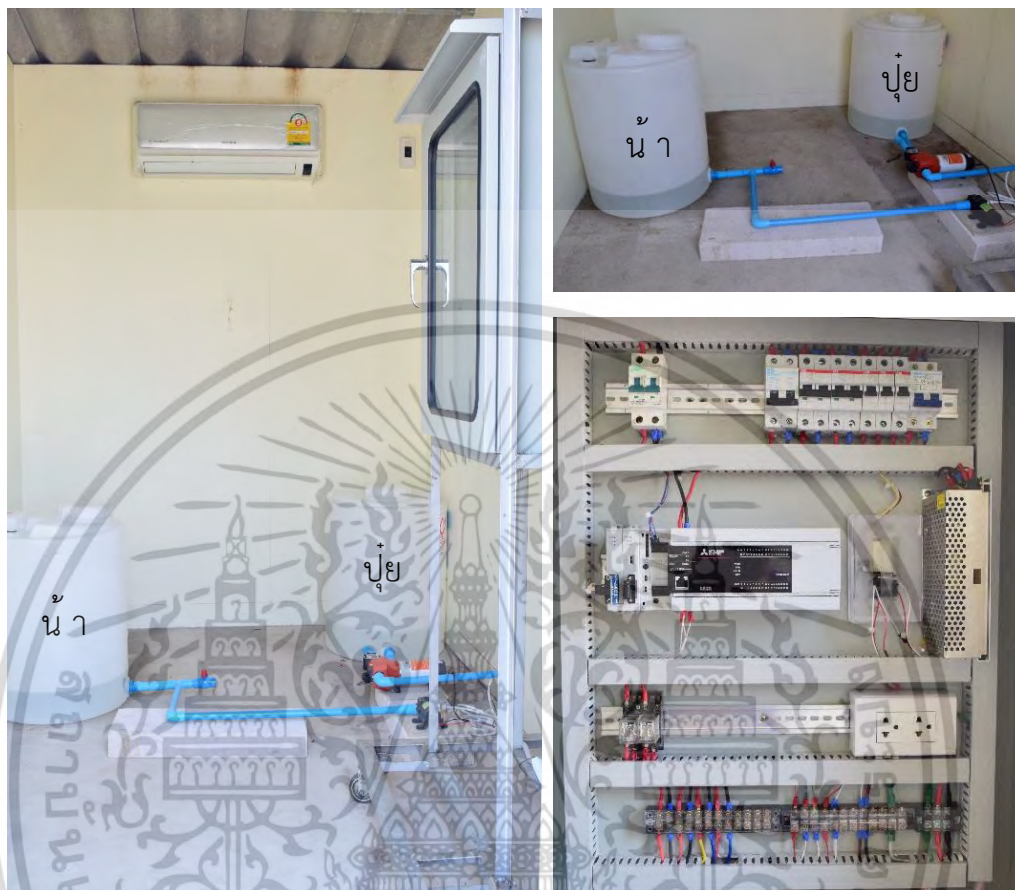
รูปที่ 4.2 โครงสร้างภายนอกของโรงเรียน (Side view)



รูปที่ 4.3 โครงสร้างภายนอกของโรงเรียน (Back side)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 โครงสร้างภายในโรงเรือน



รูปที่ 4.4 โครงสร้างภายในห้องควบคุม

จากรูปที่ 4.4 โครงสร้างภายในห้องควบคุม ซึ่งมีการติดตั้งเดินท่อจากถังปุ๋ยที่ผสมแล้วไปยังบ่ัมเพื่อส่งไปยังท่อจ่ายปุ๋ยในโรงเรือน และติดตั้งเดินท่อจากถังน้ำไปยังบ่ัมน้ำเพื่อส่งไปยังหัวพ่นหมอกในโรงเรือน นอกจากนี้ภายในห้องยังมีตู้คอนโทรลที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลการปลูกพืชผ่านระบบ SCADA



รูปที่ 4.5 โครงสร้างภายในโรงเรียน

จากรูปที่ 4.5 ภายในโรงเรียนประกอบด้วย

- รางปลุกสตรอบेरรี่ 6 ราง ที่สามารถปลุกสตรอบेरรี่ได้ 120 ต้น
- เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น 1 ตัว
- เครื่องปรับอากาศขนาด 9000 BTU ทาหน้าที่เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิ
- หัวพ่นหมอก 6 หัว ทาหน้าที่เป็นตัวควบคุมความชื้น
- ท่อจ่ายปุ๋ยน้ำ วัสดุ ๖ เส้น
- รางรองน้ำ เสียททาหน้าทีรมน้ำ ทีเหลือจากตรดูดซึมของพืชไปบาบัตก่อนน ำไปใช้

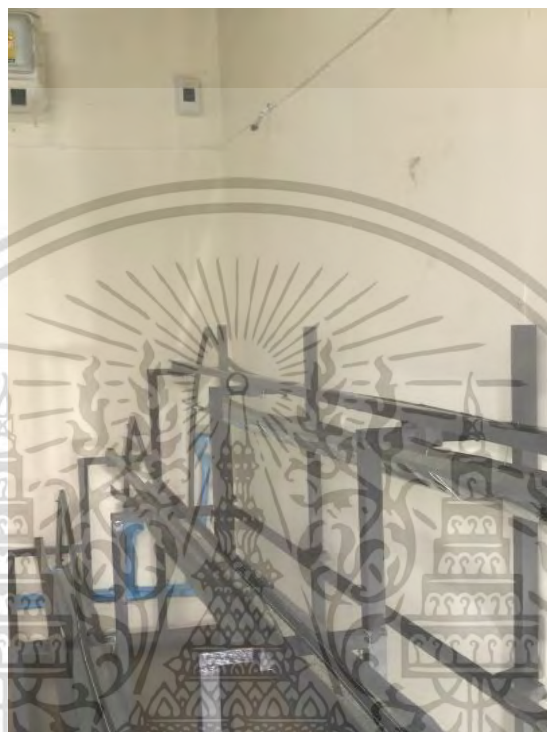
ประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรียน

4.1.2.1 ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ

ผลการทดสอบ

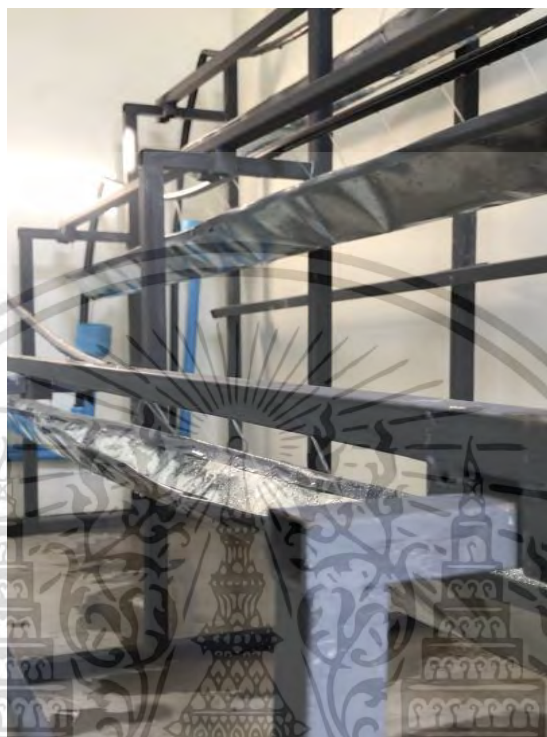


รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ

หลังการทดสอบระบบพบว่าระบบจ่ายปุ๋ย และน้ำได้ตามระยะเวลาที่กำหนด แต่ไม่ได้ปริมาณปุ๋ยเท่ากันทุกจุด ปริมาณปุ๋ยแต่ละจุดจากท่อส่งเส้นเดียวกันได้ไม่เท่ากัน กล่าวคือจุดที่อยู่ต้นทางจะไหลแรงกว่าจุดที่อยู่ปลายทาง สาเหตุอาจเกิดจากใช้ปั๊มน้ำที่ไม่สามารถรักษาระดับแรงดันน้ำได้ และพบว่าปริมาณปุ๋ยจากท่อส่งแต่ละท่อไม่เท่ากัน กล่าวคือท่อที่อยู่ต่ำกว่าไหลแรงกว่าท่อที่อยู่สูงกว่า สาเหตุอาจเกิดจากระดับของท่อส่งปุ๋ยสูงไม่เท่ากัน วิธีแก้ปัญหของทั้งสองกรณีสามารถทำได้โดยใช้ปั๊มน้ำที่สามารถรักษาระดับแรงดันน้ำได้ และติดตั้งท่อส่งปุ๋ยให้ขึ้นไประดับเดียวกันก่อน เพื่อให้แรงดันแต่ละท่อเท่ากัน แล้วจึงปล่อยปุ๋ยไปยังท่อแต่ละเส้น

4.1.2.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ผลการทดสอบ



รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

หลังการทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ในช่วง 20-26 °C ได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 60-80 % ได้ สาเหตุอาจเกิดจาก 2 ประการต่อไปนี้ได้แก่ ประการที่หนึ่งหัวพ่นหมอกปล่อยละอองน้ำ ออกมาปริมาณมากเกินไปท ให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสูงถึง 90 % วิธีแก้ปัญหา คือ เปลี่ยนหัวพ่นหมอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กลงจากขนาดเดิม คือ 0.6 มิลลิเมตร หรือลดจำนวนหัวพ่นลงจากเดิมที่มีการติดตั้งอยู่ 6 หัว และเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสูงเกินค่าที่กำหนดแล้วต้องใช้เวลาพอสมควรในการที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง ซึ่งสามารถติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อช่วยในการลดความชื้นภายในโรงเรือน และ ประการที่สองเซนเซอร์อาจทำงานไม่แม่นยำเมื่อเทียบกับมาตรฐาน วิธีแก้ปัญหา คือ ปรับเทียบเซนเซอร์กับเซนเซอร์มาตรฐานก่อนติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ เนื่องจากค่าอุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปลูกพืชมูลค่าสูง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบและพัฒนาระบบเพิ่ม เพื่อให้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด ดังนั้นจากผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล ทำให้ต้องเพิ่มระบบพัดลมระบายอากาศในโรงเรือนให้ทำงานควบคู่กับระบบเครื่องปรับอากาศและระบบหัวพ่นหมอก ซึ่งมีตารางการทำงานก่อนหลังของทั้งสามระบบ ในกรณีค่าอุณหภูมิและความชื้นเป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 การทำงานของอุปกรณ์ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ค่าอุณหภูมิ	ค่าความชื้น	ระบบที่ทำงาน
สูงกว่าที่ตั้ง	สูงกว่าที่ตั้ง	พัดลมระบายอากาศ => เครื่องปรับอากาศ
สูงกว่าที่ตั้ง	ต่ำกว่าที่ตั้ง	พัดลมระบายอากาศ => หัวพ่นหมอก => เครื่องปรับอากาศ
ต่ำกว่าที่ตั้ง	สูงกว่าที่ตั้ง	พัดลมระบายอากาศ
ต่ำกว่าที่ตั้ง	ต่ำกว่าที่ตั้ง	หัวพ่นหมอก

จากตารางที่ 4.1 สังเกตได้ว่าในกรณีที่อุณหภูมิสูงกว่าและความชื้นต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ระบบทั้งสามจะทำงาน ซึ่งพัดลมระบายอากาศที่มีคุณสมบัติลดอุณหภูมิจะทำงานก่อน ตามด้วยหัวพ่นหมอกที่มีคุณสมบัติทั้งเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิจะทำงาน และตามด้วยเครื่องปรับอากาศจะทำงานท้ายสุด

4.2 ผลการทดสอบระบบสังเกตการณ์และควบคุมด้วย SCADA

4.2.1 ผลการจัดทำระบบ

จากการออกแบบระบบในบทที่ 3 ทำให้ระบบสามารถสังเกตการณ์และควบคุมการทำงานภายในโรงเรือนได้จากทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งได้ผลการจัดสร้างหน้าเว็บไซต์ แสดงดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4.8 หน้าเว็บหลักของระบบ

จากรูปที่ 4.8 แสดงภาพรวมของระบบทั้งหมด เป็นเรียลไทม์ (Realtime) อธิบายตาม ตาแหน่งหมายเลข ดังต่อไปนี้

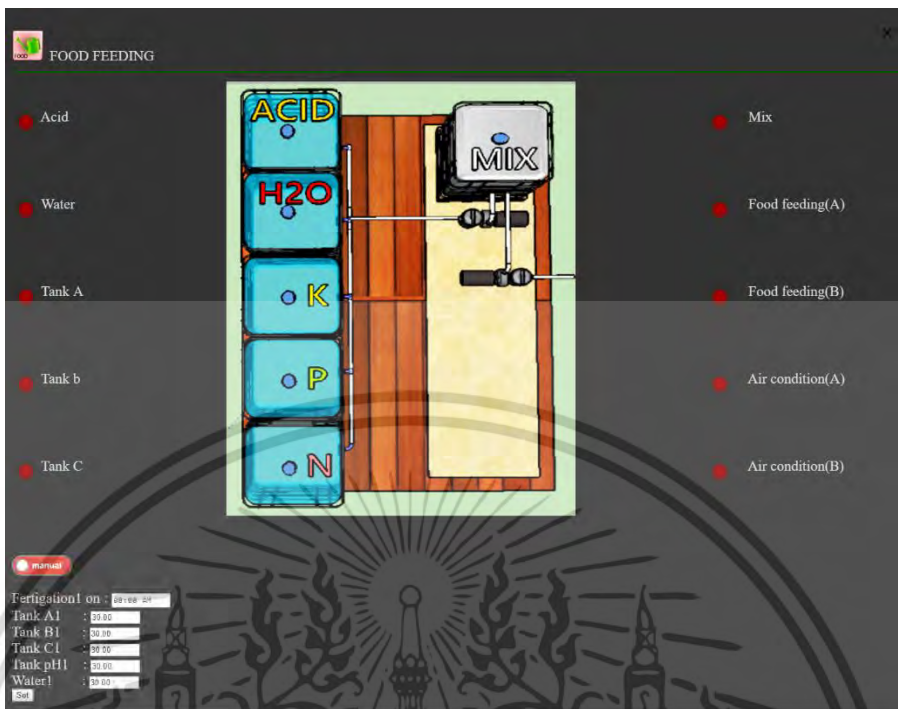
หมายเลข 1 แสดงโครงสร้างภายในของทั้งสองโรงเรือน

หมายเลข 2 แสดงปุ่มกดไปยังหน้าจ่อย่อยของระบบต่างๆ ได้แก่ ระบบการส่งจ่ายปุ๋ย ระบบควบคุม อุณหภูมิและความชื้น ระบบควบคุมแสง กราฟแสดงผลพารามิเตอร์ และการตั้งค่าระบบ ตามล าดับ

หมายเลข 3 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโรงเรือนปลูกที่ใช้แสงจากหลอด LED ได้แก่ ค่าอุณหภูมิอากาศ (Temperature) ค่าความชื้นอากาศ (Humidity) ค่าอุณหภูมิดินปลูก (Soil Temperature) ค่าความชื้น ดินปลูก (Soil Moister) ค่าความเข้มแสง (Light Intensity) ค่าปริมาณคาบอนไดออกไซด์ และค่า ออกซิเจน ตามล าดับ

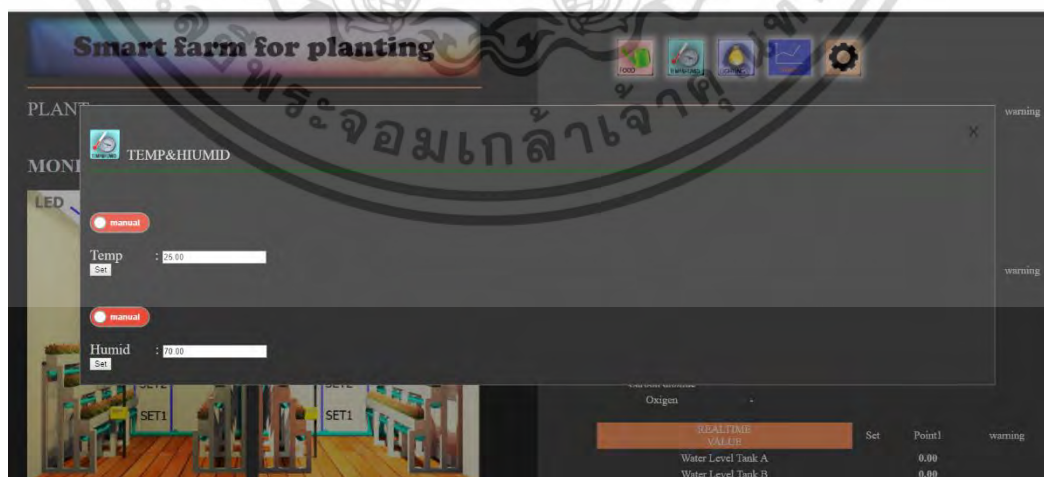
หมายเลข 4 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโรงเรือนปลูกที่ใช้แสงธรรมชาติ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิอากาศ (Temperature) ค่าความชื้นอากาศ (Humidity) ค่าอุณหภูมิดินปลูก (Soil Temperature) ค่าความชื้น ดินปลูก (Soil Moister) ค่าความเข้มแสง (Light Intensity) ค่าปริมาณคาบอนไดออกไซด์ และค่า ออกซิเจน ตามล าดับ

หมายเลข 5 แสดงสัดส่วนการให้ปุ๋ยและน้ำ แล แสดงปริมาณปุ๋ยและน้ำ ที่เหลืออยู่ในแต่ละถัง



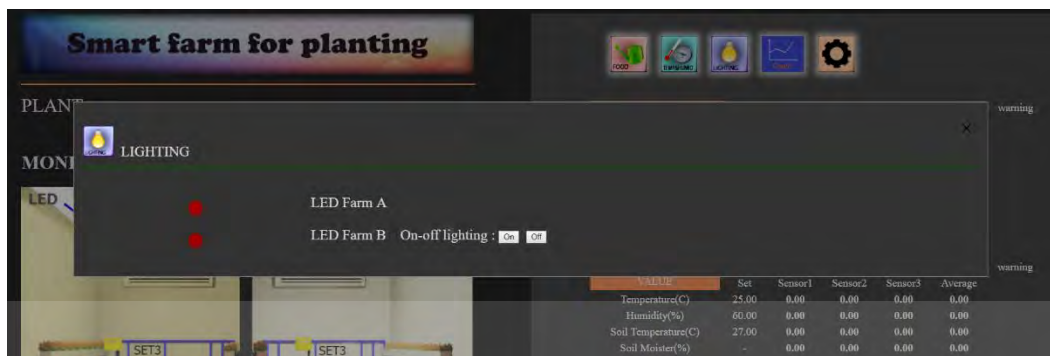
รูปที่ 4.9 หน้าเว็บย่อย: ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำของทั้งสองโรงเรือน

จากรูปที่ 4.9 แสดงการทำงานของถังนี้ ต่างๆในระบบ โดยแสดงการทำงานเปิดปิดเป็นไฟสถานะ ไฟสีแดงหมายถึงปิด และไฟสีเขียวหมายถึงเปิด นอกจากนี้ส่วนล่างสุดของหน้าเว็บสามารถเลือกการทำงานเป็นระบบ Auto และ Manul ได้

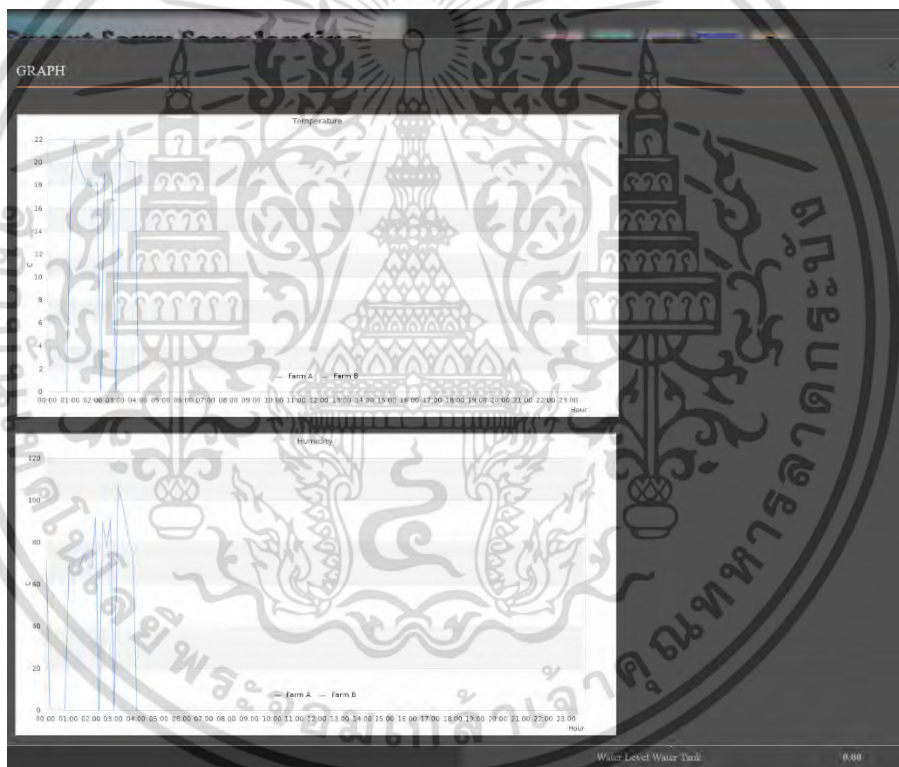


รูปที่ 4.10 หน้าเว็บย่อย: ระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นของทั้งสองโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

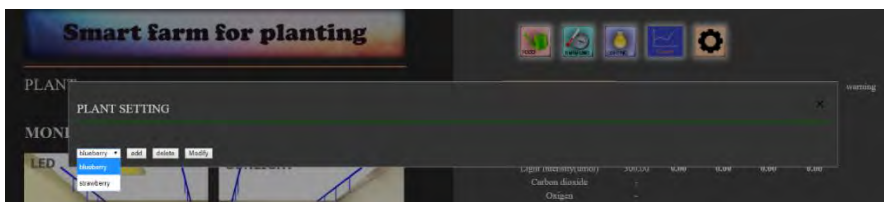


รูปที่ 4.11 หน้าเว็บย่อย: ระบบควบคุมแสงของโรงเรือนปลูกที่ใช้แสงจากหลอด LED

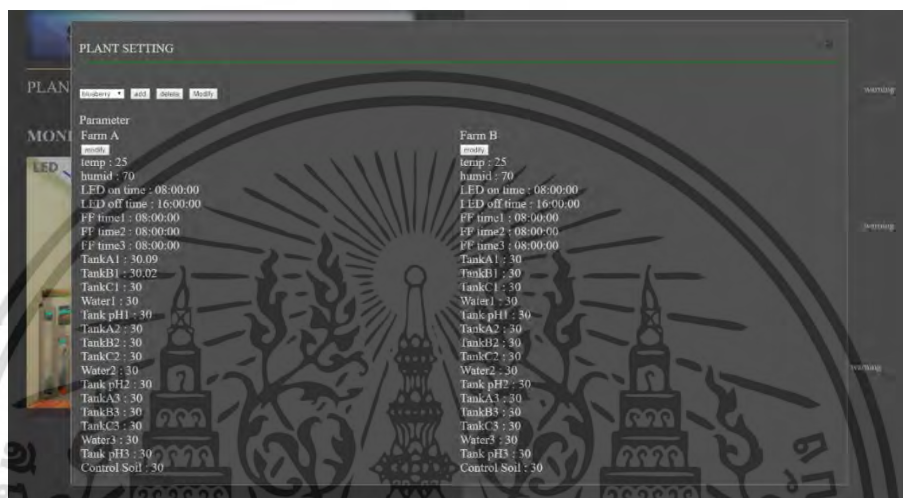


รูปที่ 4.12 หน้าเว็บย่อย: กราฟแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนทั้งสองเทียบกับเวลา 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 หน้าเว็บย่อย: การตั้งค่าเลือกชนิดของพืชที่ปลูก



รูปที่ 4.14 หน้าเว็บย่อย: แสดงค่าพารามิเตอร์ของพืชที่ปลูก



รูปที่ 4.15 หน้าเว็บย่อย: การตั้งค่าพารามิเตอร์ของพืชที่ปลูก

จากรูปที่ 4.13 – รูปที่ 4.15 แสดงค่าหน้าเว็บย่อยที่ใช้ในการตั้งค่า เริ่มจากรูปที่ 4.13 เป็นการตั้งค่าพืชที่จะปลูก ซึ่งสามารถเพิ่มจากที่มีในโปรแกรมได้ตามผู้ปลูกต้องการ รูปที่ 4.14 เมื่อปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกชนิดพืชที่ปลูกที่มีในโปรแกรม หน้าเว็บจะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผู้ปลูกตั้งค่าไว้แล้ว และรูปที่ 4.15 ผู้ปลูกสามารถตั้งค่าพารามิเตอร์ตามปัจจัยและความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมได้ตามต้องการ

4.2.2 ผลการทดสอบระบบ

4.2.2.1 ระบบสังเกตการณ์ (Monitoring system)

ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์อุณหภูมิและความชื้นที่วัดจากเซนเซอร์ได้อย่างเรียลไทม์ (Realtime) แสดงดังรูปที่ 4.16

REALTIME VALUE	Set	Farm A			Average	warning
		Sensor1	Sensor2	Sensor3		
Temperature(C)	25.00	21.25	0.00	0.00	21.25	
Humidity(%)	60.00	101.03	0.00	0.00	101.03	
Soil Temperature(C)	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Soil Moister(%)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	
Light Intensity(umol)	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Carbon dioxide	-					
Oxygen	-					

รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบระบบสังเกตการณ์

4.2.2.2 ระบบจ่ายปุ๋ยและน้ำ (Fertigation system)

ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถควบคุมการจ่ายปุ๋ยและน้ำให้เริ่มทำงานในเวลาที่ตั้งค่าไว้ได้ แสดงดังรูปที่ 4.17

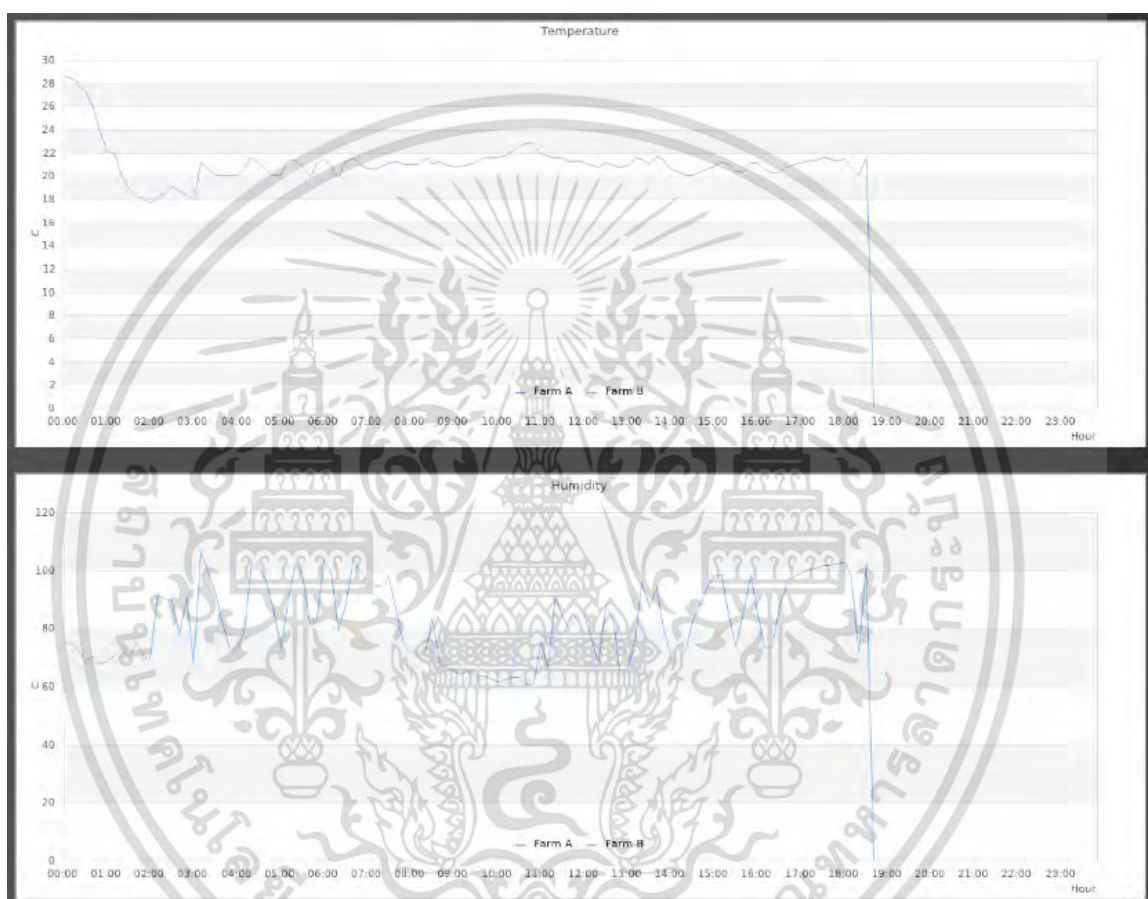
Fertigation1 on :	08:00 AM
Tank A1 :	30.00
Tank B1 :	30.00
Tank C1 :	30.00
Tank pH1 :	30.00
Water1 :	30.00
Set	

รูปที่ 4.17 ผลการทดสอบระบบจ่ายปุ๋ยและน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Temperature & Humidity control system)

ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ และแสดงผลเป็นกราฟค่าอุณหภูมิและความชื้นเทียบกับเวลา 1 วัน (บันทึกค่าทุก 10 นาที) แสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

4.3 บทวิเคราะห์ทางการเงิน

บทวิเคราะห์ทางการเงินจะช่วยเกษตรกรในการวิเคราะห์แผนการผลิต และวางแผนการขายสตอเบอร์รี่ในตลาด ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ การปลูกและขายสตอเบอร์รี่ 1 รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาว และการปลูกและขายสตอเบอร์รี่ 2 รอบการผลิตต่อปีในช่วงฤดูหนาว และช่วงนอกฤดูกาลต้นทุนรวมสำหรับการปลูกสตอเบอร์รี่ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ต้นทุนคงที่ทางด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพลังงานไฟฟ้า และต้นทุนแปรผันซึ่งประกอบด้วยต้นทุนทางด้านต้นทุนสำหรับเพาะปลูก รวมทั้งต้นทุนค่าบริหารจัดการระบบภายในโรงเรือน

ต้นทุนคงที่ด้านค่าพลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 4.2 ตารางโหลดประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรือนในฤดูร้อน ได้ดังนี้

Load	6.00 A.M. – 6.00 P.M.	6.00 P.M. – 6.00 A.M.
Air Conditioner (1 kW.)	12 Hours.	12 Hours.
Water Pump for Foggy (0.1 kW.)	1 Hours.	1 Hours.
Water pump for Fertigation (0.2 kW.)	1 Hours.	-
Water Pump for Watering (0.2 kW.)	1 Hours.	-
Lighting (0.5 kW.)	12 Hours.	-
PLC and Control Systems (0.5 kW.)	12 Hours.	12 Hours.

จากตารางโหลด พบว่าการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในฤดูร้อนต่อวัน เท่ากับ 42.6 kwhr. ดังนั้นในฤดูร้อนจะเสียค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท คิดเป็นเงินประมาณ $42.6 \times 4 \times 120 = 20,448$ บาท

ตารางที่ 4.3 ตารางโหลดประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรือนในฤดูหนาว ได้ดังนี้

Load	6.00 A.M. – 6.00 P.M.	6.00 P.M. – 6.00 A.M.
Air Conditioner (1 kW.)	6 Hours.	6 Hours.
Water Pump for Foggy (0.1 kW.)	1 Hours.	1 Hours.
Water pump for Fertigation (0.2 kW.)	1 Hours.	-
Water Pump for Watering (0.2 kW.)	1 Hours.	-
Lighting (0.5 kW.)	12 Hours.	-
PLC and Control Systems (0.5 kW.)	12 Hours.	12 Hours.

จากตารางโหลด พบว่าการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในฤดูหนาวต่อวัน เท่ากับ 30.6 kwhr. ดังนั้นในฤดูหนาวจะเสียค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท คิดเป็นเงินประมาณ $30.6 \times 4 \times 120 = 14,688$ บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนแปรผัน

ต้นทุนแปรผันซึ่งประกอบด้วยต้นทุนทางด้านต้นพันธุ์ส สำหรับเพาะปลูก

พันธุ์พระราชทาน 80 ราคาต้นกล้า ต้นละ 15 บาท

พันธุ์ US ราคาต้นกล้า ต้นละ 30 และ 45บาท

พันธุ์เกาหลี ราคาต้นกล้า ต้นละ 60 บาท

ต้นทุนค่าบริหารจัดการระบบภายในโรงเรือน

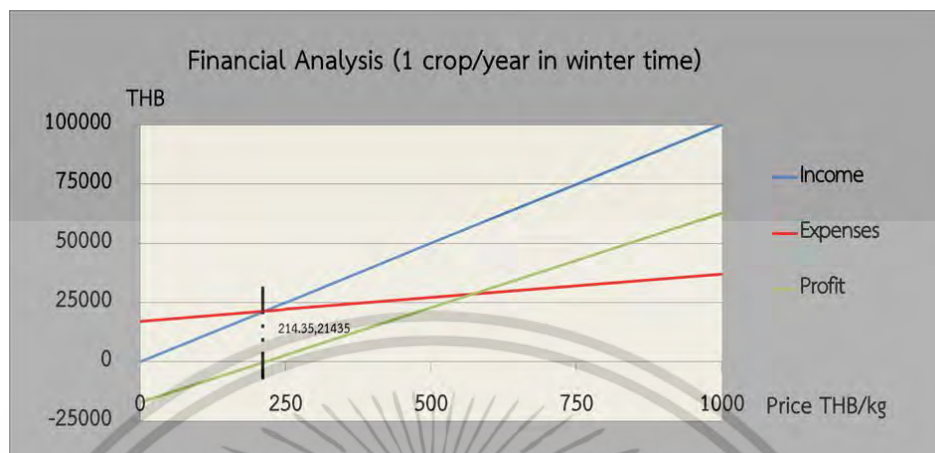
ต้นทุนค่าบริหารจัดการระบบภายในโรงเรือน จะคิดประมาณ 20% ของรายได้ทั้งหมด

ดังนั้นรายได้ รายจ่าย และกำไร จะแสดงทั้งหมดตามตารางนี้

ตารางที่ 4.4 ตารางรายได้ รายจ่ายและกำไร สำหรับ การปลูกและขายสตรอเบอร์รี่ 1รอบการผลิตต่อปี ในฤดูหนาว และ การปลูกและขายสตรอเบอร์รี่ 2รอบการผลิตต่อปีในช่วงฤดูหนาวและช่วงนอกฤดูการผลิต

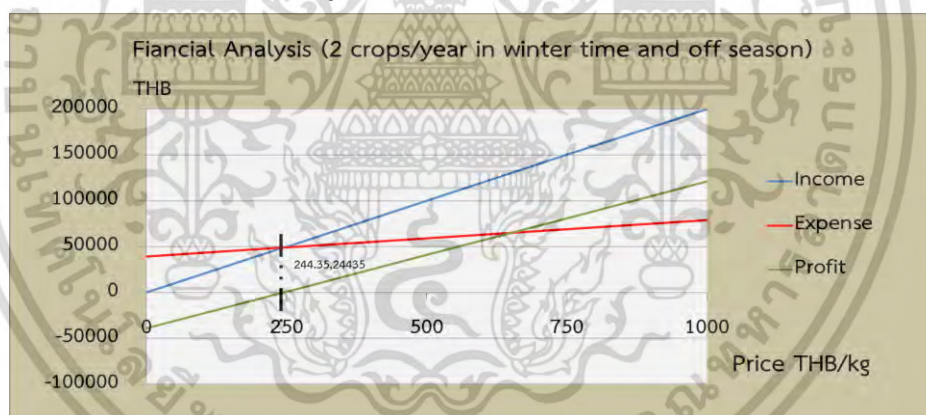
ราคาขาย/ kg (บาท/kg)	รายได้ต่อ 1รอบการผลิต (บาท)	รายได้ต่อ 2รอบการผลิต (บาท)	รายจ่าย ต่อ 1รอบการ ผลิต (บาท)	รายจ่ายต่อ 2รอบการ ผลิต (บาท)	กำไรต่อ 1รอบการผลิต (บาท)	กำไรต่อ 2รอบการผลิต (บาท)
0	0	0	17148	39096	-17148	-39096
214.35	21435	42870	21435	47670	0	-4800
244.35	24435	48870	22035	48870	2400	0
250	25000	50000	22148	49096	2852	904
500	50000	100000	27148	59096	22852	40904
750	75000	150000	32148	69096	42852	80904
1000	100000	200000	37148	79096	62852	120904

จากการคำนวณค่ารายรับ รายจ่าย และกำไร สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ดังกราฟนี้



รูปที่ 4.19 การวิเคราะห์ทางการเงินของการปลูกสตอเบอร์รี่รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาว

จากกราฟจะพบว่าเกษตรกรควรขายสตอเบอร์รี่ในช่วงที่ราคาขายมากกว่าราคา กิโลกรัม ละ 214 บาท ซึ่งกำไรจะสามารถขึ้นไปสูงสุดถึงประมาณ 62,000 บาท



รูปที่ 4.20 การวิเคราะห์ทางการเงินของการปลูกสตอเบอร์รี่ 2 รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาวและนอกฤดู

จากกราฟจะพบว่าเกษตรกรควรขายสตอเบอร์รี่ในช่วงที่ราคาขายมากกว่าราคา กิโลกรัม ละ 244 บาท ซึ่งกำไรจะสามารถขึ้นไปสูงสุดถึงประมาณ 120,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จุดประสงค์หลักของการจัดสร้างต้นแบบโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ คือ ศึกษาการออกแบบ และจัดการระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชแบบปิดโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller) จัดหาระบบสังเกตการณ์ และควบคุมด้วย SCADA เพื่อเป็นโรงเรือนต้นแบบในการปลูกสตรอเบอร์รี่ และพืชอื่นๆ นอกฤดูการ โดยสรุปผลแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ระบบควบคุม

โรงเรือนต้นแบบนี้ได้ทำการออกแบบมาเพื่อปลูกสตรอเบอร์รี่ โดยใช้ PLC mitsubishi fx5u เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่ ซึ่งแต่ละระบบมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบนี้ออกแบบโดยใช้เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน และใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ 3 จุด โดยความต้องการอุณหภูมิของสตรอเบอร์รี่อยู่ในช่วง 18-25 องศาเซลเซียส จากรูปที่ 4.18 แสดงผลการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิ พบว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วง 15-25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้

1.2 ระบบควบคุมความชื้น ระบบนี้ออกแบบโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นอุปกรณ์ควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน และใช้เซนเซอร์วัดความชื้นเป็นตัวตรวจจับความชื้น 3 จุด โดยความต้องการความชื้นของสตรอเบอร์รี่อยู่ในช่วง 60-80 % จากรูปที่ 4.18 แสดงผลการทดสอบระบบควบคุมความชื้น พบว่าสามารถควบคุมความชื้นได้ในช่วง 60-100% ซึ่งเป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้

1.3 ระบบควบคุมแสงสว่าง ระบบนี้ออกแบบโดยใช้หลอด LED Grow Light เป็นอุปกรณ์ควบคุมค่า Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) ซึ่งเป็นค่าที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ค่า Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) ที่เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ คือ ตั้งแต่ 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. ขึ้นไป จากขนาดของโรงเรือนซึ่งมีพื้นที่รับแสง 6 ตารางเมตร จึงเลือกใช้หลอด LED Grow Light ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ซึ่งให้ค่า Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) 670 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. ที่ความสูง 2 เมตร ซึ่งเป็นการออกแบบเพื่อติดตั้งจริงในอนาคต

1.4 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย-น้ำ อัตโนมัติระบบนี้ออกแบบโดยใช้ปั๊มน้ำ ท่วมร่วมกับ โซลินอยวาล์ว ซึ่ง PLC จะเป็นตัวสั่งการทำงานเมื่อถึงเวลาที่ต้องจ่ายปุ๋ยหรือน้ำ จากบทที่ 2 สตรอบเบอร์รี่ ต้องการปุ๋ย 2 ครั้งต่อวัน คือ เวลา 10.00 น. และ 14.00 น. ในปริมาณเฉลี่ยต้นละ 0.4 ลิตร/วัน จากรูปที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ พบว่าระบบจ่ายปุ๋ย และน้ำได้ตามเวลาที่กำหนด แต่ไม่ได้ปริมาณปุ๋ยที่เท่ากันในแต่ละรางเนื่องจากรางและท่อส่งจ่ายทั้ง 3 ถูกติดตั้งในระดับความสูงที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีแก้ปัญหา คือ เลือกใช้ปั๊มน้ำที่สามารถรักษาระดับแรงดันน้ำให้คงที่ในแต่ละจุดได้ และติดตั้งท่อส่งปุ๋ยให้ขึ้นไประดับเดียวกันเพื่อให้แรงดันที่ต้นทางเท่ากัน กล่าวคือ ระบบสามารถควบคุมการส่งจ่ายปุ๋ย-น้ำ ให้เป็นไปตามเวลาและปริมาณที่ได้ท าการตั้งค่าไว้

2. ระบบสังเกตการณ์

สำหรับระบบสังเกตการณ์ผู้จัดทำ ท้าท าการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web application) พร้อมกับการเก็บฐานข้อมูล (Data base) ซึ่งมีชื่อเรียกว่า “KMITL Smart Farming” โดยการใช้โปรแกรม Dreamweaver, Notepad และ Arduino ในการสร้าง ภายในเว็บแอปพลิเคชัน (Web application) หลักๆประกอบด้วย หน้าต่างแสดงค่าตามเวลาจริงของ อุณหภูมิ, ความชื้น, แสง และ ปริมาณการส่งจ่ายปุ๋ย รวมไปถึงหน้าต่างควบคุมในแต่ละระบบ ได้แก่ ระบบส่งจ่ายอาหารอัตโนมัติ, ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น, ระบบควบคุมแสง หน้าต่างแสดงผลกราฟของอุณหภูมิและความชื้น และ หน้าต่างสำหรับตั้งค่าชนิดรวมถึงตัวแปรที่เหมาะสมกับพื้นที่แต่ละชนิดที่เราจะทำการปลูก ซึ่งได้ออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งาน

3. จากการทดสอบระบบพบว่าสามารถติดตามค่าพารามิเตอร์ทางอุณหภูมิและความชื้น ภายในโรงเรือนได้ ซึ่งค่าที่วัดจากเซนเซอร์สามารถส่งไปปรากฏบนหน้าจอ SCADA (Website) และคำสั่งควบคุมจาก SACADA (Website) สามารถส่งไปยัง PLC เพื่อทำการประมวลผลและควบคุมแต่ละระบบ ภายในโรงเรือนได้ ดังรูปที่ 4.8 - 4.18

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบและติดตั้งโรงเรือน วัสดุที่ใช้ควรที่จะทำ ให้โรงเรือนเป็นระบบปิดและสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม
2. ระบบบริหารจัดการภายในโรงเรือน ควรที่จะมีการเลือกใช้เซ็นเซอร์ที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ มากยิ่งขึ้น และในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับขนาดของโรงเรือน และสภาวะแวดล้อมที่พืชต้องการ
3. ระบบสังเกตการณ์ ควรที่จะมีการแก้ไขเซิร์ฟเวอร์ให้ตอบสนองได้รวดเร็วกว่าเดิม, ใช้อินเทอร์เน็ตที่มีความเสถียรและรวดเร็ว, ปรับตัวแปรต่างๆ และหน้าจอที่แสดงให้มี ความเหมาะสมกับการใช้งาน, ใช้ NodeMCU ที่มีประสิทธิภาพในการท างานที่ดียิ่งขึ้น และควรมีทดสอบการใช้งานหน้าจอสื่อแสดงผลผ่านเซิร์ฟเวอร์



เอกสารอ้างอิง

- [1] พิสุทธิ์ ไพบูลย์รัตน์, “Potential of Smart Farm Application in Thailand,” ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักรงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, เอกสารวิชาการ, 2556, หน้า 2.
- [2] เขตอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ประเทศไทย (Software Park Thailand) ภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.), “Smart Farm Smart Farmer พร้อมขับเคลื่อนเสริมสร้างศักยภาพเกษตรกรไทยสู่ Thailand 4.0,” *Smart Industry*, ฉบับที่31, 2560, หน้า 3-4.
- [3] กรมส่งเสริมการเกษตร, “โรงเรือนเพาะปลูกพืช (GREENHOUSE),”
[ออนไลน์]: <http://www.k-center.doae.go.th/getKnowledge.jsp?id=2894>
- [4] มาริษา ฉิมพะวัน คชธร อ่างบุญพงษ์ และจตุพงศ์ ศีลธรรมพิทักษ์, “แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนสำหรับควบคุมโรงเรือน,” *ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต*, สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.
- [5] “การจัดการพลังงานในโรงเรือน,”
[ออนไลน์]: http://aookai.fireexit.co.th/MJUnew/pro_detail/7.pdf
- [6] ชูศักดิ์ สัจจงพงษ์, “ผลของการให้น้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นสตรอเบอร์รี่,” *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต*, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528.
- [7] ชินวรรณ พันธุ์ทรัพย์สาร, “ผลของวิธีการชักนวดตากของต้นไผ่และการให้น้ำที่มีต่อการเจริญและผลผลิตของสตรอเบอร์รี่,” *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต*, สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.
- [8] ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนะวงศ์, *สตรอเบอร์รี่พืชเศรษฐกิจใหม่*, กรุงเทพฯ, สนพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.
- [9] ชญาพรรณ พิทักษ์พิทยา, “การศึกษาวิธีการปลูกที่เหมาะสมต่อผลผลิตและคุณภาพของสตรอเบอร์รี่ที่ปลูกภายใต้โรงเรือนพลาสติกในพื้นที่อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย,” *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร*

มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.

- [10] คงฤช อินทแสน, “การปลูกสตรอเบอร์รี่,” **เอกสารวิชาการ**, หน้า 1-24.
- [11] Kota Hidaka and et al, “Investigation of Supplemental Lighting with Difference Light Source for High Yield of Strawberry,” **IFAC Proceedings Volumes**, Volume 46, Issue 4, 2013, pp. 115-119.
- [12] บริษัท ออมรอน อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด **การใช้งาน PLC ระดับ 1**, กรุงเทพฯ, 2550.
- [13] “GX Works3,”
[ออนไลน์]: <http://mitsubishifa.co.th/fanews/index.php/2016/02/02/gx-works3/>
- [14] “PLC Protocol: การสื่อสารแบบ Modbus Protocol,”
[ออนไลน์]: <https://riverplusblog.com/2011/08/18/>
- [15] “RS485,” OMEGA MEASURING INSTRUMENT
[ออนไลน์]: <https://www.omi.co.th/th/article/rs485>
- [16] Kittiwut Chinnabutr, “ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) และเซนเซอร์ (Sensors),”
[ออนไลน์]: <http://www.rmuti.ac.th/user/kittiwut/>
- [17] “ระบบพ่นหมอกสามารถลดความร้อน ความเย็นได้แค่ไหน?,” MistMotion
[ออนไลน์]: <http://www.mistmotion.com/mist/faq.html>
- [18] “เกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ,” KITCHA AIR AND SERVICE
[ออนไลน์]: <http://www.kitchair.com/index.php/knowledge>
- [19] “การคำนวณ BTU เครื่องปรับอากาศ,” บริษัท ดี แอร์ คอน จำกัด
[ออนไลน์]: <http://www.theaircond.com/btucalculation.htm>
- [20] “การควบคุมส าหรับระบบปรับอากาศ (Control System for Air-Conditioning System),”
สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ แห่งประเทศไทย
[ออนไลน์]: http://www.acat.or.th/download/acat_or_th
- [21] “การเปรียบเทียบระหว่าง P, PI และ PID Control,”
[ออนไลน์]: <https://www.isa.org/uploadedImages/Content/>
- [22] “การให้น้ำปุ๋ยในระบบน้ำ ำ (Fertigation),” Thai Water System

- [ออนไลน์]: <http://www.thaiwatersystem.com/article/31/>
- [23] “การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (ต่อ),” Thai Water System
[ออนไลน์]: <http://www.thaiwatersystem.com/article/>
- [24] “ระบบน้ำหยดในการเกษตร,” Thai Water System
[ออนไลน์]: <http://www.thaiwatersystem.com/article/59/>
- [25] “หลอดไฟ LED Grow Light คืออะไร?,” LEISURE LED
[ออนไลน์]: <http://www.leisureled.in.th/>
- [26] “อย่าซื้อไฟปลูกต้นไม้เด็ดขาด ถ้ายังไม่เข้าใจค่าต่างๆทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ PAR, PPF, PPFD และ DLI,” GROW Laboratory
[ออนไลน์]: <http://www.growlaboratory.com/th/blog/whatisppfd>
- [27] “ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์,” LEONICS
[ออนไลน์]: http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php
- [28] “Solar Cell,” Rebirth Group
[ออนไลน์]: <https://sites.google.com/site/rebirthgroupen/>
- [29] “เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์,” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน
[ออนไลน์]: http://stasolar.orgfree.com/SUNTECH/sun_tech.htm
- [30] “ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system),” Thaigoodview
[ออนไลน์]: <http://www.thaigoodview.com/node/51223>
- [31] “การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system),”
[ออนไลน์]: <https://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/images/>
- [32] ชุติภาส เกษประทุม และ คณะ “ศูนย์พลังงานทดแทน เพื่ออนาคต: การพิสูจน์และสร้างระบบบริหารจัดการพลังงานแสงอาทิตย์,” **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [33] “ความหมายของเว็บไซต์,”
[ออนไลน์]: <https://www.ninetechno.com/a/website.html>
- [34] “บราวเซอร์ คืออะไร?,”
[ออนไลน์]: <https://sites.google.com/site/kedwanida/assignments>

- [35] “Web Browser คืออะไร มีประโยชน์อย่างไร มีประวัติความเป็นมาอย่างไร”
[ออนไลน์]: <http://www.xn--12cg1cxchd0a2gzc1c5d5a.net/web-browser/>
- [36] “พื้นฐาน HTML,”
[ออนไลน์]: <https://www.mculture.go.th/>
- [37] “ข้อดีและข้อเสีย HTML”
[ออนไลน์]: <https://html50.wordpress.com>
- [38] “ข้อดีของภาษา PHP”
[ออนไลน์]: http://php-website-php.blogspot.com/2012/12/php_13.html
- [39] “JavaScript คืออะไร,”
[ออนไลน์]: <http://mindphp.com>.
- [40] “แนะนำ ภาษา Python,”
[ออนไลน์]: <http://marcuscode.com/lang/python/introduction>
- [41] “จุดเด่นของภาษาไพธอน,”
[ออนไลน์]: <https://phyblas.hinaboshi.com/tsuchinoko01>
- [42] “แนะนำ aDreamweaver,”
[ออนไลน์]: <https://www.hellomyweb.com/course/dreamweaver>
- [43] “Notepad,”
[ออนไลน์]: <https://notepad-plus-plus.org/>
- [44] “Database (ฐานข้อมูล),”
[ออนไลน์]: <http://www.dstd.mi.th/board/index.php?topic=370.0>
- [45] “MySQL มีความส ักญอย่างไรกับเซิร์ฟเวอร์,”
[ออนไลน์]: <http://th.easyhostdomain.com/dedicated-servers/mysql.html>
- [46] “Arduino คืออะไร ?,”
[ออนไลน์]: <https://poundxi.com/arduino>
- [47] “NodeMCU,”
[ออนไลน์]: <http://www.homeofmaker.com/wp-content/uploads/2015/06/wpid-wp-1428962659058.png>

- [48] “ESP8266_Datasheet,”
[ออนไลน์]: https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266_Datasheet_EN_v4.3.pdf
- [49] “การปลูกสตอเบอร์รี่ ,”
[ออนไลน์] : <http://pantawan093.blogspot.com>
- [50] โอบารุ ตันทวิรุฬห์, “การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิและแสงเพื่อให้เกิดตาดอกในต้นพันธุ์สตอเบอร์รี่,” ส ำนักงำนโครงการจัดตั้งสถำบันค้ำคว้าและพัฒนำระบบเกษตรในเขตวิภฤต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บทความวิชาการ, 2541, หน้า 1-9.
- [51] ดนัย หลำสุตตำ และ วิริติ อัครำนุวัตร, “การสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด จ ำลองแบบไร้สาย,” วารสารวิชาการ, ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, 2551, หน้า 1-14.
- [52] ธนำกร น้ ำชมจันท์ และ อติกร เสรีพัฒนำนนท์, “ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำควำมเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ ำ ร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ ำ แบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้,” เอกสารประชุมวิชาการระดับชาติด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรม ครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551, หน้า 54-61.
- [53] ญัษฐิภำ นิยมญำติ มินตรำ มีสวำงษ์ “ระบบจัดการโรงเรือนปลูกพืชด้วยแอนดรอยด์ผ่านเซิร์ฟเวอร์ฝังตัว” ปรินญำนินพนธ์ สำขำวิชำวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature and humidity sensor Transmitter RS485 Transmitter



Specifications

DC power supply (default)	10VDC-30VDC	
Maximum power consumption	RS485 output	0.4W
Accuracy	Temperature	+3%RH(5%RH-95%RH,25C)
	humidity	+0.5C (25c)
Transmitter circuit operating temperature	-20C-60c 0RH%-80RH%	
Probe Operating temperature	-40~120C (-40-80c Default)	
Probe Operating humidity	0%RH-100%RH	
Long-term stability	humidity	<=1%RH/Y
	Temperature	<=0.1c/y
Response time	Humidity	<=6S(1M/S wind speed)
	Temperature	<=18S (1M/S wind speed)
Output	RS485	RS485 Modbus
Device address	1-255 avalibale , 1 default	
Device Baud rate	2400 4800 9600 (4800 default)	
Byte format	8 bit data bits 1 stop bit No check	
Remark	Note: The maximum current of the product with display increases by 5A	

Wire color	Description	Wire color	Description
Brown	Power+ 10-30vdc	Blue	485-B
Black	Power-Singal -	Green	Relay main contact
Yellow	485-A	White	Relay NO contact

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog pH Meter Pro



Specifications

Module Power	5.00 V.
Output	Analog 0-3 VDC
Module Size	43 mm. x 32 mm. (0"x1.26")
Measuring Range	0-14 PH
Measuring Temperature	0-60 c°
Accuracy	± 0.1pH (25 c°)
Response Time	≤ 1min
Industry pH Electrode with BNC Connector	
PH2.0 Interface (3 foot patch)	
Gain Adjustment Potentiometer	
Power Indicator LED	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature and Humidity Testers Soil Moisture Sensor Meter RS485



Specification

Output Signal	Voltage Output 0-2V (The output impedance of approximately 0 Euro)	Current output 4-20mA Load Resistance <500ohm)	RS485 Interface Modbus Protocol
Supply voltage	3.6-30V/DC DC	12-30V/DC DC	3.6-30V/DC DC
Static power	6mA@24V DC DC	50mA@24V DC DC (Two current output channels are 20mA)	6mA@24V DCDC
Soil moisture range	Range: 0-50% 0-100% Resolution: 0-50% (0.03%), 50-100% (1%) Accuracy: 0-50% (2%), 50-100% (3%)		
Electric conductivity Range	Range: 0-5000us/cm, 10000us/cm, 20000us/cm Resolution: 0-10000us/cm (10us/cm), 100000-200000us/cm (50us/cm) Accuracy: 0-10000us/cm ($\pm 3\%$); 10000-20000us/cm ($\pm 5\%$)		
Conductivity Temperature Compensation	Built-in temperature compensation sensor, Compensation range 0-50°C		
Temperature measurement range	Range: -40~80°C, Resolution: 0.1°C, accuracy: $\pm 0.5^\circ\text{C}$		
The measuring principle	FDR method of soil moisture, soil conductivity AC bridge method, Insert situ soil or immersed in broth, or integrative water and fertilizer nutrient solution to test directly.		
Protection class	IP68 Immersion in water can be used for a long		
Operating Environment	-40~85°C		
Probe material	Special electrode corrosion		
Sealing material	Black flame retardant epoxy resin		
Mounting	All buried or probes inserted all measured media		
The default cable length	2M, can be customizable		
Connection	Preloaded cold terminal		
Size	45*15*145mm		
Electrode length	70mm		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water Level Transmitter Level Transducer Sensor



Specification

Measurement Range	0-5 mH ₂ O/50kPa
Cable Length	We will offer 6 meters in order to make sure the enough length
Measurement Medium	Water
Power Supply	24 VDC
Output Signal	RS485
Accuracy	±0.5%
Overload Capacity	Two times full-scale pressure
Using Temperature	-20°C-120°C
Compensation Temperature Range	-10°C-80°C
ZTC: (typical)	±0.02%FS/°C
STC: (typical)	±0.02%FS/°C
Long-term Stability: (typical)	±0.1%FS/year
Waterproof Class	IP68
Load Resistance	less than (U-10)/0.02Ω
Shell Material	316L stainless steel
Explosion-proof Type	Exia II CT6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water Flow Sensor



Specification

Mini. Working Voltage	DC 4.5V
Max. Working Current	15mA(DC 5V)
Working Voltage	5V ~ 24V
Flow Rate Range	1 ~ 30L/min
Load Capacity	≤10mA(DC 5V)
Operating Temperature	≤80°C
Liquid Temperature	≤120°C
Operating Humidity	35% ~ 90%RH
Water Pressure	≤2.0MPa
Storage Temperature	-25°C ~ +80°C
Storage Humidity	25% ~ 95%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wind Speed Sensor



Specification

Style	three cups
Material	aluminium alloy
The mode of its output signal	0-5 V(Voltage signal)/ 4 ~ 20 mA
supply voltage	DC 9-24 V
Power consumption	Voltage MAX≤0.3 W
Start wind speed	0.4-0.8 m/s
Resolution	0.1 m/s
Effective wind speed measurement range	0-30 m/s
System error	±3%
Transmission distance	More than 1000m
Transmission medium	Cable transmission
Connection mode	Three wire system
Working temperature	-40 °C ~ 80 °C
Working humidity	35% ~ 85%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Light intensity sensor/RS485 Modbus Protocol



Specification

DC power supply	10-30 VDC
Maximum power consumption	0.4 W
Accuracy	Humidity: $\pm 3\%$ RH (5% RH ~ 95% RH, 25C)
	Temperature: $\pm 0.5\text{C}$, (25C)
	Light intensity: $\pm 7\%$ (25C)
Light intensity range	0-65535 lux
Working temperature	-20 ~ 60C, 0% RH ~ 80% RH
Long-term stability	Temperature: $\leq 0.1\text{C} / \text{y}$
	Humidity: $\leq 1\% / \text{y}$
	Light intensity: $\leq 5\% / \text{y}$
Response time	Temperature: $\leq 18\text{s}$ (1m/s wind speed)
	Humidity: $\leq 6\text{s}$ (1m/s wind speed)
	Light intensity: 0.1s
Output signal	RS485 output (Modbus protocol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Humidity & Temperature sensor



Specification

RH Range	0 % to 100 %
Accuracy RH	+/- 3 %
Input Voltage	Analog 0.5 - 4.5 V @ supply 5V
Temperature Range	-40 C – 125 C
Accuracy Temperature	+/- 0.3 C
Supply	2.7 V- 5.5 V
Humidity equation	$V_{out} (mV) = \%RH/100 * Supply (mV)$
Temperature equation	$V_{out} (mV) = ((T[°C] / 165) + 0.2424) * supply (mV)$
Red	supply 5V
Black	GND
Yellow	Humidity sensor
White	Temperature sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programmable Logic Control (PLC)

PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES



Specification

Supply	100-240 VAC, 50/60 Hz
Input / Output Points	64 points (32 Input points / 32 Output points)
Input type	Sink/Source
Input signal voltage	24 VDC +20% -15%
Input signal current	4-5.3 mA/24 VDC
Output type	Relay
External power supply	30 VDC or less / 240 VAC or less
Max. load	2 A/point
Min load	5 VDC, 2mA
Analog input points	2 points (2 channels)
Analog input	0-10 VDC
Analog output points	1 points (1 channels)
Analog output	0-10 VDC
Built-in	Ethernet communication, RS-485 communication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FX5-232ADP



Specification

FX5U CPU module	Ver. 1.000 or later (from first production)	
FX5UC CPU module	Ver. 1.010 or later (from first production)	
Dielectric withstand voltage	500 V AC for one minute	Between 9-pin D-Sub connector and ground terminal of CPU module
Insulation resistance	10 M Ω or higher by 500 V DC insulation resistance tester	
Rated voltage*1	5 VDC	
	24 VDC	
Current consumption*1	30 mA / 5 V DC	
	30 mA / 24 V DC	
Transmission standard	Conforming to RS-232C	
Maximum transmission distance	15 m	
Connection method	9-pin D-sub, male	
Insulation	Photo-coupler isolation (Between communication line and CPU module)	
Communication method*1	Half-duplex/Full-duplex	
Baud rate*1	300/600/1200/2400/4800/9600/19200/38400	
	57600/115200 (bps)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FX5-485ADP



Specification

FX5U CPU module	Ver. 1.000 or later (from first production)	
FX5UC CPU module	Ver. 1.010 or later (from first production)	
Dielectric withstand voltage	500 V AC for one minute	Between 9-pin D-Sub connector and ground terminal of CPU module
Insulation resistance	10 M Ω or higher by 500 V DC insulation resistance tester	
Rated voltage*1	5 VDC	
	24 VDC	
Current consumption*1	30 mA / 5 V DC	
	30 mA / 24 V DC	
Transmission standard	Conforming to RS-485/RS-422	
Maximum transmission distance*1	1200 m	
Connection method	European terminal block	
Insulation	Photo-coupler isolation (Between communication line and CPU module)	
Communication method*1	Half-duplex/Full-duplex	
Baud rate*1	300/600/1200/2400/4800/9600/19200/38400	
	57600/115200 (bps)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESP8266-12E ai-thinker

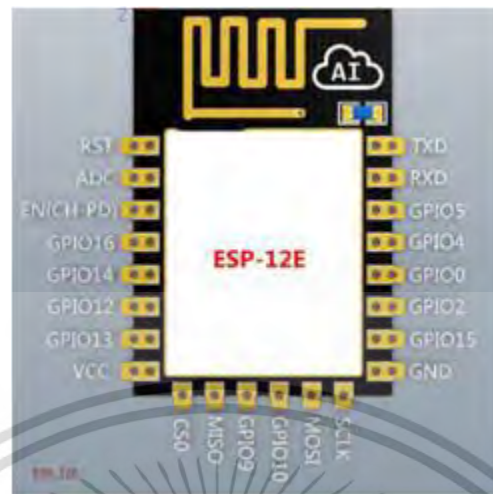


Parameters

Categories	Items	Values
WiFi Parameters	WiFi Protodes	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4GHz-2.5GHz (2400M-2483.5M)
Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/HSPI/I2C/I2S/Ir Remote Contorl GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0~3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40~125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	16mm*24mm*3mm
	External Interface	N/A
	Software Parameters	Wi-Fi mode
Security		WPA/WPA2
Encryption		WEP/TKIP/AES
Firmware Upgrade		UART Download / OTA (via network) / download and write firmware via host
Ssoftware Development		Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
Network Protocols		IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
User Configuration		AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESP-12E Pin design



Pin Descriptions

NO.	Pin Name	Function
1	RST	Reset the module
2	ADC	A/D Conversion result. Input voltage range 0-1v, scope: 0-1024
3	EN	Chip enable pin. Active high
4	IO16	GPIO16; can be used to wake up the chipset from deep sleep mode.
5	IO14	GPIO14; HSPI_CLK
6	IO12	GPIO12; HSPI_MISO
7	IO13	GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
8	VCC	3.3V power supply (VDD)
9	CS0	Chip selection
10	MISO	Salve output Main input
11	IO9	GPIO9
12	IO10	GPIO10
13	MOSI	Main output slave input
14	SCLK	Clock
15	GND	GND
16	IO15	GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0_RTS
17	IO2	GPIO2; UART1_TXD
18	IO0	GPIO0
19	IO4	GPIO4
20	IO5	GPIO5
21	RXD	UART0_RXD; GPIO3
22	TXD	UART0_TXD; GPIO1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KJL ตู้ไฟสวิตช์บอร์ดไซส์มาตรฐานแบบกันน้ำมีหลังคา ฝา 2 ชั้น (ฝานอกกระจก):
รุ่น KBSG



Specification

กว้าง : 600 mm.

ยาว : 760 mm.

ลึก : 250 mm.

หนา : 1.0 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด

Smart Farm Technology for Strawberry Planting in Greenhouse

นายยงยุทธ แสงฉวี นายวัชรพงษ์ แสนมา นายสถาพร อินพรหม นางสาวสุนิสา สารสุวรรณ
 นายอมรเทพ ป่าเกลือ นายอมรเทพ สุขสันต์ นายอิทธิพัทธ์ แก้วอุตร
 อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.ชาย ชมพูอินโหว อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: ผศ.ดร.เชาว์ ชมพูอินโหว
 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง แขวงล ปลาทิว กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย โทรศัพท์ +66(0)2329 8000-2329

809

บทคัดย่อ

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต เป็น การ ศึกษา และ ออกแบบสร้างฟาร์มอัจฉริยะต้นแบบสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด เพื่อให้เป็นเทคโนโลยีโรงเรือนปิดต้นแบบสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่หรือพืชอื่น ๆ ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น เชอร์รี่ แคนตาลูป โดยสามารถปลูกพืชได้ทุก ๆ ภูมิภาค และ สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนได้อย่างอัตโนมัติ ทำให้สามารถปลูกพืชนอกฤดูกาลได้ โดยมีการนำเทคโนโลยี Smart Farm มาประยุกต์ใช้ภายในโรงเรือนปิดให้มีการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น แสง และระบบส่งจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ โดยมีการติดตั้งระบบทาอุณหภูมิ ความชื้น และระบบส่งจ่ายปุ๋ย จากนั้น มีการออกแบบ และจัดท ระบบสั่งเกตการณ์ด้วย SCADA และระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน (Monitoring and Control) โดยใช้เทคโนโลยีประมวลผล และควบคุมจาก PLC (Programmable logic controller) ซึ่งทำให้เกษตรกรสามารถติดตามพารามิเตอร์ของ สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ภายในโรงเรือนและควบคุมการทำงานของระบบควบคุมภายในโรงเรือนได้ จากทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ สำหรับพื้นที่ที่ระบบไฟฟ้าเข้าไม่ถึงก็ได้มีการออกแบบระบบต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เพียงพอับความต้องการใช้งานของต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับ ปลูกสตรอเบอร์รี่หรือพืชมูลค่าสูงอื่น ๆ ที่สนใจ

ผลการออกแบบและทดสอบการใช้ระบบสั่งเกตการณ์ และควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนพบว่าสามารถใช้งานในการติดตามค่าพารามิเตอร์ทางอุณหภูมิ และความชื้นได้ อีกทั้งยังสามารถตั้งค่าให้ระบบพ่นหมอก และส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ ท านได้ตามที่ก หนดอีกด้วย

Abstract

This thesis is a study and design of smart farm for Strawberry planting in greenhouse. We aimed to build and propose our own technology for delivery the prototype greenhouse technology for strawberry or other high economic value planting such as cherry, mushroom, and cantaloupe etc. The newly proposed prototype technology in greenhouse will help farmers to grow plant in all regions and can grow out off season with automatic environment control inside the greenhouse.

Smart farm technology has been applied and implemented in this greenhouse. We design the temperature control, humidity control and food feeding automatic control systems. Then, the temperature, humidity and food feeding systems are installed in greenhouse. After that, design observation system with SCADA and environmental control system (Monitoring and Control) in the greenhouse by using PLC (Programmable logic controller) technology, which allows farmers to observe environment parameters in greenhouse and control the operation of the control system via the internet. In addition, for areas where electrical systems are inaccessible, solar power systems are designed to be sufficient power for demand of load in smart farm prototype for strawberry or other high economic value planting.

The result of designing and testing the monitoring and control system was found that one can observe the temperature and humidity value in greenhouse and control the operation of the control system through the Internet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการเกษตรนั้นมีความก้าวหน้าไปอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยี ที่ได้รับความนิยมและเป็นที่น่าสนใจอย่างเทคโนโลยี “สมาร์ทฟาร์ม(Smart Farm)” ได้ถูกนำมาใช้ในการเกษตรเพื่อพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพทางการเกษตรในหลายๆด้าน ซึ่งถ้าหากนำหลักการของสมาร์ทฟาร์มมาประยุกต์ใช้ในการปลูกสตรอเบอร์รี่จะทำให้เราสามารถตรวจวัดสภาวะแวดล้อมขณะปลูกและสามารถใช้ข้อมูลนั้นเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ได้อีกด้วย และเพื่อจะควบคุมสภาวะแวดล้อมให้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพจะต้อง ท ากการปลูก

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm) [1]

Smart Farm หรือ Smart Agriculture คือ การใช้ระบบการจัดการใหม่สำหรับการเกษตรเชิงธุรกิจด้วยการผสมผสานศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์การเกษตรกับศาสตร์ทางวิศวกรรมเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วย การให้บริการความรู้และเพิ่มประสิทธิภาพเกษตรกร

2.2 ทฤษฎีสตรอเบอร์รี่ [2]

สตรอเบอร์รี่เป็นไม้ผลทรงพุ่มขนาดเล็กมีลักษณะการเจริญโดยการแตกกอ มีดอกสีขาวและผลขนาดเล็กสีแดง ผิวเป็นมัน มีเมล็ดติดอยู่ที่ผิวด้านนอกของผิว เมื่อผลสุกจะมีกลิ่นหอม ลักษณะการเจริญเติบโตจะแตกกอเป็นพุ่มเตี้ย สูงจากพื้นดิน 6-8 นิ้ว ทรงพุ่มกว้าง 8-12 นิ้ว

2.3 ทฤษฎี PLC [3]

PLC มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Programmable Controller (PC) หรือ Sequence Control (SC) ซึ่งมีค นิยามเกี่ยวกับอุปกรณ์นี้ว่า PLC คือ สิ่งที่เราได้ควบคุมอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆโดยผ่านสิ่งที่เรียกว่า Input-Output ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในประกอบไปด้วยหน่วยความจำเพื่อจดจำคำสั่งที่สามารถสั่งงานได้ด้วยโปรแกรม

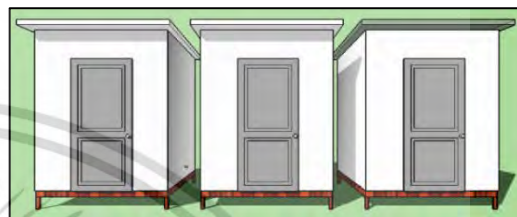
2.4 ทฤษฎีระบบ SCADA [4]

SCADA ย่อมาจาก Supervisory Control and Data Acquisition คือ ระบบการส่งข้อมูลในระยะไกล เพื่อใช้ในการตรวจสอบ เก็บข้อมูล และควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆ ที่มี

หน่วยควบคุมอยู่ห่างไกลกับกระบวนการผลิต โดยจะมี การสื่อสารข้อมูลแบบดิจิทัลผ่านทางระบบเครือข่ายคมนาคม องค์ประกอบหลักของสกาดา ได้แก่ หน่วยติดต่อ และปฏิบัติการของผู้ใช้ระดับบนหน่วยควบคุมระยะไกลหน่วยติดต่อระยะไกล และกระบวนการผลิต

3.การออกแบบ

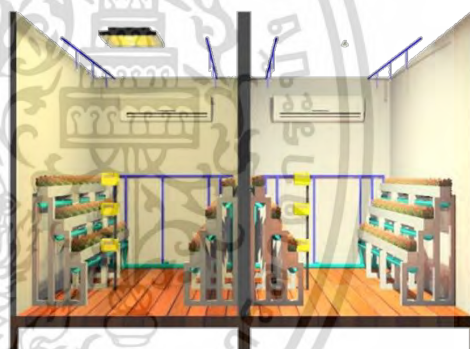
3.1 การออกแบบโรงเรือน



Control room LED Greenhouse Sunlight Greenhouse

รูปที่ 1 โครงสร้างภายนอกโรงเรือนและห้องระบบควบคุม

(ขนาดแต่ละห้องขนาด 2 * 3 *2.5 เมตร)



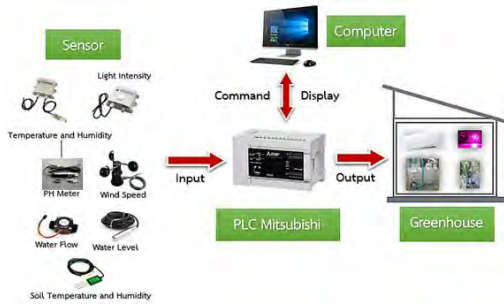
รูปที่ 2 โครงสร้างภายในโรงเรือน

3.2 การออกแบบระบบบริหารจัดการภายในโรงเรือน

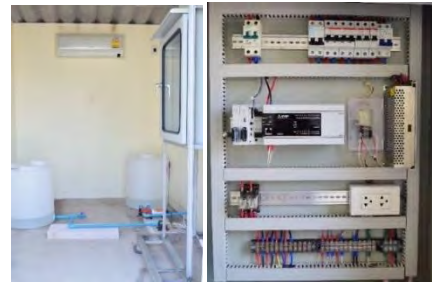
ระบบบริหารจัดการภายในโรงเรือน จะแบ่งออกเป็นระบบที่เป็นการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมต่างๆ และระบบประมวลผล ควบคุม โดยการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมแต่ละค่าจะมีอุปกรณ์และการท างานที่แตกต่างกันออกไป โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกประมวลผลและควบคุมโดย PLC ซึ่งมีระบบบริหารจัดการดังนี้

- ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control)
- ระบบท ความชื้น (Humidity control)
- ระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำ (Fertigation control)
- ระบบควบคุมแสงสว่าง (Lighting control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

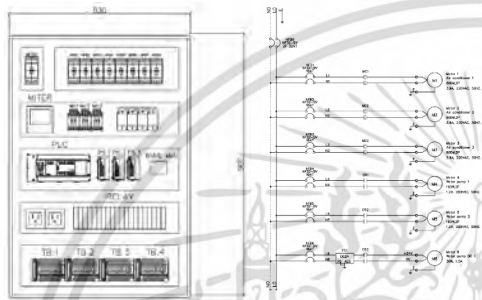


รูปที่ 3 การท างานของระบบบริหารจัดการโรงเรือน



รูปที่ 7 โครงสร้างภายในห้องควบคุม

3.3 การออกแบบตู้ควบคุม (Control panel design)

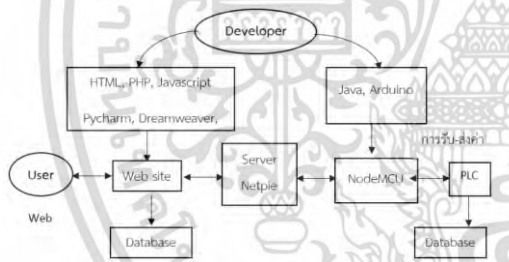


รูปที่ 4 Control panel design



รูปที่ 8 โครงสร้างภายในโรงเรือน

3.4 การออกแบบระบบ SCADA



รูปที่ 5 แผนภาพโครงสร้างการท างานของระบบ SCADA

4.1.2 ผลการทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรือน

4.1.2.1 ระบบส่งจ่ายอาหารและน้ำ (Fertigation control)

หลังการทดสอบระบบพบว่าระบบจ่ายปุ๋ย และน้ำได้ตามระยะเวลาที่กำหนด แต่ไม่ได้ปริมาณปุ๋ยเท่ากันทุกจุด ปริมาณปุ๋ยแต่ละจุดจากท่อส่งเส้นเดียวกันได้ไม่เท่ากัน กล่าวคือจุดที่อยู่ต้นทางจะไหลแรงกว่าจุดที่อยู่ปลายทาง สาเหตุอาจเกิดจากใช้ปั๊มน้ำที่ไม่สามารถรักษาระดับแรงดันน้ำได้ และพบว่าปริมาณปุ๋ยจากท่อส่งแต่ละท่อไม่เท่ากัน กล่าวคือท่อที่อยู่ต่ำ ภาวไหลแรงกว่าท่อที่อยู่สูงกว่า สาเหตุอาจเกิดจากระดับของท่อส่งปุ๋ยสูงไม่เท่ากัน วิธีแก้ปัญหาของทั้งสองกรณีสามารถทำได้โดยใช้ปั๊มน้ำที่สามารถรักษาระดับแรงดันน้ำได้ และติดตั้งท่อส่งปุ๋ยให้ขึ้นไประดับเดียวกันก่อน เพื่อให้แรงดันแต่ละท่อเท่ากัน แล้วจึงปล่อยปุ๋ยไปยังท่อแต่ละเส้น

4.1.2.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Temperature & Humidity control)

หลังการทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ในช่วง 20-26 °C ได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 60-80 % ได้ สาเหตุอาจเกิดจาก 2

4. ผลการจัดสร้างและทดสอบระบบ

4.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบระบบบริหารจัดการ

4.1.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์



รูปที่ 6 โครงสร้างภายนอกของโรงเรือน (Front view)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประการต่อไปนี้ได้แก่ ประการที่หนึ่งหัวพ่นหมอกปล่อยละอองน้ำออกมาปริมาณมากเกินไปทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสูงถึง 90 % วิธีแก้ปัญหา คือ เปลี่ยนหัวพ่นหมอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กลงจากขนาดเดิม คือ 0.6 มิลลิเมตร หรือลดจำนวนหัวพ่นลงจากเดิมที่มีการติดตั้งอยู่ 6 หัว และเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสูงเกินค่าที่กำหนดแล้วต้องใช้เวลาพอสมควรในการที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง ซึ่งสามารถติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อช่วยในการลดความชื้นภายในโรงเรือน และประการที่สองเซนเซอร์อาจทำงานไม่แม่นยำเมื่อเทียบกับมาตรฐาน วิธีแก้ปัญหา คือ ปรับเทียบเซนเซอร์กับเซนเซอร์มาตรฐานก่อนติดตั้ง

4.2 ผลการทดสอบระบบสังเกตการณ์และควบคุม SCADA



รูปที่ 9 หน้าเว็บหลักของระบบ

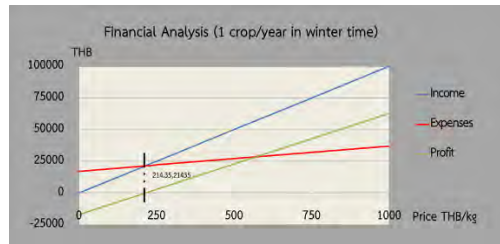


รูปที่ 10 กราฟแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นเทียบกับเวลาในหนึ่งวัน

4.3 บทวิเคราะห์ทางการเงิน

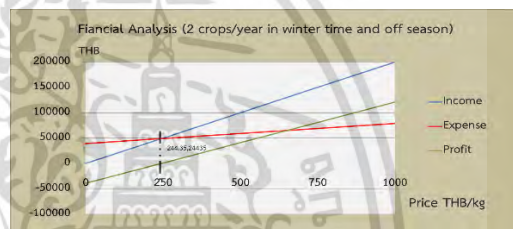
บทวิเคราะห์ทางการเงินจะช่วยเกษตรกรในการวิเคราะห์แผนการผลิต และวางแผน การขายสตอร์เบอร์รี่ในตลาด ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ การปลูกและขายสตอร์เบอร์รี่ 1 รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาว และการปลูกและขายสตอร์เบอร์รี่ 2 รอบการผลิตต่อปีในช่วงฤดูหนาว และช่วงนอกฤดูกาลต้นทุนรวมสำหรับการปลูกสตอร์เบอร์รี่ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ต้นทุน

คงที่ทางด้าน ค่าพลังงานไฟฟ้า และต้นทุนแปรผันซึ่งประกอบด้วยต้นทุนทางด้านต้นทุนสำหรับเพาะปลูก รวมทั้งต้นทุนการบริหารจัดการระบบภายในโรงเรือน



รูปที่ 11 การวิเคราะห์ทางการเงินของการปลูกสตอร์เบอร์รี่ 1 รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาว

จากกราฟจะพบว่าเกษตรกรควรขายสตอร์เบอร์รี่ในช่วงที่ราคาขายมากกว่าราคากิโลกรัมละ 214 บาท ซึ่งกำไรจะสามารถขึ้นไปสูงสุดถึงประมาณ 62,000 บาท



รูปที่ 12 การวิเคราะห์ทางการเงินของการปลูกสตอร์เบอร์รี่ 2 รอบการผลิตต่อปีในฤดูหนาวและนอกฤดูกาล

จากกราฟจะพบว่าเกษตรกรควรขายสตอร์เบอร์รี่ในช่วงที่ราคาขายมากกว่าราคากิโลกรัมละ 244 บาท ซึ่งกำไรจะสามารถขึ้นไปสูงสุดถึงประมาณ 120,000 บาท

5. สรุป

จุดประสงค์หลักของการจัดสร้างต้นแบบโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับปลูกสตอร์เบอร์รี่ คือ ศึกษาการออกแบบ และจัดการระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชแบบปิดโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller) จัดการระบบสังเกตการณ์ และควบคุมด้วย SCADA เพื่อเป็นโรงเรือนต้นแบบในการปลูกสตอร์เบอร์รี่ และพืชอื่นๆ นอกฤดูกาล โดยสรุปผลแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.1 ระบบควบคุม

โรงเรือนต้นแบบนี้ได้ทำการออกแบบมาเพื่อปลูกสตอร์เบอร์รี่ โดยใช้ PLC mitsubishi fx5u เป็นอุปกรณ์หลักในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่ ซึ่งแต่ละระบบมีรายละเอียด ดังนี้

5.1.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

ระบบนี้ออกแบบโดยใช้เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน และใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ 3 จุด โดยความต้องการอุณหภูมิของสตรอเบอร์รี่อยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิ พบว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วง 18-25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้

5.1.2 ระบบควบคุมความชื้น

ระบบนี้ออกแบบโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นอุปกรณ์ควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน และใช้เซนเซอร์วัดความชื้นเป็นตัวตรวจจับความชื้น 3 จุด โดยความต้องการความชื้นของสตรอเบอร์รี่อยู่ในช่วง 60-80 % ผลการทดสอบระบบควบคุมความชื้น พบว่าสามารถควบคุมความชื้นได้ในช่วง 60-100% ซึ่งเป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้

5.1.3 ระบบควบคุมแสงสว่าง

ระบบนี้ออกแบบโดยใช้หลอดLED Grow Light เป็นอุปกรณ์ควบคุมค่าPhotosynthetic Photon Flux Density (PPFD) ซึ่งเป็นค่าที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ค่า Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) ที่เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ คือ ตั้งแต่ 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. ขึ้นไป จากขนาดของโรงเรือนซึ่งมีพื้นที่รับแสง 6 ตารางเมตร จึงเลือกใช้หลอด LED Grow Light ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ซึ่งให้ค่า 1 Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) 670 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. ที่ความสูง 2 เมตร ซึ่งเป็นกรออกแบบเพื่อติดตั้งจริงในอนาคต

5.1.4 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย-น้ำ อัตโนมัติ

ระบบนี้ออกแบบโดยใช้ปั๊มน้ำทำงานร่วมกับโซลินอยวาล์ว ซึ่ง PLC จะเป็นตัวสั่งการทำงานเมื่อถึงเวลาที่ต้องจ่ายปุ๋ยหรือน้ำ จากบทที่ 2 สตรอเบอร์รี่ต้องการปุ๋ย 2 ครั้งต่อวัน คือ เวลา 10.00 และ 14.00 น. ในปริมาณเฉลี่ยต้นละ 0.4 ลิตร/วัน จากรูปที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ พบว่าระบบจ่ายปุ๋ย และน้ำได้ตามเวลาที่กำหนด แต่ไม่ได้ปริมาณปุ๋ยที่เท่ากันในแต่ละรางเนื่องจากรางและท่อส่งจ่ายทั้ง 3 ถูกติดตั้งในระดับความสูงที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีแก้ปัญหา คือ เลือกใช้ปั๊มน้ำที่สามารถรักษาระดับแรงดันใน ท่อทั้งที่ในแต่ละจุดได้ และติดตั้งท่อส่งปุ๋ยให้ขึ้นไประดับเดียวกันเพื่อให้แรงดันที่ต้นทางเท่ากัน

กล่าวคือ ระบบสามารถควบคุมการส่งจ่ายปุ๋ย-น้ำให้เป็นไปตามเวลาและปริมาณที่ได้ท การตั้งค่าไว้

5.2 ระบบสังเกตการณ์

สำหรับระบบสังเกตการณ์ผู้จัดทำทำการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web application) พร้อมกับการเก็บฐานข้อมูล (Data base) ซึ่งมีชื่อเรียกว่า “KMITL Smart Farming” โดยการใช้โปรแกรม Dreamweaver, Notepad และ Arduino ในการสร้าง ภายในเว็บแอปพลิเคชัน (Web application) หลักๆ ประกอบด้วย หน้าต่างแสดงค่าตามเวลาจริงของ อุณหภูมิ, ความชื้น, แสง และปริมาณการส่งจ่ายปุ๋ย รวมไปถึงหน้าต่างควบคุมในแต่ละระบบ ได้แก่ ระบบส่งจ่ายอาหารอัตโนมัติ, ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น, ระบบควบคุมแสง หน้าต่างแสดงผลกราฟของอุณหภูมิและความชื้น และหน้าต่างสำหรับตั้งค่าชนิดรวมถึงตัวแปรที่เหมาะสมกับพื้นที่แต่ละชนิดที่เราจะท การปลูก ซึ่งได้ออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งาน

5.3 การทดสอบการทำงานของระบบ

จากการทดสอบระบบพบว่าสามารถติดตามค่าพารามิเตอร์ทางอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้ ซึ่งค่าที่วัดจากเซนเซอร์สามารถส่งไปปรากฏบนหน้าจอ SCADA (Website) และคำสั่งควบคุมจาก SACADA (Website) สามารถส่งไปยัง PLC เพื่อทำการประมวลผลและควบคุมแต่ละระบบภายในโรงเรือนได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ส ธิจริบรรลุตามเป้าหมายไปด้วยดีและมีความสมบูรณ์ ต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชาย ชมพูอินไหว และ ผศ.ดร.เชาว์ ชมพูอินไหว ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่คอยให้คำแนะนำ ปรึกษา ช่วยเหลือและชี้แนะในการจัดทำ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะมีประโยชน์ต่อทุกท่านที่มีความสนใจต้องการจะศึกษาหาความรู้ในเรื่องนี้ จึงขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- [1] พิสุทธิ ไพบุลย์รัตน์, “Potential of Smart Farm Application in Thailand,” ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, เอกสารวิชาการ, 2556, หน้า 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[2] ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนาวงศ์, สตรอมเบอร์รี่พีชเศรษฐกิจใหม่,
กรุงเทพ, สนพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

Tel. 0845791062

E-mail:

amonthep_suksun@hotmail.co.th

[3] บริษัท ออมรอน อิเลคทรอนิกส์ จำกัด, การใช้งาน PLC
ระดับ 1, กรุงเทพ, 2550.



นายอิทธิพัทธ์ แก้วอุดร

Tel. 0824823495

E-mail: bens.aittiput@hotmail.

[4] “SCADA” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก

<http://mechatronic2day.blogspot.com/2015/03.html>

ประวัติผู้เขียน



นายยงยุทธ แสงฉวี

Tel. 0853013313

E-mail: yyongyut19@gmail.com



นายวัชรพงษ์ แสนมา

Tel. 0956588953

E-mail: game22538@gmail.com



นายสถาพร อินพรหม

Tel.0804929981

E-mail:

kingta_games@hotmail.co



นางสาวสุมิสา สารสุวรรณ

Tel. 0646561293

E-mail:

sansuwans@hotmail.com



นายอมรเทพ ป่าเกลือ

Tel. 0874234554

E-mail: gotamorn28775@gmail.com



นายอมรเทพ สุขสันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายยงยุทธ แสงฉวี เกิดวันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2538
 ที่อยู่ 330 หมู่ 1 ต. าบลุดเหนือ อ. เกอเลิงนทา จังหวัดยโสธร 35120
 Tel. 0853013313 E-mail: yyongyut19@gmail.com



นายวัชรพงษ์ แสนมา เกิดวันที่ 2 กันยายน 2538
 ที่อยู่ 40 หมู่ 2 ต. บลุดกลาง อ. เกอจตุรพัทธรพิมาน จังหวัดร้อยเอ็ด 45180
 Tel. 0956588953 E-mail: game22538@gmail.com



นายสถาพร อินพรหม เกิดวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2538
 ที่อยู่ 49/4 หมู่ 5 ต. บลุดเซ้ง อ. เกอสนัก แขวง จังหวัดเชียงใหม่ 50130
 Tel. 0804929981 E-mail: kingta_games@hotmail.com



นางสาวสุณิสา สารสุวรรณ เกิดวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2539
 ที่อยู่ 89/5 ถนนเพชรเกษม ต. บลุดหน้าเมือง อ. เกอเมือง จังหวัดราชบุรี 70000
 Tel. 0646561293 E-mail: sansuwanss@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นายอมรเทพ ป่าเกลือ เกิดวันที่ 14 เมษายน พ.ศ. 2539
 ที่อยู่ 110/2 หมู่ 10 ต. าบลเมืองเพีย อ. าบลบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น 40110
 Tel. 0874234554 E-mail: gotamorn28775@gmail.com



นายอมรเทพ สุขสันต์ เกิดวันที่ 8 เมษายน 2539
 ที่อยู่ 335/259 ถนนจรดวิถีถ่อง ต. าบสน้ำร้อน อ. าบเมือง จังหวัดตาก 63000
 Tel. 0845791062 E-mail: amonthep_suksun@hotmail.co.th



นายอิทธิพัทธ์ แก้วอุดร เกิดวันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2538
 ที่อยู่ 86/3 ถนนรณชัยชาญยุทธ ต. าบลในเมือง อ. าบเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
 45000
 Tel. 0824823495 E-mail: bens.aittiput@hotmail.com